

**MASARYKOVA
UNIVERZITA**

FAKULTA SPORTOVNÍCH STUDIÍ

**Vliv délky intervalu
zotavení na změny
intenzity vybraných
ukazatelů síly
basketbalistů**

Bakalářská práce

LUCIE MASOPUSTOVÁ

Vedoucí práce: PhDr. Jan Cacek, Ph.D.

Katedra sportovního výkonu a diagnostiky
Program Osobní a kondiční trenér

Brno 2025

MUNI
SPORT

Bibliografický záznam

Autor:	Lucie Masopustová Fakulta sportovních studií Masarykova univerzita Katedra sportovního výkonu a diagnostiky
Název práce:	Vliv délky intervalu zotavení na změny intenzity vybraných ukazatelů síly basketbalistů
Studijní program:	Osobní a kondiční trenér
Vedoucí práce:	PhDr. Jan Cacek, Ph.D.
Rok:	2025
Počet stran:	55
Klíčová slova:	síla, explozivní síla, plyometrie, basketbal, interval zotavení

Bibliographic record

Author: Lucie Masopustová
Faculty of Sports Studies
Masaryk University
Department of Sport Performance and Exercise Testing

Title of Thesis: The effect of the recovery interval on the intensity changes of strength parameters in basketball players'

Degree Programme: Fitness and Personal Trainer

Supervisor: PhDr. Jan Cacek, Ph.D.

Year: 2025

Number of Pages: 55

Keywords: strength, explosive power, plyometrics, basketball, rest interval

Anotace

Bakalářská práce zkoumá vliv délky intervalu zotavení mezi sériemi na změny intenzity skokanského výkonu basketbalistek ($n=10$; věk 13–15 let). Praktická část práce analyzuje rozdíly ve výšce výskoku mezi čtyřmi sériemi skoků s různými intervaly odpočinku (30, 60 a 90 s). Na základě výsledků K-S testu bylo prokázáno normální rozložení dat, proto byla použita ANOVA opakovaných měření k testování nulové hypotézy o rovnosti středních hodnot výběru. Výsledky analýzy neprokázaly statisticky významné rozdíly mezi jednotlivými pracovními sériemi plyometrického zatížení mladých hráček basketbalu. Tato bakalářská práce přispívá k porozumění vlivu délky odpočinku na explozivní sílu a její aplikaci v tréninku mladých sportovkyň.

Abstract

The bachelor thesis investigates the effect of the length of the recovery interval between sets on changes in the intensity of jump performance of female basketball players ($n=10$; age 13-15 years). The practical part of the thesis analyses the differences in jump height between four jump series with different rest intervals (30, 60 and 90 s). Based on the results of the K-S test, a normal distribution of the data was demonstrated; therefore, a repeated measures ANOVA was used to test the null hypothesis of equality of sample means. The results of the analysis showed no statistically significant differences between the work series of plyometric in young female basketball players. This bachelor thesis contributes to the understanding of the effect of rest duration on explosive power and its application in the training of young female athletes.

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma **Vliv délky intervalu zotavení na změny intenzity vybraných ukazatelů síly basketbalistů** zpracovala sama. Veškeré prameny a zdroje informací, které jsem použila k sepsání této práce, byly citovány v textu a jsou uvedeny v seznamu použitých pramenů a literatury.

V Brně 23. dubna 2025

.....
Lucie Masopustová

Poděkování

Děkuji vedoucímu bakalářské práce PhDr. Janu Cackovi, Ph.D., za odborné vedení, cenné rady a podporu během zpracování této práce. Poděkování také patří všem zúčastněným hráčkám a trenérům, kteří mi umožnili provést testování a podíleli se na realizaci výzkumu.

Obsah

Seznam obrázků	13
Seznam tabulek	14
Seznam pojmů a zkratk	15
Seznam příloh	16
1 Úvod	17
2 Syntéza poznatků	18
2.1 Silové schopnosti	18
2.2 Stimulace silových schopností	25
2.3 Rozvoj silových schopností vzhledem k věku hráčů	30
2.4 Diagnostika explozivní (reaktivní) síly	32
2.5 Interval zotavení a jeho vliv na rozvoj (intenzitu) silových schopností	33
2.6 Efektivita rozvoje explozivní síly u různých skupin sportovců	35
3 Cíle, výzkumné otázky a úkoly práce	36
3.1 Cíle práce	36
3.2 Výzkumné otázky	36
3.3 Úkoly práce	36
4 Metodika	38
4.1 Charakteristika výzkumu	38
4.2 Testovaný soubor	38
4.3 Popis diagnostických nástrojů	38
4.4 Průběh testování	39
4.5 Statistické zpracování dat	39
5 Výsledky	40
6 Diskuse	45
7 Závěry	48
Použité zdroje	49

Příloha A INFORMOVANÝ SOUHLAS S TESTOVÁNÍM POHYBOVÝCH SCHOPNOSTÍ53

Seznam obrázků

Obr. 1: Koncentrická, izometrická a excentrická kontrakce (Brown, 2007).....	18
Obr. 2: Vliv úponu šlachy na silový výkon (Grasgruber & Cacek, 2008).....	20
Obr. 3: Hennemanův princip velikosti (Brown, 2007)	21
Obr. 4: Stretch-shortening cycle (Komi, 2003)	22
Obr. 5: Faktorová analýza basketbalu (autor).....	23
Obr. 6: Procento zatížení 1RM a počet opakování (Bompa & Buzzichelli, 2015)	26
Obr. 7: Progresivní model plyometrického tréninku podle věku (upraveno podle Lloyd et al. 2011).....	32
Obr. 8: Technika CMJ krok po kroku (Vanegas et al., 2021).....	39
Obr. 9: Průměrná výška výskoku CMJ v první sérii při intervalu odpočinku 30, 60 a 90 sekund (autor).....	41
Obr. 10: Průměrná výška výskoku CMJ ve druhé sérii při intervalu odpočinku 30, 60 a 90 sekund (autor)	42
Obr. 11: Průměrná výška výskoku CMJ ve třetí sérii při intervalu odpočinku 30, 60 a 90 sekund (autor)	43
Obr. 12: Průměrná výška výskoku CMJ ve čtvrté sérii při intervalu odpočinku 30, 60 a 90 sekund (autor)	44

Seznam tabulek

Tab. 1: Metody silového tréninku ke zlepšení hypertrofie, síly a výkonu (upraveno dle Suchomel, 2018)	29
Tab. 2: Doporučené zásady silového tréninku pro mládež (upraveno podle Lloyd et al., 2012)	30
Tab. 3: Doporučení pro silový trénink dětí a adolescentů podle věku (Kreamer & Fleck, 2005 in Strašilová 2016)	31
Tab. 4: Průměrný počet dokončených opakování ve všech sériích u chlapců, adolescentů a mužů pro všechny intervaly odpočinku (IO) (upraveno podle Faigenbaum et al., 2008)	34
Tab. 5: Popisné statistiky výkonů ve vertikálním výskoku s protipohybem u souboru basketbalistek (autor)	40
Tab. 6: K-S test normality distribuce dat (autor).....	40

Seznam pojmů a zkratk

1RM	– 1 opakovatelné maximum
CMJ	– countermovement jump

Seznam příloh

Přílohy v textu

Příloha A	INFORMOVANÝ SOUHLAS S TESTOVÁNÍM POHYBOVÝCH SCHOPNOSTÍ	53
-----------	--	----

1 Úvod

Síla patří mezi klíčové pohybové schopnosti sportovců a její rozvoj hraje zásadní roli v mnoha sportovních disciplínách, včetně basketbalu. Zvláště explozivní síla dolních končetin je pro basketbalistky nezbytná, protože přímo ovlivňuje jejich schopnost rychle změnit směr, vyskočit při zakončování nebo při doskoku. Trénink zaměřený na rozvoj této schopnosti však nezahrnuje pouze samotná cvičení, ale i správné nastavení tréninkových proměnných, mezi něž patří i délka odpočinku mezi sériemi.

Zotavení mezi sériemi je důležitým faktorem, který může ovlivnit úroveň únavy, výkonnost v průběhu tréninku i výsledné adaptační změny. Vědecké studie naznačují, že různě dlouhé intervaly odpočinku mohou mít odlišný vliv na projevy síly, ale jejich optimální nastavení při tréninku explozivní síly u mladých sportovců není dosud jednoznačně určeno.

K volbě tohoto tématu mě vedla vlastní zkušenost z basketbalového prostředí. Jako hráčka jsem se setkala s tím, že na trénincích jsme se nikdy systematicky nevěnovali technice výskoku, jeho zlepšování ani silové přípravě, která by nám pomohla dosahovat lepších výkonů. Přitom právě tyto aspekty jsou pro basketbal zásadní.

Tato bakalářská práce se zaměřuje na zkoumání vlivu délky intervalu zotavení mezi sériemi na změny intenzity ukazatelů síly basketbalistek ve věku 13–15 let. Prostřednictvím měření výšky vertikálního výskoku v opakovaných testech s různými intervaly odpočinku bude analyzováno, jaký efekt má délka pauzy mezi sériemi na výšku výskoku sportovkyň. Práce kombinuje teoretická východiska o dělení a rozvoji síly, explozivní síle a regeneraci s praktickou částí, která poskytne konkrétní data k této problematice. Výsledky bakalářské práce mohou přispět k optimalizaci tréninkového procesu v basketbalu a nabídnout trenérům i sportovcům lepší porozumění tomu, jak efektivně nastavit délku odpočinku v tréninku zaměřeném na explozivní sílu.

2 Syntéza poznatků

2.1 Silové schopnosti

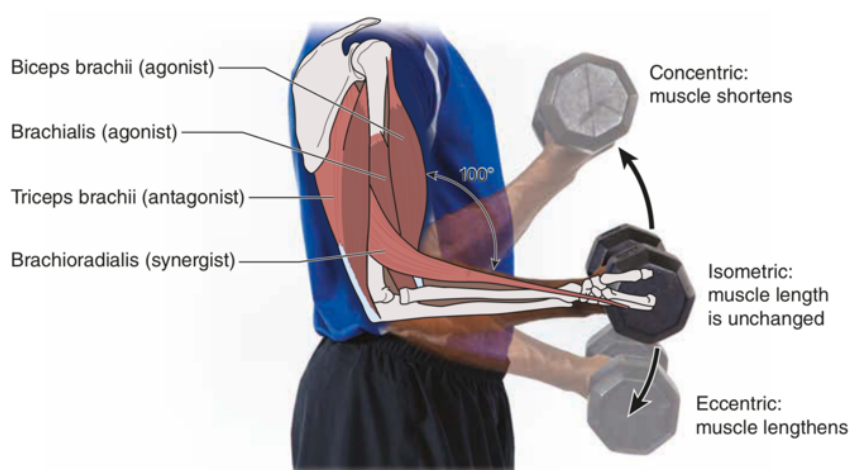
2.1.1 Stratifikace síly

Síla je definována jako schopnost překonávat, brzdit či udržovat určitý odpor svalovou kontrakcí (Perič, 2010).

Svalovou kontrakci rozdělili Bompa and Buzzichelli (2015) na izotonickou, izometrickou a izokinetickou. Při dynamické (izotonické) svalové kontrakci je po celou dobu pohybu ve svalu stejné napětí, ale dochází ke změně vzdálenosti mezi úpony a začátky svalů. Grasgruber and Cacek (2008) izotonickou kontrakci člení na koncentrickou, excentrickou a plyometrickou (Obr. 1).

- **Koncentrická** – při překonávání zátěže se zkracuje délka svalu.
- **Excentrická** (negativní, brzdivá) - při překonávání zátěže se sval prodlužuje, jeho začátek a úpon se od sebe oddalují, vrací ho do jeho původního výchozího bodu.
- **Plyometrická** – koncentrická kontrakce bezprostředně následující po excentrické (odraz).

Statická (izometrická) kontrakce znamená, že sval vyvine vysoké napětí bez změny jeho délky. Izokinetická kontrakce má konstantní rychlost v celém rozsahu pohybu. Vyžaduje speciální vybavení umožňující konstantní rychlost kontrakce bez ohledu na zatížení. Během pohybu je prováděna excentrická i koncentrická kontrakce, zatímco stroj poskytuje odpor rovný síle produkované sportovcem. Tento způsob umožňuje svalu pracovat maximálně během celého pohybu a odstraňuje slabé místo (sticking point) v pohybu.



Obr. 1: Koncentrická, izometrická a excentrická kontrakce (Brown, 2007)

Perič (2010) rozlišuje sílu podle typu svalové kontrakce na statickou a dynamickou. Statická síla vzniká na základě izometrické kontrakce a jedná se o udržení těla nebo jeho částí v určitých polohách. Dynamická síla je charakteristická izotonickou kontrakcí a pohybem těla či jeho částí. Dynamickou sílu lze dále dělit:

- **Výbušná (explozivní) síla** je charakteristická nízkým odporem a maximálním zrychlením, je využívána při odrazech, hodech, kopech atd.
- **Rychlá síla** má nízký odpor a nemaximální zrychlení, např. běh přes překážky.
- **Vytrvalostní síla** je charakteristická nízkým odporem s nevelkou stálou rychlostí, např. silniční cyklistika.
- **Maximální síla** je základem pro výše zmíněné druhy silových schopností, charakteristická vysokým až hraničním odporem s malou rychlostí.

