

Univerzita Palackého v Olomouci

Fakulta tělesné kultury

**VZTAH MEZI VÝSLEDKY TESTOVÁNÍ IZOKINETICKÉ SÍLY A VÝSLEDKY
FUNKČNÍCH TESTŮ U VRCHOLOVÝCH HÁZENKÁŘEK**

Diplomová práce

(magisterská)

Autor: Marian Opavský, Tělesná výchova a sport

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

Olomouc 2018

Jméno a příjmení autora: Marian Opavský

Název diplomové práce: Vztah mezi výsledky testování izokinetické síly a výsledky funkčních testů u vrcholových házenkářek

Pracoviště: Katedra sportu

Vedoucí: doc. PaedDr. Michal Lehnert, Dr.

Rok obhajoby: 2018

Abstrakt:

Cílem diplomové práce bylo určit vztah mezi izokinetickou svalovou silou při vícekloubovém pohybu a explozivní svalovou silou dolních končetin na začátku a na konci přípravného období u vrcholových házenkářek. Sledovaný soubor byl tvořen hráčkami házené z klubu DHK Zora Olomouc ($n = 18$, průměrný věk $23,33 \pm 3,77$ let). Izokinetické testování svalové síly DK bylo provedeno na modulu leg-press v lineárních rychlostech 400 mm/s a 800 mm/s pro pohyb do extenze, 200 mm/s a 400 mm/s pro pohyb do flexe. Sledovanými parametry byly maximální izokinetická svalová síla PF (N), maximální izokinetická svalová práce PW (J) a maximální izokinetický svalový výkon PP (W). Výška vertikálního skoku byla měřena ve variantách vertikální skok z podřepu (VSP), vertikální skok s protipohybem (VSPP) a vertikální skok po dopadu z vyvýšeného místa (VSDVM). Kolmogorov-Smirnov test byl použit pro ověření normality dat. Pro určení vztahu byl použit Pearsonův korelační koeficient. Byly zjištěny signifikantní korelace mezi izometrickou a izokinetickou svalovou silou při cviku leg-press a explozivní svalovou silou hodnocenou testy vertikálního skoku VSP, VSPP a VSDVM, které nabyly středních hodnot na začátku přípravného období a vysokých a středních hodnot na konci přípravného období. Nejvyšší počet signifikantních korelací byl zjištěn na konci přípravného období a rovněž hodnoty korelací, pro všechny sledované parametry, byly vyšší na konci přípravného období. Vysoké hodnoty korelace mezi izokinetickou svalovou silou při cviku leg-press a explozivní svalovou silou hodnocenou testy VSP, VSPP a VSDVM byly zjištěny při pohybu do extenze v rychlostech 400 mm/s a 800 mm/s na konci přípravného období.

Klíčová slova: izokinetika, svalová síla, funkční testy, korelace, leg-press

Souhlasím s půjčováním diplomové práce v rámci knihovních služeb.

Author's first name and surname: Marian Opavský

Title of the bachelor thesis: The relationship between isokinetic testing and functional testing in top women handball players

Department: Department of Sport

Supervisor: doc. PaedDr. Michal Lehnert, Dr.

The year of presentation: 2018

Abstract:

The aim of the diploma thesis was to determine the relationship between isokinetic muscle force in multi-articulated movement and explosive muscle strength of the lower limbs at the beginning and at the end of the preparatory period at the top handball players. The tracked set was made by players played by DHK Zora Olomouc ($n = 18$, mean age 23.33 ± 3.77 years). Isokinetic lower limbs muscle strength testing was performed on the leg-press module at linear speeds of 400 mm / s and 800 mm / s to move to extension, 200 mm / s and 400 mm / s to flexion. The monitored parameters were maximum isokinetic muscle force PF (N), maximum isokinetic muscle work PW (J) and maximum isokinetic muscle power PP (W). The height of the vertical jump was measured in VSP, VSPP and VSDVM variants. The Kolmogorov-Smirnov test was used to verify the normality of the data. Pearson's correlation coefficient was used to determine the relationship. Significant correlations between the isometric and isokinetic muscle strength in the leg-press exercise and the explosive muscle force assessed by the vertical jump tests of VSP, VSPP and VSDVM were found to have averaged values at the start of the preparatory period and high and medium values at the end of the preparatory period. The highest number of significant correlations was found at the end of the preparatory period and the correlation values for all the monitored parameters were higher at the end of the preparatory period. High correlations between the isokinetic muscle force at the leg-press exercise and the explosive muscle force evaluated by the VSP, VSPP and VSDVM tests were found to be at the 400 mm / s and 800 mm / s at the end of the preparatory period.

Keywords: isokinetics, muscle strength, functional testing, correlations, leg-press

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

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

V Olomouci dne 1. 6. 2018

.....

Děkuji doc. PaedDr. Michalu Lehnertovi, Dr. za vedení při zpracování této práce. Dále děkuji RNDr. Milanu Elfmarkovi za statistické zpracování dat.

OBSAH

1	ÚVOD	10
2	PŘEHLED POZNATKŮ	11
2.1	Sportovní výkon v házené	11
2.1.1	Herní výkon v házené	12
2.1.2	Kondiční faktory herního výkonu v házené	13
2.1.3	Síla jako složka kondice	14
2.1.4	Trénink síly v házené	17
2.2	Diagnostika jako součást řízení sportovního tréninku	20
2.2.1	Diagnostika síly	21
2.2.2	Diagnostika síly prostřednictvím izokinetické dynamometrie	23
2.2.3	Diagnostika síly prostřednictvím funkčních testů	26
2.2.4	Vztahy mezi izokinetickým testováním a funkčními testy	31
3	CÍLE A ÚKOLY	35
3.1	CÍL PRÁCE	35
3.2	Úkoly práce	35
4	METODIKA	37
4.1	Charakteristika souboru	37
4.2	Metodika sběru dat	37
4.3	Tréninkové zatížení hráček v přípravném období	40
4.5	Statistické zpracování dat	42
5	VÝSLEDKY	43
5.1	Korelace izometrické a izokinetické svalové síly a explozivní síly hodnocené testem vertikálního skoku z podřepu	43
5.2	Korelace izometrické a izokinetické svalové síly a explozivní síly hodnocené testem vertikálního skoku s protipohybem	45
5.3	Korelace izometrické a izokinetické svalové síly a explozivní síly hodnocené testem vertikálního skoku po dopadu z vyvýšeného místa	47
6	DISKUZE	49

6.1	Vztah mezi izokinetickou svalovou silou při vícekloubovém pohybu a explozivní svalovou silou dolních končetin bez ohledu na období ročního tréninkového cyklu	50
6.2	Vztah mezi izokinetickou svalovou silou při vícekloubovém pohybu a explozivní svalovou silou dolních končetin s ohledem na období ročního tréninkového cyklu.....	51
6.3	Vyjádření k výzkumným otázkám	53
6.4	Limity studie	54
7	ZÁVĚRY	55
8	SOUHRN.....	56
9	SUMMARY.....	58
10	REFERENČNÍ SEZNAM	60
11	PŘÍLOHY	70

Seznam použitých zkratk:

CNS – centrální nervová soustava

VO₂max – maximální aerobní výkon

SFmax – maximální srdeční frekvence

SO – pomalá červená svalová vlákna („slow-oxidative muscle fibers“)

FOG – rychlá oxidativně-glykolytická svalová vlákna („fast-oxidative glycolytic muscle fibers“)

FG – rychlá glykolytická svalová vlákna („fast-glycolytic “)

RFD – maximální moment svalové síly („rate of force development“)

1OM – jedno opakovací maximum

RTD – rychlost rozvoje svalové síly („rate of torque development“)

ROM – rozsah pohybu („range of motion“)

VSODVM – vertikální skok okamžitě po dopadu z vyvýšeného místa

VSDVMP – vertikální skok po dopadu z vyvýšeného místa s protipohybem

VSPP – vertikální skok s protipohybem

VSP – vertikální skok z podřepu

VSDVM – vertikální skok po dopadu z vyvýšeného místa

DK – dolní končetina

PDK – pravá dolní končetina

LDK – levá dolní končetina

VO – výzkumná otázka

PF – maximální izokinetická svalová síla („peak force“)

PW – maximální izokinetická svalová práce („peak work“)

PP – maximální izokinetický svalový výkon („peak power“)

RTC – roční tréninkový cyklus

1 ÚVOD

Sport je jedním z fenoménů moderní doby a ve společnosti zaujímá významnou roli (Perič, & Dovalil, 2010; Slepíčka, Hošek, & Hátlová, 2011). Cílem výkonnostního a vrcholového sportu je dosažení maximálního sportovního výkonu ve specifických pohybových činnostech (Dovalil & Choutka, 2012; Novosad, Lehnert, & Botek, 2010). Na sportovní výkon je zaměřena pozornost sportovců, trenérů a dalších odborníků. Jedná se o stěžejní pojem celého sportovního odvětví a sportovního tréninku, v němž se výkon především buduje, a tudíž má zásadní význam pro jeho hlubší poznání.

Diagnostika v oblasti sportovních výkonů probíhá především prostřednictvím terénních a laboratorních měření. Vertikální skok je vícekloubový pohyb a je preferován jako varianta testování explozivní svalové síly DK, která je do značné míry specifická pro sportovní výkon v házené, jelikož zde dochází k častým výskokům v útočné (střelba na bránu) i obranné (blokování, zachytávání vyražených míčů) fázi hry. Izokinetická dynamometrie jako diagnostická metoda se jeví ve vztahu k hernímu výkonu v házené méně specifická, než funkční testování, avšak izokinetický dynamometr Isomed 2000 (D. & R. Ferstl GmbH, Hemau, Germany) nabízí možnost vícekloubového testování izokinetické svalové síly DK s využitím modulu leg-press.

Doposud byla ve vědecké literatuře věnována pozornost především korelacím mezi charakteristikami izokinetické svalové síly DK při jednokloubovém pohybu a explozivní svalovou silou hodnocenou testy vertikálního skoku, ačkoliv se varianta vícekloubového testování nabízí jako pravděpodobně specifičtější. Snahou autora této práce je rozšířit poznatky v této oblasti a poskytnout možný pohled na danou problematiku vztahů mezi izokinetickým testováním a funkčními testy.

Téma magisterské diplomové práce jsem zvolil v návaznosti na svou práci bakalářskou, v níž byl věnován prostor ověření izokinetického tréninkového programu s využitím cviku leg-press. Rovněž je mi oblast izokinetiky blízká z toho důvodu, že jsem po převážnou dobu studia asistoval v týmu, který zajišťoval měření vrcholových sportovců na přístroji Isomed 2000.

2 PŘEHLED POZNATKŮ

2.1 SPORTOVNÍ VÝKON V HÁZENÉ

Autoři Měkota a Cuberek (2007, 105) definují sportovní výkon jako „...míru realizace určitého pohybového úkolu (zadání)“ přičemž výkon obecně, nikoliv pouze po pohybové stránce vymezují jako „...výsledek činnosti v daném čase a podmínkách“. Zaměříme-li se na kritéria sportovního výkonu, zjistíme, že jej lze měřit prostřednictvím fyzikálních veličin nebo kvantifikací jednotlivých prvků (počet opakování cviku, počet zásahů terče atd.). Rovněž existují sportovní odvětví, v nichž jsou výkony hodnoceny odborníky prostřednictvím posudků bodovaných v předem dané škále, tedy škálováním. Sportovní či pohybové výkony jsou rovněž prostředkem při testování schopností a dovedností.

Výkon podle Měkoty a Cuberka (2007) charakterizujeme jako jednorázový projev výkonnosti, již lze rozdělit na výkonnost motorickou, považovanou za pohybový předpoklad determinující řešení pohybových úkolů a výkonnost sportovní, která bezprostředně souvisí s plněním výkonových nároků určitého sportovního odvětví. Motorická výkonnost je primárně určena úrovní motorických schopností a dovedností, avšak vstupují do ní rovněž somatické parametry a psychická a intelektová zdatnost. Základní motorickou výkonnost považuje Měkota a Cuberek (2007) za způsobilost k podání výkonu nikoliv pouze v dílčím počtu, ale ve všech základních pohybových činnostech, které jsou obsahem výkonnostních testů (baterií), jejichž prostřednictvím zjišťujeme úroveň motorických schopností. Naproti tomu je sportovní výkonnost specifickým druhem motorické výkonnosti a chápeme ji jako předpoklad k opakované realizaci výkonu v dané sportovní činnosti na poměrně stabilní úrovni.

Strukturu sportovního výkonu lze zachytit jako vzájemně propojený komplex zúčastněných činitelů, v jejichž vazbách je nutné se orientovat pro potřeby účinného sportovního tréninku (Dovalil & Perič, 2009). Tento systémový přístup je možno také pochopit jako zákonité uspořádání faktorů, relativně samostatných součástí sportovních výkonů, vycházejících ze somatických, kondičních, technických, taktických a psychických základů výkonů (Dovalil et al., 2012).

V následujícím textu bude podrobněji rozebrána podstata vlivu kondičních faktorů na herní výkon v házené.

2.1.1 Herní výkon v házené

Házená je kolektivní míčová sportovní hra, ve které dochází ke značnému počtu kontaktů s protihráči. Cílem hry je vstřelit v daném čase, za pomoci přihrávání míče rukama, větší počet branek než soupeř (Táborský, 2007).

Ve sportovních hrách, tudíž i v házené, rozumíme hernímu výkonu jako činnosti hráče či skupiny hráčů, která je charakterizována mírou splněných úkolů realizovaných během utkání (Táborský, 2007). Podle Nykodýma (2006) je herní výkon ve sportovní hře reprezentován individuální a skupinovou činností hráčů v ději utkání, kterou charakterizuje míra splněných herních úkolů, a z toho vyplývajícím výsledkem utkání. Podmiňujícími vlivy pro herní výkon v házené jsou situační a dispoziční faktory, kdy situační faktory chápeme jako proměnlivost vnějších podmínek a dispoziční faktory jako připravenost konkrétního hráče k hernímu výkonu. Hovoříme tedy především o stupni rozvoje pohybových schopností a herních dovedností, úrovni řízení CNS, vlivu psychických procesů a také somatických a osobnostních vlastností. Tyto charakteristiky jsou pro trenéry a manažery vodítkem k tvorbě herních sestav, rozdělování jednotlivých hráčských postů a týmových funkcí (Táborský, 2009).

Z intermitentní povahy utkání v házené plyne, že hráči provedou během utkání 100 až 250 činností maximální až supramaximální intenzity, jejichž trvání se pohybuje mezi jednou až sedmi sekundami. Herní výkon je tedy charakterizován velmi krátkými úseky vysoké intenzity, ve kterých dochází výraznému vzestupu zatížení a úseky nízké intenzity, při nichž mohou probíhat zotavovací procesy (Glaister, 2005; Hůlka, Bělka, & Weisser, 2014).

Házená je dynamická sportovní hra, která klade vysoké nároky na explozivní sílu. Velikost explozivní síly je dána tzv. silovým gradientem vyjádřeným nárůstem síly za jednotku času (RFD). Nárůst síly za jednotku času se projeví vyšším RFD. V házené vyplývá potřeba vysoké úrovně RFD z častých změny pohybu, zastavení, otáčení a výskoků v průběhu utkání. RFD považujeme za důležitý aspekt síly pro sportovní výkon v házené, jelikož zefektivnění průběhu síly v čase pozitivně ovlivňuje produkci většího impulsu síly

v časově a prostorově omezeném momentu (Kampmiller & Vanderka, 2004; Kraemer, Mazzetti, Ratamess, & Fleck, 2000).

2.1.2 Kondiční faktory herního výkonu v házené

Lehnert et al. (2010) kondici definuje jako energetický, funkční a pohybový potenciál sportovce, který je determinován kondičními a kondičně-koordinačními motorickými schopnostmi. Dále uvádí, že tento potenciál hraje významnou roli pro realizaci techniky a taktiky při podávání sportovního výkonu i při vyrovnávání se s nároky tréninkového a soutěžního zatěžování.

Hráči během 60 minut utkání v házené naběhají 4 až 7 km (Chelly et al. 2011; Hůlka, Bělka, & Weisser, 2014; Manchado et al., 2013). Analýzou intenzity běhu při hře došli Šiblila, Vuleta a Pori (2004) k závěrům, že křídla se pohybují průměrnou rychlostí 1,6 m/s, spojky 1,43 m/s, pivotmani 1,34 m/s a brankáři 0,73 m/s. Tito autoři rovněž uvádějí seřazení herních postů od největší naběhané vzdálenosti za utkání, kde jsou na prvním místě křídelní hráči, následují spojky, pivotmani a pole uzavírají brankáři. Přitom doba strávená vykonáváním sprintu v utkání zabírá 4 až 7 % celkového hracího času (Hůlka, Bělka & Weisser, 2014; Šiblila, Vuleta & Pori, 2004). U družstev žen WHIL je to 5 %. Pori et al. (2005) se ve své studii zabývali rozdíly ve výsledcích pohybových analýz mezi házenkářskými věkovými kategoriemi. Z výsledků je patrné, že seniorská kategorie převyšuje zbývající dvě, juniorskou a kadetskou, objemem i intenzitou. Dále nejmladší kadetská kategorie opět v obou složkách, objemu i intenzitě, zaostává za juniory. Bylo také zaznamenáno, že hráči všech tří kategorií v první polovině zápasu překonají větší vzdálenost než v poločase druhém, přičemž se tato nerovnost postupně zvětšuje směrem k mladším kategoriím (Pori, Kovačič, Bon, Dolenc, & Šibila, 2005).

Průměrná tepová frekvence při utkání v házené se pohybuje v rozmezí 165 až 187 tepů za minutu. Tato hodnota u skupiny žen první a druhé ligy odpovídá průměrné srdeční intenzitě zatížení 89 až 95 % SFmax. Pravidelné střídání hráček během utkání ovlivňuje velikost průměrné intenzity zatížení (Hůlka, Bělka, & Weisser, 2014).

Ukazatel aerobního výkonu VO_2max udává maximální spotřebu kyslíku, jakožto potenciál aerobní produkce energie. Ve sportovních odvětvích intermitentního charakteru, ve kterých dochází ke kumulaci kyslíkového dluhu, podmiňuje aerobní výkon

regenerační schopnosti organismu (Grasgruber & Cacek, 2008). Studie, v nichž se autoři zaměřili na měření aerobního výkonu u házenkářů, prezentují u mužů výsledky 50 až 60 ml/O₂/kg/min (Rannou et al., 2001; Sporiš et al., 2010) a u žen 45 až 53 ml/O₂/kg/min (Vargas et al., 2008). Statisticky významný rozdíl byl zjištěn ve studii Sporiš et al. (2010) v hodnotách aerobního výkonu mezi pivotmany a křídelnými hráči. Autoři uvádí, že křídla jsou schopna dosáhnout vyšší úrovně VO₂max.

