

Univerzita Karlova v Praze

1. lékařská fakulta

Studijní program: Specializace ve zdravotnictví

Studijní obor: Nutriční terapie



Karolína Vašků

Změna tělesné hmotnosti a tělesného složení během tréninku vzpírání a výživa v silovém sportu
Change in bodyweight and body composition during the weightlifting training unit and nutrition in
strength sports

Bakalářská závěrečná práce

Vedoucí závěrečné práce: MUDr. Martin Matoulek, Ph.D.

Praha, 2018

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem závěrečnou práci zpracovala samostatně a že jsem řádně uvedla a citovala všechny použité prameny a literaturu. Současně prohlašuji, že práce nebyla využita k získání jiného nebo stejného titulu

Souhlasím s trvalým uložením elektronické verze mé práce v databázi systému meziuniverzitního projektu Theses.cz za účelem soustavné kontroly podobnosti kvalifikačních prací.

V Praze, 30. 4. 2018

Karolína Vašků

Identifikační záznam:

VAŠKŮ, Karolína. *Změna tělesné hmotnosti a tělesného složení během tréninku vzpírání a výživa v silovém sportu. [Change in bodyweight and body composition during the weightlifting training unit and nutrition in strenght sports]*. Praha, 2018. 62 s., 1 příl. Bakalářská práce (Bc.). Univerzita Karlova v Praze, 1. lékařská fakulta, III. Interní klinika – klinika endokrinologie a metabolismu 1. LF UK a VFN. Vedoucí práce Matoulek, Martin.

Poděkování

Chtěla bych tímto poděkovat svému vedoucímu MUDr. Martinu Matoulkovi, Ph.D. za nevšední námět k tématu a vedení mé bakalářské práce. Dále pak poděkování patří Mgr. Adamovi Obrovi za cenné rady při psaní a celkovou obětavost při zpracování dat.

Abstrakt

Tato bakalářská práce monitoruje změny v tělesné hmotnosti a tělesném složení během tréninku u vrcholových sportovců, konkrétně u tří žen a čtyř mužů z české reprezentace ve vzpírání. Teoretická část popisuje složky kompozice těla, základní metody a výpočty pro jeho zjištění. Dále jsou v práci zmíněny energetické substráty využívané při vzpírání a základy výživy včetně vhodných výživových doplňků pro silové sportovce.

V praktické části jsme pomocí nástroje pro měření bioelektrické impedance vyhodnocovali skutečné složení těla a energetické potřeby jednotlivců v sérii tří přesně stanovených měření – před tréninkem, po tréninku a po jídle.

Výsledky našeho kvalitativního výzkumu potvrzují, že energetické nároky silových sportovců jsou daleko vyšší, než se předpokládalo. Minimální kalorické potřeby získané pomocí přístroje In Body 230 jsme porovnali s hodnotami prediktivní rovnice Harrise-Benedicta (HBE) a poukázali na značné odchylky ve výpočtu bazálního metabolismu a nesprávnost výsledků této rovnice. U HBE jsme u většiny zaznamenali podhodnocení ve srovnání s měřením In Body. Dále jsme potvrdili skutečnost, že index BMI nelze u také u vzpěračů použít z důvodu nadprůměrného množství svalové tkáně v jejich tělech. Průměrná hodnota BMI všech měřených probandů činila 30,2 kg/m², což signalizuje obezitu II. stupně, která však neodpovídá realitě. Taktéž změny v poměru tukové a netukové hmoty po kontrolních měřeních nejsou zcela pravdivé. Zjistili jsme, že falešný váhový úbytek je způsoben především snížením rezerv svalového glykogenu, který byl vyčerpán během svalové práce a pocením.

Cílem práce je zjistit tělesné složení vrcholových vzpěračů, zaznamenat změny, které vyhodnocuje BIA po fyzické aktivitě a příjmu potravy a také poukázat na nepřesnosti obecných vzorců pro výpočet ideální tělesné hmotnosti a bazálního metabolismu.

Klíčová slova: tělesné složení, vzpírání, sportovní výživa, energetický metabolismus, hydratace, silový sport,

Abstract

This bachelor thesis monitors changes in body weight and body composition during training in professional athletes, three women and four men, from the Czech weightlifting team. The theoretical part describes components of the body composition, basic methods and calculations for its assessment. In addition, energy substrates used in weightlifting and sport nutrition basics, including suitable supplements for power athletes, are mentioned.

In the practical part, using the bioelectric impedance device, we evaluated the actual body composition and energy needs of individuals in a series of three defined measurements-before training, after training, and after meals.

The results of our qualitative research confirm that the energy needs of power athletes are far higher than predicted. We compared the minimum caloric requirement values obtained with the In Body 230 device measurement to those obtained using the Harris-Benedicts predictive equations (HBE), and pointed to significant deviations in basal metabolism calculations and inaccuracy of the results obtained with this equation. In most cases, with HBE, we have experienced undervalue in comparison to the In Body measurement. We have also confirmed the fact that the BMI is not suitable for the weight loss evaluation in weightlifters because of the excessive amount of muscle tissue in their bodies. The average BMI of all probands was 30.2 kg/m^2 , indicating grade II obesity, but that does not reflect to the reality. Additionally, changes in the ratio of fat and non-fat mass after performing the control measurements were shown not to be correct. We have found that false weight loss is primarily due to a decrease in muscle glycogen reserves that have been exhausted during muscle work, and due to sweating.

The aim of the work is to determine the body composition of the top weightlifters, to record the changes after physical activity and food intake using the BIA measurement, and to point out the inaccuracies of the general formulas for the ideal body weight and basal metabolism determination.

Keywords: body composition, olympic weightlifting, sports nutrition, energetic metabolism, hydration, strength sport,

OBSAH

ÚVOD	1
1. TĚLESNÉ SLOŽENÍ	2
1.1. TUKOVÁ HMOTA	2
1.1.1. Subkutánní tuk.....	2
1.1.2. Viscerální tuk.....	2
1.2. TUKUPROSTÁ HMOTA	2
1.2.1. Buněčná tělesná hmota (BCM)	2
1.2.2. Extracelulární tělesná hmota (ECM).....	3
1.3. TĚLESNÉ SLOŽENÍ SPORTOVců	3
2. FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ TĚLESNÉ SLOŽENÍ	3
2.1. VĚK	3
2.2. POHLAVÍ	3
2.3. ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ	3
2.4. VÝŽIVOVÝ STAV	4
2.5. FYZICKÁ AKTIVITA	4
3. METODY MĚŘENÍ TĚLESNÉHO SLOŽENÍ	4
3.1. BIOFYZIKÁLNÍ METODY	4
3.1.1. Radiografie	4
3.1.2. Densitometrie.....	4
3.1.3. DEXA (Duální rentgenová absorpciometrie).....	5
3.1.4. Ultrazvuk.....	5
3.1.5. Infračervená interaktance	5
3.1.6. Magnetická rezonance	5
3.1.7. Hydrostatické vážení.....	5
3.1.8. WHR index	6
3.1.9. Kaliperace.....	6
3.1.10. Bioelektrická impedance (BIA)	6
3.1.10.1. Podmínky pro měření BIA	6
3.1.10.2. Výsledky analýzy BIA	7
3.1.10.3. Nepřesnosti v měření BIA	7
3.2. BIOCHEMICKÉ METODY	7
3.2.1. Kreatininová exkrece	7
3.2.2. Exkrece 3- metylhistidinu.....	7
3.2.3. Celkový plazmatický kreatinin	7
4. OPTIMÁLNÍ TĚLESNÁ HMOTNOST	7
4.1. BMI (BODY MASS INDEX).....	7
4.2. BFMI (BODY FAT MASS INDEX)	8
4.3. FFMI (FAT – FREE MASS INDEX)	8
4.4. BCMI (BODY CELL MASS INDEX).....	9
5. ENERGETICKÝ METABOLISMUS	9
5.1. ENERGETICKÁ BILANCE	9
5.1.1. Energetický výdej.....	9
5.1.2. Klidový metabolismus	9
5.1.3. Bazální metabolismus	9
5.1.3.1. Měření bazálního metabolismu	10
5.1.3.2. Faktory ovlivňující BMR	10
5.1.3.2.1. Povrch těla	10
5.1.3.2.2. Tělesná hmotnost	10
5.1.3.2.3. Tělesná teplota.....	10
5.1.3.2.4. Věk	10

5.1.3.2.5. Pohlaví.....	10
5.1.3.2.6. Spánek.....	10
5.1.3.2.7. Aktivita svalů.....	11
5.1.3.2.8. Vliv hormonů.....	11
5.1.3.2.9. Vliv potravy.....	11
6. VÝPOČTOVÉ METODY BMR	11
6.1. ROVNICE HARRISE-BENEDICTA (HBE).....	11
7. ENERGETICKÉ SUBSTRÁTY PŘI SILOVÉ ZÁTĚŽI	12
7.1. ATP-CP SYSTÉM	12
7.2. ANAEROBNÍ GLYKOLÝZA.....	13
7.3. OXIDATIVNÍ FOSFORYLACE.....	13
8. VZPÍRÁNÍ	13
8.1. TRH SOUPAŽNÝ (SNATCH)	14
8.2. NADHOZ SOUPAŽNÝ (CLEAN AND JERK)	15
8.3. POZITIVA VZPÍRÁNÍ.....	16
8.4. FYZIOLOGICKÉ DETERMINANTY.....	16
8.5. ROZDÍLY V TRÉNOVANOSTI MUŽŮ A ŽEN	16
8.6. TRÉNINKOVÝ CYKLUS.....	16
8.6.1. Přípravné období.....	17
8.6.2. Předzávodní období.....	17
8.6.3. Závodní období.....	17
8.6.3.1. Závodní sezóna v ČR	17
8.6.4. Přejídné období.....	18
8.6.5. Přetrénování	18
9. VÝŽIVA U SILOVÝCH SPORTOVČŮ	18
9.1. ENERGETICKÝ PŘÍJEM VZPĚRAČŮ	18
9.2. ŽIVINY PŘI ZÁTĚŽI	18
10. ZÁKLADNÍ SLOŽKY POTRAVIN.....	19
10.1. AMINOKYSELINY (AA).....	19
10.2. BÍLKOVINY	19
10.2.1. Bílkoviny v silovém sportu	19
10.2.2. Nadbytek bílkovin.....	20
10.3. SACHARIDY	20
10.3.1. Glykogen.....	20
10.3.2. Glukóza (Glc).....	20
10.3.3. Glykemický index (GI)	21
10.3.4. Důležitost sacharidů v tréninku	22
10.3.5. Sacharidy po tréninku	22
10.3.6. Vliv sacharidů na regeneraci.....	22
10.4. TUKY	23
10.4.1. Tuky v tréninku.....	23
10.4.2. Omega-3 mastné kyseliny	23
11. SPORTOVNÍ DOPLŇKY STRAVY.....	24
11.1. PROTEINY	24
11.1.1. Syrovátkové proteiny	24
11.1.1.1. CFM proteiny.....	25
11.1.1.2. Micelární kasein	25
11.1.1.3 Vliv syrovátkových proteinů na tělesné složení.....	25
11.2. BCAA	25
11.3. GLUTAMIN (GLN)	26
11.4. ARGININ (ARG).....	26

11.5.	KREATIN	27
	11.5.1. Kreatin monohydrát	27
11.6.	KETOKYSELINY	27
11.7.	CLA	28
11.8.	HMB	28
12.	MINERÁLY A VITAMINY	29
12.1.	VITAMIN B ₆	29
12.2.	VITAMIN B ₉	29
12.3.	VITAMIN B ₁₂	29
12.4.	ZMA	29
13.	PITNÝ REŽIM	30
13.1.	VODNÍ BILANCE	30
13.2.	PITNÝ REŽIM V TRÉNINKU	31
13.3.	DEHYDRATACE	31
13.4.	SNIŽOVÁNÍ TĚLESNÉ HMOTNOSTI PŘED ZÁVODY	31
	PRAKTICKÁ ČÁST	33
14.	CÍLE PRÁCE	33
15.	METODIKA PRÁCE	33
15.1.	VÝZKUMNÝ SOUBOR	33
15.2.	METODY SBĚRU DAT	33
15.3.	STANOVENÍ INTERVALŮ PRO MĚŘENÍ	33
	15.3.1. Měření č. 1	34
	15.3.2. Měření č. 2	34
	15.3.3. Měření č. 3	35
16.	VÝSLEDKY	35
16.1.	ROZDÍLY V ENERGETICKÉ POTŘEBĚ	35
16.2.	BMI	37
16.3.	ZMĚNY V HYDRATACI	CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA.
16.4.	SVALOVÁ TKÁŇ	38
16.5.	HMOTNOST A PROCENTO TĚLESNÉHO TUKU	39
16.6.	ČISTÁ HMOTNOST (FFM)	39
17.	DISKUZE	41
17.1.	BMR	41
17.2.	HYDRATACE	41
17.3.	BMI	42
17.4.	TĚLESNÉ SLOŽENÍ	42
17.5.	SVALOVÁ TKÁŇ	42
17.6.	TUKOVÁ TKÁŇ	43
18.	ZÁVĚR	43
	SEZNAM ZKRATEK	44
	SEZNAM OBRÁZKŮ, TABULEK A GRAFŮ	46
	SEZNAM LITERATURY	47
	PŘÍLOHA	53

Úvod

Vzpírání v našich zemích nepatří mezi populární sporty, to mu však neubírá na kráse a náročnosti. Tento rychlostně silový sport není jen o zvedání těžkých vah, ale hlavně o rychlosti a precizním technickém provedení. Dokonalá regenerace, adekvátní kalorický příjem a správně sestavený trénink vedou ke zlepšování výkonnosti sportovce.

Vzpírání neboli olympijský dvojboj patří k silovým sportům, který je na rozdíl např. od silového trojboje zařazen mezi olympijské disciplíny. Sportovec musí ve dvou technicky různých disciplínách zvednout nad hlavu činku o nejvyšší možné váze. Celkem se o své maximum v trhu soupažném a nadhozu soupažném pokusí na závodní platformě v šesti pokusech. V posledních letech popularita tohoto sportu rapidně vzrostla, a to především díky nově vzniklému sportovnímu odvětví, crossfitu, který ze vzpírání převzal ne jeden technický prvek. Vzpěrači patří mezi sportovce, kteří na rozdíl od kulturistů nebudují svalovou hmotu pro estetiku, nýbrž pro svalovou sílu.

Předpokladem pro kontinuální zlepšování výkonnosti bez zranění je mimo jiné kvalitní životospráva, neboť tělo je během tréninku pod neustálým tlakem a klade si nároky na adekvátní příjem živin pro zotavení. Často však vlivem nesprávné výživy, špatného dávkování výživových doplňků a dalších faktorů dochází k bolestem kloubů, zápěstních kůstek, vyhrěznutí plotének či patologickým frakturám, které mohou mít za následek dlouhodobou absenci v provozování této činnosti. Každý sportovec by měl mít alespoň minimální přehled o svém příjmu i výdeji, aby pokryl energetické potřeby.

1. Tělesné složení

1.1. Tuková hmota

Podíl tuku v těle je ovlivněn pohlavím, věkem, fyzickou aktivitou a hormonálním stavem. Za normální hodnoty se považuje 15-18 % tělesného tuku u mužů a 20-25 % u žen (Heyward, 2004).

Existují dva typy distribuce tuku: androidní a gynoidní. Androidní typ je charakteristický ukládáním tuku v oblasti trupu a je typický pro mužské pohlaví. Naopak ženám se tuková tkáň deponuje především na hýždích a dolních končetinách, v tomto případě hovoříme o gynoidním typu. Typ rozložení tuku v těle je faktorem ovlivňujícím rizika vzniku kardiovaskulárních komplikací (Pařízková, 1998).

1.1.1. Subkutánní tuk

Subkutánní (podkožní) tuková tkáň tvoří zhruba 30-50 % veškerého tuku v organismu. Funguje jako tepelná izolace, zastává funkci metabolickou i endokrinní. Při nedostatku energie z potravy při hladovění se z něj uvolňuje potřebná energie. Stav hydratace organismu má vliv na přesnost měření (Pastucha, 2014).

1.1.2. Viscerální tuk

Útrobní (viscerální) tuk obklopuje orgány v dutině břišní. Bývá součástí androidní obezity a jeho nadlimitní množství představuje rizikový faktor kardiovaskulárních komplikací.

1.2. Tukuprostá hmota

Takzvanou tukuprostou hmotu (FFM, Fat-Free Mass) tvoří z 60 % svaly, 25 % opěrná a pojivová tkáň a z 15 % vnitřní orgány. Poměr těchto složek závisí na věku, pohybové aktivitě a dalších faktorech. Stanovuje se oddělením tukové hmoty od celkové tělesné hmoty. Je klíčem k hodnocení sarkopenie, podvýživy pacienta či zvýšení svalové hmoty. FFM se skládá z mezibuněčné tělesné hmoty (ECM, Extracellular Mass) a buněčné tělesné hmoty (BCM, Body Cell Mass). Hydratace tukuprosté hmoty se pohybuje v rozmezí 61-82 % (Pařízková, 1998).

1.2.1. Buněčná tělesná hmota (BCM)

Je tvořena všemi typy svaloviny (příčně pruhovanou kosterní, srdeční a hladkou), dále krevními elementy, nitrobřišními orgány včetně žláz a nervovou soustavou. Mezi BCM jsou řazeny všechny netukové tkáně, které při své činnosti spotřebovávají energii. U dospělého člověka s dobrou životosprávou představuje BCM přes 50 % aktivní tělesné hmoty, u dětí je nižší a snižuje se i s přibývajícím věkem na asi 40-45 % z aktivní tělesné hmoty (Pařízková, 1998).

1.2.2. Extracelulární tělesná hmota (ECM)

Extracelulární neboli mezibuněčná hmota je materiál, který se ukládá v mezibuněčných prostorech a představuje většinu celkového objemu tkání. Zajišťuje uchycení buněk, pružnost tkáně a mezibuněčnou komunikaci. Velké množství ECM je produkováno fibroblasty (Trojan, 2003).

1.3. Tělesné složení sportovců

U fyzicky aktivní populace závisí tělesné složení a procento tělesného tuku na druhu provozovaného sportu a také na výkonnostní úrovni, na které je sport provozován. Tělesné složení u vrcholových sportovců je ovlivňováno také specifickými adaptivními změnami organismu a energetickými potřebami. Pokud je třeba pohyb provozovat pouze vlastním tělem (maratonci, gymnasti) je tuk brzdícím faktorem. Každé zvýšení podílu tělesného tuku má za následky snížení výkonu (Pastucha, 2014).

