

**Univerzita Palackého v Olomouci**

**Fakulta tělesné kultury**

**OPTIMALIZACE TRÉNINKOVÉHO ZATÍŽENÍ PRO ROZVOJ EXPLOZIVNÍ SÍLY  
DOLNÍCH KONČETIN S VYUŽITÍM PŘÍSTROJE FITRODYNE PREMIUM**

Diplomová práce

(magisterská)

Autor: Bc. Jakub Buček, tělesná výchova a sport

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

Olomouc 2012

## Bibliografická identifikace

<b>Jméno a příjmení autora:</b>	Bc. Jakub Buček
<b>Název diplomové práce:</b>	Optimalizace tréninkového zatížení pro rozvoj explozivní síly dolních končetin s využitím přístroje FitroDyne Premium
<b>Pracoviště:</b>	Katedra sportu
<b>Vedoucí:</b>	Doc. PaedDr. Michal Lehnert, Dr.
<b>Rok obhajoby:</b>	2012

**Abstrakt:** Cílem diplomové práce je stanovit a porovnat efekt tréninkového programu zaměřeného na rozvoj explozivní síly dolních končetin využívajícího pro optimalizaci počtu opakování v sérii zpětnovazebné informace a tréninkového programu s předem stanoveným počtem opakování v sérii. Soubor aktivních sportujících mužů ( $n=12$ , věk  $M=26,3\pm 3,1$  let, tělesná výška  $M=187,7\pm 7,49$  cm, tělesná hmotnost  $M=96,5\pm 12,42$  kg) byl dále rozdělen na experimentální (ES) a kontrolní (KS) skupinu. Výška vertikálního skoku byla měřena pomocí zařízení FiTRO Jumper. Síla flexorů a extenzorů kolena byla testována na izokinetickém přístroji ISOMED 2000 v úhlových rychlostech  $60^\circ/s$  a  $360^\circ/s$ . Individuální hodnocení změn explozivní síly dolních končetin potvrdilo značné individuální diference. U skupinového hodnocení Friedmanova ANOVA ukázala na významný rozdíl hodnot pouze v případě vertikálního skoku u experimentální skupiny ( $p<0,05$ ). Porovnání rozdílů testových skóre vertikálního skoku mezi skupinami v jednotlivých měřeních však nepotvrdilo významné rozdíly ani v jednom z měření. U izokinetických parametrů byly změny hodnot nevýznamné. Výsledky studie naznačily, že využití FitroDyne Premium v tréninkovém procesu pro rozvoj výbušné síly může vést ke zvýšení efektivity tréninkového programu.

**Klíčová slova:** dolní končetiny, trénink, tréninkové zatížení, individualizace.

Souhlasím s půjčováním diplomové práce v rámci knihovních služeb.

## **Bibliographical identification**

**Author's first name and surname:** Bc. Jakub Buček

**Title of the master thesis:** Optimization of training load for development of explosive strength of lower limbs with the use of Fitrodyne Premium

**Department:** Department of Sport

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

**The year of presentation:** 2012

**Abstract:** The aim of this thesis is to determine and compare the effect of the training program to develop explosive strength of lower limbs. The program utilizes the feedback information and training program with predetermined number of times in the series in order to optimize the number of repetitions in a series. The group of active sporting men (n=12, age  $M=26,3\pm 3,1$  years, stature  $M=187\pm 7,49$  cm, body weight  $M=96,5\pm 12,42$  kg) were further divided into experimental and control groups. The vertical jump height was measured using a device FITRO Jumper. Strength of the knee flexors and extensors was tested on isokinetic device ISOMED 2000 in angular velocities  $60^\circ/s$  and  $360^\circ/s$ . Individual evaluation of changes in explosive strength of the lower limbs confirmed the considerable individual differences. As far as the group evaluation was concerned, Friedman's ANOVA showed a significant difference of values only in case of vertical jump in the experimental group ( $p<0,05$ ). However, the comparison of differences of vertical jump test scores between groups in individual measurements did not confirm significant differences in either measurement. For isokinetic parameters were insignificant changes in value. The results of the study indicated that the use FitroDyne Premium in the training process for the development of explosive power can increase the effectiveness of the training program.

**Keywords:** lower limbs, training, training load, individualization.

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

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

V Olomouci dne 12. 12. 2012

.....

Děkuji vedoucímu práce doc. PaedDr. Michalu Lehnertovi, Dr. za pomoc, cenné rady, individuální a starostlivý přístup, který mi poskytl při zpracování diplomové práce. Dále děkuji RNDr. Milanu Elfmarkovi za pomoc při zpracování statistických dat a Bc. Pavlu Štolfovi za pomoc při izokinetickém měření.

V Olomouci 12. 12. 2012

<b>2</b>	<b>SYNTÉZA POZNATKŮ .....</b>	<b>11</b>
<b>2.1</b>	<b>FYZIOLOGIE SVALSTVA .....</b>	<b>11</b>
2.1.1	Struktura kosterního svalu .....	12
2.1.2	Druhy svalových vláken .....	13
2.1.3	Princip kontrakce svalu .....	15
2.1.4	Typy svalové kontrakce .....	16
<b>2.2</b>	<b>SÍLA.....</b>	<b>18</b>
2.2.1	CHARAKTERISTIKA SILOVÝCH SCHOPNOSTÍ.....	18
2.2.2.1	Druhy síly .....	19
2.2.2.2	Faktory ovlivňující svalovou sílu .....	22
2.2.3.1	Metodotvorní činitelé tréninku síly .....	24
2.2.4	METODY ROZVOJE SÍLY .....	26
2.2.5	DIAGNOSTIKA SÍLY .....	33
2.2.5.1	Izokinetika .....	34
2.2.5.2	Izokinetická dynamometrie .....	35
2.2.5.3	Poměr H/Q .....	35
<b>3</b>	<b>CÍLE PRÁCE, ÚKOLY A VÝZKUMNÉ OTÁZKY .....</b>	<b>37</b>
3.1	Cíle práce.....	37
3.2	Úkoly práce .....	37
3.3	Výzkumné otázky .....	38
<b>4</b>	<b>METODIKA .....</b>	<b>39</b>
4.1	Charakteristika souboru.....	39
4.2	Popis 6 týdenního tréninkového programu.....	40
4.3	Stanovení 1 OM při dřepu na multipressu.....	42
4.4	Test vertikálního skoku z místa na koberci FiTro Jumper .....	42
4.5	Diagnostika na přístroji ISOMED 2000 .....	43
4.7	Parametry tréninkového programu.....	45
4.8	Monitorovací zařízení .....	45
4.8.1	FitroDyne Premium .....	45
4.8.2	FiTRO Jumper .....	47

4.8.3 Izokinetický dynamometr ISOMED 2000.....	47
<b>4.9 Zpracování dat.....</b>	<b>49</b>
<b>5 VÝSLEDKY A DISKUSE.....</b>	<b>50</b>
5.1 Individuální vyhodnocení výsledků .....	50
5.2 Experimentální skupina.....	50
5.3 Kontrolní skupina.....	58
5.4 Skupinové vyhodnocení výsledků .....	61
5.4.1 Výsledky a diskuse k testování výšky vertikálního skoku .....	61
<b>5.5 Výsledky a diskuse k testování izokinetické síly .....</b>	<b>65</b>
5.5.1 Výsledky a diskuse k MS v úhlových rychlostech 60 a 360°/s .....	67
5.5.2 Výsledky a diskuse k Tmax v úhlových rychlostech 60 a 360°/s.....	69
5.5.3 Výsledky a diskuse k Pmax v úhlových rychlostech 60 a 360°/s.....	70
5.5.4 Výsledky a diskuse k Amax v úhlových rychlostech 60 a 360°/s .....	71
5.5.5 Diskuse a výsledky k poměru síly flexorů k extenzorům kolena.....	72
<b>5.6 Vyjádření k výzkumným otázkám .....</b>	<b>73</b>
<b>5.7 Limity studie a podněty pro budoucí studie.....</b>	<b>74</b>
<b>6 ZÁVĚRY .....</b>	<b>75</b>
<b>7 SOUHRN .....</b>	<b>76</b>
<b>8 SUMMARY.....</b>	<b>77</b>
<b>9 REFERENČNÍ SEZNAM .....</b>	<b>78</b>

## **Seznam použitých zkratek:**

ES – experimentální skupina

KS – kontrolní skupina

PDK – pravá dolní končetina

LDK – levá dolní končetina

MS – maximální moment síly (peak torque)

Tmax – čas k dosažení maximální síly

Amax – úhel ve kterém dochází k maximálnímu momentu síly

Wmax – maximální výkon

1 OM – opakovací maximum

TO – testované osoby



# 1 ÚVOD

V posledních letech je sportovní trénink jedním z hlavních důvodů, proč podávané sportovní výkony mají stále rostoucí tendence. Sportovci těchto výkonů nedosahují jen díky rozsáhlejšími informacím z oblasti anatomie, biomechaniky, fyziologie a dalších vědních oborů, ale především z důvodu inovativního přístupu k tréninkovým metodám a technologiím. Ve všech sportovních odvětvích, která se zabývají problematikou svalové síly, se objevuje požadavek na kvalitnější a odborně vedený sportovní trénink zaměřený na rozvoj těchto silových schopností. Mezi klíčové problémy při sestavování tréninkového programu patří typ tréninkového zatížení, stanovení optimálního tréninkového objemu, odporu, intenzity a intervalu odpočinku (Lehnert, Novosad, Neuls, Langer, & Botek, 2010). Pro sestavování a určování tréninkového zatížení je důležitá přesná diagnostika svalové síly. Mezi nejčastěji využívané metody měření svalové síly patří izometrické a izokinetické testy. Sílu dolních končetin považuji za jeden z hlavních faktorů kondice každého sportovce, který ovlivňuje podávaný výkon u všech typů výkonnostních úrovní.

Téma diplomové práce je mi velice blízké, protože s problematikou určování optimálního zatížení přicházím každodenně do styku v trenérské činnosti, které se již delší dobu věnuji. Ve sportovním tréninku je často obtížné odhadnout adekvátní velikost odporu, protože každý cvičenec je individualitou, ke které se musí specificky přistupovat. Dalším důvodem volby tohoto tématu byla možnost využití přístroje FitroDyne Premium (FiTRONiC, Bratislava), díky němuž mi bylo umožněno posoudit, zda je dané zařízení přínosné pro praktické využití v oblasti trenérství. Výše uvedený přístroj měří rychlost a výkon při svalové kontrakci a může rovněž optimalizovat zatížení podle požadavků tréninkové jednotky. Cennou zkušeností bylo pro mě seznámení se s laboratorním přístupem diagnostiky silových parametrů. V praxi se totiž nejčastěji setkáváme s terénním testováním, kde je často využíván test vertikálního skoku. Velmi si cením toho, že jsem k hodnocení silových parametrů dolních končetin mohl využít jednu z nejmodernějších metod, kterou představuje izokinetický přístroj ISOMED 2000 (D.& R. Ferstl GmBh, Hemau, Germany). Toto zařízení je díky vysoké pořizovací ceně v České republice zatím jediné svého druhu, a to právě na Fakultě tělesné kultury Univerzity Palackého v Olomouci. Myslím si, že v blízké budoucnosti se stane izokinetická diagnostika jednou ze standardních a nejpřesnějších metod pro posouzení svalové síly.

Diplomová práce se zabývá optimalizací tréninkového zatížení zaměřeného na rozvoj explozivní síly dolních končetin při dřepu s činkou. Po aplikaci tréninkového programu jsme vyhodnocovali změny hodnot výšky vertikálního skoku a dále jsme posuzovali dynamiku změn izokinetické svalové síly při extenzi a flexi v kolenním kloubu u aktivně sportujících mužů.

## 2 SYNTÉZA POZNATKŮ

### 2.1 FYZIOLOGIE SVALSTVA

Svalovou tkáň tvoří buňky schopné reagovat na podráždění, přičemž dochází ke změně její délky nebo napětí. Úkolem svalstva je udržení polohy organismu v prostoru, vystýlání stěn dutých orgánů a zajišťování jejich funkcí (Rokyta, 2000).

Schopností svalové tkáně je měnit napětí (tonus), smršťovat se (kontrakce), uvolňovat (relaxace) i protahovat. Řízení i funkce svalů závisí na druhu svalové tkáně (Merkunová & Orel, 2008). Bartůňková (2010) rozlišuje tři typy svalové tkáně, mezi které patří hladká, srdeční a příčně pruhovaná. Charakteristiku jednotlivých typů svalové tkáně znázorňuje Tabulka 1. Vzhledem k zaměření práce se budeme věnovat pouze kosternímu svalstvu.

#### Příčně pruhovaná svalová tkáň

Kosterní svalovina tvoří 36-40% tělesné hmotnosti. Příčně pruhované svaly jsou složeny z množství svalových vláken válcovitého tvaru s velkým množstvím jader. Vlákná jsou ohraničena sarkolemou, kontraktilní aparát tvoří buňky myofibril (aktin a myozin) uložených v sarkoplazmě. Svaly jsou řízeny aktivitou eferentních motorických nervů.

**Tabulka 1.** Charakteristika jednotlivých typů svalové tkáně (Bartůňková, 2010, upraveno)

	<b>Hladké</b>	<b>Srdeční</b>	<b>Příčně pruhované</b>
Stah	pomalý	rychlejší	nejrychlejší
Spojení mezi vlákny	je	je	není
Aktivita svalu	i bez účasti nervového podnětu (protažení)	bez účasti nervového podnětu (převodní systém)	pouze po přenosu nervem na sval
Inervace	vegetativní systém	vegetativní systém	somatický systém
Klidový potenciál	-50 mV	-80 mV	-90 mV
Absolutní refrakterní fáze	500 ms	200 ms	1-3 ms
Chronaxie	velmi dlouhá	dlouhá	krátká
Práce svalu	tetanický stah, nižší frekvence	zákon „vše nebo nic“	tetanický stah, větší frekvence

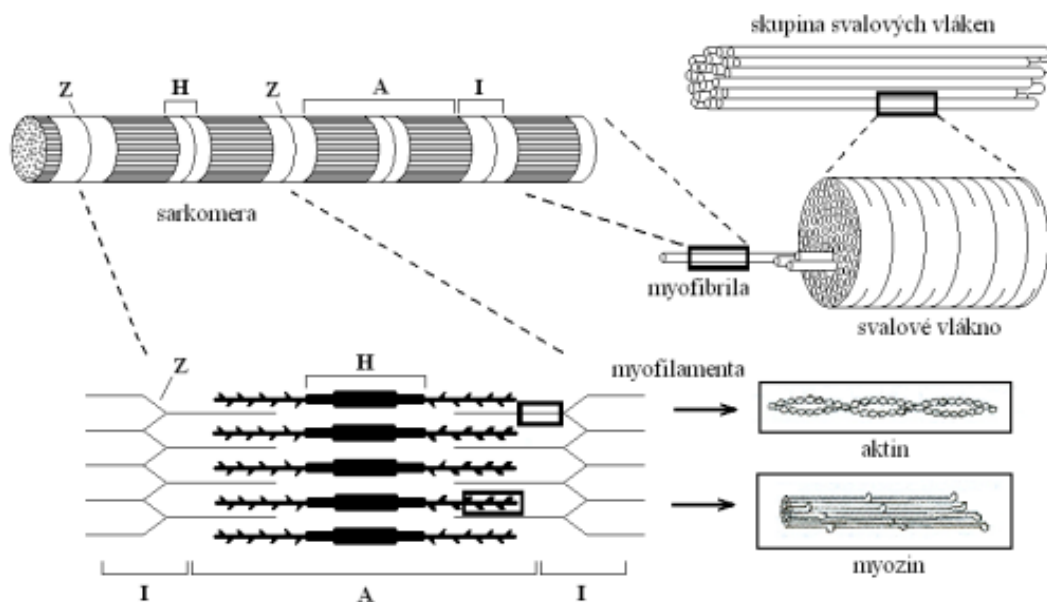
### 2.1.1 Struktura kosterního svalu

Kosterní sval se skládá ze svazku svalových vláken oddělených vazivem. Svalové vlákno je mnohoaderné s jádry uloženými pod sarkolemou. Vnitřek vláken je vyplněn sarkoplazmou. V sarkoplazmě jsou obsaženy důležité látky pro svalový stah, jako jsou enzymy, kyslík vázaný na myoglobin, metabolity a meziprodukty látkové přeměny. Nachází se zde myofibrily, mitochondrie, tubuly a sarkoplazmatické retikulum bohaté na vápenaté a hořčnaté ionty potřebné pro realizaci svalové kontrakce. Jedná se o (Seliger & Vinařický, 1993; Trojan, 1992).

Myofibrila představuje vlastní kontraktilní aparát svalové buňky. Základ myofibrily je tvořen světlejšími aktinovými a tmavšími myozinovými myofilamenty, které se částečně překrývají a vytváří tak příčné pruhování. Úsek myofibrily, který je oddělen tzv. Z liniemi se nazývá sarkomera, a je označován jako funkční jednotka svalu. Sarkomera přenáší sílu stahu svalového vlákna na šlachu (Bartůňková, 2010; Trojan, 1992). Struktura kosterního svalu znázorňuje Obrázek 1.

Aktinové vlákno se skládá z aktinu, troponinu a tropomyozinu. Je tvořeno z dvoušroubovice, přičemž se tropomyozin obtáčí kolem aktinu. Troponin má 3 vazební místa, kde se váže aktin, tropomyozin a kalciové ionty (Rokyta, 2000).

Myozinové vlákno je schopno štěpit ATP (adenosintrifosfát) a tím zajistit energii pro sval. Myozinové hlavy „kloužou“ po aktinových vláknech a umožňují zasouvání vláken, což vede ke kontrakci svalové buňky (Rokyta, 2000).



**Obrázek 1.** Struktura kosterního svalu (Rokyta, 2000, upraveno)

### 2.1.2 Druhy svalových vláken

Svalová tkáň nemá homogenní strukturu, ale je tvořena dvěma základními typy, které se odlišují funkčními ale také morfologickými vlastnostmi. První typ představují vlákna červená (pomalá, typ I). Druhým typem jsou vlákna bílá (rychlá, typ II). Hlavní rozdíl u těchto vláken spočívá v rychlosti, kterou jsou schopny se stahovat, respektive uvolňovat. Pomalé svalové vlákno potřebuje pro dosažení maximální kontrakce 80-100 ms, tj. skoro dvojnásobek doby oproti rychlým vláknům. Intenzita kontrakce rychlých vláken je v porovnání s pomalými skoro pětinašobná (Hamar & Lipková, 2001).

Rychlost i intenzita kontrakce je závislá na inervaci a enzymatickém vybavení svalových buněk. Rychlá svalová vlákna (RV) jsou inervována alfa neurony s rychlým vedením vzruchu. Pomalá vlákna (PV) řídí beta neurony, kde podráždění probíhá pomaleji. RV mají vyšší koncentraci ATP-ázy a zajišťují tak dostatek energie v krátkém čase pro rychlý intenzivní stah. Jsou schopny rychlejší a intenzivnější kontrakce než PV. RV jsou málo odolné proti únavě. Opakuje-li se kontrakce, intenzita stahu RV klesá již po 1 minutě. U PV klesá po 1 minutě nepatrně. Odolnost proti únavě je podmíněna schopností uvolňovat energii aerobním způsobem (s využitím  $O_2$ ). Pro získávání energie aerobním způsobem jsou PV vybavena velkým množstvím mitochondrií, myoglobinu i vysokou aktivitu enzymů aerobního metabolismu. U RV dochází k obnově ATP anaerobním způsobem bez přísunu  $O_2$ . Mají také

menší množství mitochondrií i myoglobinu. Při anaerobní práci získáme velké množství energie v krátkém čase, která je ale omezená. Příčinou zpomalení až zastavení je tvorba laktátu (kyseliny mléčné). Některá rychlá vlákna jsou charakteristická tím, že obsahují mitochondrie a enzymy aerobního metabolismu. Tento typ je označován jako rychlá oxidativní vlákna (II a). Rychlá vlákna mající jen anaerobní enzymy se označují jako rychlá glykolytická vlákna (II b). Při nízké intenzitě tělesného zatížení, kde postačí slabší kontrakce, se zapojují výlučně pomalá vlákna (mají nižší práh dráždivosti). Se stoupající intenzitou se zapojují rychlá oxidativní vlákna a na konec i rychlá glykolytická vlákna (Hamar & Lipková, 2001).

Aktivace jednotlivých typů svalových vláken záleží na charakteru prováděného pohybu typického pro určitý sport. Při vytrvalostním tréninku dochází k adaptaci převážně PV. Rychlostní a silové zatížení vede k adaptaci rychlých glykolytických vláken. V průběhu rychlostně-silového tréninku (vysoká intenzita + krátké kontrakce) se aktivují i PV, ale vzhledem ke krátké době zatížení nedochází k jejich výrazné adaptaci. Pokud v průběhu silového zatížení bude nižší intenzita a celkový čas stimulace se prodlouží, projeví se adaptační změny i na vláknech pomalých (Hamar & Lipková, 2001).

Podobně Přidalová a Riegerová (2002) rozdělují svalová vlákna na:

Slow oxidativ (SO), pomalá červená vlákna, typ I – pomalá, oxidativní, vytrvalá, tenká, málo myofibril, hodně myoglobinu, mitochondrií a kapilár, obtížně unavitelná, udržující svalový tonus, uplatnění ve statických polohách, při pomalém pohybu vytrvalostní činnosti, označují se jako tonická vlákna.

Fast glycolycoxydativ (FOG), rychlá červená vlákna, typ II A – středně silná, tlustší, rychlá, méně mitochondrií, více myofibril, střední množství kapilár, odolná proti únavě, uplatnění při rychlé kontrakci velkou silou, vlákna fázická.

Fast glycolytic (FG), rychlá bílá vlákna, typ II B – objemná, málo kapilár, málo myoglobinu a oxidativních enzymů, rychlá, lehce unavitelná, anaerobní, uplatnění při maximálních silových výkonech.

Typ III, přechodná – nediferencovaná

### 2.1.3 Princip kontrakce svalu

Bartůňková (2010) uvádí a charakterizuje tyto funkční vlastnosti svalu:

#### Fyzikální vlastnosti

- Pružnost – schopnost vrátit se do původního stavu,
- Pevnost – schopnost odolávat přetržení.

