

Univerzita Karlova
1. lékařská fakulta

Studijní program: Specializace ve zdravotnictví
Studijní obor: Nutriční terapie



MUDr. Jan Němeček

Vliv výživy na růst svalů u rekreačních sportovců

Role of nutrition in muscle growth in recreational athletes

Bakalářská práce

Vedoucí závěrečné práce: *doc. MUDr. Zdeněk Vilikus, CSc.*

Praha, 2022

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem závěrečnou práci zpracoval/a samostatně a že jsem řádně uvedl a citoval 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, 29.04.2022

Jan Němeček

Podpis:

Identifikační záznam:

NĚMEČEK, Jan. *Vliv výživy na růst svalů u rekreačních sportovců [Role of nutrition in muscle growth in recreational athletes]*. Praha, 2022. Bakalářská práce. Univerzita Karlova, 1. lékařská fakulta. Vedoucí práce Vilikus Zdeněk.

Abstrakt: V dnešní době se v souvislosti se stárnutím populace i mimo ni stále více mluví o sarkopenii jako o faktoru ovlivňujícím nejen délku dožití, ale také jeho kvalitu. Hlubší zásahy do životního stylu však ovlivňuje i compliance dotyčného, a proto je třeba hledat metody nenáročné na dodržování. Vzhledem k významu bílkovin v růstu svalů se práce zabývá, zda syrovátková nebo sójová bílkovina podávaná v malém množství 1 čajové lžičky (cca 5 g) buď po rekreační aktivitě, nebo jednou večer bez souvislosti s pohybovou aktivitou dokáže ovlivnit hmotnost svalů a celkovou tělesnou hmotnost u rekreačních sportovců. Dále byly hledány korelace mezi hmotností svalů, celkovou tělesnou hmotností, jejich poměrem a živinami či složky potravy. Hmotnosti byly měřeny váhou s funkcí bioimpedanční analýzy 5x v průběhu 28 dnů v týdenním intervalu. Korelační studie proběhla na základě zjištěných hmotností prvního týdne a dodaných jídelníčků. Po 4 týdnech došlo k signifikantnímu nárůstu hmotnosti svalů u subjektů užívajících 1 čajovou lžičku bílkoviny po rekreační aktivitě (o 1,0 kg) a to zejména, pokud šlo o syrovátkovou bílkovinu (o 1,4 kg). Během studie došlo k 8 nežádoucím příhodám, 5 respiračním onemocněním včetně 1 Covid-19 onemocnění a 3 gastroenteritidám. K významnému snížení hmotnosti svalů nastalo u respiračních nemocí mimo Covid-19 (o 0,95 kg) a gastrointestinálních onemocnění (o 2,7 kg). Při korelační studii byl shledán mezi příjmem alkoholu, živočišných bílkovin, sacharidů, bílkovin, energetického příjmu, soli, vlákniny a poměru hmotnost svalů/celková tělesná hmotnost pozitivní statisticky významný Pearsonův korelační koeficient a statisticky významná negativní korelace se naopak objevila mezi příjmem zeleniny, tuků, rostlinných bílkovin a poměru hmotnosti svalů/celkové tělesné hmotnosti. Otázka pro další výzkum spočívá v tom, jaký účinek by měla kombinace rekreační aktivity a užívání jiné bílkoviny živočišného původu než je syrovátka, užívání syrovátkové bílkoviny po rekreační aktivitě v různých množstvích pro optimalizaci dávkování a také vliv kombinace rekreační aktivity a syrovátkové bílkoviny u osob ohrožených sarkopenií (např. starších osob).

Abstract: Nowadays it is more common to talk about a sarcopenia influencing a lifespan but a quality of living too as population grows older. Bigger changes of lifestyle can make people noncompliant though and therefore new easy-to-follow methods are needed. The work acknowledges proteins as promoters of muscle hypertrophy and is trying to find if a whey or soy protein given at dose as little as 1 teaspoon (cca 5 g) can influence muscle weight or total body weight in recreational athletes either after a recreational activity or once daily not binded to a recreational activity. Moreover, correlations between muscle weight, total body weight, their ratio and nutrients or some types of food are being searched. Subjects were weighed and measured by bioimpedance analysis 5 times weekly during 28 days. A correlational study used weights measured at first week and food diaries from the first week. A significant ($\alpha = 0,05$) muscle growth was found in subjects using 1 teaspoon after a recreational activity (1,0 kg) and mainly when using a whey protein (1,4 kg) after 4 weeks. There were 8 adverse events during the study: 5 respiratory diseases including 1 COVID-19 disease and 3 gastroenteritides. A significant decrease of muscle weight was measured after respiratory diseases without COVID-19 (-0,95 kg) and gastrointestinal diseases (-2,7 kg). The correlational study found statistically significant positive Pearson correlational coefficient between an alcohol, animal proteins, carbohydrates, proteins, energetic intake, salt, fiber intake and a ratio muscle weight/total body weight and statistically significant negative correlation between vegetable, fats, plant proteins and the ratio muscle weight/total body weight. New studies are needed to find answers whether a combination of a recreational activity and using animal protein other than a whey has any influences, finding an optimal whey protein dosage using multiple doses and trying to find if there are any benefits for sarcopenia-risk people (such as older people) using the whey protein after recreational activities.

Klíčová slova: hypertrofie svalů, výživa, rekreační sport, bioimpedanční analýza

Key words: muscle hypertrophy, nutrition, recreational sport, bioimpedance analysis

Obsah

Teoretická část.....	8
1 Úvod.....	8
2 Růst svalů.....	9
2.1 Anatomie a fyziologie svalu.....	9
3 Vliv cvičení na růst svalů.....	14
3.1 Silový trénink.....	14
3.2 Aerobní trénink.....	15
4 Vliv výživy na růst svalů.....	16
4.1 Bílkoviny a aminokyseliny.....	16
4.2 Glutamin.....	17
4.3 Arginin.....	17
4.4 Větvené aminokyseliny.....	17
4.5 Leucin.....	18
4.6 Hydroxy-methylbutyrát (HMB).....	18
4.7 Vitamin B12.....	18
4.8 Kyselina listová.....	18
4.9 Citrulin.....	18
4.10 Rybí tuk.....	19
4.11 Vitamin D.....	19
4.12 Kreatin.....	19
4.13 Resveratrol.....	19
4.14 Alkohol.....	20
4.15 Načasování.....	20
5 Měření svalové hmoty.....	20
5.1 Tělesné složení.....	20
5.2 Způsoby měření svalové hmoty.....	21
Praktická část.....	23
6 Metodika.....	23
6.1 Design.....	23
6.2 Benefit-risk profil.....	23
6.3 Cíle (výzkumné otázky) a hodnocené parametry.....	23
6.4 Studijní populace.....	24
6.5 Zkoušená intervence.....	25
6.6 Způsob randomizace.....	25
6.7 Antikoncepce.....	26
6.8 Kritéria pro předčasné ukončení intervence.....	26
6.9 Kritéria pro předčasné stažení subjektu ze studie.....	26
6.10 Průběh.....	27
6.11 Provedení a metody sběru dat.....	27
6.12 Etické aspekty.....	27
6.13 Uchovávání záznamů o subjektech hodnocení.....	27
7 Charakteristika souboru.....	28
8 Výsledky a statistické vyhodnocení.....	29
8.1 Skupiny č. 1+2, 3+4 a 5+6.....	29
8.1.1 Porovnání celkové tělesné hmotnosti sk. č. 1+2 t-testem.....	30
8.1.2 Porovnání hmotnosti svalů sk. č. 1+2 t-testem.....	31
8.1.3 Porovnání celkové hmotnosti sk. č. 3+4 t-testem.....	32
8.1.4 Porovnání hmotnosti svalů sk. č. 3+4 t-testem.....	33

8.1.5 Porovnání celkové hmotnosti sk. č. 5+6 t-testem.....	34
8.1.6 Porovnání hmotnosti svalů sk. č. 5+6 t-testem.....	35
8.2 Skupiny č. 1+2, 3+5 a 4+6.....	36
8.2.1 Porovnání celkové hmotnosti sk. č. 3+5 t-testem.....	37
8.2.2 Porovnání hmotnosti svalů sk. č. 3+5 t-testem.....	38
8.2.3 Porovnání celkové hmotnosti sk. č. 4+6 t-testem.....	39
8.2.4 Porovnání hmotnosti svalů sk. č. 4+6 t-testem.....	40
8.3 Celková hmotnost jednotlivých skupin.....	41
8.3.1 Porovnání celkové hmotnosti sk. č. 3 t-testem.....	42
8.3.2 Porovnání celkové hmotnosti sk. č. 4 t-testem.....	43
8.4 Hmotnost svalů jednotlivých skupin.....	44
8.4.1 Porovnání hmotnosti svalů sk. č. 3 t-testem.....	45
8.4.2 Porovnání hmotnosti svalů sk. č. 4 t-testem.....	46
8.5 Výskyt nežádoucích příhod (AE).....	47
8.5.1 Porovnání celkové hmotnosti t-testem.....	48
8.5.2 Porovnání hmotnosti svalů t-testem.....	50
8.5.3 Porovnání hmotnosti svalů necovidových subjektů t-testem.....	51
8.6 Korelační studie.....	52
8.6.1 Testování korelace zkonsumované zeleniny a celkové tělesné hmotnosti t-testem	53
8.6.2 Testování korelace zkonsumovaných tuků a celkové tělesné hmotnosti t-testem..	54
8.6.3 Testování korelace energetického příjmu a celkové tělesné hmotnosti t-testem....	55
8.6.4 Testování korelace hmotnosti přijaté soli a celkové tělesné hmotnosti t-testem....	56
8.6.5 Testování korelace hmotnosti přijatých bílkovin a celkové tělesné hmotnosti t- testem.....	57
8.6.6 Testování korelace hmotnosti přijatých rostlinných bílkovin a celkové tělesné hmotnosti t-testem.....	58
8.6.7 Testování korelace hmotnosti přijatých sacharidů a celkové tělesné hmotnosti t- testem.....	59
8.6.8 Testování korelace hmotnosti přijatých živočišných bílkovin a celkové tělesné hmotnosti t-testem.....	60
8.6.9 Testování korelace hmotnosti přijaté vlákniny a celkové tělesné hmotnosti t-testem	61
8.6.10 Testování korelace hmotnosti přijatého ovoce a celkové tělesné hmotnosti t- testem.....	62
8.6.11 Testování korelace hmotnosti přijatého alkoholu a celkové tělesné hmotnosti t- testem.....	63
8.6.12 Testování korelace hmotnosti přijaté zeleniny a hmotnosti svalů t-testem.....	64
8.6.13 Testování korelace energetického příjmu a hmotnosti svalů t-testem.....	65
8.6.14 Testování korelace příjmu sacharidů a hmotnosti svalů t-testem.....	66
8.6.15 Testování korelace příjmu soli a hmotnosti svalů t-testem.....	67
8.6.16 Testování korelace příjmu bílkovin a hmotnosti svalů t-testem.....	68
8.6.17 Testování korelace příjmu živočišných bílkovin a hmotnosti svalů t-testem.....	69
8.6.18 Testování korelace příjmu rostlinných bílkovin a hmotnosti svalů t-testem.....	70
8.6.19 Testování korelace příjmu tuků a hmotnosti svalů t-testem.....	71
8.6.20 Testování korelace příjmu vlákniny a hmotnosti svalů t-testem.....	72
8.6.21 Testování korelace příjmu ovoce a hmotnosti svalů t-testem.....	73
8.6.22 Testování korelace příjmu alkoholu a hmotnosti svalů t-testem.....	74
8.6.23 Testování korelace příjmu alkoholu a poměru hmotnosti svalů a celkové tělesné hmotnosti t-testem.....	75

8.6.24 Testování korelace příjmu živočišných bílkovin a poměru hmotnosti svalů a celkové tělesné hmotnosti t-testem.....	76
8.6.25 Testování korelace příjmu sacharidů a poměru hmotnosti svalů a celkové tělesné hmotnosti t-testem.....	77
8.6.26 Testování korelace příjmu bílkovin a poměru hmotnosti svalů a celkové tělesné hmotnosti t-testem.....	78
8.6.27 Testování korelace příjmu ovoce a poměru hmotnosti svalů a celkové tělesné hmotnosti t-testem.....	79
8.6.28 Testování korelace energetického příjmu a poměru hmotnosti svalů a celkové tělesné hmotnosti t-testem.....	80
8.6.29 Testování korelace hmotnosti přijaté soli a poměru hmotnosti svalů a celkové tělesné hmotnosti t-testem.....	81
8.6.30 Testování korelace hmotnosti přijaté vlákniny a poměru hmotnosti svalů a celkové tělesné hmotnosti t-testem.....	82
8.6.31 Testování korelace hmotnosti přijatých rostlinných bílkovin a poměru hmotnosti svalů a celkové tělesné hmotnosti t-testem.....	83
8.6.32 Testování korelace hmotnosti přijatých tuků a poměru hmotnosti svalů a celkové tělesné hmotnosti t-testem.....	84
8.6.33 Testování korelace hmotnosti přijaté zeleniny a poměru hmotnosti svalů a celkové tělesné hmotnosti t-testem.....	85
8.6.34 Shrnutí korelační studie.....	86
9 Diskuze.....	87
10 Závěr.....	92
11 Zdroje.....	94
12 Obrázky:.....	98
13 Příloha.....	99
13.1 Užitá bílkovina.....	99
13.1.1 Užitý typ sójové bílkoviny.....	99
13.1.2 Užitý typ syrovátkové bílkoviny.....	100
13.2 Prohlášení o shodě užití osobní váhy (EU declaration of conformity).....	101

Teoretická část

1 Úvod

Výživa a pohybová aktivita patří mezi nejdůležitější intervence, které může každý člověk sám na sobě provést pro upevnění zdraví a v zájmu primární prevence. Nicméně nejde o dvě izolované oblasti životního stylu, ale naopak vzájemně se ovlivňující, jedna potencující druhou. Růst svalů lze ovlivnit buď jen pohybovou aktivitou, nebo výživou, ale synergií lze dosáhnout lepších výsledků. Proč usilovat o větší svaly? Běžného člověka napadne vrcholový sport nebo módní atletický tvar těla. Mládí a zdraví jednou pominou a jak nejlépe přežít stáří a nemoc? S dostatečnou svalovou hmotou. Sarkopenie se ukázala a ukazuje jako významný negativní ukazatel šance na přežití. Predisponuje jedince k pádům, frakturám, hospitalizacím a vyšší úmrtnosti (Xu et al., 2021). Přitom se odhaduje, že nedostatek svalové hmoty postihuje polovinu osob starých 80 a více let (Schoenfeld, 2016). U pacientů s nádorovým onemocněním také dochází ke ztrátě svalové hmoty, které lze předejít silovým cvičením a výživou (Koeppel et al., 2021). Není jednoduché pro lidi měnit životní styl, zvláště ve stáří. Intervence by proto neměla mít zvlášť velké nároky na dodržování. Toho lze dokázat např. nepatrným přidáním proteinů do běžného jídelníčku. Bylo prokázáno, že zvýšení svalové hmoty se děje i při zvýšení množství bílkovin o 0,1 g/kg tělesné hmotnosti za den (Tagawa et al., 2021). K fyzické aktivitě lze motivovat rekreačním sportem. Rekreační sport se dle Českého svazu rekreačního sportu definuje jako „tělesná pohybová aktivita provozovaná ve volném čase, sloužící k fyzickému a psychickému rozvoji člověka. Je provozován jako nesoutěžní pohybová aktivita, ale také jako rekreační soutěžní činnost, v níž je důležitější než samotný výkon, radost z pohybu, zábava a setkávání.“ Věřím, že i nepatrnými změnami lze dosáhnout výsledků, čehož se budu snažit dosáhnout v praktické části, kde budu porovnávat změny svalové hmoty u rekreačních sportovců s a bez podávání malého množství bílkovin v průběhu 1 měsíce za použití bioimpedanční váhy.

2 Růst svalů

2.1 Anatomie a fyziologie svalu

Základní jednotkou kosterního svalu je svalové vlákno (svalová mnohojaderná buňka) obalená pojivovou tkání endomysiem. Svazek svalových vláken je obalen perimysiem a celý sval je obklopen epimysiem. Kosterní sval se také nazývá jako příčně pruhovaný od pozorování v elektronovém mikroskopu. Svalová buňka se skládá ze stovek až tisíců myofibril, které jsou složeny ze sarkomer. Ty obsahují 2 základní proteiny, filamenta důležitá pro pohyb – aktin (tenké filamentum) a myosin (silné filamentum). Každé myosinové filamentum je obklopeno 6 aktinovými filamenty a každé aktinové filamentum je obklopeno 3 myosinovými filamenty. Dalšími proteiny stabilizujícími sarkomeru jsou titin, nebulin a myotilin (Schoenfeld, 2016).

Motorická jednotka je základní funkční jednotka zahrnující motorický neuron nacházející se v předních rožích míchy nebo v jádrech hlavových nervů a všechna svalová vlákna tímto neuronem inervovaná přes axon. Akční potenciál se pak přes axon šíří k nervosvalové ploténce, kde dojde k uvolnění acetylcholinu, následné depolarizaci svalového vlákna a uvolnění vápníku ze sarkoplazmatického retikula, který se váže na troponin, který odváže tropomyozin z aktinu. Při dostatečném množství adenosintrifosfátu (ATP) se globulární myozinová hlava váže na odhalená místa aktinu, posouvají aktin směrem dovnitř (Schoenfeld, 2016).

Svalová vlákna se dělí na typ I a II. Typ I, červené v elektronovém mikroskopu pro vysoký obsah myoglobinu, jsou odolné vůči únavě a zvládnou pracovat při déletrvajících aktivitách. Mají lepší podmínky pro oxidační fosforylaci. Typ II, bílé v elektronovém mikroskopu, dokáží vyvinout maximální napětí již po 50 ms (oproti 110 ms u typu I), a proto zvláště pracují při krátkodobých silových aktivitách. Je u nich patrnější nižší hustota kapilárního zásobení, větší zásoba glykogenu a preference anaerobní glykolýzy. Typ II se dále dělí dle izoformy myozinu na typ IIa a typ IIx (jindy psáno IIb). Množství v daném svalu pak určuje druh svalu (např. triceps brachii má 60 % typu II, soleus zase 80 % typu I) a také interindividuální variabilita (u kvadricepsu sprinterů převažuje typ II, u kvadricepsu maratonců typ I). Je

pravděpodobné, že růstová kapacita typu II je vyšší než u typu I (až o 50 %) (Schoenfeld, 2016).

Cvičením lze zvětšit sval po několika měsících. Zvýšení síly nastává však dříve a to vlivem nervově-motorického učení, který vede k optimalizaci pohybových vzorců, synchronizaci motorických jednotek, větší rekrutaci svalových vláken, většímu pálení dubletů (2 vrcholy za méně než 5 ms vedoucí k většímu momentu) a také snížení koaktivace svalových antagonistů. Člověk není schopen využít maximální sílu svalu vůlí, ale trénováním se lze tomuto maximu přiblížit (Schoenfeld, 2016).

Obrat svalových bílkovin je u průměrného zdravého člověka v rovnováze a pohybuje se okolo 1,2 % za den. Postprandiálně převažuje proteosyntéza, při hladovění zase proteokatabolismus. Během odporového cvičení dochází k proteolýze, po tréninku k proteoanabolismu (až 5-násobně po 48 hodin) vlivem účinnější translace mRNA (Schoenfeld, 2016).

Růst svalu se děje procesem hypertrofie – přibývají sarkomery a nekontraktilní elementy (rozdíl mezi kulturisty s větším množstvím endomysia a glykogenu oproti vzpěračům) i za pomoci účasti satelitních buněk, které dodáním jádra svalovému vláknu podpoří procesy transkripce a následné translace. Růst svalu procesem hyperplazie (zmnožení svalových vláken) byl prokázán u zvířecích studií, ale u dospělého člověka nebyly podány přesvědčivé důkazy (Schoenfeld, 2016).

Bílkovinná bilance ve svalu je ovlivněna působky lokálními nebo hormonálními (z krve). Mezi primární anabolické hormony se řadí Insulin-like growth factor 1 (IGF-1), růstový hormon (somatotropní - STH), testosteron, inzulin. IGF-1 je peptid podobný inzulinu, který působí jak anabolicky, tak antikatabolicky. Je zodpovědný za aktivaci satelitních buněk. Některé izoformy jsou produkovány především v játrech, jiné především v pracujících svalech (potom tedy působí i autokrinně/parakrinně). S věkem hladina IGF-1 v krvi klesá. STH je polypeptid produkováný pulzativně adenohipofýzou a jeho nejvyšší frekvence mimo cvičení nastává během spánku. Působí jak anabolicky – podporuje vychytávání aminokyselin buňkami a proteosyntézu (spíše kolagenu než myofibril) a to i díky potenciaci IGF-1, tak i katabolicky – lipolýzou. Testosteron je steroidní hormon odvozený od cholesterolu produkováný především Leydigovými buňkami varlete, ale také v menší míře

nadledvinami a vaječníky. U mužů dosahuje jeho hladina v krvi 10-násobku hodnot u žen. Biologicky aktivním jsou cca 2 % cirkulujícího nenavázaného (60 % je vázáno na sex hormon-binding globulin a 38 % na albumin). Podporuje proteosyntézu, inhibuje proteolýzu a podporuje uvolňování STH, IGF-1 a tlumí aktivitu IGFBP-4, který inhibuje IGF-1. Také zvyšuje proliferaci a diferenciaci satelitních buněk. Po silovém tréninku se snižuje koncentrace androgenových receptorů, aby se následně výrazně zvýšila po dobu několika hodin. Inzulin je peptid produkovaný beta buňkami Langerhansových ostrůvků pankreatu. Podporuje glykogenezi, iniciační a elongační fáze proteinové translace a proteinovou kinázu mTOR. Také snižuje proteolýzu. Po cvičení dochází prokazatelně ke zvýšení růstového hormonu, pravděpodobně IGF-1, u testosteronu vycházejí studie nejednoznačně a inzulin je ovlivněn málo u zdravých jedinců (Schoenfeld, 2016).

