

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

Centrum sportovních aktivit

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Brno, 2024

Aleksandra Kashkina



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

CENTRUM SPORTOVNÍCH AKTIVIT

CENTRE OF SPORTS ACTIVITIES

SLEDOVÁNÍ ODCHYLEK MĚŘENÍ TĚLESNÉHO SLOŽENÍ NA PŘÍSTROJI INBODY 770

MONITORING DEVIATIONS OF BODY COMPOSITION MEASUREMENTS ON THE INBODY 770 DEVICE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Aleksandra

Kashkina

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Mgr. Richard Adamík

BRNO 2024

Bakalářská práce

bakalářský studijní program **Sportovní technologie**

Centrum sportovních aktivit

Studentka: Aleksandra Kashkina

ID: 226394

Ročník: 3

Akademický rok: 2023/24

NÁZEV TÉMATU:

Sledování odchylek měření tělesného složení na přístroji InBody 770

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

1. Provedte literární rešerši v oblasti bioelektrické impedance se zaměřením na cílené nedodržení postupů doporučených výrobcem.
2. Provedte pilotní měření. Stanovte protokol chyb a časový harmonogram pro jednotlivé probandy.
3. Dle vytvořené metodiky chybovosti při měření proveďte měření s jednotlivými chybami při měření (respektující zdraví probandů).
4. Provedte optimalizaci postupu pro dosažení co nejlepších výsledků.
5. Dosažené výsledky vhodně interpretujte a popište. 6. Porovnejte dosažené výsledky s údaji v literatuře. Diskutujte výhody/nevýhody postupu a možnosti jeho zlepšení.

Vytvořte závěry pro praxi

DOPORUČENÁ LITERATURA:

1. Hlubik, J., Hlubik, P., Lhotska, L. (2013). Changes in Bioimpedance Depending on Conditions. In: Long, M. (eds) World Congress on Medical Physics and Biomedical Engineering May 26-31, 2012, Beijing, China. IFMBE Proceedings, vol 39. Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-29305-4_357
2. Tronstad, Christian and Pripp, Are H.. "Statistical methods for bioimpedance analysis" Journal of Electrical Bioimpedance, vol.5, no.1, 2014, pp.14-27. <https://doi.org/10.5617/jeb.830>

Termín zadání: 5.2.2024

Termín odevzdání: 24.5.2024

Vedoucí práce: Mgr. Richard Adamík

doc. PaedDr. Pavel Korvas, CSc.
předseda rady studijního programu

UPOZORNĚNÍ:

Autor bakalářské práce nesmí při vytváření bakalářské práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení částí druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č.40/2009 Sb.

Abstrakt

Bakalářská práce se zaměřuje na sledování odchylek v měření tělesného složení pomocí přístroje InBody 770, který využívá technologii bioelektrické impedance (BIA). Teoretická část práce zahrnuje odborné informace o složkách tělesného složení, popis principu bioelektrické impedance a představení přístroje InBody 770. Praktická část obsahuje pilotní měření, jehož výsledky byly použité jako základ pro hlavní měření. Hlavní měření zahrnovalo tři typy intervencí: fyzický kontakt, aplikaci mastného krému a vypití jednoho litru vody. Naměřené hodnoty byly analyzovány a vyhodnoceny pomocí statistických testů. Výsledky ukázaly, že každá z těchto intervencí má vliv na tělesné složení.

Klíčová slova

Bioelektrická impedance, bioimpedanční analýza, BIA, tělesné složení, InBody

Abstract

The bachelor thesis focuses on monitoring variations in body composition measurements using the InBody 770 instrument, which uses bioelectrical impedance (BIA) technology. The theoretical part of the thesis includes technical information on body composition components, a description of the principle of bioelectrical impedance and an introduction to the InBody 770. The practical part includes a pilot measurement, the results of which served as the basis for the main measurement. The main measurement involved three types of interventions: physical contact, application of a fat cream and drinking one liter of water. The measured values were analysed and evaluated using statistical tests. The results showed that each of these interventions had an effect on body composition.

Keywords

Bioelectrical impedance, bioimpedance analysis, BIA, body composition, InBody

Bibliografická citace

KASHKINA, Aleksandra. Sledování odchylek měření tělesného složení na přístroji InBody 770. Brno, 2024. Dostupné také z: <https://www.vut.cz/studenti/zav-prace/detail/159355>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Centrum sportovních aktivit, Centrum sportovních aktivit. Vedoucí práce Richard Adamík.

Prohlášení autora o původnosti díla

Jméno a příjmení studenta: *Kashkina Aleksandra*

VUT ID studenta: *226394*

Typ práce: *Bakalářská práce*

Akademický rok: *2023/24*

Téma závěrečné práce: *Sledování odchylek měření tělesného složení na přístroji InBody 770*

Prohlašuji, že svou závěrečnou práci jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucí/ho závěrečné práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené závěrečné práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této závěrečné práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.

V Brně dne:

podpis autora

Poděkování

Ráda bych tímto poděkovala vedoucímu bakalářské práce Mgr. Richardu Adamíkovi za cenné rady a vedení během tvorby této práce. Také bych chtěla vyjádřit vděk svému příteli za jeho trpělivost a neustálou podporu.

Obsah

SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK	9
SEZNAM OBRÁZKŮ	10
SEZNAM TABULEK.....	11
ÚVOD	12
1. TEORETICKÁ ČÁST	13
1.1 CÍL PRÁCE	13
1.2 KOMPONENTY SLOŽENÍ TĚLA	13
1.2.1 Celková tělesná voda	13
1.2.2 Tuková tkáň.....	14
1.2.3 Svalová tkáň.....	15
1.2.4 Bílkoviny	16
1.2.5 Minerály.....	16
1.3 INDEXY TĚLESNÉHO SLOŽENÍ.....	17
1.3.1 BMI (index tělesné hmotnosti, Body Mass Index)	17
1.3.2 WHR (Waist To Hip Ratio, poměr obvodu pasu a boku)	18
1.3.3 Bazální metabolismus (Basal Metabolic Rate, BMR)	19
1.4 BIOELEKTRICKÁ IMPEDANČNÍ ANALÝZA	19
1.4.1 Fyzikální základy elektrické impedance.....	20
1.4.2 Jednofrekvenční bioelektrická impedanční analýza (single frequency bioimpedance analysis - SF-BIA).....	22
1.4.3 Multifrekvenční bioelektrická impedanční analýza(multiple frequency bioimpedance analysis - MF-BIA).....	22
1.4.4 Přímá segmentová bioelektrická impedanční analýza DSM-BIA(Direct Segmental Multi Frequency Bioelectrical Impedance Analysis)	23
1.5 INBODY 770	23
1.5.1 Doporučení před měřením	25
1.5.2 Výsledný protokol.....	25
1.6 ZKRESLENÍ HODNOT V BIOELEKTRICKÉ IMPEDANCI: NEDODRŽENÍ DOPORUČENÝCH POSTUPŮ VÝROBCEM.	28
1.7 VÝŠKOMĚR INBODY BSM 170.....	29
2. PRAKTICKÁ ČÁST.....	31
2.1 HYPOTÉZY.....	31
2.2 METODIKA	32
2.2.1 Pilotní měření.....	32
2.2.2 Stanovení protokolu a časového harmonogramu.....	33
2.2.3 Testovaný soubor	34
2.2.4 Hlavní měření.....	34
2.2.5 Zpracování dat.....	36
3. VÝSLEDKY.....	38
3.1 VLIV INTERVENČÍ NA CELKOVOU TĚLESNOU VODU	38
3.2 VLIV INTERVENČÍ NA MNOŽSTVÍ TĚLESNÉHO TUKU	40

3.3	VLIV INTERVENČÍ NA PROCENTO TĚLESNÉHO TUKU	42
3.4	VLIV INTERVENČÍ NA HMOTNOST KOSTERNÍCH SVALŮ	44
3.5	VLIV INTERVENČÍ NA MĚKKOU SVALOVOU HMOTU	46
3.6	VLIV INTERVENČÍ NA HMOTNOST	48
3.7	VLIV INTERVENČÍ NA HMOTU BEZ TUKU	50
3.8	VLIV INTERVENČÍ NA POMĚR BÍLKOVIN	52
3.9	VLIV INTERVENČÍ NA POMĚR MINERÁLŮ	54
3.10	VLIV INTERVENČÍ NA SLOŽENÍ TĚLA: SHRNUČÍ	56
4.	DISKUSE	57
5.	ZÁVĚR.....	61
	LITERATURA.....	62
	SEZNAM PŘÍLOH.....	68

SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK

Symboly:

f	frekvence	[Hz]
I	elektrický proud	[A]
R	elektrický odpor	[Ω]
S	obsah	[m ²]
U	elektrické napětí	[V]
V	objem	[l]
X	reaktance	[Ω]
Z	impedance	[Ω]
ρ	měrný elektrický odpor	[Ωm]

Zkratky:

CESA	Centrum sportovních aktivit
VUT	Vysoké učení technické v Brně
DXA/DEXA	Dvouenergieová rentgenová absorpciometrie
CT	Výpočetní tomografie
MR	Magnetická rezonance
BIA	Bioelektrická impedanční analýza
TBW	Celková tělesná voda
ECW	Extracelulární voda
IWC	Intracelulární voda
PBF / %BF	Procento tělesného tuku
FFM	Hmota bez tuku
BMI	Index tělesné hmotnosti
WHR	Poměr obvodu pasu a boku
BMR	Bazální metabolická míra
SF-BIA	Jednofrekvenční bioelektrická impedanční analýza
MF-BIA	Multifrekvenční bioelektrická impedanční analýza
DSM-BIA	Přímá segmentová bioelektrická impedanční analýza
LCD	Displej s kapalnými krystaly

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Grafické znázornění komplexní impedance [31].....	21
Obrázek 2: Průtok střídavého proudu tkáni při nízkých a vysokých frekvencích [52]	22
Obrázek 3: Přístroj InBody 770 (archiv autorky)	23
Obrázek 4: Horní elektrody InBody 770 (archiv autorky)	24
Obrázek 5: Dolní elektrody InBody 770 (archiv autorky)	24
Obrázek 6: Výsledný protokol InBody 770 (archiv autorky)	27
Obrázek 7: Výškoměr InBody BSM 170 (archiv autorky)	30
Obrázek 8: Postup pilotního měření.....	33
Obrázek 9: Postup hlavního měření.	36
Obrázek 10: Grafické znázornění hodnot celkové tělesné vody	39
Obrázek 11: Grafické znázornění hodnot množství tělesného tuku	41
Obrázek 12: Grafické znázornění hodnot procenta tělesného tuku.....	43
Obrázek 13: Grafické znázornění hodnot hmotnosti kosterních svalů.....	45
Obrázek 14: Grafické znázornění hodnot měkké svalové hmoty.....	47
Obrázek 15: Grafické znázornění hodnot hmotnosti.....	49
Obrázek 16: Grafické znázornění hodnot hmoty bez tuku.....	51
Obrázek 17: Grafické znázornění hodnot bílkovin	53
Obrázek 18: Grafické znázornění hodnot minerálů	55

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Procentuální podíl tělesného tuku: srovnání mezi skupinami [8]:	15
Tabulka 2: Klasifikace BMI indexu [21]	18
Tabulka 3: Profil testovaného souboru	34
Tabulka 4: Analýza dat celkové tělesné vody	39
Tabulka 5: Analýza dat množství tělesného tuku	41
Tabulka 6: Analýza dat procenta tělesného tuku	43
Tabulka 7: Analýza dat hmotnosti kosterních svalů	45
Tabulka 8: Analýza dat měkké svalové hmoty	47
Tabulka 9: Analýza dat hmotnosti	49
Tabulka 10: Analýza dat hmoty bez tuku	51
Tabulka 11: Analýza dat poměru bílkovin.....	53
Tabulka 12: Analýza dat poměru minerálů.....	55
Tabulka 13: Shrnutí výsledků intervencí na složky tělesného složení.	56

ÚVOD

Tělesné složení představuje důležitý ukazatel zdravotního stavu jedince, který zahrnuje různé parametry, jako je množství tělesného tuku, svalové hmoty, vody a dalších komponent. Přesné a spolehlivé sledování tělesného složení je proto nezbytné pro individuální hodnocení zdravotního stavu, monitorování změn a včasnou diagnostiku potenciálních zdravotních rizik.

V současné době existuje široká škála metod pro měření tělesného složení, z nichž každá má své specifické vlastnosti, výhody a nevýhody. Bioimpedanční analýza (BIA) se stává stále populárnější metodou pro neinvazivní a pohodlné hodnocení tělesného složení. Principem BIA je měření odporu a reaktanci bioelektrických proudů procházejících lidským tělem. Na základě těchto hodnot se pak vypočítávají parametry, jako je celková voda v těle, svalová hmota a procento tělesného tuku. Přístroj InBody 770 využívá multifrekvenční BIA technologii a segmentové měření, které umožňuje detailní analýzu tělesného složení v jednotlivých částech těla.

Bakalářská práce se zaměřuje na sledování odchylek měření tělesného složení prostřednictvím přístroje InBody 770, který je široce využíván ve sportovní medicíně, fitness centrech a klinickém prostředí. Studie se zaměří na sledování odchylek měření tělesného složení na přístroji InBody 770, cílem práce bude provést měření s cíleným nedodržením postupů doporučených výrobcem, analyzovat variability výsledků a posoudit faktory, které ovlivňují přesnost a spolehlivost měření. Důkladné porovnání výsledků získaných pomocí InBody 770 a analýza faktorů ovlivňujících měření budou klíčovými kroky k dosažení tohoto cíle. Nakonec jsou tyto výsledky porovnány s ostatními vědeckými studiemi zabývajícími se podobnou problematikou.

Tato práce si klade za cíl přispět k lepšímu porozumění přesnosti a spolehlivosti měření tělesného složení na přístroji InBody 770 a poskytnout ucelený pohled na jeho využití v klinické praxi a vědeckém výzkumu.

1. TEORETICKÁ ČÁST

1.1 Cíl práce

Cílem této práce je prozkoumat vliv cíleného nedodržení postupů doporučených výrobcem na výsledky měření bioelektrické impedance (BIA). Práce zahrnuje literární rešerši, pilotní měření, systematické zavádění chyb do metodiky měření. Dosažené výsledky budou interpretovány, porovnány s literaturou a diskutovány s ohledem na jejich praktické využití.

1.2 Komponenty složení těla

V této kapitole se zabýváme komponentami složení těla, které jsou předmětem analýzy prostřednictvím přístroje InBody 770. Cílem je porozumět jednotlivým složkám a jejich vztahu k celkovému zdraví a kondici jedince.

1.2.1 Celková tělesná voda

Celková tělesná voda (Total body water, TBW) zahrnuje veškerou vodu v lidském těle, je dána sumou dvou kompartment: intracelulární a extracelulární voda.

Intracelulární (ICW, nitrobuněčná) voda, která se vyskytuje uvnitř buněk, tvoří přibližně dvě třetiny TWB, neboli 40 % tělesné hmotnosti dospělého muže, 50 % tělesné hmotnosti u žen. Extracelulární (ECW, mimobuněčná) voda, která se vyskytuje mimo buňky, tvoří zbývající třetinu TBW a dělí se na tekutinu intravazální (krevní plazma), tekutinu intersticiální (tkáňový mok) a ostatní tekutiny (mozkomíšni mok, lymfa atd) [1].

Tyto tekutiny se od sebe liší obsahem minerálů – v extracelulární převažují ionty sodíku, v intracelulární ionty draslíku. Nejvíce vody je v krvi (83 %), ve svalové tkáni (75 %) a v kůži (72 %). Podstatně méně vody obsahují kosti (22 %) a tuková tkáň (10 %). Nejméně vody má zubní sklovina (2 %) [2].

Pro odhad hodnot celkové tělesné vody platí následující vzorec:

$$TBW(l) = \left(\frac{0,372 * \text{výška}^2}{\text{rezistence}} \right) + (3,05 * \text{pohlaví}) + (0,142 * \text{váha}) - (0,069 * \text{věk}),$$

kde výška musí být uvedena v centimetrech, váha v kilogramech, rezistence v Ohmech. Za pohlaví se dosazuje 1 v případě muže, 0 u žen [3]. Tento vzorec se často používá v bioelektrické impedanční analýze (BIA) k odhadu celkové tělesné vody na základě antropometrických údajů a informací o tělesném složení.