Významným faktorem pro sprinty a silově náročné pohyby je vysoká anaerobní kapacita metabolismu. Jedná se o schopnost organismu pracovat v režimu anaerobní glykolýzy, kdy výkon trvá do 60 s (Grasgruber & Cacek, 2008). Vyšší úroveň anaerobní kapacity souvisí u vrcholových házenkářů se schopností podat vyšší anaerobní výkon. Testy anaerobního výkonu Wingate provedené ve studiích (Rannou et al., 2001; Vargas et al., 2008) ukázaly u mužů hodnotu 14,8 W/kg a u žen 10,1 W/kg.

Srovnání sprinterských schopností v běhu na úsecích 5 m a 15 m, jež přináší studie Jensen, Johansen a Larsson (1999), neprokazuje napříč věkovými kategoriemi žádné signifikantní rozdíly. Autoři Gorostiaga et al. (2005) zjišťovali rozdíly v maximální síle mezi amatérskými a elitními házenkáři, výsledné hodnoty hovořily o 22 % ve prospěch elitních hráčů. Obdobně můžeme interpretovat studii (Granados et al., 2007), která prokázala rozdíl 23 % v maximální síle mezi amatérskými a elitními házenkářkami. Granados et al. (2007) rovněž stanovili nejpropastnější rozdíl mezi ženskými a mužskými házenkářskými kategoriemi, který činí 55 % maximální síly.

2.1.3 Síla jako složka kondice

Síla je neodlučitelnou součástí sportovního výkonu ve většině sportovních odvětví. I v disciplínách, v nichž mají rozdílový význam ostatní pohybové schopnosti, má síla podpůrný vliv na podání sportovního výkonu (Lehnert et al., 2010; Perič & Dovalil, 2010). Silové schopnosti Votík (2005, 145) považuje „...za rozhodující schopnosti člověka, bez kterých by se ostatní pohybové schopnosti nemohly projevit“. Lehnert et al. (2010, 18) definují sílu jako „...schopnost překonávat, udržovat nebo brzdit odpor svalovou kontrakcí při dynamickém nebo statickém režimu svalové činnosti“.

2.1.3.1 Biologické determinanty svalové síly

Lidskou motoriku obstarává systém kosterního svalstva, který se skládá z tisíců různě dlouhých svalových vláken a upíná se prostřednictvím šlach a vazů ke kostem. Svalovou činnost, jež rozhoduje o vzniku síly, považujeme za mechanickou odpověď, která je následkem přenosu nervového vzruchu a je generována zasouváním filament myozinu do středu sarkomer za vzniku příčných můstků (Přidalová & Riegerová, 2008). Pro svalovou činnost jsou tak charakteristické tyto vlastnosti – excitabilita, kontraktibilita, extenzibilita a elasticita (Dylevský, 1996).

Kosterní svalstvo se skládá z několika typů svalových vláken. Podle jejich morfologických, histochemických a funkčních charakteristik rozlišujeme tři základní typy svalových vláken – typ I, jež nazýváme také jako pomalá svalová vlákna, typ IIa, označovaný jako rychlá červená vlákna a typ IIb neboli rychlá bílá vlákna (Hohmann et al., 2010; Přidalová & Riegerová, 2008). Přehledný výčet základních vlastností svalových vláken uvádí Tabulka 1.

Tabulka 1. Typy svalových vláken (Hohmann et al., 2010; Přidalová & Riegerová, 2008, upraveno)

Typ I SO	Typ IIa FOG	Typ IIb FG
velmi tenká a bohatě kapilarizovaná	středně silná a kapilarizovaná	velmi silná a málo kapilarizovaná
statické a pomalé pohyby, polohové funkce	rychlý a silový pohyb	maximální silový pohyb
velmi odolná proti únavě	relativně odolná proti únavě	málo odolná proti únavě

V lidském těle se vyskytuje ještě poslední typ svalových vláken, kterým jsou vlákna přechodná, III. typu nebo také nediferencovaná, která představují potenciální zdroj všech ostatních typů vláken (Přidalová & Riegerová, 2008). Podobně jako si sportovní výkony žádají jednotlivé druhy silových schopností, tak i konkrétní svalová vlákna mají schopnost

měnit svůj poměr ve svalu. Základní geneticky determinovaný poměr SO a FG (FOG) vláken je 1 : 1. Specifickým tréninkovým zatěžováním lze dosáhnout změny tohoto poměru až na hodnotu 1 : 9. Tato transformace je snadněji realizovatelná ve prospěch SO vláken. Zásadní je v tomto případě umístění a funkce konkrétního svalu (Karp, 2010; Maglischo, 2012; Shepherd, 2013).

Druhy svalové kontrakce

Pro účely sportovního tréninku rozlišujeme dva druhy svalové kontrakce – statickou (izometrickou) a dynamickou (Hohmann et al., 2010; Lehnert et al., 2010). Pojmem statická svalová činnost vysvětlují jako intramuskulární činnost, pro niž je charakteristické zvýšení tonu svalu při zachování jeho konstantní délky. Jedná se tedy o udržování břemene či vlastního těla ve statické poloze (Lehnert et al., 2010). Tento druh svalové činnosti je typický pro sportovní výkony, jako jsou například výdrže na náradí ve sportovní gymnastice, kde cvičení usilují o udržení vlastního těla v určených polohách a podobně ve sjezdu na lyžích, kdy závodník drží svůj postoj. V házené se tento druh svalové činnosti projevuje nejvyšší mírou při osobních soubojích, zapírání se do soupeřova těla v obranných činnostech, na hranici brankoviště.

Dynamická svalová činnost je charakteristická změnou délky svalu. Tento typ činnosti je pro hráče v házené více nepostradatelný, nežli činnost statická. Dynamická svalová činnost se projevuje jako síla koncentrická – svalová síla je dostatečná k překonání odporu, mění se intramuskulární napětí, úpony svalu se k sobě přibližují a svalová vlákna zkracují svou délku. Jednoznačným projevem koncentrické kontrakce v házené je odraz a odhod míče. Mezi druhy dynamické svalové činnosti řadíme také činnost excentrickou – svalová síla není dostačující k překonání odporu (probíhá-li pohybová činnost souhlasně se směrem pohybu zátěže, je výsledkem zbrzdění či zpomalení pohybu), úpony se od sebe vzdalují a svalová vlákna se prodlužují. K tomuto typu svalové činnosti dochází při dopadu a zachycení míče. Plyometrická svalová činnost je charakterizována okamžitým následováním kontrakce excentrické akcí koncentrickou (cca do 250 ms), tzv. stretch-shortening cycle. Takto provedený pohybový řetězec umožňuje získat větší množství energie pro jeho závěrečnou koncentrickou část. V házené je to typicky výskok a střela na bránu. Posledním velmi specifickým druhem dynamické svalové činnosti je činnost izokinetická. Jedná se o svalovou činnost prováděnou konstantní rychlostí. Pro zprostředkování tohoto druhu svalové činnosti,

kteřé bude věnován prostor v dalších částech této práce, je zapotřebí nastavení rychlosti na izokinetickém dynamometru (Lehnert et al., 2010).

2.1.3.2 Druhy síly

Činitelé, podle nichž lze rozdělit jednotlivé druhy síly, jsou – velikost překonávaného odporu, doba trvání svalové akce, rychlost provedení svalové akce, počet opakování pohybů a způsob uvolňování energie při práci svalu. Vzájemné vazby mezi silami by měly ideálně odpovídat požadavkům daného sportovního výkonu (Lehnert et al., 2010).

Základní silový potenciál organismu tvoří maximální síla (Lehnert et al., 2010). Psotta et al. (2006) definují maximální neboli absolutní sílu jako schopnost svalu vyvinout sílu proti maximálnímu odporu, který je ještě možné překonat v jedné kontrakci nebo jednom opakování pohybu.

Rychlá síla je způsobilost svalu dosáhnout co největšího silového impulsu v časovém intervalu, stanoveném pro realizaci pohybu. Zároveň se jedná o schopnost dosáhnout v nejkratším časovém limitu nejvyšší možné hodnoty síly. Faktorem, který udává poměr využití maximální a rychlé síly, je velikost odporu. Pod rychlou sílu zařazujeme rovněž sílu explozivní, charakterizovanou jako maximální zrychlení v co nejkratším možném čase v závěrečné fázi pohybu a startovní sílu (Hohmann et al., 2010; Lehnert et al., 2010).

Způsobilost svalu vytvořit co největší silový impuls v jednom cyklu protažení a následného zkrácení svalových vláken označujeme jako reaktivní sílu. Reaktivní síla závisí na úrovni síly maximální, rychlé a elasticitě svalu. Její využití spočívá v posílení koncentrické svalové akce svalovou akcí excentrickou (Hohmann et al., 2010; Lehnert et al., 2010).

Silová vytrvalost je schopnost opakovaně překonávat nebo brzdit nemaximální odpor, který představuje přinejmenším 30 % maximální síly, případně jej udržovat po delší dobu, aniž by se snížila efektivita pohybové činnosti (Hohmann et al., 2010; Lehnert et al., 2010).

2.1.4 Trénink síly v házené

Trénink síly je základním pilířem kondičního tréninku. Je zapotřebí dosáhnout optimálního silového potenciálu pro dosažení maximálního sportovního výkonu (Lehnert

et al., 2010). Trénink síly pro dosažení optimální úrovně silového potenciálu můžeme popsat jako pravidelné zatěžování, realizované v delším časovém období, využívající různá cvičení, která mají dostatečný stimulační efekt. Metodotvornými činiteli, podle nichž charakterizujeme a diferencujeme jednotlivé tréninkové metody a na jejichž souladu se výsledný efekt zlepšení silových schopností zakládá, jsou – velikost odporu, rychlost pohybu, doba trvání a interval odpočinku (Dovalil et al., 2012; Perič & Dovalil, 2010).

Silové schopnosti rozvíjíme celou řadou metod, z nichž každá podněcuje v organismu specifické nervosvalové adaptace a ovlivňuje tak odlišnou část silového spektra. K těmto metodám řadíme metodu opakovaných úsilí, rychlostně silovou metodu, metodu kruhového tréninku, plyometrickou metodu a izometrickou metodu (Lehnert et al., 2010).

Řada studií (Carvalho, Mourão, & Abade, 2014; Debanne & Laffaye, 2013) dokládá efektivní využití plyometrické metody v tréninku síly pro hráče házené. Zařazením této tréninkové metody dochází ke zvýšení explozivní síly dolních končetin, jež se projevuje rychlejším sprintem na krátké úseky (30 m) a vyšším vertikálním skokem. Studie Tillaar, Waade & Roaas (2015) dokládá zlepšení výkonu v absolvování Yo-Yo intermitentního testu a zvýšení odhodové rychlosti při využití plyometrické metody, zatímco autoři Alam, Pahlavani & Mehdipour (2012) prokázali zlepšení výkonu při absolvování člunkového běhu a zvýšení odhodové rychlosti při využití kombinované plyometrické metody a metody kruhového tréninku. Rovněž podle Fernandez-Fernandez & Ferrauti (2015) se jeví plyometrická metoda pro účely zvýšení razance střely na bránu jako vhodná. Autoři uvádí, že s nárůstem odhodové rychlosti nedochází k signifikantnímu zhoršení přesnosti střelby.

V případě silového tréninku prováděného prostřednictvím závěsného systému prokázali Genevois et al. (2014) zvýšení síly v oblasti ramenního kloubu, zároveň však došlo k redukci rozsahu pohybu v tomto kloubním spojení. Tento efekt by se podle autorů studie dal minimalizovat vhodnou aplikací protahovacích cvičení v průběhu silového tréninkového programu. Emeish (2015) doporučuje pro zvýšení explozivní síly, projevující se při sportovním výkonu v házené, využití SAQ cvičení, která kladou vysoké nároky na rychlost, resp. rychlost pohybů při malém odporu a hbitost. Podle Labib (2014) přináší funkční trénink hráčům házené především zlepšení stability tělesného jádra.

Periodizace tréninku síly

Východiska silového tréninku spočívají v periodizaci po sobě následujících specifických fází, mezi něž je zařazen krátký, několik dní trvající interval zotavného charakteru. První fáze zahrnuje vysoký objem (počet opakování a sérií) s nízkou intenzitou. Navazující tři fáze pracují se zvýšením intenzity a snížením objemu. Jednotlivé fáze postupně kladou důraz na jiný druh síly. Na závěr je zařazena fáze aktivního odpočinku (Bompa, 1999).

Bompa (1999) charakterizuje jako první fázi anatomické adaptace. Tato fáze zdůrazňuje přípravu podpůrně pohybového aparátu na vyšší intenzitu zatížení v dalších fázích a vytvoření předpokladů pro efektivní nárůst svalové síly. Nejčastější je zařazení této fáze na počátku přípravného období, přičemž obsahově je zaměřena na obecnou kondici (core training a celková příprava). Tuto fázi střídá fáze maximální síly, jejímž cílem je přizpůsobení nervosvalového aparátu na cvičení s velkými odpory a dosažení nejvyšší možné úrovně maximální síly. Následuje fáze přeměny, kdy dochází k transferu maximálního silového potenciálu, výstupem jsou fyziologické adaptace ve specifických kombinacích síly potřebných pro sportovní výkon. Fáze udržení je charakteristická zachováním adaptací získaných v předchozích fázích. Pokles maximální síly se projevuje snížením úrovně explozivní síly i svalové vytrvalosti. Přechodná fáze je zaměřena na kompenzaci negativních vlivů specifického zatěžování v předchozích obdobích. Probíhá regenerace energetických zdrojů i psychický odpočinek. Přechodná fáze by neměla přesáhnout období 4 až 6 týdnů, aby nedocházelo ke ztrátě fyziologických adaptací.

2.2 DIAGNOSTIKA JAKO SOUČÁST ŘÍZENÍ SPORTOVNÍHO TRÉNINKU

Řízení sportovního tréninku považujeme za jeden z jeho základních aspektů (Lehnert, 2007). Řízení sportovního tréninku je ucelený proces vědomých, racionálních a zdůvodněných pokynů a zásahů do tréninku. Aby nedošlo k samoúčelnému řízení, je zapotřebí participace všech částí řízení tréninku, kterými jsou plánování a evidence tréninku, kontrola trénovanosti a vyhodnocování tréninku (Dovalil et al., 2012). Autoři rozvádí jednotlivé složky účinného řízení tréninku takto:

- diagnostika aktuálního stavu trénovanosti sportovce (družstva),
- tvorba plánovaného cílového modelu stavu trénovanosti sportovce (družstva),
- stanovení systému tréninkových vlivů a jejich evidence,
- systematická kontrolu změn v průběhu tréninkové činnosti a posouzení účinků zvoleného tréninku.

Stav trénovanosti chápeme jako proměnnou v čase, na niž lze cíleně působit. Východisko racionálního řízení tréninku spočívá v dosažení změn trénovanosti zvolením adekvátního druhu zatížení a jeho velikosti. Klíčové je primárně rozpoznání spojitostí mezi tréninkovým zatížením a fyziologickými adaptacemi v jednotlivých fázích tréninkového cyklu. Na základě diagnostiky usilujeme v řízení sportovního tréninku o změnu stavu trénovanosti z výchozí (průběžné) úrovně do úrovně požadované (Dovalil et al., 2012). Podobně Lehnert et al. (2010) popisuje diagnostiku jako prostředek pro hodnocení trénovanosti a tréninkových efektů v rámci tréninkových cyklů a prostředek kontroly stanovených cílů tréninku.

Pro uplatnění diagnostiky existují dva základní principy. První se zakládá na finálním změřeném výsledku a pro jeho aplikaci využíváme motorické testy. Druhý sestává z hodnocení průběhu pohybové akce, je tedy zaměřen na její provedení. Uplatníme-li pro diagnostiku motorické testování, dochází ke srovnání výsledného skóre se statisticky odvozenou normou či standardem stanoveným expertizou (Měkota & Cuberek, 2007).

Dovalil et al. (2012) řadí mezi hlavní nároky na motorické testování komplexnost, pravidelnost, systematickosti a specializaci. Neumann (2003), Měkota a Novosad (2005) a Clifford et al. (2012) definují následující kritéria pro testování:

- **validita** odkazuje na přiměřenost, smysluplnost a užitečnost specifických závěrů, jež se provádějí na základě výsledků měření,
- **reliabilita** znamená stupeň shody (konzistence) výsledků měření jedné osoby provedeného za stejných podmínek,
- **objektivita** je určena stupněm shody testových výsledků, které získají shodně různí examinátoři.

Lehnert (2007) uvádí, že zásadou řízení sportovního tréninku je systémový přístup. Proto zaměřujeme diagnostiku především na rozhodující faktory sportovního výkonu.

Pro návaznost této práce bude v další části věnován prostor problematice diagnostiky síly.

2.2.1 Diagnostika síly

Uplatnění diagnostiky síly znamená přínos pro určení úrovně jednotlivých svalových skupin a druhů síly (Lehnert et al., 2010). Podle místa realizace testování, rozlišujeme terénní a laboratorní zátěžovou diagnostiku, přičemž současným trendem je kombinace a vzájemné doplnění obou zmiňovaných metod (Psotta et al., 2006).

Terénní testování poskytuje možnost získávat data v simulovaných herních podmínkách a v reálném sportovním prostředí. Z hlediska jejich validity je stěžejní výběr měřených parametrů, absence chyby měření a využití vhodných měřících přístrojů. Z pohledu časové, prostorové a materiální náročnosti vyplývá terénní testování jako dostupnější varianta, nežli testování laboratorní (Elliot, Alderson & Denver, 2006). Terénní testování probíhá zpravidla za použití cviků s působením vnějšího odporu nebo dochází k překonávání odporu vlastního těla. Ukazatelem dosaženého výkonu může být počet opakování, čas výdrže, výška nebo délka skoku apod. Objem a intenzita silových cvičení, pro konkrétní svalové skupiny, jsou v tréninku voleny podle hodnoty 1OM, které lze charakterizovat jako maximální velikost odporu, s nímž cvičenec provede jedno opakování (Lehnert et al., 2010; Morrow et al., 2005).