Cytokiny produkované kosterním svalstvem autokrinně a parakrinně se nazývají myokiny. Řadí se mezi ně mechano-růstový faktor (MGF), interleukiny (IL), myostatin (MSTN), hepatocytární růstový faktor (HGF) a leukemický inhibiční faktor (LIF). MGF je typ IGF-1 (IGF-1Ec), který se ale liší od systémové isoformy a za svůj název vděčí stimulaci mechanickými podněty. Podporuje proteosyntézu přes p70S6 (kináza cílící na S6 ribozomový protein) a zřejmě indukuje aktivaci a proliferaci satelitních buněk. Z interleukinů, jejichž úlohou je koordinace imunitního systému, je nejprostudovanějším IL-6, jenž indukuje proliferaci satelitních buněk a zřejmě i zasahuje přímo do proteosyntézy. IL-15, přímo produkovaný kosterním svalem, zvyšuje proteosyntézu a redukuje proteolýzu. Do svalového růstu zřejmě zasahuje ještě IL-10, IL-4, IL-7, popř. jiné, ale to je ještě předmětem výzkumu. Hypertrofie svalu je spojena s akutním zvýšením interleukinů, ale dlouhodobé jejich zvýšení při např. chronickém zánětlivém stavu organismu naopak množství svalové hmoty snižuje. Myostatin, který je součástí TGF-beta rodiny, potlačuje tvorbu svalové hmoty. Zvířata s mutací pro myostatinový gen se vyznačují výraznou hypertrofií (např. plemeno skotu belgické modrobílé). **(Obrázek 1, 2)** U septických myší zlepšil nedostatek myostatinu jejich přežívání (Kobayashi et al., 2021). Po silovém cvičení dochází ke snížení aktivity myostatinu. HGF způsobuje aktivaci satelitních buněk. LIF

se ukázal zase potřebným pro svalovou hypertrofii po cvičení u myši s mutací genu pro tento protein (Schoenfeld, 2016).

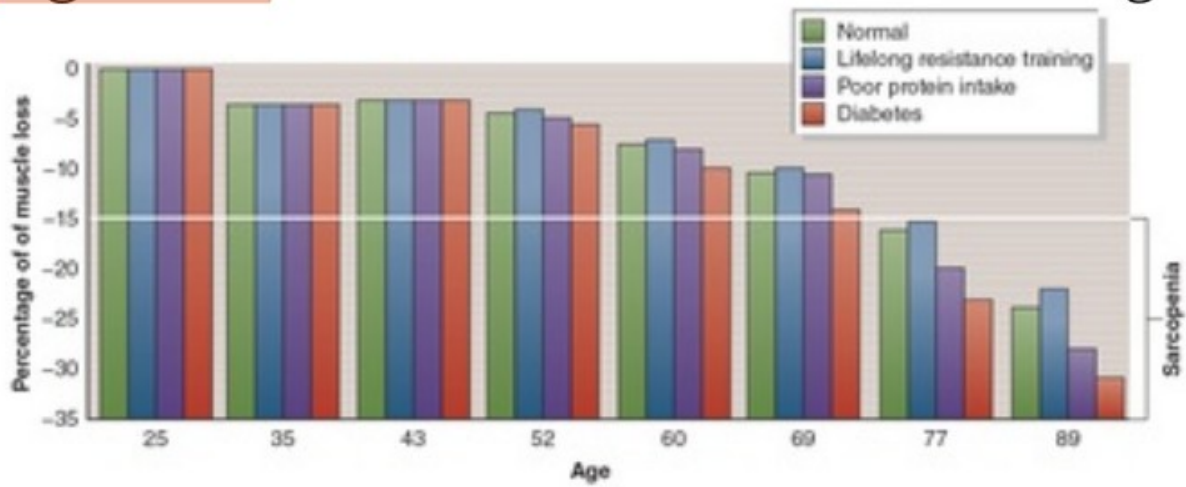


Obrázek 1, 2 – Co mají tyto obrázky společné? Deficitní gen pro myostatin nepůsobí inhibiči na svalovou hypertrofii, což zapříčiňuje nadměrné osvalnění. Vlevo masné plemeno skotu *belgické modrobílé*. Vpravo *Liam Hoekstra* z dílu *The World's Strongest Toddler* pořadu *Extraordinary People*.

Svalová hypertrofie je zapříčiněná 3 mechanismy vzniku – nejdůležitější mechanické napětí, které přímo stimuluje serin/threoninovou kinázu mTOR, metabolický stres, způsobený akumulací metabolitů laktátu, fosfátu a vodíkových iontů (lze docílit i při omezení oběhu např. zaškrcením končetiny a cvičením s menší váhou, než by byla normálně použita) a poškození svalu (Schoenfeld, 2016).

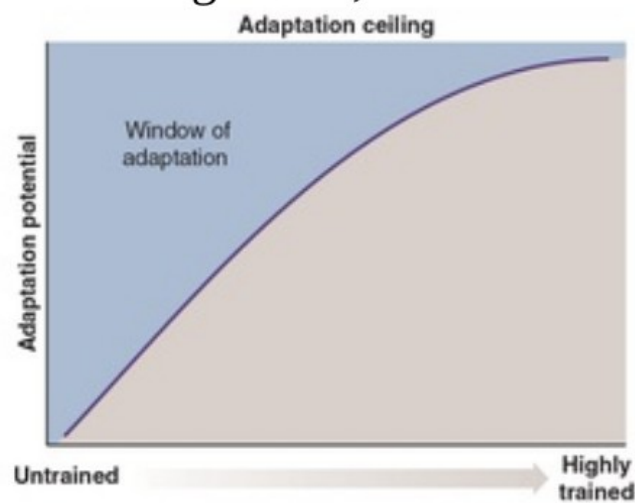
Faktory ovlivňující růst svalu zahrnují genetiku (tzv. respondeři a nonrespondeři), věk (obrázek 3 - **Figure 5.1**), pohlaví, vliv trénovanosti (obrázek 4 - **Figure 5.3**) (Schoenfeld, 2016) a také etnicita, kdy černoši mají rozvinutější svalovou soustavu než běloši a Asiaté, ale stárnutím ji rychleji ztrácí (Stéphane, 2019).

Figure 5.1 Rate of muscle mass loss with age.



Data from Buford et al. (102).

Figure 5.3 The ceiling effect, or window of adaptation.



3 Vliv cvičení na růst svalů

3.1 Silový trénink

Pro svalovou hypertrofii je důležité se z hlediska cvičení zaměřit na objem, frekvenci, zatížení, výběr cviků, typ svalové činnosti, odpočinek mezi sety, trvání opakování, pořadí cviků, rozsah pohybu a úsilí.

Objem (sety x opakování) pozitivně koreluje s růstem svalů. Čím je ho více, tím více roste sval. Při přesáhnutí určité meze však může dojít k přetrénování. Odhaduje se, že cílem by mělo být cca 40-70 opakování celkem, u pokročilých více.

Frekvence znamená počet cvičení za jednotku času (obvykle týden). Nejefektivnější se zdá být split-body routine, kdy se člověk zaměří na jednu svalovou skupinu při tréninku. Regenerace této svalové skupiny by následně měla trvat alespoň 48 hodin.

Zatížení se dá dělit podle rozsahu opakování na těžké (1-5 opakování max), středně těžké (6-12) a lehké (více než 15). Maximální hypertrofie se dosáhne při středně těžké zátěži. Při těžké zátěži nedochází k metabolickému stresu za tak krátkou dobu a při lehké zátěži sice dochází k velkému metabolickému stresu, ale je při ní malá rekrutace svalových vláken. Při těžkém zatížení však dochází k rozvoji větší svalové síly. Svalová vlákna typu I hypertrofují při malém zatížení a typu II zase při velkém zatížení.

Výběr cviků by měl dosáhnout co největší pestrosti a pravidelně rotovat, aby bylo zaručeno zapojení všech svalových vláken ve svalu.

Typy svalové činnosti se dělí na koncentrické, ekcentrické a izometrické. Při koncentrické a ekcentrické činnosti dochází k rekrutaci svalových vláken v jiném pořadí, a proto by se měly kombinovat.

Odpočinek mezi sety se dělí na krátký (30 s a méně), středně dlouhý (60 – 90 s) a dlouhý (3 minuty a více). Zřejmě účinnější dlouhý odpočinek zajišťuje nesníženou sílu na další sety, kratší zase udržuje metabolický stres.

Trvání opakování se skládá z doby koncentrické, izometrické a ekcentrické. Do jisté míry jde o volní děj, který může být ovlivněn zatížením a únavou. Při trvání 0,5-6

s nejsou při izotonickém opakování rozdíly ve svalové hypertrofii. Při trvání nad 10 s dochází k menšímu nárůstu svalové hmoty.

Studie neprokázaly vliv, v jakém pořadí cviky půjdou, navzdory praxi postupu od velkých svalových skupin směrem k malým. Naopak se ukázalo, že svaly zatížené na začátku tréninku hypertrofují snáze.

Při pohybové aktivitě se svaly zapojují různě dle rozsahu pohybu, a proto plný rozsah dokáže více zapojit různé svaly.

O intenzitě úsilí se bavíme v souvislosti s cvičením do maximálního svalového úmoru (sval již není schopen zvládnout dané zatížení). Přidáním pár takových setů potenciálně zlepší svalovou hypertrofii, ale soustavné trénování do úmoru může vést až k přetrénování.

3.2 Aerobní trénink

Navzdory dřívějšímu podceňování aerobního tréninku dnes víme, že přispívá podobně jako silový trénink k svalové hypertrofii a to především skrze svalová vlákna typu I. Mechanismy k ní vedoucí můžou zahrnovat zvýšený anabolismus zprostředkovaný inzulinem, zvýšená proteosyntetická odpověď na výživu a inzulin, zvýšená bazální postabsorpční svalová proteosyntéza, zvýšené dodávky aminokyselin, zvýšené prokrvení a perfuze svalstva, snížení hladiny myostatínu, snížený chronický zánět, snížení FOXO signalizace, snížené poškození bílkovin a DNA, zvýšená proliferace mitochondrií a jejich aktivnější činnost.

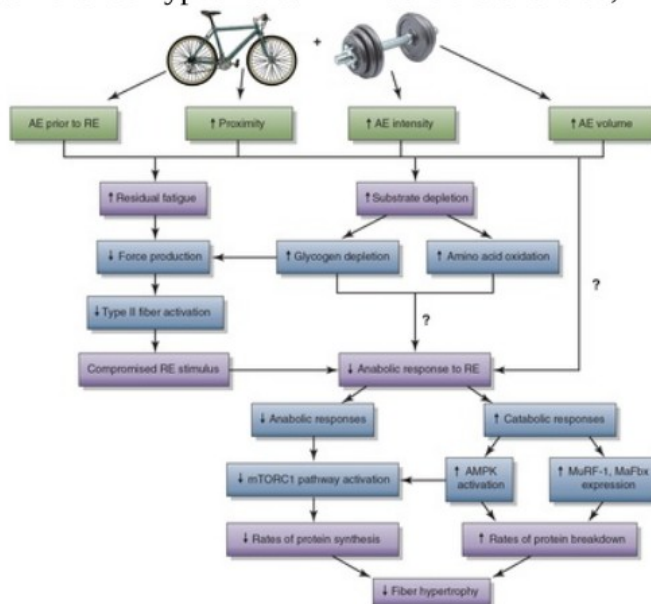
Intenzita aerobního tréninku musí být vysoká. Odhaduje se až 80 % heart rate reserve (HRR – rozdíl mezi maximální a klidovou tepovou frekvencí). Většího nabytí svalové hmoty bylo vidět u starších, a čím sedavější má člověk způsob života, tím méně času potřebuje k nabytí svalů oproti trénovanějším. Není rozhodnuto, který typ aerobního cvičení je nejefektivnější, ale cyklisté pravidelně dosahovali ve studiích větší svalové hypertrofie.

Kombinace aerobního a anaerobního tréninku snižují růst svalů, zřejmě kvůli divergentním metabolickým cestám (obrázek 5 - **Figure 4.2**). Anaerobní trénink vede k ztluštění vláken I, IIa a IIx, zatímco u kombinovaného tréninku se ztlušťuje IIa.

Omezení interference lze dosáhnout zařazováním aerobního cvičení jeden den a anaerobního druhý den (Schoenfeld, 2016).

Obrázek 5

Figure 4.2 Chronic interference hypothesis. AE = aerobic exercise; RE = resistance exercise.



With kind permission from Springer Science+Business Media: *Sports Medicine*, “Interference between concurrent resistance and endurance exercise: Molecular bases and the role of individual training variables,” 44(6): 743-762, 2014, J.J.I. Fyfe, D.J. Bishop, and N.K. Stepto, figure 2.

4 Vliv výživy na růst svalů

4.1 Bílkoviny a aminokyseliny

Pro budování objemu svalů je potřeba dodávat náležité množství bílkovin, které stačí okolo 1,2 g na kg tělesné hmotnosti denně u kondičních nebo výkonnostních silových sportovců nebo až 1,8-2,0 g bílkovin na kg tělesné hmotnosti denně u vrcholových silových sportovců (Vilikus, 2020). Metaanalýza 49 studií došla však k závěru, že dávka proteinů přes 1,62 g/kg tělesné hmotnosti za den dále nezvyšuje tukuprostou hmotu (Morton et al., 2018). Vyšší dávka pak má za účinek nevyužití bílkovin jako stavebního materiálu, nýbrž jako energetického substrátu nebo transformace na zásobní tuk (za předpokladu nevyužití anabolik, které však patří mezi

doping, a proto o takové možnosti neuvažujeme). Mezi přípravky používané po silovém tréninku se řadí gainery s obsahem do 40 % bílkovin, proteinový koncentrát (mezi 40-70 % bílkovin) nebo směs aminokyselin (hydrolyzát), která při množství více než 30 g může secernovat inzulin, jenž kromě proteo-anabolismu zvýší i ukládání tukové hmoty. Co se týká druhu bílkovinného přípravku, mezi kvalitnější se řadí mírně anabolizující syrovátková (whey) bílkovina, antikatabolický micelární kasein nebo hovězí kolostrum (Vilikus, 2020). Na popularitě nově získává suplementace hovězím proteinem, který se ukázal být podobně účinným ve vlivu na tělesné složení (tuková a netuková hmota) (Valenzuela et al., 2019). Při srovnání bílkovin rostlinného a živočišného původu vychází z hlediska nárůstu netukové hmoty příznivěji živočišné proteiny a to zejména u mladších dospělých (pod 50 let) (Lim et al., 2021).

4.2 Glutamin

Glutamin se prokázal nejen jako antikatabolikum a anabolikum, ale potenciálně posiluje nespecifickou imunitu a zmírňuje psychické vyčerpání a depresi (Vilikus, 2020). Na tělesné složení však zřejmě vliv nemá (Ramezani et al., 2019).

4.3 Arginin

Podobně má arginin antikatabolické a mírně anabolické účinky, podporuje uvolňování růstového hormonu a inzulinu, snižuje únavu a lze ho aplikovat nemocničním pacientům pro prevenci svalové atrofie (Vilikus, 2020).

4.4 Větvené aminokyseliny

Aminokyseliny a zejména větvené aminokyseliny (BCAA – branch chain aminoacids, leucin, isoleucin a valin) stimuluji proteosyntézu prostřednictvím růstového hormonu. Efekt BCAA je například vyšší při podávání po posilovacím tréninku ve srovnání se syrovátkovým proteinem (ten je přitom nejbohatším zdrojem BCAA – 26 %) (Vilikus, 2020). BCAA nebo samotný leucin se v dávce 5-20 g/den ve

2 nebo 3 dávkách ukázaly jako prospěšné pro urychlení svalové regenerace po cvičení (Stéphane, 2019).

4.5 Leucin

U leucinu a dalších esenciálních aminokyselin byl zjištěn antikatabolický účinek při podání s proteiny po posilovacím tréninku (Vilikus, 2020) a ze všech BCAA vykazuje největší anabolický efekt (Stéphane, 2019). Jsou důkazy pro jeho doporučení starším sarkopenickým lidem nad 65 let (Gielen et al., 2021).

4.6 Hydroxy-methylbutyrát (HMB)

Zdrojem HMB je aminokyselina leucin a tedy nás nepřekvapí jeho antikatabolický účinek. Kromě toho snižuje poškození svalů vlivem cvičení a zvyšuje množství anabolického růstového faktoru IGF-1 (Vilikus, 2020). Vliv na zvýšení netukové hmoty u starších lidí byl prokázán (Lin et al., 2021).

4.7 Vitamin B12

Vitamin B12 se užívá při jeho deficitu v organismu (perniciózní anémie), ale siloví sportovci jej užívají pro údajnou podporu růstu svalové hmoty (Vilikus, 2020).

4.8 Kyselina listová

Podobně jako vitamin B12 siloví sportovci užívají i kyselinu listovou (Vilikus, 2020).

4.9 Citrulin

Citrulin je neesenciální a neproteinogenní aminokyselina, u které se ukázal pozitivní vliv na proteosyntézu a to zejména při nedostatku bílkovin, ale je potřeba dalších studií (Stéphane, 2019).

4.10 Rybí tuk

Omega-3 polynenasycené mastné kyseliny EPA (eikosapentaenová) a DHA (dokosahexaenová) dokázaly zvýšit svalovou sílu a hmotu u starších lidí a také při nádorové kachexii (Stéphane, 2019). U zdravých jedinců došlo také ke zvýšení svalové síly, ale nárůst svalové hmoty nebyl signifikantní (Ma Wen-jun et al., 2021).

4.11 Vitamin D

Nedostatek vitamínu D je spojen se sníženou svalovou silou a hmotou. Větší deficit vede k proximální svalové slabosti, myalgii a riziku pádů. Starší lidé jsou často na tento vitamin deficitní, což negativně ovlivňuje tedy nejen kosterní, ale i muskulární systém (Stéphane, 2019). Metaanalýza 54 studií o 8747 subjektech však prokázala negativní vliv na svalovou výkonnost (Bislev et al., 2021). Jiná metaanalýza 792 starších pacientů nicméně prokázala pozitivní přídatný účinek vitamínu D ke cvičení na svalovou sílu (Antoniak a Greig, 2017). Suplementace během těhotenství a po narození neprokázala vliv na tukovou, netukovou a kostní hmotu dítěte, ale došlo k většímu vzrůstu a nižšímu BMI (Ma Kristine et al., 2021).

4.12 Kreatin

Suplementace kreatinem v tréninkových dnech se ukázala jako účinná podpora zvýšení netukové hmoty a svalové síly (Forbes et al., 2021).

4.13 Resveratrol

Resveratrol je rostlinný polyfenol, jehož suplementace má dle dostupných dat vliv na snížení hmotnosti, tukové hmoty a zvýšení svalové hmoty (Tabrizi et al., 2020).

4.14 Alkohol

Chronická alkoholová myopatie zasahuje více než 50 % těžkých alkoholiků. Dochází k atrofii svalových vláken, především typu IIb a to nezávisle na nutričním stavu (Stéphane, 2019).

4.15 Načasování

Aminokyseliny a bílkoviny je vhodné podat již během prvních 30 minut po zátěži nebo dokonce již během posilovacího tréninku a to kvůli menší redistribuci krve oproti vytrvalostnímu tréninku (Vilikus, 2020).

5 Měření svalové hmoty

5.1 Tělesné složení

Celkovou tělesnou hmotu (total body mass odpovídající tělesné hmotnosti) odpovídá u průměrného muže cca 19 % tukové a 81 % beztukové hmotě (lean body mass). Beztuková hmota se dále dělí na kosti (9 % beztukové hmoty) a beztukovou měkkou hmotu (91 %, lean soft tissue mass). Ta se dále dělí na celkovou svalovou hmotu (53 %) a jiné orgány (47 %). Celkovou svalovou hmotu tvoří ze 75 % svalová

hmota všech 4 končetin (appendicular muscle mass) a ta je ze 75 % distribuovaná na dolních končetinách (Buckinx et al., 2018).

Tělesnou hmotnost ovlivňují vývojové faktory, genetika, věk, rasa/etnicita, fyzická aktivita, potrava, prostředí (kouření, alkohol, farmaka) a sociální prostředí (Institute of Medicine, 2003).

5.2 Způsoby měření svalové hmoty

Mezi nepoužívanější metody měření svalové hmoty patří: DXA (dual energy X-ray absorptiometry), CT (počítačová tomografie), MRI (magnetická rezonance) a BIA (bioimpedanční analýza) (Buckinx et al., 2018).

DXA využívá dvou energetických hladin rentgenového záření pro odlišení beztukové měkké hmoty, tukové hmoty a kostí, což je i základem měření kostní hustoty (bone mineral density). Výhodou je neinvazivita, nízká dávka záření (<1 μSv u celotělových měření), levná v porovnání s CT a MRI, rychlost a přesnost. Mezi nevýhody patří nemožnost hodnocení jednotlivých svalů, nepřenositelnost zařízení, vliv abnormalit v hydrataci těla (např. selhání ledvin, srdce), nemožnost měřit velmi vysoké a obézní jedince, nemožnost určit množství tukové infiltrace svalu, nezměřitelnost svalové hmoty mimo končetiny a rozdíly mezi jednotlivými zařízeními (Buckinx et al., 2018).

CT je metoda využívající také rentgenového záření, ale zobrazování probíhá ve 3D. Hodí se pro přesné zobrazování i jednotlivých svalů, ale většímu využití brání vysoká cena, vyšší radiační zátěž a nemožnost měření velmi obézních pacientů (Buckinx et al., 2018).

U magnetické rezonance dochází k přesnému zobrazování anatomických struktur bez radiační zátěže, ale její využití spíše pro vědecké účely při měření svalové hmoty ji předurčuje vysoká cena, vliv dýchání na kvalitu snímků a nejednotnost protokolů při získávání dat (Buckinx et al., 2018).

Bioimpedanční analýza využívá rozdílné elektrické odporovosti vody s elektrolyty (svalové tkáně) a tkáněmi bohatými na lipidy. Absolutní hodnota impedance Z se spočítá jako odmocnina součtu druhých mocnin odporu R a reaktance X_c . Odpor je přímo úměrný délce a rezistivitě, která je určena typem materiálu a nepřímo obsahu

průřezu. Reaktance je nepřímo úměrná frekvenci signálu a kapacitanci. V organismu je odpor určen množstvím vody v těle a reaktance kapacitancí buněčných membrán. Při počítání tělesného objemu V_b vycházíme z rovnice pro odpor, kde je V_b přímo úměrný rezistivitě, druhé mocnině délky a nepřímo úměrný odporu. Změřený odpor a kapacitance samotné ale nejsou tak důležité pro přesnost výpočtu jako např. výška. Před měřením se doporučuje vymočit a lačnit 8 hodin, protože konzumace jídla a nápojů sníží impedanci o 4-15 Ω 2-4 hodiny po jídle (Khalil et al., 2014). Mezi silné stránky BIA patří jednoduchost na ovládání, nízká cena, přesné měření elektrického odporu a reaktance těla, bezpečné a neinvazivní měření, přenosnost a nevyžaduje vysoce trénovanou obsluhu. Mezi slabiny se řadí citlivost na hydrataci, nedávnou fyzickou aktivitu nebo tělesnou pozici měřeného, potřeba údajů jako věk, pohlaví a etnicita pro výpočet, nezvalidované rovnice pro jedince s extrémním BMI a i rozdílnost mezi jednotlivými přístroji (Buckinx et al., 2018). Měření ovlivní i to, v jaké fázi menstruačního cyklu se nachází žena (Dehghan, 2008).