#### Fyziologické vlastnosti

- Dráždivost - dráždění - na sval (přímé), na nerv (nepřímé),
  - podnět - chemický, mechanický, elektrický tepelný,
  - podprahový, prahový, neprahový,
  - reobáze - nejnižší intenzit proudu vyvolávající stah,
  - refraktilní fáze - membrána je nedráždivá,
  - labilnost - schopnost co nejrychleji střídat impulsy jdoucí za sebou.
- Stažlivost – odpověď svalu na jednotlivé impulzy. Odpověď se odvíjí od frekvence podnětu. Dojde-li ve fázi relaxace k dalšímu stimulu, nastává sumace, superpozice, hladký nebo vlnitý tetanus,
- Vodivost – schopnost přenášet vzruch (vzruch je elektrický projev, ke kterému dochází při průchodu vzruchu vzrušivou tkání = akční potenciál),

Svalová kontrakce má dvě fáze. V první fázi dochází k vytvoření aktinomyozinových můstků, druhá fáze je charakteristická zasouváním aktinu a myozinu.

Dojde-li nervový impuls k terminálnímu konci axonu motorického neuronu, uvolní se acetylcholin. Ten difunduje do synaptické štěrbině, naváže na sebe receptor postsynaptické membrány a dojde k depolarizaci. Membrána má v tu chvíli zvýšenou propustnost pro  $\text{Na}^+$  a  $\text{K}^+$  ionty, kdy hovoříme o akčním potenciálu (AP). Acetylcholin je inaktivován enzymem

acetylcholinesterázou. Aby došlo k dalšímu AP, musí se uvolnit z motorického neuronu další acetylcholin. AP depolarizuje sarkolemu, prochází t-tubuly, otvírá  $Ca^{++}$  kanály sarkoplazmatického retikula.  $Ca^{++}$  se vyplaví do sarkoplazmy a naváže se na troponin. Tropomyozin se vnoří do vláken aktinu, vytvářejí se můstky mezi aktinem a myozinem. Myozinové vlákno přitahuje aktinová vlákna a tím dochází ke zkrácení sarkomery, zkrácení svalů – svalovému stahu (Bartůňková, 2010).

Maximální zkrácení svalu je 50-70 % klidové délky, prodloužení až 180 % klidové délky (Rokyta, 2000).

Centrální nervová soustava řídí záměrné i podvědomé pohybové aktivity člověka. Řízení velikosti vytvářené svalové síly je nezbytným předpokladem ke koordinovanému pohybu. Aby byl pohyb proveden konkrétně, je nutno docílit určité úrovně svalového napětí. Zpětnovazebnými regulačními prvky jsou Golgiho tělíska a svalové vřetenka. Golgiho tělísko se nachází v místě přechodu svalu do šlachy a je citlivé na velikost vyvíjené síly. Svalové vřetenko je indikátorem velikosti protažení svalu, které brání jeho poškození (Rokyta, 2000).

#### **2.1.4 Typy svalové kontrakce**

##### **Izometrická kontrakce**

Cochran a House (2000) popisují izometrickou kontrakci jako akci, při níž sval produkuje sílu rovnou odporu, proto nedochází ke změně délky. Ve svaly je zvýšené napětí, ale délka svalu je konstantní.

Při této kontrakci se většinou jedná o udržení těla nebo břemene ve statické poloze. Ve sportu je uplatňována při výdržích (Lehnert et al., 2010).

##### **Dynamická kontrakce**

Při dynamické kontrakci se mění délka svalu, přičemž napětí zůstává konstantní. Podle změny délky svalu rozděluje Hamill a Knutzen (2009) kontrakci koncentrickou (dochází ke zkrácení svalu) a excentrickou (natažení svalu). Koncentrická kontrakce vyvolává zrychlení pohybu, zatímco excentrická zpomalení pohybu.



Dělení dynamických kontrakcí:

### Koncentrická

Síla, která vzniká při koncentrické svalové činnosti, je menší než maximální izomerická síla vyvinuta při optimální délce svalu. Jestliže svaly působí proti malému odporu, rychlost zkrácení se zvyšuje. Tento typ kontrakce je typický pro sporty, kde dochází k odrazu, vrhu nebo hodů (Lehnert et al., 2010).

### Excentrická

Sval, aby byl schopen protažení, potřebuje antagonistu, tíhovou sílu nebo nějakou vnější sílu. Rychlost změny délky v sarkomerech je malá na začátku protahování, kdy je zátěž o něco větší než izometrické maximum. Rychlost prodlužování svalu se zvyšuje s napětím (Hamill & Knutzen, 2009). Využití excentrické kontrakce se uplatní při dopadu po výskoku nebo chytání míče (Lehnert et al., 2010).

### Plyometrická

Lehnert et al (2010) uvádí, že ke koncentrické akci dochází ihned po excentrické akci. Vzniká tak velké množství energie pro koncentrickou akci. Typické pro rychlé a dynamické pohyby.

### Izokinetická

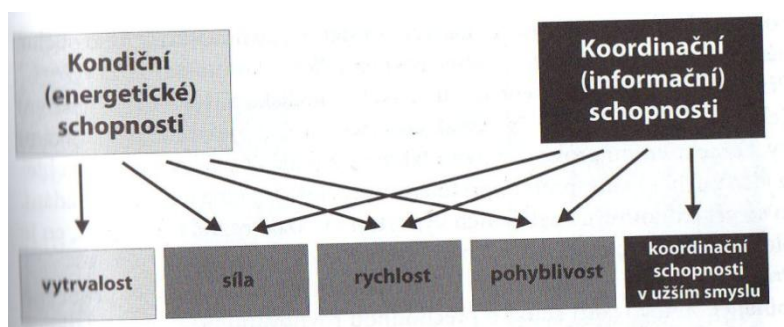
Pohyb se provádí předem zvolenou konstantní rychlostí nastavenou na izokinetickém přístroji v plném rozsahu provedení (Lehnert et al., 2010).

## 2.2 SÍLA

### 2.2.1 CHARAKTERISTIKA SILOVÝCH SCHOPNOSTÍ

Měkota a Novosad (2005) rozdělují, z hlediska hierarchického členění, motorické schopnosti na složky kondiční (energetické), koordinační (kondičně – psychomotorické) a nově i tzv. „hybridní“ (smíšené). Silové schopnosti zaujímají v rámci tohoto rozdělení své místo ve složce kondiční (energetické), společně se schopnostmi vytrvalostními a částečně i rychlostními (Měkota & Novosad).

Jelikož provedení pohybu není možné bez použití alespoň minimální svalové síly, shledávají Hohmann, Lames a Letzelter (2010) ještě širší provázanost mezi jednotlivými složkami motorických schopností, které uvádí Obrázek 2.



**Obrázek 2.** Vzájemné propojení kondičních a koordinačních schopností (Hohmann et al., 2010, 53)

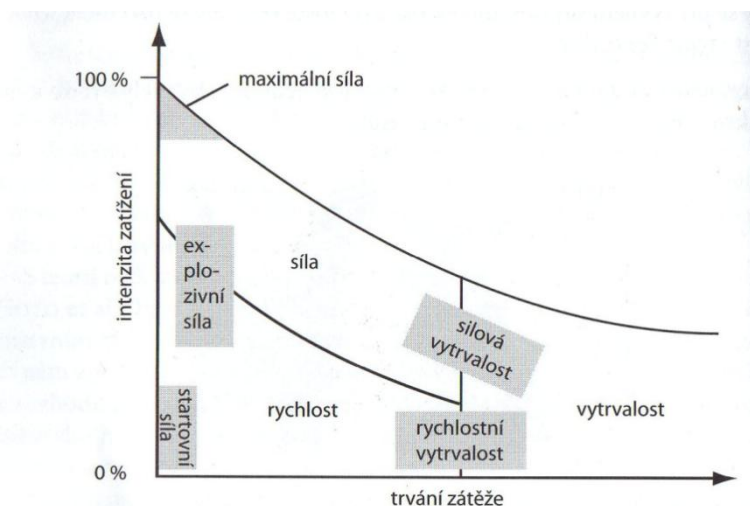
Při definování síly je nutné rozlišovat sílu ze dvou pohledů (Schmidtbleicher, 1992):

1. **síla jako fyzikální veličina F** – kdy síla F je myšlena jako míra pro hodnocení vlivu jednoho tělesa na druhé. Rozlišujeme vlivy síly *dynamické* – silou dochází k pohybu tělesa:  $F = m \cdot a$ ; a vlivy síly *deformační* – silou dochází ke změně tvaru tělesa,
2. **síla jako motorická schopnost člověka** – označuje svalovou schopnost statické, koncentrické nebo dynamické práce a brzdění účinku odporu.

Síla jako motorická schopnost představuje způsobilost svalů překonávat odpor (koncentrická kontrakce, kdy se sval zkracuje), působit proti odporu (excentrická kontrakce, kdy se sval natahuje), či zadržovat tíhu (izometrická kontrakce, kdy se mění pouze svalové napětí ve svalu bez změny délky) (Grosser, Griebel, & Zimmermann, 1999). „Síla je schopnost překonávat, udržovat nebo brzdit odpor svalovou kontrakcí při dynamickém nebo statickém režimu svalové činnosti“ (Lehnert et al., 2010, 18).

### 2.2.2.1 Druhy síly

Hohmann et al. (2010) uvádí přehled jednotlivých kondičních schopností a druhů sil v závislosti na intenzitě zatížení a trvání zátěže (Obrázek 3).



**Obrázek 3.** Přehled jednotlivých kondičních schopností a druhů sil v závislosti na intenzitě zatížení a trvání zátěže (Hohmann et al., 2010, 80)

#### Maximální síla

Představuje největší možnou sílu, kterou je člověk schopen záměrně vyvinout. Je závislá především na individuálním optimálním průřezu svalových vláken a největší

projevené nitrosvalové koordinaci. Maximální síla je předpokladem pro všechny rychlostně–silové sporty, silově–vytrvalostní sporty a kulturistiku (Grosser et al., 1999).

Maximální silou rozumíme sílu, kterou může sval nebo svalová skupina vyvinout k provedení jednoho opakování s největším možným odporem. Je označována jako *základní silový potenciál*, tzn. že ostatní síly jsou do jisté míry podmíněny rozvojem síly maximální (Lehnert et al., 2010).

### **Rychlá síla**

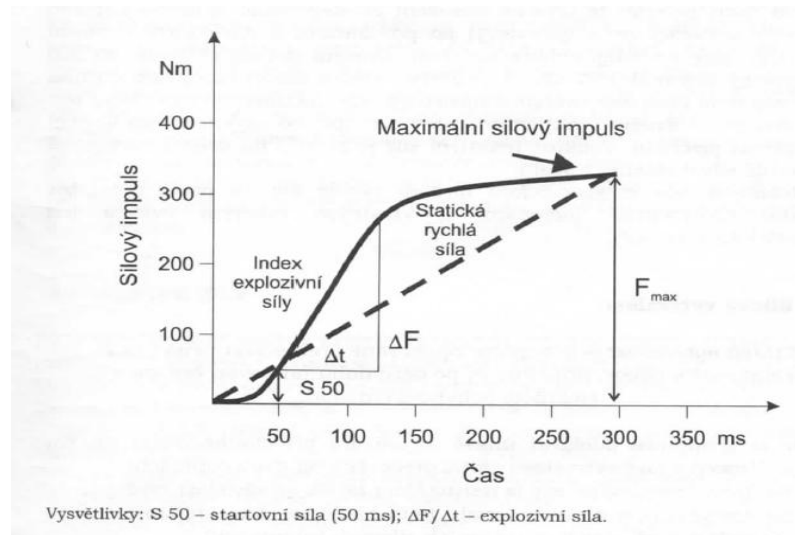
Pod tímto pojmem rozumí Hohmann et al. (2010) ucelenou schopnost vyvinout v nejkratší možné době pokud možno co největší svalový impuls (Obrázek 4). Existuje zde závislost na síle maximální, která se však snižuje se zmenšujícím se odporem.

Rychlou sílu lze dále dle Hohmanna et al. (2010) rozdělit na:

*sílu výbušnou (explozivní)* – výkon je určován především maximálním tempem rozvíjení síly, tzn., že jde o udělení co nejvyšší rychlosti v konečné fázi pohybu (je rozhodující např. při odrazu v basketbale, skoku dalekém, skoku vysokém apod.).

*sílu startovní* – výkon je určován počátečním tempem rozvíjení síly, tzn., že jde o provedení pohybu co nejvyšší rychlostí v nejkratším čase. Je to schopnost dosáhnout co nejvyšší úrovně silového impulsu na začátku pohybu a uplatňuje se např. při startu ve sprintu, úderu v boxu či kopu ve fotbale.

Limitujícími faktory u rychlé síly jsou především zastoupení rychlých svalových vláken v pracujících svalech, intramuskulární a intermuskulární koordinace a se stoupajícím odporem i maximální síla (Lehnert et al., 2010).



**Obrázek 4.** Znáornění startovní a explozivní síly na křivce síla-čas (Lehnert et al., 2010, 23)

### Reaktivní síla

Schopnost využít excentrické svalové akce a nahromaděné elastické energie k posílení následující akce koncentrické, se nazývá reaktivní síla. Tato schopnost je v široké míře využívána u mnoha sportovních pohybů, kdy vlastnímu cílovému pohybu (odhod, výskok, odraz) předchází nápřah či přípravný pohyb. Dochází tak k *cyklu natažení – zkrácení* neboli k rychlému přechodu mezi excentrickou a koncentrickou svalovou akcí (Lehnert et al., 2010).

Kromě maximální síly a schopnosti rychlé kontrakce je reaktivní síla determinována zejména schopností reaktivního napětí, která po svalové stránce závisí na nervově podmíněných segmentových protahovacích reflexech a na svalové tuhosti. Dále záleží na počtu svalových příčných můstků a síle a elasticitě šlach a vazivových tkání (Hohmann et al., 2010).

### Silová vytrvalost

Představuje schopnost trvale a opakovaně překonávat pohybový odpor, jehož úroveň musí činit alespoň 30 % maximální síly (Hohmann et al., 2010).

Silová vytrvalost se projevuje jako schopnost odolávat únavě organismu při dlouhodobém silovém výkonu. Její úroveň závisí především na maximální síle

(s narůstáním zátěže se závislost zvyšuje) a na energetickém zásobení svalu (z tohoto hlediska je silová vytrvalost odlišná od ostatních silových schopností).

V tréninkové praxi rozlišuje Lehnert et al. (2010) tři poddruhy vytrvalostní síly:

*maximální silová vytrvalost* – vyznačuje se vysokým odporem (>75 % maximální síly) překonávaným nemaximální rychlostí,

*submaximální silová vytrvalost* – používá se odpor činící 50–75 % maximální síly při dynamické svalové činnosti nebo <30 % při statické svalové činnosti,

*aerobní silová vytrvalost* – využívá se odpor představující 30–50 % maximální síly a charakterizuje ji převážně aerobní nebo smíšený způsob uvolňování energie.

#### **2.2.2.2 Faktory ovlivňující svalovou sílu**

Podle Hohmanna et al. (2010) jsou pro vyvinutí svalové síly rozhodující tyto hlavní faktory:

##### **Množství svalové hmoty a podíl rychlých vláken**

Množství svalové hmoty představuje primárního činitele pro velikost maximální síly a je nejčastěji hodnoceno příčnou průřezovou plochou svalu. Jako sekundárního činitele pro vyvinutí maximální svalové síly uvádí autoři podíl rychle kontrahujících vláken na celkovém množství svalové hmoty. Právě rychlá vlákna typu II se totiž při cíleném působení hypertrofují výrazně silněji než vlákna typu I a mají dominantnější vliv na svalovou sílu.

##### **Intramuskulární koordinace**

Neboli také schopnost vědomé aktivace až několika stovek motorických jednotek. Z tohoto hlediska existují tři cíle pro maximální kontrakci:

- maximální rekrutace – zapojení co největšího počtu motorických jednotek,

- maximální frekvence zapojení – co největší rychlost (frekvence) dráždění motorických jednotek,
- maximální synchronizace – zapojení motorických jednotek do kontrakce současně.

### **Intermuskulární koordinace**

Projevuje se součinností zapojených svalů pro vykonání pohybu a spolupráci agonistů (svaly pracující na pohybu v kloubu jedním směrem) a antagonistů (svaly působící na opačné straně kloubu, brzdící pohyb).

Lehnert et al. (2010) uvádí mimo výše uvedených, další čtyři důležité faktory svalové síly:

### **Zásoby energetických zdrojů a jejich mobilizace ve svalu**

Při produkci síly čerpají pracující svaly energii z energetických zdrojů ve svalu. Kromě samotné velikosti těchto zdrojů rozhoduje při silovém výkonu také rychlost jejich mobilizace z pohotovostních a doplňkových substrátů. Jde především ATP, CP a svalový glykogen. U silové vytrvalosti, kdy je sval v pracujícím režimu delší dobu, se doplňuje energie i z triglyceridů. Při mobilizaci energetických zdrojů hraje významnou roli také aktivita enzymů.

### **Reflexní děje a elasticita svalové a šlachové tkáně**

Schrávají důležitou roli hlavně v cyklu natažení – zkrácení. Lze je ovlivnit tréninkem a jejich zlepšení je zásadní pro výkon především v plyometrické metodě tréninku (viz plyometrická metoda).

### **Optimalizace aktivační úrovně centrální nervové soustavy (CNS)**

Souvisí s plným soustředěním na prováděnou pohybovou činnost. Prostřednictvím vysoké koncentrace a motivace cvičence lze výrazným způsobem ovlivnit sílu i rychlost svalového stahu.

### **Zvládnutí techniky**

Dokonalá automatizace prováděného pohybu, která úzce souvisí s mezisvalovou a nitrosvalovou koordinací, umožní cvičenci soustředit se plně na vyvinutí potřebné silové úrovně.

### 2.2.3 TRÉNINK SÍLY

Hohmann et al. (2010) zdůrazňuje důležitost základního principu silového tréninku při plánování normativů zátěže, tj. objasnění, kterého biologického adaptačního působení se má dosáhnout (např. hypertrofie, neuronální aktivace, silové vytrvalosti atd.).

Účinek tréninku síly se projevuje postupným přizpůsobením (adaptací) biologických mechanismů na tréninkový podnět. Tzn. pokud sval podrobujeme správným a cíleným zátěžovým tréninkem, jeho struktura a funkce se mění v závislosti na aplikovaném druhu silového tréninku (Grosser et al., 1999).

Trénink síly je základní součástí kondičního tréninku, proto je nutné odborné vedení cvičenců ze strany sportovního trenéra či pedagoga. Kromě pozitivního dopadu na organismus sportovce, ve formě vytváření předpokladů pro zvyšování sportovní výkonnosti a prodloužení sportovní kariéry, může vinou neodborného vedení trenérem, a z toho plynoucích chyb sportovců, docházet naopak ke stagnaci sportovní výkonnosti či hůře k vážným zdravotním problémům spojených s přerušáním či ukončením sportovní kariéry. Proto je nutným předpokladem efektivně a zdravotně nezávadného silového tréninku znalost aktuálního stavu a trénovanosti sportovce (Lehnert et al., 2010).

Silovým tréninkem zvyšujeme, kromě silového potenciálu, také zatížitelnost a prevenci zranění (profylaxe) sportovců. Především dochází ke zlepšování pevnosti a pružnosti kostí, svalů a pojivové tkáně, společně se zvyšováním energetického potenciálu. Zvýšení energetického potenciálu sportovce vede k možnosti postupného zvyšování tréninkového zatížení a minimalizaci nebezpečí poškození organismu (Lehnert et al., 2010).

#### 2.2.3.1 Metodotvorní činitelé tréninku síly

Při tréninku svalové síly je snaha o postupné vytváření žádoucích fyziologických, biomechanických, strukturálních a morfologických adaptací nervosvalového systému, kterých lze docílit odbornou manipulací s metodotvornými činiteli. Lehnert et al. (2010) uvažuje o kombinaci čtyř základních metodotvorných činitelů: *velikost odporu, počet opakování nebo doba cvičení, interval odpočinku a druh a rychlost svalové kontrakce.*



## **Velikost odporu**

Je klíčovým činitelem, rozhodujícím o možných adaptačních změn vyvolaných tréninkem. Přímou podmiňuje ostatní metodotvorné činitele, zejména pak počet opakování. Velikost odporu je možné dle Lehnerta et al. (2010) stanovit čtyřmi základními možnostmi:

- jako opakovací maximum (OM), kdy 1 OM představuje odpor, se kterým sportovec zvládne maximálně jedno opakování,
- jako procento 1 OM,
- jako kombinace hmotnosti břemene a výšky seskoku či pádu,
- nebo za pomoci zvolených fyzikálních veličin na trenažérech.

## **Počet opakování, doba cvičení**

Přímou závisí na velikosti odporu a při jeho stanovení je nutné zohlednit především cíl cvičení a zvolenou metodu tréninku síly (Lehnert et al., 2010).

V tréninkové praxi byla postupně vyvinuta speciální doporučení týkající se počtu opakování v sérii, která stimulují rozdílné svalové adaptace (Grasgruber & Cacek 2008).

Kromě počtu opakování však shledávají Grasgruber a Cacek (2008) jako důležitější faktor stanovení délky cvičení, množství vykonané mechanické práce během cvičení a hmotnost zátěže.

## **Interval odpočinku**

Představuje dobu zotavení mezi jednotlivými sériemi cviků a je důležitý z hlediska míry obnovy energetických zdrojů a zotavení nervové soustavy. Interval odpočinku je stanoven vzhledem k druhu trénované síly, použité metodě, velikosti procvičované svalové skupiny či vyspělosti cvičence. Při silovém tréninku Lehnert et al. (2010) doporučují tyto časové intervaly na dobu zotavení:

- krátká – do 1 minuty (např. při rozvoji silové vytrvalosti),

- střední – 1–3minuty (např. při rozvoji rychlé síly),
- dlouhý – přes 3 minuty (např. při rozvoji maximální nebo explozivní síly).

## Druh a rychlost svalové kontrakce

Obecně platí, že při dynamické kontrakci se rychlost snižuje vzhledem ke zvyšujícímu se odporu a zkracujícímu se intervalem odpočinku.

Dovalil et al. (2009) prezentuje vliv základních metodotvorných činitelů na tréninkový efekt vybraných druhů sil (Obrázek 5).