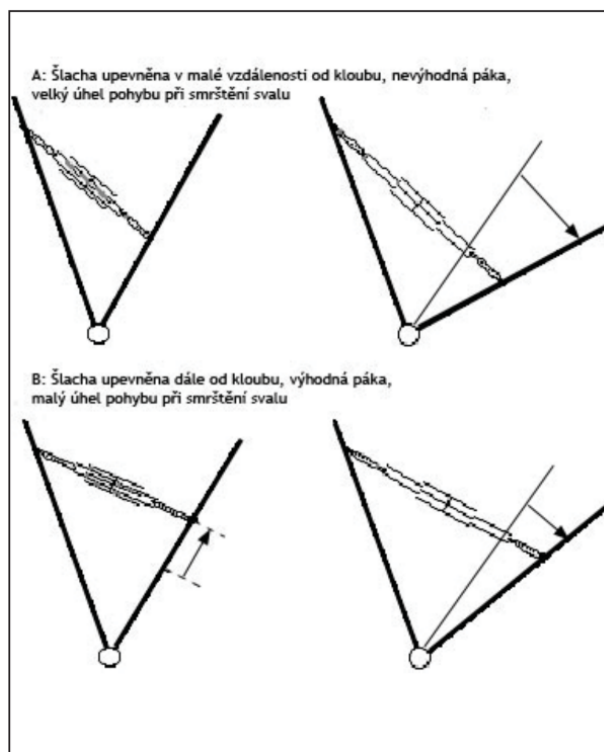
Silový trénink zahrnuje různé druhy síly, charakteristické a využitelné pro některé sporty, které Bompa and Buzzichelli (2015) rozdělují následovně:

- **Obecná síla** je základem celého silového tréninku, používá se při začátcích a během prvních let trénování.
- **Specifická síla** je síla těch svalů, které jsou specifické pro pohyby v konkrétním sportu.
- **Maximální síla** je nejvyšší síla, která může být vyvinuta během maximální kontrakce. Jde o nejtěžší zátěž, kterou zvládne sportovec na jeden pokus zvednout.
- **Power** je schopnost vykonat explozivní pohyb v co nejkratším čase, spojením maximální síly a rychlosti.
- **Absolutní síla** je schopnost sportovce vyvinout maximální sílu bez ohledu na jeho tělesnou hmotnost (vrh koulí).
- **Relativní síla** je poměr mezi absolutní silou a tělesnou hmotností, stanovuje se u sportů rozdělených do váhových kategorií (vzpírání, box).

2.1.2 Determinanty síly

Síla, podobně jako vytrvalost, lze narozdíl od rychlosti dobře vytrénovat. Grausgruber and Cacek (2008) uvádí jako hlavní determinanty síly množství svalových vláken a hladinu mužského pohlavního hormonu testosteronu, která kolísá v závislosti na aktuální intenzitě zatížení. Dalšími hormony, které ji ovlivňují, jsou somatotropní hormon a inzulínu podobný růstový faktor. Zvětšení průřezu svalových vláken ovlivňuje zvýšení síly, díky vzniku nových myofibril. Záleží i na stavbě kostí, kde pro sílu jsou výhodnější kratší kosti z důvodu menšího pákového momentu při zdvihu, než u kostí delších. S tím souvisí vzdálenost uchycení šlach od kloubů a délka svalového břiška (Obr. 2). Efektivnější pro sílu je uchycení šlachy na kost dále od kloubu díky menšímu úhlu pohybu při smrštění svalu, než kdyby byla šlacha uchycena ke kloubu v menší vzdálenosti. Krátká svalová břiška s dlouhými šlachami mají vysokou kapacitu elastické energie, ale jsou

omezená v hypertrofii, kterou naopak disponují dlouhá svalová bříška s krátkými šlachami.



Obr. 2: Vliv úponu šlachy na silový výkon (Grasgruber & Cacek, 2008)

Suchomel et al. (2018) zmiňují fyziologické faktory ovlivňující svalovou sílu. Jsou podloženy spojením morfologických a nervových faktorů, jako jsou průřez a architektura svalu, svalová a šlachová tuhost, zapojení a synchronizace motorických jednotek, síla kontrakce svalu a neuromuskulární inhibice. Tyto faktory mohou být dále ovlivněny počáteční silou, tréninkovým stavem a genetikou.

Suchomel et al. (2018) také podotýkají, že svalová hypertrofie přispívá k vyšší schopnosti produkovat sílu. Změna architektury a zvětšení plochy svalu mohou odpovídat za změnu v produkci síly o 50-60 % u relativně netrénovaných jedinců po krátkodobém silovém tréninku. Nadměrná hypertrofie však může být nevýhodná nebo škodlivá kvůli menšímu rozsahu pohybu a změnám v úhlu připojení šlachy na kost, což by mohlo zhoršit produkci síly (Kawamori & Haff, 2004).

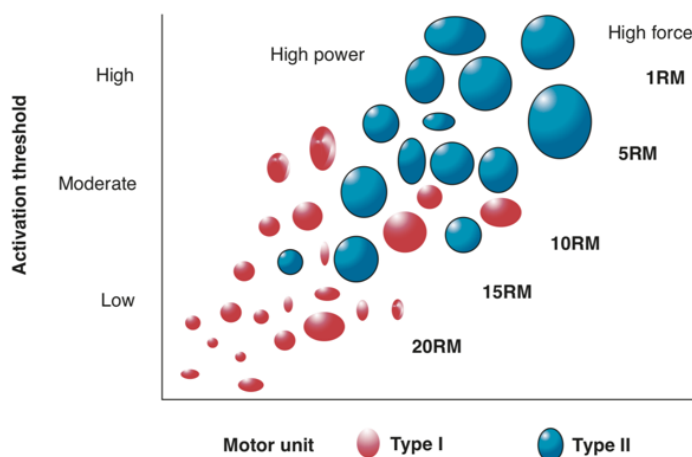
Typ svalového vlákna může také ovlivnit velikost síly. Jsou rozlišovány tři základní typy svalových vláken: I, IIa a IIx či II b (Grasgruber & Cacek, 2008).

- **Pomalá vlákna typu I (oxidativní, červená)** – jsou klíčová pro vytrvalostní aerobní aktivity. Mají pomalý stah (70-140 ms), malou produkci dynamické síly, vysokou hustotu prokrvení, odolnost proti únavě a vysoký obsah mitochondrií a myoglobinu.

- **Rychlá vlákna typu IIx (glykolytická, bílá)** – jsou podstatná pro anaerobní sporty s produkcí explozivní síly. Mají velmi rychlý stah (20-50 ms), vysokou produkci dynamické síly, ale nízkou odolnosti vůči únavě, hustotu prokrvení, obsah mitochondrií i myoglobinu.
- **Rychlá vlákna typu IIa (oxidativně-glykolytická)** – jsou jakýmsi přechodem mezi vlákny typu I a IIx.

Kawamori and Haff (2004) zmiňují výhodnost vyššího procenta rychlých svalových vláken, protože produkují větší sílu než pomalá svalová vlákna.

Podle Suchomel et al. (2018) je při silovém tréninku výhodné aktivovat velké motorické jednotky, jež mají lepší potenciál ke zvýšení síly a hypertrofii. Motorická jednotka se skládá z motorického neuronu a všech svalových vláken, která tento neuron inervuje. Lze je rozdělit na malé a velké motorické jednotky podle počtu svalových vláken. Malé motorické jednotky jsou zodpovědné za jemnou motoriku, zatímco velké za hrubou motoriku a silové pohyby. Hennemanův princip velikosti uvádí, že motorické jednotky se zapojují od nejmenších po největší (Obr. 3). Menší motorické jednotky, obsahující vlákna typu I, se zapojí už při nižším zatížení, zatímco větší motorické jednotky, vlákna typu IIa a IIx, se aktivují při vyšším zatížení. Silový trénink zároveň může zvýšit synchronizaci motorických jednotek.



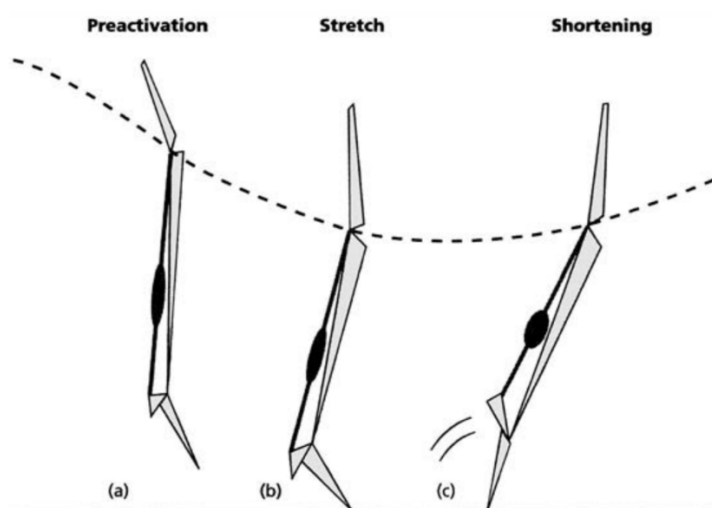
Obr. 3: Hennemanův princip velikosti (Brown, 2007)

Plyometrie

Plyometrie se využívá proto, aby svaly vytvořily co největší sílu v co nejkratším čase. Uplatňuje se například při běhu, skocích a hodech. Plyometrie neboli SSC (stretch-shortening cycle) je cyklus natažení a zkrácení svalu složený z excentrické, izometrické a koncentrické akce (Obr. 4). Během excentrické fáze dochází k předpětí (mírnému natažení) svalu, které má za následek uložení elastické energie především do šlach. Při rychlém přechodu z excentrické fáze na koncentrickou pomáhá elastická energie

zvýšit sílu během koncentrické akce. Díky tomu může sval generovat větší sílu než při koncentrické kontrakci bez předchozího natažení svalu (excentrické fáze). Přejít mezi excentrickou a koncentrickou kontrakcí se nazývá amortizační fáze (izometrická kontrakce). Turner and Jeffreys (2010) zmiňují, že amortizační fáze musí být co nejrychlejší (setiny sekundy). Pokud trvá příliš dlouho, uložená elastická energie se uvolní a přemění se na tepelnou energii. (Brown, 2007)

Kosterní sval lze rozdělit na tři různé složky podle jejich architektury a funkce. Kontraktilní složka (CC) obsahující aktin a myozin, paralelní elastická složka (PEC) skládající se ze sarkolemy a svalové fascie a sériová elastická složka (SEC) tvořená příčnými můstky, strukturálními proteiny a šlachami (Turner & Jeffreys, 2010). Paralelní elastická složka reguluje sílu, kterou vyvíjí pasivní sval natažený nad svou klidovou délku, omezuje nadměrné přetažení. V SEC, zejména ve šlachách, dochází k ukládání elastické energie. Šlachy se mohou natahovat, ukládat a uvolňovat energii. Energie se ukládá do nejvíce roztahitelné struktury, proto se jí při aktivním pohybu do šlach uloží více než do svalů. Sval má vyšší tuhost, šlacha je poddajnější. Při pasivním pohybu by se místo uložení energie změnilo, tuhost svalu by byla menší než u šlachy.



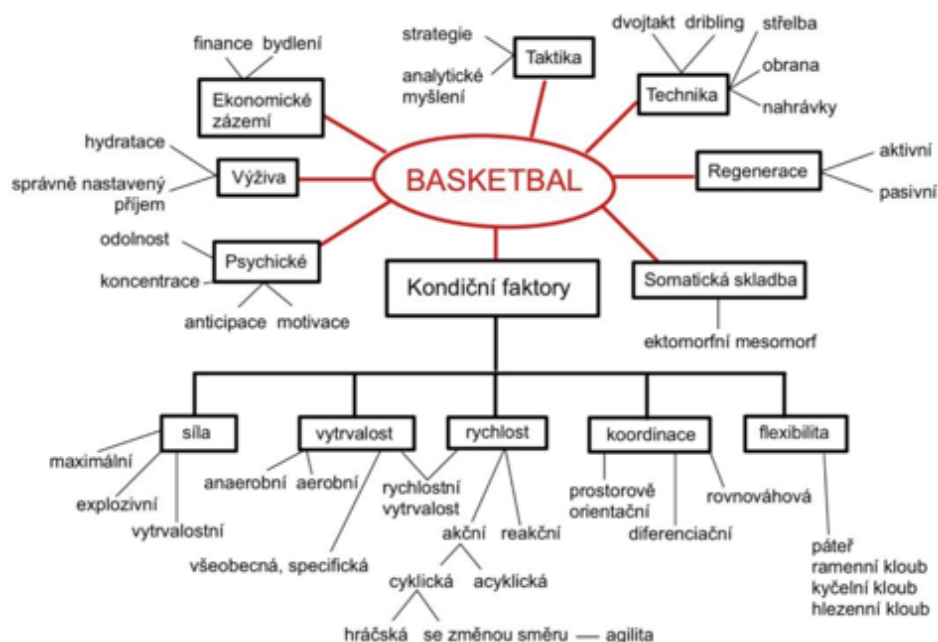
Obr. 4: Stretch-shortening cycle (Komi, 2003)

Poznámka. a) předpětí, b) natažení, c) zkrácení

2.1.3 Faktory limitující basketbalový výkon

Basketbal je kolektivní hra s charakterem přerušované aktivity (Obr. 5). Basketbalisti by měli mít nadprůměrné regenerační hodnoty kvůli mnohaminutové zátěži. Hráči stráví ve vysoce intenzivní aktivitě typu sprint a běh pouze několik sekund, zabírá zhruba 15 % čistého času hry. Chůze nebo mírný poklus tvoří v průměrném zápase přibližně dvě třetiny celkového času. Zhruba 75 % čistého herního času probíhá při intenzitě přesahující 85 % maximální tepové frekvence. Basketbalisté dosahují velmi vysokých postav, v NBA je výškový průměr kolem 200 cm, basketbalistky jsou asi o 15

cm nižší. Mezi herními posty jsou však velké somatické i fyziologické rozdíly. Pivoti jsou nejvyšší s největším rozpětím paží a atleticky nejméně výkonní, jejich hra je často statická. Křídelní hráči jsou menší než pivoti, více pohybliví, potřebují přiměřenou hmotnost a sílu kvůli rychlosti, výskoku a tělesnému kontaktu během hry. Rozehrávači bývají nejmenší a nejlehčí, potřebují být rychlí, hbití a dobře ovládat dribling s míčem. Křídelní hráči a rozehrávači mají největší fyzickou zátěž, naběhají až přes 7 km za zápas. Somatotyp basketbalistů je ekto-mezomorf (rozehrávači) až mezo-ektomorf (pivoti). Pro hráče je důležitá silová příprava a flexibilita, jež pomáhá zvyšovat kapacitu uchování elastické energie. (Grausgruber & Cacek, 2008)



Obr. 5: Faktorová analýza basketbalu (autor)

Papla et al. (2022) popisují basketbal jako přerušovanou sportovní aktivitu obsahující středně až vysoce intenzivní cvičení s velmi krátkými obdobími zotavení s nízkou intenzitou. Hra obsahuje sprinty, běh dopředu, dozadu i do stran, střelbu, dribling, skoky, otáčení a rychlé změny směru, které hráč může změnit 550 až 1000krát za zápas. Schopnost basketbalistů rychle měnit směr (COD) je jednou z nejvýznamnějších a klíčových složek výkonu. Agilita, jež je ovlivněna výbušnou silou, rovnováhou, svalovou koordinací a flexibilitou, je důležitá pro náhlé změny směru (Chaouachi et al., 2009).