Mezi další spíše experimentální metody patří měření kreatininu. Tento metabolit kreatinu, organické látky nacházející se z 95 % ve svalech, je vylučován močí a přepočtem vychází 1 g kreatininu v moči na 17-22 kg svalové hmoty. Pro přesnější měření je žádoucí držet 1-2 týdny bezmasou dietu, jelikož příjem masa zvyšuje vylučování kreatininu. Elektromyografie pracuje na podobném principu jako BIA – měření elektrického odporu a reaktance, s důrazem na zjišťování funkčnosti svalu. Ultrazvukové vyšetření jako levná zobrazovací metoda s nulovou radiací dokáže určit tloušťku a strukturu povrchových svalů, a proto se očekává vyššího jeho používání pro hodnocení svalů v budoucnu. Mezi biomarkery lze využít sérové hodnoty propeptidu kolagenu typu III a kolagenu typu VI, které jsou významnou součástí extracelulární matrix příčně pruhovaného svalstva (Buckinx et al., 2018). Lze využít i antropometrických metod (obvod lýtky nebo paže) (Tosato et al., 2017), popř. podvodního vážení založeného na Archimédově zákoně – těleso ponořené do tekutiny je nadlehčováno silou rovnající se tíze tekutiny stejného objemu, jako je ponořená část tělesa (Francis, 1990).

Praktická část

6 Metodika

Pro účely výzkumu jsem si vytvořil studijní protokol (viz tato kapitola), abych podchytil účelnost a rizika, která mohou nastat díky intervenci a měření.

6.1 Design

Jednalo se o otevřenou intervenční studii se 3 rameny, kontrolní rameno bez intervence, rameno s proteinovou suplementací po rekreačně-sportovním výkonu a rameno s proteinovou suplementací konstantně jednou večer. V související korelační studii se u některých subjektů hlavní studie zjišťovala závislost mezi dietními vlivy na množství svalové hmoty. Výběr subjektů proběhl na základě dobrovolnosti a také dostupnosti. Vážení probíhalo pro daný subjekt vždy pro něj na stejném místě. U některých to bylo na jejich pracovišti, u jiných doma.

6.2 Benefit-risk profil

- Rizika studie vyplývala ze samotné intervence – příjmu bílkovinného přípravku, ale také z bioimpedančního vážení. Rizika z příjmu bílkovinného suplementu nejsou značná, jelikož se jedná o schválený potravní doplněk v nízkém dávkování, nižším než je doporučení na etiketě (desítky gramů i vícekrát denně) a trvajícím maximálně jeden měsíc. Samozřejmostí bylo vyloučení pacientů s ledvinnou nedostatečností až ledvinným selháním nebo jiným závažným onemocněním s nutností limitací bílkovin. Zařazení také nebyly zranitelné subjekty, děti a starší lidé. Rizika bioimpedančního vážení spočívají v možnosti ovlivnění kardiostimulátoru elektrickým výbojem váhy. Proto nebyli pacienti, kteří ho mají implantovaný, do studie zařazení. Pro minimalizaci šance na přenos kožních infekčních chorob byla váha po každém jednotlivém měření očištěna 80% alkoholovým dezinfekčním přípravkem.
- Výhody vyplývala z bedlivého sledování subjektu v průběhu studie a možného přínosu u subjektů, kteří ve stravě nepřijímají dostatek bílkovin.

6.3 Cíle (výzkumné otázky) a hodnocené parametry

- Primární
 - Vliv 28-denního podávání bílkovinných preparátů na množství svalové hmoty v závislosti na době podání a typu bílkoviny

(změna hmotnosti svalů v kg – minimum, maximum, aritmetický průměr, t-test)

- Sekundární
 - Vliv 28-denního podávání bílkovinných preparátů na celkovou hmotnost v závislosti na době podání a typu bílkoviny (změna celkové tělesné hmotnosti v kg – minimum, maximum, aritmetický průměr, t-test)
 - Vliv 28-denního podávání bílkovinných preparátů na výskyt nežádoucích příhod (zhoršení zdravotního stavu) v závislosti na době podání a typu bílkoviny (změna celkové tělesné hmotnosti a hmotnosti svalů v kg – minimum, maximum, aritmetický průměr, t-test)
 - Závislost příjmu vybraných živin a některých typů potravin na tělesnou hmotnost a složení (korelační studie – Pearsonův korelační koeficient a t-test mezi energetickým příjmem, příjmem bílkovin, živočišných bílkovin, rostlinných bílkovin, sacharidů, tuků, soli, vlákniny, ovoce, zeleniny, alkoholu a hmotností svalů, celkovou tělesnou hmotností a jejich poměru)

6.4 Studijní populace

- Zařazovací kritéria
 - 1 Věk 18 – 70 let.
 - 2 Svěprávnost.
 - 3 Dobrý zdravotní stav z pohledu zkoušejícího.
 - 4 Rekreační sportovec provozující rekreační aktivitu minimálně 3x týdně a maximálně 1x denně.
 - 5 Ochota dodržovat plán studie a pokyny zkoušejícího.
- Vyřazovací kritéria
 - 1 Ženy těhotné a kojící, nebo plánující otěhotnět.
 - 2 Osoby s kardiostimulátorem či jinými elektronickými zdravotními zařízeními, které mohou být ovlivněny nebo poškozeny při bioimpedančním měření.
 - 3 Přecitlivělost na bílkovinné doplňky a pomocné látky.
 - 4 Ledvinná nedostatečnost nebo selhání.
 - 5 Kovový implantát.
 - 6 Hmotnost nad 150 kg.

Kritéria byla stanovena za účelem zařazování zdravých, compliantních rekreačních sportovců, u kterých by nedošlo k biasům souvisejícím s těhotenstvím (změny v tělesném složení) nebo kovovým implantátem (změny ve vodivosti těla). Z hlediska bezpečnosti byli vyřazeni osoby přecitlivělé na bílkovinné suplementy, osoby s kardiostimulátorem (riziko interference při bioimpedanční analýze) a s ledvinovou nedostatečností (s ohledem na opatrnost s příjmem bílkovin obecně). Poslední kritérium pramení z maximálního limitu použité osobní váhy.

6.5 Zkoušená intervence

Proteinová suplementace byla dvojího druhu – sójová bílkovina GymBeam Soy Protein a protein syrovátkový TOPNATUR, které byly zastoupeny v poměru 1:1 (viz tabulka). Subjekty dle ramene za den užily 0 g (bez suplementace, bez fyzické aktivity), nebo 5 g (jednou večer, po rekreačním sportu). Délka suplementace trvala maximálně 4 týdny. Oba suplementy byly koncentráty s velmi podobným množstvím bílkoviny - sójová 86 g a syrovátková 80g (přepočteno na 1 čajovou lžičku o 5 g – 4,3 g sójové a 4,0 g syrovátkové bílkoviny).

Tabulka

rameno	sójová bílkovina	syrovátková bílkovina	bez suplementace	Celkem
bez suplementace	0 subjektů	0	9	9
po sportu	4	4	0	8
jednou večer	5	4	0	8
celkem	9	8	9	26

6.6 Způsob randomizace

Randomizace byla provedena přes webovou aplikaci Research Randomizer (www.randomizer.org), generátoru náhodných čísel, kde byl nastaven počet množin čísel „1“, počet čísel na množinu „1“, rozpětí čísel „1“ až „6“, jedinečnost čísla v množině „ne“, rozřídění generovaných čísel „ne“ a pro lepší přehlednost zobrazování čísel „Place Markers Off“. Čísla jsou generována pomocí komplexního algoritmu „Math.random“ metody v programovacím jazyku JavaScript využívající hodiny v počítači, pro naše účely dostačující. Generátory skutečně náhodných čísel jsou založené na radioaktivním rozpadu (Urbaniak a Plous, 2013). Tímto způsobem bylo vygenerováno číslo od 1 do 6, přičemž pro čísla 1 a 2 bylo určeno rameno bez suplementace, pro číslo 3 a 4 rameno s proteinovou suplementací po rekreační fyzické

aktivitě a pro 5 a 6 rameno s proteinovou suplementací jednou večer. Pro čísla 3 a 5 byl určen syrovátkový protein, pro čísla 4 a 6 sójový protein. Tímto způsobem bylo dosaženo stejné pravděpodobnosti zařazení do jednotlivých ramen 1:3 a v případě suplementace bílkovinou byla pravděpodobnost 1:2 přiřazení té dané bílkoviny. Pokud bylo dosaženo maximum pro danou větev (4 u daného čísla), bylo provedeno nové generování čísla, dokud nedošlo k zaplnění 4 subjekty 6 ramen. 25. a 26. subjekt byly následně zařazeny bez tohoto omezení a to tak, aby neskončily pod stejným číslem. Nakonec vždy 4 subjekty byly pod čísly 2-5 a 5 pod čísly 1 a 6.

6.7 Antikoncepce

Vzhledem k možnému zkreslení bioimpedančního měření těhotenstvím, které by mohlo nastat, je pro ženy schopných otěhotnění povinnost užívat některou z dostupných forem antikoncepce nebo se zdržet pohlavního styku, pokud je to v souladu s jejím životním stylem a to od prvního do posledního vážení. Není dovoleno vysazovat hormonální antikoncepci, která je dlouhodobě užívána, nebo ji začít užívat, pokud předtím nebyla užívána.

6.8 Kritéria pro předčasné ukončení intervence

- přání subjektu
- non-compliance subjektu
- zhoršení zdravotního stavu subjektu a jiné okolnosti dle zvážení zkoušejícího

I po předčasném ukončení podávání bílkovinného suplementu se subjekt nadále účastní měření. Ve studii však k takovému případu nedošlo.

6.9 Kritéria pro předčasné stažení subjektu ze studie

- přání subjektu
- non-compliance subjektu
- otěhotnění
- implantace kardiostimulátoru nebo kovového implantátu

Ve studii nebyl žádný subjekt předčasně stažen.

6.10 Průběh

Zjišťování vhodnosti zařazení konkrétního subjektu (zařazovací a vyřazovací kritéria) proběhla v den 0. Ještě ten den proběhla randomizace a první měření a subjekt byl požádán o záznam svého jídelníčku. V průběhu studie byly také zaznamenávány nežádoucí příhody (jakékoliv nepříznivé změny zdravotního stavu). Studie začala 22. února získáním souhlasu prvního subjektu a skončila 1. dubna 2022 posledním vážením posledního subjektu.

6.11 Provedení a metody sběru dat

Účastníci byli měřeni každý týden (každých 7 dní ± 1 den), ve stejný čas (± 3 hodiny), na stejném místě, za podobných podmínek stejnou osobní váhou Tanita BC 545 N, ve které se před samotným vážením nastavily hodnoty věku, výšky a pohlaví pro tu danou osobu. Po každém měření byly elektrody očištěny 80% alkoholovou dezinfekcí. U každé osoby byly do tabulky v Excelu a také na papír zapsány čísla skupiny po randomizaci, typ provozované rekreační aktivity a data ke každému měření: datum a čas vážení, jestli se subjekt stravoval nebo cvičil před vážením, věk, výška, hmotnost, BMI, množství tuku, množství vody, hmotnost svalů, typ postavy (dle množství svalů a tuku), hmotnost kostí, bazální energetický výdej, metabolický věk a viscerální tuk. Navzdory zaměření výzkumu na hmotnost celkovou a hmotnost svalů byly zaznamenávány ostatní hodnoty pro případ pozdějších zkoumání. Vyhodnocování poté probíhalo v programu LibreOffice Calc a pro vyhodnocování jídelníčků byl kromě této aplikace využit jako zdroj informací www.kaloricketabulky.cz, jelikož tento software patřil z nutričních veřejně dostupných softwarů k nejpřesnějším (Drapl, 2019).

6.12 Etické aspekty

Studie byla provedena v souladu s protokolem a s etickými principy ukotvenými v Helsinské deklaraci a s principy správné klinické praxe (GCP), stejně jako s českými zákony a vyhláškami, s Etickým kodexem Univerzity Karlovy a Etickým kodexem 1. lékařské fakulty Univerzity Karlovy.

6.13 Uchovávání záznamů o subjektech hodnocení

Veškeré záznamy byly uchovávány a bylo s nimi nakládáno v souladu s platnou legislativou České republiky, včetně Obecného nařízení o ochraně osobních údajů (GDPR).

7 Charakteristika souboru

Skupina č.1 a 2, tedy kontrolní rameno bez podávaného suplementu, zahrnovalo 9 lidí, 6 žen a 3 muže, ve věku od 31 do 63 let, se vstupní celkovou hmotností od 56,7 kg do 115,3 kg, aritmetickým průměrem 81,1 kg a vstupní hmotností svalů od 39,0 kg do 82,2 kg, průměrně 54,8 kg. Uváděné rekreační aktivity byly fotbal, běh (2x), zahradničení, fitnes cvičení, chůze (5x), kutilství, jóga (2x), Pilates.

Skupina č. 3 a 4, tedy rameno užívající sójovou nebo syrovátkovou bílkovinu po rekreační aktivitě, zahrnovalo 8 osob, 6 žen a 2 muže, ve věku 19 až 60 let, se vstupní celkovou hmotností od 50,7 kg do 83,8 kg, průměrně 65,2 kg a vstupní hmotností svalů od 38,1 kg do 71,1 kg, průměrně 47,9 kg. Uváděné rekreační aktivity zahrnovaly chůzi (5x), jógu (2x), plavání, běh, fitnes cvičení (3x), lyžování, běžkování (2x), kajak, silový trénink, plavání.

Skupina č.5 a 6, tedy rameno užívající sójovou nebo syrovátkovou bílkovinu jednou večer, zahrnovalo 9 subjektů, 6 žen a 3 muže, ve věku od 25 do 65 let a celkovou vstupní hmotností od 57,6 kg do 126,1 kg, průměrně 88,7 kg a hmotností svalů od 40,9 kg do 88,5 kg, průměrně 56,2 kg. Uváděné rekreační aktivity byly vysoko intenzivní intervalový trénink (HIIT), běh (2x), chůze (4x), plavání, zahradničení, venčení psa, volejbal, cyklistika, lyžování, běžkování, fitnes cvičení (3x), silový trénink (2x), jóga (2x), indoor lezení.

Skupina č.3 a 5, ve které se podávaly syrovátkové preparáty, zahrnovala 8 účastníků, 7 žen, 1 muže, ve věku od 25 do 65 let, s celkovou vstupní hmotností od 50,7 kg do 117,7 kg, průměrně 76,0 kg a hmotností svalů od 38,1 kg do 61,5 kg, průměrně 47,1 kg. Rekreačními aktivitami byly chůze (7x), jóga, plavání (2x), běh (2x), fitnes cvičení, lyžování, běžkování, vysoko intervalový trénink (HIIT), zahradničení, venčení psa.

Skupina č.4 a 6, ve které se podávaly sójové preparáty, zahrnovala 9 osob, 5 žen a 4 muže, ve věku od 19 do 60 let, s celkovou vstupní hmotností od 52,3 kg do 126,1 kg, průměrně 79,1 kg a hmotností svalů od 40,0 kg do 88,5 kg, průměrně 57,0 kg.

Rekreační aktivity této skupiny zahrnovaly chůzi (2x), jógu (3x), fitnes cvičení (4x), kajak, běžkování (2x), silový trénink (3x), plavání, volejbal, cyklistiku, lyžování, běh, indoor lezení.

8 Výsledky a statistické vyhodnocení

8.1 Skupiny č. 1+2, 3+4 a 5+6

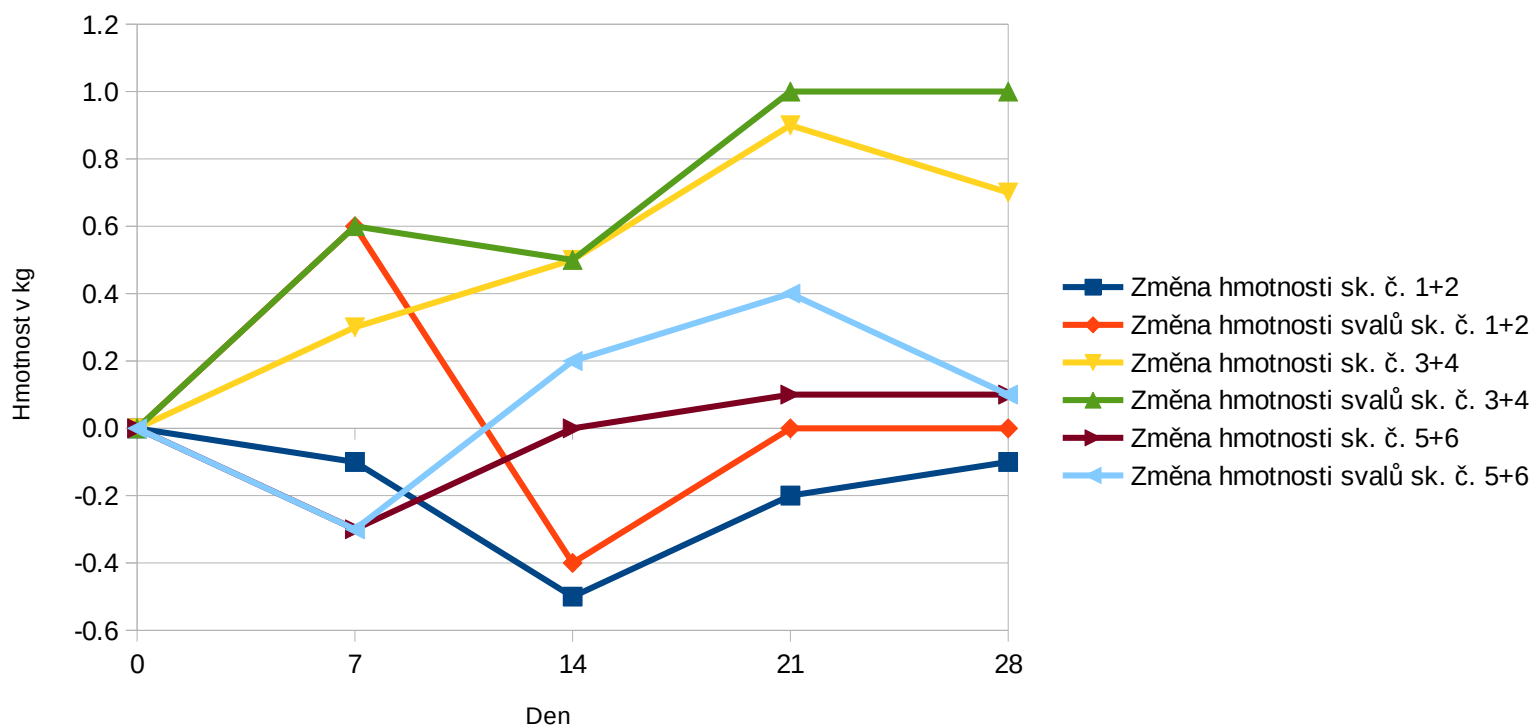
Hmotnosti celkové a hmotnosti svalů skupin č. 1+2, 3+4 a 5+6 přehledně zobrazuje Tabulka 1. Graf 1 zobrazuje změny hmotnosti. Největší změny hmotnosti svalů (+1,0 kg) i celkové tělesné hmotnosti (+0,7 kg) zaznamenala skupina 3+4 během měsíce.

Tabulka 1: Porovnání celkových tělesných hmotností a hmotností svalů skupin č. 1+2, 3+4 a 5+6 v průběhu studie

	Průměrná* celková hmotnost sk. č. 1+2	Průměrná* hmotnost svalů sk. č. 1+2	Průměrná* celková hmotnost sk. č. 3+4	Průměrná* hmotnost svalů sk. č. 3+4	Průměrná* celková hmotnost sk. č. 5+6	Průměrná* hmotnost svalů sk. č. 5+6
Den 0	81,1	54,8	65,2	47,9	88,7	56,2
Den 7	81,0	55,4	65,5	48,5	88,4	55,9
Den 14	80,6	54,4	65,7	48,4	88,7	56,4
Den 21	80,9	54,8	66,1	48,9	88,8	56,6
Den 28	81,0	54,8	65,9	48,9	88,8	56,3

*aritmetický průměr v kg

Graf 1: Porovnání změn celkových tělesných hmotností a hmotností svalů skupin č. 1+2, 3+4 a 5+6 v průběhu studie



8.1.1 Porovnání celkové tělesné hmotnosti sk. č. 1+2 t-testem

Párový t-test kontrolní skupiny 1+2 porovnával celkové tělesné hmotnosti účastníků na začátku v den 0 a na konci v den 28. Cílem bylo určit, že se hmotnosti kontrolní skupiny za tuto dobu významně nezměnily. Výsledky udává tabulka 2.

Tabulka 2: T-test: celkové hmotnosti sk. č. 1+2

Statistická veličina	Hmotnost den 0	Hmotnost den 28
Střední hodnota	81.12	80.97
Rozptyl	514.13	499.17
Pozorování	9	9
Pearsonův korelační koeficient	1	
Rozdíl středních hodnot	0.16	
Rozptyl rozdílů	2.27	
df	8	
t Stat	0.31	
P (T<=t) one-tail	0.38	
t Critical one-tail	1.86	
P (T<=t) two-tail	0.76	
t Critical two-tail	2.31	

$P(T \leq t)$ (two-tail) = 0.76 > $\alpha = 0,05$ === > nebylo možné zamítnout nulovou hypotézu, oba soubory se ve zkoumaném znaku nelišily. Co se týká rozdílu mezi celkovou hmotností v den 0 a v den 28 u skupiny č. 1+2, nebyl v tomto případě zjištěn statisticky významný rozdíl.

8.1.2 Porovnání hmotnosti svalů sk. č. 1+2 t-testem

Párový t-test kontrolní skupiny 1+2 porovnával hmotnosti svalů účastníků na začátku v den 0 a na konci v den 28. Cílem bylo určit, že se hmotnosti svalů skupiny za tuto dobu významně nezměnily. Výsledky udává tabulka 3.

Tabulka 3: T-test: hmotnosti svalů sk. č. 1+2

Statistická veličina	Hmotnost den 0	Hmotnost den 28
Střední hodnota	54.84	54.76
Rozptyl	286.93	283.27
Pozorování	9	9
Pearsonův korelační koeficient	1	
Rozdíl středních hodnot	0.09	
Rozptyl rozdílů	1.51	
df	8	
t Stat	0.22	
P (T<=t) one-tail	0.42	
t Critical one-tail	1.86	
P (T<=t) two-tail	0.83	
t Critical two-tail	2.31	

$P(T \leq t)$ (two-tail) = 0.83 > $\alpha = 0,05$ === > nebylo možné zamítnout nulovou hypotézu, oba soubory se ve zkoumaném znaku nelišily. Co se týká rozdílu mezi hmotnostmi svalů v den 0 a v den 28 u skupiny č. 1+2, nebyl v tomto případě zjištěn statisticky významný rozdíl.