Testy prováděné v laboratorních podmínkách umožňují využití větší škály diagnostických přístrojů a měřených parametrů. Pro tento druh testování je charakteristická vysoká reliabilita aplikovaných měření, která je zajištěna jejich realizací ve standardních podmínkách. Míra specifčnosti prováděných testů nedosahuje možností terénního testování a také vysoká cena a omezená kapacita se mohou jevit jako negativní faktor (Elliot, Alderson & Denver, 2006).

Laboratorní testování síly sestávají povětšinou z biomechanických měření, jež diagnostikují statickou i dynamickou sílu prostřednictvím dynamometrie (Tabulka 2). Udávané výstupní hodnoty představují moment síly, vykonanou práci a výkon při koncentrické, excentrické, izometrické a izokinetické svalové kontrakci (Lehnert et al., 2010; Morrow et al., 2005).

Tabulka 2. Režimy testování síly (Heyward, 2006, upraveno)

Testovací režim	Vybavení	Měřená hodnota
Statický režim	Izometrická dynamometrie, tensometrie, siloměr	Maximální volní kontrakce (kg)
Dynamický režim		
Konstantní odpor	Činky (jednoruční, dvouruční) a posilovací stroje	1 RM
Proměnlivý odpor	Posilovací stroje	-
Izokinetický režim	Izokinetické stroje	Peak torque (Nm), peak force (N)

Podstatou testování statické síly je působení maximální silou proti pevnému odporu. Výsledná izometrická křivka zobrazuje závislost izometrické síly na čase a lze z ní stanovit hodnoty rychlé síly, explozivní a startovní síly i velikost rychlostně silového indexu (maximální síla/čas). Testování rychlé a reaktivní síly uskutečňujeme s využitím tenzometrické plošiny, která zaznamenává výsledná data, mimo jiných charakteristik, v podobě naměřené síly a času, kdy bylo maxima této hodnoty dosaženo (Lehnert et al., 2010).

Dynamickou sílu testujeme prostřednictvím konstantních a proměnlivých odporů, k jejichž aplikaci je zapotřebí speciálně konstruovaných přístrojů. V místě, kde je soustředěn odpor a vynaložená síla, působí soustava pák a kladek. Měření maximální síly je při využití konstantního odporu omezeno. Nedostatek, spojený s měřením při konstantním odporu, odstraňuje izokinetická dynamometrie (Heyward, 2006; Lehnert et al., 2010; Morrow et al., 2005).

Obecně lze říci, že testování v laboratorních podmínkách je využitelné pro určení aktuální úrovně pohybových schopností sportovce i pro účely tvorby a úpravy tréninkových programů. To však platí jen za předpokladu, že navržené výkonnostní testy splňují podmínku dostatečné validity, vztažené ke specifickým požadavkům konkrétního sportovního odvětví. Pro sportovní praxi a koncepci tréninku kondičních schopností jsou cenné poznatky získané

při terénním i laboratorním testování. Hlavní výhodou laboratorního testování spočívá v poskytnutí ověřených informací o skutečné biomechanické a fyziologické úrovni sportovců, která není ovlivněna často nestálými podmínkami terénního testování (Dragula et al., 2017).

2.2.2 Diagnostika síly prostřednictvím izokinetické dynamometrie

Izokinetická dynamometrie je metoda, kterou využíváme pro diagnostiku svalové síly. Specifika izokinetického pohybu spočívají ve vedení pohybu konstantní rychlostí při proměnlivém odporu zátěže, což umožňuje speciálně konstruovaný přístroj, dynamometr. Přístroje na trh dodávají různé firmy, jejichž výrobky se od sebe odlišují zejména v oblasti použité technologie a ceny. Z dostupných zařízení lze vyjmenovat například Cybex, IsoMed 2000, Biodex a Kin-Com (Dvir, 2004).

Izokinetická dynamometrie slouží převážně k měření velikosti volní svalové kontrakce v dynamických podmínkách. Objektivita výsledků tedy nevyplývá pouze z fyziologických a mechanických faktorů, podstatnou roli má také psychika testované osoby, její motivace a vůle spolupracovat (Baltzopoulos & Brodie, 1989; Dvir, 2004). Izokinetická dynamometrie v praxi představuje metodu preferovanou v oblasti sportu a rehabilitace pro kvantifikaci svalové síly končetin a trupu při pohybech jako je flexe a extenze, abdukce a addukce, vnitřní a vnější rotace, téměř ve všech možných kloubních spojeních, přičemž nejčastěji bývá testována síla svalů provádějících flexi a extenzi kolenního a loketního kloubu, abdukci a addukci ramenního a kyčelního kloubu a plantární flexi, extenzi, inverzi a everzi (Dvir, 2004; Chan & Maffuli, 1996).

Izokinetické přístroje fungují na principu ramene páky, se kterým je proband v kontaktu a které se pohybuje předem nastavenou rychlostí. Isokinetický pohyb se skládá z akcelerace – isokinetického pohybu – decelerace. Elektronický servomotor utváří odpor podle sil, které proband aktuálně produkuje. Odpor je tedy proměnlivý a odpovídá změnám ve svalové síle v průběhu pohybu, zatímco rychlost zůstává konstantní. Sval či svalová skupina působí proti odporu v celém rozsahu pohybu. Výsledným projevem je tedy pohyb segmentu těla konstantní úhlovou rychlostí v rámci předem definovaného pohybu. Používaná rychlost při diagnostice i tréninku je 30°/s a její násobky (60°/s, 90°/s, ..., 360°/s). Obecně platí, že s vyšší rychlostí se zmenšuje rozsah pohybu provedeného v izokinetickém režimu. Provedení izokinetického testování a tréninku je možné v režimech koncentrickém

a excentrickém. Přístroje jsou schopny měření také v izometrickém režimu ve variabilních pozicích. V případě koncentrické kontrakce dochází se zvýšenou rychlostí ke snížení maximálního momentu síly. Při excentrické kontrakci se maximální moment síly nejdříve zvyšuje, při vyšších rychlostech zůstává stabilní nebo klesá (Baltzopoulos & Brodie, 1989; Dvir, 2004).

Pro detailnější diagnostiku svalové funkce se na přelomu nového tisíciletí začala využívat izokinetická dynamometrie v kombinaci s kineziologickou povrchovou elektromyografií (EMG), (Menegaldo & Oliviera, 2011), která umožňuje sledování funkce svalů v čase, velikosti aktivace a únavy svalů (Clarys, 2000). EMG je využívána v neurologii, neurofyziologii neurochirurgii, fyzioterapii, ortopedii, funkční elektrostimulaci, sportovní medicíně i sportovní vědě, biomechanice, ergonomii, zoologii a dalších oblastech (Clarys, 2000).

Mezi výhody izokinetických přístrojů řadíme provádění pohybu v celém kloubním rozsahu na úrovni potenciálního maxima zapojených svalových skupin, bezpečnou realizaci testování u širokého spektra cvičenců, které zahrnuje netrénované jedince a rekonvalescenty, možnost testování izolovaných svalových skupin, možnost volby tréninkového modu a vysokou reliabilitu měření (Dvir, 2004). Nové izokinetické přístroje představují výhodu v možnosti testování explozivní síly (RTD) a svalové vytrvalosti (Kannus, 1994). V akcelerační fázi pohybu však neposkytuje RTD validní informace vlivem neznámého zatížení a zvyšující se rychlosti (Jenkins, Palmer, & Cramer, 2013).

Zároveň však Kannus (1994) ve své studii poukazuje na nedostatečnost přístrojů vzhledem k využití izokinetické síly v celém rozsahu pohybu a to především ve vyšších rychlostech. Dalším předmětem kritiky je přenos tréninkových efektů do sportovních výkonů, vzhledem k nízké specifčnosti cvičení a malé rychlosti. Maximální nastavitelná rychlost pohybu se ani u nejvyšších rychlostí nepřibližuje rychlosti v některých sportovních disciplínách (Dvir, 2004; Iossifidou, Baltzopoulos, & Giakas, 2005). Z důvodu nespecifičnosti izokinetických testů dochází autory ke srovnání izokinetických testů se specifickými funkčními testy (Morrow et al., 2005). Mnoho studií zaměřilo svůj zájem na korelace mezi izokinetickou silou flexorů a extenzorů kolenního kloubu s různými druhy skoků (Iossifidou, Baltzopoulos, & Giakas, 2005; Malliou, Ispirlidis, Beneka, Taxildaris, & Godolias, 2003).

Vybrané parametry izokinetického testování síly (Dvir, 2004):

- **Moment síly (torque, [Nm])** – je výsledkem produkce svalové síly při určité úhlové rychlosti. Lze jej měřit v celém rozsahu pohybu. Hodnota momentu síly může být udána jako maximální (peak torque) nebo jako hodnota průměrná (average torque).
- **Úhel maximálního momentu síly (angle of the peak torque, [°])** – odpovídá pozici segmentu, při které se dosahuje nejvyššího momentu síly. Je specifický pro různé typy cvičení. Slabší svaly (pravděpodobně v důsledku neuromuskulární facilitace) produkuje moment síly v ROM později.
- **Svalová práce (work, [J])** – je definována jako svalová síla působící na určité dráze. Vyjadřuje tedy množství svalového napětí, které je vyprodukováno během svalové kontrakce, vypočítá se ze známých hodnot síly a rozsahu pohybu. Odráží míru vytrvalosti. Uvádí se v maximálních (peak work), či průměrných (average work) hodnotách.
- **Výkon (power, [W])** – odpovídá množství práce vyprodukované za jednotku času. Měření výkonu je z vědeckého hlediska vykonáváno proto, aby bylo prokázáno zlepšení ve sportovních činnostech, které nejsou omezeny maximální silou. Je udávána v maximálních hodnotách (peak power) nebo v průměrných hodnotách (average power).

Izokinetická dynamometrie se využívá k měření svalových skupin v souvislostech s výkonnostními a zdravotními aspekty. Teoretické poznatky a praktické zkušenosti ukazují, že ji lze využít pro hodnocení stavu trénovanosti ve vztahu k obecné i speciální kondici. Touto metodou je rovněž možné určit efektivitu tréninku sportovce, predikovat náchylnost ke zranění, identifikovat předchozí zranění, monitorovat po zranění a zvolit tréninkovou, respektive rehabilitační strategii (Janura, Vařeka, & Lehnert, 2012).

Podle studie (Lehance, Binet, Bury, & Croisier, 2009) je zapotřebí u sportovců provádět diagnostiku silových schopností prostřednictvím izokinetické dynamometrie z důvodu zjištění svalových dysbalancí mezi končetinami (bilaterální dysbalance), pro zjištění unilaterálních dysbalancí mezi agonisty a antagonisty a pro zjištění, zda sportovec dosahuje odpovídajících hodnot síly podle norem vzhledem k věku a sportovní úrovni. Izokinetické testování sportovců podává cenné informace, k nimž je výhodné přihlídnout při tvorbě tréninkových strategií. Nízká relativní hodnota momentu síly například upozorňuje na potřebu silového tréninku, nízká hodnota práce na deficit silové vytrvalosti, z nízkých hodnot výkonu

usuzujeme na nedostatečné procvičení výbušných technik. V křivce momentu síly lze vyzorovat slabá místa v průběhu pohybu, zvýšený bilaterální a unilaterální silový deficit může značit riziko zranění. Diagnostika především stanovuje stav, intraindividuální změny a interindividuální rozdíly, zaměřené na maximální úroveň svalové síly, svalové dysbalance, resp. kloubní nevyrovnanost a rezistenci svalové síly vůči prolongovanému zatížení (Janura et al., 2012).

Izokinetická dynamometrie se nejčastěji využívá k diagnostice jednokloubového pohybu, a to flexe a extenze v kolenním kloubu, z hlediska prevence zranění (Dvir, 2004). Z hlediska vztahu izokinetické dynamometrie síly a sportovního výkonu je však dle Weisse (2000) doporučeno využívat spíše vícekloubové cviky. Z výsledků testování izolovaných kloubů je patrné, že nejsou v úzkém vztahu k celkovému pohybu. Testování s využitím jednokloubových cviků spíše podávají informaci o míře schopnosti zapojení segmentů do vícekloubového pohybu (Weiss, 2000). Např. při cviku leg-press tak dochází k zapojení nejen extenzorů kolene, ale i m. gluteus maximus a m. triceps surae (Stoppani, 2008). V literatuře se kromě termínů jednokloubový a vícekloubový pohyb objevují i termíny otevřený a uzavřený kinetický řetězec. Podle toho, jak má výsledný požadovaný pohyb vypadat, dochází v kloubním spojení k jeho provedení. Podle Steindlera (1955), zakladatele těchto pojmů, rozlišujeme otevřené kinetické řetězce, kde se terminální segment pohybuje volně bez jakéhokoliv odporu a uzavřené kinetické řetězce, kde brání pohybu terminálního segmentu značný odpor. Toto dělení však postrádalo objasnění, jaký odpor je značný. Steindler ostatně zmínil, že přesné dělení není možné, jelikož takřka každá aktivita obsahuje oba typy řetězců. Později došla definice této úpravy – otevřený kinetický řetězec zahrnuje volný distální segment, pohyb je izolovaný a probíhá v jedné rovině, v uzavřeném kinetickém řetězci je distální segment fixovaný a pohyb probíhá ve více rovinách (Vařeka & Vařeková, 2009).

2.2.3 Diagnostika síly prostřednictvím funkčních testů

Reiman & Manske (2009) definují funkční testy jako prostředek ke zjištění úrovně pohybových schopností jedince za účelem realizace sportovního výkonu v určité sportovní oblasti a jako metodu zjištění stavu sportovce, který usiluje o bezpečný a včasný návrat ke sportovním výkonům bez funkčních omezení. Funkční testování podává kvalitativní

a kvantitativní informace o specifických pohybech realizovaných v konkrétních sportovních disciplínách.

Z hlediska dodržení principu specifčnosti jsou v současnosti ke kvantifikaci produkce svalové síly využívány převážně dynamické podmínky. V tomto směru je za zlatý standard považován výkon v 1OM (Peterson et al., 2006). Ke zjištění dynamické síly dolních končetin je ve velkém procentu případů využíván cvik dřep a pro horní končetiny cvik bench-press (Zatsiorski & Kraemer, 2006).

Boyle (2004) uvádí vertikální skok jako možnou variantu funkčního testu, využitelného pro diagnostiku silových schopností dolních končetin. Vyzdvihuje především relativně nízké riziko zranění při provádění testu a možnost srovnání výsledků s již zaznamenanými referenčními hodnotami. Neumann (2003) přidává varianty funkčních testů – horizontální skok z místa a pětiskok snožmo. Autor nabízí i kritéria ke srovnání výsledků testů (Tabulka 3).

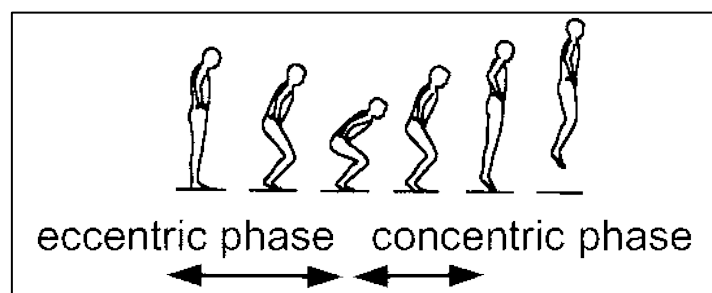
Tabulka 3. Výkonnost ve vertikálním skoku a horizontálním skoku z místa (Neumann 2003, upraveno)

Výkon	Vertikální skok (cm)	Horizontální skok z místa (cm)
Slabý	41 a méně	200 a méně
Průměrný	42–56	201–299
Vynikající	56 a více	300 a více

Podle Grasgrubera a Cacka (2008) je zapotřebí zohlednit odlišnosti v míře zapojení svalů dolních končetin při horizontálním a vertikálním skoku. Horizontální skok se nejeví jako dostatečně specifický vzhledem k realizovaným pohybům. Parametr výšky vertikálního skoku lze v případě netréovaných jedinců použít jako indikátor poměru rychlých a pomalých svalových vláken. Obecně hodnoty odrazové rychlosti, zrychlení a explozivní síly při provedení vertikálního skoku korelují více s akcelerací než s maximální rychlostí. Pro testování vertikálního skoku je vhodné použít tenzometrickou plošinu, například Kistler 9286 AA. Problém shledávají autoři v komparaci výsledků testů vertikálního skoku napříč studii, vzhledem k rozdílům ve zvolených metodických postupech.

Maximální a explozivní síla svalu představují důležitou část neuromuskulárního výkonu. Existuje množství studií, které zkoumají testování maximální izometrické či izokinetické síly, za účelem zjištění maximální volní silové kapacity svalových skupin, ve spojení s testováním výkonu při vertikálním skoku. Výsledná hodnota parametru výšky vertikálního skoku poskytuje informaci o úrovni produkce explozivní síly extenzory dolních končetin (Pääsuke et al., 2001).

Podle Samozina et al. (2008) je testování vertikálního skoku velmi často využívanou variantou funkčního testu. Příčinou je především jeho jednoduchost a skutečnost, že vertikální skok považuje za funkční test, jenž má největší nároky na explozivní sílu extenzorů dolních končetin (RFD), díky velmi krátké době trvání a vysoké intenzitě pohybového výkonu. Parametr výšky vertikálního skoku autor komentuje jako alternativní a nepřímý indikátor explozivní kapacity dolních končetin. Faulkinbury et al. (2011) uvádí, že správný druh rozcvičení může dopomoci ke zlepšení výkonu při vertikálním skoku. Plyometrická a dynamická rozcvičení znamenají větší přínos pro následnou produkci maximální a explozivní síly než statický stretching a PNF stretching.