Změna směru vyžaduje od sportovců fyzické, technické a taktické vlastnosti, aby mohli pronásledovat nebo se vyhnout soupeři. Elitní basketbalisté během hry překonají vysoce intenzivními pohyby vzdálenost 991 m, vykonají při nich 50-60 změn směru i rychlosti a 40-60 maximálních výskoků. Pro efektivní provádění změn směru je třeba kombinace percepčně-kognitivních faktorů a silových schopností. Pro rychlé

zpomalení a následné zrychlení v jiném směru je důležitá excentrická, izometrická i koncentrická síla. (Spiteri et al., 2014)

Abdelkrim et al. (2007) ve své studiu monitorovali 38 elitních tuniských basketbalistů do 19 let z 6 týmů. Průměrně udělal basketbalový hráč během hry 1050 pohybů, doba jednoho pohybu nepřesáhla 3 s. Průměrná srdeční frekvence byla 171 tepů/min, což je 91 % maximální srdeční frekvence. Vysoká srdeční frekvence může souviset s velkými fyziologickými nároky spojenými se specifickými pohyby, změnou směru, akcelerací, decelerací, prací horních končetin při stříbě, přihrávkách a doskocích.

2.1.4 Silové schopnosti u hráčů basketbalu

Pro basketbalisty zmiňují Grausgruber and Cacek (2008) důležitost silově-výbušného tréninku celého těla. Má smysl vzhledem k dynamické povaze hry, při silových podkošových soubojích a práci s míčem. Hráči potřebují výbušnosti horních, ale zejména dolních končetin. Velmi důležitý je i trénink rychlosti a agility, hlavně u rozehrávačů a křídelních hráčů, který se silou také souvisí.

Ze silových schopností basketbalistů je podle Bompá and Buzzichelli (2015) významný zejména silový výkon, hlavně reaktivní, explozivní (odrazová), akcelerační a decelerační síla (v češtině nejsou termíny akcelerační a decelarační síla používány). Reaktivní síla je schopnost generovat sílu pro skok bezprostředně po doskoku a rychle měnit směr. Doskok by měli hráči trénovat pomocí excentrického tréninku pro správnou absorpci nárazu, udržení rovnováhy a prevenci zranění. Explozivní síla (fáze odrazu) je rozhodující, pokud hráč potřebuje vyskočit co nejvýš, např. při doskoku míče. Funguje na základě plyometrie. Akcelerační síla umožňuje co nejrychlejší zrychlení, závisí na rychlosti svalové kontrakce a na krátké kontaktní době chodidla s podložkou. Decelerační síla je zásadní pro velmi rychlé snížení rychlosti, zastavení a rychlou změnu směru běhu, výskoku nebo doskoku míče. Pro zlepšení těchto schopností je nejlepší se zaměřit hlavně na maximální sílu, včetně excentrického tréninku, výbušnou sílu a plyometrii.

Čabarkapa et al. (2020) měřili po dobu 7 let sílu dolních končetin pomocí 1RM zadního dřepu u 37 amerických basketbalistů (věk $20 \pm 1,4$), kteří hráli vysokoškolskou basketbalovou ligu (NCAA Division-I). Hráči byli rozděleni do tří skupin, první skupina pokračovala v hraní basketbalu profesionálně v NBA, druhá skupina hrála profesionálně v jiných basketbalových ligách ve světě a třetí skupina nepokračovala v hraní basketbalu po vysoké škole. Průměrné naměřené výsledky byly pro první skupinu o hmotnosti 100,9 kg ($\pm 10,6$) 1RM v zadním dřepu 153,3 kg ($\pm 26,2$) o výkonu 877,4 W ($\pm 111,9$). Druhá skupina o hmotnosti 96,1 kg ($\pm 12,2$) měla 1RM v zadním dřepu 144,6 kg ($\pm 23,8$) o výkonu 845,5 W ($\pm 143,7$). Třetí skupina s průměrnou hmotností 90,6 kg ($\pm 10,8$) dosáhla 1RM v zadním dřepu 133,1 kg ($\pm 24,3$) o výkonu 757,1 W ($\pm 124,6$). Z výzkumu bylo patrné, že vysoká úroveň síly dolních končetin a silového výkonu u

vysokoškolských hráčů basketbalu je spojena s budoucí možností hrát basketbal na profesionální úrovni.

2.2 Stimulace silových schopností

2.2.1 Principy stimulace silových schopností

Ke stimulaci silových schopností se využívá mnoho metod, které se liší v manipulovatelných proměnných podle druhu trénované síly. Bernaciková et al. (2020) uvádí manipulovatelné proměnné pro trénink síly, rychlosti, vytrvalosti a flexibility:

- **Intenzita zatížení** – vyjadřuje míru úsilí ve vztahu k maximálnímu výkonu.
- **Interval zatížení** – představuje délku trvání jednoho podnětu, vyjádřeného časem nebo vzdáleností.
- **Interval odpočinku** – určuje míru regenerace energetických zdrojů mezi opakováním, cviky a sériemi.
- **Charakter odpočinku** – dělíme na aktivní a pasivní, ovlivňuje pozitivně nebo negativně rychlost regenerace energetických zdrojů.
- **Objem zatížení** – je celkový čas, celkový odpor nebo počet podnětů za trénink, ovlivňuje rychlost regenerace mezi tréninkovými jednotkami.
- **Frekvence podnětů** – udává počet tréninkových jednotek za den, týden nebo měsíc.

Proměnné, se kterými lze manipulovat podle jednotlivých metod rozvoje síly, jsou hmotnost zátěže, počet opakování, počet sérií, rychlost cvičení a čas odpočinku mezi sériemi.

Hmotnost zátěže

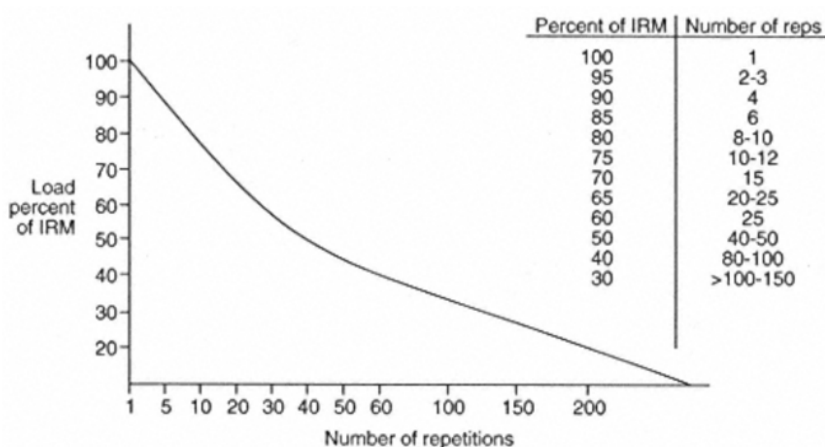
Hmotnost zátěže souvisí s intenzitou zatížení. V silovém tréninku se intenzita nejčastěji uvádí jako procento maxima jednoho opakování (1RM). Závisí na zátěži, rychlosti pohybu a intervalu odpočinku mezi opakováními. Pro rozvoj maximální síly se používá nadmaximální, maximální a submaximální zátěž. Nadmaximální zátěž přesahuje vlastní maximální sílu a trénuje se pomocí excentrické metody o intenzitě 100-125 % maxima. Maximální zátěž se pohybuje mezi 90-100 % 1RM a submaximální zátěž je 80-90 % 1RM. Pro sarkoplazmatickou hypertrofii se překonává 60-85 % maxima. Pro rozvoj silového výkonu a silové vytrvalosti se využívá střední zátěž o intenzitě 50-80 % maxima a nízká zátěž mezi 30-50 % maximální zátěže. (Bompa & Buzzichelli, 2015)

Počet opakování

Počet opakování slouží k vyvolání různých svalových adaptací (Obr. 6). Myofibrilární hypertrofie, při které dochází hlavně ke zmnožení myofibril a vzrůstu síly, druhotně

k vzrůstu objemu svalu, se vyznačuje tréninkem s menším počtem opakování (1-5), těžkými odpory a delšími intervaly zotavení. Při 1-2 opakováních a maximální zátěži se zlepšují vnitrosvalové funkce jako zapojení většího množství svalových vláken a jejich synchronizace, jež jsou přínosné pro zvýšení síly a výbušnosti. Tyto malé počty opakování se využívají při metodě maximálních úsilí, izometrické, excentrické a plyometrické.

Sarkoplazmatická hypertrofie, vedoucí primárně ke zvětšení svalového objemu, sekundárně ke zvýšení síly, vyžaduje v tréninku 6-15 opakování. Trénuje se pomocí metody opakovaných úsilí. Při rychlostně silové metodě se provádí 5-30 opakování a při silově-vytrvalostní metodě 15-20. (Grausgruber & Cacek, 2008)



Obr. 6: Procento zatížení 1RM a počet opakování (Bompa & Buzzichelli, 2015)

Počet sérií

Série je provedení určitého počtu opakování jednoho cviku následovaného intervalem odpočinku. Počet sérií závisí na počtu cviků v tréninku a na druhu trénované síly. Čím více cviků je zařazeno do tréninku, tím méně sérií, protože sportovci často nemají dostatek energie na vysoký počet opakování ve více sériích. Typ síly je také důležitý pro určení počtu sérií. Například při tréninku svalové vytrvalosti je důležitý hlavně vysoký počet opakování v sérii a bylo by obtížné provést více než tři série. (Bompa & Buzzichelli, 2015)

Brown (2007) poznamenává, že cvičení s více sériemi jsou obecně považována za efektivnější pro zvýšení síly, výkonu, hypertrofie a vytrvalosti než s jednou sérií. Pro dlouhodobé zlepšení je potřeba zvyšovat objem na více sérií. Ideální počet sérií se obvykle pohybuje mezi třemi až šesti.

Celkově existují velmi odlišné názory na počet sérií mezi sportovci i trenéry. Často se předpokládá, že více sérií a cviků vede k lepší aktivaci svalových vláken a efektivnějšímu procvičení. Více sérií a opakování se doporučuje u velkých svalových skupin při vícekloubových cvicích (dřepy) než u menších svalů (biceps, triceps) vyžadujících

méně izolovaného tréninku. Hmotnost zátěže x počet opakování x počet sérií nám dá dohromady tréninkový objem. (Grausgruber & Cacek, 2008)

Rychlost cvičení

U některých typů síly musí být rychlost pohybu vysoká až maximální, u jiných pomalá až střední. Perič (2010) a Bernaciková et al. (2020) udávají nízkou rychlost pohybu při metodě maximálního úsilí i při metodě kulturistické. Zatímco metoda rychlostní by měla být provedena co největší možnou rychlostí (vysokou až maximální). Při plyometrii jde o schopnost vyvinout co největší sílu v co nejkratším čase.

Čas odpočinku mezi sériemi

Interval odpočinku (RI – rest interval) se určuje mezi opakováními, sériemi a cviky. Je potřeba pro doplnění vyčerpané energie a je stejně důležitý jako intenzita a objem zatížení. Délka intervalu odpočinku určuje, kolik energie lze do dalšího opakování, série nebo cviku zregenerovat. Závisí na druhu rozvíjené síly, zátěži, rychlosti pohybu, kondici a počtu zapojených svalů.

Lidské tělo má tři energetické systémy, díky kterým získávají svaly ATP (adenosintrifosfát) na pohyb příčných můstků. Grausgruber and Cacek (2008) popisují regeneraci ATP z kreatinfosfátu (ATP-CP systém), anaerobní glykolýzou (LA systém) a aerobní oxidací glukózy a tuků (O_2 systém). ATP-CP systém je dominantním zdrojem energie prvních 5-6 sekund pro krátkodobé intenzivní výkony (vzpírání těžkých vah, sprinty) bez přístupu kyslíku a bez hromadění laktátu. Anaerobní glykolýza se zapojuje po zhruba 6 sekundách, produkce energie probíhá bez přístupu kyslíku a hromadí se při ní laktát ve svalu, který je při dosažení určité úrovně známý jako pocit pálení svalů. Aerobní oxidace glukózy dominuje při výkonech trvajících déle než 60-70 sekund.

Interval odpočinku mezi sériemi hraje důležitou roli při silovém tréninku, protože ovlivňuje energetické systémy potřebné k vykonání svalové práce. Bompá and Buzzichelli (2015) udávají po 30sekundovém odpočinku obnovu zhruba 50 % ATP-CP, téměř plnou obnovu za 3 až 5 minut. Podle Grausgrubera and Cacka (2008) se během 1 minuty obnoví 75-80 % ATP-CP, 100 % během 2-3 minut. Nedostatečně dlouhý interval vede k neúplné obnově energetických zásob a snížení schopnosti vykonat další intenzivní svalovou kontrakci. Při malém obnovení ATP-CP začne dodávat energii LA systém, což vede ke zvýšené akumulaci laktátu ve svalech, bolesti, únavě a zhoršení výkonu. Při tréninku maximální síly Bernaciková et al. (2020) doporučuje čas odpočinku mezi sériemi 3-5 minut, při kulturistickém tréninku 2-3 minuty.