U dynamických sportů, jako je vzpírání, nehraje procento tuku žádnou roli ve výkonu. Stejně tak jako u vzpěračů, tak i u plavců může být tuk pozitivem, např. v termoregulaci nebo vzhlednosti (Pařízková, 1998).

2. Faktory ovlivňující tělesné složení

Tělesné složení je charakteristické pro různý stupeň tělesného vývoje, pohlaví i rasu. Mimo jiné je výrazně ovlivňováno životním stylem, prostředím a dalšími faktory, jako je například těhotenství, hormonální změny nebo chronická nemoc (Pařízková, 1998).

2.1. Věk

Vzájemný poměr tukuprosté hmoty (FFM) a tělesného tuku (FM) a tělesné vody (TBW) v průběhu ontogeneze mění. U novorozence tvoří kosterní svalstvo asi 25 % hmotnosti těla, dospělec se pohybuje v rozmezí okolo 40 %. Ukládání tělesného tuku narůstá v období puberty, hlavně u dívek. V dospělém věku se důsledkem nesprávného životního stylu, skladby stravy i minimem pohyb ukládá tuk zejména v oblasti abdominální (Pařízková, 1998; Bouchard, 1988).

2.2. Pohlaví

Somatickým vývojem obou pohlaví jsou rozdíly ve složení těla nejviditelnější v období puberty a dospívání. Místa ukládání tuku jsou u mužů záda, břicho, hrudník, u žen nejčastěji v oblasti pasu, hýždí, boků a paží (Poirier, 2001).

2.3. Životní prostředí

Způsob života, kulturní zvyklosti, náboženství, materiální zajištění i finanční příjem jedince hrají roli v celkové životosprávě. Ta v dlouhodobém měřítku ovlivňuje proporce a tělesné složení (Pařízková, 1962).

2.4. Výživový stav

Skladba stravy patří k nejdůležitějším faktorům ovlivňujícím to, která z tělesných frakcí bude převažovat. Kvalita stravy, její množství, dle individuálních potřeb jedince v dlouhodobém horizontu ovlivní množství tělesného tuku, ale také aktivní tělesnou hmotu i hydrataci buněk (Grasgruber et al., 2008).

2.5. Fyzická aktivita

Fyzická aktivita a manuální práce výrazně ovlivňují tělesné složení (Pařízková, 1962). Pravidelným pohybem dochází k odbourávání podkožního tuku, hlavně však k nabytí tukuprosté hmoty. Změny záleží na druhu provozované fyzické aktivity, její intenzitě i frekvenci. Silové tréninky příznivě přispívají k přírůstku FFM, čili ke zvyšování svalové hmoty. U sportujících pozorujeme i zvýšený obsah kosterních minerálů a vyšší kostní denzitu oproti neaktivním jedincům (Heyward, 1996).

3. Metody měření tělesného složení

Antropometrická měření se v běžné populaci rutinně provádějí např. za účelem stanovení odchylek a anomálií při růstu a vývoji dětí, u pacientů trpících poruchami příjmu potravy nebo metabolickými onemocněními.

Rozbor tělesných znaků se využívá především k posuzování předpokladů pro sportovní pohybové aktivity, při redukci hmotnosti atleta či zkvalitnění tréninkového procesu. Na základě různých modelů a indexů můžeme odhadovat tělesné složení.

Pro odhad tělesného složení používáme laboratorní a terénní metody. Z laboratorních metod jsou nejpoužívanějšími denzitometrie, duální rentgenová absorpciometrie a hydrostatické vážení. Mezi terénní metody patří klasická kalibrace a metoda měření pomocí bioelektrické impedance (Pastucha, 2014).

3.1. Biofyzikální metody

3.1.1. Radiografie

Radiografické vyšetřovací metody dokážou pomocí rentgenového záření neinvazivně zobrazit vnitřní orgány a tkáně. Jednou z nejpřesnějších metod je počítačová tomografie (CT, Computer Tomography), která dokáže zobrazit průřez svalstvem i kostí (Navrátil, 2005).

3.1.2. Denzitometrie

Nejpřesnější metoda pro odhad tělesného složení je založena na dvoukomponentovém modelu lidského těla. Tuk a netučná hmota mají odlišnou schopnost absorpce radiografického záření v kostech a měkkých tkáních. Existují dva typy denzitometrů: centrální (sleduje hustotu kostí

páteře a pánevního pletence) a periferní (měří hustotu zápěstních a patních kůstek a prstů; Pařízková, 1998).

3.1.3. DEXA (Duální rentgenová absorpciometrie)

Využívá se pro určení denzity kostní tkáně, podíl tukové složky je dopočítán z regresních rovnic. Chyba v odhadu procenta tuku se pohybuje kolem 3-4 %. Minerály v kostech se kvantifikují pomocí parametrů: BMC (Bone Mineral Content) a BMD (Bone Mineral Density). Dohromady se porovnávají s referenčními hodnotami, ze kterých se stanoví tzv. T-skóre, které je uváděno v gramech kostního minerálu vztažených na jednotku plochy (Navrátil, 2005). Výsledná hodnota určuje stav kostí. Pokud je v normálu, T-skóre nebude menší než -1. První stádium řídnutí kostí (osteopenie) má hodnoty rozmezí -1 až -2,5. Pacienti s osteoporózou, která způsobuje zvýšenou lomivost kostí, jsou výsledky T-skóre nižší než -2,5 (Pastucha, 2014).

3.1.4. Ultrazvuk

Ultrazvuk se šíří v měkkých tkáních a tekutinách lidského těla formou podélného vlnění nebo vlnění příčného v kostech. Lze jim pořídit tomografické řezy těla na podkladě rozdílných akustických parametrů tkání. Při průchodu tělem naráží ultrazvuková vlna na tkáň, které mají různou akustickou impedanci a echogenitu dle kterých lze určit o jaký komponent lidského těla se jedná (Navrátil, 2005).

3.1.5. Infračervená interaktance

Infračervená interaktance (NIRI, Near Infra Red Interactance) je založena na absorpci a odrazu světla o vlnových délkách v rozsahu infračerveného spektra. Každá tkáň má specifické absorpční schopnosti, dle kterých po odražení radiace zjistíme výslednou optickou denzitu. V reziduálním tuku není obsažena voda, tudíž se NIRI stala základem pro stanovení tělesné vody (TBW, Total Body Water). Množství tuku je vypočítáno jako rozdíl tělesné hmotnosti a hmotnosti vody, za předpokladu stavu normální hydratace (cca 73 %; Riegrová et al., 1993; Pastucha, 2014).

3.1.6. Magnetická rezonance

Metoda je založena na principu chování atomových jader jako magnetů. Pohyb vodíkových iontů je ovlivněn silným magnetickým polem a elektromagnetickým vlněním o vysoké frekvenci. Magnetická rezonance se využívá pro měření viscerálního tuku. Výsledky jsou přesné, radiační zátěž je nulová, avšak finanční a technická náročnost limituje její využití (Riegrová et al., 1993).

3.1.7. Hydrostatické vážení

Hmotnost těla se změří „na suchu“ a pod vodou na hydrostatické váze. Při vážení pod vodou je tělo nadlehčováno vzduchem, který je v plicních cestách, a proto se měření provádí v maximálním expiriu. Pro odhad podílu tukové tkáně se používají regresní rovnice. Metodu nelze použít u pacientů trpících klaustrofobií, u dětí a z prostorových důvodů také u obézních (Pastucha, 2014).

3.1.8. WHR index

Index WHR (Waist to Hip Ratio) vztahuje obvod pasu k tělesné výšce a dle výsledků lze odhadnout distribuci tělesného tuku. Riziko metabolických komplikací vzrůstá s obvodem pasu u mužů větší než > 94 cm, u žen > 80 cm, (podstatně vzrůstající riziko u mužů nad > 102 cm, u žen > 84 cm). Tyto údaje jsou však zprůměrované a nelze je aplikovat na celou populaci. Jiný obvod pasu bude mít člověk při výšce 160 cm a 200 cm (Vilikus, 2004).

3.1.9. Kaliperace

Kaliperace spočívá v jednoduchém principu měření tloušťky kožních řas na stanovených místech těla pomocí kaliperu. Naměřené hodnoty se sečtou a výsledné procento tukové hmoty se odečte z tabulek. Dle požadované přesnosti se měří 2 až 10 kožních řas: pod spánkem, pod bradou, v přední axilární čáře nad m. pectoralis major, ve výši X. žebra, nad tricepsem, pod dolním úhlem lopatky, v 1/3 mediální spojnice pupek-iliospinale ant., nad hřebenem kosti kyčelní, nad patellou, 5 cm pod fossa poplitea (Vilikus, 2004; Kunešová et al., 1999)

Přesnost kaliperace záleží na správném „nabrání“ kožní řasy. Nelze měřit v horkém prostředí, po tělesné aktivitě nebo při menstruaci, kvůli retenci vody v organismu (Pastucha, 2014).

3.1.10. Bioelektrická impedance (BIA)

V současnosti nejvyužívanější metoda pro analýzu tělesného složení. Princip spočívá v rozdílné vodivosti tukuprosté hmoty a tukové tkáně, která se chová jako izolátor. Hodnota bioelektrické impedance tkáně je nepřímo úměrná jejímu objemu, kterým prochází elektrický proud. Tukuprostá hmota má impedanci nízkou, tuková složka vysokou (Chumlea, 1994).

Existují bipolární (ruční) přístroje, kdy proud probíhá pouze horní částí těla, a bipedální (nožní), kdy proud prochází dolní částí těla. Přesněji měří tetrapolární technika se čtyřmi elektrodami (dvě na dolní a dvě na horní končetině). Vícefrekvenční analýzu poskytne přístroj In Body 720 s osmidotykovými diodami. V současnosti je v České republice nejpoužívanější tetrapolární model In Body 230 (Pastucha, 2014).

3.1.10.1. Podmínky pro měření BIA

Pro získání objektivních a přesných výsledků je nutné při měření dodržet konkrétní standardy. Metodu BIA nelze použít u osob s kardiostimulátorem, kyčelní protézou či u pacientek v raném stádiu gravidity. Zkreslení hodnot u žen může nastat v období premenses a menstruačního cyklu. Taktéž u pacientů, kteří užívají léky regulující vodní režim v organismu (diuretika) budou výsledky zavádějící (Vilikus, 2004; Pařízková 1998).

3.1.10.2. Výsledky analýzy BIA

Výsledky bioimpedančních metod nám poskytnou údaje o tělesné hmotnosti, stupni obezity, orientační hodnotu bazálního metabolismu (BMR). Dále pak intracelulární a extracelulární hmotu, kostní i nekostní minerály, beztukovou i tukovou hmotu. Základem měření BIA je však celková voda (TBW), která je závislá na věku, pohlaví a tělesné hmotnosti (Chumlea, 1994).

3.1.10.3. Nepřesnosti v měření BIA

Metoda BIA je senzitivní na stav hydratace organismu a může způsobit chybu měření v rozmezí 2-4 %. Aktuální hodnoty mohou být rozdílné i po anaerobním tréninku, kdy organismus vypotřeboval zásoby svalového glykogenu. Podhodnocení subkutánního tuku může způsobit stav hydratace v odstupu od fyzické aktivity či příjmu potravy (Pastucha, 2014).

3.2. Biochemické metody

3.2.1. Kreatininová exkrece

Celkové množství svalové tkáně dokážeme zjistit na základě množství kreatininu vyloučeného do moči, který je úměrný celkovému množství kreatininu v organismu. Jeden gram kreatininu vyloučený za 24 hodin odpovídá přítomnosti asi 17-20 kg svalstva. Depozita jsou závislá na věku, pohlaví a fyzické aktivitě (Vilikus, 2004).

3.2.2. Exkrece 3- metylhistidinu

Je obrazem odbourávání svalových proteinů a stanovuje se z moči.

3.2.3. Celkový plazmatický kreatinin

1 mg plazmatického kreatininu odpovídá zhruba 0,88-0,98 kilogramů svalové hmoty (Pastucha, 2014).

4. Optimální tělesná hmotnost

Pro výpočet optimální tělesné hmotnosti využíváme tzv. hmotnostně výškové indexy, které v klinické praxi poskytnou orientační výsledky.

4.1. BMI (Body Mass Index)

Nejnámější a nejpoužívanějším indexem je Body Mass Index (BMI) neboli Queteleteův-Kaupův-Gouldův index či Quelet 2. BMI je pouze poměrem mezi tělesnou hmotností a tělesnou výškou, je proto vhodný pouze u neaktivní dospělé populace (Pastucha, 2014). BMI lze vypočítat ze vzorce:

$$\text{BMI} = \text{tělesná hmotnost (kg)} / \text{tělesná výška (m)}^2$$

Jeho největším nedostatkem je nemožnost zohlednit svalovou a tukovou frakci. Sportovci, kteří mají rozvinutější svalstvo, avšak tělesné složení v normě, budou mít dle BMI indexu nadváhu, či dokonce obezitu I. stupně. BMI taktéž nelze použít k determinaci distribuce tuku (Pastucha, 2014).

BMI	Kategorie podle WHO	Zdravotní rizika
< 18,5	Podváha	Poruchy příjmu potravy (anorexie)
18,5 – 24,9	Normální váha	Minimální
25,0 – 29,9	Nadváha	Lehce zvýšená Zvýšená
30,0 – 34,9	Obezita stupeň I.	Středně vysoká
35,0 – 39,9	Obezita stupeň II.	Vysoká
> 40	Obezita stupeň III.	Velmi vysoká

Obrázek 1 Kategorizace BMI (WHO, 2011)

Z praktického a klinického hlediska se využívá dvoukomponentový model, rozlišující tuk (FM, Fat Mass) a tukuprostou hmotu (FFM, Fat Free Mass).

4.2. BFMI (Body Fat Mass Index)

Hmotnost tukové tkáně v těle určuje index BFMI (Body Fat Mass Index). Normální hodnoty se pohybují v rozmezí 1,8-5,1 kg/m² pro muže a pro ženy 3,6-8,1 kg/m². Jako index rizikovitosti tělesného složení pro obezitu je označována hodnota BFMI vyšší než 11,8 (Pastucha, 2014). Lze jej vypočítat jako:

$$\text{BFMI} = \text{BFM (kg)} / \text{tělesná výška (m)}^2$$

4.3. FFMI (Fat – Free Mass Index)

Stanovuje se jako podíl tukuprosté hmoty a tělesné výšky. Je klíčem k hodnocení nutričního stavu, sarkopenie, podvýživy pacienta či hypertrofie svalové hmoty (Pařízková, 1962).

$$\text{FFMI} = \text{FFM (kg)} / \text{tělesná výška (m)}^2$$

Optimum je mezi 14,6-16,7 kg/m². Vyšší hodnoty naměříme u pohybově aktivních jedinců, avšak nejvyšších hodnot dosahují sportovci na vysoké sportovní úrovni, zejména v silových sportech. Sportující žena může dosáhnout vyšších hodnot rozvoje svalstva než nespportující muž.

4.4. BCMI (Body Cell Mass Index)

Metabolicky aktivní částí tukuprosté hmoty je frakce BCM (Body Cell Mass), která odráží nutriční status a vypovídá o aerobní výkonnosti. Za normální množství BCM se považuje 40 % tělesné hmotnosti. BCMI stanovuje tělesnou zdatnost jedince z pohledu optimálního poměru stanovených složek tělesné hmotnosti. Snížené hodnoty metabolicky aktivní části tukuprosté hmoty se vyskytují u lidí se sarkopenií či anorexia nervosa (Talluri et al., 2003).

5. Energetický metabolismus

Existence lidského organismu závisí na dostatečném přísunu energie, která je nutná pro zajištění základních fyziologických pochodů v těle, jako je metabolismus živin, svalová činnost, funkce CNS a termoregulace. Metabolismus představuje veškeré energetické a chemické přeměny v organismu, které probíhají po přijetí energie, kterou člověk získává z potravy. Metabolickou cestou vzniká nejzákladnější energetický substrát ATP (Zlatohlávek, 2016).

5.1. Energetická bilance

Energetická bilance organismu je dána poměrem energie vydané a přijaté. Energie vznikající štěpením vazeb organických molekul je ze 40 % procent využita k práci a zbylých 60 % procent se přemění na teplo (Kittnar, 2011). Pokud je spotřebovaná energie rovna energii vynaložené, energetická bilance je vyvážená.

5.1.1. Energetický výdej

Energetický výdej organismu (EE, energy expenditure) je prostý součet energie bazálního metabolismu (asi 60 % z celkového denního výdeje), termického efektu potravy (10 %), energie nutné pro termoregulaci (10 %) a energie pro fyzickou a duševní práci (20 %; Holeček 2006).

5.1.2. Klidový metabolismus

Klidový energetický výdej (REE, resting energy expenditure) vyjadřuje metabolické nároky organismu v kteroukoliv denní dobu. Získáme jej z metody nepřímé kalorimetrie z hodnot spotřeby kyslíku (VO_2), které byly zjištěny pomocí Kroghova metabolimetru (Vilikus, 2015). Aby množství energie odpovídalo energetickým potřebám organismu při běžné fyzické aktivitě, musíme připočítat navíc 60-70 % z denního energetického výdeje (Svačina, 2010).

5.1.3. Bazální metabolismus

Bazální energetický výdej (BMR, Basal Metabolic Rate; BEE, Basal Energy Expenditure) je součet všech exotermních reakcí v organismu, které probíhají v klidu. Nejčastěji je však definován jako minimální možná energie potřebná k udržení stálosti vnitřního prostředí a zajištění vitálních funkcí orgánových soustav za bazálních podmínek (Zlatohlávek, 2016).

5.1.3.1. Měření bazálního metabolismu

Bazální metabolismus se měří za striktně standardizovaných podmínek. Důležité je zajistit tzv. „termoneutrální podmínky“ a omezit tak další vlivy, jako jsou teplo, chlad, pohyb, termický efekt potravy a léků (Vilikus, 2015).

V praxi se většinou stanovuje REE, kdy v klidových podmínkách je průměrná spotřeba kyslíku 3,5 ml na 1 kg tělesné hmotnosti za minutu. Hodnota REE je tedy asi o 10 % vyšší než BMR (Trojan, 2003).

5.1.3.2. Faktory ovlivňující BMR

5.1.3.2.1. Povrch těla

Pokožkou se ztrácí 15 % veškeré energie. Člověk vysoké, štíhlé postavy má větší povrch těla a tím pádem i vyšší bazální metabolismus než osoba stejně vážící, avšak vzrůstem menší a korpulentní. (Srilakshmi, 2006).