	<i>Tréninkový efekt</i>		
	<i>síla absolutní</i>	<i>síla výbušná</i>	<i>síla vytrvalostní</i>
<i>Velikost odporu</i>	maximální až střední	střední	nižší
<i>Rychlost pohybu</i>	malá	vysoká	střední
<i>Počet opakování</i>	nízký	nízký	vysoký

**Obrázek 5.** Vliv základních metodotvorných činitelů na tréninkový efekt vybraných druhů sil (Dovalil et al., 2009, 113).

## 2.2.4 METODY ROZVOJE SÍLY

V tréninkové praxi se využívá množství metod a variant pro rozvoj síly. Jednotlivé metody se od sebe liší v samotných hodnotách metodotvorných činitelů a každá metoda vyvolává specifické nervosvalové adaptace. V této práci se zaměříme na metody, které uvádí autoři Zatsiorsky a Kraemer (2006), kteří vychází ze tří základních metod pro rozvoj síly, a to:

1. *Metoda maximálního úsilí* – vyznačuje se cvičením proti maximálnímu odporu pro nárůst maximální síly. Počet opakování je nízký, dle procvičovaného cviku se pohybuje v rozmezí od 1–6 (8).
2. *Metody submaximálního a opakovaného úsilí* – u obou metod se cvičení provádí s nemaximálními váhami. Liší se mezi sebou pouze počtem opakování. V prvním

případě je počet opakování na střední úrovni (8–15), kdežto ve druhém případě se provádí cvičení do selhání. Hlavním efektem obou metod je svalová hypertrofie.

3. *Metoda dynamická* - je prováděna s nemaximální zátěží nejvyšší možnou rychlostí. Prostřednictvím této metody se zlepšuje míra vývoje síly a explozivní síla.

Lehnert et al. (2010) uvádí přehled nejčastěji využívaných metod tréninku síly:

### **1. Metody využívající maximálních a nadmaximálních odporů:**

- metoda maximálních úsilí (těžkoatletická),
- metoda excentrická (brzdivá),
- metoda izometrická.

### **2. Metody využívající nemaximálních odporů:**

#### A. překonávaných nemaximální rychlostí

- metoda opakovaných úsilí (kulturistická),
- metoda pyramidová,
- metoda intermediální,
- metoda silově vytrvalostní,
- metoda kruhového tréninku (kruhová),
- metoda izokinetická,

#### B. překonávaných maximální rychlostí,

- metoda rychlostní (rychlostně-silová),
- metoda explozivní,
- metoda balistická,
- metoda kontrastní,
- metoda plyometrická.

Tato práce je zaměřená především na rychlou sílu (explozivní sílu), proto zde charakterizujeme pouze metody tréninku síly, které uvedenou sílu rozvíjí.

### **Metoda maximálních úsilí (těžkoatletická metoda)**

Představuje základní metodu pro rozvoj maximální síly, které je dosaženo především zlepšením intramuskulární a intermuskulární koordinace a částečně hypertrofií svalů. Hlavním znakem těžkoatletické metody je překonávání velkých až maximálních odporů malou rychlostí. Důležité je vynaložení maximálního úsilí, které vede k zapojení maximálního počtu motorických jednotek. Svou náročností se uplatňuje zejména u silově připravených dospělých jedinců s dokonale osvojenou technikou provedení pohybu (Lehnert et al., 2010).

Dovalil et al. (2009) doporučuje využívání této metody především u základních cviků se zapojením velkých svalových skupin (např. bench press, dřep s činkou na ramenou). Velikost odporu činí 95–100 % opakovacího maxima, z čehož plyne nízký počet opakování (1 – 3). Odpočinek mezi sériemi musí být dostatečně dlouhý. Je to jednak z potřeby kompletní energetické regenerace svalových vláken, ale především z důvodu zotavení nervové soustavy, které v tomto případě trvá několikrát delší dobu (Dovalil et al.)

### **Metoda rychlostní (rychlostně–silová)**

Dominantním parametrem je vysoká až maximální rychlost provedení pohybu, kterou je třeba udržovat po celou dobu cvičení. Podle Dovalila et al. (2009) a Lehnerta et al. (2010) by rychlost během cvičení neměla klesnout pod 50 % rychlosti téhož pohybu bez odporu.

Velikost odporu by tedy neměla vyvolávat výraznější zpomalení pohybu. Nejčastěji se pohybuje od 30–60 (70) % opakovacího maxima. Toto rozmezí představuje současně dostatečný silový aspekt i podmínky pro vysokou rychlost pohybu pro stimul rychlých vláken. Interval odpočinku mezi sériemi je značný (3–5 minut) a je vymezen zejména požadavky na obnovu energetických rezerv a udržení nervosvalové vzrušivosti. Wilson, Newton, Murphy a Humphries (1993) také doporučují odpočinkový interval 3 minuty. Objem cvičení by neměl klesnout pod 3 série, horní hranice je však variabilní. Záleží na trénovanosti nebo období tréninkového cyklu, signálem pro ukončení je však zpomalení a nezachování rychlosti prováděného pohybu.

Efektem tohoto tréninku je rozvoj rychlé síly na základě zlepšení nitrosvalové a mezisvalové koordinace (Dovalil et al., 2009, Lehnert et al., 2010).

### **Metoda explozivní**

Z důvodu velké náročnosti se tato metoda využívá u vyspělých a silově připravených sportovců, kteří mají dokonale zvládnutou a zautomatizovanou techniku u daných cviků (většinou se jedná o základní cviky jako bench press nebo dřep s činkou na ramenou). Charakterizuje ji úsilí o maximálně rychlé provedení pohybu s vysokým odporem bez nutnosti brzdění pohybu v konečné fázi. Naopak dochází k vypuštění doplňkového odporu (nebo odrazu těla od podložky) a opětovného kontaktu s příslušnou částí těla (Lehnert et al., 2010).

Velikost odporu je vysoká, pohybuje se kolem 80–90 % opakovacího maxima, z toho důvodu je interval odpočinku mezi sériemi až 5 minut. Jelikož se cvičí vysokým úsilím s téměř maximálními váhami, neměla by délka cvičení přesáhnout 10 sekund. Prostřednictvím explozivní metody se díky dřívějšímu zapojení rychlých motorických jednotek rozvíjí kromě rychlé síly rovněž síla maximální (Lehnert et al., 2010).

### **Metoda kontrastní**

Základním principem metody kontrastní je střídání ztížených a zlehčených podmínek společně se střídáním cviků s rychlými a pomalými pohyby. Touto metodou rozvíjíme kromě rychlostně silového potenciálu rovněž maximálně silový potenciál (Grasgruber & Cacek, 2008).

Při této metodě se využívá maximálního zapojení motorických jednotek společně s vysokou frekvencí nervových vzruchů, které je vyvoláno cvičením s vysokým odporem, jež je následně převeden do další série s nízkým odporem. Velikost odporu je 80–30 % (event. méně) a počet opakování s vysokým odporem se pohybuje od 3 do 6. Trénink kontrastní metodou může obsahovat např. těžký dřep s činkou na ramenou, následovaný maximálními výskoky s přitažením kolen k hrudníku (Lehnert et al., 2010).

Využíváním kontrastní metody v tréninku pozitivně ovlivňujeme nitrosvalovou i mezisvalovou koordinaci, prostřednictvím zdokonalení kinestetických pocitů „těžko–lehko“ a „rychle–pomalu“ (Dovalil et al., 2009).

### **Metoda balistická**

U této metody Lehnert et al. (2010) zdůrazňuje nutnost vyvinutí maximálně rychlého provedení pohybu, kdy vyvíjená síla značně převyšuje odpor. Dochází tak k maximální akceleraci vypouštěného náčiní. Cvičení by mělo svou technikou provedení a rychlostí pohybu maximálně napodobovat pohyby závodní. Lze využít rovněž principu kontrastu – střídání sérií odhodů těžších a lehčích břemen. Velikost odporu je minimální, počet opakování v sérii se pohybuje v rozmezí od 5 do 10.

### **Metoda plyometrická**

Principem plyometrie je využívání cyklu natažení – zkrácení svalu, což je charakteristickým znakem pro rozvoj reaktivní síly. Při excentrickém protažení svalu dochází ke kumulaci svalového napětí v důsledku protahovacího reflexu, které je následně využito k podpoře koncentrické činnosti. Pro správný efekt je důležitý bezprostřední přechod z excentrické fáze do koncentrické (Dovalil et al., 2009). Lehnert et al. (2010) zdůrazňuje, že doba mezi přechodem z excentrické do koncentrické fáze (amortizační fáze) by neměla přesáhnout 250 ms. V této době dochází k rychlejšímu náboru svalových vláken, zapojení vyššího počtu svalových vláken a ke zvětšení produkce energie uvolněním energie elastické. Následná koncentrická fáze obvykle napodobuje potřebné sportovní pohyby a je explozivního charakteru.

Lehnert et al. (2010) uvádí počet opakování v sérii v rozmezí 5–10 (15), počet sérií 2 – 5 a interval odpočinku mezi 1 – 3 minutami. Plyometrická metoda působí na zkrácení amortizační fáze a zlepšuje kontraktilní a elastické vlastnosti svalu. Zlepšením excentrické síly také pozitivně ovlivňuje neuromuskulární kontrolu a stabilizaci kloubu, čímž se zvyšuje prevence zranění.

Baechle a Earle (2008) uvádí faktory intenzity u plyometrických cvičeníh dolní poloviny těla:

- *bod kontaktu* – myšleno ve smyslu obounož či jednož, kdy síla reakce podložky při cvičení jednož klade více stresu na svaly končetiny, pojivové tkáně a kloubů, než je tomu u cvičení obouž,
- *rychlost* – větší rychlost pohybu zvyšuje intenzitu cvičení,
- *výška cvičení* – čím výše se dostane těžiště těla cvičícího, tím větší je síla při dopadu,
- *hmotnost těla* – se zvyšující se hmotností těla cvičícího, se zvyšuje i stres na svaly, pojivové tkáně a klouby. Pro ještě větší intenzitu cvičení se mohou použít i externí zátěže (zátěžová vesta, kotníkové zátěže).

Z důvodu vysoké náročnosti plyometrie a možného rizika zranění při nesprávné aplikaci této metody, prezentuje Harley a Doust (1997) základní principy tohoto tréninku:

- znalost všech bezpečnostních pravidel tréninku plyometrie,
- dobrý zdravotní stav cvičenců,
- znalost a zajištění dostatečné úrovně síly cvičenců,
- zajištění co nejkratší doby kontaktu těla s podložkou,
- nutnost maximálního úsilí při cvičení,
- dodržování doporučených počtů opakování a sérií,
- dodržování doporučených intervalů odpočinku,
- využití pohybu horních končetin jako podpůrného prostředku pro efektivnější cvičení.

## **Shrnutí problematiky rozvoje výbušné síly**

Z poznatků o tréninku síly vyplývá, že výbušná síla dolních končetin a mechanický výkon je jednou z hlavních předpokladů pro podávání vysokého atletického výkonu (Jandačka & Vaverka, 2009). Pro rozvoj schopnosti svalů rychle projevovat sílu se používá více tréninkových metod. Výsledky řady studií ukázaly na vhodnost kombinování metod. Newton (1997) ve své studii zjistil, že spojení metody plyometrické a rychlostní vede k neefektivnějším změnám výbušné svalové síly, než když tyto tréninkové metody byly aplikovány každá zvlášť. K stejným závěrům došli i Blakey a Southard, (1987), Clutch, Wilton, McGown a Bryce (1983). Hledají se rovněž parametry důležité pro zefektivnění tréninku rychlé síly a jejich optimální hodnoty respektující individuální specifika sportovců. Vzhledem k výsledkům některých studií (Jennings, Viljoen, Durandt, & Lambert, 2005, Jandačka & Vaverka, 2009; Jandačka & Zahradník, 2010) a vzhledem k dalším k literárním poznatkům a vlastním zkušenostem lze předpokládat, že další zvyšování efektivity rozvoje rychlé síly by mohlo být spojeno s kombinací metody rychlostní s plyometrickou. Jako vhodné se dále jeví individualizace tréninkového zatížení na základě kontroly rychlosti vykonávaného pohybu a mechanického výkonu využitím přístroje Fitrodyne Premium.

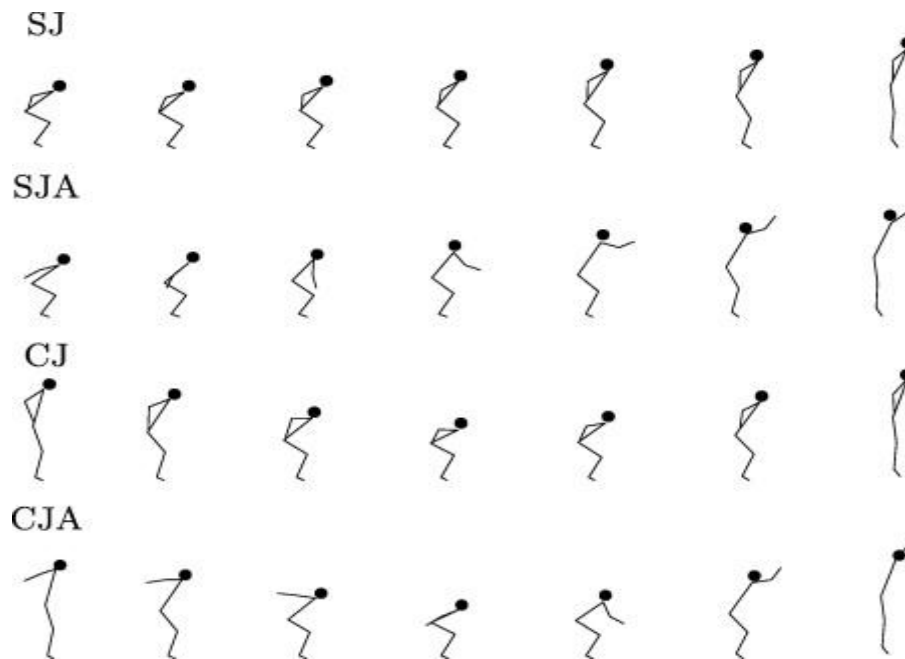


## 2.2.5 DIAGNOSTIKA SÍLY

„Trénink je dlouhodobý proces, jehož úkolem a cílem je postupné zvyšování trénovanosti sportovce“ (Hájková et al., 2006, 60). Dle Lehnerta et al. (2010) má diagnostika svalové síly důležitou funkci při kontrole tréninkového procesu, kdy se hodnotí, zda aplikované tréninkové metody vedly ke splnění stanovených úkolů a cílů. Výstupní výsledky z diagnostiky slouží trenérům k tvorbě či korekci individualizovaných tréninkových programů. Skutečnost, že velikost silové schopnosti nelze změřit přímo, vede k širokému spektru způsobů jejího hodnocení (Dvir, 2004).

Při hodnocení tréninkového efektu je důležitá volba adekvátních testů, proto je nezbytné volit takové testy, které mohou ukázat na eventuální specifické změny výkonnosti sportovce (Lehnert et al., 2010). Dle Psotty, Bunce, Mahrové, Netschera a Novákové (2006) by testy měly splňovat kritéria objektivnosti, platnosti a spolehlivosti. V praxi se nejčastěji využívají terénní a laboratorní testy.

Terénní testy využívají cviků, při kterých cvičenec překonává odpor vlastního těla nebo vnějšího odporu (činky, stroje či jiného břemene), kdy indikátory podaného výkonu jsou počet opakování, čas výdrže, výška nebo délka skoku (Lehnert et al., 2010). Vzhledem k zaměření naší studie jsme se zabývali stanovením odporu, se kterým cvičenec provedl maximálně jedno opakování (1 OM) při dřepu s činkou. Dalším testem, který se řadí do této kategorie, je vertikální skok, který je stejně jako dřep ukazatel svalové síly dolních končetin. Malliou, Ispirlidis, Beneka, Taxildaris a Godlolias (2003) uvádí dvě varianty vertikálního skoku. Dřep s výskokem (Squat jump) je skok z podřepu s rukama na bocích nebo za hlavou bez přípravného vertikálního pohybu a skok z vzpřímené polohy s přípravným vertikálním pohybem (Counter movement jump). Haraa, Shibayama, Takeshita, Hayd a Fukushima (2008) tyto dvě výše uvedené varianty skoku ještě rozšířili o přidaný pohyb paží (Obrázek 6). V naší práci jsme zvolili k diagnostice vertikálního skoku variantu (Counter movement jump) s pohybem paží.



**Obrázek 6.** Druhy vertikálního skoku: SJ - skok z podřepu, paže na bocích, SJA – skok z podřepu s pohybem paží, CJ – skok s přípravným vertikálním pohybem, paže na bocích, CJA – skok s přípravným vertikálním pohybem s pohybem paží podle Haraa et al. (2008, upraveno)

Do laboratorních testů, které jsou zaměřené na diagnostiku silových komponent, zařazujeme většinou biomechanická měření, při kterých testujeme statickou i dynamickou sílu prostřednictvím dynamometrických zařízení. Vykonaná práce, výkon a moment síly při různých typech svalové kontrakce jsou podle Lehnerta et al. (2010) hlavními parametry dynamometrie. Při sledování těchto parametrů v laboratorních podmínkách se používají různé druhy izokinetických dynamometrů.

### 2.2.5.1 Izokinetika

Izokinetika (IZ) je pojem, který vychází z určitých specifických situací, ve kterých jsou vykonávány různé typy pohybů proti kontrolovaným a stále se přizpůsobujícím odporům. Tyto nastavené odpory, pak musí segmenty těla překonávat v konstantní úhlové rychlosti v předem definovaných pohybech (Dvir, 2004). IZ je termín, se kterým se můžeme setkat v oblasti sportovního tréninku a rehabilitačních programech.

### 2.2.5.2 Izokinetická dynamometrie

Izokinetická dynamometrie (ID) slouží k diagnostice svalové síly, kdy principem těchto přístrojů je vykonávání svalové kontrakce proti předem nastavené úhlové rychlosti a proměnlivému odporu. Prováděné pohyby jsou v průběhu testu monitorovány. Využití ID se vztahuje hlavně k měření velikosti volní svalové kontrakce. Psychologické faktory zde hrají důležitou roli v získávání mechanických a fyzikálních parametrů, protože jen motivované subjekty, které aktivně spolupracují, dosahují objektivních výsledků (Dvir, 2004). Heyward (2006) a Chan a Maffuli (1996) ve svých studiích poukazují na vysokou reliabilitu izokinetických přístrojů při diagnostice svalové síly. Nevýhodou těchto dynamometrů je jejich vysoká pořizovací cena a fakt, že prováděné pohyby se často neslučují s reálně vykonávaným pohybem v daném sportu (Dvir, 2004).

Dle Dvira (2004) a Browna (2000) jsou nejčastěji měřené veličiny **moment síly** (MS), který je produkován svalovou kontrakcí, při nastavené úhlové rychlosti, která se pohybuje mezi 30°/s až 360°/s. Hodnotu momentu síly můžeme měřit v celém rozsahu pohybu, a nejvyšší hodnota se uvádí jako peak torque měřený v newton metrech [Nm].

Další měřenou veličinou je **úhel maximálního momentu síly** (Amax), který představuje úhel ve kterém segment dosáhne nejvyššího momentu síly, tento parametr je měřen ve stupních [°].

**Kontrakční výkon** (Pmax) je množství vykonané práce za jednotku času, udává se v maximálních hodnotách měřených ve watech [W].

**Čas potřebný k dosažení maximálního momentu síly** (Tmax) má využití při posuzování explozivní úrovně. Tento parametr uvádí, za jakou dobu dojde k dosažení maximálního momentu síly při vykonávaném pohybu. Tmax se měří v newton metrech za sekundu [Nm/s].

### 2.2.5.3 Poměr H/Q

V oblasti sportu se zatím s IZ diagnostikovaním svalových dysbalancí často nesetkáváme. Svalové nerovnováhy vznikají ve sportovním tréninku opakovaným jednostranným zatěžováním, které není dostatečně kompenzováno. Odhalením této nerovnováhy můžeme předcházet možným zraněním. Dvir (2004) a Rosene, Fogarty

a Mahaffey (2001) uvádějí, že včasné provedená diagnostika hodnot svalové rovnováhy mezi antagonisty a agonisty vede ke snižování možných rizik zranění. Lehnert et al. (2010) uvádí, že svalová rovnováha zabraňuje nerovnosti kloubních spojení a tím udržuje správné držení těla pro jednotlivé segmenty.

Poměr síly flexorů k extenzorům vyjadřujeme pomocí parametru H/Q ratio, který je využíván k posouzení úrovně svalové síly mezi hamstringy a quadricepsy v kolenním kloubu. Brown (2000) uvádí, že tento poměr je závislý na úhlové rychlosti, kdy pro rychlosti do 180°/s je optimální poměr roven hodnotě 0,6 (60 %), je-li hodnota menší zvyšuje se riziko poranění. Při vyšších rychlostech (nad 180°/s) je ideální H/Q poměr roven 1,00, při nižších hodnotách v takto vysokých rychlostech může dojít k nestabilizaci kolenního kloubu a je zde velké riziko zranění v tomto kloubním spojení. Dvir (2004) uvádí, že znalost poměru H/Q může odhalovat možná zranění sportovců a dále slouží jako zpětná vazba pro trenéry při posuzování efektivnosti tréninkových metod.

### **3 CÍLE PRÁCE, ÚKOLY A VÝZKUMNÉ OTÁZKY**

V poslední době dochází prakticky ve všech sportech k vyšším silovým nárokům na jednotlivce. Proto by individuální sportovní příprava měla splňovat požadavky na zvýšení síly a rychlosti pohybů, mezi které patří běžecké sprinty, výskoky, dopady, změny směru. Významnou roli při těchto pohybech zaujímají extenzory a flexory kolenního kloubu. Manipulovat se zatížením při rozvoji síly svalů zodpovědných za vykonání pohybu je nezbytné tak, aby došlo k očekávaným tréninkovým efektům.

#### **3.1 Cíle práce**

Cílem diplomové práce je stanovit a porovnat efekt tréninkového programu zaměřeného na rozvoj explozivní síly dolních končetin (DK) využívajícího pro optimalizaci počtu opakování v sérii okamžité zpětnovazební informace a tréninkového programu s předem stanoveným počtem opakování v sérii.

