

Univerzita Palackého v Olomouci
Fakulta tělesné kultury

**ZMĚNY IZOKINETICKÉ SÍLY FLEXORŮ A EXTENZORŮ KOLENE
U VRCHOLOVÝCH HRÁČEK HÁZENÉ VE VYBRANÝCH OBDOBÍCH
ROČNÍHO TRÉNINKOVÉHO CYKLU**

Diplomová práce

Autor: Bc. Tereza Vilimová, obor Fyzioterapie
Vedoucí práce: Doc. PaedDr. Michal Lehnert Dr.

Olomouc 2016

Jméno a příjmení autora: Tereza Vilimová

Název diplomové práce: Změny izokinetické síly flexorů a extenzorů kolene u vrcholových hráček házené ve vybraných obdobích ročního tréninkového cyklu

Pracoviště: Katedra fyzioterapie

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

Rok obhajoby diplomové práce: 2016

Abstrakt: Cílem diplomové práce je posoudit dynamiku změn izokinetické svalové síly flexorů a extenzorů kolenního kloubu ze zdravotního a výkonnostního hlediska se zaměřením na bilaterální a ipsilaterální dysbalance u vrcholových hráček házené na konci soutěžního období, na začátku přípravného období a na konci přípravného období. Svalová síla flexorů a extenzorů kolenního kloubu byla měřena u hráček DHK Zora Olomouc (n=11; průměrný věk 23,09±3,48) na izokinetickém dynamometru IsoMed 2000 (D. & R. Ferstl, GmbH, Hemau, Germany) při úhlové rychlosti 60°/s. Pro vyhodnocení byly použity parametry peak torque (PT - maximální moment síly, [N·m]). Byly hodnoceny ipsilaterální svalové dysbalance konvenčním H/Q poměrem (H/Q_{CON}), funkčním H/Q poměrem (H/Q_{FUNC}) a funkčním H/Q poměrem (H_{con}/Q_{ecc}) a bilaterální silový procentuální deficit ve vztahu k silnější DK (%Def). Výsledky Freedmanovy ANOVY ukázaly na signifikantní efekt času na hodnoty PT při koncentrické kontrakci flexorů na dominantní dolní končetině (DDK), extenzorů na DDK a extenzorů na nedominantní dolní končetině (NDK), na hodnoty H/Q_{CON} mezi jednotlivými měřeními na DDK a na hodnoty %Def flexorů při koncentrické svalové kontrakci. Hlubší analýza potvrdila signifikantní nárůst hodnot PT při koncentrické kontrakci flexorů na DDK mezi 1. a 3. měřením a 2. a 3. měřením, extenzorů na DDK mezi 2. a 3. měřením a extenzorů na NDK mezi 1. a 3. měřením a 2. a 3. měřením. Hlubší analýzou byl zjištěn také signifikantní nárůst hodnot H/Q_{CON} na DDK mezi 1. a 2. měřením a 1. a 3. měřením a signifikantní snížení %Def flexorů při koncentrické svalové kontrakci mezi 1. a 3. měřením a extenzorů při koncentrické svalové kontrakci mezi 1. a 2. měřením. Tyto výsledky ukazují především na dostatečnou stimulaci maximální koncentrické síly flexorů na DDK během přípravného období, která se projevila na snížení jak ipsilaterálních, tak bilaterálních svalových dysbalancí.

Klíčová slova: svalové dysbalance, svalová síla, házená, H/Q poměry, izokinetická dynamometrie, poranění LCA

Souhlasím s půjčováním diplomové práce v rámci knihovních služeb.

Name and surname: Tereza Vilimová

Title of thesis: Changes in isokinetic strength of the knee flexors and extensors in elite female handball players in selected periods of annual training cycle

Department: Department of Physiotherapy

Supervisor of the thesis: Doc. PaedDr. Michal Lehnert Dr.

Year of defence of the thesis: 2016

Abstract: The objective of the thesis is to assess the dynamics of changes in isokinetic muscle strength of the knee joint flexors and extensors in terms of health and performance, focusing on bilateral and ipsilateral imbalance in elite female handball players at the end of the competition period, at the beginning of the preparatory period and at the end of the preparatory period. Muscle strength of the knee joint flexors and extensors was measured for the female players of DHK Zora Olomouc ($n=1$; mean age $23,09 \pm 3,48$) using the isokinetic dynamometer IsoMed 2000 (D. & R. Ferstl, GmbH, Hemau, Germany) at an angular velocity of $60^\circ/s$. For evaluation, peak torque parameters were used (PT – peak torque, [N·m]). Ipsilateral muscle imbalances were assessed using the conventional H/Q ratio (H/Q_{CON}), functional H/Q ratio (H/Q_{FUNC}) and functional H/Q ratio (H_{con}/Q_{ecc}) and bilateral strength percent deficit in relation to the stronger LL (%Def). The results of Freedman's ANOVA revealed a significant effect of time on the PT values during the concentric contraction of the flexors of the dominant lower limb (DLL), of the extensors of the DLL and of the extensors of the nondominant lower limb (NLL), as well as on the H/Q_{CON} values between measurements of the DLL and on %Def values of the flexors during concentric muscle contraction. A more detailed analysis confirmed a significant increase of the PT values during concentric contraction of the flexors of the DLL between the first and the third measurements, of the extensors of the DLL between the second and the third measurements and of the extensors of the NLL between the first and the third measurements, and the second and the third measurements. A more detailed analysis also revealed a significant increase in H/Q_{CON} values of the DLL between the first and the second measurements, and the first and the third measurements as well as a significant reduction in %Def values of the flexors during the concentric muscle contraction between the first and the third measurements and of the extensors during the concentric muscle contraction between the first and the second measurements. These results show a sufficient stimulation of the maximum concentric strength of the flexors

of the DLL during the preparatory period, which was reflected in reduction of both ipsilateral and bilateral muscle imbalances.

Key words: muscle imbalance, muscle strength, handball, H/Q ratios, isokinetic dynamometry, ACL injuries

I agree with lending of the thesis within the library services.

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

V Olomouci dne 28. 6. 2016

.....

Děkuji Doc. PaedDr. Michalu Lehnertovi Dr. za pomoc, cenné rady a návrhy, které mi poskytl při vedení a zpracování diplomové práce. Děkuji také Mgr. Zuzaně Xaverové za vstřícnost a pomoc při měření probandů. Dále děkuji RNDr. Milanu Elfmarkovi za statistické zpracování dat. V neposlední řadě bych chtěla poděkovat také své rodině za trpělivost a podporu nejen při psaní této práce, ale i v průběhu celého studia.

ZKRATKY

H – hamstringy (flexory kolenního kloubu)

Q – quadriceps (extenzory kolenního kloubu)

H/Q poměr – poměr momentu síly flexorů a extenzorů kolenního kloubu

CON – konvenční

FUNC – funkční

H/Q_{CON} – konvenční poměr svalové síly flexorů a extenzorů kolene (Hcon/Qcon)

H/Q_{FUNC} – funkční poměr svalové síly flexorů a extenzorů kolene (Hecc/Qcon)

con – koncentrická svalová kontrakce

ecc – excentrická svalová kontrakce

Hcon/Qecc – funkční poměr svalové síly flexorů kolene při koncentrické svalové kontrakci a extenzorů kolene při excentrické svalové kontrakci

Hecc/Hcon – poměr excentrické a koncentrické svalové kontrakce flexorů kolene

Qecc/Qcon – poměr excentrické a koncentrické svalové kontrakce extenzorů kolene

RTC – roční tréninkový cyklus

PT – „peak torque“ – maximální moment síly

%Def – bilaterální silový procentuální deficit ve vztahu k silnější dolní končetině

FL – flexe (flexory)

EX – extenze (extenzory)

DK – dolní končetina

OTU – obecné tréninkové ukazatele

STU – speciální tréninkové ukazatele

LCA – ligamentum cruciatum anterius (přední zkřížený vaz)

m. – musculus (sval)

OBSAH

1 ÚVOD	10
2 PŘEHLED POZNATKŮ	11
2.1 Házená	11
2.2 Sportovní výkon v házené.....	11
2.2.1 Herní výkon v házené	13
2.2.1.1 Týmový herní výkon v házené.....	14
2.2.1.2 Individuální herní výkon v házené.....	14
2.2.2 Kondiční faktory herního výkonu v házené.....	17
2.2.3 Silové schopnosti	18
2.2.3.1 Biologické základy svalové síly	19
2.2.3.2 Typy svalové kontrakce	19
2.2.3.3 Faktory svalové síly	20
2.2.3.4 Typy svalových vláken	21
2.2.3.5 Druhy síly	22
2.2.3.6 Význam síly z hlediska prevence zranění.....	23
2.3 Zranění v házené	26
2.3.1 Poranění LCA v házené	28
2.3.2 Prevence poranění LCA.....	32
3 CÍLE A ÚKOLY PRÁCE.....	33
3.1 Cíl práce	33
3.2 Dílčí cíle.....	33
3.3 Výzkumné otázky	34
4 METODIKA	35
4.1 Charakteristika souboru	35
4.2 Termíny měření.....	36
4.3 Postup měření	36
4.3.1 Rozcvičení před vlastním izokinetickým testováním	36
4.3.2 Izokinetické testování	36
4.4 Tréninkové zatížení hráček	38
4.5 Statistické zpracování dat	39
5 VÝSLEDKY	41
5.1 Maximální moment síly (PT).....	41

5.1.1 PT při koncentrické svalové kontrakci	41
5.1.2 PT při excentrické svalové kontrakci.....	43
5.2 Poměr excentrické a koncentrické svalové kontrakce flexorů a extenzorů kolene (Hecc/Hcon a Qecc/Qcon)	45
5.3 Konvenční poměr svalové síly flexorů a extenzorů kolene (H/Q _{CON}).....	47
5.4 Funkční poměr svalové síly flexorů a extenzorů kolene (H/Q _{FUNC}).....	49
5.5 Funkční poměr svalové síly flexorů a extenzorů kolene (Hcon/Qecc).....	50
5.6 Procentuální deficit ve vztahu k silnější DK (%Def)	51
6 DISKUZE	54
6.1 Diskuze k maximálnímu momentu síly flexorů a extenzorů kolenního kloubu při koncentrické a excentrické svalové kontrakci	54
6.2 Diskuze k ipsilaterálním svalovým dysbalancím.....	55
6.2.1 Diskuze k H/Q _{CON}	56
6.2.2 Diskuze k H/Q _{FUNC}	57
6.2.3 Diskuze k Hcon/Qecc	59
6.3 Diskuze k bilaterálním svalovým dysbalancím	60
6.4 Limity studie	62
7 ZÁVĚRY	63
8 SOUHRN	65
9 SUMMARY	67
10 REFERENČNÍ SEZNAM	69
11 PŘÍLOHY	80

1 ÚVOD

Házená je velmi kontaktní sport, při kterém dochází poměrně často k různým typům zranění. Častým místem poranění bývá dolní končetina, konkrétně kolenní kloub. K nejzávažnějším z nich patří poranění předního zkříženého vazů (LCA). Je to dáno především délkou rekonvalescence, predispozicemi k opětovnému poranění a možnými trvalými následky. Ve většině případů se jedná o nekontaktní poranění, tj. poranění bez působení vnější síly. Hodně studií uvádí, že u žen je incidence poranění LCA mnohem vyšší než u mužů.

Z hlediska prevence zranění je velmi důležitá svalová síla. Mnoho studií zjistilo, že sportovci se svalovými dysbalancemi jsou mnohem náchylnější k různým typům poranění. Svalovou nerovnováhou je myšleno to, že se buď jedna dolní končetina stává silnější než druhá (bilaterální svalové dysbalance), nebo jsou v nerovnováze quadriceps a hamstringy (ipsilaterální svalové dysbalance). Svalová slabost hamstringů oproti quadricepsu je právě jedním z důležitých rizikových faktorů poranění LCA.

Diplomová práce je zaměřena na posouzení změn izokinetické svalové síly flexorů (hamstringy) a extenzorů (quadriceps) kolenního kloubu mezi jednotlivými měřeními ve vybraných obdobích ročního tréninkového cyklu.

Obecně uznávanou diagnostickou i terapeutickou metodou je izokinetická dynamometrie. Umožňuje identifikovat jedince, kteří jsou potenciálně ohroženi zraněním. Pro měření probandů v této diplomové práci byl využit izokinetický dynamometr IsoMed 2000 (D. & R. Ferstl, GmbH, Hemau, Germany).

Zařazením specifického cvičení na tomto přístroji, úpravou tréninkového plánu či vhodnou rehabilitací zaměřenou na odstranění svalových dysbalancí lze opět snížit riziko zranění u těchto jedinců.

2 PŘEHLED POZNATKŮ

2.1 Házená

Házená je týmová sportovní míčová hra. Řadí se mezi hry invazivní. Je limitovaná hracím časem. Hlavním úkolem je dopravit míč do branky vícekrát než soupeř. Patří mezi hry, které míč ovládají vlastními částmi těla. Podle jiné klasifikace spadá házená mezi hry s přirozeným pohybem bez pomocných prostředků (Táborský, 2004).

Pravidla házené přispívají k volně plynoucí rychlé hře. Děj je soustředěn hlavně kolem branek (Gifford, 2004). Hráč je součástí i tvůrcem rychle se měnících situací, kterých je v házené opravdu mnoho (Šafaříková & Táborský, 1986).

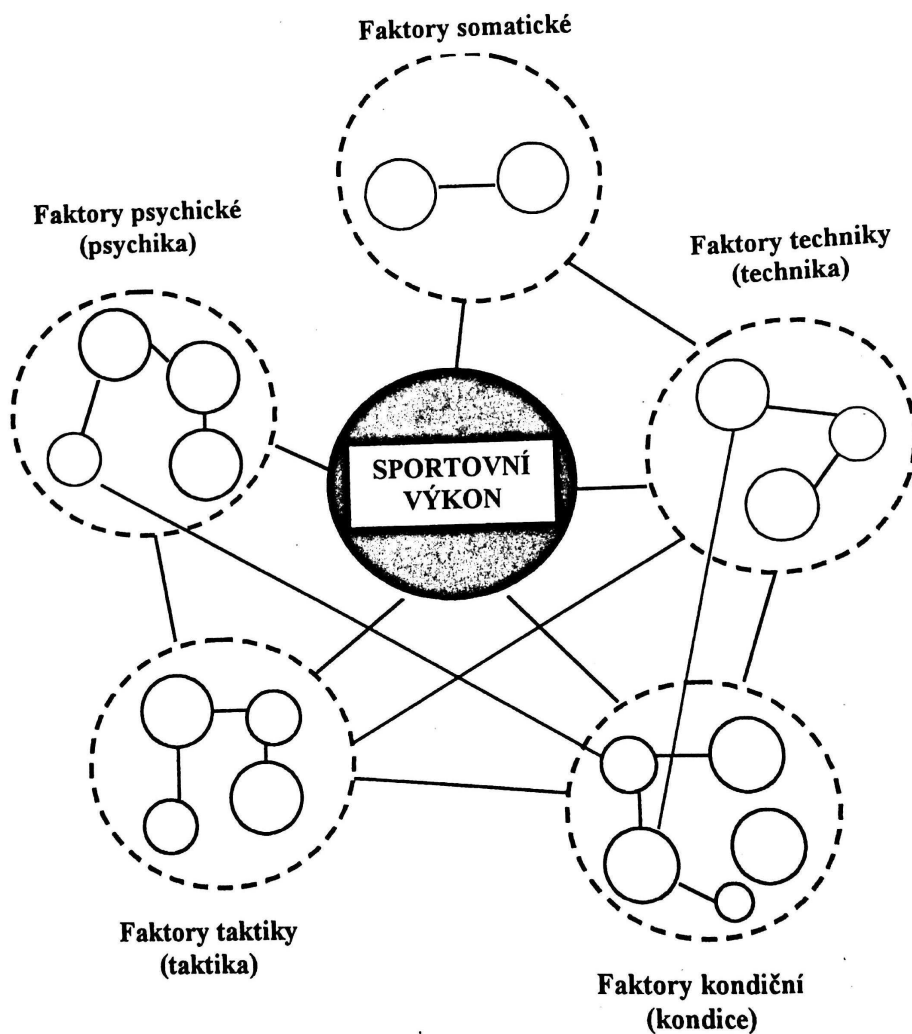
2.2 Sportovní výkon v házené

Sportovní výkon je projev specializovaných schopností sportovce. Jeho obsahem je uvědomělá pohybová činnost, která se zaměřuje na řešení úkolu. Ten je vymezen pravidly jednotlivých disciplín, závodů, soutěží a utkání (Lehnert, Neuls, & Novosad, 2001). Hlavním cílem ve výkonnostním a vrcholovém sportu je dosažení maximálního sportovního výkonu (Lehnert, Novosad, Neuls, Langer, & Botek, 2010; Měkota & Cuberek, 2007). Základem pro dosažení vysokého výkonu je dokonalá koordinace provedení. Je to komplexní integrovaný projev mnoha tělesných a psychických funkcí člověka, které podporuje maximální výkonová motivace (Dovalil et al., 2009). Z důvodu potřeby rozlišovat výkon individuální a skupinový se často ve sportovních hrách používají pojmy „hráčský výkon“ a „výkon družstva“ (Zat'ková, 1995).

Úroveň sportovního výkonu je ovlivňována velkým množstvím faktorů (Obrázek 1). Každý faktor působí různou intenzitou a projevuje se v různém rozsahu (Zat'ková, 1995). Jestliže by některý z faktorů chyběl nebo byl oslaben, bude dosažený výkon nižší (Dovalil et al., 2010). Naopak pro zlepšení sportovního výkonu je nutné

zvýšit úroveň jednotlivých determinant. Jakmile dojde ke změně jednoho faktoru, dojde také ke změně vzájemných vazeb, a tím se změní celá struktura. Struktura má dynamický charakter (Lehnert et al., 2001). Faktory ovlivňující sportovní výkon se dělí na somatické (konstituční), kondiční, technické, taktické a psychické (Dovalil et al.). Zat'ková uvádí motorické faktory, které představují určitou úroveň rozvoje pohybových schopností, dále úroveň zvládnutí herních činností a vzájemné vztahy mezi jednotlivými úrovněmi. Rozvoj pohybových schopností má pro hráče házené veliký význam. Hráč, který má pohybové schopnosti na vysoké úrovni, má mnohem větší předpoklady pro to, aby se v utkání prosadil. Pohybové schopnosti neexistují odděleně a izolovaně, ale projevují se v určité pohybové činnosti.

Pro správné vedení sportovního tréninku je nutná znalost struktury sportovního výkonu (Lehnert et al., 2001). Vztah mezi výkonem sportovce a sportovním tréninkem má kauzální povahu. Trénink je příčinou a výkon je výsledkem (Dovalil et al., 2009).

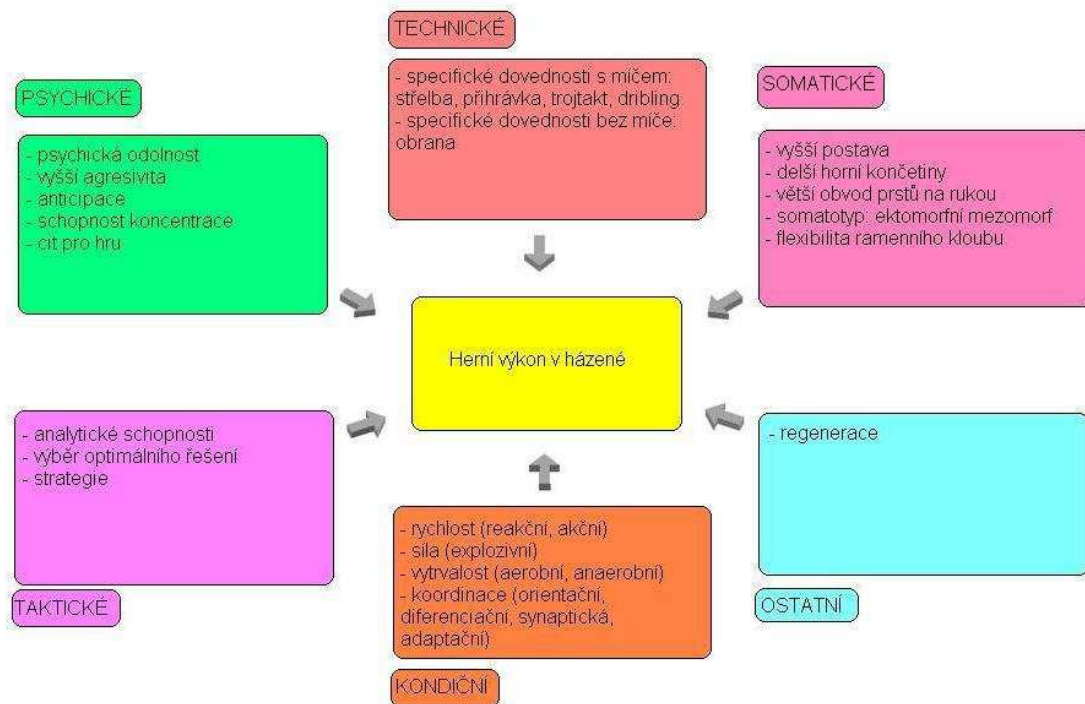


Obrázek 1. Struktura sportovního výkonu. (Dovalil et al., 2009, 16)

2.2.1 Herní výkon v házené

Sportovním výkonem svého druhu ve sportovních hrách je „herní výkon“. Určuje ho průběh a výsledek specifické sportovní činnosti v ději utkání (Jančálek, Táborský, & Šafaříková, 1990).

Herní výkon v házené je ovlivněn úrovní jednotlivých faktorů, ale posoudit významnost těchto faktorů je velice těžké (Obrázek 2). Je to dáno hlavně vícerozměrností herního výkonu. V jednotlivých herních situacích (částech výkonu) se předpoklady pro kvalitní výkon uplatňují v různém poměru. Optimální struktura předpokladů herního výkonu je vázaná na situaci a je individuální. Navíc jsou jednotlivé předpoklady zastupitelné a lze je kompenzovat jinými (Jančálek et al., 1990).



Obrázek 2. Faktory sportovního výkonu v házené (Bernaciková, Kapounková, Hrazdára, & Novotný, 2010, upraveno)

Ve sportovních hrách existují dvě základní kategorie herního výkonu:

- týmový herní výkon
- individuální herní výkon (Lehnert et al., 2001; Süß, 2006).

2.2.1.1 Týmový herní výkon v házené

Týmový herní výkon je výkon sociální skupiny, který je založený na individuálních herních výkonech. Ty podléhají vzájemnému působení. Podle rolí, které jsou hráčům v družstvu přidělené, hráči ovlivňují své jednání. Hlavním kritériem pro hodnocení týmového herního výkonu je výsledek utkání. Úroveň týmového herního výkonu je možné charakterizovat také například počtem a úspěšností útočných a obranných akcí (Lehnert et al., 2001).

Týmový herní výkon v házené je tedy vyjádřen především výsledkem utkání. Ovlivňují ho specifika hry, kam se řadí nestandardnost podmínek, velký počet pohybových dovedností, převážná acykličnost, dynamičnost pohybu, relativně složité pohybové struktury, jejich široká variabilita a tvůrčí kombinace, heuristické taktické myšlení, předvídání záměru soupeře, volba optimálního řešení, rozdělení úkolů v rámci družstva a mnoho dalších (Jančálek et al., 1990).

2.2.1.2 Individuální herní výkon v házené

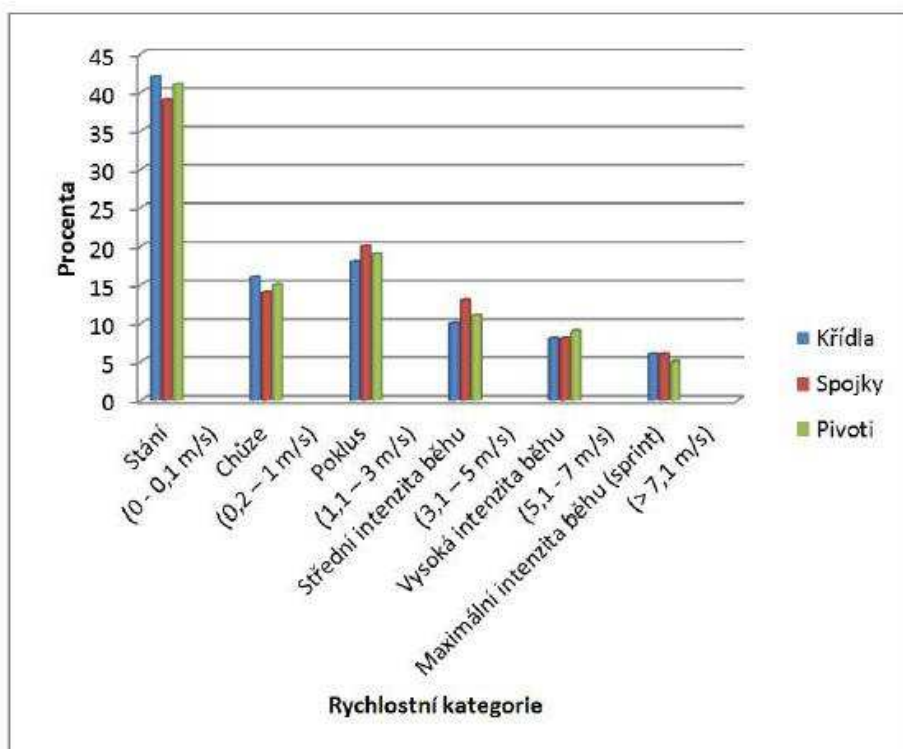
Individuální herní výkon v házené je projevem herních činností jednotlivce, které se dělí na obranné a útočné (Süss, 2006). Jejich pohybovým základem jsou přirozené pohyby, mezi které patří postoje, chůze, cval stranou, běhy různou rychlostí, starty a rychlé zastavení, skoky, pády, hody míčem či údery do míče (Jančálek et al., 1990; Šimonek, 1987). Herní činnosti jednotlivce jsou projevem jednotlivých herních dovedností, které na sebe v celkovém provedení navazují. Výkon v předchozí herní dovednosti následně ovlivní výkon v následující herní dovednosti (Süss). Herní dovednosti jsou závislé na bioenergetických předpokladech (rozhodující jsou krátkodobé činnosti explozivního rychlostně silového charakteru vysoké intenzity vyžadující vysokou kapacitu neoxidativní laktátové zóny metabolického krytí spolu s vysokou kapacitou oxidativní zóny), biomechanických předpokladech (mezisvalová a nitrosvalová koordinace, uplatnění taktiky a techniky), somatických předpokladech (velká tělesná dispozice, se kterou koreluje tělesná hmotnost a délka končetin), psychických předpokladech (iniciativa, aktivita, anticipace, přizpůsobivost, predikce, aj.), na požadavcích trenéra a mnoha dalších faktorech (Lehnert et al., 2001; Táborský et al., 2007).