5.1.3.2.2. Tělesná hmotnost

Pro hrubou orientaci používáme předpoklad potřeby energie 25-30 kcal/kg/den. Fyziologicky zdravý muž (při váze 70 kg) spotřebuje cca 1 kcal (4 kJ) na 1 kg/h (Zlatohlávek, 2016).

5.1.3.2.3. Tělesná teplota

Teplota zvyšuje hodnoty BMR kvůli nárokům kardiovaskulárního systému. Zvýšení tělesné teploty o 1 °C zvýší BMR o 14 % (Mourek, 2012). Trénink v horkém letním počasí bude pro sportovce mnohem náročnější.

5.1.3.2.4. Věk

Metabolismus a složení těla se s rostoucím věkem mění, ve stáří dochází ke snížení svalového tonu a úbytku svalové hmoty, a proto BMR už od pěti let, s výjimkou lehkého zvýšení v pubertě, klesá. Bazální metabolismus dospělého muže o tělesné hmotnosti 70 kg je asi 40 kcal (165 kJ) na 1 m² tělesného povrchu za hodinu (Vilikus, 2015).

5.1.3.2.5. Pohlaví

Muži mají BMR zhruba o 10-15 % vyšší než jejich protějšek stejného věku. Je způsobeno tím, že ženy mají větší zastoupení tukové tkáně a od přírody méně svalů, které jsou energeticky náročnější než tuk (Vilikus, 2015).

5.1.3.2.6. Spánek

Důsledkem spánku je bazální metabolismus snížen o 10 % (Srilakshmi, 2006).

5.1.3.2.7. Aktivita svalů

Při intenzivní svalové práci se hodnota bazálního metabolismu zvýší cca 16-20krát (Jandová, 2009).

5.1.3.2.8. Vliv hormonů

Tyroxin je jeden z hlavních stimulátorů metabolismu, produkováný buňkami štítné žlázy. Růstový hormon somatotropin, který odpovídá za kontinuitu růstu a syntézu nových tkání, bazální metabolismus taktéž zvyšuje, a to zejména v období dospívání. Dočasné zvýšení nastává produkcí adrenalinu z nadledvin během stresové zátěže, strachu nebo vzrušení (Trojan, 2003).

5.1.3.2.9. Vliv potravy

Termický efekt potravy je zvýšení energetického výdeje postprandiálně s maximem za 90 minut po příjmu potravy. Tento fyziologický fakt zvyšuje klidový metabolismus o 10 % a je nutné ho k výdeji připočítat. Existují značné individuální odchylky v hodnotách REE po jídle, závisí především na kvalitě a druhu potravy (Svačina, 2008).

Jednotlivé živiny působí na bazální metabolismus odlišně. Metabolismus bílkovin zvyšuje BMR téměř o 25-30 %, sacharidy 5-10 %, tuky pouhých 0-3 %. Valná část energie je využita na procesy trávení, další zlomek spotřebují játra na syntézu proteinů nebo na deaminaci aminokyselin (Mourek 2012). Tzv. minimální metabolický obrat nastane při dlouhodobém hladovění. Adaptivní snaha organismu udržet si funkce i při nedostatku energie, způsobí snížení BMR o 20-30 %. Klesá tak produkce hormonů a svalový tonus. U drastických redukčních diet dochází především k poklesu svalové hmoty na úkor tukové tkáně, čímž se BMR zase zpomalí (Gater, 2007).

6. Výpočtové metody BMR

Pro hrubou orientaci BMR se počítá předpoklad energetické potřeby 25-30 kcal/kg/den (105-126 kJ). Co se týká výpočtu bazálního metabolismu podle rovnic, které jsou v klinické praxi stále hojně používány, čítáme mnohé nepřesnosti, a proto se jimi nebudu podrobněji zabývat.

6.1. Rovnice Harrise-Benedicta (HBE)

Prediktivní rovnice Harrise a Benedicta je nejčastěji a nejdéle užívaným vzorcem pro výpočet bazálního metabolismu v klinické praxi. Je ale potvrzeno, že neposkytuje pravdivé výsledky REE, jelikož byla vytvořena na vzorku populace, který zahrnoval pouze zdravé jedince. Nelze ji použít u obézních osob a u pacientů s komorbiditami. Ve všech studiích bylo vyzorováno nadhodnocení skutečných hodnot (Frankenfield et al., 2005).

Výpočet BMR dle HBE pro ženy:

$$\text{BMR} = 655,0955 + (9,5634 \times \text{váha v kg}) + (1,8496 \times \text{výška v cm}) - (4,6756 \times \text{věk v letech})$$

kcal/den

Výpočet BMR dle HBE pro muže:

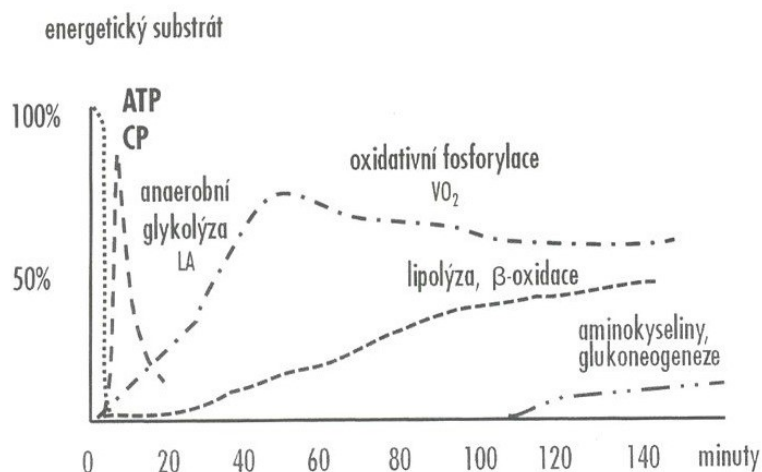
$$\text{BMR} = 66,473 + (13,7516 \times \text{váha v kg}) + (5,0033 \times \text{výška v cm}) - (6,755 \times \text{věk v letech})$$

kcal/den

7. Energetické substráty při silové zátěži

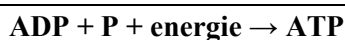
7.1. ATP-CP systém

Adenosintrifosfát je jediný zdroj energie pro aktinomyosinovou kontrakci. Ve svalu je obsažen v koncentraci cca 5 mmol/l, tj. cca 3,5 g na 1 kg svalů. Při zhruba 20 kilogramech svalové tkáně u sportovce vážícího 70 kg je v organismu přítomno asi 70 g ATP (Vilikus, 2015).



Obrázek 2 Energetické substráty při zátěži (Vilikus, 2015; upraveno)

Po vyčerpání zásob je nové ATP regenerováno reakcí adenosindifosfátu (ADP) s kreatinfosfátem (CP) který je taktéž zálohován ve svalových buňkách. Z CP neboli fosfokreatinu se uvolňuje molekula anorganického fosfátu, která se naváže na ADP a opět vzniká ATP (Mourek, 2012).



Obě reakce jsou výhradním zdrojem energie po dobu prvních 5-6 sekund fyzické zátěže. Při pokračování fyzické práce se CP už nestačí regenerovat a jeho podíl na tvorbě energie rapidně klesá. Při 6s výkonu má CP energetický podíl jen 50 % (Bangsbo, 2006).

Rychlostní zátěž lze opakovat téměř ve stejné kvalitě po několikaminutové přestávce. Za tuto dobu se zásoby ATP a CP kompletně obnoví (75-80 % za 1 minutu, absolutní doplnění proběhne za 2-3 minuty; Bangsbo, 2006).

U silových sportovců se doporučuje suplementace uměle syntetizované formy kreatinu, za účelem zvětšení zásob CP pro zlepšení výkonnosti (Vilikus, 2015).

7.2. Anaerobní glykolýza

Jinými slovy rozklad glukózy bez přístupu kyslíku. Jedná se o proces získávání energie, který má nástup s menším zpožděním po ATP-CP systému. Nevýhodou anaerobní glykolýzy je nízká efektivita a z hlediska sportovní výkonnosti vznik laktátu, který signalizuje svalovou únavu (Vilikus, 2015).

Z makromolekuly glykogenu jsou postupně odštěpovány jednotlivé molekuly glukózy za spotřeby molekul ATP. Anaerobní glykolýza je proces, který dospěje ke vzniku pyruvátu. Kyselina pyrohroznová bez přístupu kyslíku konvertuje na laktát, který přechází do krve, v případě že anaerobní glykolýza dosáhne vysokého stupně intenzity. Celkově vzniknou 4 molekuly ATP, ale vzhledem k tomu, že jsou dvě molekuly ATP spotřebovány pro aktivaci glukózy, finální bilance je tedy zisk 2 molekul ATP z 1 molekuly glukózy (Kittnar, 2011).

7.3. Oxidativní fosforylace

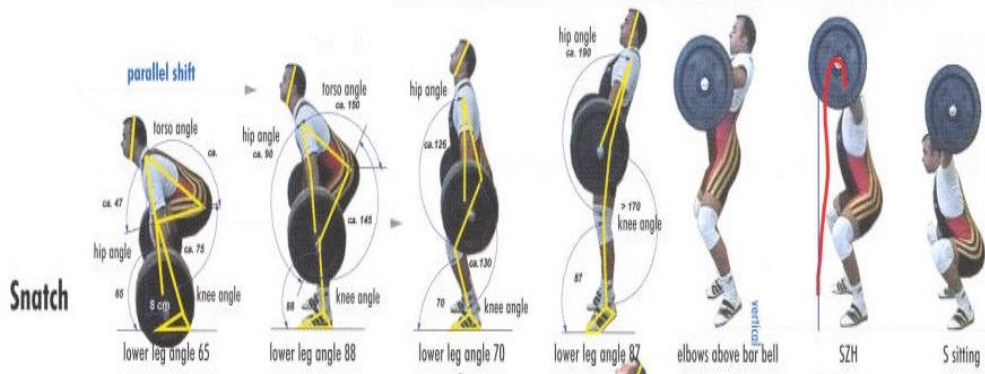
Oxidativní fosforylace je dominantní způsob tvorby ATP, v eukaryotických buňkách probíhající na vnitřní straně membrány mitochondrie. V citrátovém cyklu jsou uvolněné elektrony uloženy v redukováných formách koenzymů NAD (nikotinamidadenindinukleotid) a FAD (flavinadenindinukleotid; Matouš, 2010). V dýchacím řetězci jsou při zpětné oxidaci redukováných koenzymů čerpány protony přes mitochondriální membránu, a jejich koncentrační spád pohání enzym vyrábějící ATP. Tento proces nastupuje pomaleji a je limitován přístupem kyslíku do tkání (Trojan, 2003).

8. Vzpírání

Olympijský dvojbój neboli vzpírání je silový sport, kde ze všeho nejvíc hraje roli technické provedení cviku, rychlost a síla. Soutěží se ve dvou disciplínách, ve kterých se sportovec snaží zvednout co největší možnou váhu:

- trh soupažný (zkráceně trh)
- nadhoz soupažný (zkráceně nadhoz); který se skládá ze dvou částí: z přemístění a výrazu

8.1. Trh soupažný (Snatch)

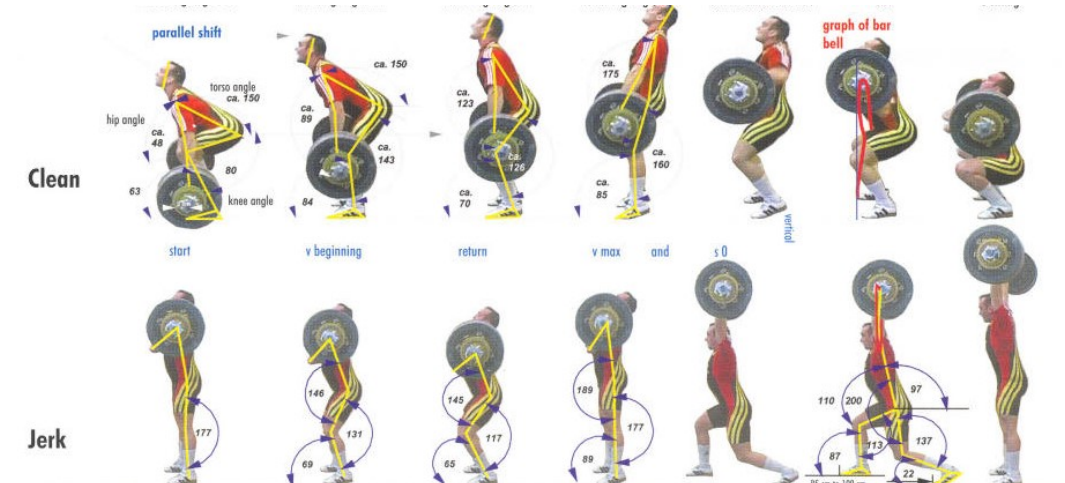


Obrázek 3 Trh soupažný (Snatch; <http://www.olympicweightlifting.eu/how-to-snatch/>)

Přesné znění provedení trhu soupažného dle IWF (International Weightlifting Federation):

Činka je umístěna podélně uprostřed vymezené podložky. Závodník zaujímá výchozí pozici za činkou. Uchopí ji v pozici s pokrčenými koleny. Činka je uchopena nadhmatem a vytažena jediným pohybem z podložky nad hlavu do plného propnutí obou paží, přičemž závodník může nohy pokrčit nebo mohou nohy jít do stříhu. Během tohoto souvislého pohybu vzhůru se činka pohybuje v těsné blízkosti těla a může sklouznout po stehnech. Během pokusu v trhu se žádná jiná část těla kromě chodidel nesmí dotknout podložky. Závodník může ve stříhu či ve dřepu vydržet libovolně dlouhou dobu. Zdvihnutá činka musí být ustálená v konečné poloze bez pohybu, přičemž paže a nohy musí být plně propnuty, chodidla musí být v jedné přímce paralelně s osou těla a činky. Závodník poté čeká na signál rozhodčích k položení činky zpět na vymezenou podložku. Rozhodčí dají signál k položení činky v okamžiku, kdy se závodník ustálí a nepohybuje v žádné části těla.

8.2. Nadhoz soupažný (Clean and jerk)



Obrázek 4 Nadhoz soupažný (Clean and jerk; <http://www.olympicweightlifting.eu/how-to-clean-and-jerk/>)

Přesné znění provedení nadhozu soupažného dle IWF:

První část-přemístění: Činka je umístěna podélně uprostřed vymezené podložky. Závodník zaujímá výchozí pozici za činkou. Uchopí ji v pozici s pokrčenými koleny. Činka je uchopena nadhmatem a vytažena jediným pohybem z podložky na ramena, přičemž závodník může nohy pokrčit nebo mohou nohy jít do stříhu. Během tohoto souvislého pohybu vzhůru se činka pohybuje v těsné blízkosti těla a může sklouznout po stehnech. Před dosažením konečné polohy na klíční kosti, hrudi či pouze na zcela pokrčených pažích se činka hrudi nesmí dotknout. Před zahájením výrazu musí závodník srovnat chodidla zpět do jedné přímky a nohy musí mít zcela propnuté. Během přemístění se žádná jiná část těla kromě chodidel nesmí dotknout podložky. Závodník není v průběhu pokusu omezen žádným časovým limitem, přemístění však musí dokončit srovnáním chodidel do jedné přímky, a to paralelně s osou těla i činky.

Druhá část-výraz: Po dokončení přemístění a před zahájením výrazu se závodník musí ustálit a nesmí být v jakémkoli pohybu. Poté krčí a následně propíná nohy, zatímco jedním pohybem vzhůru vyrazí činku nad hlavu do plného propnutí paží. Nohy může pokrčit nebo mohou jít do stříhu. Závodník následně srovnává chodidla do jedné přímky, paralelně s osou těla činky; za stálého propnutí nohou i paží čeká na signál rozhodčích, kteří mu dají pokyn položit činku zpět na vymezenou podložku. Rozhodčí dají signál k položení činky v okamžiku, kdy se závodník ustálí a nepohybuje se v žádné části těla. Před výrazem může závodník upravit polohu činky z následujících důvodů; aby odstranil zámkový úchop, pokud činka v původní poloze brání v dýchání, pokud činka v původní poloze způsobuje bolest, pokud chce změnit šíři úchopu činky. Výše zmíněné případy nejsou považovány za dodatečný pokus o výraz.

Součet nejlepšího výkonu v trhu a nadhozu dohromady tvoří „olympijský dvojboj“. Ten se společně s tělesnou hmotností přepočítává dle koeficientu na tzv. „Sinclairové body“ (Sb.), dle kterých se určuje výkonnostní pořadí závodníků. Obecně platí, že čím nižší tělesná hmotnost a vyšší dvojboj, tím jsou výsledné Sinclair body vyšší.

8.3. Pozitiva vzpírání

Trh i nadhoz patří mezi komplexní pohyby, ve kterých jsou zapojeny všechny hlavní i část vedlejších svalových partií. Vzpírání obecně má vliv na posilování oporně-pohybového aparátu a pozitivní efekt na kardiovaskulární systém a dýchání. Olympijský dvojboj už není jenom o síle, nýbrž o stále vyšší technické náročnosti a lepšímu využití vzpěračovy síly (Perútka, 1980). Klíčová je tedy technika a schopnost vyvinout maximální sílu v krátkém čase. Vzpírání využívají v tréninku pro rozvoj výbušnosti i další sporty jako například atletika (vrhy, sprinty, boby; Brown 2005).

8.4. Fyziologické determinanty

Úspěšnost v tomto sportu je tedy podmíněna rychlostí, precizní technikou a svalovou silou. Poměr počtu rychlých a pomalých vláken v pracujícím svalu je zásadní pro rychlost. Stimulace rychlosti je žádoucí při každém tréninku, který umocní nárůst svalové hmoty a zvýšení trénovanosti. Zmiňované skutečnosti a požadavky sportovního výkonu jsou dlouhodobou strategií systematického tréninkového plánu, který plně respektuje individualitu sportovce. V tréninku žen častěji převažuje rychlejší unavitelnost a pomalejší proces zotavení (Little et al, 2005).

Rychlost, společně s explozivní silou (výbušností) jsou obecně považovány za schopnosti, které jsou geneticky determinované, tréninkem hůře ovlivnitelné. Vhodným obdobím pro jejich stimulaci je kolem 10-15 roku věku, kdy se formují nervové základy svalových funkcí (Brown, 2005).

