

UNIVERZITA KARLOVA

Fakulta tělesné výchovy a sportu

## DIPLOMOVÁ PRÁCE

2023

Bc. Vojtěch Nesvadba

UNIVERZITA KARLOVA  
FAKULTA TĚLESNÉ VÝCHOVY A SPORTU  
Katedra gymnastiky a úpolových sportů

**Vliv manipulace hmotnosti na silový výkon v bojových  
sportech**

Diplomová práce

Vedoucí diplomové práce

**Mgr. Vít Třebický Ph.D.**

Vypracoval:

**Bc. Vojtěch Nesvadba**

Praha, květen, 2023

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem závěrečnou diplomovou práci zpracoval samostatně a že jsem uvedl a řádně citoval všechny použité informační zdroje a literaturu. Tato práce ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Praze, dne:

\_\_\_\_\_

podpis autora práce

## **Poděkování**

Na tomto místě bych rád vyjádřil svou vděčnost a poděkoval doktorovi Vítu Třebickému za jeho cenné rady, vstřícnost, trpělivost, odborné vedení, a rovněž za jeho lidský a přátelský přístup. Velké poděkování patří také mé rodině za nekonečnou podporu, a to nejen při zpracovávání této diplomové práce, ale po celou dobu mého studia. V neposlední řadě děkuji Bc. Jaroslavovi Hrdličkovi za efektivní spolupráci při zpracovávání našeho společného diplomního projektu.

## **Abstrakt**

**Autor:** Bc. Vojtěch Nesvadba

**Název:** Vliv manipulace hmotnosti na silový výkon v bojových sportech

**Cíl:** Otestovat vliv rychlé redukce a rychlého příbytku hmotnosti na vybrané silové schopnosti a vliv rychlé redukce hmotnosti na biomarkery zdravotního stavu.

**Metody:** Studie se zúčastnilo celkem 19 zápasníků plno kontaktních bojových sportů, kteří zhubli 5% tělesné hmotnosti za 7 dní a následně během dvou hodin nabrali 2,6% tělesné hmotnosti. Pomocí baterie izometrických, dynamických a anaerobních testů jsme měřili silové schopnosti spolu s tělesným složením celkem ve 3 stavech (před rychlou redukcí, po rychlé redukcí a rychlém příbytku hmotnosti) a také jsme po celou dobu trvání studie monitorovali hydratační stav participantů pomocí diagnostických proužků. Participantů dále také vyplňovali baterii účelových dotazníků.

**Výsledky:** Ve stavu po rychlé redukcí hmotnosti jsme pozorovali statisticky významné zhoršení u průměrné maximální izometrické síly flexorů levého kolene, maximální explozivní síly horních a dolních končetin a statisticky významné zhoršení hydratačního stavu participantů.

Ve stavu po rychlém příbytku hmotnosti (v porovnání se stavem před rychlou redukcí) jsme pozorovali statisticky významné zhoršení pouze u maximální explozivní síly horních končetin a u anaerobního výkonu.

**Závěr:** V našem vzorku měla rychlá redukce hmotnosti statisticky významný negativní vliv u několika silových testů a na míru hydratace organismu. Po rychlém příbytku hmotnosti jsme pozorovali statisticky významné změny pouze u dvou z provedených testů. Celkově měla pětiprocentní rychlá redukce hmotnosti, seč negativní, tak pouze malý efekt na silové schopnosti.

**Klíčová slova:** Explozivní síla; izometrie; anaerobní výkon; dřep s protipohybem; rychlý příbytek hmotnosti; specifická hmotnost moči; hydratační stav; Wingate test horních končetin; tělesné složení.

## **Abstract**

**Author:** Bc. Vojtěch Nesvadba

**Title:** The Effect of Weight Manipulation on Physical Performance in Combat Sports

**Objectives:** To assess the effect of rapid weight loss and rapid weight gain on strength and to assess the effect of rapid weight loss on health biomarkers.

**Methods:** A total of 19 full-contact combat sports athletes participated in this study and underwent a 7-day period of intentional rapid weight loss, resulting in 5% loss of their initial body weight. Subsequently, within two hours, they regained 2.6% of their body weight. To assess the effect of this rapid weight manipulation, we employed a comprehensive battery of isometric, dynamic, and anaerobic tests to measure the strength-related abilities and body composition (before rapid weight loss, after rapid weight loss and after rapid weight gain). Furthermore, we monitored the hydration status throughout the study using diagnostic strips. The participants also completed a series of purpose-specific questionnaires.

**Results:** In the condition after rapid weight reduction, we observed statistically significant decrease in the maximal isometric strength of the left knee flexors, maximal explosive strength of the upper and lower extremities, and a statistically significant decline in the hydration status of the participants.

In the condition after rapid weight gain (compared to the state before rapid reduction), we observed statistically significant decrease only in the maximal isometric strength of the upper extremities and anaerobic performance.

**Conclusion:** In our sample, rapid weight reduction had a statistically significant negative effect on several strength tests and hydration levels. After rapid weight gain, we observed statistically significant changes in only two of the conducted tests. Overall, the five percent rapid weight reduction had negative impact on strength, yet the observed effect was small.

**Keywords:** Explosive strength; isometric; power; anaerobic performance; counter-movement jump; rapid weight gain; urine specific gravity; hydration status; Upper-limb Wingate test; body composition.

# Obsah

1	Úvod .....	10
2	Teoretický úvod.....	12
2.1	Hmotnostní kategorie ve sportu .....	12
2.1.1	Bojové sporty .....	13
2.1.2	Ostatní sporty s důrazem na hmotnost .....	15
2.2	Manipulace tělesné hmotnosti.....	16
2.2.1	Pozvolná redukce tělesné hmotnosti .....	19
2.2.2	Rychlá redukce tělesné hmotnosti.....	20
2.2.3	Odlišné přístupy k rychlé a pozvolné redukci tělesné hmotnosti ....	30
2.2.4	Rychlý příbytek hmotnosti .....	33
2.3	Vliv manipulace hmotnosti na výkon .....	39
2.3.1	Vliv manipulace hmotnosti na úspěšnost v zápase .....	39
2.3.2	Vliv manipulace hmotnosti na silové schopnosti .....	40
2.4	Vliv RWL na zdraví.....	45
2.5	Limitace předchozích studií .....	49
3	Cíl a predikce.....	52
3.1	Cíl.....	52
3.2	Predikce.....	52
4	Praktická část.....	53
4.1	Materiál, metody a výzkumný vzorek.....	53
4.1.1	Charakteristika výzkumného vzorku.....	53
4.1.2	Design výzkumu.....	55
4.1.3	Průběh studie .....	55
4.1.4	Délka rychlé redukce a rychlého příbytku hmotnosti .....	57
4.1.5	Dotazníky .....	58

4.1.6	Analýza tělesného složení .....	59
4.1.7	Silové schopnosti.....	60
4.1.8	Biomarkery zdravotního stavu a funkce ledvin.....	65
4.1.9	Statistická analýza .....	66
4.1.10	Přílohy a dostupnost dat .....	68
4.2	Výsledky .....	69
4.2.1	Účelový dotazník.....	69
4.2.2	Vliv manipulace hmotnosti na tělesné složení .....	72
4.2.3	Konzistence měření silových výkonů.....	75
4.2.4	Vliv manipulace hmotnosti na maximální izometrickou sílu.....	76
4.2.5	Vliv manipulace hmotnosti na maximální explozivní sílu .....	80
4.2.6	Vliv manipulace hmotnosti na maximální anaerobní výkon.....	82
4.2.7	Vliv manipulace hmotnosti na biomarkery zdraví .....	83
5	Diskuze .....	85
5.1	Výsledky v kontextu ostatních studií .....	86
5.2	Praktický význam pozorovaných efektů .....	91
5.3	Limitace.....	94
6	Závěr.....	95
	Reference .....	99
	Seznam tabulek .....	99
	Seznam obrázků .....	100
	Seznam příloh .....	100
	Seznam literatury .....	101
	Přílohy .....	135



## Seznam zkratek

<b>RWL</b>	Rapid weight loss (Rychlá redukce hmotnosti)
<b>RWG</b>	Rapid weight gain (Rychlý příbytek hmotnosti)
<b>1RM</b>	One repetition maximum (Jedno maximální opakování)
<b>DK</b>	Dolní končetiny
<b>HK</b>	Horní končetiny
<b>IBF</b>	International Boxing Federation (Mezinárodní boxerská federace)
<b>IJF</b>	International Judo Federation (Mezinárodní judistická federace)
<b>CMJ</b>	Countermovement jump (Výskok z dřepu s protipohybem)
<b>SJ</b>	Squat jump (Výskok z dřepu)
<b>USG</b>	Urine Specific Gravity (Specifická hmotnosti moči)
<b>GI</b>	Gastrointestinální (trakt)
<b>ES</b>	Effect size (Velikost efektu)
<b>M</b>	Mean (Aritmetický průměr)

# 1 Úvod

Tělesná hmotnost představuje neopomenutelnou součást každého komplexního výkonu ve všech sportech. Řada sportů, jako jsou především soutěžní bojové sporty, je charakteristická kategorizací sportovců dle hmotnosti. Tyto hmotnostní kategorie byly zavedeny za účelem vytvoření vyrovnanějších podmínek zápasu soupeřům s podobným tělesným složením, silou a mrštností. Aby bylo možné sportovce rozřadit do hmotnostních kategorií, před každou soutěží podstupují oficiální vážení, které může být pouze několik hodin nebo až 32 hodin před začátkem zápasu. Tento čas mezi oficiálním vážením a začátkem zápasu závisí na struktuře a úrovni soutěže.

Přestože má dělení do hmotnostních kategorií teoreticky umožnit vyrovnanější (a možná i bezpečnější) podmínky zápasu, sportovci se snaží získat výkonnostní výhodu nad svým soupeřem. Jedna z takových možných výhod by mohla být hmotnostní převaha nad svým protivníkem. Cílem mnoha soutěžících tedy je stát se nejtěžším sportovcem v nižší hmotnostní kategorii a soutěžit tak proti potenciálně lehčím (a často celkově menším) soupeřům.

K tomu, aby se sportovci dostali do nižší hmotnostní kategorie, používají různé metody manipulace tělesné hmotnosti před oficiálním vážením, tzv. shazování. Tyto metody se dají obecně rozdělit dle doby redukce hmotnosti na metody pozvolné (gradual weight loss, GWL) a rychlé (rapid weight loss, RWL). K dosažení cílové hmotnostní kategorie pak v praxi sportovci používají kombinaci GWL a RWL metod.

Na základě dostupné literatury jsou metody shazování hmotnosti velmi často využívány závodníky napříč všemi bojovými sporty s hmotnostními kategoriemi. Závodníci používají různé metody a jejich kombinace, nejčastěji však začínají soutěžní přípravu pozvolnou redukcí hmotnosti navyšováním kalorického výdeje a zároveň snižují kalorický příjem či využívají různé formy přerušovaného hladovění. Několik dní před soutěží začínají se záměrnou manipulací tělesné vody, tím redukuje hmotnost rapidněji a na oficiální vážení dochází často dehydratovaní.

V čase mezi oficiálním vážením a začátkem zápasu mají závodníci čas na regeneraci po rychlé redukci a snaží se nabrat alespoň část ztracené hmotnosti zpět pomocí praktik rychlého příbytku hmotnosti (z anglického rapid weight gain, RWG), aby získali potenciální hmotnostní výhodu nad svým soupeřem. Nicméně tato

hmotnostní výhoda získaná rapidně zredukovanou a následně nabranou hmotností může být zanedbatelně malá v porovnání s možnými negativními dopady těchto (často intenzivních) metod na výkon a zdraví sportovce.

V případě vlivu RWL na výsledný výkon je dosavadní literatura poněkud nejednotná a poukazuje jak na negativní, tak nulové dopady RWL na fyzický výkon. Nesourodé výsledky studií zabývající se efekty RWL (a také RWG) na výkon v bojových sportech v současné chvíli neumožňují provést solidní závěr o tom, jaký vliv má manipulace hmotnosti na výsledný výkon. Možných příčin této neshody může být několik, například nejednotnost v definici RWL (kolik dní trvá a jaké procento hmotnosti se redukuje), testování rozdílných měřítek výkonu (například pouze vybrané silové schopnosti, aerobní či anaerobní vytrvalost), které jsou často měřeny bezprostředně po RWL fázi a neberou v potaz RWG fázi, která může do značné míry zmírnit negativní vliv RWL. Stav závodníka se tak na konci RWL fáze může velmi významně lišit od stavu po RWG a nemusí tak odpovídat stavu závodníka bezprostředně před zápasem.

Současný výzkum se zabývá dopadem RWL metod na zdraví a výsledky dosavadních studií na toto téma jsou poněkud jednotnější a poukazují na negativní vliv RWL praktik na zdraví. Právě manipulace s tělesnou vodou se jeví jako riziková metoda redukce tělesné hmotnosti, která může vést ke snížení efektivity srdeční funkce nebo je vnímána jako rizikový faktor ve vývoji poruch ledvin.

Cílem této práce je proto navázat na předchozí studie zabývající se vlivem manipulace tělesné hmotnosti a testovat vliv rychlého snížení hmotnosti a následného rychlého příbytku hmotnosti na vybrané silové schopnosti a změnu hladin vybraných biomarkerů zdravotního stavu u souboru závodníku plno-kontaktních bojových sportů.

## 2 Teoretický úvod

### 2.1 Hmotnostní kategorie ve sportu

Drtivá většina sportů rozděluje sportovce do celé řady kategorií, jako například dle pohlaví, výkonnosti či věku. Tato kategorizace se považuje za nezbytnou součást každého moderního sportu, jelikož by měla zajišťovat závodníkům rovnocennější podmínky při soutěži. Jendou z možných kategorizací jsou kategorie hmotnostní, které jsou charakteristické jen pro úzký okruh sportů, jehož součástí a primárním příkladem jsou bojové sporty.

Tělesná hmotnost a s ní spojená tělesná kompozice a somatotyp, jsou podstatnou součástí výkonu většiny soutěžních vrcholových sportů, a to i takových, které nekategorizují sportovce dle hmotnosti (například míčové hry či atletické disciplíny jako je sprint na 100m). Pro některé sportovce tedy může být výkonnostní výhodou vyšší tělesná hmotnost a s ní spojená specifická konstituce těla, jako je výška postavy (např. basketbal, rugby či americký fotbal) (Teramoto a Cross 2018). Na druhou stranu vyšší hmotnost nemusí být vždy výhodou. Například u vytrvalostních sportovců, jako třeba u ultra maratonců, je každý přebytečný kilogram nevýhodný. Neexistuje tedy jedna optimální tělesná hmotnost pro všechny sporty, ale každý sportovec má pro svou disciplínu svou optimální soutěžní tělesnou hmotnost a kompozici, která mu umožňuje podat svůj maximální výkon.

Dá se předpokládat, že tělesná hmotnost ve sportech bez hmotnostních kategorií nemusí mít tak významný vliv na komplexní výkon, respektive vyšší tělesná hmotnost může představovat spíše nevýhodu, než výhodou a může mít i negativní dopad na výsledek závodu či utkání. Kdežto ve sportech, kde vyšší tělesná hmotnost může představovat výhodou či zastávat významnější složku výkonu (např. velká část bojových sportů), bylo ve snaze omezit riziko zranění a vytvořit vyrovnanější podmínky zápasu pro sportovce s výrazně odlišnou hmotností, a byly tak zavedeny hmotnostní kategorie (Martínková 2020).

Přestože je většina bojových sportů charakteristická dělením sportovců do hmotnostních kategorií, existují i výjimky, které sportovce dle hmotnosti nekategorizují. Jedná se například o olympijský šerm, kendo, v technických sestavách karate či taekwonda, nebo v sumu. Hmotnostní kategorie a jejich dělení není ve všech

bojových sportech stejné, každý bojový sport má pravidly jasně definovaný počet svých hmotnostních kategorií, ty mají často různé rozmezí a nejsou stejné ani pro všechny věkové kategorie a pro obě pohlaví. Například v judu mají muži a ženy celkem sedm uzavřených hmotnostních kategorií, junioři a juniorky jich mají osm. Hmotnostní rozpětí mezi kategoriemi v judu jsou od čtyř do osmi kilogramů u žen a od šesti do deseti kilogramů u mužů. Zpravidla čím vyšší je hmotnostní kategorie, tím větší je i rozdíl mezi nejnižší a nejvyšší hmotnostní v dané kategorii (International Judo Federation 2020). Podobný trend v dělení i hmotnostních rozdílech mezi jednotlivými kategoriemi je například i v boxu či MMA. Moderní box má největší počet hmotnostních kategorií (sedmnáct) (International MMA Federation 2015; World Boxing Organization 2021) a naopak taekwondo má nejméně hmotnostních kategorií (4 kategorie v rámci olympijské klasifikace) (WORLD TAEKWONDO 2019).

### 2.1.1 **Bojové sporty**

Bojové sporty patří do rodiny úpolů. Každý úpol, a tedy i bojový sport má své specifické charakteristiky a svůj specifický cíl, kvůli kterému se provádí. Podle nich se úpolové sporty dají rozdělit na úpoly soutěžní (např. box), sebeobrané (např. krav maga) a komplexně rozvíjející (např. aikidó) (Reguli a kol., 2007). Jednotlivé úpolové sporty nepatří vždy výlučně do jedné ze skupin, například karate jde provozovat za účelem osobního rozvoje, k sebeobraně, ale lze v něm také soutěžit. Mnohem jednodušeji lze rozdělit úpoly na soutěžní a nesoutěžní sporty (Reguli a kol., 2007). Tato diplomová práce se věnuje soutěžním úpolovým sportům, a především se zabývá výkonnostním aspektem těchto sportů.

Soutěžní výkon ve většině bojových sportech klade značné nároky na techniku, taktiku, fyzickou zdatnost (silové, vytrvalostní, reakční a rychlostní schopnosti) i psychiku (Franchini a kol., 2011; Chaabène a kol., 2012; Yoon, 2002). Obecně se dají bojové sporty rozdělit dle jejich platných pravidel a technik na grapplingové (např. judo, brazilské jiu-jitsu, zápas), strikingové neboli úderové (např. box, karate, taekwondo) a smíšené (např. mma) sporty (Franchini a kol., 2011; Chaabène a kol., 2012). Pravidla dále vymezují použití těchto technik, tedy například v grapplingových sportech jsou neakceptovatelné jakékoliv údery a za použití nepovolených technik je zápasník trestán napomenutím a případně diskvalifikován. Kdežto v strikingových sportech jsou údery pravidly povoleny a za jejich úspěšné použití jsou zápasníci naopak odměňováni kladnými body, které mohou rozhodnout o výsledku zápasu. Mezi další

charakteristiky daného sportu patří i pravidla stanovující, délku zápasu a jestli je zápas jednokolový (jako judo) či je rozdělen na více kol (např. box) a jak dlouho může zápas pokračovat, pokud se žádnému závodníkovi nepovede ukončit zápas úspěšnou technikou před časovým limitem. Pravidly je taktéž stanoveno, jak se přistupuje k nerozhodnému výsledku v případě uplynutí časového limitu. Například v judu se vyhláší tzv. „Golden Score“ (zlaté skóre), což znamená, že trvání zápasu je časově neomezeno a zápasí se, dokud jeden ze závodníků nezíská bod či trest. (International Judo Federation 2020; International MMA Federation 2015; World Boxing Organization 2021). Od těchto charakteristik (a pravidel) jednotlivých sportů se odvíjí i nároky na fyziologický profil, respektive na složky výkonu sportovce.

Dle James a kol. (2016) jsou vyšší silové nároky kladeny grapplery v porovnání se strikery. Pro elitní výkon strikerů není tolik důležitá maximální síla, ale spíše menší síla s větší rychlostí pohybu (James a kol., 2016). Podobné výsledky publikovali i Tabben a kol. (2014), kteří porovnávali výkony judistů, taekwondistů a karatistů. V jejich studii judisté měli větší maximální sílu než taekwondisté a karatisté (karatisté měli oproti judistům a taekwondistům lepší výbušnost dolních končetin). I další studie porovnávaly fyziologické profily sportovců z různých bojových sportů a například dle Schick a kol. (2010) mají amatérští MMA zápasníci podobný fyziologický profil jako elitní judisté a zápasníci. Silové schopnosti jsou tedy zjevně důležitou součástí výkonu všech bojových sportů a zdá se, že v případě výkonu v grapplingových sportech představuje maximální síla důležitější součást komplexního výkonu nežli síla rychlostní, která je naopak významnější u sportů strikingových.

Výkon v bojových sportech představuje intervalové zatížení, tedy střídání (různě dlouhých) intervalů s vysokou a nižší intenzitou (Franchini a kol., 2011; James a kol., 2016). Intervaly s vysokou intenzitou zahrnují explozivně-silové pohyby prováděné s maximální rychlostí a úsilím za účelem překonání odporu soupeře, tedy jedná se například o snahu překonat obranu soupeře, nástup a pokus o hod či útok nebo rychlou výměnu úderů (del Vecchio a kol., 2011). Vysoká aerobní zdatnost je pak důležitá především při regeneraci mezi interakcemi v kole, mezi jednotlivými koly či zápasy a společně s anaerobní zdatností tvoří významnou část komplexního výkonu v bojových sportech (Franchini a kol., 2011; James a kol., 2016; Schick a kol., 2010; Yoon, 2002). Navíc se zdá, že anaerobní vytrvalost je významnější u bojových sportů grapplingového charakteru nežli strikingového (James a kol., 2016) a dokonce se v případě

řeckořímského zápasu zdá, že aerobní vytrvalost je jedním z nejpodstatnějších kondičních faktorů podmiňujících úspěch při soutěži (Yoon 2002).

Svalová síla a vytrvalost tvoří podstatnou složku výkonu u zápasníků bojových sportů, a proto se někteří autoři snažili najít vztah mezi úrovní jednotlivých schopností a úspěšností v zápase. Konkrétně například v judu (Franchini a kol., 2011) a MMA (Schick a kol., 2010) mají úspěšnější a zkušenější zápasníci vyšší sílu než zápasníci nižší výkonnostní úrovně. Podobně i úspěšní zápasníci řeckořímského zápasu mají lepší dynamickou a isokineticou sílu a anaerobní výkon, než méně úspěšní zápasníci (Yoon 2002).

Obecně se dá říct, že bojové sporty kladou velké nároky na dynamickou sílu, svalovou vytrvalost a anaerobní i aerobní zdatnost, jelikož jsou tyto faktory často na vyšší úrovni u úspěšnějších sportovců než u těch méně úspěšných. Dle některých autorů (Ericsson a kol., 1993; Hands a kol., 2018) je zásadní čas, který sportovci věnují tréninku, jehož náročnost a intenzita by měla být uzpůsobena technické a kondiční zdatnosti sportovce a měl by být cílený na rozvoj sportovně specifických schopností a dovedností daného bojového sportu.

### 2.1.2 Ostatní sporty s důrazem na hmotnost

Hmotnostní kategorie nejsou součástí pouze bojových sportů, ale i dalších sportů, jejichž cílem není překonání soupeře, ale například spíše přemístění těžkého předmětu dle předem stanovených pravidel (vzpírání, strongmanské soutěže, silový trojboj) nebo se jedná o sporty, ve kterých může být velikost těla, respektive tělesná hmotnost součástí hodnocení (estetické sporty, jako kulturistika) či může mít vliv na výsledný výkon sportovce (dostihy či veslování). (Wilmore 2000)

Každý tento sport má odlišný přístup k hmotnostem svých závodníků, například v dostizích nejsou pevně stanovené hmotnostní kategorie, respektive může být předem určená minimální hmotnost žokeje, nicméně maximální povolená hmotnost se může v čase měnit (dle konkrétního závodu či hmotnosti koně) (Wilson a kol., 2014). Například ve veslování je pouze jedna uzavřená hmotnostní kategorie, jejíž limit může být odlišný dle pravidel dané soutěže, ovšem dle oficiálních pravidel je maximální povolená hmotnost 73 kg pro muže a 59 kg pro ženy (WRF 2021). Oproti tomu v silově orientovaných sportech existuje větší množství hmotnostních kategorií, které jsou předem jasně vymezené pravidly. Například v olympijském vzpírání je deset mužských

a deset ženských kategorií (International Weightlifting Federation 2020), v silovém trojboji je pak celkem osm mužských a osm ženských kategorií (International Powerlifting Federation 2023).

I v těchto sportech byly hmotnostní kategorie pravděpodobně zavedeny z podobných důvodů jako v bojových sportech, tedy za účelem vytvoření vyrovnanějších podmínek soutěže závodníkům s podobným tělesným profilem a silou. Studie poukazují na významný vztah mezi tělesnou hmotností a maximální silou (Keogh a kol., 2007; Mayhew a kol., 1993), tedy s vyšší tělesnou hmotností je spojena i větší síla a tak i vyšší hmotnost závaží, kterou dokáže člověk zvednout. Toto se může zdát významné především pro silové sporty, jako je například silový trojboj, kde hlavním parametrem výkonu je právě absolutní hmotnost, kterou závodník dokáže zvednout ve třech základních cvicích (dřep, bench press a mrtvý tah).

Přestože je toto téma zajímavé, je nad rámec této diplomové práce, která se primárně věnuje vlivu manipulace hmotnosti na výkon v bojových sportech.

## **2.2 Manipulace tělesné hmotnosti**

Sportovní výkon ovlivňuje řada psychologických, fyziologických, technických, taktických a tréninkových faktorů. Některé z těchto faktorů mohou být do značné míry podmíněny geneticky a následně jsou více či méně ovlivnitelné tréninkem (Brutsaert a Parra 2006; Davids a Baker 2007). Míra plasticity těchto faktorů a vztahy mezi složkami výkonu, které jsou ovlivněny geneticky a které mohou být ovlivněny tréninkem, je jedno z častých témat odborné literatury. Nicméně se nedá zcela rozlišit, které složky výkonu hrají významnější roli (D'Isanto a kol., 2019). Řada složek výkonu může být ovlivněna prostředím, které může napomáhat, nebo naopak brzdit snahu sportovce dosáhnout co nejlepších výsledků. Sportovně specifické dovednosti a schopnosti mají významný vliv na výsledný sportovně specifický výkon a konzistentní výsledky studií poukazují na významný pozitivní vztah mezi výkonem a pravidelným tréninkem a evidence je natolik robustní, že někteří autoři dokonce uvádějí (např. Ericsson a kol., 1993), že adekvátní objem vysoce kvalitních tréninků je jediná nutná „ingredience“ k dosažení elitní sportovní úrovně. Ericsson a jeho kolegové (Ericsson, 2014; Ericsson a kol., 1993; Ericsson & Lehmann, 1996) zastávají názor, že zlepšený výkon v jakékoliv oblasti je důsledkem úspěšné adaptace jedince na dostatečnou



tréninkovou zátěž. Přestože je tedy většina složek výkonu alespoň částečně ovlivnitelná tréninkem, nedají se zpravidla zlepšit během krátkého časového úseku a dosáhnutí té nejvyšší úrovně vyžaduje značné úsilí, perzistenci a dlouhodobou oddanost strukturalizovanému tréninku (Balyi a Hamilton 2004).

Nicméně některé složky výkonu se dají ovlivnit i v relativně krátkém časovém úseku, a to i v řádu několika hodin. Například psychické vyladění sportovce před soutěží se může velmi rychle měnit a dle dosavadního empirického výzkumu se zdá, že psychologické faktory patří mezi konzistentní prediktory výkonu (Orlick & Partington, 1988; Smith & Christensen, 1995). Dalším takovým příkladem může být tělesná hmotnost sportovce. Ta představuje nezanedbatelnou součást většiny bojových sportů a manipulace tělesné hmotnosti je proto tématem této diplomové práce.

Jak bylo řečeno výše, jednou z charakteristik bojových sportů jsou právě hmotnostní kategorie, do kterých jsou zápasníci rozdělováni bezprostředně před zápasem. Rozřazování do hmotnostních kategorií má teoreticky umožnit vyrovnanější podmínky zápasu soupeřům s podobným tělesným složením, silou a mrštností a zároveň tak limitovat možná zranění, která by mohla být způsobena rozdílem v síle zápasníků (Reale, Slater, a kol., 2017a). Nicméně sportovci se vždy snaží získat výkonnostní výhodu nad svým soupeřem. Jednou z takových možných výhod je stát se nejtěžším sportovcem své hmotnostní kategorie a soutěžit tak proti lehčím a často i celkově menším soupeřům (Barley a kol., 2019).

K tomu, aby se sportovci dostali do nižší hmotnostní kategorie a získali tak hmotnostní výhodu, používají různé metody redukce tělesné hmotnosti před oficiálním vážením. Tyto metody můžeme rozdělit dle časového horizontu, resp. dle doby (rychlosti) hubnutí na metody pozvolné/pomalé (gradual weight loss, GWL) a rychlé (rapid weight loss, RWL) redukce hmotnosti (více v [kapitole 2.2.1](#) a [2.2.2](#)). K dosažení cílové hmotnostní kategorie pak v praxi sportovci používají kombinaci GWL a RWL metod (Koral & Dosseville, 2009; Reale, Slater, & Burke, 2018; Smith, 2006).

Metody shazování hmotnosti jsou velmi často využívány závodníky napříč všemi bojovými sporty s hmotnostními kategoriemi (Barley a kol., 2019; R. Barley a kol., 2018; Reale, Slater, & Burke, 2018). Například víc jak 80% dotazovaných judistů (N = 930) má zkušenost alespoň s jednou metodou shazování hmotnosti (Artioli, Gualano, a kol., 2010; Berkovich a kol., 2016). Podobně i Brito a kol. (2012) (N = 580)

poukazuje že 62% dotazovaných judistů pravidelně redukuje hmotnost, podobně redukují hmotnosti i sportovci praktikujících jujitsu (56,8%), karate (70,8%) a taekwondo (63,3%). Dle Artioli, Gualano, a kol. (2010) (N = 822) většina zápasníků nejčastěji shazuje okolo 5% své hmotnosti během jednoho týdne před soutěží a přibližně polovina dotazovaných nabere týden po zápase značnou část hmotnosti zpět. Je poněkud alarmující, že sportovci začínají redukovat hmotnost již ve věku kolem 12 let (Artioli, Gualano, a kol., 2010; Berkovich a kol., 2016). V následující tabulce (Tabulka 1) jsou shrnuté studie popisující prevalenci RWL metod v bojových sportech.

Tabulka 1 – Prevalence metod rychlé redukce hmotnosti a průměrná redukce tělesné hmotnosti (převzato z Franchini a kol., 2012)

<b>Bojový sport</b>	<b>Prevalence RWL</b>	<b>Rozsah redukce</b>	<b>Studie</b>
brazilské judo (N = 145)	muži* 62,8%	muži 5,6 ± 2,2 kg 8,5 ± 4,2%	Brito a kol. (2012)
brazilské jujitsu (N = 155)	muži* 56,8%	muži: 2,9 ± 1,5 kg 4,1 ± 2,0%	
brazilské karate (N = 130)	muži* 70,8%	muži: 2,5 ± 1,1 kg 3,6 ± 2,2%	
brazilské taekwondo (N = 150)	muži* 63,3%	muži: 3,2 ± 1,2 kg 4,3 ± 3,2%	
iránský zápas (N = 436)	62%	3,3 ± 1,8 kg 5,0 ± 2,6%	Kordi a kol. (2011)
brazilské judo (N = 822)	86% všechny 89% (vyjma těžkých)	2 - 5%	Artioli a kol. (2010)
brazilské judo (N = 105 muži a N =	muži 77,1% ženy 55%	muži 4,5 ± 3,5 kg ženy 1,7 ± 0,8 kg	Fabrini a kol. (2010)
USA judo	70 - 80%	nevedeno	Horswill (2009)
brazilský olympijský tým boxerů	100%	5,8%	Perón a kol. (2009)
kanadské taekwondo (N = 28)	53%	nevedeno	Kazemi a kol. (2005)
USA středoškolský zápas	62%	2,9 ± 1,3 kg 4,3 ± 2,3%	Kiningham & Gorenflo
USA vysokoškolský zápas	89%	5 kg	Steen & Brownell (1990)
USA středoškolský zápas	70%	2,3 kg	
USA středoškolský zápas	nevedeno	3,1 ± 2,4 kg	Tipton & Tcheng, (1970)

**Poznámka:** \* hmotnost redukována týden před soutěží

Jelikož velká část zápasníků nabere týden po soutěži ztracenou hmotnost zpět, musí na další zápas hubnout znovu. Ukazuje se, že závodníci (N = 822) shazují hmotnost v průměru pětkrát, ale někteří až desetkrát do roka (Artioli, Gualano, a kol., 2010). Podobný trend můžeme vidět i na datech ve studii Berkovich a kol. (2016), která reportuje průměrný počet 2,8 (SD = 2,2) opakovaných hubnutí na zápasy za sezónu. Tyto značné změny hmotnosti několikrát ročně se v literatuře označují jako „weight cycling“, což může u sportovců vytvořit predispozici k obezitě ve středním věku (více v [kapitole 2.4 – Vliv RWL na zdraví](#)) (Mendes a kol., 2013; Saarni a kol., 2006).

### 2.2.1 Pozvolná redukce tělesné hmotnosti

Dle dostupné literatury je pozvolná redukce hmotnosti (gradual weight loss, GWL) charakteristická časovým horizontem delším než 7 dní před soutěží (Kordi a kol., 2011); obvykle zápasníci využívající GWL metody začínají hubnout 3 – 4 týdny před soutěží a hmotnost tedy redukuje déle a pozvolněji (Fogelholm a kol., 1993; Yang a kol., 2015). Jedním z hlavních rozdílů mezi RWL a GWL je tedy především časový horizont, po jakou dobu sportovci hubnou. Často se v obou případech jedná o 5% úbytek tělesné hmotnosti, ale v rámci RWG sportovci redukuje pomaleji během několika týdnů, kdežto v rámci RWL sportovci zhubnou podobnou hmotnost, ale za kratší časový úsek (většinou během posledního týdne před soutěží).

Metody pozvolného hubnutí jsou oproti metodám rychlého hubnutí poněkud odlišné; jedná se především o práci s negativní energetickou bilancí, kdy sportovci často snižují kalorický příjem a zároveň navyšují kalorický výdej. Naproti tomu RWL metody jsou poněkud drastičtější, kdy se taktéž často jedná o úpravu energetické bilance ve prospěch výdajové strany rovnice, ale sportovci navíc manipulují s vodou v těle ([kapitola 2.2.2 o RWL a 2.4 vliv RWL na zdraví](#)) (Yang a kol., 2014). V rámci GWL tedy sportovci ztrácí většinu hmotnosti z tělesného tuku. Z výše zmíněných důvodů je sportovcům doporučováno redukovat hmotnost spíše pozvolně a to 0,6 – 1kg za týden, jelikož se zdá, že oproti rapidnějšímu úbytku, takovýto pozvolný úbytek hmotnosti nemá vliv na specifické judo testy, vertikální výskok či psychiku (Garthe a kol., 2011; Koral & Dosseville, 2009; Yang a kol., 2014).

### 2.2.2 Rychlá redukce tělesné hmotnosti

Za rychlé shazování hmotnosti (rapid weight loss, dále jen RWL) se dle dostupné literatury považuje redukce tělesné hmotnosti o 5% během 7 dní (Artioli, Gualano, a kol., 2010; Berkovich a kol., 2016; Khodae a kol., 2015; Lakicevic a kol., 2020). Někteří autoři označují za RWL úbytek tělesné hmotnosti alespoň o 3% (Clarys a kol., 2010; Isacco a kol., 2020; Morales a kol., 2018; Zubac, Karnincic, a kol., 2018). Jak již bylo zmíněno v kapitole o GWL, sportovci v praxi nejčastěji začínají přípravu na závody pozvolnou redukcí hmotnosti (GWL), kdy redukují především nadbytečný tuk a v posledním týdnu před soutěží začnou redukovat hmotnost rapidně pomocí RWL metod, často se tedy jedná o kombinaci RWL a GWL metod (Koral & Dosseville, 2009; Reale, Slater, & Burke, 2018; Smith, 2006).

Pozvolné metody hubnutí jsou zejména založené na negativní energetické bilanci, kdy závodníci především navyšují kalorický výdej a snižují kalorický příjem a značná část ztracené hmotnosti je z tukových zásob. Nicméně redukce tuku je pomalý proces a v rámci jednoho týdne není možné pomocí této metody dostatečně rychle zhubnout. To je pozorovatelné ze studií redukce hmotnosti u obézních, podle kterých obézní lidé dokáží zhubnout v rámci krátkodobé diety (4 – 12 týdnů) okolo 7% své hmotnosti (Varady, 2011). Hall a kol. (2015) u obézních jedinců (N = 19) pozorovali úbytek přibližně 1,85 kg (SD = 0,15 kg) tělesné hmotnosti z počátečních 106 kg (SD = 3,8 kg), tedy pouze ~1,7% celkové tělesné hmotnosti v rámci jednoho týdne. Jelikož se jednalo o obézní participanty, kteří měli na začátku výzkumu 39,3% (SD = 2%) tělesného tuku, dá se předpokládat, že úbytek tělesné hmotnosti bude poněkud strmější a rychlejší, nežli u neobézního zápasníka, jehož procento tělesného tuku se často pohybuje v rozmezí 17,5% (SD = 5%) (Fortes, de Vasconcelos, a kol., 2017). Nicméně neobézní trénovaní jedinci (N = 31) zhubli na sedmidenní nízkosacharidové dietě (méně než 10% energetický deficit) ~2% celkové tělesné hmotnosti (Sawyer a kol., 2013). A tato redukce neměla žádný vliv na výsledný výkon (více v [kapitole 2.3 o vlivu RWL na výkon](#)) (Sawyer a kol., 2013). Z dostupné literatury je sice zjevné, že se dá efektivně zhubnout pomocí kalorické restrikce a navýšení kalorického výdeje prostřednictvím fyzické aktivity, nicméně úbytek hmotnosti je pozvolný (pomalý) a malý a zápasníci proto volí rychlejší metody redukce tělesné hmotnosti v krátkém časovém intervalu (< 7 dní do soutěže), tzv. metody RWL.

V rámci posledního týdne před soutěží je těžké rozlišit chronický (tuková a tukuprostá hmota) a akutní (tělesná voda a obsah gastrointestinálního traktu) úbytek tělesné hmotnosti, jelikož se tyto hodnoty často překrývají (Reale a kol., 2018a). Nicméně z předchozího textu a dle případové studie Morton a kol., (2010) je zjevné, že úbytky hmotnosti z tukové hmoty jsou v průběhu posledního týdne před zápasem minimální a jelikož je u mužů více jak 60% hmotnosti těla tvořeno vodou (N = 248) (Edelman a Leibman 1959), RWL metody jsou zaměřené právě na manipulaci s tělesnou vodou.

Přestože existuje velké množství přístupů k RWL, dle Reale, Slater, a kol. (2017a) patří manipulace s tělesnou vodou a omezování jídla mezi nejčastěji používané RWL metody, díky kterým může závodník významně snížit celkovou vodu v těle (dle Reljic a kol., 2013 až ~6% úbytek celkové tělesné vody během 5 dní), ale i glykogenové zásoby a obsah gastrointestinálního traktu (dále jen GI<sup>1</sup>). Berkovich a kol. (2016) uvádí, že nečastějšími metodami shazování hmotnosti (GWL i RWL) jsou zvýšená fyzická aktivita (82,6%), vynechávání jídel (56,3%) a hladovění (47%). Mezi další často používané metody patří právě restrikce tekutin, a aktivity vedoucí ke ztrátě vody jako cvičení v gumových oblecích a v nahátých místnostech, saunování, zvracení, plivání, ale i využívání laxativ a Světovou antidopingovou agenturou (WADA) zakázaných diuretik (Artioli, Gualano, a kol., 2010; Cadwallader a kol., 2010; Lakicevic a kol., 2020). Ovšem tyto metody mohou způsobit dehydrataci, která je úzce spojována se zdravotními problémy (více v [kapitole 2.4 vliv RWL na zdraví](#)). V praxi pak sportovci používají kombinaci dvou a více metod, aby navázili požadovanou hmotnost před zápasem (Koral & Dosseville, 2009; Reale, Slater, & Burke, 2018; Smith, 2006).

Při hubnutí dochází k úbytku tělesné hmotnosti z několika tělesných komponent, kdy je část zredukované hmotnosti zapříčiněna oxidací tukových zásob (Finaud a kol., 2006; Yanagawa a kol., 2010), ale navíc je pozorován i úbytek tukuprosté (svalové) hmoty (Finaud a kol., 2006; Jlid a kol., 2013). Úbytky tukuprosté hmoty jsou spojeny právě s restrikcí kalorií a tekutin a v případě, kdy jsou doplněny tekutiny a sacharidy v rámci RWG, tyto negativní změny svalové hmoty jsou navráceny k původním hodnotám. Z důvodu navrácení hodnot tukuprosté hmoty po RWG, Reale, Slater, a kol.

---

<sup>1</sup> Gastrointestinálním traktem se rozumí trávicí systém, který začíná ústy a končí řitním otvorem. V této práci a v kontextu metod manipulace tělesné hmotnosti je tímto pojmem myšlen především obsah intestinální (střevní).

(2017a) označuje úbytky tukuprosté hmoty spíše jako ztrátu vody a glykogenu ve svalech a nikoliv ztrátu samotných kontraktálních bílkovin. Stejně tak v případě RWG není možné nabrat svalovou hmotu během krátkého časového úseku a pravděpodobně se jedná o chybu měření, jelikož různé metody měření tělesného složení pouze odhadují skladbu těla. Pokud sportovci během RWG doplní vodu a svalový glykogen (který na sebe váže vodu), například elektrická bioimpedance může lépe hydratovanou tkáň vyhodnotit jako novou svalovou hmotu a voda v GI traktu může zkreslit odhad tělesného složení (Jebb a kol., 2000; Sheng & Huggins, 1979).

Restrikce kalorií je asociována se signifikantním úbytkem objemu jídla a vlákniny (Fleming a Costarelli 2007; Pettersson a Berg 2014), což vede k celkovému úbytku hmotnosti, snížení objemu gastrointestinálního traktu a vody, která by se jinak vázala na (chybějící) vlákninu. Část úbytku celkové hmotnosti zápasníka může být přisuzována právě omezení objemu jídla a vlákniny a potažmo vyprázdněnému gastrointestinálního traktu. (Reale, Slater, a kol., 2017a)

#### 2.2.2.1 Manipulace tělesné vody

Lidské tělo je zhruba ze dvou třetin tvořeno vodou (Edelman a Leibman 1959). Nicméně toto procento může být vyšší u sportovců (jako u závodníku v bojových sportech), z důvodu vyššího zastoupení aktivní tělesné hmoty, zásob glykogenu ve svalech a nízkého procenta tuku. Celková tělesná voda je rozdělena mezi tzv. extracelulární (65% celkové tělesné vody) a intracelulární tekutinou (35% celkové tělesné vody). Tento poměr mezi extracelulární a intracelulární tekutinou není konstantní a například vlivem fyzické aktivity, horkého prostředí, nemoci (horečka, průjem) či popálenin může být významně jiný (Sawka 2005). Voda je relativně jednoduše manipulovatelná (oproti ostatním tělesným komponentám) a zároveň tvoří značnou část hmotnosti lidského těla, takže je logické, že je předmětem zájmu a součástí strategií sportovců, kteří si kladou za cíl rychle zredukovat hmotnost před zápasem.

Existují 3 základní strategie pomocí kterých se dá efektivně vyloučit voda z lidského těla; 1) omezení příjmu tekutin, 2) zbavení se navázané vody v těle a 3) navýšení diuretické činnosti lidského těla.

Omezení příjmu tekutin je zjevná a často využívaná metoda, která je dobře zdokumentovaná a osvědčená napříč zápasníky bojových sportů (Alderman a kol.,

2004; Artioli, Gualano, a kol., 2010; Brito a kol., 2012; Fleming & Costarelli, 2007). Tyto úbytky tělesné hmotnosti mohou být jak z intracelulární, tak extracelulární vody a zahrnují i vodu navázanou na glykogen, ale také vodu v GI traktu, která může být navázána například na vlákninu. Následující podkapitoly jsou věnovány fyziologickým procesům pomocí kterých se člověk zbavuje navázané vody v těle a popisují možnosti ovlivnění diuretické činnosti lidského těla.