1.2.2 Tuková tkáň

Nejprve je nutné rozlišovat pojmy tuk a tuková tkáň. Tuk je složený převážně z lipidů, zejména triglyceridů, které se nacházejí v tukové tkáni. Tuková tkáň se skládá z adipocytů, extracelulární tekutiny, pojivové tkáně, cév a nervových zakončení [4]. Tuková tkáň se dělí na bílou a hnědou. Také ji můžeme rozdělit na tukovou tkáň podle lokalizace.

Bílá tuková tkáň je nejběžnější typ a slouží jako hlavní místo pro ukládání tuků a zároveň jako hlavní zdroj energie pro tělo v případě nedostatku. Nejvyšší koncentrace tuků se nachází v podkoží a v břišní oblasti. Celkové množství v lidském těle se pohybuje mezi 20-30 %.

Hnědá barva je zapříčiněna vysokým obsahem mitochondrií a cytochromů s bohatým prokrvením. Objevuje se většinou hlavně u novorozenců, kdy tvoří až 5% celkové hmotnosti. U dospělých jedinců ji sice také můžeme najít, ale jen v malé míře [5].

Podle lokalizace se tuk dělí na podkožní a viscerální. Podkožní tuková tkáň, která plní funkci hlavně mechanickou, podpůrnou, tepelnou a působí i jako ochrana proti nárazům. Viscerální tuková tkáň se nachází v dutině břišní a obklopuje vnitřní orgány, jako jsou střeva, játra, ledviny a také srdce [6].

Normální rozmezí tělesného tuku stanovené společností InBody je 10-20 % pro muže (15 % jako ideální hodnota) a 18-28 % pro ženy (23 % jako ideální hodnota) [7].

Procentuální podíl tělesného tuku (Percent Body Fat, PBF) je vypočítán na základě podílu hodnot množství tělesného tuku, a celkové tělesné hmotnosti.

$$PBF(\%) = \frac{\text{Množství tělesného tuku (kg)}}{\text{Hmotnost (kg)}} * 100$$

V tabulce 1: "Procentuální podíl tělesného tuku: srovnání mezi skupinami" je obsaženo detailní rozdělení procentuálního podílu tělesného tuku pro různé skupiny populace. Tabulka umožňuje porovnat procentuální podíl tělesného tuku mezi jednotlivými skupinami a lépe porozumět jeho vlivu na zdraví a fyzickou kondici.

Tabulka 1: Procentuální podíl tělesného tuku: srovnání mezi skupinami [8]:

Skupina	Ženy (% tuku)	Můži (% tuku)
Esenciální tuk	10 – 13%	2 – 5%
Vrcholové sportovci	14 – 20%	6 – 13%
Rekreační sportovci	21 – 24%	14 – 17%
Průměr	25 – 31%	18 – 24%
Obezita	32% a více	25% a více

Hmota bez tuku (Free Fat Mass, FFM) - zahrnuje veškerou hmotnost těla, která není tukem. To zahrnuje svalovou hmotu, kosterní hmotu, tělesné tekutiny, orgány a další tkáně, které neobsahují tuk.

1.2.3 Svalová tkáň

V lidském těle se nachází přibližně 660 svalů, které jsou tvořeny ze 70 % vodou a z 20% proteiny [9].

Dělí se na tři skupiny: příčně pruhované, hladké a srdeční svaly.

a) Příčně pruhované svaly

Příčně pruhované svaly, také označované jako kosterní svaly, jsou ovládány vůlí a plní příkazy přicházející z mozku. Jejich připojení k různým částem kostry pomocí šlach a ovládnání impulsy přenášenými nervovými vlákny umožňuje pohyb [10]. Vlákna kosterních svalů jsou zkřížená pravidelným vzorem jemných červených a bílých čar, což dává svalu charakteristický pruhovaný vzhled. Proto se jim říká pruhované svaly [11].

b) Hladké svaly

Hladké svaly, též zvané viscerální svaly neboli svaly vnitřností. Jejich pohyb není ovlivňován vůlí, je řízen vzruchy produkovanými v centrální nervové soustavě a přenášenými vegetativním a autonomním nervovým systémem. Hladká svalovina se od kosterní svaloviny liší v mnoha ohledech, z nichž asi nejdůležitější je její schopnost se mimovolně stahovat a ovládat. Hladké svaly se vyskytují ve stěnách vnitřních orgánů, jako jsou: tepny a žily, kde hraje důležitou roli při regulaci krevního tlaku a okysličování tkání, střevo, kde pomáhá při trávení a sběru živin, v celém močovém systému, kde

pomáhá zbavovat tělo toxinů a podílí se na rovnováze elektrolytů [12]. Také se nachází v kůži a očích. Umožňují správné fungování těchto orgánů i během spánku [10].

c) Srdeční svaly

Srdeční sval neboli myokard, se skládá ze sarkomer, které umožňují kontrakci. Na rozdíl od kosterní svaloviny je však srdeční sval pod mimovolní kontrolou a pracuje nepřetržitě. Primární funkcí srdečního svalu je pumpovat krev do oběhu tím, že vytváří dostatečnou sílu k zajištění metabolických nároků celého těla [13].

1.2.4 Bílkoviny

Neboli proteiny, jsou makroživiny složené z aminokyselin, poskytují podporu buňkám lidského těla, jsou hlavním strukturálním materiálem všech buněčných membrán. Slouží jako hlavní strukturální složka svalů, kostí, kůže atd. Kromě toho se používají k výrobě hormonů, enzymů a hemoglobinu. Bílkoviny lze také využít jako zdroj energie, nejsou však primární volbou jako zdroj energie jako sacharidy a tuky [14]. Správný příjem bílkovin ve stravě je nezbytný pro růst a udržení buněk, normální funkci svalů, přenos nervových impulzů a imunitní systém [15]. Z hlediska výživy bílkoviny lze rozdělit na dvě skupiny podle původu: živočišné a rostlinné. Nejlepšími zdroji bílkovin jsou potraviny živočišného původu, jako jsou maso, ryby, vejce a mléčné výrobky. Nicméně i rostlinné zdroje, jako jsou luštěniny, ořechy, hrách, fazole, čočka a obiloviny mohou poskytovat důležité množství bílkovin [16].

1.2.5 Minerály

Minerální látky jsou životně důležitými složkami naší potravy, které jsou v malém množství nezbytné pro normální fungování těla, jsou zodpovědné za strukturální funkce kostry a měkkých tkání a za regulační funkce včetně nervosvalového přenosu, srážení krve, přenosu kyslíku a enzymatické aktivity [17]. Také přispívají k udržování normální funkce nervové soustavy a imunitního systému, regulují vodní rovnováhu v těle [18].

Mezi nejvýznamnější minerální látky patří vápník (Ca), který je především obsažen v kostech a zubech, kde posiluje jejich strukturu a pevnost. Hořčík (Mg) je také přítomen v kostech, svalových buňkách a orgánech, železo (Fe) se nachází v hemoglobinu, který je přítomen v červených krvinkách a zajišťuje přenos kyslíku z plic do tkání. Sodík (Na) a draslík (K) jsou důležité pro udržení rovnováhy vody a elektrolytů a jsou přítomny v různých buňkách a tekutinách těla. Zinek (Zn) a měď (Cu) jsou nezbytné pro funkci enzymů a jsou distribuovány v různých tkáních a orgánech [19].

Pro většinu lidí je vyvážená strava dostatečným zdrojem životně důležitých minerálů. V současné době však roste počet osob, které jsou ohroženy nedostatkem minerálních látek. Patří mezi ně lidé s chronickými onemocněními, starší lidé, lidé, kteří se žijí vegetariánskou nebo veganskou stravou, nebo ženy v těhotenství. Nedostatkem minerálů

mohou být ohroženi také sportovci, kteří se stravují jednostranně nebo redukovane, například kvůli dosažení určité hmotnosti [20].

1.3 Indexy tělesného složení

V kapitole "Indexy tělesného složení" se zabývám různými ukazateli používanými k posouzení složení těla, jako jsou BMI (Body Mass Index), WHR (Waist-to-Hip Ratio) a BMR (Basal Metabolic Rate). Tyto indexy jsou často využívány k posouzení zdravotního stavu a rizika různých onemocnění spojených s nadváhou nebo obezitou.

Je důležité si uvědomit, že indexy tělesného složení, jako je BMI, WHR a BMR, jsou vypočítány pomocí empirických rovnic, které kombinují různé antropometrické údaje, jako je váha, výška, obvod pasu a boku, nebo výpočet bazálního metabolismu na základě pohlaví, věku a hmotnosti. Tyto rovnice poskytují užitečné informace o tělesném složení jedince a mohou být použity k posouzení jeho zdravotního stavu a rizika spojeného s obezitou nebo metabolickými poruchami.

1.3.1 BMI (index tělesné hmotnosti, Body Mass Index)

Index tělesné hmotnosti, někdy se také označuje jako Queteletův index, sloužící k určení stupně obezity na základě výpočtu hmotnosti, vzhledem k výšce. BMI může identifikovat relativní množství tělesného tuku na těle jedince, ale nevypočítává přímo procento tělesného tuku [21].

Daný index je určen k zařazení do kategorií těžká podváha, podváha, normální hmotnost, nadváha a obezita různých stupňů. Nyní je nejrozšířenějším indexem používaným v hodnocení stavu hmotnosti.

$$BMI = \frac{Hmotnost(kg)}{Výška^2(m)}$$

Je důležité porozumět současným hraničním hodnotám jednotlivých kategorií, jak je stanovila Světová zdravotnická organizace (WHO) a Centrum pro kontrolu a prevenci nemocí (CDC) [21].

Tabulka 2: Klasifikace BMI indexu [21]

Klasifikace	BMI (kg/m ²)
Těžká podváha	<16
Podváha	16,0 až 18,4
Normální hmotnost	18,5 až 24,9
Nadváha	25,0 až 29,9
Obezita 1. stupně	30,0 až 34,9
Obezita 2. stupně	35,0 až 39,9
Obezita 3. stupně	≥ 40,0

Nevýhodou je, že tato metoda nebere v úvahu tělesnou kompozici. U některých skupin populace, jako jsou sportovci nebo osoby s velkým množstvím svalové hmoty, BMI může poskytnout nepřesnou interpretaci. K správné interpretaci je proto potřeba použít parametry jako svalová hmota anebo tuková hmota [22].

1.3.2 WHR (Waist To Hip Ratio, poměr obvodu pasu a boku)

Poměr obvodu pasu a boku, také známý jako index centrální obezity [23], se používá jako ukazatel distribuce tuku v těle.

Doporučení pro měření obvodu pasu zahrnuje umístění měřicího pásku mezi spodním okrajem posledního žebra a nejvyšším bodem kyčelní kosti. Pro měření obvodu boků se uvádí, že měření by se mělo provádět kolem nejširší části hýždí, paralelně k zemi. Dále se zdůrazňuje, že měřicí pásek by měl být pevně obepínající, ale ne příliš těsný. Důležité je také dodržovat správné držení těla a ideálně provádět měření na lačný žaludek [24].

Index WHR se počítá dle vzorce:

$$WHR = \frac{\text{Obvod pasu}(cm)}{\text{Obvod boku}(cm)}$$

Hraniční hodnoty a riziko metabolických komplikací jsou definované jako poměr pasu a boků nad 0,90 u mužů a nad 0,85 u žen [24].

Je důležité poznamenat, že InBody 770 automaticky vypočítává index WHR na základě zjištěných hodnot, aniž by uživatel musel ručně zadávat obvody pasu a boků. Tato automatická funkce může být užitečná, ale zároveň je důležité si uvědomit, že přesnost tohoto parametru závisí na přesnosti odhadu InBody na základě naměřených dat. Studie zabývající se přesností odhadu indexu WHR upozorňují na fakt, že metoda BIA není dostatečně přesná ve srovnání s manuální metodou. Přesnost odhadu pomocí metody BIA je ovlivněna mnoha proměnnými, včetně pohlaví, procenta tělesného tuku, celkové

tělesné vody, BMI a výšky. Je doporučeno vyhnout se použití této metody pro výpočet indexu WHR [51].

1.3.3 Bazální metabolismus (Basal Metabolic Rate, BMR)

Množství energie neboli kalorií, které tělo potřebuje k základním životním funkcím v klidovém stavu se nazývá bazální metabolismus. Zabezpečuje základní fyziologické pochody ve tkáních: činnost kardiovaskulárního systému, respiračního systému, funkce ledvin a základních neurohumorálních mechanismů. Je významně ovlivňován genetickými faktory a teplotou okolí [25].

Jedním z nejpoužívanějších vzorců pro výpočet indexu BMR je Mifflin-St. Jeorova rovnice, která zohledňuje biologické rozdíly mezi ženami a muži. Tato rovnice je definována následovně pro ženy:

$$BMR = 10 * hmotnost(kg) + 6,25 * výška(cm) + 5 * věk - 161,$$

a pro muže:

$$BMR = 10 * hmotnost(kg) + 6,25 * výška(cm) - 5 * věk + 5$$

Při srovnání odhadů BMR z Mifflin-St. Jeorove rovnic a InBody se ukázaly jisté rozdíly. InBody udává kromě hodnoty BMR i rozmezí, do kterého by skutečná hodnota měla spadat. Zajímavé je, že v každém z testovaných případů se hodnota BMR vypočítaná z Mifflin-St. Jeorových rovnic nacházela v rozmezí udávaném InBody. Toto zjištění naznačuje, že InBody může poskytovat poměrně přesný odhad BMR, i když se liší od hodnoty vypočítané z Mifflin-St. Jeorových rovnic. Je však důležité zdůraznit, že se jedná o statistické zjištění a individuální výsledky se mohou lišit.

1.4 Bioelektrická impedanční analýza

Bioelektrická impedanční analýza (bioimpedanční analýza, Bioelectrical Impedance Analysis nebo BIA) je nepřímá neinvazivní a rychlá metoda měření složení těla, která umožňuje stanovit množství vody, tuků a svalové hmoty v těle.

BIA metoda je založena na principu průchodu slabého elektrického proudu s vysokou frekvencí, kde tělo kvůli obsahu intracelulárních a extracelulárních tekutin (celkové tělesné tekutině) projevuje elektrickou vodivost. Střídavý elektrický proud, typický kolem 400-800 μ A a frekvenci 1-1000 kHz [26], volně prochází skrz tělní tekutiny ve svalových tkáních, avšak v tukové tkáni, kvůli minimálnímu obsahu vody na rozdíl od ostatních tkání lidského těla, dochází k významnému zvýšení odporu [27]. Na základě tohoto odporu, známého jako bioelektrická impedance, umožňuje získat informace o tělesném složení: zastoupení tuku, svalové hmoty, vody v organismu a dalších složek.

Na rozdíl od jiných metod měření složení těla, jako DEXA (neboli DXA), magnetická rezonance (MR) a výpočetní tomografie (CT), bioelektrická impedanční analýza nepředstavuje tak vysoké náklady a nedochází k ozáření pacienta [28].

Směry použití bioimpedančních analyzátorů jsou docela široké: sportovní medicína, diabetika, intenzivní péče, kosmetologie a preventivní vyšetření neboli prohlídky.

Přístroje, které jsou založeny na principu BIA, se mohou lišit umístěním a počtem elektrod. Dvouelektrodové přístroje používají elektrody umístěné buď jenom na horních končetinách (bipolární) nebo na dolních končetinách (bipedální). Na rozdíl od toho, u tetrapolárních (čtyřelektrodových) přístrojů jsou elektrody umístěny jak na horních, tak i na dolních končetinách současně. Použitím čtyř elektrodového přístupu lze dosáhnout přesnějších výsledků [29].

1.4.1 Fyzikální základy elektrické impedance

Impedance (Ω) je poměr mezi proudem a napětím, její hodnota je dána Ohmovým zákonem [32]:

$$Z = \frac{U}{I}$$

Z tohoto lze bioimpedanci popsat jako pasivní elektrickou vlastnost biologických materiálů odporovat elektrickému proudu [48].