8.5. Rozdíly v trénovanosti mužů a žen

Vlivem tělesných rozměrů, lepších silových předpokladů a částečně vyššího procenta rychlých svalových vláken je absolutní rychlost lokomoce u mužů vyšší. V maximální frekvenci pohybu i rychlosti reakce jsou ženy s muži na stejné úrovni. V technice disciplín také nejsou zásadní rozdíly (Little et al., 2005).

8.6. Tréninkový cyklus

Roční tréninkový cyklus zahrnuje tyto období, které se liší svou délkou a jsou závislé na sportovní specializaci:

- přípravné období
- předzávodní období
- hlavní (závodní) období

- přechodné období

8.6.1. Přípravné období

V této fázi se vzpěrači zaměřují na vytvoření dostatečných zásob trénovanosti. Během přípravné fáze se nekonají žádné závody, sportovci jsou tedy v duševní pohodě. Cílem přípravy je zvyšování tréninkového objemu, zlepšení motoriky, řízení pohybů a pilování technického provedení trhu i nadhozu. Taktéž zvětšení kapacity kardiovaskulárního a dýchacího systému, zvětšení energetických rezerv. Toto tzv. „období ladění sportovní formy“ trvá v rozpětí 10 dnů až tří týdnů (Perič et al., 2010).

8.6.2. Předzávodní období

Z všeobecného tréninku se pomalu přechází na speciální, kdy je stále zachována vysoká intenzita i objem, avšak se soustřeďuje na technické vzpírání a ladění jeho nedostatků. Zásadní je přechod z objemového tréninku ke kvalitativnímu. Dostatečná regenerace a strava je stěžejní pro vystupňování tréninkových jednotek (Lehnert, 2010).

8.6.3. Závodní období

V tomto období se vzpěrači snaží o dosažení nejlepších výsledků. Trénink je zaměřen na udržení, popřípadě vylepšení sportovní formy. Lze ji udržet maximálně tři měsíce, poté následuje pokles výkonnosti. Tréninky během jednotlivými závodními starty musí být směřovány především k udržovacímu či zotavujícímu zatížení. V případě delšího rozestupu mezi závody se doporučuje zařadit i trénink rozvojový (Perič et al., 2010).

8.6.3.1. Závodní sezóna v ČR

Závodní sezóna začíná prvními koly nejvyšší ligové soutěže vzpírání družstev, kde mají možnost participovat i reprezentanti. V České republice existují tři úrovně soutěží mužů a dvě žen. Závodí se v průběhu roku ve třech kolech. Mužská družstva startují v šesti závodnicích, kdy součet sinclairových bodů pěti nejlepších z nich určuje výsledné pořadí oddílů, které je dále obodováno. Součet bodů všech tří kol určuje konečné pořadí a vítěze ligy. Ženský vzpěračský tým závodí v sestavě čtyř závodnic. Start závodníků je podmíněn platnou sportovní legitimací s potvrzením od Českého svazu vzpírání pro daný rok a preventivní lékařskou prohlídkou, která není starší než 12 měsíců.

Dále jsou během roku pořádány pohárové závody pro jednotlivce, kterých se však z důvodu přípravy na prestižnější závody reprezentanti spíše neúčastní. Vrcholem závodní sezóny jsou hlavně Mistrovství republiky, Mistrovství Evropy a také Mistrovství světa.

8.6.4. Přejídné období

Po závodech je stěžejní fyzický i duševní odpočinek. Dočasně se upustí od klasického technického vzpírání, které se krátkodobě nahradí trénováním doplňkových cviků a zařazuje se aerobní aktivita (kruhový trénink, sprinty, veslování na trenažéru). Snižuje se objem a intenzita a vhodná je i změna prostředí (příroda, moře). Trénink by měl probíhat zábavnou formou, pro navození psychické pohody sportovců pro možnost zahájení nového tréninkového cyklu (Perič et al., 2010).

8.6.5. Přetrénování

Únavu ve vzpírání chápeme jako neschopnost pokračovat v pohybové aktivitě. Na přetrénování se podílí celá řada faktorů přes nedostatek odpočinku, nepřiměřenou délku a intenzitu tréninku, neadekvátní kalorický příjem, stres či absence spánku. Sportovce často postihuje emoční prázdnota, ba i dokonce ztráta soutěživosti (Lehnert, 2010).

9. Výživa u silových sportovců

9.1. Energetický příjem vzpěračů

Pro udržení tělesné hmotnosti a zachování stupně zátěže po dlouhé období, musí být vysoké energetické nároky. Fyzická aktivita s neadekvátním kalorickým příjmem bude mít za následek snížení výkonnosti, hubnutí spojené s hormonálními výkyvy, které mohou vést až ke chronickému pocitu únavy a stresovým zlomeninám (Heidi, 2011). Vzpěrači, na rozdíl od drobnějších maratonceů nebo gymnastů, mají obecně větší objem svalové tkáně čili musí mít zákonitě i vyšší energetický příjem.

9.2. Živiny při zátěži

Postupné zlepšování sportovce se odvíjí od využití živin, kterými jsou uhrazeny potřeby organismu v průběhu dne v závislosti na fyzické aktivitě. Metabolismus může být omezen nevhodným doplňováním živin (Maughan et al., 2006).

Stravovací plán musí být upraven podle individuálních potřeb s přihlédnutím k tréninkové fázi (nabírání svalové hmoty, hmotnostní úbytek). Jakákoliv zátěž organismu způsobí zvýšení energetických nároků na celý organismus. Pokud nejsou tyto požadavky splněny, nelze výkon uskutečnit. Svaly využívají různé živiny dle intenzity a délky trvání zátěže, trénovanosti a okolních podmínek (Clark, 2009).

Rozdíly ve výdeji energie sledujeme při běžném tréninkovém dni, tak i během závodů, kde mimo maximální úsilí sportovce, působí i stresové hormony. U většiny sportů převažují častěji tréninkové fáze nad závodními. Vzhledem k velkému počtu opakování cviků je energie vydaná na tréninku mnohem vyšší než při šesti závodních pokusech.

10. Základní složky potravin

10.1. Aminokyseliny (AA)

Jedná se o látky obsahující aminovou (-NH₂) a karboxylovou (-COOH) skupinu. V přírodě existuje kolem 300 aminokyselin. Proteinogenní AA (20) lze rozdělit na esenciální (8), které je organismus schopen syntetizovat, a také esenciální (12), kdy je odkázán na jejich příjem z potravy (Matouš, 2010).

Sedmdesátikilový sportovec má obvykle obsah aminokyselin kolem 12 kg, avšak většina je vázána ve formě bílkovin. Po celý den dochází k neustálé syntéze, odbourávání a přeměně dle potřeb organismu. Aminokyseliny z bílkovin lze přeměnit na glukózu, nebo transformovat na tuk. Jejich metabolismus probíhá v játrech a lze je získat ze tří zdrojů: z přijaté potravy, destrukcí bílkovin či novou syntézou v organismu (Kittnar, 2011).

10.2. Bílkoviny

Bílkoviny utváří v těle mnoho struktur a hrají klíčovou roli v řadě funkcí. Jsou součástí mimo jiné metabolického, imunitního a hormonálního systému (Štern, 2011). Největší zásobárnou jsou kosterní svaly, ale tento rezervoár nemá takovou kapacitu, jako v případě sacharidů a tuků, proto jsou bílkoviny přijaté ve stravě zpracovány ihned (Maughan et al., 2006).

Obrat bílkovin spotřebuje až 20 % energie bazálního metabolismu. Dochází tak v důsledku opravy poškozených tkání, při hojení ran, ale i v normální zdravé tkáni. Doporučený denní příjem bílkovin pro zdravé jedince se sedavým způsobem života je v každé literatuře lehce odlišný. Shodně se na příjmu okolo 0,8-1 g/kg/den tělesné hmotnosti na den (Clark, 2009).

10.2.1. Bílkoviny v silovém sportu

Pro vybudování patřičného objemu svalové hmoty je potřeba zvýšeného přísunu stavebních látek. Podíl bílkovin ve stravě sportovce je tudíž zákonitě vyšší než u nespportovce (Maughan et al., 2006).

U silových sportovců je v důsledku častějšího poškozování svalových vláken a vzniku mikrotraumat, které je nutno opravit, příjem bílkovin zvýšen na 1,7 g/kg/den. Rekreační vzpěrač si vystačí s 1,5 g/kg/den bílkovin, přičemž atlet na vrcholové úrovni má dle *Dutch Nutrition Board* denní hraniční dávku proteinů 1,8-2,0 g/kg/den (Vilikus, 2015). Obecně lze říci, že bílkoviny z živočišných tkání jsou pro růst svalů daleko vhodnější, ale budovat svalovou hmotu lze i z bílkovin rostlinných.

V zásadě je důležité dodržet příjem esenciálních aminokyselin vhodnou kombinací potravin v průběhu dne (Heidi, 2011). V časopise *British Journal of Sports Medicine* bylo publikováno, že

atleti, kteří pozřeli hodinu před fyzickou aktivitou vysokoproteinové jídlo, pociťovali trénink jako náročnější v porovnání s těmi, kteří vypili jen vodu (Wiles, 1991).

10.2.2. Nadbytek bílkovin

Tvorba dusíkatých látek, jakožto zplodin metabolismu bílkovin a jejich nadlimitní množství údajně zatěžuje a poškozuje ledviny. Neexistuje žádná studie potvrzující tuto obavu. Přehršel bílkovin nelze zabudovat do svalových buněk, a tak dochází ke spalování této živiny, anebo transformaci na zásobní tuk, který se ukládá v podkoží (Vilikus, 2015).

10.3. Sacharidy

Jsou to organické sloučeniny patřící do skupiny polyhydroxyketonů a polyhydroxyaldehydů. Podle počtu sacharidových jednotek rozeznáváme monosacharidy (1 cukerná jednotka), oligosacharidy (2-10) a polysacharidy (10 a více jednotek spojených glykosidickými vazbami). Představují zásobní energetické zdroje škrob a glykogen. Představují primárně preferovaný zdroj energie pro jakýkoliv pohyb (Štern, 2011).

10.3.1. Glykogen

Je tvořen rozvětvenými polysacharidovými řetězci o 200-600 molekulách glukózy. V lidském těle je obsažen z 2/3 ve svalech (250-400 g) a 1/3 v játrech (80 g; Svačina, 2010). Zásoby svalového glykogenu závisí zejména na trénovanosti jedince a také na přísunu sacharidů z potravy. Sportovci mohou dosáhnout zásob až k 800 g glykogenu (Heidi, 2011).

K vyčerpání rezerv dochází dle intenzity tréninku po 30 až 90 minutách. Při silovém tréninku k úplné depleci glykogenu nedochází, jelikož jsou pauzy mezi sériemi cviků v tréninku třikrát delší než samotný výkon. Časy pracovní a relaxační fáze jsou v poměru 1:3, čili vzpěrač v klidu stihne doplnit ATP pro další svalovou práci (Vilikus, 2015).

10.3.2. Glukóza (Glc)

Je též označována jako hroznový nebo krevní cukr a je to esenciální substance pro chod lidského těla (Matouš, 2010). Je základním a nejrychlejším zdrojem energie pro všechny buňky v těle, které spotřebují až 150 g Glc za 24 hodin. Koncentrace glukózy v krvi se nazývá glykemie a její optimální hladina se u zdravého jedince pohybuje v rozmezí 3,5-5,6 mmol/l na lačno a po jídle nižší než 10 mmol/l. Je-li příjem z potravy snížen, absenci glukózy je organismus schopen zajistit procesem glykogenolýzy, který probíhá v játrech (Zlatohlávek, 2016).

Při poklesu hladiny krevního cukru se z endokrinních žláz pankreatu a nadledvin začnou vylučovat kontraregulační hormony (glukagon a adrenalin), které mobilizují novotvorbu z glykogenu. Při

vyčerpání zásob dochází ke glukoneogenezi, kterou organismus vytváří glukózu z nesacharidových zdrojů (Trojan, 2003).

10.3.3. Glykemický index (GI)

Pojem glykemický index potravy (GI) je definován jako poměr plochy pod vzestupnou částí křivky postprandiální glykemie testované potravy, která obsahuje 50 g sacharidů a standardní potravy (Zlatohlávek, 2016).

GI je bezrozměrné číslo, které hodnotí potraviny podle jejich efektu na hladinu glukózy v krvi. Tento index udává, o kolik se krevní glukóza zvýší 2-3 hodiny po jídle oproti čisté glukóze (Svačina, 2008).

potravina*	GI	potravina*	GI
s vysokým indexem			
glukóza	100	chléb bílý	70
Gatorade	91	nápoj Fanta	68
med	73	Mars tyčinka	68
kukuřičné vločky	84	řepný cukr	65
graham	74	rozinky	64
meloun	72	ovesné vločky	61 (42-75)
brambory pečené	85	zmrzlina	61 (36-80)
brambory vařené v mikrovlnné troubě	82		
se střední indexem			
pomerančový džus	57	pečené fazole	48
brambory vařené	56	rýže bílá, parboiled	47
rýže bílá, dlouhozrná	56	čočková polévka	44
popcorn	55	pomeranč	43
kukuřice	55	špagety (bez omáčky)	41
banán přezrálý	54	perník	41
zelený hrášek	48	jablečný džus neslazený	41
s nízkým indexem			
jablko	36	banán nezralý	30
hruška	36	čočka	29
Power bar	30-35	mléko, plnotučné	27
ovocný jogurt nízkotučný	33	krupice	25
mléko odstředěné	32	grapefruit	25
meruňky sušené	31	fruktóza	23
zelené fazole	30		

* Množství odpovídá 50 gramům sacharidů na jednu porci.
 Potraviny s vysokým glykemickým indexem mají hodnoty nad 60; střední glykemický index odpovídá hodnotám od 40 do 60 a nízký glykemický index představuje hodnoty pod 40.
 Zdroj: Výrobci a K.Forster Powell a Brand Miller, 1995, *International tables of glycemic index*, Am J Clin Nutr 62: 871S-893S.

Obrázek 5 Rozdělení potravin dle glykemického indexu (Forster et al., 1995)

Potraviny rozlišujeme do tří kategorií: s nízkým, středním a vysokým glykemickým indexem. Změnu GI a jeho zvýšení může vyvolat: způsob přípravy jídla (doba varu těstovin), doba skladování potravin (přezrálé ovoce) či velikost částic (drcená zrna v ovesné kaši.)

Bez sacharidové jídlo se obecně pomaleji tráví. Jídla všech tří makroživin má mnohem nižší GI než samotné suroviny. Ve sportovní výživě se manipuluje se vzestupem glykemie s ohledem na trénink, závod či odpočinek (Heidi, 2011). Po požití potravy s GI vyšším než 70 stoupá hladina krevního cukru velmi rychle, po potravinách s GI nižším než 55 naopak stoupá glykemie relativně pomalu. Pro akutní doplnění glykogenu jsou rychlé cukry podmínkou (Clark, 2009).

10.3.4. Důležitost sacharidů v tréninku

Vzpírání vyžaduje krátký a vysoce intenzivní výdej energie. Je prokázáno, že během odporového tréninku s opakováními při střední intenzitě dochází k výraznému poklesu glykogenových zásob (Maughan et al., 2006).

Příjem sacharidů před tréninkem výrazně pomáhá s transportem aminokyselin do svalových buněk. Právě tento děj vede k nárůstu objemu svalů. Mimo jiné, zabrání vyčerpání glykogenu a sportovec zvládne odtrénovat více (Chambers, 2009). Bezprostředně před tréninkem, během i posléze má konzumace rychlých cukrů svůj význam díky rychlému vstřebávání a dostupnosti v těle (Heidi, 2011).

10.3.5. Sacharidy po tréninku

Nejrychlejší míra syntézy glykogenu je dvě hodiny po fyzické aktivitě. Pro okamžitou obnovu by měl sportovec přijmout sacharidy s vysokým glykemickým indexem v množství 1-1,5g/kg tělesné hmotnosti. Zhruba za dvě hodiny tuto dávku zopakovat (Vilikus, 2015). Konzumace komplexních sacharidů během dne, v závislosti na tělesné hmotnosti, intenzitě a délce tréninku, zajistí kompletní regeneraci i dostatek energie k uhrazení tréninkových potřeb (Chambers, 2009).

V objemové fázi se po běžném silovém tréninku užívají gainery. Obsah bílkovin v nich je 40 % a množství komplexních sacharidů v jedné dávce by nemělo překročit 30 g, aby se zbytečně nestimulovala sekrece inzulínu. Jeho nadměrná produkce stimuluje transport glukózy do buněk, která se pak ukládá do tukových zásob (Fořt, 2002).

10.3.6. Vliv sacharidů na regeneraci

Pro rozvoj výkonnosti je příjem sacharidů naprosto klíčový. Silový atlet by si měl vybírat kvalitní komplexní sacharidy s nižším glykemickým indexem (brambory, celozrnné těstoviny, rýže natural, celozrnný kuskus) a dbát na pravidelný příjem vlákniny v zelenině i ovoci, omezit rafinované potraviny a jednoduchý cukr (Heidi, 2011).

Jestliže je doba mezi tréninky kratší než 8 hodin, sportovci by měli zkonsumovat sacharidovou stravu co nejdříve po cvičení. Přidáním menšího množství bílkovin do hlavního jídla nebo svačiny po tréninku umocní regenerační efekt. Důležité je mít na paměti, že absence sacharidů v prvním jídle po tréninku bude znamenat pomalé zotavování a déle trvající svalovou i duševní slabost (Philp et al., 2011). V době odpočinku jsou sacharidy zdrojem energie pouze pro mozek a erytrocyty, bez jejich příjmu by sportovec pociťoval značnou nechuť k tréninku, agresivitu či výkyvy nálad, protože by nedocházelo k regeneraci nervové soustavy (Vilikus, 2015).

Optimální načasování menšího příjmu sacharidů, jejich druh a kvalita mají daleko větší efekt na syntézu glykogenu v průběhu regenerace, než méně kvalitní sacharidy o větší gramáži (Burke et al., 2004).

10.4. Tuky

Jsou organické látky přírodního charakteru. V lidském těle slouží k tepelné izolaci, fungují jako zásobárna energie a rozpouštědla lipofilních vitamínů A, D, E, K (Štern, 2011). Jsou součástí biomembrán, plní funkcí prekurzorů pro tvorbu steroidních hormonů a v neposlední řadě jsou nezbytným zdrojem kalorií. V tukové tkáni i v potravě existují ve formě triacylglycerolů (Svačina, 2010).