8.1.3 Porovnání celkové hmotnosti sk. č. 3+4 t-testem

Párový t-test skupiny 3+4 porovnával celkové hmotnosti účastníků na začátku v den 0 a na konci v den 28. Cílem bylo určit, zda se celkové hmotnosti skupiny za tuto dobu významně nezměnily. Výsledky udává tabulka 4.

Tabulka 4: T-test: celkové hmotnosti sk. č. 3+4

Statistická veličina	Hmotnost den 0	Hmotnost den 28
Střední hodnota	65.24	65.94
Rozptyl	159.71	168.33
Pozorování	8	8
Pearsonův korelační koeficient	1	
Rozdíl středních hodnot	-0.7	
Rozptyl rozdílů	0.54	
df	7	
t Stat	-2.7	
P (T<=t) one-tail	0.02	
t Critical one-tail	1.89	
P (T<=t) two-tail	0.03	
t Critical two-tail	2.36	

$P(T \leq t)$ (two-tail) = 0.03 < $\alpha = 0,05$ ==> zamítáme nulovou hypotézu, oba soubory se ve zkoumaném znaku lišily. Co se týká rozdílu mezi celkovou hmotností v den 0 a v den 28 u skupiny č. 1+2, byl v tomto případě zjištěn statisticky významný rozdíl.

8.1.4 Porovnání hmotnosti svalů sk. č. 3+4 t-testem

Párový t-test skupiny 3+4 porovnával hmotnosti svalů účastníků na začátku v den 0 a na konci v den 28. Cílem bylo určit, zda se hmotnosti svalů skupiny za tuto dobu významně nezměnily. Výsledky udává tabulka 5.

Tabulka 5: T-test: hmotnosti svalů sk. č. 3+4

Statistická veličina	Hmotnost den 0	Hmotnost den 28
Střední hodnota	47.93	48.91
Rozptyl	151.55	158.9
Pozorování	8	8
Pearsonův korelační koeficient	1	
Rozdíl středních hodnot	-0.99	
Rozptyl rozdílů	1.44	
df	7	
t Stat	-2.32	
P (T<=t) one-tail	0.03	
t Critical one-tail	1.89	
P (T<=t) two-tail	0.05	
t Critical two-tail	2.36	

$P(T \leq t)$ (two-tail) = 0.05 = α = 0,05 == > nelze zamítnout nulovou hypotézu, oba soubory se ve zkoumaném znaku nelišily. Co se týká rozdílu mezi hmotnostmi svalů v den 0 a v den 28 u skupiny č. 3+4, nebyl v tomto případě zjištěn statisticky významný rozdíl (hranice statistické významnosti).

8.1.5 Porovnání celkové hmotnosti sk. č. 5+6 t-testem

Párový t-test skupiny 5+6 porovnával celkové hmotnosti účastníků na začátku v den 0 a na konci v den 28. Cílem bylo určit, zda se celkové hmotnosti skupiny za tuto dobu významně nezměnily. Výsledky udává tabulka 6.

Tabulka 6: T-test: celkové hmotnosti sk. č. 5+6

Statistická veličina	Hmotnost den 0	Hmotnost den 28
Střední hodnota	88.68	88.76
Rozptyl	519.56	496.03
Pozorování	9	9
Pearsonův korelační koeficient	1	
Rozdíl středních hodnot	-0.08	
Rozptyl rozdílů	0.47	
df	8	
t Stat	-0.34	
P (T<=t) one-tail	0.37	
t Critical one-tail	1.86	
P (T<=t) two-tail	0.74	
t Critical two-tail	2.31	

$P(T \leq t)$ (two-tail) = 0.74 > $\alpha = 0,05$ === > nelze zamítnout nulovou hypotézu, oba soubory se ve zkoumaném znaku nelišily. Co se týká rozdílu mezi celkovou hmotností v den 0 a v den 28 u skupiny č. 5+6, nebyl v tomto případě zjištěn statisticky významný rozdíl.

8.1.6 Porovnání hmotnosti svalů sk. č. 5+6 t-testem

Párový t-test skupiny 5+6 porovnával hmotnosti svalů účastníků na začátku v den 0 a na konci v den 28. Cílem bylo určit, zda se hmotnosti svalů skupiny za tuto dobu významně nezměnily. Výsledky udává tabulka 7.

Tabulka 7: T-test: hmotnosti svalů sk. č. 5+6

Statistická veličina	Hmotnost den 0	Hmotnost den 28
Střední hodnota	56.22	56.3
Rozptyl	234.08	218
Pozorování	9	9
Pearsonův korelační koeficient	1	
Rozdíl středních hodnot	-0.08	
Rozptyl rozdílů	1.12	
df	8	
t Stat	-0.22	
P (T<=t) one-tail	0.42	
t Critical one-tail	1.86	
P (T<=t) two-tail	0.83	
t Critical two-tail	2.31	

$P(T \leq t)$ (two-tail) = 0.83 > $\alpha = 0,05$ == => nelze zamítnout nulovou hypotézu, oba soubory se ve zkoumaném znaku nelišily. Co se týká rozdílu mezi hmotnostmi svalů v den 0 a v den 28 u skupiny č. 5+6, nebyl v tomto případě zjištěn statisticky významný rozdíl.

8.2 Skupiny č. 1+2, 3+5 a 4+6

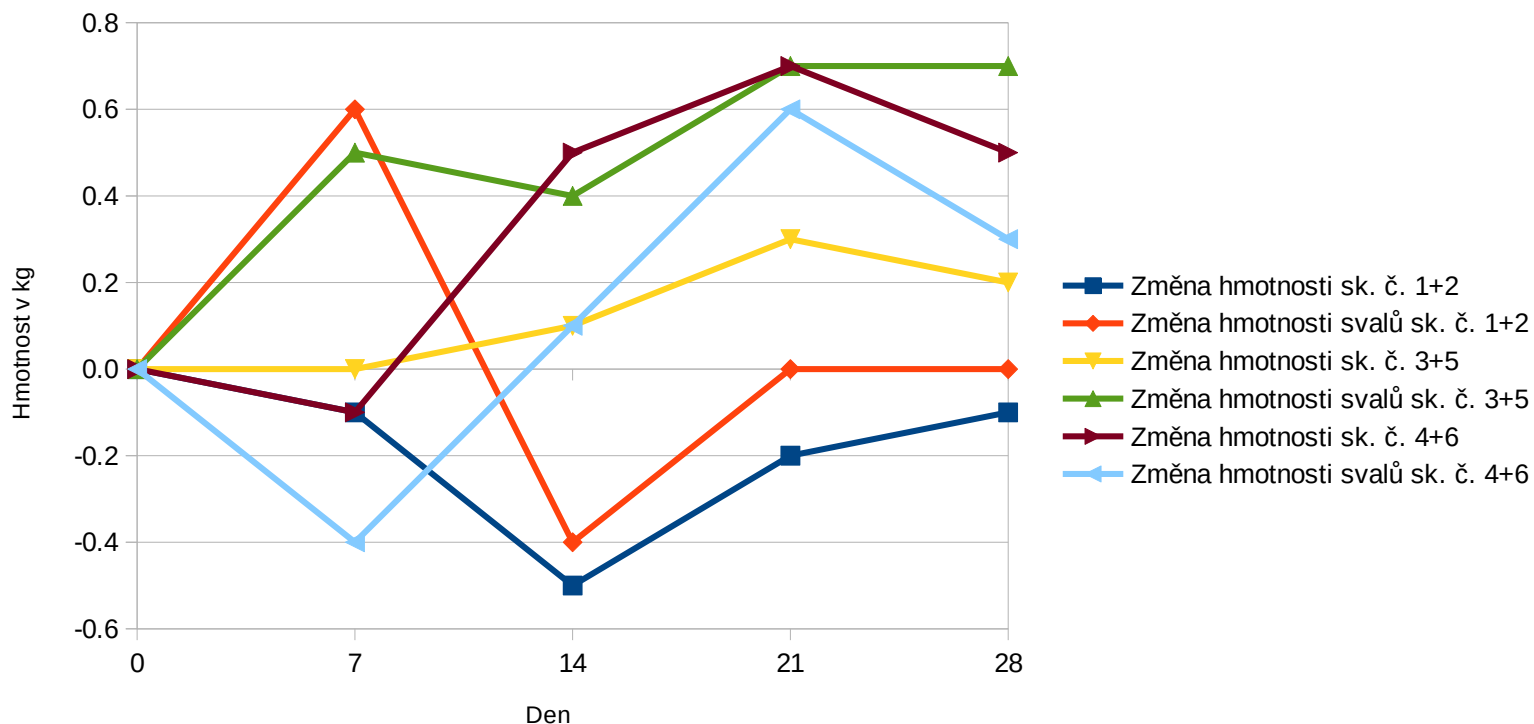
Hmotnosti celkové a hmotnosti svalů skupin č. 1+2, 3+5 a 4+6 přehledně zobrazuje Tabulka 8. Graf 2 zobrazuje změny hmotnosti.

Tabulka 8: Porovnání celkových tělesných hmotností a hmotností svalů skupin č. 1+2, 3+5 a 4+6 v průběhu studie

	Průměrná* celková hmotnost sk. č. 1+2	Průměrná* hmotnost svalů sk. č. 1+2	Průměrná* celková hmotnost sk. č. 3+5	Průměrná* hmotnost svalů sk. č. 3+5	Průměrná* celková hmotnost sk. č. 4+6	Průměrná* hmotnost svalů sk. č. 4+6
Den 0	81,1	54,8	76,0	47,1	79,1	57,0
Den 7	81,0	55,4	76,0	47,6	79,0	56,6
Den 14	80,6	54,4	76,1	47,5	79,6	57,1
Den 21	80,9	54,8	76,3	47,8	79,8	57,6
Den 28	81,0	54,8	76,2	47,8	79,6	57,3

*aritmetický průměr v kg

Graf 2: Porovnání změn celkových tělesných hmotností a hmotností svalů skupin č. 1+2, 3+5 a 4+6 v průběhu studie



8.2.1 Porovnání celkové hmotnosti sk. č. 3+5 t-testem

Párový t-test skupiny 3+5 porovnával celkové hmotnosti účastníků na začátku v den 0 a na konci v den 28. Cílem bylo určit, zda se celkové hmotnosti skupiny za tuto dobu významně nezměnily. Výsledky udává tabulka 9.

Tabulka 9: T-test: celkové hmotnosti sk. č. 3+5

Statistická veličina	Hmotnost den 0	Hmotnost den 28
Střední hodnota	76.04	76.23
Rozptyl	513.83	490.29
Pozorování	8	8
Pearsonův korelační koeficient	1	
Rozdíl středních hodnot	-0.19	
Rozptyl rozdílů	0.55	
df	7	
t Stat	-0.71	
P (T<=t) one-tail	0.25	
t Critical one-tail	1.89	
P (T<=t) two-tail	0.5	
t Critical two-tail	2.36	

$P(T \leq t)$ (two-tail) = 0.5 > $\alpha = 0,05$ === > nelze zamítnout nulovou hypotézu, oba soubory se ve zkoumaném znaku nelišily. Co se týká rozdílu mezi celkovou hmotností v den 0 a v den 28 u skupiny č. 3+5, nebyl v tomto případě zjištěn statisticky významný rozdíl.

8.2.2 Porovnání hmotnosti svalů sk. č. 3+5 t-testem

Párový t-test skupiny 3+5 porovnával hmotnosti svalů účastníků na začátku v den 0 a na konci v den 28. Cílem bylo určit, zda se hmotnosti svalů skupiny za tuto dobu významně nezměnily. Výsledky udává tabulka 10.

Tabulka 10: T-test: hmotnosti svalů sk. č. 3+5

Statistická veličina	Hmotnost den 0	Hmotnost den 28
Střední hodnota	47.08	47.79
Rozptyl	84.33	73.04
Pozorování	8	8
Pearsonův korelační koeficient	0.99	
Rozdíl středních hodnot	-0.71	
Rozptyl rozdílů	1.46	
df	7	
t Stat	-1.67	
P (T<=t) one-tail	0.07	
t Critical one-tail	1.89	
P (T<=t) two-tail	0.14	
t Critical two-tail	2.36	

$P(T \leq t)$ (two-tail) = 0.14 > $\alpha = 0,05$ == => nelze zamítnout nulovou hypotézu, oba soubory se ve zkoumaném znaku nelišily. Co se týká rozdílu mezi hmotnostmi svalů v den 0 a v den 28 u skupiny č. 3+5, nebyl v tomto případě zjištěn statisticky významný rozdíl.

8.2.3 Porovnání celkové hmotnosti sk. č. 4+6 t-testem

Párový t-test skupiny 4+6 porovnával celkové hmotnosti účastníků na začátku v den 0 a na konci v den 28. Cílem bylo určit, zda se celkové hmotnosti skupiny za tuto dobu významně nezměnily. Výsledky udává tabulka 11.

Tabulka 11: T-test: celkové hmotnosti sk. č. 4+6

Statistická veličina	Hmotnost den 0	Hmotnost den 28
Střední hodnota	79.08	79.61
Rozptyl	495.69	483.9
Pozorování	9	9
Pearsonův korelační koeficient	1	
Rozdíl středních hodnot	-0.53	
Rozptyl rozdílů	0.6	
df	8	
t Stat	-2.06	
P (T<=t) one-tail	0.04	
t Critical one-tail	1.86	
P (T<=t) two-tail	0.07	
t Critical two-tail	2.31	

$P(T \leq t)$ (two-tail) = 0.07 > $\alpha = 0,05$ === > nelze zamítnout nulovou hypotézu, oba soubory se ve zkoumaném znaku nelišily. Co se týká rozdílu mezi celkovou hmotností v den 0 a v den 28 u skupiny č. 4+6, nebyl v tomto případě zjištěn statisticky významný rozdíl.

8.2.4 Porovnání hmotnosti svalů sk. č. 4+6 t-testem

Párový t-test skupiny 4+6 porovnával hmotnosti svalů účastníků na začátku v den 0 a na konci v den 28. Cílem bylo určit, zda se hmotnosti svalů skupiny za tuto dobu významně nezměnily. Výsledky udává tabulka 12.

Tabulka 12: T-test: hmotnosti svalů sk. č. 4+6

Statistická veličina	Hmotnost den 0	Hmotnost den 28
Střední hodnota	56.98	57.3
Rozptyl	277.43	274.12
Pozorování	9	9
Pearsonův korelační koeficient	1	
Rozdíl středních hodnot	-0.32	
Rozptyl rozdílů	1.46	
df	8	
t Stat	-0.8	
P (T<=t) one-tail	0.22	
t Critical one-tail	1.86	
P (T<=t) two-tail	0.45	
t Critical two-tail	2.31	

$P(T \leq t)$ (two-tail) = 0.45 > $\alpha = 0,05$ == => nelze zamítnout nulovou hypotézu, oba soubory se ve zkoumaném znaku nelišily. Co se týká rozdílu mezi hmotnostmi svalů v den 0 a v den 28 u skupiny č. 4+6, nebyl v tomto případě zjištěn statisticky významný rozdíl.

8.3 Celková hmotnost jednotlivých skupin

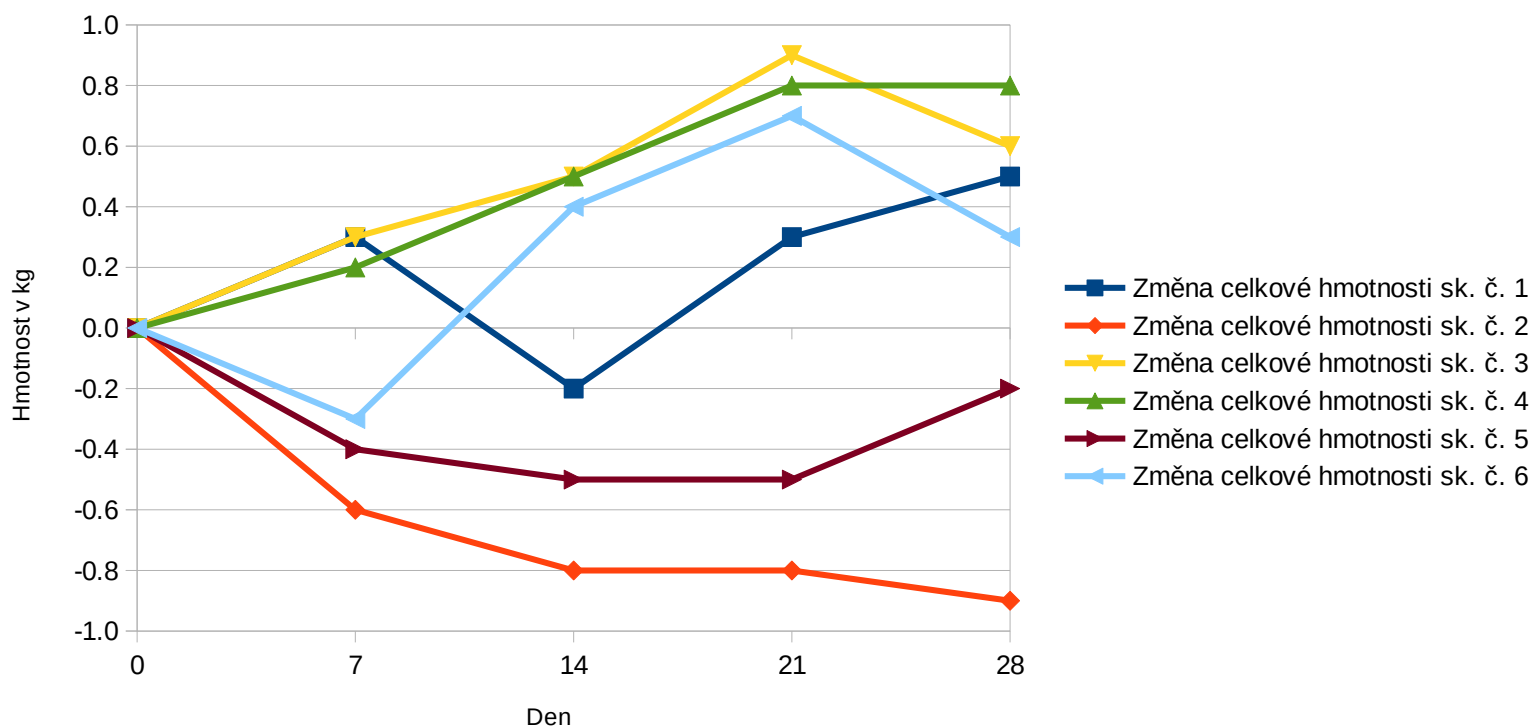
Celkové hmotnosti jednotlivých skupin č. 1, 2, 3, 4, 5 a 6 přehledně zobrazuje Tabulka 13. Graf 3 zobrazuje změny hmotnosti. Vzhledem ke zjištěné statistické významnosti skupiny 3+4 ve změně celkové hmotnosti byly provedeny t-testy zvlášť pro skupiny 3 a 4 ve změně celkové hmotnosti.

Tabulka 13: Porovnání celkových tělesných hmotností jednotlivých skupin v průběhu studie

	Průměrná* celková hmotnost sk. č. 1	Průměrná* celková hmotnost sk. č. 2	Průměrná* celková hmotnost sk. č. 3	Průměrná* celková hmotnost sk. č. 4	Průměrná* celková hmotnost sk. č. 5	Průměrná* celková hmotnost sk. č. 6
Den 0	81,6	80,5	59,0	71,5	93,1	85,2
Den 7	81,9	79,9	59,3	71,7	92,7	84,9
Den 14	81,4	79,7	59,5	72,0	92,6	85,6
Den 21	81,9	79,7	59,9	72,3	92,6	85,9
Den 28	82,1	79,6	59,6	72,3	92,9	85,5

*aritmetický průměr v kg

Graf 3: Porovnání změn celkových tělesných hmotností jednotlivých skupin v průběhu studie



8.3.1 Porovnání celkové hmotnosti sk. č. 3 t-testem

Párový t-test skupiny 3 porovnával celkové hmotnosti účastníků na začátku v den 0 a na konci v den 28. Cílem bylo určit, zda se celkové hmotnosti skupiny za tuto dobu významně nezměnily. Výsledky udává tabulka 14.

Tabulka 14: T-test: celkové hmotnosti sk. č. 3

Statistická veličina	Hmotnost den 0	Hmotnost den 28
Střední hodnota	59.03	59.6
Rozptyl	68.41	65.77
Pozorování	4	4
Pearsonův korelační koeficient	1	
Rozdíl středních hodnot	-0.57	
Rozptyl rozdílů	0.32	
df	3	
t Stat	-2.03	
P (T<=t) one-tail	0.07	
t Critical one-tail	2.35	
P (T<=t) two-tail	0.14	
t Critical two-tail	3.18	

$P(T \leq t)$ (two-tail) = 0.14 > $\alpha = 0,05$ ==> nelze zamítnout nulovou hypotézu, oba soubory se ve zkoumaném znaku nelišily. Co se týká rozdílu mezi celkovou hmotností v den 0 a v den 28 u skupiny č. 3, nebyl v tomto případě zjištěn statisticky významný rozdíl.

8.3.2 Porovnání celkové hmotnosti sk. č. 4 t-testem

Párový t-test skupiny 4 porovnával celkové hmotnosti účastníků na začátku v den 0 a na konci v den 28. Cílem bylo určit, zda se celkové hmotnosti skupiny za tuto dobu významně nezměnily. Výsledky udává tabulka 15.

Tabulka 15: T-test: celkové hmotnosti sk. č. 4

Statistická veličina	Hmotnost den 0	Hmotnost den 28
Střední hodnota	71.45	72.28
Rozptyl	201.32	219.91
Pozorování	4	4
Pearsonův korelační koeficient	1	
Rozdíl středních hodnot	-0.83	
Rozptyl rozdílů	0.89	
df	3	
t Stat	-1.75	
P (T<=t) one-tail	0.09	
t Critical one-tail	2.35	
P (T<=t) two-tail	0.18	
t Critical two-tail	3.18	

$P(T \leq t)$ (two-tail) = 0.18 > $\alpha = 0,05$ == => nelze zamítnout nulovou hypotézu, oba soubory se ve zkoumaném znaku nelišily. Co se týká rozdílu mezi celkovou hmotností v den 0 a v den 28 u skupiny č. 4, nebyl v tomto případě zjištěn statisticky významný rozdíl.