#### **3.2 Úkoly práce**

1. Vytvořit tréninkový program sestávající se z dřepu na multipressu, který je zaměřený hlavně na rozvoj explozivní síly DK, včetně 3 týdenního „přípravného“ tréninkového programu zaměřeného na posílení dolních končetin, před zahájením experimentu.
2. Vybrat motorické testy pro hodnocení síly a jejích změn a provést měření před a po skončení tréninkového programu.
3. Realizovat tréninkový program u experimentální a kontrolní skupiny.
4. Analyzovat získaná data a vyhodnotit změny vybraných charakteristik síly po absolvování tréninkového programu sledovaných skupin.

### 3.3 Výzkumné otázky

1. Jaké změny v úrovni odrazové síly DK, hodnocené testem vertikálního skoku z místa, nastanou po absolvování 6 týdenního tréninkového programu u skupiny využívající pro optimalizaci počtu opakování v sérii okamžité zpětnovazebné informace (experimentální skupiny) a u skupiny s předem stanoveným počtem opakování v sérii (kontrolní skupiny).

2. Jaké změny v úrovni sledovaných parametrů izokinetické síly flexorů a extenzorů kolenního kloubu nastanou po absolvování 6 týdenního tréninkového programu u skupiny využívající pro optimalizaci počtu opakování v sérii okamžité zpětnovazebné informace (experimentální skupiny) a u skupiny s předem stanoveným počtem opakování v sérii (kontrolní skupiny).

## 4 METODIKA

### 4.1 Charakteristika souboru

Výzkumu se zúčastnilo 12 aktivně sportujících mužů (n=12, věk M=26,3±3,1 let, tělesná výška M=187,7±7,49 cm, tělesná hmotnost M=96,5±12,42 kg). Všichni pravidelně posilovali a to buď sami v posilovně, nebo ve svém sportovním oddílu. Testované osoby (TO) byly seznámeny s technikou a provedením dřepu. Každá TO byla seznámena s obsahem výzkumu a souhlasila s účastí. Před zahájením samotného experimentu TO absolvovaly tři týdenní sjednocovací tréninkový program (Tabulka 2), zaměřený na posílení dolních končetin a zautomatizování techniky dřepu. Následně byly TO náhodným losováním rozděleny na 2 skupiny experimentální (n = 6) a kontrolní (n = 6). V průběhu šestitýdenního tréninkového zatížení, došlo ke zranění 3 TO, které musely výzkum ukončit. Jednalo se o jednu TO ze skupiny experimentální a dvě z kontrolní skupiny. V průběhu tréninkového programu TO navštěvovaly posilovnu, kde volily doplňkový výběr cviků, který nezvyšoval zatížení pro svaly dolních končetin, a při kterém nedocházelo k negativnímu narušení silového tréninkového programu. V (Tabulce 3) uvedeme u každé TO nejvyšší výkon 1 OM.

**Tabulka 2.** Tréninkový program zaměřený na rozvoj dolních končetin před experimentem

Název cviku					
Varianta A	Svalová partie	Počet sérií	Počet opakování	Zátěž	Odpočinek
Dřep na multipressu	Svaly dolních končetin	5	10 až 15	70% až 80%	60 až 120s
Výpady s jednoruč.činkama	Svaly dolních končetin	4	16 až 20 kroků	70% až 80%	60 až 120s
Zakopávání na stroji v leže	Hamstringy	4	10 až 15	70% až 80%	60 až 120s
Výpony ve stoje na strjoji	Lýtkové svaly	4	20 a více	70% až 80%	30 až 60 s
Varianta B					
Legpress	Svaly dolních končetin	5	10 až 15	70% až 80%	60 až 120s
Předkopávání na stroji v sedě	Quadricepsy	4	10 až 15	70% až 80%	60 až 120s
Mrtvý tah s extenzí DK	Hamstringy	4	10 až 15	70% až 80%	60 až 120s
Výpony v sedě	Lýtkové svaly	4	20 a více	70% až 80%	30 až 60 s
průběh tréninkové jednotky					
Zahřátí+protažení	15 až 20 min				
Posilovací jednotka	40 až 50 min				
Aerobní část	15 až 30 min				
Závěrečné protažení	5 až 10 min				

**Tabulka 3.** Charakteristika TO

Testovaná osoba	Skupina	Výška	Hmotnost_1	Hmotnost_2	Věk	1 MO
<b>H. F.</b>	E	192 cm	107 kg	98 kg	27.4.1983	160 kg
<b>K. J.</b>	E	190 cm	86 kg	89 kg	7.12.1987	160 kg
<b>T. J.</b>	E	185 cm	110 kg	105 kg	11.5.1984	160 kg
<b>P. T.</b>	E	182 cm	110 kg	104 kg	17.7.1986	185 kg
<b>K. V.</b>	E	198 cm	108 kg	106 kg	15.1.1985	150 kg
<b>Z. J.</b>	K	196 cm	89 kg	94 kg	19.11.1991	150 kg
<b>S. J.</b>	K	192 cm	100 kg	103 kg	28.9.1986	125 kg
<b>N. A.</b>	K	173 cm	76 kg	78 kg	30.7.1987	110 kg
<b>M. V.</b>	K	182 cm	83 kg	87 kg	22.6.1984	195 kg

Vysvětlivky: E – experimentální skupina, K – kontrolní skupina, Hmotnost\_1 – tělesná hmotnost před zahájením tréninkového programu, Hmotnost\_2 – tělesná hmotnost po ukončení tréninkového programu, 1 OM – jedno maximální opakování dřepu na multipressu

## 4.2 Popis 6 týdenního tréninkového programu

### Charakteristika

Výzkum začal na začátku května 2012 a poslední tréninky proběhly na začátku července 2012. TO v obou skupinách absolvovaly stejný počet tréninkových jednotek a to 12 po dobu 6 týdnů. Tréninky probíhaly u obou skupin zpravidla v odpoledních časech. Před každou hlavní částí tréninku měly obě skupiny stejné rozcvičení a délka tréninku z časového hlediska byla totožná. Trénink probíhal 2 x týdně a čas na zotavení mezi tréninkovými jednotkami byl u obou skupin stejný, vždy minimálně 48 hodin. V průběhu experimentu TO nesměly posilovat dolní končetiny v posilovně, výjimku měly TO ze sportovních oddílů v rámci klubových tréninků, které byly povinné.

Uvedu nejdříve trénink **KS**:

- warm up 5 minut – bicyklový ergometr,
- dynamické protažení zaměřené na dolní končetiny 8 až 10 min,
- 6 sérií po 6 opakováních; po ukončení cvičení TO provedly 4 vertikální skoky z místa s výskokem s dopadem do podřepu,
- interval odpočinku 3 minuty,



- TO cvičily bez přístroje FitroDyne Premium, a jejich úkolem bylo vykonat opakování s maximálním úsilím (výbušně) bez jakékoliv zpětné vazby.

Druhá ES měla stejnou skladbu tréninkové jednotky s rozdílem, že nebyl uveden počet opakování (6), které TO musí bezpodmínečně vykonat. Samotný trénink vedl přístroj FitroDyne Premium, který rozhodoval o tom, jaké provedení už není vykonáváno výbušně. V softwaru počítače jsme nastavili kritickou hranici na 95%. Další odlišnost této skupiny byla zpětná vazba. Po prvním akustickém signálu TO pokračovaly ve cvičení, dokud nezazněl druhý signál, který ukončil sérii, po které následovaly 4 vertikální výskoky z místa. Tato skupina byla na konci 3 tréninkového týdnu přeměřena, kdy se stanovovalo nové tréninkové optimum.

### **Organizace výzkumu a postup při měření**

Před zahájením samotného experimentu jsme u všech TO stanovili:

- výšku, váhu cvičenců,
- 1 OM,
- výšku vertikálního výskoku (Counter movement jump) z místa se zášvihem paží,
- izokinetické parametry síly flexorů a extenzorů kolena,
- optimální odpor pro rozvoj explozivní síly.

Vstupní testy probíhaly ve dvou dnech, TO byly seznámeny s metodikou šetření a souhlasily s prezentací jejich osobních údajů. První den jsme prováděli vstupní test vertikálního výskoku a 1 OM. Druhý den se získávala izokinetická data v laboratoři z ISOMEDU.

Výstupní testy jsme měřili týden po poslední tréninkové jednotce, kdy jsme testovali výšku vertikálního a sílu flexorů a extenzorů na ISOMEDU. Poslední výstupní test vertikálního skoku probíhal 3 týdny po posledním tréninku.

### **4.3 Stanovení 1 OM při dřepu na multipressu**

**1 OM** jsme stanovili podle metodiky, kterou doporučují Baechle & Earle (2000) následovně: Po zahřátí zvolíme takovou zátěž, se kterou TO zvládne vykonat 3 až 5 opakování a následuje 1 minuta odpočinku. Zátěž zvýšíme o 14 až 18 kg při provedení 2 až 3 opakování, s následným intervalem odpočinku 3 minuty takto pokračujeme se zvyšováním odporu, dokud nedosáhneme 1 OM při zachování správné techniky provedení. Při posledních pokusech zvyšujeme zátěž jen o 5 až 10 kg s intervaly odpočinku 2 až 4 minuty.

Před zahájením testu se každá TO rozcvičila 5 min jízdou na rotopedu, následovalo 10 min dynamické protažení celého těla se zaměřením na dolní končetiny a 20 podřepů s vlastním tělem.

Při cvičení jsme kladli důraz na správnou techniku provedení dřepu, kterou uvádí Tlapák (1999). TO stály pod osu činky s chodidly rozkročenými na šířku ramen, kdy měly špičky mírně vytočené ven. Trup měly ve vzpřímené poloze a břicho zpevněné zatažené. Osa činky spočívala na horní části trapézových svalů a poloha hlavy byla v neutrální poloze s pohledem směřujícím před sebe. Šířka úchopu činky byla individuální, při snaze tlačit lokty mírně vpřed pro zajištění stability. Při zahájení pohybu začínalo tělo po kolejnici multipressu klesat, kolena se dostávala mírně dopředu nad špičky nohou. Trup měly TO v mírném náklonu vpřed, záda byla rovná až prohnutá se snahou tlačit hýždě dozadu, obě chodidla byla v neustálém kontaktu s podložkou.

Při provádění dřepů jsme stanovili rozsah pohybu na 90° mezi holenní a stehenní kostí. Pro kontrolu rozsahu pohybu jsme využívali lavici, se kterou byla TO v kontaktu hýžděmi při každém opakování.

### **4.4 Test vertikálního skoku z místa na koberci FiTro Jumper**

Tento test je určen pro testování explozivní síly dolních končetin. TO byly před zahájením testu seznámeny s technikou provedení. Rozcvičení probíhalo formou jízdy na rotopedu v délce 5 min s následnými 10 stupňovanými odrazy snožmo. TO měly za úkol postavit se na koberec a odrazem snožmo z místa se zášvihem paží vykonat nejvyšší skok.

Po odrazu nebylo dovoleno krčit nohy a dopadat na paty do sedu. Každá TO měla 3 základní pokusy, kdy mohla dosáhnout maximálního výkonu. Docházelo-li po 3 pokusu k zlepšování hodnot, pokračovala TO dalším pokusem, dokud nedošlo ke zhoršení, interval odpočinku mezi jednotlivými skoky byl 30s. Nejvyšší naměřený pokus byl zaznamenán.

#### **4.5 Diagnostika na přístroji ISOMED 2000**

Na přístroji ISOMED 2000 jsme diagnostikovali svalovou sílu flexorů a extenzorů dolních končetin při provádění izokinetického pohybu. Standardizováním postupu měření byla zajištěna reliabilita testování. Testování probíhalo v úhlových rychlostech 60°/s a 360°/s. Rozsah pohybu v kolenním kloubu byl 10 – 90°. Při každé rychlosti byla realizována série familiarizační a testovací. Intervaly odpočinku mezi jednotlivými sériemi byly stanoveny na 45 s, mezi rychlostmi 60 s, mezi jednotlivými končetinami pak 120 s. Poloautomatické nastavení hlavy dynamometru (funkce „MEMOTRONIC“) ulehčuje přípravu testování díky schopnosti zrcadlení polohy hlavy dynamometru z jedné končetiny na druhou.

Testování probíhalo následujícím způsobem:

- Čas testování byl stanoven na odpolední hodiny,
- Rozcvičení (8 minut rotoped, 10 stupňovaných vertikálních výskoků, statické a dynamické protažení),
- Fixace TO na sedátku přístroje a nastavení polohy ramene dynamometru,
- Realizace samotného testování dolních končetin podle vytvořené předlohy,
- Závěrečné protažení kvůli profylaxi zranění pohybového aparátu.

TO podstoupily vstupní měření před začátkem tréninkového období a po jeho skončení. Poté byly hodnoty porovnány. Výstupní hodnoty by měly prokázat zvýšení svalové síly zejména v nižší úhlové rychlosti.

#### 4.6 Určení optimálního odporu pro tréninkové zatížení

Při určování velikosti odporu břemene jsme vycházeli ze 1OM, které jsme se snažili diagnostikovat co nejpřesněji. Bleache & Earle (2000) uvádí, že 1 OM lze rovněž odhadnout pomocí výpočtu, ale tuto metodu jsme zavrhnuli, protože podle našeho názoru není přesná a objektivní. Ze znalosti 1 OM jsme vypočítali doporučený odpor činky pro rozvoj rychlé (explozivní) síly, kdy tito autoři (Dovalil et al., 2002; Grasgruber & Cacek, 2008 Thomas, Kreamer, Spiering, Volek, Anderson & Maresh, 2007, Lehnert et al., 2010) doporučují jako optimální zátěž mezi 30 až 60% 1 OM. Crewther, Blair, Cornin, John, Keong a Justin (2006) uvádí, že efektivní vliv na rozvoj této síly mají odpory nad 70% 1 OM.

**Tabulka 4.** Příklad stanovení optimálního tréninkového odporu

30% 1OM	<b>48 kg</b>	1158 W
35% 1OM	<b>56 kg</b>	1329 W
40% 1OM	<b>64 kg</b>	1365 W
45% 1OM	<b>72 kg</b>	1514 W
50% 1OM	<b>80 kg</b>	<b>1862 W</b>
55% 1OM	<b>88 kg</b>	<b>1833 W</b>
60% 1OM	<b>96 kg</b>	1677 W
65% 1OM	<b>104 kg</b>	1804 W
70% 1OM	<b>112 kg</b>	1831 W

Podle výše uvedených doporučení jsme v rozsahu 30 - 70 % 1 OM po 5% vypočítali hmotnost činky (Tabulka 4), kde jsme stanovovali procento odporu, při kterém TO dosáhnou největšího Pmax [W].

Stanovení optimální hmotnosti odporu probíhalo tak, že každá TO si náhodným losem vybrala procento s přepočítanou váhou z 1 OM a provedla 3 opakování maximálním úsilím. Interval odpočinku byl 3 minuty. Celkem TO provedly 9 sérií. Informaci o velikosti výkonu jsme získali ze softwaru FitroDyne Premium, který detekoval každé opakování.

## **4.7 Parametry tréninkového programu**

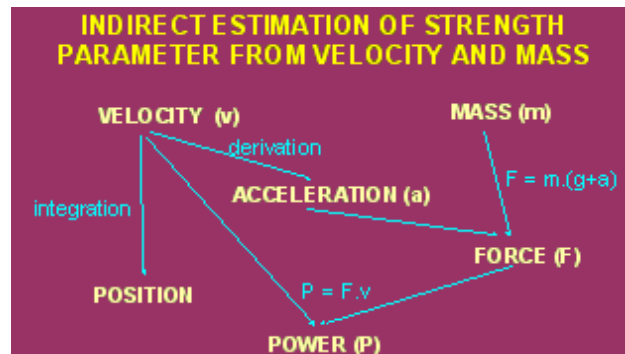
Crewther et al. (2006) uvádí, že jednotlivé tréninkové metody, mezi které řadíme plyometrii a explozivně prováděné cviky vedou k rozvoji výbušné síly, ale nejefektivnější je jejich vzájemná kombinace. V tréninkovém programu jsme zařadili metodu kontrastní, která je kombinací metody rychlostní a plyometrické, kdy dochází k provádění pohybů s vysokým odporem střídavě s nízkým odporem vykonávaných bezprostředně za sebou. V praxi TO vykonaly stanovený počet opakování s břemenem (činkou) a pak následně provedly pohyby vlastním tělem. Interval odpočinku mezi jednotlivými sériemi jsme stanovili na 3 minuty (Baechle & Earle, 2005, Lehnert et al., 2010). Další studie zaměřené na podobnou problematiku doporučují stejný interval odpočinku v délce 3 minut (Crewther et al., 2006, Wilson et al., 1993).

Délka tréninkového programu byla stanovena záměrně na 6 týdnů, protože tento typ tréninku je velice náročný na pohybový aparát, delší doba by mohla zvyšovat riziko zranění TO. Standardní délka tréninkového programu v podobně zaměřených studiích je 8 týdnů (Thomas et al., 2007, McBride et al., 2002). Jiný názor zastával Wilson, et al., (1993), kdy délka tréninkového programu byla stanovena na 10 týdnů.

## **4.8 Monitorovací zařízení**

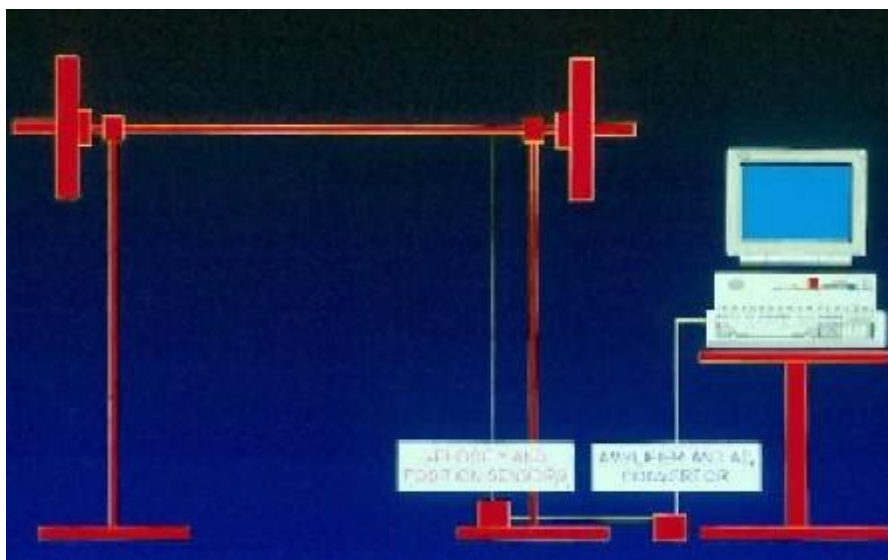
### **4.8.1 FitroDyne Premium**

FitroDyne Premium (FiTRONiC, Bratislava) funguje na principu Newtonova zákona síly, který převádí vykonanou mechanickou práci na elektrickou energii pomocí tachodynamu. Z druhého zákona síly vyplývá, že výsledná síla je produktem zrychlení a hmotnosti břemene, jinak řečeno síla je součin vyvinuté síly cvičence a rychlosti provedení pohybu v čase (Bělař, 1964).



**Obrázek 7.** Matematický princip Fitrodyne ([http://www.fitronic.sk/fitrodyne\\_premium.htm](http://www.fitronic.sk/fitrodyne_premium.htm))

Zařízení FitroDyne Premium je pomocí nylonové tětiny uchyceno kolmo k ose multipressu (Schmithův stroj). Přístroj je připojen k počítači pomocí USB portu a frekvence sběru dat je 100 Hz. Software nainstalovaný v PC vypočítá sílu, rychlost, zrychlení, výkon a rozsah pohybu. Program umožňuje při každém provedeném opakování sledovat dosažený výkon na obrazovce. Další zpětnou vazbou, která reaguje na pokles  $P_{max}$  pod nastavenou kritickou hranici je akustický signál.



**Obrázek 8.** Schéma propojení FitroDyne s multipressem a počítačem ([http://www.fitronic.sk/fitrodyne\\_premium.htm](http://www.fitronic.sk/fitrodyne_premium.htm))

#### 4.8.2 FiTRO Jumper

K měření vertikálního výskoku jsem využil tento diagnostický systém, který je určen k hodnocení skokanské výkonnosti. Zařízení se skládá z rohože, která je spojena pomocí USB k počítači (Obrázek 9). Software vypočítá s přesností na 1 milisekundu biomechanické parametry skoků.