Ve výživě rozlišujeme tuky satureované, mononenasycené a polynenasycené. Nasycený tuk je za pokojové teploty tužší, nachází se v produktech živočišného původu, v palmovém či kokosovém oleji. Jejich příliš častá konzumace zvyšuje riziko vzniku zánětů a zvyšuje hladinu cholesterolu v krvi. *The American Heart Association* udává, že denní příjem kalorií z nasycených tuků by neměl přesáhnout 7 % (tzn. 16 gramů při příjmu 2000 kcal denně; Heidi, 2011)

Mononenasycené tuky (přítomné v olivovém oleji, arašídech, avokádu) mají protektivní funkci na kardiovaskulární systém. Polynenasycené se rozlišují dle chemické struktury na omega-3 MK (ryby, vlašské ořechy, lněná semínka) a omega-6 MK (slunečnicový, sójový, bavlníkový olej). Podílí se na regulaci krevního tlaku, správné funkci imunitního systému a tvorbě eikosanoidů (Kasper, 2015).

10.4.1. Tuky v tréninku

Nadbytek tuků ve stravě zpomaluje výkonnostní růst a také regenerační procesy. Strava bohatá na živočišné tuky pravděpodobně zvyšuje rozvoj aterosklerózy, která vede ke kardiovaskulárním onemocněním. Trávení tuků probíhá pomalu a neposkytuje žádné výhody. Sportovci by měli konzumovat jídla bohatší o tuk v dostatečném předstihu před výkonem, protože by tím způsobil během trénování nevolnost, pocity na zvracení a celkové rozladění z „plného břicha“ (Konopka, 2004).

Tuky jsou spalovány výhradně za aerobního metabolismu, při pohybu trvajícím déle než 3 minuty. Při silových disciplínách vůbec tomuto ději vůbec nedochází. Energie pro svalovou kontrakci pochází také z intramuskulárního tuku, která je uvolňována z adipocytů nebo z chylomikronů, které přenášejí tukové kapénky z gastrointestinálního traktu (Maughan et al., 2006).

10.4.2. Omega-3 mastné kyseliny

Specifické esenciální polynenasycené mastné kyseliny EPA (eikosapentaenová), DHA (dokosaheptaenová) a ALA (alfa-linolenová) mají bezesporu blahodárný vliv na zdraví. EPA a

DHA se vyskytují v mořských rybách (makrela, losos, sardinky), ALA je obsažena ve lněném oleji. Jejich konzumace nahrazuje v krevních a jaterních buňkách omega-6 MK a zlepšuje tak funkčnost buněčných membrán a snižuje viskozitu krve (Kasper, 2015).

Vyčerpávající fyzická námaha může vyvolat tvorbu škodlivých metabolitů a právě omega-3 MK zlepšuje reakci organismu na zánět. Nadměrný příjem omega-6 a trans MK, které vznikají při ztužování tuků, zvyšují hladinu cholesterolu v krvi. EPA má účinek při prevenci aseptických zánětlivých onemocnění v důsledku přetížení pohybového aparátu, které mohou vzniknout na podkladě mikrotraumat z přetěžování (Vilikus, 2015).

11. Sportovní doplňky stravy

Při každé pravidelné fyzické aktivitě si tělo klade nároky na vyšší příjem výživných a podpůrných látek. Vrcholový sportovec je vystaven enormnímu fyzickému i psychickému zatížení, kdy je nucen zkonsumovat více potravy než normální zdravý člověk. Získat energii pouze ze stravy je mnohdy složité. Vzhledem k časovému i duševnímu vypětí, jak ze sportu, tak i z dalších faktorů se mohou objevovat potíže se zažíváním. Sportovní strava je v tomhle směru pro tělo lépe stravitelná a vstřebatelná, jelikož je přesně zaměřená na druh aktivity, intenzitu a také energetickou náročnost. Rozdíly ve výživě můžeme pozorovat jak ve vrcholovém sportu, tak i ve výkonnostním a úplně jiným směrem se bude ubírat výživa pro rekreační sportovce. Sportovní výživa pouze doplňuje, v žádném případě nezastupuje dostatečně pestrou stravu. Volba správných potravinových doplňků závisí na druhu sportu, věku, pohlaví, životním stylu a jídelních zvyklostech (Mach, 2012, Konopka, 2004).

11.1. Proteiny

Proteinové přípravky jsou nejvíce užívaným doplňkem u silových i vytrvalostních sportů. Jak už bylo zmíněno výše, především po silovém tréninku je stěžejní doplnit do organismu stavební látky pro reparaci svalových buněk. Nejrychlejší a nejpohodlnější cestou jsou proteinové nápoje. Vyrábějí se v práškové formě, jsou lehce rozpustné ve vodě a cenově přijatelné. V současnosti je na trhu nepřeberné množství rostlinných i živočišných výrobků, je však nutné rozhodovat se na základě složení. Vysoká cena mnohdy neodpovídá kvalitě.

11.1.1. Syrovátkové proteiny

Syrovátkové proteiny (whey proteins) jsou nejčastěji užívaným bílkovinným suplementem. Izolují se z kravského mléka a vyznačují se dobrou stravitelností, sensorickými vlastnostmi a nejvyšším obsahem aminokyselin s rozvětveným řetězcem (Bucci, 2000).

WPC (whey protein concentrate) s vysokou vstřebatelností, obsahem bílkovin 80 %, představuje levnější, ne méně kvalitní alternativu. WPI (whey protein isolate) s obsahem bílkovin kolem 90 %. Uplatňuje se zejména v redukci, vzhledem k menšímu obsahu lipidů a sacharidů. Rychlost vstřebatelnosti se pohybuje mezi 1-2 hodinami. Konzumace obou není vhodná před spánkem (Konopka, 2004).

WPC 80 i WPI jsou bohatým zdrojem aminokyseliny cysteinu, který má antikatabolické účinky. Rovněž stimulují proteosyntézu a nárůst svalové hmoty více než kterékoliv jiné zdroje bílkovin. Nad to syrovátkové proteiny obsahují alfa-laktalbumin, laktoferin a beta-laktoglobulin, které podporují imunitu a zvyšují tak odolnost sportovce (Walzem et al., 2002).

11.1.1.1. CFM proteiny

CMF (cross flow microfiltration) je metoda výroby proteinových koncentrátů pomocí keramických filtrů. Díky tomu obsahuje malé množství mléčného tuku a laktózy. Vyznačuje se hlavně vysokou stravitelností a také minimálním obsahem sodíku. Vhodná je pro atlety s laktózovou intolerancí (Vilikus, 2015).

11.1.1.2. Micelární kasein

Suplementace micelárním kaseinem je doporučována na večer, jelikož se jedná o koloidní roztok s antikatabolickým efektem, ze kterého se aminokyseliny budou uvolňovat postupně. Na druhou stranu kasein nemá dostatečný pozitivní efekt na svalovou sílu (Verdijk et al., 2009).

11.1.1.3. Vliv syrovátkových proteinů na tělesné složení

Výsledky studií ohledně syrovátkových proteinů jasně ukazují pozitivní rozdíly v kompozicích těla silových sportovců. Jedna testovaná skupina vzpěračů konzumovala protein před a po tréninku. Druhá zase přijímala proteinové nápoje ráno a večer. Výsledkem bylo zvýšení svalové hmoty a snížení tělesného tuku. V obou skupinách bylo zaznamenáno zlepšení v síle (maximální opakování v benchpressu). První skupina měla však výraznější nárůst svaloviny, z čehož vyplývá, že správné načasování příjmu bílkovin má vliv na efektivitu proteosyntézy. Suplementace proteinu před a po tréninku zvýší fyzický výkon, svalový objem a sílu a pomáhá urychlit regeneraci (Cribb, 2006). Stejně jako u gainerů, tak i u syrovátkových proteinů je nutné rozmíchání ve vodě, protože mléko výrazně snižuje vstřebatelnost bílkovin (Fořt, 2002).

11.2. BCAA

BCAA (branched chain aminoacids), neboli aminokyseliny s rozvětveným řetězcem, patří spolu se syrovátkovými proteiny k nejvíce užívaným sportovním doplnkům na trhu (Macchiarella et al., 2017). Jsou to esenciální aminokyseliny leucin, izoleucin a valin. BCAA se dobře absorbují z intestinálního traktu, nejlépe v tekuté formě. Nejdůležitější roli hraje leucin, který účinkuje jako

donor dusíku pro produkci alaninu a glutaminu, a jako signální molekula v regulaci proteosyntézy a glykemie, a nad to snižuje degradaci proteinů (Layman, 2004).

BCAA lze zakoupit v poměrech 2:1:1 (Leu:Val:Ile) nebo 4:1:1 s větším obsahem L-leucinu pro jeho antikatabolický účinek, který ale není vyšším poměrem Leu vs. Ile a Val ovlivněn (Garlick, 1988).

Silový sportovec užívá BCAA hlavně před výkonem pro ochranu svaloviny, během tréninku a poté pro urychlení proteosyntézy v dávkování 5-15 g denně. Zlepšení efektu docílíme s vitamínem B₆. Bylo zjištěno, že po 100 mg směs esenciálních aminokyselin na 1 kg tělesné hmotnosti byla výrazně zvýšena syntéza bílkovin ve svalech po prvních hodinách po silovém tréninku (Gibala, 2002).

11.3. Glutamin (Gln)

Je semiesenciální proteogenní aminokyselina, nejhojněji zastoupená v kosterním svalstvu. Hraje nezastupitelnou úlohu v detoxikaci amoniaku a udržování dusíkové rovnováhy. Glutamin je také běžně zastoupen v potravinách bohatých na bílkoviny, jako jsou mléčné výrobky, luštěniny nebo červené maso. Ve stresových situacích jako je hladovění, dlouhé protražované cvičení, svalová únava spojená s proteolýzou, koncentrace glutaminu v plazmě klesá a sportovec je náchylnější k infekčnímu onemocnění (Cruzat et al., 2010).

Pro silové sportovce je vhodný, jelikož zabraňuje poškození svalových buněk, zmírňuje psychickou únavu, zlepšuje nespecifickou imunitní odpověď a podporuje syntézu svalového glykogenu. Doporučené množství je 5 g 2-3krát denně. První dávka se podává a ihned po tréninku, následující dávka za 6 hodin (Antonio, 1999).

11.4. Arginin (Arg)

Arginin je také semiesenciální, avšak nezbytnou pro tělo se stává pouze v období hladovění. Je součástí proteinů, účastní se ornitinového cyklu, dále vzniká při syntéze oxidu dusnatého a podílí se na tvorbě kreatinu. V kulturistice je hojně používán pro lepší prokrvení svalů a zvýšené vyplavování růstového hormonu. Podobně jako glutamin má mírné anabolické účinky (Joyner, 2005).

Arginin také zabraňuje úbytku svalové hmoty. Jeho doporučená denní dávka se pohybuje v rozmezí 2-7 g 2krát denně. Užívá se na lačno s větším množstvím vody a lepší imunitní reakce lze docílit aplikací L-argininu (Hendler, 2001).

11.5. Kreatin

Tato dusíkatá organická látka byla poprvé popsána a objevena v roce 1832 (Bigelow, 2006). Organismus průměrného člověka obsahuje 120 g kreatinu (popřípadě kreatinfosfátu), z toho 95 % je uloženo ve svalech. Denní tvorba kreatinu je 2 g. Polovina tohoto množství je přijímána z potravy a zbytek se tvoří z aminokyselin v ledvinách. Ve stravě jej můžeme získat pouze z masa, tudíž v rostlinách obsažen není, proto jsou hodnoty kreatinu v krvi u vegetariánů nižší (Passwater, 1995).

Úlohou kreatinu v organismu je zásobovat svalové a nervové buňky energií. Kreatin je ve stavu tělesné nečinnosti fosforylován na kreatinfosfát, který je uložen v depozitech. Při nárazové potřebě energie je z CP zpětně tvořeno ATP fosforylací ADP za paralelní spotřeby kreatinfosfátu na kreatin (Vodrážka, 2007).

11.5.1. Kreatin monohydrát

Kreatin monohydrát je nejčastěji užívaná forma kreatinu. Vzhledem k zadržování vody ve svalových buňkách je jeho suplementace doporučována v objemové fázi. Zahajující dávka po dobu 5 dní je 20 g, posléze 5 g jako dávka „udržovací“ (Dempsey et al., 2002). Kreatin může být užíván v kombinaci s pyruvátem pro eliminaci svalových křečí nebo s glutaminem k prevenci úbytku svalstva. Žádné nebezpečné nežádoucí účinky u něj nebyly popsány (Vilikus, 2015).

Podpora kreatinem u vzpěračů pomohla zvýšit maximální izometrický silový výkon. Studie Rawson zkoumala jeho vlivy na zlepšení vzpěračského výkonu. Maximální svalová síla byla po stejném silovém tréninku s kreatinem vyšší o 8 % (20 % oproti 12 % s placebem). Z těchto závěrů vyplývá, že silový trénink s kreatinovou podporou je účinnější než silový trénink bez něj. U nesportovců je efekt kreatinových doplňků mnohem účinnější. O tento fakt se zasloužila studie, která potvrdila, že u netrénovaných osob vzrostla svalová síla po jeho podávání o 31 %, u trénovaných jedinců pouze o 14 % (Rawson, 2003).

11.6. Ketokyseliny

Ornitinketoglutarát (OKG), ketoisokapronát (KIC) a alfa-ketoglutarát (AKG) jsou důležité pro rychlejší odbourání metabolitů z poškozených svalových vláken. Suplementace ketokyselin neprodleně 30 minut po tréninku pomůže zefektivnit detoxikaci dusíkatých látek a také zvýšení poolu aminokyselin pro lepší proteosyntézu. KIC má antikatabolický účinek a potlačuje svalovou únavu. Údajně zvyšuje energetické zásoby ve svalech, snižuje depozita dusíkatých zplodin a šetří glykogen. OKG je v těle přeměněn na aminokyselinu ornitin, která mírně zvyšuje produkci růstového hormonu. AKG je po aminaci zdrojem kyseliny glutamové a glutaminu (Vilikus, 2015, Buckspan et al., 1986).

Ketokyseliny se podávají v dávkách 3-12 g/den (3 g/50 kg tělesné hmotnosti). Nejsou však vhodné pro pacienty trpící cukrovkou, kde by z důvodu zvýšené tvorby laktátu a acetonu hrozil vznik ketoacidózy. U zdravého sportovce se ketolátky za předpokladu stravy obsahující sacharidy nadměrně netvoří a jednoduše se transformují na aminokyseliny (Vilikus, 2015).

11.7. CLA

Konjugovaná kyselina linolová (CLA, conjugated linoleic acid) je stále častěji užívaným suplementem v silových sportech. Je součástí lidského organismu a je řazena k polynenasyceným mastným kyselinám (PUFA). V potravě je přijímaná v červeném mase, mléčných výrobcích a ve slunečnicovém a lněném oleji (Mach, 2012).

Popularita tohoto doplňku roste především pro své ochranné účinky proti bujení rakovinných buněk nebo rozvoji aterosklerózy (Macdonald, 2000). V redukci před závody pomáhá minimalizovat podkožní tuk a potlačovat pocity hladu. CLA lze koupit v tabletové formě po 1000 mg, doporučená dávka je 1-3 g denně (Fořt, 2005).

11.8. HMB

Beta-hydroxy-beta-metylbutyrát (HMB), je derivátem kyseliny máselné a zdrojem leucinu. O jeho existenci víme už z 80. let minulého století, kdy byl využíván jako stimulační prostředek pro růst hospodářských zvířat (Saunderson, 1985).

Tato vysoce antikatabolická substance při intenzivní zátěži blokuje degradaci proteinů, která chrání myocyty před zánikem a zabraňuje stavu přetrénování. Je již známo, že zlepšuje silový výkon, zvyšuje svalovou hmotu a pomáhá odbourávat tělesný tuk (Vilikus, 2015).

Jowko (2001) zjistil výhodu kombinace HMB s kreatinem, která dopomohla k větší silové síle a nárůstu svalové hmoty. Po suplementaci pouze HMB po dobu 3 týdnů se vzpěračský výkon zvýšil o 37 kg, po samotném kreatinu o 39 kg. Po kombinaci obou doplňků dokonce o 52 kg oproti kontrolám (vše $p < 0,001$).

Jeho protektivní účinky byly prokázány při intenzivní sportovní zátěži u silových sportovců i netrénovaných jedinců. Výrazný efekt nastal u začínajících vzpěračů, a taky po dlouhé pauze ve vzpírání. Doporučuje se začít se suplementací 2 týdny před náročnými tréninky v dávce 1-3 g 3krát denně (Vilikus et al., 2017).

12. Minerály a vitaminy

12.1. Vitamin B₆

Zahrnuje skupinu sloučenin (pyridoxin, pyridoxamin, pyridoxal). V těle má funkci koenzymu v asi 50 enzymatických reakcích. Má vliv na funkci nervového systému a tvorbu hemoglobinu. Vyskytuje se v sóji, obilných klíčcích, drůbeži, rybách, vejcích a sportovci oblíbených banánech (Kasper, 2015).

Nedostatek vitamínu B₆ se projevuje jako nervosvalová slabost, dušnost, kožní exantémy a anémie. Nadměrný příjem pyridoxinu je toxický pro CNS, kdy mohou nastat senzorické neuropatie, poruchy stability chůze a necitlivost. V těhotenství způsobuje teratogenitu. Doporučené dávkování se pohybuje v rozmezí 1,5-2 mg (Vilikus, 2015).

12.2. Vitamin B₉

Vitamin B₉ (folát, folacin) je spolu s vitamínem B₁₂ nezbytným pro procesy buněčného dělení a tvorby DNA. Vstřebávání probíhá v tenkém střevě a přebytek se vylučuje močí. Zdrojem jsou játra, kvasnice, celozrnné produkty, maso, mléko, vejce a luštěniny (Kasper, 2015). Denní doporučená dávka pro dospělé je 400µg, pro sportující jedince, zejména silové, až 10mg ob den. Deficit se projevuje jako anémie. Nadměrný příjem kyseliny listové může maskovat nedostatek vitamínu B₁₂ (Švíglerová, 2008).

12.3. Vitamin B₁₂

Vitamin B₁₂ neboli kyanokobalamin hraje důležitou úlohu v krvetvorbě, podílí se na tvorbě nukleových kyselin a je nezbytný pro vývoj CNS v dětském věku. Bohatým zdrojem jsou játra, ledviny, maso teplokrevných živočichů, ryby a žloutek (Zlatohlávek, 2016).