Bioelektrická impedance Z (Ω) biologických tkání je komplexní veličina, která se skládá z dvou složek: odporu R (Ω) a kapacitní reaktance Xc (Ω) a je definována vztahem:

$$Z = R + jXc,$$

kde j je imaginární složka [30].

Odpor R je reálnou částí impedance, popisuje hodnoty tkáňového odporu proudu a nemění se s frekvencí. Reaktance Xc je imaginární část impedance a představuje kapacitní vlastnosti tělesné tkáně a tato hodnota se mění s frekvencí [48].

Materiálem aktivního odporu R v biologickém objektu jsou tekutiny (intracelulární a extracelulární), které mají iontový vodivý mechanismus. Materiálem reaktance Xc jsou buněčné membrány.

Velikost bioelektrické impedance tedy můžeme získat pomocí Pythagorovy věty [30]:

$$|Z| = \sqrt{R^2 + (Xc)^2}$$

Fázový úhel může indikovat relativní distribuci tekutin v těle. Hodnota fázového úhlu se teoreticky pohybuje od 0° do 90° . V klinické praxi může být fázový úhel velmi užitečný, protože odráží poměr extracelulární k intracelulární vodě (ECW/ICW), což může být citlivým ukazatelem podvýživy nebo nemocí [48]. Velikost fázového úhlu ($^\circ$), který svírá vektor R a Z lze jej vypočítat podle rovnice:

$$\varphi = \arctg\left(\frac{Xc}{R}\right)$$

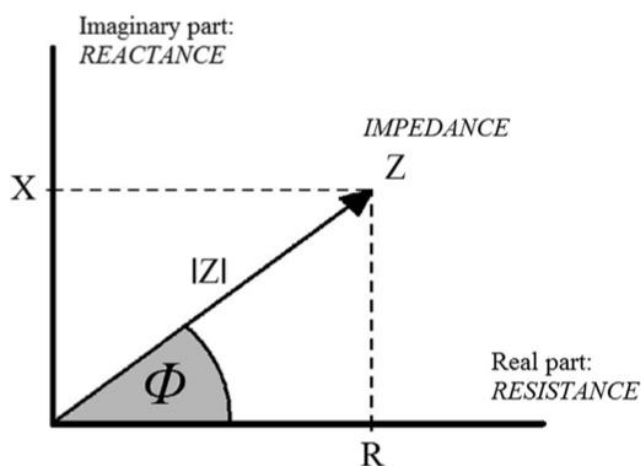
Odpor homogenního vodivého materiálu $R(\Omega)$ s rovnoměrným průřezem je definováno vztahem:

$$R = \rho \frac{l}{S}$$

kde ρ je rezistivita materiálu vodiče v ohmmetrech za metr (Ωm), l je délka vodiče v metrech (m), S je plocha průřezu vodiče v metrech čtverečních (m^2).

Základní princip BIA spočívá v odhadu objemu těla V_B na základě změřeného odporu R tkání. Pro zjednodušení si můžeme lidské tělo představit jako válec s výškou l a plochou podstavy S . Úpravou předchozího vztahu pro odpor vodiče s ohledem na specifické vlastnosti lidského těla a vodivost tkání získáme vzorec pro odhad objemu těla [30]:

$$V_B = \rho \frac{l^2}{R}$$



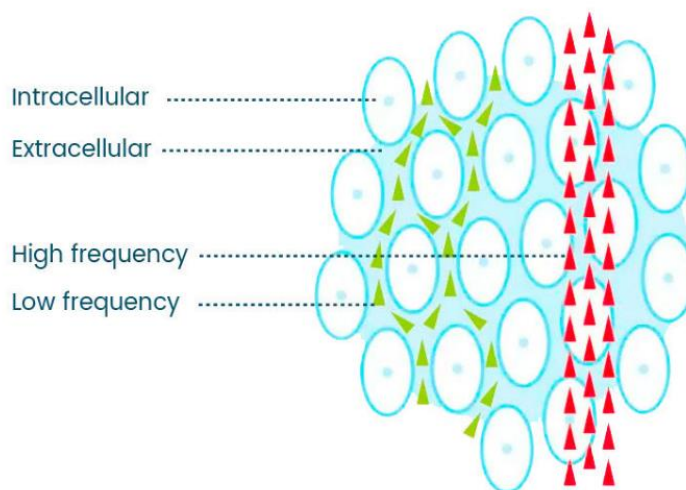
Obrázek 1: Grafické znázornění komplexní impedance [31].

1.4.2 Jednofrekvenční bioelektrická impedanční analýza (single frequency bioimpedance analysis - SF-BIA)

Jednou z prvních metod měření složení těla je jednofrekvenční bioimpedanční analýza (monofrekvenční, jednodmítočtová, SF-BIA). Tato technika využívá nízkou intenzitu střídavého elektrického proudu s konstantní frekvencí 50 kHz, která má nejvyšší reaktanci a pomocí ní lze zjistit tělesné charakteristiky. Frekvence 50 kHz není schopna přestoupit buněčnou membránu a šíří se pouze extracelulární tekutinou, a proto není možné přesně změřit obsah intracelulární tekutiny. SF-BIA umožňuje odhadnout beztukovou hmotu (FFM) a celkovou tělesnou vodu (TBW) [32]. Výsledky jsou získávány kombinací teoretických principů a empirických rovnic [26]. Jednofrekvenční metody jsou spolehlivé pro odhad tělesného složení u zdravé populace, ale k nepřesnostem může dojít u jednotlivců s odchylkami od průměrných hodnot populace, záleží také na hydratačním stavu pacienta a rovnováze elektrolytů [33],[26].

1.4.3 Multifrekvenční bioelektrická impedanční analýza (multiple frequency bioimpedance analysis - MF-BIA)

MF-BIA využívá impedanci na různých frekvencích a to například 1, 5, 50, 100, 200 až 500 kHz. Díky vysokým frekvencím (od 100kHz) proud může proniknout skrz buněčnou membránu, a na rozdíl od jednofrekvenční bioelektrické impedanční analýzy, tato metoda umožňuje rozlišení celkové tělesné vody (TBW) na intracelulární a extracelulární kompartmenty a poskytuje také údaje o množství tukové tkáně. Tato metoda také využívá empirické rovnice a je výhodnější při hodnocení svalové hmoty [26],[33].



Obrázek 2: Průtok střídavého proudu tkání při nízkých a vysokých frekvencích [52]

1.4.4 Přímá segmentová bioelektrická impedanční analýza DSM-BIA(Direct Segmental Multi Frequency Bioelectrical Impedance Analysis)

Nejnovější technologií DSM-BIA, rozděluje tělo do 5 kompartmentů – levá ruka, pravá ruka, levá noha, pravá noha a trup, tímto způsobem se výsledky segmentální analýzy ještě více zpřesňují. Přístroje ke stanovení tělesné kompozice nepoužívají empirické rovnice, impedance je opravdu měřena nezávisle na pohlaví a věku. DSM-BIA umožňuje měření různých skupin lidí, včetně dětí, sportovců, extrémně obézních jedinců a seniorů [26].

1.5 InBody 770

Tělesný scanner InBody 770, vyvinutého společností InBody Co. Ltd, Jižní Korea, který byl vyroben v roce 2014, v současné době je jednou z nejmodernějších verzí bioimpedančních analyzátorů této firmy. Princip InBody je založen na metodě DSM-BIA, která na rozdíl od ostatních metod rozděluje tělo na pět různých segmentů neboli válců a postupně měří odpor v každé části těla bez použití empirických odhadů, což umožňuje získat přesnější výsledky oproti jiným zařízením.

Doba provedení jednoho měření je 60 vteřin, kde skrz tělo proudí slabý střídavý proud o šesti různých frekvencích: 1 kHz, 5 kHz, 50 kHz, 250 kHz, 500 kHz a 1000 kHz.



Obrázek 3: Přístroj InBody 770 (archiv autorky)

System je vybaven čtyřpolárním osmibodovým dotykovým systémem elektrod, je to způsob, kdy jsou elektrody umístěny ve čtyřech různých bodech na těle: pravé a levé chodidlo, pravá a levá dlaň, tím je zvýšená přesnost a reprodukovatelnost pomocí pevných měřících míst proudu a napětí [34].



Obrázek 4: Horní elektrody InBody 770 (archiv autorky)



Obrázek 5: Dolní elektrody InBody 770 (archiv autorky)

Zařízení InBody 770 je navrženo tak, aby poskytovalo analýzu tělesného složení s ohledem na široké spektrum věkových skupin, tedy ve věku od 3 let, až po ty nejstarší ve věku 99 let. Výškové rozmezí tohoto přístroje se pohybuje od 95 do 220 cm, zatímco

váhové rozmezí je od 10 do 300 kg, což zajistí pohodlnou manipulaci s pacienty různých postav a velikostí [34].

1.5.1 Doporučení před měřením

Dodržování specifických pokynů před bioimpedančním měřením je klíčové pro dosažení co nejpřesnějších výsledků. Tato pravidla by měla být zdůrazňována nejen výrobcí přístrojů, ale i personálem ve zdravotnických a sportovních zařízeních.

Zdravotní kontraindikace:

Z důvodu zdravotních rizik se bioimpedanční měření nedoporučuje osobám s kardiostimulátorem, jelikož nízké proudy procházející tělem během testu by mohly narušit funkci přístroje a ohrozit život pacienta. Z totožných důvodů se test nedoporučuje ani těhotným ženám.

Příprava na měření:

- **Hydratace:** Pro dosažení optimální hydratace je vhodné pít dostatek tekutin během dne před analýzou, avšak vyhněte se nadměrnému pití těsně před měřením.
- **Močení:** Před testem je vhodné navštívit toaletu, aby se minimalizovala variabilita v množství tekutin v těle.
- **Odpočinek:** Doporučuje se stát v klidu po dobu minimálně 5 minut před měřením, aby se tělesné tekutiny rovnoměrně rozložily v organismu.
- **Strava a fyzická aktivita:** Vyhněte se příjmu kofeinu a alkoholu 24 hodin před testem. Nejezte 3-4 hodiny před měřením a omezte fyzickou aktivitu na minimum 6 až 12 hodin před testem.
- **Hygiena a oblečení:** Nepoužívejte krémy na ruce a sundejte veškeré kovové předměty, které by mohly ovlivnit vodivost elektrod. Vyhněte se sprchování a saunování těsně před měřením, aby nedošlo k narušení tělesné teploty a vodní bilance.
- **Menstruační cyklus:** Bioimpedanční měření se u žen v období menstruace nedoporučuje [35],[36].

1.5.2 Výsledný protokol

Výsledný list bioimpedančního analyzátoru InBody 770 nabízí široké spektrum vyhodnocených hodnot pro detailní analýzu složení těla. Tento protokol se zaměřuje na různé parametry tělesného složení:

Základní složení těla:

- **Celková tělesná voda (TBW):** Množství vody v celém těle.
- **Tuková hmota:** Množství tukové tkáně v celém těle.
- **Beztuková hmota:** Množství tkáně v těle bez tuku (svaly, kosti, orgány).
- **Svalová hmota:** Množství svalové tkáně v celém těle.
- **Bílkoviny:** Množství bílkovin v celém těle.
- **Minerály:** Množství minerálů v celém těle.
- **Váha:** Celková hmotnost těla.

Detailní analýza složení těla:

- **Hmotnost kosterních svalů:** Množství svalové tkáně v jednotlivých částech těla (např. v pažích, nohou, trupu).
- **Množství tělesného tuku:** Množství tukové tkáně v jednotlivých částech těla.
- **BMI (Body Mass Index):** Index tělesné hmotnosti, který slouží k hodnocení obezity.
- **Procentuální podíl tělesného tuku:** Procento tukové tkáně z celkové tělesné hmotnosti.
- **Poměr ECW (Extracellular Water):** Poměr extracelulární tekutiny (tekutiny mimo buňky) k intracelulární tekutině (tekutině uvnitř buněk).
- **Cílová váha:** Ideální váha pro daného jedince.
- **Kontrola váhy:** Sledování změn váhy v čase.
- **Tuková kontrola:** Sledování změn v množství tělesného tuku v čase.
- **Svalová kontrola:** Sledování změn v množství svalové tkáně v čase.

Další parametry:

- **Nitrobuněčná a mimobuněčná voda:** Množství vody uvnitř a mimo buňky.
- **Bazální metabolická míra (BMR):** Množství energie potřebné k udržení základních životních funkcí.
- **Poměr WHR (Waist-Hip Ratio):** Poměr obvodu pasu k obvodu boků.
- **Buněčná hmota v těle:** Množství aktivní tkáně v těle (svaly, orgány).
- **Historie tělesného složení:** Ukládá data o změnách složení těla v čase.
- **Fázový úhel ϕ a impedance:** Měření impedance (odporu) v jednotlivých částech těla na různých frekvencích.

ID	Výška	Věk	Pohlaví	Datum / Čas Testu
123	176,9cm	23	Muž	27.02.2024. 10:47

Analýza Složení Těla

	Hodnoty	Celková Tělesná Voda	Měkká Svalová Hmotnost	Hmotnost Bez Tuku	Hmotnost
Celková Tělesná Voda (L)	46,0 (38,7-47,3)	46,0	59,4 (49,7-60,7)	63,1 (52,7-64,4)	69,2 (58,5-79,1)
Bílkovina (kg)	12,6 (10,4-12,6)				
Minerály (kg)	4,46 (3,58-4,38)				
Množství Tělesného Tuku (kg)	6,1 (8,3-16,5)				

Analýza Sval-Tuk

	Pod	Normální	Nad
Hmotnost (kg)	55 70 85 100 115 130 145 160 175 190 205 %	69,2	
Hmotnost Kosterních Svalů (kg)	70 80 90 100 110 120 130 140 150 160 170 %	36,3	
Množství Tělesného Tuku (kg)	40 60 80 100 160 220 280 340 400 460 520 %	6,1	

Analýza Obezity

	Pod	Normální	Nad
BMI (kg/m ²)	10,0 15,0 18,5 22,0 25,0 30,0 35,0 40,0 45,0 50,0 55,0	22,1	
Procento tělesného tuku (%)	0,0 5,0 10,0 15,0 20,0 25,0 30,0 35,0 40,0 45,0 50,0	8,8	

Segmentální analýza svaloviny

	Pod	Normální	Nad	Poměr ECW
Pravá Paže (kg)	55 70 85 100 115 130 145 160 175 %	3,43		0,367
Levá Paže (kg)	55 70 85 100 115 130 145 160 175 %	3,47		0,367
Trup (kg)	70 80 90 100 110 120 130 140 150 %	27,1		0,362
Pravá Noha (kg)	70 80 90 100 110 120 130 140 150 %	9,77		0,358
Levá Noha (kg)	70 80 90 100 110 120 130 140 150 %	9,58		0,360

Analýza ECW Poměru

	Pod	Normální	Nad
Poměr ECW	0,320 0,340 0,360 0,380 0,390 0,400 0,410 0,420 0,430 0,440 0,450	0,362	

Historie Složení Těla

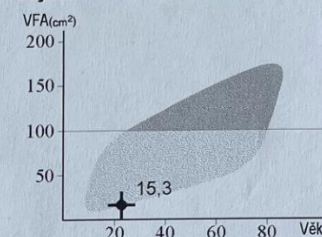
	05.01.24 10.12	05.01.24 10.17	05.01.24 10.21	05.01.24 10.29	05.01.24 11.01	05.01.24 11.13	05.01.24 11.32	27.02.24 10.47
Hmotnost (kg)	70,8	70,8	70,6	70,8	71,7	71,7	71,7	69,2
Hmotnost Kosterních Svalů (kg)	36,1	35,8	35,3	35,9	35,7	35,5	35,5	36,3
Procento tělesného tuku (%)	11,1	11,7	12,8	11,5	12,9	13,4	13,3	8,8
Poměr ECW	0,363	0,364	0,364	0,364	0,365	0,366	0,365	0,362

Výsledek InBody

85/100 Bodů

* Celkový výsledek, který odráží zhodnocení složení těla. Svalnatá osoba může mít výsledek nad 100 bodů.