Metody stimulace silových schopností

Rozvoj síly je klíčový pro zvýšení sportovní výkonnosti ve většině sportovních disciplín. Při výběru metod by se měla brát v úvahu specifika daného sportu a druh rozvíjené schopnosti (Tab. 1). Existuje mnoho různých metod pro rozvoj síly a liší se podle

přístupu jednotlivých autorů. Bernaciková et al. (2020) popisuje 11 metod, které jsou jasně vymezeny:

- **Metoda maximálního úsilí** se vyznačuje překonáváním co nejvyšších odporů (95-100 % maxima), počet opakování v jedné sérii 1-5, odpočinek mezi sériemi 3-5 minut. Primárně jde o zvýšení svalové síly, sekundárně o zvětšení objemu svalu. Tato metoda není vhodná pro začátečníky a děti, protože vyžaduje dobrou úroveň předchozí silové přípravy.
- **Metoda opakovaného úsilí (kulturistická)** je charakteristická překonáváním nemaximální zátěže (60-85 %), počet opakování 8-15, mezi sériemi 2-3 minuty pauza. Hlavním efektem je sarkoplazmatická hypertrofie (zvětšení objemu svalu).
- **Metoda rychlostní** se snaží o maximální rychlost pohybu, při velikosti odporu 30-60 % maxima. Počet opakování 5-30, délka série by neměla překročit 7 sekund, interval odpočinku 1:20 až 1:30. Přispívá k rychlé reakci sportovce na podnět, lepší vnitrosvalové a mezisvalové koordinaci.
- **Metoda plyometrická** je vhodná pro trénink disciplín s výbušným charakterem. Trénujeme schopnost využití elastické energie, tedy zvýšení explozivní síly. Závisí na délce kontaktní doby (do 200 ms), míře protipohybu a síle vyvinuté při odrazu. Délka trvání série by neměla přesáhnout 7 sekund.
- **Metoda kontrastní** spočívá ve střídání ztížených a zlehčených podmínek a střídání cviků s rychlými a pomalými pohyby. Kombinuje se metoda maximálního či opakovaného úsilí s metodou rychlostní nebo plyometrickou.
- **Metoda izometrická** je užitečná ke zvýšení statické síly ve specifických úhlech. Provádí se proti nepohybujícím se předmětům nebo odporu většímu, než je koncentrická síla jednotlivce. Nedochází ke změně délky svalu, mění se pouze napětí. Sval by měl být v tenzi 5-15 s, počet opakování 3-5.
- **Metoda excentrická (brzdivá)** se používá ke zvýšení maximální síly a k překonávání stagnace v nárůstu síly. Optimální odpor je 120 % maxima (100-150 %), počet opakování 1-5, série 1-3 a mezi nimi 2-4 minuty odpočinku.
- **Metoda silově-vytrvalostní** má za cíl udržet požadované produkované síly po stanovený čas. Provádí se vysoký počet opakování (15 – do vyčerpání) s odporem 30-60 % maxima.
- **Metoda intermediární** kombinuje metodu opakovaných úsilí a metodu statickou. Během dynamického opakování dochází ke statické výdrži a následnému pokračování v pohybu. Provádí se 1-3 výdrže během jednoho opakování v uzlových bodech, kde je sval nejslabší. Metoda pomáhá překonávat slabá místa a díky tomu slouží k nabourání stagnace a rozvoji maximální síly.
- **Metoda izokinetická** využívá speciální přístroj, který umožňuje procvičit konkrétní svalové partie při určité rychlosti pohybu a v určitém úhlu.
- **Metoda elektrostimulace** se převážně využívá k rehabilitaci svalového aparátu. Pomocí přístroje se může působit samostatně na určitou svalovou partii a dojde

přitom k zapojení až 100 % motorických jednotek, což není při klasickém silovém tréninku možné.

Tab. 1: Metody silového tréninku ke zlepšení hypertrofie, síly a výkonu (upraveno dle Suchomel, 2018)

Metody silového tréninku	Hypertrofie	Síla	Výbušnost
Cvičení s vlastní vahou	+	+	++
Cvičení na strojích	++	++	++
Vzpěračské cviky	+++	+++	+++++
Plyometrie	+	++	+++++
Excentrický trénink	+++++	+++++	+++++
Potenciační komplexy	^a	+++	+++++
Unilaterální cvičení	+++	++	+++
Bilaterální cvičení	++++	++++	+++
Variabilní odpor	+++++	++++	++++
Trénink s kettlebellem	++	++	+++
Balistický trénink	++	+++	+++++

Poznámka. Metody silového tréninku jsou hodnoceny na škále od + (nízký potenciál) po +++++ (vysoký potenciál). Přiřazená cvičení, objemová zátěž a relativní síla sportovce mohou ovlivnit adaptace. ^a Omezené dostupné výzkumy.

2.2.2 Trénink explozivní síly (reaktivní) u dětí a mládeže

Trénink explozivní síly u dětí a mládeže je ve vybraných sportovních disciplínách důležitou součástí sportovní přípravy a řídí se určitými zásadami.

Studie Johnsona et al. (2011) zdůrazňuje účinnost plyometrického tréninku při zlepšování běhu a skoků u dětí ve věku 8-14 let, pokud jsou dodrženy určité zásady. Optimálních výsledků lze dosáhnout při tréninku dvakrát týdně po dobu 8-10 týdnů nebo jednou týdně po dobu 14 týdnů. Zatížení by mělo být postupně zvyšováno buď přidáním opakování, nebo zvýšením náročnosti cviků. Doporučuje se začít s 50-60 skoky v prvním týdnu a postupně dosáhnout na 90-100 skoků v týdnu desátém. Při tréninku jednou týdně je doporučený rozsah 16 skoků v prvním týdnu a 60 skoků ve čtrnáctém týdnu. Délka tréninku by měla být 10-25 minut včetně důkladné rozcvičky a zchlazení, délka jedné série by měla trvat zhruba 10 sekund s 90 sekundami odpočinku mezi sériemi. Důraz je kladen na správnou techniku a bezpečnost, proto je důležité, aby na jednoho trenéra připadlo maximálně 4-5 dětí. Trénink by měl být prováděn na absorbuujícím povrchu (např. tráva nebo žíněnky) a děti by měly mít vhodnou obuv.

Bedoya et al. (2015) popisují ve své studii plyometrii jako bezpečnou efektivní metodu ke zvýšení výkonu mladých sportovců ve věku 10-17 let. Důležitá je odborná kvalifikace trenérů a hluboká znalost plyometrie pro minimalizaci zranění a maximální přínos tréninku. Mezi tréninkovými jednotkami by měl být 72hodinový odpočinek. Zatížení by mělo být zvýšeno buď počtem opakování, nebo výškou výskoku, ale nikdy ne

obojí najednou. Doporučuje se zařadit 3-4 cviky po 2-4 sériích s 6-15 skoky v každé sérii a používat pouze váhu vlastního těla. Plyometrie by měla být zařazena na začátku tréninkové jednotky po zahřátí. Celý trénink včetně plyometrie, rozcvičky a zchladnutí by měl trvat do 90 minut.

Konukman et al. (2018) uvádí 3 fáze plyometrického tréninku podle náročnosti a věku. Fáze 1 je trénink s nízkou zátěží, zahrnuje cviky prováděné oběma nohama nebo rukama jako skok do výšky, do dálky, do strany, odrazy na jedné noze, kliky nebo hody lehkým medicinbalem. Tato fáze je vhodná pro mladší děti ve věku 7-11 let, medicinbal se doporučuje pouze pro čtvrtý a pátý ročník. Druhou fází je trénink se střední zátěží, který zahrnuje cviky na jedné noze a více náročné cviky. Například skok na jedné noze do dálky, do výšky, trojskok, odrazy do strany, hod medicinbalem nad hlavou nebo kliky na bedně. Tato fáze se doporučuje pro děti na druhém stupni ve věku 12-14 let. Třetí fází je trénink s vysokou zátěží obsahující cviky jako výskoky na jedné noze na překážku, seskoky z boxu nebo kliky přes překážky. Je doporučena pro dobře fyzicky připravené děti ve věku 15-18 let.

Z uvedených názorů autorů vyplývá, že trénink plyometrie u dětí a mládeže má pozitivní vliv na jejich výkon, pokud jsou dodrženy správné zásady. Trénink plyometrie by měl být zařazen optimálně 2krát týdně po dobu alespoň 10 týdnů. Zatížení by mělo být postupně zvyšováno počtem opakování (z 50-60 skoků na 90-100 skoků) nebo náročností cviků. Mělo by být provedeno 6-15 opakování ve 2-4 sériích s intervalem odpočinku 90 sekund a mezi tréninkovými jednotkami 72hodinový odpočinek.

2.3 Rozvoj silových schopností vzhledem k věku hráčů

Podle Lloyd et al. (2012) by měl být silový trénink dětí a dospívajících plánován s ohledem na tréninkovou zkušenost, úroveň motorických schopností, technickou zdatnost a aktuální úroveň síly jedince (Tab. 2). Rovněž by se měl brát v úvahu biologický věk a psychosociální vyspělost dítěte či dospívajícího.

Tab. 2: Doporučené zásady silového tréninku pro mládež (upraveno podle Lloyd et al., 2012)

Tréninková zkušenost	Začátečník	Středně pokročilý	Pokročilý	Velmi pokročilý
Objem (série x opakování)	1-2 x 8-12	2-4 x 6-10	2-4 x 5-8	2-5 x 2-5
Počet cviků	6-10	3-6	3-6	2-5
Intenzita (%1RM)	Vlastní váha nebo 50-70 % 1RM	60-80 %	70-85 %	85-100 %
Rychlost pohybu	Střední až rychlá	Střední až rychlá	Rychlá až maximální	Maximální
Interval odpočinku (minuty)	1	1-2	2-3	2-5

Tréninková zkušenost	Začátečník	Středně pokročilý	Pokročilý	Velmi pokročilý
Frekvence (tréninků týdně)	2-3	2-3	2-4	2-5
Regenerace (h mezi tréninky)	72-48	72-48	48	48-24

Cvičení vhodná pro mladé jedince jsou cviky s vlastní vahou, na strojích, s volnými vahami, odporovými gumami, medicinbaly, vzpírání a plyometrie. Výběr silového tréninku závisí na technické zdatnosti a výchozí úrovni jedince. Například může být potřeba některé jedince nejprve seznámit s jednoduchými cviky na strojích, aby se naučili vnímat vlastní tělo, potom pokročit na více komplexní cviky s volnými vahami.

Kraemer and Fleck, (2005) naopak uvádí doporučení pro silový trénink dětí a adolescentů rozdělený podle věku (Tab. 3).

Tab. 3: Doporučení pro silový trénink dětí a adolescentů podle věku (Kraemer & Fleck, 2005 in Strašilová, 2016)

Věk	Návrh tréninkového programu
7 let a mladší	Seznamte děti se základními tréninkovými cviky s použitím nulové nebo minimální zátěže, vypracujte koncept tréninku a naučte správnou techniku provádění. Sílu zvyšujte pomocí cvičení s vlastní vahou a nízkým odporem, zařazujte cvičení ve dvojicích. Zachovejte nízký objem.
8–10 let	Postupně zvyšujte počet cvičení a velikost odporu u jednotlivých cviků. Procvičujte techniku všech možných zdvihů, cvičení udržujte jednoduchá. Postupně zvyšujte celkový tréninkový objem a monitorujte toleranci na tréninkovou zátěž.
11–13 let	Naučte techniku všech jednoduchých cviků. Pokračujte s postupným navyšováním odporu. Zdůrazňujte správnou techniku a přidejte náročnější cviky s použitím nulové nebo minimální zátěže. Postupte k více pokročilým cvičením, zařaďte speciální cvičení pro vaši sportovní disciplínu a postupně zvyšujte celkový tréninkový objem.
14–15 let	Pokračujte s postupným navyšováním odporu. Zařaďte speciální cvičení pro vaši sportovní disciplínu a postupně zvyšujte celkový tréninkový objem. Rozvíjejte správnou techniku provádění.
16 let a starší	Po zvládnutí veškeré naučené techniky a osvojení všech znalostí přesuňte děti do základního stupně tréninku dospělých. Předpokladem k posunu je dosažení základní úrovně zkušenosti se silovým tréninkem.

Poznámka. Pokud dítě začíná ve starším věku bez předešlých zkušeností se silovým tréninkem, zařaďte jej do předcházejícího stupně a teprve po zvládnutí základů jej přesuňte do dalšího stupně.

Lloyd et al. (2011) popisuje 6 fází progresu plyometrického tréninku pro děti a mladistvé rozdělených podle věku a náročnosti (Obr. 7). V první fázi jde o osvojení základních pohybových dovedností. Naučení se dřepů, výpadů, trojitě extenze v kyčli, kolenu a kotníku nejlépe formou her, které obsahují prvky koordinace, stability a změn směru. Druhá fáze zahrnuje vertikální a horizontální skoky. Děti by se měly naučit skákat a dopadat na jednu i na obě nohy zároveň, správnou techniku dopadu a koordinaci

horních a dolních končetin. Ve čtvrté fázi přibývají skoky do horizontální vzdálenosti, vícenásobné odrazy a vícesměrné pohyby splňující dobu kontaktu se zemí pro SSC (do 250 milisekund). Pátá fáze je charakteristická skoky na box a cvičeními s překážkami, při nichž se zvyšuje excentrické zatížení při zachování rychlosti a techniky. Pátá a šestá fáze jsou určeny pro dospívající, obsahují náročnější cviky s vysokým excentrickým zatížením (vícenásobné skoky na jedné noze, drop jump).