#### 2.2.2.1.1 Dýchání

Existuje několik fyziologických procesů, kterými se člověk zbavuje vody. Jedním z nich je už samotné dýchání. Množství vody, které člověk může ztratit dýcháním závisí na plicní ventilaci, teplotě a vlhkosti vdechovaného vzduchu, tedy v případě teplého prostředí se tyto ztráty téměř rovnají vodě, která je vytvořena skrz aerobní metabolismus (oxidací substrátů), tedy přibližně 250 – 350 ml za den. Tyto hodnoty se mohou zvyšovat společně s náročností fyzické zátěže (navýšení počtu dechových cyklů za minutu) (Sawka a kol., 2005). Významný vliv na ztrátu vody dýcháním má výrazná změna relativní vlhkosti vzduchu (z 80% na 20%) a to především při fyzické zátěži v horkém prostředí, kdy se může zvýšit ztráta vody dýcháním z 0,8 (80% relativní vlhkost) na 2,7 (20% relativní vlhkost) ml/min (Maughan a kol., 2007). Je zajímavé, že při nasálním vydechování jsou ztráty vody až o 42% nižší než při orálním vydechování, což je v absolutních číslech relativně malý rozdíl (111g/24h) a může být jednoduše kompenzován vyšším příjmem tekutin, ovšem v případě orálního vydechování během spánku se může jednat o významně vyšší ztráty vody (oproti nasálnímu vydechování) s možným významným dopadem na homeostázu vody v organismu (Svensson a kol., 2006).

Nicméně na tomto místě je dobré zdůraznit, že seč je část navázané vody v těle uvolněna v rámci aerobního metabolismu a je vyloučena právě dýcháním (Sawka a kol., 2005), schopnost zápasníků manipulovat tuto navázanou vodu je minimální a zároveň se jedná o marginální množství (relativně k ostatním metodám redukce tekutin) a v kontextu této práce nemusí být bráno v potaz.

Celková voda vyloučená dýcháním v rámci jednoho dne se může pohybovat od 400 ml u jedinců se sedavým způsobem života, až po 1500 ml při náročné fyzické aktivitě a při nízké vlhkosti vzduchu (Maughan a kol., 2007). V rámci RWL strategií zaměřených na vylučování vody z organismu, může být vystavování se suchému prostředí (tedy prostředí s nízkou vlhkostí ~ 20%) efektivní (pasivní) metodou, která

může být nápomocná při vylučování vody z těla a to především při náročné fyzické aktivitě, kdy se zvyšuje frekvence dechových cyklů.

#### 2.2.2.1.2 Urinace

Další a významně efektivnější možností zbavování se tělesné vody je produkce moči. Urinace je hlavní nástroj, kterým je regulována rovnováha tekutin v organismu, pomocí které se člověk zbavuje tekutin a odpadních látek metabolismu. Tento proces je řízen renálním systémem a převážně dvěma hormony; aldosteronem a antidiuretickým hormonem. Tyto hormony regulují funkci ledvin za účelem udržení či vyloučení tekutin a sodíku z těla, a tedy udržují hladinu vody v těle a koncentraci sodíku v plazmě. Běžně tělo vyloučí močí přibližně 1 až 2 litry vody (Maughan a kol., 2007; Sawka a kol., 2005), nicméně toto číslo se v případně progresivní dehydratace (omezení příjmu tekutin) signifikantně snižuje (Pross a kol., 2013).

Lidské tělo potřebuje každý den vytvořit alespoň 0,5l moči, aby mohlo vyloučit odpadní látky, čímž je stanoveno minimální množství vody, které tělo musí každý den touto cestou vyloučit. Na druhou stranu v případě extrémního příjmu tekutin, tělo dokáže vytvořit až 18 litrů moči za den, ovšem příjem tekutin nad tuto hranici může zapříčinit hyponatremii (intoxikace vodou), tedy stav, kdy tělo nestíhá vylučovat vodu z těla a hladina sodíku poklesne pod 136 mmol/l. Hyponatremie může být zdraví ohrožující, a to především v případě rychlého nástupu, který může zapříčinit záchvaty, bezvědomí, permanentní poškození mozku a smrt (Adrogué a Madias 2000; Robertson a Norgaard 2002).

Vyvolání nadměrné sekrece moči je jednou z novějších metod redukce tělesné hmotnosti, která se v literatuře označuje jako „water loading“, tedy volně by se dala přeložit jako rozpijení se či plnění vodou. Předchozí studie (Crighton a kol., 2016; Matthews & Nicholas, 2017) ukazují, že tyto metody jsou využívány závodníky bojových sportů v rámci rychlé redukce hmotnosti a podobně Reale a kol. (2018a) shrnují, že více jak 40% elitních australských závodníků (N = 260, taekwondo, judo, zápas, box) má předchozí zkušenost s water loading. Přestože water loading metoda může na první pohled vypadat jako neefektivní a mohlo by se zdát, že zápasník naopak hmotnost přibere, reálně se water loading jeví jako efektivní metoda rychlé redukce tělesné hmotnosti (Reale, Slater, Cox, a kol., 2018). Water loading metoda je založena na vysokém příjmu vody (7 – 10+ litrů za den) po dobu několika dní a většinou je v den před zápasem voda limitována na minimum a zápasníci věří, že tato manipulace s vodou



způsobí jakýsi „výplachový efekt“ (z angličtiny „flushing effect“), který vyvolá nadměrnou produkci moči (i v případě, kdy vodu přestali přijímat) a tělo se tak zbaví vody, jelikož očekává další nadměrný příjem vody, který ovšem nepříjde a zásobník tak může vyloučit více vody z těla (Matthews a Nicholas 2017).

Jedna z prvních studií (Reale, Slater, Cox, a kol., 2018), která zkoumala efektivitu a bezpečnost water loading metody v prostředí bojových sportů (N = 21), došla k závěru, že třídním water loading při 100ml na kilogram tělesné hmotnosti s následnou jednodenní restrikcí vody (15 ml na kilogram tělesné hmotnosti za den), se zdá jako bezpečná a efektivní strategie akutní redukce tělesné hmotnosti. Zároveň autoři této studie evidencí podpořili (do té doby vědecky nepodloženou úvahu sportovců), že třídní rozpíjení se a následné omezení tekutin může podpořit nadměrnou tvorbu moči a následně se z těla vyloučí více vody, než kdyby se závodník před restrikcí tekutin nerozpíjel.

#### 2.2.2.1.3 Perspirace (pocení)

Krom ztráty vody dýcháním, při nižších teplotách a za běžných podmínek se tělo zbavuje nejvíce vody tvorbou moči (a následnou urinací). Avšak při teplotách a ve vlhkém prostředí se stává perspirace, tedy termoregulační mechanismus lidského těla, pomocí kterého se tělo zbavuje vody pocením, významnějším než urinací (Sawka a kol., 2005). Navíc při fyzické aktivitě se zvyšuje tělesná teplota, která navyšuje produkci tělesného potu a tím se i zvyšuje ztráta vody. Lidský organismus dokáže vyprodukovat až 2 litry potu za hodinu (Sawka a kol., 2005), ale míra vyprodukovaného potu není u všech lidí stejná a významně se liší napříč výzkumnými populacemi, cvičebními protokoly a podmínkami okolního prostředí. (Sawka a kol., 2005)

Existuje velké množství metod, pomocí kterých lze navýšit produkci potu a umocnit tak ztrátu tělesné vody. Tyto metody se dají rozdělit do tří kategorií, tedy aktivní (fyzická aktivita), pasivní (vystavování se horkému prostředí) či kombinace aktivních a pasivních metod (např. fyzická aktivita v horkém prostředí). Často používané metody navyšování produkce potu jsou dle Artioli, Gualano, a kol., 2010; Brito a kol., 2012; Franchini a kol., 2012:

- navyšování fyzické aktivity,
- trénování v cíleně nahřátých místnostech,
- saunování,

- trénování v plastových či gumových oblecích,
- vrstvení plastových a zimních obleků.

Zbavování se vody záměrným navýšením tělesné teploty za účelem navýšení produkce potu je jednou z nejčastěji používaných metod v rámci RWL. Tedy za pomoci výše zmíněných metod lze velmi rychle zredukovat tělesnou hmotnost za krátký časový interval a je tedy logické, že se jedná o nejčastěji používané metody rychlého hubnutí.

Jednou z často používaných pasivních metod navyšování produkce tělesného potu je saunování (Reale a kol., 2018a) a zdá se, že sauny se suchým vzduchem jsou efektivnější (až dvojnásobná míra produkce potu) a méně zatěžují organismus než sauny s vlhkým vzduchem (tzv. „pára“) (Pilch a kol., 2014).

Produkce tělesného potu je ovlivněna několika faktory jako je pohlaví, teplota tělesného jádra a teplota kůže. Avšak zásadní roli hraje změna koncentrace elektrolytů v plazmě, objem plazmy a celkový obsah vody v těle. Tyto proměnné ovšem nemůžou být manipulovány bez navýšení příjmu tekutin, což může být kontraproduktivní vzhledem k cílům RWL. Nicméně adaptace na horko a fyzickou aktivitu společně se zvýšenou tělesnou teplotou může navýšit produkci potu (Shibasaki a kol., 2006). Tato fyziologická adaptace na zátěž je významnější u mužů než u žen, a to především při náročnějších fyzických aktivitách, tedy s narůstající fyzickou aktivitou muži produkují více potu, než ženy (Ichinose-Kuwahara a kol., 2010).

#### 2.2.2.1.4 Příjem sodíku

Na základě dostupné literatury je zjevné, že vyšší příjem sodíku (např. v běžné stravě), zvyšuje zadržování neboli retenci vody v těle a jeho nižší příjem naopak retenci tekutin v těle snižuje (Sawka a kol., 2005; Shirreffs & Sawka, 2011).

He a kol. (2001) se zabývali vlivem soli na renální exkreci vody u hypertoniků (osoby s vyšším krevním tlakem; způsobeno větším objemem krve), kteří omezili na pět dní příjem soli (<500 mg) a během této doby ztratili 1 – 2% celkové tělesné hmotnosti. Redukce příjmu soli (sodíku) významně snižuje krevní tlak spíše hypertonikům než lidem s normálním tlakem, což naznačuje snížení intravaskulární retence vody. Nicméně není zjevné, zda tento pokles vyvolá změnu hmotnosti u všech lidí (Cutler a kol., 1997). Přesto se jedná o metodu, kterou někteří zápasníci využívají v rámci RWL, kdy cíleně snižují příjem sodíku, např. z 3 323 mg (SD =1,727) na 2 157 mg (SD = 739) ve Fleming & Costarelli, 2007. Samotné omezení příjmu sodíku nemusí významně

ovlivnit celkovou tělesnou vodu, ale v kombinaci s ostatními RWL metodami, které manipulují vodu v těle, může zápasník vyloučit více tělesné vody, a tak snížit tělesnou hmotnost. Toto jsou však pouze spekulace některých autorů, kteří se zabývají RWL metodami avšak přímá evidence o vlivu redukce sodíku v RWL na změnu hmotnosti zatím není (Reale, Slater, a kol., 2017a).

Při náročné fyzické aktivitě v horkém prostředí je produkováno velké množství potu a dochází tak ke ztrátě vody a elektrolytů, které je nutné doplnit. V případě, kdy není prioritou rychlá regenerace či se jedná o nevýznamnou (mírnou) dehydrataci, je k doplnění tekutin a elektrolytů dostačují pestrá strava a pitný režim. V případě, kdy je žádoucí rychlá regenerace (< 24h) nebo se jedná o vážnou dehydrataci (> 5% tělesné hmotnosti), zdá se, že významně zvýšený příjem tekutin s navýšeným množstvím elektrolytů, může efektivněji navrátit rovnováhu tělesné vody a elektrolytů a urychlit tak regeneraci (například po RWL) před soutěží (Shirreffs a kol., 2004; Shirreffs & Sawka, 2011), více však [v kapitole 2.2.4 o rychlém příbytku hmotnosti](#).

Manipulace se sodíkem (a ostatními elektrolyty) může být efektivním doplňkem k ostatním RWL metodám, nicméně je tedy spíše efektivnější jako RWG metoda, která může být nápomocná při navracování hladiny vody a elektrolytů v těle, a to především pokud se jedná o výrazný deficit elektrolytů a významnou tělesnou dehydrataci.

#### 2.2.2.1.5 Glykogen a navázaná voda

Přijaté sacharidy ze stravy jsou metabolizovány na glukózu, která je ukládána v kosterních svalech a játrech jako glykogen. Tyto glykogenové zásoby jsou zdrojem glukózy, která je uvolňována do krevního řečiště například pro kontrakci a relaxaci svalových buněk (Adeva-Andany a kol., 2016). Glykogen je tedy rozvětvený biopolymer glukózy, který má schopnost vázat vodu v poměru 1:2,7 (glykogen:voda) (Bergström a Hultman 1972).

Glykogenové zásoby mohou představovat až 8% hmotnosti jater a 1 – 2% hmotnosti kosterního svalstva (Hultman 1967; Nilsson 1973). Průměrná hmotnost mužských jater je 1,56 kg (Molina a DiMaio 2012). U mužů se poměr svalové hmoty vůči celkové hmotnosti těla může významně lišit a záleží, zdali se jedná o sportovce (jsou i významné rozdíly mezi sporty) či nikoliv. Tedy svalová hmota může představovat ~56% (u nesportovců) až ~65% (u kulturistů) celkové hmotnosti těla (Spent a kol., 1993). Tedy 75 kilogramový muž může potenciálně uskladnit

v kosterních svalech a játrech 462 g glykogenu, na který může být navázáno až 1665 – 3610g vody (Reale, Slater, a kol., 2017a). Jedná se však o odhady, jejichž validita je limitována přesností jednotlivých měření, která zjišťují poměr glykogenu a vody a také stabilitou těchto poměrů v různých tkáních (Maughan a kol., 2007).

Nicméně manipulace glykogenových zásob představuje další strategii rapidní redukce hmotnosti. Prakticky se na základě těchto poznatků dají využít dvě metody rychlého hubnutí. První metodou je zařazení nízkosacharidové diety, tedy značné omezení konzumace sacharidů omezí obnovení glykogenových zásob po běžné tréninkové aktivitě. Druhou metodou je zařazení dodatečných tréninkových jednotek cílených na rychlejší vyprázdnění glykogenových zásob. (Reale, Slater, a kol., 2017a)

Volba RWL metod do značné míry ovlivňuje RWG metody a míru hmotnosti, kterou se závodníci snaží získat mezi oficiálním vážením a zápasem zpět. Samozřejmě závisí na čase, který zápasníci na regeneraci mají, ale zdá se, že manipulace se zásobami glykogenu může být nejen efektivní RWL metodou, ale i efektivní RWG (zotavovací) metodou. Tak například zápasníci (N = 6) v rámci třídního RWL (restrikce kalorií, vody a navýšení fyzické aktivity a zařazení dehydratačních metod) zhubli 5% tělesné hmotnosti a zároveň byl pozorován 54% úbytek svalového glykogenu, který byl navrácen na 83% počáteční hodnoty (před RWL) v rámci 17 hodinového RWG (Tarnopolsky a kol., 1996). Autoři této studie na základě 1:3 poměru glykogenu vůči vodě naznačují, že úbytek glykogenu byl zodpovědný za ztrátu přibližně 0,37 kilogramů tělesné hmotnosti. Tento odhad úbytku je významně nižší než pozoroval Kreitzman a kol.(1992) (~1,6 – 2,0 kg úbytek po 4 denní nízkosacharidové dietě). Je zajímavé, že úbytky celkové tělesné vody jsou významně vyšší po 7 dnech nízkosacharidové diety než při klasické dietě s normálním rozložením makroživin (Sawyer a kol., 2013).

Redukce tělesné hmotnosti pomocí nízkosacharidové diety s aktivitou cílenou na vyprázdnění glykogenových zásob v kosterních svalech působí jako efektivní metoda, která může v synergii s ostatními RWL metodami zapříčinit významný úbytek tělesné hmotnosti. Pokud mají sportovci dostatek času na regeneraci po RWL, manipulace s glykogenem se jeví jako efektivní metoda, a to nejen v rámci RWL, ale také při RWG (více v [kapitole 2.2.4 o rychlém příbytku hmotnosti](#)). Zdá se, že vyprázdněné glykogenové zásoby relativně dobře reagují na následné navýšení sacharidů po vážení (12g na kg tělesné hmotnosti za den) a společně s dostatečným příjmem vody, kterou

mají schopnost vázat (v poměru ~1:3), mohou zapříčinit značné příbytky tělesné hmotnosti, více však v [kapitole 2.2.4 o rychlém příbytku hmotnosti](#).

#### 2.2.2.2 Obsah gastrointestinálního traktu

Značná část sportovců z různých bojových sportů zmenšuje velikosti porcí a celkový objem jídla před vážením, aby zredukovali obsah gastrointestinálního traktu (GI) a navýšili tak ztráty hmotnosti v rámci RWL (Alderman a kol., 2004; Artioli, Gualano, a kol., 2010; Brito a kol., 2012; Fleming & Costarelli, 2007). Nicméně někteří sportovci používají i drastičtější metody k redukci obsahu GI, jako používání laxativ a cílené zvracení. Prevalence těchto metod je ~10% (Artioli, Gualano, a kol., 2010; Filaire a kol., 2007). Laxativa mohou efektivně vyprázdnit obsah GI traktu a zapříčinit tak značné ztráty tělesné hmotnosti (median 1,2 kg, rozsah 0,1 – 2,8 kg). Nicméně se zdá, že toto vyprázdnění GI traktu může mít negativní vliv na výkon (exercise capacity, zhoršení o 9%) (Holte a kol., 2004). Z tohoto důvodu se úprava stravování zdá jako lepší pozvolná alternativa manipulace obsahu GI, která by nemusela mít negativní vliv na výkon. Nabízí se konzumovat potraviny s malým objemem, ale zároveň vysokou energetickou hodnotou, hodiny či dny před vážením. Tímto způsobem se dá snížit objem potravin, nicméně energetická hodnota potravin a rozložení makronutrientů zůstane podobné, jako při konzumaci vysokého objemu potravin. Tato metoda redukce by tedy mohla být užitečná především pro sportovce, kteří nemají dostatek času na dostatečnou rehydrataci a regeneraci v rámci RWG mezi oficiálním vážením a začátkem zápasu. (Reale, Slater, a kol., 2017a)

Vláknina může zpomalit průchod jídla GI traktem a zároveň má schopnost na sebe navázat vodu a zvětšit tak objem obsahu GI. Různé potraviny mají různý vliv na objem fekálií, neboli „faecal bulking index“ (FBI) (Monro 2000). Čím vyšší index, tím více dokáže potravina navýšit objem GI. Předpokládá se, že pokud člověk omezí potraviny s vysokým obsahem vlákniny (s vysokým FBI), sníží se tak objem nestravitelné hmoty v GI traktu. do GI traktu se dostane méně vody a potažmo se sníží i celková tělesná hmotnost. Zdá se, že existuje přímý lineární vztah mezi příjmem vlákniny a čistotou GI traktu u pacientů před kolonoskopií a dvoudenní dieta s nízkým obsahem vlákniny může napomoci vyčištění GI traktu (relativně vůči dietě s vysokým obsahem vlákniny) (Wu a kol., 2011). Sedmidenní dieta s nízkým obsahem vlákniny (<10g denně) může být stejně efektivní jako mechanické čištění střev před operací (Selg 1000, Promefarm, Milan, Italy) (Lijoi a kol., 2009). A navíc diety s nízkým obsahem

vlákniny mohou představovat menší zásah do organismu pacienta než mechanické čištění (jako například laxativy) (Wu a kol., 2011).

Přestože existuje dostatek evidence popisující vliv nízko–vlákninových diet na vyprazdňování GI traktu a zároveň je zjevné, že zápasníci používají tyto nízko vlákninové diety v posledních dnech před soutěží (Fleming a Costarelli 2007), tak stále neexistují studie, zabývající se efektivitou těchto metod či studie, které by popisovaly velikost úbytku celkové hmotnosti zápasníků vlivem pouze těchto metod. Zároveň doba průchodu tráveniny GI traktem je u každého člověka individuální a může trvat od 10 do 96 hodin (Lee a kol., 2014). Výše uvedené důvody společně s nedostatkem evidence nedovolují dělat praktická doporučení ohledně příjmu vlákniny.

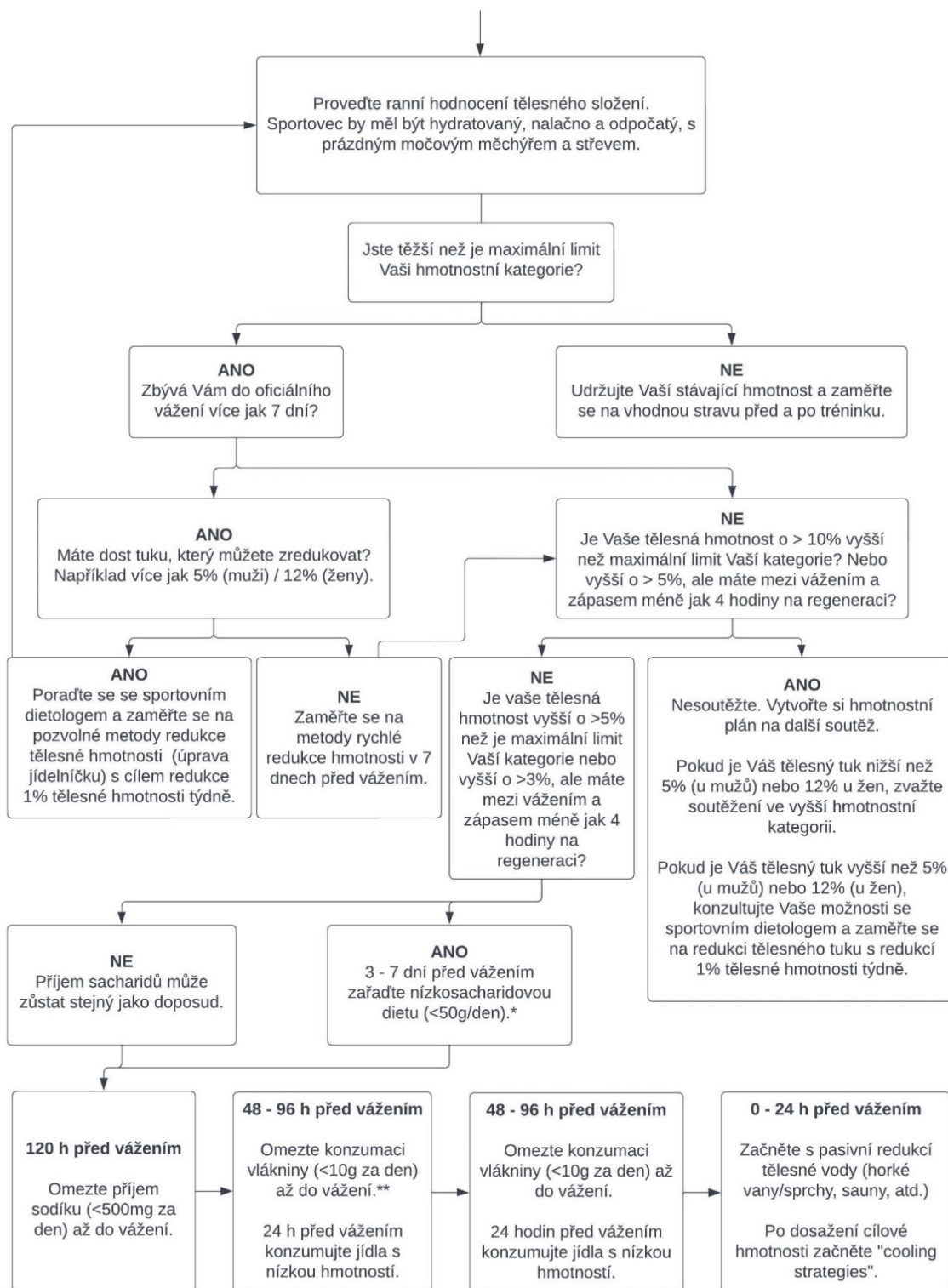
### 2.2.3 Odlišné přístupy k rychlé a pozvolné redukci tělesné hmotnosti

GWL metody jsou dle dostupné literatury méně rizikové nežli RWL. I přes to jsou RWL metody hojně využívány. Volba mezi RWL a GWL může záviset na několika faktorech. Možná těmi nejdůležitějšími faktory, které by měl závodník zohlednit při volbě mezi RWL a GWL metodami je jeho a) redukovaná hmotnost, b) tělesné složení a c) čas, který zbývá do začátku soutěže. Například v případě, kdy je dostatek času do soutěže (> 1 měsíc), zápasník potřebuje zhubnout, ale má již nízké zastoupení tělesného tuku (5%), tak nemá smysl volit GWL metody (které jsou primárně založené na redukci tělesného tuku), ale je vhodnější vybrat kombinaci RWL metod založených například na manipulaci tělesné vody či obsahu gastrointestinálního traktu (více v [kapitole 2.2.2 Rychlá redukce tělesné hmotnosti](#)). Dle některých studií se může individuální preference mezi GWL a RWL metodami lišit podle druhu bojového sportu. Například při porovnání nejčastěji využívaných metod u boxerů, zápasníků, judistů a taekwondistů (N = 260) se ukázalo, že jednotlivé metody a velikost redukce hmotnosti se mezi sporty významně liší. Boxeři (relativně k ostatním) preferují spíše pozvolné hubnutí s menším zastoupením RWL. Podobné závěry uvozuje i (Smith, 2006) u amatérských boxerů (N = 82), kteří redukovali 7% tělesné hmotnosti v rámci 3 týdnů před soutěží a „jen“ 2,2% tělesné hmotnosti v rámci RWL (24 h před soutěží). Autoři této studie vysvětlují preferenci GWL (oproti RWL) tím, že měli boxeři po vážení „pouze“ 24 hodin čas na regeneraci před zápasem a drastičtější procentuální úbytek hmotnosti v rámci RWL by nemusel být za 24 hodin zcela regenerovatelný. Na druhou stranu v další studii elitní boxeři (N = 10) zhubli RWL 5,6% (SD = 1,7%)

tělesné hmotnosti během 5 dní (6,0% SD = 0,9% celkové tělesné vody), bohužel autoři v designu studie nezohlednili ani nepopisují dobu zotavovací fáze (Reljic a kol., 2013).

Z dosavadní evidence se zdá, že preference GWL či RWL je spíše založena na čase, který mají sportovci mezi vážením a oficiálním začátkem jejich zápasu nežli na druhu sportu. Tento časový horizont mezi vážením a začátkem zápasu je například závislý na úrovni, na které závodník soutěží nebo na harmonogramu soutěže a je závodníky běžně využíván k zotavení po RWL a GWL, kdy závodník nabírá ztracenou hmotnost zpět. V literatuře se označuje jako rychlý příbytek hmotnosti (z anglického rapid weight gain neboli RWG, více v [kapitole 2.2.4 o RWG](#)) (Matthews & Nicholas, 2017; Reljic a kol., 2013). Nicméně je nutné u každého zápasníka zvolit částečně individuální přístup a při volbě RWL a GWL metod je důležité zohlednit pohlaví, tělesnou kompozici a zbývající čas do soutěže dostupný k zotavení. Reale, Slater, a kol. (2017a) na základě dostupné literatury vytvořili diagram (Obrázek 1), který zohledňuje výše zmíněné faktory a může být užitečnou pomůckou při volbě RWL, GWL a potažmo RWG metod před zápasem.

Obrázek 1 – Rozhodovací proces při volbě RWL a GWL metod (převzato a volně přeloženo z Reale a kol., 2017a)



**Poznámka:**

\*Cílem nízkosacharidové diety je snížit glykogenové zásoby a doba trvání této diety závisí na aktuálním stavu glykogenových zásob, tréninkovém objemu a intenzitě během sedmi dnů před vážením.

Závodníkům s vysokou tréninkovou zátěží postačí méně dnů k vyprázdnění glykogenových zásob.

\*\*Cílem nízkého příjmu vlákniny je vyprázdnění gastrointestinálního traktu, ovšem u každého závodníka je doba vyprazdňování různá, a to v závislosti na individuálním tranzitním čase. Závodníci by také měli vzít v potaz možné individuální reakce organismu na nízký příjem vlákniny.



Jak již bylo zmíněno, sportovci nejčastěji využívají kombinaci RWL a GWL metod, nicméně studie, které porovnávaly GWL a RWL; například Yang (2015; 2014, N = 10) uvádí, že v porovnání s GWL má RWL negativní dopad na některé faktory spojené s výkonem jako je syntáza oxidu dusnatého (výskyt oxidu dusnatého v krvi (RBC-NOS)) a tedy autoři shrnují, že RWL (oproti GWL) negativně ovlivňuje mikrocirkulaci, tedy zhoršuje přísun kyslíku do pracujících svalů a negativně tak může ovlivnit i výsledný výkon. Naproti tomu Fogelholm (1993, N = 10) nepozoroval žádnou změnu ve výkonu u RWL ani u GWL skupiny, ale je nutno podotknout, že Fogelholm (1993) oproti Yangovi (2015; 2014) ve svém designu zohlednil zotavovací fázi (5h) a výkony měřil až po ní. Koral & Dosseville (2009) testovali na vzorku 20 elitních judistů vliv 4% redukce tělesné hmotnosti (dosažené během 4 týdnů kombinací RWL a GWL) na výkon a pozorovali pouze zanedbatelné zhoršení v počtu hodů ve specifickém 30 vteřinovém judo testu, ovšem ostatní testy (SJ, CMJ, a pětivteřinový judo test) nebyly 4% redukcí ovlivněny.

Studie zabývající se GWL nenachází žádný významný vliv GWL na výkon a na základě těchto studií autoři doporučují upřednostnit pozvolné metody shazování hmotnosti oproti rychlým metodám shazování hmotnosti, a to především na základě potenciálních negativních vlivů RWL na zdraví (více v [kapitole 2.4 o vlivu RWL na zdraví](#)) (Franchini a kol., 2012; Koral & Dosseville, 2009; Perriello, 2001; Yang a kol., 2014).

#### 2.2.4 Rychlý příbytek hmotnosti

Rychlý příbytek hmotnosti či rychlé nabírání hmotnosti se v literatuře označuje jako rapid weight gain (RWG), který je žádoucím efektem zotavovací fáze po RWL. Tato zotavovací fáze probíhá zpravidla v čase mezi oficiálním vážením a začátkem zápasu. Tento časový horizont je označován jako „recovery duration“ (nebo také recovery time, zotavovací doba mezi oficiálním vážením a začátkem zápasu) a je zápasníky využíván jak k regeneraci po RWL, tak k rozcvičení a mentální přípravě na zápas (Matthews a kol., 2019).

Délka tohoto časového okna je různá napříč všemi bojovými sporty, zároveň závisí na struktuře (jednodenní či vícedenní) a harmonogramu soutěže, který je například v amatérském judu často částečně nahodilý a některé kategorie tedy začínají ihned po oficiálním zahájení soutěže (např. nejmenší hmotnostní kategorie žen) a

některé až ke konci celé soutěže (např. nejtěžší hmotnostní kategorie mužů). Podobně tomu je i například v MMA, kdy může zápasník nastoupit ihned v prvním zápase nebo naopak v posledním zápase dne.

Nicméně čas mezi vážením a začátkem zápasu je primárně závislý na výkonnostní úrovni sportovce, tedy často čím vyšší úroveň, tím delší časový horizont mezi oficiálním vážením a začátkem zápasu. Například judisté na amatérské úrovni se váží ráno, jen pár hodin před začátkem soutěže, kdežto profesionálové mají o dost více času mezi vážením a začátkem zápasu, většinou se váží 15 – 20 hodin před soutěží (Reale a kol., 2016). Tento čas mezi vážením a začátkem zápasu je ještě delší například v profesionálním MMA, kdy se zápasníci váží až 32 hodin před zápasem (Berkovich a kol., 2016; Matthews & Nicholas, 2017). Sportovci v tomto časovém okně regenerují po RWL fázi a snaží se nabrat co nejvíce energie a také hmotnosti zpět a získat tak výkonnostní (a hmotnostní) výhodu nad soupeřem (Matthews a kol. 2019).

Hmotnost, kterou jsou závodníci schopni nabrat mezi vážením a zápasem záleží na metodách, které použili v rámci RWL, ale primárně na čase, který mají k dispozici mezi vážením a začátkem zápasu. Tento čas však může být limitován pravidly stejně jako maximální hmotnost, kterou můžou zápasníci navážit v rámci druhého vážení (vizte níže). Tak například (Daniele a kol. 2016) na vzorku 71 titulových zápasů v profesionálním boxu pozorovali příbytek tělesné hmotnosti o 3,8% (SD = 2,2%) během 12 hodin od vážení. V případě 32 hodinového RWG dokázalo sedm zápasníků MMA nabrat v průměru 11,7% (SD = 4,7%) tělesné hmotnosti, tedy 7,4 kg (SD = 2,8 kg) a převýšili tak dokonce hmotnost, kterou ztratili během RWL (v průměru 5,6, SD = 1,4 kg). Jeden zápasník v této studii dokonce nastoupil do zápasu s hmotností až o tři hmotnostní kategorie výše, než oficiálně navázil před soutěží (Matthews a Nicholas 2017). Toto však není ojedinělé, ve studii (Alderman a kol., 2004) pozorovali příbytek až 16,7 kilogramů (průměr 3,4 kg neboli 4,81% těl. hmotnosti) v rámci RWG.

Na příliš velký hmotnostní přírůstek hmotnosti si musí dát pozor například judisté. Podle platných pravidel se na náhodné vyzvání musí před soutěží znovu zvážit a pokud naváží o 5 a více procent více než je maximální limit dané hmotnostní kategorie, ve které soutěží, budou diskvalifikováni (International Judo Federation 2020). Potenciální negativní dopady RWL na zdraví a výkon sportovců společně s dalšími negativními faktory asociovanými s RWL (např. dle pravidel Světové antidopingové agentury by metody RWL měly být dávno zakázané i proto, že narušují filosofii sportu),

přimělo několik autorů (Artioli a kol., 2016) sepsat stanovisko, ve kterém vyzývají Světovou antidopingovou agenturu, aby zakázala používání RWL metod v bojových sportech. Právě judisté se zavedeným pravidlem, které stanovuje maximální možnou hmotnost, kterou může sportovec navážit před zápasem, do značné míry omezuje rozsah RWL a RWG metod a potenciálně tak snižuje rizika spojená s těmito metodami a jedná se o významný krok v této problematice. Dalším možným krokem, který by přispěl k zmírnění a snížení prevalence RWL metod, je minimalizování doby mezi oficiálním vážením a začátkem zápasu, která je využívána k regeneraci po RWL. Takto by měli zápasníci méně času na regeneraci a nabírání hmoty, čímž by se potenciálně snížila agresivita RWL metod. Ukázkou vlivu této struktury soutěže je případ, kdy MMA zápasníci nehubli pokud bylo oficiální vážení 30 minut před začátkem soutěže Coswig a kol. (2015). Obdobně i dle systematické rešerše Matthews a kol. (2019), závodníci nepoužívali RWL či RWG metody v případě, kdy bylo vážení  $\leq 2$  hodiny před zápasem.

Protiargumentem k tvrzení, že zkrácení času mezi vážením a zápasem může omezit či snížit prevalenci RWL metod v bojových sportech, může být například situace v boxu z 80. lete minulého století, kdy se sice závodníci vážili pouze 2 – 3 h před zápasem, ale obavy z potenciálních zdravotních rizik způsobených extrémní dehydratací, vedly boxerské organizace k úpravě pravidel a na základě lékařského doporučení se rozhodly posunout oficiální vážení 24 hodin před profesionální zápasy, aby měli závodníci čas na regeneraci (Daniele a kol., 2016). Nicméně dnes jsou tato pravidla umožňující dostatek času k regeneraci užívána za účelem získání výhody nad soupeřem, který se nemusí snažit dostat do nižší hmotnostní kategorie. Krom možných negativních vlivů jak na výkon, tak na zdraví (více v kapitole [2.3](#) a [2.4](#) o vlivu RWL na [výkon](#) a [zdraví](#)), mnozí toto posouvání se do nižších hmotnostních kategorií považují za nesportovní (Artioli a kol., 2016). Navíc velká prevalence těchto metod vytváří prostředí, ve kterém se můžou někteří zápasníci cítit pod nátlakem a jsou tak nuceni na zápas hubnout, a to nikoliv za účelem získání hmotnostní výhody, ale aby nebyli znevýhodněni (Pettersson a kol., 2013).

Podobně jako IJF (International Judo Federation) se i IBF (International Boxing Federation) snaží omezit a změnit tyto sporné a potenciálně nebezpečné praktiky. IBF zařadila druhé (povinné) vážení, které musí být uskutečněno v den zápasu a boxeři nesmí navážit více než 4,5 kilogramu nad maximální hranici hmotnostní kategorie (IBF 2019). Pravidla pro amatérské boxery jsou ještě striktnější, ti se totiž musí vážit

nejpozději 3 hodiny před zápasem a jejich hmotnost nesmí přesáhnout maximální hmotnostní limit jejich kategorie (AIBA 2021).

#### 2.2.4.1 Metody rychlého příbytku hmotnosti

Jak již bylo zmíněno v předchozích kapitolách, volba RWG metod je závislá na velkém množství proměnných (výkonnostní úroveň zápasníka, pravidla omezující míru RWG, zvolené GWL a RWL metody, čas dostupný na regeneraci mezi vážením a začátkem zápasu a struktura soutěže) a pokud je cílem co nejefektivnější RWG, je nutné vzít tyto proměnné v potaz. Od zvolených metod se poté odvíjí i hmotnost, kterou jsou schopni zápasníci přibrat. Existují však tři hlavní metody, které se užívají za účelem rychlého nabrání celkové tělesné hmotnosti za krátký časový úsek. Jedná se o manipulaci s (Reale, Slater, a kol., 2017b):

- zásoby glykogenu,
- tělesnou vodou,
- obsahem gastrointestinálního traktu.

#### 2.2.4.2 Manipulace glykogenových zásob

Manipulace s glykogenovými zásobami se jeví jako efektivní metoda nejen redukce tělesné hmotnosti (více v kapitole [2.2.2.1.5 o glykogenu a navázané vodě](#)), ale také jako metoda opětovného nabírání hmotnosti před začátkem zápasu.

Glykogen má schopnost vázat vodu v poměru 1:2,7 (glykogen:voda) tedy při zabudování jednoho gramu glykogenu se průměrně naváže 2,7 gramu vody. (Bergström a Hultman 1972). Tedy příbytky hmotnosti jde do značné míry realizovat právě navázáním vody na glykogen.

Navyšování příjmu sacharidů v rámci RWG je poměrně častá metoda, například profesionální zápasníci MMA (N = 7) v rámci 32 hodinového RWG přijímali 7,2 g (SD = 1,9) sacharidů na kilogram tělesné hmotnosti (Matthews a Nicholas 2017), což odpovídá doporučením ohledně maximální glykogenové syntézy (Burke a kol., 2011). Artioli, Iglesias, a kol. (2010) pozorovali průměrný příjem 201 g sacharidů v rámci 4 hodinového RWG, během kterého závodníci zvládli nabrat 51% ztracené hmotnosti zpět. Podobné příjmy sacharidů (M = 285g, SD = 27) a příbytky tělesné hmotnosti (73% ztracené hmotnosti v rámci RWL) pozoroval Fogelholm a kol., (1993) na skupině judistů a zápasníků. Podobné výsledky publikovali i Sagayama a kol. (2014), tedy v rámci dvanáctihodinového RWG se deseti závodníkům povedlo získat zpět 70%

hmotnosti, kterou ztratili v rámci RWL (6%, SD = 0,9) a stejně jako u předchozích studií byla pozorována vysoká konzumace sacharidů (396g, SD = 81).

Klíčové se pro tuto strategii zdá vyprázdnění glykogenových zásob v rámci RWL a následný dostatek příjmu sacharidů (okolo 10g na kilogram tělesné hmotnosti za den), jelikož pokud jsou glykogenové zásoby plné, nadbytečné přijaté sacharidy navyšují lipogenezi a nadbytečná glukóza se ukládá do tukových zásob (Kersten 2001). Tedy úspěšnost této RWG strategie je do značné míry předurčena úspěšným vyprázdněním glykogenových zásob v rámci RWL ([kapitola 2.2.2.1.5](#)). V relativně nové studii (Bone a kol., 2017) participanti vyprázdnili glykogenové zásoby a následně je během dvou dní doplnili (12g sacharidů na kilogram tělesné hmotnosti za den) a pozorovali 2,3% (SD = 0,6%) příbytek tělesné hmotnosti. Tento příbytek tělesné hmotnosti byl navýšen (3%, SD= 0,5%) v případě, kdy byl k vysokému příjmu sacharidů navíc zařazen kreatin. Navíc při vysokém příjmu sacharidů (> 60g/h) je výhodné kombinovat suplementy a potraviny obsahující více zdrojů sacharidů (např. glukóza a fruktóza), což aktivuje více transportních mechanismů GI traktu (Jeukendrup a Moseley 2010).

Z dostupné literatury (Matthews a kol., 2019; Pettersson & Berg, 2014a) vyplývá, že čas mezi oficiálním vážením a začátkem soutěže není využíván ideálním způsobem. Bohužel poskytnutí detailního návodu na RWG je mimo záběr této diplomové práce, nicméně více informací ohledně optimální rehydratace (Shirreffs a kol., 2004) a doplnění glykogenových zásob (Beelen a kol., 2010) se čtenář může dočíst ve zmíněné literatuře.

#### 2.2.4.3 Manipulace s tělesnou vodou

RWL metody založené na manipulaci s tělesnou vodou zapříčiňují vážnou dehydrataci, která může být až 5,3× vyšší u zápasníků, kteří shazovali hmotnost oproti těm, kteří na zápas nehubli (Ööpik a kol., 2013). Podobně Jetton a kol. (2013) pozorovali hydratační status po 24 hodinovém RWG (+4,4% příbytek tělesné hmotnosti) a 2 hodiny před začátkem soutěže bylo ze 40 závodníků 39% signifikantně dehydratováno z čehož 11% bylo vážně dehydratováno a pouze 23% participantů mělo dobrý hydratační status. Tedy i v případě, kdy měli závodníci 24 hodin na regeneraci po RWL, se značná část dostavila na zápas dehydratovaná.

Pozorovaný špatný hydratační status zápasníku i po relativně dlouhé regenerační fázi může být zapříčiněn nedostatečnou znalostí hydratačních protokolů a adekvátního složení nápojů. První studie (Costill & Sparks, 1973; Nielsen a kol., 1986), které se zabývali hydratací, pozorovali po konzumaci velkého množství tekutin (bez elektrolytů) i velkou tvorbu moči, a to i přes značnou dehydrataci participantů, kteří tak nedokázali udržet pozitivní rovnováhu tekutin v těle. Pokud voda obsahovala elektrolyty, objem plazmy byl lépe udržen, ale mechanismus stále nebyl známý. První studie, které se zabývaly mechanismem rehydratace po fyzické námaze ukázaly, že velké objemy čisté vody (bez elektrolytů) zapříčinily rapidní snížení osmolarity plazmy a koncentraci sodíku (Nose a kol., 1988), což vedlo k rychlé diuréze a přestože se tak snížilo fyziologické nutkání se napít, nedošlo k úplnému obnovení hydratačního statusu,.

K navrácení správné hydratace a udržení přijaté vody je důležité přijmout elektrolyty, které byly vyloučeny při nadměrné produkci potu. Primárně by měl být navýšen příjem sodíku, a to ve vyšší koncentraci, než byl vypocen. Zároveň se zdá, že navýšení příjmu sacharidů (Evans a kol., 2009; Osterberg a kol., 2010) a bílkovin (James a kol., 2012; Seifert a kol., 2006) může být nápomocné při navrácení a udržení normálního hydratačního stavu. Navíc přidáním sacharidů do nápoje může zpomalit průchod tekutin GI traktem a zvýšit tak absorpci tekutin a snížit tak produkci moči a zlepšit retenci vody v organismu (Clayton a kol., 2014).

Na základě výše zmíněných poznatků se řada autorů domnívá (Desbrow a kol., 2014, 2014; James a kol., 2011; Seery & Jakeman, 2016; Shirreffs a kol., 2007), že díky obsahu sodíku, sacharidů a bílkovin by mléko mohlo být efektivním rehydratačním nápojem, v porovnání s čistou vodou či vodou obohacenu o sacharidy a elektrolyty.

#### 2.2.4.4 Manipulace s obsahem gastrointestinálního traktu

V čase mezi vážením a začátkem zápasu by se ideálně měl obnovit hydratační a nutriční status závodníka, aniž by tyto praktiky vyvolaly zažívací potíže nebo iritaci GI traktu (např. nadýmání, tlak a bolesti apod.). Právě dieta, která se zaměřuje na omezení obsahu GI traktu může být efektivním prostředkem, jak zredukovat i nabrat hmotnost a obnovit hydratační a nutriční status bez negativních dopadů na výkon (Reale, Slater, a kol., 2017b). Jako nevhodný se proto jeví nárazový příjem potravin s vysokým obsahem vlákniny, jelikož v rámci RWL i RWG může zpomalit vyprazdňování GI traktu a absorpci živin (Hillemeier 1995) a celkově může vyvolat diskomfort a přímo i nepřímo negativně ovlivnit výsledný výkon (Reale, Slater, a kol., 2017b) a to především u

závodníků, kteří nemají dostatek času či musí podstoupit více kontrolních vážení před zápasem.