Mezi obranné herní činnosti jednotlivce v házené patří výběr obranného postavení, obsazování útočníka bez míče, získávání míče, obsazování útočníka s míčem, blokování a obranné činnosti brankáře. Mezi útočné herní činnosti jednotlivce v házené patří výběr útočného postavení (bez míče), uvolňování hráče bez míče, chycení míče a přihrávka, uvolňování hráče s míčem, střelba a útočné činnosti brankáře (Bělka, Hůlka, Trubačová, & Elfmark, 2010; Matoušek, 1995).

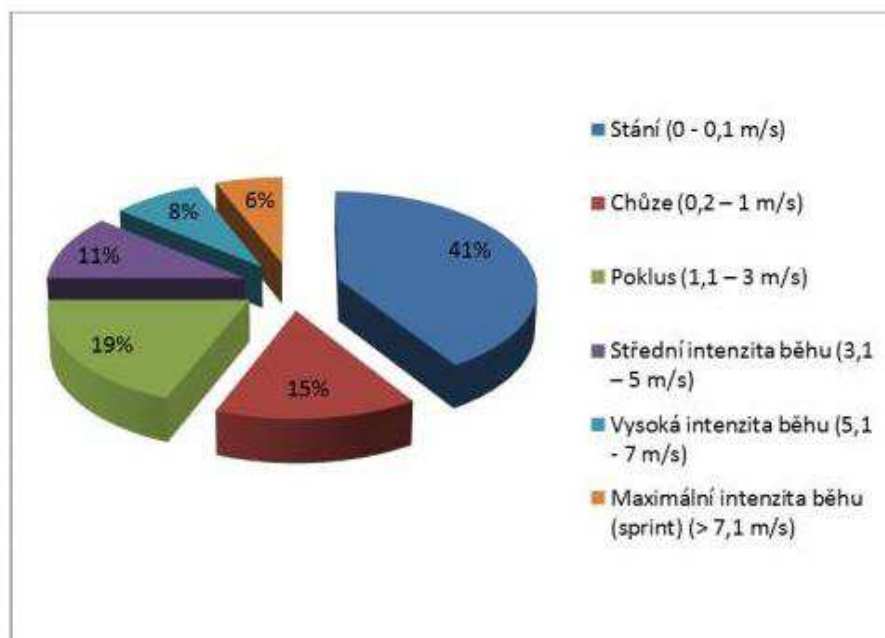
Bělka, Hůlka, Kňourková a Bártová (2012) porovnávali ukazatele vnějšího zatížení hráček na jednotlivých herních postech během tří utkání extraligy žen v házené. Studie se zúčastnilo 44 hráček házené. Konkrétně sledovali např. rozdíly v překonané vzdálenosti mezi jednotlivými herními posty (Tabulka 1) nebo porovnávali jednotlivé herní posty z hlediska rychlosti lokomoce na hřišti během utkání (Obrázek 3). Ve studii uvádějí také celkové procentuální vyjádření intenzity pohybu všech hráček v jednotlivých rychlostních kategoriích během tří sledovaných utkání (Obrázek 4). Došli k závěru, že vnější zatížení hráček házené na jednotlivých herních postech je velmi podobné.

Tabulka 1. Překonaná vzdálenost jednotlivých herních postů během tří sledovaných utkání (Bělka et al., 2012, 70)

	Překonaná vzdálenost sledovaných družstev
Herní posty	Průměrná hodnota (m)
Křídlo	6 366±843
Spojka	6 430±613
Pivot	6 196±825
<i>průměr</i>	<i>6 355±701</i>



Obrázek 3. Komparace herních postů podle procentuálního vyjádření času stráveného v jednotlivých rychlostních kategoriích (Bělka et al., 2012, 71)



Obrázek 4. Celkové procentuální vyjádření intenzity pohybu všech hráčků v jednotlivých rychlostních kategoriích během tří sledovaných utkání (Bělka et al., 2012, 72)

2.2.2 Kondiční faktory herního výkonu v házené

Pro sportovní výkon jsou rozhodující kondiční faktory spolu se somatickými (Hohmann, Lames, & Letzelter, 2010). Kondičními faktory sportovního výkonu jsou pohybové schopnosti. V jakékoliv pohybové činnosti lze rozpoznat projevy „síly“, „vytrvalosti“, „rychlosti“ aj. Podle pohybových úkolů se jejich poměr liší. Podle fyzikálních charakteristik, které v pohybovém projevu převládají (síla svalové kontrakce, trvání pohybu, rychlost pohybu), se dělí kondiční pohybové schopnosti na silové, vytrvalostní a rychlostní (Dovalil et al., 2009).

Házená je intermitentní pohybová aktivita, což znamená, že je organismus dlouhodobě zatěžován krátkým, maximálním úsilím. Energetický výdej závisí na intenzitě provádění pohybu a během hry neustále kolísá, protože se střídá intenzita (Máček & Máčková, 1997).

I přesto, že je házená velmi jednoduchá hra, vyžaduje náročnou a všestrannou přípravu a velmi vysokou úroveň tělesné kondice a zdatnosti. V rámci tréninku i utkání se zdokonalují téměř všechny pohybové schopnosti, jako například síla, obratnost, rychlost či rychlostní vytrvalost (Matoušek, 1995). Hráči potřebují dobrou fyzickou přípravu, aby zvládali střety s protivníkem. Během hry se aktivují svaly celého těla, a dochází tak také k rozvoji a zlepšování rozsahu pohybu ve všech kloubech horních i dolních končetin (Czerwinski & Táborský, 1997).

Pro hraní házené je tedy nutné rozvíjení silových, rychlostních, vytrvalostních i koordinačních schopností. Ve hře, kdy dochází ke střetům se soupeřem, je nejdůležitější síla a rychlost pohybů při zachování jemné koordinace (Šafaříková & Táborský, 1986). Mnoho studií uvádí, že síla a koordinace jsou základními dovednostmi pro úspěšné hraní házené (Bon, 2007). Důležitá je především síla dolních končetin, a to konkrétně extenzorů (quadriceps) a flexorů (hamstringy) kolenního kloubu. Quadriceps je aktivován při běhu a výskocích a také během doskoků, kdy pracuje excentricky a pohyb do flexe v koleni brzdí. Hamstringy ovlivňují délku kroku a stabilizují kolenní kloub během zrychlení, při změnách směru pohybu, zpomalení a doskocích (Xaverova, Dirnberger, Lehnert, Belka, Wagner, & Orechovska, 2015). Šafaříková a Táborský přikládají velký význam švihové síle paží a výbušné síle dolních končetin, spolu s běžeckou obratností. Jako příklad uvádějí výskoky, starty a změny pohybů. Velký význam má podle nich také vytrvalost, která zaručuje udržení předchozích schopností na vysoké úrovni po celou dobu utkání.

Šibila, Vuleta a Pori (2004) sledovali intenzitu běhu během utkání házenkářů a došli k závěru, že křídla se pohybovala průměrnou rychlostí 1,6 m/s, spojky 1,43 m/s a pivoti 1,34 m/s. Zjistili také, že z celkové hrací doby zaujímá čas strávený vykonáváním sprintů jen 4 %. Loftin, Anderson, Lytton, Pittman a Warren (1996) ve své studii zjistili, že v průběhu dvou třetin zápasu (67 % hracího času) tepová frekvence hráčů házené neklesla pod 80 % maxima. Granados, Izquierdo, Ibañez, Bonnabau a Gorostiaga (2007) a Zapartidis, Vareltzis, Gouvali a Kororos (2009) uvádí, že pro úspěšné hraní házené je velmi důležitá výborná aerobní i anaerobní kapacita. Vrcholová hráčka házené má podle měření Wingate testu anaerobní výkon 10,1 W/kg. Hodnoty aerobního výkonu se u žen pohybují mezi 45 až 53 ml/kg/min (Vargas, Dick, Santi, Duarte, & Cunha Junior, 2008).

Vzhledem k zaměření diplomové práce budou dále uvedeny pouze silové schopnosti.

2.2.3 Silové schopnosti

Síla jako pohybová schopnost umožňuje překonávat, udržovat nebo brzdit odpor svalovou kontrakcí při statickém nebo dynamickém režimu svalové činnosti. Z biologického hlediska je síla motorická schopnost, která je spojená s fyziologickými vlastnostmi svalu, jako jsou stažlivost a dráždivost, a psychickými aspekty (Dovalil et al., 2009; Lehnert et al., 2010). Během sportovního výkonu nezáleží jen na velikosti síly, ale často jde o rychlost jejího vyvinutí či opakované vyvíjení. Z tohoto důvodu vychází trénink svalové síly ze specifických požadavků jednotlivých sportů (např. se může překonávat odpor prostředí, vlastního těla, aktivní odpor soupeře či náčiní různé hmotnosti). Nutné je také respektovat individuální specifika sportovce (Lehnert et al.).

Gorostiaga, Granados, Ibañez a Izquierdo (2005) zjistili statisticky významný rozdíl (22 %) v maximální síle mezi amatérskými a elitními hráči házené. Granados et al. (2007) zjistili, že ještě větší rozdíl (23 %) je v maximální síle mezi amatérskými a elitními hráčkami házené. Došli také k závěru, že největší propast mezi muži a ženami, kteří hrají házenou na elitní úrovni, tvoří právě úroveň silových schopností. Rozdíl mezi jejich maximální silou je 55 %.

2.2.3.1 Biologické základy svalové síly

Specifický rozvoj a způsob fungování kosterního svalstva je základ pro všechny sportovní pohyby. Kosterní svaly jsou tvořeny svazky svalových vláken. Ty při aktivaci vyvíjejí potřebnou sílu pro pohyb těla a jeho částí. Funkčně je svalová síla daná stažlivostí svalu. Může se projevit formou maximálního napětí nebo maximální rychlosti svalového stahu. Svalová kontrakce je mechanickou odpovědí na nervový vzruch a je rozhodující pro vznik síly. Podstatou svalové kontrakce (činnosti) je zasouvání filament aktinu podél filament myozinu do středu sarkomer, a vznikají tak příčné můstky (Hohmann et al., 2010; Lehnert et al., 2010).

2.2.3.2 Typy svalové kontrakce

Vzhledem k délce a napětí svalu lze rozlišit následující typy kontrakce:

- dynamická, kdy dochází ke zkracování nebo prodlužování svalu,
 - koncentrická – sval při ní vyprodukuje větší sílu než je odpor a svalová vlákna se zkracují, v průběhu kontrakce dochází ke změně intramuskulárního napětí, tato kontrakce se uskutečňuje např. při odrazu či hod,
 - excentrická – svalem vyprodukovaná síla je menší než odpor a svalová vlákna se protahují, výsledkem této pohybové činnosti je zbrzdění či zpomalení pohybu, tato kontrakce se uskutečňuje např. při dopadu po výskoku nebo při chytání míče,
 - plyometrická – po excentrické akci následuje okamžitě akce koncentrická, po rychlém protažení svalu dojde k získání velkého množství energie pro koncentrickou akci, tato kontrakce se uskutečňuje v mnoha sportech, které vyžadují rychlé, dynamické provedení pohybů, jako jsou odraz či hod,
 - izokinetická – pohyb je uskutečněn předem zvolenou, konstantní rychlostí, která se nastaví na speciálním izokinetickém přístroji,
- statická (izometrická), kdy nedochází ke změně délky svalu, pouze se zvýší napětí, tato kontrakce se uskutečňuje při výdržích (Lehnert et al., 2010).

Čihák (2011) rozlišuje dva typy svalového stahu:

- isotonická kontrakce – dochází ke změně délky svalu a vnitřní napětí svalu zůstává stejné,
 - koncentrická – sval se zkracuje,
 - excentrická (brzdící) – sval se prodlužuje,
- isometrická kontrakce – sval při ní vykonává statickou činnost, nemění se jeho délka, ale mění se napětí svalového břicha, tento druh stahu je charakteristický pro různé výdrže, sval při ní rychle podlehne únavě, protože dojde k omezení průtoku krve svalem.

2.2.3.3 Faktory svalové síly

Svalovou sílu ovlivňuje mnoho faktorů. Každý faktor se v různých sportech uplatňuje v jiné míře. Ovlivňuje je genetika, věk, úroveň techniky, psychika a doba trénování (Perič & Dovalil, 2010). Mezi hlavní faktory, které ovlivňují svalovou sílu, patří:

- Množství svalové hmoty

Je nejdůležitějším faktorem pro velikost maximální síly. Nejčastěji je hodnoceno velikostí příčného průřezu svalu. Poměr příčného průřezu pomalých a rychlých vláken svalů, které vykonávají daný pohyb, je významným předpokladem projevení síly vzhledem k požadavkům sportů.

- Nitrosvalová koordinace

Tento faktor limituje velikost síly třemi základními mechanismy, které ovlivňují činnost motorických jednotek, a to nábořem (aktivací) motorických jednotek, frekvencí dráždění motorických jednotek, synchronizací aktivovaných motorických jednotek.

- Mezisvalová koordinace

Její projevem je:

- součinnost zapojených svalů, které jsou rozhodující pro vykonání pohybu, umožňující dosažení silového maxima ve stejném čase,
- souhra agonistů s antagonisty, kdy při kontrakci agonistů se současně reflexně sníží tonus antagonistů (reciproční inhibice).

- **Zásoby energetických zdrojů a jejich mobilizace ve svalu**
Pro produkci síly je podstatná odpovídající zásoba energetických zdrojů ve svalu a schopnost rychlé mobilizace z pohotovostních i doplňkových substrátů přímo ve svalu. Jde hlavně o ATP, CP a svalový glykogen, v případě silové vytrvalosti při nižší intenzitě a delším trvání také triglyceridy.
- **Reflexní děje a elasticita svalové a šlachové tkáně**
Uplatňují se hlavně v cyklu natažení-zkrácení, který je možné ovlivnit tréninkem.
- **Optimalizace aktivační úrovně centrální nervové soustavy**
Pro vyvinutí svalové síly v rozhodujících fázích pohybu je nezbytné plné soustředění na prováděnou pohybovou činnost. Vysoká aktivace je také ovlivněna motivací sportovce, která dokáže významným způsobem ovlivnit sílu i rychlost svalového stahu.
- **Zvládnutí techniky**
Dokonalé zautomatizování pohybu má úzkou souvislost s nitrosvalovou a mezisvalovou koordinací a s koncentrací na vyvinutí svalové síly ve vymezeném čase. Aby se mohl sportovec plně soustředit na vytvoření potřebné velikosti síly, musí mít dostatečně zautomatizovanou techniku prováděného cvičení (Lehnert et al., 2010).

2.2.3.4 Typy svalových vláken

Dylevský (2007) rozlišuje podle mikroskopických, histochemických a fyziologických vlastností čtyři typy svalových vláken:

- **Pomalá červená vlákna (typ I, SO)**
Tato svalová vlákna jsou relativně tenká a mají menší množství myofibril. Obsahují hodně mitochondrií. Přítomnost většího množství myoglobinu, což je obdoba krevního barviva, jim dodává červenou barvu. Je pro ně typické velké množství krevních kapilár a převažuje v nich oxidativní typ metabolismu. Pomalá červená svalová vlákna jsou enzymaticky vybavená pro pomalejší kontrakci. Mohou se ale kontrahovat velmi dlouho bez projevů únavy. Pracují ekonomičtěji a vyskytují se především ve svalech, které zajišťují spíše statické a polohové funkce a pomalý pohyb.

- Rychlá červená vlákna (typ IIa, FOG)
Vlákna jsou objemnější a mají více myofibril. Obsahují menší množství mitochondrií a jen střední množství krevních kapilár. Rychlá červená vlákna jsou enzymaticky vybavená pro rychlé kontrakce prováděné velkou silou, ale po krátkou dobu. Pracují méně ekonomicky. Mají relativně velkou odolnost proti únavě. Vyskytují se především ve svalech, které zajišťují rychlý pohyb prováděný velkou silou.
- Rychlá bílá vlákna (typ IIb, FG)
Vlákna jsou velmi objemná. Mají malé množství krevních kapilár a nízký obsah myoglobinu a oxidativních enzymů. Převažuje v nich glykolytický metabolismus. Díky silně vyvinutému sarkoplazmatickému retikulu a vysoké aktivitě iontů Ca a Mg u těchto vláken dochází k rychlému stahu prováděnému maximální silou. Odolnost vláken proti únavě je velmi malá.
- Přechodná vlákna (typ III)
Tento typ vláken představuje vývojově nediferencovanou populaci vláken. S největší pravděpodobností jsou potenciálním zdrojem předchozích tří typů vláken.

V jednotlivých sportovních disciplínách se různé typy svalových vláken uplatňují různou měrou. Poměr rychlých a pomalých svalových vláken je geneticky podmíněný. Obecně platí, že je tento poměr 1 : 1. Poměr lze pomocí tréninku změnit až na 1 : 9. Docílit přeměny rychlých svalových vláken (FG a FOG) na pomalá svalová vlákna (SO) lze snadněji než přeměnit pomalá svalová vlákna na rychlá (Hohmann et al., 2010).

2.2.3.5 Druhy síly

Podle vnějšího projevu, jako je velikost překonaného odporu, rychlost svalové akce, trvání pohybů a jejich opakování, a způsobu uvolňování energie při svalové činnosti lze rozlišovat jednotlivé druhy síly (Hohmann et al., 2010; Lehnert et al., 2010). Úroveň jejich vzájemné závislosti je různá a liší se i na základě trénovanosti sportovců (u trénovaných jsou závislosti nižší). Podle požadavků

závodních disciplín však musí tvořit optimální spojení (Lehnert et al.). Hohmann et al. a Lehnert et al. rozlišují tyto druhy síly:

- **Maximální síla**
Je to největší síla, jakou dokáže sval či svalová skupina vyvinout pro provedení jednoho opakování s největším možným odporem při maximální volní koncentrické, excentrické či statické svalové kontrakci. Sval ji dokáže vyvinout nejdříve za cca 0,4-0,5 s. Často je důležité rozlišovat velikost maximální síly vzhledem k tělesné hmotnosti sportovce (relativní maximální síla).
- **Rychlá síla**
Je to schopnost, která je spojená s dosažením co největšího silového impulsu v časovém intervalu, ve kterém se musí pohyb realizovat, nebo s dosažením co největší hodnoty síly za co nejkratší čas. Rychlá síla je spojením rychlosti a potřebné velikosti svalové síly, ale ani jedna z komponent nedosahuje svého maxima. Rychlá síla se uplatňuje např. při odrazech či hodech. Pokud se jedná o provedení pohybu co nejvyšší rychlostí v nekratším čase, mluví se o startovní síle. Pokud se jedná o udělení co nejvyšší rychlosti v závěrečné fázi pohybu, mluví se o explozivní síle.
- **Reaktivní síla**
Je to schopnost dosáhnout co největšího silového impulsu po prodloužení (excentrické kontrakci) a následném zkrácení svalu (koncentrické kontrakci).
- **Silová vytrvalost**
Jedná se o schopnost opakovaně překonávat či brzdit odpor, který není maximální, nebo ho dlouhodobě udržovat, aniž by se snížila efektivita pohybové činnosti. Při dlouhodobém silovém výkonu umožňuje silová vytrvalost odolávat únavě organismu.

2.2.3.6 Význam síly z hlediska prevence zranění

Síla je důležitou komponentou specifické kondice sportovců a má zásadní význam z hlediska sportovní výkonnosti. Neméně důležitá je také z hlediska prevence zranění (Lehnert, Chvojka, & Psotta, 2015).

Hráči s vyšší úrovní silových schopností jsou schopni lépe čelit fyzickým nárokům a jsou více odolní vůči zranění (Bahr et al., 2008).

Mnoho studií zjistilo, že u sportovců/pacientů, u kterých byly objeveny svalové dysbalance, je signifikantně vyšší riziko zranění (Croisier, Ganteaume, Binet, Genty, & Ferret, 2008). Bahr et al. (2008) řadí mezi rizikové faktory nekontaktních zranění kolena svalovou nerovnováhu v tom smyslu, že jedna dolní končetina se stává silnější než druhá (bilaterální svalové dysbalance), nebo jsou v nerovnováze quadriceps a hamstringy (ipsilaterální svalové dysbalance). Odstraněním svalových dysbalancí se riziko poranění opět snižuje (Croisier et al., 2008).

Bilaterální svalové dysbalance

Nerovnováhu mezi dolními končetinami určuje bilaterální silový procentuální deficit ve vztahu k silnější dolní končetině (%Def), který by neměl být větší než 10 % (Yeung S. S., Suen, & Yeung E. W., 2009). Malý, Zahálka a Malá (2010) uvádí, že bilaterální diference v síle quadricepsu a hamstringů větší než 15 % je důležitým prediktorem zranění.

Ipsilaterální svalové dysbalance

Pro posouzení a identifikaci sportovců s rizikem zranění a pro posouzení jejich připravenosti na soutěž se při ipsilaterálních srovnáních hodnotí poměr síly hamstringů a quadricepsu (H/Q) (Ayala, De Ste Croix, Sainz de Baranda, & Santonja, 2012; Coombs & Garbutt, 2002; Lehance, Binet, Bury, & Croisier, 2009; Malý et al., 2010; Wright, Ball, & Wood, 2009). Svalové dysbalance odhaluje poměr koncentrické svalové kontrakce hamstringů a koncentrické svalové kontrakce quadricepsu (H/Q_{CON}), zatímco poměr excentrické svalové kontrakce hamstringů a koncentrické svalové kontrakce quadricepsu (H/Q_{FUNC}) vyjadřuje schopnost hamstringů brzdit pohyb tibie během rychlé a silné kontrakce quadricepsu (Delextrat, Gregory, & Cohen, 2010; De Ste Croix, 2007; Dvir, 2004).

Většina autorů se shoduje, že pokud je v případě rychlosti $60^\circ/s$ H/Q_{CON} menší než 0,6 (60 %), zvyšuje se pravděpodobnost výskytu poranění hamstringů. Pokud je H/Q_{CON} nižší, jsou více zatěžovány intraartikulární struktury a je také snížena schopnost znovu nastavení optimální pozice kloubu, což způsobí změnu biomechaniky kolenního kloubu. Pokud se poměr blíží k hodnotě 1,0 (100 %), je funkce hamstringů pro stabilizaci kolene téměř ideální, a tím se snižuje riziko poškození zejména LCA (ligamentum cruciatum anterius) (Dvir, 2004; Rosene, Fogarty, & Mahaffey, 2001; Wright et al., 2009). Někteří autoři uvádí, že nedostatkem H/Q_{CON} je fakt, že popisuje

svalovou akci, která se fyziologicky nevyskytuje (Delextrat et al., 2010; Forbes, Sutcliffe, Lovell, McNaughton, & Siegler, 2009; Wright et al.).

Z praktického a funkčního hlediska je tedy výhodnější využití H/Q_{FUNC} , kdy autoři upozorňují na význam současné aktivace excentricky pracujících hamstringů v extenzích kolenního kloubu a jejich dynamickou roli v rámci udržování stability kolenního kloubu. Význam se zvyšuje s rostoucí úhlovou rychlostí pohybu (Coombs & Garbutt, 2002; Delextrat et al., 2010; Forbes et al., 2009; Wright et al., 2009). Za ideální hodnotu H/Q_{FUNC} je považována hodnota 1,0 (100 %). Tato hodnota při úhlové rychlosti $60^\circ/s$ vyjadřuje rovnováhu mezi silou flexorů a extenzorů kolenního kloubu, a tedy jejich optimální schopnost dynamické stabilizace kolenního kloubu (Aagaard, Simonsen, Magnusson, Larsson, & Dyhre-Poulsen, 1998; Coombs & Garbutt). Pokud je hodnota H/Q_{FUNC} menší než 0,6 (60 %), je míra dysbalance mezi silou flexorů a extenzorů kolenního kloubu vysoká, dynamická stabilizace je narušená a riziko poranění hamstringů a měkkých struktur kolenního kloubu (zejména LCA) výrazně zvýšené (Ayala et al., 2012; Forbes et al.). Podle Yeung et al. (2009) se za hraniční považují hodnoty do 0,7 (70 %).