Obrázek 1. Rozdělení VSPP na excentrickou a koncentrickou fázi (Caserotti, Aagaard, & Simonsen, 2001, upraveno)

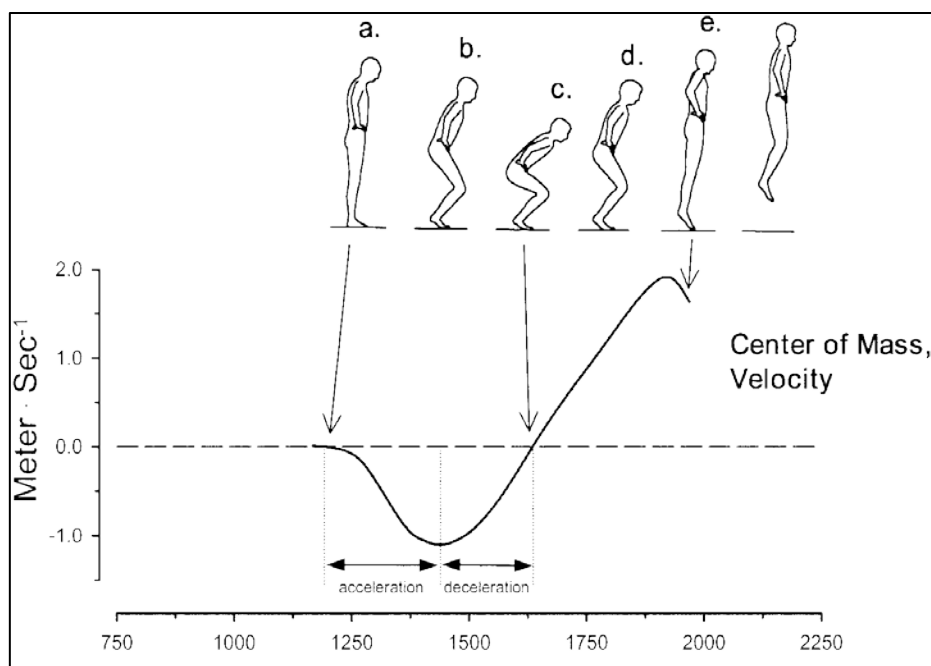
Hlavními svaly, jež se z anatomického hlediska podílejí na vertikálním skoku, jsou: m. quadriceps femoris (kolenní extenze, kyčelní flexe), m. biceps femoris (antagonista, kolenní flexe), m. triceps surae (kolenní flexe, plantární flexe), m. flexor hallucis longus (plantární flexe), m. gluteus maximus, medius et minimus (kyčelní extenze). Pomocným svalem je především m. erector spinae zajišťující extenzi trupu (Haník & Lehnert, 2004). Podle Whiting & Rugg (2006) rozlišujeme čtyři fáze vertikálního skoku, a totiž fázi přípravnou, reaktivní, letovou a dopadovou. Přejít mezi přípravnou a reaktivní fázi nazýváme stretch-shortening cycle (Obrázek 1).

Varianty vertikálního skoku

Studie Young et al. (1995) uvádí, že varianta vertikálního skoku depth jump (též drop jump) se skládá z provedení odrazu směrem kolmo vzhůru k podložce, jenž je realizován bezprostředně po dopadu z předem stanovené výšky. Jedná se tedy o využití podmínky stretch-shortening cycle, kdy koncentrická svalová akce bez prodlení střídá excentrickou svalovou kontrakci. Tento plyometrický postup, byl podroben mnoha biomechanickým analýzám, zaměřeným na efekt při navyšování síly extenzorů dolních končetin a následné zvýšení hodnoty vertikálního skoku a stanovení optimální dopadové hloubky s ohledem na zdravotní rizika. Kollias et al. (2004) stanovil tento parametr hloubky dopadu při provádění vertikálního skoku drop jump na 60 cm. Jedná se o předpoklad, že testovaný jedinec je vrcholově trénovaný a bez zdravotních obtíží. Obzvláště pro mládežnické kategorie je nutná obezřetnost vzhledem ke stále se vyvíjejícímu podpůrně pohybovému aparátu, Pääsuke et al. (2001) nedoporučuje větší hloubku než 40 cm.

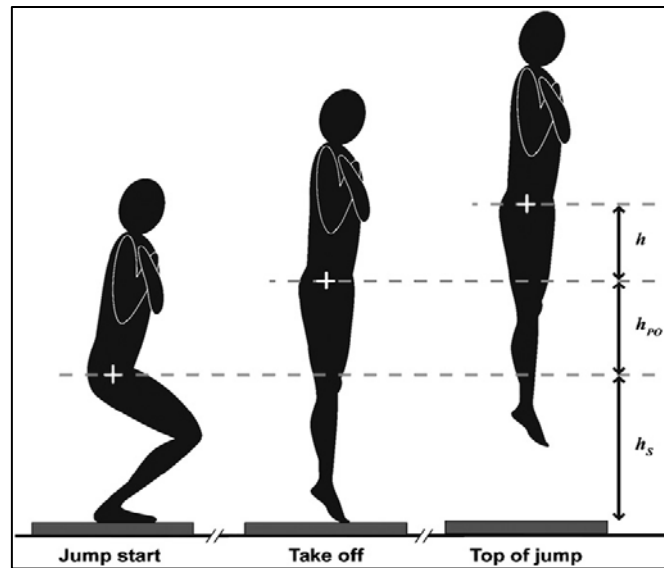
V souvislosti se zadanými instrukcemi popisuje Young et al. (1995) dvojí techniku provedení testu drop jump VSODVM a VSDVMP. VSODVM skupina, jež byla instruována k provedení odrazu, který se svou následností, co možná nejvíce blíží momentu zabrzdění dopadu (do 200 ms) dosáhla vyšších hodnot v produkci síly a výkonu. VSDVMP skupina byla instruována k výskoku, co možná nejvýše a zatímco doba kontaktu s podložkou u této skupiny byla delší než 260 ms, výsledky ukázaly dosažení vyšší hodnoty výšky vertikálního skoku než u VSODVM.

Startovní pozice pro VSPP je stoj mírně rozkročný (standardizovaná pozice při testování, instruováno jako chodidla na šířku ramen), přičemž tělo zůstává napřímeno a kolena jsou plně propnutá. Následně dochází poklesem těžiště (přibližně do 90° kolenní flexe) k excentrické aktivaci extenzorů v kolenním a kyčelním kloubu (fáze akceleraace a deceleraace), která je okamžitě vystřídána explozivní koncentrickou kontrakcí opačného směru (Obrázek 2). V případě VSPP bez využití švihové práce paží jsou testovaní jedinci instruováni, aby po celou dobu provádění VSPP (od startovní pozice až po stabilizaci po dopadu) drželi ruce založené na bocích. Jedině takto správně technicky a podle instrukcí provedené pokusy mohou být počítány (Impellizzeri et al., 2007; Pääsuke et al., 2001).



Obrázek 2. Excentrická kontrakce rozdělená na fázi akcelerace a decelerace (Caserotti, Aagaard, & Simonsen, 2001, upraveno)

Varianta VSP vylučuje možnost využití stretch-shortening cycle, což v praxi znamená, že startovní pozice probanda je v podřepu. Podle instrukcí by se tělo mělo nacházet ve statické poloze, při kolenní flexi 90°. Zároveň dochází k eliminaci možnosti dopomoci švihovou prací paží, které jsou fixovány na bocích nebo na hrudi (Obrázek 3). Po krátké stabilizaci následuje explozivní koncentrická akce kolenních a kyčelních extenzorů (Pääsuke et al., 2001; Samozino et al., 2008).



Obrázek 3. Tři klíčové pozice při VSP včetně tří úrovní těžiště pro výpočet výšky (Samozino, Morin, Hintzy, & Belli, 2008, upraveno)

2.2.4 Vztahy mezi izokinetickým testováním a funkčními testy

Brown (2000), uvádí širokou škálu využití izokinetického testování. Tomuto tvrzení odporuje Chann a Maffulli (1996), který označuje izokinetiku jako nespécifickou pro sportovní účely. Za hlavní body kritiky přitom označuje relativně pomalé provedení pohybů v konstantní úhlové rychlosti, jež se odehrává většinou izolovaně v jednom kloubním spojení. Například Crist et al. (1983) zkoumal vliv užívání anabolických steroidů na sílu u pokročilých silově trénovaných jedinců. Ačkoliv testované osoby vnímali nárůst síly při užívání steroidů (oproti kontrolní skupině, jež užívala placebo), nebyla tato skutečnost podpořena výsledky testování izokinetické síly při izolovaném jednokloubovém pohybu. Závěrem studie hovoří o přijatelném vysvětlení, proč nedošlo k nepotvrzení subjektivního nárůstu síly signifikantním rozdílem při izokinetickém testování. Izolovaný jednokloubový test není dostatečně citlivý pro přesné posouzení neuromuskulárních adaptací, jež byly zapříčiněny standardním vícekloubovým silovým cvičením. McCarthy et al. (1995) uvádí, že aplikací silového tréninku došlo k nárůstu síly, jenž byl zaznamenán zvětšením 1OM při dřepu a zvýšením hodnoty výšky vertikálního skoku. Nebyla však zaznamenána signifikantní změna při izokinetickém testování extenzorů v kolenním kloubu, které probíhalo v různých rychlostech. Obdobně hovoří Fry et al. (1991), který pro testování použil rychlosti 60, 180 a 300°/s. Vzhledem k jejich zvyšující se dostupnosti, je výhodnější při izokinetickém

testování využívat zařízení, jež je možné aplikovat na vícekloubové cviky, a která produkují data blížící se sportovně specifickým pohybům, jímž je například vertikální skok (Ashley & Weiss, 1994).

Ve studii Dragula et al. (2017) se autoři zaměřili na hodnocení laboratorního testování ve vztahu k rychlostním schopnostem dospívajících fotbalistů a našli vztah mezi relativní silou při vertikálním skoku (VSP) a sprintem na 5 m, 10 m, 15 m a 20 m.

Prostřednictvím statistické závislosti neboli korelace je možné vyjádřit srovnání izokinetických (nespecifických) a funkčních (specifických) testů. Hodnota korelačního koeficientu vyjadřuje míru závislosti jedné kvantitativní veličiny na druhé (Tabulka 4). V případě různých variant testů jsme tak schopni posoudit vztah mezi získanými výsledky a zhodnotit možnost substituce konkrétního testu, testem jiným (Gibilisco, 2009; Hahn et al., 2011; Morrow et al., 2005; Wilson et al. 1997).

Tabulka 4. Vyjádření korelačního koeficientu (Morrow et al., 2005, upraveno)

Negativní korelace			Nula	Pozitivní korelace		
-0,70 – -1,00	-0,31 – -0,69	$\geq -0,30$	0	$\leq 0,30$	0,31 – 0,69	0,70 – 1,00
Vysoká	Střední	Nízká	Žádná	Nízká	Střední	Vysoká

2.2.4.1 Korelace maximální síly v různých podmínkách a explozivní síly hodnocené testem vertikálního skoku

Mechanickou účinnost neboli ekonomiku pohybu, jež se promítá do odrazu, můžeme v řadě sportovních disciplín považovat za důležitý ukazatel optimálního sportovního výkonu (Kollias, Panoutsakopoulos, & Papaiaovou, 2004). Právě vertikální skok, prováděný na silových plošinách, je jednou z nejčastěji využívaných variant funkčních testů, pro měření explozivní síly dolních končetin. Vztahy mezi těmito funkčními testy a silou nebo jinými parametry byly předmětem zkoumání četných studií a to z hlediska jednokloubových izometrických podmínek (Anderson et al., 1991), z hlediska vícekloubových izometrických podmínek (Kawamori et al., 2006), z hlediska jednokloubových dynamických podmínek (Iossifidou, Baltzopoulos, & Giakas, 2005; Lehnert, Svoboda, & Cuberek, 2013; Malliou,

Ispiridis, Beneka, Taxildaris, & Godolias, 2003) nebo z hlediska vícekloubových dynamických podmínek (Blackburn & Morrissey, 1998; Peterson, Alvar, & Rhea, 2006).

Studie Anderson et al. (1991) neprokazuje žádné signifikantní korelace izometrické síly quadricepsu nebo hamstringu při jednokloubovém pohybu a vertikálního skoku. Byl však nalezen vztah při testování izometrické síly ve vícekloubových podmínkách (Kawamori et al., 2006). Za předpokladu, že izometrickou sílu testujeme v několika stanovených úhlech ROM, mohou být získaná data podobná těm, která naměříme při izokinetickém testování. Tento postup si však proti izokinetickému testování žádá větší časovou náročnost (Knapik et al., 1983).

V dynamických izotonických podmínkách byly nejčastěji nalezeny korelace mezi IOM při vícekloubovém pohybu a maximální silou a maximálním výkonem při skoku (Nuzzo et al., 2008; Peterson et al., 2006; Wisloff, Castagna, Helgerud, Jones, & Hoff, 2004). Tento výsledek vyplývá ze skutečnosti, že vícekloubové pohyby jsou bližší pohybům v běžném životě i ve sportovní praxi (Blackburn & Morrissey, 1998). Nabízí se tedy logický předpoklad, že i izokinetické vícekloubové testování síly dolních končetin, realizované například cvikem leg-press, bude vykazovat větší souvislost s vertikálním skokem, než izokinetický jednokloubový pohyb flexorů a extenzorů kolene.

Lehnert, Svoboda & Cuberek (2013) provedli výzkum vztahu mezi izokinetickou silou kolenních extenzorů a výškou vertikálního skoku u dospívajících fotbalistů ve třech odlišných obdobích ročního tréninkového cyklu. Skupina adolescentních fotbalistů byla testována na konci soutěžního období, na začátku přípravného období a v průběhu šestého týdne nového soutěžního období. Výsledky studie naznačují, že význam informací získaných izokinetickým měřením síly extenzorů kolenního kloubu pro posouzení odrazových předpokladů adolescentních fotbalistů se může v průběhu ročního tréninkového cyklu měnit. Výskyt korelací $r > 0,30$ na konci soutěžního období byl 67 %, na začátku přípravného období 31 %, na začátku soutěžního období 64 %. Korelace bez ohledu na období ročního tréninkového cyklu byly nízké až střední, přičemž 56 % korelací bylo v hodnotě $r > 0,30$.

Všeobecně lze konstatovat, že korelace mezi flexory a extenzory kolenního kloubu a vertikálním skokem v dynamických izokinetických koncentrických podmínkách při jednokloubovém pohybu jsou střední až nízké, přičemž důležitým faktorem je rychlost, v níž je pohyb testován. Kupříkladu úhlovou rychlost $60^\circ/\text{s}$ řadíme mezi rychlosti nižší,

ukazující především na úroveň maximální síly. Současně je také považována za nejvíce validní rychlost pro stanovení silových asymetrií (Houweling et al., 2009).

Testování ve vyšších izokinetických rychlostech (180°/s a vyšší) vykazuje vyšší korelace (Iossifidou, Baltzopoulos, & Giakas, 2005; Lehnert, Svoboda, & Cuberek, 2013; Malliou, Ispiridis, Beneka, Taxildaris, & Godolias, 2003). Navzdory tendencím klást stále větší důraz na důležitost excentrické kontrakce, se excentrická kontrakce nejeví jako lepší prediktor výkonnosti ve vertikálním skoku, než jiné druhy kontrakcí užitých při testování (Anderson et al., 1991).

Ze syntézy vyplývá, že rozvoj maximální a explozivní síly DK je stěžejním faktorem udávajícím limity herního výkonu v mnoha sportech, včetně házené. Diagnostika síly prostřednictvím izokinetické dynamometrie i funkčních testů je přínosná pro sportovce a trenéry vzhledem k jejímu možnému využití při tvorbě tréninkových programů. Pro účely vyhodnocení efektů tréninkových programů se jeví výhodné využití laboratorních diagnostických metod, z důvodu poskytnutí přesných hodnot sledovaných biomechanických a fyziologických parametrů. Vzhledem k široké škále dostupných testů, přístrojů a protokolů, je zásadní výběr testu, jehož výstupní parametry budou dostatečně validní pro zkoumanou oblast herního výkonu v házené. Dosud byly publikovány spíše studie zabývající se korelacemi mezi parametry izokinetické svalové síly DK při jednokloubovém pohybu a explozivní svalovou silou hodnocenou testy vertikálního skoku. Vícekloubový pohyb jako varianta realizace izokinetické síly je více specifický ve vztahu k vertikálnímu skoku, než jednokloubový pohyb. Proto bude předmětem další části této práce zjištění vztahu mezi výsledky izokinetické síly při vícekloubovém pohybu a explozivní síly dolních končetin u vrcholových házenkářek na začátku a na konci přípravného období. V případě výskytu vyšších korelací na konci přípravného období může tento fakt ukázat na efektivitu tréninkového úsilí podstoupeného v průběhu přípravného období zaměřené na rozvoj svalové síly DK a na druhé straně na nižší úroveň fyziologických adaptací, způsobenou vlivem absence specifického zatěžování v průběhu přechodného období.

3 CÍLE A ÚKOLY

3.1 CÍL PRÁCE

Hlavním cílem diplomové práce je určit vztah mezi izokinetickou svalovou silou při vícekloubovém pohybu a explozivní svalovou silou dolních končetin na začátku a na konci přípravného období u vrcholových házenkářek.

3.2 ÚKOLY PRÁCE

1. Shromáždit a analyzovat odbornou literaturu vztahující se k řešené problematice.
2. Stanovit vhodné parametry izokinetické síly a varianty vertikálního skoku.
3. Realizovat měření izokinetické síly při vícekloubovém cviku leg-press a vertikálního skoku u skupiny vrcholových házenkářek DHK Zora Olomouc.
4. Získané výsledky zpracovat, porovnat s výsledky již uskutečněných studií a posoudit změny vztahu mezi izokinetickou svalovou silou při cviku leg-press a explozivní svalovou silou hodnocenou testy vertikálního skoku.

Výzkumné otázky

VO1: Jaký je vztah mezi izometrickou svalovou silou při cviku leg-press a explozivní svalovou silou hodnocenou testy VSP, VSPP a VSDVM na začátku a na konci přípravného období?

VO2: Jaký je vztah mezi izokinetickou svalovou silou při pohybu do extenze při rychlosti 400 mm/s a explozivní svalovou silou hodnocenou testy VSP, VSPP a VSDVM na začátku a na konci přípravného období?

VO3: Jaký je vztah mezi izokinetickou svalovou silou při pohybu do extenze při rychlosti 800 mm/s a explozivní svalovou silou hodnocenou testy VSP, VSPP a VSDVM na začátku a na konci přípravného období?

VO4: Jaký je vztah mezi izokinetickou svalovou silou při pohybu do flexe při rychlosti 200 mm/s a explozivní svalovou silou hodnocenou testy VSP, VSPP a VSDVM na začátku a na konci přípravného období?

VO5: Jaký je vztah mezi izokinetickou svalovou silou při pohybu do flexe při rychlosti 400 mm/s a explozivní svalovou silou hodnocenou testy VSP, VSPP a VSDVM na začátku a na konci přípravného období?

4 METODIKA

4.1 CHARAKTERISTIKA SOUBORU

Soubor probandek sestával z interligových hráček týmu DHK ZORA Olomouc, v počtu 18 (Tabulka 5). Průměrný věk probandek byl $23,33 \pm 3,77$ let, věkové rozmezí hráček bylo od 18 let do 30 let. V případě všech 18 probandek dominovala PDK, přičemž jako rozhodující faktor byla stanovena preference DK při kopu do míče. Poměr odrazové dolní končetiny při střelbě na branku byl stanoven anketou na 15/3 ve prospěch LDK. Před testováním hráčky nepodstoupily tréninkové zatížení vysoké intenzity (nad 85 % TFmax) (Bělka et al., 2014).