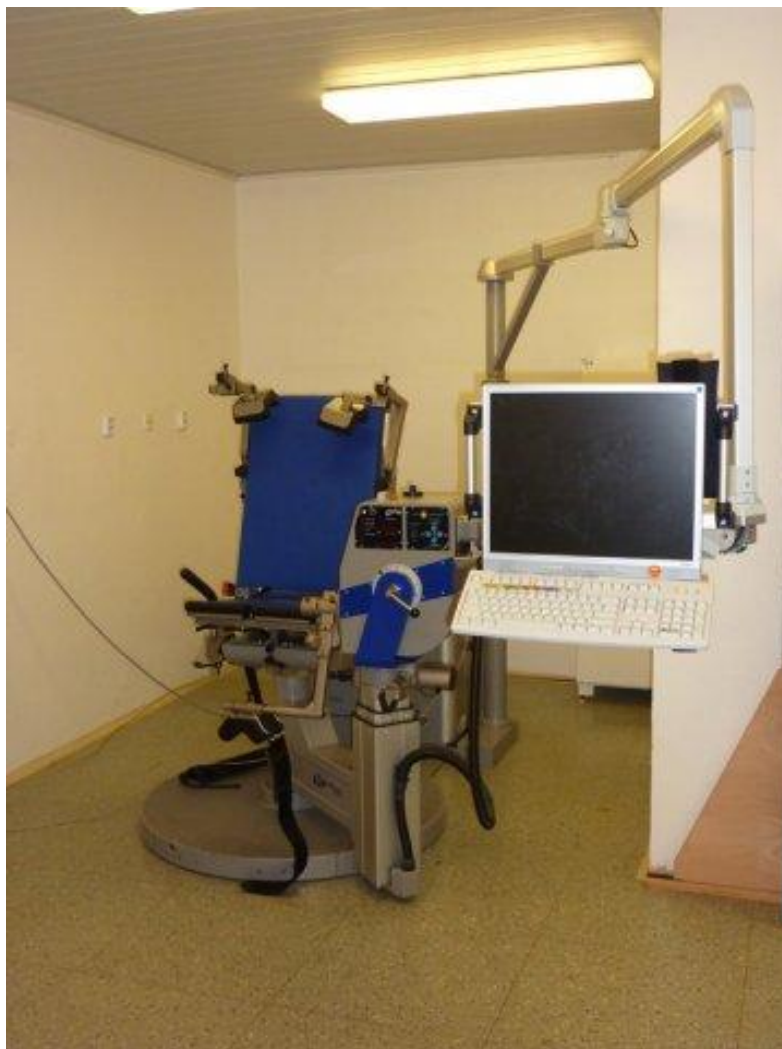


Obrázek 9. FiTRO Jumper (<http://www.fitronic.sk/en/index.php?action=sec&id=25>)

#### 4.8.3 Izokinetický dynamometr ISOMED 2000

K zjišťování isokinetických parametrů jsme využili přístroj ISOMED 2000 (D. & R. Ferstl GmbH, Hemau, Germany). Tímto sofistikovaným diagnostickým zařízením jsme zjišťovali vstupní a výstupní data síly flexorů a extenzorů kolenního kloubu u všech TO. Stručně popíši princip tohoto zařízení. ISOMED předdefinuje probandovi určitou úhlovou nebo lineární rychlost a vytvoří proměnlivý odpor, pomocí kterého měří velikost vyvíjené svalové síly (práce, výkon). Výhodou dynamometru je bezpečná diagnostika maximální síly v plném rozsahu pohybu s okamžitou zpětnou vazbou pro cvičence, kterou zajišťuje monitor přímo před diagnostikovaným subjektem (Obrázek 10). Na obrázku vidíme rameno páky

dynamometru, který vytváří nastavenou rychlost, dále lavici s páskami pro zafixování probandů. Při diagnostice dolních končetin jsme se zaměřili na tyto parametry: MS, poměr MS hamstringů a kvadricepsů (poměr H/Q), Tmax, Amax a Pmax.



**Obrázek 10.** ISOMED 2000

(<http://www.biomechanikapohybu.upol.cz/net/index.php/fotogalerie/2-mici-technika/detail/2-technika2?tmpl=component> )



## 4.9 Zpracování dat

Při vyhodnocování získaných dat byl použit software STATISTICA 10. U všech sledovaných parametrů byla provedena základní popisná charakteristika (aritmetický průměr, medián, minimální a maximální hodnota, směrodatná odchylka). Ke stanovení významnosti rozdílů sledovaných parametrů byla použita Friedmanova analýza variace (ANOVA) a Mann-Whitney U test. Statistická významnost byla posuzována podle hladiny statistické významnosti  $p < 0,05$ .

## **5 VÝSLEDKY A DISKUSE**

### **5.1 Individuální vyhodnocení výsledků**

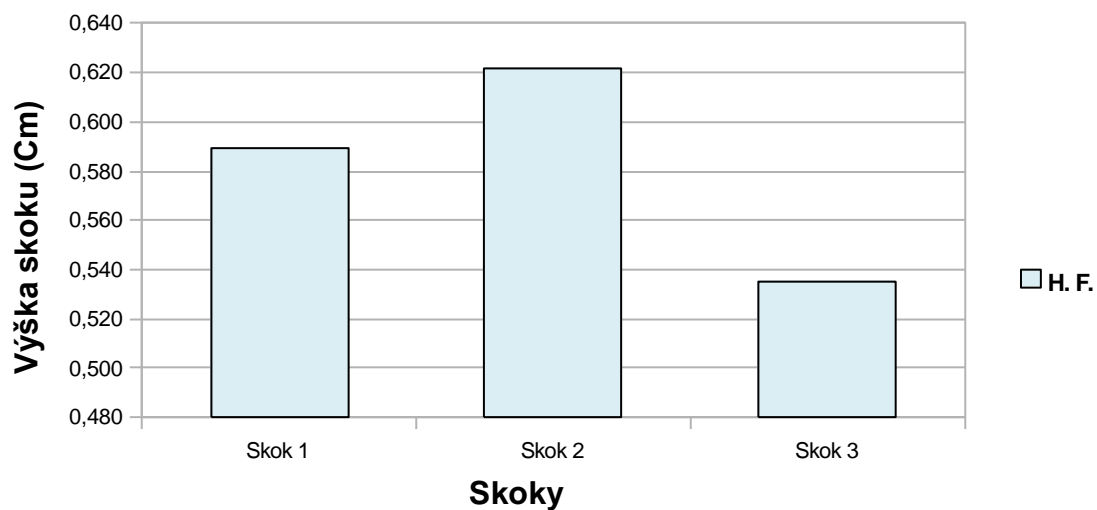
V individuální analýze uvedeme u testovaných osob (TO) výsledky vertikálního skoku. Změny po absolvování tréninkového programu zhodnotíme v souvislosti s výchozí úrovní vstupního měření. Výsledky TO zhodnotíme v kontextu dalších vlivů, kterými jsou zaměstnání, preferovaný sport, dosavadní zkušenost s tréninkem rychlostně silového charakteru a další pohybové zatížení, které TO absolvovaly souběžně s tréninkovým programem. Rovněž upozorníme na další okolnosti, které by mohly negativně ovlivnit tréninkový efekt.

### **5.2 Experimentální skupina**

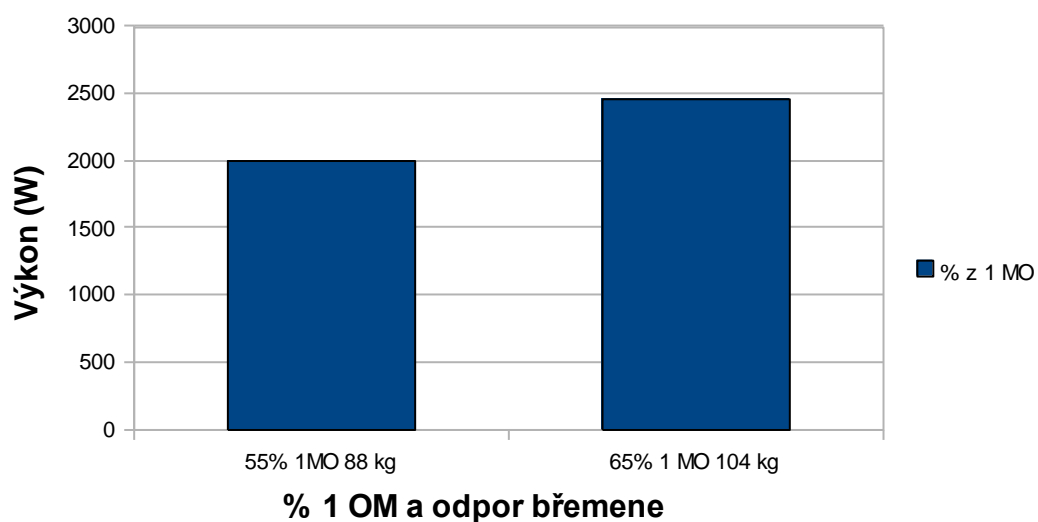
#### **H. F.**

Vertikální výskok TO zlepšila ve druhém měření (bezprostředně po ukončení tréninkového programu) o 3,3 cm (Obrázek 11). Třetí měření přineslo zhoršení a to zřejmě v důsledku únavy z nového tréninkového programu, který si TO sama sestavila v rámci svého osobního tréninku. TO měla při vstupní diagnostice vertikálního výskoku vysokou hodnotu vertikálního skoku 59 cm, proto zlepšení na konci tréninkového programu nebylo tak vysoké. TO v průběhu tréninkového programu zvýšila mechanický výkon o 466 W a hmotnost odporu zvýšil o 15kg.

H. F. má v zaměstnání sedavou práci u počítače. Preferovaný sport je kondiční kulturistika, které se věnuje 8 let. TO absolvuje 4 tréninkové jednotky týdně v trvání 70 minut. V průběhu experimentu došlo k úbytku tělesné váhy o 9 kg a to díky úpravě ve stravování. TO před absolvováním tréninkového programu v minulosti absolvovala metodu rychlostně silovou ve svém sportovním tréninku.



**Obrázek 11.** Výška vertikálního skoku (cm) v jednotlivých měřeních u H. F.



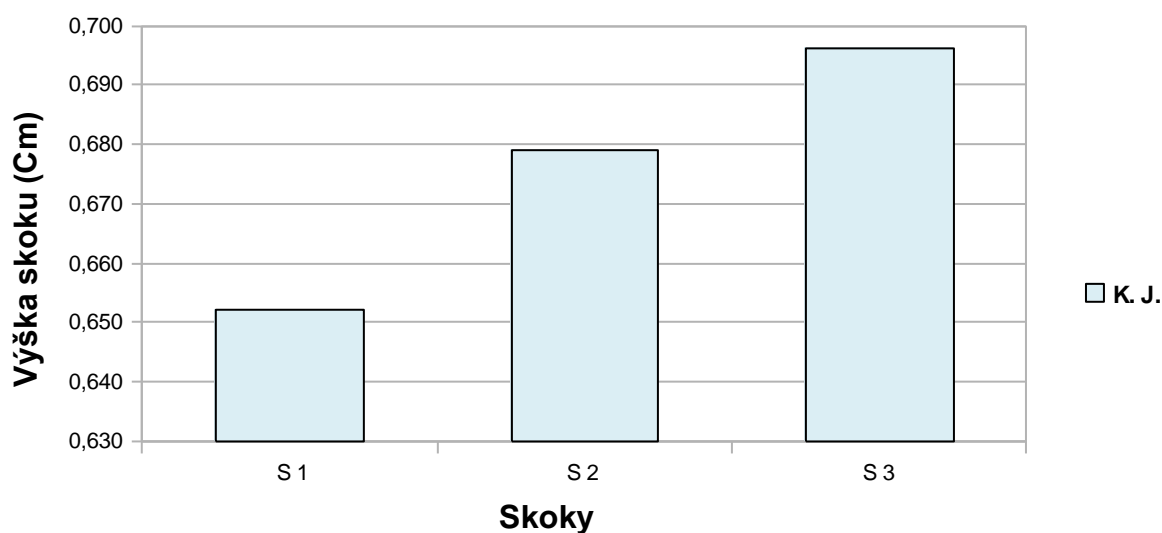
**Obrázek 12.** Optimální mechanický výkon zjištěný v měření před zahájením tréninkového programu a v měření týden po ukončení tréninkového programu

## K. J.

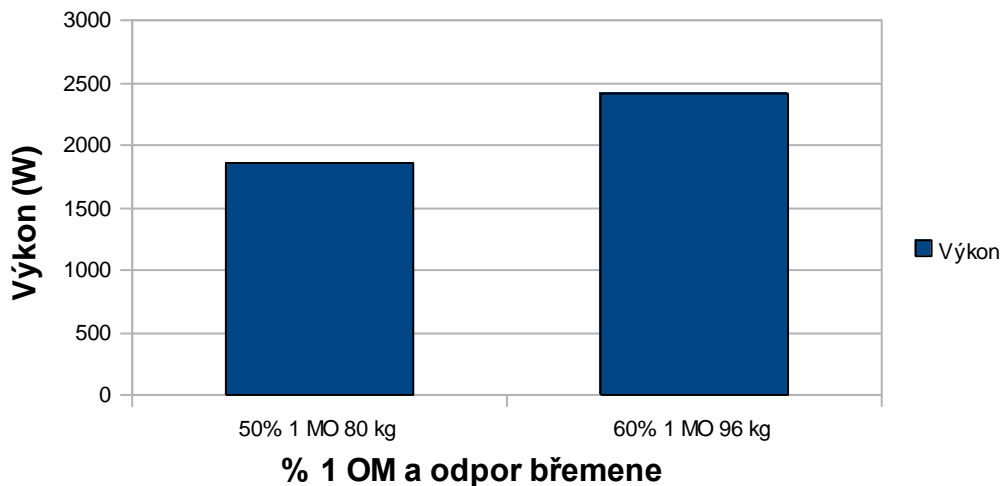
Ve vertikálním výskoku (Obrázek 13) došlo k zlepšení o 4,4 cm. TO už při vstupním měření dosáhla velmi vysoké skokanské úrovně s výkonem 65,2 cm. TO v průběhu tréninkového programu zlepšila mechanický výkon o 550 W, což bylo nejvyšší zlepšení ze všech TO v této skupině a hmotnost odporu byl navýšen o 16 kg (Obrázek 14).

K. J. je studentem Fakulty tělesné kultury Univerzity Palackého (FTK UP), a proto má široké spektrum sportovního vyžití. TO se specializuje na basketbal, který trénuje 6 let. TO má 3 až 4 tréninkové jednotky týdně, délka tréninkové jednotky je 90 minut.

V průběhu experimentu byla TO mimo soutěžní období. V průběhu tréninkového programu přibrala TO o 3 kg na tělesné váze. TO v minulosti absolvovala tréninkové metody pro rozvoj výbušné síly.



**Obrázek 13.** Výška vertikálního skoku (cm) v jednotlivých měřeních u K. J.

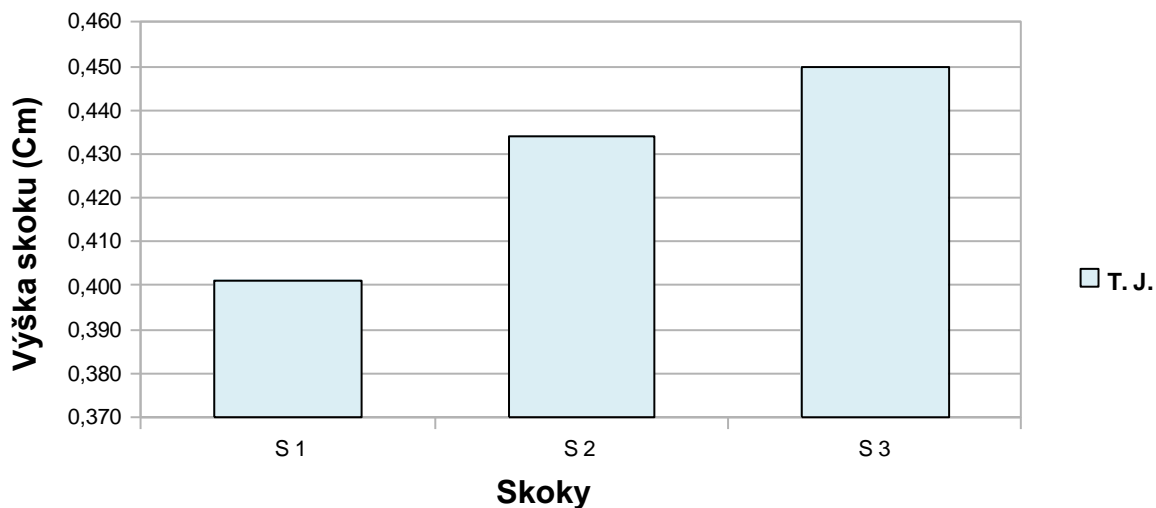


**Obrázek 14.** Optimální mechanický výkon zjištěný v měření před zahájením tréninkového programu a v měření týden po ukončení tréninkového programu

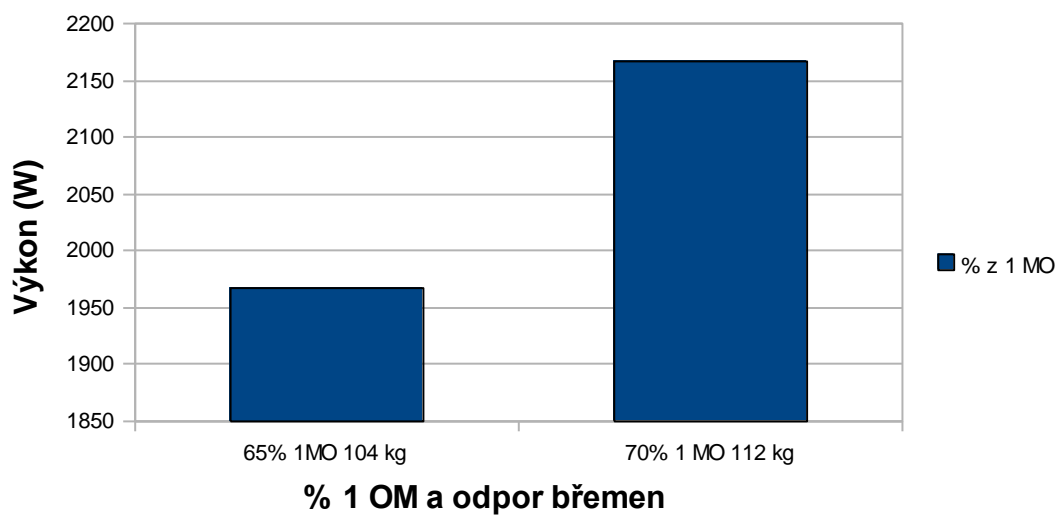
## T. J.

Vertikální výskok zlepšila TO o 5 cm, v důsledku nízké úrovně při vstupní diagnostice, kde bylo dosaženo výkonu 40,1 cm (Obrázek 15). V průběhu tréninkového programu došlo k zlepšení mechanického výkonu o 200 W a hmotnost břemene se v druhé části tréninkového programu zvýšila o 7 kg (Obrázek 16). TO dosáhla nevyššího výkonu na 65% 1 MO, proto hmotnost břemene nemohla být vyšší.

T. J. pracuje jako informační technik a jeho práce je hlavně sedavá. TO rovněž vystudoval F'TK UP, ale nyní jedinou pohybovou aktivitou je kondiční fitness. TO cvičí pravidelně po dobu 5 let a absolvuje 3 až 4 tréninkové jednotky týdně v délce trvání 80 minut. Tělesná hmotnost na konci tréninkového programu klesla 4 kg, důvodem může být informace od TO, které uvedla, že snížila příjem kalorií ve stravě. V závěru každé tréninkové jednotky TO zařazovala 40 min běh na orbitreku (elipticalu). Běh byl nižší intenzity zaměřený na aktivní zotavení, a proto pravděpodobně neovlivnil negativně tréninkový efekt absolvovaného silového tréninku. TO v minulosti nezařazoval žádný systematický tréninkový program zaměřený na rozvoj rychlostně silových schopností.



**Obrázek 15.** Výška vertikálního skoku (cm) v jednotlivých měřeních u T. J.

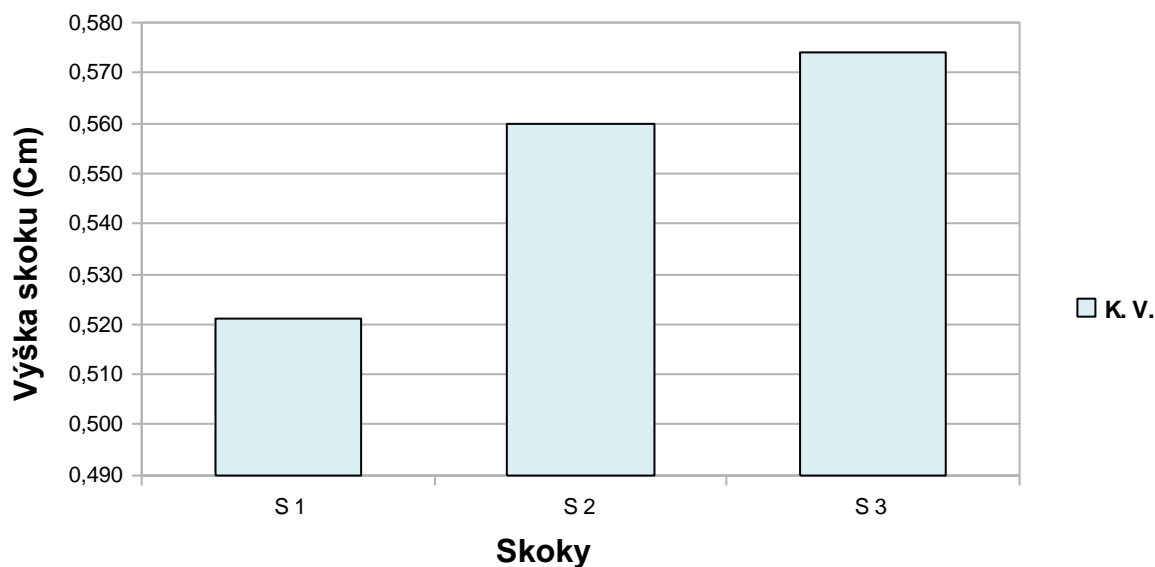


**Obrázek 16.** Optimální mechanický výkon zjištěný v měření před zahájením tréninkového programu a v měření týden po ukončení tréninkového programu.

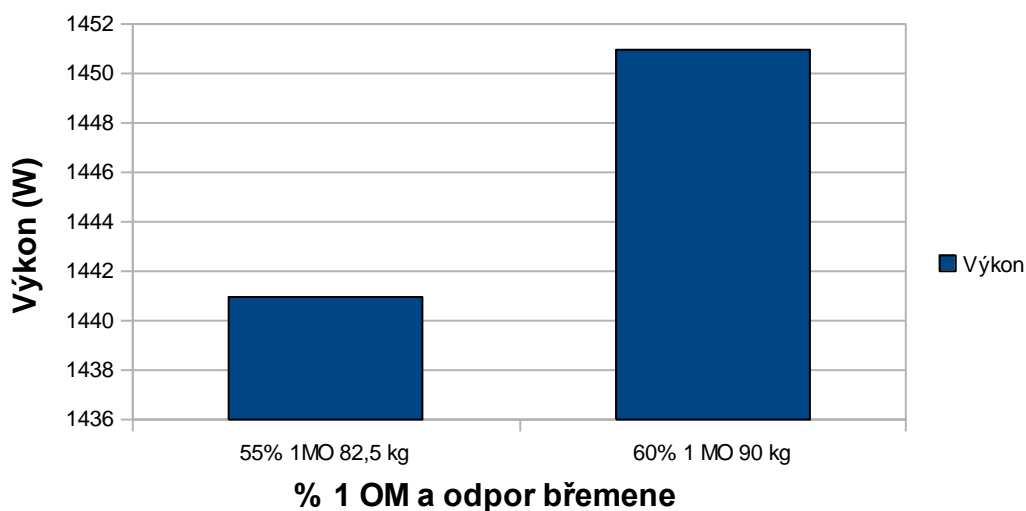
## K. V.