Aagaard et al. (1998) a Coombs a Garbutt (2002) upozorňují ještě na fakt, že při flexi kolenního kloubu naopak pracují hamstringy koncentricky a quadriceps excentricky a z tohoto důvodu existuje ještě druhý funkční poměr (H_{con}/Q_{ecc}). Nízké hodnoty tohoto poměru poukazují na fakt, že hamstringy mají limitovanou kapacitu pro dynamickou stabilizaci kolenního kloubu během silné flexe kolenního kloubu při současné excentrické aktivaci quadricepsu (Aagaard et al.; Iga, George, Lees, & Reilly, 2009). De Ste Croix (n. d.) sice uvádí, že kolenní kloub bývá jen výjimečně poraněn během rychlých flekčních pohybů, to ale neodpovídá obecně přijímaným mechanismům poranění LCA. Dochází k nim totiž při dopadech či rychlých změnách směru, kdy quadriceps pracuje excentricky.

Příkladem může být poranění hamstringů, které je způsobeno rychlou aktivní extenzí kolenního kloubu (koncentrická kontrakce) provedenou quadricepsem, jehož síla je větší než síla hamstringů, které v tu samou chvíli provádějí excentrickou kontrakci. Funkční poměr svalové síly flexorů a extenzorů kolene je tedy nižší a touto svalovou nerovnováhou dojde právě k poranění např. hamstringů. Tato svalová nerovnováha mezi flexory a extenzory kolenního kloubu může způsobit také poranění LCA. Dojde k němu při téměř extendovaném kolenním kloubu, kdy koncentrická

kontrakce quadricepsu, která je větší než excentrická kontrakce hamstringů, způsobí anteriorní posun proximálního konce tibie, a tím napětí předního zkříženého vazů (Alentorn-Geli et al., 2009; Hughes & Watkins, 2006; Jönhagen, Németh, & Eriksson, 1994; Myer, Ford, Khoury, Succop, & Hewett, 2010; Silvers & Mandelbaum, 2007).

Ovšem svalové dysbalance odhalené H/Q_{CON} spolu s nízkým H/Q_{FUNC} jsou modifikovatelné faktory, které lze ovlivnit např. správným posilovacím tréninkem nebo rehabilitací a opět tak nastolit správnou svalovou rovnováhu a snížit riziko poranění (Croisier et al., 2008; Malý et al., 2010).

U sportovců (včetně elitních sportovců) se obvykle po přípravném období očekává (a tedy i sleduje) nárůst kondičních parametrů. Nicméně vlivem absence silového tréninku, resp. nedostatků v jeho plánování a realizaci (obvykle v soutěžním období a přechodném období) může docházet k poklesu síly svalových skupin v důsledku desadaptace. To se týká i výše uvedených svalových skupin a v tom případě, vzhledem k výše uvedeným poznatkům, se riziko zranění může zvyšovat. Proto se v diplomové práci zaměříme na posouzení změn izokinetické svalové síly flexorů a extenzorů kolenního kloubu se zaměřením na bilaterální a ipsilaterální dysbalance ve vybraných obdobích ročního tréninkového cyklu (na konci soutěžního období, na začátku přípravného období, na konci přípravného období).

Pro získávání informací spojených s predikcí zranění, preventivním tréninkem či ověřením účinku rehabilitace je možné použít izokinetickou dynamometrii. Tento fakt potvrdily teoretické poznatky i praktické zkušenosti. Izokinetickou dynamometrií lze také stanovit, zda po zranění u sportovce přetrvává silový deficit. Výsledky měření následně pomáhají při rozhodování o tréninkové, resp. rehabilitační strategii (Brown, 2000; Croisier et al., 2008; Dvir, 2004).

2.3 Zranění v házené

Ve všech sportech, ve všech věkových kategoriích a na všech výkonnostních úrovních se vyskytuje riziko zranění. V souvislosti se zraněními se ve sportu rozlišují rizikové faktory vnitřní (vázané na individuální biologické a psychosociální charakteristiky osobnosti, kam patří věk, pohlaví, stavba těla, kloubní stabilita

a flexibilita, síla, funkční nestability, zdravotní stav a předešlá zranění, nedokonalá rehabilitace atd.) a vnější (vázané na prostředí, kam patří tělesné zatížení při tréninku či zápasu, vybavení, klimatické faktory, hrací povrch, faulování atd.) (Croisier et al., 2008; Krosshaug, Andersen, Olsen, Myklebust, & Bahr, 2005; Bahr et al., 2008).

Házená je sport, ve kterém jsou zranění běžná a riziko je opravdu vysoké (Lindblad, Høy, Terkelsen, Helleland, & Terkelsen, 1992; Moller, Attermann, Myklebust, & Wedderkopp, 2012; Wedderkopp, Kaltoft, Lundgaard, Rosendahl, & Froberg, 1999). Mnoho studií se zabývalo incidencí zranění v házené, ale porovnat výsledky z těchto studií je velmi složité kvůli heterogenitě designu studií, definici zranění, různým sledovaným obdobím a různé úrovni hry (amatérští a vrcholoví hráči házené) (Langevoort, Myklebust, Dvorak, & Junge, 2007).

Moller et al. (2012) provedli výzkum u elitních hráčů házené a výskyt zranění byl 6,3/1000 hodin zápasu a tréninku. U starších hráčů byl interval incidence 17,8-30,4/1000 hodin zápasu. Langevoort et al. (2007) uvádějí incidenci 1,5 poranění/zápas či 108 zranění/1000 hodin soutěže. Piry, Alizade, Nasiri a Rahimi (2011) využili pro posouzení incidence zranění během iránské ligy 2008/2009 videoanalýzu a došli k závěru, že incidence byla 164,5 poranění/1000 hodin soutěže a 2,23 poranění/zápas. Lindblad et al. (1992) uvádějí incidenci poranění v házené 45/10000 obyvatel. Konkrétně incidence poranění u žen je 61/10000 obyvatel/rok a u mužů je incidence 31/10000 obyvatel/rok.

Moller et al. (2012) uvádí, že ze 448 hlášených zranění tvořily 37 % zranění z přetěžování a 63 % traumatická zranění. Mezi nejčastější poranění v házené z přetěžování patří bolesti okostice, tendinopatie a bursitidy. Nejčastějšími místy, kde tato zranění vznikají, jsou kolenní a ramenní kloub a celkově dolní končetina. Nejčastějšími traumatickými zraněními jsou v házené poranění hlezenního kloubu, která činí 29 % z celkového počtu traumatických zranění, a poranění kolenního kloubu, která činí 19 % z celkového počtu traumatických zranění. Langevoort et al. (2007) zjistili, že z celkového počtu 478 zranění bylo 84 % zranění způsobených střetem s protihráčem a pouhých 16 % tvořila nekontaktní zranění. Nejčastěji byla zraněná dolní končetina (42 % z celkového počtu zranění), a to konkrétně kolenní kloub (13 %). Při poranění kolenního kloubu ve většině případů dojde k poškození vazů a menisků (Silvers & Mandelbaum, 2007). Lindblad et al. (1992) zjistili, že 62 % zranění v házené tvoří podvrtnutí a ruptury vazů a menisků.

Lindblad et al. (1992) zjistili, že nejvíce zranění vzniká v házené v intervalu od 21. do 40. minuty zápasu (34 %). Piry et al. (2011) zjistili, že nejvíce zranění vzniká ve druhé polovině zápasu (58,1 %).

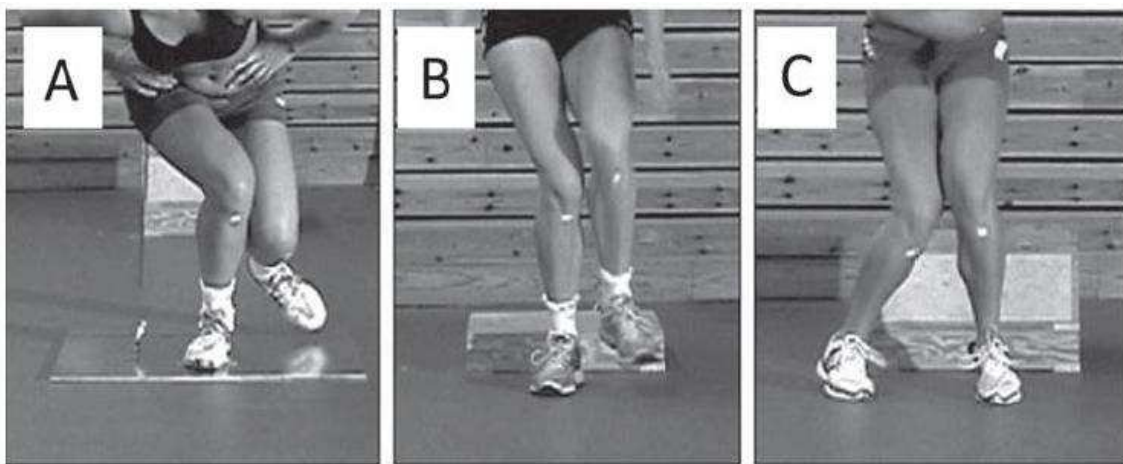
2.3.1 Poranění LCA v házené

Nejvyšší výskyt poranění LCA je pozorován u sportovců ve věku 15-25 let. Právě házená patří mezi sporty, ve kterých je poranění LCA častým zraněním (Bahr & Holme, 2003; Hughes & Watkins, 2006; Olsen, Myklebust, Engebretsen, & Bahr, 2004). Vauhnik et al. (2011) porovnávali výskyt poranění LCA u basketbalistek, házenkářek a volejbalistek. Zjistili, že největší riziko tohoto poranění je v basketbalu, poté v házené a nejmenší riziko ve volejbalu. U žen je až 5x vyšší riziko ruptury předního zkříženého vazy než u mužů a u vrcholových hráčů házené je tento rozdíl ještě větší (Myklebust, Engebretsen et al., 2003). Silvers a Mandelbaum (2007) uvádějí, že výskyt tohoto poranění u žen může být dokonce 2-10x vyšší než u mužů. Incidence ruptury předního zkříženého vazy je u vrcholových hráček házené 1,6/1000 hodin zápasu (Myklebust, Engebretsen et al.).

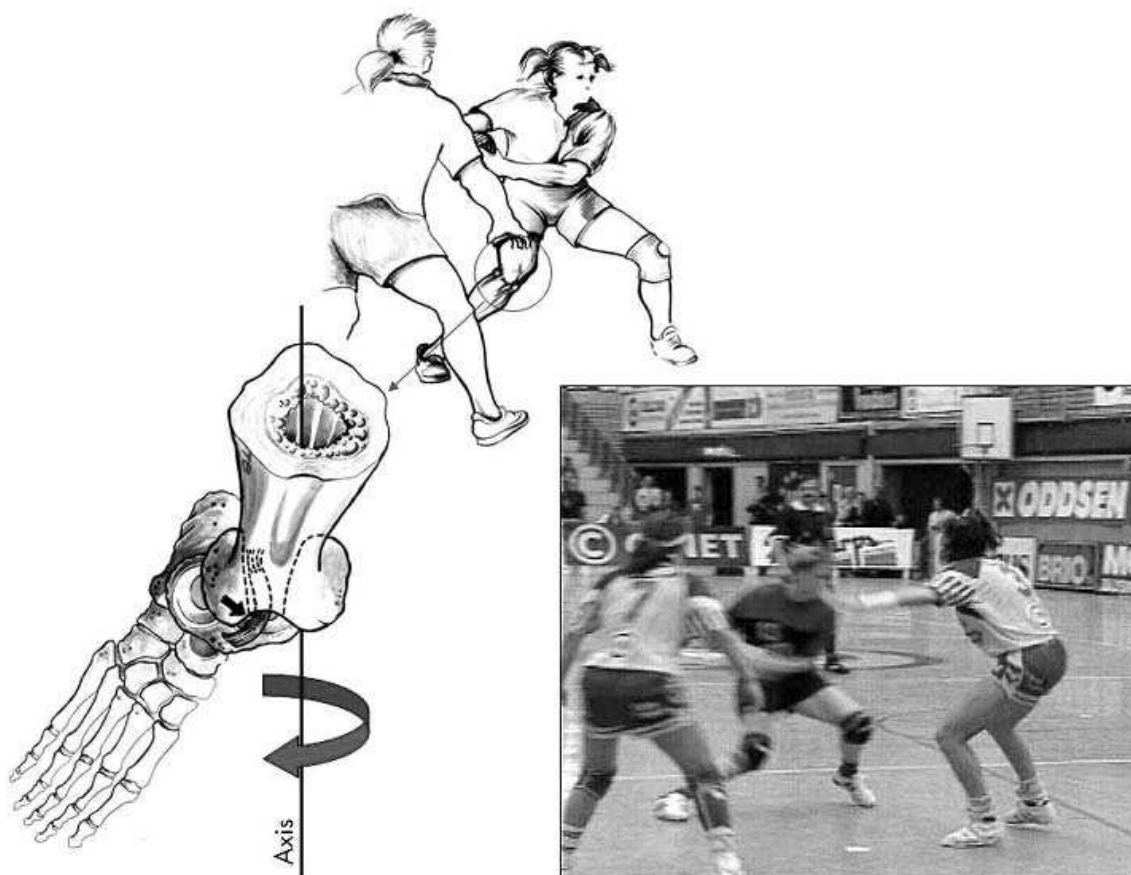
Až polovina hráčů, kteří utrpěli rupturu předního zkříženého vazy, má i 8-10 let po zranění závažné problémy s instabilitou, bolestmi a ztrátou rozsahu pohybu v kolenním kloubu (Myklebust, Holm, Mæhlum, Engebretsen, & Bahr, 2003). Totální ruptura vazy zvyšuje až desetinásobně riziko gonartrózy ve srovnání s nezraněnou populací stejného věku (Myklebust, Engebretsen et al., 2003).

K převážné většině poranění LCA dochází během útočné fáze (Myklebust, Mæhlum, Engebretsen, Strand, & Solheim, 1997; Myklebust, Engebretsen et al., 2003; Olsen et al., 2004). Kontaktní zranění LCA jsou způsobena vnější silou, kterou představuje např. střet s protihráčem, brankou nebo jiným objektem na hrací ploše (Silvers & Mandelbaum, 2007). V 70-90 % případů se ale jedná o nekontaktní poranění (poranění vznikající bez přímého působení vnější síly) (Alentorn-Geli et al., 2009; Hughes & Watkins, 2006; Myklebust, Mæhlum, Holm, & Bahr, 1998; Silvers & Mandelbaum). Poraněním LCA v házené se zabývali Myklebust et al. (1998) a Myklebust, Engebretsen et al. a také uvedli, že se ve většině případů jednalo o nekontaktní poranění. Poranění LCA způsobují v tomto případě vnitřní síly, které tlačí kolenní kloub do valgosity a vnitřní či zevní rotace tibie při téměř extendovaném

kolenním kloubu s nohou fixovanou k podkladu (Bahr et al., 2008; Hughes & Watkins). Mnoho studií se zabývalo analýzou pohybu a prokázaly, že u žen dojde k většímu valgóznímu úhlu během různých rizikových pohybů pro zranění LCA (Obrázek 5) (Stensrud, Myklebust, Kristianslund, Bahr, & Krosshaug, 2011). Tyto vnitřní síly vznikají např. při došlápnutí na chodidlo při plně extendovaném kolenním kloubu, při náhlých změnách směru, zpomalení nebo po doskoku s neadekvátní flexí v kolenním kloubu (při extendovaném nebo téměř extendovaném kolenním kloubu) (Cochrane, Lloyd, Buttfeld, Seward, & McGivern, 2007; Silvers & Mandelbaum). Olsen et al. zkoumali pomocí videoanalýzy mechanismus zranění LCA v házené u žen a zjistili, že k poranění LCA dochází ve dvou situacích, a to při rychlé změně směru (Obrázek 6) a při doskoku na jednu dolní končetinu po odrazu a výskoku ze stejné dolní končetiny (Obrázek 7). V obou případech je mechanismus vzniku poranění LCA stejný. Dojde k plošnému a střížnému pohybu v kolenním kloubu, který je doprovázen velkou valgózní deviací bérce a zevní či vnitřní rotací tibie v téměř extendovaném kolenním kloubu s nohou v zevní rotaci a pevně fixovanou k podkladu (Obrázek 6 a 7).



Obrázek 5. Velký valgózní úhel v kolenním kloubu při dřepu na jedné dolní končetině (A), výskoku po seskoku z výšky na jedné dolní končetině (B) a výskoku po seskoku z výšky na obou dolních končetinách (C) (Stensrud et al., 2011, upraveno)



Obrázek 6. Mechanismus zranění LCA při rychlé změně směru (Krosshaug et al., 2005, 333)



Obrázek 7. Mechanismus zranění LCA při doskoku na jednu dolní končetinu (hráčka v červeném dresu) (Olsen et al., 2004, upraveno)

Rizikové faktory nekontaktních poranění LCA u žen jsou multifaktoriální (Alentorn-Geli et al., 2009). Mezi tyto faktory patří anatomie jejich těla (např. větší Q úhel, větší pronace v subtalárním kloubu, menší průměr LCA, laxicita vazů), hormony (např. menstruační cyklus), prostředí (např. obuv, hrací plocha, počasí) a biomechanické a neuromuskulární faktory (např. síla, koordinace) (Alentorn-Geli et al.; Duarte, 2008; Myklebust et al., 1998; Silvers & Mandelbaum, 2007).

Podle Bahra et al. (2008) je jedním z důležitých rizikových faktorů poranění LCA svalová slabost. Jedná se především o slabost hamstringů (oproti quadricepsu), které pracují jako agonisté LCA a spolu s ním brání anteriornímu posunu tibie během extenze kolenního kloubu (Alentorn-Geli et al., 2009; Coombs & Garbutt, 2002; Silvers & Mandelbaum, 2007). Pro posouzení a identifikaci sportovců s rizikem poranění LCA a k posouzení jejich připravenosti na soutěž se hodnotí při unilaterálních srovnáních poměr síly H (hamstringy) a Q (quadriceps) (Houweling, Head, & Hamzeh, 2009; Lehance et al., 2009; Warren & Heusel, 2001). Pokud jsou hamstringy oslabené nebo se kontrahují později než quadriceps, je přední zkřížený vaz vystavený vyššímu riziku poranění a může dojít k jeho ruptuře (Alentorn-Geli et al.; Silvers & Mandelbaum).

Nekontaktní zranění LCA jsou způsobena nedostatečnou úrovní činnosti pasivních a dynamických stabilizačních systémů kolenního kloubu, přičemž vyšší výskyt poranění LCA u žen je způsoben především rozdíly v dynamických stabilizátorech oproti mužům. Při dynamické stabilizaci kolenního kloubu by výsledkem aktivity flexorů a extenzorů kolenního kloubu mělo být nulové smykové zatížení na proximální konec tibie, kloubní plochy tibiofemorálního kloubu jsou v kontaktu a dochází k minimálnímu namáhání kolenních vazů. Pokud je destabilizační smyková složka síly vyvinutá quadricepsem větší než protipůsobící smyková složka síly vyvinutá hamstringy, dojde k anteriornímu posunu tibie a většímu napětí LCA, a tudíž k jeho možnému poškození (Duarte, 2008; Hughes & Watkins, 2006). Navíc u dospělých žen byla zjištěna výrazná dominance síly a aktivace quadricepsu oproti mužům (Malinzak, Colby, Kirkendall, Yu, & Garrett, 2001; Myer et al., 2010; Podromos et al., 2007).

2.3.2 Prevence poranění LCA

Poranění LCA je vzhledem k predispozicím k opětovnému poranění a vzhledem k dlouhodobým následkům, kvůli kterým musí sportovec na dlouhou dobu přerušit tréninkovou i soutěžní činnost, velmi závažné, a proto je snahou výskyt tohoto zranění minimalizovat a vytvořit účinný preventivní program (Alentorn-Geli et al., 2009; Duarte, 2008; Myklebust, Holm et al., 2003; Silvers & Mandelbaum, 2007).

Pro vytvoření komplexního neuromuskulárního a propioceptivního tréninkového programu, který by snížil výskyt tohoto poranění u sportovkyň, jsou rozhodující také vzájemné vztahy mezi pohlavím, věkem a tréninkem (Silvers & Mandelbaum, 2007). Myklebust, Engebretsen et al. (2003) došli také k závěru, že pro prevenci poranění LCA je efektivní neuromuskulární tréninkový program, který byl navržený tak, aby zlepšoval podvědomou kontrolu kolenního kloubu při stání, skákání a dopadech. Michaelidis a Koumantakis (2014) a Renstrom et al. (2008) uvedli, že pro prevenci poranění LCA je vhodná kombinace posilovacího tréninku, plyometrie, balančního a propioceptivního tréninku a monitorovací techniky se zpětnou vazbou.

Hlavním cílem rehabilitace a prevence poranění LCA je zvýšení maximální síly hamstringů při excentrické svalové kontrakci a odstranění svalových dysbalancí v okolí kolenního kloubu, což lze dosáhnout odporovým tréninkem (Aagaard et al., 1998; Iga et al., 2009). Důležitými parametry v předcházení poranění kolenního kloubu a hamstringů jsou síla flexorů a extenzorů kolenního kloubu a jejich poměry (Lehnert, Xaverová, & De Ste Croix, 2014).

3 CÍLE A ÚKOLY PRÁCE

3.1 Cíl práce

Cílem diplomové práce je posoudit dynamiku změn izokinetické svalové síly flexorů a extenzorů kolenního kloubu ze zdravotního a výkonnostního hlediska se zaměřením na bilaterální a ipsilaterální dysbalance u vrcholových hráček házené ve vybraných obdobích ročního tréninkového cyklu.

3.2 Dílčí cíle

- Posoudit dynamiku změn maximálního momentu síly (PT – peak torque) při koncentrické a excentrické svalové kontrakci flexorů a extenzorů kolenního kloubu ve vybraných obdobích RTC u sledovaných hráček házené.
- Posoudit dynamiku změn poměru excentrické a koncentrické svalové kontrakce flexorů kolene (H_{ecc}/H_{con}) a extenzorů kolene (Q_{ecc}/Q_{con}) ve vybraných obdobích RTC u sledovaných hráček házené.
- Posoudit dynamiku změn konvenčního poměru (H/Q_{CON}) ve vybraných obdobích RTC u sledovaných hráček házené.
- Posoudit dynamiku změn funkčního poměru (H/Q_{FUNC}) ve vybraných obdobích RTC u sledovaných hráček házené.
- Posoudit dynamiku změn funkčního poměru H_{con}/Q_{ecc} ve vybraných obdobích RTC u sledovaných hráček házené.
- Posoudit bilaterální rozdíly hodnot PT (%Def – bilaterální silový procentuální deficit ve vztahu k silnější dolní končetině) ve vybraných obdobích RTC u sledovaných hráček házené.

3.3 Výzkumné otázky

VO₁: Jaká je dynamika změn PT při koncentrické a excentrické svalové kontrakci flexorů a extenzorů kolenního kloubu ve vybraných obdobích RTC u sledovaných hráček házené?

VO₂: Jaká je dynamika změn poměru excentrické a koncentrické svalové kontrakce flexorů kolene (Hecc/Hcon) a extenzorů kolene (Qecc/Qcon) ve vybraných obdobích RTC u sledovaných hráček házené?

VO₃: Jaká je dynamika změn H/Q_{CON} ve vybraných obdobích RTC u sledovaných hráček házené?

VO₄: Jaká je dynamika změn H/Q_{FUNC} ve vybraných obdobích RTC u sledovaných hráček házené?

VO₅: Jaká je dynamika změn funkčního poměru $Hcon/Qecc$ ve vybraných obdobích RTC u sledovaných hráček házené?

VO₆: Jaká je dynamika změn %Def ve vybraných obdobích RTC u sledovaných hráček házené?

4 METODIKA

4.1 Charakteristika souboru

Soubor probandů tvořilo 11 vrcholových hráček DHK Zora Olomouc (Tabulka 2). Z měřeného souboru mělo 10 probandů dominantní pravou dolní končetinu a 1 proband měl dominantní levou dolní končetinu (jako dominantní končetina byla stanovena ta, kterou proband preferuje pro kop do míče). Z měřeného souboru mělo 10 probandů tedy odrazovou levou dolní končetinu při střelbě na bránu a 1 proband měl odrazovou pravou dolní končetinu při střelbě na bránu.

Všichni probandi byli seznámeni s průběhem měření, s cílem a metodikou měření, souhlasili se začleněním do výzkumu a s použitím získaných dat pro vědecké účely (Příloha 1). Projekt práce byl schválen dne 31. 3. 2014 Etickou komisí FTK UP v Olomouci pod pracovním názvem „Efekty tréninkového programu stimulace síly isokinetickou metodou u sportujících žen“ (Příloha 2).