V silových sportech je využíván pro podporu replikace DNA a rozvoj svalové hmoty v objemových fázích. Při nedostatku se projevuje jako nechutenství, makrocytární anémie či porucha psychomotorického vývoje. Doporučovaná suplementace je 1 mg 2krát týdně intramuskulárně (Honzík, 2008, Vilikus, 2015).

12.4. ZMA

ZMA (zinc monomethionine aspartate) je patentovaná směs hořčíku a zinku v chelátové formě a vitamínu B₆. Zinek je jeden z vitálních biogenních prvků, který se účastní přes 300 enzymatických reakcí. Zlepšuje regeneraci svalů po náročném tréninku, zvyšuje hladinu testosteronu a růstového faktoru IGF-1 (Kasper, 2015). Mimo to zmírňuje únavu, má vliv usínání a kvalitu spánku. Pomáhá zlepšovat funkci imunitního systému a zlepšuje tréninkovou koncentraci. Při jeho nedostatku klesá výkonnost (Schmidová, 2008).

Ionty magnézia jsou důležité pro katalytickou činnost, zejména pak ty enzymatické reakce, které syntetizují ATP, účastní se Krebsova cyklu nebo metabolismu nukleových kyselin. Taktéž zlepšuje

průtok koronárními artériemi. Organismus dospělého člověka obsahuje asi 24 g Mg, z toho 60 % je zabudováno v kostře. Nízká hladina hořčíku je spojena s rozvojem astmatu, osteoporózy nebo cukrovky. DDD pro ženy je 320 µg, pro muže pak 420 µg (Brilla et al., 1992).

Pozitivní efekt na zvětšení svalové hmoty při odporovém silovém tréninku po pravidelné konzumaci ZMA je nepotvrzen. Brilla a Conte ve své studii signifikantní nárůst svaloviny nezaznamenali (Brilla et al., 2000). Suplementací se silový výkon nezlepší, avšak jeho nedostatek jej snižuje. Je důležitý pro prevenci křečí (Brilla et al., 1992). Studie, která podpořila stravu sportovců o magnézium v maximálních dávkách po dobu 14 dní, snížila hladinu kortizolu, přičemž se také snížily katabolické reakce během tréninku (Golf, 1984).

13. Pitný režim

Celková tělesná voda (TBW, total body water) tvoří 50-75 % celkové tělesné hmotnosti. Voda dospělého muže o váze 70 kg zaujímá asi 42 l (tj. 60 % tělesné hmotnosti). Více než polovinu tohoto množství najdeme ve svalové tkáni a krvi. Rozdíly jsou dány tělesným složením. Tuk obsahuje 23 % vody, netuková tkáň 75 %. Z toho vyplývá, že lidé s nadváhou se pohybují okolo 40 %, kdežto vrcholoví sportovci dosahují hydratace až k 75 %. Rozdíly v obsahu TBW sledujeme i u pohlaví. Ženy oproti mužům mají podíl vody o 10 % menší, a to díky většímu podílu tělesného tuku (Mourek, 2012).

13.1. Vodní bilance

Denní příjem a výdej tekutin musí být v rovnováze. Obrat vody je průměrně 3 l denně. Voda se ztrácí vylučovací a trávicí soustavou, dále plicním i kožním dýcháním. Spolu s ní odchází z organismu také minerální látky, které regulují distribuci tekutin v organismu (Konopka, 2004). Sportovci s pravidelnou zátěží mají ztráty tělních tekutin mnohem vyšší, proto musí zvýšit i příjem, aby byla vodní bilance vyrovnaná (Vilikus, 2015). Konkrétní příklad bilance tekutin znázorňuje tabulka:

PŘÍJEM (ml)		VÝDEJ (ml)	
nápoje	1600	moč	1400
potrava	1000	stolice	100
metabolická voda	400	pocení	650
		vypařování kůží	530
		dýchání	320
CELKEM	3000	CELKEM	3000

Tabulka 1 Vodní bilance za den, upraveno (Maughan et al., 2006)

13.2. Pitný režim v tréninku

Dodržovat pitný režim během fyzické aktivity je důležité pro předcházení dehydratace, která nastává při ztrátě vody rovné 2 % tělesné hmotnosti. Ztráty tělních tekutin závisí na délce zátěže, intenzitě, oblečení, trénovanosti a na aklimatizaci. Výdej a příjem závisí přímo na teplotě okolí a na druhu sportovní aktivity a době jejího trvání. Odvod vody potem souvisí s adaptací sportovce na tréninkovou zátěž. Trénovaný jedinec se začíná potit dříve a s větší intenzitou. Při větší fyzické aktivitě bude z těla odcházet větší množství vody. Rozdílný pitný režim bude mít běžec na dlouhé tratě a vzpěrač (Maughan et al., 2006). Optimální je doplňovat 100-200 ml tekutin každých 20 minut, ale v silových disciplínách atleti pijí dle pocitu žízně (Clark, 2009).

13.3. Dehydratace

Při nedostatečné hydrataci klesá fyzická výkonnost a zvyšuje se koncentrace metabolitů. Jeden z prvních symptomů dehydratace je bolest hlavy a únava. Při ztrátě tekutin 1-2 % tělesné hmotnosti se zhoršuje výkon a dostavuje se pocit žízně. Třes, suchost v ústech, nauzea, křeče a třes se objevuje při 5 % vodních ztrát. Výkon klesá o 20-30 % (Heidi, 2011). Ve vzpírání, kde se závodí ve váhových kategoriích, je manipulace s tělesnou vodou častým jevem. Sportovci by se však měli vyhýbat alkoholickým a kofeinovým nápojům, které mají dehydratační účinky nebo tuto ztrátu opět nahradit. Výstražným znamením jako jsou závratě, bolesti hlavy a halucinace, které signalizují ztrátu 6-10 % tělesné vody, mohou vést až k oběhovému selhání. Stav hydratace lze jednoduše kontrolovat barvou moče a močením každé 2-3 hodiny (Vilikus, 2015).

13.4. Snižování tělesné hmotnosti před závody

U vzpírání není stěžejní hlídat přesný kalorický příjem. Většina vzpěračů si udržuje tělesnou hmotnost cca 2-3 kg nad hmotnost závodní. V předzávodní přípravě, zhruba měsíc až týden před závody, se v jídelníčku lehce snižuje kalorický příjem na úkor sacharidů a kompletně se vyloučí „rychlé cukry“ i v podobě čerstvého i sušeného ovoce.

Strava se dočasně stává nízkokalorickou, nízkosacharidovou. Výrazná je suplementace chybějících vitamínů, minerálních látek a stopové prvků. Taktéž se snižuje obsah soli ve stravě, preferuje se dieta neslaná a zvyšuje se podíl vlákniny pro pocit sytosti. V jídelníčku je zastoupeno pouze libové maso, nenadýmavá zelenina, ořechy, semínka, rostlinné oleje, neslané sýry, jogurty nebo tvaroh. Před tréninkem, a hlavně po tréninku se v jídelníčku objevuje snížené množství komplexních sacharidů. V praxi se s přibližujícím datem závody eliminuje i mléko a mléčné výrobky pro údajně zadržování vody v organismu.

Stejně jako v kulturistice nebo bojových sportech se i ve vzpírání kalkuluje s obsahem tělesné vody. Závodník se těsně před závody snaží dehydrovat, aby krátkodobě snížil svou tělesnou

hmotnosti a navodil tak efekt falešného hmotnostního úbytku v den startu. Večer před závodem přestává jíst a pít do doby vážení na nášlapné váze. V případě hladu se může zasytit proteinovým nápojem nebo proteinovou tyčinkou. Po zvážení zase začíná pomalu doplňovat tekutiny. Mezi vážením závodníků a začátkem soutěže je obvykle 1-2 h pauza, takže vzpěrač musí zvolit lehce stravitelné a netučné jídlo.

Pokud je nutnost výraznějšího hubnutí, pak závodník před závodním startem začíná tzv. „zavodňovat“. Princip spočívá ve stupňovaném příjmu tekutin za fyziologicky potřebnou mez-cca 7-9 l čisté, neperlivé vody denně, zhruba 5 dní před vážením. 24 hodin před závodem toto množství snižuje o více než 90 % a od odpoledne přestává pít úplně. Adaptační mechanismy ledvin stále vylučují nepotřebnou vodu, ačkoliv dodávka tekutin je výrazně snižena. Jedná se o tzv. psychogenní polydipsii, která rozhodně není zdravou alternativou.

Během hyperhydratace i dehydratace se mohou vyskytnout nežádoucí zdravotní komplikace (malátnost, nevolnost, bolesti břicha aj.). Každý závodník musí tedy zvážit svůj zdravotní stav. Toto drastické snižování váhy může snížit psychický i fyzický výkon. K tomuto způsobu snižování tělesné váhy se stavíme velmi kriticky, protože se jedná o narušení vodní bilance a hrozí iontový rozvrat. Použití diuretik na odvodnění organismu je v rozporu s pravidly a je stíháno jako doping.

Počet dní do startu závodu	Pitný režim (l)
5 dní	7 l
4 dny	8 l
3 dny	9 l
2 dny	10 l
1 den do závodu	0,5 – 1 l; od pozdního odpoledne přestat pít úplně
den závodu do vážení	do vážení max. 100 ml tekutin dle nutnosti (lze vypít i malou kávu pro dehydratační efekt)
po vážení	pomalu začít doplňovat tekutin s ionty Mg, Na, K a Glc

Tabulka 2 Příjem tekutin při redukci tělesné hmotnosti před závody – vzor

Praktická část

14. Cíle práce

1. Analýza tělesné kompozice vzpěračů
2. Analýza energetických potřeb a jejich srovnání s prediktivní rovnicí HBE.
3. Změny tělesné hmotnosti, tělesného složení a hydratace vzpěračů po tréninku a po příjmu potravy.

15. Metodika práce

15.1. Výzkumný soubor

Testovaný vzorek se skládal ze tří žen a čtyř mužů ve věku 23-29 let, kteří jsou aktivními vrcholovými vzpěrači a členy české vzpěračské reprezentace. Účastníci výzkumu byli seznámeni s podrobným popisem samotného měření a svůj souhlas stvrdili podpisem (viz. Formulář o informovaném souhlasu).

15.2. Metody sběru dat

Data a informace pro tuto práci byly získány z neinvazivního měření tělesné hmotnosti a tělesného složení pomocí bioimpedanční techniky In Body 230, dále pak z pozorování sportovců během konání fyzické aktivity. Analýza tělesného složení proběhla na ranním tréninku v rámci objemové přípravy na Mistrovství Evropy 2018.

15.3. Stanovení intervalů pro měření

Definovali jsme tři časové úseky pro tři série měření, kdy očekáváme energetické i hmotnostní rozdíly. První měření proběhlo zhruba 30 minut před tréninkem, kdy jsou atleti odpočatí, v relativním klidu a bez náročnější fyzické aktivity. Předpokládáme, že zásoby jaterního i svalového glykogenu jsou doplněny ze snídaně.

K přeměření jsme zvolili dobu mezi samotným tréninkem (trvajícím 1,5 h) a protažením. Snažili jsme se, aby doba mezi aktivitami nebyla dlouhá. Předpokládáme, že se vzpěrači ještě nacházejí ve vyšším pásmu tepové frekvence, po ztrátě tělních tekutin potem a močí a ve stavu vyčerpání rezerv svalového glykogenu.

Poslední přeměření na váze In Body 230 proběhne po příjmu tekutin a potravy s následným trávením a po tzv. „peaku“ postprandiální termogeneze (cca 90 minut po jídle). Očekáváme mírné zvýšení bazálního metabolismu, totožnou tělesnou hmotnost jako před tréninkem, nebo lehce

zvýšenou z důvodu plnosti břicha. Možnost defekace v intervalu od 2. do 3. měření nebyla brána v potaz. Měření tělesné hmotnosti bylo stanoveno na elektrické nášlapné váze In Body 230 dle pokynů výrobce. Všichni probandi byli informováni o průběhu měření a dotázáni na zdravotní komplikace, které by znemožňovaly analýzu.

15.3.1. Měření č. 1

První ze série měření bioimpedanční technikou proběhlo po individuálním rozcvičení, před zahájením společné tréninkové jednotky. Standardizace podmínek, a sice měření „na lačno“ nebylo možno dodržet z důvodu možného negativního ovlivnění výkonnosti reprezentantů. Varianta změřit vzpěrače před jídlem, poté doplnit energii v potravě a následně trénovat, byla taktéž nepřijatelná, z důvodu krátkého časového intervalu pro trávení. Po uvážení všech těchto okolností jsme se rozhodli analyzovat vzpěrače až po jídle a neznehodnocovat tak jejich trénink. Trénovat na lačno je pro silové sportovce zcela nepřípustné.

Analýza složení těla tedy proběhla cca 1-1,5 h po individuální snídani s obvyklým pitným režimem. Dle snášenlivosti i chuťových preferencí si snídani volí sami vzpěrači. Vyprázdnění močového a trávicího traktu nebylo zohledněno.

Tréninky reprezentantů mají dvojfázový charakter, což znamená, že se jedná o dvě tréninkové jednotky denně (ranní a odpolední fáze). Výjimkou je středa, kdy je na programu pouze jeden trénink. O víkendu mají sportovci volno, ale ve svém vlastním zájmu mohou provozovat fyzickou aktivitu, která by vedla k urychlení regenerace a zlepšení jejich výkonů. Vzhledem k náročnosti dvojfázového trénování jsou dva dny využívány k odpočinku a načerpání sil do nového týdne.

Dopolední fáze tréninku, při které probíhalo měření, znázorňuje tabulka:

Cvik	Počet opakování x série	Intenzita z maximálních vah (%)
Trh do stoje + trh do stoje od stehů	2+2x6	40 %
Trh technický z beden	3x5	75 %
Dřepy s činkou vzadu	5x6	70 %
Výrazové tlaky	4x3	65 %

Tabulka 2 Trénink zkoumaných subjektů během měření.

15.3.2. Měření č. 2

Měření proběhlo ihned po skončení fyzické aktivity s tolerancí 5 minut. Předpokládáme, že dojde ke snížení množství tělesného tuku, mírnému zvýšení minimální kalorické potřeby (BMR) a částečnému snížení svalových zásob z důvodu úbytku svalového glykogenu.

15.3.3. Měření č. 3

Opětovné měření na In Body se uskutečnilo cca 1,5-2 h po vydatném obědu. Časový odstup koresponduje s dobou po snídani, aby doba trávení trvala přibližně stejně dlouho jako po snídani. Výběr jídla byl individuální, avšak ve všech případech se jednalo o kombinaci masa s přílohou (rýže, brambory) a zeleninou.

16. Výsledky

16.1. Rozdíly v energetické potřebě

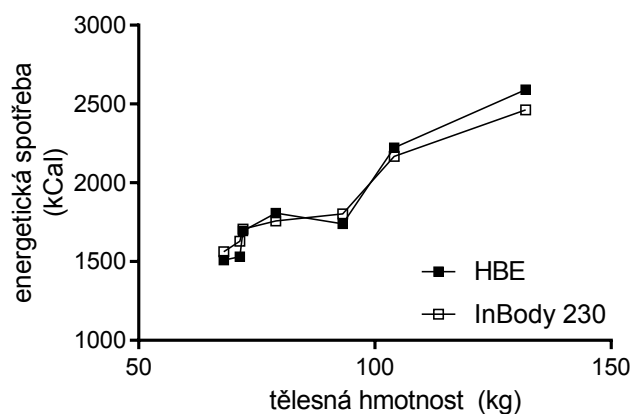
Dle rovnice Harrise-Benedicta jsme vypočítali bazální energetickou potřebu všech sedmi testovaných subjektů z aktuálních parametrů (výška a tělesná hmotnost), kterou jsme pak dále porovnali s hodnotami BMR, které každému jednotlivě vyhodnotila bioelektrická impedance. Změna v měření byla vypočítána jako rozdíl hodnot In Body 230 a hodnot HBE (rovnice Harrise-Benedicta). Výsledky byly zaokrouhleny na celá čísla.

Proband č.	Pohlaví	Věk (roky)	Výška (cm)	Váhová závodní kategorie
1	Ž	23	168	do 69 kg
2	Ž	24	165	do 69 kg
3	Ž	28	175	nad 90 kg
4	M	28	165	do 69 kg
5	M	23	162	do 77 kg
6	M	26	180	do 105 kg
7	M	29	181	nad 105 kg

Tabulka 4 Charakteristika zkoumaných subjektů.

Proband č.	Měření	Těl. hmotnost (kg)	HBE (kcal/kJ)	In Body 230 (kcal/kJ)	ZMĚNA (kcal/kJ)
1	1	68,0	1509/6317	1563/6565	54/227
	2	67,4	1503/6929	1571/6598	68/286
	3	68,1	1510/6321	1584/6653	74/311
2	1	71,4	1531/6410	1629/6842	98/412
	2	71,2	1529/6402	1630/6846	101/424
	3	70,9	1526/6350	1636/6871	110/462
3	1	93,2	1739/7282	1802/7568	63/265
	2	92,8	1735/7266	1779/7472	44/185
	3	93,1	1738/7278	1796/7543	58/244
4	1	72,1	1694/7094	1706/7165	12/50
	2	72,4	1698/7112	1716/7207	18/76
	3	72,4	1698/7112	1687/7085	-11/-46
5	1	79,0	1808/7570	1758/7384	-50/-210
	2	78,0	1794/7513	1753/7363	-41/-172
	3	78,8	1805/7559	1774/7451	-31/130
6	1	104,1	2223/9308	2167/9101	-56/-235
	2	103,6	2216/9279	2168/9106	-48/-202
	3	104,6	2230/9336	2153/9043	-77/-323
7	1	131,9	2590/1084	2432/10214	-158/-664
	2	130,7	2574/10775	2458/10324	-116/-487
	3	131,1	2579/10798	2497/10487	-82/-344

Tabulka 5 Rozdíly v energetické potřebě zkoumaných subjektů (měření č. 1 – před tréninkem, měření č. 2 – po tréninku, měření č. 3 – po jídle (cca 1,5-2 h).



Graf 1 Závislost přesnosti predikce pomocí HBE rovnice na tělesné hmotnosti. Plné body: predikce pomocí HBE rovnice, prázdné body: měření In Body 230

16.2. BMI

Výsledné hodnoty BMI byly vyhodnoceny na základě zadaných parametrů (tělesná výška a věk probandů) a změřené tělesné hmotnosti, pomocí přístroje In Body 230, který nám také poskytl orientační index tělesné hmotnosti.