Všechny probandky souhlasily s participací na výzkumu a s využitím dat pro výzkumné účely. Výzkum byl schválen Etickou komisí FTK UP (Příloha 1) a byl zrealizován v rámci výzkumných projektů IGA FTK UP (2014_016) a AKTION Česká republika – Rakouská republika (MSMT–13831/2014–1). Všechny hráčky byly řádně seznámeny s cílem a metodikou měření. Akutní zdravotní potíže nenarušily průběh měření v žádném z případů.

Tabulka 5. Charakteristiky souboru (n=18)

Proměnná	N	M	Med	Min	Max	SD
Výška (cm)	18	170,44	170	157	181	6,17
Hmotnost 1 (kg)	18	72,39	72,30	53,70	100,30	12,77
Hmotnost 2 (kg)	18	72,88	73,55	55,60	96,70	11,75

Poznámka. 1 – začátek přípravného období; 2 – konec přípravného období; N – počet případů; M – aritmetický průměr; Med – medián; Min – minimální hodnota; Max – maximální hodnota; SD – směrodatná odchylka

4.2 METODIKA SBĚRU DAT

První testování izometrické a izokinetické síly DK při cviku leg-press a explozivní síly hodnocené testy vertikálního skoku bylo realizováno na začátku přípravného období v srpnu 2014 a druhé po šesti týdnech na konci přípravného období v polovině září 2014. První a druhé testování probíhalo vždy ve dvou dnech ve dvou skupinách a bylo uskutečněno

v laboratoři FTK UP. Izometrické a izokinetické testování chronologicky předcházelo testování vertikálních skoků.

Použité metody testování a přístroje

Bilaterální izometrická a izokinetická svalová síla při cviku leg-press

Testování vícekloubového pohybu DK bylo realizováno na přídavném modulu leg-press izokinetického dynamometru Isomed 2000 (D. & R. Ferstl GmbH, Hemau, Germany). U trénovaných jedinců je podle studie Dirnberger, Huber, Hoop, Kusters a Müller (2013) reliabilita přístroje IsoMed 2000 pro testování maximální svalové síly DK při cviku leg-press střední až vysoká. S ohledem na možnou chybu měření a stav, kdy dojde ke zlepšení ve sledovaných charakteristikách mezi měřeními vlivem efektu učení, je doporučena familiarizace s testovacím protokolem před samotným měřením (Papadopoulos et al., 2012).

Probandky byly testovány v poloze vsedě s rukama na madlech podél sedadla. Opěrná část sedadla byla sklopena pod úhlem 55°. Při umístění chodidel na podložku byl kladen důraz na absenci přetížení kolenních vazů, tudíž v krajním ROM patela výrazně nepřesahovala špičku chodidla a laterální femorální kondylus a laterální malleolus byly v jedné rovině. Zvolená hodnota plantární flexe byla 10 °. Aby bylo zabráněno nechtěné hyper-extenzi v kolenním kloubu, byl pod kolenní jamky umístěn podpurný válec. Pro stabilizaci trupu, pánve a ramen byly použity fixační pásy a ramenní opěrky. Dodatečnou stabilizaci zajišťovaly opěrky sedadla. Jako referenční body pro určení ROM mechanickým goniometrem sloužily trochanter major, laterální femorální kondylus a laterální malleolus. V souladu se studií Dirnberger et al. (2013) byla zohledněna deformace těla a zádové opěrky a ROM stanovený pod svalovým napětím činil $\approx 20^{\circ}$ – 90° flexe v kolenním kloubu (0° = plná extenze), přičemž byly probandky instruovány k tomu, aby se při realizaci cvičení vyvarovaly valgózního postavení kolenou.

Izometrické testování bylo realizováno před izokinetickým testováním. Izometrická svalová síla extenzorů DK při cviku leg-press, jejíž měření probíhalo po dobu 5 s, byla testována v úhlu 90° v kolenním kloubu. Pro izokinetické testování byly zvoleny tyto lineární rychlosti: střední rychlost 400 mm/s, vysoká rychlost 800 mm/s pro pohyb do extenze a nízká rychlost 200 mm/s, střední rychlost 400 mm/s pro pohyb do flexe. Výběr zvoleného spektra lineárních rychlostí a jeho diferenciaci na nízkou, střední a vysokou vychází ze studie Manske, Smith, Rogers a Wyatt (2003). Testování bylo realizováno v diskretních pohybech,

tzn. 1 opakování = pohyb do flexe nebo extenze. Testování extenze DK předcházelo testování flexe DK.

Každý izometrický a izokinetický test obsahoval familiarizační a testovací sérii. Účelem familiarizační série bylo specifické rozcvičení a seznámení se s požadavky testu (4–5 submaximálních pokusů s postupným zvyšováním intenzity). Samotná testovací série se skládala ze 4 měřených pokusů. Interval odpočinku mezi jednotlivými sériemi, mezi izometrickým a izokinetickým režimem a mezi pohyby do extenze/flexe byl 2 minuty. Probandky byly během testování seznamovány s vyvinutou svalovou silou prostřednictvím křivky momentu svalové síly na monitoru dynamometru a zároveň byly povzbuzovány hlasem examinátora. Výstupními parametry byly PF, PW a PP pro obě DK současně. Byly vypočítány relativní hodnoty vztažené k tělesné hmotnosti hráček.

Před testováním izometrické a izokinetické svalové síly DK hráčky absolvovaly nespécifické rozcvičení pod vedením examinátora. Toto rozcvičení zahrnovalo rozehtání v aerobním režimu nízké až střední intenzity na bicyklovém ergometru, jež trvalo 6 minut. Poté byly hráčky instruovány k dynamickému protažení po dobu 10 minut, zaměřené na testované svalové skupiny podle studie Verstegen a Williams (2005) a 8 dřepů s progresivním zvyšováním rozsahu pohybu.

Testování vertikálních skoků

Pro testování vertikálního skoku z místa byla využita tenzometrická plošina Kistler Instrumente (9861 A, Winterthur, Switzerland). Pořadí testovaných skoků bylo stanoveno následovně: 1. vertikální skok z podřepu (VSP), 2. vertikální skok s protipohybem (VSPP), 3. vertikální skok po dopadu z vyvýšeného místa 30 cm (VSDVM). V případě plošiny Kistler byla ověřena reliabilita skoku VSP u trénovaných jedinců (Mauch et al., 2014). Prokázána byla také reliabilita skoků využívajících plyometrický princip, tedy skoky VSPP a VSDVM (Papadopoulos et al., 2012).

Aplikace skoků VSP a VSPP vycházela z metodiky použité ve studii Tsiokanos, Eleftherios, Jamurtasa a Kellis (2002). Skok VSP byl prováděn z výchozího postavení, kdy byla chodidla rozkročena na šířku pánve, úhel v kolenním kloubu 90 °, ruce v bok. Zhoupnutí a využití plyometrického principu při skoku VSP nebylo povoleno. V případě skoku VSPP bylo výchozí postavení ve stoji vzpřímeném, chodidla na šířku pánve. Z tohoto postavení hráčky provedly protipohyb do 90 ° flexe v kolenním kloubu a následně, co možná

nejvyšší, výskok s rukama v bok. Pro testování skoku VSDVM byla využita metodika studie Noyes, Barber-Westin, Fleckenstein, Walsh a West (2005). Hráčky byly instruovány, aby volně vykročily libovolnou DK z bedny vysoké 30 cm, provedly dopad na obě DK současně a s využitím plyometrického principu provedly výskok s rukama v bok, co možná nejrychleji a nejvýše.

Před vlastním testováním proběhl nácvik všech využitých variant vertikálního skoku, aby byl minimalizován vliv efektu učení. Pro každou variantu vertikálního skoku měly hráčky 3 pokusy, mezi nimiž byl interval odpočinku 30 s podle studie Kipp et al. (2016). Interval odpočinku mezi jednotlivými variantami vertikálního skoku byl 1 minuta. Všechny pokusy byly realizovány ve sportovní obuvi. Pro účely statistického zpracování byl užit nejlepší dosažený pokus hodnocený výškou vertikálního skoku (cm).

Před měřením výšky vertikálního skoku bylo aplikováno specifické rozevíčení hráček, které se skládalo z běhu na místě s prací paží v délce 1 minuty, cirkumdukce pažemi vpřed a následně vzad, hluboký předklon s dotekem paže a opačné DK a 10 stupňovaných výskoků.

4.3 TRÉNINKOVÉ ZATÍŽENÍ HRÁČEK V PŘÍPRAVNÉM OBDOBÍ

V Tabulkách 7 a 8 je znázorněno tréninkové zatížení hráček v přípravném období ročního tréninkového cyklu. Souhrnné údaje o zatížení hráček ve sledovaném období poskytl licencovaný týmový trenér.

Kondiční příprava v tomto období probíhala dvoufázově, přičemž délka tréninkové jednotky byla nastavena na 90–120 minut. První fáze, která se odehrávala v dopoledním čase, byla zaměřena převážně na rozvoj rychlostních schopností. Druhá, odpolední fáze sestávala především z cvičení a her zaměřených na zdokonalení silových a rychlostně-vytrvalostních schopností. V počátečních čtyřech týdnech hráčky rozvíjely aerobní vytrvalost metodou fartleku. Postupem času byl v přípravném období kladen menší důraz na kondiční aspekty herního výkonu a tréninkové jednotky byly více zaměřeny na technicko-taktickou stránku herního výkonu.

V tréninkové jednotce bylo zařazeno protažení v délce cca 20 minut, kterému předcházelo rozevření organismu formou pohybové hry (3-5 minut). Protažení statické a zčásti i dynamické bylo realizováno individuálně, postupně bylo tvořeno

nespecifickými a specifickými prvky, následované rozcvičením ve dvojicích s míčem (přihrávky, dribbling) a skupinách s míčem (přihrávky v pohybu, střelba na branku). Rozcvičení brankářek bylo realizováno v obdobném sledu se zařazením specifických prvků.

Trénink síly byl součástí 2 až 3 odpoledních fází tréninkových jednotek v prvních 3 týdnech přípravného období, následně byl zařazován 1x až 2x za týden a trval zpravidla 30 – 45 minut. Hlavními pilíři tohoto tréninku byla cvičení jádra těla a balanční cvičení s využitím i bez využití pomůcek, plyometrická cvičení, cvičení s vlastní vahou těla i cvičení s doplňkovými odpory. Velikost zatížení byla aplikována prostřednictvím nízkých až středních doplňkových odporů a počtem opakování (12–15) nebo také délkou zatížení svalové skupiny v poměru k intervalu odpočinku (30 s/1–3 minuty). Při tréninku síly byly procvičovány svalové skupiny trupu, dolních i horních končetin. Využíváno bylo pomůcek jako aquahit, theraband, TRX, medicinbal, bosu, balanční podložka, gymball, overball. Tyto tréninky byly povětšinou realizovány metodou kruhového tréninku, v němž byly kombinovány cviky s různou měrou specifičnosti. Regenerace v přípravném období probíhala individuálně formou návštěvy sauny, whirlpoolu, jenž je součástí klubového zázemí, masáží a v měsíci srpnu 1x v týdnu plaváním na plaveckém stadionu.

Tabulka 7. Obecné tréninkové ukazatele pro měsíc srpen a první polovinu měsíce září

Obecné tréninkové ukazatele	Objem zatížení	
	srpen	září (do 14. 9.)
Počet dnů zatížení	25	11
Počet tréninkových jednotek	32	10
Celkový čas zatížení (minuty)	5250	1275
Regenerace (minuty)	840	270
Počet utkání	7	4
Taktická příprava – teorie (minuty)	300	120
Počet dnů volna	6	3

Tabulka 8. Speciální tréninkové ukazatele pro měsíc srpen a první polovinu měsíce září

Speciální tréninkové ukazatele	Objem zatížení (minuty)	
	srpen	září (do 14. 9.)
Rozcvičení	630	150
Aerobní vytrvalost	180	0
Rychlostní vytrvalost (specifická)	300	45
Svalová síla	600	135
Rychlost	180	30
Koordinace	240	15
Doplňkový sport	120	90
Útočné činnosti jednotlivce	120	30
Obranné činnosti jednotlivce	120	30
Útočné kombinace	780	240
Obranné kombinace	480	60
Útočné systémy	240	60
Obranné systémy	240	30
Tréninková hra	600	120
Přípravná utkání	420	180
Mistrovská utkání	0	60
CELKEM (minuty)	5250	1275

4.5 STATISTICKÉ ZPRACOVÁNÍ DAT

Pro statistické zpracování dat byl použit software STATISTICA 12 (StatSoft Inc., Tulsa, OK, USA) a Microsoft Excel 2010 (Microsoft Corp., Redmond, Washington, USA). Kolmogorov-Smirnov test byl použit pro ověření normality dat. V případě všech sledovaných parametrů byla vytvořena základní popisná charakteristika (aritmetický průměr, minimální a maximální hodnota, směrodatná odchylka).

Pro určení vztahu mezi izokinetickou svalovou silou při cviku leg-press a explozivní silou hodnocenou testy vertikálního skoku byl použit Pearsonův korelační koeficient. Dle studie Morrow et al. (2005) je uváděna k posouzení nízké korelace hodnota $r \leq 0,30$, střední korelace hodnota $r = 0,31-0,69$ a vysoké korelace hodnota $r = 0,70-1,00$. Stanovení významnosti rozdílů bylo posuzováno na hladině statistické významnosti $p < 0,05$.

5 VÝSLEDKY

Základní statistické charakteristiky pro všechny sledované indikátory silových izometrických, izokinetických a explozivních předpokladů jsou uvedeny v Přílohách 2–5.

5.1 KORELACE IZOMETRICKÉ A IZOKINETICKÉ SVALOVÉ SÍLY A EXPLOZIVNÍ SÍLY HODNOCENÉ TESTEM VERTIKÁLNÍHO SKOKU Z PODŘEPU

Korelace absolutních hodnot

Na začátku přípravného období (1. měření) ani na konci přípravného období (2. měření) nebyl nalezen statisticky významný vztah mezi absolutními hodnotami parametrů izometrické svalové síly při cviku leg-press a explozivní svalovou silou hodnocenou testem VSP (Tabulka 9).

Korelace relativních hodnot

Pro relativní hodnoty získané při měření na začátku přípravného období byla nalezena signifikantní korelace střední hodnoty ($p < 0,05$; $r = 0,49–0,58$) mezi izometrickou a izokinetickou svalové síly při cviku leg-press pro parametry PF a PP a explozivní svalovou silou hodnocenou testem VSP ve všech případech s výjimkou pohybu do flexe v rychlosti 200 mm/s (Tabulka 9).

Pro relativní hodnoty získané při měření na konci přípravného období byla nalezena signifikantní korelace vysoké hodnoty ($p < 0,05$; $r = 0,82–0,88$) mezi izokinetickou svalovou silou při cviku leg-press pro parametry PF a PP při pohybu do extenze v rychlostech 400 mm/s a 800 mm/s a explozivní svalovou silou hodnocenou testem VSP. Dále pak byla nalezena signifikantní korelace střední hodnoty ($p < 0,05$; $r = 0,63–0,66$) mezi parametrem PF izometrické svalové síly, parametry PF a PP izokinetické svalové síly při pohybu do flexe v nižší i vyšší rychlosti a parametrem PW při pohybu do extenze v nižší rychlosti a explozivní svalovou silou hodnocenou testem VSP (Tabulka 9).

Tabulka 9. Pearsonův korelační koeficient mezi absolutními a relativními hodnotami izokinetické svalové síly při cviku leg-press a explozivní svalovou silou hodnocenou testem VSP

		VSP							
		Absolutní hodnoty				Relativní hodnoty			
		1. měření		2. měření		1. měření		2. měření	
		<i>r</i>	<i>p</i>	<i>r</i>	<i>p</i>	<i>r</i>	<i>p</i>	<i>r</i>	<i>p</i>
PF	Izom	-0,08	0,75	0,08	0,75	0,49*	0,04	0,66*	0,00
	E 400	0,09	0,73	0,43	0,08	0,52*	0,03	0,82**	0,00
	E 800	0,13	0,61	0,47	0,05	0,58*	0,01	0,88**	0,00
	F 200	0,13	0,60	0,37	0,13	0,47	0,05	0,63*	0,01
	F 400	0,07	0,78	0,33	0,18	0,50*	0,03	0,64*	0,00
PW	E 400	-0,03	0,90	0,28	0,26	0,37	0,13	0,60*	0,01
	E 800	-0,05	0,85	0,23	0,36	0,30	0,24	0,48	0,05
	F 200	-0,06	0,82	0,21	0,40	0,30	0,23	0,46	0,06
	F 400	-0,07	0,77	0,20	0,42	0,27	0,28	0,44	0,07
PP	E 400	0,09	0,71	0,42	0,08	0,52*	0,03	0,82**	0,00
	E 800	0,13	0,61	0,48	0,05	0,58*	0,01	0,88**	0,00
	F 200	0,13	0,61	0,37	0,13	0,47	0,05	0,63*	0,01
	F 400	0,07	0,78	0,33	0,18	0,50*	0,03	0,64*	0,00

Poznámka. VSP – vertikální skok z podřepu; PF – maximální izokinetická svalová síla; PW – maximální izokinetická svalová práce; PP – maximální izokinetický svalový výkon; *r* – Pearsonův korelační koeficient (*střední korelace 0,31–0,69; ** vysoká korelace 0,70–1,00); *p* – hladina statistické významnosti, Izom – izometrický režim; E – extenze; F – flexe; 200, 400, 800 – lineární rychlosti [mm/s]

5.2 KORELACE IZOMETRICKÉ A IZOKINETICKÉ SVALOVÉ SÍLY A EXPLOZIVNÍ SÍLY HODNOCENÉ TESTEM VERTIKÁLNÍHO SKOKU S PROTIPOHYBEM

Korelace absolutních hodnot

Na začátku přípravného období (1. měření) ani na konci přípravného období (2. měření) nebyl nalezen statisticky významný vztah mezi absolutními hodnotami parametrů izometrické svalové síly při cviku leg-press a explozivní svalovou silou hodnocenou testem VSPP (Tabulka 10).

Korelace relativních hodnot

Pro relativní hodnoty získané při měření na začátku přípravného období byla nalezena signifikantní korelace střední hodnoty ($p < 0,05$; $r = 0,51-0,65$) mezi izometrickou a izokinetickou svalovou silou při cviku leg-press pro všechny případy parametrů PF a PP a explozivní svalovou silou hodnocenou testem VSPP (Tabulka 10).