Probandi byli poučeni, aby 48 hodin před měřením nevykonávali žádné náročné tréninkové zatížení. Testování se zúčastnily pouze relativně zdravé hráčky bez akutních zdravotních problémů v oblasti dolních končetin a bez předchozích zranění dolních končetin. Do výzkumu byly zahrnuty pouze hráčky, které absolvovaly všechna měření.

Tabulka 2. Charakteristika souboru (n=11)

Proměnná	n	M	Mdn	Min	Max	SD
Věk	11	23,09	22	18	29	3,48
Tělesná výška	11	172,91	174,00	162,00	181,00	5,84
Hmotnost 1	11	76,06	75,40	54,20	101,10	13,24
Hmotnost 2	11	75,41	75,30	53,70	100,30	13,45
Hmotnost 3	11	76,24	76,20	55,60	96,70	11,70

Vysvětlivky: n – rozsah souboru; M – aritmetický průměr; Mdn – medián; Min – minimum; Max – maximum; SD – směrodatná odchylka; 1,2,3 – označení termínu měření

4.2 Termíny měření

První měření bylo provedeno na konci soutěžního období 20. 5. 2014. Druhé měření proběhlo na začátku přípravného období 1. 8. 2014. Třetí měření bylo uskutečněno na konci přípravného období 22. 9. 2014. Všechna měření proběhla v prostorách FTK UP v Olomouci.

4.3 Postup měření

Jako první byla u probandů zjištěna dominance dolních končetin, dále odrazová dolní končetina při střelbě na bránu, výška a hmotnost. Ke zjištění tělesné hmotnosti byl využit přístroj InBody 230 (Biospace, South Korea). Poté se probandi rozcvičili a následovalo vlastní izokinetické testování. Jako první byla testována pravá dolní končetina. Následně se dynamometr poloautomaticky posunul a přednastavil na levou dolní končetinu. Pořadí dolních končetin zůstalo při každém měření stejné.

4.3.1 Rozcvičení před vlastním izokinetickým testováním

Rozcvičení se skládalo ze tří částí. Nejdříve se hráčka rozehrála v aerobním režimu na bicyklovém ergometru po dobu 6 minut. Poté následovalo dynamické protažení po dobu cca 5 minut se zaměřením na testované partie. Rozcvičení bylo zakončeno 8 dřepy s progresivním snižováním se. Cílem rozcvičení byla příprava na maximální svalový výkon a snížení rizika vzniku poranění při vlastním testování na minimum.

4.3.2 Izokinetické testování

Byla měřena izokinetická síla koncentrické a excentrické svalové kontrakce flexorů (H) a extenzorů (Q) kolenních kloubů. Tyto svalové funkce byly hodnoceny pomocí izokinetické dynamometrie IsoMed 2000 (D. & R. Ferstl, GmbH, Hema,

Germany). Reliabilita (spolehlivost) tohoto přístroje je velmi vysoká. Při testování koncentrické svalové kontrakce dosahuje hodnot $r=0,91-0,98$ a při testování excentrické svalové kontrakce dosahuje hodnot $r=0,96-0,98$ (Dirnberger, Kösters, & Miller, 2012).

Nejdříve byla každému probandovi vytvořena v systému IsoMed 2000 karta s iniciálami. Probandi byli měřeni v pozici vsedě a rukama se drželi madel podél sedadla. Opěrka sedadla byla sklopena pod úhlem 15° a v kyčelním kloubu byl úhel přibližně 100° . Probandi byli pasivně pomocí pásů zafixováni k sedadlu v oblasti pánve a stehna měřené dolní končetiny. Ramena byla zafixována pomocí ramenních opěrek (Příloha 3). Následně byl palpačně nalezen laterální kondyl femuru, kterým prochází osa otáčení kolenního kloubu, a osa otáčení dynamometru byla nastavena na tento nalezený anatomický bod. Rameno páky dynamometru bylo připevněno v distální části bérce, 2cm nad palpačně nalezeným mediálním malleolem. Takto nastavené sedadlo pro každého jednotlivého probanda bylo uloženo do paměti přístroje a pomocí funkce „memotronic“ bylo automaticky nastaveno při měření druhostranné dolní končetiny.

Celkový rozsah pohybu v kolenním kloubu během měření byl 80° , kdy výchozí poloha byla flexe 10° a konečná poloha flexe 90° . Rozsah byl nastaven aretacemi dle návodu. Pro měření se stanovila úhlová rychlost $60^\circ/s$ pro koncentrickou i excentrickou svalovou kontrakci (Brown, 2000; Dvir, 2004; Perrin, 1993). Během měření byla aktivována gravitační korekce.

Na jedné dolní končetině byly provedeny celkem čtyři série měření (Tabulka 3). Nejprve proběhly dvě série měření koncentrické svalové kontrakce flexorů a extenzorů kolenního kloubu a poté dvě série měření excentrické svalové kontrakce flexorů a extenzorů kolenního kloubu. Probandi provedli pro účely familiarizace před samotným testováním jednu rozcvičovací sérii koncentrické i excentrické svalové kontrakce. Během rozcvičovací série provedli probandi šest recipročních kontrakcí (koncentrická kontrakce do flexe následována koncentrickou kontrakcí do extenze, excentrická kontrakce do flexe následována excentrickou kontrakcí do extenze) a byli vedeni k postupnému zvyšování intenzity. Po 30-ti sekundovém intervalu odpočinku pro zotavení následovalo samotné testování. Testovací série se skládala opět ze šesti kontrakcí, ale s vynaložením maximálního úsilí. Časový interval mezi měřeními koncentrické a excentrické svalové kontrakce byl 1 minuta. Mezi testováním pravé a levé dolní končetiny byl časový interval 3 minuty. Probandi byli během měření slovně motivováni a byla jim poskytována zpětná vazba na monitoru dynamometru v podobě křivky momentu svalové síly.

Tabulka 3. Popis měření na jedné dolní končetině

	1. série	2. série	3. série	4. série
RSK	con/con	con/con	ecc/ecc	ecc/ecc
PO	6	6	6	6
ZS	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

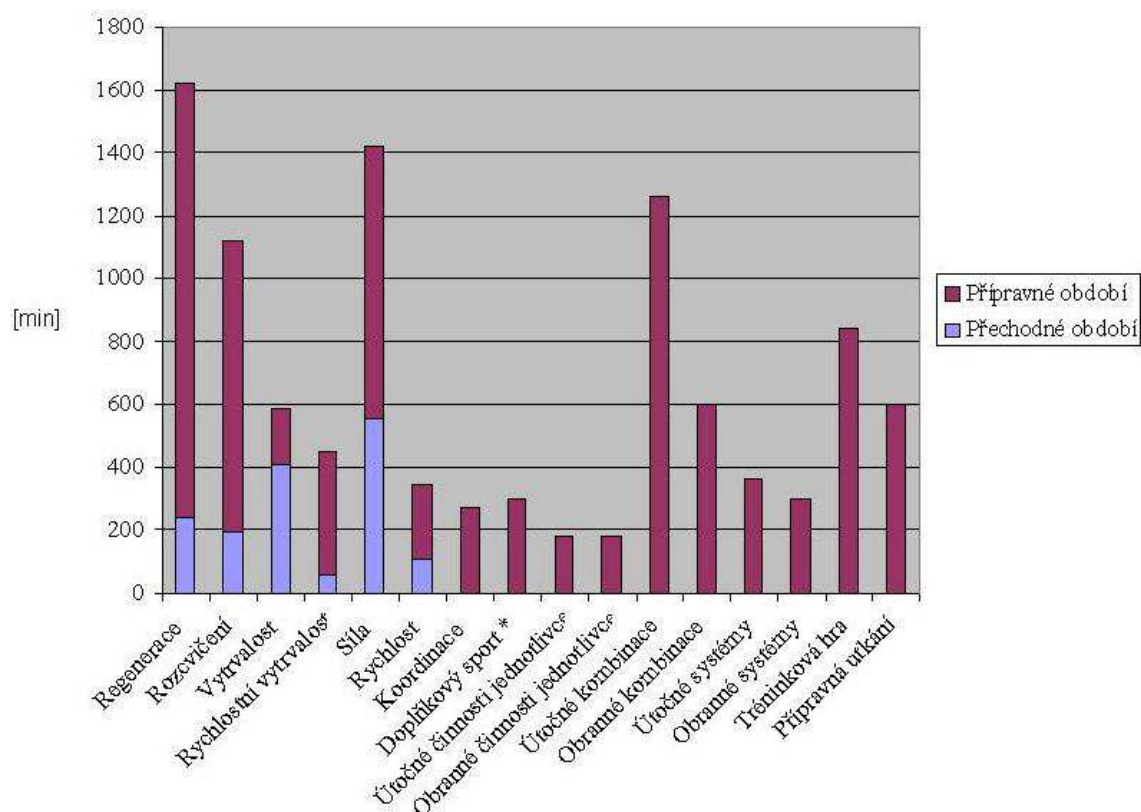
Absolutní síla flexorů a extenzorů kolenního kloubu při izokinetické koncentrické a excentrické svalové kontrakci v otevřeném kinetickém řetězci byla vyhodnocena použitím parametrů PT (maximální moment síly, [N·m]). Byly hodnoceny nejen ipsilaterální svalové dysbalance, ale i bilaterální silový procentuální deficit ve vztahu k silnější dolní končetině. Ipsilaterální svalové dysbalance byly hodnocené poměry svalové síly flexorů a extenzorů kolenního kloubu, a to konvenčním poměrem (H/Q_{CON}), funkčním poměrem (H/Q_{FUNC}) a druhým funkčním poměrem (H_{con}/Q_{ecc}). Konvenční poměr byl vypočten vydělením průměrných hodnot PT flexorů a extenzorů při koncentrické svalové kontrakci. Funkční poměr byl vypočten vydělením průměrných hodnot PT flexorů při excentrické svalové kontrakci a průměrných hodnot PT extenzorů při koncentrické svalové kontrakci. Druhý funkční poměr byl vypočítán vydělením průměrných hodnot PT flexorů při koncentrické svalové kontrakci a průměrných hodnot PT extenzorů při excentrické svalové kontrakci.

4.4 Tréninkové zatížení hráček

Ukazatele tréninkového zatížení vrcholových hráček DHK Zora Olomouc ve vybraných obdobích RTC znázorňují Přílohy 4 – 11. Sledované tréninkové období probíhalo od konce května do konce září a trvalo celkem 16 týdnů. Z toho 9 týdnů bylo přechodné období a 7 týdnů přípravné období. Tréninkové zatížení pro měsíc květen není uvedeno, protože měření proběhlo až na konci tohoto měsíce. Souhrnný přehled o struktuře tréninkového zatížení znázorňuje Obrázek 8.

V rámci regenerace hráčky navštěvovaly saunu, whirlpool a masáže a v měsíci srpnu ještě 2x týdně plavání. Rozcvičení u nich probíhalo formou běhové hry

a protažení (cca 20 minut). V měsíci srpnu hráčky trénovaly aerobní vytrvalost metodou fartlek. Od července do září byl do tréninku zahrnut trénink rychlostní vytrvalosti, která je pro tento sport velmi důležitá. Trénink síly probíhal ve všech sledovaných měsících 2-3x týdně. Obsahoval především plyometrickou metodu, švihadla a hráčky také navštěvovaly posilovnu, kde dohromady posilovaly dolní i horní končetiny.



Obrázek 8. Porovnání celkové doby trvání speciálních tréninkových ukazatelů v přechodném (9 týdnů) a přípravném (7 týdnů) období

Vysvětlivky: * v přechodném období hráčky provozovaly doplňkový sport, ale každá individuálně dle svého uvážení a není k dispozici trvání aktivity

4.5 Statistické zpracování dat

Pro statistické zpracování dat byl použit software STATISTICA 10 (StatSoft, Inc., Tulsa, USA). U všech sledovaných parametrů byly vypočteny základní statistické charakteristiky (aritmetický průměr, medián, minimální a maximální hodnota, směrodatná odchylka). Vzhledem k charakteru dat byly ke stanovení významnosti

rozdílů sledovaných parametrů použity Friedmanova analýza variance (ANOVA), Kendallův koeficient shody a neparametrický Wilcoxonův párový test. Stanovení významnosti rozdílů bylo posuzováno na hladině statistické významnosti $p < 0,05$. Koeficient velikosti účinku (effect size) byl stanoven pomocí koeficientu r (Tabulka 4).

Tabulka 4. Hodnocení „effect size“ (Cohen, 1988, upraveno; Coolican, 2009; Fritz, Morris, & Richler, 2012; Rosenthal, 1994)

$r = 0,1$	malý efekt
$r = 0,3$	střední efekt
$r = 0,5$	velký efekt

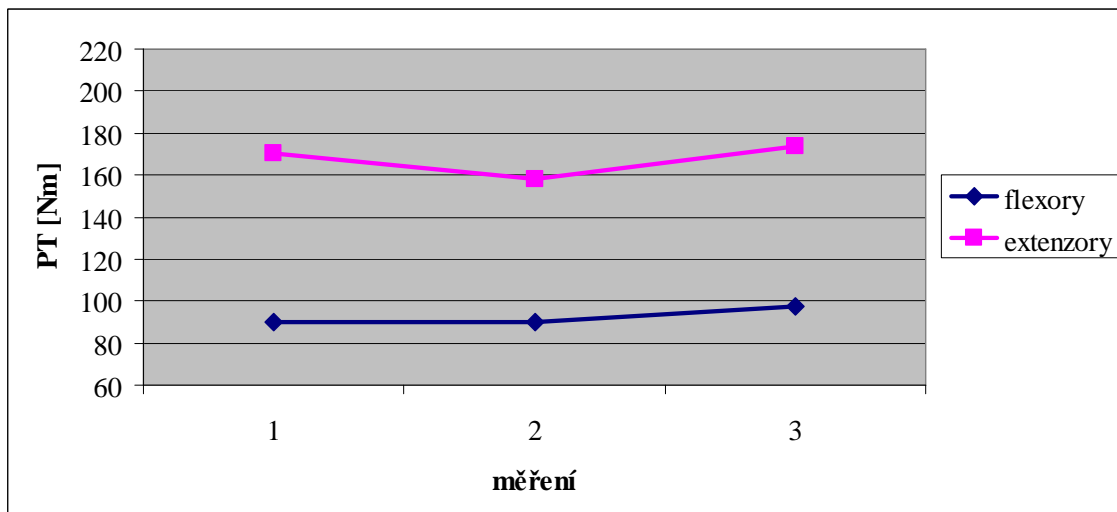
5 VÝSLEDKY

Měření svalové síly proběhlo v souladu se zvolenou metodikou při úhlové rychlosti 60°/s pro koncentrickou i excentrickou svalovou kontrakci. Základní statistické charakteristiky u sledovaných parametrů jsou uvedeny v Přílohách 12-17.

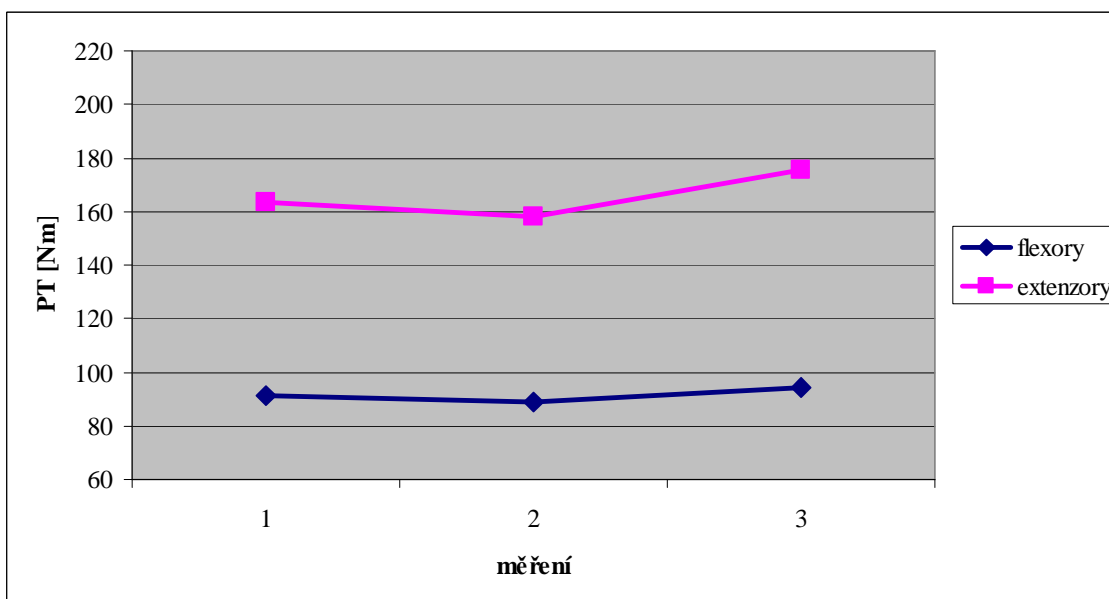
5.1 Maximální moment síly (PT)

5.1.1 PT při koncentrické svalové kontrakci

Ve všech měřeních koncentrické svalové kontrakce dosahovali všichni probandi vyšších hodnot PT extenzorů než flexorů, a to jak na dominantní dolní končetině (DDK), tak na nedominantní dolní končetině (NDK). Pro průměrné hodnoty PT flexorů i extenzorů na DDK i NDK byl charakteristický pokles při druhém měření a následný nárůst při třetím měření (Obrázek 9 a 10).



Obrázek 9. Průměrné hodnoty PT [N·m] flexorů a extenzorů na DDK při koncentrické svalové kontrakci při rychlosti 60°/s během jednotlivých měření



Obrázek 10. Průměrné hodnoty PT [N·m] flexorů a extenzorů na NDK při koncentrické svalové kontrakci při rychlosti 60°/s během jednotlivých měření

Pozorovali jsme signifikantní efekt času na hodnoty PT při koncentrické svalové kontrakci flexorů na DDK, extenzorů na DDK a extenzorů na NDK (Tabulka 5).

Tabulka 5. Změny v průměrných hodnotách PT flexorů a extenzorů kolenního kloubu mezi jednotlivými měřeními na DDK a NDK při koncentrické svalové kontrakci

	DDK		NDK	
	χ^2	p	χ^2	p
FL con 1,2,3	8,19	0,02	3,82	0,15
EX con 1,2,3	10,36	0,01	10,36	0,01

Vysvětlivky: DDK – dominantní dolní končetina; NDK – nedominantní dolní končetina; FL – flexory; EX – extenzory; con – koncentrická svalová kontrakce; 1,2,3 – označení termínů měření; χ^2 – chí-kvadrát; p – hladina statistické významnosti (tučně jsou zvýrazněny statisticky významné hodnoty; $p < 0,05$)

Hlubší analýza potvrdila statisticky významný rozdíl mezi průměrnými hodnotami PT flexorů na DDK při koncentrické svalové kontrakci mezi 1. a 3. měřením a 2. a 3. měřením. Dále potvrdila statisticky významný rozdíl mezi průměrnými hodnotami PT extenzorů na DDK při koncentrické svalové kontrakci mezi 2. a 3. měřením a statisticky významný rozdíl mezi průměrnými hodnotami PT extenzorů na NDK při koncentrické svalové kontrakci mezi 1. a 3. měřením

a 2. a 3. měření (Tabulka 6). Významnost změn mezi průměrnými hodnotami PT flexorů na DDK při koncentrické svalové kontrakci mezi 1. a 3. měření a 2. a 3. měření potvrdily rovněž hodnoty koeficientu effect size ($r=0,50$; $r=0,57$). Hodnoty effect size ukázaly na velký efekt ($r=0,63$) tréninkového programu na průměrné hodnoty PT extenzorů na DDK při koncentrické svalové kontrakci mezi 2. a 3. měření, na střední efekt ($r=0,42$) na průměrné hodnoty PT extenzorů na DDK při koncentrické svalové kontrakci mezi 1. a 2. měření, na velký efekt ($r=0,55$) na průměrné hodnoty PT extenzorů na NDK při koncentrické svalové kontrakci mezi 2. a 3. měření a na střední efekt ($r=0,44$) na průměrné hodnoty PT extenzorů na NDK při koncentrické svalové kontrakci mezi 1. a 3. měření.

Tabulka 6. Statistická významnost rozdílů PT flexorů a extenzorů na DDK a extenzorů na NDK při koncentrické svalové kontrakci

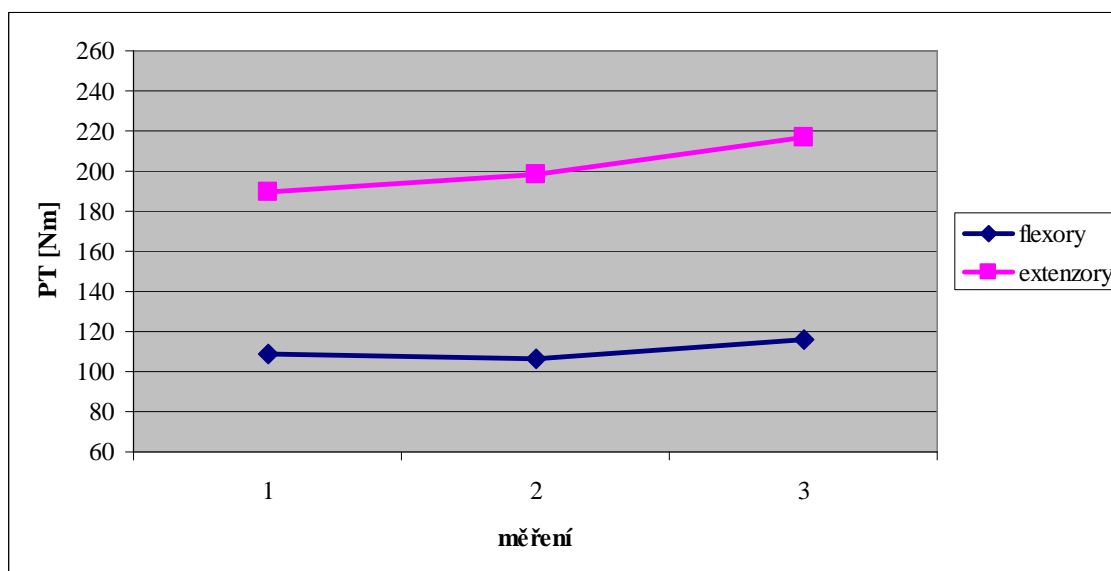
Dvojice proměnných	M1	Mdn1	SD1	M2	Mdn2	SD2	Z	p
FL DDK 1. x FL DDK 2.	90,18	89,00	17,79	89,91	93,50	13,73	0,31	0,76
FL DDK 1. x FL DDK 3.	90,18	89,00	17,79	97,29	101,00	15,33	2,36	0,02
FL DDK 2. x FL DDK 3.	89,91	93,50	13,73	97,29	101,00	15,33	2,67	0,01
EX DDK 1. x EX DDK 2.	170,64	171,00	28,95	157,96	164,00	18,32	1,96	0,05
EX DDK 1. x EX DDK 3.	170,64	171,00	28,95	173,86	177,80	23,39	0,53	0,59
EX DDK 2. x EX DDK 3.	157,96	164,00	18,32	173,86	177,80	23,39	2,93	0,00
EX NDK 1. x EX NDK 2.	163,73	163,00	18,31	157,98	161,70	17,90	1,42	0,15
EX NDK 1. x EX NDK 3.	163,73	163,00	18,31	175,25	168,80	27,96	2,04	0,04
EX NDK 2. x EX NDK 3.	157,98	161,70	17,90	175,25	168,80	27,96	2,58	0,01

Vysvětlivky: M – aritmetický průměr; Mdn – medián; SD – směrodatná odchylka; 1,2 – označení první a druhé proměnné; FL – flexory; EX – extenzory; DDK – dominantní dolní končetina; NDK – nedominantní dolní končetina; 1.-3. – označení termínů měření; Z – hodnota testovacího kritéria Wilcoxonova testu; p – hladina statistické významnosti (tučně jsou zvýrazněny statisticky významné hodnoty; $p<0,05$)

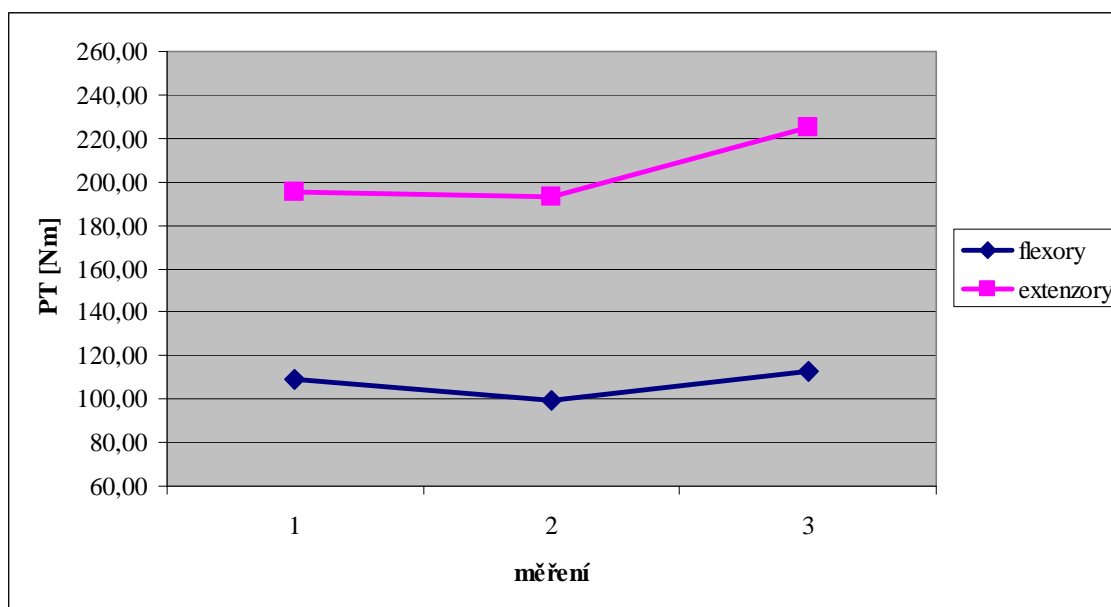
5.1.2 PT při excentrické svalové kontrakci

Ve všech měřeních excentrické svalové kontrakce dosahovali všichni probandi vyšších hodnot PT extenzorů než flexorů, a to jak na DDK, tak na NDK (Obrázek 11 a 12). Mezi jednotlivými měřeními excentrické svalové kontrakce nebyly zjištěny statisticky významné rozdíly průměrných hodnot PT na DDK ani na NDK

(Tabulka 7). Můžeme však pozorovat nesignifikantní pokles průměrných hodnot PT flexorů na DDK i NDK při druhém měření a následný nárůst při třetím měření. Na DDK se průměrné hodnoty PT extenzorů postupně mezi měřeními zvyšovaly. Na NDK došlo při druhém měření k poklesu průměrné hodnoty PT extenzorů a k výraznému nárůstu průměrné hodnoty PT při třetím měření (Obrázek 11 a 12).