TO v hodnocení parametrů vertikálního skoku dosáhla zlepšení o 5,3 cm, i přes poměrně vysokou úroveň vstupního měření, kde TO dosáhla výkonu 52,1 cm (Obrázek 17). V průběhu tréninkového programu se mechanický výkon zlepšil pouze o 10 W, ale s jinou velikostí odporu, která znamenala zvýšení o 7,5 kg, které vidíme na Obrázku 18. Důvodem, proč TO měla nejmenší přírůstek výkonu ve wattech, může být fakt, že při testu 1 MO se TO dostala nejpřesněji k osobnímu maximu, ze kterého se pak počítala hmotnost odporu pro tréninkový program.

K. V má v zaměstnání sedavou práci převážně u počítače. TO od dětství hraje basketbal, který trénuje s přestávkami 14 let na závodní úrovni. Nyní TO absoluuje 2 tréninkové jednotky týdně v délce 90 minut a basketbal už provozuje na rekreační úrovni. V rámci tréninkového programu došlo k úbytku tělesné hmotnosti o 2 kg. TO v minulosti absolvovala tréninkové programy založené na rozvoj rychlostně silových schopností.



Obrázek 17. Výška vertikálního skoku (cm) v jednotlivých měřeních u K. V.



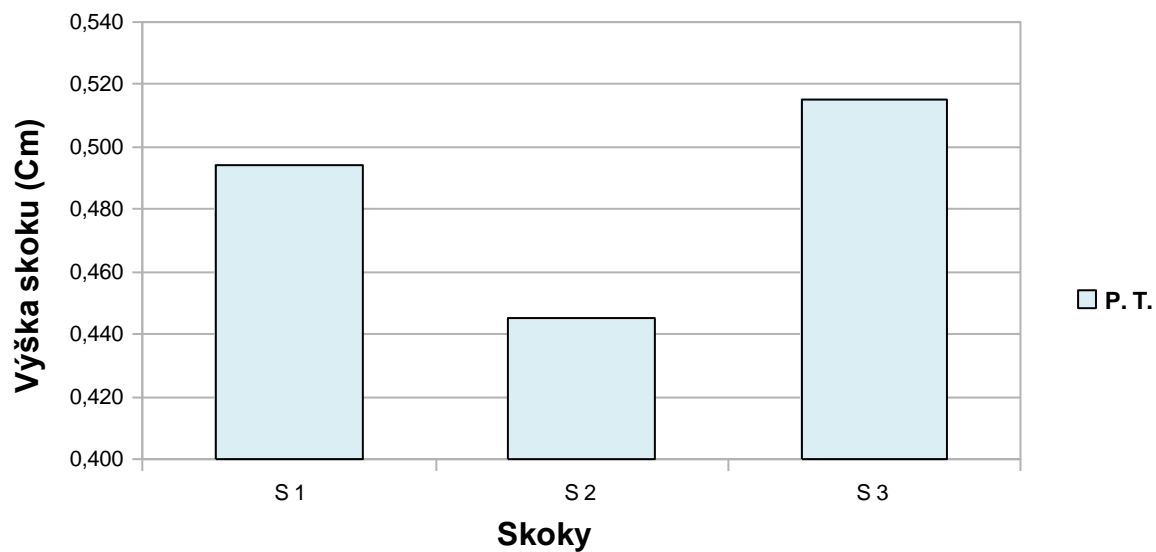
**Obrázek 18.** Optimální mechanický výkon zjištěný v měření před zahájením tréninkového programu a v měření týden po ukončení tréninkového programu.

## P. T.

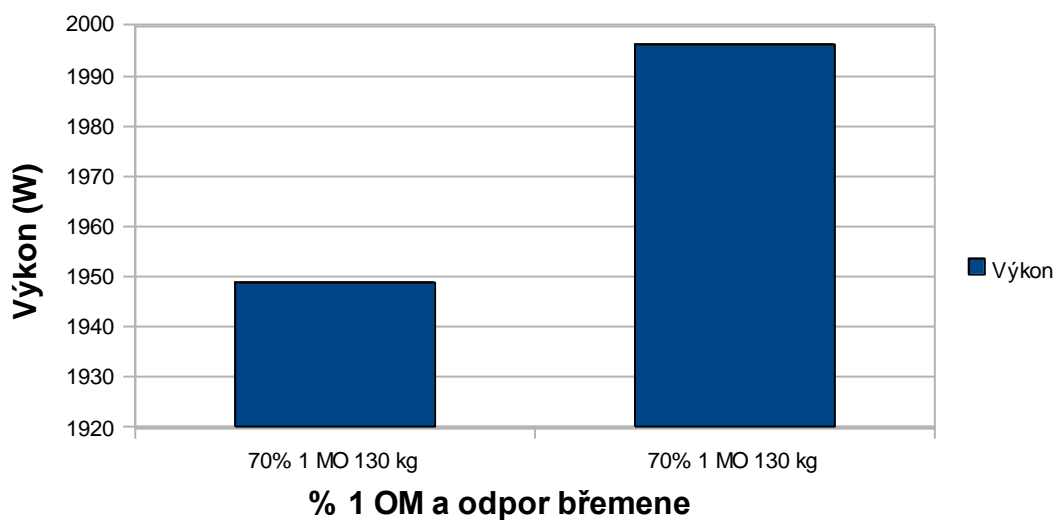
Výška vertikálního výskoku byla zlepšena o 2 cm (Obrázek 19). TO dosáhla vysokého výkonu v 1 OM, ale při vertikálním výskoku byla dosažená úroveň podprůměrná 49,4 cm. Výkon TO zlepšila o 47 W, protože bylo dosaženo nejvyššího mechanického výkonu na 70% IMO hmotnost břemene se dále zvyšovat nemohla (Obrázek 20).

P. T. ve svém zaměstnání pracuje ve stoje. TO stále aktivně hraje baseball, kterému se věnuje 12 let. TO absolvuje 3 baseballové tréninkové jednotky týdně v délce trvání 90 minut. Během tréninkového programu došlo k úbytku tělesné váhy o 6 kg díky úpravě ve stravování a zařazení aerobního tréninku. V závěru každé tréninkové jednotky TO rovněž zařazovala 40 min běh na orbitreku (elipticalu). Běh byl nižší intenzity zaměřený na aktivní zotavení, a proto pravděpodobně neovlivnil negativně tréninkový efekt absolvovaného silového tréninku. TO v minulosti zařazovala do svého tréninkového programu metody pro rozvoj rychlostně silových schopností.





**Obrázek 19.** Výška vertikálního skoku (cm) v jednotlivých měřeních u P. T.



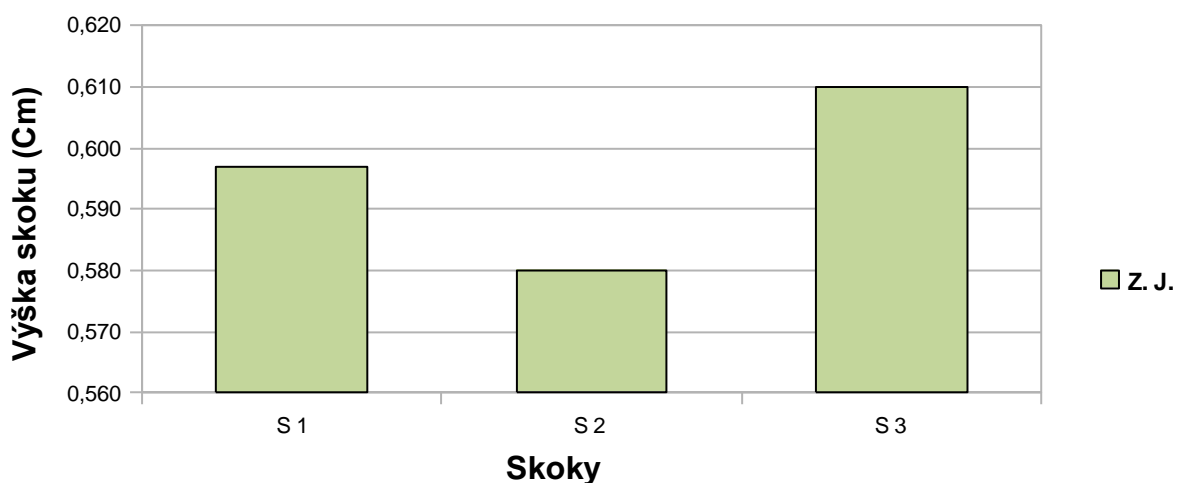
**Obrázek 20.** Optimální mechanický výkon zjištěný v měření před zahájením tréninkového programu a v měření týden po ukončení tréninkového programu.

### 5.3 Kontrolní skupina

#### Z. J.

Výšku vertikálního výskoku TO zlepšila pouze o 1,3 cm (Obrázek 21) a to zřejmě v důsledku vysoké úrovně při vstupní diagnostice, kdy bylo dosaženo výkonu 59,7 cm. Hmotnost břemene, se kterým TO v průběhu tréninkového programu vykonávala dřepy, byla 82,5 kg s dosaženým mechanickým výkonem 1931 W.

Z. J. je studentem FTK UP, proto má široký záběr sportovních aktivit v rámci studia. TO se aktivně věnuje basketballu, který hraje 10 let, před rokem ještě na profesionální úrovni nyní pouze na závodní úrovni při studiu. TO absolvuje 3 tréninkové jednotky týdně v délce trvání 90 minut. V době tréninkového programu byla TO mimo zápasové zatížení, což mohlo mít za následek přírůstek tělesné hmotnosti o 3 kg. TO se během své profesionální kariéry setkala s tréninkovými programy na rozvoj výbušné síly hlavně dolních končetin, proto zlepšení vertikálního skoku bylo minimální.

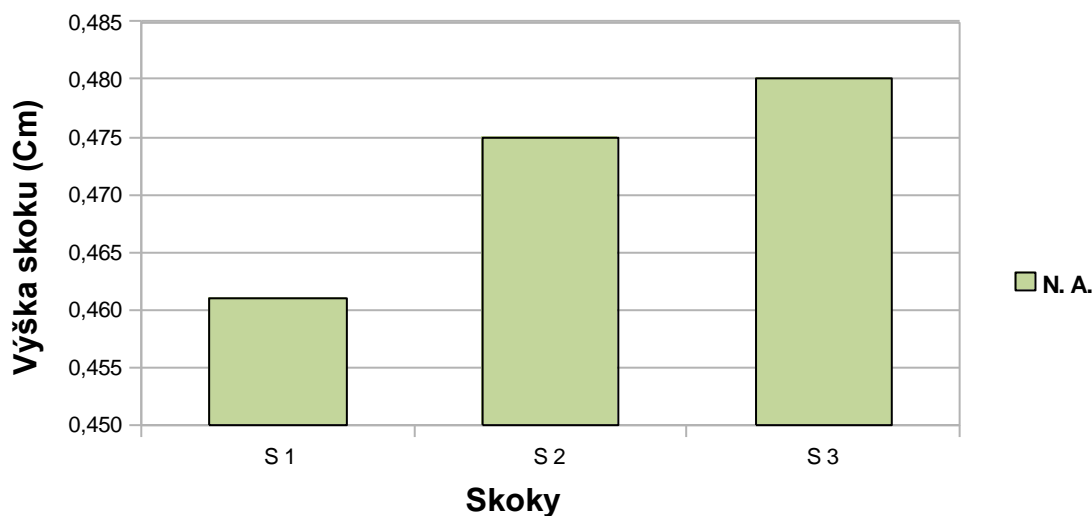


Obrázek 21. Výška vertikálního skoku (cm) v jednotlivých měřeních u Z. J.

**N. A.**

Výšku vertikálního výskoku TO zlepšila o 2 cm, kdy při vstupní diagnostice bylo dosaženo průměrné skokanské úrovně, která činila 46,1 cm (Obrázek 22). Nízké hodnoty souvisejí se sportovním zaměřením, které je velice specifické a zatížení dolních končetin je minimální. Tréninková hmotnost břemene byla stanovena na 50 kg (46% 1MO) s dosaženým výkonem 1643 W.

N. A. je studentem FTK UP a preferovaným sportem je sportovní gymnastika, které se věnuje 17 let. Nyní je gymnastická specializace zaměřena hlavně na olympijský šplh na laně bez přírazu. TO absolvuje týdně 4 tréninkové jednotky v délce trvání 100 minut. V průběhu experimentu TO nebyla v soutěžní přípravě na žádné gymnastické závody. Z tohoto důvodu došlo po ukončení tréninkového programu TO k navýšení tělesné hmotnosti o 3 kg. Během bohaté sportovní kariéry TO absolvovala metody na rozvoj výbušné síly dolních končetin.

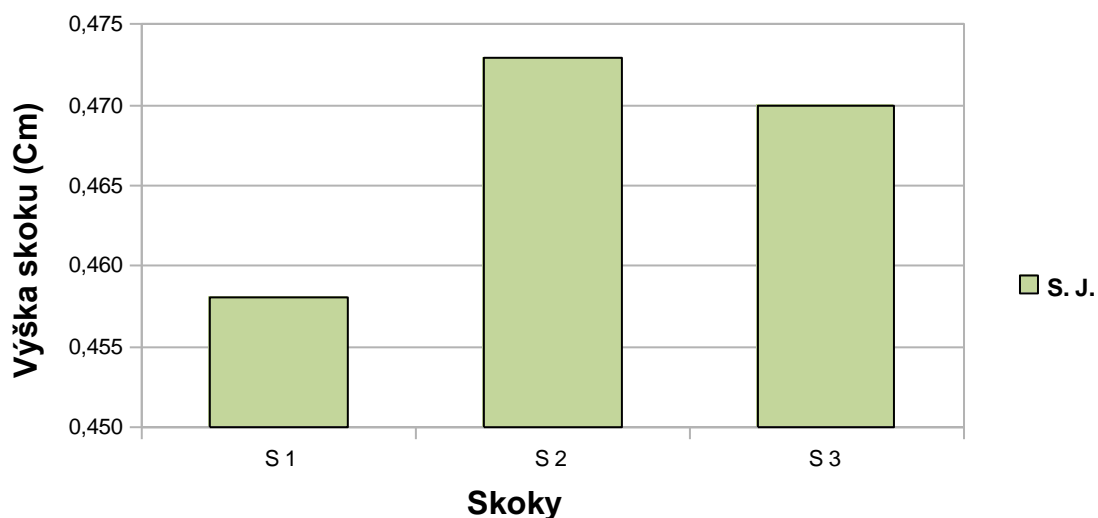


**Obrázek 22.** Výška vertikálního skoku (cm) v jednotlivých měřeních u N. A.

## S. J.

TO se ve výšce vertikálního skoku zlepšila o 1,2 cm, kdy vstupní diagnostika ukázala podprůměrný výkon 45,8cm. Po ukončení tréninkového programu nedošlo k většímu zlepšení, které je vidět na obrázku 23. TO dosáhla nízkého výkonu v 1 OM, ale hmotnost břemene se kterým byl absolvován tréninkový program byla na vysoké úrovni. TO s hmotností odporu 87,5kg (65% 1MO) předvedla nejvyšší výkon, který činil 1731W.

S. J. je studentem FTK UP a specializuje se na fotbal, který hraje 8 let na závodní úrovni. TO absolvuje 2 fotbalové tréninkové jednotky týdně v délce trvání 90 minut, mimo klubové tréninky má TO 2 individuální tréninky týdně v délce trvání 60 min, kdy zařazuje cvičení formou funkčního kruhového tréninku. TO v rámci tréninkového programu zvýšila tělesnou hmotnost o 3 kg. TO během své sportovní kariéry prováděla trénink rychlostně silového zaměření.

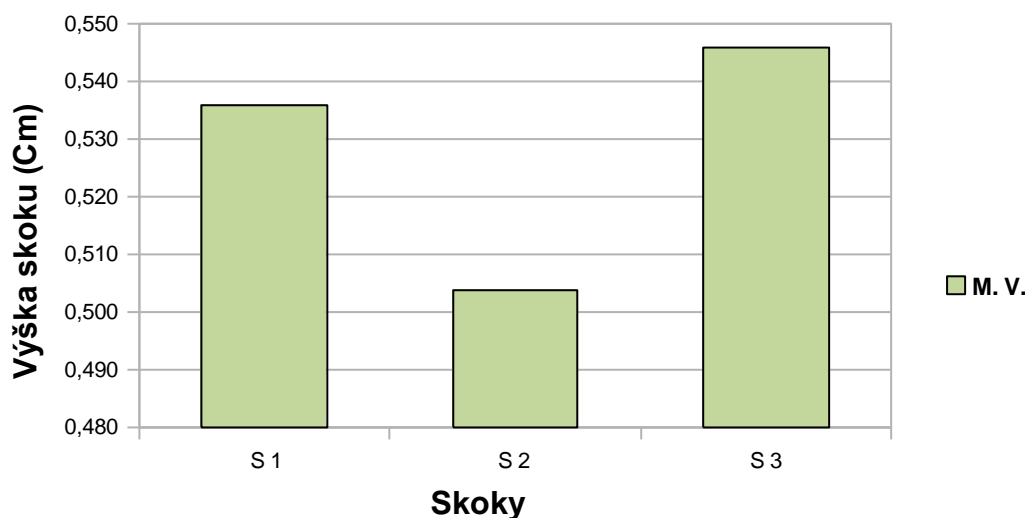


**Obrázek 23.** Výška vertikálního skoku (cm) v jednotlivých měřeních u S. J.

## M. V.

Vertikální výskok byl po absolvování tréninkového programu zvýšen o 1 cm (Obrázek 24). TO dosáhla nejvyššího 1 OM a předpokládáme, že důvodem nízké adaptace na tréninkové zatížení může být vysoký odpor břemene, při kterém pohyb nebyl vykonáván dostatečně výbušně. TO dosáhla na 65 % z 1MO výkonu 1907W a odpor břemene činil 127kg.

M. V. má převážně sedavé zaměstnání u počítače. TO se rekreačně věnuje kulturistice a hraje badminton. Silový trénink absolvuje ve 3 tréninkových jednotkách týdně v délce trvání 70 minut a badmintonový trénink provozuje 3x týdně v trvání 90 minut. TO v průběhu tréninkového programu ubrala 3 kg na tělesné hmotnosti. TO se v minulosti dosud nesečkala s rychlostně silovým charakterem tréninku.



**Obrázek 24.** Výška vertikálního skoku (cm) v jednotlivých měřeních u M. V

## 5.4 Skupinové vyhodnocení výsledků

### 5.4.1 Výsledky a diskuse k testování výšky vertikálního skoku

Friedmanova ANOVA u ES ukázala na statisticky významné rozdíly ( $p < 0,01$ ) ve výšce vertikálního skoku mezi třemi provedenými měřeními. Po věcné stránce můžeme uvést, že došlo ke změnám v pohybovém výkonu, kdy ES 5 týdnů po ukončení tréninkového programu zlepšila průměrnou hodnotu vertikálního skoku o 4 cm.

Friedmanova ANOVA u KS zjistila, že ve třech provedených měřeních vertikálního skoku nedošlo k žádné statisticky významné změně hodnot výšky vertikálního skoku ( $p = 0,17$ ). U této skupiny došlo k zlepšení 1,37 cm, ale ve sportovním výkonu takto malý nárůst výkonu vertikálního skoku nemůžeme považovat za věcně významný.

Rozdíly mezi skupinami ve zlepšení po aplikování 6 týdenního tréninkového programu považujeme z hlediska sportovní výkonnosti za významné. Porovnání rozdílů testových skóre vertikálního skoku mezi skupinami v jednotlivých měřeních pomocí Mann-Whitney U testu však nepotvrdilo významné rozdíly mezi ES a KS ani v jednom z měření (Tabulka 5).

**Tabulka 5.** Základní statistické charakteristiky sledovaných ukazatelů u skupiny kontrolní (n=4) a experimentální (n=5) a ověření významnosti rozdílů jejich hodnot při jednotlivých měřeních.

Parametr	Experimentální skupina			Kontrolní skupina			Z
	M	Mdn	SD	M	Mdn	SD	
S_1	0,53	0,52	0,10	0,51	0,50	0,07	0,12
S_2	0,55	0,56	0,11	0,51	0,49	0,05	0,12
S_3	0,57	0,57	0,10	0,53	0,51	0,07	0,61

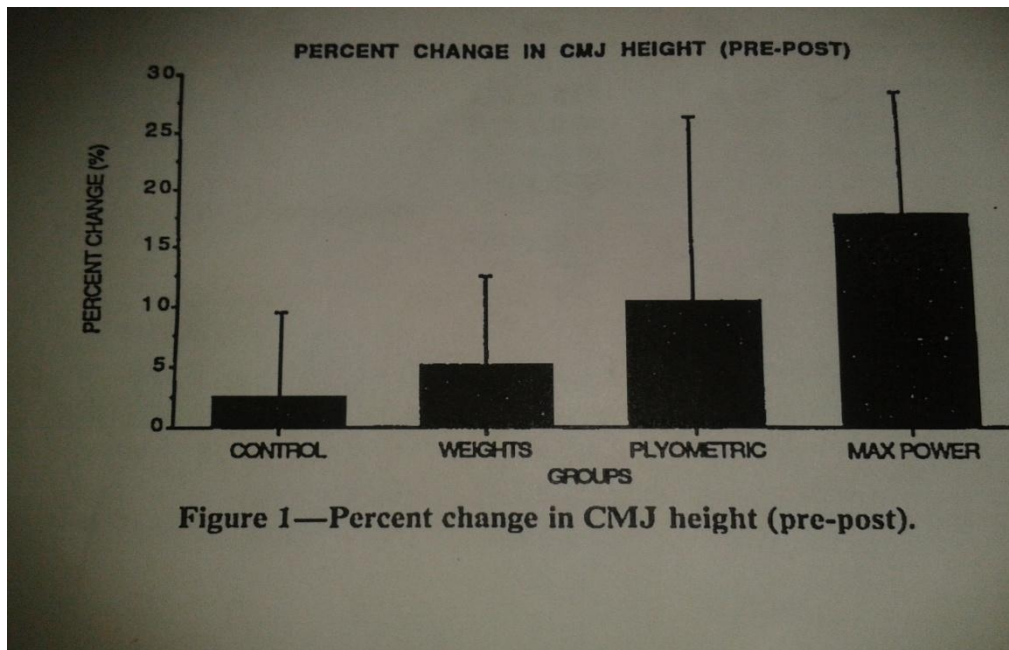
*Vysvětlivky:* S1 – měření na začátku výzkumu, S2- měření po ukončení tréninkového programu, S3 – měření 3 týdny po skočení výzkumu, M – průměr, Mdn – medián, SD – směrodatná odchylka, Z – hodnota testovacího kritéria Mann-Whitney test

Rahimi & Bhepur (2005) provedli studii, která byla zaměřením i provedením podobná našemu výzkumnému tématu. Studie se zúčastnilo 11 TO s věkem ( $19,27 \pm 1,36$ ) vysokoškolských studentů různého sportovního zaměření, kteří v minulosti nevyužívali tento typ odporového tréninku. Doba tréninkového programu byla stanovena rovněž na 6 týdnů s četností dvou tréninkových jednotek týdně. TO cvičily 4 série po 10 dřepích s odporem 40% 1OM s co možná nejvyšší rychlostí. Výsledky ukázaly, že při tomto typu tréninkového zatížení došlo k průměrnému zvýšení vertikálního výskoku 7,14 cm (pre-test  $43,22 \pm 6,30$  cm, post-test  $50,36 \pm 3,44$  cm). V porovnání s výsledky naší studie, kdy hodnoty u ES jsou (pre-test  $53,14 \pm 9,54$  cm, post-tes  $57,40 \pm 9,68$  cm) a KS (pre-test  $51,30 \pm 6,66$  cm, post-tes  $52,65 \pm 6,51$  cm). Podle našeho názoru TO ve výše uvedené studii dosáhly lepších výsledků v hodnotě vertikálního skoku, protože v minulosti dosud neabsolvovaly podobný tréninkový program, v porovnání s TO v naší studii, které tuto zkušenost v mnoha případech již měly. Další

odlišností je fakt, že naše TO trénovaly s vyššími odpory, které se pohybovaly mezi 45 až 70% 1 OM.