Proband č.	Tělesná hmotnost (kg)	Optimální kalorická potřeba (kcal/kJ/kg/den)	Bazální energetický výdej na den (kcal/kJ)	BMI
1	68,0	23/96,6	1564/6569	25,6
2	71,4	23/96,6	1642/6896	26,2
3	93,2	21/88,2	1957/8219	30,4
4	72,1	23/96,6	1658/6965	26,5
5	79,0	25/105	1975/8295	30,1
6	104,1	23/98	2394/10056	32,1
7	131,9	23/98	3034/12741	40,3

Tabulka 6 BMR měřených subjektů dle obecného předpokladu 25-30 kcal/kg/den (teoretické hodnoty) a zjištěné hodnoty BMI jednotlivých probandů.

16.3. Změny v hydrataci

Další z parametrů, které vyhodnocuje BIA technika je stav celkový stav tělesných tekutin neboli TBW index. Vzpěrači popijeli frekventovaně po malých douškách čistou neperlivou vodu (s rozpuštěnými BCAA) dle pocitu žízně.

Celková tělesná voda (TBW)						
Proband	Tekutiny během tréninku (l)	Měření č. 1 (kg)	Měření č. 2 (kg)	ZMĚNA (kg)	Měření č. 3 (kg)	ZMĚNA č. 2 (kg)
1	1,1	40,4	40,8	0,4	41,1	0,3
2	0,9	42,8	42,9	0,1	43,0	0,1
3	0,6	48,4	47,7	-0,7	48,3	0,6
4	1,2	45,3	45,7	0,4	44,7	-1,0
5	0,5	47,2	47,1	-0,1	47,8	0,7
6	2,0	60,8	61,0	0,2	60,4	-0,6
7	2,5	70,0	71,1	1,7	72,3	0,6
PRŮMĚR ± SD		50,7 ± 10,7	51,0 ± 11,2	0,3 ± 0,7	51,1 ± 11,3	0,1 ± 0,7

Tabulka 7 Změny v hydrataci zkoumaných subjektů během tréninku. SD = standardní odchylka.

Během tréninku se vzpěrači výrazně potili. Tato ztráta by měla být kompenzovaná hypotonickými nápoji, jelikož je pot taktéž roztokem hypotonickým. Následující tabulka popisuje hmotnost tělesné vody za stavu, kdyby nedocházelo k jejím ztrátám.

Proband	Tekutiny během tréninku (l)	Měření č. 1 (kg)	Očekávaná hydratace (Měření č. 1 + tekutiny)	Měření č. 2 (kg)	OČEKÁVANÁ ZMĚNA (kg)	SKUTEČNÁ ZMĚNA (kg)
1	1,1	40,4	41,5	40,8	-0,7	0,4
2	0,9	42,8	43,7	42,9	-0,8	0,1
3	0,6	48,4	49	47,7	-1,3	-0,7
4	1,2	45,3	46,5	45,7	-0,8	0,4
5	0,5	47,2	47,7	47,1	-0,6	-0,1
6	2,0	60,8	62,8	61,0	-1,8	0,2
7	2,5	70,0	72,5	71,1	-1,4	1,7
PRŮMĚR ± SD		50,7 ± 10,7	52,0 ± 11,4	51,0 ± 11,2	-1,1 ± 0,4	0,3 ± 0,7

Tabulka 8 Očekávané a skutečné změny v hydrataci zkoumaných subjektů. SD = standardní odchylka.

Pozn. OČEKÁVANÁ ZMĚNA = rozdíl očekávané hydratace a měření č. 2

SKUTEČNÁ ZMĚNA = rozdíl měření č. 1 a měření č. 2

16.4. Svalová tkáň

Svalová tkáň (kg)					
Proband	Měření č. 1	Měření č. 2	ZMĚNA č. 1	Měření č. 3	ZMĚNA č. 2
1	31,4	31,5	0,1	31,9	0,4
2	33,4	33,3	-0,1	33,6	0,3
3	37,8	37,1	-0,7	37,6	0,5
4	35,7	35,8	0,1	35,0	-0,8
5	37,3	37,1	-0,2	38,0	0,9
6	48,6	48,4	-0,2	48,1	-0,3
7	56,2	56,8	0,6	58,0	1,2
PRŮMĚR ± SD	40,1 ± 9,0	40,0 ± 9,2	-0,1 ± 0,4	40,3 ± 9,4	0,3 ± 0,7

Tabulka 9 Hmotnost svalové tkáně zkoumaných subjektů. SD = standardní odchylka.

16.5. Hmotnost a procento tělesného tuku

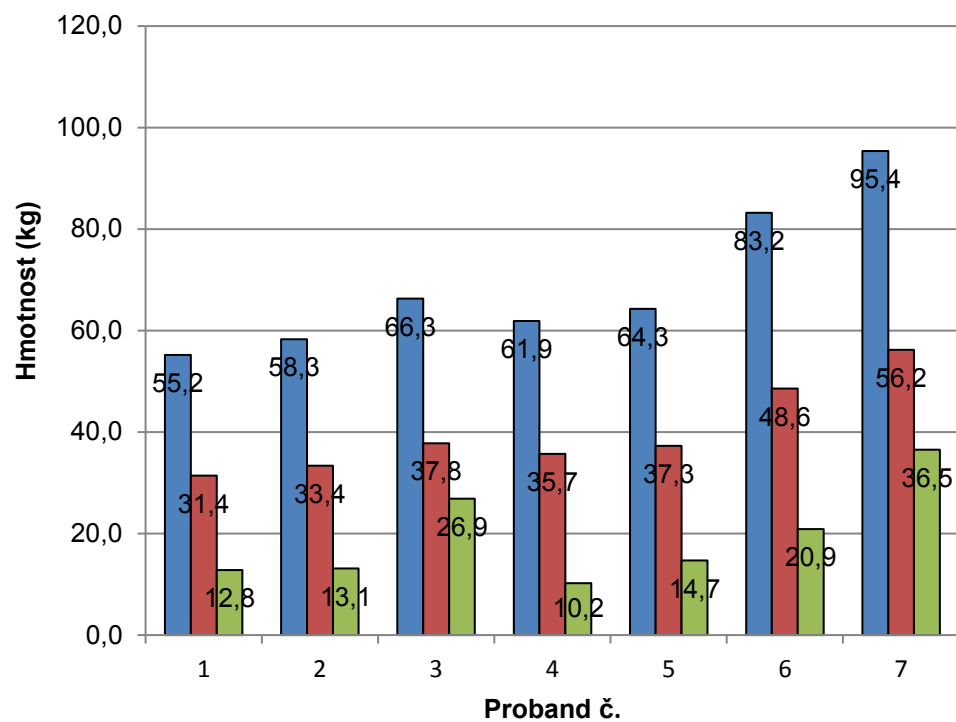
Tuková tkáň [kg] (Index tělesného tuku [%])					
Proband	Měření č. 1	Měření č. 2	ZMĚNA č. 1	Měření č. 3	ZMĚNA č. 2
1	12,8 (18,8)	11,8 (17,5)	-1,0 (-1,3)	11,9 (17,4)	0,1 (-0,1)
2	13,1 (18,3)	12,9 (18,1)	-0,2 (-0,2)	12,3 (17,3)	-0,6 (0,8)
3	26,9 (28,9)	27,6 (29,7)	0,7 (0,8)	27,1 (29,1)	-0,5 (-0,6)
4	10,2 (14,2)	10,1 (13,9)	-0,1 (-0,3)	11,4 (15,8)	1,3 (1,9)
5	14,7 (18,6)	14,0 (17,9)	-0,7 (-0,7)	13,8 (17,5)	-0,2 (-0,4)
6	20,9 (20,1)	20,4 (19,6)	-0,5 (-0,5)	22,1 (21,1)	1,7 (1,5)
7	36,5 (27,6)	34,0 (26)	-2,5 (-1,6)	32,6 (24,9)	-1,4 (-1,1)
PRŮMĚR ± SD	19,3 ± 9,5	18,7 ± 9,1	-0,6 ± 1	18,7 ± 8,6	0,1 ± 1,1

Tabulka 10 Hmotnost a procentuální zastoupení tukové tkáně zkoumaných subjektů.

16.6. Čistá hmotnost (FFM)

Čistá hmotnost (FFM [%])					
Proband	Měření č.1	Měření č. 2	ZMĚNA č. 1	Měření č. 3	ZMĚNA č. 2
1	55,2	55,6	0,4	56,2	0,6
2	58,3	58,3	0	58,6	0,3
3	66,3	65,2	-1,1	66,0	0,8
4	61,9	62,3	0,4	61,0	-1,3
5	64,3	64,0	-0,3	65,0	1,0
6	83,2	83,2	0	82,5	-0,7
7	95,4	96,7	1,3	98,5	1,8
PRŮMĚR ± SD	69,2 ± 14,6	69,3 ± 15,0	0,1 ± 0,7	69,7 ± 15,3	0,4 ± 1,1

Tabulka 11 Čistá hmotnost (FFM) zkoumaných subjektů.



Graf 2 Dvoukomponentový model tělesného složení zkoumaných subjektů. POZN. modrá: FFM (čistá hmotnost), červená: svalová tkáň, zelená: tuková tkáň.

17. Diskuze

Vzhledem k nízkému počtu respondentů (v důsledku specifického kritéria výběru výzkumné skupiny (vrcholoví vzpěrači v ČR), odlišnému stravování, dále pak nedodržení standardních podmínek a neúplnosti a nepřesnosti získaných dat jsme si vědomi extrémních odchylek a nemožnosti zobecnit tělesné složení vzpěračů.

17.1. BMR

In Body 230 je přímé měření tělesného složení a energetických potřeb individuálního jedince, kdy se kalkuluje se skutečným (naměřeným) množstvím tělesného tuku a svalstva. V porovnání s výsledky prediktivní rovnice HBE u všech žen a mužů nižších váhových kategorií (do 69 kg a do 77 kg) zaznamenáváme podhodnocení bazálních energetických potřeb. Naopak u vzpěračů ve vyšších hmotnostních kategoriích (do 105 kg, nad 105 kg) HBE bazální energetické potřeby výrazně nadhodnocuje. Nejnižší rozdíl mezi rovnicí HBE a výsledky In Body 230 sledujeme u probanda č. 4 (váhová kategorie do 69 kg). Při použití obecného kalorického předpokladu 25-30 kcal/kg den jsou výsledné hodnoty bazálního energetického výdeje značně rozdílné. Ve všech případech se jedná o nadhodnocení skutečného příjmu.

Bazální metabolismus testovaných subjektů nabývá v důsledku velkého objemu svalové hmoty vyšších hodnot, průměrně 1865 kcal za den. Siloví sportovci si proto mohou dovolit vysokokalorická jídla a striktní dodržování jídelníčku u nich není žádoucí. Během vzpírání totiž spálí velké množství energie. Dodávka správného poměru makroživin však v dlouhodobém horizontu výrazně ovlivní tělesné složení, výkonnost i duševní pohodu.

17.2. Hydratace

Z výsledků je zřejmé, že by po druhém měření byl u většiny probandů zaznamenán úbytek. Průměrný příjem vypitých tekutin všech dohromady tvořil 1,25 l. Očekávané ztráty pocením by se v průměru rovnaly 1 litru. Ačkoliv se všichni vzpěrači během tréninku výrazně potili, v porovnání s prvotním měřením je jejich ukazatel TBW po následném přeměření průměrně o 300 ml vyšší. Opakovaná analýza po jídle průměrně zvyšuje stav TBW o dalších 100 ml. Tento fakt si vysvětlujeme jako navázání molekul vody na opětovně doplněný glykogen a taktéž jako vznik vody metabolické během procesů trávení potravy.

Probandi č. 1, 2, 4, 6, 7 v měření po tréninku vykazují pozitivní vodní bilanci než při počátečním měření. Znamená to tedy, že příjem vody převažoval nad výdejem. Na druhou stranu probandi č. 3 a č. 5 buď nepili dostatečně nebo se výrazněji potili.

Průměrný podíl tělesné vody při průměrné tělesné hmotnosti 88,2 kg subjektů v rámci všech měření činí 50,9 kg. Jestliže pro obecný předpoklad, že 70 kg jedinec zaujímá 42 l vody v těle, pak při zprůměrované hmotnosti všech vzpěračů, tj. 88,2 kg je hmotnost 50,9 kg vody lehce nedostatečná. Jako optimum při této hmotnosti by se považovalo 53 kg vody v organismu. Bohužel, tyto předpoklady nelze zobecnit. Hydratace, pitný režim i odvádění tepla jsou u sportovců individuálně odlišné.

Pro podrobnější a přesnější zkoumání stavu hydratace by bylo vhodné se příště zaměřit na tekutiny vyloučené během fyzické aktivity: změřit vyloučenou moč, popřípadě porovnat hmotnostní rozdíly suchého a propoceneného oblečení a odhadovat tak množství vody odvedené potem.

17.3. BMI

Index tělesné hmotnosti jedle našeho očekávání u vzpěračů vyšší, než je optimum pro neaktivní populaci (18,5-24,9). Průměrná hodnota BMI všech vzpěračů je 30,2 kg/m². Probandi č. 1, č. 2, č. 4, mají dle BMI indexu nadváhu. U probanda č. 3, č. 5 a č. 6 se jedná o obezitu I. stupně. Proband č. 7- vzpěrač v nejtěžší závodní váhové kategorii – má podle BMI dokonce obezitu II. stupně. Index BMI je tudíž nerelevantní.

17.4. Tělesné složení

Probandů č. 1 a č. 2 je tělesné složení zcela v normě, nevyplývají pro ně žádná zdravotní rizika. U probanda č. 3 by z důvodu většího množství tělesného tuku byla vhodná redukce hmotnosti a zkvalitnění svalových zásob. Vzhledem k tomu, že závodnice startuje v nejvyšší váhové kategorii žen, kde je nízká konkurence, je redukce hmotnosti spíše otázkou zdraví.

Probandi č. 4 a č. 5 nepotřebují žádnou výraznější úpravu tělesné hmotnosti, nízké procento tuku a nadprůměrné osvalení jsou indikátorem ideální postavy silového sportovce. Proband č. 6 si svou hmotnost udržuje v rozmezí své váhové kategorie a stravu před závody upravovat nemusí. U probanda č. 7 je rizikovým faktorem velké množství viscerálního tuku a s ním i abdominální obezita, která zvyšuje rizikovost onemocnění kardiovaskulárního systému. Vzhledem k tomu, že vzpěrač závodí v tzv. super těžké kategorii (nad 105 kg), tělesná hmotnost není v předzávodní přípravě středem zájmu. Nižší tělesná hmotnost a stejná výkonnost by vzpěrači zaručily lepší sinclairové body. Otázkou zůstává, jestli by při hubnutí neztratil i svalovou sílu.

17.5. Svalová tkáň

Nadprůměrné svalstvo na všech částech těla je důsledkem praktikování anaerobního a odporového tréninku. Nadprůměrnou svalovinu nacházíme na dolních končetinách a hýždích, které jsou při vzpírání zatěžovány nejvíce. Průměrná hmotnost svalové tkáně se pohybovala kolem 40 kg.

17.6. Tuková tkáň

Průměrné zastoupení tukové tkáně všech vzpěračů se blíží k 21 %. U tří vzpěraček je to potom 22 %, mužská část testovaných měla lehce přes 20 % tělesného tuku. Nejnižší podíl tuku, tj. 14,2 % byl naměřen u probanda č. 4 (kategorie do 69 kg) a nejvyšší u probanda č. 3, u vzpěračky závodící v nejvyšší váhové kategorii nad 90 kg. V celkovém průměru jsou to normální fyziologické hodnoty nepředstavující žádná vážnější rizika, avšak u konkrétních osob – probandů č. 3 a 7 – by byla vhodná redukce tuku.

Zde můžeme poukázat na nerelevantnost výsledků bioimpedančního přístroje. Výrazné změny v tukovém podílu rozhodně nejsou skutečné. I sebevětší fyzická aktivita by za jeden trénink nezpůsobila ztrátu 2,5 kg tuku, jako můžeme sledovat u probanda č. 7 po druhém měření.

18. Závěr

Tělesné složení silových sportovců je typické nadprůměrnou svalovou hmotou a středním, ba i vysokým procentem tělesného tuku, který vzpěrače ve výkonu nijak neomezuje. Index tělesné hmotnosti BMI je pro nerozlišení tělesných komponentů u sportovců nepoužitelný. Výsledky prediktivní rovnice Harrise-Benedicta u nižších váhových kategorií podhodnocují bazální kalorickou potřebu. Naopak u těžších jedinců sledujeme nadhodnocení energetického minima. Přesnost výsledků elektrické bioimpedance není věrohodná bez dodržení standardizovaných podmínek. Změna tělesné hmotnosti signalizuje úbytek svalového glykogenu a ztráty vody na něj navázané, a také ztrátu vody pocením.

V realizačním týmu české reprezentace chybí zastoupení nutričního terapeuta či sportovního dietologa pro konzultaci stravování pro zkvalitnění objemové fáze a úspěšné redukce tělesné hmotnosti. V současné době si informace ohledně sportovní výživy musí atleti dohledávat sami.