8.4 Hmotnost svalů jednotlivých skupin

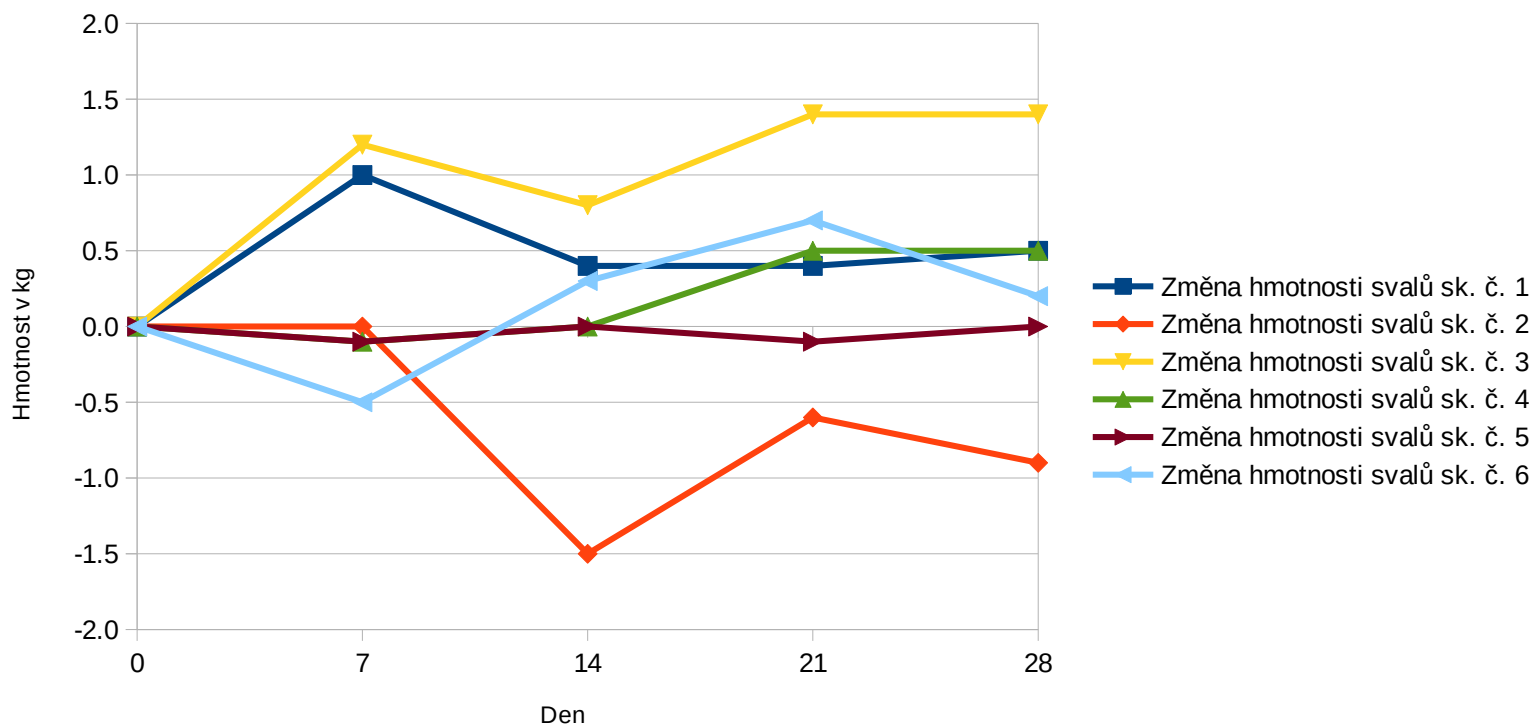
Hmotnosti svalů jednotlivých skupin č. 1, 2, 3, 4, 5 a 6 přehledně zobrazuje Tabulka 16. Graf 4 zobrazuje změny hmotnosti. Vzhledem ke zjištěné hraniční statistické nevýznamnosti skupiny 3+4 ve změně hmotnosti svalů byly provedeny t-testy zvlášť pro skupiny 3 a 4 ve změně hmotnosti svalů.

Tabulka 16: Porovnání hmotností svalů jednotlivých skupin v průběhu studie

	Průměrná* hmotnost svalů sk. č. 1	Průměrná* hmotnost svalů sk. č. 2	Průměrná* hmotnost svalů sk. č. 3	Průměrná* hmotnost svalů sk. č. 4	Průměrná* hmotnost svalů sk. č. 5	Průměrná* hmotnost svalů sk. č. 6
Den 0	55,3	54,3	41,1	54,8	53,1	58,7
Den 7	56,3	54,3	42,3	54,7	53,0	58,2
Den 14	55,7	52,8	41,9	54,8	53,1	59,0
Den 21	55,7	53,7	42,5	55,3	53,0	59,4
Den 28	55,8	53,4	42,5	55,3	53,1	58,9

*aritmetický průměr v kg

Graf 4: Porovnání změn hmotností svalů jednotlivých skupin v průběhu studie



8.4.1 Porovnání hmotnosti svalů sk. č. 3 t-testem

Párový t-test skupiny 3 porovnával hmotnosti svalů účastníků na začátku v den 0 a na konci v den 28. Cílem bylo určit, zda se hmotnosti svalů skupiny za tuto dobu významně nezměnily. Výsledky udává tabulka 17.

Tabulka 17: T-test: hmotnosti svalů sk. č. 3

Statistická veličina	Hmotnost den 0	Hmotnost den 28
Střední hodnota	41.05	42.5
Rozptyl	7.34	6.61
Pozorování	4	4
Pearsonův korelační koeficient	1	
Rozdíl středních hodnot	-1.45	
Rozptyl rozdílů	0.03	
df	3	
t Stat	-16.74	
P (T<=t) one-tail	0	
t Critical one-tail	2.35	
P (T<=t) two-tail	0	
t Critical two-tail	3.18	

$P(T \leq t)$ (two-tail) = 0.0005 < $\alpha = 0,05$ == => lze zamítnout nulovou hypotézu, oba soubory se ve zkoumaném znaku lišily. Co se týká rozdílu mezi hmotnostmi svalů v den 0 a v den 28 u skupiny č. 3, byl v tomto případě zjištěn statisticky významný rozdíl.

8.4.2 Porovnání hmotnosti svalů sk. č. 4 t-testem

Párový t-test skupiny 4 porovnával hmotnosti svalů účastníků na začátku v den 0 a na konci v den 28. Cílem bylo určit, zda se hmotnosti svalů skupiny za tuto dobu významně nezměnily. Výsledky udává tabulka 18.

Tabulka 18: T-test: hmotnosti svalů sk. č. 4

Statistická veličina	Hmotnost den 0	Hmotnost den 28
Střední hodnota	54.8	55.33
Rozptyl	220.23	254.5
Pozorování	4	4
Pearsonův korelační koeficient	1	
Rozdíl středních hodnot	-0.52	
Rozptyl rozdílů	2.77	
df	3	
t Stat	-0.63	
P (T<=t) one-tail	0.29	
t Critical one-tail	2.35	
P (T<=t) two-tail	0.57	
t Critical two-tail	3.18	

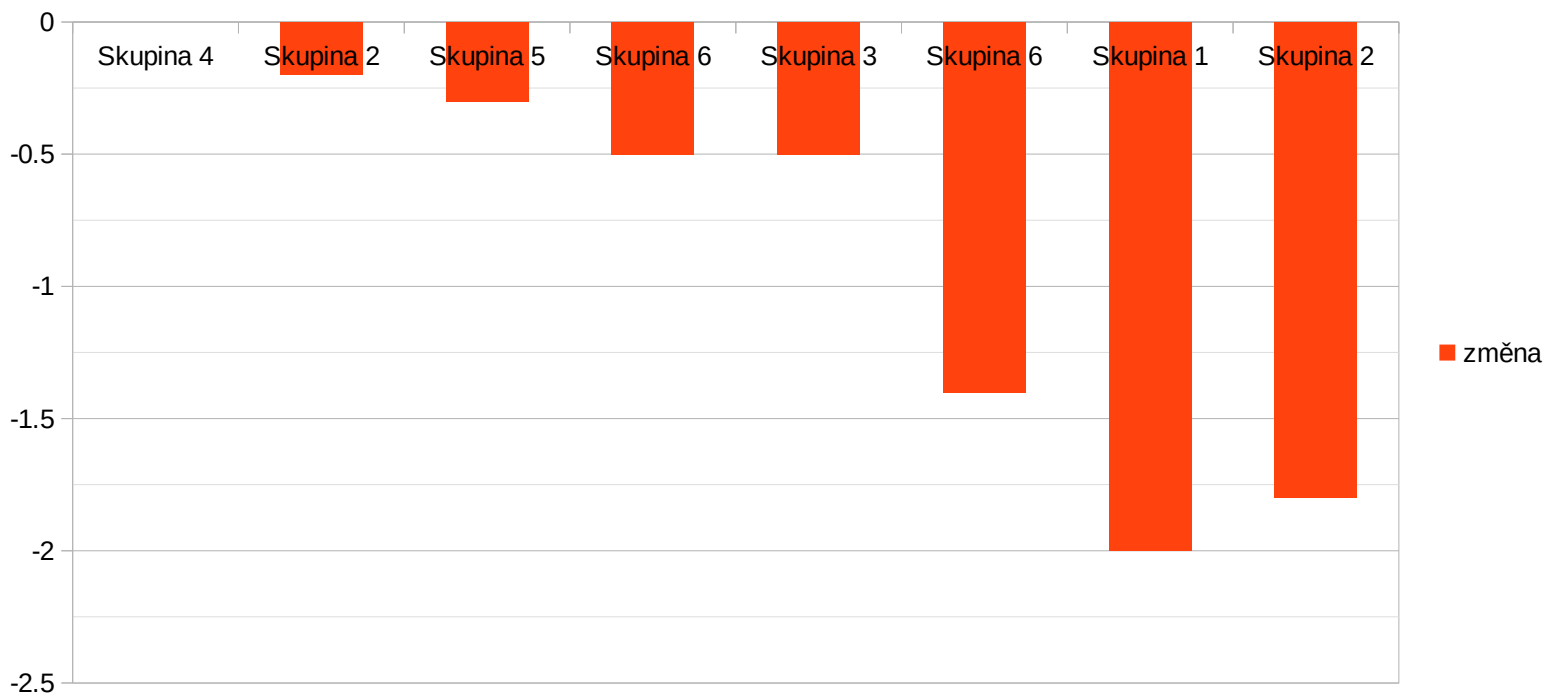
$P(T \leq t)$ (two-tail) = 0.57 > $\alpha = 0,05$ === > nelze zamítnout nulovou hypotézu, oba soubory se ve zkoumaném znaku nelišily. Co se týká rozdílu mezi hmotnostmi svalů v den 0 a v den 28 u skupiny č. 4, nebyl v tomto případě zjištěn statisticky významný rozdíl.

8.5 Výskyt nežádoucích příhod (AE)

V průběhu studie došlo k zaznamenání 8 nežádoucích příhod a to u 1 subjektu ze skupiny 1 ve 3. měření, u 2 subjektů skupiny 2, oba ve 3. měření, u 1 subjektu skupiny 3 ve 2. měření, u 1 subjektu skupiny 4 ve 3. měření, u 1 subjektu skupiny 5 ve 3. měření a u 2 subjektů skupiny 6, u jednoho ve 2. měření a u druhého v 5. měření. V kontrolní skupině 1+2 tedy šlo o 3 z 9 subjektů, ve skupině 3+4 onemocněly 2 z 8 subjektů, ve skupině 3+5 také 2 z 8 subjektů, ve skupině 4+6 onemocněly 3 z 9 subjektů a u skupiny 5+6 také 3 z 9 subjektů. U všech subjektů, co užívaly protein, to bylo 5 ze 17. Nežádoucí příhody tedy zřejmě neměly žádnou souvislost s intervencí. U 4 subjektů šlo o respirační onemocnění typu běžného nachlazení, u 1 subjektu proběhlo respirační onemocnění Covid-19 s lehkým symptomatickým průběhem a 3 subjekty trpěly gastroenteritidou s nauzeou a diareou. Vše odeznělo během krátké doby (3-9) dní bez vlivu na harmonogram měření. Výsledky měření celkové tělesné

hmotnosti před nežádoucí příhodou a po ní znázorňuje Graf 5. Výsledky měření hmotnosti svalů před nežádoucí příhodou a po ní znázorňuje Graf 6.

Graf 5: Porovnání změn celkové tělesné hmotnosti před a po nežádoucí příhodě (první 4 pruhy znázorňují 4 subjekty s nachlazením, pátý je covidový případ a poslední 3 znázorňují případy gastroenteritidy)



8.5.1 Porovnání celkové hmotnosti t-testem

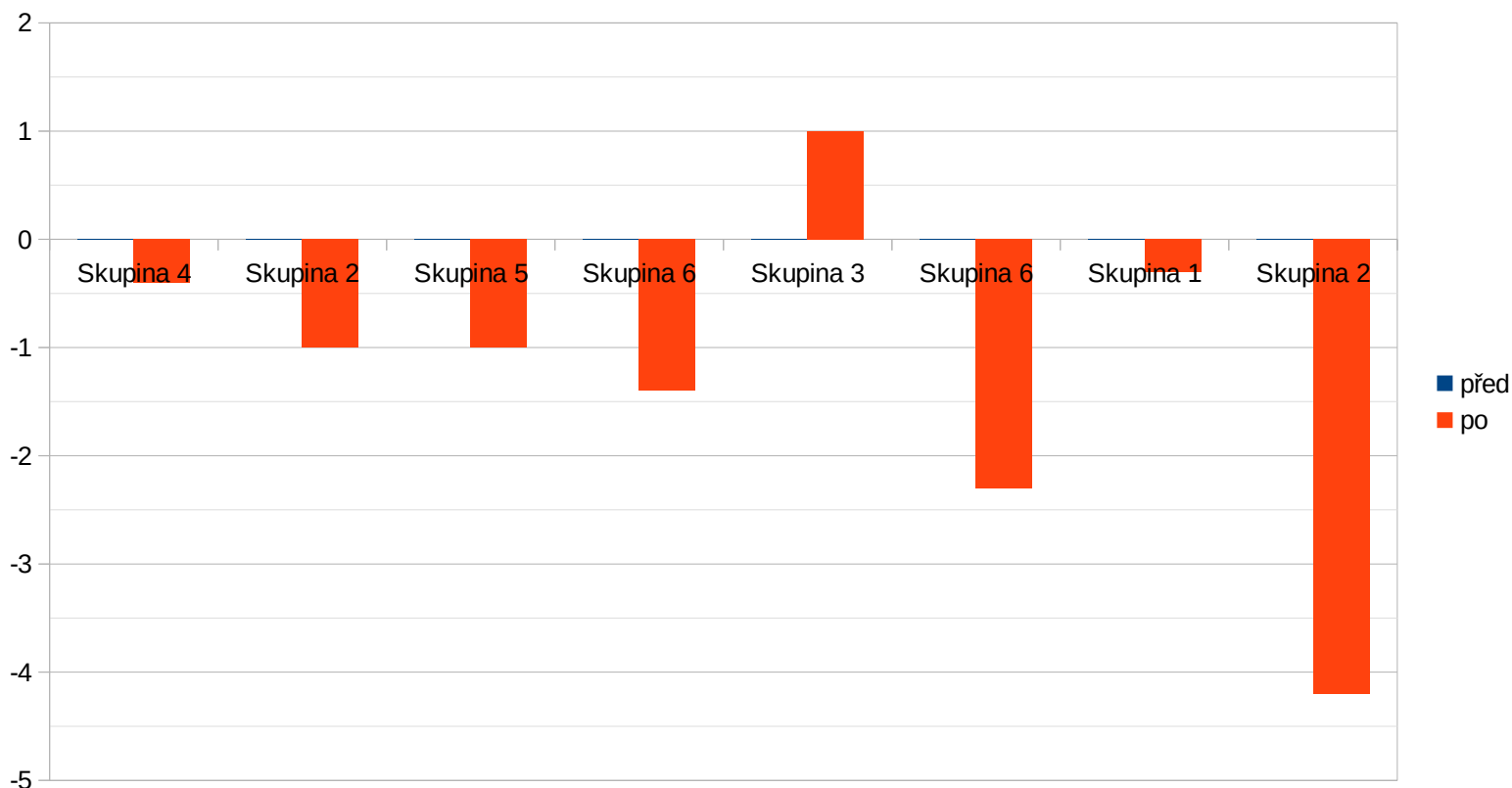
Párový t-test porovnával celkové hmotnosti účastníků před nežádoucí příhodou a po ní. Cílem bylo určit, zda se celkové hmotnosti skupiny za tuto dobu významně nezměnily. Výsledky udává tabulka 19.

Tabulka 19: T-test: celkové hmotnosti před a po AE

Statistická veličina	před AE	po AE
Střední hodnota	81.53	80.69
Rozptyl	739.18	724.99
Pozorování	8	8
Pearsonův korelační koeficient	1	
Rozdíl středních hodnot	0.84	
Rozptyl rozdílů	0.6	
df	7	
t Stat	3.05	
P (T<=t) one-tail	0.01	
t Critical one-tail	1.89	
P (T<=t) two-tail	0.02	
t Critical two-tail	2.36	

$P(T \leq t)$ (two-tail) = 0.02 < $\alpha = 0,05$ ==> lze zamítnout nulovou hypotézu, oba soubory se ve zkoumaném znaku lišily. Co se týká rozdílu mezi celkovou hmotností před a po nežádoucí příhodě u subjektů, byl v tomto případě zjištěn statisticky významný rozdíl.

Graf 6: Porovnání změn hmotnosti svalů před a po nežádoucí příhodě (první 4 pruhy znázorňují 4 subjekty s nachlazením, pátý je covidový případ a poslední 3 znázorňují případy gastroenteritidy)



8.5.2 Porovnání hmotnosti svalů t-testem

Párový t-test porovnával hmotnosti svalů účastníků před nežádoucí příhodou a po ní. Cílem bylo určit, zda se hmotnosti svalů skupiny za tuto dobu významně nezměnily. Výsledky udává tabulka 20.

Tabulka 20: T-test: hmotnosti svalů před a po AE

Statistická veličina	před AE	po AE
Střední hodnota	55.85	54.65
Rozptyl	390.43	344.57
Pozorování	8	8
Pearsonův korelační koeficient	1	
Rozdíl středních hodnot	1.2	
Rozptyl rozdílů	2.37	
df	7	
t Stat	2.2	
P (T<=t) one-tail	0.03	
t Critical one-tail	1.89	
P (T<=t) two-tail	0.06	
t Critical two-tail	2.36	

$P(T \leq t)$ (two-tail) = 0.06 > $\alpha = 0,05$ == => nelze zamítnout nulovou hypotézu, oba soubory se ve zkoumaném znaku nelišily. Co se týká rozdílu mezi hmotnostmi svalů před a po nežádoucí příhodě u subjektů, nebyl v tomto případě zjištěn statisticky významný rozdíl.

8.5.3 Porovnání hmotnosti svalů necovidových subjektů t-testem

Párový t-test porovnával hmotnosti svalů účastníků před nežádoucí příhodou (s vynecháním subjektu s Covidem-19) a po ní. Cílem bylo určit, zda se hmotnosti svalů skupiny za tuto dobu významně nezměnily. Výsledky udává tabulka 21.

Tabulka 21: T-test: hmotnosti svalů necovidových subjektů před a po AE

Statistická veličina	před AE	po AE
Střední hodnota	58.11	56.6
Rozptyl	407.64	366.51
Pozorování	7	7
Pearsonův korelační koeficient	1	
Rozdíl středních hodnot	1.51	
Rozptyl rozdílů	1.85	
df	6	
t Stat	2.95	
P (T<=t) one-tail	0.01	
t Critical one-tail	1.94	
P (T<=t) two-tail	0.03	
t Critical two-tail	2.45	

$P(T \leq t)$ (two-tail) = 0.03 < $\alpha = 0,05$ ==> lze zamítnout nulovou hypotézu, oba soubory se ve zkoumaném znaku lišily. Co se týká rozdílu mezi hmotnostmi svalů před a po nežádoucí necovidové příhodě u subjektů, byl v tomto případě zjištěn statisticky významný rozdíl.

8.6 Korelační studie

Po vyhodnocení jídelníčků 9 subjektů, 8 žen a 1 muže, za 3 všední a 1 víkendový den byly u každého jedince výsledné hodnoty zprůměrovány (aritmetickým průměrem), aby odrážely přibližný stravovací den daného subjektu. Dané průměry byly využity pro hledání síly závislosti - Pearsonova korelačního koeficientu ρ mezi nutričními hodnotami a hmotností svalů, celkovou a jejich poměru – viz tabulka 22.

Tabulka 22: Pearsonův korelační koeficient ρ mezi nutričními hodnotami a hmotností svalů, celkovou a jejich poměru

	CTH*		svaly**		sv/CTH***
CTH*	1	svaly**	1	sv/CTH***	1
svaly**	0.82	CTH*	0.82	alkohol	0.34
zelenina	0.72	zelenina	0.49	živočišné bílk.	0.32
tuky	0.36	Energ. příjem	0.46	sacharidy	0.31
Energ. příjem	0.27	sacharidy	0.4	bílkoviny	0.21
sůl	0.19	sůl	0.38	ovoce	0.17
bílkoviny	0.16	bílkoviny	0.36	Energ. příjem	0.14
rostlinné bílk.	0.14	živočišné bílk.	0.28	sůl	0.09
sacharidy	0.11	rostlinné bílk.	0.18	vláknina	0.08
živočišné bílk.	0.09	tuky	0.11	rostlinné bílk.	-0.12
vláknina	-0.1	vláknina	-0.01	svaly**	-0.17
ovoce	-0.25	sv/CTH***	-0.17	tuky	-0.48
alkohol	-0.3	ovoce	-0.18	zelenina	-0.64
sv/CTH***	-0.68	alkohol	-0.22	CTH*	-0.68

*celková tělesná hmotnost **hmotnost svalů ***poměr hmotnost svalů/celková hmotnost

8.6.1 Testování korelace zkonsumované zeleniny a celkové tělesné hmotnosti t-testem

Párový t-test porovnával hmotnosti zkonsumované zeleniny a celkové tělesné hmotnosti subjektů. Cílem bylo určit, zda je koeficient korelace statisticky významný. Výsledky udává tabulka 23.

Tabulka 23: T-test: hmotnost zkonsumované zeleniny a celková tělesná hmotnost

Statistická veličina	hmotnost zeleniny	celková tělesná hmotnost
Střední hodnota	148.91	73.18
Rozptyl	18206.42	360.61
Pozorování	9	9
Pearsonův korelační koeficient	0.72	
Rozdíl středních hodnot	75.73	
Rozptyl rozdílů	14857.1	
df	8	
t Stat	1.86	
P (T<=t) one-tail	0.05	
t Critical one-tail	1.86	
P (T<=t) two-tail	0.1	
t Critical two-tail	2.31	

$P(T \leq t)$ (two-tail) = 0.1 > $\alpha = 0,05$ === > lze zamítnout nulovou hypotézu, Pearsonův korelační koeficient vyšel jako statisticky nevýznamný.