Obrázek 11. Průměrné hodnoty PT [N·m] flexorů a extenzorů na DDK při excentrické svalové kontrakci při rychlosti 60°/s během jednotlivých měření



Obrázek 12. Průměrné hodnoty PT [N·m] flexorů a extenzorů na NDK při excentrické svalové kontrakci při rychlosti 60°/s během jednotlivých měření

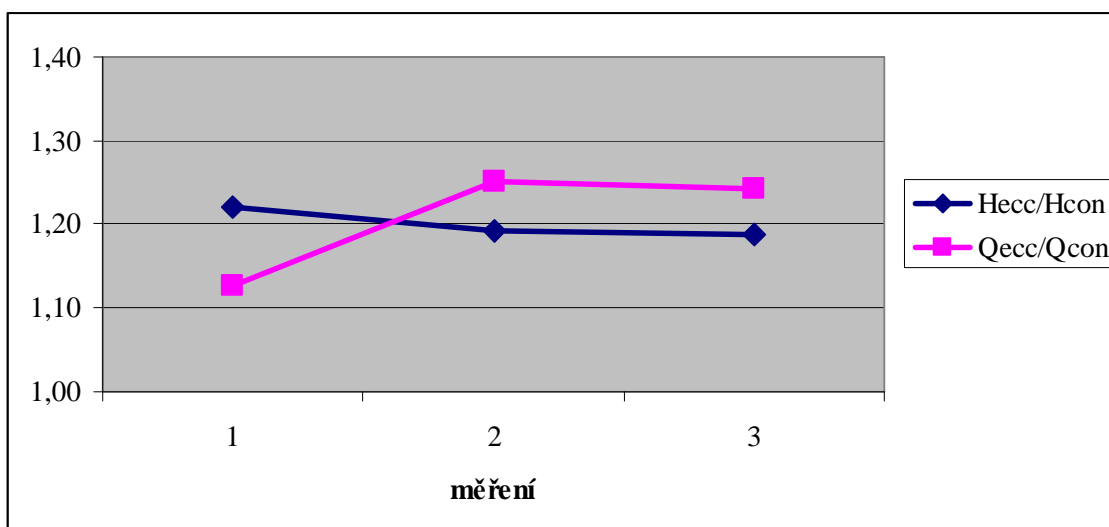
Tabulka 7. Změny v průměrných hodnotách PT flexorů a extenzorů kolenního kloubu mezi jednotlivými měřeními na DDK a NDK při excentrické svalové kontrakci

	DDK		NDK	
	χ^2	p	χ^2	p
FL ecc 1,2,3	4,55	0,10	3,45	0,18
EX ecc 1,2,3	2,91	0,23	3,45	0,18

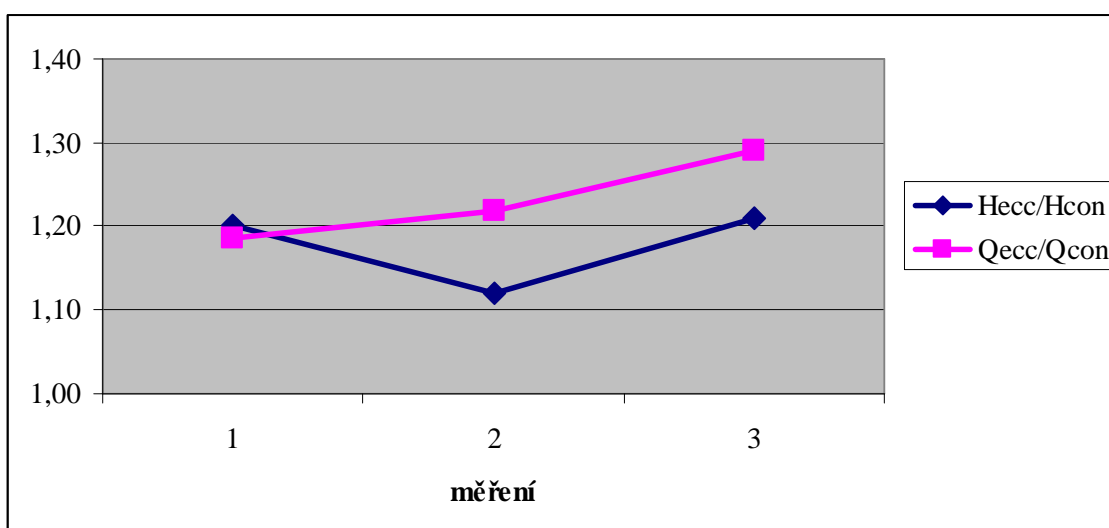
Vysvětlivky: DDK – dominantní dolní končetina; NDK – nedominantní dolní končetina; FL – flexory; EX – extenzory; ecc – excentrická svalová kontrakce; 1,2,3 – označení termínů měření; χ^2 – chí-kvadrát; p – hladina statistické významnosti

5.2 Poměr excentrické a koncentrické svalové kontrakce flexorů a extenzorů kolene (Hecc/Hcon a Qecc/Qcon)

Průměrné hodnoty Hecc/Hcon a Qecc/Qcon se během všech měření pohybovaly v rozmezí od 1,1 do 1,3 na DDK i NDK (Obrázek 13 a 14). Mezi jednotlivými měřeními nebyly zjištěny statisticky významné rozdíly v průměrných hodnotách Hecc/Hcon a Qecc/Qcon na DDK ani na NDK (Tabulka 8). Na DDK však můžeme pozorovat nesignifikantní pokles průměrné hodnoty Hecc/Hcon při druhém i při třetím měření. Na NDK se průměrná hodnota Hecc/Hcon při druhém měření snížila a následně se zvýšila při třetím měření. Na DDK se průměrná hodnota Qecc/Qcon při druhém měření zvýšila a následně se snížila při třetím měření. Na NDK se průměrná hodnota Qecc/Qcon při druhém i při třetím měření zvýšila (Obrázek 13 a 14).



Obrázek 13. Průměrné hodnoty Hecc/Hcon a Qecc/Qcon na DDK při rychlosti 60°/s během jednotlivých měření



Obrázek 14. Průměrné hodnoty Hecc/Hcon a Qecc/Qcon na NDK při rychlosti 60°/s během jednotlivých měření

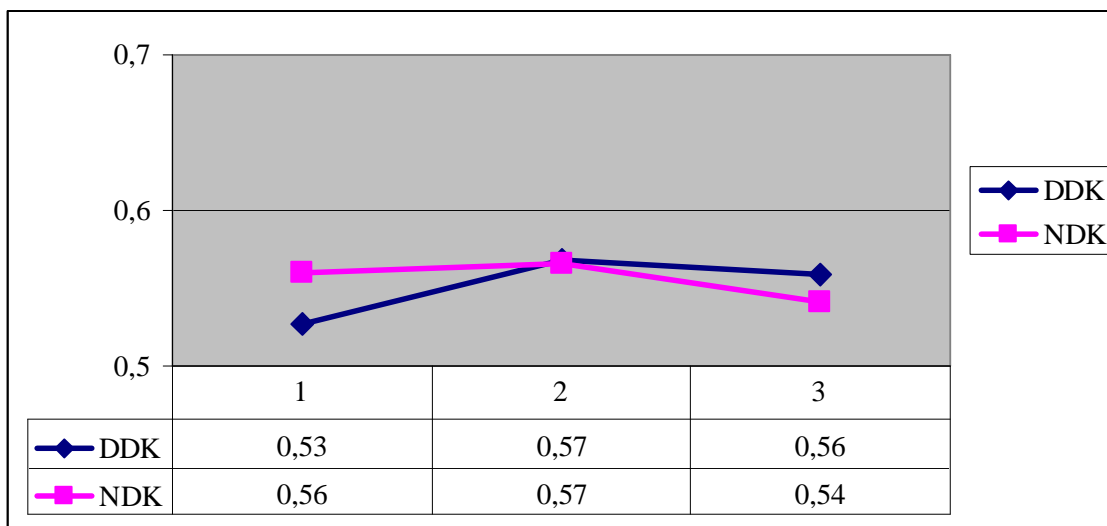
Tabulka 8. Změny v průměrných hodnotách Hecc/Hcon a Qecc/Qcon mezi jednotlivými měřeními na DDK a NDK

	DDK		NDK	
	χ^2	p	χ^2	p
Hecc/Hcon 1,2,3	0,18	0,91	3,45	0,18
Qecc/Qcon 1,2,3	5,64	0,06	3,82	0,15

Vysvětlivky: DDK – dominantní dolní končetina; NDK – nedominantní dolní končetina; Hecc/Hcon – poměr excentrické a koncentrické svalové kontrakce flexorů kolenního kloubu; Qecc/Qcon – poměr excentrické a koncentrické svalové kontrakce extenzorů kolenního kloubu; 1,2,3 – označení termínů měření; χ^2 – chí-kvadrát; p – hladina statistické významnosti

5.3 Konvenční poměr svalové síly flexorů a extenzorů kolene (H/Q_{CON})

Průměrné hodnoty H/Q_{CON} na DDK i NDK se ve všech měřeních pohybovaly pod hraniční hodnotou 0,6. Na DDK se průměrná hodnota H/Q_{CON} při druhém měření zvýšila a následně mírně poklesla při třetím měření. Na NDK se průměrná hodnota H/Q_{CON} při druhém měření mírně zvýšila a následně poklesla při třetím měření (Obrázek 15).



Obrázek 15. Průměrné hodnoty H/Q_{CON} na DDK a NDK při rychlosti 60°/s během jednotlivých měření

Pozorovali jsme signifikantní efekt času na hodnoty H/Q_{CON} mezi jednotlivými měřeními pouze na DDK (Tabulka 9).

Tabulka 9. Změny v průměrných hodnotách H/Q_{CON} mezi jednotlivými měřeními na DDK a NDK

Hcon/Qcon 1,2,3	DDK		NDK	
	χ^2	p	χ^2	p
	10,36	0,01	1,27	0,53

Vysvětlivky: DDK – dominantní dolní končetina; NDK – nedominantní dolní končetina; Hcon/Qcon – konvenční poměr svalové síly flexorů a extenzorů kolene; 1,2,3 – označení termínů měření; χ^2 – chí-kvadrát; p – hladina statistické významnosti (tučně jsou zvýrazněny statisticky významné hodnoty; p<0,05)

Hlubší analýza ukázala na statisticky významný rozdíl mezi průměrnými hodnotami H/Q_{CON} na DDK mezi 1. a 2. měřením a 1. a 3. měřením (Tabulka 10). Hodnoty effect size ukázaly na velký efekt (r=0,51) tréninkového programu na průměrné hodnoty H/Q_{CON} na DDK mezi 1. a 2. měřením a na střední efekt (r=0,47) mezi 1. a 3. měřením.

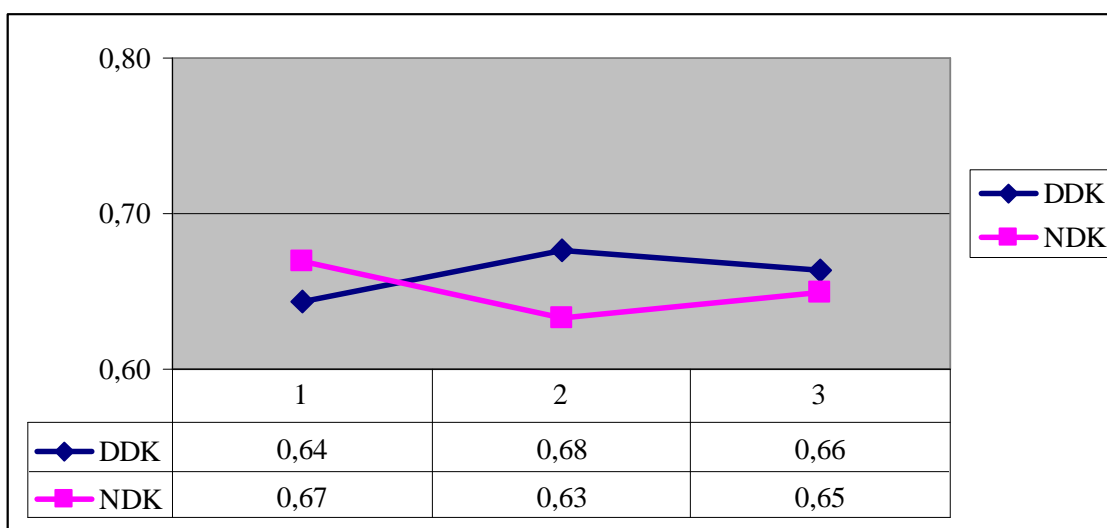
Tabulka 10. Statistická významnost rozdílů H/Q_{CON} na DDK

Dvojice proměnných	M1	Mdn1	SD1	M2	Mdn2	SD2	Z	p
Hcon/Qcon 1. x Hcon/Qcon 2.	0,53	0,53	0,04	0,57	0,58	0,06	2,40	0,02
Hcon/Qcon 1. x Hcon/Qcon 3.	0,53	0,53	0,04	0,56	0,57	0,04	2,22	0,03
Hcon/Qcon 2. x Hcon/Qcon 3.	0,57	0,58	0,06	0,56	0,57	0,04	1,5	0,13

Vysvětlivky: M – aritmetický průměr; Mdn – medián; SD – směrodatná odchylka; 1,2 – označení první a druhé proměnné; Hcon/Qcon – konvenční poměr svalové síly flexorů a extenzorů kolene; 1.-3. – označení termínů měření; Z – hodnota testovacího kritéria Wilcoxonova testu; p – hladina statistické významnosti (tučně jsou zvýrazněny statisticky významné hodnoty; p<0,05)

5.4 Funkční poměr svalové síly flexorů a extenzorů kolene (H/Q_{FUNC})

Průměrné hodnoty H/Q_{FUNC} na DDK i NDK se ve všech měřeních pohybovaly pod hraniční hodnotou 0,7 (Obrázek 16). Mezi jednotlivými měřeními nebyly zjištěny statisticky významné rozdíly v hodnotách H/Q_{FUNC} na DDK ani na NDK (Tabulka 11). Na DDK však můžeme pozorovat nesignifikantní vzestup průměrné hodnoty H/Q_{FUNC} při druhém měření a následný pokles při třetím měření. Na NDK tomu bylo právě naopak, tedy průměrná hodnota H/Q_{FUNC} se při druhém měření nesignifikantně snížila a následně se zvýšila při třetím měření (Obrázek 16).



Obrázek 16. Průměrné hodnoty H/Q_{FUNC} na DDK a NDK při rychlosti $60^\circ/s$ během jednotlivých měření

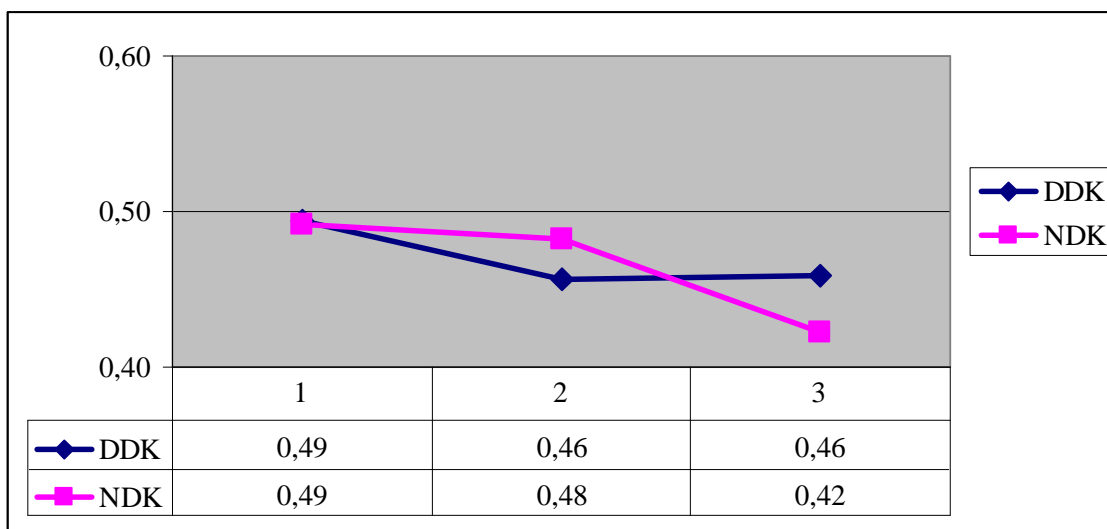
Tabulka 11. Změny v průměrných hodnotách H/Q_{FUNC} mezi jednotlivými měřeními na DDK a NDK

Hecc/Qcon 1,2,3	DDK		NDK	
	χ^2	p	χ^2	p
	1,64	0,44	2,36	0,31

Vysvětlivky: DDK – dominantní dolní končetina; NDK – nedominantní dolní končetina; Hecc/Qcon – funkční poměr svalové síly flexorů a extenzorů kolene; 1,2,3 – označení termínů měření; χ^2 – chí-kvadrát; p – hladina statistické významnosti

5.5 Funkční poměr svalové síly flexorů a extenzorů kolene (Hcon/Qecc)

Průměrné hodnoty Hcon/Qecc na DDK i NDK se ve všech měřeních pohybovaly mezi hodnotami 0,4-0,5 (Obrázek 17). Mezi jednotlivými měřeními nebyly zjištěny statisticky významné rozdíly v hodnotách Hcon/Qecc na DDK ani na NDK (Tabulka 12). Můžeme však pozorovat nesignifikantní snížení průměrných hodnot Hcon/Qecc na DDK i NDK při druhém měření. Na DDK nabýval Hcon/Qecc při třetím měření stejné průměrné hodnoty jako při druhém měření. Na NDK se průměrná hodnota Hcon/Qecc při třetím měření opět nesignifikantně snížila (Obrázek 17). Hodnoty effect size ukázaly na malý efekt ($r=0,25$; $r=0,23$) tréninkového programu na průměrné hodnoty Hcon/Qecc na DDK mezi 1. a 2. měřením a 1. a 3. měřením, na malý efekt ($r=0,13$; $r=0,28$) na průměrné hodnoty Hcon/Qecc na NDK mezi 1. a 2. měřením a 1. a 3. měřením a na střední efekt ($r=0,36$) na průměrné hodnoty Hcon/Qecc na NDK mezi 2. a 3. měřením.



Obrázek 17. Průměrné hodnoty Hcon/Qecc na DDK a NDK při rychlosti 60°/s během jednotlivých měření

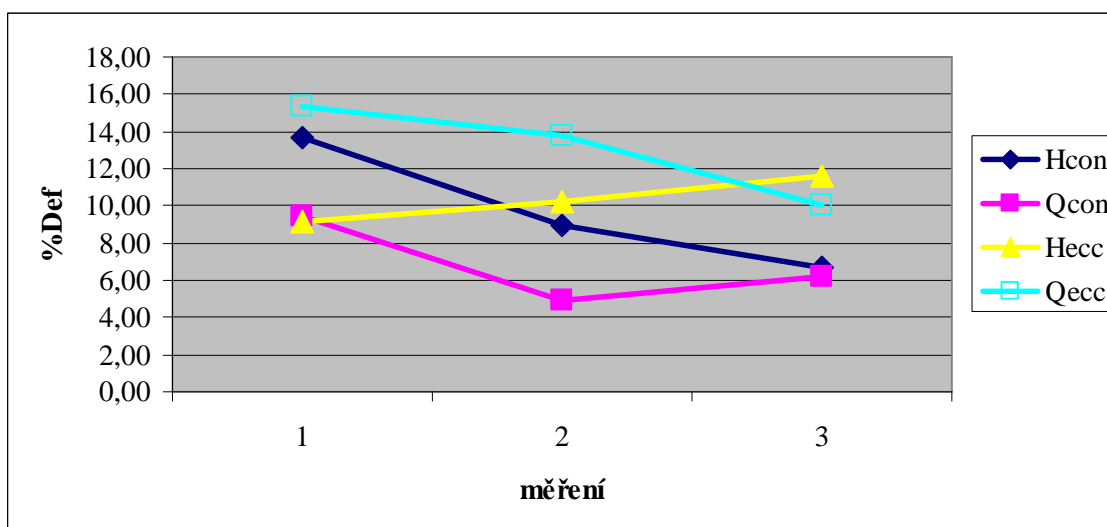
Tabulka 12. Změny v průměrných hodnotách Hcon/Qecc mezi jednotlivými měřeními na DDK a NDK

	DDK		NDK	
	χ^2	p	χ^2	p
Hcon/Qecc 1,2,3	2,36	0,31	1,27	0,53

Vysvětlivky: DDK – dominantní dolní končetina; NDK – nedominantní dolní končetina; Hcon/Qecc – funkční poměr svalové síly flexorů a extenzorů kolene; 1,2,3 – označení termínů měření; χ^2 – chí-kvadrát; p – hladina statistické významnosti

5.6 Procentuální deficit ve vztahu k silnější DK (%Def)

Při prvním měření vykazovaly nejvyšší průměrnou hodnotu procentuálního deficitu ve vztahu k silnější dolní končetině extenzory kolenního kloubu při excentrické svalové kontrakci. Při druhém měření se průměrná hodnota %Def extenzorů při excentrické svalové kontrakci snížila a stejně tomu bylo i při třetím měření. Vyšší průměrnou hodnotu %Def při prvním měření měly také flexory kolenního kloubu při koncentrické svalové kontrakci. Při druhém i při třetím měření došlo opět ke snížení průměrné hodnoty %Def flexorů při koncentrické svalové kontrakci (až pod stanovenou hranici 10%Def). Nižší průměrné hodnoty %Def (<10%Def) při prvním měření vykazovaly extenzory kolenního kloubu při koncentrické svalové kontrakci a flexory kolenního kloubu při excentrické svalové kontrakci. Průměrná hodnota %Def extenzorů při koncentrické svalové kontrakci se při druhém měření snížila a následně opět zvýšila při třetím měření (stále však pod hraniční hodnotou 10%Def). Průměrná hodnota %Def flexorů při excentrické svalové kontrakci se při druhém měření a následně i při třetím měření zvýšila (nad hranici 10%Def) (Obrázek 18).



Obrázek 18. Průměrné hodnoty %Def během jednotlivých měření koncentrické a excentrické svalové kontrakce flexorů a extenzorů kolenního kloubu při rychlosti 60°/s

Signifikantní efekt času na průměrné hodnoty %Def jsme pozorovali pouze u flexorů kolenního kloubu při měření koncentrické svalové kontrakce (Tabulka 13).

Tabulka 13. Změny v průměrných hodnotách %Def mezi jednotlivými měřeními koncentrické a excentrické svalové kontrakce flexorů a extenzorů kolenního kloubu

	χ^2	p
%Def Hcon 1,2,3	7,82	0,02
%Def Qcon 1,2,3	4,55	0,10
%Def Hecc 1,2,3	0,18	0,91
%Def Qecc 1,2,3	1,27	0,53

Vysvětlivky: 1,2,3 – označení termínů měření; χ^2 – chí-kvadrát; p – hladina statistické významnosti (tučně jsou zvýrazněny statisticky významné hodnoty; $p < 0,05$)

Hlubší analýza potvrdila statisticky významný rozdíl mezi průměrnými hodnotami %Def flexorů při koncentrické svalové kontrakci mezi 1. a 3. měřením a statisticky významný rozdíl mezi průměrnými hodnotami %Def extenzorů při koncentrické svalové kontrakci mezi 1. a 2. měřením (Tabulka 14). Hodnoty effect size ukázaly na velký efekt ($r=0,55$) tréninkového programu na průměrné hodnoty %Def mezi 1. a 3. měřením koncentrické svalové kontrakce flexorů a na střední efekt ($r=0,47$) na průměrné hodnoty %Def mezi 1. a 2. měřením koncentrické svalové kontrakce extenzorů.