Seznam použitých zkratek

- AA – aminokyselina (Amino Acid)
ADP – adenosindifosfát
AKG – alfa-ketoglutarát
ALA – kyselina alfa-linolenová (Alpha-Linolenic Acid)
Arg – arginin
ATP – adenosin trifosfát
ATP-CP – adenosin trifosfát-kreatin fosfátový systém
BCAA – větvené aminokyseliny (Branched Chain Amino Acids)
BCM – buněčná tělesná hmota (Body Cell Mass)
BEE – bazální metabolický výdej (Basal Energy Expenditure)
BFMI – Body Fat Mass Index
BIA – bioelektrická impedance (Bioelectrical Impedance Analysis)
BM – tělesná hmota (Body Mass)
BMC – Bone Mineral Content
BMD – Bone Mineral Density
BMI – index tělesné hmotnosti (Body Mass Index)
BMR – bazální metabolický výdej (Basal Metabolic Rate)
CFM – Cross Flow Microfiltration
CLA – konjugovaná kyselina linolová (Conjugated Linoleic Acid)
CNS – centrální nervová soustava
CT – počítačová tomografie (Computer Tomography)
DDD – doporučené denní dávkování
DEXA – duální rentgenová absorpciometrie (Dual Energy X-ray Absorptiometry)
DHA – kyselina dokosaheptaenová (Docosahexaenoic Acid)
DNA – kyselina deoxyribonukleová (Deoxyribonucleic Acid)
ECM – mimobuněčná hmota (Extra Cellular Mass)
EE – energetický výdej (Energy expenditure)
EPA – kyselina eikosapentaenová (Eicosapentaenoic Acid)
FAD – flavinadenin dinukleotid (Flavin Adenine Dinucleotide)
FFM – tukuprostá hmota (Fat-Free Mass)
FFMI – Fat-Free Mass Index
FM – tuková hmota (Fat Mass)
Glc – glukóza
Gln – glutamin
HBE – rovnice HARRISE-BENEDICTA (HARRIS-BENEDICT EQUATION)

HBM – hydroxy methyl butyrát
IWF – Mezinárodní vzpěračská federace (International Weightlifting Federation)
KIC – ketoisokapronát
MK – mastná kyselina
NAD – nikotinamid adenindinukleotid
NIRI – infračervená interaktance (Near Infrared Interactance)
OKG – ornitinketoglutarát
PUFA – polynenasycené mastné kyseliny (Polyunsaturated FattyAcids)
REE – klidový energetický výdej (Resting Energy Expenditure)
TBW – celková tělesná voda (Total Body Water)
T-skóre – parametr k hodnocení kostní denzity
VO₂ – spotřeba kyslíku
WHO – Světová zdravotnická organizace (World Health Organization)
WHR – poměr pas/ bok (Waist/ Hip Ration)
WPC 80 – syrovátkový koncentrát s obsahem bílkovin 80 % (Whey Protein Concentrate)
WPI – syrovátkový izolát (Whey Protein Isolate)
ZMA – směs hořčíku a zinku v chelátové formě (Zinc Monomethionine Aspartate)

Seznam obrázků

Obrázek 1 Kategorizace BMI.....	8
Obrázek 2 Energetické substráty při zátěži.....	12
Obrázek 3 Trh soupažný.....	14
Obrázek 4 Nadhoz soupažný.....	15
Obrázek 5 Rozdělení potravin dle glykemického indexu.....	21

Seznam tabulek

Tabulka 1 Vodní bilance lidského organismu za den.....	30
Tabulka 2 Příjem tekutin při redukci tělesné hmotnosti před závody – vzor.....	32
Tabulka 3 Trénink zkoumaných subjektů během měření.....	33
Tabulka 4 Charakteristika zkoumaných subjektů.....	34
Tabulka 5 Rozdíly v energetické potřebě jednotlivých subjektů.....	35
Tabulka 6 BMR měřených subjektů dle obecného předpokladu 25-30 kcal/kg/den (teoretické hodnoty) a zjištěné hodnoty BMI jednotlivých probandů.....	36
Tabulka 7 Změny v hydrataci zkoumaných subjektů během tréninku.....	36
Tabulka 8 Očekávané a skutečné změny v hydrataci zkoumaných subjektů.....	37
Tabulka 9 Hmotnost svalové tkáně zkoumaných subjektů.....	37
Tabulka 10 Hmotnost a procentuální zastoupení tukové tkáně zkoumaných subjektů.....	38
Tabulka 11 Čistá hmotnost (FFM) zkoumaných subjektů.....	38

Seznam grafů

Graf 1 Závislost přesnosti predikce pomocí HBE rovnice na tělesné hmotnosti.....	36
Graf 2 Dvoukomponentový model tělesného složení zkoumaných subjektů.....	40

Seznam použité literatury

- ANTONIO, Jose; STREET, Chris. Glutamine: a potentially useful supplement for athletes. *Canadian Journal of Applied Physiology*, 1999, 24.1: 1-14.
- BANGSBO, Jens; MOHR, Magni; KRUSTRUP, Peter. Physical and metabolic demands of training and match-play in the elite football player. *Journal of sports sciences*, 2006, 24.07: 665-674.
- BIGELOW, Barbara C.; EDGAR, Kathleen J. *The UXL Encyclopedia of Drugs & Addictive Substances*. UXL, 2006.
- BOUCHARD, C. Introductory notes on the topic of fat distribution. *Current topics in nutrition and disease (USA)*, 1988.
- BRILLA, L. R.; CONTE, Victor. Effects of a novel zinc-magnesium formulation on hormones and strength. *J Exerc Physiol Online*, 2000, 3.4: 26-36.
- BRILLA, Lorraine R.; HALEY, Timothy F. Effect of magnesium supplementation on strength training in humans. *Journal of the American College of Nutrition*, 1992, 11.3: 326-329.
- BROWN, Lee E.; FERRIGNO, Vance A.; SANTANA, Juan Carlos. Training for Speed. *Agility, and Quickness, Champaign, IL: Human Kinetics*, 2005.
- BUCCI, L.; UNLU, Lisa. Proteins and amino acid supplements in exercise and sport. *Energy-yielding macronutrients and energy metabolism in sports nutrition*, 2000, 191-212.
- BUCKSPAN, Randy et al. Alpha-Ketoisocaproate is superior to leucine in sparing glucose utilization in humans. *American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism*, 1986, 251.6: E648-E653.
- BURKE, Louise M., John A. HAWLEY, Stephen H. S. WONG a Asker E. JEUKENDRUP. Carbohydrates for training and competition. *JOURNAL OF SPORTS SCIENCES* [online]. 2011, 29, S17 [cit. 2017-12-13]. ISSN 02640414.
- BURKE, Louise M.; KIENS, Bente; IVY, John L. Carbohydrates and fat for training and recovery. *Journal of sports sciences*, 2004, 22.1: 15-30.
- CLARK, Nancy. *Sportovní výživa. 1. vyd. Praha: Grada, 2009, 352 s. ISBN 978-80-247-2783-7.*
- CRIBB, Paul J.; HAYES, Alan. Effects of supplement-timing and resistance exercise on skeletal muscle hypertrophy. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 2006, 38.11: 1918-1925.

CRUZAT, Vinicius Fernandes; ROGERO, Marcelo Macedo; TIRAPEGUI, Julio. Effects of supplementation with free glutamine and the dipeptide alanyl-glutamine on parameters of muscle damage and inflammation in rats submitted to prolonged exercise. *Cell biochemistry and function*, 2010, 28.1: 24-30.

DEMPSEY, Rania L.; MAZZONE, Michael R.; MEUER, Linda N. Does oral creatine supplementation improve strength? A meta-analysis. *Journal of family practice*, 2002, 51.11: 945-952.

FOŘT, P. – Zdraví a potravní doplňky, Praha: Ikar, 2005, první vydání, 400 s, ISBN 80-249-0612-0

FOŘT, P. *Sport a správná výživa. 1. vyd. Praha: Euromedia Group, 2002. 352 s. ISBN 80-249-0124-2.*

FOSTER-POWELL, Kaye; MILLER, J. Brand. International tables of glyceimic index. *The American journal of clinical nutrition*, 1995, 62.4: 871 S-890 S.

FRANKENFIELD, David; ROTH-YOUSEY, Lori; COMPHER, Charlene. Comparison of predictive equations for resting metabolic rate in healthy nonobese and obese adults: a systematic review. *Journal of the American Dietetic Association*, 2005, 105.5: 775-789.

GARLICK, Peter J.; GRANT, Ian. Amino acid infusion increases the sensitivity of muscle protein synthesis in vivo to insulin. Effect of branched-chain amino acids. *Biochemical journal*, 1988, 254.2: 579.

GATER, David R. Obesity after spinal cord injury. *Physical Medicine and Rehabilitation Clinics*, 2007, 18.2: 333-351. Jandová D. Balneologie. 1. vydání. Praha: Grada, 2009. 424 s. ISBN 978-80-247-2820-9.

GIBALA, Martin. Dietary protein, amino acid supplements, and recovery from exercise. *Sports Science Exchange*, 2002, 15.4: 1-4.

GRASGRUBER, Pavel; CACEK, Jan. *Sportovní geny*. Computer press, 2008.

HEIDI, Skolnik; ANDREA, Chernus. *Výživa pro maximální sportovní výkon: správně načasovaný jídelníček*. Grada Publishing as, 2011.

HEYWARD, Vivian H., et al. *Applied body composition assessment*. Human Kinetics, 2004.

HOLEČEK, Milan. Regulace metabolismu cukrů, tuků, bílkovin a aminokyselin. 1. vyd. Praha: Grada, 2006, 286 s. ISBN 80-247-1562-7.

HONZÍK, T., et al. Nutriční deficit vitamínu B12 u kojených dětí. *Postgraduální medicína*, 2008, 5.

CHAMBERS, E. S.; BRIDGE, M. W.; JONES, D. A. Carbohydrate sensing in the human mouth: effects on exercise performance and brain activity. *The Journal of physiology*, 2009, 587.8: 1779-1794.

CHUMLEA, W. M., et al. Bioelectrical impedance and body composition: present status and future directions. *Nutrition Reviews*, 1994, 52.4: 123-131.

JANDOVÁ, Dobroslava. *Balneologie. 1. vyd. Praha: Grada, 2009, 404 s. ISBN 978-80-247-2820-9.*

JÓWKO, Ewa, et al. Creatine and β -hydroxy- β -methylbutyrate (HMB) additively increase lean body mass and muscle strength during a weight-training program. *Nutrition*, 2001, 17.7: 558-566.

JOYNER, Michael J. Glutamine and arginine: immunonutrients and metabolic modulators? *Exercise and sport sciences reviews*, 2005, 33.3: 105-106.

KASPER, Heinrich. *Výživa v medicíně a dietetika. 1. české vyd. Praha: Grada, 2015. ISBN 978-80-247-4533-6.*

KITTNAR, Otomar, et al. *Lékařská fyziologie. 1. vyd. Praha: Grada, 2011, 790 s. ISBN 978-802-4730-684.*

KONOPKA, P. Sportovní výživa, České Budějovice: Kopp, 2004, první české vydání, 124s. ISBN 80-7232-228-1.

KUNEŠOVÁ, Marie, et al. *Obezita. Všeobecná zdravotní pojišťovna České republiky*, 1999.

LAYMAN, Donald K.; BAUM, Jamie I. Dietary protein impact on glycemic control during weight loss. *The Journal of nutrition*, 2004, 134.4: 968 S-973 S.

LEHNERT, Michal. *Trénink kondice ve sportu*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2010. ISBN isbn:978-80-244-2614-3.

LITTLE, Thomas; WILLIAMS, Alun. *Specificity of acceleration, maximum speed and agility in professional soccer players*. 2003.

MACDONALD, Helen B. Conjugated linoleic acid and disease prevention: a review of current knowledge. *Journal of the American College of Nutrition*, 2000, 19.sup2: 111S-118S.

- MACCHIARELLA, ALESSANDRA, et al. Nutritional supplement habits: the survey on a Sicilian group. *Trends in Sport Sciences*, 2017, 24.3: 123-127. [cit. 2017-12-21]. ISSN 22999590.
- MACH, Ivan. Doplňky stravy: jaké si vybrat při sportu i v každodenním životě. Praha: Grada, 2012. Fitness, síla, kondice. ISBN 978-80-247-4353-0.
- MATOUŠ, Bohuslav. *Základy lékařské chemie a biochemie. 1. vyd. Praha: Galén, 2010, 540 s.* ISBN 978-80-7262-702-8.
- MAUGHAN, Ron J.; BURKE, Louise. *Výživa ve sportu, Příručka pro sportovní medicínu. 1. české vyd. Praha: Galén, 2006, 312 s.* ISBN 80-7262-318-4.
- MOUREK, Jindřich. *Fyziologie: učebnice pro studenty zdravotnických oborů. 2., dopl. vyd. Praha: Grada, 2012, 222 s. Sestra (Grada).* ISBN 978-802-4739-182.
- NAVRÁTIL, Leoš, et al. *Medicínská biofyzika. 1. vyd. Praha: Grada, 2005.* ISBN 80-247-1152-4.
- PAŘÍZKOVÁ, Jana. Složení těla, metody měření a využití ve výzkumu a lékařské praxi. *Med. Sport. Boh. Slov*, 1998, 7.1: 1-6.
- PAŘÍZKOVÁ, Jana. *Rozvoj aktivní hmoty a tuku u dětí a mládeže.* SZdN, 1962.
- PASSWATER, Richard A. *Creatine.* McGraw-Hill Companies, 1995.
- PASTUCHA, Dalibor. *Tělovýchovné lékařství: vybrané kapitoly. 1. vyd. Praha: Grada, 2014, 288 s., 2 s. obr. příl.* ISBN 978-80-247-4837-5.
- PERIČ, Tomáš; DOVALIL, Josef. *Sportovní trénink. 1. vyd. Praha: Grada, 2010. 160 s.* ISBN 978-80-247-2118-7.
- PERÚTKA, Jaromír; KOMENSKÉHO, Univerzita. *Dejiny telesnej výchovy a športu na Slovensku: Dokt. diz. práca.* Šport, 1980.
- PHILP, Andrew; BURKE, Louise M.; BAAR, Keith. Altering endogenous carbohydrate availability to support training adaptations. In: *Sports Nutrition: More Than Just Calories-Triggers for Adaptation.* Karger Publishers, 2011. p. 19-38.
- POIRIER, Paul; DESPRÉS, Jean-Pierre. Exercise in weight management of obesity. *Cardiology clinics*, 2001, 19.3: 459-470.
- RAWSON, Eric S.; VOLEK, Jeff S. Effects of creatine supplementation and resistance training on muscle strength and weightlifting performance. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 2003, 17.4: 822-831.

- RIEGROVÁ, J.; ULBRICHOVÁ, M. Aplikace fyzické antropologie v tělesné výchově a sportu. 1993.
- SAUNDERSON, C. Linda. Comparative metabolism of L-methionine, DL-methionine and DL-2-hydroxy 4-methylthiobutanoic acid by broiler chicks. *British Journal of Nutrition*, 1985, 54.3: 621-633.
- SCHMIDOVÁ, Sandra. *Zinek ve výživě člověka-biochemie, fyziologie, deficiencie*. 2008. PhD Thesis. Masarykova univerzita, Lékařská fakulta.
- SRILAKSHMI, B. Nutrition science, revised second edition. *New Age International Pvt Ltd. New Delhi, India*, 2006, 302. Svačina Š. *Klinická dietologie*. 1. vydání. Praha: Grada, 2008. 381 s. ISBN 978-80-247-2256-6
- SVAČINA, Štěpán, et al. *Klinická dietologie*. 1. vyd. Praha: Grada, 2008, 381 s. ISBN 978-80-247-2256-6.
- SVAČINA, Štěpán. *Diabetologie*. Vyd. 1. Praha: Triton, 2010, 188 s. *Lékařské repetitorium*, sv. č. 2. ISBN 978-807-3873-486.
- ŠTERN, Petr. *Obecná a klinická biochemie: pro bakalářské obory studia*. 2., upr. vyd. Praha: Karolinum, 2011, 269 s. ISBN 978-80-246-1979-8. Str. 36-45, 85-92.
- ŠVÍGLEROVÁ, Jitka; SLAVÍKOVÁ, Jana. *Fyziologie gastrointestinálního traktu*. Karolinum, 2008.
- TALLURI, A., et al. The application of body cell mass index for studying muscle mass changes in health and disease conditions. *Acta diabetologica*, 2003, 40.1: s286-s289.
- TROJAN, Stanislav. *Lékařská fyziologie*. Vyd. 4. Praha: Grada Publishing, 2003. ISBN 80-247-0512-5.
- VERDIJK, Lex B., et al. Protein supplementation before and after exercise does not further augment skeletal muscle hypertrophy after resistance training in elderly men-. *The American journal of clinical nutrition*, 2008, 89.2: 608-616.
- VILIKUS, Z.; BRANDEJSKÝ, P.; NOVOTNÝ, V. *Tělovýchovné lékařství*. 1. vyd. Praha: Karolinum, 2004, 257 s. ISBN 80-246-0821-9.
- VILIKUS, Zdeněk, et al. Vliv beta-hydroxymetylbutyrátu na sportovní výkon. *Medicina Sportiva Bohemica et Slovaca*, 2017, 26.4.

VILIKUS, Zdeněk. *Výživa sportovců a sportovní výkon / Zdeněk Vilikus a kolektiv*. 2015. Praha 1: Karolinum, 2015. ISBN 9788024631523.

VODRÁŽKA, Zdeněk. *Biochemie. Praha: Academia, 2007. 506 s.* ISBN 978-80-200-0600-4.

WALZEM, R. L.; DILLARD, C. J.; GERMAN, J. Bruce. Whey components: millennia of evolution create functionalities for mammalian nutrition: what we know and what we may be overlooking. *Critical reviews in food science and nutrition*, 2002, 42.4: 353-375.

WILES, J.; WOODWARD, R.; BIRD, S. R. Effect of pre-exercise protein ingestion upon VO₂, R and perceived exertion during treadmill running. *British journal of sports medicine*, 1991, 25.1: 26-30.

WORLD HEALTH ORGANIZATION; WORLD HEALTH ORGANIZATION. Overweight and obesity. *Fact sheet*, 2011, 311.

ZLATOHLÁVEK, Lukáš. *Klinická dietologie a výživa / Lukáš Zlatohlávek a kolektiv*. 2016. Praha 2: Current Media, 2016. ISBN 9788088129035.

http://www.iwf.net/wp-content/uploads/downloads/2018/01/IWF-TCRR_01012018.pdf

<http://www.olympicweightlifting.eu/how-to-clean-and-jerk/>

<http://www.olympicweightlifting.eu/how-to-snatch/>

<http://www.vzpirani.cz/>

Příloha 1

Informovaný souhlas

Pro výzkumný projekt: Bakalářská práce – Změna tělesné hmotnosti a tělesného složení během tréninku vzpírání a výživa v silových sportech

Období realizace: 2017-2018

Řešitel projektu: Karolína Vašků

Vedoucí projektu: MUDr. Martin Matoulek, Ph.D.

Tímto se na Vás obracím s žádostí o spolupráci na výzkumném projektu, jehož cílem je monitoring změn tělesné hmotnosti a tělesného složení během silového tréninku v objemové přípravě české vzpěračské reprezentace. Projekt je realizován formou neinvazivního měření na bioimpedančním přístroji InBody 230.

Veškeré informace a data budou použity čistě ke studijním a vědeckým účelům. Identita a osobní údaje budou uchovány v anonymitě a nebudou k dispozici třetí straně. Za účast na projektu nebude poskytnuta žádná finanční odměna. Z účasti na projektu pro Vás nevyplývají žádná rizika.

Prohlášení: Prohlašuji, že souhlasím s účastí na výše uvedeném projektu a že se jej chci zúčastnit zcela dobrovolně. Měl/a jsem možnost klást jakékoliv otázky týkající se tohoto projektu a bylo mi na ně řádně odpovězeno.

V Praze dne:

Datum	Jméno a datum narození	Podpis