Objem Viscerálního Tuku



Kontrola Hmotnosti

Cílová Hmotnost	69,2 kg
Kontrola Hmotnosti	0,0 kg
Kontrola Tuku	0,0 kg
Kontrola Svalová	0,0 kg

Segmentová Analýza Tuku

Pravá Paže	(0,2 kg) ↓ 31,3%
Levá Paže	(0,2 kg) ↓ 28,7%
Trup	(2,6 kg) ↓ 60,7%
Pravá Noha	(1,1 kg) ↓ 60,8%
Levá Noha	(1,0 kg) ↓ 59,1%

Parametry prohledávání

Nitrobuněčná Voda	29,3 L (24,0-29,4)
Mimobuněčná Voda	16,7 L (14,7-17,9)
Bazální Metabolická Mira	1733 kcal (1513-1768)
Poměr Obvodu Pasu a Hýždí	0,78 (0,80-0,90)
Buněčná hmota v těle	42,0 kg (34,4-42,0)
SMI	8,4 kg/m ²
Doporučený kalorický příjem	2724 kcal

Fáze celého těla úhel

φ(°) 50 kHz | 7,1°

Segmentální fáze

φ(°) 50 kHz	PP	LP	TR	PN	LN
	6,4	6,5	10,4	7,8	7,6

Impedance

Z(α)	PP	LP	TR	PN	LN
1 kHz	357,7	354,7	26,2	295,2	306,4
5 kHz	348,4	345,0	25,0	287,9	299,0
50 kHz	299,1	295,1	20,1	241,1	251,0
250 kHz	264,6	261,5	16,4	210,4	219,2
500 kHz	254,4	251,7	15,3	203,3	211,6
1000 kHz	248,5	246,4	15,2	197,7	206,0

Obrázek 6: Výsledný protokol InBody 770 (archiv autorky)

1.6 Zkreslení hodnot v bioelektrické impedanci: nedodržení doporučených postupů výrobcem.

Cílené nedodržení postupů doporučených výrobcem může vést k variabilitě výsledků BIA analýzy a ovlivnit jejich interpretaci. Existuje řada studií, které se zabývají touto tematikou. Studie naznačují, že nedodržení postupů doporučených výrobcem při měření bioelektrickou impedancí může významně ovlivnit výsledky analýzy složení těla.

Zvláště pokud jde o příjem tekutin před měřením, ukazuje se, že konzumace 500 až 1000 ml vody vede k nadhodnocení hmotnosti tělesného tuku a procenta tělesného tuku, aniž by došlo k významným změnám v hladině tělesné vody nebo hodnotách beztukové hmoty. Tato zjištění jsou v souladu s výsledky, které ukazují výrazné rozdíly ve vybraných parametrech měření, jako je hmotnost tělesného tuku a procentuální podíl tělesného tuku, tělesná voda při různých metodách měření bioelektrickou impedancí [37],[38],[39].

U příjmu kofeinu, naopak, se ukázalo, že rozdíl hodnot nebyl statisticky významný. Konzumace kofeinu u obvyklých uživatelů vyvolala pouze nepatrné změny ve složení těla, konkrétně nebyly prokázány velké změny u hodnot TBW, ECW, ICW nebo PBF, a proto nemusí být u těchto jedinců nutné dodržovat specifické pokyny týkající se konzumace kofeinu před měřením [40].

Další studie naznačuje, že požití jídla před měřením významně zvyšuje impedanci a dále významně zvyšuje procento tělesného tuku, tukovou hmotu a celkovou hmotnost [41],[42]. Přestože po konzumaci jídla došlo ke statisticky významným změnám v odhadech tělesného složení, tyto změny byly malé a v rámci nepřesnosti impedanční techniky, a proto pravděpodobně nemají klinický význam [41].

Další studie zabývající se toutéž problematikou ukazují, že malý nebo nízkokalorický příjem potravy neovlivní hodnoty procenta tělesného tuku. Proto docházejí k závěru, že požití malého množství jídla těsně před měřením nemá vliv na výsledky měření [43],[44].

Studie zabývající se vlivem cvičení na odhad složení těla pomocí analýzy bioelektrické impedance ukazuje, že fyzická aktivita před měřením má významný vliv na vyhodnocené hodnoty. Tyto studie prokazují konzistentní trend, že cvičení má tendenci snižovat procento tělesného tuku a impedanci [45],[46],[47].

V rámci těchto studií byl pozorován vliv po aerobním cvičení, který vedl ke snížení odhadovaného PBF. Například po 30minutovém cvičení na bicyklovém ergometru se prokázalo významné snížení PBF, přičemž intenzita cvičení ovlivňovala velikost této změny [46]. Podobně, po maximálním a submaximálním aerobním cvičení došlo také k významnému snížení odhadu PBF [47].

Výsledky těchto studií naznačují, že před hodnocením tělesného složení pomocí bioelektrické impedance je důležité vzít v úvahu nedávnou fyzickou aktivitu, neboť ta může ovlivnit výsledky měření.

Následující studie se zaměřovala na měření bioelektrické impedance za různých vnějších podmínek, konkrétně aplikaci krémů a hydratačních prostředků, včetně vysokokonduktivních látek jako EEG gelu. Zjištění studie naznačila, že různé hydratační krémy mají vliv pouze na menšinu hodnot a pouze při použití specifických vysoce vodivých pleťových krémů, jako jsou EEG gely, a při aplikaci krému na ruce bez oleje a krému na nohy na vodní bázi lze zaznamenat statisticky významné změny. V získaných hodnotách byly pozorovány změny pouze u celkové tělesné vody (TBW), hmotnosti tuku a procenta tělesného tuku. Hodnoty svalové hmoty, hmoty bez tuku, extracelulární vody (ECW), intracelulární vody (ICW) nebyly ovlivněny a nebyla zaznamenána žádná změna [48].

Další studie zkoumala vliv sauny a sprchy na parametry měření tělesného složení pomocí bioelektrické impedance, v rámci těchto měření byly analyzovány různé parametry tělesné vody. Během experimentu byla provedena měření před a po návštěvě sauny a sprchy. Při porovnávání měření provedených před a po saunování nebyly zjištěny žádné významné rozdíly u hodnot celkové tělesné vody (TBW), extracelulární vody (ECW), ani intracelulární vody (ICW) [49].

Tato zjištění poukazují na potřebu standardizovaných postupů před měřením, zejména pokud se měření provádí v klinickém nebo výzkumném prostředí, kde je přesnost a spolehlivost vyhodnocování tělesného složení klíčová. V situacích, kde je přesnost měření kritická, je důležité dodržovat doporučení před měřením, aby se minimalizovaly změny.

1.7 Výškoměr InBody BSM 170

Pro dosažení přesnějších výsledků měření (např. indexu BMI, kde je hodnota vypočítaná na základě poměru výšky a váhy) je nutné zjistit výšku osoby. Tento parametr byl zjištěn pomocí digitálního výškoměru InBody 170. Přístroj je vybaven LCD displejem s intuitivním uživatelským rozhraním, které umožňuje snadné ovládání a čtení naměřených hodnot.

Výškoměr InBody BSM 170 poskytuje možnost měření výšky osob v rozsahu od 35 do 210 cm. Tento široký rozsah pokrývá většinu výšek osob, a tím poskytuje možnost měření pro různé skupiny populace včetně dětí. Výrobní forma udává, že chybovost výškoměru se rovná $\pm 1\text{mm}$ [50].



Obrázek 7: Výškoměr InBody BSM 170 (archiv autorky)

2. PRAKTICKÁ ČÁST

2.1 Hypotézy

H₀: Experimentální měření s cíleně zavedenými chybami neprokáže statisticky významný vliv těchto chyb na výsledky měření tělesného složení.

H_{0A}: Experimentální měření s cíleně zavedenými chybami prokáže statisticky významný vliv těchto chyb na výsledky měření tělesného složení.

Intervence č.1:

H₁₀: Mezi hodnotami naměřenými po narušení měření fyzickým kontaktem a referenčními hodnotami neexistuje statisticky významný rozdíl.

H₁_A: Mezi hodnotami naměřenými po narušení měření fyzickým kontaktem a referenčními hodnotami existuje statisticky významný rozdíl.

Intervence č.2:

H₂₀: Mezi hodnotami naměřenými po aplikaci mastného krému a referenčními hodnotami neexistuje statisticky významný rozdíl.

H₂_A: Mezi hodnotami naměřenými po aplikaci mastného krému a referenčními hodnotami existuje statisticky významný rozdíl.

Intervence č.3-5:

H₃₀: Mezi hodnotami naměřenými po vypití jednoho litru vody a referenčními hodnotami neexistuje statisticky významný rozdíl.

H₃_A: Mezi hodnotami naměřenými po vypití jednoho litru vody a referenčními hodnotami existuje statisticky významný rozdíl.

H₄₀: Konzumace vody před měřením nemá vliv na parametry hmotnosti, množství a procentuální podíl tělesného tuku.

H₄_A: Konzumace vody před měřením vede k nárůstu parametrů hmotnosti, množství a procentuálního podílu tělesného tuku.

2.2 Metodika

2.2.1 Pilotní měření

Pilotní fáze měření tělesného složení pomocí zařízení InBody 770 zaujímala klíčové postavení v přípravě hlavního výzkumu v rámci této bakalářské práce. Tato fáze byla zaměřena na získání užitečných poznatků a informací, jež byly nezbytné pro optimalizaci metodiky a postupů, které budou následně použity při měření s rozšířeným počtem probandů.

Pro pilotní měření byl vybrán muž bez zdravotních kontraindikací. Účastník podstoupil bioimpedanční analýzu tělesného složení pomocí InBody 770 v souladu s pokyny a s protokolem výrobce. Před samotným měřením byl podrobně seznámen s postupem, cílem a hodnocenými parametry.

Průběh pilotního měření započal stanovením výšky respondenta v laboratoři pomocí výškoměru InBody BSM 170. Výška byla zaznamenána do protokolu a následně použita pro výpočet dalších parametrů tělesného složení.

Následovalo samotné měření tělesného složení pomocí zařízení InBody 770. Proband se bos a v lehkém oblečení postavil na elektrodovou platformu a uchopil rukama elektrody umístěné po stranách přístroje. Zařízení InBody 770 následně provedlo komplexní analýzu bioelektrické impedance, na základě, které vygenerovalo detailní profil tělesného složení.

Pilotní fáze studie zahrnovala celkem 7 měření, s cílem zjistit případné odchylky a stanovit časový harmonogram pro hlavní experiment. Měření probíhala v následujících krocích:

1. Referenční měření:

Provedena tři měření bez jakéhokoli zásahu, s cílem získat referenční hodnoty. Měření probíhala v identických časových intervalech a za stejných podmínek.

2. Intervence č.1: Aplikace krému:

Provedeno jedno měření po aplikaci mastného krému Himalaya Herbals (Indie) na dlaně a chodidla probanda.

3. Intervence č.2: Kontakt s měřící osobou:

Provedeno jedno měření s permanentním kontaktem v oblasti ramen měřící osoby. Měření probíhalo s rukama položenými na ramena měřící osoby.

4. Intervence č.3: Konzumace jednoho litru vody:

Provedena dvě měření po konzumaci jednoho litru neperlivé pitné vody. Měření probíhalo ihned po vypití vody a po 20 minutách.

1. Bez intervencí
 2. Bez intervencí
 3. Bez intervencí
 4. Měření po aplikaci mastného krému
 5. Kontakt s měřenou osobou po celou dobu měření
 6. Měření okamžitě po konzumaci vody
 7. Měření po dvaceti minutách od konzumace
- } Získání referenčních hodnot

Obrázek 8: Postup pilotního měření.

Získaná data byla následně vyhodnocena a analyzována za účelem identifikovat případné odchylky.

2.2.2 Stanovení protokolu a časového harmonogramu

Na základě poznatků z pilotního měření byl následně vytvořen protokol a časový plán pro jednotlivé subjekty, kteří se účastnili hlavního výzkumu.

Hlavní rozdíly mezi hlavním měřením a pilotním měřením jsou následující:

- **Počet měření:** V hlavním měření bylo provedeno více měření než v pilotním, aby se získal dostatek dat pro statistickou analýzu.
- **Kontakt s osobou:** V pilotním měření byl kontakt s osobou v oblasti ramen, avšak v hlavním měření byl kontakt s osobou v oblasti předloktí.
- **Fáze:** V hlavním měření byly zahrnuty tři fáze referenčních měření a pět fází intervenčních měření, zatímco pilotní měření obsahovalo tři fáze referenčních měření a čtyři fáze intervenčních měření.
- **Doba trvání:** Hlavní měření trvalo déle než pilotní měření z důvodu většího počtu měření.

- **Cíl:** Pilotní měření se zaměřovalo na ověření protokolu a stanovení časového harmonogramu, zatímco hlavní měření se zaměřovalo na testování vlivu specifických intervencí.

Pilotní měření poskytlo užitečné poznatky pro další plánování průběhu měření v rámci této bakalářské práce. Identifikované intervence a postupy budou nadále podrobně zkoumány a analyzovány v hlavní fázi výzkumu, která bude zahrnovat rozsáhlejší soubor subjektů.

2.2.3 Testovaný soubor

V souladu s cíli této bakalářské práce byla pro experimentální část vybrána a testována skupina 20 osob, která se skládala z 12 mužů a 8 žen.

Všichni účastníci byli rekreační sportovci s mírou fyzické aktivity jednou až čtyřikrát týdně v délce maximálně 2 hodin. Žádný z účastníků netrpěl žádnými zdravotními omezeními, které by mohly ovlivnit výsledky měření bioelektrickou impedancí (BIA) na přístroji InBody 770. Průměrný věk této skupiny je $23,3 \pm 6,51$, níže je uveden detailní popis charakteristik této skupiny v tabulce 3.

Tabulka 3: Profil testovaného souboru

n=20	Průměr ± směrodatná odchylka	Rozsah
Věk (roky)	$23,3 \pm 6,51$	19 – 51
Hmotnost (kg)	$71,84 \pm 13,05$	52,3 - 103,4
Výška (cm)	$173,19 \pm 10,6$	154,4 - 192
BMI (kg/m^2)	$23,36 \pm 3,38$	19 - 35

2.2.4 Hlavní měření

Před samotným měřením tělesného složení bylo nejprve provedeno měření výšky pomocí výškoměru InBody 170, což sloužilo k získání úvodních antropometrických údajů.

Impedance těla a fázový úhel byly měřeny při různých frekvencích od 1 do 1000 kHz pomocí multifrekvenčního impedančního analyzátoru InBody 770. Provedení měření tělesného složení pomocí tohoto zařízení proběhlo v laboratoři sportovní motoriky CESA VUT s důkladným dodržováním stanovených pravidel a postupů. Podmínky v místnostech pro měření byly stejné.

Před samotným měřením byla dodržována pravidla, která zahrnovala:

- **Standardizovaný postup přípravy:** testovaná osoba byla instruována, aby před měřením dodržela standardizované pokyny, včetně omezení příjmu potravy a tekutin (včetně alkoholu a kofeinu), stejně jako vyvarování se fyzické aktivity, návštěvy sprch, saun atd. před měřením.
- **Odstranění kovových předmětů:** testovaná osoba byla požádána, aby odstranila veškeré kovové předměty, jako jsou šperky, hodinky nebo klíče, které by mohly ovlivnit výsledek měření elektrické impedance.
- **Správné postavení:** testovaná osoba byla instruována, aby stála ve správné pozici na zařízení InBody 770 podle pokynů, aby bylo zajištěno správné umístění elektrod a optimální kontakt s povrchem zařízení.

Hlavní experiment zahrnoval celkem osm měření, z nichž první tři sloužily k získání referenčních hodnot a zbylých pět k testování vlivu specifických intervencí. Měření probíhala v následujících krocích:

1. Referenční měření:

Provedena tři měření bez jakéhokoli zásahu, s cílem získat referenční hodnoty. Měření probíhala v identických časových intervalech a za stejných podmínek.

2. Intervence č.1: Kontakt s měřící osobou:

Provedeno jedno měření s permanentním kontaktem v oblasti předloktí měřící osoby. Měření probíhalo s rukama položenýma na předloktí měřené osoby.

3. Intervence č.2: Aplikace krému:

Provedeno jedno měření po aplikaci mastného krému Himalaya Herbals (Indie) na dlaně a chodidla probanda.

4. Intervence č.3-5: Konzumace vody:

Provedena tři měření po konzumaci jednoho litru neperlivé pitné vody. Měření probíhalo ihned po vypití vody, po 10 a po 30 minutách.