Základní dovednosti chlapci 6-9 let dívký 6-8 let	- Fáze 1 - osvojení základních pohybových dovedností - Zatížení - minimální excentrické zatížení - Strukturura - nestrukturované hry
Učení se trénovat chlapci 9-12 let dívký 8-11 let	- Fáze 2 - plyometrie s nízkou intenzitou - skoky na místě, jednoduché skoky - Zatížení - nízké excentrické zatížení - Strukturura - nízká struktura
Trénink k trénování 1 chlapci 12-14 let dívký 11-13 let	- Fáze 3 - plyometrie se střední intenzitou - vícenásobné oboustranné skoky a přeskoky - Zatížení - střední excentrické zatížení - Strukturura - středně strukturovaný trénink
Trénink k trénování 2 chlapci 14-16 let dívký 13-15 let	- Fáze 4 - plyometrie se střední intenzitou 2 - skoky na bednu, skoky přes překážky - Zatížení - střední až vysoké excentrické zatížení - Strukturura - středně až vysoce strukturovaný trénink
Trénink k soutěžení chlapci 16-23 let dívký 15-21 let	- Fáze 5 - plyometrie s vysokou intenzitou 1 - odrazy (vícenásobné skoky na jedné noze) - Zatížení - střední až vysoké excentrické zatížení - Strukturura - vysoce strukturovaný trénink
Trénink k vítězství chlapci 19+ let dívký 18+ let	- Fáze 6 - plyometrie s vysokou intenzitou 2 - seskoky z výšky (drop jump) - Zatížení - vysoké excentrické zatížení - Strukturura - vysoce strukturovaný a sportovně specifický trénink

Obr. 7: Progresivní model plyometrického tréninku podle věku (upraveno podle Lloyd et al. 2011)

2.4 Diagnostika explozivní (reaktivní) síly

Při diagnostice explozivní síly dolních končetin se využívají různé testy a měřicí přístroje, které umožňují hodnotit schopnost sportovce generovat sílu v co nejkratším čase. Pro testování explozivní síly dolních končetin při vertikálním výskoku se nejčastěji provádí countermovement jump (CMJ) a squat jump (SJ). K měření se může využívat například vertikální skok dosažný (Sargetův skok), silové desky nebo mobilní aplikace My Jump 2. Vertikální skok dosažný je nejjednodušší metoda, ke které je potřeba pouze stěna a měřicí pásma. Testovaný se postaví bokem ke zdi a vzpaží, po změření dosahu s mírným podřepem a švihem paží vyskočí a v nejvyšším bodě se dotkne stěny. Výsledkem je rozdíl mezi dosahem z místa a nejvyšším dosahem při výskoku. Aplikace My Jump 2 používá videozáznam zachycující odraz a dopad při skoku ke zjištění doby letu, a z ní následně vypočítá pomocí rovnice výšku výskoku. Silové desky také změří dobu letové fáze, ze níž pomocí softwaru vypočítají výšku výskoku. (Brooks et al., 2018)

Pro diagnostiku explozivní síly horní části těla se využívají hody medicinbalem (např. hod medicinbalem vsedě, hod medicinbalem vzad přes hlavu), izokinetické testovací přístroje a silové desky. (Stockbrugger & Haennel, 2001)

2.5 Interval zotavení a jeho vliv na rozvoj (intenzitu) silových schopností

Bompa and Buzzichelli (2015) vysvětlují negativní důsledky nedostatečného intervalu zotavení mezi sériemi (RI) na výkon. Krátký RI omezuje obnovu ATP a kreatinfosfátu, a svaly tak mají méně energie pro další sérii. Tělo pak více využívá laktátový systém, při kterém dochází k hromadění laktátu ve svaích, což vede k bolesti, únavě a zhoršenému výkonu. Zkrácený interval odpočinku také snižuje přívod krve do svalů a omezuje tím jejich okysličení a regeneraci. Dalším důsledkem nedostatečného intervalu zotavení je lokální únava svalů a centrální nervové soustavy (CNS). Síla nervových impulzů je ovlivněna únavou a s rostoucí mírou únavy klesá síla kontrakce. Čím silnější je nervový impuls, tím silnější je svalová kontrakce a schopnost sportovců zvedat těžší břemena. Při trénování maximální síly je proto potřeba pro zotavení CNS delší interval zotavení (až 7 minut).

Dosažení maximálního přírůstku síly může záviset na udržení stálého počtu opakování v po sobě jdoucích sériích. Interval zotavení mezi sériemi je důležitý faktor, jenž ovlivňuje schopnost udržet stálý počet opakování a celkový efekt tréninku. Pro každý druh trénované síly je vhodná jiná délka RI. Při tréninku svalové síly s intenzitou do 90 % 1RM se doporučuje 3-5 minut odpočinku mezi sériemi. Pro rozvoj výbušnosti (např. trénink plyometrie) by měl být interval odpočinku alespoň 3 minuty. Při cvičení s cílem svalové hypertrofie je ideální 30-90 sekund zotavení mezi sériemi a pro svalovou vytrvalost stačí krátké intervaly odpočinku, zhruba 30 sekund (více v kapitole výše 2.2.1). Správně nastavený interval odpočinku zvyšuje účinnost tréninku, ale musí být správně sladěn s dalšími proměnnými, jakými jsou intenzita a objem. Délka intervalu odpočinku se běžně určuje podle tréninkového cíle, ale můžou ji ovlivnit i další faktory, které popisuje Willardson (2006). Mezi tyto faktory může patřit například tréninková historie, množství zapojené svalové hmoty, složení svalových vláken, série do selhání nebo bez selhání, druh svalové kontrakce, aktivní nebo pasivní odpočinek a pořadí cviků v tréninku. Interval odpočinku se liší i v závislosti na věku. Faigenbaum et al. (2008) ve své studii zkoumali vliv intervalu odpočinku na silový výkon v bench pressu. Studie poměřovala rychlost regenerace mezi dětmi ($11,3 \pm 0,8$ let), mladistvými ($13,6 \pm 0,6$ let) a muži ($21,4 \pm 2,1$ let). Každý účastník provedl 3 série s maximálním zatížením pro 10 opakování a s intervalem odpočinku mezi sériemi 1, 2 nebo 3 minuty. Z výsledků byly pozorovány významné rozdíly v počtu opakování, průměrné rychlosti i v průměrném výkonu mezi dětmi, mladistvými a muži (Tab. 4). Děti a mladiství

provedli více celkových opakování než dospělí. To naznačuje, že děti a mladiství jsou schopni se zotavit rychleji než muži z odporového cvičení mírné intenzity.

Tab. 4: Průměrný počet dokončených opakování ve všech sériích u chlapců, adolescentů a mužů pro všechny intervaly odpočinku (IO) (upraveno podle Faigenbaum et al., 2008)

	Chlapci (n = 12)	Adolescenti (n = 13)	Muži (n = 17)
1 min IO			
1. série	10,0±0,0	10,0±0,0	10,0±0,0
2. série	9,2±1,4	9,5±1,4	5,7±2,4
3. série	8,7±2,1	7,4±2,6	2,7±1,5
CELKEM	27,9±3,1	26,9±3,7	18,2±4,1
2 min IO			
1. série	10,0±0,0	10,0±0,0	10,0±0,0
2. série	10,0±0,0	9,3±1,4	7,2±2,2
3. série	9,6±1,0	8,5±2,2	4,2±2,2
CELKEM	29,6±1,0	27,8±3,5	21,4±4,1
3 min IO			
1. série	10,0±0,0	10,0±0,0	10,0±0,0
2. série	10,0±0,0	9,8±0,8	7,9±2,7
3. série	10,0±0,0	9,1±1,8	6,0±2,8
CELKEM	30,0±0,0	28,8±2,4	23,9±5,3

Děti mohou vykazovat větší odolnost vůči únavě, protože mají v některých svaích vyšší relativní procento pomalých svalových vláken než dospělí. Mají ve srovnání s dospělými i rychlejší zklidnění tepové frekvence, nižší vrchol koncentrace laktátu, vyšší oxidační kapacitu, lepší acidobazickou regulaci a rychlejší resyntézu fosfokreatinu po cvičení vysoké intenzity. Krátký interval odpočinku u dospělých limituje dostatečné zotavení. Další série absolvují více unavení, zvýší se počet metabolitů, zapojí se pomalá svalová vlákna a sníží se produkce síly. Dětem během silového tréninku proto stačí kratší pauzy než dospělým. Pro silový trénink dětí se doporučuje naučit se důkladně techniku, 2-3 tréninkové jednotky týdně (v ne po sobě jdoucích dnech). Počet opakování by měl být 10-15 v 1-2 sériích s intervalem odpočinku kolem 1 minuty, pro pokročilejší cvičence 3 série po 6-8 opakováních pro komplexní cviky (dřep, mrtvý tah) a 2 série po 10-12 opakováních pro izolované cviky (bicepsové zdvihy). (Faigenbaum, 2009)

2.6 Efektivita rozvoje explozivní síly u různých skupin sportovců

Santos and Janeira (2008) se ve své studii zaměřili na efekt komplexního tréninku složeného ze silového tréninku a plyometrie, na explozivní sílu basketbalistů. Studie se zúčastnilo 25 chlapců ve věku 14-15 let, rozdělených do experimentální a kontrolní skupiny. Obě skupiny měly basketbalové tréninky, experimentální skupina měla navíc dvakrát týdně po dobu 10 týdnů komplexní trénink. Výsledky ukázaly, že experimentální skupina dosáhla významného zlepšení a potvrdily, že komplexní trénink zvyšuje úroveň explozivní síly dolních a horních končetin u mladých basketbalistů. Kontrolní skupina se naopak téměř ve všech ukazatelích zhoršila.

Pereira et al. (2015) zkoumali efekt 8týdenního tréninkového programu kombinujícího skoky a hody medicinbalem na výkon horních a dolních končetin u mladých volejbalistek ve věku 14 let. 20 dívek bylo rozděleno do experimentální a kontrolní skupiny. Experimentální skupina měla navíc plyometrická cvičení a hody míčem, zatímco kontrolní skupina absolvovala pouze běžné volejbalové tréninky. Z výsledků vyšlo najevo výrazné zlepšení ve výkonu experimentální skupiny v hodu medicinbalem o 3 %, v hodu volejbalovým míčem o 19,6 % a v CMJ o 20,1 %. Kontrolní skupina nezažnamenala žádné výrazné zlepšení v těchto parametrech.

Studie Ramírez-Campillo et al. (2014) se zabývala vlivem nízkého objemového a vysoké intenzivního plyometrického tréninku na výbušné schopnosti a vytrvalosti mladých fotbalistů během sezóny. Výzkum probíhal 7 týdnů a zúčastnilo se ho 76 hráčů ve věku 13-14 let rozdělených na tréninkovou a kontrolní skupinu. Všichni hráči trénovali 2krát týdně, ale tréninková skupina se řídila plyometrickým programem realizovaným v rámci fotbalového tréninku, zatímco kontrolní skupina měla pouze fotbalové tréninky. Z výzkumu vyplynulo, že za 7 týdnů plyometrického tréninku došlo k významnému malému až středně velkému zlepšení výbušnosti a vytrvalosti u mladých fotbalistů v porovnání se samotným fotbalovým tréninkem.

Porovnání tří studií ukazuje, že specifické tréninkové programy zaměřené na plyometrii, silový trénink nebo explozivní cvičení výrazně zlepšují výbušnou sílu a další fyzické schopnosti u mladých sportovců. Významného zlepšení sportovci dosáhli už za 7-10 týdnů při dvou tréninkových jednotkách týdně, zaměřených na sportovní tréninky (basketbal, volejbal, fotbal) i na plyometrii. Všechny tři studie potvrzují, že specializované explozivní tréninky jsou vhodné a účinné jako doplněk běžných tréninků.

3 Cíle, výzkumné otázky a úkoly práce

3.1 Cíle práce

Cílem práce je zjistit vliv intervalu zotavení mezi pracovními sériemi plyometrického silového tréninku na změny intenzity zatížení. Sekundárním cílem je navrhnout model organizace časových charakteristik intervalu zotavení, který nepovede k signifikantnímu poklesu intenzity zatížení mezi jednotlivými sériemi plyometrických cvičení u hráček basketbalu v žákovských kategoriích.

3.2 Výzkumné otázky

V01 Bude mít délka intervalu zotavení (30 s, 60 s a 90 s) vliv na průměrný výkon ve vertikálním výskoku s protipohybem u mladých basketbalistek ve druhé pracovní sérii kumulovaného plyometrického zatížení?

V02 Bude mít délka intervalu zotavení (30 s, 60 s a 90 s) vliv na průměrný výkon ve vertikálním výskoku s protipohybem u mladých basketbalistek ve třetí pracovní sérii kumulovaného plyometrického zatížení?

V03 Bude mít délka intervalu zotavení (30 s, 60 s a 90 s) vliv na průměrný výkon ve vertikálním výskoku s protipohybem u mladých basketbalistek ve čtvrté pracovní sérii kumulovaného plyometrického zatížení?

V04 Jaký je nejvhodnější interval zotavení mezi sériemi, aby bylo možné udržet vysokou intenzitu zatížení, a přitom minimalizovat čas, který je pro zotavné procesy nezbytný?

3.3 Úkoly práce

U1 Úkolem je vyšetřit, zda rozdílná délka intervalu zotavení (30 s, 60 s a 90 s) ovlivňuje intenzitu kumulovaného zatížení v pracovních sériích plyometrického charakteru mladých hráček basketbalu.

U2 Popsat, který interval zotavení bude optimální využít pro plánování plyometrického tréninku mladých hráček basketbalu tak, aby byla udržena vysoká intenzita zatížení při současné minimalizaci ztrátového času.

U3 Navržení modelu organizace časových charakteristik intervalu zotavení, který nepovede k signifikantnímu poklesu intenzity zatížení mezi jednotlivými sériemi plyometrických cvičení u hráček basketbalu v žákovských kategoriích.