## 2.3 Vliv manipulace hmotnosti na výkon

V bojových sportech závodníci často redukují tělesnou hmotnost, aby se dostali do nižší hmotnostní kategorie a stali se tím nejtěžším v nižší hmotnostní kategorii a mohli tak soutěžit proti lehčím a často i menším soupeřům (Barley a kol., 2019). Nicméně RWL metody mají často agresivní povahu (např. manipulace s tělesnou vodou způsobuje významnou dehydrataci) a můžou negativně ovlivnit (nejen) fyzický výkon, který v některých případech přetrvává zhoršený i po několikahodinovém RWG (Alves a kol., 2018), jehož cílem je mimo jiné i mitigace negativních vlivů RWL (Matthews a kol., 2019). Tedy přestože závodění v nižší hmotnostní kategorii může představovat potenciální hmotnostní výhodu, tato výhoda může být zastíněna negativními dopady RWL, které se můžou projevit například na menší svalové síle závodníka. Přestože RWL může mít vliv na různé složky výkonu ([kapitola 2.1.1 Bojové sporty](#)), následující kapitoly se zabývají systematickou rešerší studií, které testovaly vliv RWL a RWG na úspěšnost v zápase a fyzický výkon (především anaerobní výkon a silové schopnosti) závodníka.

### 2.3.1 Vliv manipulace hmotnosti na úspěšnost v zápase

Část odborné literatury se zabývala vlivem RWL a potažmo RWG na úspěch v zápase a zdali zápasníci, kteří redukují a následně nabírají svou hmotnost více vyhrávají či nikoliv.

U souboru MMA zápasníků (N = 15) kteří před zápasem prošli RWL a RWG, byl příbytek hmotnosti v rámci RWG vyšší u vítězů (6%) než u poražených (3%) (ES = 0,85), i když v RWL shodili vítězové i poražení stejně (~7%) (Coswig a kol., 2019). Podobné výsledky byly pozorované i na zápasech 86 judistů, kdy medailisté přibrali o ~1,5% více hmotnosti než poražení (Reale a kol., 2016). I v další studii na velkém vzorku zápasníku (N = 2638) byli taktéž úspěšnější ti, kteří nabrali více hmotnosti (RWG) před mistrovskou soutěží (Alderman a kol., 2004). V nedávné studii (Faro a kol., 2022) autoři analyzovali celkem 1400 vážení, tedy celkem 700 profesionálních zápasů MMA a taktéž popisují korelaci mezi příbytkem hmotnosti a úspěšností v zápase, konkrétně s každým 1% nabrané hmotnosti mezi vážením a zápasem zvyšuje

šanci na výhru o 4,5% u profesionálních zápasníků (Faro a kol., 2022). V neposlední řadě Pallarés a kol. (2016) pozorovali vztah mezi medailovým umístěním v národním šampionátu a dehydratací, kdy 69% dehydratovaných zápasníků vyhrávalo medaile. Autoři této usuzují, že výherci zvládnou vyloučit tekutiny z těla a následně je efektivněji přijmout zpět (během 13–18 hodin před zápasem) než jejich méně úspěšní protivníci.

Avšak ne všechny studie pozorovaly vztah mezi velikostí RWG a výhrou či prohrou. Konkrétně Daniele a kol. (2016) analyzovali 71 titulových zápasů v profesionálním boxu a nenašli žádný vztah mezi RWG či RWL a výsledkem. Tyto výsledky jsou shodné i v případě studie od Reale, Cox, a kol. (2017) na vzorku 100 elitních boxerů. Ke stejným závěrům došel i Kirk a kol. (2020) - u 62 profesionálních zápasníků MMA nepozorovali žádnou korelaci mezi RWG a výsledkem zápasu. Zubac, Karnincic, a kol. (2018) sledovali vliv RWL na úspěšnost boxerů, a nenašli žádnou korelaci ani mezi velikostí úbytku hmotnosti a úspěšností (výhrou) v zápase. Žádný vztah mezi úspěšností v zápase a mírou RWL a RWG nepozoroval ani Horswill a kol. (1994) na zápasech 607 vysokoškolských zápasníků.

Z dosavadních výsledků se zdá, že významnější vliv na úspěšnost v zápase má spíše rozsah a velikost RWG nežli RWL, ovšem značná část studií nepozorovala významný (ať systematicky pozitivní či negativní) vztah mezi vyššími úbytky či příbytky hmotnosti a úspěšností v zápase. Některé výše zmíněné studie (např. Alderman a kol., 2004) naznačují, že starší a zkušenější zápasníci dokáží nabrat více hmotnosti v rámci RWG a následně pak mají větší šanci na úspěšnost v zápase než mladší a méně zkušené zápasníci. Nicméně přestože pozorovali statisticky významný vliv RWG na úspěšnost v zápase, mohou to být právě delší tréninkové a zápasové zkušenosti, jenž mají zásadnější vliv na výsledek zápasu.

### 2.3.2 Vliv manipulace hmotnosti na silové schopnosti

Silové schopnosti jsou nejčastěji měřeny pomocí testů na maximální izometrickou sílu, jedná se především o maximální izometrickou flexi a extenzi trupu (Coufalová a kol., 2014; Morales a kol., 2018), flexi horních končetin (Clarys a kol., 2010; Coufalová a kol., 2014; Kurakake a kol., 1998) a maximální sílu stisku ruky (Camarço a kol., 2016; Clarys a kol., 2010; Degoutte a kol., 2006; Filaire a kol., 2001). Ke stanovení dynamické či explozivní síly (přeloženo z anglického power, velký výdej



síly za krátký časový úsek) a anaerobního výkonu autoři studií používají především testy na silových deskách. Obecně ve sportovní vědě, ale i specificky ve studiích o RWL se běžně používá dřep s protipohybem (z anglického countermovement jump, dále jen CMJ) a dřep bez protipohybu (z anglického squat jump, dále jen SJ) (Clarys a kol., 2010; Filaire a kol., 2001). Za účelem stanovení explozivní síly horních končetin se ve sportovní vědě běžně používá klik s protipohybem a klik bez protipohybu, nicméně tyto silové testy nejsou v RWL literatuře zatím používány. Pro zhodnocení anaerobního výkonu se v literatuře používají specifické sportovní testy, např. specifické judo testy (Degoutte a kol., 2006; Fortes, Costa, a kol., 2017; Koral & Dosseville, 2009), simulované zápasy (Degoutte a kol., 2006; Fortes, de Vasconcelos, a kol., 2017), Wingate test na dolní a horní končetiny (Kurakake a kol., 1998; Marttinen a kol., 2011; Mendes a kol., 2013; Yadollahzadeh a kol., 2015) či horizontální veslování s maximálním úsilím (Degoutte a kol., 2006).

Jak již bylo zmíněno, část studií měří výkony bezprostředně po RWL a neumožňují tak participantům žádnou regeneraci a některé studie naopak RWG fázi ve svém designu zohledňují. V následujících kapitolách jsou tedy studie rozděleny do dvou skupin, kdy nejdříve jsou popsány studie, které měřily výkon bezprostředně po RWL a ve druhé skupině jsou popsány studie, které poskytnuly participantům čas na regeneraci po RWL.

### 2.3.2.1 Rychlá redukce hmotnosti a silové schopnosti bez možnosti regenerace

Značná část studií se zabývala vlivem RWL na maximální izometrickou sílu stisku ruky (měřeno pomocí ručního dynamometru), jejich závěry se však výrazně neshodují. Tak například v jedné studii (Degoutte a kol., 2006) měl pětiprocentní úbytek tělesné hmotnosti negativní vliv na sílu stisku levé ruky (~5% pokles oproti stavu před RWL) u judistů (N = 10), kteří byli testováni 10 minut po vážení, tedy bezprostředně po RWL. Podobný pokles síly stisku levé ruky (pravá bez statisticky významné změny) byl pozorován u vzorku jedenácti judistů, kteří taktéž v rámci RWL zhubli přibližně 5% své původní hmotnosti a taktéž neměli žádný prostor na zotavení (Filaire a kol., 2001). Alves a kol. (2018) měřil sílu stisku ruky i po RWG (24 hodin před zápasem) a pozorovali statisticky významný negativní vliv desetidenního RWL (9,9% pokles hmotnosti) na maximální sílu stisku pravé i levé ruky u 12 zápasníku thajského boxu a to jak po RWL (7,5% zhoršení oproti stavu před RWL), tak po RWG (4,6% zhoršení oproti stavu před RWL). Podobně Ribas a kol. (2019) pozorovali statisticky významný

negativní vliv RWL na sílu stisku pravé (zhoršení o 13,72% oproti stavu před RWL) i levé (zhoršení o 13,67% oproti stavu před RWL) ruky a tento statisticky významný negativní vliv přetrvával i týden po soutěži. Nicméně výsledky této studie je nutné brát s obezřetností, jelikož metodologická kvalita zmíněné studie se jeví jako nedostačující. Například není jasně popsán výzkumný vzorek ani procentuální úbytek hmotnosti.

Odlišné výsledky publikovala Coufalová a kol. (2014). V této studii u judistů ( $N = 9$ ) po 4,6% redukcí hmotnosti (žádný čas na regeneraci) nepozorovali žádné statisticky významné zhoršení síly stisku levé ani pravé ruky. Podobně i Morales a kol. (2018) nepozorovali u 38 judistů žádné statisticky významné změny u maximální izometrické síly stisku ruky po RWL.

Morales a kol. (2018) mimo jiné sledovali i vliv RWL na izometrickou sílu flexorů a extenzorů trupu, ani zde nepozorovali žádný statisticky významný pokles síly vlivem RWL. Naproti tomu Coufalová a kol. (2014) zaznamenali statisticky významné zhoršení síly flexorů trupu (před 78,06 kg SD = 16,60; po = 68,89 SD = 17,14 ) s efektem Cohena  $d = 0,54$ .

V případě maximální izometrické síly při flexi v lokti jsou studie taktéž nesourodé, tedy například Clarys a kol. (2010) rozdělili účastníky na dvě skupiny; první skupina byla zastoupena účastníky, kteří redukovali méně než 3% hmotnosti a ve druhé skupině byli účastníci, kteří zredukovali více než 3%. Autoři u skupiny s vyšší redukcí ( $N = 11$ ) uvádějí statisticky významné zhoršení u bilaterálního izometrického bicepsového zdvihu (obouruční činka) o ~14% ve stavu po RWL vůči stavu před RWL (před = 42 SD = 16 N; po = 36 SD = 11 N). Kdežto Coufalová a kol. (2014) a Kurakake a kol. (1998) nezaznamenali žádný statisticky významný negativní vliv RWL na unilaterální (jednoruční) bicepsový zdvih. Přestože Kurakake a kol. (1998) pozorovali výkony po 6% RWL, jednalo se o měření „uprostřed“ RWL, jelikož závodníkům zbývaly ještě 4 dny do zápasu.

Pro maximální izokinetickou sílu dolních končetin existuje pouze jedna RWL studie (Timpmann a kol., 2008), která účastníky měřila na izokinetickém dynamometru Cybex II. Autoři této studie ( $N = 17$ ) po RWL (5,1% SD = 1,1%) popisují statisticky významný vliv na izokinetickou sílu extenzorů kolenního kloubu, konkrétně popisují zhoršení síly o 6,7% (při úhlové rychlosti 1,57 rad/s) a 10,2% (při úhlové rychlosti 3,14 rad/s). V této studii také měřili vliv RWL na anaerobní svalovou

vytrvalost a celkovou práci extenzorů kolene během tří minutových kol opakovaných extenzí a popisují statisticky významný vliv RWL na několik proměnných. Konkrétně pozorovali statisticky významný (negativní) vliv RWL na celkovou vykonanou práci extenzorů ve všech třech kolech o 15,6%, 15,8% a 11,2% během první, druhé a třetí minuty a zároveň pozorovali úbytek o 14,7% ve vykonané práci v celém testu. V případě maximální izometrické síly extenzorů kolene Zubac a kol. (2020), poukazují na statisticky významný negativní vliv 3% RWL na maximální izometrickou sílu extenzorů kolene devíti boxerů, konkrétně tedy zhoršení o ~12%.

Několik studií k hodnocení fyzického výkonu (často autory označováno jako „power“, či explozivní nebo dynamická síla dolních končetin) využilo dřep s protipohybem (CMJ) a bez protipohybu (SJ), nicméně protokol je často mírně odlišný. Například Viitasalo a kol. (1987) pozorovali vliv tří rozdílných metod RWL; sauna (3,4% RWL, N = 6), dieta s diuretiky (5,8% RWL, N = 11) a pouze diuretika (3,8% RWL, N = 8) na výšku výskoku CMJ u atletů různých atletických disciplín. U sauny autoři nepozorovali žádný vliv RWL, ale v případě diuretik byla výška výskoku statisticky významně pozitivně ovlivněna, a to o 7,1%. Tato změna byla pozorována i následující den (4,5%). Při přidání 20 kilogramového závaží a 40 kilogramového závaží se výkon CMJ zlepšil o 7,9% a 8,9%. Při přidání 80 kilogramového závaží bylo pozorováno zhoršení o 4,5% oproti stavu před RWL. Autoři zlepšení některých výkonů přisuzují nižší tělesné hmotnosti po RWL, tedy k dosažení stejné výšky participanti potřebovali méně síly. Kurakake a kol. (1998) nepozorovali žádný statistický významný vliv na výšku výskoku u 22 participantů, nicméně sice výkon měřili po  $\geq 6\%$  RWL, závodníkům stále zbývali 4 dny do soutěže. Podobně Koral & Dosseville (2009) nezaznamenali žádný vliv redukce tělesné hmotnosti (~4%) na výšku výskoku v CMJ a SJ u 20 participantů. Nicméně, zde se jednalo spíše o graduální hubnutí (GWL), jelikož mezi prvním (před hubnutím) a druhým měřením (po hubnutí) byl 4 týdenní rozestup. Filaire a kol. (2001) zvolili odlišný protokol a neměřili výšku výskoku, ale opakovaný výskok z CMJ a SJ (ruce v bok) během 7 a 30 vteřin. Negativní vliv sedmidenního RWL (~5% úbytek tělesné hmotnosti) pozorovali pouze u třicetivteřinového testu. Podobné výsledky pozoroval i Clarys a kol. (2010) na jedenácti judistech, jejichž redukce tělesné hmotnosti (~4,2%) neměla žádný negativní vliv na intervalový CMJ test (5 sérií po 20 maximálních opakováních, 1 minuta odpočinek mezi sériemi).

U specifického judo testu (Special Judo Fitness Test) Fortes a kol (2017a) pozorovali vlivem 10% úbytku tělesné hmotnosti (během 2 týdnů) statisticky významné zhoršení v počtu hodů o 5,9% u experimentální skupiny (N = 20 judistů), kdežto u kontrolní skupiny (N = 19 judistů) zaznamenali statisticky významné zlepšení v počtu hodů o 4,3%, ovšem celkový index (kalkulován na základě počtu hodů a srdeční frekvence) tohoto testu zůstal u experimentální skupiny bez statisticky významné změny, ale u kontrolní skupiny došlo k statisticky významnému zlepšení indexu o 6%.

Přestože Fortes, Costa, a kol. (2017) nezaznamenali žádnou statisticky významnou negativní změnu a pozorovali pouze malé efekty, v diskuzi ke své studii usuzují, že RWL může mít negativní vliv na výkon, jelikož u kontrolní skupiny (N = 19) pozorovali zlepšení v testu, ale i snížení srdeční frekvence, kdežto u experimentální skupiny (N = 20) byla srdeční frekvence navýšena. Koral & Dosseville (2009) nepozorovali žádný vliv RWL (4 týdny, měřeno den před soutěží) na počet hodů v judo movement testu. Test autoři více nespecifikují, pouze uvádějí, že účastníci prováděli opakování jejich oblíbené techniky (tokui-waza) během 5 a poté 30 vteřin. Dále desetiprocentní redukce hmotnosti během dvou týdnů neměla u patnácti taekwondistů negativní vliv na výsledek simulované soutěže. Nicméně u kontrolní skupiny (N = 16) bylo pozorováno statisticky významné zlepšení, z čehož autoři studie usoudili, že 10% ztráta hmotnosti není dobrou strategií k zlepšení výkonu v taekwondu (Fortes, de Vasconcelos, a kol., 2017). Několik studií se zabývalo i vlivem ~5% RWL na anaerobní výkon měřený pomocí Wingate testu na dolní (Kurakake a kol., 1998; Marttinen a kol., 2011; Yadollahzadeh a kol., 2015) a horní (Mendes a kol., 2013) končetiny a žádná ze zmíněných studií nepozorovala (statisticky významný) negativní vliv RWL na anaerobní výkon.

#### 2.3.2.2 Rychlá redukce hmotnosti a silové schopnosti s možností regenerace

Studie, které zohledňují zotavovací fázi a umožňují sportovcům regeneraci po RWL jsou se svými výsledky poněkud jednodušší. Nicméně jednotlivé závěry těchto studií se dají jen těžko porovnávat, kvůli odlišným metodám měření sportovního výkonu, kdy používají specifické testy pro judisty (Artioli, Iglesias, a kol., 2010) či zápasníky (Rankin a kol., 1996), měří výkon ve sprintu (Fogelholm a kol., 1993), či ve Wingate testu horních končetin (Finn a kol., 2004; Fogelholm a kol., 1993). Ovšem všechny tyto testy by se mohly označit jako testy anaerobního výkonu a zdá se, že ~5%

RWL následované 3 – 5 hodinami času na regeneraci (RWG), nemá negativní vliv na anaerobní výkon v bojových sportech (Artioli, Iglesias, a kol., 2010).

Jedna případová studie (Oöpik a kol., 1996) na dvou zápasnících se mimo jiné zabývala vlivem RWL a RWG na silový výkon, který byl měřený maximální izokinetickou extenzí v koleni. Nicméně autoři této studie pozorovali negativní vliv RWL (5,8% a 5,1%) a RWG (2,6% a 1,4%) na sílu, která se ani po 16,5 hodinách regenerace (jídlo a tekutiny ad libitum) nevrátila do původních hodnot (před RWL).

Vlivem RWL na výkon se zabývala i nedávná systematická rešerše a meta analýza (Mauricio a kol., 2022) a dle komentáře autorů se zdá, že úbytek celkové tělesné hmotnosti menší než 5% neovlivňuje výkon, tedy alespoň v případě maximální a explozivní síly. Nicméně tato rešerše je založena jen na celkově malém počtu studií (N = 11) a autoři shrnují, že je nutné více kvalitních studií, aby mohli lépe popsat a vysvětlit, zda a jak (a které) RWL metody ovlivňují výkon.

Část autorů předchozích studií poukazuje na statisticky významný negativní vliv RWL, ovšem proti tomu řada autorů nepozorovala žádný statisticky významný vliv na fyzický výkon a jedna studie dokonce pozorovala zlepšení výkonu. Kvůli nesourodým výsledkům dosavadních studií není možné vytvářet solidní závěry o tom, jaký má vliv RWL na fyzický výkon. Příčinou nesourodých výsledků může být hned několik důvodů. Jedním z nich je i to, že měření výkonů bezprostředně po RWL neodpovídá reálnému stavu, jelikož závodníci mají po vážení prostor na RWG a zdá se, že právě RWG fáze může částečně mitigovat negativní vliv RWL. Podrobně jsou další možné důvody popsány v kapitole [2.5 o limitacích předchozích studií](#).

## **2.4 Vliv RWL na zdraví**

Značná část literatury se taktéž zabývá výzkumem vlivu RWL na zdraví. Konkrétně se autoři věnují sledování biomarkerů, které by mohly poukazovat na zdravotní rizika spojená s praktikováním RWL. Různé metody RWL jsou často založené na manipulaci s vodou, a právě restrikce příjmu tekutin spojená s tepelnou zátěží a ztrátou vody pocením mohou zapříčinit hypertermii a dehydrataci závodníka. Proto jsou tyto stavy ústředním tématem literatury, která se zabývá potenciálním negativním vlivem na zdraví závodníka.

Míra dehydratace je posuzována na základě hodnot specifické hmotnosti moči (v literatuře urine specific gravity, USG) či ji někteří autoři posuzují na základě navýšené koncentrace hemoglobinu, hematokritu a kreatininu v krevním séru. Zdá se, že mírná dehydratace může být rizikovým faktorem ve vývoji chronických poruch ledvin (Roncal-Jimenez a kol., 2015) a je také spojována se sníženým objemem plazmy a potažmo zvýšenou krevní viskozitou, což může dle některých autorů vést ke snížení efektivity srdce a zvýšit tak riziko výskytu kardiovaskulárních problémů (Adeva-Andany a kol., 2016; Artioli a kol., 2016; González-Alonso a kol., 1997; Lakicevic a kol., 2020). V několika případech byla pozorována zvýšená srdeční frekvence vlivem RWL (Koral & Dosseville, 2009; Roklicer a kol., 2022), což autoři studií spojují spíše s potenciálním negativním vlivem RWL na vytrvalost než na zdraví. Podobně může i mírná dehydratace negativně ovlivnit jak kognitivní (Edwards a kol., 2007; Wilson & Morley, 2004), tak fyzický výkon (Cheuvront a kol., 2004; Pichan a kol., 1988).

Autoři nové literární rešerše (Lakicevic a kol., 2021), která zahrnuje celkem deset studií, jenž se zabývají vlivem RWL na funkci a zdraví ledvin, taktéž zmiňují specifickou hmotnost moči jako často používaný ukazatel, pomocí kterého je určována míra dehydratace. Navíc uvádí hladinu kreatininu a dusíku močovinny v krvi jako hlavní biomarkery určující míru poškození ledvin. Napříč deseti zahrnutými studiemi autoři poukazují na významné zvýšení hladin těchto biomarkerů po RWL a tyto zvýšené hodnoty jsou autory tedy spojovány s akutním poškozením ledvin vlivem záměrné dehydratace. Tento negativní vliv dehydratace na funkci ledvin může být dle Lakicevic a kol. (2021) významnější u zápasníků, kteří podstupují RWL vícekrát ročně a tedy právě opakovaný cyklus RWL by mohl mít (negativní) efekt na funkci ledvin

Ovšem zvýšená specifická hmotnost moči by měla být posuzována s opatrností. Ovlivňuje ji mnoho faktorů než jen redukce tělesné hmotnosti manipulací tělesné vody, ale také trénování, metabolity moči, navýšená svalová hmota a konzumace některých doplňků stravy, což může zapříčinit „chybné“ pozitivní nálezy (Zubac, Reale, a kol., 2018).

Kromě zdraví a funkce ledvin se řada studií zabývala vlivem dehydratace na endokrinní systém. Například Irfan (2015) ve své observační studii pozoroval významné rozdíly mezi dehydratovanými a hydratovanými zápasníky (N = 56), tedy konkrétně pozoroval asociaci ( $p < 0,001$ ) mezi osmolalitou plazmy a hladinami kortizolu ( $r = 0,67$ ) a testosteronu ( $r = -0,63$ ). Se zvyšující se mírou dehydratace měli zápasníci vyšší

hladinu stresového hormonu kortizolu a nižší hladinu testosteronu. Karila a kol. (2008) posuzovali dehydrataci na základě navýšené koncentrace hemoglobinu, hematokritu a kreatininu v krevním séru a v návaznosti na tyto hodnoty autoři taktéž zaznamenali významný pokles testosteronu (63% SD = 33%,  $p \leq 0,001$ ) a luteinizačního hormonu (54% SD = 47%,  $p \leq 0,001$ ) a navíc redukce hmotnosti korelovala se sníženou koncentrací testosteronu ( $r = 0,53$   $p \leq 0,024$ ). Toto však nejsou ojedinělé výsledky, jelikož podobné poklesy hladiny testosteronu vlivem RWL pozorovaly i další studie (Cannataro a kol., 2020; Degoutte a kol., 2006) a navíc Cannataro a kol. (2020) ukazují, že hladina testosteronu se u jejich vzorku nevrátila k původním hodnotám ani po osmihodinové RWG fázi.

Lakicevic a kol. (2020) ve své systematické literární rešerši shrnuje výsledky čtrnácti studií (N = 1103 judistů), které se zabývaly vlivem RWL na řadu dalších biomarkerů zdravotního stavu (např. změny hladin cholesterolu, adrenokortikotropního hormonu, hormonů štítné žlázy, kortizolu, testosteronu či volných mastných kyselin) a konstatují, že kromě zvýšené mobilizace volných mastných kyselin, dílčí studie nepozorovaly žádný výrazný trend či významný dopad RWL na hladiny těchto markerů. Autoři rešerše uvádějí, že zvýšená hladina volných mastných kyselin může indikovat zvýšenou úroveň lipolýzy kvůli prázdným glykogenovým zásobám. Dle autorů rešerše však existují další potenciální zdravotní rizika spojená s RWL jako jsou změny v inzulínové senzitivitě, degradace kostí a zhoršená imunitní funkce organismu.

Ovšem řada studií věnující se vlivům RWL a dehydratace na hladiny hormonů nebyla zahrnuta ve výše zmiňované literární rešerši a tyto studie poukazují na významný negativní vliv RWL na hladiny testosteronu, kde dochází k jeho snížení (Cannataro a kol., 2020; Degoutte a kol., 2006; Irfan, 2015; Karila a kol., 2008) a na hladiny kortizolu, kde dochází k jeho zvýšení (Cannataro a kol., 2020; Degoutte a kol., 2006; Irfan, 2015). Navíc po RWL je často pozorována snížená koncentrace krevní glukózy a je spojována právě se zvýšeným výskytem kortizolu v krvi (Cannataro a kol., 2020). Na druhou stranu kombinace restrikce kalorií a tekutin může krátkodobě snížit koncentrace prozánětlivých hormonů a zvýšit inzulínovou senzitivitu a funkci beta buněk slinivky břišní, tedy RWL (~4%) může zlepšit regulaci mastných kyselin, metabolismus glukózy a inzulínovou rezistenci (Talaee a kol., 2015).

Literatura se věnuje i dalším formám poškození zdraví vlivem RWL, jako například možným negativním vlivem na kostní růst a biologickou maturaci u

adolescentů (Roemmich a Sinning 1997). Časté změny hmotnosti mohou být také spojeny s problémy ohledně kontroly hmotnosti a mohou vytvořit predispozici k obezitě (Saarni a kol., 2006), což může být zapříčiněno sníženým bazálním metabolickým výdejem, který byl pozorován u zápasníků, jenž často měnili svou hmotnost (Steen a kol., 1988). Tento vliv cyklování hmotnosti na bazální metabolismus není zcela jednoznačný (McCargar a Crawford 1992). A z dostupné literatury se navíc zdá, že judisté (N = 392), kteří hubli více než 5% byli více náchylní ke zranění a to i v případě, kdy měli dostatečný čas na regeneraci (Green a kol., 2006).

V případě vlivu RWL na sportovní výkon je dosavadní literatura poněkud nejednotná, nicméně v případě vlivu RWL na zdraví se studie spíše shodují a poukazují na negativní vliv RWL na kardiorespirační činnost, funkci ledvin, endokrinní systém a výskyt úrazů. Tato zdravotní rizika společně s dalšími faktory přiměla několik autorů zabývajících se problematikou RWL sepsat jasné stanovisko, kterým varují před potenciálně nebezpečnými RWL metodami a apelují na ostatní odborníky, federace bojových sportů a primárně na Světovou antidopingovou agenturu, aby se vymezila proti metodám RWL a přispěla tak k úplnému zakázání redukce hmotnosti v bojových sportech (Artioli a kol., 2016). Kromě zdravotních rizik autoři argumentují tím, že RWL může potenciálně zlepšit výkon a vytvořit tak neférovou výhodu. Tedy uvádějí, že se jedná o formu dopingu a odkazují se na kodex Světové antidopingové agentury, dle kterého je za doping považována látka nebo metoda, která (1) může zlepšit sportovní výkon, (2) představuje pro sportovce zdravotní riziko a (3) narušuje sportovního ducha. Autoři ve svém stanovisku předkládají relevantní argumenty, na jejichž základě se snaží dokázat, že RWL metody naplňují všechna tato kritéria, a tudíž by měly být kompletně zakázány.



## 2.5 Limitace předchozích studií

Přestože již existuje poměrně velké množství studií zabývajících se efekty RWL a RWG na sportovní výkon v bojových sportech, nesourodé výsledky i metody těchto studií v současné chvíli neumožňují provést reliabilní závěr o tom, jaký vliv má manipulace tělesné hmotnosti na výsledný výkon. Možných příčin neshody může být několik. Jedním je například nejednotnost v definici RWL, značná část autorů považuje RWL za úbytek alespoň 5% tělesné hmotnosti v časovém horizontu 7 dní (Artioli, Gualano, a kol., 2010; Berkovich a kol., 2016; Khodae a kol., 2015; Lakicevic a kol., 2020), ale v některých studiích je za RWL považován i úbytek tělesné hmotnosti o 3% (Clarys a kol., 2010; Isacco a kol., 2020; Morales a kol., 2018; Zubac, Karnincic, a kol., 2018).

Dalším faktorem je testování rozdílných měřítek výkonu, tedy studie používají různé metody měření (např. vybrané silové schopnosti, aerobní či anaerobní vytrvalost, specifické judo testy) a je tedy těžké generalizovat pozorované výsledky.

Výsledky některých studií jsou jen obtížně vzájemně porovnatelné z důvodu nejednotnosti designu studií, jelikož například pozorované proměnné byly měřeny buď ihned po ukončení RWL fáze, a to bez ohledu na RWG fázi (Filaire a kol., 2001; Fortes, de Vasconcelos, a kol., 2017; Fortes, Costa, a kol., 2017; Viitasalo a kol., 1987; Yadollahzadeh a kol., 2015; Yang a kol., 2015), kdežto v dalších studiích byla sportovcům umožněna několikahodinová regenerace (RWG) před samotným měřením (Artioli, Iglesias, a kol., 2010; Fogelholm a kol., 1993; Houston a kol., 1981; Rankin a kol., 1996). Závodníci ovšem nezápasí bezprostředně po RWL a mezi vážením a zápasem mají několika hodinový prostor, který je často využíván k zotavení, doplnění glykogenových zásob a k rehydrataci po RWL fázi (Matthews a kol., 2019). Měření sportovců ihned po navážení tedy nemusí odrážet reálnou situaci při sportovním výkonu. Stav sportovce se tak na konci RWL fáze může velmi významně lišit od stavu po RWG a nemusí odpovídat stavu bezprostředně před zápasem (Coswig a kol., 2019; Reale a kol., 2016).

Dalším nedostatkem předchozích studií je také poměrně malý vzorek participantů, kvůli kterému je jen relativně malá šance důvěryhodně pozorovat potenciálně malé rozdíly ve výkonu ve spojení s RWL a RWG. Přestože by se průměrný počet participantů (16) mohl na první pohled zdát relativně vysoký, modus je pouze 12

a je nutné si navíc uvědomit, že část studií rozděluje participanty do více skupin. Například studie od Issaco a kol. (2020) se zúčastnilo celkem 20 participantů, nicméně byli rozděleni do kontrolní (10) a experimentální skupiny (10) a sledované proměnné byly měřeny pouze na deseti participantech experimentální skupiny. Přehled počtu participantů v jednotlivých RWL studiích je znázorněn v následujících tabulkách (Tabulka 2 a Tabulka 3). Ve vnitro-subjektovém designu a s tradičními hodnotami 5% chyby prvního a 20% chyby druhého typu, mají tyto studie s modelem  $N = 12$  sílu testu pozorovat pouze rozdíly v průměrných výkonech o velikosti efektu Cohena  $d = 0,89$  nebo více. Tedy mají šanci detekovat pouze poměrně velké rozdíly jako statisticky významné, což se pravděpodobně odráží právě v časté nejednotnosti ne/dosažené statistické signifikance reportovaných výsledků.

Tabulka 2 – Počet participantů napříč RWL studiemi pozorující změny fyzického výkonu

Autoři	N		Autoři	N	
	ES	KS		ES	KS
Filaire a kol. (2001)	11		Ribas a kol. (2019)	10	
Degoutte a kol. (2006)	10	10	Camarco a kol. (2016)	2	
Clarys* a kol. (2010)	22		Mendes a kol. (2013)	18	
Artioli a kol. (2010)	7	7	Barbas a kol. (2011)	12	
Coufalová a kol. (2014)	9		Martinnen a kol. (2011)	16	
Fortes a kol. (2017)	15	16	Isacco a kol. (2020)	10	10
Fortes a kol. (2017)	20	19	Kurakake a kol. (1998)	22	
Morales a kol. (2018)*	38		Yadollahzadeh a kol. (2015)	12	12
Oopik a kol. (1996)	2		Zubac a kol. (2020)	9	
Timpmann a kol. (2008)	17		Koral a Doseville (2009)	10	10
Rankin a kol. (1996)	12		Fogelholm a kol. (1993)	10	
Finn a kol. (2004)	15		Viitasalo a kol. (1987)	6	
Alves a kol. (2018)	12		Viitasalo a kol. (1987)	11	
Timpmann a kol. (2012)	16		Viitasalo a kol. (1987)	8	

**Poznámka:** \*participantí dále rozděleni dle redukce hmotnosti do více skupin (např. jedna skupina do 3%, druhá nad 3%)

Tabulka 3 – Deskriptivní statistika (centrální tendence dat) – počet participantů v RWL studiích zabývajících se fyzickým výkonem

	N	Medián	Modus	SD	Minimum	Maximum
Participantí	28	14.5	12.0 *	9.14	2	39

**Poznámka:** \* Druhý modus = 20

Z výše zmíněných důvodů jsme se proto rozhodli navázat na předchozí studie zabývající se vlivem manipulace tělesné hmotnosti na silové schopnosti a zohlednit jejich nedostatky v našem designu. Vytvořili jsme design studie zohledňující jak RWL, tak RWG fázi a měřili jsme výkony ve třech stavech (před RWL, po RWL a po RWG). Tento design nám umožňuje pozorovat nejen vliv RWL, ale i vliv RWG, což nám umožňuje porovnat naše výsledky s větším množstvím studií. Zároveň zvolený design lépe odráží běžnou situaci před soutěží a poskytuje nám realističtější vhled do zkoumané problematiky. Dále jsme použili standardizované testy, pomocí kterých můžeme pozorovat několik složek fyzického výkonu (anaerobní výkon, izometrickou a dynamickou sílu), které jsou typické a charakteristické pro bojové sporty. To nám umožňuje komplexněji pozorovat možné vlivy RWL a RWG na výkon v bojových sportech. Dále jsme stanovili pětiprocentní redukci tělesné hmotnosti, která se dle dostupné literatury jeví jako závodníky běžně redukováná hmotnost před soutěží. Sedmidenní časový horizont pak umožňuje participantům (relativně pohodlně) zredukovat 5% své hmotnosti. Participantům jsme poté poskytli dvouhodinovou RWG fázi, jelikož právě dvě hodiny se zdají jako minimální a nejkratší možný čas, který mají závodníci vždy k dispozici mezi vážením a začátkem zápasu. V neposlední řadě jsme se rozhodli pořídit větší – téměř dvojnásobný – výzkumný vzorek než je v předchozích studiích.

## **3 Cíl a predikce**

### **3.1 Cíl**

Cílem této práce je:

- otestovat vliv rychlé redukce tělesné hmotnosti na vybrané silové schopnosti a biomarkery zdravotního stavu,
- otestovat vliv rychlého příbytku hmotnosti na silové schopnosti,
- porovnat rozdíly mezi výkony ve třech stavech (před a po rychlé redukci a po rychlém příbytku hmotnosti u souboru závodníků plno-kontaktních bojových sportů.

### **3.2 Predikce**

P1 – Rychlá redukce hmotnosti (RWL) bude mít negativní vliv na silové schopnosti a zdraví zápasníků v porovnání se stavem před redukcí.

P2 – Rychlý příbytek hmotnosti (RWG) pozitivně ovlivní pozorované proměnné v porovnání RWL.

P3 – RWG navrátí pozorované proměnné do úrovně původních hodnot stavu před RWL.

## 4 Praktická část

### 4.1 Materiál, metody a výzkumný vzorek

Tato diplomová práce je součástí většího projektu, ze kterého současně vznikají dvě diplomové práce. Tato se zabývá vlivem RWL na silové schopnosti. Druhá práce se zabývá vlivem RWL na kognitivní výkon a psychické vyladění, jejím autorem je Bc. Jaroslav Hrdlička (pod vedením PhDr. Radima Pavelky, Ph.D.).

Výzkum se uskutečnil ve spolupráci s Katedrou gymnastiky a úpolových sportů a Katedry biomedicínského základu v kinantropologii. Výzkum byl schválen Etickou komisí UK FTVS pod číslem: 174/22 (Příloha 1). Sběr dat se uskutečnil v prosinci 2022 a v lednu a únoru 2023.

#### 4.1.1 Charakteristika výzkumného vzorku

##### 4.1.1.1 Cílová skupina

Této studii se mohli zúčastnit pouze zdraví muži ve věku 18 – 40 let, jenž mají a) zkušenosti s metodami redukce tělesné hmotnosti a b) jsou aktivními zápasníky v alespoň jednom bojovém sportu.

##### 4.1.1.2 Nábor participantů

Za účelem náboru participantů jsme vytvořili infografiky se základními informacemi ohledně výzkumu (Příloha 3). Tyto infografiky jsme rozšířili v rámci (neplacené) reklamy na sociálních sítích jako je Facebook či Instagram. Zároveň jsme tyto infografiky odeslali společně se základními informacemi o výzkumu do českých klubů a federací juda a MMA s prosbou o šíření výzkumu mezi svými členy. Dále jsme potenciální participanty oslovovali osobním kontaktem v klubech.

Nábor participantů se uskutečnil v prosinci 2022 a lednu a únoru 2023.

##### 4.1.1.3 Výsledný vzorek

Během náboru jsme oslovili velké množství sportovců z čehož se výzkumu bylo ochotných zúčastnit celkem 20 mužů splňující výběrová kritéria, nicméně jeden ukončil účast předčasně, tedy ke statistické analýze jsme použili data od 19 mužů (z toho 17 amatérů a 2 profesionálové) v průměrném věku 24,6 let ( $SD = 5,04$ ) s průměrnou výškou 180,3 cm ( $SD = 5,06$ ) a průměrnou hmotností 79,29 kg ( $SD = 7,6$ ). Detailní popisná statistika vzorku je níže (Tabulka 4) a poté v [kapitole 4.2.1](#) (Tabulka 9).

Zde je důležité zmínit, že celkový počet participantů pro experimentální studie s RWL je zjevně vždy primárně a významně omezen ochotou participantů provádět RWL mimo přípravu na svou soutěž a v přípravném období. I přes to se nám povedlo sehnat relativně velké množství participantů, které je větší než u ~75% RWL studií.

Tabulka 4 – Deskriptivní statistika charakteristiky participantů

	Stav	N	Průměr	SD	Minimum	Maximum	Shapiro-Wilk	
							W	p
Věk		19	24,6	5,04	18	36	0,918	0,106
Výška		19	180,3	5,06	172	187	0,894	0,038
Hmotnost (kg)	Před RWL	19	79,29	7,60	64,60	93,9	0,990	0,999
	Po RWL	19	75,38	7,42	61,40	88,8	0,979	0,928
	Po RWG	19	77,31	7,64	63,20	91,0	0,976	0,882
Tuk (%)	Před RWL	19	10,07	3,79	4,20	16,6	0,956	0,493
	Po RWL	19	8,88	3,61	3,80	15,7	0,953	0,436
	Po RWG	19	10,06	3,42	4,40	16,8	0,950	0,392
Svalová hmota (kg)	Před RWL	19	67,64	5,39	57,00	77,7	0,980	0,944
	Po RWL	19	65,13	5,13	55,20	73,6	0,970	0,785
	Po RWG	19	65,96	5,47	55,80	76,1	0,984	0,980
Celková tělesná voda (kg)	Před RWL	19	51,40	4,28	43,00	59,3	0,974	0,844
	Po RWL	19	49,22	4,03	41,50	55,4	0,959	0,556
	Po RWG	19	49,81	4,24	42,00	57,6	0,978	0,913
Celková tělesná voda (%)	Před RWL	19	64,97	3,15	59,80	71,2	0,978	0,921
	Po RWL	19	65,49	3,07	60,30	72,3	0,979	0,932
	Po RWG	19	64,56	2,65	59,70	69,6	0,972	0,824

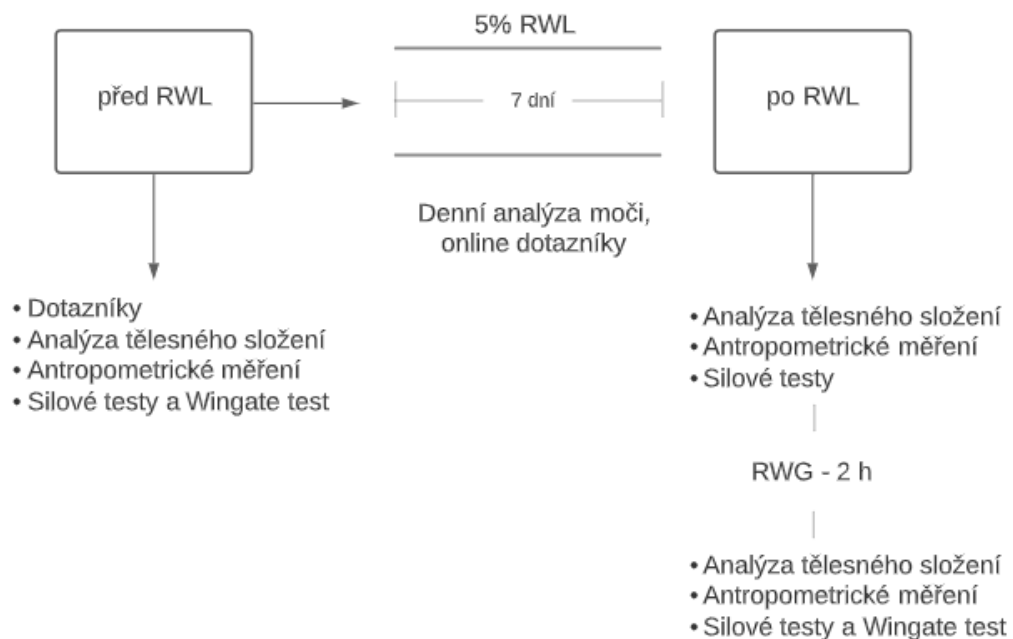
#### 4.1.2 Design výzkumu

Pro tuto studii byl zvolen vnitro-subjektový design výzkumu, tedy všichni účastníci byli vystaveni všem podmínkám – všichni redukovali a následně nabírali tělesnou hmotnost.

#### 4.1.3 Průběh studie

Studie zahrnovala celkem dvě návštěvy laboratoře s týdenním rozestupem (7 dní). Během těchto sedmi dnů měli účastníci za úkol rychle redukovat svou hmotnost jako při přípravě na soutěž. Účastníci před příchodem do laboratoře obdrželi prostřednictvím emailu podrobné informace o průběhu studie a zároveň byli instruováni, aby si přinesli sportovní oblečení, ručník a dostatek tekutin. První návštěva (před RWL) sloužila k naměření výchozích (baseline) hodnot a druhá návštěva (po RWL) byla bezprostředně po sedmidenní rychlé redukci hmotnosti a byla rozdělená na dvě měření. Mezi první měření (tedy bezprostředně po RWL fázi) a druhé měření (po RWG) měli účastníci 2 hodiny na regeneraci po RWL metodách, tzv. RWG fáze. Průběh studie je znázorněn na následujícím obrázku (Obrázek 2).

Obrázek 2 – Diagram průběhu studie



Po příchodu do laboratoře byli účastníci znovu informováni o průběhu studie a byli jim zodpovězeny všechny otázky a následně dostali informovaný souhlas k prostudování a podpisu (Příloha 2). Po podepsání informovaného souhlasu účastníci vyplnili účelový dotazník, který obsahuje okruhy otázek ohledně sportovní historie, stravovacích návyků a zkušeností s RWL a RWG metodami.

Následně účastníci vyplnili dotazníky POMS a PANAS a poté tyto dotazníky vyplňovali každý den po celou dobu trvání výzkumu, tedy celkem 8×, a to za účelem stanovení změn nálady účastníků během výzkumu. Tyto dotazníky jsou součástí zmíněné druhé diplomové práce tohoto projektu.