- | | | |
|---|---|-----------------------------|
| <ol style="list-style-type: none"> 1. Bez intervencí 2. Bez intervencí 3. Bez intervencí | } | Získání referenčních hodnot |
| <ol style="list-style-type: none"> 4. Měření po aplikaci mastného krému 5. Kontakt s měřenou osobou po celou dobu měření 6. Měření okamžitě po konzumaci vody 7. Měření po deseti minutách od konzumace 8. Měření po třiceti minutách od konzumace | | |

Obrázek 9: Postup hlavního měření.

2.2.5 Zpracování dat

Kapitola 3 prezentuje detailní výsledky studie v přehledných tabulkách. Tyto tabulky obsahují klíčové statistické ukazatele, které shrnují vlastnosti zkoumaných dat a umožňují srovnání mezi různými skupinami.

Konkrétně tabulky zahrnují:

- Průměrné hodnoty a směrodatné odchylky
- Procentuální odchylku
- Medián
- Výsledky statistických testů
- Rozsah naměřených hodnot

1. Výpočet referenčních hodnot

Výpočet referenčních hodnot tělesného složení z prvních tří měření proběhl pomocí statistického výpočtu střední hodnoty.

Pro výpočet referenčních hodnot pro každý zkoumaný parametr z prvních tří měření byl použit následující vzorec:

$$\bar{x} = \frac{(x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n)}{n}$$

Kde: x_1, x_2, x_3 jsou naměřené hodnoty parametru x z prvních tří měření.

Tímto způsobem byla získána jedna referenční hodnota pro každý zkoumaný parametr tělesného složení, která reprezentuje průměrnou hodnotu naměřenou v hlavní fázi měření. Tyto referenční hodnoty byly následně využity k statistickému porovnání s výsledky dalších měření.

2. Statistická analýza

Pro statistickou analýzu dat byl zvolen programovací jazyk Python.

Jako první krok byla ověřena normalita rozložení dat pomocí Shapiro-Wilkova testu s hladinou významnosti $\alpha = 0,05$. U dat, která splnila požadavky normality, byl následně proveden párový t-test pro závislé proměnné, opět s hladinou významnosti $\alpha = 0,05$.

Pro data, u nichž se normalita rozložení nepotvrdila, byl použit alternativní neparametrický test, a to Wilcoxonův test, taktéž s hladinou významnosti $\alpha = 0,05$.

3. Procentuální rozdíl

Procentuální rozdíl vyjadřuje relativní změnu mezi referenčními hodnotami a hodnotami po provedené intervence. Vzorec pro výpočet procentuálního rozdílu je:

$$\text{Odchylka}(\%) = \left(\frac{B - A}{A} \right) * 100,$$

kde A je referenční hodnota, B je hodnota naměřená po provedení intervence.

4. Medián

Medián je střední hodnota v uspořádaném seznamu dat v tabulce. Jinými slovy, dělí data vzestupně seřazených výsledků na dvě stejně početné poloviny, přičemž polovina dat má hodnoty menší nebo rovny mediánu a druhá polovina má hodnoty větší nebo rovny mediánu.

3. VÝSLEDKY

3.1 Vliv intervencí na celkovou tělesnou vodu

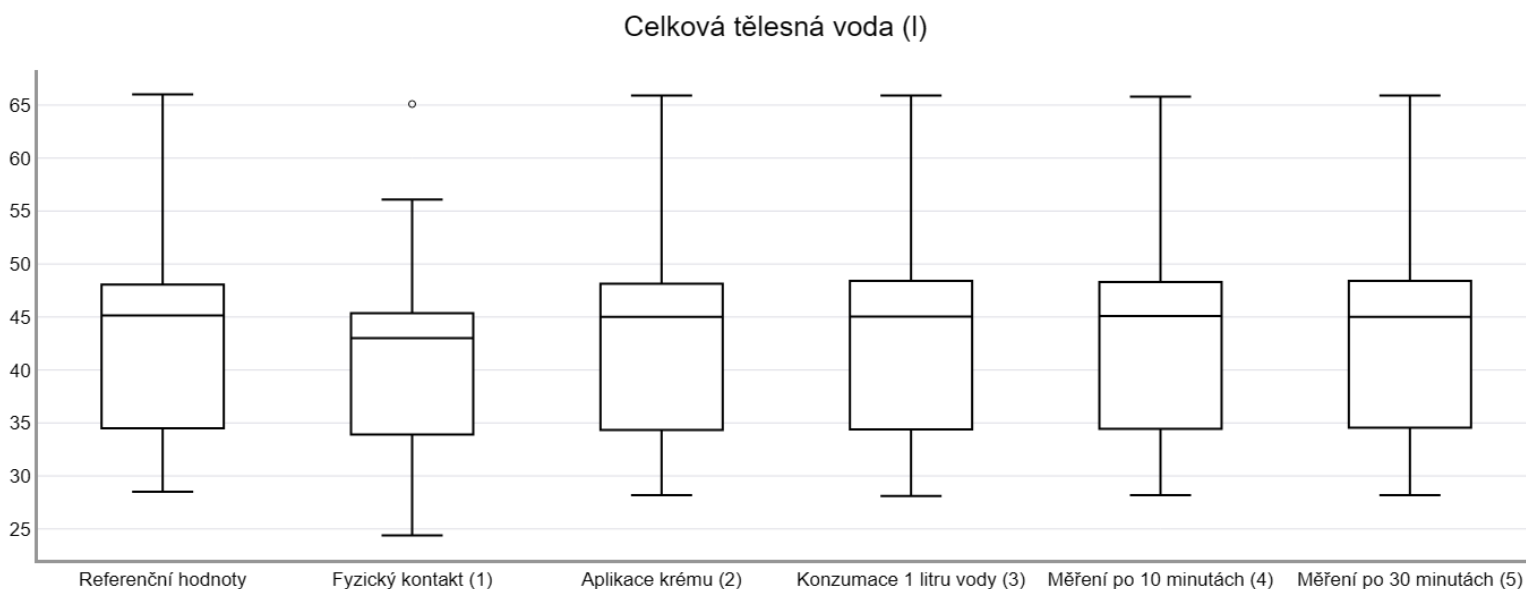
V analýze vlivu různých intervencí na hodnoty celkové tělesné vody bylo zjištěno, že statisticky signifikantní ovlivnění se projevilo pouze v prvních dvou intervencích. Konkrétně, měření, která zahrnovala fyzický kontakt s měřící osobou (1), vykazala statisticky významný rozdíl ($t = 4,41$, $p=0,00029$), kde hodnoty klesly o 3,56 %. Stejně tak aplikace krému před měřením (2) vyvolala statisticky signifikantní změny ($t = 2,92$, $p=0,00872$), avšak lze pozorovat snížení hodnoty jenom o 0,25 litru čili 0,51 %.

Kromě toho byl zaznamenán poměrně velký rozdíl mezi průměrnými hodnotami celkové tělesné vody mezi jednotlivými intervencemi. Průměrná hodnota v první intervenci (s fyzickým kontaktem) byla nižší než průměrná hodnota v druhé intervenci (aplikace krému), což naznačuje, že tyto intervence měly rozdílný vliv na hodnoty celkové tělesné vody.

V následujících měřeních (3 až 5) už nebyl prokázán žádný statisticky významný rozdíl, což naznačuje, že intervence s vypitím vody neměly statisticky signifikantní vliv na hodnoty celkové tělesné vody.

Tabulka 4: Analýza dat celkové tělesné vody

Celková tělesná voda (l)	Průměr ± směrodatná odchylka	Procentuální odchylka	Medián	t-hodnota	p-hodnota	Rozsah hodnot(l)
Referenční hodnota	42,39 ± 10,22	0	45,15	NaN	NaN	28,5 - 66
Fyzický kontakt (1)	40,88 ± 9,9	-3,56 %	43	4,41	0,00029	24,4 – 65,1
Aplikace krému (2)	42,17 ± 10,29	-0,51 %	45	2,92	0,00872	28,2 – 65,9
Konzumace 1 litru vody(3)	42,26 ± 10,27	-0,3 %	45,05	1,38	0,18359	28,1 – 65,9
Měření po 10 minutách (4)	42,23 ± 10,17	-0,37 %	45,1	1,83	0,08216	28,2 – 65,8
Měření po 30 minutách(5)	42,27 ± 10,2	-0,28 %	45	1,07	0,29369	28,2 – 65,9



Obrázek 10: Grafické znázornění hodnot celkové tělesné vody

3.2 Vliv intervencí na množství tělesného tuku

Vzhledem k tomu, že Shapiro-Wilkův test neprokázal normální rozdělení dat množství tělesného tuku, byl k posouzení statistické významnosti změn použit Wilcoxonův test pro neparametrická data. Analýza množství tělesného tuku odhalila statisticky významné rozdíly ve všech zkoumaných intervencích.

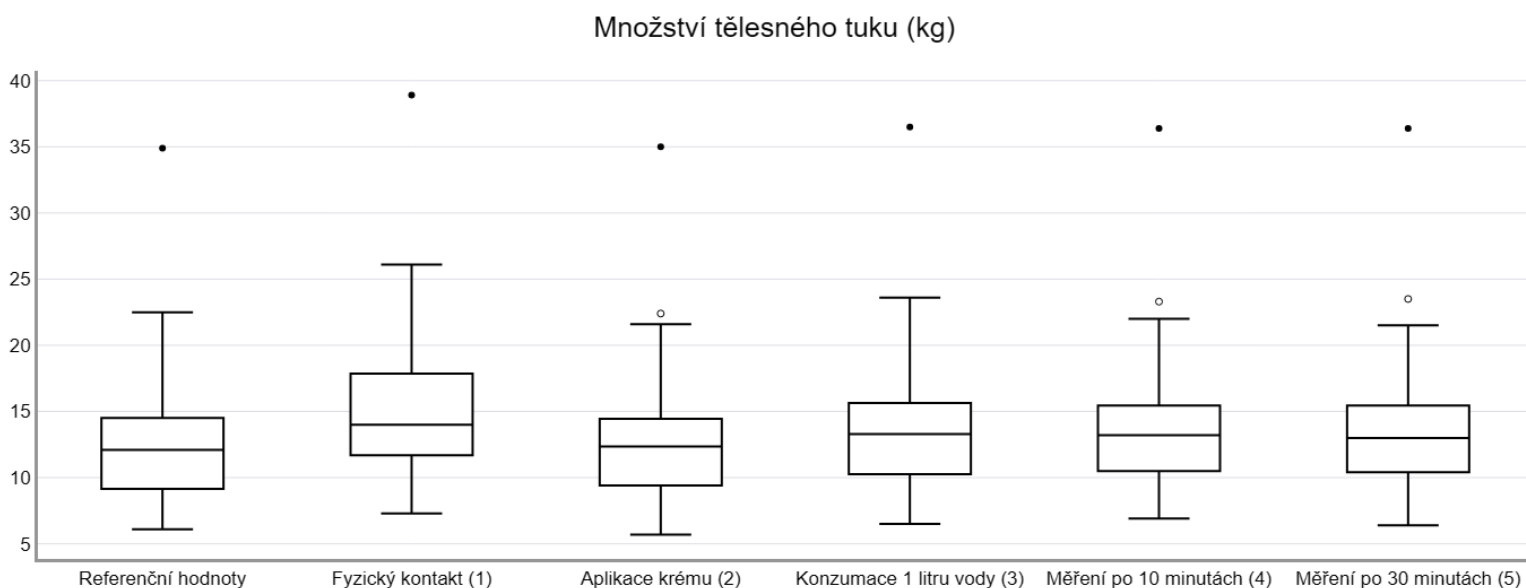
Největší rozdíl byl pozorován při intervenci s fyzickým kontaktem (1), kdy střední hodnota stoupla o 2,56 kg neboli o 19,06 %. Lze také pozorovat velký rozdíl při okamžité konzumaci vody (3). Množství tělesného tuku se v průměru zvýšilo o 1,08 kg, což v procentech představuje nárůst o 8,04 %. Po 10 minutách (4) se toto množství snížilo, ale stále je o 1,07 kg výše než referenční hodnota. Po 30 minutách (5) se rozdíl oproti referenční hodnotě dále snižuje, ale stále je poměrně velký, a to 0,925 kg čili 7,25%.

Nejmenší vliv na hodnoty tělesného tuku byl zaznamenán při druhé intervenci, kdy byl aplikován krém (2). Zde střední hodnota vzrostla o pouhých 0,265 kg.

Analýza naznačuje, že různé intervence měly různý vliv na množství tělesného tuku, přičemž intervence spojené s fyzickým kontaktem (1) vykazovaly největší účinek.

Tabulka 5: Analýza dat množství tělesného tuku

Množství tělesného tuku (kg)	Průměr ± směrodatná odchylka	Procentuální odchylka	Medián	T-Statistika(W)	Z-hodnota	p-hodnota	Efektivní velikost (r)	Rozsah hodnot(kg)
Referenční hodnota	13,43 ± 6,81	0	12,1	NaN	NaN	NaN	NaN	6,1 – 34,9
Fyzický kontakt (1)	15,99 ± 7,39	+19,06 %	14	3	3,8	<0,001	0,85	7,3 – 38,9
Aplikace krému (2)	13,695 ± 6,77	+1,97 %	12,35	39,5	2,44	0,012	0,54	5,7 - 35
Konzumace 1 litru vody (3)	14,51 ± 6,86	+8,04 %	13,3	3,5	3,8	<0,0001	0,84	6,5 – 36,5
Měření po 10 minutách (4)	14,5 ± 6,79	+7,96 %	13,2	1	3,88	0,0001	0,86	6,9 – 36,4
Měření po 30 minutách (5)	14,405 ± 6,82	+7,25 %	13	10	3,54	<0,001	0,79	6,4 – 36,4



Obrázek 11: Grafické znázornění hodnot množství tělesného tuku

3.3 Vliv intervencí na procento tělesného tuku

Pro statistické ověření vlivu každé intervence byl použit Wilcoxonův test, jehož výsledky prokázaly statisticky významný vliv pro všechny intervence, stejně jako u hodnot množství tělesného tuku.

Největší změny byly zaznamenány u první intervenční skupiny, kde fyzický kontakt s měřící osobou vyvolal signifikantní nárůst průměrného procentuálního obsahu tělesného tuku o 2,955 %. Tento rozdíl představuje 15,35 % procentuální odchylku.

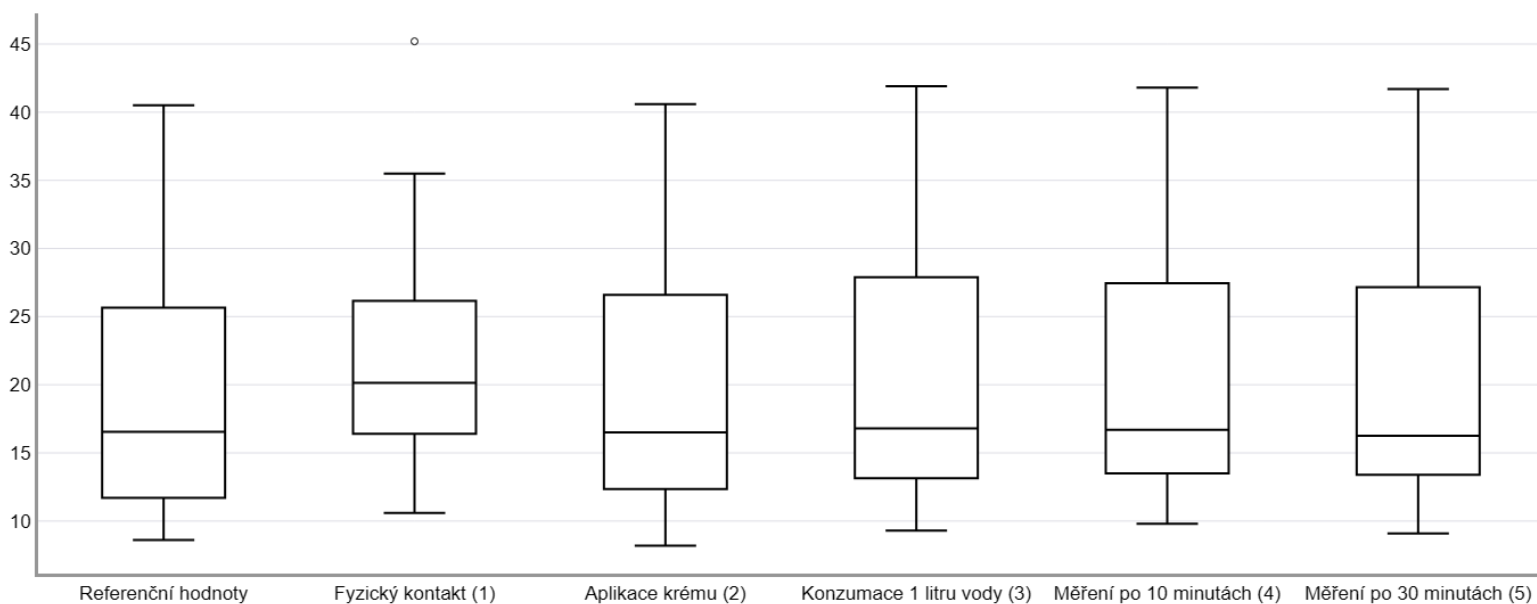
Další výrazný rozdíl byl pozorován při okamžitém měření po konzumaci vody (3), kde lze pozorovat zvýšení procenta tělesného tuku o 6,91 % oproti referenční hodnotě.