Pro relativní hodnoty získané při měření na konci přípravného období byla nalezena signifikantní korelace vysoké hodnoty ($p < 0,05$; $r = 0,88-0,92$) mezi izokinetickou svalovou silou při cviku leg-press pro parametry PF a PP při pohybu do extenze v rychlostech 400 mm/s a 800 mm/s a explozivní svalovou silou hodnocenou testem VSPP. Dále pak byla nalezena signifikantní korelace střední hodnoty ($p < 0,05$; $r = 0,60-0,68$) mezi parametrem PF izometrické svalové síly, parametry PF a PP izokinetické svalové síly při pohybu do flexe v nižší i vyšší rychlosti a parametrem PW při pohybu do extenze v nižší rychlosti a explozivní svalovou silou hodnocenou testem VSPP (Tabulka 10).

Tabulka 10. Pearsonův korelační koeficient mezi absolutními a relativními hodnotami izokinetické svalové síly při cviku leg-press a explozivní svalovou silou hodnocenou testem VSPP

		VSPP							
		Absolutní hodnoty				Relativní hodnoty			
		1. měření		2. měření		1. měření		2. měření	
		<i>r</i>	<i>p</i>	<i>r</i>	<i>p</i>	<i>r</i>	<i>p</i>	<i>r</i>	<i>p</i>
PF	Izom	-0,14	0,57	0,01	0,96	0,55*	0,01	0,68*	0,00
	E 400	0,12	0,62	0,41	0,09	0,64*	0,00	0,88**	0,00
	E 800	0,05	0,85	0,42	0,08	0,62*	0,01	0,92**	0,00
	F 200	0,08	0,76	0,26	0,29	0,51*	0,03	0,60*	0,01
	F 400	0,00	1,00	0,22	0,37	0,54*	0,02	0,61*	0,01
PW	E 400	0,55	0,01	0,21	0,40	0,42	0,09	0,61*	0,01
	E 800	0,64	0,00	0,16	0,53	0,25	0,31	0,47	0,05
	F 200	0,62	0,01	0,10	0,70	0,30	0,23	0,41	0,09
	F 400	0,51	0,03	0,10	0,69	0,24	0,34	0,40	0,10
PP	E 400	0,13	0,62	0,41	0,09	0,65*	0,00	0,88**	0,00
	E 800	0,05	0,84	0,42	0,08	0,63*	0,01	0,91**	0,00
	F 200	0,08	0,76	0,26	0,29	0,51*	0,03	0,60*	0,01
	F 400	0,00	1,00	0,23	0,37	0,54*	0,02	0,61*	0,01

Poznámka. VSPP – vertikální skok s protipohybem; PF – maximální izokinetická svalová síla; PW – maximální izokinetická svalová práce; PP – maximální izokinetický svalový výkon; *r* – Pearsonův korelační koeficient (*střední korelace 0,31–0,69; ** vysoká korelace 0,70–1,00); *p* – hladina statistické významnosti, Izom – izometrický režim; E – extenze; F – flexe; 200, 400, 800 – lineární rychlosti [mm/s]

5.3 KORELACE IZOMETRICKÉ A IZOKINETICKÉ SVALOVÉ SÍLY A EXPLOZIVNÍ SÍLY HODNOCENÉ TESTEM VERTIKÁLNÍHO SKOKU PO DOPADU Z VYVÝŠENÉHO MÍSTA

Korelace absolutních hodnot

Na začátku přípravného období (1. měření) ani na konci přípravného období (2. měření) nebyl nalezen statisticky významný vztah mezi absolutními hodnotami parametrů izometrické svalové síly při cviku leg-press a explozivní svalovou silou hodnocenou testem VSDVM (Tabulka 11).

Korelace relativních hodnot

Pro relativní hodnoty získané při měření na začátku přípravného období byla nalezena signifikantní korelace střední hodnoty ($p < 0,05$; $r = 0,60-0,66$) mezi izometrickou a izokinetickou svalovou silou při cviku leg-press pro parametry PF a PP při pohybu do extenze v nižší i vyšší rychlosti a explozivní svalovou silou hodnocenou testem VSDVM (Tabulka 11).

Pro relativní hodnoty získané při měření na konci přípravného období byla nalezena signifikantní korelace vysoké hodnoty ($p < 0,05$; $r = 0,73-0,78$) mezi izokinetickou svalovou silou při cviku leg-press pro parametr PF a PP při pohybu do extenze v rychlostech 400 mm/s a 800 mm/s a explozivní svalovou silou hodnocenou testem VSDVM. Dále pak byla nalezena signifikantní korelace střední hodnoty ($p < 0,05$; $r = 0,60-0,65$) mezi parametrem PF izometrické svalové síly a parametry PF a PP izokinetické svalové síly při pohybu do flexe v nižší i vyšší rychlosti a explozivní svalovou silou hodnocenou testem VSDVM (Tabulka 11).

Tabulka 11. Pearsonův korelační koeficient mezi absolutními a relativními hodnotami izokinetické svalové síly při cviku leg-press a explozivní svalovou silou hodnocenou testem VSDVM

		VSDVM							
		Absolutní hodnoty				Relativní hodnoty			
		1. měření		2. měření		1. měření		2. měření	
		<i>r</i>	<i>p</i>	<i>r</i>	<i>p</i>	<i>r</i>	<i>p</i>	<i>r</i>	<i>p</i>
PF	Izom	-0,29	0,25	0,13	0,61	0,37	0,13	0,65*	0,00
	E 400	0,25	0,32	0,37	0,14	0,66*	0,00	0,73**	0,00
	E 800	0,13	0,60	0,40	0,10	0,60*	0,01	0,78**	0,00
	F 200	-0,01	0,96	0,41	0,09	0,38	0,13	0,62*	0,01
	F 400	-0,07	0,79	0,35	0,15	0,40	0,10	0,60*	0,01
PW	E 400	-0,09	0,73	0,17	0,51	0,35	0,16	0,47	0,05
	E 800	-0,14	0,57	0,11	0,66	0,20	0,44	0,35	0,16
	F 200	-0,23	0,37	0,17	0,51	0,15	0,55	0,40	0,10
	F 400	-0,24	0,34	0,17	0,50	0,11	0,66	0,38	0,12
PP	E 400	0,25	0,31	0,36	0,14	0,66*	0,00	0,73**	0,00
	E 800	0,13	0,60	0,40	0,10	0,61*	0,01	0,78**	0,00
	F 200	-0,02	0,95	0,41	0,09	0,37	0,13	0,63*	0,01
	F 400	-0,07	0,79	0,35	0,15	0,40	0,10	0,60*	0,01

Poznámka. VSDVM – vertikální skok po dopadu z vyvýšeného místa; PF – maximální izokinetická svalová síla; PW – maximální izokinetická svalová práce; PP – maximální izokinetický svalový výkon; *r* – Pearsonův korelační koeficient (*střední korelace 0,31–0,69; ** vysoká korelace 0,70–1,00); *p* – hladina statistické významnosti, Izom – izometrický režim; E – extenze; F – flexe; 200, 400, 800 – lineární rychlosti [mm/s]

6 DISKUZE

Korelace vysoké hodnoty ($r = 0,73\text{--}0,92$) byly nalezeny jen v případě měření na konci přípravy, a to mezi parametry PF a PP izokinetické svalové síly při pohybu do extenze v nižší i vyšší rychlosti a explozivní svalovou silou hodnocenou testy VSP, VSPP i VSDVM. Korelace střední hodnoty ($r = 0,49\text{--}0,66$) se v případě měření na začátku přípravy vyskytovaly pouze mezi parametry PF a PP izometrické a izokinetické síly a explozivní svalovou silou hodnocenou převážně testy VSP a VSPP, méně pak testem VSDVM. V případě měření na konci přípravy byly nalezeny střední korelace ($r = 0,60\text{--}0,68$) i mezi parametrem PW při pohybu do extenze v nižší rychlosti a explozivní svalovou silou hodnocenou testy VSP a VSPP.

Z hlediska posouzení tohoto vztahu před a po přípravném období byl prokázán nárůst hodnoty korelace pro všechny korelované proměnné. Pro hodnoty signifikantní korelace mezi izometrickou a izokinetickou svalovou silou při cviku leg-press a explozivní svalovou silou hodnocenou testem VSP na začátku a na konci přípravného období byl prokázán nárůst v případě parametru PF izometrické svalové síly o 35 %, parametru PF izokinetické svalové síly při pohybu do extenze v nižší rychlosti o 58 %, při pohybu do extenze ve vyšší rychlosti o 52 % a při pohybu do flexe ve vyšší rychlosti o 28 %. Obdobný nárůst byl prokázán v případě parametru PP izokinetické svalové síly při pohybu do extenze v nižší rychlosti o 58 %, při pohybu do extenze ve vyšší rychlosti o 52 % a při pohybu do flexe ve vyšší rychlosti o 28 %. Pro hodnoty signifikantní korelace mezi izometrickou a izokinetickou svalovou silou při cviku leg-press a explozivní svalovou silou hodnocenou testem VSPP na začátku a na konci přípravného období byl prokázán nárůst v případě parametru PF izometrické svalové síly o 24 %, parametru PF izokinetické svalové síly při pohybu do extenze v nižší rychlosti o 38 %, při pohybu do extenze ve vyšší rychlosti o 48 %, při pohybu do flexe v nižší rychlosti o 18 % a při pohybu do flexe ve vyšší rychlosti o 13 %. Obdobný nárůst byl prokázán v případě parametru PP izokinetické svalové síly při pohybu do extenze v nižší rychlosti o 35 %, při pohybu do extenze ve vyšší rychlosti o 44 %, při pohybu do flexe v nižší rychlosti o 18 % a při pohybu do flexe ve vyšší rychlosti o 13 %. Pro hodnoty signifikantní korelace mezi izometrickou a izokinetickou svalovou silou při cviku leg-press a explozivní svalovou silou hodnocenou testem VSDVM na začátku a na konci přípravného období byl prokázán nárůst v případě parametru PF izokinetické svalové síly při pohybu do extenze v nižší rychlosti o 11 % a při pohybu do extenze ve vyšší

rychlosti o 30 %. Obdobný nárůst byl prokázán v případě parametru PP izokinetické svalové síly při pohybu do extenze v nižší rychlosti o 11 % a při pohybu do extenze ve vyšší rychlosti o 28 %.

6.1 VZTAH MEZI IZOKINETICKOU SVALOVOU SÍLOU PŘI VÍCEKLOUBOVÉM POHYBU A EXPLOZIVNÍ SVALOVOU SÍLOU DOLNÍCH KONČETIN BEZ OHLEDU NA OBDOBÍ RTC

V naší studii byly bez ohledu na období RTC prokázány signifikantní korelace střední a vysoké hodnoty mezi vybranými charakteristikami izokinetické svalové síly při cviku leg-press a explozivní svalové síly hodnocené testy vertikálního skoku. Z celkového počtu 48 nalezených korelací nabylo 25 % hodnotu $r = 0,73-0,92$. Z hlediska interpretace zjištěných výsledků je zapotřebí posoudit použité varianty testů izokinetické svalové síly a vertikálního skoku. Podle autorů studie Blackburn a Morrissey (1998) je vertikální skok vícekloubový pohyb s uzavřeným kinematickým řetězcem a s ohledem na využití v herním výkonu také pohyb vysoce specifický. Ve studii byly prezentovány signifikantní korelace mezi izotonickou svalovou silou testovanou v uzavřeném kinematickém řetězci a vertikálním skokem, které měly hodnotu $r = 0,72$ a korelace mezi izotonickou svalovou silou testovanou v otevřeném kinematickém řetězci a explozivní svalovou silou hodnocenou testem vertikálního skoku, které měly hodnotu $r = 0,10$ a byly pod hladinou statistické významnosti. Na základě těchto výsledků je možné usoudit, že přídavný modul leg-press izokinetického dynamometru Isomed 2000 umožňuje oproti izolovanému testování flexe a extenze v kolenním kloubu specifitější testování DK ve vztahu k vertikálnímu skoku a hernímu výkonu.

Jedním z důvodů, které bychom mohli označit za příčinu výskytu vyšších korelačních hodnot mezi izokinetickým vícekloubovým testováním svalové síly prostřednictvím cviku leg-press a explozivní síly hodnocenou testem vertikálního skoku, oproti testování jednokloubového, je zapojení flexorů a extenzorů v kyčelním kloubu do výsledného pohybu. Vliv zapojení plantárních flexorů v hlezenním kloubu považujeme za nevýrazný. Toto tvrzení je ve shodě s výsledky studie Tsiokanos et al. (2002), ve které autoři označili funkční význam plantárních flexorů v hlezenním kloubu za poměrně malý, jelikož byly zjištěny korelace pouze nízké hodnoty ($r \leq 0,30$) mezi izokinetickou svalovou silou plantárních flexorů v hlezenním kloubu a explozivní silou dolních končetin.

Výsledky naší studie mohou ukazovat na blízkost vertikálního skoku a izokinetického pohybu při cviku leg-press. Problematikou využití korelačních dat ke kvantifikaci vztahů mezi jednotlivými silovými komponentami a jejich přenosem do testování specifických pro sportovní výkony se zabývali také ve studii Peterson, Alvar a Rhea (2006). Výsledky studie ukazují na blízkost pohybů v uzavřeném kinematickém řetězci, podobně jako v naší studii. Byly prokázány signifikantní korelace vysoké hodnoty $r = 0,85$ mezi svalovou silou při dřepu se zátěží (1OM) a explozivní svalovou silou hodnocenou testem VSPP u vysokoškolských sportovců mužského ($n = 19$) i ženského ($n = 36$) pohlaví, kteří se aktivně věnují jedné ze sportovních her basketbalu, volejbalu, baseballu nebo softballu.

Ve studii Kawamori et al. (2006) byly podobně jako v naší studii předmětem zkoumání korelace mezi izometrickou a explozivní svalovou silou. Výběr parametrů izometrické síly se shodoval v parametru PF a v obou studiích byly pro hodnocení explozivní síly využity varianty testu VSP a VSPP. Statisticky významný vztah s hodnotou korelačního koeficientu $r = 0,94$ byl prokázán mezi parametrem PF izometrické svalové síly a explozivní svalovou silou hodnocenou testem VSP, vztah s hodnotou korelačního koeficientu $r = 0,80$ byl prokázán mezi parametrem PP izometrické svalové síly a explozivní svalovou silou hodnocenou testem VSP, vztah s hodnotou korelačního koeficientu $r = 0,90$ byl prokázán mezi parametrem PF izometrické svalové síly a explozivní svalovou silou hodnocenou testem VSPP a vztah s hodnotou korelačního koeficientu $r = 0,98$ byl prokázán mezi parametrem PP izometrické svalové síly a explozivní svalovou silou hodnocenou testem VSPP.

6.2 VZTAH MEZI IZOKINETICKOU SVALOVOU SÍLOU PŘI VÍCEKLOUBOVÉM POHYBU A EXPLOZIVNÍ SVALOVOU SÍLOU DOLNÍCH KONČETIN S OHLEDEM NA OBDOBÍ RTC

Cílem této studie bylo zjistit vztah mezi izokinetickou svalovou silou při vícekloubovém pohybu a explozivní svalovou silou dolních končetin ve dvou obdobích RTC. Výsledky studie ukazují, že korelace mezi charakteristikami izokinetické svalové síly DK při cviku leg-press a explozivní svalovou silou hodnocenou testy VSP, VSPP a VSDVM u vrcholových hráček házené na začátku a na konci přípravného období nabývají rozdílných hodnot. Liší se počet signifikantních korelací střední hodnoty ($r > 0,30$), přičemž jejich nejvyšší počet byl zjištěn na konci přípravného období. Vysoké korelace ($r = 0,73–0,92$) byly prokázány

pouze na konci přípravného období mezi izokinetickým pohybem do extenze ve vyšší i nižší rychlosti a explozivní silou hodnocenou všemi třemi variantami vertikálního skoku.

Signifikantní korelace mezi izokinetickou svalovou silou při vícekloubovém pohybu a explozivní svalovou silou dolních končetin na začátku a na konci přípravného období u házenkářek DHK Zora Olomouc byly nalezeny jen v případě relativních hodnot, vztažených k tělesné hmotnosti hráček. Tato skutečnost je ve shodě se studií Östenberg et al. (1998), jejíž autoři zjišťovali vztah mezi izokinetickou svalovou silou a výsledky funkčních testů s využitím relativních hodnot výsledných dat.

Předpokládáme, že větší výskyt signifikantních korelací a jejich vyšší hodnota na konci přípravného období mohou být zapříčiněny specifickým tréninkovým zatížením cíleným na rychlá svalová vlákna, které bylo aplikováno během přípravného období ve formě kondičních cvičení, herních cvičení a průpravných her specifických pro házenou. Na druhé straně je možné konstatovat, že nízké hodnoty korelací na počátku přípravného období mohou souviset se ztrátou specifických adaptací, k níž došlo v průběhu přechodného období (Bompa & Carrera, 2005; Issurin, 2010; Lehnert, Svoboda, & Cuberek, 2013). Hráčky nebyly v průběhu přechodného období instruovány individuálním tréninkovým plánem, a tudíž se jednalo o odpočinkovou fázi s minimálním silovým zatížením ve srovnání s jinými obdobími. Ve studii Inklaar (2004) byly pozorovány změny neuromuskulárních adaptací, ve smyslu jejich poklesu, vlivem absence specifického tréninkového zatížení během přechodného období. Autor dále pokazuje na souvislost mezi těmito změnami a rizikem zranění v průběhu RTC.

Provedení diskuze dané problematiky srovnání vztahu izokinetické svalové síly při vícekloubovém pohybu a explozivní svalové síly hodnocené testem vertikálního skoku v různých obdobích RTC se jeví jako komplikované, jelikož pokud je nám známo, obdobně tematicky zaměřená studie dosud nebyla publikována. Určitou míru shody lze pozorovat mezi výsledky naší studie a studie Lehnert, Svoboda a Cuberek (2013), kteří zjišťovali vztah mezi izokinetickou svalovou silou flexorů a extenzorů v kolenním kloubu a explozivní svalovou silou hodnocenou testem VSPP u adolescentních hráčů fotbalu na konci soutěžního, na konci přechodného a na konci přípravného období. Ze srovnání korelací, které byly prokázány na konci přechodného období ($r > 0,57$) a na konci přípravného období ($r > 0,70$) vyplývají podobné závěry jako z našich výsledků.