8.6.2 Testování korelace zkonsumovaných tuků a celkové tělesné hmotnosti t-testem

Párový t-test porovnával hmotnosti zkonsumované zeleniny a celkové tělesné hmotnosti subjektů. Cílem bylo určit, zda je koeficient korelace statisticky významný. Výsledky udává tabulka 24.

Tabulka 24: T-test: hmotnost zkonsumovaných tuků a celková tělesná hmotnost

Statistická veličina	hmotnost tuků	celková tělesná hmotnost
Střední hodnota	61.67	73.18
Rozptyl	270.04	360.61
Pozorování	9	9
Pearsonův korelační koeficient	0.36	
Rozdíl středních hodnot	-11.51	
Rozptyl rozdílů	406.55	
df	8	
t Stat	-1.71	
P (T<=t) one-tail	0.06	
t Critical one-tail	1.86	
P (T<=t) two-tail	0.13	
t Critical two-tail	2.31	

$P(T \leq t)$ (two-tail) = 0.13 > $\alpha = 0,05$ === > lze zamítnout nulovou hypotézu, Pearsonův korelační koeficient vyšel jako statisticky nevýznamný.

8.6.3 Testování korelace energetického příjmu a celkové tělesné hmotnosti t-testem

Párový t-test porovnával energetické příjmy a celkové tělesné hmotnosti subjektů. Cílem bylo určit, zda je koeficient korelace statisticky významný. Výsledky udává tabulka 25.

Tabulka 25: T-test: energetický příjem a celková tělesná hmotnost

Statistická veličina	energetický příjem	celková tělesná hmotnost
Střední hodnota	6860.33	73.18
Rozptyl	1436805.94	360.61
Pozorování	9	9
Pearsonův korelační koeficient	0.27	
Rozdíl středních hodnot	6787.16	
Rozptyl rozdílů	1425032.02	
df	8	
t Stat	17.06	
P (T<=t) one-tail	0	
t Critical one-tail	1.86	
P (T<=t) two-tail	0.0000001	
t Critical two-tail	2.31	

$P(T \leq t)$ (two-tail) = 0.0000001 < $\alpha = 0,05$ == => nelze zamítnout nulovou hypotézu, Pearsonův korelační koeficient vyšel jako statisticky významný.

8.6.4 Testování korelace hmotnosti přijaté soli a celkové tělesné hmotnosti t-testem

Párový t-test porovnával hmotnosti přijaté soli a celkové tělesné hmotnosti subjektů. Cílem bylo určit, zda je koeficient korelace statisticky významný. Výsledky udává tabulka 26.

Tabulka 26: T-test: hmotnost přijaté soli a celková tělesná hmotnost

Statistická veličina	hmotnost soli	celková tělesná hmotnost
Střední hodnota	4.82	73.18
Rozptyl	4.04	360.61
Pozorování	9	9
Pearsonův korelační koeficient	0.19	
Rozdíl středních hodnot	-68.36	
Rozptyl rozdílů	350.11	
df	8	
t Stat	-10.96	
P (T<=t) one-tail	0	
t Critical one-tail	1.86	
P (T<=t) two-tail	0.000004	
t Critical two-tail	2.31	

$P(T \leq t)$ (two-tail) = 0.000004 < $\alpha = 0,05$ === > nelze zamítnout nulovou hypotézu, Pearsonův korelační koeficient vyšel jako statisticky významný.

8.6.5 Testování korelace hmotnosti přijatých bílkovin a celkové tělesné hmotnosti t-testem

Párový t-test porovnával hmotnosti přijatých bílkovin a celkové tělesné hmotnosti subjektů. Cílem bylo určit, zda je koeficient korelace statisticky významný. Výsledky udává tabulka 27.

Tabulka 27: T-test: hmotnost přijatých bílkovin a celková tělesná hmotnost

Statistická veličina	hmotnost bílkovin	celková tělesná hmotnost
Střední hodnota	66.61	73.18
Rozptyl	360.47	360.61
Pozorování	9	9
Pearsonův korelační koeficient	0.16	
Rozdíl středních hodnot	-6.57	
Rozptyl rozdílů	606.19	
df	8	
t Stat	-0.8	
P (T<=t) one-tail	0.22	
t Critical one-tail	1.86	
P (T<=t) two-tail	0.45	
t Critical two-tail	2.31	

$P(T \leq t)$ (two-tail) = 0.45 > $\alpha = 0,05$ === > nelze zamítnout nulovou hypotézu, Pearsonův korelační koeficient nevyšel jako statisticky významný.

8.6.6 Testování korelace hmotnosti přijatých rostlinných bílkovin a celkové tělesné hmotnosti t-testem

Párový t-test porovnával hmotnosti přijatých rostlinných bílkovin a celkové tělesné hmotnosti subjektů. Cílem bylo určit, zda je koeficient korelace statisticky významný. Výsledky udává tabulka 28.

Tabulka 28: T-test: hmotnost přijatých rostlinných bílkovin a celková tělesná hmotnost

Statistická veličina	hmotnost rostlinných bílkovin	celková tělesná hmotnost
Střední hodnota	26.24	73.18
Rozptyl	96.6	360.61
Pozorování	9	9
Pearsonův korelační koeficient	0.14	
Rozdíl středních hodnot	-46.93	
Rozptyl rozdílů	405.81	
df	8	
t Stat	-6.99	
P (T<=t) one-tail	0	
t Critical one-tail	1.86	
P (T<=t) two-tail	0.0001	
t Critical two-tail	2.31	

$P(T \leq t)$ (two-tail) = 0.0001 < $\alpha = 0,05$ == => lze zamítnout nulovou hypotézu, Pearsonův korelační koeficient vyšel jako statisticky významný.

8.6.7 Testování korelace hmotnosti přijatých sacharidů a celkové tělesné hmotnosti t-testem

Párový t-test porovnával hmotnosti přijatých sacharidů a celkové tělesné hmotnosti subjektů. Cílem bylo určit, zda je koeficient korelace statisticky významný. Výsledky udává tabulka 29.

Tabulka 29: T-test: hmotnost přijatých sacharidů a celková tělesná hmotnost

Statistická veličina	hmotnost sacharidů	celková tělesná hmotnost
Střední hodnota	193.32	73.18
Rozptyl	3511.67	360.61
Pozorování	9	9
Pearsonův korelační koeficient	0.11	
Rozdíl středních hodnot	120.14	
Rozptyl rozdílů	3632.18	
df	8	
t Stat	5.98	
P (T<=t) one-tail	0	
t Critical one-tail	1.86	
P (T<=t) two-tail	0.0003	
t Critical two-tail	2.31	

$P(T \leq t)$ (two-tail) = 0.0003 < $\alpha = 0,05$ === > lze zamítnout nulovou hypotézu, Pearsonův korelační koeficient vyšel jako statisticky významný.

8.6.8 Testování korelace hmotnosti přijatých živočišných bílkovin a celkové tělesné hmotnosti t-testem

Párový t-test porovnával hmotnosti přijatých živočišných bílkovin a celkové tělesné hmotnosti subjektů. Cílem bylo určit, zda je koeficient korelace statisticky významný. Výsledky udává tabulka 30.

Tabulka 30: T-test: hmotnost přijatých živočišných bílkovin a celková tělesná hmotnost

Statistická veličina	hmotnost živočišných bílkovin	celková tělesná hmotnost
Sřední hodnota	37.81	73.18
Rozptyl	334.4	360.61
Pozorování	9	9
Pearsonův korelační koeficient	0.09	
Rozdíl středních hodnot	-35.37	
Rozptyl rozdílů	629.34	
df	8	
t Stat	-4.23	
P (T<=t) one-tail	0	
t Critical one-tail	1.86	
P (T<=t) two-tail	0.003	
t Critical two-tail	2.31	

$P(T \leq t)$ (two-tail) = 0.003 < α = 0,05 == => lze zamítnout nulovou hypotézu, Pearsonův korelační koeficient vyšel jako statisticky významný.

8.6.9 Testování korelace hmotnosti přijaté vlákniny a celkové tělesné hmotnosti t-testem

Párový t-test porovnával hmotnosti přijaté vlákniny a celkové tělesné hmotnosti subjektů. Cílem bylo určit, zda je koeficient korelace statisticky významný. Výsledky udává tabulka 31.

Tabulka 31: T-test: hmotnost přijaté vlákniny a celková tělesná hmotnost

Statistická veličina	hmotnost vlákniny	celková tělesná hmotnost
Střední hodnota	17.48	73.18
Rozptyl	81.04	360.61
Pozorování	9	9
Pearsonův korelační koeficient	-0.1	
Rozdíl středních hodnot	-55.7	
Rozptyl rozdílů	474.6	
df	8	
t Stat	-7.67	
P (T<=t) one-tail	0	
t Critical one-tail	1.86	
P (T<=t) two-tail	0.0001	
t Critical two-tail	2.31	

$P(T \leq t)$ (two-tail) = 0.0001 < $\alpha = 0,05$ === > lze zamítnout nulovou hypotézu, Pearsonův korelační koeficient vyšel jako statisticky významný.

8.6.10 Testování korelace hmotnosti přijatého ovoce a celkové tělesné hmotnosti t-testem

Párový t-test porovnával hmotnosti přijatého ovoce a celkové tělesné hmotnosti subjektů. Cílem bylo určit, zda je koeficient korelace statisticky významný. Výsledky udává tabulka 32.

Tabulka 32: T-test: hmotnost přijatého ovoce a celková tělesná hmotnost

Statistická veličina	hmotnost ovoce	celková tělesná hmotnost
Střední hodnota	91.53	73.18
Rozptyl	15248.88	360.61
Pozorování	9	9
Pearsonův korelační koeficient	-0.25	
Rozdíl středních hodnot	18.35	
Rozptyl rozdílů	16781.64	
df	8	
t Stat	0.42	
P (T<=t) one-tail	0.34	
t Critical one-tail	1.86	
P (T<=t) two-tail	0.68	
t Critical two-tail	2.31	

$P(T \leq t)$ (two-tail) = 0.68 > $\alpha = 0,05$ === > nelze zamítnout nulovou hypotézu, Pearsonův korelační koeficient nevyšel jako statisticky významný.

8.6.11 Testování korelace hmotnosti přijatého alkoholu a celkové tělesné hmotnosti t-testem

Párový t-test porovnával hmotnosti přijatého alkoholu a celkové tělesné hmotnosti subjektů. Cílem bylo určit, zda je koeficient korelace statisticky významný. Výsledky udává tabulka 33.

Tabulka 33: T-test: hmotnost přijatého alkoholu a celková tělesná hmotnost

Statistická veličina	hmotnost alkoholu	celková tělesná hmotnost
Střední hodnota	0.02	73.18
Rozptyl	0	360.61
Pozorování	9	9
Pearsonův korelační koeficient	-0.3	
Rozdíl středních hodnot	-73.15	
Rozptyl rozdílů	361.16	
df	8	
t Stat	-11.55	
P (T<=t) one-tail	0	
t Critical one-tail	1.86	
P (T<=t) two-tail	0.000003	
t Critical two-tail	2.31	

$P(T \leq t)$ (two-tail) = 0.000003 < $\alpha = 0,05$ === > lze zamítnout nulovou hypotézu, Pearsonův korelační koeficient vyšel jako statisticky významný.

8.6.12 Testování korelace hmotnosti přijaté zeleniny a hmotnosti svalů t-testem

Párový t-test porovnával hmotnosti přijaté zeleniny a hmotnosti svalů subjektů. Cílem bylo určit, zda je koeficient korelace statisticky významný. Výsledky udává tabulka 34.

Tabulka 34: T-test: hmotnost přijatého zeleniny a hmotnost svalů

Statistická veličina	hmotnost zeleniny	hmotnost svalů
Střední hodnota	148.91	48.16
Rozptyl	18206.42	75.58
Pozorování	9	9
Pearsonův korelační koeficient	0.49	
Rozdíl středních hodnot	100.76	
Rozptyl rozdílů	17140.35	
df	8	
t Stat	2.31	
P (T<=t) one-tail	0.02	
t Critical one-tail	1.86	
P (T<=t) two-tail	0.0498	
t Critical two-tail	2.31	

$P(T \leq t)$ (two-tail) = 0.0498 < $\alpha = 0,05$ === > lze zamítnout nulovou hypotézu, Pearsonův korelační koeficient vyšel jako statisticky významný.

8.6.13 Testování korelace energetického příjmu a hmotnosti svalů t-testem

Párový t-test porovnával energetické příjmy a hmotnosti svalů subjektů. Cílem bylo určit, zda je koeficient korelace statisticky významný. Výsledky udává tabulka 35.

Tabulka 35: T-test: energetický příjem a hmotnost svalů

Statistická veličina	energetický příjem	hmotnost svalů
Střední hodnota	6860.33	48.16
Rozptyl	1436805.94	75.58
Pozorování	9	9
Pearsonův korelační koeficient	0.46	
Rozdíl středních hodnot	6812.18	
Rozptyl rozdílů	1427346.68	
df	8	
t Stat	17.11	
P (T<=t) one-tail	0	
t Critical one-tail	1.86	
P (T<=t) two-tail	0.0000001	
t Critical two-tail	2.31	

$P(T \leq t)$ (two-tail) = 0.0000001 < $\alpha = 0,05$ == => lze zamítnout nulovou hypotézu, Pearsonův korelační koeficient vyšel jako statisticky významný.

8.6.14 Testování korelace příjmu sacharidů a hmotnosti svalů t-testem

Párový t-test porovnával hmotnosti přijatých sacharidů a hmotnosti svalů subjektů. Cílem bylo určit, zda je koeficient korelace statisticky významný. Výsledky udává tabulka 36.

Tabulka 36: T-test: hmotnost přijatých sacharidů a hmotnost svalů

Statistická veličina	hmotnost sacharidů	hmotnost svalů
Střední hodnota	193.32	48.16
Rozptyl	3511.67	75.58
Pozorování	9	9
Pearsonův korelační koeficient	0.4	
Rozdíl středních hodnot	145.16	
Rozptyl rozdílů	3179.55	
df	8	
t Stat	7.72	
P (T<=t) one-tail	0	
t Critical one-tail	1.86	
P (T<=t) two-tail	0.0001	
t Critical two-tail	2.31	

$P(T \leq t)$ (two-tail) = 0.0001 < $\alpha = 0,05$ === > lze zamítnout nulovou hypotézu, Pearsonův korelační koeficient vyšel jako statisticky významný.

8.6.15 Testování korelace příjmu soli a hmotnosti svalů t-testem

Párový t-test porovnával hmotnosti přijaté soli a hmotnosti svalů subjektů. Cílem bylo určit, zda je koeficient korelace statisticky významný. Výsledky udává tabulka 37.

Tabulka 37: T-test: hmotnost přijaté soli a hmotnost svalů

Statistická veličina	hmotnost soli	hmotnost svalů
Střední hodnota	4.82	48.16
Rozptyl	4.04	75.58
Pozorování	9	9
Pearsonův korelační koeficient	0.38	
Rozdíl středních hodnot	-43.34	
Rozptyl rozdílů	66.33	
df	8	
t Stat	-15.96	
P (T<=t) one-tail	0	
t Critical one-tail	1.86	
P (T<=t) two-tail	0.0000002	
t Critical two-tail	2.31	

$P(T \leq t)$ (two-tail) = 0.0000002 < $\alpha = 0,05$ == => lze zamítnout nulovou hypotézu, Pearsonův korelační koeficient vyšel jako statisticky významný.

8.6.16 Testování korelace příjmu bílkovin a hmotnosti svalů t-testem

Párový t-test porovnával hmotnosti přijatých bílkovin a hmotnosti svalů subjektů. Cílem bylo určit, zda je koeficient korelace statisticky významný. Výsledky udává tabulka 38.

Tabulka 38: T-test: hmotnost přijatých bílkovin a hmotnost svalů

Statistická veličina	hmotnost bílkovin	hmotnost svalů
Střední hodnota	66.61	48.16
Rozptyl	360.47	75.58
Pozorování	9	9
Pearsonův korelační koeficient	0.36	
Rozdíl středních hodnot	18.45	
Rozptyl rozdílů	317.87	
df	8	
t Stat	3.11	
P (T<=t) one-tail	0.01	
t Critical one-tail	1.86	
P (T<=t) two-tail	0.01	
t Critical two-tail	2.31	

$P(T \leq t)$ (two-tail) = 0.01 < $\alpha = 0,05$ == => lze zamítnout nulovou hypotézu, Pearsonův korelační koeficient vyšel jako statisticky významný.

8.6.17 Testování korelace příjmu živočišných bílkovin a hmotnosti svalů t-testem

Párový t-test porovnával hmotnosti přijatých živočišných bílkovin a hmotnosti svalů subjektů. Cílem bylo určit, zda je koeficient korelace statisticky významný. Výsledky udává tabulka 39.

Tabulka 39: T-test: hmotnost přijatých živočišných bílkovin a hmotnost svalů

Statistická veličina	hmotnost živočišných bílkovin	hmotnost svalů
Střední hodnota	37.81	48.16
Rozptyl	334.4	75.58
Pozorování	9	9
Pearsonův korelační koeficient	0.28	
Rozdíl středních hodnot	-10.35	
Rozptyl rozdílů	319.51	
df	8	
t Stat	-1.74	
P (T<=t) one-tail	0.06	
t Critical one-tail	1.86	
P (T<=t) two-tail	0.12	
t Critical two-tail	2.31	

$P(T \leq t)$ (two-tail) = 0.12 > $\alpha = 0,05$ === > nelze zamítnout nulovou hypotézu, Pearsonův korelační koeficient nevyšel jako statisticky významný.

8.6.18 Testování korelace příjmu rostlinných bílkovin a hmotnosti svalů t-testem

Párový t-test porovnával hmotnosti přijatých rostlinných bílkovin a hmotnosti svalů subjektů. Cílem bylo určit, zda je koeficient korelace statisticky významný. Výsledky udává tabulka 40.

Tabulka 40: T-test: hmotnost přijatých rostlinných bílkovin a hmotnost svalů

Statistická veličina	hmotnost rostlinných bílkovin	hmotnost svalů
Střední hodnota	26.24	48.16
Rozptyl	96.6	75.58
Pozorování	9	9
Pearsonův korelační koeficient	0.18	
Rozdíl středních hodnot	-21.91	
Rozptyl rozdílů	140.7	
df	8	
t Stat	-5.54	
P (T<=t) one-tail	0	
t Critical one-tail	1.86	
P (T<=t) two-tail	0.001	
t Critical two-tail	2.31	

$P(T \leq t)$ (two-tail) = 0.001 < $\alpha = 0,05$ ==> lze zamítnout nulovou hypotézu, Pearsonův korelační koeficient vyšel jako statisticky významný.

8.6.19 Testování korelace příjmu tuků a hmotnosti svalů t-testem

Párový t-test porovnával hmotnosti přijatých tuků a hmotnosti svalů subjektů. Cílem bylo určit, zda je koeficient korelace statisticky významný. Výsledky udává tabulka 41.

Tabulka 41: T-test: hmotnost přijatých tuků a hmotnost svalů

Statistická veličina	hmotnost tuků	hmotnost svalů
Střední hodnota	61.67	48.16
Rozptyl	270.04	75.58
Pozorování	9	9
Pearsonův korelační koeficient	0.11	
Rozdíl středních hodnot	13.51	
Rozptyl rozdílů	314.78	
df	8	
t Stat	2.28	
P (T<=t) one-tail	0.03	
t Critical one-tail	1.86	
P (T<=t) two-tail	0.052	
t Critical two-tail	2.31	

$P(T \leq t)$ (two-tail) = 0.052 < $\alpha = 0,05$ == => nelze zamítnout nulovou hypotézu, Pearsonův korelační koeficient nevyšel jako statisticky významný (hraničně).

8.6.20 Testování korelace příjmu vlákniny a hmotnosti svalů t-testem

Párový t-test porovnával hmotnosti přijaté vlákniny a hmotnosti svalů subjektů. Cílem bylo určit, zda je koeficient korelace statisticky významný. Výsledky udává tabulka 42.

Tabulka 42: T-test: hmotnost přijaté vlákniny a hmotnost svalů

Statistická veličina	hmotnost vlákniny	hmotnost svalů
Střední hodnota	17.48	48.16
Rozptyl	81.04	75.58
Pozorování	9	9
Pearsonův korelační koeficient	-0.01	
Rozdíl středních hodnot	-30.68	
Rozptyl rozdílů	157.85	
df	8	
t Stat	-7.32	
P (T<=t) one-tail	0	
t Critical one-tail	1.86	
P (T<=t) two-tail	0.0001	
t Critical two-tail	2.31	

$P(T \leq t)$ (two-tail) = 0.0001 < $\alpha = 0,05$ === > lze zamítnout nulovou hypotézu, Pearsonův korelační koeficient vyšel jako statisticky významný.

8.6.21 Testování korelace příjmu ovoce a hmotnosti svalů t-testem

Párový t-test porovnával hmotnosti přijatého ovoce a hmotnosti svalů subjektů. Cílem bylo určit, zda je koeficient korelace statisticky významný. Výsledky udává tabulka 43.

Tabulka 43: T-test: hmotnost přijatého ovoce a hmotnost svalů

Statistická veličina	hmotnost ovoce	hmotnost svalů
Střední hodnota	91.53	48.16
Rozptyl	15248.88	75.58
Pozorování	9	9
Pearsonův korelační koeficient	-0.18	
Rozdíl středních hodnot	43.37	
Rozptyl rozdílů	15708.3	
df	8	
t Stat	1.04	
P (T<=t) one-tail	0.16	
t Critical one-tail	1.86	
P (T<=t) two-tail	0.33	
t Critical two-tail	2.31	

$P(T \leq t)$ (two-tail) = 0.33 > $\alpha = 0,05$ === > nelze zamítnout nulovou hypotézu, Pearsonův korelační koeficient nevyšel jako statisticky významný.

8.6.22 Testování korelace příjmu alkoholu a hmotnosti svalů t-testem

Párový t-test porovnával hmotnosti přijatého alkoholu a hmotnosti svalů subjektů. Cílem bylo určit, zda je koeficient korelace statisticky významný. Výsledky udává tabulka 44.

Tabulka 44: T-test: hmotnost přijatého alkoholu a hmotnost svalů

Statistická veličina	hmotnost alkoholu	hmotnost svalů
Střední hodnota	0.02	48.16
Rozptyl	0	75.58
Pozorování	9	9
Pearsonův korelační koeficient	-0.22	
Rozdíl středních hodnot	-48.13	
Rozptyl rozdílů	75.76	
df	8	
t Stat	-16.59	
P (T<=t) one-tail	0	
t Critical one-tail	1.86	
P (T<=t) two-tail	0.0000002	
t Critical two-tail	2.31	

$P(T \leq t)$ (two-tail) = 0.0000002 < $\alpha = 0,05$ === > lze zamítnout nulovou hypotézu, Pearsonův korelační koeficient vyšel jako statisticky významný.