Po vyplnění všech dotazníků se účastníci svlékli do spodního prádla a druhý člen projektu (JH) jim změřil jejich tělesnou výšku pomocí stadiometru připevněným na stěně s přesností na 1 cm. Poté účastníkům změřil tělesné obvody (paže relaxované a v kontrakci, pas, boky, stehna, a lýtko) pomocí krejčovské metru s přesností na 0,1 cm a jejich tělesné složení na elektrické bio impedanci značky Tanita (více v [kapitole 4.1.6 Analýza tělesného složení](#)). Poté se účastníci převlékli do svého sportovního oblečení a absolvovali měření jejich kognitivního výkonu a reakčních schopností, tato data jsou mimo rámec této diplomové práce.

Dále účastníci absolvovali měření fyzického výkonu. Před začátkem testování silových schopností všichni účastníci provedli stejnou rozcvičku (popsána v [kapitole 4.1.7 Silové schopnosti](#)) pod dohledem a dle pokynů autora této práce a poté postupně absolvovali několik silových testů:

- maximální izometrické síly stisku ruky na ručním dynamometru Takei A5401,
- maximální izometrické síly při extenzi a flexi v lokti a kolenu na izokinetickém dynamometru Cybex Humac Norm,
- maximální explozivní síly dolních a horních končetin na silových deskách Kistler Medtec (dřep a klik s protipohybem, klik a dřep bez protipohybu),
- anaerobního výkonu měřený pomocí Wingate testu (horní končetiny).

Jednotlivé protokoly měření (počet opakování, interval zatížení a odpočinku) a specifikace jednotlivých testů jsou podrobně popsány v [kapitole 4.1.7 Silové schopnosti](#).



Po ukončení testů se participanti mohli vysprechovat a následně dostali za úkol zhubnout alespoň 5% své hmotnosti během 7 dnů, a to dle svých vlastních metod. Dále participanti obdrželi diagnostické proužky určené k analýze moči včetně záznamových archů, slovní a vytištěné instrukce, jak tyto proužky používat a jak zaznamenat výsledky. Diagnostické proužky participanti používali dvakrát denně (první a poslední moč) po celou dobu studie, tj. celkem 14 proužků (výsledky jsou součástí této práce). Participanti byli dále instruováni, aby každý den večer (po celou dobu trvání studie) vyplňovali dotazníky POMS a PANAS a aby zaznamenávali svou denní fyzickou aktivitu, příjem tekutin a jídla do online dotazníků (výsledky nejsou součástí této práce). Participanti každý den dostali upomínku připomínající vyplnění těchto dotazníků včetně odkazu na online dotazníky (výsledky nejsou součástí této práce). První měření bylo ukončeno zodpovězením všech dotazů a konzultací RWL metod.

Po 7 dnech přišli participanti podruhé do laboratoře na poslední měření, které bylo shodné s prvním měřením. Participanti pouze nevyplňovali vstupní účelově sestavený dotazník a informovaný souhlas. Také ve stavu po RWL neprováděli Wingate test.

Po tomto měření (po RWL) měli participanti 2 hodiny čas, aby se pokusili ztracenou hmotnost získat zpět, a to dle svých běžně používaných metod při přípravě na soutěž. Poté přišli zpět do laboratoře a proběhlo poslední (třetí) měření (po RWG). V jeho rámci byly měřeny všechny silové výkony jako při prvním měření (před RWL) včetně Wingate testu, ale participanti již nevyplňovali POMS, PANAS a účelový dotazník. Výzkum byl ukončen Wingate testem, poděkováním za účast a rozloučením se s participanty.

#### 4.1.4 Délka rychlé redukce a rychlého příbytku hmotnosti

Popisné i experimentální RWL studie často uvádějí pětiprocentní úbytek, který je závodníky dosažen během několika dní před soutěží (Artioli, Gualano, a kol., 2010), tedy 80 kilogramový závodník běžně redukuje okolo 4 kilogramů tělesné hmotnosti. Proto jsme v naší studii záměrně zvolili právě 5% RWL, a to během sedmi dní, aby měli participanti dostatek času a mohli (relativně pohodlně) zredukovat požadovanou hmotnost.

Závodníci však nejdou zápasit bezprostředně po vážení, ale mají vždy čas (někdy i více než 24 hodin) před začátkem zápasu. V naší studii jsme zvolili 2h RWG,

aby odpovídalo nejkratší možné době, kterou mají závodníci k dispozici k regeneraci mezi vážením a zápasem.

#### 4.1.5 Dotazníky

Pomocí nástroje Microsoft Forms jsme vytvořili celkem 2 online dotazníky, které jsme rozdělili do několika tematických částí a účastníci tyto dotazníky vyplňovali vždy online. První účelový dotazník účastníci vyplnili osobně při první návštěvě laboratoře, druhý dotazník vyplňovali z domova na konci každého dne po celou dobu trvání studie. Oba dotazníky jsou podrobněji popsány níže. Pro účely této práce byla analyzována pouze popisná data z účelového dotazníku, druhý (denní) dotazník není součástí této práce.

Artioli, Scagliusi, a kol. (2010) vytvořili dotazník pro zhodnocení RWL praktik napříč populací aktivně soutěžících judistů. Tento dotazník byl vytvořen na základě předchozích studií a autoři dotazníku konzultovali znění otázek se zkušenými trenéry a judisty, aby byly použity vhodné termíny. Výsledný dotazník byl pozitivně hodnocený s vysokou reliabilitou a dobrou validitou. Autoři dotazníku shrnují, že dotazník může být použit za účelem zjištění RWL praktik. Tento účelový dotazník jsme pro účely této diplomové práce přeložili z angličtiny do češtiny a za účelem pilotáže jsme jeho finální verzi nechali vyplnit studenty specializace úpolových sportů na UK FTVS, pro které byla česká verze dotazníku srozumitelná a neměli žádné potíže s jeho vyplněním. Tento účelový dotazník obsahuje otázky ohledně sportovní a hmotnostní historie dotazovaného, dále jsou zde otázky ohledně stravovacích návyků a zkušeností s metodami RWL a RWG. Dle druhu otázky měli účastníci možnost odpovídat do textového pole, vybírat z uvedených možností nebo pomocí Likertovy bipolárně zakotvené škály.

Druhý dotazník účastníci vyplňovali na konci každého dne (online) po celou dobu trvání studie, tj. 7 dní. Byl rozdělen na několik tematicky zaměřených částí. V první části dotazníku jsme se dotazovali na RWL metody, které účastníci daný den využili, druhá část se týkala příjmu jídla a suplementů, třetí část se věnovala denním fyzickým aktivitám, resp. tréninkům a ve čtvrté a poslední části byly otázky zaměřené na emoční rozpoložení během jednoho dne.

Co se týká denního záznamu jídla, ten účastníci zapisovali do zmíněných online dotazníků v rámci otevřených otázek, kde vždy sepsali hrubý odhad porcí (např.:

4x vajíčko, 1x krajíc chleba, 1x rajče a ½ malé okurky). Přesnější odhad přijatých kalorií bychom získali, kdybychom například nechali participanty veškeré přijaté potraviny přesně vážit na kuchyňské váze, skenovat čárové kódy jednotlivých potravin atp. Ale i tento postup může být nepřesný, nad rámec své nadbytečné náročnosti a zatěžování participantů. Zároveň pro účely této studie není podstatné přesně určit přijaté kalorie, ale spíše je relevantní informací, zda participanti jídlo ubírali či jedli po celou dobu trvání studie stejně. Abychom mohli lépe stanovit, jak participanti upravovali stravovací návyky, vytvořili jsme Likertovu škálu, na které participanti zaškrtovali, zda dle jejich mínění byla porce jídla běžná či větší nebo menší, než jsou zvyklí konzumovat.

Podobně jsme přistoupili i k části s prováděnou fyzickou aktivitou, kde nás spíše zajímá, jestli participanti cíleně navyšovali kalorický výdej, a nikoliv přesná hodnota kalorického výdeje. Proto jsme zvolili stejný typ otázek jako při záznamu jídla. Participant tedy v polouzavřených otázkách vybírali z různých typů tréninků, jejichž intenzitu, respektive náročnost následně ohodnotili na Likertově škále.

Přestože participanti dostali jasné instrukce, aby v některých otázkách odpovídali pouze jednoslovně, někteří přesto odpověděli několika slovy. Například u otázky „*Jaký bojový sport nyní děláte? (pokud se věnujete více bojovým sportům, uveďte ten, který je pro Vás NYNÍ primární)*“ participanti uvedli dva bojové sporty a v těchto případech (u kategorických dat) jsme do analýzy zahrnuli vždy první uvedenou odpověď. V případě neurčitých odpovědí u numerických dat jsme odpovědi vždy zprůměrovali, tedy například u otázky „*V kolika letech jste začal v tomto sportu závodit?*“ participant zodpověděl 15-16, my jsme do statistické analýzy použili aritmetický průměr 15,5.

#### 4.1.6 Analýza tělesného složení

Tělesné složení participantů bylo měřeno celkem 3×, tedy na začátku studie (před RWL), po RWL fázi a naposledy po RWG fázi pomocí bioelektrické impedance (Tanita MC 980). Bioelektrická impedance je technika, která se používá ke stanovení odhadu tělesného složení pomocí velmi nízkého elektrického proudu, který je do těla vyslán pomocí (v tomto případě) čtyř kovových elektrod. Elektrický proud velmi rychle prostupuje hydratovanou svalovou tkání, ale v případě tukové tkáně proud narazí na odpor (impedance) a tento odpor je měřen pomocí validovaných rovnic TANITA a

velmi rychle (během 20 sekund) je vypočítán odhad tělesného složení včetně segmentální analýzy. Pro účely této diplomové práce jsou analyzovány pouze následující hodnoty a jejich změny vlivem RWL a RWG; tělesná hmotnost (kg), tělesný tuk (% a kg), svalová hmota (kg) a celková voda v těle (l) (Utter a kol., 2001)

#### 4.1.7 Silové schopnosti

Silové schopnosti jsme měřili při všech stavech, tedy celkem jsme provedli tři měření silových schopností; výchozí měření před RWL fází, následně druhé měření po RWL fázi a poslední měření po RWG fázi. Jediný Wingate test horních končetin jsme měřili pouze dvakrát (před RWL a po RWG), vizte [kapitola 4.1.7.5 Anaerobní výkon](#).

Celkem se studie zúčastnilo 19 participantů, kteří měli na každé měření tři pokusy, tedy celkově jsme na jeden silový test (například CMJ) v jednom stavu (například po RWL) zaznamenali maximálně 57 pokusů. U některých silových testů z technicko-logistických důvodů nemáme k dispozici data od všech participantů, jelikož jsme neměli vždy dostupné nástroje měření. Jedná se však o malý počet chybějících dat, která jsou vždy uvedena v tabulkách u každého silového testu (v následujících [kapitolách 4.17.1 – 4.1.7.4](#)).

Před začátkem měření participantů absolvovali identické rozcvičení pod dohledem autora práce. Rozcvičení zahrnovalo následující cviky:

- 40× panák,
- 40× „skipink“ („vysoká kolena“),
- 20× unilaterální výpady (každá noha 10x),
- 20× dřep s výskokem a
- 10× klik.

Poté následovala mobilizace, vždy na obě strany:

- 5× kroužení; postupně celými pažemi, lokty, zápěstím, koleny („lyžař“).

#### 4.1.7.1 Maximální izometrická síla stisku ruky

Prvním silovým testem bylo měření (v kilogramech, kg) maximální izometrické síly stisku pravé i levé ruky (obdobně v Alves a kol., 2018; Coufalová a kol., 2014; Degoutte a kol., 2006; Filaire a kol., 2001; Morales a kol., 2018; Ribas a kol., 2019) pomocí digitálního ručního dynamometru (*Takei A5401, Japonsko*). Participanti byli testováni ve stoje s pažemi nataženými podél těla bez možnosti zapření se a měli vždy jeden zkušební (seznamovací) pokus na každou ruku. Následně participanti dostali instrukce k provedení maximálního stisku dynamometru po dobu 5 vteřin s následnou 5 vteřinovou pauzou. Celkem tedy participanti provedli 3 maximální opakování na pravou a poté 3 opakování na levou ruku. Deskriptivní statistika výkonů v jednotlivých stavech je v následující tabulce (Tabulka 5).

Tabulka 5 – Deskriptivní statistika – Maximální izometrická síla stisku ruky

	Stav	N*	Průměr	SD	Minimum	Maximum	Shapiro-Wilk	
							W	p
Pravá ruka (kg)	Před RWL	57	46,1	8,71	28,2	64,3	0,971	0,190
	Po RWL	54	47,4	8,15	31,1	64,3	0,975	0,305
	Po RWG	54	47,3	7,57	28,7	61,8	0,976	0,347
Levá ruka (kg)	Před RWL	57	44,4	8,60	31,3	60,7	0,924	0,002
	Po RWL	54	44,1	8,12	24,2	58,8	0,976	0,339
	Po RWG	54	45,4	7,58	28,6	62,2	0,979	0,469

**Poznámka:** \* = Celkem 19 participantů, každý měl 3 pokusy, tedy celkové N = 57. Hodnota  $\leq 56$  znamená chybějící data

#### 4.1.7.2 Maximální izometrická síla dolních a horních končetin

Maximální izometrickou flexi a extenzi v loketním (biceps a triceps brachii) (obdobně v Clarys a kol., 2010; Coufalová a kol., 2014; Kurakake a kol., 1998) a kolenním kloubu (biceps a kvadriceps femoris) (obdobně v Timpmann a kol., 2008; Zubac a kol., 2020) jsme měřili (v newtonmetrech, Nm) na izokinetickém dynamometru Humac Norm (*Cybex Humac Norm, USA*). Protokol měření byl podobný jako při měření maximální izometrické síly stisku ruky, tj. testovány byly všechny končetiny a po jednom zkušebním opakování následovaly vždy tři opakování s maximálním izometrickým úsilím, a to po dobu 5 vteřin s 15 vteřinovou pauzou mezi opakováními. Při flexi a extenzi v koleni byl úhel v koleni zafixován pomocí dynamometru ve 45

stupních a při flexi a extenzi v lokti byl úhel zafixován v 90 stupních. Deskriptivní statistika výkonů v jednotlivých stavech je v následující tabulce (Tabulka 6).

Tabulka 6 – Deskriptivní statistika – Maximální izometrická síla horních a dolních končetin

	Stav	N	Průměr	SD	Variance	Minimum	Maximum	Shapiro-Wilk	
								W	p
Pravý kvadriceps (Nm)	Před RWL	57	270,9	46,7	2183	154,1	366,3	0,989	0,892
	Po RWL	57	266,6	56,3	3168	150,9	361,1	0,922	0,001
	Po RWG	57	273,1	48,5	2348	177,8	374,4	0,972	0,200
Levý kvadriceps (Nm)	Před RWL	57	249,5	45,0	2028	153,9	384,1	0,975	0,298
	Po RWL	54	247,7	45,3	2050	163,1	332,4	0,971	0,223
	Po RWG	57	256,9	51,3	2635	166,3	405,0	0,958	0,045
Pravý hamstring (Nm)	Před RWL	57	94,4	16,2	261	49,0	119,8	0,931	0,003
	Po RWL	57	91,0	17,5	307	44,3	126,7	0,965	0,100
	Po RWG	57	95,2	15,3	234	49,5	122,4	0,952	0,023
Levý hamstring (Nm)	Před RWL	54	96,3	17,7	314	45,4	134,1	0,981	0,564
	Po RWL	51	87,1	19,1	363	33,1	120,9	0,958	0,068
	Po RWG	54	91,2	17,3	299	45,4	121,7	0,932	0,004
Pravý triceps (Nm)	Před RWL	56	67,5	24,0	576	37,7	127,2	0,921	0,001
	Po RWL	57	67,5	18,9	357	37,3	115,3	0,942	0,008
	Po RWG	57	72,0	22,8	521	35,3	115,2	0,939	0,007
Levý triceps (Nm)	Před RWL	57	65,7	17,3	300	39,2	114,0	0,925	0,002
	Po RWL	54	64,4	11,3	127	39,3	92,1	0,981	0,524
	Po RWG	57	68,5	15,9	252	40,7	111,5	0,943	0,009
Pravý biceps (Nm)	Před RWL	57	71,4	12,8	163	47,7	109,5	0,964	0,087
	Po RWL	57	70,5	13,6	185	39,6	103,5	0,985	0,706
	Po RWG	57	70,5	17,2	296	40,0	108,0	0,942	0,009
Levý biceps (Nm)	Před RWL	57	69,6	13,3	177	45,8	102,0	0,971	0,185
	Po RWL	54	70,3	11,6	135	47,4	94,4	0,947	0,019
	Po RWG	54	69,5	10,7	114	49,2	100,9	0,949	0,023

**Poznámka:** \* = Celkem 19 participantů, každý měl 3 pokusy, tedy celkové N = 57. Hodnota  $\leq 56$  znamená chybějící data

#### 4.1.7.3 Maximální výskok z dřepu s a bez protipohybu

Za účelem stanovení explozivní síly dolních končetin (volně přeloženo z anglického power) participanti na jedné silové desce (*Kistler Medtec*) provedli opakovaný maximální výskok z dřepu s protipohybem (CMJ) a z dřepu bez protipohybu (SJ) (obdobně v Clarys a kol., 2010; Filaire a kol., 2001; Koral & Dosseville, 2009; Kurakake a kol., 1998; Viitasalo a kol., 1987).

Participanti dostali instrukce ke správné technice těchto testů. V případě obou testů byla základní poloha stoj s rozkročenýma nohama na šíři ramen, ruce v bok. V případě CMJ participanti provedli protipohyb s libovolnou hloubkou a ihned výskok z dřepu s maximálním úsilím (slovní instrukce „vyskočte co nejvýše“). Po prvním výskoku se participant vrátil do základní polohy a test opakoval. V případě PJ participanti provedli dřep a setrvali v libovolně stanovené hloubce dřepu a čekali na povel, který dostali v rozmezí 1 – 2 s po zaujmutí stabilní polohy. Celkem participanti udělali tři opakování s maximálním úsilím. Těm předcházela samotný nácvik testu, kdy participanti zkoušeli test (bez velkého úsilí), dokud nebyla technika pohybu dostačující. Pauza mezi jednotlivými opakováními nebyla, respektive pouze několik vteřin na navrácení do základní polohy. U tohoto měření nebyla pozorovanou proměnnou maximální výška, ale maximální síla (peak force v newtonech, N), kterou je participant schopen vygenerovat odrazem z desky. Deskriptivní statistika výkonů v jednotlivých stavech je v tabulce na konci další kapitoly (Tabulka 7).

CMJ i SJ jsou standardní testy používané k diagnostice explozivní síly (power) dolních končetin se vzájemnou vysokou korelací  $r = 0,95$  (Branco a kol., 2018). Tyto testy mají vysokou míru reliability, validity i úzkou pozitivní korelací s ostatními testy explozivní síly dolních končetin (Markovic a kol., 2004; Slinde a kol., 2008).

#### 4.1.7.4 Maximální výskok z kliku s a bez protipohybu

Za účelem stanovení maximální explozivní síly horních končetin participanti prováděli na jedné silové desce (*Kistler*) opakovaný maximální výskok z kliku bez protipohybu (v literatuře se používá plyometric push up či push jump, dále jen PJ) a opakovaný maximální výskok z kliku s protipohybem (v literatuře se používá countermovement push jump, dále jen CPJ).

Přestože současná literatura (Sha a Dai 2021) doporučuje pro přesnější odhad výkonu měřit na dvou deskách, v době měření jsme měli k dispozici pouze jednu desku, na které jsme změřili celý výzkumný vzorek ve všech stavech.

CMJ i PJ se jeví jako validní a reliabilní testy (Zalleg a kol., 2020) ke stanovení maximální explozivní síly (power) horních končetin, a navíc jsou úzce pozitivně spojeny s výkony v ostatních cvicích jako je bench press (Tillaar & Ball, 2020; Wang a kol., 2017). Tyto testy jsou běžně využívány ve sportovní vědě, avšak v RWL literatuře se zatím nepoužívají, a to i přes to, že je explozivní síla horní poloviny těla významnou komponentou výkonu v těchto sportech.

U tohoto měření nebyla pozorovanou proměnnou maximální výška výskoku, ale maximální síla (peak force v newtonech, N), kterou je participant schopen vygenerovat odrazem z desky. Deskriptivní statistika výkonů v jednotlivých stavech je v tabulce níže (Tabulka 7).

Tabulka 7 – Deskriptivní statistika – explozivní síla (CMJ, SJ, CPJ, PJ)

	Stav	N*	Průměr	SD	Variance	Minimum	Maximum	Shapiro-Wilk	
								W	p
CMJ (N)	Před RWL	51	1779	251	62763	1360	2229	0,953	0,042
	Po RWL	48	1751	243	58946	1302	2197	0,966	0,179
	Po RWG	51	1783	248	61747	1308	2215	0,941	0,013
SJ (N)	Před RWL	51	1789	258	66358	1389	2378	0,946	0,022
	Po RWL	48	1758	235	55244	1318	2229	0,976	0,412
	Po RWG	51	1764	250	62609	1030	2210	0,967	0,167
CPJ (N)	Před RWL	51	1077	196	38514	758	1505	0,966	0,146
	Po RWL	48	977	180	32542	640	1398	0,975	0,380
	Po RWG	50	1049	187	35108	738	1440	0,965	0,140
PJ (N)	Před RWL	50	904	131	17165	702	1215	0,968	0,190
	Po RWL	48	836	122	14861	623	1044	0,957	0,075
	Po RWG	51	877	127	16113	647	1080	0,952	0,040

Poznámka: \* = Celkem 19 participantů, každý měl 3 pokusy, tedy celkové N = 57. Hodnota  $\leq 56$  znamená chybějící data

#### 4.1.7.5 Anaerobní výkon

Anaerobní výkon jsme měřili pomocí intervalového Wingate testu na horní končetiny (obdobně v Mendes a kol., 2013). Tento test je pravděpodobně nejspecifičtějším testem z použitých testů v této práci. Svým charakterem nejlépe odráží výkonu v bojových sportech. Z těchto důvodů jsme upřednostnili Wingate test na horní končetiny, přestože v RWL literatuře častěji používá Wingate test na dolní končetiny



(Kurakake a kol., 1998; Marttinen a kol., 2011; Yadollahzadeh a kol., 2015). Wingate test poskytuje množství dat (například maximální výkon ve wattch), ovšem jako hlavní sledovou závislou proměnnou jsme vybrali index únavy (v procentech, %), který nám umožňuje pozorovat vliv jednotlivých stavů na výkon. Deskriptivní statistika indexu únavy v jednotlivých stavech je v tabulce níže (Tabulka 8). Zvolili jsme velikost zatížení 4W/kg tělesné hmotnosti s intervalem zatížení 3×15s a intervalem odpočinku 30s mezi jednotlivými opakováními. Tento interval jsme stanovili jako obdobu reálné cyklické maximální zátěže v průběhu zápasu v bojových sportech (Durkalec-Michalski, K., osobní komunikace, 2022).

Jedná se o jediný silový test, který jsme nezařadili do druhého měření (bezprostředně po RWL), ale pouze do měření posledního (bezprostředně po RWG) ve snaze co nejvíce přiblížit design studie reálným podmínkám před zápasem, kdy zápasníci přijdou na ranní vážení po RWL (s nejnižší hmotností, ideálně však nejvyšší hmotností, která je povolená v rámci zápasu či hmotnostní kategorie) a po vážení následuje RWG fáze, kdy zápasníci přibírají hmotnost zpět a snaží se tak získat hmotnostní výhodu nad soupeřem. V rámci našeho designu jsme dali účastníkům právě dvě hodiny čas mezi vážením a zápasem, kdy Wingate test reprezentuje reálný zápas. Přestože by nám měření bezprostředně po RWL poskytlo zajímavý vhled do vlivu RWL na výkon, neměl by však praktický přesah do reálných podmínek zápasu. Navíc je Wingate test fyzicky velmi náročný a jelikož měli účastníci pouze 2 hodiny čas na zotavení, mohla by se fyzická únava z měření po RWL projevit na měření po RWG a místo vlivu RWG bychom mohli pozorovat spíše vliv únavy na výkon.

Tabulka 8 – Deskriptivní statistika – Wingate (index únavy)

	stav	N	Průměr	SD	Minimum	Maximum
Index únavy (%)	Před RWL	19	29,5	12,2	3,90	57,8
	Po RWL	19	35,5	13,8	18,00	80,8

#### 4.1.8 Biomarkery zdravotního stavu a funkce ledvin

Účastníci dostali na začátku studie sadu diagnostických proužků včetně záznamových archů a instrukcí, jak proužky používat a jak zaznamenávat výsledky. Po celou dobu trvání studie se účastníci dvakrát denně samotestovali; poprvé ráno na lačno (ihned po probuzení) a podruhé sbírali poslední moč před spaním. Každý

participant celkem použil 14 proužků. Někteří participantů zapomněli proužky použít, či ke konci studie neměli dostatek moči k analýze z důvodu záměrné dehydratace. Z maximálního možného počtu bodů měření (N = 266) nám chybí 10 údajů, tedy v analýze jsme použili celkem 256 datových záznamů.

K analýze moči jsme použili diagnostické proužky Multi 10 UrineScreen (IVT Imuno), které slouží k semi-kvantitativnímu a kvalitativnímu stanovení 10 parametrů v moči (leukocyty, glukóza, bilirubin, ketony, specifická hmotnost, krev, pH, bílkoviny, urobilinogen, dusitany). Jedná se o levnou, dostupnou, neinvazivní a jednoduchou metodou testování, jejíž princip je založen na reakci reagensů se složkami moči. Výsledkem je různé zbarvení jednotlivých komponentů proužků, které lze následně vyhodnotit. Sledovaným údajem této práce je specifická hmotnost moči (urine specific gravity, USG), která je nejvíce používaným biochemickým markerem v dostupné literatuře (Lakicevic a kol., 2021), jenž určuje míru (de)hydratace u sportovců včetně zápasníků bojových sportů. Navzdory vysoké popularitě USG napříč výzkumníky se však stále vede debata o diagnostické přesnosti (Zubac, Reale, a kol., 2018). Aktuálně neexistuje definitivní přístup k interpretaci výsledků a nelze přesně určit prahové hodnoty a diagnostikovat tak dehydrataci u zápasníků bojových sportů pomocí USG hodnot. (Zubac, Reale, a kol., 2018)

Navzdory výše zmíněným limitacím je hodnocení stavu hydratace na základě USG validní nástroj, který poskytuje vhled do hydratace sportovce. V této studii není primárním cílem určit přesnou hladinu USG, ale pozorovat relativní rozdíly USG hodnot mezi dny před RWL, při RWL a po RWL.

#### 4.1.9 Statistická analýza

Ke statistické analýze všech pořízených dat jsme použili program Jamovi (Anon. 2022). Nejprve jsme ověřili reliabilitu (konzistenci) měření výkonu v rámci všech pokusů pro každý test cvik a termín. K tomu jsme použili analýzu reliability Intra-class korelací (ICC) (Koo a Li 2016) pomocí jamovi modulu SimplyAgree (Caldwell 2022) Použili jsme ICC two-way fixed model měřící konzistenci (typ ICC3). Výsledné ICC jsou uvedené včetně 95% konfidenčního intervalu (CI) a za dostatečnou hranici shody považujeme hodnotu  $ICC \geq 0,7$ . Z těchto 3 měření jsem vypočítali průměrný výkon po každý termín a test. U těchto (tzv. agregovaných hodnot) jsme ověřili, zda splňují

předpoklady normality rozložení pomocí Shapiro-Wilk testu a vizuální inspekci Q-Q grafů.

Dále jsme provedli explorační korelační analýzu síly asociace mezi výkony a stavy (před RWL, po RWL, po RWG) samostatně pro každý test, tedy například jak koreluje výkon ve stavu před RWL se stavem po RWL pro CMJ. V závislosti na výsledku testu normality jsme použili buď Pearsonův ( $r$ ) nebo Kendallův ( $\tau$ ) korelační koeficient včetně jejich 95% CI.

K ověření vlivu RWL a RWG na fyzický výkon jsme použili lineární a generalizované mixed effect modely, a to v závislosti na rozložení dat závisle proměnné. V těchto modelech byla jako závislá proměnná průměrný výkon, faktorem byl stav (před RWL, po RWL, po RWG) a jako tzv. random faktor ID participanta. Pro každý silový test jsme sestavili samostatný model. Ke každému modelu potom provádíme post-hoc test porovnání dílčích stavů s Holm korekcí pro mnohonásobná porovnání.

Pro analýzu dat z diagnostických proužků moči jsme použili generalizovaný mixed effect model. Sestavili jsme dva alternativní modely. V prvním modelu jsme jednotlivá měření použili jako kategorie a pozorovali jsme rozdíly mezi dny (např. rozdíl mezi před RWL a po RWL). V druhém modelu jsme jednotlivá měření použili jako spojitá data a zjišťovali jsme změnu hodnot v průběhu studie.

V případě lineárních mixed effect modelů uvádíme vysvětlenou variabilitu jako  $R^2_M$  a  $R^2_C$ .  $R^2_M$  uvádí vysvětlenou variabilitu prediktory a  $R^2_C$  variabilitu vysvětlenou prediktory a random efektem. V případě generalizovaných modelů uvádíme velikost efektu jako  $\exp(B)$  včetně jejich 95% CI. Rozdíly mezi průměry v post-hoc testech uvádíme jako Cohenovo  $d$ .

#### 4.1.9.1 Analýza sensitivity

Jelikož řada dílčích studií se neshoduje na pozorované síle ani směru efektu a také neuvádí veškeré potřebné údaje (jako síla korelace mezi opakovanými měřeními) nutné k provedení dostatečně informované a priori analýzy síly testu (Power analýzy), provedli jsme analýzu sensitivity se získaným počet participantů. Pro tuto vnitro-subjektovou studii jsme plánovali vzorek 20 participantů, který je větší než v předešlých studiích a poskytuje nám tak větší šanci s nižším procentem chyb 1. a 2. druhu pozorovat i menší efekty.

Na základě analýzy sensitivity síly testu pomocí G\*Power nám vzorek  $N = 19$  poskytuje při síle testu (power) 80% a hladině statistické významnosti 0,05 (pro oboustranný test) pozorovat efekty (velikosti rozdílů v post-hoc porovnáních) o hodnotě Cohenovo  $d = 0,68$ . Výpočet sensitivity vysvětlené variability modely jsme aproximovali (Murayama a kol., 2022) pomocí power analýzy testu jednocestné ANOVA s opakovaným měřením (1 hlavní efekt, 3 opakovaná měření, korekce nesféricity dat 1; jelikož literatura neposkytuje informace o průměrné korelaci mezi opakovanými měřeními, byla použita defaultní hodnota 0,5) nám vzorek 20 participantů poskytuje sensitivitu při síle testu 80% a hladině statistické významnosti 0,05 pozorovat vysvětlenou variabilitu o velikosti Cohenovo  $f = 0,37$ , nebo-li  $\eta^2 0,12$ , tedy  $\geq 12\%$ .

#### 4.1.10 Přílohy a dostupnost dat

Součástí této diplomové práce jsou přílohy (v [Přílohy](#)), které zahrnují například Žádost o vyjádření Etické komise UK FTVS či informovaný souhlas. Součástí práce jsou i elektronické přílohy jako například excelové soubory s naměřenými daty silových výkonů či tělesného složení (v dlouhých i širokých formátech) nebo provedené statistické analýzy. Elektronické přílohy jsou dostupné ke stažení na:

[https://osf.io/fmw3p/?view\\_only=09c2c745b6c84f149b6ab786b0185ff0](https://osf.io/fmw3p/?view_only=09c2c745b6c84f149b6ab786b0185ff0)

## 4.2 Výsledky

### 4.2.1 Účelový dotazník

Participantů uvedli, že se bojovým sportům (obecně) věnují v průměru od 15,2 let (SD = 5,2) a mají průměrnou tréninkovou zkušeností 9,4 let (SD = 5,7). Studie se zúčastnili sportovci z MMA (N = 8), thajského boxu (N = 5), boxu (N = 3), kickboxu (N = 2) a taekwon-da (N = 1). Tyto sporty účastníci označili jako jejich aktuální primární bojové sporty (APBS), se kterými začínali v průměrném věku 15,2 let (SD = 5,2), věnují se jim v průměru 6,1 let (SD = 5,1). Aktivně v nich soutěží od 19,4 let (SD = 5,4) s průměrnou soutěžní praxí 5,2 let (SD = 7,1) a průměrným počtem zápasů 17,6 (SD = 27), z toho průměrný počet výher 9,2 (SD = 13,3), proher 7,1 (SD = 11,9) a remíz 0,1 (SD = 0,3) (více v Tabulce 9).

Všichni účastníci měli předchozí zkušenost s RWL (podmínka účasti ve studii) a 74% respondentů uvedlo, že redukuje hmotnost před každým zápasem. Účastníci nejčastěji uváděli, že v rámci redukce na zápas kombinují GWL a RWL metody, tedy redukuje hmotnost nejprve pozvolně v delším časovém úseku a poté rapidně (63%), ostatní pak preferují pouze GWL (26%) či pouze RWL (11%). Dále účastníci uvedli, že hmotnost poprvé redukovali v průměrných 20,7 letech (SD = 4,8) a obvykle před zápasem redukuje v průměru 4,2 kg (SD = 1,9) a nejvíce v minulosti redukovali v průměru 6,7 kg (SD = 2,9).

Většina dotazovaných (53%) uvedla, že nejčastěji začíná s redukcí tělesné hmotnosti 3 – 4 týdny před zápasem a během GWL a RWL využívají kombinaci několika metod, jejichž četnost je v tabulce níže (Tabulka 10).

Po oficiálním vážení mají amatérští účastníci (N = 17) v průměru 3,5 hodiny (SD = 1,5) času mezi oficiálním vážením a začátkem zápasu, v případě profesionálů (N = 2) se jedná v průměru o 24,8 hodin (SD = 1,1). Celkem 58% účastníků uvedlo, že tento čas využívá k cílenému nabírání hmotnosti. Účastníci v rámci RWG vypijí v průměru 2,3 litru (SD = 1,3) tekutin a naberou v průměru 2,3 kg (SD = 1,4) tělesné hmotnosti (N = 8). Účastníci uvedli, že týden po soutěži naberou v průměru 3,5 kg (SD = 2) tělesné hmotnosti. Četnost jednotlivých RWG metod, respektive potravin a tekutin je v tabulce níže (Tabulka 11).

Tabulka 9 – Deskriptivní statistika – Soutěžní historie účastníků

	<b>N</b>	<b>Průměr</b>	<b>SD</b>	<b>Minimum</b>	<b>Maximum</b>
Praxe s bojovými sporty obecně (v letech)	19	9,42	5,65	1	20
Délka praxe v APBS (v letech)	19	6,13	5,05	1	18
Délka soutěžní praxe v APBS (v letech)	19	5,18	7,10	0	30
Počet zápasu v APBS	19	17,63	27,02	1	100
Počet výher v APBS	19	9,16	13,29	0	55
Počet proher v APBS	19	7,05	11,86	0	50
První redukce hmotnosti (v letech)	19	20,66	4,79	15	32
Obvykle redukovávaná hmotnost (kg)	19	4,21	1,94	1,5	10
Nejvyšší redukovávaná hmotnost (kg)	19	6,68	2,92	3	16

**Poznámka:** APBS = aktuálně primární bojový sport

Tabulka 10 – Deskriptivní statistika – Běžně používané RWL metody

<b>Metoda</b>	<b>Nikdy (%)</b>	<b>Občas (%)</b>	<b>Často (%)</b>	<b>Velmi často (%)</b>	<b>Vždy (%)</b>
Vynechání jídel	33,3	16,7	22,2	0	27,8
Půst (bez jídla celý den)	78,9	10,5	5,3	0	5,3
Omezení příjmu tekutin	27,8	5,6	33,3	11,1	22,2
Navýšení příjmu tekutin a následné omezení	36,8	5,3	15,8	21,1	21,1
Více tréninků bojových sportů	15,8	15,8	26,3	0	42,1
Trénink v záměrně vytápěných tělocvičnách	78,9	10,5	10,5	0	0
Saunování	47,4	15,8	15,8	5,3	15,8
Koupele v horké vaně (se solí nebo bez)	47,4	10,5	15,8	5,3	21
Trénování v sauna obleku	63,2	0	5,3	5,3	26,3
Použití zimního oblečení nebo sauna obleku během celého dne nebo noci (bez cvičení)	77,8	5,6	0	0	16,7
Záměrné plivání	84,2	5,3	0	0	10,5
Záměrné zvracení	100	0	0	0	0

Tabulka 11 – Deskriptivní statistika – Participanty běžně používané RWG metody

<b>Metoda</b>	<b>Nikdy (%)</b>	<b>Občas (%)</b>	<b>Často (%)</b>	<b>Velmi často (%)</b>	<b>Vždy (%)</b>
Komplexní sacharidy (rýže, ovesné vločky, pečivo, těstoviny, atd.)	10,5	5,3	5,3	5,3	73,7
Jednoduché sacharidy (ovoce, sušené ovoce, med, atd.)	5,3	0	5,3	10,5	78,9
Bílkoviny (maso, mléčné výrobky, atd.)	33,3	5,6	16,7	11,1	33,3
Tuky (ořechy, kokos, atd.)	31,6	21,1	15,8	15,8	15,8
Sladkosti (čokolády, sušenky, bonbóny, atd.)	31,6	21,1	5,3	10,5	31,6
Voda, minerální voda	5,3	0	5,3	0	89,5
Iontové nápoje, rehydratační roztoky	15,8	10,5	15,8	5,3	52,6
Džusy, ovocné šťávy	42,1	5,3	21,1	10,5	21,1
Limonády	57,9	15,8	5,3	5,3	15,8
Energetické nápoje obsahující kofein	57,9	10,5	5,3	10,5	15,8
Vitamíny a minerální látky	31,6	0	15,8	15,8	36,8
Před tréninkové stimulanty („nakopávače“)	89,5	5,3	0	5,3	0
Doplňky stravy obsahující převážně sacharidy (gainery)	73,7	15,8	0	0	10,5
Doplňky stravy obsahující převážně bílkoviny (protein)	55,6	0	11,1	5,6	27,8

#### 4.2.2 Vliv manipulace hmotnosti na tělesné složení

V případě tělesného složení data splňovala předpoklady normality rozložení (stanoveno inspekcí Q-Q grafů a pomocí Shapiro-Wilk testu) a z tohoto důvodu jsme následně použili lineární mixed effect model.

Nejdříve jsme ověřil, jak velký vliv měla RWL a RWG fáze na tělesnou hmotnost, zda participanti zredukovali předem stanovenou hmotnost a kolik kilogramů nabrali během dvouhodinové RWG fáze. Následně jsme sledovali, jak se manipulace hmotnosti projevila na ostatních složkách tělesného složení. Tedy konkrétně jsme pozorovali změny v celkové tělesné hmotnosti (kg), tělesném tuku (%), tělesné vodě (kg a%) a svalové hmotě (kg).

Stav měl statisticky významný vliv na tělesnou hmotnost participantů ( $F_{2, 36} = 214$ ,  $p < 0,001$ ,  $R^2_M = 0,044$ ,  $R^2_C = 0,994$ ) (Tabulka 12 a Obrázek 3), konkrétně participanti zredukovali hmotnost v průměru o 3,9 kg (což odpovídá zadané redukcii 5%), mezi stavy před RWL (79,29 kg, SD = 7,60) a po RWL (75,38 kg, SD = 7,42). Následně pak během dvou hodin mezi stavy po RWL a po RWG nabrali v průměru 1,93 kg (2,6%) tělesné hmotnosti a měli stále statisticky významně nižší hmotnost než na začátku studie, a to v průměru o 1,98 kg (2,5%) ( $p_{holm} < 0,001$  mezi všemi stavy).

Stav měl statisticky významný vliv na tělesný tuk participantů ( $F_{2, 36} = 12,4$ ,  $p < 0,001$ ,  $R^2_M = 0,024$ ,  $R^2_C = 0,946$ ) (Tabulka 12 a Obrázek 3), konkrétně participanti zredukovali tělesný tuk v průměru o 1,2% mezi stavy před RWL (10,07%, SD = 3,79) a po RWL (8,88%, SD = 3,61) ( $p_{holm} < 0,001$ ). Následně pak během dvou hodin mezi stavy po RWL a po RWG (10,06%, SD = 3,42) nabrali v průměru 1,18% tělesného tuku ( $p_{holm} < 0,001$ ), ale nedekovali jsme statisticky významné rozdíly mezi stavy před RWL a po RWG.

Stav měl statisticky významný vliv na svalovou hmotu participantů ( $F_{2, 36} = 51,2$ ,  $p < 0,001$ ,  $R^2_M = 0,038$ ,  $R^2_C = 0,979$ ) (Tabulka 12 a Obrázek 3), konkrétně jsme pozorovali úbytek svalové hmoty v průměru o 2,51 kg (3,7%) mezi stavy před RWL (67,64 kg, SD = 5,39) a po RWL (65,13 kg, SD = 5,13) ( $p_{holm} < 0,001$ ). Následně pak během dvou hodin mezi stavy po RWL a po RWG nabrali v průměru 0,83 kg (1,3%) svalové hmoty ( $p_{holm} = 0,002$ ) a po RWG měli stále statisticky významně nižší zastoupení svalové hmoty než na začátku studie v průměru o 1,68 kg (2,5%) ( $p_{holm} < 0,001$ ).



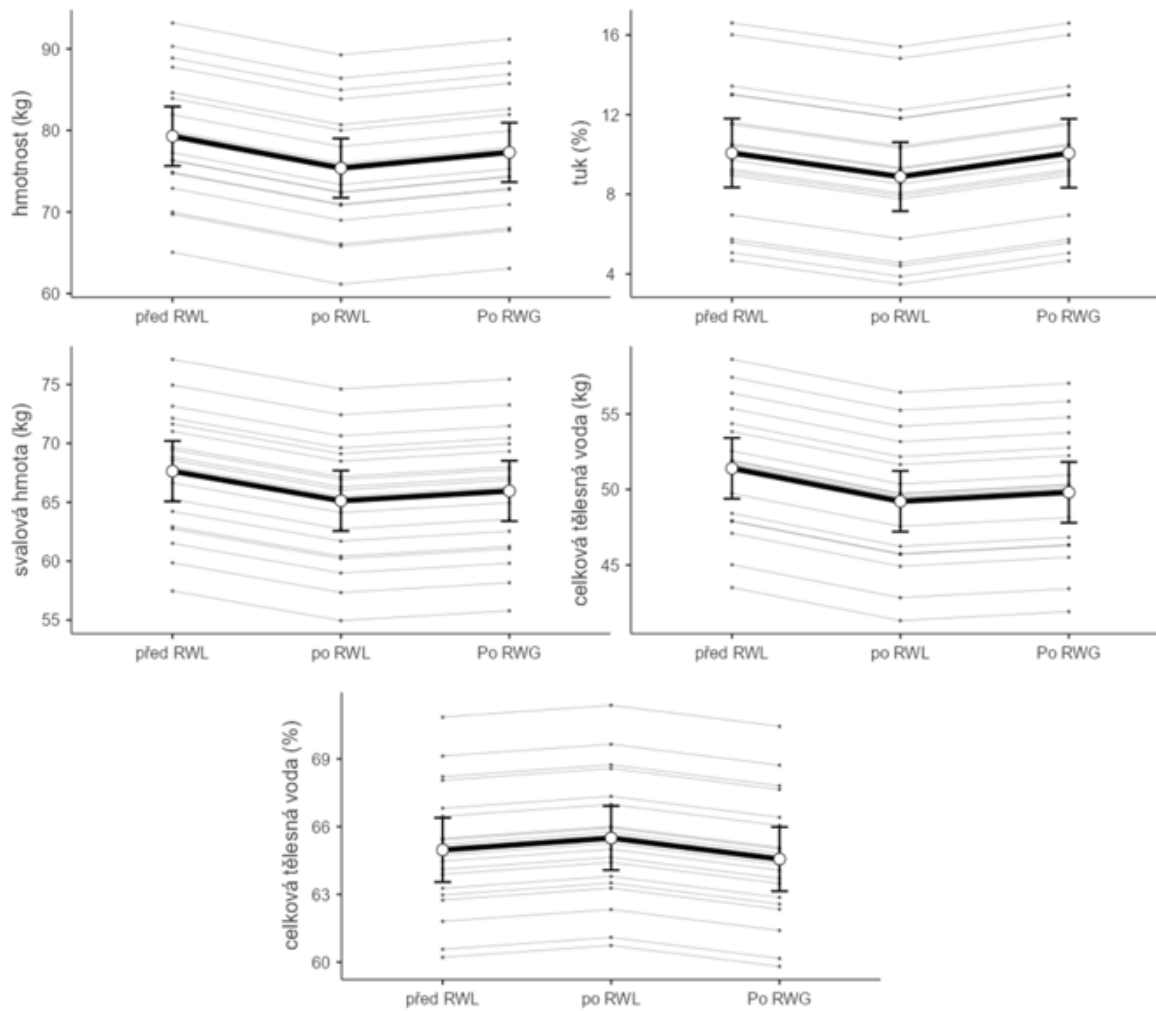
Stav měl statisticky významný vliv na poměr celkové tělesné vody participantů ( $F_{2, 36} = 6,81$   $p = 0,003$ ,  $R^2_M = 0,017$ ,  $R^2_C = 0,932$ ) (Tabulka 12 a Obrázek 3), konkrétně jsme pozorovali statisticky významnou změnu ( $p_{holm} = 0,002$ ) poměru celkové tělesné vody v průměru o 0,9% pouze mezi stavy po RWL (65,49%,  $SD = 3,07$ ) a po RWG (64,56%,  $SD = 2,65$ ) ( $p_{holm} < 0,001$ ). Mezi ostatními stavy jsme nepozorovali statisticky významné rozdíly.