Tabulka 14. Statistická významnost rozdílů %Def flexorů a extenzorů při koncentrické svalové kontrakci

Dvojice proměnných	M1	Mdn1	SD1	M2	Mdn2	SD2	Z	p
%Def Hcon 1. x %Def Hcon 2.	13,63	11,24	9,29	8,91	7,23	5,47	1,51	0,13
%Def Hcon 1. x %Def Hcon 3.	13,63	11,24	9,29	6,71	7,16	4,15	2,58	0,01
%Def Hcon 2. x %Def Hcon 3.	8,91	7,23	5,47	6,71	7,16	4,15	1,87	0,06
%Def Qcon 1. x %Def Qcon 2.	9,46	10,69	6,76	4,89	3,27	5,84	2,22	0,03
%Def Qcon 1. x %Def Qcon 3.	9,46	10,69	6,76	6,24	7,03	3,48	1,78	0,08
%Def Qcon 2. x %Def Qcon 3.	4,89	3,27	5,84	6,24	7,03	3,48	1,07	0,29

Vysvětlivky: M – aritmetický průměr; Mdn – medián; SD – směrodatná odchylka; 1,2 – označení první a druhé proměnné; 1.-3. – označení termínů měření; Z – hodnota testovacího kritéria Wilcoxonova testu; p – hladina statistické významnosti (tučně jsou zvýrazněny statisticky významné hodnoty; $p < 0,05$)

6 DISKUZE

6.1 Diskuze k maximálnímu momentu síly flexorů a extenzorů kolenního kloubu při koncentrické a excentrické svalové kontrakci

Stejně jako v ostatních studiích bylo i v naší studii dosahováno při všech třech měřeních vyšších průměrných hodnot PT při kontrakci extenzorů kolenního kloubu, a to při koncentrické i excentrické svalové kontrakci u DDK i NDK (Andrade et al., 2012; Coombs & Garbutt, 2002; Xaverová et al., 2015). Při excentrické svalové kontrakci bylo dosahováno vyšších průměrných hodnot PT jak při kontrakci flexorů, tak i extenzorů, a to na DDK i NDK (Aagaard et al., 1998; Xaverová et al.). Nejvyšší průměrné hodnoty PT u flexorů i extenzorů kolenního kloubu při koncentrické i excentrické svalové kontrakci na DDK i NDK byly naměřeny při třetím měření (tedy na konci přípravného období), což je s největší pravděpodobností způsobeno vlivem specifického tréninku (např. tréninku síly - 870 minut) v přípravném období. Kromě průměrných hodnot PT extenzorů při excentrické svalové kontrakci na DDK bylo při druhém měření (tedy na začátku přípravného období) dosahováno nejnižších průměrných hodnot PT, což je s největší pravděpodobností způsobeno v důsledku desadaptace vlivem nedostatků v plánování a realizaci silového tréninku v přechodném období. V průběhu sledovaných období RTC došlo v izokinetické síle ke statisticky významnému zvýšení hodnot PT pouze při koncentrické svalové kontrakci, a to u flexorů na DDK mezi 1. a 3. měřením ($p=0,02$; $r=0,50$) a 2. a 3. měřením ($p=0,01$; $r=0,57$), u extenzorů na DDK mezi 2. a 3. měřením ($p=0,00$; $r=0,63$) a u extenzorů na NDK mezi 1. a 3. měřením ($p=0,04$; $r=0,44$) a 2. a 3. měřením ($p=0,01$; $r=0,55$). Lze tedy říci, že tyto výsledky jsou dány zvýšením maximální síly koncentrické svalové kontrakce flexorů na DDK a extenzorů na DDK i NDK mezi 2. a 3. měřením (tedy v průběhu přípravného období). Mezi jednotlivými měřeními excentrické svalové kontrakce nebyly zjištěny statisticky významné rozdíly průměrných hodnot PT na DDK ani na NDK. Můžeme však pozorovat nesignifikantní pokles průměrných hodnot PT flexorů na DDK i NDK při druhém měření a následný nárůst při třetím měření. Na DDK se průměrné hodnoty PT extenzorů postupně

mezi měřeními zvyšovaly. Na NDK došlo při druhém měření k poklesu průměrné hodnoty PT extenzorů a k výraznému, avšak nesignifikantnímu, nárůstu průměrné hodnoty PT při třetím měření. Především tedy dostatečná stimulace maximální koncentrické síly flexorů během přípravného období (nárůst hodnot PT flexorů při koncentrické kontrakci při třetím měření na obou dolních končetinách - signifikantní nárůst pouze na DDK) se poté projevila na snížení jak ipsilaterálních, tak bilaterálních svalových dysbalancí.

6.2 Diskuze k ipsilaterálním svalovým dysbalancím

Hamstringy a m. quadriceps femoris zastávají důležitou roli při dynamické stabilizaci kolenního kloubu. Pokud nejsou v určité rovnováze, bývá slabší skupina náchylnější ke zranění, stejně jako kloub touto dysbalancí ovlivněný.

Při ipsilaterálních srovnáních svalů dolní končetiny byl u házenkářek hodnocen poměr síly hamstringů a quadricepsu (H/Q), a to konvenčním poměrem (H/Q_{CON}) a funkčními poměry (H/Q_{FUNC} a H_{con}/Q_{ecc}), jak doporučuje literatura (Aagaard et al., 1998; Ayala et al., 2012; Coombs & Garbutt, 2002; Houweling et al., 2009; Lehance et al., 2009). Funkční poměr H_{con}/Q_{ecc} byl v diplomové práci hodnocen z toho důvodu, že velmi často u házenkářek dochází k poranění LCA při dopadech či rychlých změnách směru (Olsen et al., 2004), kdy quadriceps pracuje excentricky a hamstringy musí dynamicky stabilizovat kolenní kloub během flexe, a je tedy opět nutná vyvážená svalová aktivita těchto dvou svalových skupin.

Pro měření byla zvolena úhlová rychlost $60^\circ/s$ pro koncentrickou i excentrickou svalovou kontrakci (Brown, 2000; Dvir, 2004; Perrin, 1993). Hodnota poměrů 1,0 (100 %) při této úhlové rychlosti vyjadřuje rovnováhu mezi silou flexorů a extenzorů kolenního kloubu, a tedy jejich optimální schopnost dynamické stabilizace kolenního kloubu (Coombs & Garbutt, 2002). Hodnota H/Q_{CON} i H/Q_{FUNC} se odvíjí od testované rychlosti (s rostoucí rychlostí testovaného pohybu se zvyšuje) (Rosene et al. 2001), a proto jsme srovnávali naše výsledky především s pracemi, ve kterých byly poměry měřeny při stejné úhlové rychlosti jako u námi testovaného souboru házenkářek, tedy při úhlové rychlosti $60^\circ/s$. Longitudinální studie, které by se zabývaly změnami konvenčního H/Q či funkčních H/Q v průběhu RTC u házenkářek, nebyly nalezeny,

proto jsou námi zjištěná data obtížně porovnatelná. Pro porovnání s ostatními studii zabývajícími se testováním ipsilaterálních svalových dysbalancí u házenkářek je uvedena průměrná hodnota ze všech tří měření (na konci soutěžního období, na začátku přípravného období, na konci přípravného období) H/Q_{CON} , H/Q_{FUNC} a H_{CON}/Q_{ecc} .

6.2.1 Diskuze k H/Q_{CON}

U námi sledovaného souboru házenkářek se průměrné hodnoty H/Q_{CON} na DDK i NDK ve všech měřeních pohybovaly těsně pod hraniční hodnotou 0,6 (na DDK při prvním měření 0,53, při druhém měření 0,57, při třetím měření 0,56 – průměrná hodnota tedy 0,55; na NDK při prvním měření 0,56, při druhém měření 0,57, při třetím měření 0,54 – průměrná hodnota tedy 0,56), což poukazuje na svalovou dysbalanci mezi flexory a extenzory kolenního kloubu, a tedy na možné zvýšené riziko zranění hamstringů a měkkých struktur kolenního kloubu (především LCA). Na DDK se průměrná hodnota H/Q_{CON} při druhém měření zvýšila a následně mírně poklesla při třetím měření. Na NDK se průměrná hodnota H/Q_{CON} při druhém měření mírně zvýšila a následně poklesla při třetím měření. Signifikantní efekt času na hodnoty H/Q_{CON} mezi jednotlivými měřeními jsme pozorovali pouze na DDK, a to konkrétně mezi 1. a 2. měřením ($p=0,02$; $r=0,51$) a 1. a 3. měřením ($p=0,03$; $r=0,47$). K signifikantnímu zvýšení průměrné hodnoty H/Q_{CON} mezi 1. a 2. měřeními (tedy po přechodném období) došlo především kvůli snížení průměrné hodnoty PT quadricepsu při koncentrické kontrakci, ke kterému mohlo dojít v důsledku desadaptace vlivem nedostatků v plánování a realizaci silového tréninku v přechodném období (měsíc červen a červenec). K signifikantnímu zvýšení průměrné hodnoty H/Q_{CON} mezi 1. a 3. měřeními (tedy po přechodném a přípravném období) došlo především kvůli signifikantnímu zvýšení průměrné hodnoty PT hamstringů na DDK při koncentrické kontrakci mezi 2. a 3. měřeními, což by znamenalo správnou realizaci silového tréninku během přípravného období (měsíc srpen a září) u námi sledovaného souboru házenkářek. Na NDK došlo k nesignifikantnímu zvýšení průměrné hodnoty H/Q_{CON} při druhém měření především kvůli snížení průměrné hodnoty PT extenzorů při koncentrické svalové kontrakci, které mohlo být taktéž způsobeno v důsledku desadaptace vlivem nedostatků v plánování a realizaci silového tréninku v přechodném období. K následnému nesignifikantnímu poklesu průměrné hodnoty H/Q_{CON} při třetím

měření došlo především kvůli signifikantnímu zvýšení průměrné hodnoty PT extenzorů mezi 2. a 3. měřením, které bylo způsobeno správnou realizací silového tréninku během přípravného období. Bohužel se tak ale prohloubila svalová dysbalance mezi flexory a extenzory kolenního kloubu na NDK oproti 2. měření, jelikož zvýšení průměrné hodnoty PT flexorů při třetím měření zdaleka nedosahovalo průměrných hodnot PT extenzorů při třetím měření.

Xaverova et al. (2015) hodnotili H/Q_{CON} u 17 elitních házenkářek (9 žen – $26,2 \pm 3,3$; 8 juniorek – $20,1 \pm 1,4$). Pro měření zvolili úhlovou rychlost $60^\circ/s$, $180^\circ/s$ a $240^\circ/s$ pro koncentrickou kontrakci a $60^\circ/s$ pro excentrickou kontrakci. Při úhlové rychlosti $60^\circ/s$ se průměrné hodnoty H/Q_{CON} u žen i juniorek na DDK i NDK pohybovaly těsně pod hraniční hodnotou 0,6 (ženy na DDK $0,57 \pm 0,11$, ženy na NDK $0,57 \pm 0,05$, juniorky na DDK $0,58 \pm 0,05$, juniorky na NDK $0,56 \pm 0,06$) stejně jako u námi testovaného souboru házenkářek. Výsledky tedy ukazují na oslabení hamstringů oproti quadricepsu, a tedy na predispozice k akutnímu poranění kolenního kloubu.

Andrade et al. (2012) hodnotili H/Q_{CON} u 166 sportovců. H/Q_{CON} byl hodnocen pouze na DDK. V tomto souboru bylo také 22 házenkářek ve věku $25,0 \pm 2,7$. Při úhlové rychlosti $60^\circ/s$ se hodnoty H/Q_{CON} u házenkářek pohybovaly těsně pod hraniční hodnotou 0,6 ($0,56 \pm 6$) stejně jako u námi testovaného souboru házenkářek. Výsledky tedy opět ukazují na oslabení hamstringů oproti quadricepsu, a tedy na predispozice k akutnímu poranění kolenního kloubu.

6.2.2 Diskuze k H/Q_{FUNC}

U námi sledovaného souboru házenkářek se průměrné hodnoty H/Q_{FUNC} na DDK i NDK ve všech měřeních pohybovaly těsně pod hraniční hodnotou 0,7 (na DDK při prvním měření 0,64, při druhém měření 0,68, při třetím měření 0,66 – průměrná hodnota tedy 0,66; na NDK při prvním měření 0,67, při druhém měření 0,63, při třetím měření 0,65 – průměrná hodnota tedy 0,65), což poukazuje na nedostatečnou schopnost hamstringů stabilizovat kolenní kloub v extenzích, a tím na zvýšené riziko zranění hamstringů a měkkých struktur kolenního kloubu (především LCA). Mezi jednotlivými měřeními nebyly zjištěny statisticky významné rozdíly v hodnotách H/Q_{FUNC} na DDK ani na NDK. Na DDK byl nalezen

nesignifikantní vzestup průměrné hodnoty H/Q_{FUNC} při druhém měření a následný pokles při třetím měření. Na NDK tomu bylo právě naopak, tedy průměrná hodnota H/Q_{FUNC} se při druhém měření nesignifikantně snížila a následně se zvýšila při třetím měření. Ke zvýšení průměrné hodnoty H/Q_{FUNC} na DDK mezi 1. a 2. měřením (tedy po přechodném období) došlo především kvůli snížení průměrné hodnoty PT quadricpsu při koncentrické kontrakci, ke kterému, jak již bylo výše řečeno, mohlo dojít v důsledku desadaptace vlivem nedostatků v plánování a realizaci silového tréninku v přechodném období (měsíc červen a červenec). Mezi 1. a 2. měřením došlo sice také současně ke snížení průměrné hodnoty PT hamstringů při excentrické kontrakci, ale toto snížení bylo oproti poklesu v koncentrické síle quadricpsu minimální. Ke snížení průměrné hodnoty H/Q_{FUNC} na NDK mezi 1. a 2. měřením (tedy po přechodném období) došlo především kvůli snížení průměrné hodnoty PT hamstringů při excentrické kontrakci, ke kterému mohlo také dojít v důsledku desadaptace vlivem nedostatků v plánování a realizaci silového tréninku v přechodném období. Mezi 1. a 2. měřením došlo sice také současně ke snížení průměrné hodnoty PT quadricpsu při koncentrické kontrakci, ale toto snížení bylo menší než pokles excentrické síly hamstringů.

Xaverova et al. (2015) hodnotili také H/Q_{FUNC} . Při úhlové rychlosti $60^\circ/\text{s}$ se průměrné hodnoty H/Q_{FUNC} u žen i juniorek na DDK i NDK pohybovaly těsně pod hraniční hodnotou 0,7 (ženy na DDK $0,66 \pm 0,15$, ženy na NDK $0,67 \pm 0,10$, juniorky na DDK $0,66 \pm 0,11$, juniorky na NDK $0,62 \pm 0,16$) stejně jako u námi testovaného souboru házenkářek. Výsledky tedy ukazují na oslabení hamstringů oproti quadricpsu, a tedy na predispozice k akutnímu poranění kolenního kloubu.

Lyons (2006) hodnotila H/Q_{FUNC} při úhlové rychlosti $60^\circ/\text{s}$ u dvaceti studentů (10 mužů ve věku $22,1 \pm 1,6$ a 10 žen ve věku $21,7 \pm 1,2$). Průměrná hodnota H/Q_{FUNC} studentek byla 0,8, tedy nad stanovenou hranicí, což poukazuje na dostatečnou schopnost hamstringů stabilizovat kolenní kloub v extenzích. Studentky tedy dosáhly vyšší průměrné hodnoty H/Q_{FUNC} oproti námi testovanému souboru házenkářek. Důvodem mohly být buď vyšší průměrné hodnoty PT hamstringů při excentrické kontrakci oproti námi testovanému souboru házenkářek nebo nižší průměrné hodnoty PT quadricpsu při koncentrické kontrakci. Podle mého názoru bylo této vyšší hodnoty u studentek dosaženo z důvodu nižší průměrné hodnoty PT quadricpsu při koncentrické kontrakci oproti námi testovaným elitním házenkářkám, které mají vysoké hodnoty PT quadricpsu celkově díky vyšším nárokům na silové schopnosti.

6.2.3 Diskuze k Hcon/Qecc

Taktéž nízké hodnoty druhého funkčního poměru poukazují na fakt, že hamstringy mají limitovanou kapacitu pro dynamickou stabilizaci kolenního kloubu během silné flexe kolenního kloubu při současné excentrické aktivaci quadricepsu (Aagaard et al., 1998; Iga, George, Lees, & Reilly, 2009).

U námi sledovaného souboru házenkářek se průměrné hodnoty Hcon/Qecc na DDK i NDK ve všech měřeních pohybovaly pod hodnotou 0,5 (na DDK při prvním měření 0,49, při druhém měření 0,46, při třetím měření 0,46 – průměrná hodnota tedy 0,47; na NDK při prvním měření 0,49, při druhém měření 0,48, při třetím měření 0,42 – průměrná hodnota tedy 0,46). Mezi jednotlivými měřeními nebyly zjištěny statisticky významné rozdíly v hodnotách Hcon/Qecc na DDK ani na NDK. Bylo však nalezeno nesignifikantní snížení průměrných hodnot Hcon/Qecc na DDK i NDK při druhém měření. Na DDK nabýval Hcon/Qecc při třetím měření stejné průměrné hodnoty jako při druhém měření. Na NDK se průměrná hodnota Hcon/Qecc při třetím měření opět nesignifikantně snížila. Hodnoty effect size ukázaly na střední efekt ($r=0,36$) tréninkového programu na průměrné hodnoty Hcon/Qecc na NDK mezi 2. a 3. měřením. Ke snížení průměrné hodnoty Hcon/Qecc na NDK mezi 2. a 3. měřením (tedy po přípravném období - měsíc srpen a září) došlo především kvůli zvýšení průměrné hodnoty PT quadricepsu při excentrické kontrakci, čímž ovšem došlo k prohloubení svalové dysbalance mezi koncentricky pracujícími hamstringy a excentricky pracujícím quadricepsem.

Lyons (2006) u studentek hodnotila také Hcon/Qecc při úhlové rychlosti 60°/s. I v tomto případě dosáhly studentky vyšší průměrné hodnoty (0,77) než námi sledovaný soubor házenkářek a podle mého názoru bylo opět této vyšší hodnoty u studentek dosaženo pouze z důvodu nižší maximální síly quadricepsu (v tomto případě při excentrické kontrakci).

Aagaard et al. (1998) hodnotili Hcon/Qecc u devíti atletů. Tento soubor tvořily 4 ženy a 5 mužů. Pro měření byla využita úhlová rychlost 30°/s a 240°/s. Poměry byly vypočteny z PT při úhlu 50°, 40° a 30° flexe v kolenním kloubu. Atleti dosahovali při nižší (30°/s) i vyšší (240°/s) úhlové rychlosti podobných výsledků jako námi sledovaný soubor házenkářek, a to od 0,28±0,04 (při úhlové rychlosti 240°/s a při flexi 50° v kolenním kloubu) do 0,62±0,15 (při úhlové rychlosti 30°/s a při flexi 30° v kolenním kloubu). Došli tedy k závěru, že při nižší úhlové rychlosti (30°/s) nabýval

Hcon/Qecc vyšších hodnot (0,62). Tyto výsledky podle nich poukazují na to, že hamstringy mají omezenou kapacitu pro dynamickou stabilizaci kolenního kloubu při aktivní flexi, která zahrnuje excentrickou kontrakci quadricepsu. Coombs a Garbutt (2002) vysvětlují nižší hodnoty Hcon/Qecc tím, že hamstringy mají oproti quadricepsu nižší maximální kapacitu, která může být způsobena i jejich menší velikostí oproti veliké mase quadricepsu. V literatuře je však tento poměr velmi ojedinele využíván, proto jde námi zjištěná data jen těžko porovnávat. Ovšem vzhledem k faktu, že excentrická kontrakce nabývá vyšších hodnot než kontrakce koncentrická (Aagaard et al.) a síla quadricepsu je větší než síla hamstringů (Coombs & Garbutt), je logické, že Hcon/Qecc nabývá nižších hodnot než H/Q_{FUNC} (Hecc/Qcon).

Při porovnání s výsledky obdobných studií lze konstatovat, že zjištěné hodnoty H/Q_{CON}, H/Q_{FUNC} a Hcon/Qecc u námi sledovaného souboru házenkářek poukazují na zvýšené riziko poranění hamstringů či LCA, který je tím pádem více zatěžován. Vzhledem k tomuto zjištění by mělo být cílem všech minimalizovat rozdíl ve svalové síle mezi extenzory a flexory kolenního kloubu, a tak docílit zvýšení H/Q.

6.3 Diskuze k bilaterálním svalovým dysbalancím

U námi sledovaného souboru házenkářek přesahovaly hraniční hodnotu 10%Def flexory při koncentrické svalové kontrakci při prvním měření (13,63±9,29), flexory při excentrické svalové kontrakci při druhém a třetím měření (10,25±8,96; 11,58±9,48) a extenzory při excentrické svalové kontrakci ve všech třech měřeních (15,35±9,16; 13,76±12,60; 10,02±9,38). Signifikantní efekt času na hodnoty %Def mezi jednotlivými měřeními jsme pozorovali u flexorů kolenního kloubu při měření koncentrické svalové kontrakce, a to konkrétně mezi 1. a 3. měřením (p=0,01; r=0,55), kdy došlo ke snížení %Def, a u extenzorů při koncentrické svalové kontrakci, a to konkrétně mezi 1. a 2. měřeními (p=0,03; r=0,47), kdy došlo také ke snížení %Def. Můžeme tedy konstatovat, že po absolvování přípravného období se nedostaly pod stanovenou hranici 10%Def hodnoty %Def extenzorů při excentrické svalové kontrakci i přesto, že se hodnoty postupně mezi měřeními snižovaly a svalová dysbalance mezi dolními končetinami se tedy zmenšovala, a dále hodnoty %Def flexorů

při excentrické svalové kontrakci, u kterých se naopak hodnoty %Def mezi měřeními postupně zvyšovaly. Lze tedy říci, že námi sledovaný soubor házenkářek je i z hlediska hodnocení bilaterálních svalových dysbalancí více ohrožený možným poraněním.

Xaverova et al. (2015) také hodnotili %Def flexorů a extenzorů při koncentrické a excentrické svalové kontrakci při úhlové rychlosti 60°/s. Stejně jako u námi sledovaného souboru házenkářek přesahovaly hraniční hodnotu 10%Def extenzory při excentrické svalové kontrakci u žen (14,85±10,53) i juniorek (10,72±8,77), flexory při excentrické svalové kontrakci u žen (15,05±13,46) a flexory při koncentrické svalové kontrakci u žen (10,04±6,32). V porovnání s námi sledovaným souborem házenkářek jsou juniorky nejméně ohrožené možným poraněním z důvodu bilaterálních svalových dysbalancí.

Maly, Zahalka, Mala a Cech (2015) hodnotili %Def u 22 netrénovaných chlapců ve věku 13 let. Chlapci neprováděli žádnou pravidelnou fyzickou aktivitu kromě tělesné výchovy ve škole (2x týdně 45 minut). Byla hodnocena pouze koncentrická svalová kontrakce flexorů a extenzorů. Při úhlové rychlosti 60°/s dosahovaly flexory hodnoty 12±2%Def a extenzory 14±1%Def, což poukazuje na vyšší bilaterální svalové dysbalance než u námi sledovaného souboru házenkářek, a to konkrétně jak u extenzorů, tak i flexorů (po přípravném období, kdy došlo ke snížení %Def flexorů u námi sledovaných házenkářek). Vysoká hodnota %Def u netrénovaných chlapců je nejspíše způsobena tím, že lidé obvykle provádějí běžné denní činnosti především dominantní horní nebo dolní končetinou bez kompenzace svalové síly na kontralaterální končetině (Hay & Fukashiro, 2010).

Přesného hodnocení rovnováhy svalové síly lze dosáhnout pomocí pravidelné diagnostiky cílené na odhalování svalových dysbalancí a izokinetického testování (Brown, 2000; Dvir, 2004). Někteří autoři ale upozorňují na limity izokinetického testování. Cometti, Maffiuletti, Pousson, Chatard a Maffulli (2001) uvádí, že pohyby, které jsou vykonávané při izokinetickém testování, neodpovídají pohybovým akcím při hře, a je proto vhodnější používat funkční testy.

6.4 Limity studie

Za limity studie považujeme především malou velikost testovaného souboru házenkářek (n=11), díky které se může ve výsledcích projevit chyba II. řádu. Větší vypovídající hodnotu by také mohlo přinést respektování úhlu při porovnávání síly flexorů a extenzorů kolenního kloubu. Standardně se ale využívají průměrné hodnoty PT bez ohledu na úhel jejich dosažení.