4 Metodika

Tato kapitola se zaměřuje na metodiku výzkumu, která zahrnuje jeho charakteristiku, popis testovaného souboru basketbalových hráčů a popis použitého testu. Dále bude popsán průběh jednotlivých testování a způsob statistického zpracování získaných dat.

4.1 Charakteristika výzkumu

Předložená práce je koncipována jako komparační studie spadající do oblasti kvantitativních výzkumných strategií. Práce se zaměřuje na identifikaci vlivu různých délek intervalu odpočinku mezi sériemi na změny intenzity cvičení při sériích obsahujících 5 opakování vertikálního výskoku (countermovement jump - CMJ).

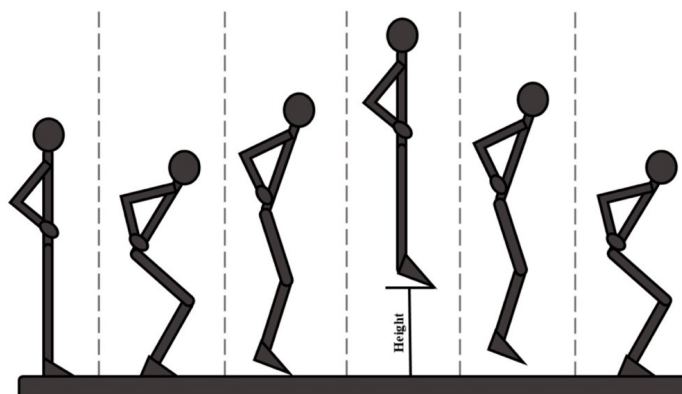
V rámci výzkumu bude analyzován vztah mezi intenzitou zatížení (vyjádřeno v cm) a dobou odpočinku mezi jednotlivými sériemi (30, 60, 90 sekund). Měření probíhalo celkem třikrát ve třech různých dnech. Každá testovaná osoba provedla v jednom měření 4 série po 5 výskocích CMJ. Závislou proměnnou představuje intenzita cvičení vyjádřena jako výška vertikálního výskoku, nezávislou potom délka intervalu zotavení.

4.2 Testovaný soubor

Pro testování explozivní síly dolních končetin basketbalových hráčů jsme použili záměrný výběr. Výzkumný soubor tvořily aktivní hráčky basketbalu kategorie U15 z klubu BK Sojky Pelhřimov, ve kterém sama působím jako hráčka. Do studie bylo vybráno 10 hráček ve věku $13,8 \pm 0,6$ let s průměrnou tělesnou výškou $168,8 \pm 5,8$ cm a hmotností $54,7 \pm 6,1$ kg. Testování probíhalo v krytých prostorech Sportovní haly v Pelhřimově v únoru roku 2025, tudíž výsledky nebyly ovlivněny vnějším prostředím.

4.3 Popis diagnostických nástrojů

Pro hodnocení explozivní síly jsme využili test vertikálního výskoku s protipohybem (CMJ), který je běžně používán k posouzení výbušnosti dolních končetin (Obr. 8). K měření výkonu v testu CMJ byla použita aplikace My Jump 2, jejíž spolehlivost pro výzkumné účely potvrzuje metaanalýza Gençoğlu et al. (2023) a výzkum Balsalobre-Fernández et al. (2015). Testování probíhalo s rukama v bok (bez aktivního použití paží).



Obr. 8: Technika CMJ krok po kroku (Vanegas et al., 2021)

4.4 Průběh testování

Celkem byla realizována tři testování, přičemž každé z nich zahrnovalo jiný interval odpočinku (30 s, 60 s, 90 s). Každá testovaná osoba absolvovala 4 série, v každé z nich provedla 5 výskoků. Hráčky byly instruovány, aby všechny výskoky prováděly maximální intenzitou.

První testování proběhlo 9. 2. 2025 s intervalem odpočinku 30 sekund. Testované osoby dostaly instruktáž ohledně průběhu měření. Poté proběhlo spolčené rozcvičení, složené ze zahřátí, dynamického strečinku, atletické abecedy a průpravných výskoků.

Druhé testování proběhlo 11. 2. 2025 s intervalem odpočinku 60 sekund. Měření probíhalo stejně jako při prvním testování.

Třetí testování proběhlo 14. 2. 2025 s intervalem odpočinku 90 sekund a probíhalo opět stejně jako první a druhé měření.

4.5 Statistické zpracování dat

Naměřená data byla zapsána a uspořádána v tabulkovém procesoru Microsoft Excel (Microsoft Office 365, Microsoft Corporation). Statistická analýza proběhla po implementaci dat ve statistickém software Statistica 12 (StatSoft, Inc., Tulsa, OK, USA). Pro analýzu byla využita základní deskriptivní statistika, zjištění normality distribuce dat (K-S test) a ANOVA pro zjištění rovnosti středních hodnot výběru.

5 Výsledky

Níže prezentujeme výsledky výzkumného šetření ($n=10$), které si kladlo za cíl diagnostikovat potenciální difference mezi sériemi opakovaných skokanských výkonů (4 po sobě jdoucí série) s odlišnou délkou intervalu zotavení (30, 60 a 90 s) v jednotlivých tréninkových blocích.

Základní popisné statistiky průměrných hodnot 5 výskoků s protipohybem (CMJ) z každé realizované série uvádíme v Tab. 5.

Tab. 5: Popisné statistiky výkonů ve vertikálním výskoku s protipohybem u souboru basketbalistek (autor)

Variable	Descriptive Statistics (Masopustova)				
	Valid N	Mean	Minimum	Maximum	Std.Dev.
1. série 30" (cm)	10	23,48000	14,08000	29,45400	4,396306
2. série 30" (cm)	10	23,39300	13,36800	30,46800	4,833871
3. série 30" (cm)	10	23,94100	14,22600	31,28800	4,833942
4. série 30" (cm)	10	24,80000	19,18800	31,80800	4,041346
1. série 60" (cm)	10	23,91040	18,86000	28,45200	3,065404
2. série 60" (cm)	10	23,78320	19,82000	29,18600	2,816788
3. série 60" (cm)	10	23,98120	20,88400	28,77600	2,481962
4. série 60" (cm)	10	24,44360	19,83000	29,78200	3,093208
1. série 90" (cm)	10	24,22600	21,49800	32,55200	3,229233
2. série 90" (cm)	10	23,90160	21,16800	32,01800	3,307763
3. série 90" (cm)	10	24,25400	21,33000	31,80800	2,951235
4. série 90" (cm)	10	24,64760	21,06000	31,00600	2,904279

Na základě výsledku K-S testu (Tab. 6), bylo prokázáno, že data pocházejí z normálního rozložení. Na základě uvedeného byla pro následující analýzy vybrána ANOVA opakovaných měření, kterou testujeme nulovou hypotézu o rovnosti středních hodnot výběru.

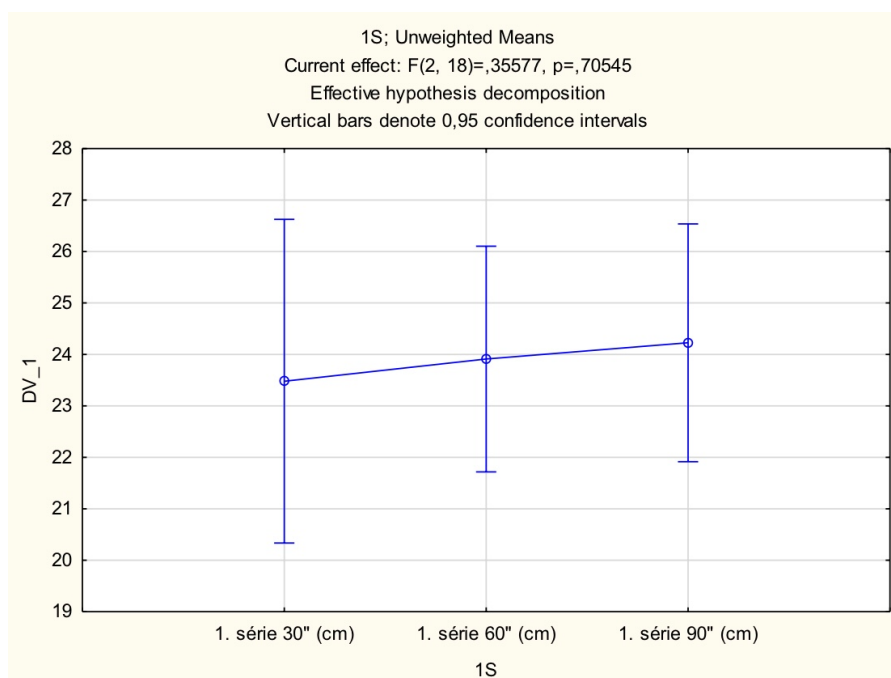
Tab. 6: K-S test normality distribuce dat (autor)

Proměnná	Testy normality (Masopustova)		
	N	max D	K-S p
1. série 30" (cm)	10	0,196189	p > .20
2. série 30" (cm)	10	0,171222	p > .20
3. série 30" (cm)	10	0,149217	p > .20
4. série 30" (cm)	10	0,177505	p > .20

Proměnná	Testy normality (Masopustova)		
	N	max D	K-S p
1. série 60" (cm)	10	0,162780	p > .20
2. série 60" (cm)	10	0,144704	p > .20
3. série 60" (cm)	10	0,159924	p > .20
4. série 60" (cm)	10	0,108462	p > .20
1. série 90" (cm)	10	0,238485	p > .20
2. série 90" (cm)	10	0,313438	p > .20
3. série 90" (cm)	10	0,246332	p > .20
4. série 90" (cm)	10	0,270725	p > .20

Z výsledků statistické analýzy výkonů testovaného souboru v první sérii CMJ při testech s 30, 60 a 90 s intervalem zotavení mezi jednotlivými sériemi plyne, že nezamítáme nulovou hypotézu o rovnosti středních hodnot výběru (Obr. 9).

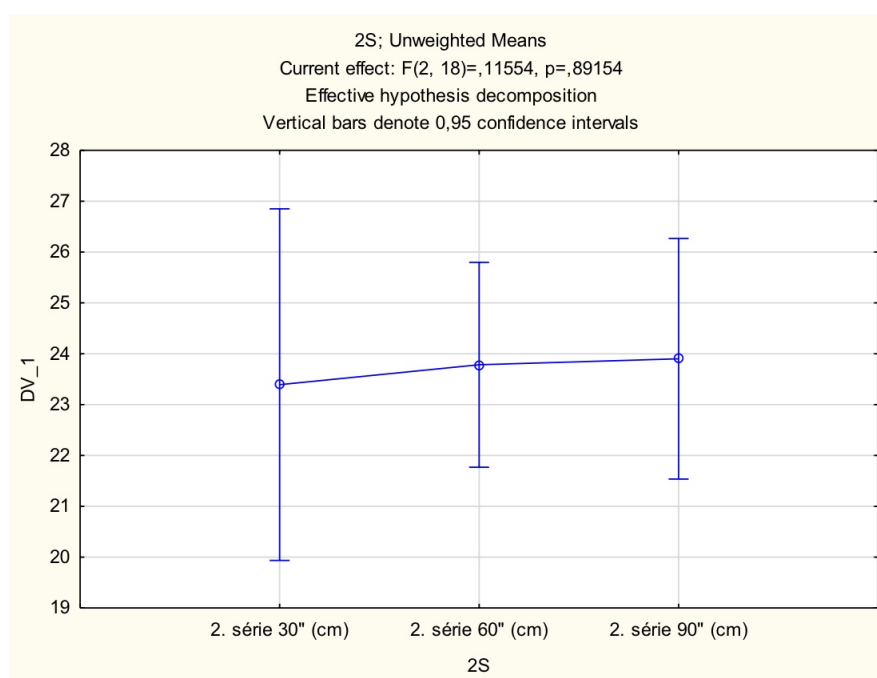
V první sérii při intervalu odpočinku 30 sekund byla průměrná výška výskoku 23,48 cm (minimum 14,08 cm a maximum 29,45 cm). Při intervalu 60 sekund mezi sériemi byl průměr výskoků v první sérii 23,91 cm, přičemž minimum bylo 18,86 cm a maximum 28,45 cm. S intervalem odpočinku 90 sekund byla průměrná hodnota výskoku v první sérii 24,23 cm, minimální 21,50 cm a maximální 32,55 cm.



Obr. 9: Průměrná výška výskoku CMJ v první sérii při intervalu odpočinku 30, 60 a 90 sekund (autor)

Statistická analýza výkonů testovaného souboru v druhé sérii CMJ při testech s intervaly zotavení 30, 60 a 90 s ukázala, že nezamítáme nulovou hypotézu o rovnosti středních hodnot výběru (Obr. 10).