Stav měl statisticky významný vliv na celkovou tělesnou vodu ( $F_{2, 36} = 47,2$   $p < 0,001$ ,  $R^2_M = 0,047$ ,  $R^2_C = 0,972$ ) (Tabulka 12 a Obrázek 3), konkrétně jsme pozorovali úbytek tělesné vody v průměru o 2,18 kg (4,2%) mezi stavy před RWL (51,4 kg,  $SD = 4,28$ ) a po RWL (49,22 kg,  $SD = 4,03$ ) ( $p_{holm} < 0,001$ ). Následně pak během dvou hodin mezi stavy po RWL (49,22 kg,  $SD = 4,03$ ) a po RWG (49,81 kg,  $SD = 4,24$ ) nabrali v průměru 0,59 kg (1,2%) celkové tělesné vody ( $p_{holm} = 0,015$ ) a po RWG měli stále statisticky významně nižší celkovou tělesnou vodu než na začátku studie, v průměru o 1,68 kg (2,5%) ( $p_{holm} < 0,001$ ).

Tabulka 12 – Porovnání komponent tělesného složení mezi stavy

		Porovnání							
	Stav		Stav	Rozdíl	SE	t	df	$p_{holm}$	Cohenovod
Tělesná hmotnost (kg)	Před RWL	-	Po RWL	3,91	0,189	20,7	36,0	< ,001	0,52
	Po RWL	-	Po RWG	-1,93	0,189	-10,2	36,0	< ,001	0,26
	Před RWL	-	Po RWG	1,98	0,189	10,5	36,0	< ,001	0,26
Tělesný tuk (%)	Před RWL	-	Po RWL	1,189	0,274	4,3383	36	< ,001	0,32
	Po RWL	-	Po RWG	-1,179	0,274	-4,3	36	< ,001	0,36
	Před RWL	-	Po RWG	0,0105	0,274	0,0384	36	0,97	0
Svalová hmota (kg)	Před RWL	-	Po RWL	2,516	0,253	9,93	36	< ,001	0,48
	Po RWL	-	Po RWG	-0,832	0,253	-3,28	36	0,002	0,16
	Před RWL	-	Po RWG	1,684	0,253	6,65	36	< ,001	0,31
Tělesná voda (%)	Před RWL	-	Po RWL	-0,526	0,253	-2,08	36	0,09	0,17
	Po RWL	-	Po RWG	0,932	0,253	3,68	36	0,002	0,14
	Před RWL	-	Po RWG	0,405	0,253	1,6	36	0,118	0,32
Tělesná voda (kg)	Před RWL	-	Po RWL	2,184	0,232	9,4	36	< ,001	0,52
	Po RWL	-	Po RWG	-0,595	0,232	-2,56	36	0,015	0,14
	Před RWL	-	Po RWG	1,589	0,232	6,84	36	< ,001	0,37

Obrázek 3 – Grafy porovnání jednotlivých tělesných komponent mezi stavy



**Poznámka:** Kroužky označují průměrné hodnoty a jejich chybové úsečky s 95% CI, šedé tečky reprezentují jednotlivá pozorování a šedé přímky propojují jednotlivá pozorování mezi stavy pro každého účastníka

### 4.2.3 Konzistence měření silových výkonů

U všech silových výkonů byly provedeny vždy tři maximální pokusy v každém stavu (kromě intervalového Wingate testu). Výsledné ICC jsou uvedené včetně 95% konfidenčního intervalu (CI) a vykazují celkově excelentní konzistenci (všechny ICC  $\geq$  0,925) a tedy splnily naši hranici dostatečné shody (0,7) (Tabulka 13).

Tabulka 13 – Koefficient mezitřídní korelace (ICC)

Test	Měření	Typ	ICC	Spodní C.I.	Horní C.I.
Síla stisku pravé	Průměrná konzistence	ICC3k	0,958	0,930	0,979
Síla stisku levé	Průměrná konzistence	ICC3k	0,966	0,943	0,983
Pravý kvadriceps	Průměrná konzistence	ICC3k	0,944	0,906	0,971
Levý kvadriceps	Průměrná konzistence	ICC3k	0,927	0,877	0,963
Pravý hamstring	Průměrná konzistence	ICC3k	0,963	0,938	0,981
Levý hamstring	Průměrná konzistence	ICC3k	0,925	0,873	0,963
Pravý triceps	Průměrná konzistence	ICC3k	0,971	0,952	0,985
Levý triceps	Průměrná konzistence	ICC3k	0,944	0,907	0,972
Pravý biceps	Průměrná konzistence	ICC3k	0,962	0,936	0,981
Levý biceps	Průměrná konzistence	ICC3k	0,953	0,921	0,976
CMJ	Průměrná konzistence	ICC3k	0,985	0,975	0,992
SJ	Průměrná konzistence	ICC3k	0,964	0,939	0,981
CPJ	Průměrná konzistence	ICC3k	0,964	0,939	0,981
PJ	Průměrná konzistence	ICC3k	0,969	0,947	0,984

#### 4.2.4 Vliv manipulace hmotností na maximální izometrickou sílu

##### 4.2.4.1 Maximální izometrická síla stisku pravé a levé ruky

V případě maximální izometrické síly stisku pravé a levé ruky data splňovala předpoklady normality rozložení, kterou jsme stanovili na základě vizuální inspekce Q-Q grafů a pomocí Shapiro-Wilk testu. Následně jsme tak pro analýzu rozdílů v maximální izometrické síle stisku ruky mezi stavy (před RWL, po RWL a po RWG) použili lineární mixed effect modely.

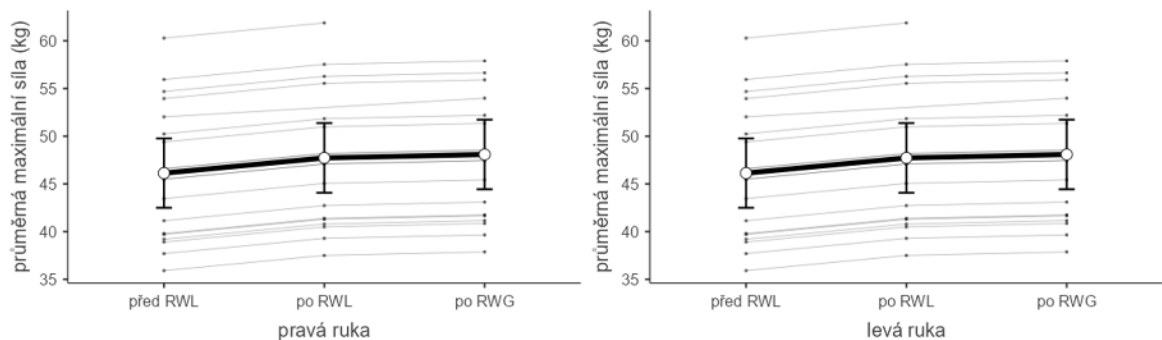
Stav neměl statisticky významný vliv na průměrnou maximální izometrickou sílu stisku pravé ( $F_{2, 144} = 2,99$ ,  $p = 0,053$ ,  $R^2_M = 0,010$ ,  $R^2_C = 0,722$ ) (dílčí porovnání stavů Tabulka 14 a Obrázek 4) ani levé ruky ( $F_{2, 144} = 2,33$ ,  $p = 0,101$ ,  $R^2_M = 0,008$ ,  $R^2_C = 0,741$ ) (dílčí porovnání stavů Tabulka 14 a Obrázek 4).

Tabulka 14 – Post Hoc test – Porovnání průměrné maximální izometrické síly stisku pravé a levé ruky mezi stavy

Porovnání		Stav	Stav	Rozdíl*	SE	t	df	$p_{holm}$	Cohenovo d
Pravá ruka	Před RWL	-	Po RWL	-1,594	0,856	-1,861	144	0,130	0,15
	Před RWL	-	Po RWG	-1,956	0,856	-2,284	144	0,071	0,01
	Po RWL	-	Po RWG	-0,363	0,874	-0,415	144	0,679	0,15
Levá ruka	Před RWL	-	Po RWL	0,178	0,804	0,222	144	0,825	0,04
	Před RWL	-	Po RWG	-1,429	0,804	-1,778	144	0,156	0,17
	Po RWL	-	Po RWG	-1,607	0,820	-1,960	144	0,156	0,12

**Poznámka:** \* Rozdíl je uveden v kilogramech (kg)

Obrázek 4 – Grafy porovnání průměrné maximální síly stisku levé ruky mezi stavy



**Poznámka:** Kroužky označují průměrné hodnoty a jejich chybové úsečky s 95% CI, šedé tečky reprezentují jednotlivá pozorování a šedé přímky propojují jednotlivá pozorování mezi stavy pro každého účastníka.

#### 4.2.4.2 Maximální izometrická síla horních a dolních končetin

V případě maximální izometrické síly pravého a levého kvadricepsu femoris data splňovala předpoklady normality rozložení, stanoveno na základě vizuální inspekce Q-Q grafů a pomocí Shapiro-Wilk testu. Pro jejich analýzu jsme tak následně použili lineární mixed effect model. U ostatních testů, tj. flexe v kolenní (pravý a levý biceps femoris), flexe v lokti (pravý a levý biceps brachii) a extenze v lokti (pravý a levý triceps brachii) data nespĺňovala předpoklady normality rozložení a použili jsme generalizovaný mixed effect model.

Stav neměl statisticky významný vliv na průměrnou maximální izometrickou sílu pravého ( $F_{2, 150} = 0,687$ ,  $p = 0,505$ ,  $R^2_M = 0,006$ ,  $R^2_C = 0,65$ ) (dílní porovnání stavů Tabulka 15 a Obrázek 5) ani levého kvadricepsu ( $F_{2, 147} = 1,16$ ,  $p = 0,318$ ,  $R^2_M = 0,026$ ,  $R^2_C = 0,586$ ) (dílní porovnání stavů Tabulka 15 a Obrázek 5).

Tabulka 15 – Post Hoc test – Porovnání průměrné maximální síly pravého a levého kvadricepsu mezi stavy

		Porovnání		Rozdíl*	SE	t	df	p <sub>holm</sub>	Cohenovo d
	Stav		Stav						
Pravý kvadriceps	Před RWL	-	Po RWL	4,35	5,69	0,766	150	0,890	0,08
	Po RWL	-	Po RWG	-6,55	5,69	1,152	150	0,754	0,12
	Před RWL	-	Po RWG	-2,20	5,69	0,386	150	0,890	0,05
Levý kvadriceps	Před RWL	-	Po RWL	-7,895	5,88	-1,3419	147	0,545	0,04
	Po RWL	-	Po RWG	-7,380	5,77	-1,2797	147	0,545	0,19
	Před RWL	-	Po RWG	0,514	5,88	0,0874	147	0,930	0,15

**Poznámka:** \* Rozdíl je uveden v newton metrech (Nm)

V případě maximální izometrické síly pravého ( $X^2_2 = 6,06$ ,  $p = 0,048$ ) (Tabulka 16 a Obrázek 5) i levého hamstringu ( $X^2_2 = 15,2$ ,  $p < 0,001$ ) (Tabulka 16 a Obrázek 5), měl stav statisticky významný vliv. U pravého hamstringu jsme nepozorovali žádné statisticky významné rozdíly mezi jednotlivými stavy; průměrná maximální izometrická síla levého hamstringu se statisticky významně ( $p_{holm} < 0,001$ ,  $\exp(B) = 1,105$ ) zhoršila ve stavu po RWL (93,3 Nm, SD = 17,7) oproti stavu před RWL (87,1 Nm, SD = 19,1) o 9,4% (8,83 Nm).

Tabulka 16 – Post Hoc test – Porovnání průměrné maximální síly pravého a levého hamstringu mezi stavy

		Porovnání		exp(B)	SE	z	P <sub>holm</sub>
	Stav	-	Stav				
Pravý hamstring	Před RWL	-	Po RWL	1,037	0,0202	1,880	0,120
	Po RWL	-	Po RWG	0,956	0,0185	-2,329	0,060
	Před RWL	-	Po RWG	0,991	0,0190	-0,450	0,653
Levý hamstring	Před RWL	-	Po RWL	1,105	0,0284	3,88	< ,001
	Po RWL	-	Po RWG	0,956	0,0247	-1,74	0,081

Stav měl statisticky významný vliv na průměrnou maximální izometrickou sílu pouze pravého tricepsu ( $X^2_2 = 6,80$ ,  $p = 0,033$ ) (dílní porovnání stavů Tabulka 17 a Obrázek 5), nikoliv však levého tricepsu ( $X^2_2 = 4,24$ ,  $p = 0,120$ ) (dílní porovnání stavů Tabulka 17 a Obrázek 5). Nicméně u pravého tricepsu jsme nepozorovali žádné statisticky významné rozdíly mezi jednotlivými stavy ( $p_{holm} > 0,005$ ).

Tabulka 17 – Post Hoc test – Porovnání průměrné maximální síly pravého a levého tricepsu mezi stavy

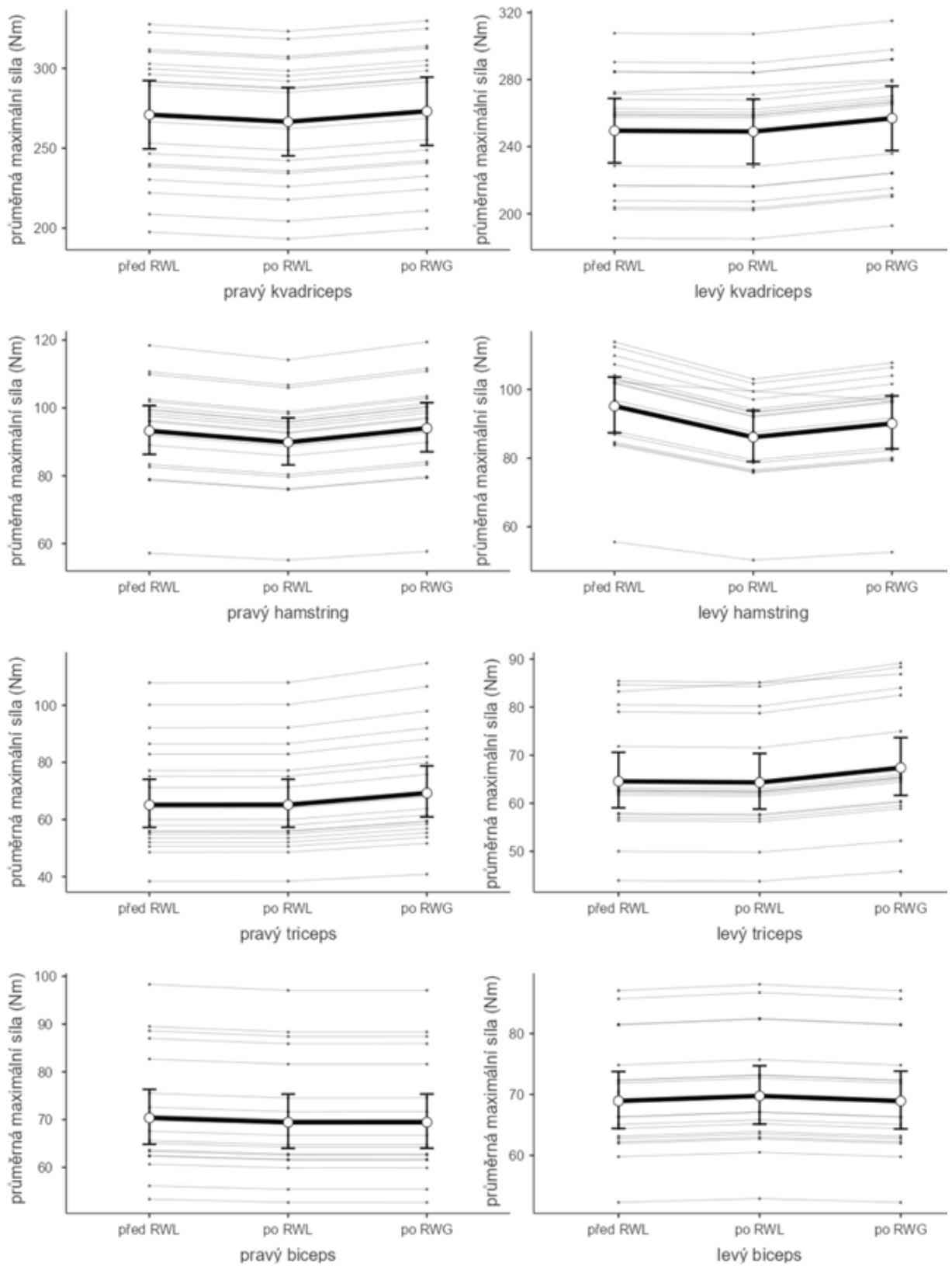
		Porovnání		exp(B)	SE	z	P <sub>holm</sub>
	Stav	-	Stav				
Pravý triceps	Před RWL	-	Po RWL	0,999	0,0277	-0,0250	0,980
	Po RWL	-	Po RWG	0,941	0,0256	-2,2423	0,072
	Před RWL	-	Po RWG	0,940	0,0258	-2,2548	0,072
Levý triceps	Před RWL	-	Po RWL	0,955	0,0244	-1,818	0,207
	Po RWL	-	Po RWG	0,958	0,0238	-1,717	0,207
	Před RWL	-	Po RWG	1,004	0,0258	0,145	0,885

Stav neměl statisticky významný vliv na průměrnou maximální izometrickou sílu pravého bicepsu ( $X^2_2 = 0,468$ ,  $p = 0,791$ ) (dílní porovnání stavů Tabulka 18 a Obrázek 5) ani levého bicepsu ( $X^2_2 = 0,368$ ,  $p = 0,832$ ) (dílní porovnání stavů Tabulka 18 a Obrázek 5).

Tabulka 18 – Post Hoc test – Porovnání průměrné maximální síly pravého a levého bicepsu mezi stavy

		Porovnání		exp(B)	SE	z	P <sub>holm</sub>
	Stav	-	Stav				
Pravý biceps	Před RWL	-	Po RWL	1,013	0,0224	0,5960	1,000
	Po RWL	-	Po RWG	1,000	0,0223	-0,0101	1,000
	Před RWL	-	Po RWG	1,013	0,0224	0,5858	1,000
Levý biceps	Před RWL	-	Po RWL	1,012	0,0232	0,52761	1,000
	Po RWL	-	Po RWG	1,000	0,0228	0,00913	1,000
	Před RWL	-	Po RWG	0,988	0,0224	-0,52327	1,000

Obrázek 5 – Grafy porovnání průměrné maximální izometrické síly horních a dolních končetin



**Poznámka:** Kroužky označují průměrné hodnoty a jejich chybové úsečky s 95% CI, šedé tečky reprezentují jednotlivá pozorování a šedé přímky propojují jednotlivá pozorování mezi stavy pro každého participanta.

## 4.2.5 Vliv manipulace hmotnosti na maximální explozivní sílu

### 4.2.5.1 Maximální explozivní síla dolních končetin

V případě maximální explozivní síly dolních končetin (CMJ a SJ) naměřená data splňovala předpoklady normality rozložení pouze u SJ; stanoveno na základě vizuální inspekce Q-Q grafů a pomocí Shapiro-Wilk testu. Z tohoto důvodu jsme následně použili lineární mixed effect model. U CMJ data nespĺňovala předpoklady normality rozložení a použili jsme tedy generalizovaný mixed effect model.

Stav měl statisticky významný vliv na maximální explozivní sílu dolních končetin hodnocenou pomocí CMJ testu ( $X^2_2 = 11,1$ ,  $p = 0,004$ ) (dílní porovnání stavů Tabulka 19 a Obrázek 6), ale žádný statisticky významný vliv jsme nepozorovali u SJ ( $F_{2,131} = 2,20$ ,  $p = 0,115$ ,  $R^2_M = 0,008$ ,  $R^2_C = 0,754$ ) (dílní porovnání stavů Tabulka 20 a Obrázek 6). V případě CMJ jsme zaznamenali statisticky významné ( $p = 0,004$ ,  $\exp(B) = 1,033$ ) zhoršení výkonu ve stavu po RWL (1751N, SD = 243) oproti stavu před RWL (1779N, SD = 251) o 1,5% (28N) a statisticky významné ( $p = 0,037$ ,  $\exp(B) = 0,978$ ) zlepšení výkonu ve stavu po RWG (1783N, SD = 248) oproti stavu po RWL (1751N, SD = 243) o 1,8% (32 N).

Tabulka 19 – Post Hoc test – Porovnání průměrného maximálního výkonu v CMJ mezi stavy

Porovnání						
Stav	Stav	exp(B)	SE	z	P <sub>holm</sub>	
Před RWL	Po RWL	1,033	0,01029	3,23	0,004	
Po RWL	Po RWG	0,978	0,00930	-2,35	0,037	
Před RWL	Po RWG	1,010	0,00983	1,00	0,315	

Tabulka 20 – Post Hoc test – Porovnání průměrného maximálního výkonu SJ mezi stavy

Porovnání							
Stav	Stav	Rozdíl*	SE	t	df	P <sub>holm</sub>	Cohenovo d
Po RWL	Po RWG	-10,3	25,2	-0,410	129	0,682	0,13
Před RWL	Po RWG	41,8	25,7	1,627	131	0,212	0,02
Před RWL	Po RWL	52,2	26,3	1,982	131	0,149	0,1

**Poznámka:** \* Rozdíl je uveden v newtonech (N)



#### 4.2.5.2 Maximální explozivní síla horních končetin

V případě maximální explozivní síly horních končetin naměřená data u obou testů (PJ a CPJ) splňovala předpoklady normality rozložení (vizuální inspekce Q-Q grafů a Shapiro-Wilk test) a z tohoto důvodu jsme následně použili lineární mixed effect model.

Stav měl statisticky významný vliv na maximální explozivní sílu horních končetin hodnocenou pomocí CPJ ( $F_{2, 130} = 13,8$ ,  $p < 0,001$ ,  $R^2_M = 0,044$ ,  $R^2_C = 0,783$ ) (dílní porovnání stavů Tabulka 21 a Obrázek 6) a PJ testů ( $F_{2, 129} = 22,9$ ,  $p < 0,001$ ,  $R^2_M = 0,046$ ,  $R^2_C = 0,866$ ) (dílní porovnání stavů Tabulka 21 a Obrázek 6).

V případě CPJ jsme zaznamenali statisticky významné ( $p < 0,001$ ) zhoršení výkonu (Cohenovo  $d = 0,53$ ) ve stavu po RWL (977N,  $SD = 180$ ) oproti stavu před RWL (1077N,  $SD = 196$ ) o 9,3% (100N) a statisticky významné ( $p < 0,001$ ) zlepšení výkonu (Cohenovo  $d = 0,39$ ) ve stavu po RWG (1049N,  $SD = 187$ ) oproti stavu po RWL (977N,  $SD = 180$ ) o 7,4% (72N).

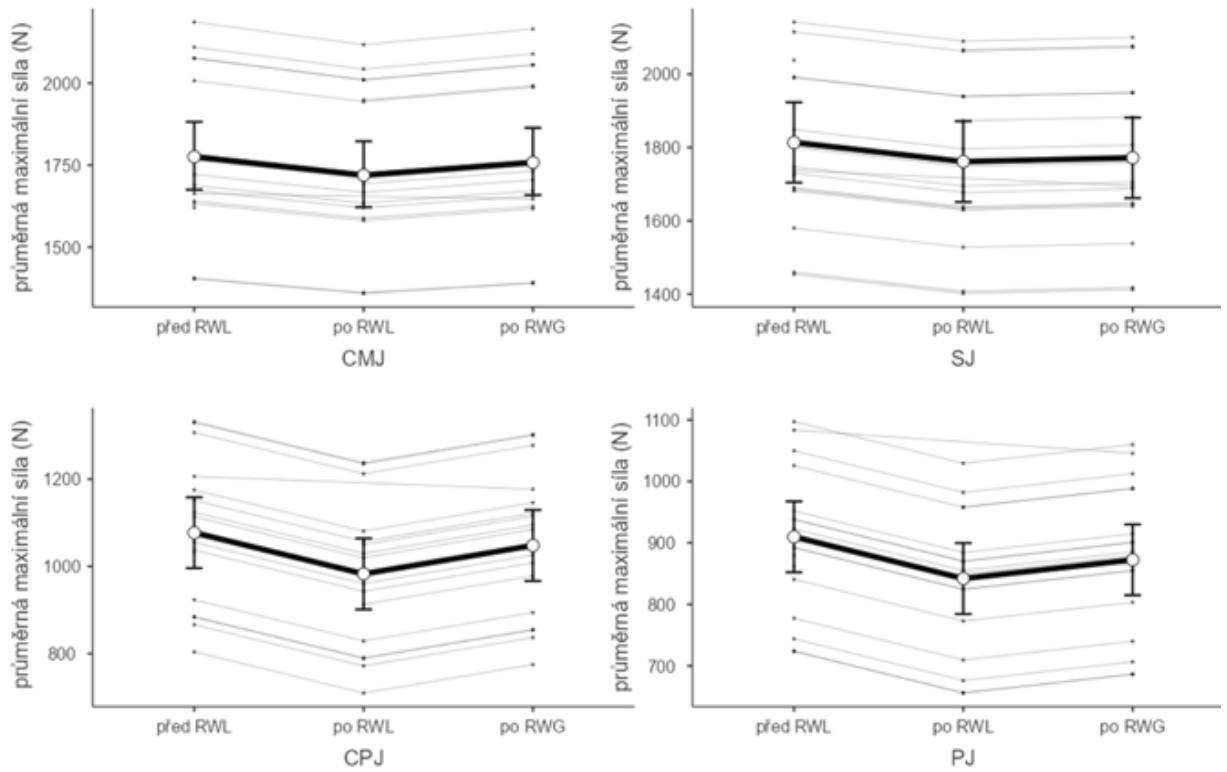
V případě PJ jsme zaznamenali statisticky významné rozdíly mezi všemi stavy (všechna  $p \leq 0,002$ ), konkrétně tedy zhoršení výkonu (Cohenovo  $d = 0,54$ ) ve stavu po RWL (836N,  $SD = 122$ ) oproti stavu před RWL (904N,  $SD = 131$ ) o 7,5% (68N). Následně jsme zaznamenali zlepšení výkonu (Cohenovo  $d = 0,33$ ) ve se stavu po RWG (877N,  $SD = 127$ ) oproti stavu po RWL (836N,  $SD = 122$ ) o 4,9% (41N). V neposlední řadě jsme pozorovali i změnu (Cohenovo  $d = 0,21$ ) mezi stavem před RWL (904N,  $SD = 131$ ) a po RWG (877N,  $SD = 127$ ) o -3% (27N).

Tabulka 21 – Post Hoc test – Porovnání průměrného maximálního výkonu v CPJ a PJ mezi stavy

		Porovnání							
	Stav		Stav	Rozdíl*	SE	t	df	$p_{holm}$	Cohenovo d
CPJ	Před RWL	-	Po RWL	94,4	18,5	5,1	130	<,001	0,53
	Po RWL	-	Po RWG	-65,1	17,8	-3,66	128	<,001	0,39
	Před RWL	-	Po RWG	29,3	18,2	1,61	130	0,11	0,15
PJ	Před RWL	-	Po RWL	-30,4	9,53	-3,19	128	0,002	0,54
	Po RWL	-	Po RWG	37,5	9,81	3,82	129	<,001	0,33
	Před RWL	-	Po RWG	67,8	10,05	6,75	129	<,001	0,21

**Poznámka:** \* Rozdíl je uveden v newtonech (N)

Obrázek 6 – Grafy porovnání maximální explozivní síly dolních a horních končetin



**Poznámka:** Kroužky označují průměrné hodnoty a jejich chybové úsečky s 95% CI, šedé tečky reprezentují jednotlivá pozorování a šedé přímky propojují jednotlivá pozorování mezi stavy pro každého účastníka.

#### 4.2.6 Vliv manipulace hmotnosti na maximální anaerobní výkon

V případě maximálního anaerobního výkonu data splňovala předpoklady normality rozložení (vizuální inspekce Q-Q grafů a pomocí Shapiro-Wilk testu) a z tohoto důvodu jsme následně použili lineární mixed effect model.

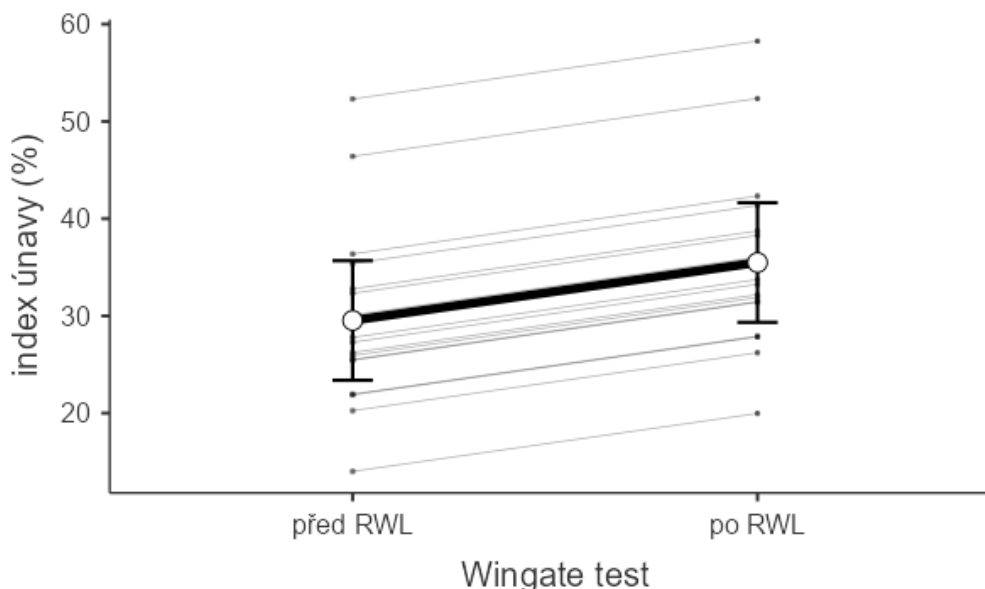
Stav měl statisticky významný vliv na maximální anaerobní výkon, jehož pokles jsme hodnotili na základě indexu únavy (v procentech, %) ( $F_{1, 18} = 5,07$ ,  $p = 0,037$ ,  $R^2_M = 0,051$ ,  $R^2_C = 0,629$ ) (dílní porovnání stavů Tabulka 22 a Obrázek 7). Konkrétně jsme pozorovali statisticky významné zhoršení výsledků testu, tedy nárůst indexu únavy, mezi stavem před RWL (29,5%, SD = 12,2) a po RWG (35,5%, SD = 13,8) o 6% s velikostí efektu 0,19 Cohenova d.

Tabulka 22– Post Hoc test – Porovnání indexu únavy na Wingate testu mezi stavy

Porovnání – index únavy								
Stav	Stav	Rozdíl*	SE	t	df	p <sub>bonferroni</sub>	Cohenovo d	
Před RWL	Po RWG	-5,96	2,65	-2,25	18	0,037	0,19	

**Poznámka:** \* Rozdíl je uveden v procentech (%)

Obrázek 7 – Graf porovnání průměrného indexu únavy mezi stavy



**Poznámka:** Kroužky označují průměrné hodnoty a jejich chybové úsečky s 95% CI, šedé tečky reprezentují jednotlivá pozorování a šedé přímky propojují jednotlivá pozorování mezi stavy pro každého účastníka.

#### 4.2.7 Vliv manipulace hmotnosti na biomarkery zdraví

V případě diagnostických proužků analyzujeme hodnoty specifické hmotnosti moči (USG). Tato data nesplňovala předpoklady normality rozložení, což jsme ověřili na základě vizuální inspekce Q-Q grafů a pomocí Shapiro-Wilk testu. Z tohoto důvodu jsme následně použili generalizovaný mixed effect model. Každý účastník odebral celkem 14 vzorků<sup>2</sup>, tyto jednotlivé (body) měření jsme při statistické analýze použili jako kontinuální proměnou (do modelu jako kovariát). V tomto modelu jsme neporovnávali průměrnou změnu a velikost efektu mezi dílčími stavy, ale celkový trend vývoje USG hodnot v průběhu studie (celkem 7 dní, 2 měření denně). Jako alternativní

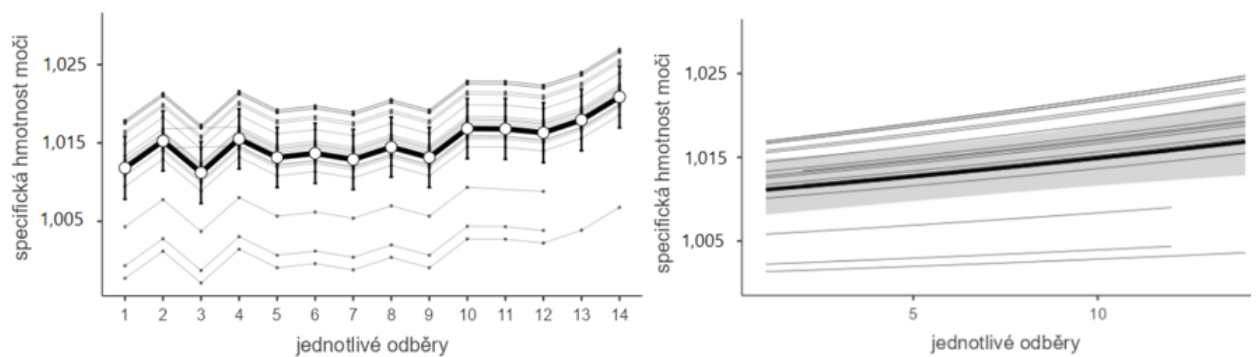
<sup>2</sup> Každý účastník měl použít 14 proužků, ovšem někteří účastníci zapoměli proužky použít, či ke konci studie neměli dostatek moči k analýze z důvodu záměrné dehydratace. Z maximálního možného počtu bodů měření (N = 266) nám chybí 10 údajů, tedy v analýze jsme použili celkem 256 datových záznamů.

model jsme sestavili generalizovaný mixed effect model znovu, tentokrát jsme jednotlivé (body) měření při analýze použili jako faktor a porovnávali jsme tak průměrné změny USG hodnot mezi jednotlivými stavy, respektive měřeními.

V případě generalizovaného mixed effect modelu, kdy jsme označili jednotlivá měření jako kontinuální data (kovariáty) jsme pozorovali, že rychlá redukce hmotnosti měla statisticky významný vliv na hodnoty USG ( $X^2_1 = 8,92$ ,  $p = 0,003$ ) (Obrázek 8). S přibývajícím dny se hodnoty USG zvyšovaly.

V druhém modelu, kdy jsme označili jednotlivá data jako faktor, jsme nepozorovali celkový statisticky významný vliv bodů měření na hodnoty USG ( $X^2_{13} = 16,4$ ,  $p = 0,227$ ) (Obrázek 8) a to ani při porovnání průměrných hodnot prvního (1,014,  $SD = 0,009$ ) a čtrnáctého bodu měření (1,021,  $SD = 0,009$ ).

Obrázek 8 – Grafy porovnání změn specifické hmotnosti moči mezi stavy a trend vývoje



**Poznámka:** Kroužky označují průměrné hodnoty a jejich chybové úsečky s 95% CI, šedé tečky reprezentují jednotlivá pozorování a šedé přímky propojují jednotlivá pozorování mezi stavy pro každého participanta.

## 5 Diskuze

Cílem této diplomové práce bylo navázat na předchozí studie zabývající se vlivem manipulace tělesné hmotnosti a testovat vliv rychlého snížení hmotnosti a následného rychlého příbytku hmotnosti na vybrané silové schopnosti a změnu hladin vybraných biomarkerů zdravotního stavu a porovnat rozdíly mezi výkony ve třech stavech (před a po rychlé redukci a po rychlém příbytku hmotnosti) u souboru závodníků plno-kontaktních bojových sportů. Studie se zúčastnilo celkem 19 participantů, kteří měli během 7 dnů redukovat v průměru 5% tělesné hmotnosti a následně v rámci 2 hodin RWG nabrat část ztracené tělesné hmotnosti zpět. Tento design jsme záměrně vybrali, jelikož více odpovídá reálným podmínkám před zápasem, kdy závodníci v posledních dnech před vážením běžně redukují 5% své hmotnosti a následně mají minimálně 2 hodiny čas na regeneraci před začátkem zápasu. Vliv této manipulace hmotnosti na výkon jsme pozorovali pomocí baterie silových testů a anaerobního testu na horní končetiny.

Participantů během 7 dnů RWL zhubli v průměru 5% (3,9 kg) jejich tělesné hmotnosti a splnili tak předem stanovený limit redukce. Následně během dvou hodin nabrali v průměru 2,6% (1,9 kg).

Průměrnou maximální izometrickou sílu jsme měřili u horních (síla stisku ruky, flexe a extenze v lokti) i dolních končetinách (flexory a extenzory pravého a levého kolene). Z celkem 10 měření, jsme pozorovali pouze jediný statisticky významný rozdíl po RWL, a to pouze u flexorů levého kolenního kloubu (9,4% zhoršení ve stavu po RWL).

V případě (průměrné) maximální explozivní síly jsme zaznamenali statisticky významný rozdíl ve stavu před a po RWL téměř u všech testů (CMJ, CPJ, PJ, však kromě SJ), tedy konkrétně zhoršení výkonu v CMJ, CPJ a PJ o 1,5% (rozdíl 28N), 9,3% (rozdíl 100N) a 7,5% (rozdíl 68N). Nicméně vlivem dvouhodinového RWG se výkon zlepšil (v porovnání oproti stavu po RWL) ve všech třech testech o 1,8% (rozdíl 32N), 7,4% (rozdíl 72N) a 4,9% (rozdíl 41N), a navíc v případě CPJ se výkon po RWG navrátil do úrovně výchozího měření (před RWL). PJ byl jediný test, u kterého jsme pozorovali statisticky významné zhoršení nejen po RWL, ale i po RWG (v porovnání s výchozím stavem před RWL) o 3% (rozdíl o 27N).

Anaerobní výkon jsme měřili pomocí intervalového Wingate testu horních končetin, a to pouze ve dvou stavech – před RWL a po RWG. Jako sledovanou proměnou jsme pozorovali index únavy, který se vlivem RWL statisticky významně zvýšil o 6%.

Vliv RWL na zdraví jsme posuzovali na základě hydratačního stavu závodníků, který jsme stanovili na základě hodnot USG. Ty jsme měřili dvakrát denně po celou dobu trvání studie (14 měření). Zaznamenali jsme statisticky významný vliv RWL na hodnoty USG, které byly nejnižší na začátku studie a přibývajících dny se zvyšovaly.

Stanoveného cíle této diplomové práce jsme dosáhli, jelikož jsme otestovali vliv rychlé redukce a rychlého příbytku hmotnosti na vybrané silové schopnosti a biomarkery zdravotního stavu a následně porovnali rozdíly mezi výkony ve všech třech stavech u souboru závodníků plno-kontaktních bojových sportů. Predikovali jsme, že:

- RWL bude mít negativní vliv na silové schopnosti a zdraví závodníků v porovnání se stavem před redukcí,
- RWG pozitivně ovlivní pozorované proměnné v porovnání po RWL a
- vlivem RWG se pozorované proměnné navrátí do úrovně původních hodnot stavu před RWL.

Naše výsledky tak do značné míry naplnily naše predikce, jelikož jsme u několika silových testů zaznamenali statisticky významný negativní vliv RWL na silové schopnosti, ovšem RWG fáze měla pozitivní vliv a v některých případech se výkony navrátily k původním hodnotám stavu před RWL.

## **5.1 Výsledky v kontextu ostatních studií**

Značná část předchozích studií poukazuje na statisticky významný negativní vliv RWL na maximální izometrickou sílu stisku ruky – zhoršení o 5 - 13,72% ve stavu po RWL (oproti stavu před RWL) (Alves a kol., 2018, N = 12; Degoutte a kol., 2006, N = 20; Filaire a kol., 2001 N = 11; Ribas a kol., 2019, N = 10). V některých případech zhoršení přetrvávalo i po 24 hodinovém RWG (Alves a kol., 2018). Ovšem v našem vzorku jsme nepozorovali žádný statisticky významný efekt (rozdíl) ve stavu po RWL (oproti stavu před RWL) u průměrné maximální izometrické síly stisku pravé (statisticky nevýznamné zlepšení o 2,8%), ani levé ruky (statisticky nevýznamné zhoršení o 0,7%). Tyto výsledky jsou tak v souladu se studii, které taktéž

nepozorovaly žádný statisticky významný vliv RWL na izometrickou sílu stisku ruky (Coufalová a kol., 2014; Morales a kol., 2018).

Test maximální síly stisku ruky byl však pouze jedním z izometrických testů této studie. Jedinou statisticky významnou změnu jsme pozorovali pouze u flexorů levého kolene (9,4% zhoršení ve stavu po RWL), nicméně se jedná pouze o jeden izometrický test z deseti a je tedy pravděpodobné, že jsme toto zhoršení pozorovali spíše vlivem chyby prvního druhu, nežli vlivem skutečného efektu RWL na výkon (více [v kapitole 5.2 Praktický význam pozorovaných efektů](#)). Ve shodě s našimi výsledky Coufalová a kol. (2014) taktéž nepozorovali žádný negativní vliv 4,6% RWL na maximální izometrickou sílu extenzorů kolene a na ostatní izometrické výkony (horních končetin). Avšak jiné studie popisují zhoršení maximální izometrické a izokinetické síly extenzorů kolene o 6,7% - 15,8% (použili několik testových protokolů s různou zátěží, rychlostí a počtem opakování) (Timpmann a kol., 2008) a o 12% (Zubac a kol., 2020) vlivem 5,1% a 3% RWL. Oöpik a kol. (1996) shrnuje, že ani po 16,5 hodinách regenerace se maximální izokinetická síla extenzorů kolene nenavrátila k původním hodnotám před RWL. Podobně Clarys a kol. (2010) pozorovali negativní vliv RWL na izometrický bilaterální bicepsový zdvih, nicméně v ostatních měřeních nezaznamenali žádné statisticky významné změny. Ovšem je dobré vzít v potaz velikosti výzkumných vzorků předchozích studií, které byly poměrně malé, a tedy místo pozorovaného negativního efektu (často pouze u jednoho silového testu z mnoha) se může jednat spíše o chybu prvního druhu.

V případě explozivních silových schopností jsme pozorovali statisticky významnou změnu výkonu po RWL téměř ve všech testech (zhoršení v CMJ, CPJ, PJ o 1,5%, 9,3% a 7,5%) kromě SJ, který se v průměru taktéž zhoršil (o 1,7%), ovšem ne statisticky významně. Po dvouhodinové RWG fázi se výkony navrátily k původním hodnotám kromě výkonu v PJ, který zůstal stále statisticky významně horší (o 3%) než před RWL. Autoři ostatních RWL (~5% redukce) studií, používali jiné protokoly a neměřili maximální sílu, nýbrž výšku výskoku z CMJ nebo SJ (Koral & Dosseville, 2009; Kurakake a kol., 1998; Viitasalo a kol., 1987) či opakované výskoky v čase (Clarys a kol., 2010; Filaire a kol., 2001) a navíc měřili pouze po RWL, ovšem v případě studie Koral & Dosseville (2009) se jedná spíše o pětiprocentní GWL nežli RWL, jelikož participanti redukovali hmotnost během 4 týdnů. I přesto výsledky těchto studií jsou spíše v rozporu s našimi, jelikož autoři nepozorovali žádný efekt (Clarys a

kol., 2010; Koral & Dosseville, 2009; Kurakake a kol., 1998), či zhoršení pouze v jednom testovém protokolu z několika (Filaire a kol., 2001; Viitasalo a kol., 1987) nebo naopak dokonce zlepšení (Viitasalo a kol., 1987) výšky výskoku. Pozorovaná zlepšená nebo stejná výška výskoku bezprostředně po RWL může být (a autory těchto výsledků je tak vykládána) zkreslena úbytkem hmotnosti a lehčí participant s menší tělesnou hmotností tak potřebuje méně síly, aby dosáhl stejné nebo vyšší výšky. Tento výklad jsme částečně podpořili našimi výsledky, tedy sice jsme nepozorovali výšku výskoku, ale zaznamenali jsme statisticky významné snížení maximální síly ve stavu po RWL, kdy byli participant lehčí. Pallarés a kol. (2016) použili stejný protokol měření (maximální síla odrazu) CMJ jako v naší studii, nicméně nepozorovali vliv RWL na výkon, ale pouze vliv RWG, tedy měřili pouze ve stavu bezprostředně po RWL a poté po 13 – 18 hodinách RWG a popisují podobný pozitivní statisticky významný efekt RWG na výkon v CMJ (2,8% zlepšení) jako jsme pozorovali i my u CMJ (1,8% zlepšení). Nicméně v případě naší studie měli participant pouze 2 hodiny na RWG, i přesto jsme pozorovali statisticky významné zlepšení i u CPJ (7,4% zlepšení) a PJ (7,5% zlepšení).