7 ZÁVĚRY

Závěrem VO₁ je, že v průběhu sledovaných období RTC došlo v izokinetické síle ke statisticky významnému zvýšení hodnot PT pouze při koncentrické svalové kontrakci, a to u flexorů na DDK mezi 1. a 3. měřením a 2. a 3. měřením, u extenzorů na DDK mezi 2. a 3. měřením a u extenzorů na NDK mezi 1. a 3. měřením a 2. a 3. měřením. Lze tedy říci, že tyto výsledky jsou dány zvýšením maximální síly koncentrické svalové kontrakce flexorů na DDK a extenzorů na DDK i NDK mezi 2. a 3. měřením (tedy v průběhu přípravného období).

Závěrem VO₃ je, že u námi sledovaného souboru házenkářek došlo v průběhu sledovaných období RTC ke statisticky významnému nárůstu hodnot H/Q_{CON} pouze na DDK, a to mezi 1. a 2. měřením a 1. a 3. měřením.

Závěrem VO₂, VO₄ a VO₅ je, že ve vybraných obdobích RTC nedošlo u sledovaného souboru házenkářek ke statisticky významným změnám Hecc/Hcon, Qecc/Qcon, H/Q_{FUNC} ani Hcon/Qecc.

Závěrem VO₆ je, že při hodnocení bilaterálních svalových dysbalancí došlo v průběhu sledovaných období RTC k signifikantnímu snížení %Def flexorů při koncentrické kontrakci mezi 1. a 3. měřením a extenzorů při koncentrické kontrakci mezi 1. a 2. měřením.

Tyto výsledky ukazují především na dostatečnou stimulaci maximální koncentrické síly flexorů během přípravného období (nárůst hodnot PT flexorů při koncentrické kontrakci při třetím měření na obou dolních končetinách – signifikantní nárůst pouze na DDK), která se poté projevila na snížení jak ipsilaterálních, tak bilaterálních svalových dysbalancí.

Vzhledem k významným změnám průměrných hodnot PT, H/Q poměrů i %Def ve vybraných obdobích RTC se ukazuje, že pro efektivní řízení tréninkového procesu je vhodné realizovat diagnostiku v průběhu RTC opakovaně.

Průměrné hodnoty H/Q_{CON} na DDK i NDK se ve všech měřeních pohybovaly těsně pod hraniční hodnotou 0,6, což poukazuje na možné zvýšené riziko zranění hamstringů a měkkých struktur kolenního kloubu (především LCA).

Průměrné hodnoty H/Q_{FUNC} na DDK i NDK se ve všech měřeních pohybovaly těsně pod hraniční hodnotou 0,7, což poukazuje na nedostatečnou schopnost hamstringů

stabilizovat kolenní kloub v extenzích, a tím na zvýšené riziko zranění hamstringů a měkkých struktur kolenního kloubu (především LCA).

Průměrné hodnoty H_{con}/Q_{ecc} na DDK i NDK se ve všech měřeních pohybovaly mezi hodnotami 0,4-0,5, což poukazuje na omezenou kapacitu hamstringů pro dynamickou stabilizaci kolenního kloubu při aktivní flexi, která zahrnuje excentrickou kontrakci quadricepsu.

Průměrné hodnoty %Def flexorů při koncentrické svalové kontrakci při prvním měření a flexorů při excentrické svalové kontrakci při druhém a třetím měření přesahovaly 10%Def. Taktéž průměrné hodnoty %Def extenzorů při excentrické svalové kontrakci přesahovaly ve všech třech měřeních 10%Def. Lze tedy říci, že námi sledovaný soubor házenkářek je i z hlediska hodnocení bilaterálních svalových dysbalancí více ohrožený možným poraněním.

Při porovnání s výsledky obdobných studií lze konstatovat, že námi zjištěné hodnoty H/Q_{CON} , H/Q_{FUNC} a H_{con}/Q_{ecc} poukazují na zvýšené riziko poranění hamstringů či LCA u sledovaného souboru házenkářek.

8 SOUHRN

Teoretická část obsahuje mnoho poznatků o síle, která je jedním z hlavních kondičních faktorů, které ovlivňují herní výkon v házené. Presentovány jsou především poznatky týkající se významu síly z hlediska prevence zranění. Podrobněji jsou popisovány bilaterální a ipsilaterální svalové dysbalance dolních končetin a konkrétní příklady poranění plynoucích z těchto dysbalancí. U sportovců mohou být svalové dysbalance způsobeny poklesem svalové síly některých svalových skupin vlivem absence silového tréninku, resp. vlivem nedostatků v jeho plánování a realizaci. Riziko zranění se v těchto případech signifikantně zvyšuje. Obecně uznávanou diagnostickou metodou je izokinetická dynamometrie, která umožňuje tyto svalové dysbalance do určité míry odhalit a identifikovat tak jedince, kteří jsou potenciálně ohroženi zraněním. Podrobněji je popsáno poranění předního zkříženého vazy (LCA) v házené. Je uvedena jeho incidence, především mnohonásobně vyšší výskyt poranění LCA u žen. Jsou rozebírány následky tohoto poranění, konkrétní mechanismy vzniku a rizikové faktory nekontaktních poranění LCA u žen, mezi které patří právě svalové dysbalance, především ve smyslu slabosti hamstringů oproti quadricpsu. Presentovány jsou také poznatky týkající se prevence poranění LCA, kterou je např. odstranění těchto svalových dysbalancí.

Cílem diplomové práce bylo posoudit dynamiku změn izokinetické svalové síly flexorů a extenzorů kolenního kloubu ze zdravotního a výkonnostního hlediska se zaměřením na bilaterální a ipsilaterální dysbalance u vrcholových hráček házené na konci soutěžního období, na začátku přípravného období a na konci přípravného období.

Výzkumná část diplomové práce obsahuje popis použité metodiky. Sledovaný soubor tvořily hráčky DHK Zora Olomouc ($n=11$; průměrný věk $23,09 \pm 3,48$). Testování bylo provedeno pomocí izokinetického dynamometru IsoMed 2000 (D. & R. Ferstl GmbH, Hemau, Germany). Pro izokinetické testování svalové síly flexorů a extenzorů kolenního kloubu byla použita úhlová rychlost $60^\circ/\text{s}$. Sledovanými parametry byly PT [N·m], Hecc/Hcon, Qecc/Qcon, H/Q_{CON}, H/Q_{FUNC}, Hcon/Qecc a %Def.

Z výsledků diplomové práce je patrné, že se izokinetická síla významně zvýšila pouze při koncentrické svalové kontrakci, a to u flexorů na DDK mezi 1. a 3. měřením a 2. a 3. měřením, u extenzorů na DDK mezi 2. a 3. měřením a u extenzorů na NDK mezi 1. a 3. měřením a 2. a 3. měřením. Dále došlo k významnému nárůstu hodnot H/Q_{CON} na DDK mezi 1. a 2. měřením a 1. a 3. měřením a k významnému snížení %Def flexorů při koncentrické kontrakci mezi 1. a 3. měřením a extenzorů při koncentrické kontrakci mezi 1. a 2. měřením. Ve vybraných obdobích RTC nedošlo u sledovaného souboru házenkářek ke statisticky významným změnám $Hecc/Hcon$, $Qecc/Qcon$, H/Q_{FUNC} ani $Hcon/Qecc$. Průměrné hodnoty H/Q_{CON} na DDK i NDK se ve všech měřeních pohybovaly těsně pod hraniční hodnotou 0,6, což poukazuje na možné zvýšené riziko zranění hamstringů a měkkých struktur kolenního kloubu (především LCA). Průměrné hodnoty H/Q_{FUNC} na DDK i NDK se ve všech měřeních pohybovaly těsně pod hraniční hodnotou 0,7, což poukazuje na nedostatečnou schopnost hamstringů stabilizovat kolenní kloub v extenzích, a tím na zvýšené riziko zranění hamstringů a měkkých struktur kolenního kloubu (především LCA). Průměrné hodnoty $Hcon/Qecc$ na DDK i NDK se ve všech měřeních pohybovaly mezi hodnotami 0,4-0,5.

9 SUMMARY

The theoretical part includes a lot of knowledge about the strength that is one of the major condition factors affecting gaming performance in handball. The main findings presented concern the importance of strength in terms of injury prevention. Bilateral and ipsilateral lower limbs muscle imbalances and examples of injuries resulting from these imbalances are described in more detail. In athletes, muscle imbalances may be caused by a decrease in muscle strength of certain muscle groups due to the absence of strength training or due to deficiencies in its planning and implementation. In these cases, the risk of injury significantly increases. Isokinetic dynamometry is a generally recognized diagnostic method that enables to detect these imbalances to some extent, and thus, to identify individuals who are potentially at risk of injury. Anterior cruciate ligament (ACL) injury in handball is described in more detail. There is a much higher incidence of ACL injuries in women, as stated. The consequences of this injury, specific mechanisms of the injury and risk factors of non-contact ACL injuries in women, which also include muscle imbalances, especially in terms of weakness of hamstrings versus quadriceps, are analyzed as well. The findings related to the ACL injury prevention, for example, the elimination of these muscle imbalances, are presented as well.

The objective of the thesis is to assess the dynamics of changes in isokinetic muscle strength of the knee joint flexors and extensors in terms of health and performance, focusing on bilateral and ipsilateral imbalance in elite female handball players at the end of the competition period, at the beginning of the preparatory period and at the end of the preparatory period.

The empirical part of the thesis contains a description of the methodology used. The research group consisted of DHK Zora Olomouc female players ($n=11$; mean age $23,09\pm 3,48$). Testing was performed using an isokinetic dynamometer IsoMed 2000 (D. & R. Ferstl GmbH, Hemau, Germany). For isokinetic muscle strength testing of the knee joint flexors and extensors, the angular velocity of $60^\circ/s$ was used. The examined parameters included PT [N·m], Hecc/Hcon, Qecc/Qcon, H/Q_{CON}, H/Q_{FUNC}, Hcon/Qecc and %Def.

The results of the thesis show that the isokinetic strength increased significantly only during concentric muscle contraction of the flexors of the DLL between the first and the third measurements, and the second and the third measurements, of the extensors of the DLL between the second and the third measurements, and of extensors of the NLL between the first and the third measurements, and the second and the third measurements. Furthermore, there was a significant increase in H/Q_{CON} values of the DLL between the first and the second measurements, and the first and the third measurements as well as a significant reduction in %Def values of the flexors during the concentric muscle contraction between the first and the third measurements and of the extensors during the concentric muscle contraction between the first and the second measurements. In selected periods of ATC, the research group of female handball players shows no statistically significant changes in $Hecc/Hcon$, $Qecc/Qcon$, H/Q_{FUNC} and $Hcon/Qecc$. Average values of H/Q_{CON} of DLL and NLL were in all measurements just below the limit of 0,6, indicating a possible increased risk of injuries to the hamstrings and the soft structures of the knee joint (especially ACL). Average values of H/Q_{FUNC} of DLL and NLL were in all measurements just below the limit of 0,7, indicating an insufficient ability of hamstrings to stabilize the knee joint in extension and thus an increased risk of injuries to the hamstrings and the soft structures of the knee joint (especially ACL). Average values of $Hcon/Qecc$ of DLL and NLL were in all measurements between 0,4 – 0,5.

10 REFERENČNÍ SEZNAM

- Aagaard, P., Simonsen, E. B., Magnusson, S. P., Larsson, B., & Dyhre-Poulsen, P. (1998). A New Concept For Isokinetic Hamstring:Quadriceps Muscle Strength Ratio. *The American Journal of Sports Medicine*, 26(2), 231-237.
- Alentorn-Geli, E., Myer, G. D., Silvers, H. J., Samitier, G., Romero, D., Lázaro-Haro, C., & Cugat, R. (2009). Prevention of non-contact anterior cruciate ligament injuries in soccer players. Part 1: Mechanism of injury and underlying risk factors. *Knee Surgery, Sports, Traumatology, Arthroscopy*, 17(7), 705-729. Retrieved 11. 4. 2016 from PROQUEST database on the World Wide Web: <http://search.proquest.com/docview/220007616/E1DE2D0691CE47FAPQ/1?accountid=16730>
- Andrade, M. dos S., De Lira, C. A. B., Koffes, F. de C., Mascarin, N. C., Benedito-Silva, A. A., & Da Silva, A. C. (2012). Isokinetic hamstrings-to-quadriceps peak torque ratio: The influence of sport modality, gender, and angular velocity. *Journal of Sports Sciences*, 30(6), 547-553. Retrieved 16. 4. 2016 from the World Wide Web: <http://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/02640414.2011.644249>
- Ayala, F., De Ste Croix, M., 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(11), 909-916. Retrieved 16. 4. 2016 from the World Wide Web: https://www.researchgate.net/publication/227176390_Absolute_Reliability_of_Hamstring_to_Quadriceps_Strength_Imbalance_Ratios_Calculated_Using_Peak_Torque_Joint_Angle-Specific_Torque_and_Joint_ROM-Specific_Torque_Values
- Bahr, R., Bizzini, M., Fuller, C. W., Graf-Baumann, T., Helsen, W., Kirkendall, D. T., Marquardt, B., & Peterson, L. (2008). *Manuál fotbalové medicíny* (přeložil Jiří Chromiak). Praha: Olympia.
- Bahr, R., & Holme, I. (2003). Risk factors for sports injuries – a methodological approach. *British Journal of Sports Medicine*, 37(5), 384-392. Retrieved 5. 2. 2016 from PROQUEST database on the World Wide Web:

<http://search.proquest.com/docview/1779012505/fulltextPDF/80C339CFF77B4EB9PQ/42?accountid=16730>

- Bernaciková, M., Kapounková, K., Hrazdíra, K., & Novotný, J. (2010). Házená. In M. Bernaciková, K. Kapounková & J. Novotný (Eds.), *Fyziologie sportovních disciplín*. Retrieved 10. 3. 2015 from the World Wide Web: <https://is.muni.cz/do/rect/el/estud/fsps/ps10/fyziol/web/sport/hry-hazena.html>
- Bělka, J., Hůlka, K., Kňourková, J., & Bártová, H. (2012). Komparace ukazatelů vnějšího zatížení hráček na jednotlivých herních postech během vybraných utkání interligy žen v házené. *Studia Kinanthropologica*, 13(2), 68-73. Retrieved 16. 3. 2016 from the World Wide Web: http://www.pf.jcu.cz/stru/katedry/tv/SK_vol_13_2012_2.pdf
- Bělka, J., Hůlka, K., Trubačová, M., & Elfmark, M. (2010). Komparace výsledků analýzy intenzity zatížení hráček házené v soutěžních utkáních žen 1. a 2. ligy – pilotní studie. *Česká kinantropologie*, 14(4), 11-18.
- Bon, M. (2007). *Improving strength without losing coordination*. Retrieved 30. 3. 2016 from the World Wide Web: <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:3vZ8qyOC11EJ:activities.eu-rohandball.com/download/%3Freason%3DDehfcanFile%26id%3D273+&cd=1&hl=cs&ct=clnk&gl=cz>
- Brown, L. E. (2000). *Isokinetics in Human Performance*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral science* (2nd ed.). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Cochrane, J. L., Lloyd, D. G., Buttfeld, A., Seward, H., & McGivern, J. (2007). Characteristics of anterior cruciate ligament injuries in Australian football. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 10(2), 96-104. Retrieved 12. 4. 2016 from the World Wide Web: http://ac.els-cdn.com/S1440244006001150/1-s2.0-S1440244006001150-main.pdf?_tid=968c220e-02ea-11e6-a7b2-00000aacb35e&acdnt=1460711905_10ae5da3b509f551cbd04c4aae7cc7a8
- 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(1), 45-51. Retrieved 1. 6. 2016 from the World Wide Web: <http://expertise-performance.u-bourgogne.fr/pdf/soccer.pdf>

- Coolican, H. (2009). *Research Methods and Statistics in Psychology* (6th ed.). Hove, GB: Psychology Press.
- Coombs, R., & Garbutt, G. (2002). Developments in the use of the hamstring/quadriceps ratio for the assessment of muscle balance. *Journal of Sports Science and Medicine*, 1(3), 56-62. Retrieved 13. 4. 2016 from the World Wide Web: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3967430/>
- Croisier, J.-L., Ganteaume, S., Binet, J., Genty, M., & Ferret, J.-M. (2008). Strength Imbalances and Prevention of Hamstring Injury in Professional Soccer Players. A Prospective Study. *The American Journal of Sports Medicine*, 36(8), 1469-1475.
- Czerwinski, J., & Táborský, F. (1997). *Basic handball: Methods/Tactics/Technique*. Retrieved 10. 3. 2015 from the World Wide Web: http://home.eurohandball.com/ehf_files/Publikation/1997%20Basic%20Handball%20-%20Methods%20Tactics%20Technique.pdf
- Čihák, R. (2011). *Anatomie 1* (3rd ed.). Praha: Grada Publishing.
- De Ste Croix, M. (n. d.). *Protect her knees – Exploring the role of football specific fatigue on dynamic knee stability in female youth football players*. Retrieved 10. 3. 2016 from the World Wide Web: http://www.uefa.org/MultimediaFiles/Download/uefaorg/Research/01/84/69/62/1846962_DOWNLOAD.pdf
- De Ste Croix, M. (2007). Advances in paediatric strength assessment: changing our perspective on strength development. *Journal of Sports Science and Medicine*, 6(3), 292-304. Retrieved 4. 4. 2016 from the World Wide Web: <http://www.jssm.org/volume06/iss3/cap/jssm-06-292.pdf>
- Delextrat, A., Gregory, J., & Cohen, D. (2010). The Use of the Functional H:Q Ratio to Assess Fatigue in Soccer. *International Journal of Sports Medicine*, 31(3), 192-197. Retrieved 16. 4. 2016 from the World Wide Web: https://www.researchgate.net/publication/41436252_The_Use_of_the_Functional_HQ_Ratio_to_Assess_Fatigue_in_Soccer
- 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.
- 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.

- Duarte, M. (2008). Anterior Cruciate Ligament Injuries in Female Athletes. *Dynamic Chiropractic*, 26(24), C1-6. Retrieved 11. 4. 2016 from PROQUEST database on the World Wide Web: <http://search.proquest.com/docview/1694591894/fulltextPDF/80C339CFF77B4EB9PQ/44?accountid=16730>
- Dvir, Z. (2004). *Isokinetics - Muscle Testing, Interpretation and Clinical Applications* (2nd ed.). Churchill Livingstone.
- Dylevský, I. (2007). *Obecná kineziologie*. Retrieved 8. 3. 2016 from the World Wide Web: https://books.google.cz/books?id=7jmg_StBoxoC&pg=PA164&lpg=PA164&dq=typy+svalov%C3%BDch+vl%C3%A1ken&source=bl&ots=ojq-J8uPtK&sig=zjRcoHrRC1r1GuNQ5vz3XpeD3dk&hl=cs&sa=X&ved=0ahUKEwjpbwS-2vrLAhUFQZoKHaKEA1I4FBDoAQgaMAA#v=onepage&q=typy%20svalov%C3%BDch%20vl%C3%A1ken&f=false
- Forbes, H., Sutcliffe, S., Lovell, A., McNaughton, L. R., & Siegler, C. (2009). Isokinetic Thigh Muscle Ratios in Youth Football: Effect of Age and Dominance. *International Journal of Sports Medicine*, 30(8), 602-606. Retrieved 13. 4. 2016 from the World Wide Web: <https://www.thieme-connect.com/products/ejournals/pdf/10.1055/s-0029-1202337.pdf>
- Fritz, C. O., Morris, P. E., & Richler, J. J. (2012). Effect size estimates: Current use, calculations, and interpretation. *Journal of Experimental Psychology: General*, 141(1), 2-18. Retrieved 16. 3. 2015 from the World Wide Web: https://www.researchgate.net/publication/51554230_Effect_Size_Estimates_Current_Use_Calculations_and_Interpretation
- Gifford, C. (2004). *Olympijské hry od Atén 1896 k Aténám 2004*. Havlíčkův Brod: Fragment.
- Gorostiaga, E. M., Granados, C., Ibañez, J., & Izquierdo, M. (2005). Differences in Physical Fitness and Throwing Velocity Among Elite and Amateur Male Handball Players. *International Journal of Sports Medicine*, 26(3), 225-232. Retrieved 4. 4. 2016 from the World Wide Web: http://www2.unavarra.es/gesadj/depCSalud/mikel_izquierdo/Gorostiagaetal2004throwingvelocity.pdf

- Granados, C., Izquierdo, M., Ibañez, J., Bonnabau, H., & Gorostiaga, E. M. (2007). Differences in Physical Fitness and Throwing Velocity Among Elite and Amateur Female Handball Players. *International Journal of Sports Medicine*, 28(10), 860-867. Retrieved 4. 4. 2016 from the World Wide Web: http://www2.unavarra.es/gesadj/depCSalud/mikel_izquierdo/granadosIJSM2007.pdf
- Hay, D. C., & Fukashiro, S. (2010). The effect of bilateral asymmetry of muscle strength on jumping height of the countermovement jump: A computer simulation study. *Journal of Sports Sciences*, 28(2), 209-218. Retrieved 13. 6. 2016 from the World Wide Web: https://www.researchgate.net/publication/40870619_The_effect_of_bilateral_asymmetry_of_muscle_strength_on_jumping_height_of_the_countermovement_jump_A_computer_simulation_study
- Hohmann, A., Lames, M., & Letzelter, M. (2010). *Úvod do sportovního tréninku*. Prostějov: 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.
- Hughes, G., & Watkins, J. (2006). A Risk-Factor Model for Anterior Cruciate Ligament Injury. *Sports Medicine*, 36(5), 411-428. Retrieved 12. 4. 2016 from the World Wide Web: https://www.researchgate.net/publication/7133964_A_Risk-Factor_Model_for_Anterior_Cruciate_Ligament_Injury
- 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(5), 714-719.
- Jančálek, S., Táborský, F., & Šafaříková, J. (1990). *Házená: (teorie a didaktika)* (2nd ed.). Praha: Státní pedagogické nakladatelství.
- Jönhagen, S., Németh, G., & Eriksson, E. (1994). Hamstring Injuries in Sprinters. The Role of Concentric and Eccentric Hamstring Muscle Strength and Flexibility. *The American Journal of Sports Medicine*, 22(2), 262-266.
- Krosshaug, T., Andersen, T. E., Olsen, O. O., Myklebust, G., & Bahr, R. (2005). Research approaches to describe the mechanism of injuries in sport: limitations and possibilities. *British Journal of Sports Medicine*, 39(6), 330-339. Retrieved 11. 4. 2016 from the World Wide Web: http://www.klokavskade.no/upload/Publication/Krosshaug_2005_BJSM_Research%2

Approaches%20to%20describe%20the%20mechanisms%20of%20injuries%20in%20sport.pdf

- Langevoort, G., Myklebust, G., Dvorak, J., & Junge, A. (2007). Handball injuries during major international tournaments. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports, 17(4)*, 400-407. Retrieved 14. 3. 2016 from the World Wide Web: https://www.researchgate.net/publication/6757592_Injuries_during_major_international_tournaments
- 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(2)*, 243-251.
- Lehnert, Chvojka, & Psotta, (2015). Sezónní variabilita izokinetické síly flexorů a extenzorů kolene u fotbalistů kategorie U19. *Tělesná kultura, 38(1)*, 9-29.
- Lehnert, M., Neuls, F., & Novosad, J. (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., Xaverová, Z., & De Ste Croix, M. (2014). Changes in Muscle Strength in U19 Soccer Players During an Annual Training Cycle. *Journal of Human Kinetics, 42*, 175-185.
- Lindblad, B. E., Høy, K., Terkelsen, C. J., Helleland, H. E., & Terkelsen, C. J. (1992). Handball injuries. An epidemiologic and socioeconomic study. *The American Journal of Sports Medicine, 20(4)*, 441-444. Retrieved 8. 3. 2016 from the World Wide Web: <http://thirdworld.nl/order/e291d30305592e29739be8f8653a60aa39ebf099>
- Loftin, M., Anderson, P., Lytton, L., Pittman, P., & Warren, B. (1996). Heart rate response during handball singles match-play and selected physical fitness components of experienced male handball players. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness, 36(2)*, 95-99. Retrieved 14. 3. 2016 from the World Wide Web: https://www.researchgate.net/publication/14307534_Heart_rate_response_during_handball_singles_match-play_and_selected_physical_fitness_components_of_experienced_male_handball_players
- Lyons, M. E. (2006). Isokinetic Hamstring:Quadriceps Strength Ratio in Males and Females: Implications for ACL Injury. *The Osprey Journal of Ideas and Inquiry, 1-14*. Retrieved 8. 4. 2016 from the World Wide Web:

http://digitalcommons.unf.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1063&context=ojii_volumes