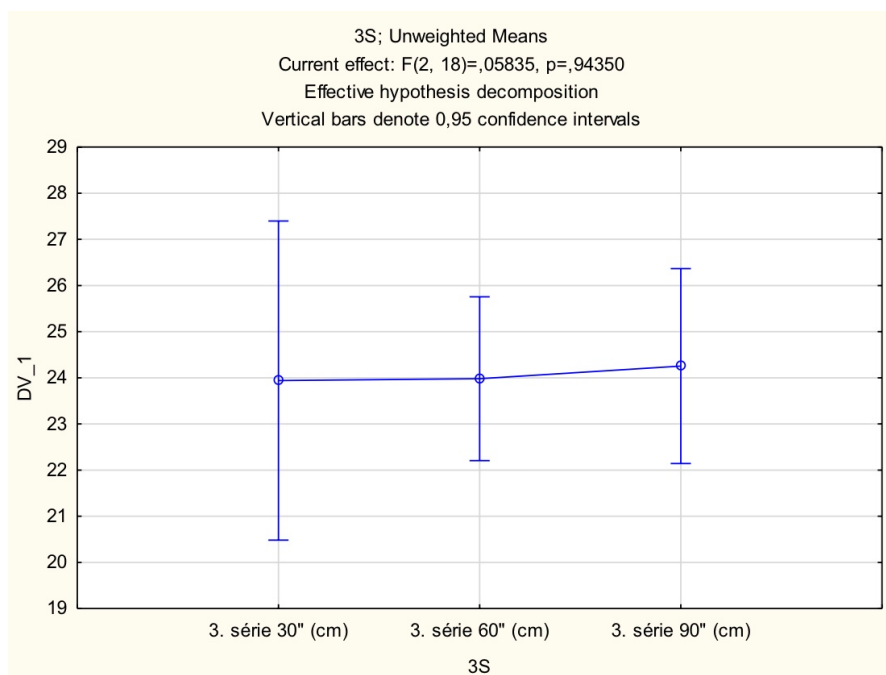
Ve druhé sérii při odpočinku mezi sériemi 30 sekund, byla průměrná výška výskoku 23,39 cm, přičemž nejnižší naměřená hodnota byla 13,37 cm a nejvyšší 30,47 cm. Během intervalu dlouhého 60 sekund mezi sériemi průměrná výška výskoku ve druhé sérii činila 23,78 cm, s minimem 19,82 cm a maximem 29,19 cm. Při 90sekundové pauze mezi sériemi pak průměrná výška výskoku ve druhé sérii dosáhla 23,90 cm, a zároveň nejnižší hodnota byla 21,17 cm a nejvyšší 32,02 cm.



Obr. 10: Průměrná výška výskoku CMJ ve druhé sérii při intervalu odpočinku 30, 60 a 90 sekund (autor)

Na základě statistické analýzy výkonů testovaného souboru ve třetí sérii CMJ při testech s intervaly zotavení 30, 60 a 90 sekund bylo zjištěno, že nulovou hypotézu o rovnosti průměrných hodnot výběru nezamítáme (Obr. 11).

Když byl odpočinek mezi sériemi 30 sekund, činila průměrná výška výskoku ve třetí sérii 23,94 cm, přičemž nejnižší naměřená hodnota byla 14,23 cm a nejvyšší dosáhla 31,29 cm. Při intervalu 60 sekund mezi sériemi byl průměrný výskok ve třetí sérii 23,98 cm, s minimální výškou výskoku 20,88 cm a maximální 28,78 cm. S intervalem odpočinku mezi sériemi 90 sekund byla průměrná výška výskoku ve třetí sérii 24,25 cm, nejnižší zaznamenaná hodnota byla 21,33 cm a nejvyšší 31,00 cm.

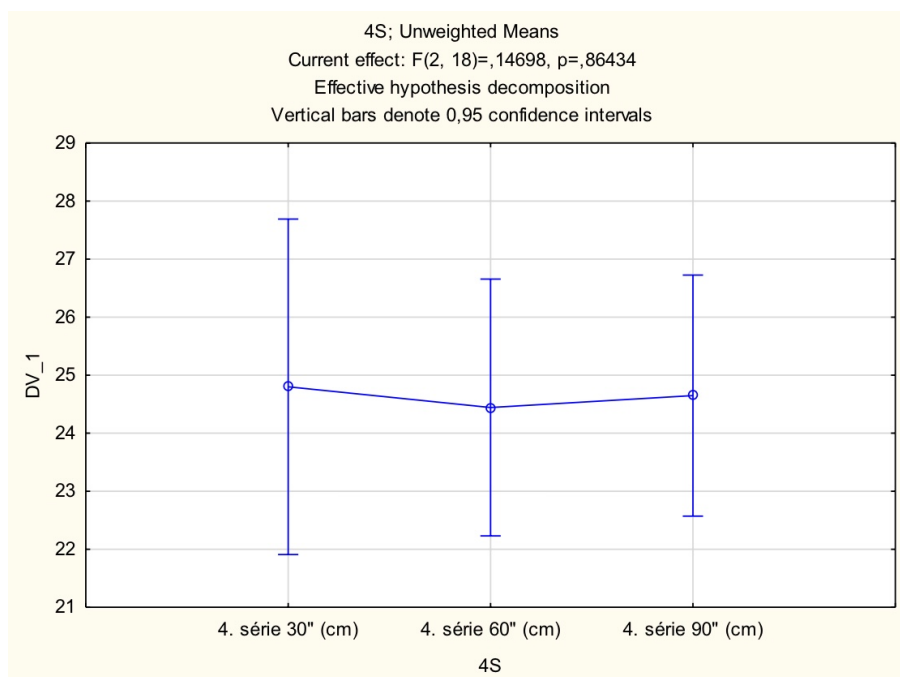


Obr. 11: Průměrná výška výskoku CMJ ve třetí sérii při intervalu odpočinku 30, 60 a 90 sekund (autor)

Výsledky statistické analýzy výkonů testovaného souboru ve čtvrté sérii CMJ při testech s intervaly zotavení 30, 60 a 90 sekund ukazují, že nezamítáme nulovou hypotézu o rovnosti průměrných hodnot výběru (Obr. 12).

Ve čtvrtých sériích byly výsledky následující. Při 30sekundové pauze mezi sériemi byla průměrná výška výskoku 24,8 cm, přičemž nejnižší naměřená hodnota byla 19,19 cm a nejvyšší 31,81 cm. Při prodloužení intervalu na 60 sekund dosáhl průměr výskoků hodnoty 24,44 cm s minimem 19,83 cm a maximem 29,78 cm. Když byl mezi sériemi odpočinek 90 sekund, průměrná výška výskoku ve čtvrté sérii činila 24,65 cm, přičemž nejnižší zaznamenaná hodnota byla 21,06 cm a nejvyšší 31,00 cm.

Z uvedených statistických analýz je zřejmé, že není prokazatelný rozdíl ve změně výkonu v závislosti na délce odpočinku.



Obr. 12: Průměrná výška výskoku CMJ ve čtvrté sérii při intervalu odpočinku 30, 60 a 90 sekund (autor)

6 Diskuse

Výsledky výzkumného šetření ukázaly, že rozdílná délka intervalu odpočinku mezi sériemi (30, 60 a 90 sekund) neměla signifikantní vliv na výšku výskoku při testu CMJ u basketbalistek ve věku 13-15 let. Jedním z možných vysvětlení je relativně nízký objem kumulovaného zatížení, a to jak v rámci počtu opakování v jednotlivých sériích, tak celkového počtu sérií v testovacím protokolu. Testovaly se 4 série po 5 výskocích. Nízká úroveň únavy pravděpodobně nevedla k významnému vyčerpání ATP-CP systému, jehož nedostatečná obnova by mohla způsobit pokles výkonu zejména při kratších intervalech odpočinku (30 nebo 60 sekund). Hráčky v rámci jednoho testování provedly pouze 20 výskoků, což lze považovat za spodní hranici zatížení, pokud by byl celkový počet opakování vyšší (např. 100–150), 30 sekund by již pravděpodobně nebylo dostatečným intervalem odpočinku pro udržení intenzity.

Tento závěr odpovídá poznatkům z literatury, které uvádějí, že pro udržení maximální intenzity při výbušných pohybových aktivitách je u mládeže doporučován interval odpočinku mezi sériemi 90 sekund (Johnson et al., 2011), podle Lloyd et al. (2011) 60-180 sekund. Faigenbaum et al. (2009) u dětí doporučují díky jejich rychlejší regeneraci a větší odolnosti proti únavě kratší interval odpočinku (kolem 1 minuty) u středně intenzivního odporového cvičení. Je potřeba dostatečný interval odpočinku, aby se obnovil ATP-CP systém. Obnova 50 % ATP-CP trvá zhruba 30 sekund a plná obnova 3-5 minut (Bompa & Buzzichelli, 2015), podle Grausgrubera and Cacka (2008) se obnoví 75-80 % ATP-CP během 1 minuty, 100 % během 2 až 3 minut.

Zjištění našeho výzkumného šetření, podle kterého byly testované basketbalistky schopné udržet intenzitu výkonu i při krátkém intervalu odpočinku (30 sekund), jsou v souladu se závěry Faigenbauma et al. (2008). Jeho studie prokázala významné rozdíly v rychlosti regenerace mezi dětmi, adolescenty a dospělými muži, kdy děti byly schopné provést více celkových opakování v benchpressu než dospělí. Děti vykazovaly schopnost rychlejšího zotavení a zvládaly kratší odpočinkové pauzy mezi sériemi.

Děti jsou ve srovnání s dospělými schopny lépe odolávat únavě při jednom nebo více opakováních vysoce intenzivních cvičení. Tato schopnost může souviset s rychlejší regenerací po cvičení a nižší mírou únavy během cvičení. Únavu můžou ovlivnit i faktory, jakými jsou motivace, množství aktivní svalové hmoty, svalová struktura, metabolismus a neuromuskulární aktivace. Vlastnosti svalů u dětí se kvalitativně i kvantitativně liší od dospělých. Mladší jedinci mají menší množství svalové hmoty a nižší schopnost aktivace rychlých svalových vláken, což vysvětluje vyšší odolnost proti únavě při maximálních kontrakcích. Dále mají vyšší svalovou oxidační aktivitu, která vede k nižší akumulaci vedlejších produktů svalů. Rychlejší zotavení u dětí po vysoce intenzivním cvičení také vysvětlují další faktory, jimiž jsou rychlejší resyntéza fosfokreatinu, větší oxidační kapacita, lepší regulace acidobazické rovnováhy, rychlejší přispůsobení kardiopiračních parametrů a vyšší odvod vedlejších metabolických

produktů. Děti mají nižší míru dobrovolné aktivace svalů, která je spojena s menším zapojením motorických jednotek během zatížení, což vede k nižší metabolické zátěži a omezenému rozvoji periferní únavy. Díky tomu je jejich neuromuskulární systém méně namáhán, centrální nervová soustava není tolik zatěžována a zotavení po zátěži může probíhat rychleji než u dospělých. (Ratel et al., 2006)

Studie Ramírez-Campillo et al. 2014 porovnávala jaký vliv má při plyometrickém tréninku interval odpočinku 30, 60 a 120 sekund mezi sériemi na explozivní výkon u mladých hráčů fotbalu. Během 7 týdnů, přičemž byly 2 tréninky za týden, hráči provedli celkem 840 výskoků. Cílem studie bylo porovnat, jaký efekt má různý interval odpočinku na explozivní výkon. Výsledky po 7 týdnech nízko objemového plyometrického tréninku o vysoké intenzitě ukázaly podobně významné malé až střední zlepšení u všech skupin. Rozdílná délka intervalu odpočinku tedy v tomto případě zásadně neovlivnila rozvoj explozivního výkonu. Dále zde uvádí, že krátká 30sekundová pauza mezi sériemi by mohla být u dětí dostatečná pro obnovu výkonnosti a vyvolání tréninkových adaptací. Z toho vyplývá, že delší i kratší intervaly odpočinku mohou být stejně efektivní, a současně kratší pauzy lépe sedí do organizačních požadavků tréninkových jednotek.

Dalším faktorem, jenž mohl ovlivnit naše výsledky, je nízká míra automatizace pohybu (CMJ) u některých účastníků. Výkony individuálně kolísaly, například u jedné z testovaných osob byla výška prvního výskoku v první sérii 12,89 cm a výška pátého výskoku byla 16,04 cm. Ve čtvrté sérii byl první výskok 15,31 cm a pátý 20,35 cm. U obou uvedených příkladů jsou patrné poměrně velké výkyvy ve výšce výskoku, které mohou částečně maskovat případný vliv délky odpočinkového intervalu na výšku výskoku.

Celkově lze tedy konstatovat, že absence signifikantního rozdílu mezi různými intervaly odpočinku může být důsledkem kombinace nízkého celkového zatížení a individuálních výkyvů ve výkonech souvisejících s mírou zvládnutí testované motorické dovednosti. Na druhou stranu mohou být výsledky bez signifikantního rozdílu i z důvodu rychlejší regenerace a vyšší odolnosti vůči únavě u dětí, tudíž pro ně byl i interval odpočinku 30 sekund dostatečný.

VO1 Bude mít délka intervalu zotavení (30 s, 60 s a 90 s) vliv na průměrný výkon ve vertikálním výskoku s protipohybem u mladých basketbalistek ve druhé pracovní sérii kumulovaného plyometrického zatížení?

Výsledky ukázaly, že ve druhé sérii nedošlo k signifikantnímu rozdílu v průměrné výšce výskoku mezi jednotlivými intervaly odpočinku. Délka intervalu zotavení tedy neměla statisticky významný vliv na výkon.

VO2 Bude mít délka intervalu zotavení (30 s, 60 s a 90 s) vliv na průměrný výkon ve vertikálním výskoku s protipohybem u mladých basketbalistek ve třetí pracovní sérii kumulovaného plyometrického zatížení?

Ani ve třetí sérii nebyl zaznamenán statisticky významný rozdíl ve výšce výskoku v závislosti na délce intervalu zotavení. Výkon zůstal srovnatelný napříč všemi variantami odpočinku.

V03 Bude mít délka intervalu zotavení (30 s, 60 s a 90 s) vliv na průměrný výkon ve vertikálním výskoku s protipohybem u mladých basketbalistek ve čtvrté pracovní sérii kumulovaného plyometrického zatížení?

I ve čtvrté sérii se ukázalo, že délka intervalu zotavení neměla signifikantní vliv na průměrnou výšku výskoku. Hráčky si dokázaly udržet intenzitu výkonu i při nejkratší době odpočinku.

V04 Jaký je nejvhodnější interval zotavení mezi sériemi, aby bylo možné udržet vysokou intenzitu zatížení, a přitom minimalizovat čas, který je pro zotavné procesy nezbytný?

Na základě výsledků se jako nejefektivnější jeví 30sekundový interval zotavení. Tento čas byl dostačující pro zachování vysoké intenzity, a zároveň minimalizoval celkovou délku tréninkové jednotky. Vzhledem k nízkému objemu zatížení u mládeže může být tento kratší interval v praxi plně využitelný.