Dosavadní výzkum se zabýval i vlivem RWL na anaerobní či sportovně specifický výkon, který je často měřen pomocí specifických testů daného sportu (Artioli, Iglesias, a kol., 2010; Fortes, Costa, a kol., 2017; Koral & Dosseville, 2009; Rankin a kol., 1996), simulovanou soutěží (Degoutte a kol., 2006; Fortes, de Vasconcelos, a kol., 2017) či pomocí Wingate testu horních a dolních končetin (Kurakake a kol., 1998; Marttinen a kol., 2011; Mendes a kol., 2013; Yadollahzadeh a kol., 2015). Tyto studie jsou vzájemně těžko porovnatelné, jelikož používaly odlišné protokoly a měřítka výkonu, nicméně všechny tyto testy by se mohly označit jako testy anaerobního výkonu a zdá se, že pokud závodníci mají po ~5% RWL alespoň 3 – 5 hodin čas na regeneraci (RWG), anaerobní výkon není negativně ovlivněn (Artioli, Iglesias, a kol., 2010; Finn a kol., 2004; Fogelholm a kol., 1993; Rankin a kol., 1996). V naší studii jsme měli participanty z několika bojových sportů a nemohli jsme tedy použít specifické (např. judo) testy, tedy z důvodu heterogenity výzkumného vzorku jsme měřili anaerobní výkon pomocí generického Wingate testu horních končetin. Nicméně zdá se, že 5% RWL dosažené během 7 dní společně s dvouhodinovým RWG (tedy manipulace hmotnosti podobná před soutěžní manipulací) má negativní vliv na výkon ve Wingate testu, jelikož jsme zaznamenali statisticky významné zvýšení indexu



únavy o 6% ve stavu po RWG oproti stavu před RWL. Ovšem několik RWL studií participantům neumožnilo vůbec žádný prostor na regeneraci, a přestože měřily výkon bezprostředně po ~5% RWL, nepozorovaly žádnou statisticky významnou změnu v anaerobním výkonu ve Wingate testu horních (Kurakake a kol., 1998; Marttinen a kol., 2011; Yadollahzadeh a kol., 2015) ani dolních končetin (Mendes a kol., 2013).

V našem protokolu testování Wingate testu jsme vždy upravovali zátěž dle hmotnosti participanta (4W/kg), tedy po RWL měl participant sice stejnou relativní zátěž k jeho aktuální tělesné hmotnosti, nicméně absolutní zátěž byla nižší než při prvním měření. Ale protože jsme měřili výkon až po RWG, absolutní změna zatížení nebyla vysoká (8W), ovšem pokud ostatní studie také upravovaly zatížení dle hmotnosti a měřily výkon ihned po ~5% RWL, participant tak měl test o 5% lehčí, což mohlo zastínit negativní vliv RWL a autoři tak nezaznamenali žádné změny.

Předchozí RWL studie (Lakicevic a kol., 2021; Jetton a kol., 2013; Barley a kol., 2018b) často měří míru hydratace, kterou považují jako jeden z možných ukazatelů poukazujících na možný vliv RWL praktik na zdraví závodníka a špatný hydratační stav (dehydrataci) spojují se zvýšeným zdravotním rizikem. V této studii jsme hydratační stav participantů hodnotili pomocí hodnot USG a zaznamenali jsme statisticky významný vliv RWL na USG hodnoty, které se zvyšovaly společně s přibývajícím dnem studie, tedy byly nejnižší na začátku a nejvyšší v poslední den studie. Ovšem přestože byly průměrné USG hodnoty nejvyšší u posledních měření (odběrů), nezaznamenali jsme žádné statisticky významné rozdíly mezi jednotlivými body měření (odběry), a to ani při porovnání prvního (1,014, SD = 0,009) a čtrnáctého (1,021, SD = 0,009) odběru. Zvýšené USG hodnoty (~1,028) v den vážení jsou často pozorovány i ostatními autory (Jetton a kol., 2013; Timpmann a kol., 2012; Zambraski a kol., 1976) a dle dostupné literatury mohou být USG hodnoty > 1,02 interpretovány jako stav dehydratace (Bartok a kol., 2004; Zubac, Reale, a kol., 2018). Tedy v naší studii přišli participanté na poslední měření (po RWL) dehydratováni. Dehydratace je pak často spojována s možným negativním vlivem na zdraví a autoři studií poukazují na zvýšenou hladinu stresového hormonu kortizolu a sníženou hladinu testosteronu (Cannataro a kol., 2020; Degoutte a kol., 2006; Irfan, 2015; Karila a kol., 2008) a zvýšené riziko výskytu kardiovaskulárních problémů (Adeva-Andany a kol., 2016; Artioli a kol., 2016; González-Alonso a kol., 1997; Lakicevic a kol., 2020) a poruch ledvin (Lakicevic a kol., 2021; Roncal-Jimenez a kol., 2015).

Přestože USG hodnoty naznačovaly dehydrataci, měření tělesného složení pomocí bioimpedance naopak ukazovalo (statisticky nevýznamné) zvýšení procentuálního zastoupení tělesné vody (o 0,5%) ve stavu bezprostředně po RWL (oproti stavu před RWL) a naopak po (rehydratační a regenerační) RWG fázi se procentuální zastoupení vody v těle (statisticky významně) snížilo (o 0,9%). Nicméně absolutní zastoupení tělesné vody (v kg) kopírovalo USG hodnoty a námi předpokládaný trend, a tedy po RWL jsme pozorovali statisticky významné snížení o 4,2% (2,2 kg) a vlivem RWG statisticky významné zvýšení o 1,2% (0,6 kg). Nicméně absolutní tělesná voda zůstala stále statisticky významně snižena i po dvouhodinovém RWG o 2,5% (1,7 kg) oproti stavu před RWL. Podobně jsme zaznamenali úbytky tukové i tukuprosté hmoty v průměru o 1,2% a 3,7% (2,5 kg) ve stavu po RWL (oproti stavu před RWL). Následně vlivem 2 hodin RWG účastníci nabrali v průměru 1,2% tukové a 1,3% (0,8 kg) tukuprosté hmoty, která navíc zůstala statisticky významně snižena o 2,5% (1,7 kg) oproti stavu před RWL. Vzhledem k tomu, že není fyziologicky možné během týdne ztratit 2,5 kg svalů a následně během dvou hodin nabrat 0,8 kg svalů zpět, považujeme tyto změny (podobně jako Reale, Slater, a kol., 2017a) za nepravděpodobné a spíše se jedná o úbytky glykogenu a vody ve svalech a nikoliv ztrátu samotných kontraktilních bílkovin. V rámci RWG fáze pak sportovci můžou doplnit tekutiny a glykogenové zásoby ve svalech a lépe hydratovanou tkáň pak může bio impedance vyhodnotit jako novou svalovou hmotu a voda v GI traktu může zkreslit odhad tělesného složení (Jebb a kol., 2000; Sheng & Huggins, 1979). V případě RWL studií tedy impedanční metoda odhadu tělesného složení nemusí být tou nejlepší volbou, jelikož rychlá manipulace s tělesnou vodou a obsahem GI traktu může zkreslit výsledky, které nemusí odpovídat reálnému stavu.

V této studii jsme testovali vliv RWL a RWG na silové schopnosti u souboru  $N = 19$  závodníků plno-kontaktních bojových sportů. V případě testů maximální izometrické síly jsme nepozorovali žádné statisticky významné změny, ovšem u dynamických testů maximální síly jsme zaznamenali statisticky významné změny jak ve stavu po RWL, tak po RWG. Týdenní pětiprocentní rychlá redukce hmotnosti u našeho výzkumného vzorku negativně ovlivnila výkon v CMJ o 1,5% (28N, Cohenovo  $d = 0,11$ ), CPJ o 9,3% (100N, Cohenovo  $d = 0,53$ ) a PJ o 7,5% (68N, Cohenovo  $d = 0,54$ ) ve stavu po RWL. Nicméně po dvouhodinovém RWG (2,6%) se tyto výkony ve všech dynamických testech navrátily ( $p > 0,05$ ) k původním hodnotám (před RWL), ovšem

výkon v PJ testu zůstal i po RWG statisticky významně horší než před RWL o 3% (27N, Cohenovo  $d = 0,21$ ). Anaerobní výkon jsme měřili pouze ve dvou stavech (před a po RWL) pomocí Wingate testu na horní končetiny a zaznamenali jsme statisticky významné navýšení indexu únavy o 6% (Cohenovo  $d = 0,19$ ).

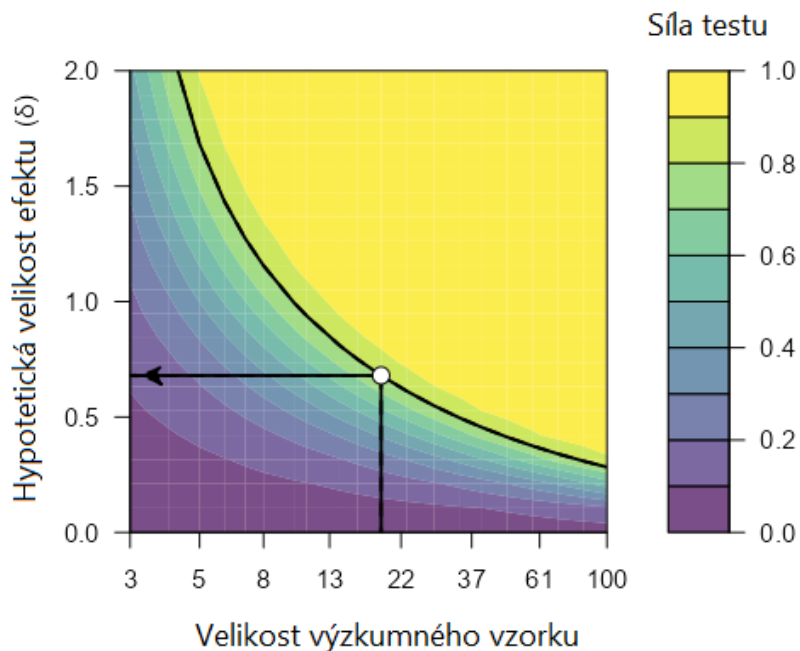
Pětiprocentní redukce tělesné hmotnosti tedy měla malý vliv na fyzický výkon, a to v případě, kdy mají závodníci alespoň 2 hodiny čas na regeneraci. Zdá se, že i pouze dvouhodinová regenerace po RWL může částečně zmírnit (negativní) vliv RWL na fyzický výkon. Je tedy otázkou, jaký praktický dopad ([více níže v kapitole 5.2](#)) může mít 3% zhoršení výkonu v PJ a 6% navýšení indexu únavy u Wingate testu na výsledek zápasu. Ovšem značná část participantů byla bezprostředně po RWL dehydratována a řada studií poukazuje na možný negativní vliv dehydratace na zdraví (Adeva-Andany a kol., 2016; Artioli a kol., 2016; González-Alonso a kol., 1997; Lakicevic a kol., 2020 (Roncal-Jimenez a kol., 2015) a zůstává otázkou, zda 5% RWL a následné 2,6% RWG představuje dostatečnou hmotnostní výhodu v porovnání s potenciálními negativními dopady dehydratace na zdraví závodníků.

## 5.2 Praktický význam pozorovaných efektů

Všechny pozorované efekty v této studii (Cohenovo  $d = 0,11 - 0,54$ ) jsou pod hranicí námi nastavené hladiny senzitivity testů ([kapitola 4.1.9.1 Analýza senzitivity](#)), jelikož s naší velikostí výzkumného vzorku ( $N = 19$ ) máme 80% power (a  $p = 0,05$ ) pozorovat efekt 0,68 nebo větší (Obrázek 9). I přesto, že náš výzkumný vzorek ( $N = 19$ ) byl vyšší než u ~75% předchozích RWL studií, měli jsme šanci detekovat pouze poměrně velké rozdíly jako statisticky významné (například u Wingate testu by Cohenovo  $d = 0,68$  odpovídalo indexu únavy ~18%). Předchozí studie tak měly ještě nižší power (sílu testu).

Obrázek 9 – Analýza senzitivity – Síla testu v závislosti na velikosti pozorovaného efektu

Velikost efektu	Síla testu	Popis
$0 < d = 0,475$	$\leq 50\%$	Pravděpodobně nebude pozorován
$0,475 < d = 0,680$	50% – 80%	Šance, že nebude pozorován
$0,680 < d = 0,875$	80% – 95%	Šance, že nebude pozorován
$d = 0,875$	$\geq 95\%$	Bude pozorován s velkou pravděpodobností



U všech sledovaných dynamických silových testů jsme zaznamenali podobný (a predikovaný) trend změn mezi stavy (častěji statisticky významné než nevýznamné rozdíly), kdy jsme nejvyšší hodnoty pozorovali před RWL, nejnižší hodnoty jsou bezprostředně po RWL a vlivem dvouhodinového RWG se hodnoty navracejí k původním hodnotám. U izometrických testů, a to například u maximální izometrické síly stisku ruky jsme pozorovali trend opačný (ale statisticky nevýznamné rozdíly mezi stavy), tedy na začátku studie jsou silové výkony nejnižší, ve stavu po RWL jsou buďto stejné (levá ruka), nebo vyšší (pravá ruka) a následně se u pravé i levé zlepšily nad výchozí hodnoty vlivem RWG. Tento efekt (rozdíl) je však ve všech případech při nejmenším malý (až nulový) a statisticky nevýznamný a tyto nepatrné změny výkonů mezi stavy mohou být zapříčiněny charakterem těchto izometrických testů, kdy například jiný úchop ručního dynamometru může významně ovlivnit výsledky a účastníci se tedy pravděpodobně mohli mezi jednotlivými měřeními naučit lépe stisknout ruční dynamometr.

Přestože jsme vlivem RWG fáze pozorovali statisticky významné zlepšení pouze ve 3 testech (CMJ, CPJ, PJ), tento trend vývoje síly mezi stavy po RWL a po RWG byl patrný i u ostatních silových testů. Zdá se tedy, že i pouze dvouhodinová RWG fáze (2,6% příbytek hmotnosti), může částečně mitgovat negativní vliv RWL (5% úbytek hmotnosti) na výkon. Tento vliv RWG fáze jsme mohli pozorovat díky našemu designu, který byl účelně navržen, aby odpovídal reálné přípravě na zápas a umožňuje pozorovat stav závodníka nejen po vážení (po RWL), ale i bezprostředně před zápasem (po RWG).

Ve stavu po RWG jsme pozorovali statisticky významné změny pouze u anaerobního výkonu ve Wingate testu (zvýšení indexu únavy o 6%) a maximální explozivní síly u PJ o 3% (27N) s efektem 0,19 a 0,21 (Cohenovo d). Jedná se sice o statisticky významné zhoršení, ovšem pouze ve dvou silových testech z patnácti, a navíc s velmi malým efektem, který je pod hranicí naší senzitivity.

Tedy u našeho výzkumného vzorku měla pětiprocentní rychlá redukce hmotnosti malý vliv na silové schopnosti, a navíc vlivem dvouhodinové regenerační a rehydratační fáze byla většina výkonů v silových testech navrácena k původním hodnotám před rychlou redukcí. Ovšem bezprostředně po RWL jsme u našeho výzkumného vzorku pozorovali významnou dehydrataci, která je často spojována se zvýšenými zdravotními riziky. Navíc v některých případech (např. Jetton a kol., 2013) byli závodníci dehydratováni i po 24 hodinovém RWG, tedy se zdá že tato RWG fáze není závodníky využívána optimálním způsobem (Matthews a kol., 2019) a závodníci by tedy měli preferovat spíše pozvolné metody redukce tělesné hmotnosti a měli by se zaměřit na efektivní využití času mezi vážením a zápasem k hydrataci, regeneraci a mentální přípravě na zápas. Zároveň by se zápasníci měli vyvarovat metodám rychlé redukce hmotnosti, a to především těm, které jsou založené na extrémní manipulaci s tělesnou vodou.

Další RWL a RWG výzkum by se mohl zaměřit právě na optimální regenerační (ideální výživa) a rehydratační protokoly po RWL, ale i na výzkum RWL metod, které mohou být efektivní, ale s minimální dopadem na zdraví závodníka (tedy například se zaměřením na relativně novou metodu „water loading“). Další (například závěrečné) práce by se také mohly zaměřit na vytvoření komplexního „evidence-based“ manuálu či návodu pro závodníky, který by zahrnoval efektivní metody redukce tělesné hmotnosti s minimálním dopadem na zdraví zápasníka včetně popisu optimální regenerační a rehydratační fáze, a to v závislosti na použitých RWL metodách a s ohledem na

dostupný čas mezi vážením a zápasem. Na tomto místě se ovšem nabízí naposledy zmínit autory (Artioli a kol. 2016), kteří apelují na Světovou antidopingovou agenturu a svazy jednotlivých bojových sportů, aby zakázali rychlou redukci tělesné hmotnosti v bojových sportech.

### 5.3 Limitace

I přes naši snahu vytvořit design studie odpovídající reálné přípravě závodníka na zápas, díky kterému jsme mohli pozorovat výkony ve třech stavech (před RWL, po RWL a RWG) a získali jsme tak vhled do stavu závodníka nejen po RWL, ale i po RWG (tedy bližší stavu závodníka bezprostředně před zápasem), jsme si vědomí některých limitací naší studie.

První limitací naší studie je stále malý výzkumný vzorek ( $N = 19$ ). Ten byl sice vyšší než u předchozích RWL studií, nicméně zdá se, že je stále nedostatečný k odhalení relativně malých efektů pětiprocentního RWL. Zde je však nutné zmínit, že celkový počet participantů pro experimentální studie s RWL je zjevně vždy primárně a významně omezen ochotou participantů provádět RWL mimo přípravu na svou soutěž a v přípravném období.

Druhou limitací této studie je absence záznamu RWG metod participantů. Přestože jsme se v úvodním dotazníku dotazovali na RWG metody, které participanté běžně používají, již jsme nezaznamenávali RWG metody, které použili během dvouhodinové RWG fáze.

Hydratační stav participantů jsme posuzovali na základě hodnot USG, které jsme měřili pomocí diagnostických proužků. Participanté se v průběhu studie samotestovali dvakrát denně (ráno a večer). Poslední diagnostický proužek použili ráno před poslední návštěvou laboratoře, což nám poskytuje dobrý vhled do změn hydratace participantů nejen během RWL, ale i bezprostředně po RWL. Ovšem participanty jsme již netestovali bezprostředně po RWG a nemohli jsme tedy pozorovat změny hodnot USG vlivem RWG, což nám neumožňuje posoudit jaký vliv měla RWG fáze na hydratační stav participantů a zda jsou dvě hodiny regenerace dostatečné k obnovení normálního hydratačního stavu.

## 6 Závěr

Závodníci bojových sportů v rámci své před soutěžní přípravy běžně redukuje tělesnou hmotnost, k čemuž využívají různé metody redukce tělesné hmotnosti. Mezi oficiálním vážením a začátkem zápasu pak mají zpravidla několik hodin čas na regeneraci a mentální přípravu na zápas. Cílem této diplomové práce bylo testovat, jak pětiprocentní rychlá redukce hmotnosti dosažená během sedmi dní ovlivní silové schopnosti závodníků plno-kontaktních bojových sportů a zda může dvouhodinová regenerace mezi vážením a zápasem zmírnit potenciální negativní dopad rychlé redukce hmotnosti.

Studie se zúčastnilo celkem devatenáct závodníků z pěti různých bojových sportů s průměrnou patnáctiletou zkušeností s bojovými sporty. Během sedmi dní zredukovali průměrně pět procent své tělesné hmotnosti a následně pak během dvou hodin nabrali polovinu ztracené hmotnosti zpět. Jak tato manipulace hmotnosti ovlivnila silové schopnosti jsme měřili pomocí baterie silových testů, a to ve třech stavech (před RWL, po RWL a RWG) a navíc jsme v průběhu celé studie monitorovali hydratační stav participantů.

V případě maximální izometrické síly jsme prakticky nezaznamenali žádný efekt RWL. Jedinou statisticky významnou změnu (zhoršení o 9,4%) jsme zaznamenali u průměrné maximální izometrické flexe levého kolene, a to bezprostředně ve stavu po RWL. Ovšem závodníci v reálných podmínkách nezápasí ihned po RWL, ale mají několik hodin čas na regeneraci před zápasem. V našem případě jsme participantům poskytli dvě hodiny, jakožto minimální možný čas, který mohou mít k regeneraci před zápasem a po tomto dvouhodinovém RWG jsme již nezaznamenali žádné statisticky významné změny v izometrických testech.

Avšak v případě dynamických testů maximální explozivní síly dolních a horních končetin jsme zaznamenali statisticky významné změny u většiny testů a mezi všemi stavy. Tedy konkrétně bezprostředně po RWL jsme pozorovali statisticky významné změny ve výkonu v CMJ, PJ a CPJ (zhoršení o 1,5%, 9,3% a 7,5%), nicméně vlivem dvouhodinové RWG fáze jsme naopak pozorovali statisticky významné zlepšení u všech tří výkonů o 1,8%, 7,4% a 4,9%, které se tak ve stavu po RWG navrátily k původním hodnotám před RWL. Ovšem výkon v PJ jako jediný přetrvával stále

statisticky významně nižší (o 3%) i po dvouhodinové RWG fázi (ve srovnání se stavem před RWL).

Anaerobní výkon jsme měřili pouze ve dvou stavech (před RWL a po RWG) pomocí Wingate testu na horní končetiny. Konkrétně jsme ve stavu po RWG pozorovali statisticky významné zvýšení indexu únavy o 6%.

Po celou dobu trvání studie jsme monitorovali hydratační stav participantů pomocí USG hodnot, které jsme měřili diagnostickými proužky. Zpravidla čím vyšší jsou tyto hodnoty, tím horší je hydratační stav participanta. V naší studii jsme zaznamenali statisticky významný vývoj (trend) USG hodnot, kdy jsme na začátku studie pozorovali nejnižší hodnoty (1,014) a s přibývajícím dnem se tyto hodnoty zvyšovaly a při posledním odběru (bezprostředně po RWL) jsme zaznamenali nejvyšší USG hodnoty (1,021). Některé studie interpretují USG hodnoty vyšší než 1,02 jako významnou dehydrataci participantů, kterou spojují se zvýšenými zdravotními riziky. Zdá se, že i mírná dehydratace může být rizikovým faktorem ve vývoji chronických poruch ledvin a je také spojována se zvýšeným rizikem výskytu kardiovaskulárních problémů.

Design naší studie záměrně kopíroval běžnou před soutěžní manipulaci tělesné hmotnosti závodníka bojových sportů. Některé předchozí studie měřily závodníka bezprostředně po RWL, ovšem toto měření neodpovídá reálně situaci před zápasem, jelikož závodník nezapasí ihned po navážení, ale má zpravidla několik hodin na regeneraci po RWL. V naší studii jsme měřili výkony jak po RWL, tak po RWG, ovšem měření po této dvouhodinové regeneraci (po RWG) nám dává realističtější vzhled do stavu závodníka bezprostředně před zápasem. Naše výsledky naznačují, že vliv RWL na silový výkon je minimální, a navíc se zdá, že dvouhodinové RWG může tento negativní vliv RWL částečně mitigovat. Ovšem dle dostupné literatury tento čas mezi vážením a začátkem zápasu není využíván ideálním způsobem a závodníci by měli v tomto časovém okně v každém případě zařadit rehydratační a regenerační fázi a zvolit efektivní RWG metody, a to s ohledem na použité RWL metody.

Vlivem manipulace hmotnosti jsme sice pozorovali zhoršení, ovšem pouze o 3% (maximální explozivní síly horních končetin) a 6% (anaerobního výkonu), navíc toto zhoršení pravděpodobně nemá příliš velký praktický význam a je spíše nepravděpodobné, že by mohlo změnit a negativně ovlivnit výsledek zápasu. Pomocí



této manipulace hmotnosti se však závodník může dostat do nižší hmotnostní kategorie a soutěžit tak proti lehčím a často i celkově menším soupeřům a získat tak určitou hmotnostní a potenciální výkonnostní výhodu, která by mohla ovlivnit výsledek zápasu. Ovšem tato rychlá redukce hmotnosti u našeho výzkumného vzorku způsobila významnou dehydrataci, která je často spojována s možnými negativními dopady na zdraví. Tedy zmiňovaná hmotnostní výhoda získaná rychlou redukcí a následným rychlým příbytkem hmotnosti může být zanedbatelně malá v porovnání s možnými negativními dopady dehydratace na zdraví závodníka.

Návrh projektu k této diplomové práci a poté samotné výsledky studie byly prezentovány na Vědecko-popularizační konferenci Scientia Movens 2022 a 2023 a prezentace výsledků byla oceněna 2. cenou za studentskou prezentaci. Abstrakty k těmto prezentacím jsou v Příloze 4 a 5.

## Reference

### Seznam tabulek

Tabulka 1 – Prevalence metod rychlé redukce hmotnosti a průměrná redukce tělesné hmotnosti (převzato z Franchini a kol., 2012).....	18
Tabulka 2 – Počet participantů napříč RWL studii pozorující změny fyzického výkonu.....	50
Tabulka 3 – Deskriptivní statistika (centrální tendence dat) – počet participantů v RWL studiích zabývajících se fyzickým výkonem .....	50
Tabulka 4 – Deskriptivní statistika charakteristiky participantů .....	54
Tabulka 5 – Deskriptivní statistika – Maximální izometrická síla stisku ruky... 61	
Tabulka 6 – Deskriptivní statistika – Maximální izometrická síla horních a dolních končetin.....	62
Tabulka 7 – Deskriptivní statistika – explozivní síla (CMJ, SJ, CPJ, PJ) .....	64
Tabulka 8 – Deskriptivní statistika – Wingate (index únavy) .....	65
Tabulka 9 – Deskriptivní statistika – Soutěžní historie participantů .....	70
Tabulka 10 – Deskriptivní statistika – Běžně používané RWL metody.....	70
Tabulka 11 – Deskriptivní statistika – Participanty běžně používané RWG metody .....	71
Tabulka 12 – Porovnání komponent tělesného složení mezi stavy .....	73
Tabulka 13 – Koeficient mezitřídní korelace (ICC) .....	75
Tabulka 14 – Post Hoc test – Porovnání průměrné maximální izometrické síly stisku pravé a levé ruky mezi stavy .....	76
Tabulka 15 – Post Hoc test – Porovnání průměrné maximální síly pravého a levého kvadricepsu mezi stavy .....	77
Tabulka 16 – Post Hoc test – Porovnání průměrné maximální síly pravého a levého hamstringu mezi stavy.....	78
Tabulka 17 – Post Hoc test – Porovnání průměrné maximální síly pravého a levého tricepsu mezi stavy.....	78
Tabulka 18 – Post Hoc test – Porovnání průměrné maximální síly pravého a levého bicepsu mezi stavy .....	78
Tabulka 19 – Post Hoc test – Porovnání průměrného maximálního výkonu v CMJ mezi stavy .....	80

Tabulka 20 – Post Hoc test – Porovnání průměrného maximálního výkonu SJ mezi stavy .....	80
Tabulka 21 – Post Hoc test – Porovnání průměrného maximálního výkonu v CPJ a PJ mezi stavy.....	81
Tabulka 22– Post Hoc test – Porovnání indexu únavy na Wingate testu mezi stavy .....	83

## Seznam obrázků

Obrázek 1 – Rozhodovací proces při volbě RWL a GWL metod (převzato a volně přeloženo z Reale a kol., 2017a).....	32
Obrázek 2 – Diagram průběhu studie .....	55
Obrázek 3 – Grafy porovnání jednotlivých tělesných komponent mezi stavy ...	74
Obrázek 4 – Grafy porovnání průměrné maximální síly stisku levé ruky mezi stavy .....	76
Obrázek 5 – Grafy porovnání průměrné maximální izometrické síly horních a dolních končetin.....	79
Obrázek 6 – Grafy porovnání maximální explozivní síly dolních a horních končetin.....	82
Obrázek 7 – Graf porovnání průměrného indexu únavy mezi stavy .....	83
Obrázek 8 – Grafy porovnání změn specifické hmotnosti moči mezi stavy a trend vývoje .....	84
Obrázek 9 – Analýza senzitivity .....	92

## Seznam příloh

Příloha 1 – Žádost o vyjádření Etické komise UK FTVS.....	135
Příloha 2 – Informovaný souhlas .....	138
Příloha 3 – Náborový leták .....	143
Příloha 4 - Abstrakt Scientia Movens 2022 .....	144
Příloha 5 - Abstrakt Scientia Movens 2023 .....	145

## Seznam literatury

- ADEVA-ANDANY, María M., Manuel GONZÁLEZ-LUCÁN, Cristóbal DONAPETRY-GARCÍA, Carlos FERNÁNDEZ-FERNÁNDEZ a Eva AMENEIROS-RODRÍGUEZ, 2016. Glycogen metabolism in humans. *BBA Clinical* [online]. **5**, 85–100. ISSN 2214-6474. Dostupné z: doi:10.1016/j.bbacli.2016.02.001
- ADROGUÉ, H. J. a N. E. MADIAS, 2000. Hyponatremia. *The New England Journal of Medicine* [online]. **342**(21), 1581–1589. ISSN 0028-4793. Dostupné z: doi:10.1056/NEJM200005253422107
- AIBA, 2021. *AIBA TECHNICAL & COMPETITION RULES* [online]. 2021. B.m.: AIBA. Dostupné z: [https://www.iba.sport/wp-content/uploads/2021/09/AIBA-Technical-and-Competition-Rules\\_20.09.21.pdf](https://www.iba.sport/wp-content/uploads/2021/09/AIBA-Technical-and-Competition-Rules_20.09.21.pdf)
- ALDERMAN, Brandon L., Daniel M. LANDERS, John CARLSON a James R. SCOTT, 2004. Factors Related to Rapid Weight Loss Practices among International-style Wrestlers: *Medicine & Science in Sports & Exercise* [online]. **36**(2), 249–252. ISSN 0195-9131. Dostupné z: doi:10.1249/01.MSS.0000113668.03443.66
- ALVES, Ragami Chaves, João Carlos Alves BUENO, Thiago OLIVEIRA, Michael Christopher ZOURDOS, Tácito Pessoa DE SOUZA a Marcelo Saldanha AOKI, 2018. Physiological Function Is Not Fully Regained Within 24 Hours of Rapid Weight Loss in Mixed Martial Artists.
- Anon., 2022. *The Jamovi Project*. jamovi. 2022.
- ARTIOLI, G. G., F. SCAGLIUSI, D. KASHIWAGURA, E. FRANCHINI, B. GUALANO a A. L. JUNIOR, 2010a. Development, validity and reliability of a questionnaire designed to evaluate rapid weight loss patterns in judo players.

*Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* [online]. **20**(1), e177–e187. ISSN 1600-0838. Dostupné z: doi:10.1111/j.1600-0838.2009.00940.x

ARTIOLI, Guilherme G., Bruno GUALANO, Emerson FRANCHINI, Fernanda Baeza SCAGLIUSI, Mariane TAKESIAN, Marina FUCHS a Antonio Herbert LANCHI, 2010b. Prevalence, magnitude, and methods of rapid weight loss among judo competitors. *Medicine and Science in Sports and Exercise* [online]. **42**(3), 436–442. ISSN 01959131. Dostupné z: doi:10.1249/MSS.0b013e3181ba8055

ARTIOLI, Guilherme G, Rodrigo T. IGLESIAS, Emerson FRANCHINI, Bruno GUALANO, Daniel B. KASHIWAGURA, Marina Y. SOLIS, Fabiana B. BENATTI, Marina FUCHS a Antonio H.Lanchi JUNIOR, 2010c. Rapid weight loss followed by recovery time does not affect judo-related performance. *Journal of Sports Sciences* [online]. **28**(1), 21–32. ISSN 02640414. Dostupné z: doi:10.1080/02640410903428574

ARTIOLI, Guilherme G., Bryan SAUNDERS, Rodrigo T. IGLESIAS a Emerson FRANCHINI, 2016. It is Time to Ban Rapid Weight Loss from Combat Sports. *Sports Medicine* [online]. **46**(11), 1579–1584. ISSN 11792035. Dostupné z: doi:10.1007/s40279-016-0541-x

BALYI, Istvan a Ann HAMILTON, 2004. Long-term athlete development: Trainability in childhood and adolescence. *Olympic coach*. **16**(1), 4–9.

BARLEY, Oliver, Dale CHAPMAN a Chris ABBISS, 2019. The Current State of Weight-Cutting in Combat Sports. *Sports* [online]. **7**(5), 123. ISSN 2075-4663. Dostupné z: doi:10.3390/sports7050123

BARLEY, Oliver R., Dale W. CHAPMAN a Chris R. ABBISS, 2018a. Weight loss strategies in combat sports and concerning habits in mixed martial arts.

- International Journal of Sports Physiology and Performance* [online]. **13**(7), 933–939. ISSN 15550265. Dostupné z: doi:10.1123/ijsp.2017-0715
- BARLEY, Oliver R., Fiona IREDALE, Dale W. CHAPMAN, Amanda HOPPER a Chris R. ABBISS, 2018b. Repeat Effort Performance Is Reduced 24 Hours After Acute Dehydration in Mixed Martial Arts Athletes. *The Journal of Strength & Conditioning Research* [online]. **32**(9), 2555. ISSN 1064-8011. Dostupné z: doi:10.1519/JSC.0000000000002249
- BARTOK, Cynthia, Dale A. SCHOELLER, Jude C. SULLIVAN, R. Randall CLARK a Gregory L. LANDRY, 2004. Hydration testing in collegiate wrestlers undergoing hypertonic dehydration. *Medicine and science in sports and exercise* [online]. **36**(3), 510–517. ISSN 1530-0315. Dostupné z: doi:10.1249/01.mss.0000117164.25986.f6
- BEELEN, Milou, Louise M. BURKE, Martin J. GIBALA a Luc J.C. VAN LOON, 2010. Nutritional Strategies to Promote Postexercise Recovery. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism* [online]. **20**(6), 515–532. ISSN 1526-484X, 1543-2742. Dostupné z: doi:10.1123/ijsnem.20.6.515
- BERGSTRÖM, Jonas a Eric HULTMAN, 1972. Nutrition for Maximal Sports Performance. *JAMA* [online]. **221**(9), 999–1006. ISSN 0098-7484. Dostupné z: doi:10.1001/jama.1972.03200220033009
- BERKOVICH, Ben El, Alon ELIAKIM, Dan NEMET, Aliza Hannah STARK a Tali SINAI, 2016. Rapid weight loss among adolescents participating in competitive judo. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism* [online]. **26**(3), 276–284. ISSN 15432742. Dostupné z: doi:10.1123/ijsnem.2015-0196
- BONE, Julia L., Megan L. ROSS, Kristylen A. TOMCIK, Nikki A. JEACOCKE, Will G. HOPKINS a Louise M. BURKE, 2017. Manipulation of Muscle Creatine and

Glycogen Changes Dual X-ray Absorptiometry Estimates of Body Composition. *Medicine & Science in Sports & Exercise* [online]. **49**(5), 1029. ISSN 0195-9131. Dostupné z: doi:10.1249/MSS.0000000000001174

BRANCO, Braulio Henrique Magnani, Leonardo Vidal ANDREATO, Eugenio Diniz RIBEIRO, Humberto Garcia DE OLIVEIRA, Felipe Natali ALMEIDA a Nelson Nardo JUNIOR, 2018. Development of tables for classifying judo athletes according to maximal isometric strength and muscular power, and comparisons between athletes at different competitive levels. *Sport Sciences for Health* [online]. **14**(3), 607–614. ISSN 1825-1234. Dostupné z: doi:10.1007/s11332-018-0469-7

BRITO, Ciro, Fernanda A, Igor BRITO, Joao MARINS, Claudio CÓRDOVA a Emerson FRANCHINI, 2012. Methods of Body-Mass Reduction by Combat Sport Athletes. *International journal of sport nutrition and exercise metabolism* [online]. **22**, 89–97. Dostupné z: doi:10.1123/ijsnem.22.2.89

BRUTSAERT, Tom D. a Esteban J. PARRA, 2006. What makes a champion?: Explaining variation in human athletic performance. *Respiratory Physiology & Neurobiology* [online]. **151**(2), New Directions in Exercise Physiology, 109–123. ISSN 1569-9048. Dostupné z: doi:10.1016/j.resp.2005.12.013

BURKE, Louise M., John A. HAWLEY, Stephen H. S. WONG a Asker E. JEUKENDRUP, 2011. Carbohydrates for training and competition. *Journal of Sports Sciences* [online]. **29 Suppl 1**, S17-27. ISSN 1466-447X. Dostupné z: doi:10.1080/02640414.2011.585473

CADWALLADER, Amy B., Xavier DE LA TORRE, Alessandra TIERI a Francesco BOTRÈ, 2010. The abuse of diuretics as performance-enhancing drugs and masking agents in sport doping: Pharmacology, toxicology and analysis. *British*



- Journal of Pharmacology* [online]. **161**(1), 1–16. ISSN 00071188. Dostupné z: doi:10.1111/j.1476-5381.2010.00789.x
- CALDWELL, Aaron R., 2022. *SimplyAgree: An R package and jamovi Module for Simplifying Agreement and Reliability Analyses* [online]. 22. březen 2022. [vid. 2023-04-28]. Dostupné z: <https://joss.theoj.org/papers/10.21105/joss.04148>
- CAMARÇO, Nathalia F., Ivo V. SOUSA NETO, Dahan C. NASCIMENTO, Jeaser A. ALMEIDA, Denis C. L. VIEIRA, Thiago S. ROSA, Guilherme B. PEREIRA a Jonato PRESTES, 2016. Salivary nitrite content, cognition and power in Mixed Martial Arts fighters after rapid weight loss: a case study. *Journal of Clinical and Translational Research*. **2**(2), 63–69. ISSN 2382-6533.
- CANNATARO, Roberto, Erika CIONE, Luca GALLELLI, Natale MARZULLO a Diego A. BONILLA, 2020. Acute Effects of Supervised MakingWeight on Health Markers, Hormones and Body Composition in Muay Thai Fighters. *Sports* [online]. **8**(10), 1–23. ISSN 20754663. Dostupné z: doi:10.3390/sports8100137
- CLARYS, P, K RAMON, F HAGMAN, S DEDECKER a P DERIEMAEKER, 2010. Influence of weight reduction on specific performance in judokas. (January), 2.
- CLAYTON, David J., Gethin H. EVANS a Lewis J. JAMES, 2014. Effect of Drink Carbohydrate Content on Postexercise Gastric Emptying, Rehydration, and the Calculation of Net Fluid Balance. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism* [online]. **24**(1), 79–89. ISSN 1543-2742, 1526-484X. Dostupné z: doi:10.1123/ijsnem.2013-0024
- COSTILL, D L a K E SPARKS, 1973. Rapid fluid replacement following thermal dehydration. *Journal of Applied Physiology* [online]. **34**(3), 299–303. ISSN 8750-7587. Dostupné z: doi:10.1152/jappl.1973.34.3.299

- COSWIG, Victor Silveira, David Hideyoshi FUKUDA a Fabrício Boscolo DEL VECCHIO, 2015. Rapid weight loss elicits harmful biochemical and hormonal responses in mixed martial arts athletes. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism* [online]. **25**(5), 480–486. ISSN 15432742. Dostupné z: doi:10.1123/ijsnem.2014-0267
- COSWIG, Victor Silveira, Bianca MIARKA, Daniel Alvarez PIRES, Levy Mendes DA SILVA, Charles BARTEL a Fabrício Boscolo DEL VECCHIO, 2019. Weight regain, but not weight loss, is related to competitive success in real-life mixed martial arts competition. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism* [online]. **29**(1), 1–8. ISSN 15432742. Dostupné z: doi:10.1123/ijsnem.2018-0034
- COUFALOVÁ, Klára, Darryl J. COCHRANE, Tomáš MALÝ a Jan HELLER, 2014. Changes in body composition, anthropometric indicators and maximal strength due to weight reduction in judo. *Archives of Budo*. **10**(1), 161–168. ISSN 16438698.
- CRIGHTON, Ben, Graeme L CLOSE a James P MORTON, 2016. Alarming weight cutting behaviours in mixed martial arts: a cause for concern and a call for action. *British Journal of Sports Medicine* [online]. **50**(8), 446–447. ISSN 0306-3674, 1473-0480. Dostupné z: doi:10.1136/bjsports-2015-094732
- CUTLER, J A, D FOLLMANN a P S ALLENDER, 1997. Randomized trials of sodium reduction: an overview. *The American Journal of Clinical Nutrition* [online]. **65**(2), 643S-651S. ISSN 0002-9165, 1938-3207. Dostupné z: doi:10.1093/ajcn/65.2.643S
- DANIELE, Gianlorenzo, Richard N. WEINSTEIN, Paul Wesley WALLACE, Vincenzo PALMIERI a Massimiliano BIANCO, 2016. Rapid weight gain in professional

boxing and correlation with fight decisions: analysis from 71 title fights. *Physician and Sportsmedicine* [online]. **44**(4), 349–354. ISSN 23263660. Dostupné z: doi:10.1080/00913847.2016.1228421

DAVIDS, Keith a Joseph BAKER, 2007. Genes, Environment and Sport Performance. *Sports Medicine* [online]. **37**(11), 961–980. ISSN 1179-2035. Dostupné z: doi:10.2165/00007256-200737110-00004

DEGOUTTE, F., P. JOUANEL, R. J. BÈGUE, M. COLOMBIER, G. LAC, J. M. PEQUIGNOT a E. FILAIRE, 2006. Food restriction, performance, biochemical, psychological, and endocrine changes in judo athletes. *International Journal of Sports Medicine* [online]. **27**(1), 9–18. ISSN 01724622. Dostupné z: doi:10.1055/s-2005-837505

DEL VECCHIO, Fabrício Boscolo, Sérgio Masashi HIRATA a Emerson FRANCHINI, 2011. A Review of Time-Motion Analysis and Combat Development in Mixed Martial Arts Matches at Regional Level Tournaments. *Perceptual and Motor Skills* [online]. **112**(2), 639–648. ISSN 0031-5125. Dostupné z: doi:10.2466/05.25.PMS.112.2.639-648

DESBROW, Ben, Sarah JANSEN, Abby BARRETT, Michael D. LEVERITT a Christopher IRWIN, 2014. Comparing the rehydration potential of different milk-based drinks to a carbohydrate–electrolyte beverage. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism* [online]. **39**(12), 1366–1372. ISSN 1715-5312. Dostupné z: doi:10.1139/apnm-2014-0174

D'ISANTO, Tiziana, Francesca D'ELIA, UNIVERSITY OF SALERNO, DEPARTMENT OF HUMAN, PHILOSOPHICAL AND EDUCATION, SALERNO, ITALY, Gaetano RAIOLA, UNIVERSITY OF SALERNO, DEPARTMENT OF HUMAN, PHILOSOPHICAL AND EDUCATION,

- SALERNO, ITALY, Gaetano ALTAVILLA, a UNIVERSITY OF SALERNO, DEPARTMENT OF HUMAN, PHILOSOPHICAL AND EDUCATION, SALERNO, ITALY, 2019. Assessment of Sport Performance: Theoretical Aspects and Practical Indications. *Sport Mont* [online]. **17**(1), 79–82. ISSN 14517485, 23370351. Dostupné z: doi:10.26773/smj.190214
- EDELMAN, I. S. a J. LEIBMAN, 1959. Anatomy of body water and electrolytes. *The American Journal of Medicine* [online]. **27**(2), 256–277. ISSN 0002-9343. Dostupné z: doi:10.1016/0002-9343(59)90346-8
- EDWARDS, Andrew M, Michael E MANN, Michael J MARFELL-JONES, Dean M RANKIN, Timothy D NOAKES a David P SHILLINGTON, 2007. Influence of moderate dehydration on soccer performance: physiological responses to 45 min of outdoor match-play and the immediate subsequent performance of sport-specific and mental concentration tests. *British Journal of Sports Medicine* [online]. **41**(6), 385–391. ISSN 0306-3674. Dostupné z: doi:10.1136/bjism.2006.033860
- ERICSSON, K. Anders, ed., 2014. : *the Acquisition of Expert Performance in the Arts and Sciences, Sports, and Games* [online]. New York: Psychology Press. ISBN 978-1-315-80594-8. Dostupné z: doi:10.4324/9781315805948
- ERICSSON, K. Anders, Ralf T. KRAMPE a Clemens TESCH-RÖMER, 1993. The role of deliberate practice in the acquisition of expert performance. *Psychological Review* [online]. **100**, 363–406. ISSN 1939-1471. Dostupné z: doi:10.1037/0033-295X.100.3.363
- ERICSSON, Karl a Andreas LEHMANN, 1996. Expert and Exceptional Performance: Evidence of Maximal Adaptation to Task Constraints. *Annual review of*

*psychology* [online]. **47**, 273–305. Dostupné z: doi:10.1146/annurev.psych.47.1.273

EVANS, Gethin H., Susan M. SHIRREFFS a Ronald J. MAUGHAN, 2009. Postexercise rehydration in man: The effects of osmolality and carbohydrate content of ingested drinks. *Nutrition* [online]. **25**(9), 905–913. ISSN 0899-9007. Dostupné z: doi:10.1016/j.nut.2008.12.014

FABRINI, Sabrina Pinheiro, Ciro José BRITO, Edmar Lacerda MENDES, Cephora Maria SABARENSE, João Carlos Bouzas MARINS a Emerson FRANCHINI, 2010. Práticas de redução de massa corporal em judocas nos períodos pré-competitivos. *Revista Brasileira de Educação Física e Esporte* [online]. **24**, 165–177. ISSN 1807-5509, 1981-4690. Dostupné z: doi:10.1590/S1807-55092010000200002

FARO, Heloiana, Dalton DE LIMA-JUNIOR a Daniel Gomes da Silva MACHADO, 2022. Rapid weight gain predicts fight success in mixed martial arts – evidence from 1,400 weigh-ins. *European Journal of Sport Science* [online]. 1–10. ISSN 1746-1391, 1536-7290. Dostupné z: doi:10.1080/17461391.2021.2013951

FILAIRE, E, F MASO, F DEGOUTTE, P JOUANEL, a LAC, 2001. Food Restriction, Performance, Psychological State and Lipid Values in Judo Athletes. *Int J Sports Med.* **22**, 454–459.