Nejnižší vliv na procentuální složení tělesného tuku vykazovala druhá intervenční skupina, kde aplikace krému vedla k relativně malému nárůstu průměrného procentuálního obsahu tělesného tuku pouze o 2,28 %.

Tabulka 6: Analýza dat procenta tělesného tuku

Procento tělesného tuku (%)	Průměr ± směrodatná odchylka	Procentuální odchylka	Medián	T – Statistika (W)	Z- hodnota	p- hodnota	Efekt ní velikost r	Rozsah hodnot (%)
Referenční hodnota	19,24 ± 9,45	0	16,55	NaN	NaN	NaN	NaN	8,6 – 40,5
Fyzický kontakt (1)	22,195 ± 9,03	+15,35 %	20,15	6	3,69	<0,001	0,82	10,6 – 45,2
Aplikace krému (2)	19,68 ± 9,53	+2,28 %	16,5	32	2,72	0,019	0,6	8,2 – 40,6
Konzumace 1 litru vody (3)	20,57 ± 9,46	+6,91 %	16,8	5	3,73	<0,001	0,834	9,3 – 41,9
Měření po 10 minutách (4)	20,51 ± 9,36	+6,6 %	16,7	5	4,27	<0,001	0,96	9,8 – 41,8
Měření po 30 minutách (5)	20,385 ± 9,4	+5,95 %	16,25	16	3,32	0,0003	0,74	9,1 – 41,7

Procento tělesného tuku (%)



Obrázek 12: Grafické znázornění hodnot procenta tělesného tuku

3.4 Vliv intervencí na hmotnost kosterních svalů

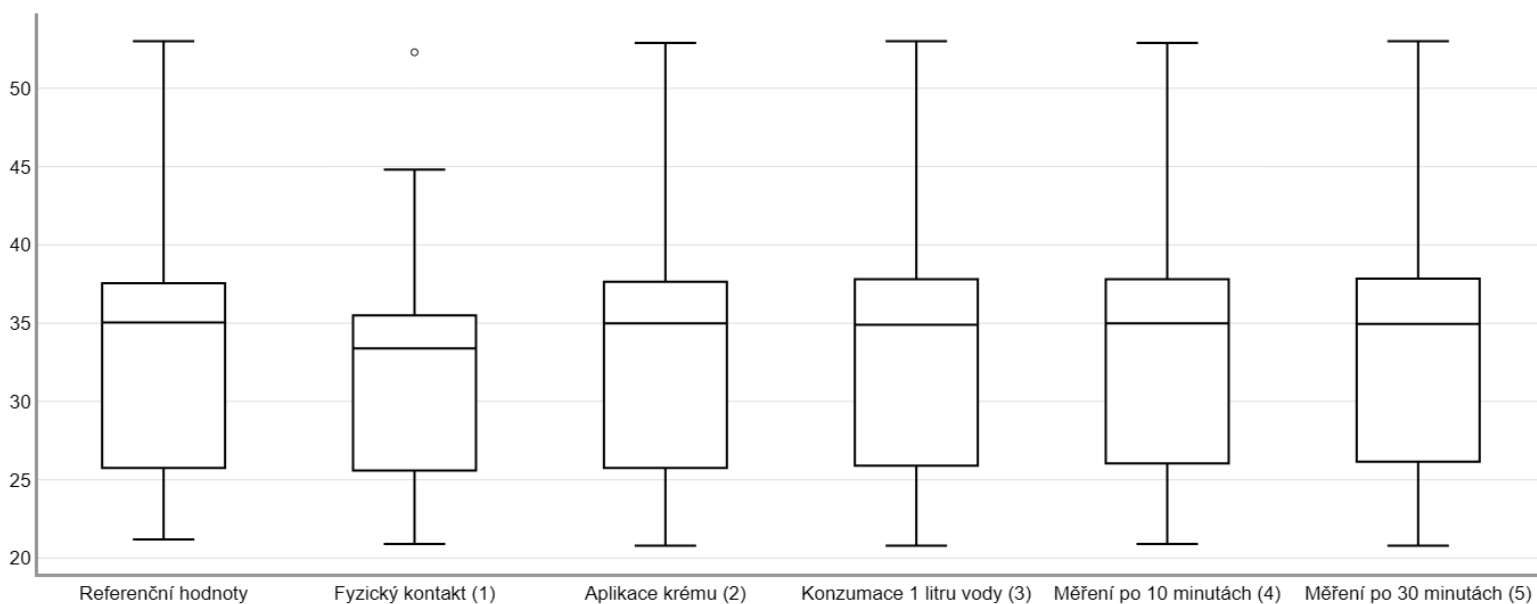
Během první intervenční fáze, kdy byl aplikován fyzický kontakt během měření, došlo k statisticky významnému úbytku hmotnosti kosterních svalů, což se projevilo snížením průměrné hodnoty o 1,135 kilogramu, což odpovídá 3,46 % poklesu v procentuálním vyjádření.

Dále bylo ověřeno, že aplikace krému a konzumace vody před měřením nemají vliv na výsledky měření parametrů kosterních svalů. I když následná měření neprokázala statisticky významný rozdíl mezi skupinami, existuje trend k mírnému poklesu u všech intervenčních skupin.

Tabulka 7: Analýza dat hmotnosti kosterních svalů

Hmotnost kosterních svalů (kg)	Průměr ± směrodatná odchylka	Procentuální odchylka	Medián	t-hodnota	p-hodnota	Rozsah hodnot(kg)
Referenční hodnota	32,775 ± 8,74	0	30,05	NaN	NaN	21,2 - 53
Fyzický kontakt (1)	31,64 ± 8,27	-3,46 %	33,4	4,89	0,0001	20,9 – 52,3
Aplikace krému (2)	32,655 ± 8,769	-0,36 %	35	1,42	0,1716	20,8 – 52,9
Konzumace 1 litru vody (3)	32,725 ± 8,765	-0,15 %	34,9	0,532	0,6005	20,8 - 53
Měření po 10 minutách (4)	32,7 ± 8,666	-0,22 %	35	0,775	0,4478	20,9 – 52,9
Měření po 30 minutách (5)	32,76 ± 8,699	-0,04 %	34,95	0,133	0,89551	20,8 - 53

Hmotnost kosterních svalů (kg)



Obrázek 13: Grafické znázornění hodnot hmotnosti kosterních svalů

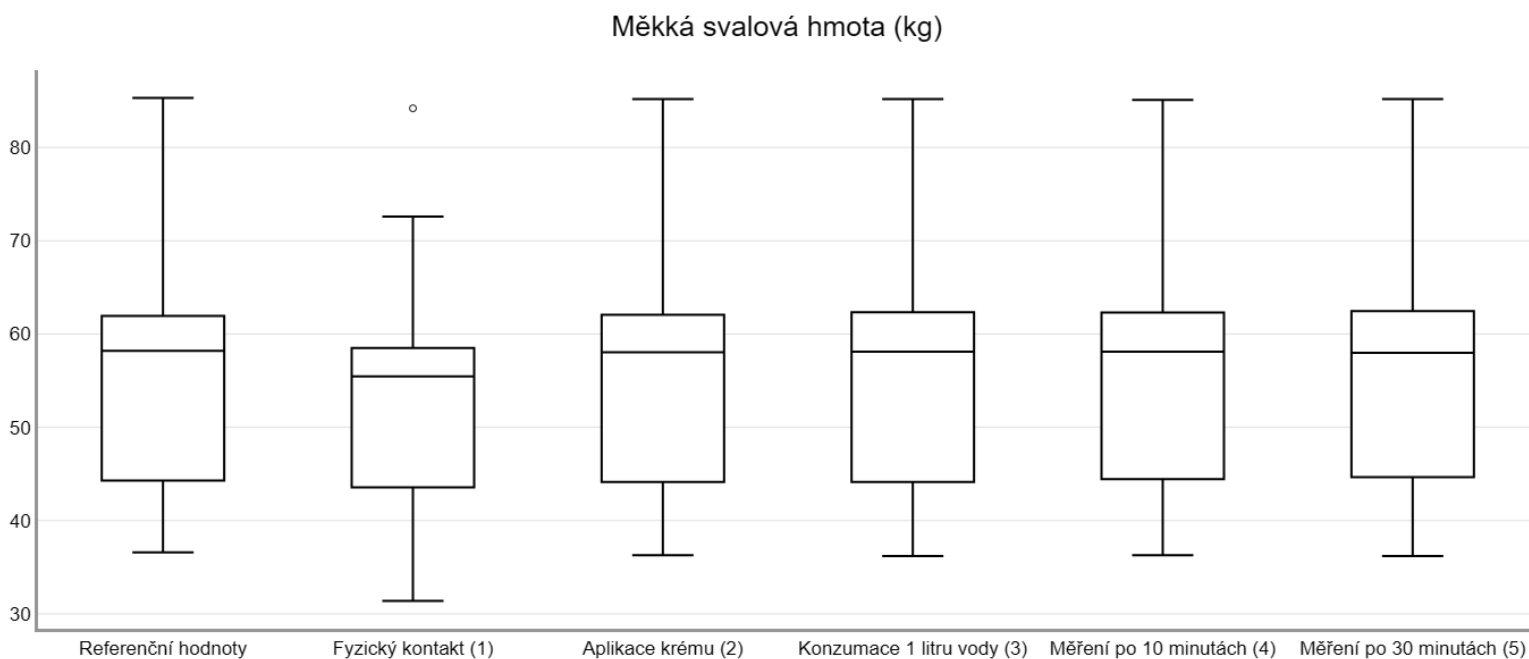
3.5 Vliv intervencí na měkkou svalovou hmotu

Během prvních dvou intervenčních kroků byl statisticky prokázán vliv na hodnoty měkké svalové hmoty. Porušení měření fyzickým kontaktem s měřící osobou (1) vedlo ke snížení průměru o 2,05 kg. Hodnoty se liší o 3,6 %, pokud je vyjádříme v procentech. Aplikace mastného krému vyvolala menší účinek, kdy hodnoty průměru poklesly o 0,25 kg, avšak stále byl prokázán statisticky významný rozdíl ($t = 2,6$, $p = 0,01726$).

Příjem vody nevykazoval výrazný vliv na hodnoty měkké svalové hmoty, což naznačuje, že konzumace jednoho litru vody není kritickým faktorem pro hodnoty měkké svalové hmoty.

Tabulka 8: Analýza dat měkké svalové hmoty

Měkká svalová hmota (kg)	Průměr ± směrodatná odchylka	Procentuální odchylka	Medián	t-hodnota	p-hodnota	Rozsah hodnot(kg)
Referenční hodnota	54,615 ± 13,27	0	58,2	NaN	NaN	36,6 - 85,3
Fyzický kontakt (1)	52,6 ± 12,93	-3,6 %	55,45	4,39	0,00031	31,4 – 84,2
Aplikace krému (2)	54,365 ± 13,35	-0,457 %	58,05	2,6	0,01726	36,3 – 85,2
Konzumace 1 litru vody (3)	54,61 ± 13,26	-0,009 %	58,1	0,027	0,97859	36,3 – 85,1
Měření po 10 minutách (4)	54,56 ± 13,13	-0,009 %	58,1	0,278	0,78342	36,3 – 85,1
Měření po 30 minutách (5)	54,63 ± 13,16	+0,02 %	58	0,073	0,94214	36,2 – 85,2



Obrázek 14: Grafické znázornění hodnot měkké svalové hmoty

3.6 Vliv intervencí na hmotnost

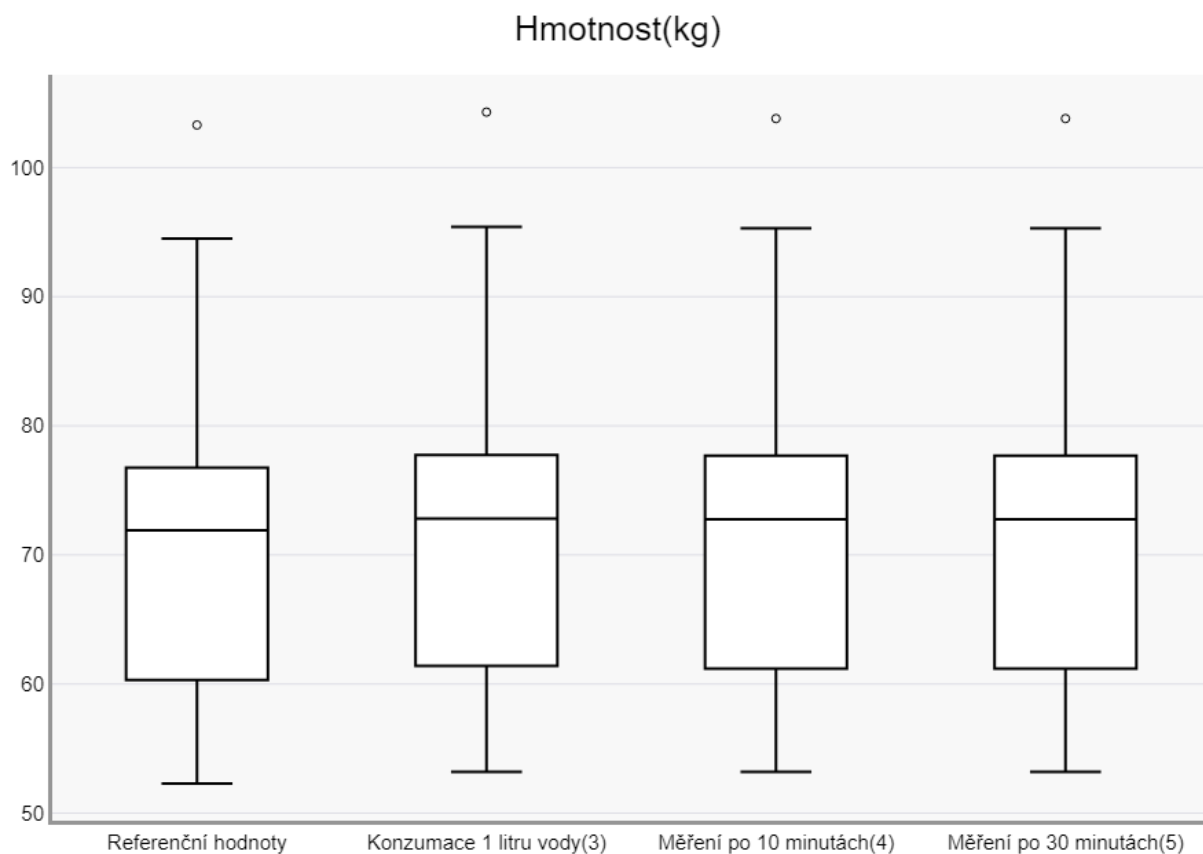
Hmotnost byla významně ovlivněna pouze v případě konzumace vody, a proto byly zkoumány poslední tři intervence (3 až 5).

Průměrné hodnoty hmotnosti ihned po konzumaci jednoho litru vody vzrostly o 0,925 kg. Průměrné hodnoty v porovnání s referenčními hodnoty po 10 minutách vzrostly o 0,865 kg, po 30 minutách o 0,855 kg. Po uplynutí deseti minut došlo k poklesu rozdílu mezi průměry, což bylo patrné u měření po 30 minutách od konzumace vody.