U ES jsme v průběhu tréninkového programu využívali monitorovací zařízení, pomocí kterého jsme sledovali mechanický výkon  $P_{max}$ , při provádění dřepů. Došlo-li při prováděné sérii k poklesu  $P_{max}$  pod nastavenou kritickou hranici, série byla ukončena. Tento zásah v tréninkovém programu, může mít za následek lepší hodnoty vertikálního skoku u ES v porovnání s KS. Při zpětném rozboru můžeme konstatovat, že TO dosahovaly mezi 2 – 6 opakováním nejvyššího  $P_{max}$ , při kterých se odpor břemene pohyboval mezi 45 až 70% 1 OM. V podobné studii Baker & Newton (2007) došli k podobným zjištěním, kdy jejich TO, dosahovaly nejvyššího  $P_{max}$  u hlubokých dřepů při 2-3 opakování s nastaveným odporem 45 až 60% 1OM.

Wilson et al. (1993) ve své studii porovnávali 3 skupiny, které měly různé tréninkové programy. Jedna skupina vykonávala plyometrická cvičení, další skupina prováděla tradiční silový trénink s činkami a poslední skupina se v tréninku zaměřila na  $P_{max}$ . Délka tréninkového cyklu byla 10 týdnů a TO v tomto programu absolvovaly 2 tréninkové jednotky týdně. Výsledky této studie (Obrázek 25) ukázaly, že největší zvýšení vertikálního skoku (countermovement jump) zaznamenala skupina, u které byl kontrolován  $P_{max}$  (pre-test 37,2 cm, post-test 41,8 cm). Naše subjekty v ES, u kterých jsme detekovali  $P_{max}$ , dosáhly rovněž zvýšení úrovně vertikálního skoku.



**Obrázek 25.** Procentuální změny v CMJ závěrečném měření (Wilson et al., 2007, upraveno)

V tréninkovém programu TO vyvíjely co nejvyšší rychlost při provádění každého dřepu. Toto úsilí často vedlo k neschopnosti v závěrečné fázi pohybu udržet paty na podložce, kdy docházelo neúmyslným výponům na špičky zapříčiněnou setrvačností břemene zařízení multipress (Smithův stroj). Ve studii Leirdala, Roelevelda & Ettema (2008) byla zkoumána hypotéza provádění dřepů, které v závěrečné fázi pohybu končily plantární flexí v kotníku, kdy nedošlo k opuštění podložky (výskoku). V tréninkovém programu byly všechny vykonávané pohyby prováděny explozivně s maximální rychlostí stejně jako TO v naší práci. Studie ukázala, že tréninkový efekt explozivně vykonávaných dřepů s plantární flexí zvyšuje rychlost takto vykonávaných dřepů, ale nemá vliv na zvýšení hodnot vertikálního skoku.

V naší práci bylo, v souladu s jinými studiemi, provedeno druhé měření týden po ukončení 6 týdenního tréninkového programu, které u TO nevykázalo zlepšení hodnot vertikálního skoku. Dle našeho názoru se v tomto post-testu ještě nemohly projevit vzniklé adaptace. Je totiž vhodné vzít v úvahu opožděný tréninkový efekt, který se dostavuje až s časovým odstupem (Zatsiorsky, 1995). U KS došlo k zhoršení hodnot v druhém měření o 0,5 cm, ale třetí měření, které bylo provedeno s odstupem 3 týdnů bylo dosaženo vyšších hodnot (Tabulka 5). Zhoršení hodnot vertikálního skoku v druhém měření jsme u ES nezaznamenali.



## 5.5 Výsledky a diskuse k testování izokinetické síly

V měřeních rychlostech 60°/s a 360°/s jsme u ES ani KS nezjistili statisticky významné změny v žádném ze sledovaných parametrů (Tabulka 6 a 7).

**Tabulka 6.** Základní statistické parametry sledovaných ukazatelů a ověření významnosti rozdílů jejich hodnot mezi vstupním a výstupním měření při flexi a extenzi kolenního kloubu u kontrolní skupiny (n=4).

Parametr	Vstupní měření			Výstupní měření			Z
	M	Mdn	SD	M	Mdn	SD	
PDK-MS-F-60	110,75	120,50	29,25	123,00	129,50	21,49	0,50
PDK-Amax-F-60	37,25	31,50	16,97	27,25	26,50	2,63	0,50
PDK-Tmax-F-60	426,50	400,50	235,35	216,00	193,50	99,46	1,50
PDK-Pmax-F-60	112,50	120,50	25,43	119,50	118,50	26,46	0,50
PDK-MS-E-60	214,25	207,50	39,69	215,75	219,50	34,05	0,50
PDK-Amax-E-60	69,00	69,50	4,54	68,25	69,00	5,61	0,50
PDK-Tmax-E-60	343,50	338,50	81,17	352,75	323,00	84,19	0,50
PDK-Pmax-E-60	195,50	189,00	34,57	193,25	193,50	29,06	0,50
LDK-MS-F-60	114,25	127,00	28,33	122,00	123,50	28,57	0,50
LDK-Amax-F-60	36,25	31,50	14,31	29,50	25,00	10,40	1,50
LDK-Tmax-F-60	398,25	322,00	244,41	296,50	243,00	170,30	1,50
LDK-Pmax-F-60	118,25	124,50	33,24	123,50	115,50	39,07	0,89
LDK-MS-E-60	196,50	195,50	40,92	206,75	207,50	43,26	1,50
LDK-Amax-E-60	68,50	69,00	1,91	64,75	67,50	6,55	1,54
LDK-Tmax-E-60	322,75	356,00	151,82	320,00	342,50	176,45	0,50
LDK-Pmax-E-60	178,75	181,00	37,35	215,00	204,00	75,21	0,50
PDK-MS-F-360	48,25	44,00	22,42	71,75	76,00	26,50	-0,50
PDK-Amax-F-360	33,50	30,00	13,30	26,00	24,50	10,36	-0,50
PDK-Tmax-F-360	369,75	408,00	180,48	367,00	324,00	93,53	-0,50
PDK-Pmax-F-360	26,00	22,50	21,40	42,25	39,50	26,46	0,50
PDK-MS-E-360	61,25	67,00	36,52	92,50	79,00	53,04	0,50
PDK-Amax-E-360	69,00	70,50	11,34	70,00	69,50	11,86	0,50
PDK-Tmax-E-360	382,75	362,50	99,73	336,75	316,00	62,23	0,50
PDK-Pmax-E-360	67,25	67,00	41,36	60,00	54,50	44,51	0,50
LDK-MS-F-360	62,50	58,00	17,33	56,50	64,50	19,15	-0,50
LDK-Amax-F-360	37,25	37,00	20,51	29,75	21,50	19,65	0,50
LDK-Tmax-F-360	309,50	283,50	61,49	307,75	309,00	26,38	-0,50
LDK-Pmax-F-360	44,25	44,50	12,28	33,00	32,00	21,46	0,50
LDK-MS-E-360	89,75	90,00	32,47	85,00	73,00	50,55	-0,50
LDK-Amax-E-360	53,50	53,00	2,64	58,00	54,00	10,73	0,50
LDK-Tmax-E-360	272,75	271,50	14,17	265,25	267,50	29,73	-0,50
LDK-Pmax-E-360	62,75	58,00	29,73	59,25	45,00	42,88	-0,50

*Vysvětlivky:* PDK – pravá dolní končetina, LDK – levá dolní končetina, MS – maximální moment síly, Amax – úhel, ve kterém bylo dosaženo maxima, Tmax – čas potřebný k dosažení maxima, Wmax – maximální práce, 60, 360 – úhlová rychlost, M – průměr, Mdn – medián, SD – směrodatná odchylka, Z – hodnota testovacího kritéria Mann-Whitney testu

**Tabulka 7.** Základní statistické parametry sledovaných ukazatelů a ověření významnosti rozdílů jejich hodnot mezi vstupním a výstupním měření při flexi a extenzi kolenního kloubu u experimentální skupiny (n=5).

Parametr	Vstupní měření			Výstupní měření			Z
	M	Mdn	SD	M	Mdn	SD	
PDK-MS-F-60	108,20	115,00	27,26	122,20	114,00	47,45	0,89
PDK-Amax-F-60	39,20	35,00	12,94	32,00	35,00	4,58	0,50
PDK-Tmax-F-60	560,60	622,00	159,44	515,80	486,00	143,39	0,50
PDK-Pmax-F-60	111,00	105,00	27,55	125,40	120,00	44,82	0,89
PDK-MS-E-60	246,80	246,00	43,49	234,40	254,00	83,18	0,89
PDK-Amax-E-60	64,00	68,00	6,44	65,00	69,00	7,68	0,50
PDK-Tmax-E-60	447,00	400,00	122,48	438,00	329,00	124,33	0,50
PDK-Pmax-E-60	231,00	218,00	30,59	223,20	255,00	69,44	0,89
LDK-MS-F-60	117,80	117,00	25,57	124,40	119,00	31,78	0,89
LDK-Amax-F-60	41,00	32,00	12,96	43,00	33,00	21,02	-0,50
LDK-Tmax-F-60	508,20	425,00	209,37	345,40	352,00	90,81	0,89
LDK-Pmax-F-60	126,40	132,00	21,87	129,80	131,00	33,98	0,50
LDK-MS-E-60	238,80	241,00	44,06	233,40	244,00	65,63	0,50
LDK-Amax-E-60	63,60	65,00	4,66	58,80	61,00	7,82	1,15
LDK-Tmax-E-60	434,20	430,00	56,67	451,20	435,00	73,20	0,89
LDK-Pmax-E-60	223,40	215,00	32,41	219,80	219,00	49,80	0,89
PDK-MS-F-360	77,40	70,00	60,93	84,20	60,00	61,43	0,50
PDK-Amax-F-360	28,20	24,00	14,72	21,40	21,00	5,17	0,50
PDK-Tmax-F-360	334,40	343,00	145,54	337,60	309,00	163,88	0,50
PDK-Pmax-F-360	40,40	41,00	23,16	37,80	26,00	26,81	0,50
PDK-MS-E-360	133,40	166,00	71,57	134,00	176,00	87,75	0,50
PDK-Amax-E-360	61,20	54,00	14,07	65,80	70,00	11,84	0,50
PDK-Tmax-E-360	310,60	315,00	15,89	305,20	299,00	14,54	0,50
PDK-Pmax-E-360	89,40	68,00	47,17	83,60	61,00	69,44	0,50
LDK-MS-F-360	97,40	112,00	44,88	89,00	96,00	38,44	0,50
LDK-Amax-F-360	53,80	48,00	19,84	36,60	36,00	14,04	0,50
LDK-Tmax-F-360	277,60	282,00	36,07	300,40	299,00	41,69	0,50
LDK-Pmax-F-360	73,60	78,00	19,62	62,20	63,00	26,19	0,50
LDK-MS-E-360	157,40	169,00	46,97	139,40	164,00	76,60	1,50
LDK-Amax-E-360	54,60	54,00	2,70	46,60	54,00	17,12	0,50
LDK-Tmax-E-360	255,40	260,00	10,31	257,80	266,00	34,88	0,50
LDK-Pmax-E-360	114,80	122,00	38,20	97,60	123,00	53,91	0,50

*Vysvětlivky:* PDK – pravá dolní končetina, LDK – levá dolní končetina, MS – maximální moment síly, Amax – úhel, ve kterém bylo dosaženo maxima, Tmax – čas potřebný k dosažení maxima, Wmax – maximální práce, 60, 360 – úhlová rychlost, M – průměr, Mdn – medián, SD – směrodatná odchylka, Z – hodnota testovacího kritéria Mann-Whitney testu

### 5.5.1 Výsledky a diskuse k MS v úhlových rychlostech 60 a 360°/s

MS je výsledkem svalové síly v nastavené úhlové rychlosti, tento parametr byl pro naši práci jedním ze stěžejních parametrů.

#### *Extenze*

Tréninkový program zaměřený na extenzi kvadricepsů u ES vykázal v rychlosti 60°/s zhoršení o 12 Nm u PDK, u LDK došlo k poklesu síly o 5 Nm. U KS v této rychlosti nedošlo k žádné změně u PDK, ale u LDK došlo k zlepšení o 10 Nm. Garceau, Petushek, Fauthl & Ebben (2010) testovali MS extenzorů kolene u sportujících mužů ve věku (21,59±1,79). U TO byl aplikován 8 týdenní tréninkový program, ve kterém byl zahrnutý plyometrický a silový trénink s intenzitou 4 tréninkových jednotek týdně. V úhlové rychlosti 60°/s při extenzi PDK průměrné výsledky ukázaly hodnoty 165,17±32,65 Nm. Při porovnání tohoto parametru jsme v naší studii zaznamenali vyšší hodnoty v druhém měření PDK jak u ES (234,40±83,18 Nm), tak u KS (217,75±34,05 Nm). Domníváme se, že vysoká silová trénovanost našich TO byla příčinou takto vysokých hodnot u tohoto parametru v porovnání s výše uvedenými výsledky.

V rychlosti 360°/s TO v ES nevykázaly u PDK zlepšení a u LDK jsme zjistili zhoršení o 18 Nm. KS v této úhlové rychlosti u PDK zlepšila extenzi o 31Nm u LDK nedošlo k statisticky významné změně ( $p>0,05$ ), které zobrazuje Tabulka 7. Pro srovnání uvedu studii Freedson, Gilliam, Mahoney, Maliszewski & Kastang (1993), kteří v rozsáhlém výzkumu diagnostikovali MS extenze a flexe kolenního kloubu v úhlové rychlosti 300°/s. Testovanou skupinu tvořilo 3345 probandů, kteří měli fyzicky náročné zaměstnání. Nejvyšších hodnot dosáhla skupina ve věku 21 až 30 let, která při extenzi kolene v úhlové rychlosti dosáhla průměrné hodnoty 108,8±54,30 Nm. Naše TO v ES dosáhly vyšších hodnot (PDK extenze 134±87,75 Nm, LDK extenze 139,40±76,60 Nm). U KS byly hodnoty v porovnání s výše uvedenými výsledky nižší (PDK extenze 92,50±53,04 Nm, LDK extenze 85,00±50,55 Nm).

## *Flexe*

ES při flexi kolenního kloubu u PDK při rychlosti 60°/s dosáhla zlepšení o 14 Nm a LDK se zlepšila o 7 Nm. KS v dané rychlosti vykázala podobný přírůstek, kdy se MS u PDK zlepšil o 13 Nm a LDK o 8 Nm. Garceau et al. (2010) při testování MS stejné rychlosti naměřili u flexe PDK hodnoty 86,81±13,05 Nm. V porovnání s touto studií jsme ve stejném parametru dosáhli v druhém měření vyšších výkonů u ES (122,20±47,45 Nm) i KS (123±21,49 Nm).

V úhlové rychlosti 360°/s došlo u ES PDK k zlepšení o 7 Nm a zhoršení u LDK o 8 Nm (Tabulka 7). KS v dané rychlosti dosáhla zlepšení v druhém měření, při kterém MS u PDK vzrostla o 23 Nm, ale u LDK se snížila o 6 Nm. Ve výsledcích obou skupin nebyla nalezena statistická významnost rozdílů průměrných hodnot ( $p < 0,05$ ). Freedson et al. (1993) při testování flexorů kolene v úhlové rychlosti 300°/s naměřili nejvyšší hodnoty u skupiny mužů ve věku 21 až 30 let (96,7 Nm). V porovnání s naší studií dosáhly TO v ES v druhém měření při rychlosti 360°/s nižších hodnot (PDK flexe 84,20±61,43 Nm, LDK flexe 89,00±38,44 Nm) a KS dosáhla ještě nižších hodnot (PDK flexe 71,75±26,50 Nm, LDK flexe 56,50±19,15 Nm).

Při vyhodnocování naměřených výsledků pro extenzi a flexi v naší práci bylo zřetelné, jak se vzrůstající úhlovou rychlostí klesají hodnoty maximálního momentu síly. Stejný trend poklesu MS jsme zaznamenali ve studiích Dvira & Davida (1996), Garceau et al. (2010) Freedsona et al. (1993), kteří se shodují v teorii, že ve vysokých rychlostech se zapojují především rychlá bílá vlákna (FG), protože ostatní zbylá vlákna (FGO, SO) se nestíhají kontrahovat.

Podle našeho názoru, druhé měření proběhlo dříve, než mohlo dojít k opožděnému tréninkovému efektu (Zatsiorsky, 1995), protože v řadě parametrů byly v druhém měření nižší hodnoty u obou diagnostikovaných skupin. Třetí měření se z technických důvodů neuskutečnilo. Vliv na zlepšené výkony u ES mohlo mít zařízení FitroDyne Premium, které u této skupiny řídilo tréninkovou jednotku. V naší studii jsme se zaměřili na rozvoj explozivní síly extenzorů DK. Výsledky ukazují na zlepšení extenzorů i flexorů u obou skupin (Tabulka 6 a 7). George, Costill, Coyle a Fink (1978) ve své studii došli k závěru, že k nejvyšším hodnotám MS dochází při flexi kolenního kloubu v úhlových rychlostech (0, 60, 120 a 180°/s). Signifikantní rozdíly nebyly zjištěny u rychlostí 240 a 300°/s. TO v naší práci

dosahovaly vyšších výsledků maximálního momentu síly při vykonané flexi v úhlové rychlosti 60°/s.

### **5.5.2 Výsledky a diskuse k Tmax v úhlových rychlostech 60 a 360°/s**

Tmax je izokinetický parametr, ve kterém dochází v určitých časových úsecích vykonávaného pohybu k dosažení maximálního momentu svalové síly (peak torque).

Při extenzi kolenního kloubu v rychlosti 60°/s došlo u ES k zlepšení Tmax PDK o 9 ms, u LDK jsme zjistili zlepšení o 80 ms. Při této rychlosti se KS zhoršila o 9 ms u PDK, a LDK zůstala na stejné úrovni, která byla naměřena v úvodní diagnostice. Experimentální skupina při rychlosti 360°/s se v extenzi PDK zlepšila pouze o 5 ms a u LDK došlo k zhoršení o 2 ms. Kontrolní skupina při stejné rychlosti dosáhla u PDK zkrácení Tmax o 46 ms a na LDK se hodnota nezměnila. Výsledky (Tabulka 6) nevykazují žádnou statistickou významnost rozdílů.

Při flexi v rychlosti 60°/s se ES zlepšila u PDK o 45 ms, u LDK došlo ke zkrácení času o 162 ms. U KS došlo k snížení času potřebného k dosažení maximálního momentu síly u flexe PDK o 210 ms u LDK o 101 ms. Při úhlové rychlosti 360°/s nedošlo k zlepšení Tmax ve flexi kolene u ES u PKD a u LDK došlo k zhoršení o 23 ms. K podobným výsledkům jsme došli i u KS, která nevykázala zlepšení Tmax u DK. Naše úvaha, že Tmax se vlivem tréninkového programu zmenší a bude tím dosaženo rychlejší produkce maximální svalové síly, nebyla statisticky potvrzena ( $p > 0,05$ ). Dvir (2004) ve své studii uvádí, že výsledky parametru Tmax by měly být pouze orientační, protože reliabilita testování Tmax není dostatečně vysoká.

### 5.5.3 Výsledky a diskuse k Pmax v úhlových rychlostech 60 a 360°/s

#### *Extenze*

Pmax je ukazatelem množství vykonané práce za jednotku času (Dvir, 2004). ES při extenzi kolene v úhlové rychlosti 60°/s dosáhla v tomto parametru zhoršení hodnot DK (PDK -8 W, LDK -4 W). KS ve stejných podmínkách zlepšila Wmax u PDK o 7W, hodnota LDK byla zvýšena o 37 W. Garceau et al. (2010) ve výše uvedené studii zjistili u extenze PDK v rychlosti 60°/s tuto hodnotu Wmax (161,61±32,89 W). Ve srovnání s touto prací naše TO dosáhly v závěrečném měření vyšších hodnot v tomto parametru, které byly u ES (PDK extenze 223,20±69,44 W, LDK extenze 219±49,80) a KS (PDK extenze 193,25±69,44 W, LDK extenze 215±75,21 W).