FILAIRE, Edith, Matthieu ROUVEIX, Christelle PANNAFIEUX a Claude FERRAND, 2007. Eating Attitudes, Perfectionism and Body-esteem of Elite Male Judoists and Cyclists. *Journal of Sports Science & Medicine.* **6**(1), 50–57. ISSN 1303-2968.

FINAUD, J., F. DEGOUTTE, V. SCISLOWSKI, M. ROUVEIX, D. DURAND a E. FILAIRE, 2006. Competition and Food Restriction Effects on Oxidative Stress

- in Judo. *International Journal of Sports Medicine* [online]. **27**(10), 834–841. ISSN 0172-4622, 1439-3964. Dostupné z: doi:10.1055/s-2005-872966
- FINN, Kevin, Forrest DOLGENER a Richard WILLIAMS, 2004. Effects of Carbohydrate Refeeding on Physiological Responses and Psychological and Physical Performance Following Acute Weight Reduction in Collegiate Wrestlers. *Journal of strength and conditioning research / National Strength & Conditioning Association* [online]. **18**, 328–33. Dostupné z: doi:10.1519/R-13062.1
- FLEMING a Vassiliki COSTARELLI, 2007. Nutrient intake and body composition in relation to making weight in young male Taekwondo players. *Nutrition & Food Science* [online]. **37**, 358–366. Dostupné z: doi:10.1108/00346650710828389
- FOGELHOLM, G. Mikael, Risto KOSKINEN, Juha LAAKSO, Tuomo RANKINEN a Inkeri RUOKONEN, 1993. Gradual and rapid weight loss: Effects on nutrition and performance in male athletes. *Medicine and Science in Sports and Exercise* [online]. **25**(3), 371–377. ISSN 15300315. Dostupné z: doi:10.1249/00005768-199303000-00012
- FORTES, Leonardo de Sousa., Bruna D.V. COSTA, Pedro P. PAES, Edilson S. CYRINO, Jeferson M. VIANNA a Emerson FRANCHINI, 2017a. Effect of rapid weight loss on physical performance in judo athletes: is rapid weight loss a help for judokas with weight problems?\*. *International Journal of Performance Analysis in Sport* [online]. **17**(5), 763–773. ISSN 14748185. Dostupné z: doi:10.1080/24748668.2017.1399323
- FORTES, Leonardo de Sousa, Gustavo César DE VASCONCELOS, Bruna Daniella DE VASCONCELOS COSTA, Pedro Pinheiro PAES a Emerson FRANCHINI, 2017b. Effect of 10% weight loss on simulated taekwondo match performance:

- A randomized trial. *Journal of Exercise Rehabilitation* [online]. **13**(6), 659–665. ISSN 22881778. Dostupné z: doi:10.12965/jer.1735134.567
- FRANCHINI, Emerson, Ciro J. BRITO a Guilherme G. ARTIOLI, 2012. Weight loss in combat sports: Physiological, psychological and performance effects. *Journal of the International Society of Sports Nutrition* [online]. **9**, 2–7. ISSN 15502783. Dostupné z: doi:10.1186/1550-2783-9-52
- FRANCHINI, Emerson, Fabrício B. DEL VECCHIO, Karin A. MATSUSHIGUE a Guilherme G. ARTIOLI, 2011. Physiological Profiles of Elite Judo Athletes. *Sports Medicine* [online]. **41**(2), 147–166. ISSN 1179-2035. Dostupné z: doi:10.2165/11538580-000000000-00000
- GARTHE, Ina, Truls RAASTAD a Jorunn SUNDGOT-BORGEN, 2011. Long-Term Effect of Weight Loss on Body Composition and Performance in Elite Athletes. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism* [online]. **21**(5), 426–435. ISSN 1526-484X, 1543-2742. Dostupné z: doi:10.1123/ijsnem.21.5.426
- GONZÁLEZ-ALONSO, José, Ricardo MORA-RODRÍGUEZ, Paul R. BELOW a Edward F. COYLE, 1997. Dehydration markedly impairs cardiovascular function in hyperthermic endurance athletes during exercise. *Journal of Applied Physiology* [online]. **82**(4), 1229–1236. ISSN 87507587. Dostupné z: doi:10.1152/jappl.1997.82.4.1229
- GREEN, C. M., M. J. PETROU, M. L. S. FOGARTY-HOVER a C.G. ROLF, 2006. Green - 2006 - Injuries among judokas during competition. *Scand J Med Sci Sports*.
- HALL, Kevin D., Thomas BEMIS, Robert BRYCHTA, Kong Y. CHEN, Amber COURVILLE, Emma J. CRAYNER, Stephanie GOODWIN, Juen GUO, Lilian

- HOWARD, Nicolas D. KNUTH, Bernard V. MILLER, Carla M. PRADO, Mario SIERVO, Monica C. SKARULIS, Mary WALTER, Peter J. WALTER a Laura YANNAI, 2015. Calorie for Calorie, Dietary Fat Restriction Results in More Body Fat Loss than Carbohydrate Restriction in People with Obesity. *Cell Metabolism* [online]. **22**(3), 427–436. ISSN 1550-4131. Dostupné z: doi:10.1016/j.cmet.2015.07.021
- HANDS, Beth, Fleur MCINTYRE a Helen PARKER, 2018. The General Motor Ability Hypothesis: An Old Idea Revisited. *Perceptual and Motor Skills* [online]. **125**(2), 213–233. ISSN 0031-5125, 1558-688X. Dostupné z: doi:10.1177/0031512517751750
- HE, Feng J., Nirmala D. MARKANDU, Giuseppe A. SAGNELLA a Graham A. MACGREGOR, 2001. Effect of Salt Intake on Renal Excretion of Water in Humans. *Hypertension* [online]. **38**(3), 317–320. Dostupné z: doi:10.1161/01.HYP.38.3.317
- HILLEMEIER, Craig, 1995. An Overview of the Effects of Dietary Fiber on Gastrointestinal Transit. *Pediatrics* [online]. **96**(5), 997–999. ISSN 0031-4005. Dostupné z: doi:10.1542/peds.96.5.997
- HOLTE, Kathrine, Kristine Grubbe NIELSEN, Jan Lysgård MADSEN a Henrik KEHLET, 2004. Physiologic Effects of Bowel Preparation. *Diseases of the Colon & Rectum* [online]. **47**(9), 1397–1402. ISSN 0012-3706. Dostupné z: doi:10.1007/s10350-004-0592-1
- HORSWILL, C A, J R SCOTT, R W DICK a J HAYES, 1994. Influence of rapid weight gain after the weigh-in on success in collegiate wrestlers. *Medicine and science in sports and exercise*. **26**(10), 1290–1294. ISSN 1530-0315.



- HORSWILL, Craig A., 2009. Making Weight in Combat Sports. In: Ramin KORDI, Nicola MAFFULLI, Randall R. WROBLE a W. Angus WALLACE, ed. *Combat Sports Medicine* [online]. London: Springer, s. 21–39 [vid. 2023-04-10]. ISBN 978-1-84800-354-5. Dostupné z: doi:10.1007/978-1-84800-354-5\_2
- HOUSTON, Michael E., Donald A. MARRIN, Howard J. GREEN a James A. THOMSON, 1981. The Effect of Rapid Weight Loss on Physiological Functions in Wrestlers. *The Physician and Sportsmedicine* [online]. 9(11), 73–78. ISSN 0091-3847, 2326-3660. Dostupné z: doi:10.1080/00913847.1981.11711208
- HULTMAN, E., 1967. Muscle Glycogen in Man Determined in Needle Biopsy Specimens Method and normal values. *Scandinavian Journal of Clinical and Laboratory Investigation* [online]. 19(3), 209–217. ISSN 0036-5513. Dostupné z: doi:10.3109/00365516709090628
- CHAABÈNE, Helmi, Younés HACHANA, Emerson FRANCHINI, Bessem MKAOUER a Karim CHAMARI, 2012. Physical and Physiological Profile of Elite Karate Athletes. *Sports Medicine* [online]. 42(10), 829–843. ISSN 1179-2035. Dostupné z: doi:10.1007/BF03262297
- CHEUVRONT, Samuel N., Robert CARTER, Scott J. MONTAIN a Michael N. SAWKA, 2004. Daily Body Mass Variability and Stability in Active Men Undergoing Exercise-Heat Stress. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism* [online]. 14(5), 532–540. ISSN 1543-2742, 1526-484X. Dostupné z: doi:10.1123/ijsnem.14.5.532
- IBF, 2019. *IBF RULES GOVERNING CHAMPIONSHIP CONTESTS* [online]. 2019. Dostupné z: <https://www.ibf-usba-boxing.com/images/pdfs/IBFChampionshipContestRules0119.pdf>

- ICHINOSE-KUWAHARA, Tomoko, Yoshimitsu INOUE, Yoshiko ISEKI, Sachi HARA, Yukio OGURA a Narihiko KONDO, 2010. Sex differences in the effects of physical training on sweat gland responses during a graded exercise. *Experimental Physiology* [online]. **95**(10), 1026–1032. ISSN 1469-445X. Dostupné z: doi:10.1113/expphysiol.2010.053710
- INTERNATIONAL JUDO FEDERATION, 2020. Sport and Organisation Rules. (July), 207.
- INTERNATIONAL MMA FEDERATION, 2015. Mixed Martial Arts Unified Rules for Amateur Competition. *Ring Fighting Area Requirements and Equipment*. (March), 1–18.
- INTERNATIONAL POWERLIFTING FEDERATION, 2023. Technical Rules Book.
- INTERNATIONAL WEIGHTLIFTING FEDERATION, 2020. TECHNICAL AND COMPETITION RULES & REGULATIONS.
- IRFAN, Yildirim, 2015. Associations among Dehydration, Testosterone and Stress Hormones in Terms of Body Weight Loss before Competition. *American Journal of the Medical Sciences* [online]. **350**(2), 103–108. ISSN 15382990. Dostupné z: doi:10.1097/MAJ.0000000000000521
- ISACCO, Laurie, Fabrice DEGOUTTE, Gaël ENNEQUIN, Bruno PEREIRA, David THIVEL a Edith FILAIRE, 2020. Rapid weight loss influences the physical, psychological and biological responses during a simulated competition in national judo athletes. *European Journal of Sport Science* [online]. **20**(5), 580–591. ISSN 15367290. Dostupné z: doi:10.1080/17461391.2019.1657503
- JAMES, Lachlan P., G. Gregory HAFF, Vincent G. KELLY a Emma M. BECKMAN, 2016. Towards a Determination of the Physiological Characteristics Distinguishing Successful Mixed Martial Arts Athletes: A Systematic Review of

- Combat Sport Literature. *Sports Medicine* [online]. **46**(10), 1525–1551. ISSN 1179-2035. Dostupné z: doi:10.1007/s40279-016-0493-1
- JAMES, Lewis J., David CLAYTON a Gethin H. EVANS, 2011. Effect of milk protein addition to a carbohydrate–electrolyte rehydration solution ingested after exercise in the heat. *British Journal of Nutrition* [online]. **105**(3), 393–399. ISSN 1475-2662, 0007-1145. Dostupné z: doi:10.1017/S0007114510003545
- JAMES, Lewis J., Rebecca GINGELL a Gethin H. EVANS, 2012. Whey Protein Addition to a Carbohydrate-Electrolyte Rehydration Solution Ingested After Exercise in the Heat. *Journal of Athletic Training* [online]. **47**(1), 61–66. ISSN 1062-6050. Dostupné z: doi:10.4085/1062-6050-47.1.61
- JEBB, Susan A., Timothy J. COLE, Deanne DOMAN, Peter R. MURGATROYD a Andrew M. PRENTICE, 2000. Evaluation of the novel Tanita body-fat analyser to measure body composition by comparison with a four-compartment model. *British Journal of Nutrition* [online]. **83**(2), 115–122. ISSN 0007-1145, 1475-2662. Dostupné z: doi:10.1017/S0007114500000155
- JETTON, Adam M., Marcus M. LAWRENCE, Marco MEUCCI, Tracie L. HAINES, Scott R. COLLIER, David M. MORRIS a Alan C. UTTER, 2013. Dehydration and Acute Weight Gain in Mixed Martial Arts Fighters Before Competition. *Journal of Strength and Conditioning Research* [online]. **27**(5), 1322–1326. ISSN 1064-8011. Dostupné z: doi:10.1519/JSC.0b013e31828a1e91
- JEUKENDRUP, A. E. a L. MOSELEY, 2010. Multiple transportable carbohydrates enhance gastric emptying and fluid delivery. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* [online]. **20**(1), 112–121. ISSN 1600-0838. Dostupné z: doi:10.1111/j.1600-0838.2008.00862.x

- JLID, M. C., N. MAFFULLI, M. ELLOUMI, W. MOALLA a T. PAILLARD, 2013. Rapid weight loss alters muscular performance and perceived exertion as well as postural control in elite wrestlers. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*. **53**(6), 620–627. ISSN 0022-4707.
- KARILA, Tuomo Arto Mikael, P. SARKKINEN, M. MARTTINEN, T. SEPPÄLÄ, A. MERO a K. TALLROTH, 2008. Rapid weight loss decreases serum testosterone. *International Journal of Sports Medicine* [online]. **29**(11), 872–877. ISSN 01724622. Dostupné z: doi:10.1055/s-2008-1038604
- KAZEMI, Mohsen, Heather SHEARER a Young SU CHOUNG, 2005. Pre-competition habits and injuries in Taekwondo athletes. *BMC Musculoskeletal Disorders* [online]. **6**(1), 26. ISSN 1471-2474. Dostupné z: doi:10.1186/1471-2474-6-26
- KEOGH, Justin W. L., Patria A. HUME, Simon N. PEARSON a Peter MELLOW, 2007. Anthropometric dimensions of male powerlifters of varying body mass. *Journal of Sports Sciences* [online]. **25**(12), 1365–1376. ISSN 0264-0414. Dostupné z: doi:10.1080/02640410601059630
- KERSTEN, Sander, 2001. Mechanisms of nutritional and hormonal regulation of lipogenesis. *EMBO reports* [online]. **2**(4), 282–286. ISSN 1469-221X. Dostupné z: doi:10.1093/embo-reports/kve071
- KHODAEI, Morteza, Lucianne OLEWINSKI, Babak SHADGAN a Robert R. KININGHAM, 2015. Rapid weight loss in sports with weight classes. *Current Sports Medicine Reports* [online]. **14**(6), 435–441. ISSN 15378918. Dostupné z: doi:10.1249/JSR.0000000000000206
- KININGHAM, R B a D W GORENFLO, 2001. Weight loss methods of high school wrestlers. *Medicine and science in sports and exercise* [online]. **33**(5), 810–813. ISSN 1530-0315. Dostupné z: doi:10.1097/00005768-200105000-00021

- KIRK, Christopher, Carl LANGAN-EVANS a James P. MORTON, 2020. Worth the weight? Post weigh-in rapid weight gain is not related to winning or losing in professional mixed martial arts. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism* [online]. **30**(5), 357–361. ISSN 15432742. Dostupné z: doi:10.1123/IJSNEM.2019-0347
- KOO, Terry K. a Mae Y. LI, 2016. A Guideline of Selecting and Reporting Intraclass Correlation Coefficients for Reliability Research. *Journal of Chiropractic Medicine* [online]. **15**(2), 155–163. ISSN 1556-3707. Dostupné z: doi:10.1016/j.jcm.2016.02.012
- KORAL, J. a F. DOSSEVILLE, 2009. Combination of gradual and rapid weight loss: Effects on physical performance and psychological state of elite judo athletes. *Journal of Sports Sciences* [online]. **27**(2), 115–120. ISSN 02640414. Dostupné z: doi:10.1080/02640410802413214
- KORDI, Ramin, Vahid ZIAEE, Mohsen ROSTAMI a William A. WALLACE, 2011. Patterns of weight loss and supplement consumption of male wrestlers in Tehran. *Sports Medicine, Arthroscopy, Rehabilitation, Therapy and Technology* [online]. **3**(1), 1–7. ISSN 17582555. Dostupné z: doi:10.1186/1758-2555-3-4
- KREITZMAN, S N, A Y COXON a K F SZAZ, 1992. Glycogen storage: illusions of easy weight loss, excessive weight regain, and distortions in estimates of body composition. *The American Journal of Clinical Nutrition* [online]. **56**(1), 292S-293S. ISSN 0002-9165. Dostupné z: doi:10.1093/ajcn/56.1.292S
- KURAKAKE, Shigeyoshi, Takashi UMEDA, Shigeyuki NAKAJI, Kazuo SUGAWARA, Kazuo SAITO a Yosuke YAMAMOTO, 1998. Changes in physical characteristics, hematological parameters and nutrients and food intake during weight reduction in judoists. *Environmental Health and Preventive*

*Medicine* [online]. **3**(3), 152–157. ISSN 1342-078X, 1347-4715. Dostupné z: doi:10.1007/BF02931706

LAKICEVIC, Nemanja, Antonio PAOLI, Roberto ROKLICER, Tatjana TRIVIC, Darinka KOROVljeV, Sergej M. OSTOJIC, Patrizia PROIA, Antonino BIANCO a Patrik DRID, 2021. Effects of rapid weight loss on kidney function in combat sport athletes. *Medicina (Lithuania)* [online]. **57**(6), 1–9. ISSN 16489144. Dostupné z: doi:10.3390/medicina57060551

LAKICEVIC, Nemanja, Roberto ROKLICER, Antonino BIANCO, Diba MANI, Antonio PAOLI, Tatjana TRIVIC, Sergej M. OSTOJIC, Aleksandra MILOVANCEV, Nebojsa MAKSIMOVIC a Patrik DRID, 2020. Effects of rapid weight loss on judo athletes: A systematic review. *Nutrients* [online]. **12**(5). ISSN 20726643. Dostupné z: doi:10.3390/nu12051220

LEE, Yeong Yeh, Askin ERDOGAN a Satish S C RAO, 2014. How to Assess Regional and Whole Gut Transit Time With Wireless Motility Capsule. *Journal of Neurogastroenterology and Motility* [online]. **20**(2), 265–270. ISSN 2093-0879. Dostupné z: doi:10.5056/jnm.2014.20.2.265

LIJOI, Davide, Simone FERRERO, Emanuela MISTRANGELO, Ilaria Della CASA, Marco CROSA, Valentino REMORGIDA a Franco ALESSANDRI, 2009. Bowel preparation before laparoscopic gynaecological surgery in benign conditions using a 1-week low fibre diet: a surgeon blind, randomized and controlled trial. *Archives of Gynecology and Obstetrics* [online]. **280**(5), 713–718. ISSN 1432-0711. Dostupné z: doi:10.1007/s00404-009-0986-3

MARKOVIC, Goran, DraZan DIZDAR, Igor JUKIC a Marco CARDINALE, 2004. Reliability and Factorial Validity of Squat and Countermovement Jump Tests.

*The Journal of Strength & Conditioning Research*. **18**(3), 551–555. ISSN 1064-8011.

MARTÍNKOVÁ, Irena, 2020. Open Categories in Sport: One Way to Decrease Discrimination. *Sport, Ethics and Philosophy* [online]. **14**(4), 461–477. ISSN 1751-1321. Dostupné z: doi:10.1080/17511321.2020.1772355

MARTTINEN, Risto H.J., Daniel A. JUDELSON, Lenny D. WIERSMA a Jared W. COBURN, 2011. Effects of self-selected mass loss on performance and mood in collegiate wrestlers. *Journal of Strength and Conditioning Research* [online]. **25**(4), 1010–1015. ISSN 10648011. Dostupné z: doi:10.1519/JSC.0b013e318207ed3f

MATTHEWS, Joseph J., Edward N. STANHOPE, Mark S. GODWIN, Matthew E.J. HOLMES a Guilherme G. ARTIOLI, 2019. The magnitude of rapid weight loss and rapid weight gain in combat sport athletes preparing for competition: A systematic review. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism* [online]. **29**(4), 441–452. ISSN 15432742. Dostupné z: doi:10.1123/ijsnem.2018-0165

MATTHEWS, Joseph John a Ceri NICHOLAS, 2017. Extreme rapid weight loss and rapid weight gain observed in UK mixed martial arts athletes preparing for competition. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism* [online]. **27**(2), 122–129. ISSN 15432742. Dostupné z: doi:10.1123/ijsnem.2016-0174

MAUGHAN, Ronald J., Susan M. SHIRREFFS a John B. LEIPER, 2007. Errors in the estimation of hydration status from changes in body mass. *Journal of Sports Sciences* [online]. **25**(7), 797–804. ISSN 0264-0414, 1466-447X. Dostupné z: doi:10.1080/02640410600875143

MAURICIO, Clóvis De Albuquerque, Pablo MERINO, Rodrigo MERLO, José Jairo Narrea VARGAS, Juan Ángel Rodríguez CHÁVEZ, Diego Valenzuela PÉREZ, Esteban Ariel AEDO-MUÑOZ, Maamer SLIMANI, Ciro José BRITO, Nicola Luigi BRAGAZZI a Bianca MIARKA, 2022. Rapid Weight Loss of Up to Five Percent of the Body Mass in Less Than 7 Days Does Not Affect Physical Performance in Official Olympic Combat Athletes With Weight Classes: A Systematic Review With Meta-Analysis. *Frontiers in Physiology* [online]. **13** [vid. 2023-01-04]. ISSN 1664-042X. Dostupné z: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fphys.2022.830229>

MAYHEW, Jerry L., Tom P. MCCORMICK, Fontaine C. PIPER, Amy L. KURTH a Michael D. ARNOLD, 1993. Relationships of Body Dimensions to Strength Performance in Novice Adolescent Male Powerlifters. *Pediatric Exercise Science* [online]. **5**(4), 347–356. ISSN 0899-8493, 1543-2920. Dostupné z: [doi:10.1123/pes.5.4.347](https://doi.org/10.1123/pes.5.4.347)

MCCARGAR, L J a S M CRAWFORD, 1992. Metabolic and anthropometric changes with weight cycling in wrestlers. *Medicine and science in sports and exercise*. **24**(11), 1270–1275. ISSN 1530-0315.

MENDES, Sandro H., Aline C. TRITTO, João Paulo L. F. GUILHERME, Marina Y. SOLIS, Douglas E. VIEIRA, Emerson FRANCHINI, Antonio H. LANCHÁ a Guilherme G. ARTIOLI, 2013. Effect of rapid weight loss on performance in combat sport male athletes: does adaptation to chronic weight cycling play a role? *British Journal of Sports Medicine* [online]. **47**(18), 1155–1160. ISSN 0306-3674, 1473-0480. Dostupné z: [doi:10.1136/bjsports-2013-092689](https://doi.org/10.1136/bjsports-2013-092689)

MOLINA, D. Kimberley a Vincent J. M. DIMAIO, 2012. Normal Organ Weights in Men: Part II—The Brain, Lungs, Liver, Spleen, and Kidneys. *The American*



- Journal of Forensic Medicine and Pathology* [online]. **33**(4), 368. ISSN 0195-7910. Dostupné z: doi:10.1097/PAF.0b013e31823d29ad
- MONRO, John A, 2000. Faecal bulking index: A physiological basis for dietary management of bulk in the distal colon. *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition* [online]. **9**(2), 74–81. ISSN 0964-7058, 1440-6047. Dostupné z: doi:10.1046/j.1440-6047.2000.00155.x
- MORALES, Jose, Carla UBASART, Mónica SOLANA-TRAMUNT, Israel VILLARRASA-SAPIÑA, Luis Millán GONZÁLEZ, David FUKUDA a Emerson FRANCHINI, 2018. Effects of rapid weight loss on balance and reaction time in elite judo athletes. *International Journal of Sports Physiology and Performance* [online]. **13**(10), 1371–1377. ISSN 15550273. Dostupné z: doi:10.1123/ijsp.2018-0089
- MORTON, James P., Colin ROBERTSON, Laura SUTTON a Don P. M, 2010. Making the Weight: A Case Study From Professional Boxing. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism* [online]. **20**(1), 80–85. ISSN 1543-2742, 1526-484X. Dostupné z: doi:10.1123/ijsnem.20.1.80
- MURAYAMA, Kou, Satoshi USAMI a Michiko SAKAKI, 2022. Summary-statistics-based power analysis: A new and practical method to determine sample size for mixed-effects modeling. *Psychological Methods* [online]. **27**, 1014–1038. ISSN 1939-1463. Dostupné z: doi:10.1037/met0000330
- NIELSEN, Bodil, Gisela SJØGAARD, Jacob UGELVIG, Bo KNUDSEN a Bengt DOHLMANN, 1986. Fluid balance in exercise dehydration and rehydration with different glucose-electrolyte drinks. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology* [online]. **55**(3), 318–325. ISSN 1439-6327. Dostupné z: doi:10.1007/BF02343806

- NILSSON, L. HSON, 1973. Liver Glycogen Content in Man in the Postabsorptive State. *Scandinavian Journal of Clinical and Laboratory Investigation* [online]. **32**(4), 317–323. ISSN 0036-5513. Dostupné z: doi:10.3109/00365517309084354
- NOSE, H., G. W. MACK, X. R. SHI a E. R. NADEL, 1988. Role of osmolality and plasma volume during rehydration in humans. *Journal of Applied Physiology* [online]. **65**(1), 325–331. ISSN 8750-7587. Dostupné z: doi:10.1152/jappl.1988.65.1.325
- OÖPIK, V., M. PÄÄSUKE, T. SIKKU, S. TIMPMANN, L. MEDIJAINEN, ERELINE J., T. SMIRNOVA a E. GAPEJEVA, 1996. Effect of rapid weight loss on metabolism and isokinetic performance capacity. A case study of two well trained wrestlers. *J Sports Med Phys Fitness* [online]. [vid. 2021-11-14]. Dostupné z: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/8898520/>
- OÖPIK, Vahur, Saima TIMPMANN, Andres BURK a Innar HANNUS, 2013. Hydration status of Greco-Roman wrestlers in an authentic precompetition situation. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism* [online]. **38**(6), 621–625. ISSN 1715-5312, 1715-5320. Dostupné z: doi:10.1139/apnm-2012-0334
- ORLICK, Terry a John PARTINGTON, 1988. Mental Links to Excellence. *The Sport Psychologist* [online]. **2**(2), 105–130. ISSN 0888-4781, 1543-2793. Dostupné z: doi:10.1123/tsp.2.2.105
- OSTERBERG, Kristin L., Shannon E. PALLARDY, Richard J. JOHNSON a Craig A. HORSWILL, 2010. Carbohydrate exerts a mild influence on fluid retention following exercise-induced dehydration. *Journal of Applied Physiology* [online]. **108**(2), 245–250. ISSN 8750-7587. Dostupné z: doi:10.1152/jappphysiol.91275.2008

- PALLARÉS, J. G., A. MARTÍNEZ-ABELLÁN, J. M. LÓPEZ-GULLÓN, R. MORÁN-  
NAVARRO, E. DE LA CRUZ-SÁNCHEZ a R. MORA-RODRÍGUEZ, 2016.  
Muscle contraction velocity, strength and power output changes following  
different degrees of hypohydration in competitive olympic combat sports.  
*Journal of the International Society of Sports Nutrition* [online]. **13**(1), 10.  
ISSN null. Dostupné z: doi:10.1186/s12970-016-0121-3
- PERÓN, Alessandra Paula de Oliveira Nunes, Waldir Zampronha FILHO, Luciana da  
Silva GARCIA, Alex Wilson SILVA a Juan Francisco Garcia ALVAREZ, 2009.  
Perfil nutricional de boxeadores olímpicos e avaliação do impacto da  
intervenção nutricional no ajuste de peso para as categorias de lutas. *O Mundo  
da Saúde* [online]. **33**(3), 352–357. ISSN 01047809, 19803990. Dostupné  
z: doi:10.15343/0104-7809.200933.3.12
- PERRIELLO, Vito A, 2001. Aiming for healthy weight in wrestlers and other athletes.
- PETTERSSON, Stefan a Christina M. BERG, 2014. Dietary Intake at Competition in  
Elite Olympic Combat Sports. *International Journal of Sport Nutrition and  
Exercise Metabolism* [online]. **24**(1), 98–109. ISSN 1526-484X, 1543-2742.  
Dostupné z: doi:10.1123/ijsnem.2013-0041
- PETTERSSON, Stefan, Marianne Pipping EKSTRÖM a Christina M. BERG, 2013.  
Practices of weight regulation among elite athletes in combat sports: A matter of  
mental advantage? *Journal of Athletic Training* [online]. **48**(1), 99–108.  
ISSN 10626050. Dostupné z: doi:10.4085/1062-6050-48.1.04
- PICHAN, G., R. K. GAUTTAM, O. S. TOMAR a A. C. BAJAJ, 1988. Effect of  
primary hypohydration on physical work capacity. *International Journal of  
Biometeorology* [online]. **32**(3), 176–180. ISSN 1432-1254. Dostupné  
z: doi:10.1007/BF01045276

- PILCH, W., Z. SZYGULA, T. PALKA, P. PILCH, T. CISON, S. WIECHA a Ł TOTA, 2014. COMPARISON OF PHYSIOLOGICAL REACTIONS AND PHYSIOLOGICAL STRAIN IN HEALTHY MEN UNDER HEAT STRESS IN DRY AND STEAM HEAT SAUNAS. *Biology of Sport* [online]. **31**(2), 145–149. ISSN 0860-021X, 2083-1862. Dostupné z: doi:10.5604/20831862.1099045
- PROSS, Nathalie, Agnès DEMAZIÈRES, Nicolas GIRARD, Romain BARNOUIN, Francine SANTORO, Emmanuel CHEVILLOTTE, Alexis KLEIN a Laurent Le BELLEGO, 2013. Influence of progressive fluid restriction on mood and physiological markers of dehydration in women. *British Journal of Nutrition* [online]. **109**(2), 313–321. ISSN 0007-1145, 1475-2662. Dostupné z: doi:10.1017/S0007114512001080
- RANKIN, Janet Walberg, Jeff V. OCEL a Laura L. CRAFT, 1996. Effect of weight loss and refeeding diet composition on anaerobic performance in wrestlers. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. **28**(10), 1292. ISSN 0195-9131.
- REALE, Reid, Gregory R. COX, Gary SLATER a Louise M. BURKE, 2016. Regain in body mass after weigh-in is linked to success in real life judo competition. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism* [online]. **26**(6), 525–530. ISSN 15432742. Dostupné z: doi:10.1123/ijsnem.2015-0359
- REALE, Reid, Gregory R. COX, Gary SLATER a Louise M. BURKE, 2017a. Weight regain: No link to success in a real-life multiday boxing tournament. *International Journal of Sports Physiology and Performance* [online]. **12**(7), 856–863. ISSN 15550265. Dostupné z: doi:10.1123/ijsp.2016-0311
- REALE, Reid, Gary SLATER a Louise M. BURKE, 2017b. Acute-weight-loss strategies for combat sports and applications to olympic success. *International*

- Journal of Sports Physiology and Performance* [online]. **12**(2), 142–151. ISSN 15550265. Dostupné z: doi:10.1123/ijsp.2016-0211
- REALE, Reid, Gary SLATER a Louise M. BURKE, 2017c. Individualised dietary strategies for Olympic combat sports: Acute weight loss, recovery and competition nutrition. *European Journal of Sport Science* [online]. **17**(6), 727–740. ISSN 1746-1391. Dostupné z: doi:10.1080/17461391.2017.1297489
- REALE, Reid, Gary SLATER a Louise M. BURKE, 2018a. Weight management practices of Australian Olympic combat sport athletes. *International Journal of Sports Physiology and Performance* [online]. **13**(4), 459–466. ISSN 15550265. Dostupné z: doi:10.1123/ijsp.2016-0553
- REALE, Reid, Gary SLATER, Gregory R. COX, Ian C. DUNICAN a Louise M. BURKE, 2018b. The effect of water loading on acute weight loss following fluid restriction in combat sports athletes. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism* [online]. **28**(6), 565–573. ISSN 15432742. Dostupné z: doi:10.1123/ijsnem.2017-0183
- REGULI, Zdenko, Miroslav ĎURECH a Michal VÍT, 2007. *Teorie a didaktika úpolů ve školní tělesné výchově* [online]. B.m.: Masarykova univerzita [vid. 2022-11-30]. ISBN 978-80-210-4318-3. Dostupné z: <https://is.muni.cz/publication/750723/cs/Teorie-a-didaktika-upolu-ve-skolni-telesne-vychove/Reguli-Durech-Vit>
- RELJIC, Dejan, Eike HÄSSLER, Joachim JOST a Birgit FRIEDMANN-BETTE, 2013. Rapid Weight Loss and the Body Fluid Balance and Hemoglobin Mass of Elite Amateur Boxers. *Journal of Athletic Training* [online]. **48**(1), 109–117. ISSN 1062-6050. Dostupné z: doi:10.4085/1062-6050-48.1.05

- RIBAS, Marcelo, Wallace DE OLIVEIRA, Hilton SOUZA, Samuel CESAR, Samuel FERREIRA, Francisco WALESKO a Julio BASSAN, 2019. The Assessment of Hand Grip Strength and Rapid Weight Loss in Muay Thai Athletes.
- ROBERTSON, G.I. a J.p. NORGAARD, 2002. Renal regulation of urine volume: potential implications for nocturia. *BJU International* [online]. **90**(s3), 7–10. ISSN 1464-410X. Dostupné z: doi:10.1046/j.1464-410X.90.s3.2.x
- ROEMMICH, James N a Wayne E SINNING, 1997. *Weight loss and wrestling training: effects on growth-related hormones* [online]. Dostupné z: <http://www.jap.org>
- ROKLICER, Roberto, Carlo ROSSI, Antonino BIANCO, Valdemar ŠTAJER, Nemanja MAKSIMOVIC, Marko MANOJLOVIC, Barbara GILIC, Tatjana TRIVIC a Patrik DRID, 2022. Rapid Weight Loss Coupled with Sport-Specific Training Impairs Heart Rate Recovery in Greco-Roman Wrestlers. *Applied Sciences* [online]. **12**(7), 3286. ISSN 2076-3417. Dostupné z: doi:10.3390/app12073286
- RONCAL-JIMENEZ, C., M. A. LANASPA, T. JENSEN, L. G. SANCHEZ-LOZADA a R. J. JOHNSON, 2015. Mechanisms by which dehydration may lead to chronic kidney disease. *Annals of Nutrition and Metabolism* [online]. **66**(suppl 3), 10–13. ISSN 14219697. Dostupné z: doi:10.1159/000381239
- SAARNI, S. E., A. RISSANEN, S. SARNA, M. KOSKENVUO a J. KAPRIO, 2006. Weight cycling of athletes and subsequent weight gain in middleage. *International Journal of Obesity* [online]. **30**(11), 1639–1644. ISSN 03070565. Dostupné z: doi:10.1038/sj.ijo.0803325
- SAGAYAMA, Hiroyuki, Eiichi YOSHIMURA, Yosuke YAMADA, Mamiko ICHIKAWA, Naoyuki EBINE, Yasuki HIGAKI, Akira KIYONAGA a Hiroaki TANAKA, 2014. Effects of rapid weight loss and regain on body composition

- and energy expenditure. *Applied Physiology, Nutrition & Metabolism* [online]. **39**(1), 21–27. ISSN 17155312. Dostupné z: doi:10.1139/apnm-2013-0096
- SAWKA, Michael N., 2005. *Dietary Reference Intakes for Water, Potassium, Sodium, Chloride, and Sulfate. Chapter 4 - Water* [online]. [vid. 2022-12-26]. Dostupné z: <https://apps.dtic.mil/sti/citations/ADA433916>
- SAWKA, Michael N., Samuel N. CHEUVRONT a Robert CARTER, 2005. Human Water Needs. *Nutrition Reviews* [online]. **63**, S30–S39. ISSN 00296643, 17534887. Dostupné z: doi:10.1111/j.1753-4887.2005.tb00152.x
- SAWYER, Jason C., Richard J. WOOD, Patrick W. DAVIDSON, Sean M. COLLINS, Tracey D. MATTHEWS, Sara M. GREGORY a Vincent J. PAOLONE, 2013. Effects of a Short-Term Carbohydrate-Restricted Diet on Strength and Power Performance. *The Journal of Strength & Conditioning Research* [online]. **27**(8), 2255. ISSN 1064-8011. Dostupné z: doi:10.1519/JSC.0b013e31827da314
- SEERY, Suzanne a Philip JAKEMAN, 2016. A metered intake of milk following exercise and thermal dehydration restores whole-body net fluid balance better than a carbohydrate–electrolyte solution or water in healthy young men. *British Journal of Nutrition* [online]. **116**(6), 1013–1021. ISSN 0007-1145, 1475-2662. Dostupné z: doi:10.1017/S0007114516002907
- SEIFERT, John, Joseph HARMON a Patty DECLERCQ, 2006. Protein Added to a Sports Drink Improves Fluid Retention. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism* [online]. **16**(4), 420–429. ISSN 1543-2742, 1526-484X. Dostupné z: doi:10.1123/ijsnem.16.4.420
- SHA, Zhanxin a Boyi DAI, 2021. The validity of using one force platform to quantify whole-body forces, velocities, and power during a plyometric push-up. *BMC*

- Sports Science, Medicine and Rehabilitation* [online]. **13**(1), 103. ISSN 2052-1847. Dostupné z: doi:10.1186/s13102-021-00330-z
- SHENG, H P a R A HUGGINS, 1979. A review of body composition studies with emphasis on total body water and fat. *The American Journal of Clinical Nutrition* [online]. **32**(3), 630–647. ISSN 0002-9165. Dostupné z: doi:10.1093/ajcn/32.3.630
- SHIBASAKI, Manabu, Thad E. WILSON a Craig G. CRANDALL, 2006. Neural control and mechanisms of eccrine sweating during heat stress and exercise. *Journal of Applied Physiology (Bethesda, Md.: 1985)* [online]. **100**(5), 1692–1701. ISSN 8750-7587. Dostupné z: doi:10.1152/jappphysiol.01124.2005
- SHIRREFFS, Susan M., Lawrence E. ARMSTRONG a Samuel N. CHEUVRONT, 2004. *Fluid and electrolyte needs for preparation and recovery from training and competition* [online]. B.m.: Routledge [vid. 2022-12-27]. ISBN 978-0-203-44861-8. Dostupné z: doi:10.4324/9780203448618-5
- SHIRREFFS, Susan M. a Michael N. SAWKA, 2011. Fluid and electrolyte needs for training, competition, and recovery. *Journal of Sports Sciences* [online]. **29**(sup1), S39–S46. ISSN 0264-0414. Dostupné z: doi:10.1080/02640414.2011.614269
- SHIRREFFS, Susan M., Phillip WATSON a Ronald J. MAUGHAN, 2007. Milk as an effective post-exercise rehydration drink. *British Journal of Nutrition* [online]. **98**(1), 173–180. ISSN 1475-2662, 0007-1145. Dostupné z: doi:10.1017/S0007114507695543
- SCHICK, Monica G., Lee E. BROWN, Jared W. COBURN, William C. BEAM, Evan E. SCHICK a Nicole C. DABBS, 2010. Physiological Profile of Mixed Martial



- Artists. *Medicina Sportiva* [online]. **14**(4), 182–187. ISSN 1734-2260. Dostupné z: doi:10.2478/v10036-010-0029-y
- SLINDE, Frode, Cathrine SUBER, Louise SUBER, Cecilia Elam EDWÉN a Ulla SVANTESSON, 2008. Test-Retest Reliability of Three Different Countermovement Jumping Tests. *The Journal of Strength & Conditioning Research* [online]. **22**(2), 640–644. ISSN 1064-8011. Dostupné z: doi:10.1519/JSC.0b013e3181660475
- SMITH, Marcus S., 2006. Physiological profile of senior and junior England international amateur boxers. *Journal of Sports Science and Medicine*. **5**(CSSI-1), 74–89. ISSN 13032968.
- SMITH, Re a Ds CHRISTENSEN, 1995. Psychological Skills as Predictors of Performance and Survival in Professional Baseball. *Journal of Sport & Exercise Psychology* [online]. **17**(4), 399–415. ISSN 0895-2779. Dostupné z: doi:10.1123/jsep.17.4.399
- SPENST, Linda F., Alan D. MARTIN a Donald T. DRINKWATER, 1993. Muscle mass of competitive male athletes. *Journal of Sports Sciences* [online]. **11**(1), 3–8. ISSN 0264-0414, 1466-447X. Dostupné z: doi:10.1080/02640419308729956
- STEEN, S N a K D BROWNELL, 1990. Patterns of weight loss and regain in wrestlers: has the tradition changed. *Medicine and science in sports and exercise* [online]. **22**(6), 762–768. ISSN 1530-0315. Dostupné z: doi:10.1249/00005768-199012000-00005
- STEEN, Suzanne Nelson, Robert A. OPPLIGER a Kelly D. BROWNELL, 1988. Metabolic Effects of Repeated Weight Loss and Regain in Adolescent Wrestlers. *JAMA* [online]. **260**(1), 47–50. ISSN 0098-7484. Dostupné z: doi:10.1001/jama.1988.03410010055034

- SVENSSON, Sophie, Anna-Carin OLIN a Johan HELLGREN, 2006. Increased net water loss by oral compared to nasal expiration in healthy subjects. *Rhinology*. **44**, 74–7.
- TABBEN, Montassar, Anis CHAOUACHI, Mohamed MAHFOUDHI, Asma ALOUI, Hamdi HABACHA, Claire TOURNY a Emerson FRANCHINI, 2014. Physical and physiological characteristics of high-level combat sport athletes. *Journal of Combat Sports and Martial Arts* [online]. **5**(1), 1–5. ISSN 2081-5735. Dostupné z: doi:10.5604/20815735.1127445
- TALAEI, Mohammad, Farzad NAZEM a Mohammad Taghi GOODARZI, 2015. The Impact of 4% Rapid Weight Loss on Leptin, Adiponectin, and Insulin Resistance Among Elite Adult Freestyle Wrestlers. *International Journal of Wrestling Science* [online]. **5**(1), 56–62. ISSN 2161-5667, 2161-3524. Dostupné z: doi:10.1080/21615667.2015.1032160
- TARNOPOLSKY, M. A., N. CIPRIANO, C. WOODCROFT, W. J. PULKKINEN, D. C. ROBINSON, J. M. HENDERSON a J. D. MACDOUGALL, 1996. Effects of Rapid Weight Loss and Wrestling on Muscle Glycogen Concentration. *Clinical Journal of Sport Medicine*. **6**(2), 78. ISSN 1050-642X.
- TERAMOTO, Masaru a Chad L CROSS, 2018. Importance of team height to winning games in the National Basketball Association. *International Journal of Sports Science & Coaching* [online]. **13**(4), 559–568. ISSN 1747-9541. Dostupné z: doi:10.1177/1747954117730953
- TILLAAR, Roland van den a Nick BALL, 2020. Push-Ups are Able to Predict the Bench Press 1-RM and Constitute an Alternative for Measuring Maximum Upper Body Strength Based on Load-Velocity Relationships. *Journal of Human Kinetics* [online]. **73**(1), 7–18. Dostupné z: doi:10.2478/hukin-2019-0133

- TIMPMANN, Saima, Andres BURK, Luule MEDIJAINEN, Maria TAMM, Kairi KREEGIPUU, Mare VÄHI, Eve UNT a Vahur ÖÖPIK, 2012. Dietary sodium citrate supplementation enhances rehydration and recovery from rapid body mass loss in trained wrestlers. *Applied physiology, nutrition, and metabolism = Physiologie appliquee, nutrition et metabolisme* [online]. **37**. Dostupné z: doi:10.1139/h2012-089
- TIMPMANN, Saima, Vahur ÖÖPIK, Mati PÄÄSUKE, Luule MEDIJAINEN a Jaan ERELINE, 2008. Acute Effects of Self-Selected Regimen of Rapid Body Mass Loss in Combat Sports Athletes. *Journal of Sports Science & Medicine*. **7(2)**, 210–217. ISSN 1303-2968.
- TIPTON, Charles M. a Tse-Kia TCHENG, 1970. Iowa Wrestling Study: Weight Loss in High School Students. *JAMA* [online]. **214(7)**, 1269–1274. ISSN 0098-7484. Dostupné z: doi:10.1001/jama.1970.03180070035006
- UTTER, Alan C., James R. SCOTT, Robert A. OPPLIGER, Paul S. VISICH, Fredric L. GOSS, Bonita L. MARKS, David C. NIEMAN a Bryan W. SMITH, 2001. A Comparison of Leg-to-Leg Bioelectrical Impedance and Skinfolds in Assessing Body Fat in Collegiate Wrestlers. *Journal of Strength and Conditioning Research* [online]. **15(2)**, 157–160. ISSN 10648011. Dostupné z: doi:10.1519/1533-4287(2001)015<0157:ACOLTL>2.0.CO;2
- VARADY, K. A., 2011. Intermittent versus daily calorie restriction: which diet regimen is more effective for weight loss? *Obesity Reviews* [online]. **12(7)**, e593–e601. ISSN 1467-789X. Dostupné z: doi:10.1111/j.1467-789X.2011.00873.x
- VIITASALO, J., H. KYRÖLÄINEN, C. BOSCO a M. ALEN, 1987. Effects of Rapid Weight Reduction on Force Production and Vertical Jumping Height.