7 Závěry

Cíle této bakalářské práce byly splněny. Výsledky výzkumného šetření ukázaly, že rozdílná délka intervalu odpočinku mezi sériemi neměla signifikantní vliv na výšku výskoku u basketbalistek ve věku 13–15 let. I při nejkratším intervalu odpočinku (30 sekund) si testované hráčky dokázaly udržet intenzitu výkonu. To naznačuje, že v rámci kumulovaného plyometrického zatížení u mládeže není délka zotavného intervalu v rozsahu 30–90 sekund rozhodujícím faktorem pro zachování intenzity, pokud je celkový objem zatížení relativně nízký. Z toho lze vyvodit, že při nízkém tréninkovém objemu u mládeže může být interval odpočinku 30 sekund dostačující a snižuje celkovou časovou náročnost tréninku.

Na základě těchto výsledků lze konstatovat, že pro plánování plyometrického tréninku mladých hráček je možné jako optimální využít i kratší intervaly odpočinku, které umožní udržení vysoké intenzity zatížení a zároveň minimalizují ztrátový čas v tréninkové jednotce. Na základě toho lze navrhnout model organizace plyometrického tréninku s krátkým 30sekundovým intervalem mezi sériemi, který je pro mladé sportovkyně časově efektivní, a přitom dostatečný pro zachování kvality provedení.

Tyto závěry jsou v souladu se studií Ramírez-Campillo et al. (2014), jež rovněž nezaznamenala rozdíly ve zlepšení výkonu mezi skupinami s různou délkou intervalu zotavení. Poukazuje na to, že i kratší odpočinkové intervaly mohou být v této věkové kategorii efektivní.

S ohledem na výsledky výzkumného šetření lze pro praktickou aplikaci doporučit zařazení plyometrického tréninku s 30sekundovým intervalem odpočinku mezi sériemi. Tento typ zatížení je vhodné aplikovat u mladých sportovkyň dvakrát týdně s minimálním odstupem 48 hodin mezi jednotkami. Trénink by měl být progresivní, a to buď zvyšováním počtu opakování (z přibližně 50–60 na 90–100 výskoků za jednotku), nebo zařazením obtížnějších cvičení. Příklad jedné tréninkové jednotky může zahrnovat tři až čtyři cviky, jako jsou kotníkové výskoky (pogo jumps), výskoky s protipohybem (CMJ), přeskoky stranou nebo výskoky na jedné noze vpřed. Každé cvičení lze provádět ve 2 až 4 sériích po 4–6 opakováních, přičemž důraz je kladen na maximální explozivitu a technické provedení. Takto strukturovaný trénink umožňuje udržení vysoké intenzity zatížení při současné časové efektivitě.

Na základě výše uvedených výsledků je třeba upozornit, že vyšší objem zatížení by mohl vést k výraznějšímu vyčerpání energetických rezerv a případným změnám ve výkonnosti. Proto je vhodné se této problematice dále věnovat, zejména u většího souboru respondentek a případně i v porovnání s dospělou populací.

Použité zdroje

Abdelkrim, N. B., El Fazaa, S., & El Ati, J. (2007). Time–motion analysis and physiological data of elite under-19-year-old basketball players during competition. *British Journal of Sports Medicine*, 41(2), 69–75. <https://doi.org/10.1136/bjsm.2006.032318>

Balsalobre-Fernández, C., Glaister, M., & Lockey, R. A. (2015). The validity and reliability of an iPhone app for measuring vertical jump performance. *Journal of Sports Sciences*, 33(15), 1574–1579. <https://doi.org/10.1080/02640414.2014.996184>

Bedoya, A. A., Miltenberger, M. R., & Lopez, R. M. (2015). Plyometric training effects on athletic performance in youth soccer athletes: A systematic review. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 29(8), 2351–2360. <https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000000877>

Bernaciková, M., Hrnčíříková, I., Cacek, J., & Dovrtělová, L. (2020). *Regenerace a výživa ve sportu*. Masarykova univerzita.

Bompa, T., & Buzzichelli, C. (2015). *Periodization training for sports (3rd ed.)*. Human Kinetics.

Brooks, E. R., Benson, A. C., & Bruce, L. M. (2018). Novel technologies found to be valid and reliable for the measurement of vertical jump height with jump-and-reach testing. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 32(10), 2838–2845. <https://doi.org/10.1519/jsc.00000000000002790>

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

Čabarkapa, D., Fry, A. C., Lane, M. T., Hudy, A., Dietz, P. R., Cain, G. J., & Andre, M. J. (2020). The importance of lower body strength and power for future success in professional men's basketball. *Sports Science and Health*, 19(1), 10–16. <https://doi.org/10.7251/ssh2001010c>

Chaouachi, A., Brughelli, M., Chamari, K., Levin, G. T., Abdelkrim, N. B., Laurencelle, L., & Castagna, C. (2009). Lower limb maximal dynamic strength and agility determinants in elite basketball players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 23(5), 1570–1577. <https://doi.org/10.1519/jsc.0b013e3181a4e7f0>

Faigenbaum, A. (2009). *Youth resistance training*. NSCA Hot Topic Series.

Faigenbaum, A. D., Kraemer, W. J., Blimkie, C. J., Jeffreys, I., Micheli, L. J., Nitka, M., & Rowland, T. W. (2009). Youth resistance training: Updated position statement paper from the National Strength and Conditioning Association. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 23, S60–S79. <https://doi.org/10.1519/jsc.0b013e31819df407>

Faigenbaum, A. D., Ratamess, N. A., McFarland, J., Kaczmarek, J., Coraggio, M. J., Kang, J., & Hoffman, J. R. (2008). Effect of rest interval length on bench press performance in boys, teens, and men. *Pediatric Exercise Science*, 20(4), 457–469. <https://doi.org/10.1123/pes.20.4.457>

Gençoğlu, C., Ulupınar, S., Özbay, S., Turan, M., Savaş, B. Ç., Asan, S., & İnce, İ. (2023). Validity and reliability of “My Jump app” to assess vertical jump performance: A meta-analytic review. *Scientific Reports*, 13(1), 20137. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-46935-x>

Grasgruber, P., & Cacek, J. (2008). *Sportovní geny*. Computer Press.

Johnson, B. A., Salzberg, C. L., & Stevenson, D. A. (2011). A systematic review: Plyometric training programs for young children. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 25(9), 2623–2633. <https://doi.org/10.1097/pep.0b013e31824d30ee>

Kawamori, N., & Haff, G. G. (2004). The optimal training load for the development of muscular power. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 18(3), 675–684. <https://doi.org/10.1519/00124278-200408000-00051>

Komi, P. V. (2003). Stretch-shortening cycle. In P. V. Komi (Ed.), *Strength and power in sport* (pp. 184–202). Blackwell Science.

Konukman, F., Erdogan, M., Yılmaz, İ., & Gumusdag, H. (2018). Teaching plyometric drills to children: A skill theme approach. *Journal of Physical Education, Recreation & Dance*, 89(3), 54–56. <https://doi.org/10.1080/07303084.2018.1419009>

Kraemer, W. J., & Fleck, S. J. (2005). *Strength training for young athletes*. Human Kinetics.

Lloyd, R. S., Faigenbaum, A. D., Myer, G. D., Stone, M., Oliver, J., Jeffreys, I., & Pierce, K. J. P. S. C. (2012). UKSCA position statement: Youth resistance training. *Professional Strength and Conditioning*, 26, 26–39.

Lloyd, R. S., Meyers, R. W., & Oliver, J. L. (2011). The natural development and trainability of plyometric ability during childhood. *Strength & Conditioning Journal*, 33(2), 23–32. <https://doi.org/10.1519/ssc.0b013e3182093a27>

- Papla, M., Perenc, D., Zając, A., Maszczyk, A., & Krzysztofik, M. (2022). Contribution of strength, speed and power characteristics to change of direction performance in male basketball players. *Applied Sciences*, 12(17), 8484. <https://doi.org/10.3390/app12178484>
- Pereira, A., Costa, A. M., Santos, P., Figueiredo, T., & João, P. V. (2015). Training strategy of explosive strength in young female volleyball players. *Medicina*, 51(2), 126–131. <https://doi.org/10.1016/j.medici.2015.03.004>
- Perič, T. (2010). *Sportovní trénink*. Grada Publishing.
- Ramírez-Campillo, R., Andrade, D. C., Álvarez, C., Henríquez-Olguín, C., Martínez, C., Báez-SanMartín, E., Silva-Urra, J., Burgos, C., & Izquierdo, M. (2014). The effects of in-terset rest on adaptation to 7 weeks of explosive training in young soccer players. *Journal of Sports Science & Medicine*, 13(2), 287. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC3990881/pdf/jssm-13-287.pdf>
- Ramírez-Campillo, R., Meylan, C., Alvarez, C., Henríquez-Olguín, C., Martínez, C., Cañas-Jamett, R., Andrade, D. C., & Izquierdo, M. (2014). Effects of in-season low-volume high-intensity plyometric training on explosive actions and endurance of young soccer players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 28(5), 1335–1342. <https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000000284>
- Ratel, S., Duché, P., & Williams, C. A. (2006). Muscle fatigue during high-intensity exercise in children. *Sports Medicine*, 36, 1031–1065. <https://doi.org/10.2165/00007256-200636120-00004>
- Santos, E. J., & Janeira, M. A. (2008). Effects of complex training on explosive strength in adolescent male basketball players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 22(3), 903–909. <https://doi.org/10.1519/jsc.0b013e31816a59f2>
- Spiteri, T., Nimphius, S., Hart, N. H., Specos, C., Sheppard, J. M., & Newton, R. U. (2014). Contribution of strength characteristics to change of direction and agility performance in female basketball athletes. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 28(9), 2415–2423. <https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000000547>
- Stockbrugger, B. A., & Haennel, R. G. (2001). Validity and reliability of a medicine ball explosive power test. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 15(4), 431–438. <https://doi.org/10.1519/00124278-200111000-00006>
- Strašilová, K. (2016). *Silový trénink dětí* [Doctoral dissertation, Masaryk University]. Is.muni.cz. https://is.muni.cz/th/l2z1m/diplomka_final.pdf

Suchomel, T. J., Nimphius, S., Bellon, C. R., & Stone, M. H. (2018). The importance of muscular strength: Training considerations. *Sports Medicine*, 48, 765–785. <https://doi.org/10.1007/s40279-018-0862-z>

Turner, A. N., & Jeffreys, I. (2010). The stretch-shortening cycle: Proposed mechanisms and methods for enhancement. *Strength & Conditioning Journal*, 32(4), 87–99. <https://doi.org/10.1519/ssc.0b013e3181e928f9>

Vanegas, E., Salazar, Y., Igual, R., & Plaza, I. (2021). Force-sensitive mat for vertical jump measurement to assess lower limb strength: Validity and reliability study. *JMIR mHealth and uHealth*, 9(4), e27336. <https://doi.org/10.2196/27336>

Willardson, J. M. (2006). A brief review: Factors affecting the length of the rest interval between resistance exercise sets. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 20(4), 978–984. <https://doi.org/10.1519/00124278-200611000-00040>

Příloha A INFORMOVANÝ SOUHLAS S TESTOVÁNÍM POHYBOVÝCH SCHOPNOSTÍ

Jméno a příjmení dítěte:

Datum narození:

Místo testování: Sportovní hala Pelhřimov

Vážení rodiče,

oslovuji Vás s prosbou o participaci na výzkumném šetření, které uskutečňuji na mladých hráčcích basketbalu, a které je realizováno jako praktická část bakalářské práce na FSpS MU. Výzkumné šetření je koncipováno s cílem zjistit vztah mezi explozivní silou dolních končetin a schopností regenerace prostřednictvím opakovaných vertikálních výskoků typu Countermovement jump (CMJ). Každý účastník provede čtyři série po pěti výskocích, a to celkem ve třech měřeních. Každé měření bude mít jiný interval odpočinku mezi sériemi (30, 60 nebo 90 sekund). Získaná data budou analyzována s cílem určit, jaký interval odpočinku mezi jednotlivými sériemi je nejvýhodnější pro udržení co možná nejvyšší intenzity (souvisí se zotavením svalů). Měření probíhá v bezpečných podmínkách pod dohledem Lucie Masopustové a nepředstavuje významná zdravotní rizika. Možná rizika zahrnují svalovou únavu nebo mírnou bolest svalů po testování, která je běžnou reakcí na fyzickou zátěž.

Data získaná z testování budou využita pouze k bakalářské práci. Osobní údaje testovaných nebudou nikde zveřejňovány ani poskytovány třetím osobám. Testování budou mít ve výsledné práci přidělena čísla a jejich jména budou nahrazena zkratkou TO (testovaná osoba). Časová náročnost projektu odpovídá 3 vstupům do tréninkové jednotky (9. 2., 11. 2. a 14. 2. 2025). Na všech tréninkových jednotkách, kde bude testování probíhat, bude přítomen trenér dané kategorie a já (jako řešitel projektu). Před testováním proběhne řádné rozcvičení, abychom eliminovali riziko zranění. Testování bude probíhat v tělocvičně, abychom dosáhli neměnných podmínek pro testování. Účast vašeho dítěte je dobrovolná a nebude finančně ohodnocena.

Přínosem výzkumného projektu pro vás a vaše dítě bude možnost ověřit si fakt, jak ovlivňuje interval odpočinku mezi pracovními sériemi výšku výskoku. Výsledky výzkumu přinesou zásadní informace o zkvalitnění sportovní přípravy dětí v oblasti rozvoje explozivní síly.

Jméno a příjmení řešitele výzkumného projektu: Masopustová Lucie

Prohlašuji a svým níže uvedeným vlastnoručním podpisem potvrzuji, že s testováním dobrovolně souhlasím.

Jméno a příjmení zákonného zástupce

Podpis zákonného zástupce

V případě nejasností a otázek mě neváhejte kontaktovat: 538581@mail.muni.cz