8.6.23 Testování korelace příjmu alkoholu a poměru hmotnosti svalů a celkové tělesné hmotnosti t-testem

Párový t-test porovnával hmotnosti přijatého alkoholu a poměru hmotnosti svalů a celkové tělesné hmotnosti subjektů. Cílem bylo určit, zda je koeficient korelace statisticky významný. Výsledky udává tabulka 45.

Tabulka 45: T-test: hmotnost přijatého alkoholu a poměr hmotnosti svalů a celkové tělesné hmotnosti (CTH)

Statistická veličina	hmotnost alkoholu	hmotnost svalů/hmotnost CTH
Střední hodnota	0.02	0.67
Rozptyl	0	0.01
Pozorování	9	9
Pearsonův korelační koeficient	0.34	
Rozdíl středních hodnot	-0.65	
Rozptyl rozdílů	0.01	
df	8	
t Stat	-24.95	
P (T<=t) one-tail	0	
t Critical one-tail	1.86	
P (T<=t) two-tail	0.00000001	
t Critical two-tail	2.31	

$P(T \leq t)$ (two-tail) = 0.00000001 < $\alpha = 0,05$ === > lze zamítnout nulovou hypotézu, Pearsonův korelační koeficient vyšel jako statisticky významný.

8.6.24 Testování korelace příjmu živočišných bílkovin a poměru hmotnosti svalů a celkové tělesné hmotnosti t-testem

Párový t-test porovnával hmotnosti přijatých živočišných bílkovin a poměru hmotnosti svalů a celkové tělesné hmotnosti subjektů. Cílem bylo určit, zda je koeficient korelace statisticky významný. Výsledky udává tabulka 46.

Tabulka 46: T-test: hmotnost přijatých živočišných bílkovin a poměr hmotnosti svalů a celkové tělesné hmotnosti (CTH)

Statistická veličina	hmotnost živočišných bílkovin	hmotnost svalů/hmotnost CTH
Střední hodnota	37.81	0.67
Rozptyl	334.4	0.01
Pozorování	9	9
Pearsonův korelační koeficient	0.32	
Rozdíl středních hodnot	37.14	
Rozptyl rozdílů	333.48	
df	8	
t Stat	6.1	
P (T<=t) one-tail	0	
t Critical one-tail	1.86	
P (T<=t) two-tail	0.0003	
t Critical two-tail	2.31	

$P(T \leq t)$ (two-tail) = 0.0003 < α = 0,05 === > lze zamítnout nulovou hypotézu, Pearsonův korelační koeficient vyšel jako statisticky významný.

8.6.25 Testování korelace příjmu sacharidů a poměru hmotnosti svalů a celkové tělesné hmotnosti t-testem

Párový t-test porovnával hmotnosti přijatých sacharidů a poměru hmotnosti svalů a celkové tělesné hmotnosti subjektů. Cílem bylo určit, zda je koeficient korelace statisticky významný. Výsledky udává tabulka 47.

Tabulka 47: T-test: hmotnost přijatých sacharidů a poměr hmotnosti svalů a celkové tělesné hmotnosti (CTH)

Statistická veličina	hmotnost sacharidů	hmotnost svalů/hmotnost CTH
Střední hodnota	193.32	0.67
Rozptyl	3511.67	0.01
Pozorování	9	9
Pearsonův korelační koeficient	0.31	
Rozdíl středních hodnot	192.65	
Rozptyl rozdílů	3508.73	
df	8	
t Stat	9.76	
P (T<=t) one-tail	0	
t Critical one-tail	1.86	
P (T<=t) two-tail	0.00001	
t Critical two-tail	2.31	

$P(T \leq t)$ (two-tail) = 0.00001 < $\alpha = 0,05$ == => lze zamítnout nulovou hypotézu, Pearsonův korelační koeficient vyšel jako statisticky významný.

8.6.26 Testování korelace příjmu bílkovin a poměru hmotnosti svalů a celkové tělesné hmotnosti t-testem

Párový t-test porovnával hmotnosti přijatých bílkovin a poměru hmotnosti svalů a celkové tělesné hmotnosti subjektů. Cílem bylo určit, zda je koeficient korelace statisticky významný. Výsledky udává tabulka 48.

Tabulka 48: T-test: hmotnost přijatých bílkovin a poměr hmotnosti svalů a celkové tělesné hmotnosti (CTH)

Statistická veličina	hmotnost bílkovin	hmotnost svalů/hmotnost CTH
Střední hodnota	66.61	0.67
Rozptyl	360.47	0.01
Pozorování	9	9
Pearsonův korelační koeficient	0.21	
Rozdíl středních hodnot	65.94	
Rozptyl rozdílů	359.84	
df	8	
t Stat	10.43	
P (T<=t) one-tail	0	
t Critical one-tail	1.86	
P (T<=t) two-tail	0.00001	
t Critical two-tail	2.31	

$P(T \leq t)$ (two-tail) = 0.00001 < $\alpha = 0,05$ == => lze zamítnout nulovou hypotézu, Pearsonův korelační koeficient vyšel jako statisticky významný.

8.6.27 Testování korelace příjmu ovoce a poměru hmotnosti svalů a celkové tělesné hmotnosti t-testem

Párový t-test porovnával hmotnosti přijatého ovoce a poměru hmotnosti svalů a celkové tělesné hmotnosti subjektů. Cílem bylo určit, zda je koeficient korelace statisticky významný. Výsledky udává tabulka 49.

Tabulka 49: T-test: hmotnost přijatého ovoce a poměr hmotnosti svalů a celkové tělesné hmotnosti (CTH)

Statistická veličina	hmotnost ovoce	hmotnost svalů/hmotnost CTH
Střední hodnota	91.53	0.67
Rozptyl	15248.88	0.01
Pozorování	9	9
Pearsonův korelační koeficient	0.17	
Rozdíl středních hodnot	90.86	
Rozptyl rozdílů	15245.48	
df	8	
t Stat	2.21	
P (T<=t) one-tail	0.03	
t Critical one-tail	1.86	
P (T<=t) two-tail	0.06	
t Critical two-tail	2.31	

$P(T \leq t)$ (two-tail) = 0.06 > $\alpha = 0,05$ === > nelze zamítnout nulovou hypotézu, Pearsonův korelační koeficient nevyšel jako statisticky významný.

8.6.28 Testování korelace energetického příjmu a poměru hmotnosti svalů a celkové tělesné hmotnosti t-testem

Párový t-test porovnával energetické příjmy a poměry hmotnosti svalů a celkové tělesné hmotnosti subjektů. Cílem bylo určit, zda je koeficient korelace statisticky významný. Výsledky udává tabulka 50.

Tabulka 50: T-test: energetický příjem a poměr hmotnosti svalů a celkové tělesné hmotnosti (CTH)

Statistická veličina	energetický příjem	hmotnost svalů/hmotnost CTH
Střední hodnota	6860.33	0.67
Rozptyl	1436805.94	0.01
Pozorování	9	9
Pearsonův korelační koeficient	0.14	
Rozdíl středních hodnot	6859.66	
Rozptyl rozdílů	1436778.44	
df	8	
t Stat	17.17	
P (T<=t) one-tail	0	
t Critical one-tail	1.86	
P (T<=t) two-tail	0.0000001	
t Critical two-tail	2.31	

$P(T \leq t)$ (two-tail) = 0.0000001 < $\alpha = 0,05$ === > lze zamítnout nulovou hypotézu, Pearsonův korelační koeficient vyšel jako statisticky významný.

8.6.29 Testování korelace hmotnosti přijaté soli a poměru hmotnosti svalů a celkové tělesné hmotnosti t-testem

Párový t-test porovnával hmotnosti přijaté soli a poměry hmotnosti svalů a celkové tělesné hmotnosti subjektů. Cílem bylo určit, zda je koeficient korelace statisticky významný. Výsledky udává tabulka 51.

Tabulka 51: T-test: hmotnost soli a poměr hmotnosti svalů a celkové tělesné hmotnosti (CTH)

Statistická veličina	hmotnost soli	hmotnost svalů/hmotnost CTH
Střední hodnota	4.82	0.67
Rozptyl	4.04	0.01
Pozorování	9	9
Pearsonův korelační koeficient	0.09	
Rozdíl středních hodnot	4.15	
Rozptyl rozdílů	4.01	
df	8	
t Stat	6.21	
P (T<=t) one-tail	0	
t Critical one-tail	1.86	
P (T<=t) two-tail	0.0003	
t Critical two-tail	2.31	

$P(T \leq t)$ (two-tail) = 0.0003 < α = 0,05 === > lze zamítnout nulovou hypotézu, Pearsonův korelační koeficient vyšel jako statisticky významný.

8.6.30 Testování korelace hmotnosti přijaté vlákniny a poměru hmotnosti svalů a celkové tělesné hmotnosti t-testem

Párový t-test porovnával hmotnosti přijaté vlákniny a poměry hmotnosti svalů a celkové tělesné hmotnosti subjektů. Cílem bylo určit, zda je koeficient korelace statisticky významný. Výsledky udává tabulka 52.

Tabulka 52: T-test: hmotnost vlákniny a poměr hmotnosti svalů a celkové tělesné hmotnosti (CTH)

Statistická veličina	hmotnost vlákniny	hmotnost svalů/hmotnost CTH
Střední hodnota	17.48	0.67
Rozptyl	81.04	0.01
Pozorování	9	9
Pearsonův korelační koeficient	0.08	
Rozdíl středních hodnot	16.81	
Rozptyl rozdílů	80.93	
df	8	
t Stat	5.61	
P (T<=t) one-tail	0	
t Critical one-tail	1.86	
P (T<=t) two-tail	0.001	
t Critical two-tail	2.31	

$P(T \leq t)$ (two-tail) = 0.001 < α = 0,05 == => lze zamítnout nulovou hypotézu, Pearsonův korelační koeficient vyšel jako statisticky významný.

8.6.31 Testování korelace hmotnosti přijatých rostlinných bílkovin a poměru hmotnosti svalů a celkové tělesné hmotnosti t-testem

Párový t-test porovnával hmotnosti přijatých rostlinných bílkovin a poměry hmotnosti svalů a celkové tělesné hmotnosti subjektů. Cílem bylo určit, zda je koeficient korelace statisticky významný. Výsledky udává tabulka 53.

Tabulka 53: T-test: hmotnost rostlinných bílkovin a poměr hmotnosti svalů a celkové tělesné hmotnosti (CTH)

Statistická veličina	hmotnost rostlinných bílkovin	hmotnost svalů/hmotnost CTH
Střední hodnota	26.24	0.67
Rozptyl	96.6	0.01
Pozorování	9	9
Pearsonův korelační koeficient	-0.12	
Rozdíl středních hodnot	25.57	
Rozptyl rozdílů	96.79	
df	8	
t Stat	7.8	
P (T<=t) one-tail	0	
t Critical one-tail	1.86	
P (T<=t) two-tail	0.0001	
t Critical two-tail	2.31	

$P(T \leq t)$ (two-tail) = 0.0001 < α = 0,05 ==> lze zamítnout nulovou hypotézu, Pearsonův korelační koeficient vyšel jako statisticky významný.

8.6.32 Testování korelace hmotnosti přijatých tuků a poměru hmotnosti svalů a celkové tělesné hmotnosti t-testem

Párový t-test porovnával hmotnosti přijatých tuků a poměry hmotnosti svalů a celkové tělesné hmotnosti subjektů. Cílem bylo určit, zda je koeficient korelace statisticky významný. Výsledky udává tabulka 54.

Tabulka 54: T-test: hmotnost tuků a poměr hmotnosti svalů a celkové tělesné hmotnosti (CTH)

Statistická veličina	hmotnost tuků	hmotnost svalů/hmotnost CTH
Střední hodnota	61.67	0.67
Rozptyl	270.04	0.01
Pozorování	9	9
Pearsonův korelační koeficient	-0.48	
Rozdíl středních hodnot	61	
Rozptyl rozdílů	271.3	
df	8	
t Stat	11.11	
P (T<=t) one-tail	0	
t Critical one-tail	1.86	
P (T<=t) two-tail	0.000004	
t Critical two-tail	2.31	

$P(T \leq t)$ (two-tail) = 0.000004 < $\alpha = 0,05$ === > lze zamítnout nulovou hypotézu, Pearsonův korelační koeficient vyšel jako statisticky významný.

8.6.33 Testování korelace hmotnosti přijaté zeleniny a poměru hmotnosti svalů a celkové tělesné hmotnosti t-testem

Párový t-test porovnával hmotnosti přijaté zeleniny a poměry hmotnosti svalů a celkové tělesné hmotnosti subjektů. Cílem bylo určit, zda je koeficient korelace statisticky významný. Výsledky udává tabulka 55.

Tabulka 55: T-test: hmotnost zeleniny a poměr hmotnosti svalů a celkové tělesné hmotnosti (CTH)

Statistická veličina	hmotnost zeleniny	hmotnost svalů/hmotnost CTH
Střední hodnota	148.91	0.67
Rozptyl	18206.42	0.01
Pozorování	9	9
Pearsonův korelační koeficient	-0.64	
Rozdíl středních hodnot	148.24	
Rozptyl rozdílů	18220.19	
df	8	
t Stat	3.29	
P (T<=t) one-tail	0.01	
t Critical one-tail	1.86	
P (T<=t) two-tail	0.01	
t Critical two-tail	2.31	

$P(T \leq t)$ (two-tail) = 0.01 < $\alpha = 0,05$ === > lze zamítnout nulovou hypotézu, Pearsonův korelační koeficient vyšel jako statisticky významný.

8.6.34 Shrnutí korelační studie

Pokud bychom použili opět tabulku 22, ale tentokrát s vyznačením pro statistické významnosti, vyšla by nám tabulka 56:

Tabulka 56: Pearsonův korelační koeficient p mezi nutričními hodnotami a hmotností svalů, celkovou a jejich poměru + s vyznačením statisticky významných koeficientů (zeleně)

	CTH*		svaly**		sv/CTH***
CTH*	1	svaly**	1	sv/CTH***	1
svaly**	0.82	CTH*	0.82	alkohol	0.34
zelenina	0.72	zelenina	0.49	živočišné bílk.	0.32
tuky	0.36	Energ. příjem	0.46	sacharidy	0.31
Energ. příjem	0.27	sacharidy	0.4	bílkoviny	0.21
sůl	0.19	sůl	0.38	ovoce	0.17
bílkoviny	0.16	bílkoviny	0.36	Energ. příjem	0.14
rostlinné bílk.	0.14	živočišné bílk.	0.28	sůl	0.09
sacharidy	0.11	rostlinné bílk.	0.18	vláknina	0.08
živočišné bílk.	0.09	tuky	0.11	rostlinné bílk.	-0.12
vláknina	-0.1	vláknina	-0.01	svaly**	-0.17
ovoce	-0.25	sv/CTH***	-0.17	tuky	-0.48
alkohol	-0.3	ovoce	-0.18	zelenina	-0.64
sv/CTV***	-0.68	alkohol	-0.22	CTH*	-0.68

*celková tělesná hmotnost **hmotnost svalů ***poměr hmotnost svalů/celková hmotnost

9 Diskuze

Studie se skládala ze 2 částí: otevřená intervenční studie s podáváním bílkovinného preparátu a korelační studie.

V první studii probíhalo vážení 26 subjektů, provozujících rekreační aktivitu minimálně 3x týdně a maximálně 1x denně, náhodně rozdělených „Math.random“ metodou v programovacím jazyku JavaScript do 3 skupin – kontrolní rameno bez intervence o 9 subjektech (randomizační čísla 1+2), rameno s čajovou lžičkou bílkoviny po rekreační fyzické aktivitě o 8 subjektech (pod čísla 3+4) a rameno s čajovou lžičkou každý večer (5+6). Bílkovina byla dvojího druhu – sójová a syrovátková a ramena byla rovnoměrně zastoupená oběma suplementy, tedy podskupiny 3 a 5 byly syrovátkové a 4 a 6 sójové. Podskupiny čísla 1 a 2 tedy byly

kontrolní, podskupina 3 užívala 1 lžičku syrovátkové bílkoviny podávané po rekreační fyzické aktivitě, podskupina 4 užívala 1 lžičku sójové bílkoviny po rekreační fyzické aktivitě, podskupina 5 užívala 1 lžičku syrovátkové bílkoviny jednou večer a podskupina 6 užívala 1 lžičku sójové bílkoviny jednou večer. Cílem bylo zjistit, jak a jestli se hmotnost svalů a celková hmotnost zjištěná měřením bioimpedanční vahou za dobu 28 dnů změnila. U skupiny 1+2 došlo po 4 týdnech v celkové tělesné hmotnosti k průměrnému snížení celkové tělesné hmotnosti o -0,1 kg, který nebyl statisticky signifikantní (použitá hladina významnosti $\alpha = 0,05$). U této skupiny průměrně nedošlo ke změně hmotnosti svalů, ale ani tento závěr nebyl statisticky významný. U skupiny 3+4 došlo po měsíci k statisticky významnému nárůstu průměrné hmotnosti o 0,7 kg a k nárůstu průměrné hmotnosti svalů o 1,0 kg, který byl na hranici statistické významnosti ($P = 0,53$). Skupina 5+6 zaznamenala nárůst celkové hmotnosti průměrně o 0,1 kg a nárůst hmotnosti svalů průměrně také o 0,1 kg, ale ani jeden z těchto výsledků nebyl statisticky významný. Pokud jsme se nezajímali o dobu užívání, ale o typ konzumované bílkoviny, pak u skupiny se syrovátkovou bílkovinou 3+5 nám vyšlo zvýšení celkové hmotnosti o 0,2 kg a hmotnosti svalů o 0,7 kg, ale ani jeden z těchto výsledků nebyl statisticky významný. Skupina se sójovou bílkovinou 4+6 zaznamenala nárůst celkové tělesné hmotnosti o 0,5 kg a hmotnosti svalů o 0,3 kg, ale ani jeden z těchto výsledků nevyšel jako statisticky významný. Pro rozklíčování statistického nárůstu celkové hmotnosti a hmotnosti svalů u skupiny 3+4 jsme se zaměřili na podskupinu 3, kde došlo k nárůstu celkové hmotnosti o 0,6 kg, který nebyl statisticky významný a nárůstu hmotnosti svalů o 1,4 kg, který statisticky významný byl. Podskupina 4 zaznamenala statisticky nevýznamný nárůst celkové tělesné hmotnosti o 0,8 kg a statisticky nevýznamný nárůst hmotnosti svalů o 0,5 kg. Lze tedy vyvodit závěr, že subjekty užívající 1 lžičku bílkoviny po rekreační aktivitě, prováděné minimálně 3x týdně a maximálně 1x denně, nabyly průměrně 1,0 kg svalů za 1 měsíc a většího efektu se dosáhlo u těch, kteří po rekreační aktivitě užívali syrovátkovou bílkovinu, jelikož dosáhly průměrného nárůstu hmotnosti svalů o 1,4 kg. U kontrolní skupiny dle očekávání nedošlo k významnému posunu v hmotnosti těla ani svalů, 1 lžička sójové bílkoviny užívaná po rekreační aktivitě nebo 1x večer a 1 lžička syrovátkové bílkoviny 1x večer se neukázaly být dostatečně významné a pro

definitivní závěr by bylo potřeba udělat větší studii na větším počtu subjektů nebo další studie.

Součástí první studie bylo zjišťování, zda se v průběhu objeví nežádoucí příhody. Ty se objevily ve všech podskupinách po jednom subjektu kromě podskupin 2 a 6, kde byly 2 subjekty. Nežádoucí příhody zřejmě neměly žádnou souvislost s intervencí, jelikož při porovnání skupin 1+2, 3+4, 5+6, 3+5 a 5+6 byl výskyt ve skupinách 25-33%. Jednalo se konkrétně o 4 respirační onemocnění typu rýma, 1 respirační onemocnění typu Covid-19 a 3 gastroenteritidy. Po nežádoucích příhodách došlo k statisticky významnému poklesu celkové tělesné hmotnosti v 7 případech a v 1 případě se hmotnost nezměnila. Respirační onemocnění způsobily pokles hmotnosti od 0 do -0,5 kg (průměrně o -0,3 kg, Covid o -0,5 kg) a gastroenteritidy pokles hmotnosti od -1,4 do -2 kg (průměrně o -1,73 kg). Co se týká hmotnosti svalů, došlo u subjektů s respiračními onemocněními bez Covid-19 a s gastroenteritidami k statisticky významnému poklesu - u respiračních onemocnění bez Covid-19 od -0,4 do -1,4 kg (průměrně o -0,95 kg) a u gastroenteritid od -0,3 do -4,2 kg (průměrně o -2,7 kg). U proběhlého Covid-19 došlo k nárůstu hmotnosti svalů u subjektu o 1 kg, což pravděpodobně bylo způsobeno lepším zavodněním subjektu a na jednom případě nelze činit závěry pro nedostatečnou statistickou sílu. Snížení hmotnosti celkové a hmotnosti svalů šlo předpokládat, jelikož respirační onemocnění byla provázena sníženou chutí k jídlu a zvýšenou teplotou, která zvyšuje energetický výdej a při nezměněném nebo i sníženém energetickém příjmu vede k poklesu hmotnosti a gastroenteritidy se projevovaly nechutenstvím a diareou, které v důsledku vedou k sníženému množství přijatých živin a diarea zvýšila výdej tekutin a elektrolytů, což mohlo zapříčinit mimo ztrátu hmotnosti i snížení vodivosti těla a tedy aditivní snížení hmotnosti svalů při bioimpedančním vážení.

Ve druhé studii jsme zjišťovali korelaci mezi příjmem energie určitých živin a potravin na celkovou tělesnou hmotnost, hmotnost svalů a poměr hmotnosti svalů ku celkové tělesné hmotnosti pomocí Pearsonova korelačního koeficientu r . Využili jsme 36 jídelníčků od 9 subjektů z předchozí studie (které byly odrazem stravování v první týden jejich vážení), zachycené od každého v poměru 3 všední dny a 1 den víkendový.

Vyhodnocování jídelníčků probíhalo přes platformu www.kaloricketabulky.cz a LibreOffice Calc.