- International Journal of Sports Medicine* [online]. **08**(04), 281–285. ISSN 0172-4622, 1439-3964. Dostupné z: doi:10.1055/s-2008-1025670
- WANG, Ran, Jay R. HOFFMAN, Eliahu SADRES, Sandro BARTOLOMEI, Tyler W. D. MUDDLE, David H. FUKUDA a Jeffrey R. STOUT, 2017. Evaluating Upper-Body Strength and Power From a Single Test: The Ballistic Push-up. *The Journal of Strength & Conditioning Research* [online]. **31**(5), 1338–1345. ISSN 1064-8011. Dostupné z: doi:10.1519/JSC.0000000000001832
- WILMORE, Jack H., 2000. Weight category sports. *Nutrition in sport*. **7**.
- WILSON, George, Barry DRUST, James P. MORTON a Graeme L. CLOSE, 2014. Weight-Making Strategies in Professional Jockeys: Implications for Physical and Mental Health and Well-Being. *Sports Medicine* [online]. **44**(6), 785–796. ISSN 1179-2035. Dostupné z: doi:10.1007/s40279-014-0169-7
- WILSON, M-M a John MORLEY, 2004. Wilson MMG, Morley JE. Impaired cognitive function and mental performance in mild dehydration. *Eur J Clin Nutr* **57**, S24-S29. *European journal of clinical nutrition* [online]. **57 Suppl 2**, S24-9. Dostupné z: doi:10.1038/sj.ejcn.1601898
- WORLD BOXING ORGANIZATION, 2021. REGULATIONS OF WORLD CHAMPIONSHIP CONTESTS. **26**.
- WORLD TAEKWONDO, 2019. *COMPETITION RULES & INTERPRETATION*. 2019.
- WRF, WORLD ROWING FEDERATION, 2021. RULE BOOK.
- WU, Keng-Liang, Christopher K. RAYNER, Seng-Kee CHUAH, King-Wah CHIU, Chien-Chang LU a Yi-Chun CHIU, 2011. Impact of Low-Residue Diet on Bowel Preparation for Colonoscopy. *Diseases of the Colon & Rectum* [online]. **54**(1), 107. ISSN 0012-3706. Dostupné z: doi:10.1007/DCR.0b013e3181fb1e52

- YADOLLAHZADEH, R., Morteza JOURKESH, Jose ANTONIO a Rahman SOORI, 2015. The effects of rapid weight loss on aerobic and anaerobic power on athletes in weight-sensitive sports. *Sport Science*. **8**, 30–34.
- YANAGAWA, Yoshimaro, Tadashi MORIMURA, Katsuhiko TSUNEKAWA, Koji SEKI, Takayuki OGIWARA, Nobuo KOTAJIMA, Tetsuo MACHIDA, Shingo MATSUMOTO, Takumi ADACHI a Masami MURAKAMI, 2010. Oxidative Stress Associated with Rapid Weight Reduction Decreases Circulating Adiponectin Concentrations. *Endocrine Journal* [online]. **57**(4), 339–345. ISSN 0918-8959, 1348-4540. Dostupné z: doi:10.1507/endocrj.K09E-359
- YANG, Woo Hwi, Oliver HEINE, Sebastian PAULY, Pilsang KIM, Wilhelm BLOCH, Joachim MESTER a Marijke GRAU, 2015. Rapid rather than gradual weight reduction impairs hemorheological parameters of taekwondo athletes through reduction in RBC-NOS activation. *PLoS ONE* [online]. **10**(4), 1–14. ISSN 19326203. Dostupné z: doi:10.1371/journal.pone.0123767
- YANG, Woo-Hwi, Marijke GRAU, Pilsang KIM, Anke SCHMITZ, Oliver HEINE, Wilhelm BLOCH a Joachim MESTER, 2014. Physiological and psychological performance of taekwondo athletes is more affected by rapid than by gradual weight reduction. *ARCHIVES OF BUDO*.
- YOON, Jaeryang, 2002. Physiological Profiles of Elite Senior Wrestlers. *Sports Medicine* [online]. **32**(4), 225–233. ISSN 1179-2035. Dostupné z: doi:10.2165/00007256-200232040-00002
- ZALLEG, Dalenda, Anis BEN DHAHBI, Wissem DHAHBI, Maha SELLAMI, Johnny PADULO, Marouen SOUAIFI, Tea BEŠLIJA a Karim CHAMARI, 2020. Explosive Push-ups: From Popular Simple Exercises to Valid Tests for Upper-

- Body Power. *Journal of Strength and Conditioning Research* [online]. **34**(10), 2877–2885. ISSN 1064-8011. Dostupné z: doi:10.1519/JSC.0000000000002774
- ZAMBRASKI, Edward J., Dan T. FOSTER, Paul M. GROSS a Charles M. TIPTON, 1976. Iowa wrestling study: weight loss and urinary profiles of collegiate wrestlers. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. **8**(2), 105. ISSN 0195-9131.
- ZUBAC, Damir, Hrvoje KARNINCIC a Damir SEKULIC, 2018a. Rapid weight loss is not associated with competitive success in elite youth Olympic-style boxers in Europe. *International Journal of Sports Physiology and Performance* [online]. **13**(7), 860–866. ISSN 15550265. Dostupné z: doi:10.1123/ijsp.2016-0733
- ZUBAC, Damir, Reid REALE, Hrvoje KARNINCIC, Anamaria SIVRIC a Igor JELASKA, 2018b. Urine specific gravity as an indicator of dehydration in Olympic combat sport athletes; considerations for research and practice. *European Journal of Sport Science* [online]. **18**(7), 920–929. ISSN 1746-1391, 1536-7290. Dostupné z: doi:10.1080/17461391.2018.1468483
- ZUBAC, Damir, Boštjan ŠIMUNIČ, Alex BUOITE STELLA a Shawnda A. MORRISON, 2020. Neuromuscular performance after rapid weight loss in Olympic-style boxers. *European Journal of Sport Science* [online]. **20**(8), 1051–1060. ISSN 1746-1391, 1536-7290. Dostupné z: doi:10.1080/17461391.2019.1695954

# Přílohy

## Příloha 1 – Žádost o vyjádření Etické komise UK FTVS

CHARLES UNIVERSITY  
FACULTY OF PHYSICAL EDUCATION AND SPORT  
Josef Martího 31, 162 52 Prague 6-Vešelavín

**Application for Approval by UK FTVS Ethics Committee**  
of a research project, thesis, dissertation, or seminar work involving human subjects

**The title of the project:** Rapid Weight Loss and its effect on performance in combat sports  
**Project form:** research project  
**Period of realisation of the project:** June 2022- December 2022

The research will be carried out in accordance with the valid epidemiological measures of the Ministry of Health of the Czech Republic.

**Applicant:** Vít Třebický, PhD (FPES, Charles University)  
**Main researcher:** Vojtěch Nesvadba, Ba, (Faculty of Physical Education and Sport, Charles University)  
**Workplace:** Department of Technical and Combat Sports & Biomedicine laboratory, FPES, Charles University

**Co-researcher(s):** Vít Třebický, PhD (FPES, Charles University), prof. Jan Heller, PhD (FPES, Charles University), Tomáš Mika, Ma (FPES, Charles University), Krzysztof Durkalec-Michalski, PhD (Poznan University of Physical Education), Radim Pavelka, PhD (FPES, Charles University), Jitka Třebická Fialová, PhD (FS, Charles University), Jaroslav Hrdlička, Ba (FPES, Charles University)  
**Supervisor of students:** Vít Třebický, PhD (FPES, Charles University)  
**Financial support:** Without financial support

**Project description:** The proposed project investigates the effect of rapid weight loss (RWL) and rapid weight gain (RWG) on physical and cognitive performance in male combat sports athletes.

**Aims of the research:**

- To test the influence of rapid weight loss and follow-up rapid weight gain on physical and cognitive performance.
- To test changes in mood during RWL.
- To test changes in hydration and kidney function during RWL and RWG.

**Material and methods:** This project has the character of a within-subject experimental study. Laboratory and standardised tests and data collection procedures will be used.

*Procedure*

Participants will be asked to attend two data collection sessions. A base state measurement will be taken during the first session, followed by seven days of RWL. During the second session, post-RWL measurements followed by RWG and post-RWG measurements will take place.

*Anthropometric and body composition measurements:*

Only non-invasive methods will be used to collect anthropometric and body composition measurements. A trained researcher will collect basic body morphology measurements (e.g., height, weight, circumferences of waist, hip, chest, upper arms, and thighs). We will perform a bioelectrical impedance analysis (Tanita) and plethysmography (BodPod) of the participant's body composition. Data about body weight, fat mass, muscle mass, bone mass, and intra- and extra-cellular water volumes will be collected under standardised conditions.

*Questionnaires*

Participants will be asked to complete a battery of standardised and purpose-built questionnaires. In the purpose-built questionnaires, we will record basic demographic information, combat sports experience, RWL and RWG experience (e.g. age, combat sport practised, performance level and score, weight category they compete in; how many times and what type of RWL and RWG they have done before). Participants will fill in two standardised psychometric questionnaires, Profile of Mood States (POMS) and Positive and Negative Affect Schedule (PANAS), to assess mood and emotional state. All standardised psychometric tools will be used in existing Czech versions or adapted to Czech. Further, participants will fill in their daily caloric and water intake and physical activity during the RWL and RWG.

*Physical performance*

- Isometric strength measurements (dynamometry): flexion and extension of upper and lower extremities, trunk, handgrip, Isometric Mid-Thigh Pull (5 repetitions each)

1

- Dynamic strength measurements: Countermovement jump, Push-jump (5 repetitions each)
- Anaerobic capacity: Arm-cranked Wingate test in intervals (3 × 15-second load, 30-second rest between repetitions)
- An after-performance lactate levels from capillary blood. The collected capillary blood samples will not be stored and will be disposed by trained lab assistant following the rules for biological materials handling of the Biomedicine laboratory.

#### *Cognitive performance*

We will use computer-based and non-invasive standardised cognitive performance tests adapted to Czech language. Participants will complete a battery of the following tests: simple and choice reaction times tests (SRT, CRT), Rapid Visual Information Processing task, and Digit Symbol Substitution Test.

#### *RWL*

Participants will be asked to follow their own RWL procedures for seven consecutive days in an attempt to lose 5% of their body weight. The selected time period and body weight percentage are typical across similar studies and a typical athletes' practice (Artioli et al., 2010; Morales et al., 2018; Reale et al., 2018).

#### *RWG*

During the second session, participants will be asked to follow their own RWG procedures for 2 hours in an attempt to gain body weight and improve their physical performance.

#### *Urine samples collection*

During participation, athletes will be asked to use a urine test strip (dipstick) to determine their hydration, and markers of kidney function, a standard urinalysis. They will use one urine strip at the first session. During the RWL, they will use two strips (morning, evening) each day. In the second session, they will use one urine strip post-RWL and one post-RWG. The dipsticks will not be stored and will be disposed following rules for biological materials handling.

**Characteristics of participants in the research:** We plan a sample of ~20 male athletes aged 18-40. Only individuals fulfilling all the following criteria will be allowed to participate: physically and mentally healthy; actively competing on an amateur level in combat sports utilising RWL and RWG; having personal experience practising RWL and RWG; being aware of and understanding risks associated with practising RWL and RWG; willing to participate in the project and perform RWL and RWG voluntarily. Participants will receive their results from all undergone tests as a reward and compensation for their time. All participants will have to declare valid medical examination and being fully eligible to do sports and physical education without any limitations

**Contraindication of physical performance tests** - Participants that had been injured prior to the data collection or are in convalescence will not be allowed to participate. Further contraindications are: joint instability or inflammation, unhealed fractures, osteoporosis or postoperative restrictions, uncontrolled hypertension, acute myocarditis, pericarditis and other cardiovascular diseases and pre-existing co-morbidities limiting exercise tolerance.

**Recruitment of participants** - We will recruit participants mainly via advertising on social media networks (websites, Facebook, Instagram, Twitter profiles operated by the Faculty of Physical Education and Sport and individual research team members), through leaflets and physical contact in gyms and sport clubs and by approaching Czech combat sport federations and their gradient clubs (see the attached invitation e-mail for sport clubs and organizations into the research).

All participants will be prohibited from using any stimulants and/or recreational and other drugs, performing demanding physical activities 24 hours before data collection. For the duration of their participation, they will be prohibited from using laxatives, diuretics or other means following the World Anti-Doping Association (WADA) rulings. Before the first session, participants will be asked not to arrive dehydrated and on an empty stomach.

**Ensuring safety within the research:** The anthropometric and body composition measures and physical performance tests performed in the Biomedicine Laboratory represent a set of non-invasive methods. This testing does not represent any more demanding activity or entails risks greater than commonly practised exercises in the sample population. All the tests will be performed by and under the supervision of trained research and lab assistants. Before the testing, participants will be asked to warm up following a standardised routine and under the supervision of a trained and experienced research assistant.

The only invasive method used in this project will be the collection of a capillary blood sample after the Wingate test to determine the after-performance lactate levels. It is an important metric for the physical performance outcome in this study. It is a safe and standard procedure that will be carried out by trained, certified, and experienced lab assistant.

Performing RWL and RWG practices entail potential risks. Thus, to minimise any risks, only volunteers who have personal experience performing RWL and RWG and do willingly practice them will be allowed to participate.



Before the study onset, they will be informed about any known potential risks associated with performing RWL and RWG and asked to sign the informed consent sheet. During the whole study, participants will be monitored. In case of experiencing any difficulties, participants will be immediately advised to cease their participation and resume normal eating and hydration habits.

**Ethical aspects of the research:** Only healthy adult individuals will be allowed to participate. No individuals belonging to vulnerable groups will be allowed to participate in this research.

**Benefits of participation** - RWL and RWG practices are widely used among combat sports athletes, but the possible impact on sports performance, cognition, or health is not well understood. By participating in this study, athletes will be able to test their RWL and RWG methods in a controlled research environment. They will receive results of all underwent body compositions, physical performance and cognitive and kidney function tests. Thus they will be able to see whether and how RWL and RWG practices affect their physical performance, cognition and health and help them make a better-educated judgement on their before-competition preparations.

**Potential conflict of interest:** In this research, the members of the research team are not aware of any potential or actual conflict of primary (e.g., participants and broader public welfare, or the validity of research) or secondary interests (e.g., financial and other gains or personal rivalry) that may influence the integrity and objectivity of the study.

**Protection of personal data:** The data collected in this project by the methods described above will be collected and processed following the General Data Protection Regulation of the European Union No. 2016/679 and Law No. 110/2019 Code. Following personal data will be gathered: age, information about participant's sports career, previous experience with RWL and RWG methods, e-mail address (provided e-mail address will be used to coordinate participation, sharing necessary questionnaires and providing individual results) and data gained from the above-mentioned methods such as height, body mass, body composition, physical and cognitive performance data. All obtained data will be stored in a computer secured by a password accessible only to researchers of this project. The data will be processed only in an anonymous form, i.e., the data will not contain any information that, individually or in its summary, may lead to the identification of a specific person. Any personal data (e.g. the provided e-mail address) that could potentially lead to identifying a specific person will be anonymised at the latest one day after the data collection. The data will only be used for scientific and research purposes and will not be passed on to third parties. The obtained data will be processed, securely stored, and published anonymously in scientific journals, data repositories and monographs and presented at conferences or used in further research work and qualification thesis at FPES CUNI.

**Taking photographs/videos/audio recordings of the participants:** No audio-visual recording of participants will be collected in this research project.

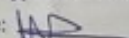
I shall ensure that the research data will not be misused to the maximum extent possible.

**Informed consent:** Informed consent sheet can be found attached.

It is the duty of **all participants of the research team** to protect life, health, dignity, integrity, the right to self-determination, privacy, and protection of the personal data of all research subjects and to undertake all possible precautions. Responsibility for the protection of all research subjects lies on the researcher(s) and not on the research subjects themselves, even if they gave their consent to participate in the research. All participants of the research team must take into consideration ethical, legal, and regulative norms and standards of research involving human subjects applicable not only in the Czech Republic but also internationally.

I confirm that this project description corresponds to the plan of the project and, in case of any change, especially of the methods used in the project, I will inform the UK FTVS Ethics Committee, which may require a re-submission of the application form.

In Prague, 31<sup>st</sup> May 2022

Applicant's signature: 

#### Approval of UK FTVS Ethics Committee

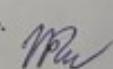
<b>The Committee: Chair:</b>	Doc. PhDr. Irena Parry Martinková, Ph.D.	
<b>Members:</b>	Prof. PhDr. Pavel Slepíčka, DrSc.	Prof. MUDr. Jan Heller, CSc.
	PhDr. Pavel Hráský, Ph.D.	Mgr. Eva Prokešová, Ph.D.
	Mgr. Tomáš Ruda, Ph.D.	MUDr. Simona Majorová

The research project was approved by UK FTVS Ethics Committee under the registration number: 154/2022  
Date of approval: 9.6.2022

UK FTVS Ethics Committee reviewed the submitted research project and **found no contradictions** with valid principles, regulations, and international guidelines for carrying out research involving human subjects.

**The applicant has met the necessary requirements for receiving approval of UK FTVS Ethics Committee.**

UNIVERZITA KARLOVA  
Fakulta tělesné výchovy a sportu  
Stamp of UK FTVS  
José Martího 31, 162 52, Praha 6

  
Signature of the Chair of UK FTVS Ethics Committee

UNIVERZITA KARLOVA  
FAKULTA TĚLESNÉ VÝCHOVY A SPORTU  
Josef Martího 31, 162 52 Praha 6-Vešelavín

### INFORMOVANÝ SOUHLAS k žádosti 174/2022

Vážený pane,

v souladu se Všeobecnou deklarací lidských práv, nařízením Evropské Unie č. 2016/679 a zákonem č. 110/2019 Sb. – o zpracování osobních údajů a dalšími obecně závaznými právními předpisy (jakož jsou zejména Helsinská deklarace, přijatá 18. Světovým zdravotnickým shromážděním v roce 1964 ve znění pozdějších změn (Fortaleza, Brazílie, 2013); Zákon o zdravotních službách a podmínkách jejich poskytování (zejména ustanovení § 28 odst. 1 zákona č. 372/2011 Sb.) a Úmluva o lidských právech a biomedicině č. 96/2001, jsou-li aplikovatelné), Vás žádám o souhlas s Vaší účastí ve výzkumném projektu na FTVS UK s názvem *Vliv rychlého snížení hmotnosti na fyzický a kognitivní výkon*, který bude prováděn v Biomedicinské laboratoři (BML) FTVS UK.

1. Projekt bude probíhat od června 2022 do prosince 2022.
2. Projekt není financován.
3. Cílem projektu je testovat vliv rychlého snížení hmotnosti (RWL) a následného rychlého příbytku hmotnosti (RWG) na fyzický a kognitivní výkon sportovců v bojových sportech a zároveň sledovat vliv RWL a RWG na psychické vyčerpání a markery míry dehydratace a funkce ledvin.
4. Způsob zásahu v tomto projektu bude převážně neinvazivní (měření fyzického a kognitivního výkonu, složení těla a vyplňování dotazníků). Jako jediná invazivní metoda v rámci testování bude odběr vzorku kapky kapilární krve ke stanovení po zátěžové hladině laktátu.

V rámci tohoto projektu se budete účastnit celkem dvou termínů měření. Při prvním termínu Vás nejdříve požádáme o prostudování tohoto informovaného souhlasu. Pokud budete splňovat všechna uvedená kritéria a budete s účastí dobrovolně souhlasit, svůj souhlas na konci tohoto dokumentu stvrdíte podpisem a datem podpisu. Poté Vás seznámíme s procesem testování a dostane k vyplnění krátký dotazník, ve kterém se Vás budeme ptát na základní demografické údaje (např. věk; jakému bojovému sportu se věnujete, na jaké úrovni a jak dlouho, v jaké hmotnostní kategorii závodíte; Vaše dosavadní zkušenosti s RWL a RWG). Následovat bude měření Vašeho tělesného složení bioimpedanční vahou a pletysmografickou metodou (v obou případech se jedná o rychlé a neinvazivní měření tělesného složení) a také změříme Vaše základní tělesné rozměry (výška, obvod paží, hrudníku, pasu a stehen). Poté provedeme testy kognitivního výkonu na počítači. Jako první změříme Vaše reakční schopnosti pomocí testů prosté a výběrové reakce, následovat bude test rychlého zpracování informací, posledním pak bude číslíkové-symbolový substituční test. Po kognitivních testech změříme Váš fyzický výkon. V tomto projektu nás zajímají silové schopnosti, konkrétně provedete dynamometrii síly stisku ruky, izometrickou flexi a extenzi dolních a horních končetin a trupu a izometrický mrtvý tah. Za účelem zhodnocení explozivní síly budete provádět dřep s výskokem a výskok z kliku. Poté provedete intervalový Wingate test horních končetin. Při tomto testu budete sedět a rukama točit rumpálem po dobu patnácti vteřin, jak nejrychleji dokážete. Po patnácti vteřinách zátěže máte 30 s pauzu a následují ještě dvě patnáctivteřinová kola (tedy celkem 3 × 15 s zátěží s 30 s pauzami). Poté Vám změříme hladinu laktátu v krvi (odběrem kapky krve z prstu), který provede kvalifikovaný zdravotnický pracovník BML UK FTVS. Tímto bude první den testování ukončen.

Následně budete mít sedm dní na zhubnutí 5 % Vaší celkové hmotnosti (tj. 80kg jedinec by měl za 7 dní RWL zhubnout 4 kilogramy), a to dle Vašich vlastních metod RWL. Během těchto sedmi dní Vás požádáme o sběr vzorků moči (celkem dvakrát denně), ze kterých budeme posléze zjišťovat Vaši míru hydratace a funkce ledvin. K tomu Vám poskytneme potřebný materiál a leták s instrukcemi. Zároveň budete zaznamenávat svou fyzickou aktivitu, náladu a vše, co sníte a vypijete do online formuláře.

Během těchto 7 dní budete provádět aktivity dle vlastní volby a zkušenosti (které nejsou předepsané v rámci výzkumu) na základě Vaší zodpovědnosti – tyto aktivity tedy nejsou součástí výzkumu. Nedoporučujeme provádění extrémních metod, např. „rozpijení se“ s následným nulovým příjmem vody či jakékoliv drastické manipulace se sodíkem, draslíkem a vodou obecně.

Po 7 dnech si Vás naposledy pozveme do laboratoře BML UK FTVS. V rámci posledního dne měření v laboratoři budete měřeni celkem dvakrát s dvouhodinovou pauzou mezi jednotlivými měřeními. První měření bude stejné, jako v první den měření, tedy změříme Vaše tělesné složení, základní tělesné rozměry a provedeme kognitivní a fyzické testy kromě Wingate testu. Před druhým měřením budete mít dvě hodiny pauzu. Během této pauzy (regenerační a rehydratační fáze) budete mít za úkol získat co nejvíce ztracené hmotnosti zpět, a to opět dle Vašich běžných metod RWG. Pro účely RWG si přinesete vlastní tekutiny a potraviny, jak jste zvyklí i před zápasem. Budou Vám uhrazeny náklady na potraviny a nápoje ve výši 500,- Kč, které obdržíte v hotovosti po ukončení výzkumu (pozn.: v prostorách FTVS je k dispozici bufet, menza, automaty s jídlem a v okruhu do 10 min chůze večerky či McDonald's). Zde se jedná o situaci podobnou jako na soutěžích, tedy jako pauza mezi oficiálním vážením a začátkem Vašeho zápasu. Po dvou hodinách bude následovat poslední měření, které bude identické s prvním měřením na začátku studie, tedy naposledy změříme Vaše tělesné složení a tělesné rozměry a provedeme úplně všechny kognitivní a sílové testy včetně Wingate testu horních končetin a měření laktátu.

5. Časová náročnost projektu je celkem 8 dní. První návštěva laboratoře Vám zabere přibližně 1,5 hodiny. Druhá návštěva bude delší, jelikož se účastníte celkem dvou měření s dvouhodinovým rozstupem. Celkový strávený čas na FTVS UK v rámci druhého měření bude přibližně 4 hodiny.

6. Mezi možná rizika spojená s Vaší účastí v tomto projektu patří primárně rizika spojená s metodami RWL. Ty mohou vést ke zvýšení rizika zranění, negativním dopadům na endokrinní systém a díky manipulaci s vodou v těle mohou zapříčinit hypertermii a dehydrataci vedoucí ke snížení efektivity srdce, zvýšení rizika výskytu kardiovaskulárních problémů a poruch ledvin. Mohou také navodit stavy iritace, hněvu, únavy, deprese, zmatku, úzkosti a celkové snížení vitality.

Během provádění všech výzkumných aktivit a měření budou dbát členové výzkumného týmu na Vaši bezpečnost. Rizika spojená s účastí v tomto projektu nejsou vyšší než běžná rizika v rámci běžné před soutěžní přípravy na zápas s využitím RWL a RWG metod. V případě jakýchkoliv komplikací v průběhu své účasti v projektu neprodleně kontaktuje členy výzkumného týmu.

7. Projektu se nemohou zúčastnit: ženy; osoby mladší 18 let; ti, kteří nemají žádné zkušenosti s metodami rychlého shazování a rychlého nabírání hmotnosti v rozsahu požadovaném v tomto projektu; osoby z vulnerabilních skupin; osoby s výskytem aktuálních či chronických kontradikcí zátěžových testů; osoby s onemocněním či zraněním pohybového aparátu, nebo v rekonvalescenci po onemocnění či úrazu; osoby užívající dopingové látky či drogy a jiné prostředky (například diuretika či laxativa) na listině zakázaných látek WADA. Zátěžové testy nemohou podstoupit účastníci, kteří se v nedávné době zranili či jsou v rekonvalescenci. Další kontraindikace jsou následující: nestabilita kloubů či záněty v kloubech, nezahojené zlomeniny, osteoporóza či pooperační restrikce, nekontrolovaná hypertenze, akutní myokarditida, perikarditida a další kardiovaskulární onemocnění a komorbidity, které nedovolují plnou tělesnou zátěž. Výzkum bude realizován v souladu s platnými epidemiologickými opatřeními Ministerstva zdravotnictví ČR.

8. Seznámíme Vás s procesem testování a kdykoliv se můžete zeptat na doplňující informace. Před testováním budete mít prostor na převlečení se do sportovního úboru a na rozcvičení (k čemuž Vám bude vyhrazeno adekvátní zázemí včetně šaten).

9. Přínosem tohoto výzkumného projektu pro Vás budou individuální výsledky všech testů včetně komplexního složení Vašeho těla.

Budete mít možnost si v kontrolovaných podmínkách zjistit svůj výkon a dopad Vašich RWL a RWG praktik na pozorované výkonnostní parametry. Po ukončení studie budete mít také možnost získat i výsledky celé studie a porovnat své výsledky s ostatními účastníky (v anonymizované podobě). Celkově však Vaše účast a díky ní získané výsledky výzkumu napomohou k lepšímu pochopení vlivu RWL a RWG na silové a kognitivní schopnosti a zdraví závodníků v bojových sportech. V případě zájmu budete moci své výsledky konzultovat s členy výzkumného týmu.

10. Účast v tomto výzkumném projektu a veškeré testování je dobrovolné a bezplatné. Budou Vám uhrazeny náklady na potraviny a nápoje pro RWG fázi, a to ve výši 500,- Kč, které obdržíte v hotovosti po ukončení výzkumu. Odměnou za Vaši účast budou v případě zájmu výsledky všech testů a měření tělesné stavby. Osobní výsledky obdržíte na místě na vyžádání po posledním měření. Poté budou data (do 1 dne po posledním měření) anonymizována a nebude tedy možné Vám Vaše individuální výsledky předat.

11. **Z projektu můžete kdykoliv odstoupit bez udání důvodu.** V případě Vašeho rozhodnutí z jakýchkoliv důvodů nepokračovat ve výzkumu po Vás nebude vyžadována žádná náhrada.

12. Data pořízena v tomto projektu výše popsanými metodami budou shromažďována a zpracovávána v souladu s pravidly obecným nařízením o ochraně osobních údajů Evropské unie č. 2016/679 a zákonem č. 110/2019 Sb., o zpracování osobních údajů. V anonymizované podobě budeme pořizovat následující osobní data: informace o Vaší sportovní historii, předchozí zkušenosti s RWL a RWG, a údaje spojené s výše uvedenými metodami měření, tedy informace o výšce, věku, tělesné hmotnosti a složení těla, antropometrických rozměrech nebo fyzickém výkonu a ostatní data získaná výše uvedenými metodami. Požádáme Vás o Vaši e-mailovou adresu, ta bude sloužit pouze ke komunikaci během výzkumu a zaslání individuálních výsledků testů. Po ukončení Vaší účasti bude nejpozději do jednoho dne poskytnutá e-mailová adresa smazána. Všechna získaná data budou uchována a zpracována pouze v anonymní formě, tedy data nebudou obsahovat jakékoli informace, které jednotlivě či ve svém souhrnu mohou vést k identifikaci konkrétní osoby. Přístup k pořízeným údajům budou mít pouze řešitelé výzkumného projektu. Data budou použita pouze pro vědecko-výzkumné účely spojené s řešením tohoto projektu v rámci univerzitního výzkumu a nebudou předány třetím stranám. Uvědomuji si, že text je anonymizován, neobsahuje-li jakékoli informace, které jednotlivě či ve svém souhrnu mohou vést k identifikaci konkrétní osoby. Všichni členové výzkumného týmu budou dbát na to, aby jednotliví účastníci nebyli rozpoznatelní v textech odborných prací, které budou výsledkem tohoto výzkumu. Veškerá osobní data, která by vedla k identifikaci účastníků výzkumu, budou do 1 dne po testování anonymizována. Veškerá data získaná v tomto projektu budou zpracována, bezpečně uchována na heslem zajištěném počítači a publikována v anonymní podobě v odborných člancích (a jejich přílohách), úložištích dat, ve vědeckých časopisech, monografiích a prezentována na konferencích, případně budou využita při další výzkumné práci na UK FTVS.

13. V průběhu výzkumu nebudou pořizovány fotografie, nahrávky ani video záznamy.

14. S celkovými výsledky a závěry výzkumného projektu se můžete seznámit po jeho ukončení v odborných publikacích, na webových stránkách a sociálních sítích Fakulty tělesné výchovy a sportu UK. Budete-li mít jakékoli dotazy týkající se této studie, kontaktujte nás na [vojtech.nesvadba@seznam.cz](mailto:vojtech.nesvadba@seznam.cz) a [hrdlicka.jaroslav95@seznam.cz](mailto:hrdlicka.jaroslav95@seznam.cz)

15. V maximální možné míře zajistím, aby získaná data nebyla zneužita.

Jméno a příjmení předkladatele projektu: Mgr. Vít Třebický, Ph.D. Podpis: .....

Jméno a příjmení hlavního řešitele: Bc. Vojtěch Nesvadba Podpis: .....

UNIVERZITA KARLOVA  
FAKULTA TĚLESNÉ VÝCHOVY A SPORTU  
Josef Martího 31, 162 52 Praha 6-Vešelavín

Jméno a příjmení spoluřešitelů: Bc. Jaroslav Hrdlička, Mgr. Vít Třebický, Ph.D., prof. Jan Heller, Mgr. Tomáš Mika, Krzysztof Durkalec-Michalski, Ph.D., PhDr. Radim Pavelka, Ph.D., Jitka Třebická Fialová, Ph.D.

Jméno a příjmení osoby, která provedla poučení: ..... Podpis:.....

Prohlašuji a svým níže uvedeným vlastnoručním podpisem potvrzuji, že dobrovolně souhlasím s účastí ve výše uvedeném projektu a že jsem měl(a) možnost si řádně a v dostatečném čase zvážit všechny relevantní informace o výzkumu, zeptat se na vše podstatné týkající se účasti ve výzkumu a že jsem dostal(a) jasné a srozumitelné odpovědi na své dotazy. **Potvrzuji, že mám platnou sportovní prohlídku se závěrem: bez omezení způsobilosti ke sportu a TV. Dále potvrzuji, že mám zkušenosti s metodami rychlého shazování a rychlého nabírání hmotnosti v rozsahu požadovaném v projektu a sám je dobrovolně praktikuji i mimo tento projekt.** Byl(a) jsem poučen(a) o právu odmítnout účast ve výzkumném projektu nebo svůj souhlas kdykoli odvolat bez represí, a to písemně Etické komisi UK FTVS, která bude následně informovat předkladatele projektu. Dále potvrzuji, že mi byl předán jeden originál vyhotovení tohoto informovaného souhlasu.

Místo, datum .....

Jméno a příjmení účastníka ..... Podpis: .....

UNIVERZITA KARLOVA  
FAKULTA TĚLESNÉ VÝCHOVY A SPORTU  
José Martího 31, 162 52 Praha 6-Vešelavín

**Pozvání k účasti organizacím, které budou pozváni předávat účastníkům výzkumu**

Vážený pane/Vážená paní,

jmenuji se Mgr. Vít Třebický, PhD a jsem vedoucí výzkumného týmu na Katedře technických a úpolových sportů Fakulty tělesné výchovy a sportu Univerzity Karlovy (UK FTVS). Obracím se na Vás se žádostí o pomoc při výzkumu s názvem *Vliv rychlého snížení hmotnosti na silové schopnosti*.

Cílem tohoto výzkumu je testovat vliv rychlého snížení hmotnosti (RWL) a následného rychlého příbytku hmotnosti (RWG) na fyzický a kognitivní výkon sportovců v bojových sportech a zároveň sledovat vliv RWL a RWG na psychické vyladění a markery míry dehydratace a funkce ledvin.

Výzkum probíhá v prostorách UK FTVS (José Martího 269, Praha 6) od června do prosince 2022. Jako účastníky pro tuto studii hledáme fyzicky i psychicky zdravé muže ve věku 18 – 40 let, kteří aktivně soutěží na amatérské úrovni a mají osobní zkušenosti s metodami RWL a RWG.

Rádi bychom vás požádali o spolupráci na řešení tohoto výzkumu formou sdílení informací pro nábor potenciálních participantů mezi členy vašeho klubu/federace prostřednictvím e-mailu a sdílením na sociálních sítích (jako webové stránky, Facebook, Instagram, Twitter).

Jména všech účastníků a všech klubů a federací budou anonymizována. Získaná data budou zpracovávána, bezpečně uchována a publikována v anonymní podobě ve výzkumných pracích, v odborných časopisech, monografiích a prezentována na konferencích, případně budou využita při další výzkumné práci na UK FTVS.

Tím, že výše uvedené informace z tohoto e-mailu přepošlete amatérským sportovcům a členům Vašeho klubu, umístíte na Facebook atd., potvrzujete, že dobrovolně souhlasíte s realizací výzkumu mezi členy Vašeho klubu/federace, o kterém jste byl/a informován/a, jakož i o právu odmítnout účast nebo svůj souhlas kdykoli odvolat bez represí, a to písemně Etické komisi UK FTVS. Prosím, aby nás zájemci kontaktovali na níže uvedeném e-mailu. Účast jednotlivých sportovců je zcela dobrovolná a každý z nich může účast odmítnout, případně z účasti kdykoliv během vyplňování odstoupit.

Výzkum byl schválen Etickou komisí UK FTVS pod číslem: 174/22.

S výsledky studie se můžete poté seznámit pomocí dotazu na emailové adrese: [vit.trebicky@ftvs.cuni.cz](mailto:vit.trebicky@ftvs.cuni.cz)

Děkuji Vám za spolupráci.

Mgr. Vít Třebický, PhD  
[vit.trebicky@ftvs.cuni.cz](mailto:vit.trebicky@ftvs.cuni.cz)  
Katedra technických a úpolových sportů  
Fakulta tělesné výchovy a sportu  
Univerzita Karlova



**VÝZKUM HUBNUTÍ**  
V BOJOVÝCH SPORTECH

---

**MÁŠ ZKUŠENOST  
S HUBNUTÍM NA ZÁPAS?**

**CHCEŠ VĚDĚT, JAK  
HUBNUTÍ OVLIVŇUJE  
TVOJE TĚLO A VÝKON?**

ZÚČASTNI SE NAŠEHO  
VÝZKUMU!

**PŘIHLAS SE**

VYZKUMHUBNUTI@GMAIL.COM  
FACEBOOK.COM/JAROSLAV.HRDLIČKA.9

## VLIV RYCHLÉHO SNÍŽENÍ HMOTNOSTI NA SILOVÉ SCHOPNOSTI V BOJOVÝCH SPORTECH: NÁVRH PROJEKTU

The Effect of Rapid Weight Loss on Strength in Combat Sports: A Project Proposal

Vojtěch Nesvadba<sup>a</sup> & Vít Třebický<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Department of Technical and Combat Sports, Faculty of Physical Education and Sport, Charles University, Josefa Martina 31, Prague 6, 162 52, Czech Republic, vojtech.nesvadba@seznam.cz

### Abstrakt

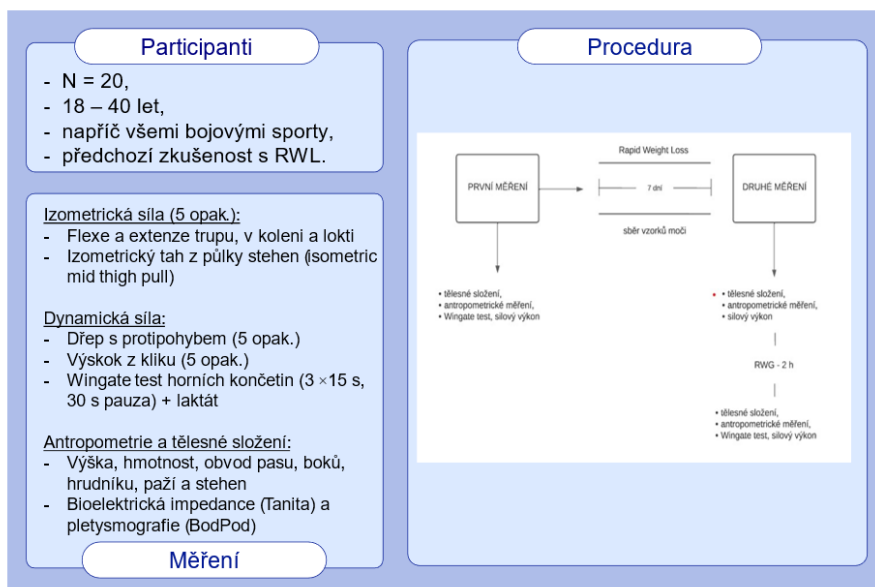
Jelikož zápasníci s vyšší hmotností mohou mít výhodu nad lehčími protivníky, jsou bojové sporty charakteristické hmotnostními kategoriemi. Běžnou praktikou dosahování potřebné hmotnosti je rychlé snižování tělesné hmotnosti (Rapid Weight Loss, RWL) před vážením. Po RWL a před samotným zápasem však následuje rychlé nabírání hmotnosti (Rapid Weight Gain, RWG). Dosavadní výzkumy ukazují jak pozitivní, nulový tak i negativní vliv RWL a RWG na výkon a zdraví sportovců. Cílem projektu je testovat vliv RWL a RWG na silové schopnosti, anaerobní výkon a biomarkery zdravotního stavu.

Soubor participantů (20 mužů, věk 18–40, aktivně soutěžících, s předchozí zkušeností s RWL a RWG) dostane za úkol během sedmi dní shodit alespoň 5% tělesné hmotnosti a následně nabrat co nejvíce hmotnosti. Celkem 2× (před a po RWL) se dostaví do laboratoře. Při obou termínech provedeme měření tělesného složení, 3× (před RWL, po RWL a po RWG) změříme výkon v izometrické flexi a extenzi dolních a horních končetin a trupu, dynamometrii síly stisku ruky, výkon ve výskoku s protipohybem a výskoku z kliku. Anaerobní kapacitu (před RWL a po RWG) zhodnotíme pomocí Wingate testu na horní končetiny. Během 7 dní RWL si participanté budou odebírat vzorky moči ke sledování funkce ledvin.

Sběr dat proběhne v Q3 2022.

**Klíčová slova:** Bojové sporty, rychlé snížení hmotnosti, rychlé nabírání hmotnosti, silové schopnosti, zotavení

### Grafický abstrakt:





## VLIV REDUKCE HMOTNOSTI NA SILOVÝ VÝKON V BOJOVÝCH SPORTECH (THE EFFECT OF RAPID WEIGHT LOSS ON STRENGTH IN COMBAT SPORTS)

Vojtěch Nesvadba<sup>a\*</sup> & Vít Třebický<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Department of Technical and Combat Sports, Faculty of Physical Education and Sport, Charles University, José Martího 31, Prague 6, 162 52, Czech Republic,  
\*vojtech.nesvadba@seznam.cz

**Background:** Rapid weight loss (RWL) followed by rapid weight gain (RWG) are common practices among combat sports athletes to gain a competitive advantage. However, the impact of weight manipulation on physical performance remains unclear.

**Methods:** 19 male athletes (M = 24.6 ys, SD = 5) underwent baseline strength assessments, followed by a 7-day RWL and a 2-hour RWG. We measured their physical strength using a battery of dynamic and anaerobic tests, including the countermovement jump (CMJ) and upper limb Wingate test.

**Results:** On average, participants reduced 5% and gained 2,6% of body weight during RWL and RWG, respectively. Using mixed-effects models, we observed statistically significant decreases in peak forces (1.5 – 9.3%) post RWL across dynamic tests and increased fatigue index (6%) in the Wingate test. We observed statistically significant increases in peak forces (1.8% - 7.4%) Post RWG, compared to post RWL.

**Conclusion:** Our findings suggest that RWL negatively impacts physical performance in combat sports athletes, but RWG may partially reverse these effects.

**Key words:** Wingate test; isometric; countermovement jump; weight gain

### Graphical abstract