Předmětem zkoumání ve studii Malliou et al. (2003) byl vztah mezi izokinetickou svalovou silou flexorů a extenzorů v kolenním kloubu při rychlostech 60°/s a 180°/s a explozivní svalovou silou hodnocenou testem vertikálního skoku v různých obdobích RTC u profesionálních fotbalistů. Byly zjištěny nízké korelace nabývající hodnot $r = 0,14-0,26$ na konci přechodného období a střední až vysoké korelace $r = 0,43-0,78$ na konci přípravného období. I zde autoři jako příčinu nízké hodnoty korelací po přechodném období uvádí ztrátu neuromuskulárních adaptací způsobenou výpadkem ze specifického zatěžování.

6.3 VYJÁDŘENÍ K VÝZKUMNÝM OTÁZKÁM

Na stanovené výzkumné otázky, jaký je vztah mezi izometrickou a izokinetickou svalovou silou při cviku leg-press při pohybu do extenze a do flexe v rychlostech 400 mm/s a 800 mm/s, resp. 200 mm/s a 400 mm/s a explozivní svalovou silou hodnocenou testy VSP, VSPP a VSDVM na začátku a na konci přípravného období, lze odpovědět následovně:

1. Mezi izometrickou svalovou silou při cviku leg-press a explozivní svalovou silou hodnocenou testy VSP a VSPP byly zjištěny korelace střední hodnoty na začátku i na konci přípravného období. Mezi izometrickou svalovou silou při cviku leg-press a explozivní svalovou silou hodnocenou testem VSDVM byly zjištěny korelace střední hodnoty na konci přípravného období.
2. Mezi izokinetickou svalovou silou při pohybu do extenze při rychlosti 400 mm/s a explozivní svalovou silou hodnocenou testy VSP, VSPP a VSDVM byly zjištěny korelace střední hodnoty na začátku přípravného období a korelace vysoké a střední hodnoty na konci přípravného období.
3. Mezi izokinetickou svalovou silou při pohybu do extenze při rychlosti 800 mm/s a explozivní svalovou silou hodnocenou testy VSP, VSPP a VSDVM byly zjištěny korelace střední hodnoty na začátku přípravného období a korelace vysoké hodnoty na konci přípravného období.
4. Mezi izokinetickou svalovou silou při pohybu do flexe při rychlosti 200 mm/s a explozivní svalovou silou hodnocenou testy VSP a VSPP byly zjištěny korelace střední hodnoty na začátku i na konci přípravného období. Mezi izokinetickou svalovou silou při pohybu do flexe při rychlosti 200 mm/s a explozivní svalovou

sílu hodnocenou testem VSDVM byly zjištěny korelace střední hodnoty na konci přípravného období.

5. Mezi izokinetickou svalovou sílou při pohybu do flexe při rychlosti 400 mm/s a explozivní svalovou sílou hodnocenou testy VSP a VSPP byly zjištěny korelace střední hodnoty na začátku i na konci přípravného období. Mezi izokinetickou svalovou sílou při pohybu do flexe při rychlosti 400 mm/s a explozivní svalovou sílou hodnocenou testem VSDVM byly zjištěny korelace střední hodnoty na konci přípravného období.

6.4 LIMITY STUDIE

Limity této studie sledujeme v nízkém počtu testovaných hráček. Tato skutečnost musí být zohledněna při interpretaci zjištěných výsledků studie, jelikož může být překážkou pro jejich generalizaci. Avšak ve srovnání se studií Blackburn a Morrissey (1998) se jedná o velmi podobný počet a kupříkladu počet testovaných v naší studii více než dvojnásobně převyšuje počet ve studii Kawamori et al. (2006). Ve studii nebyla využita celá škála možných parametrů izokinetického testování, konkrétně parametr TW. S ohledem na variantu testu VSDVM, který je možné realizovat v souladu se studií Cronin, Hing a McNair (2004) i ze 40 cm výšky, byla využita jen výška 30 cm. Dále existuje řada metodických postupů realizace použitých variant testů vertikálního skoku, jejichž sjednocení se z našeho pohledu jeví jako žádoucí.

7 ZÁVĚRY

1. Mezi izometrickou a izokinetickou svalovou silou při cviku leg-press a explozivní svalovou silou hodnocenou testy vertikálního skoku VSP, VSPP a VSDVM byly zjištěny korelace střední hodnoty na začátku přípravného období a korelace vysoké a střední hodnoty na konci přípravného období.
2. Z celkového počtu signifikantních korelací, jich byl nejvyšší počet zjištěn na konci přípravného období. Taktéž byly hodnoty korelací pro všechny sledované parametry vyšší na konci přípravného období.
3. Vysoké hodnoty korelace mezi izokinetickou svalovou silou při cviku leg-press a explozivní svalovou silou hodnocenou testy VSP, VSPP a VSDVM byly zjištěny při pohybu do extenze v rychlostech 400 mm/s a 800 mm/s na konci přípravného období.
4. Hodnoty korelace mezi izokinetickou svalovou silou při cviku leg-press a explozivní svalovou silou hodnocenou testy VSP, VSPP a VSDVM byly velmi podobné pro parametry PF a PP. Na rozdíl od toho, pro parametr PW bylo zjištěno jen minimum signifikantních korelací.

8 SOUHRN

Cílem diplomové práce bylo určit vztah mezi izokinetickou svalovou silou při vícekloubovém pohybu a explozivní svalovou silou dolních končetin na začátku a na konci přípravného období u vrcholových házenkářek.

Teoretická část diplomové práce přináší syntézu poznatků o síle, jakožto důležitém kondičním faktoru herního výkonu v házené. Poznatky z oblasti sportovního tréninku v házené obsahují informace o tréninku síly, periodizaci tréninku síly v rámci RTC a diagnostice jako součásti řízení sportovního tréninku. Diagnostika je zaměřena na testování síly dolních končetin s využitím izokinetické dynamometrie a funkčních testů. Závěrečná část syntézy poznatků je věnována vztahům mezi izokinetickým testováním DK a funkčními testy.

Výzkumná část diplomové práce zahrnuje popis použité metodiky. Sledovaný soubor byl tvořen hráčkami házené z klubu DHK Zora Olomouc ($n = 18$, průměrný věk $23,33 \pm 3,77$ let). Testování bylo provedeno prostřednictvím izokinetického dynamometru ISOMED 2000 (D. & R. Ferstl GmbH, Hemau, Germany) a tenzometrické plošiny Kistler Instrumente (9861 A, Winterthur, Switzerland). K izokinetickému testování svalové síly DK byl použit modul leg-press a lineární rychlosti 400 mm/s a 800 mm/s pro pohyb do extenze, 200 mm/s a 400 mm/s pro pohyb do flexe. Sledovanými parametry byly maximální izokinetická svalová síla PF (N), maximální izokinetická svalová práce PW (J) a maximální izokinetický svalový výkon PP (W). Výška (cm) vertikálního skoku byla měřena ve variantách VSP, VSPP a VSDVM. Testování bylo realizováno na začátku přípravného období a na konci přípravného období. Byly vypočítány relativní hodnoty vztažené k tělesné hmotnosti hráček. Kolmogorov-Smirnov test byl použit pro ověření normality dat. Pro určení vztahu byl použit Pearsonův korelační koeficient.

Byly zjištěny signifikantní korelace mezi izometrickou a izokinetickou svalovou silou při cviku leg-press a explozivní svalovou silou hodnocenou testy vertikálního skoku VSP, VSPP a VSDVM, které nabyly středních hodnot na začátku přípravného období a vysokých a středních hodnot na konci přípravného období. Nejvyšší počet signifikantních korelací byl zjištěn na konci přípravného období a rovněž hodnoty korelací, pro všechny sledované parametry, byly vyšší na konci přípravného období. Vysoké hodnoty korelace mezi izokinetickou svalovou silou při cviku leg-press a explozivní svalovou silou hodnocenou

testy VSP, VSPP a VSDVM byly zjištěny při pohybu do extenze v rychlostech 400 mm/s a 800 mm/s na konci přípravného období.

9 SUMMARY

The aim of the diploma thesis was to determine the relationship between isokinetic muscle force in multi-articulated movement and explosive muscle strength of the lower limbs at the beginning and at the end of the preparatory period at the top handball players.

The theoretical part of the diploma thesis provides a synthesis of the knowledge of strength, as an important conditional factor of game performance in handball. The knowledge of handball sports training includes information on strength training, RTC strength training and diagnostics as part of sports training management. Diagnostics is focused on testing the strength of the lower limbs using isokinetic dynamometry and functional tests. The final part of the synthesis of the findings is devoted to the relationships between isokinetic lower limbs testing and functional tests.

The research part of the diploma thesis describes the methodology used. The tracked set was made by players played by DHK Zora Olomouc ($n = 18$, mean age 23.33 ± 3.77 years). Testing was carried out using ISOMED 2000 isokinetic dynamometer (D. & R. Ferstl GmbH, Hemau, Germany) and the Kistler Instrumente strain gauge (9861 A, Winterthur, Switzerland). For the isokinetic testing of the lower limbs muscle strength was used a leg-press and a linear speed of 400 mm / s and 800 mm / s were used to move to extension, 200 mm / s and 400 mm / s to flexion. The monitored parameters were maximum isokinetic muscle force PF (N), maximum isokinetic muscle work PW (J) and maximum isokinetic muscle power PP (W). Vertical jump height (cm) was measured in variants of VSP, VSPP and VSDVM. Testing was carried out at the beginning of the preparatory period and at the end of the preparatory period. Relative values to the player's body weight were calculated. The Kolmogorov-Smirnov test was used to verify the normality of the data. Pearson's correlation coefficient was used to determine the relationship.

Significant correlations between the isometric and isokinetic muscle strength in the leg-press exercise and the explosive muscle force assessed by the vertical jump tests of VSP, VSPP and VSDVM were found to have averaged values at the start of the preparatory period and high and medium values at the end of the preparatory period. The highest number of significant correlations was found at the end of the preparatory period and the correlation values for all the monitored parameters were higher at the end of the preparatory period. High correlations between the isokinetic muscle force at the leg-press exercise and the explosive

muscle force evaluated by the VSP, VSPP and VSDVM tests were found to be at the 400 mm / s and 800 mm / s at the end of the preparatory period.

10 REFERENČNÍ SEZNAM

- Alam, S., Pahlavani, H. A., & Mehdipour, A. (2012). The effect of plyometric circuit exercises on the physical preparation indices of elite handball player. *Facta Universitatis: Series Physical Education & Sport*, 10(2), 89-98.
- Anderson, M. A., Gieck, J. H., Perrin, D., Weltman, A., Rutt, R., & Denegar, C. (1991). The relationships among isometric, isotonic, and isokinetic concentric and eccentric quadriceps and hamstring force and three components of athletic performance. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 14, 114-120.
- Ashley, C. D., & Weiss, L. W. (1994). Vertical jump performance and selected physiological characteristics of women. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 8, 5-11.
- Baltzopoulos, V., & Brodie, D. A. (1989). Isokinetic dynamometry, applications and limitations. *Sports Medicine*, 8(2), (101-116).
- Bělka, J., Hůlka, K., Kňourková, J., & Bártová, H. (2012). Komparace ukazatelů vnějšího zatížení hráček na jednotlivých herních postech, *Studia Kinanthropologica*, 12(2), 68-73.
- Bělka, J., Hůlka, K., Svoboda, Z., & Kostelník, V. (2011). Load intensity comparison of players aged 17-18 in competitive and friendly matches in handball. In F. Táborský (Ed.), *Science and analytical Expertise in Handball* (pp. 228-234). Haugsdorf: Druck Hofer.
- Bělka, J., Hůlka, K., & Weisser, R. (2014). *Analýza herního zatížení v invazivních sportovních hrách*. Olomouc: Univerzita Palackého.
- Blackburn, J. R., & Morrissey, M. C. (1998). The relationship between open and closed kinetic chain strength of the lower limb and jumping performance. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 27(6), 430-435.
- Bompa, T. O. (1999). *Periodization training for sports*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Bompa, T. O., & Carrera, M. (2005). *Periodization training for sports*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Boyle, M. (2004). *Functional training for sports*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Brown, L. E. (2000). *Isokinetics in human performance*. Champaign, IL: Human Kinetics.

- Carvalho, A., Mourão, P., & Abade, E. (2014). Effects of strength training combined with specific plyometric exercises on body composition, vertical jump height and lower limb strength development in elite male handball players: a case study. *Journal of Human Kinetics, 41*, 125-132.
- Caserotti, P., Aagaard, P., & Simonsen, E. B. (2001). Contraction-specific differences in maximal muscle power during stretch-shortening cycle movements in elderly males and females. *Journal of Applied Physiology, 84*, 206-212.
- Clarys, J. P. (2000). Electromyography in sports and occupational settings: An update of its limits and possibilities. *Ergonomics, 43*(10), 1750-1762.
- Clifford, M., Menon, R., Gangi, T., Condon, C., & Hornung, K. (2012). Measuring school climate for gauging principal performance: a review of the validity and reliability of publicly accessible measures. A quality school leadership issue brief. *American Institutes for Research, 1-28*.
- Crist, D. M., Stackpole, D. J., & Peake, G. T. (1983). Effects of androgenic-anabolic steroids on neuromuscular power and body composition. *Journal of Applied Physiology, 54*(2), 366-370.
- Cronin, J. B., Hing, R. D., & McNair, P. J. (2004). Reliability and validity of a linear position transducer for measuring jump performance. *Journal of Strength and Conditioning Research, 18*(3), 590-593.
- Debanne, T., & Laffaye, G. (2013). Coaches' beliefs and knowledge: training programs used by french professional coaches to increase ball-throwing velocity in elite handball players. *International Journal of Sports Science & Coaching, 8*(3), 557-570.
- Dirnberger, J., Huber, C., Hoop, D., Kosters, A., & Müller, E. (2013). Reproducibility of concentric and eccentric isokinetic multi-joint leg extension measurements using the IsoMed 2000-system. *Isokinetics and Exercise Science, 21*, 195-202.
- Dovalil, J., Choutka, M., Svoboda, B., Hošek, V., Perič, T., Potměšil, J., Vránová, J., & Bunc, V. (2012). *Výkon a trénink ve sportu* (4th ed.). Praha: Olympia.
- Dovalil, J., & Perič, T. (2009). Sportovní trénink. Struktura sportovního výkonu. In P. Jansa & J. Dovalil (Eds.), *Sportovní příprava* (2nd ed.) (pp. 150-158). Praha: Q - art.

- Dragula, L., Lehnert, M., Psotta, R., Gonosová, Z., Valenta, S., & Šťastný, P. (2017). The relative force in squat jump is the best laboratory predictor of sprint performance in adolescent soccer players. *Human movement* 18(5), 83-90.
- Dvir, Z. (2004). *Isokinetics (muscle testing, interpretation and clinical applications)*. Elsevier Limited. London: Elsevier Health Science.
- Dylevský, I. (1996). *Funkční anatomie pohybového systému*. Praha: Karolinum, Univerzita Karlova.
- Elliot, B. C., Alderson, J., & Denver, E. (2006). Field versus laboratory testing in sports biomechanics: system and modelling errors. Příspěvek na symposiu „XXIV ISBS Symposium 2006“, Salzburg, Austria.
- Emeish, M. K. (2015). Effect of SAQ exercises on certain physical variables and jump shot in handball. *Science, Movement & Health*, 15(2), 462-467.
- Faulkinbury, K. J., Stieg, J. L., Tran, T. T., Brown, L. E., Coburn, J. W., & Judelson, W. A. (2011). Effects of depth jump vs. box jump warm-ups on vertical jump in collegiate vs. club female volleyball players. *Med Sport*, 15(3), 103-106.
- Fernandez-Fernandez, J., & Ferrauti, A. (2015). Effects of six weeks of medicine ball training on throwing velocity, throwing precision, and isokinetic strength of shoulder rotators in female handball players. *Journal Of Strength And Conditioning Research*, 29(7), 1904-1917.
- Fry, A. C., Kraemer, W. J., Weseman, C. A., Conroy, B. P., Gordon, S. E., Hoffman, J. R., & Marsh, C. M. (1991). Effects of an off-season strength and conditioning program on starters and non-starters in women's collegiate volleyball. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 5(4), 174-181.
- Genevois, C., Berthier, P., Guidou, V., Muller, M., Thiebault, B., & Rogowski, I. (2014). Effects of 6-week sling-based training of the external-rotator muscles on the shoulder profile in elite female high school handball players. *Journal of Sport Rehabilitation*, 23(4), 286-295.
- Gibilisco, S. (2009). *Statistika bez předchozích znalostí*. Brno: Computer Press.

- Glaister, M. (2005). Multiple sprint work - Physiological responses, mechanisms of fatigue and the influence of aerobic fitness. *Sports Medicine*, 35(9), 757-777.
- Gorostiaga, E. M., Granados, C., Ibanez, 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.
- Granados, C., Izquierdo, M., Ibanez, 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.
- Grasgruber, P., & Cacek, J. (2008). *Sportovní geny*. Brno: Computer Pres.
- Hahn, D., Olvermann, M., Richtberg, J., Seiberl, W., & Schwirtz, A. (2011). Knee and ankle joint torque-angle relationships of multi-joint leg extension. *Journal of Biomechanics*, 44, 2059-2065.
- Heyward, V. H. (2006). *Advanced fitness assessment and exercise prescription* (5th ed). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Hogenová, A. (2005). Sport jako fenomén globálního světa. In B. Hodaň (Ed.), *Tělesná výchova, sport, a rekreace v procesu současné globalizace – Sborník příspěvků z česko-slovensko-polského sympozia* (p. 29-38).
- Hohmann, A., Lames, M., & Letzelter, M. (2010). *Úvod do sportovního tréninku*. Prostějov: Sdružení sport a věda.
- Houweling, T. A. W., Head, A., & Hamzeh, M. A. (2009). Validity of isokinetic testing for previous hamstring injury detection in soccer players. *Isokinetics and Exercise Science*, 17, 213-220.
- Chan, K. M., & Maffuli, N. (1996). *Principles and practice of isokinetics in sports medicine and rehabilitation*. Hong Kong: William & Wilkins Asia-Pacific Ltd.
- Chelly, M. S., Hermassi, S., Aouadi, R., Khalifa, R., Van den Tillaar, R., Chamari, K., & Shephard, R. J. (2011). Match analysis of elite adolescent team handball players. *Journal of strength and conditioning research*, 25(9), 2410-2417.