Statisticky významná pozitivní korelace se ukázala mezi celkovou tělesnou hmotností a energetickým příjmem (Pearsonův korelační koeficient $p = 0,27$), příjmem soli ($p = 0,19$), rostlinných bílkovin ($p = 0,14$), sacharidy ($p = 0,11$), živočišných bílkovin ($p = 0,09$) a statisticky významná negativní korelace mezi celkovou tělesnou hmotností a příjmem vlákniny ($p = -0,1$) a alkoholu ($p = -0,3$). Všechny hodnoty koeficientu se pohybovaly blíže k nule, a proto by se dalo říct, že zde panovala spíše lineární nezávislost, ale celková hmotnost je výrazně ovlivňována i jinými faktory (např. pohybová aktivita, onemocnění), a proto je opatrnost na místě před unáhlenými závěry. Není překvapivé, že s vyšším energetickým příjmem roste hmotnost. Vyšší příjem soli může přispívat k navýšení celkové tělesné hmotnosti retencí vody, povzbuzením chuti k jídlu, ale i výskytem soli ve zpracovaných nezdravých potravinách. Naopak také můžeme říct, že lidé s vyšší hmotností konzumují více jídla a tím přirozeně přijmou více soli. Rostlinné bílkoviny, sacharidy a živočišné bílkoviny jako energii nosící živiny přirozeně podporují nárůst hmotnosti. Alkohol je sice také energií nosící živina, ale někdy bývá jeho konzumace spojena s jinými abnormálními stravovacími návyky (Fawehinmi et al., 2012). Vláknina zase je mj. součástí energeticky málo bohaté zeleniny a ovoce a sama snižuje chuť k jídlu.

Statisticky významná pozitivní korelace se objevila mezi hmotností svalů a příjmem zeleniny ($p = 0,49$), energetickým příjmem ($p = 0,46$), příjmem sacharidů ($p = 0,4$), soli ($p = 0,38$), bílkovin ($p = 0,36$), rostlinných bílkovin ($p = 0,18$) a statisticky významná negativní korelace s příjmem alkoholu ($p = -0,22$) a vlákniny ($p = -0,01$). Příjem zeleniny sám o sobě může korelovat se zdravým životním stylem, jehož součástí může být zvýšená fyzická aktivita. Energetický příjem a příjem energetických substrátů – sacharidů a bílkovin je základní předpoklad pro hmotnost svalů. Příjem soli opět může souviset s vyšším apitem a retencí vody. Alkohol je znám, že působí proti svalové proteosyntéze a vláknina se zdá být takřka lineárně nezávislá na hmotnosti svalů.

Jelikož jsou hmotnost svalů a celková tělesná hmotnost samy lineárně na sobě závislé veličiny, přesnější závislosti pro nárůst svalů zjistíme při zjišťování korelace pro

poměr hmotnosti svalů a celkové tělesné hmotnosti. Zde vychází statisticky významná pozitivní korelace pro alkohol ($p = 0,34$), živočišné bílkoviny ($p = 0,32$), sacharidy ($p = 0,31$), bílkoviny ($p = 0,21$), energetický příjem ($p = 0,14$), sůl ($p = 0,09$), vláknina ($p = 0,08$) a statisticky významná negativní korelace pro zeleninu ($p = -0,64$), tuky ($p = -0,48$) a rostlinné bílkoviny ($p = -0,12$). Větší korelace pro alkohol zřejmě souvisí s tím, že subjekty požívající alkohol měly častější a intenzivnější fyzické aktivity. Bílkoviny v mase, mléčných výrobcích a vejcích, podobně jako jiné sloučeniny v nich obsažených, zvyšují množství svalové hmoty na úkor celkové tělesné hmotnosti. S podivem však podobně silná korelace vyšla i pro sacharidy, kde opět mohlo dojít podobně jako u alkoholu ke zkreslení. Energetický příjem lze těžko doporučit ke zvýšení svalové hmoty a zřejmě zde budou jiné ovlivňující faktory. Příjem soli může fakticky pomoci zadržovat tekutiny a zvýšit vodivost tkání těla. Vláknina samotná může souviset se zdravým životním stylem a také zpomalovat vstřebávání živin a snižovat glykemický index vedoucí k menším výkyvům glykémie. Negativní korelace pro zeleninu zřejmě opět souvisí pro nižší pohybovou aktivitu u subjektů, zvýšeně ji konzumující. Pro zeleninu by měla být podobná korelace jako pro ovoce (Dawson-Hughes, 2008). Zvýšený příjem tuků vede k podpoře tukové tkáně na úkor svalů. Rostlinné bílkoviny by pravděpodobně neměly mít zápornou korelaci, ale můžeme vidět, že živočišné bílkoviny (nebo obecně přijímání produktů s živočišnými bílkovinami) má znatelnější vliv na svalovou hmotu než rostlinné bílkoviny.

Pokud pátráme po nedostatcích studie, dalo by se vytknout zařazování rekreačních sportovců bez hlubší specifikace, jelikož rekreační aktivity mohou být různých typů a prováděné s různou intenzitou. Ve studii dále bylo 18 žen a jen 8 mužů, přičemž ve skupině se sójovou bílkovinou byli 4 muži na 5 žen a naopak v korelační studii byl 1 muž na 8 žen. Jelikož zde vstupují v úvahu menstruační cyklus a mužské pohlavní hormony, které mohou ovlivňovat celkovou hmotnost i hmotnost svalů, není vhodné mít studii genderově takto nevyrovnanou. Může se zde vyskytnout i rozdíl v jídelníčku (Rolls et al., 1991). Použitá multifrekvenční bioimpedanční osobní váha sice má k dispozici 4 elektrody, což ji činí přesnější, než kdyby byly k dispozici 2, ale stále se řadí k vahám pro veřejnost. Pro vědecké účely by bylo vhodnějšího přístroje s nalepovacími elektrodami nebo využití gelu. Dalším nedostatkem bylo vážení 11

subjektů v domácím prostředí a 15 subjektů na jejich pracovišti. Příkladem rozdílu může být větší stres v práci a změna odporovosti kůže oproti subjektům v domácím prostředí, což fakticky nevádí studii, kde měříme změny hmotnosti svalů u daného subjektu, ale dochází k zásahu při výpočtu Pearsonova korelačního koeficientu při zohledňování hmotností svalů mezi sebou (Villarejo et al., 2012). Obdobně lze kriticky nahlédnout na vážení oblečených subjektů. Studie také byla otevřená a chybělo zaslepení. Při něm by bylo zabráněno případným zkreslením ať už působením subjektů nebo zkoušejícího (oproti dvojité zaslepenému výzkumu). Použití placebo u kontrolní skupiny by umožnilo vyloučit placebo efekt. V neposlední řadě jde o výběr subjektů, který probíhal z okolí zkoušejícího na základě dobrovolnosti (a dostupnosti) a jedná se tedy o nerepresentativní výběr. Poslední spíše teoreticky možná odchylka mohla být způsobena samotnou intervencí bílkovinou, kdy subjekty si měly vyplnit jídelníčky, ale užívání bílkoviny mohlo pozměnit jejich stravovací návyky a způsobit bias pro korelační studii.

Podněty pro další výzkum by se měly zaměřit na to, jaký účinek by měla kombinace rekreační aktivity a užívání jiné bílkoviny živočišného původu než je syrovátka, užívání syrovátkové bílkoviny po rekreační aktivitě v různých množstvích pro optimalizaci dávkování a také vliv kombinace rekreační aktivity a syrovátkové bílkoviny u osob ohrožených sarkopenií (např. starších osob).

10 Závěr

Ve studii došlo po 4 týdnech k statisticky signifikantnímu ($\alpha = 0,05$) nárůstu hmotnosti svalů u 8 subjektů užívajících 1 čajovou lžičku bílkoviny po rekreační aktivitě (o 1,0 kg) a to zejména, pokud šlo o syrovátkovou bílkovinu (o 1,4 kg u 4 subjektů). Celková tělesná hmotnost se u té samé skupiny 8 subjektů užívajících 1 čajovou lžičku bílkoviny po rekreační aktivitě také statisticky významně zvýšila (o 0,7 kg). Během studie došlo k 8 nežádoucím příhodám, 5 respiračním onemocněním včetně 1 Covid-19 onemocnění a 3 gastroenteritidám. K významnému snížení hmotnosti svalů nastalo u respiračních nemocí mimo Covid-19 (o 0,95 kg) a gastrointestinálních onemocnění (o 2,7 kg). Výskyt nežádoucích příhod v ramenech s podávanou bílkovinou a v kontrolním ramenu byl stejný. Při korelační studii 9 subjektů byl sledován mezi

příjmem alkoholu ($p = 0,34$), živočišných bílkovin ($p = 0,32$), sacharidů ($p = 0,31$), bílkovin ($p = 0,21$), energetického příjmu ($p = 0,14$), soli ($p = 0,09$), vlákniny ($p = 0,08$) a poměru hmotnost svalů/celková tělesná hmotnost pozitivní statisticky významný Pearsonův korelační koeficient p a statisticky významná negativní korelace se naopak objevila mezi příjmem zeleniny ($p = -0,64$), tuků ($p = -0,48$), rostlinných bílkovin ($p = -0,12$) a poměru hmotnosti svalů/celkové tělesné hmotnosti, což ukazuje, o kolik významnější je příjem živočišných bílkovin oproti rostlinným, ale také se zde objevil nečekaný výsledek poměrně silné záporné korelace u zeleniny a pozitivního koeficientu u alkoholu značící známé heslo – korelace neimplikuje kauzalitu.

11 Zdroje

ANTONIAK, Anneka Elizabeth a Carolyn A GREIG. The effect of combined resistance exercise training and vitamin D 3 supplementation on musculoskeletal health and function in older adults: a systematic review and meta-analysis. *BMJ Open* [online]. 7(7) [cit. 2022-01-30]. ISSN 2044-6055. Dostupné z: doi:10.1136/bmjopen-2016-014619

BISLEV, Lise Sofie, Diana GROVE-LAUGESSEN a Lars REJNMARK. Vitamin D and Muscle Health: A Systematic Review and Meta-analysis of Randomized Placebo-Controlled Trials. *Journal of Bone and Mineral Research* [online]. 36(9), 1651-1660 [cit. 2022-01-30]. ISSN 0884-0431. Dostupné z: doi:10.1002/jbmr.4412

BUCKINX, Fanny, Francesco LANDI, Matteo CESARI, et al. Pitfalls in the measurement of muscle mass: a need for a reference standard. *Journal of Cachexia, Sarcopenia and Muscle* [online]. 2018, 9(2), 269-278 [cit. 2022-04-16]. ISSN 21905991. Dostupné z: doi:10.1002/jcsm.12268

DAWSON-HUGHES, Bess, Susan S HARRIS a Lisa CEGLIA. Alkaline diets favor lean tissue mass in older adults. *The American Journal of Clinical Nutrition* [online]. 2008, 87(3), 662-665 [cit. 2022-04-29]. ISSN 0002-9165. Dostupné z: doi:10.1093/ajcn/87.3.662

Dehghan, M., Merchant, A.T. Is bioelectrical impedance accurate for use in large epidemiological studies?. *Nutr J* 7, 26 (2008). <https://doi.org/10.1186/1475-2891-7-26>

DRAPL, Ludvík. *Analýza veřejně dostupných nutričních programů k hodnocení výživového stavu člověka*. Brno, 2019. Magisterská práce. Masarykova univerzita. Vedoucí práce Kumstát Michal.

FAWEHINMI, Timothy O., Jenni ILOMÄKI, Sari VOUTILAINEN, Jussi

KAUHANEN a Conrad P. EARNEST. Alcohol Consumption and Dietary Patterns: The FinDrink Study. *PLoS ONE* [online]. 2012, 7(6) [cit. 2022-04-29]. ISSN 1932-6203. Dostupné z: doi:10.1371/journal.pone.0038607

FRANCIS, Kennon T. Body-Composition Assessment Using Underwater Weighing Techniques. *Physical Therapy* [online]. 1990, 70(10), 657-662 [cit. 2022-04-30]. ISSN 0031-9023. Dostupné z: doi:10.1093/ptj/70.10.657

FORBES, Scott C., Darren G. CANDOW, Sergej M. OSTOJIC, Michael D. ROBERTS a Philip D. CHILIBECK. Meta-Analysis Examining the Importance of Creatine Ingestion Strategies on Lean Tissue Mass and Strength in Older Adults. *Nutrients* [online]. **13**(6) [cit. 2022-01-30]. ISSN 2072-6643. Dostupné z: doi:10.3390/nu13061912

GIELEN, Evelien, David BECKWÉE, Andreas DELAERE, et al. Nutritional interventions to improve muscle mass, muscle strength, and physical performance in older people: an umbrella review of systematic reviews and meta-analyses. *Nutrition Reviews* [online]. **79**(2), 121-147 [cit. 2022-01-30]. ISSN 0029-6643. Dostupné z: doi:10.1093/nutrit/nuaa011

Institute of Medicine. 2003. *Weight Management: State of the Science and Opportunities for Military Programs*. Washington, DC: The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/10783>.

KHALIL, Sami, Mas MOHKOTAR a Fatimah IBRAHIM. The Theory and Fundamentals of Bioimpedance Analysis in Clinical Status Monitoring and Diagnosis of Diseases. *Sensors* [online]. 2014, **14**(6), 10895-10928 [cit. 2022-04-17]. ISSN 1424-8220. Dostupné z: doi:10.3390/s140610895

KOBAYASHI, Masayuki, Shingo KASAMATSU, Shohei SHINOZAKI, Shingo YASUHARA a Masao KANEKI. Myostatin deficiency not only prevents muscle wasting but also improves survival in septic mice. *American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism* [online]. 2021, **320**(1), E150-E159 [cit. 2022-04-29]. ISSN 0193-1849. Dostupné z: doi:10.1152/ajpendo.00161.2020

KOEPPEL, Maximilian, Katlynn MATHIS, Kathryn H. SCHMITZ a Joachim WISKEMANN. Muscle hypertrophy in cancer patients and survivors via strength training. A meta-analysis and meta-regression. *Critical Reviews in Oncology/Hematology* [online]. **163** [cit. 2022-01-30]. ISSN 10408428. Dostupné z: doi:10.1016/j.critrevonc.2021.103371

LIM, Meng Thiam, Bernice Jiaqi PAN, Darel Wee Kiat TOH, Clarinda Nataria SUTANTO a Jung Eun KIM. Animal Protein versus Plant Protein in Supporting Lean Mass and Muscle Strength: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized

Controlled Trials. *Nutrients* [online]. **13**(2) [cit. 2022-01-30]. ISSN 2072-6643. Dostupné z: doi:10.3390/nu13020661

LIN, Zebin, Yipin ZHAO a Qingwei CHEN. Effects of oral administration of β -hydroxy β -methylbutyrate on lean body mass in older adults: a systematic review and meta-analysis. *European Geriatric Medicine* [online]. **12**(2), 239-251 [cit. 2022-01-30]. ISSN 1878-7657. Dostupné z: doi:10.1007/s41999-020-00409-9

MA, Kristine, Shu Qin WEI, Wei Guang BI, Hope A. WEILER a Shi Wu WEN. Effect of Vitamin D Supplementation in Early Life on Children's Growth and Body Composition: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *Nutrients* [online]. **13**(2) [cit. 2022-01-30]. ISSN 2072-6643. Dostupné z: doi:10.3390/nu13020524

MA, Wen-jun, Hui LI, Wei ZHANG, Jie ZHAI, Jun LI, He LIU, Xiao-Fei GUO a Duo LI. Effect of n-3 polyunsaturated fatty acid supplementation on muscle mass and function with aging: A meta-analysis of randomized controlled trials☆. *Prostaglandins, Leukotrienes and Essential Fatty Acids* [online]. **165** [cit. 2022-01-30]. ISSN 09523278. Dostupné z: doi:10.1016/j.plefa.2021.102249

MORTON, Robert W, Kevin T MURPHY, Sean R MCKELLAR, et al. A systematic review, meta-analysis and meta-regression of the effect of protein supplementation on resistance training-induced gains in muscle mass and strength in healthy adults. *British Journal of Sports Medicine* [online]. **52**(6), 376-384 [cit. 2022-01-30]. ISSN 0306-3674. Dostupné z: doi:10.1136/bjsports-2017-097608

NOVÁK, Bohumil. *Český svaz rekreačního sportu* [online]. [cit. 2022-01-30]. Dostupné z: <http://www.csrs.cz/>

RAMEZANI AHMADI, Amirhossein, Elham RAYYANI, Mehdi BAHREINI a Anahita MANSOORI. The effect of glutamine supplementation on athletic performance, body composition, and immune function: A systematic review and a meta-analysis of clinical trials. *Clinical Nutrition* [online]. **38**(3), 1076-1091 [cit. 2022-01-30]. ISSN 02615614. Dostupné z: doi:10.1016/j.clnu.2018.05.001

ROLLS, Barbara J., Ingrid C. FEDOROFF a Joanne F. GUTHRIE. Gender differences in eating behavior and body weight regulation. *Health Psychology* [online]. 1991,

10(2), 133-142 [cit. 2022-04-29]. ISSN 0278-6133. Dostupné z: doi:10.1037//0278-6133.10.2.133

SCHOENFELD, Brad. *Science and development of muscle hypertrophy*. Lehman College, Bronx, New York: Walsworth, 2016. ISBN 978-1-4925-1960-7.

STÉPHANE, Walrand, ed. *Nutrition and Skeletal Muscle*. London: Fedor, 2019. ISBN 978-0-12-810422-4.

TABRIZI, Reza, Omid Reza TAMTAJI, Kamran B. LANKARANI, et al. The effects of resveratrol intake on weight loss: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* [online]. **60(3)**, 375-390 [cit. 2022-01-30]. ISSN 1040-8398. Dostupné z: doi:10.1080/10408398.2018.1529654

TAGAWA, Ryoichi, Daiki WATANABE, Kyoko ITO, Keisuke UEDA, Kyosuke NAKAYAMA, Chiaki SANBONGI a Motohiko MIYACHI. Dose–response relationship between protein intake and muscle mass increase: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Nutrition Reviews* [online]. **79(1)**, 66-75 [cit. 2022-01-30]. ISSN 0029-6643. Dostupné z: doi:10.1093/nutrit/nuaa104

TOSATO, Matteo, Emanuele MARZETTI, Matteo CESARI, Giulia SAVERA, Ram R. MILLER, Roberto BERNABEI, Francesco LANDI a Riccardo CALVANI.

Measurement of muscle mass in sarcopenia: from imaging to biochemical markers. *Aging Clinical and Experimental Research* [online]. 2017, **29(1)**, 19-27 [cit. 2022-04-16]. ISSN 1720-8319. Dostupné z: doi:10.1007/s40520-016-0717-0

URBANIÁK, Geoffrey C. a Scott PLOUS. *Research Randomizer (Version 4.0)* [online]. 2013 [cit. 2022-04-24]. Dostupné z: <https://www.randomizer.org/about/>

VALENZUELA, Pedro L., Fernando MATA, Javier S. MORALES, Adrián CASTILLO-GARCÍA a Alejandro LUCIA. Does Beef Protein Supplementation Improve Body Composition and Exercise Performance? A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *Nutrients* [online]. **11(6)** [cit. 2022-01-30]. ISSN 2072-6643. Dostupné z: doi:10.3390/nu11061429

VILIKUS, Zdeněk. *Výživa sportovců a sportovní výkon*. Třetí, přepracované vydání. Praha: Univerzita Karlova, nakladatelství Karolinum, 2020. ISBN 9788024644554.

VILLAREJO, María Viqueira, Begoña García ZAPIRAIN a Amaia Méndez

ZORRILLA. A Stress Sensor Based on Galvanic Skin Response (GSR) Controlled by ZigBee. *Sensors* [online]. 2012, **12**(5), 6075-6101 [cit. 2022-04-29]. ISSN 1424-8220.

Dostupné z: doi:10.3390/s120506075

XU, Jane, Ching S. WAN, Kiriakos KTORIS, Esmee M. REIJNIERSE a Andrea B.

MAIER. Sarcopenia Is Associated with Mortality in Adults: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Gerontology* [online]. 1-16 [cit. 2022-01-31]. ISSN 0304-324X.

Dostupné z: doi:10.1159/000517099

12 Obrázky:

Obrázek 1 -

https://fr.wikipedia.org/wiki/Blanc_bleu_belge#/media/Fichier:Spitzenbulle.JPG

Obrázek 2 -

<https://www.thesun.co.uk/wp-content/uploads/2022/01/NINTCHDBPICT000703470472.jpg?strip=all&w=870>

Obrázek 3 - SCHOENFELD, Brad. *Science and development of muscle hypertrophy*.

Lehman College, Bronx, New York: Walsworth, 2016. ISBN 978-1-4925-1960-7.

Obrázek 4 - SCHOENFELD, Brad. *Science and development of muscle hypertrophy*.

Lehman College, Bronx, New York: Walsworth, 2016. ISBN 978-1-4925-1960-7.

Obrázek 5 - SCHOENFELD, Brad. *Science and development of muscle hypertrophy*.

Lehman College, Bronx, New York: Walsworth, 2016. ISBN 978-1-4925-1960-7.

13 Příloha

13.1 Užitá bílkovina

13.1.1 Užitý typ sójové bílkoviny

Nutriční hodnoty ve 100 g:

Energetická hodnota: 1632kJ/384kcal. Tuky: 1,5 g z toho nasycené mastné kyseliny: 0,3 g. Sacharidy: 6,1 g z toho cukry: 0,2 g. Bílkoviny: 86 g.



13.1.2 Užítý typ syrovátkové bílkoviny

Nutriční hodnoty ve 100 g:

Energetická hodnota: 1685kJ/398kcal. Tuky: 5,3 g z toho nasycené mastné kyseliny: 3,2 g. Sacharidy: 7,6 g z toho cukry: 7,6 g. Bílkoviny: 80 g. Sůl: 0,3 g



13.2 Prohlášení o shodě užitě osobní váhy (EU declaration of conformity)



EU declaration of conformity

1. *Apparatus model/Product*

BC-545N

Similar Model:BC-545F

Name and address of the manufacturer or his authorised representative:

Manufacturer :

TANITA CORPORATION

1-14-2, Maeno-cho, Itabashi-ku,

Tokyo 174-8630, Japan

Authorised representative:

TANITA EUROPE B.V.

Hoogoorddreef 56-E, 1101 BE Amsterdam,

The Netherlands

2. *This declaration of conformity is issued under the sole responsibility of the manufacturer.*

TANITA CORPORATION

3. *Object of the declaration*

Body Composition Monitor

4. *The object of the declaration described above is in conformity with the relevant Union harmonisation legislation:*

Directive 2014/30/EU (electromagnetic compatibility)

5. *References to the relevant harmonised standards used, including the date of the standard, or references to the other technical specifications, including the date of the specification, in relation to which conformity is declared:*

EN 61000-6-1:2007

EN61000-6-3:2007+A1:2011

6. *Where applicable, the notified body*

-

7. *Additional information:*

-

Signed for and on behalf of : **TANITA CORPORATION**

(place and date of issue) : **Tokyo, Japan 9 December, 2016**

(name, function) (signature) : **Koki Inoue**
Director (Business Strategy H.Q. / Major Products Department)