- Malinzak, R. A., Colby, S. M., Kirkendall, D. T., Yu, B., & Garrett, W. E. (2001). A comparison of knee joint motion patterns between men and women in selected athletic tasks. *Clinical Biomechanics*, *16*(5), 438-445. Retrieved 14. 4. 2016 from the World Wide Web: http://ac.els-cdn.com/S0268003301000195/1-s2.0-S0268003301000195-main.pdf?_tid=36c1f0b4-01c9-11e6-9300-00000aab0f02&acdnat=1460587620_668c6c24813d9b97198c68e045acb1b2
- 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. Retrieved 16. 5. 2015 from the World Wide Web: <http://www.actakin.com/PDFS/BR0402/SVEE/04%20CL%2003%20TM.pdf>
- Maly, T., Zahalka, F., Mala, L., & Cech, P. (2015). The bilateral strength and power asymmetries in untrained boys. *Open Medicine*, *10*(1), 224-232. Retrieved 13. 6. 2016 from the World Wide Web: [http://www.degruyter.com/dg/viewarticle.fullcontentlink:pdfeventlink/\\$002fj\\$002fmed.2015.10.issue-1\\$002fmed-2015-0034\\$002fmed-2015-0034.pdf?t:ac=j\\$002fmed.2015.10.issue-1\\$002fmed-2015-0034\\$002fmed-2015-0034.xml](http://www.degruyter.com/dg/viewarticle.fullcontentlink:pdfeventlink/$002fj$002fmed.2015.10.issue-1$002fmed-2015-0034$002fmed-2015-0034.pdf?t:ac=j$002fmed.2015.10.issue-1$002fmed-2015-0034$002fmed-2015-0034.xml)
- Matoušek, J. (1995). *Teorie a didaktika házené*. Brno: Masarykova univerzita v Brně.
- Máček, M., & Máčková, J. (1997). *Fyziologie tělesných cvičení*. Brno: Masarykova univerzita.
- Měkota, K., & Cuberek, R. (2007). *Pohybové dovednosti - činnosti – výkony*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci.
- Michaelidis, M., & Koumantakis, G. A. (2014). Effects of knee injury primary prevention programs on anterior cruciate ligament injury rates in female athletes in different sports: A systematic review. *Physical Therapy in Sport*, *15*(3), 200-210. Retrieved 11. 4. 2016 from PROQUEST database on the World Wide Web: <http://search.proquest.com/docview/1540502988/fulltextPDF/B1DB7DAD5EC840ABPQ/1?accountid=16730>
- Moller, M., Attermann, J., Myklebust, G., & Wedderkopp, N. (2012). Injury risk in Danish youth and senior elite handball using a new SMS text messages approach. *British Journal of Sports Medicine*, *46*(7), 531-537. Retrieved 28. 3. 2016 from PROQUEST database on the World Wide Web:

<http://search.proquest.com/docview/1779178465/fulltextPDF/80C339CFF77B4EB9PQ/2?accountid=16730>

- Myer, G. D., Ford, K. R., Khoury, J., Succop, P., & Hewett, T. E. (2010). Biomechanics laboratory-based prediction algorithm to identify female athletes with high knee loads that increase risk of ACL injury. *British Journal of Sports Medicine*, 45(4), 245-252. Retrieved 10. 2. 2016 from PROQUEST database on the World Wide Web: <http://search.proquest.com/docview/1779178066/fulltextPDF/9A68C89FED6D4098PQ/26?accountid=16730>
- Myklebust, G., Engebretsen, L., Brækken, I. H., Skjøberg, A., Olsen, O. E., & Bahr, R. (2003). Prevention of anterior cruciate ligament injuries in female team handball players: a prospective intervention study over three seasons. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 13(2), 71-78. Retrieved 12. 3. 2016 from the World Wide Web: http://www.klokavskade.no/upload/Publication/Myklebust_2003_Clin%20J%20Sport%20Med_Prevention%20of%20anterior%20cruciate%20ligament%20injuries%20in%20female%20team%20handballplayers%20-%20a%20prospective%20intervention%20study%20over%20three%20seasons.pdf
- Myklebust, G., Holm, I., Mæhlum, S., Engebretsen, L., & Bahr, R. (2003). Clinical, functional, and radiologic outcome in team handball players 6 to 11 years after anterior cruciate ligament injury: a follow-up study. *The American Journal of Sports Medicine*, 31(6), 981-989. Retrieved 12. 3. 2016 from the World Wide Web: http://www.klokavskade.no/upload/Publication/Myklebust_2003_AJSM_%20Clinical,%20functional,%20and%20radiologic%20outcome%20in%20team%20h%20C3%A5ndball%20players%206%20to%2011%20years%20after%20anterior%20cruciate%20ligament%20injury.pdf
- Myklebust, G., Mæhlum, S., Engebretsen, L., Strand, T., & Solheim, E. (1997). Registration of cruciate ligament injuries in Norwegian top level team handball. A prospective study covering two seasons. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 7(5), 289-292. Retrieved 11. 4. 2016 from the World Wide Web: https://www.researchgate.net/publication/13889089_Registration_of_cruciate_ligament_injuries_in_Norwegian_top_level_handball_A_prospective_study_covering_two_seasons
- Myklebust, G., Mæhlum, S., Holm, I., & Bahr, R. (1998). A prospective cohort study of anterior cruciate ligament injuries in elite Norwegian team handball. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 8(3), 149-153. Retrieved 10. 3. 2016 from

- the World Wide Web:
https://www.researchgate.net/publication/13624540_A_prospective_cohort_study_of_anterior_cruciate_ligament_injuries_in_elite_Norwegian_team_handball_Scand_J_Med_Sci_Sports_8149-153
- Olsen, O. E., Myklebust, G., Engebretsen, L., & Bahr, R. (2004). Injury Mechanisms for Anterior Cruciate Ligament Injuries in Team Handball. A Systematic Video Analysis. *The American Journal of Sports Medicine*, 32(4), 1002-1012. Retrieved 8. 4. 2016 from the World Wide Web:
http://www.ostrc.no/upload/Publication/Olsen_2004_Am%20J%20Sports%20Med_Injury%20mechanisms%20for%20anterior%20cruciate%20ligament%20injuries%20in%20team%20handball%20-%20a%20systematic%20video%20analysis.pdf
- Perič, T., & Dovalil, J. (2010). *Sportovní trénink*. Praha: Grada.
- Perrin, D. H. (1993). *Isokinetic exercise and assessment*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Piry, H., Alizade, M. H., Nasiri, K. H., & Rahimi, M. (2011). Injury Rates in Irania Handball Players. *World Apllied Sciences Journal*, 14(11), 1670-1677. Retrieved 4. 3. 2016 from the World Wide Web:
<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.389.9881&rep=rep1&type=pdf>
- Podromos, C., Brown, C., Fu, F. G., Georgulies, A. D., Gobbi, A., Howell, S. M., Paulos, J. L. E., & Shelbourne, K. D. (2007). *The anterior cruciate ligament: reconstruction and basic science*. Philadelphia: Elsevier Health Sciences.
- Renstrom, P. et al. (2008). Non-contact ACL injuries in female athletes: an International Olympic Committee current concepts statement. *British Journal of Sports Medicine*, 42(6), 394-412. Retrieved 19. 6. 2015 from PROQUEST database on the World Wide Web:
<http://search.proquest.com/docview/1779024820/fulltextPDF/9A68C89FED6D4098PQ/7?accountid=16730>
- Rosene, J. M., Fogarty, T. D., & Mahaffey, B. L. (2001). Isokinetic Hamstrings:Quadriceps Ratios in Intercollegiate Athletes. *Journal of Athletic Training*, 36(4), 378-383. Retrieved 14. 4. 2015 from PROQUEST database on the World Wide Web:
<http://search.proquest.com/docview/206647059/fulltextPDF/27F0CDE107384807PQ/1?accountid=16730>

- Rosenthal, R. (1994). Parametric measures of effect size. In H. Cooper & L. V. Hedges (Eds.), *The handbook of research synthesis* (pp. 231-244). New York: Russel Sage Foundation.
- Silvers, H. J., & Mandelbaum, B. R. (2007). Prevention of anterior cruciate ligament injury in the female athlete. *British Journal of Sports Medicine*, *41*(1), 52-59. Retrieved 11. 3. 2016 from PROQUEST database on the World Wide Web: <http://search.proquest.com/docview/1779013024/fulltextPDF/2220B18C68164201PQ/2?accountid=16730>
- Stensrud, S., Myklebust, G., Kristianslund, E., Bahr, R., & Krosshaug, T. (2011). Correlation between two-dimensional video analysis and subjective assessment in evaluating knee control among elite female team handball players. *British Journal of Sports Medicine*, *45*(7), 589-595. Retrieved 5. 4. 2016 from PROQUEST database on the World Wide Web: <http://search.proquest.com/docview/1779178645/fulltextPDF/80C339CFF77B4EB9PQ/7?accountid=16730>
- Süss, V. (2006). *Význam indikátorů herního výkonu pro řízení tréninkového procesu*. Praha: Karolinum.
- Šafaříková, J., & Táborský, F. (1986). *Malá škola házené*. Praha: Olympia.
- Šibila, M., Vuleta, D., & Pori, P. (2004). Position-related differences in volume and intensity of large-scale cyclic movements of male players in handball. *Kinesiology*, *36*(1), 58-68. Retrieved 18. 3. 2016 from the World Wide Web: http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:9BR_4WInEqAJ:hrcak.srce.hr/file/6913+&cd=1&hl=cs&ct=clnk&gl=cz
- Šimonek, J. (1987). *Kondičná príprava v kolektívnych športových hrách*. Bratislava: Šport.
- Táborský, F. (2004). *Sportovní hry: sporty známé i neznámé*. Praha: Grada Publishing.
- Táborský, F., et al. (2007). *Základy teorie sportovních her*. Praha: Univerzita Karlova.
- Vargas, R. P., Dick, D. D., Santi, H., Duarte, M., & Cunha Junior, A. T. (2008). Evaluation of physiological characteristics of female handball athletes. *Fitness and Performance*, *7*(2), 93-98. Retrieved 5. 4. 2016 from World Wide Web: <http://www.fpjjournal.org.br/painel/arquivos/575-6%20Handebol%20feminino%20Rev%202%202008%20Ingles.pdf>
- Vauhnik, R., Morrissey, M. C., Rutherford, O. M., Turk, Z., Pilih, I. A., & Perme, M. P. (2011). Rate and Risk of Anterior Cruciate Ligament Injury Among Sportswomen in

- Slovenia. *Journal of Athletic Training*, 46(1), 92-98. Retrieved 13. 3. 2016 from PROQUEST database on the World Wide Web: <http://search.proquest.com/docview/848700427/fulltextPDF/80C339CFF77B4EB9PQ/50?accountid=16730>
- Warren, B. L., & Heusel, L. (2001). Pre-season hamstring/quadriceps relationship recorded on professional soccer players. *Biomechanics Symposia*, 27-29. Retrieved 16. 4. 2015 from the World Wide Web: <https://ojs.ub.uni-konstanz.de/cpa/article/view/3759/3481>
- Wedderkopp, N., Kalsoft, M., Lundgaard, B., Rosendahl, M., & Froberg, K. (1999). Prevention of injuries in young female players in European team handball. A prospective intervention study. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 9(1), 41-47. Retrieved 17. 3. 2016 from the World Wide Web: http://www.udel.edu/PT/PT%20Clinical%20Services/journalclub/sojc/00_01/may01/wedderkopp.pdf
- Wright, J., Ball, N., & Wood, L. (2009). Fatigue, H/Q ratios and muscle coactivation in recreational football players. *Isokinetics and Exercise Science*, 17(3), 161-167. Retrieved 2. 3. 2015 from the World Wide Web: https://www.researchgate.net/publication/234114241_Fatigue_HQ_ratios_and_muscle_coactivation_in_recreational_football_players
- Xaverova, Z., Dirnberger, J., Lehnert, M., Belka, J., Wagner, H., & Orechovska, K. (2015). Isokinetic Strength Profile of Elite Female Handball Players. *Journal of Human Kinetics*, 49, 257-266.
- 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(8), 589-594. Retrieved 16. 4. 2016 from PROQUEST database on the World Wide Web: <http://search.proquest.com/docview/1779088847/fulltextPDF/939B3C982B2C476CPQ/1?accountid=16730>
- Zapartidis, I., Vareltsis, I., Gouvali, M., & Kororos, P. (2009). Physical Fitness and Anthropometric Characteristics in Different Levels of Young Team Handball Players. *The Open Sports Sciences Journal*, 2(1), 22-28. Retrieved 10. 3. 2015 from the World Wide Web: <http://benthamopen.com/contents/pdf/TOSSJ/TOSSJ-2-22.pdf>
- Zaťková, V. (1995). *Teória a didaktika hádzanej*. Bratislava: Univerzita Komenského.

11 PŘÍLOHY

Příloha 1. Informovaný souhlas o provedení testování

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI-FAKULTA TĚLESNÉ KULTURY

Informovaný souhlas pro dospělé účastníky studie

Efekty tréninkového programu stimulace síly isokineticou metodou u sportujících žen

Jméno:

Datum narození:

Účastnice byla do studie zařazena pod číslem:

1. Já, níže podepsaná souhlasím s mou účastí ve studii. Je mi více než 18 let.
2. Byla jsem podrobně informována o cíli studie, o jejích postupech, a o tom, co se ode mě očekává. Beru na vědomí, že prováděná studie je výzkumnou činností. Porozuměla 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. Porozuměla jsem tomu, že mé jméno se nebude nikdy vyskytovat v referátech o této studii. Já naopak nebudu proti použití výsledků z této studie.

Podpis účastnice:

Podpis řešitele pověřeného touto studií:

Datum:

Datum:

Příloha 2. Vyjádření Etické komise FTK UP



Fakulta tělesné kultury
Univerzity Palackého
tř. Míru 115
OLOMOUC

Vyjádření Etické komise FTK UP

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

Na základě žádosti ze dne 25.3.2014 byl projekt výzkumné práce

autorů **Mgr. Zuzany Xaverové a doc. PaedDr. Michala Lehnerta, Dr.**

s názvem **Efekty tréninkového programu stimulace síly isokineticou metodou u sportujících žen**

schválen Etickou komisí FTK UP pod jednacím číslem: 23 / 2014
dne: 31.3.2014.

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

Řešitelé projektu splnili podmínky nutné k získání souhlasu etické komise.

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

Příloha 3. Poloha probanda během testování izokinetické síly flexorů a extenzorů kolenních kloubů (Xaverova et al., 2015, 260)



Příloha 4. Obecné tréninkové ukazatele (OTU) pro měsíc červen

Obecné tréninkové ukazatele (OTU)	Objem zatížení
Počet dnů zatížení	12
Počet tréninkových jednotek	12
Celkový čas zatížení (min)	840
Regenerace (min)	240
Počet utkání	0
Taktická příprava – teorie (min)	0
Počet dnů volna	18

Příloha 5. Speciální tréninkové ukazatele (STU) pro měsíc červen

Speciální tréninkové ukazatele (STU)	Objem zatížení (min)
Rozcvičení	120
Vytrvalost	348
Rychlostní vytrvalost	0
Síla	312
Rychlost	60
Koordinace	0
Doplňkový sport	0
Útočné činnosti jednotlivce	0
Obranné činnosti jednotlivce	0
Útočné kombinace	0
Obranné kombinace	0
Útočné systémy	0
Obranné systémy	0
Tréninková hra	0
Přípravná utkání	0
Mistrovská utkání	0

Příloha 6. Obecné tréninkové ukazatele (OTU) pro měsíc červenec

Obecné tréninkové ukazatele (OTU)	Objem zatížení
Počet dnů zatížení	8
Počet tréninkových jednotek	8
Celkový čas zatížení (min)	480
Regenerace (min)	0
Počet utkání	0
Taktická příprava – teorie (min)	0
Počet dnů volna	23

Příloha 7. Speciální tréninkové ukazatele (STU) pro měsíc červenec

Speciální tréninkové ukazatele (STU)	Objem zatížení (min)
Rozcvičení	72
Vytrvalost	60
Rychlostní vytrvalost	60
Síla	240
Rychlost	48
Koordinace	0
Doplňkový sport	individuální
Útočné činnosti jednotlivce	0
Obranné činnosti jednotlivce	0
Útočné kombinace	0
Obranné kombinace	0
Útočné systémy	0
Obranné systémy	0
Tréninková hra	0
Přípravná utkání	0
Mistrovská utkání	0

Příloha 8. Obecné tréninkové ukazatele (OTU) pro měsíc srpen

Obecné tréninkové ukazatele (OTU)	Objem zatížení
Počet dnů zatížení	25
Počet tréninkových jednotek	32
Celkový čas zatížení (min)	4830
Regenerace (min) *	840
Počet utkání	7
Taktická příprava – teorie (min)	300
Počet dnů volna	6

Vysvětlivky: * plavání 2x týdně pro regeneraci

Příloha 9. Speciální tréninkové ukazatele (STU) pro měsíc srpen

Speciální tréninkové ukazatele (STU)	Objem zatížení (min)
Rozcvičení	630
Vytrvalost *	180
Rychlostní vytrvalost (specifická)	300
Síla	600
Rychlost	180
Koordinace	240
Doplňkový sport	120
Útočné činnosti jednotlivce	120
Obranné činnosti jednotlivce	120
Útočné kombinace	780
Obranné kombinace	480
Útočné systémy	240
Obranné systémy	240
Tréninková hra	600
Přípravná utkání	420
Mistrovská utkání	0

Vysvětlivky: * aerobní vytrvalost – fartlek

Příloha 10. Obecné tréninkové ukazatele (OTU) pro měsíc září

Obecné tréninkové ukazatele (OTU)	Objem zatížení
Počet dnů zatížení	25
Počet tréninkových jednotek	20
Celkový čas zatížení (min)	2070
Regenerace (min)	540
Počet utkání	5
Taktická příprava – teorie (min)	120
Počet dnů volna	5

Příloha 11. Speciální tréninkové ukazatele (STU) pro měsíc září

Speciální tréninkové ukazatele (STU)	Objem zatížení (min)
Rozcvičení	300
Vytrvalost	0
Rychlostní vytrvalost (specifická)	90
Síla	270
Rychlost	60
Koordinace	30
Doplňkový sport	180
Útočné činnosti jednotlivce	60
Obranné činnosti jednotlivce	60
Útočné kombinace	480
Obranné kombinace	120
Útočné systémy	120
Obranné systémy	60
Tréninková hra	240
Přípravná utkání	180
Mistrovská utkání	120

Příloha 12. Maximální moment síly (PT, [N·m]) při koncentrické a excentrické svalové kontrakci flexorů a extenzorů kolenního kloubu na DDK a NDK – základní statistické charakteristiky (n=11)

Režim	FL x EX	Měření	Končetina	M	Mdn	Min	Max	SD
con	FL	1	DDK	90,18	89	61	114	17,79
			NDK	91,09	93	66	121	16,81
		2	DDK	89,91	93,5	57,8	103,2	13,73
			NDK	88,69	88,5	67,2	116,3	14,35
		3	DDK	97,29	101	68	119	15,33
			NDK	94,52	88,5	66,5	125	17,39
	EX	1	DDK	170,64	171	132	228	28,95
			NDK	163,73	163	138	193	18,31
		2	DDK	157,96	164	122	186	18,32
			NDK	157,98	161,7	131,3	186,8	17,9
		3	DDK	173,86	177,8	137,3	212,3	23,39
			NDK	175,25	168,8	139,2	217,5	27,96
ecc	FL	1	DDK	109,09	111	73	154	24,84
			NDK	109,18	111	73	147	21,11
		2	DDK	106,67	102,8	84,8	150	21,54
			NDK	99,47	96,8	77,7	145,5	20,59
		3	DDK	115,7	114	76,2	147,5	23,03
			NDK	112,86	114,5	72	140,7	16,32
	EX	1	DDK	189,55	190	112	261	45,83
			NDK	195	192	124	292	53,96
		2	DDK	198,1	206,7	124,5	239,7	32,55
			NDK	192,81	187,2	116,3	275,7	46,9
		3	DDK	217,19	220,2	120,8	273,8	47,49
			NDK	225,4	236,7	172,2	285	37,36

Vysvětlivky: M – aritmetický průměr; Mdn – medián; Min – minimální hodnota; Max – maximální hodnota; SD – směrodatná odchylka; con – koncentrická svalová kontrakce; ecc – excentrická svalová kontrakce; FL – flexe; EX – extenze; 1,2,3 – označení termínů měření; DDK – dominantní dolní končetina; NDK – nedominantní dolní končetina

Příloha 13. Poměr excentrické a koncentrické svalové kontrakce flexorů (Hecc/Hcon) a extenzorů (Qecc/Qcon) kolenního kloubu na DDK a NDK – základní statistické charakteristiky (n=11)

	Měření	Končetina	M	Mdn	Min	Max	SD
Hecc/Hcon	1	DDK	1,22	1,2	0,89	1,66	0,22
		NDK	1,2	1,21	1,06	1,42	0,11
	2	DDK	1,19	1,17	0,9	1,47	0,18
		NDK	1,12	1,15	0,92	1,29	0,12
	3	DDK	1,19	1,23	1,01	1,44	0,13
		NDK	1,21	1,14	1	1,54	0,17
Qecc/Qcon	1	DDK	1,13	1,11	0,76	1,8	0,3
		NDK	1,19	1,19	0,78	1,69	0,28
	2	DDK	1,25	1,26	1,02	1,56	0,15
		NDK	1,22	1,21	0,88	1,73	0,26
	3	DDK	1,24	1,29	0,88	1,5	0,19
		NDK	1,29	1,3	1,11	1,65	0,15

Vysvětlivky: M – aritmetický průměr; Mdn – medián; Min – minimální hodnota; Max – maximální hodnota; SD – směrodatná odchylka; Hecc/Hcon – poměr excentrické a koncentrické svalové kontrakce flexorů kolenního kloubu; Qecc/Qcon – poměr excentrické a koncentrické svalové kontrakce extenzorů kolenního kloubu; 1,2,3 – označení termínů měření; DDK – dominantní dolní končetina; NDK – nedominantní dolní končetina

Příloha 14. Konvenční poměr svalové síly flexorů a extenzorů kolenního kloubu na DDK a NDK (H/Q_{CON}) – základní statistické charakteristiky (n=11)

Měření	Končetina	M	Mdn	Min	Max	SD
1	DDK	0,53	0,53	0,46	0,58	0,04
	NDK	0,56	0,53	0,4	0,72	0,11
2	DDK	0,57	0,58	0,47	0,64	0,06
	NDK	0,57	0,53	0,44	0,74	0,1
3	DDK	0,56	0,57	0,49	0,6	0,04
	NDK	0,54	0,55	0,41	0,66	0,07

Vysvětlivky: M – aritmetický průměr; Mdn – medián; Min – minimální hodnota; Max – maximální hodnota; SD – směrodatná odchylka; 1,2,3 – označení termínů měření; DDK – dominantní dolní končetina; NDK – nedominantní dolní končetina

Příloha 15. Funkční poměr svalové síly flexorů a extenzorů kolenního kloubu na DDK a NDK (H/Q_{FUNC}) – základní statistické charakteristiky (n=11)

Měření	Končetina	M	Mdn	Min	Max	SD
1	DDK	0,64	0,58	0,48	0,88	0,13
	NDK	0,67	0,67	0,44	0,9	0,12
2	DDK	0,68	0,67	0,53	0,91	0,11
	NDK	0,63	0,63	0,44	0,82	0,12
3	DDK	0,66	0,63	0,55	0,83	0,09
	NDK	0,65	0,67	0,52	0,75	0,09

Vysvětlivky: M – aritmetický průměr; Mdn – medián; Min – minimální hodnota; Max – maximální hodnota; SD – směrodatná odchylka; 1,2,3 – označení termínů měření; DDK – dominantní dolní končetina; NDK – nedominantní dolní končetina

Příloha 16. Obrácený funkční poměr svalové síly flexorů a extenzorů kolenního kloubu na DDK a NDK (H_{con}/Q_{ecc}) – základní statistické charakteristiky (n=11)

Měření	Končetina	M	Mdn	Min	Max	SD
1	DDK	0,49	0,5	0,3	0,73	0,12
	NDK	0,49	0,43	0,36	0,86	0,14
2	DDK	0,46	0,46	0,4	0,58	0,05
	NDK	0,48	0,42	0,39	0,84	0,14
3	DDK	0,46	0,43	0,38	0,58	0,07
	NDK	0,42	0,42	0,36	0,59	0,07

Vysvětlivky: M – aritmetický průměr; Mdn – medián; Min – minimální hodnota; Max – maximální hodnota; SD – směrodatná odchylka; 1,2,3 – označení termínů měření; DDK – dominantní dolní končetina; NDK – nedominantní dolní končetina

Příloha 17. Procentuální deficit ve vztahu k silnější DK (%Def) – základní statistické charakteristiky (n=11)

	FL x EX	Měření	M	Mdn	Min	Max	SD
con	FL	1	13,63	11,24	5,48	35,78	9,29
		2	8,91	7,23	2,65	17,93	5,47
		3	6,71	7,16	1,46	14,49	4,15
	EX	1	9,46	10,69	1,71	19,39	6,76
		2	4,89	3,27	0,43	18,67	5,84
		3	6,24	7,03	0,29	11,42	3,48
ecc	FL	1	9,14	10,74	0	14,71	4,96
		2	10,25	6,6	0,43	29,66	8,96
		3	11,58	7,96	3,55	33,45	9,48
	EX	1	15,35	16,32	5,16	32,24	9,16
		2	13,76	9,78	0,57	40,81	12,6
		3	10,02	5,52	3,37	32,06	9,38

Vysvětlivky: M – aritmetický průměr; Mdn – medián; Min – minimální hodnota; Max – maximální hodnota; SD – směrodatná odchylka; con – koncentrická svalová kontrakce; ecc – excentrická svalová kontrakce; FL – flexory; EX – extenzory; 1,2,3 – označení termínů měření