Párový t-test prokázal statistický vliv v každé intervenci, což potvrzuje, že konzumace vody má významný vliv na hodnoty hmotnosti.

Tabulka 9: Analýza dat hmotnosti

Hmotnost (kg)	Průměr ± směrodatná odchylka	Procentuální odchylka	Medián	t-hodnota	p-hodnota	Rozsah hodnot(kg)
Referenční hodnota	71,475 ± 13,48	0	71,9	NaN	NaN	52,3 – 103,3
Konzumace 1 litru vody (3)	72,4 ± 13,49	+1,29 %	72,8	30,15	<0,00001	53,2 – 104,3
Měření po 10 minutách (4)	72,34 ± 13,42	+1,21 %	72,75	27,15	<0,00001	53,2 – 103,8
Měření po 30 minutách (5)	72,33 ± 13,43	+1,19 %	72,75	28,19	<0,00001	53,2 – 103,8



Obrázek 15: Grafické znázornění hodnot hmotnosti

3.7 Vliv intervencí na hmotu bez tuku

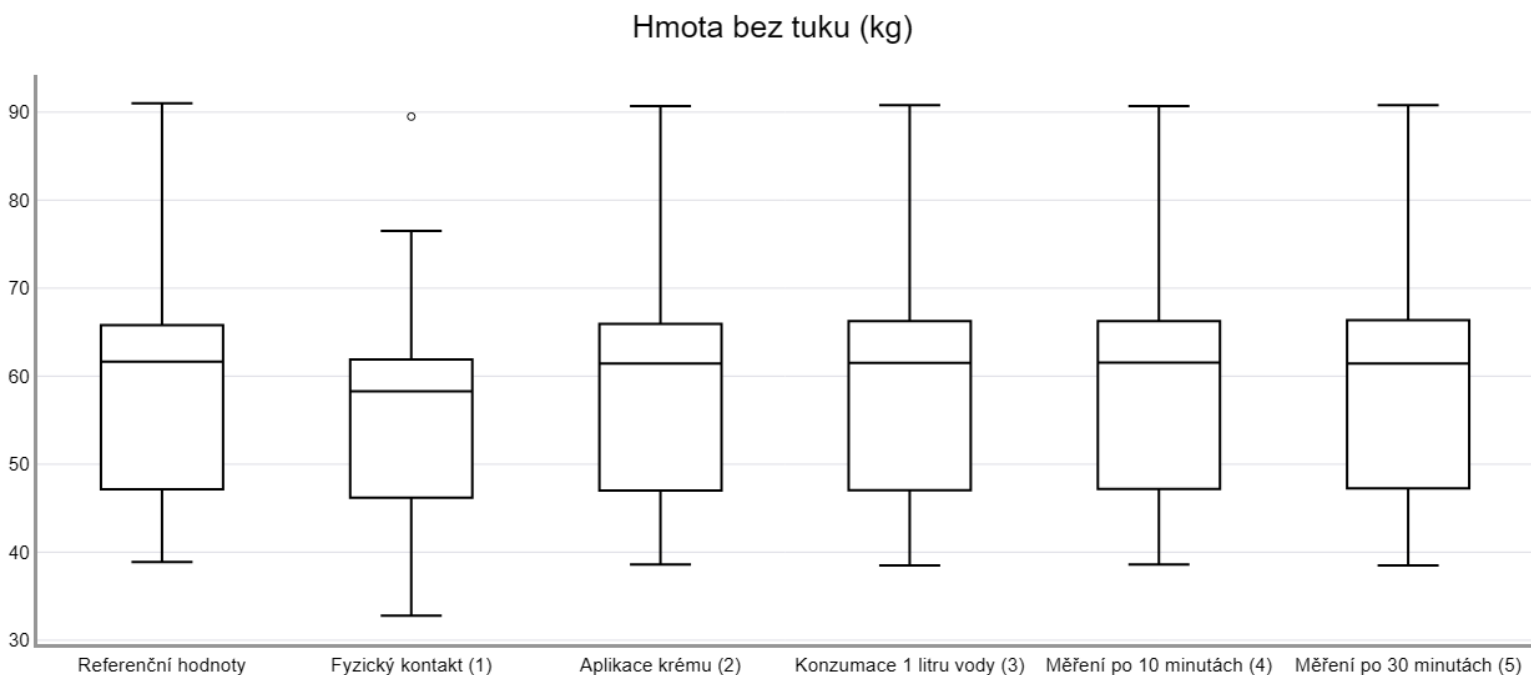
Hmota bez tuku, definovaná jako souhrn všech složek těla kromě tuku, prokázala statisticky významný vliv pouze v prvních dvou krocích experimentu, tj. při fyzickém kontaktu s měřící osobou (1) a aplikaci krému (2).

První intervence vedla ke snížení střední hodnoty o 2,595 kg, procentuální změna mezi hodnotami je 4,47 %. Zatímco druhá intervence vykazovala mírnější pokles, pouze o 0,295 kg, kde procentuální změna mezi hodnotami je menší než jedno procento.

Bez ohledu na typ intervence byla ve všech případech naměřená hmotnost bez tuku nižší než referenční hodnota.

Tabulka 10: Analýza dat hmoty bez tuku

Hmota bez tuku (kg)	Průměr ± směrodatná odchylka	Procentuální odchylka	Medián	t-hodnota	p-hodnota	Rozsah hodnot(kg)
Referenční hodnota	58,045 ± 14,13	0	61,65	NaN	NaN	38,9 - 91
Fyzický kontakt (1)	55,45 ± 13,75	-4,47 %	58,3	5,39	0,00003	32,8 – 89,5
Aplikace krému (2)	57,75 ± 14,17	-0,5 %	61,45	2,9	0,009	38,5 – 90,7
Konzumace 1 litru vody (3)	57,875 ± 14,18	-0,29 %	61,5	1,3	0,2072	38,5 – 90,8
Měření po 10 minutách (4)	57,84 ± 14,04	-0,35 %	61,55	1,63	0,1189	38,6 – 90,7
Měření po 30 minutách (5)	57,92 ± 14,07	-0,21 %	61,45	0,789	0,4398	38,5 – 90,8



Obrázek 16: Grafické znázornění hodnot hmoty bez tuku

3.8 Vliv intervencí na poměr bílkovin

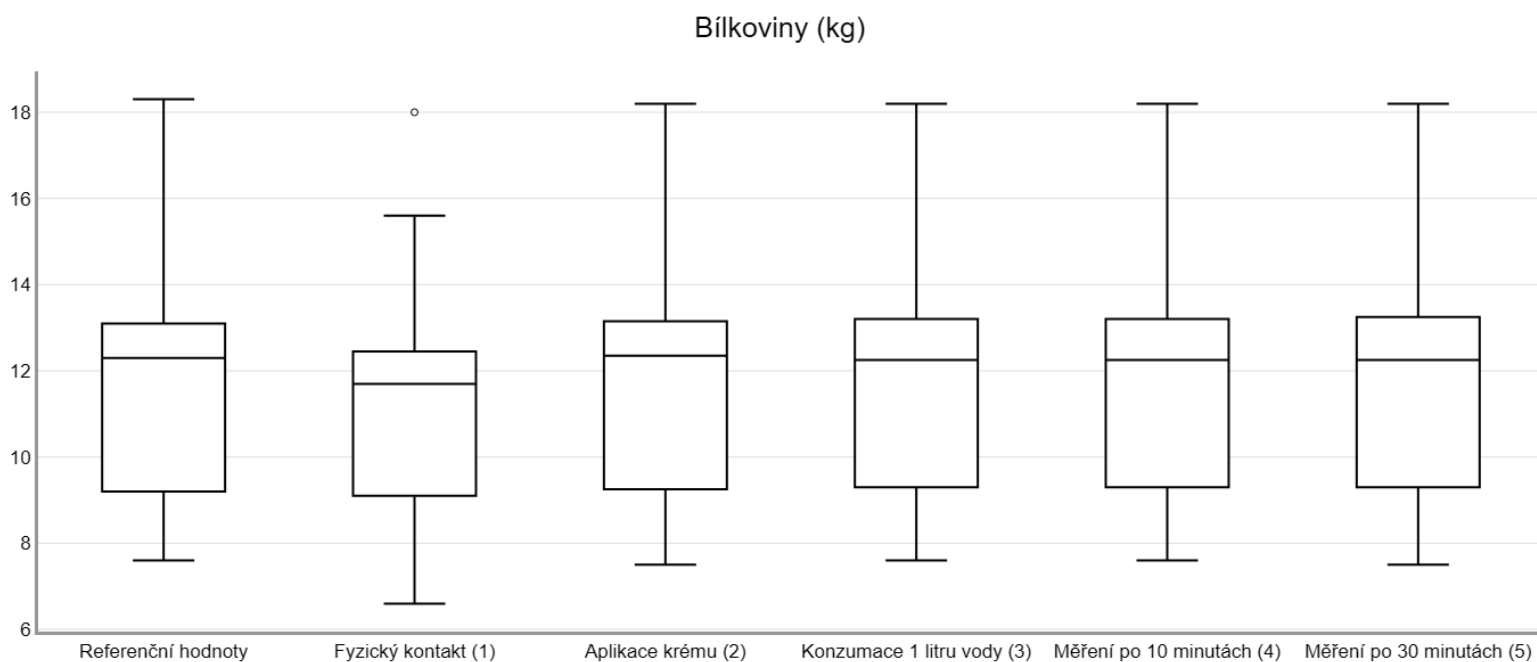
Hodnoty poměru bílkovin, které odrážejí relativní zastoupení bílkovin v těle, vykazovaly statisticky významný vliv pouze v případě fyzického kontaktu (2).

Průměrná hodnota poměru bílkovin se po této intervenci snížila o 4,38 kg čili 3,79 %, což naznačuje podstatný dopad fyzického kontaktu na tento parametr.

Ostatní intervenční postupy, tj. aplikace krému (2) a konzumace vody (3 až 5), neprokázaly statisticky významný vliv na poměr bílkovin. To naznačuje, že hodnoty poměru bílkovin jsou relativně stabilní při aplikaci krému a konzumaci vody.

Tabulka 11: Analýza dat poměru bílkovin

Bílkoviny (kg)	Průměr ± směrodatná odchylka	Procentuální odchylka	Medián	t-hodnota	p-hodnota	Rozsah hodnot(kg)
Referenční hodnota	11,528 ± 2,91	0	12,3	NaN	NaN	7,6 – 18,3
Fyzický kontakt (1)	11,09 ± 2,85	-3,79 %	11,7	5,39	<0,0001	6,6 - 18
Aplikace krému (2)	11,505 ± 2,9	-0,19 %	12,35	0,851	0,4049	7,5 – 18,2
Konzumace 1 litru vody (3)	11,515 ± 2,89	-0,11 %	12,25	0,39	0,7	7,6 – 18,2
Měření po 10 minutách (4)	11,49 ± 2,88	-0,32 %	12,25	1,2	0,2422	7,6 – 18,2
Měření po 30 minutách (5)	11,505 ± 2,89	-0,19 %	12,25	0,625	0,5387	7,5 – 18,2



Obrázek 17: Grafické znázornění hodnot bílkovin

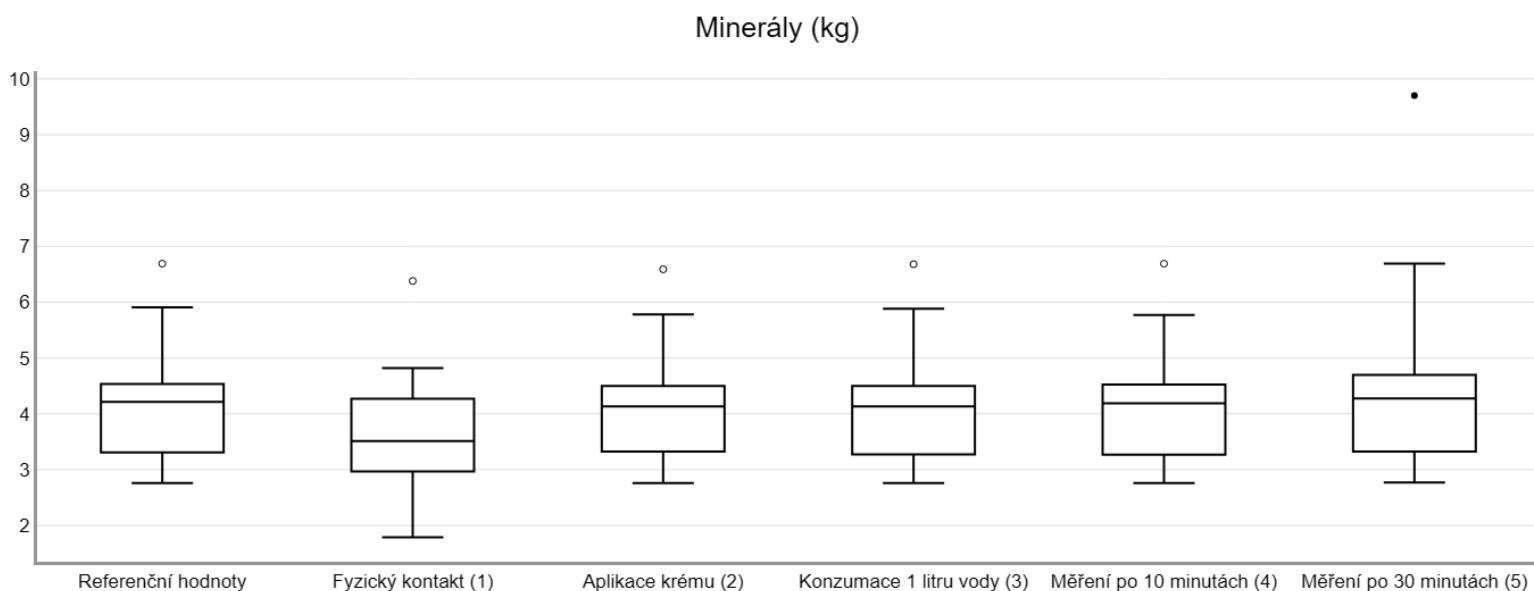
3.9 Vliv intervencí na poměr minerálů

Hodnoty poměru minerálů, což jsou ukazatele relativního zastoupení minerálů v těle, vykazovaly statisticky významný vliv pouze v případě fyzického kontaktu s měřenou osobou (1) a aplikace krému před měřením (2). Tento vliv byl patrný v prvním intervenčním kroku, kde došlo k významnému snížení průměrných hodnot o 0,45 kg ve srovnání s referenčními hodnotami. Podobně ve druhém intervenčním kroku bylo zjištěno průměrné snížení o 0,045 kg. Tyto výsledky poukazují na významný rozdíl v poměru minerálů v těle po zásahu fyzickým kontaktem a aplikací krému.

Naopak, další interakce, konkrétně konzumace vody (měření 3 až 5), neprokázala statisticky významný vliv na tyto hodnoty. Tento výsledek nasvědčuje, že konzumace vody nemá významný dopad na poměr minerálů v těle, jak ukazuje bioelektrická analýza.

Tabulka 12: Analýza dat poměru minerálů

Minerály(kg)	Průměr ± směrodatná odchylka	Procentuální odchylka	Medián	t-hodnota	p-hodnota	Rozsah hodnot(kg)
Referenční hodnota	4,12 ± 1,02	0	4,215	NaN	NaN	2,76 – 6,69
Fyzický kontakt (1)	3,66 ± 0,973	-11,16 %	3,51	5,139	0,00006	1,79 – 6,38
Aplikace krému (2)	4,075 ± 0,99	-1,09 %	4,135	3,525	0,0022	2,76 – 6,59
Konzumace 1 litru vody (3)	4,09 ± 1,03	-0,72 %	4,135	1,9	0,072	2,76 – 6,68
Měření po 10 minutách (4)	4,11 ± 1	-0,24 %	4,19	0,385	0,7038	2,76 – 6,69
Měření po 30 minutách (5)	4,42 ± 1,59	+7,28 %	4,275	0,98	0,3393	2,77 – 9,7



Obrázek 18: Grafické znázornění hodnot minerálů

3.10 Vliv intervencí na složení těla: Shrnutí

Tabulka 13 shrnuje statisticky významné vlivy intervencí na jednotlivé složky složení těla.