Při rychlosti 360°/s došlo v extenzi k poklesu hodnot u ES (PDK -6 W, LDK -17 W). Pokles hodnot v této úhlové rychlosti jsme zaznamenali u KS (PDK -7 W, LDK -3 W), důvodem může být opět vysoká rychlost vykonávaného pohybu (Dvir & David, 1996; Garceau et al., 2010; Freedson et al., 1993).

#### *Flexe*

ES ve flexi kolene v úhlové rychlosti 60°/s zlepšila sledované parametry Wmax u PDK o 14 W a LDK o 3 W. KS se v této rychlosti při prováděné flexi zhoršila u PDK o 3 W a u LDK o 9 W. Pro porovnání jsme použili výsledky studie Garceau et al. (2010), kdy TO v diagnostice Wmax dosáhly průměrné hodnoty 90.86±16.69 W. U TO v ES jsme v případě flexe PDK zaznamenali průměrné hodnoty (PDK flexe 125,40±44,82 W, LDK flexe 129,80±33,98 W) a u KS (PDK flexe 119,50±26,46 W, LDK flexe 123,50±39,07 W).

ES v úhlové rychlosti 360°/s zhoršila hodnoty extenzorů PDK o 3 W a LDK o 9 W. Ve stejné rychlosti se KS zlepšila ve flexi kolene v této rychlosti u PDK 16 W, ale u LDK došlo k zhoršení 11 W. V této vysoké rychlosti znovu pozorujeme klesající ukazatel vykonané práce. U tohoto sledovaného parametru jsme neshledali žádnou statistickou významnost ( $p>0,05$ ).

### 5.5.4 Výsledky a diskuse k Amax v úhlových rychlostech 60 a 360°/s

Amax je důležitý ukazatel k posouzení svalové funkce, protože poskytuje informace o úhlu, ve kterém je docíleno maximálního momentu síly. Ostering, Sawhill, Bates, a Hamill (1983) ve své studii uvádí, že nejvyšších hodnot Amax pro extenzi kolenního kloubu je dosahováno v rozmezí 63 až 87°, které považují za optimální k dosažení MS.

#### *Extenze*

U ES při extenzi v úhlové rychlosti 60°/s byla u PDK v prvním měření zjištěna hodnota Amax 64° a v druhém 65°, u LDK byly hodnoty obdobné (Tabulka 7). KS ve stejné rychlosti při extenzi PDK dosáhla Amax v prvním měření 69° v druhém byla hodnota stejná. V rychlosti 360°/s ES zaznamenala v prvním měření Amax 61° a v druhém 65° u PDK, u LDK v prvním i druhém měření se úhly pohybovaly pod optimální hranicí (Ostering et al., 1983). Kontrolní skupina se v této rychlosti odlišovala od hodnot uváděných v literatuře, kdy v prvním měření dosáhla Amax u PDK na 53°, a v druhém se hodnota zvýšila o 5°. Při provedeném hodnocení obou skupin nebyla nalezena žádná statistická významnost ( $p > 0,05$ ). V podobné práci testovali Murray, Gardner, a Mollinger (1980) 72 zdravých mužů ve věku 20 až 35 let. TO v této studii dosahovaly největšího momentu síly při extenzi v úhlu 45°.

#### *Flexe*

ES při provedené flexi u PDK docílila Amax v rychlosti 60°/s v prvním měření v úhlu 39° v druhém při 32°, u LDK dosahovaly TO maximálního momentu při 41° a 43°. KS ve stejné úhlové rychlosti dosahovala v druhých měřeních menších úhlů Amax u obou končetin (PDK 27°; LDK 29°). V rychlosti 360°/s se ES pohybovala v rozsahu pohybu 28° až 21°, u PDK a LDK zaznamenala v prvním měření Amax na 53° a v druhém měření při 36°. KS dosáhla ve stejné úhlové rychlosti u PDK i LDK v obou provedených měřeních optimálního rozsahu pohybu. Stejně jako u extenze u obou skupin nebyla shledána žádná statistická významnost ( $p > 0,05$ ). Thorstensson, Grimby, a Karlsson (1976) zjistili, že nejvyšší Amax u flexe kolene je dosaženo v rozmezí 32° až 61°. Murray et al. (1980) ve své studii uvedli, že největší MS je dosažen v rozsahu 30° až 45° a malé změny v peak torque nastaly v úhlovém rozmezí 45° až 60°. Naše TO dosahovaly nejvyšších hodnot MS při flexi v uvedeném rozsahu pohybu kolenního kloubu.

### 5.5.5 Diskuse a výsledky k poměru síly flexorů k extenzorům kolena

K zhodnocení poměru síly flexe a extenze kolene jsme využili poměr H/Q. Brown (2000, 2007) uvádí, že poměr úzce souvisí s nastavenou úhlovou rychlostí, a proto u rychlostí do 180°/s je optimální poměr vyjádřen hodnotou 0,6 a vyšší. U vyšších rychlostí je ideální hodnota H/Q ratio stanovena na 1,0.

**Tabulka 8.** Procentuální rozdíl poměru H/Q na začátku a konci měření u experimentální skupiny

Parametr	Měření 1	Měření 2	% Rozdíl
PDK-MS-60	0,438	0,521	8,29
LDK-MS-60	0,493	0,533	3,97
PDK-MS-360	0,580	0,628	4,8
LDK-MS-360	0,619	0,638	1,96

ES dosáhla v druhém měření v rychlosti 60°/s zlepšení jak u PDK, tak u LDK (Tabulka 8). Na základě zvýšení poměru H/Q mezi měřeními se mohlo snížit riziko zranění flexorů a extenzorů kolenního kloubu (Brown, 2000; Dvir, 2004). TO se zřejmě vlivem tréninkového zatížení přiblížily k doporučenému poměru 0,6. U rychlosti 360°/s nebylo dosaženo změn v H/Q ratio a naměřené výsledky mohou poukazovat na možné riziko poranění těchto segmentů.

**Tabulka 9.** Procentuální rozdíl (H/Q ratio) na začátku a konci měření u kontrolní skupiny

Parametr	Měření 1	Měření 2	% Rozdíl
PDK-MS-60	0,517	0,570	5,32
LDK-MS-60	0,581	0,590	0,85
PDK-MS-360	0,787	0,776	-1,14
LDK-MS-360	0,696	0,665	-3,16



KS v druhém izokinetickém měření při úhlové rychlosti 60°/s zvýšila u PDK poměr H/Q ratio o 5,32% a přiblížila se k optimálnímu poměru hamstringu a quadricepsu. Dauty, Portion-Josse a Rochcognar (2003) ve své studii uvedli, že při úhlové rychlosti 60°/s by neměl být poměr  $H/Q < 0,6$ . U rychlosti 360°/s došlo k zhoršení u obou končetin (Tabulka 9). Přesto, že došlo k zhoršení, tato skupina vykazovala lepší poměr H/Q ratio v obou měření v porovnání s ES.

## **5.6 Vyjádření k výzkumným otázkám**

Na položené výzkumné otázky můžeme odpovědět následovně.

**1.** Jaké změny v úrovni odrazové síly DK, hodnocených testem vertikálního skoku z místa, nastanou po absolvování 6 týdenního tréninkového programu u experimentální a kontrolní skupiny?

U výšky vertikálního skoku došlo zvýšení úrovně odrazové síly diagnostikované po ukončení 6 týdenního tréninkového programu u obou skupin, avšak staticky významné zlepšení ( $p < 0,01$ ) byla potvrzena pouze v případě experimentální skupiny.

**2.** Jaké změny v úrovni izokinetických silových komponent u DK hodnocených přístrojem ISOMED 2000, nastanou po absolvování 6 týdenního tréninkového programu u experimentální a kontrolní skupiny?

U izokinetických parametrů nedošlo u obou testovaných skupin, po absolvování tréninkového programu, k statistickým významným změnám hodnot.

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

Limity naší studie spatřujeme především v malém rozsahu testovaného souboru, který byl ještě redukován vlivem zranění TO v průběhu tréninkového zatížení. Při realizaci prováděných dřepů s co největší rychlostí u některých TO docházelo k lehkému odrazu od lavice, která sloužila ke kontrole hloubky rozsahu pohybu. Domníváme se, že tento zásah byl způsoben snahou co nejrychleji vykonat další opakování v probíhající cvičební sérii. Snaha vyvinout co nejvyšší rychlost s břemenem, vedla k neschopnosti udržet v závěrečné fázi provedení přilepené paty na podložky a často docházelo k výponům na špičky. TO na to byly před i v průběhu tréninkového procesu upozorňovány. Další limit spatřujeme v nedokončení izokinetické diagnostiky, kdy nám z technických důvodů nebylo umožněno vykonání 3 měření, ve kterém by se mohl projevit opožděný tréninkový efekt. Námětem pro budoucí studie může být provádění dřepů na multipressu s výskokem, které nám v této studii z technických důvodů nebylo umožněno.

## 6 ZÁVĚRY

- 1) Individuální vyhodnocení výsledků po aplikaci 6 týdenního optimalizovaného tréninkového programu ukázalo, že u všech TO v ES došlo k zlepšení hodnot vertikálního skoku, které může ovlivnit sportovní výkon v porovnání s KS.
- 2) Po aplikaci 6 týdenního optimalizovaného tréninkového programu došlo k statisticky významnému zlepšení vertikálního skoku pouze u experimentální skupiny.
- 3) Při komparaci explozivní síly dolních končetin experimentální a kontrolní skupiny jsme neshledali v měřeních vertikálního skoku před ani po absolvování tréninkového programu statisticky významné rozdíly.
- 4) Výsledky sledovaných izokinetických parametrů (MS, Amax, Tmax, Pmax) v izokinetické dynamometrii neodhalily statisticky významné změny hodnot v úhlových rychlostech  $60^\circ/\text{s}$  a  $360^\circ/\text{s}$ .
- 5) Výsledky studie naznačily, že využití FitroDyne Premium v tréninkovém procesu pro rozvoj výbušné síly může vést ke zvýšení efektivity tréninkového programu.

## 7 SOUHRN

Cílem diplomové práce je stanovit a porovnat efekt tréninkového programu zaměřeného na rozvoj explozivní síly dolních končetin využívajícího pro optimalizaci počtu opakování v sérii zpětnovazebné informace tréninkového programu s předem stanoveným počtem opakování v sérii.

Teoretická část práce se věnuje poznatkům z anatomie a fyziologie kosterního svalstva. Následují poznatky věnované charakteristice silových schopností, faktorům ovlivňujícím svalovou sílu a trénink síly ve sportovním tréninku. Poslední část teoretických informací se vztahuje k testování síly dolních končetin pomocí izokinetické dynamometrie a vertikálního skoku.

Výzkumná část diplomové práce obsahuje popis použité metodiky. Testovaný soubor tvořili aktivně sportující muži ( $n=12$ , věk  $M=26,3\pm 3,1$  let, tělesná výška  $M=187,7\pm 7,49$  cm, tělesná hmotnost  $M=96,5\pm 12,42$  kg). K optimalizaci tréninkového zatížení jsme využívali FitroDyne Premium (FiTRONiC, Bratislava). Test výšky vertikálního skoku byl proveden na FitTRO Jumper (FiTRONiC, Bratislava). Izokinetickou sílu jsme měřili dynamometrem ISOMED 2000 (D. & R. Ferstl GmbH, Hemau, Germany) v úhlových rychlostech  $60^\circ/s$  a  $360^\circ/s$ . Izokinetické testování dolních končetin proběhlo před zahájením tréninkového programu a po jeho ukončení. U vertikálního skoku bylo závěrečné testování provedeno s odstupem 3 týdnů. Získané výsledky byly vyhodnocovány Friedmanovou analýzou variace a Mann-Whitney U testem.

Individuální vyhodnocení výsledků po aplikaci 6 týdenního optimalizovaného tréninkového programu ukázalo, že u všech TO v ES došlo k zlepšení hodnot vertikálního skoku v porovnání s KS. U izokinetických parametrů (MS, Amax, Tmax, Pmax) byly změny hodnot podle ANOVY a Mann-Whitney U testu statisticky nevýznamné. Výsledky studie naznačily, že využití FitroDyne Premium v tréninkovém procesu pro rozvoj výbušné síly může vést ke zvýšení efektivity tréninkového programu.

## 8 SUMMARY

The aim of this thesis is to determine and compare the effect of the training program to develop explosive strength of lower limbs. The program utilizes the feedback information and training program with predetermined number of times in the series in order to optimize the number of repetitions in a series.

Theoretical part deals with the knowledge of the anatomy and physiology of the skeletal muscles. It is followed by the characteristics of strength abilities, factors affecting muscle strength and strength training in sports training. The last part of theoretical information deals with the testing of lower limbs strength using isokinetic dynamometry and vertical jump.

The research part of the thesis contains a description of the methodology. The test group consisted of active sporting men ( $n=12$ , age  $M=26,3\pm 3,1$  years, stature  $M=187\pm 7,49$  cm, body weight  $M=96,5\pm 12,42$  kg). To optimize the training load we used FitroDyne Premium (FiTRONiC, Bratislava). The vertical jump height test was performed on the FiTRO Jumper (FiTRONiC, Bratislava). The isokinetic strength was measured with a dynamometer ISOMED 2000 (D. & R. Ferstl GmbH, Hemau, Germany) at angular velocities  $60^\circ/s$  and  $360^\circ/s$ . The testing of the lower limbs was done before the training program and after its completion. The results were evaluated by Friedman's analysis of variation and the Mann-Whitney U test.

Individual evaluation of the results after application of 6 week optimized training program showed that all tested in the experimental group showed improvement in the vertical jump compared to the control group. For isokinetic parameters (MS, Amax, Tmax, Pmax) were by ANOVA and Mann-Whitney U test statistically insignificant changes in value. The results of the study indicated that the use of FitroDyne Premium in the training process for the development of explosive strength can lead to increased efficiency of the training program.

## 9 REFERENČNÍ SEZNAM

- Baechle, T. R., & Earle, R. W. (2008). *Essentials of strenght training and conditioning*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Baltzopoulos, V., & Brodie, D. A. (1989). Isokinetic dynamometry, applications and limitations. *Sports Medicine*, 8(2), 101-115.
- Baker, D. G., & Newton, R. U. (2007). Change in power output across a high-repetition set of bench throws and jump squats in highly trained athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(4), 1007-1011.
- Bartůňková, S. (2010). *Fyziologie člověka a tělesných cvičení*. Karolinum.
- Bělař, A. (1964). *Dynamické zákony Newtonovy*. Praha: SPN.
- Blakey, J. B., & Southard, D. (1987). The combined effect of weight training and plyometrics on dynamic leg strength and leg power. *Journal of Applied Sports Science Research*. 1, 14-16.
- Brown, L. E. (2000). *Isokinetic in human performance*. Champagin, IL: Human Kinetic.
- Brown, L. E. (2007). *Strenght training*. Champagin, IL: Human Kinetics.
- Cochran, S., & House, T. (2000). *Stronger arms and upper body*. Champaign IL: Human Kinetics.
- Jennings, C. L., Viljoen, W., Durandt, J., & Lambert, M. I. (2005). The reliability of the FitroDyne as a measure of muscle power. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 19(4), 859-863.
- Clutch, D., Wilton, M., McGown, C., & Bryce, G. R. (1983). The effect of depth jumps and weight training on leg strenght and vertical jump. *Research Quarterly*, 54(1), 5-10.
- Crewter, B., Cronin, J., & Keogh, J. (2006). Possible stimuli for strength and power adaptation: acute metabolic responses. *Sports Medicine*, 36(1), 65-78.
- Dauty, M., Poriton-Josse, M., & Rochcongar, P. (2003). Identification of previous hamstring muscle injury by isokinetic concentric and eccentric torque measurement in elite soccer players. *Isokinetic and Exercise Science*, 11(3), 139-144.

- Dovalil, J., Choutka, M., Svoboda, B., Hošek, V., Perič, T., Potměšil, J., Vránová, J., & Bunc, V. (2002). *Výkon a trénink ve sportu*. Praha: Olympia.
- Dovalil, J., Choutka, M., Svoboda, B., Hošek, V., Perič, T., Potměšil, J., Vránová, J., & Bunc, V. (2009). *Výkon a trénink ve sportu* (3rd ed.). Praha: Olympia.
- Dvir, Z. (2004). *Isokinetics. Muscle Testing, Interpretation and Clinical Applications* (2nd ed.). London: Elsevier Health Science.
- Dvir, Z., & David, G. (1996). Suboptimal muscular performance: measuring isokinetic strength of knee extensors with new testing protocol. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 6, 578-581.
- Freedson, P. S., Gilliam, T. B., Mahoney, T., Maliszweski, A. F., & Kastango, K. (1993). Industrial torque levels by age group and tender. *Isokinetic and Exercise Science*, 3, 34-42.
- Gerceau, L. R., Petushek, E. J., Fauth, M. L., & Ebben, W. P. (2010). Gender differences in knee extensor and flexor performance. In R. Jensen, W. Ebben, E. Petushek, C. Richter, & K. Roemer (Eds.), *Proceedings of the XXVIII Congress of the International Society of Biomechanics in Sports* (pp. 584-587).
- Grasgruber, P., & Cacek, J. (2008). *Sportovní geny*. Brno: Computer Press.
- Grosser, M., Hans, E., Rainer-Griebl, R., & Zimmermann, E. (1999). *Trénujeme svaly*. České Budějovice: Kopp.
- Hamar, D., & Lipková, J. (2001). *Fyziologie telesných cvičení*. Bratislava: Univerzita Komenského.
- Hamill, J., & Knutzen, K. M. (2009). *Biomechanical Basis of Human Movement*. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.
- Haraa, M., Shibayamab, A., Takeshitac, D., Hayd, D. C., & Fukashiroe, S. (2008). A comparison of the mechanical effect of arm swing and countermovement on the lower extremities in vertical jumping. *Human Movement Science* Volume 27(4), 636–648.
- Harley, R., & Doust, J. (1997). *Strenght and fitness training for basketball*. Leeds: NFC Publications.
- Hájková J., a kol. (2006). *Aerobik – soutěžní formy*. Praha: Grada Publishing, a. s.

- Hohmann, A., Lames, M., & Letzelter, M. (2010). *Úvod do sportovního tréninku*. Prostějov: Sport a věda.
- Heyward, V. H. (2006). *Advanced fitness assessment and exercise prescription* (5th ed.). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Chan, K.-M., & Maffuli, N. (1996). Principles and practice of isokinetics in sports medicine and rehabilitation. *Hong Kong: William & Wilkins Asia-Pacific Ltd.*
- Jandačka, D., & Vaverka, F. (2009). Validity of mechanical power output measurement at bench press exercise. *Journal of Human Kinetics*, 21, 33-34.
- Jandačka, D., & Zahradník D. (2010). Validity of the velocity measurement during upper-body resistance under variable load. *International of Society of Biomechanics in Sport. USA.*
- Lehnert, M., Novosad, J., Neuls, F., Langer, F., & Botek, M. (2010). *Trénink kondice ve sportu*. Olomouc: Univerzita Palackého.
- Leirdal, S., Roeleveld, K., & Etterna, G. J. C. (2008). Coordination specificity in strength and power training. *International Journal Sports Medicine*, 29, 225-231.
- Lesmes, G. R., Costill, D., Coyle, E.F., & Fink, W. J. (1978). Muscle strength and power changes during maximal isokinetic training. *Medicine and science in sports*, 10(4), 266-269.
- 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.
- Merkunová, A., & Orel, M. (2008). *Anatomie a fyziologie člověka pro humanitní obory*. Praha: Grada Publishing.
- Měkota, K., & Novosad, J. (2005). *Motorické schopnosti*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci.
- Murray, M. P., Gardner G. M., Molinger L., A., & Sepic S. (1980). Strength of isometric and isokinetic contractions of knee muscles in men aged 20 to 86. *Physical Therapy*, 60, 412-419.
- Newton, R. U. (1997). *Expression and Development of Maximal Muscle power*. Queensland: Optimal Kinesthetic Pty Ltd.



- Ostering, K., Sawhill, J., Bates, B., & Hamill, J. (1983). Function of limb speed on torque patterns of antagonist muscles. *Champaign, IL: Human Kinetic. VIII-A, pp. 251-257.*
- Přidalová, M., & Riegerová, J. (2002). *Funkční anatome*. Olomouc: Hanex.
- Psotta, R., Bunc, V., Mahrová, A., Netscher, J., & Nováková, H. (2006). *Fotbal – kondiční trénink*. Praha: Grada.
- Rahimi, R., & Behpur, N. (2005). The effect of plyometric, weight and plyometric-weight training on anaerobic power and muscular strength. *Physical Education and Sport, 3, 81-91.*
- Rokyta, R. (2000). *Fyziologie*. Praha: ISV.
- Rosene, J. M., Fogarty, T. D., & Mahaffey, B. L. (2001). Isokinetic hamstrings to quadriceps ratios in intercollegiate athletes. *Journal of Athletic Training, 36 (4), 378-383.*
- Seliger, V., & Vinařický, R. (1993). *Fyziologie člověka [Díl 2]*. Praha: Karolinum.
- Schmidtbleicher, D. (1992). *Training for power events*. In P. V. Komi (ed.), *Strength and Power in sport*. Oxford: Blackwell Scientific Publications.
- Schmidt, R. F. (1993). *Memoria Fyziologie*. Praha: Scientia Medica.
- Thorstensson, A., Grimby, G., & Karlsson, J. (1976). Force-velocity relations and fibre composition in human knee extensor muscles. *Journal of Applied Physiology, 40, 12-16.*
- Tlapák, P. (1999). *Tvarování těla pro muže i ženy*. Praha: ARSCI.
- Trojan, S. (1992). *Fyziológia 1*. Bratislava: Osveta.
- Trojan, S. (1992). *Fyziológia 2*. Bratislava: Osveta.
- Vaverka, F. (1995). *Základy biomechaniky pohybového systému člověka [učební texty]*. Olomouc: Univerzita Palackého, Fakulta tělesné kultury.
- Wilson, G. J., Newton R. U., Humphries B. J., & Murphy A. J. (1993). Maximising the Performance Gains from Resistance Training: *The Optimal Training Modality*. England: National Sports Research Centre.
- Zatsiorski, V. M. (1995). *Science and practise of strength training*. Champaign, IL: Human Kinetics.

Zatsiorski, V. M., & Kramer, W. J. (2006). *Science and practice of strength training* (2nd ed.).  
Champaign, IL: Human Kinetics.