- Impellizzeri, F. M., Rampinini, E., Maffiuletti, N., & Marcora, S. M. (2007). A vertical jump force test for assessing bilateral strength asymmetry in athletes. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 39(11), 2044-2050.
- Inklaar, H. (1994). Soccer injuries II: Aetiology and prevention. *Sports Medicine*, 18(2), 81-93.
- Iossifidou, A., Baltzopoulos, V., & Giakas, G. (2005). Isokinetic knee extension and vertical jumping: Are they related? *Journal of Sports Sciences*, 23(10), 1121-1127.
- Issurin, V. B. (2010). New horizons for the methodology and physiology of training periodization. *Sports Medicine*, 40(3), 189-206.
- Janura, M., Vařeka, I., & Lehnert, M. (2012). *Metody biomechanické analýzy pohybu*. Olomouc: Univerzita Palackého.
- Jenkins, N. D. M., Palmer, T. B., & Cramer, J. T. (2013). Comparisons of voluntary and evoked rate of torque development and rate of velocity development during isokinetic muscle actions. *Isokinetics & Exercise Science*, 21(3), 253-261.
- Kampmiller, T. & Vanderka, M. (2004). Silové schopnosti a ich rozvoj. In R. Moravec, T. Kampmiller, J. Šimonek, M. Vanderka, E. Laczo, & M. Belej (Eds.), *Teória a didaktika športu* (pp. 79-95). Bratislava: Fakulta telesnej výchovy a športu UK.
- Kannus, P. (1994). Isokinetic evaluation of muscular performance: implications for muscle testing and rehabilitation. *International Journal of Sports Medicine*, 15(1), 11-18.
- Kollias, I., Panoutsakopoulos, V., & Pappiakovou, G. (2004). Comparing jumping ability among athletes of various sports: Vertical drop jumping from 60 centimeters. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 18(3), 546-550.
- Karp, J. R. (2010). A primer on muscles. *IDEA Fitness Journal*, 7(5), 29-36.
- Kawamori, N., Rossi, S. J., Justice, B. D., Haff, E. E., Pistilli, E. E., O'Bryant, H. S., Stone, M., H., & Haff, G. G. (2006). Peak force and rate of force development during isometric and dynamic mid-thigh clean pulls performed at various intensities. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 20(3), 483-491.

- Kipp, K., Kiely, M. T., & Geiser, C. F. (2016). Reactive strength index modified is a valid measure of explosiveness in collegiate female volleyball players. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 30(5), 1341.
- Knapik, J. J., Wright, J. E., Mawdsley, R. H., & Braun, J. (1983). Isometric, isotonic, and isokinetic torque variations in four muscle groups through a range of joint motion. *Physical Therapy*, 63(6), 938-947.
- Kraemer, W. J., Mazzeti, S. A., Ratamess, N. A., & Fleck, J. (2000). Specificity of training modes. In L. E. Brown (Ed.), *Isokinetics in human performance* (pp. 25-41). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Labib, L. (2014). Effect of functional strength training on certain physical and physiological variables among young female handball players. *Science, Movement & Health*, 14(1), 104-109.
- Lehance, C., Binet, J., Bury, T., & Croisier, J. L. (2009). Muscular strength, functional performances and injury risk in professional and junior elite soccer players. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 19, 243-251.
- Lehnert, M. (2007). *Současné směry teorie a praxe sportovního tréninku*. Habilitační práce, Univerzita Palackého, Fakulta tělesné kultury, Olomouc.
- Lehnert, M., Novosad, J., Neuls, F., Langer, F., & Botek, M. (2010). *Trénink kondice ve sportu*. Olomouc: Univerzita Palackého.
- Lehnert, M., Svoboda, Z., & Cuberek, R. (2013). The correlation between isokinetic strength of knee extensors and vertical jump performance in adolescent soccer players in an annual training cycle. *Acta Universitatis Palackianae Olomucensis. Gymnica*, 43(1), 7-15.
- Maglischo, E. W. (2012). Part II: Training Fast Twitch Muscle Fibers: Why and How. *Journal of Swimming Research*, 19(1), 1-18.
- Malliou, P., Ispirlidis, I., Beneka, A., Taxildaris, K., & Godolias, G. (2003). Vertical jump and knee extensors isokinetic performance in professional soccer players related to the phase of the training period. *Isokinetics and Exercise Science*, 11, 165-169.

- Manchado, C. et al. (2013). Time-motion analysis in women's team handball: importance of aerobic performance. *Journal of Human Sport and Exercise*, 8(2), 376-390.
- Mauch, M., Rennbahn, P., Rist, H.-J., Rennbahn, P., Kaelin, X., & Rennbahn, P. (2014). Reliability and validity of two measurement systems in the quantification of jump performance. *Schweizerische Zeitschrift für Sportmedizin und Sporttraumatologie*, 62(1), 57-63.
- McCarthy, J. P., Agre, J. C., Graf, B. K., Pozniak, M. A., & Vailas, A. C. (1995). Compatibility of adaptive responses with combining strength and endurance training. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 27(3), 429-436.
- Menegaldo, L. L., & Oliveira, L. F. (2011). An EMG-driven model to evaluate quadriceps strengthening after an isokinetic training. *Procedia IUTAM*, 2, 131-141.
- Měkota, K., & Cuberek, R. (2007). *Pobybové dovednosti - činnosti - výkony*. Olomouc: Univerzita Palackého.
- Měkota, K., & Novosad, J. (2005). *Motorické schopnosti*. Olomouc: Univerzita Palackého.
- Morrow, J. R., Jackson, A. W., Disch, J. G., & Mood, D. P. (2005). *Measurement and Evaluation in Human Performance*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Neumann, J. (2003). *Cvičení a testy obratnosti, vytrvalosti a síly*. Praha: Portál.
- Novosad, J., & Neuls, F. (2001). Sportovní výkon. In F. Neuls (Ed.), *Základy sportovního tréninku I* (pp. 8-14). Olomouc: Hanex.
- Noyes, F. R., Barber-Westin, S. D., Fleckenstein, C., Walsh, C., & West, J. (2005). The drop-jump screening test: Difference in lower limb control by gender and effect of neuromuscular training in female athletes. *American Journal of Sports Medicine*, 33(2), 197-207.
- Nuzzo, J. L., McBride, J. M., Cormie, P., & McCaulley, G. O. (2008). Relationship between countermovement jump performance and multijoint isometric and dynamic tests of strength. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 22(3), 699-707.
- Nykodým, J. et al. (2006). *Teorie a didaktika sportovních her*. Brno: Masarykova univerzita.

- Östenberg, A., Roos, E., Ekdahl, C., & Roos, H. (1998). Isokinetic knee extensor strength and functional performance in healthy female soccer players. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sport*, *8*(5), 257-264.
- Pääsuke, M., Ereline, J., & Gapeyeva, H. (2001). Knee extensor muscle strength and vertical jumping performance characteristics in pre- and post-pubertal boys. *Pediatric Exercise Science*, *13*, 60-69.
- Papadopoulos, C., Theodosiou, K., Noussios, G., Gantiraga, E., Meliggas, K., Sambanis, M., & Gissis, I. (2012). Evidence for validity and reliability of multiarticular leg extension machine. *International Journal of Applied Science and Technology*, *2*(8), 10-19.
- Perič, T., & Dovalil, J. (2010). *Sportovní trénink*. Praha: Grada.
- Peterson, M. D., Alvar, B. A., & Rhea, M. R. (2006). The contribution of maximal force production to explosive movement among young collegiate athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *20*(4), 867-873.
- Pori, P., Kovačič, S., Bon, M., Dolenc, M., & Šibila, M. (2005). Various age category – related differences in the volume and intensity of the large-scale cyclic movements of male players in team handball. *Acta universitatis palackianae olomucensis gymnica*, *35*(2), 119-125.
- Psotta, R., Bunc, V., Mahrová, A., Netscher, J., & Nováková, H. (2006). *Fotbal – kondiční trénink*. Praha: Grada.
- Rannou, F., Prioux, J., Zouhal, H., Gratas-Delamarche, A., & Delamarche, P. (2001). Physiological profile of handball players. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, *41*(3), 349-353.
- Reiman, M. P., & Manske, R. C. (2009). *Functional Testing in Human Performance*. Champaign: Human Kinetics.
- Samozino, P., Morin, J. B., Hintzy, F., & Belli, A. (2008). A simple method for measuring force, velocity and power output during squat jump. *Journal of Biomechanics*, *41*, 2940-2945.
- Shepherd, J. (2013). Developing a fast twitch training muscle fiber for speed, power and strength. *Track Coach*, *203*, 6480-6483.

- Slepička, P., Hošek, V., & Hátlová, V. (2011). *Psychologie sportu* (2nd ed.). Praha: Karolinum, Univerzita Karlova.
- Sporiš, G., Vuleta, D., Vuleta, Jr., D., & Milanovič, D. (2010). Fitness profiling in handball: physical and physiological characteristics of elite players. *Collegium Antropologicum*, 34(3), 1009-1014.
- Steindler, A. (1955). *Kinesiology of the Human Body Under Normal and Pathological Conditions*. Springfield, IL: Charles C. Thomas Co.
- Stoppani, J. (2008). *Velká kniha posilování*. Praha: Grada.
- Šibila, P., 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.
- Táborský, F. et al. (2007). *Základy teorie sportovních her*. Praha: Univerzita Karlova.
- Táborský, F. et al. (2009). Metodologická východiska pozorování a hodnocení herního výkonu. Praha: Karolinum, Univerzita Karlova.
- Tsiokanos, A., Eleftherios, K., Jamurtasa, A., & Kellis, S. (2002). The relationship between jumping performance and isokinetic strength of hip and knee extensors and ankle plantar flexors. *Isokinetics and Exercise Science*, 10, 107-115.
- Van Den Tillaar, R., Waade, L., & Roaas, T. (2015). Comparison of the effects of 6 weeks of squat training with a plyometric training programme upon different physical performance tests in adolescent team handball players. *Acta Kinesiologiae Universitatis Tartuensis*, 21, 75-88.
- 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.
- Vařeka, I., & Vařeková, R. (2009). *Kineziologie nohy*. Olomouc: Univerzita Palackého.
- Verstegen, M., & Williams, P. (2005). *Core performance: The revolutionary workout program to transform your body and your life*. München, Germany: Riva.
- Votík, J. (2005). *Trenér fotbalu „B“ UEFA licence*. Praha: Olympia.

- Weiss, L. W. (2000). Multiple-joint performance over a velocity spectrum. In L. E. Brown (Ed.), *Isokinetics in Human Performance* (pp. 196-209). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Wilson, G. J., Walshe, A. D., & Fisher, M. R. (1997). The development of an isokinetic squat device: reliability and relationship to functional performance. *Journal of Applied Physiology*, *75*, 455-461.
- Wislof, U., Castagna, C., Helgerud, J., Jones, R., & Hoff, J. (2004). Strong correlation of maximal squat strength with sprint performance and vertical jump height in elite soccer players. *Journal of Sports and Medicine*, *38*, 285-288.
- Young, W. B., Pryor, J. F., & Wilson, G. J. (1995). Effect of instructions on characteristics of countermovement and drop jump performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *9*(4), 232-236.
- Zatsiorski, V. M., & Kramer, W. J. (2006). *Science and practice of strength training* (2nd ed.). Champaign, IL: Human Kinetics.

11 PŘÍLOHY

Příloha 1. Vyjádření etické komise FTK UP k výzkumu



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 isokinetickou 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 2. Absolutní izometrická a izokinetická svalová síla při cviku leg-press a explozivní svalová síla hodnocená testy vertikálního skoku na začátku přípravného období – základní statistické charakteristiky

Proměnná	N	M	Min	Max	SD	
Izom	18	1966,83	1456,00	2297,00	238,80	
PF [N]	E 400	18	2281,67	1881,00	2793,00	255,36
	E 800	18	1624,61	1281,00	2035,00	208,09
	F 200	18	3515,78	2573,00	4787,00	572,18
	F 400	18	3230,06	2541,00	4541,00	495,43
PW [J]	E 400	18	263,22	176,00	408,00	51,51
	E 800	18	152,78	83,00	254,00	37,75
	F 200	18	441,11	286,00	620,00	89,94
	F 400	18	389,00	231,00	592,00	86,88
PP [W]	E 400	18	912,99	753,90	1119,40	102,08
	E 800	18	1298,63	1025,70	1611,50	164,95
	F 200	18	703,83	512,30	959,80	115,83
	F 400	18	1292,19	1014,90	1813,70	197,80
VSP [cm]	18	22,92	13,35	31,27	4,48	
VSPP [cm]	18	23,83	13,76	31,90	4,82	
VSDVM [cm]	18	23,86	15,45	30,66	4,51	

Poznámka. N – počet případů; M - aritmetický průměr; Min – minimální hodnota; Max – maximální hodnota; SD – směrodatná odchylka; VSP – vertikální skok z podřepu; VSPP – výška vertikálního skoku s protipohybem; VSDVM – výška vertikálního skoku po dopadu z vyvýšeného místa; PF – maximální izokinetická svalová síla; PW – maximální izokinetická svalová práce; PP – maximální izokinetický svalový výkon; Izom – izometrický režim; E – extenze; F – flexe; 200, 400, 800 – lineární rychlosti [mm/s]

Příloha 3. Relativní izometrická a izokinetická svalová síla při cviku leg-press a explozivní svalová síla hodnocená testy vertikálního skoku na začátku přípravného období – základní statistické charakteristiky

Proměnná	N	M	Min	Max	SD	
Izom	18	27,72	20,49	38,73	4,64	
PF [N/kg]	E 400	18	32,42	20,80	45,41	6,61
	E 800	18	23,01	15,74	31,20	4,48
	F 200	18	49,93	32,84	65,10	11,48
	F 400	18	45,63	32,26	58,77	8,89
PW [J/kg]	E 400	18	3,71	1,97	4,85	0,77
	E 800	18	2,14	1,09	2,96	0,51
	F 200	18	6,24	3,56	9,35	1,52
	F 400	18	5,47	3,12	7,94	1,30
PP [W/kg]	E 400	18	12,97	8,36	18,21	2,64
	E 800	18	18,39	12,56	24,88	3,57
	F 200	18	9,99	6,56	13,15	2,31
	F 400	18	18,25	12,91	23,47	3,55
VSP [cm]	18	22,92	22,92	13,35	31,27	
VSPP [cm]	18	23,83	23,83	13,76	31,89	
VSDVM [cm]	18	23,86	23,86	15,45	30,66	

Poznámka. N – počet případů; M - aritmetický průměr; Min – minimální hodnota; Max – maximální hodnota; SD – směrodatná odchylka; VSP – vertikální skok z podřepu; VSPP – výška vertikálního skoku s protipohybem; VSDVM – výška vertikálního skoku po dopadu z vyvýšeného místa; PF – maximální izokinetická svalová síla; PW – maximální izokinetická svalová práce; PP – maximální izokinetický svalový výkon; Izom – izometrický režim; E – extenze; F – flexe; 200, 400, 800 – lineární rychlosti [mm/s]

Příloha 4. Absolutní izometrická a izokinetická svalová síla při cviku leg-press a explozivní svalová síla hodnocená testy vertikálního skoku po skončení přípravného období – základní statistické charakteristiky

Proměnná	N	M	Min	Max	SD	
Izom	18	2174,56	1623,00	2759,00	277,14	
PF [N]	E 400	18	2465,44	1971,00	3087,00	329,20
	E 800	18	1782,40	1472,00	2294,00	224,74
	F 200	18	3626,83	2460,00	5085,00	679,59
	F 400	18	3345,11	2666,00	4343,00	558,09
PW [J]	E 400	18	273,06	161,00	420,00	55,43
	E 800	18	158,78	78,00	272,00	43,05
	F 200	18	452,83	259,00	665,00	115,10
	F 400	18	393,33	245,00	619,00	103,16
PP [W]	E 400	18	985,92	785,60	1233,00	131,27
	E 800	18	1423,62	1173,00	1829,70	178,93
	F 200	18	724,34	490,90	1019,50	136,38
	F 400	18	1338,82	1066,70	1734,60	223,57
VSP [cm]	18	22,92	24,83	17,71	37,09	
VSPP [cm]	18	23,83	25,68	18,65	36,42	
VSDVM [cm]	18	23,86	24,93	17,71	33,80	

Poznámka. N – počet případů; M - aritmetický průměr; Min – minimální hodnota; Max – maximální hodnota; SD – směrodatná odchylka; VSP – vertikální skok z podřepu; VSPP – výška vertikálního skoku s protipohybem; VSDVM – výška vertikálního skoku po dopadu z vyvýšeného místa; PF – maximální izokinetická svalová síla; PW – maximální izokinetická svalová práce; PP – maximální izokinetický svalový výkon; Izom – izometrický režim; E – extenze; F – flexe; 200, 400, 800 – lineární rychlosti [mm/s]

Příloha 5. Relativní izometrická a izokinetická svalová síla při cviku leg-press a explozivní svalová síla hodnocená testy vertikálního skoku po skončení přípravného období – základní statistické charakteristiky

Proměnná	N	M	Min	Max	SD	
Izom	18	30,39	21,75	41,64	5,29	
PF [N/kg]	E 400	18	34,57	24,82	51,15	7,01
	E 800	18	24,96	19,32	34,91	4,68
	F 200	18	51,19	28,54	70,14	13,02
	F 400	18	47,11	32,81	69,94	11,19
PW [J/kg]	E 400	18	3,83	2,31	5,28	0,92
	E 800	18	2,23	1,11	3,25	0,67
	F 200	18	6,37	3,00	9,24	1,86
	F 400	18	5,53	2,97	8,74	1,65
PP [W/kg]	E 400	18	13,82	9,89	20,37	2,79
	E 800	18	19,94	15,39	27,90	3,75
	F 200	18	10,22	5,69	14,06	2,60
	F 400	18	18,85	13,13	27,93	4,48
VSP [cm]	18	22,92	24,83	17,71	37,09	
VSPP [cm]	18	23,83	25,67	18,65	36,42	
VSDVM [cm]	18	23,86	24,93	17,71	33,80	

Poznámka. N – počet případů; M - aritmetický průměr; Min – minimální hodnota; Max – maximální hodnota; SD – směrodatná odchylka; VSP – vertikální skok z podřepu; VSPP – výška vertikálního skoku s protipohybem; VSDVM – výška vertikálního skoku po dopadu z vyvýšeného místa; PF – maximální izokinetická svalová síla; PW – maximální izokinetická svalová práce; PP – maximální izokinetický svalový výkon; Izom – izometrický režim; E – extenze; F – flexe; 200, 400, 800 – lineární rychlosti [mm/s]