Šipky v tabulce 13 slouží jako rychlý a přehledný indikátor směru změny měřených parametrů po intervenci.

Šipka nahoru (↑) označuje statisticky významný nárůst hodnoty měřeného parametru po intervenci ve srovnání s referenčními hodnotami před intervencí. Jinými slovy, intervence vedla k zvýšení daného parametru.

Šipka dolů (↓) označuje statisticky významný pokles hodnoty měřeného parametru po intervenci ve srovnání s referenčními hodnotami před intervencí. Jinými slovy, intervence vedla ke snížení daného parametru.

Pomlčka (-) znamená nevýznamnou změnu. V takovém případě se hodnota změnila, ale tato změna není dostatečně velká, aby byla považována za relevantní.

Tabulka 13: Shrnutí výsledků intervencí na složky tělesného složení.

Intervence	Celková tělesná voda(l)	Množství tělesného tuku(kg)	Procentuální obsah tělesného tuku (%)	Hmotnost kosterních svalů(kg)	Měkká svalová hmota(kg)	Hmotnost (kg)	Hmotnost bez tuku (kg)	Poměr bílkovin (kg)	Poměr minerálů (kg)
Fyzický kontakt (1)	↓	↑	↑	↓	↓	—	↓	↓	↓
Aplikace krému (2)	↓	↑	↑	—	↓	—	↓	—	↓
Konzumace 1 litru vody (3)	—	↑	↑	—	—	↑	—	—	—
Měření po 10 minutách (4)	—	↑	↑	—	—	↑	—	—	—
Měření po 30 minutách (5)	—	↑	↑	—	—	↑	—	—	—

4. DISKUSE

Bakalářská práce se zabývala sledováním odchylek tělesného složení, které bylo provedeno pomocí bioelektrického multifrekvenčního analyzátoru InBody 770.

Sledovali se změny devíti hodnot:

- celková tělesná voda (l),
- množství tělesného tuku (kg),
- procento tělesného tuku (%),
- hmotnost kosterních svalů (kg),
- měkkou svalovou hmotu (kg),
- hmotnost (kg),
- hmota bez tuku (kg),
- bílkoviny (kg),
- minerály (kg).

Před zahájením hlavního měření proběhlo pilotní měření, jehož výsledky sloužily k definování protokolu a stanovení časového harmonogramu pro hlavní fázi studie.

Do testovacího souboru bylo zařazeno 20 účastníků, kteří absolvovali sérii testů zahrnující celkem osm měření.

První tři měření sloužilo pro získání referenčních hodnot. Referenční měření bylo provedeno na základě všech doporučení výrobce. Další měření se neřídila doporučeními výrobce, a proto tato měření považujeme za chybné. Byly zkoumány tři typy intervencí: měření s fyzickým kontaktem s měřící osobou, aplikace mastného krému Himalaya Herbals před měřením na dlaně a chodidla, měření hned po konzumaci jednoho litru pitné neperlivé vody, dále byly provedeny měření po 10 a 30 minutách od vypití vody. Tedy lze říct, že byl zkoumán vliv neinvazivních i invazivních intervencí na hodnoty tělesného složení.

Pro vyjádření statistické významnosti byl proveden párový t-test pro závislá měření v případě parametrických dat s normálním rozložením a Wilcoxonův test pro neparametrická data.

Nejvýraznější změny byly pozorovány v první intervenční skupině, kde fyzický kontakt s měřící osobou probíhal po celou dobu analýzy složení těla. Statistická analýza tuto závislost potvrdila a ukázala vliv intervence na všechny naměřené hodnoty.

Největší nárůst byl zaznamenán u množství tělesného tuku, kde se hodnota zvýšila o 19,06 %. Další významné rozdíly byly pozorovány u procentuálního podílu tělesného tuku, kde procentuální odchylka dosáhla 15,35 % a u poměru minerálů v těle, zde se procentuální odchylka zmenšila na 11,16 %. Dále byly pozorovány menší změny, například obsah celkové tělesné vody klesl o 1,41 litru oproti referenční hodnotě, měkká svalová hmotnost stoupla o 2,015 kg či 3,46 %.

Celkově, první intervence měla vliv na 8 z 9 sledovaných parametrů, s výjimkou hmotnosti, která zůstala nezměněná. Během měření byla snaha minimalizovat jakýkoli tlak na osobu a dotek byl proveden pouze lehce v oblasti předloktí. To by nemělo zkreslovat hodnotu hmotnosti.

Na základě provedených měření a analýzy dat můžeme s jistotou konstatovat, že fyzický kontakt s měřící osobou má statisticky významný vliv na výsledky měření parametrů tělesného složení. Bylo zjištěno, že hodnoty naměřené po narušení měření fyzickým kontaktem se statisticky signifikantně liší od referenčních hodnot. Tímto můžeme zamítnout nulovou hypotézu H_{10} , která předpokládala, že fyzický kontakt nemá vliv na měření, a přijmout alternativní hypotézu H_{1A} , která uvádí, že fyzický kontakt zkresluje výsledky měření.

Tato intervence se vyznačuje snadnou realizací, nenarušuje zdraví pacientů a nezatěžuje je fyzicky. Nevýhodou ale je, že vliv fyzického kontaktu na výsledky BIA měření je dosud neprobádaná oblast. V dostupné literatuře nenajdeme relevantní studie, které by se touto problematikou zabývaly. Získané výsledky otevírají cestu k dalšímu zkoumání vlivu fyzického kontaktu na BIA měření a k objasnění této dosud neprobádané problematiky.

Další značné změny byly pozorovány v intervenční skupině číslo 2, která zahrnovala aplikaci mastného krému na dlaně a chodidla.

Tato intervence vedla k nárůstu poměru tuku v těle. Množství tělesného tuku se zvýšilo o 1,97 %, což odpovídá nárůstu o 0,256 kg. Procentuální podíl tělesného tuku se taktéž zvýšil o 2,28 %. Hodnoty celkové tělesné vody, měkké svalové hmoty, hmoty bez tuku a poměru minerálů byly po intervenci nižší než referenční hodnoty. Pokles však nebyl nijak dramatický, s procentuální odchylkou menší než jedno procento (v případě poměru minerálů se jednalo o 1,09 %). U hodnot kosterních svalů a poměru bílkovin byl zaznamenán jen nepatrný pokles o 0,36 % a 0,19 %, respektive tedy o 0,25 kg a 0,023 kg. Z důvodu nízké statistické relevance tyto změny nelze považovat za statisticky významné.

Práce dále potvrzuje výsledky dřívější studie [48], která zkoumala vliv různých typů krémů, včetně EEG gelu a nemastných krémů na měření tělesného složení. Obě studie prokázaly statisticky významný rozdíl v hodnotách celkové tělesné vody a poměru zastoupení tuku v těle po aplikaci pleťového krému před měřením. Naopak, u hodnot

hmotnosti kosterních svalů žádný statisticky významný rozdíl nebyl zjištěn. V tomto ohledu se naše studie shodují. Nicméně, v případě hodnoty hmoty bez tuku se výsledky obou studií liší. Tato práce prokázala statisticky významný rozdíl v této hodnotě po aplikaci krému, zatímco studie [48] žádný statisticky významný rozdíl nezjistila.

Aplikace krému ovlivnila 6 z 9 sledovaných parametrů, a to: celkovou tělesnou vodu, množství tělesného tuku, procento tělesného tuku, měkkou svalovou hmotu, hmotu bez tuku a poměr minerálů v těle. Hmotnost, hmotnost kosterních svalů a poměr bílkovin zůstaly nezměněny. Na základě těchto výsledků můžeme částečně potvrdit alternativní hypotézu H_{2A} .

Používání krému před měřením se může v klinické praxi běžně vyskytovat. To může vést k nepřesným výsledkům u pacientů, kteří nejsou obeznámeni s pokyny pro správné provedení měření. Mastný krém může zvýšit vodivost pokožky, což vede k nepravdivě nízkým hodnotám odporu a nepravdivě vysokým hodnotám bioimpedance. Je důležité informovat pacienty o tom, že před měřením BIA by se měli vyhnout používání krému na rukou a nohou.

Pro zpřesnění analýzy lze zvážit použití krému s různým obsahem tuku, jako jsou nemastné a mastné varianty. Dále by bylo přínosné prozkoumat vliv EEG gelu, který je speciálně vytvořen pro snížení kožní impedance.

Poslední intervence, která zkoumala vliv konzumace jednoho litru vody, prokázala vliv na malou část hodnot tělesného složení.

Statistická analýza pomocí párového t-testu prokázala statisticky významný rozdíl pouze u tří parametrů: množství tělesného tuku, procentuálního zastoupení tělesného tuku a hmotnosti. Další parametry tělesného složení byly změněny jen patrně. Množství tělesného tuku se ve srovnání s referenční hodnotou zvýšilo o 8,01 %, což odpovídá nárůstu o 1,08 kg. Podíl tělesného tuku se taktéž zvýšil o 6,91 %. Hned po vypití vody střední hodnota hmotnosti vzrostla o 0,9 kg, v procentuálním vyjádření se jedná o nárůst o 1,29 %. Tato zjištění navazují na výsledky dřívějších studií o vlivu konzumace vody na parametry tělesného složení [37, 38, 39]. Tyto studie prokázaly, že příjem tekutin ovlivňuje hmotnost, obsah tělesného tuku a procento tělesného tuku. Na základě výsledků, zamítáme nulovou hypotézu H_{40} a přijímáme alternativní hypotézu H_{4A} .

V důsledku zjištění, že konzumace vody ovlivnila 3 sledované parametry, avšak u zbývajících nebyl prokázán statisticky významný rozdíl, můžeme přijmout alternativní hypotézu H_{3A} pouze částečně.

Tento typ intervence je často předmětem výzkumu, avšak by bylo zajímavé pozorovat nejen vliv příjmu vody na parametry tělesného složení, ale také jiných tekutin jako je káva, čaj, perlivé nápoje a zjistit, zda příjem těchto tekutin před měřením ovlivňuje parametry tělesného složení stejně jako příjem vody.

Na základě provedených experimentálních měření s cíleně zavedenými chybami můžeme s jistotou konstatovat, že tyto chyby mají statisticky významný vliv na výsledky měření tělesného složení. Analýza dat prokázala, že zavedení chyb do měření vedlo k měřitelným změnám v hodnotách parametrů. Rozdíly mezi výsledky s a bez chyb byly statisticky signifikantní, což naznačuje, že chyby v měření nemohou být ignorovány, proto přijímáme alternativní hypotézu H_{0A} .

5. ZÁVĚR

Bakalářská práce se zabývá vlivem různých typů intervencí a sledováním způsobených odchylek na parametry složení lidského těla.

Práce je tematicky rozdělena na teoretickou (Kapitola 1) a praktickou (Kapitola 2). Teoretická část se věnovala literární rešerší v oblasti složení těla, kde byly rozebrány hlavní komponenty tělesného složení, které InBody protokol analyzuje. Další části práce se věnuje bioelektrické impedanci, a to včetně jejích fyzikálních principů a faktorů ovlivňujících přesnost měření. Následně předmětem práce byly přístroje InBody 770 a InBody BSM 170, které byly využité v praktické části.

Praktická část byla zahájena pilotním měřením, cílem bylo stanovit protokol a harmonogram pro hlavní část práce.

V hlavní části výzkumu byly provedeny celkově 3 typy intervencí: fyzický kontakt s měřicí osobou, aplikace krému na dlaně a chodidla, a konzumace jednoho litru pitné vody.

Největší zkreslení parametru bylo způsobeno v intervenci, která zahrnovala fyzický kontakt. V této intervenci byl ovlivněn každý parament (kromě hmotnosti), jak prokázala statistická analýza. Aplikace krému taky prokázala velký vliv na hodnoty, avšak to neovlivnilo hmotnost kosterních svalů a poměr bílkovin v těle.

Vypití vody způsobilo vliv jenom na tři z devíti zkoumaných parametrů: hmotnost a procentuální podíl tělesného tuku, a také hmotnost. Tyto parametry zůstali ovlivněny i po 30 minutách od vypití vody.

Fyzický kontakt, aplikace krému a konzumace vody ovlivnily parametry složení těla, a proto je důležité před měřením dodržovat standardizovaný protokol.

V důsledku získaných poznatků, by bylo dobré upozornit na správnou přípravu před provedením měření analýzy složení těla pomocí bioelektrické impedance. Pro získání co nejpřesnějších výsledků doporučuji dodržovat doporučení od výrobců. Práce také otevírá cestu pro další výzkum v této oblasti s cílem optimalizovat BIA a dosáhnout co nejpřesnějších výsledků.

LITERATURA

Požítá literatura:

- [1] BETTS, J. Gordon; YOUNG, Kelly A.; WISE, James A. a JOHNSON, Eddie, 2013. *Anatomy and Physiology*. Online. Houston, Texas: OpenStax. ISBN 9781938168130. Dostupné z: <https://openstax.org/books/anatomy-and-physiology/pages/1-introduction>. [cit. 2024-05-09].
- [2] ŠEFČÍKOVÁ, Miroslava; SOCHOROVÁ, Nataša; HILŠEROVÁ, Stanislava a ŠARAPATKA, MUDr. Jan, 2014. Tekutiny a lidský organizmus. Online. In: *Urologie pro praxi*. 2. Urologická klinika FN Olomouc, s. 86-88. Dostupné z: <https://www.urologiepropraxi.cz/pdfs/uro/2014/02/09.pdf>. [cit. 2024-05-09].
- [3] MONDOK, Jan, 2016. *Metoda hodnocení tělesného složení a dat získaných za pomoci bioimpedance*. Diplomová práce. Praha: ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE, Fakulta elektrotechnická, Katedra teorie obvodů.
- [4] HAINER, Vojtěch, 2021. *Základy klinické obezitologie*. 3., zcela přepracované a doplněné vydání. Praha: Grada Publishing. ISBN 978-80-271-1302-6.
- [5] CVRČKOVÁ, Leona, 2011. *Objektivita opakovaného měření přístrojem InBody*. Bakalářská práce. Brno: Masarykova univerzita, Fakulta sportovních studií.
- [6] TOMÁŠOVÁ, Mgr. Petra, 2022. *Lipidomická analýza tukové tkáně pacientů s ischemickou chorobou srdeční*. Disertační práce. Praha: Univerzita Karlova, 1. lékařská fakulta.
- [7] INBODY UK. *What is body composition?* Online. Dostupné z: <https://uk.inbody.com/about-inbody/what-is-body-composition/>. [cit. 2024-05-09].
- [8] ALDOBALI, Mahmood a PAL, Kirti. *Bioelectrical Impedance Analysis for Evaluation of Body Composition: A Review*. Online. Dostupné z: <https://doi.org/10.1109/ICOTEN52080.2021.9493494>. [cit. 2024-05-09].
- [9] JURÁNKOVÁ, Bc. Michaela, 2012. *Rovnováha tělesných komponent vybraných věkových skupin populace žen ČR*. Diplomová práce. Brno: Masarykova univerzita, Fakulta sportovních studií.
- [10] VIGUÉ, Jordi (ed.), 2023. *Atlas lidského těla*. 16. vydání. Ilustroval Miquel FERRÓN GEIS, ilustroval Myriam FERRÓN, přeložil Marek PLÁNIČKA, přeložil Jan KOHOUT. Praha: Rebo International CZ. ISBN 978-80-255-1468-9.

- [11] DAVE, Heeransh D.; SHOOK, Micah a VARACALLO, Matthew, 2023. Anatomy, Skeletal Muscle. Online. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK537236/>. [cit. 2024-05-09].
- [12] HAFEN, Brant B.; SHOOK, Micah a BURNS, Bracken, 2023. Anatomy, Smooth Muscle. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK532857/>. [cit. 2024-05-09].
- [13] RIPA, Rashelle; GEORGE, Tom; SHUMWAY, Karlie R. a SATTAR, Yasar, 2023. Physiology, Cardiac Muscle. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK572070/>. [cit. 2024-05-09].
- [14] HOFFMAN, Jay R; FAVLO, Michael J, 2004 . Protein - Which is Best? ? J Sports Sci Med. 2004 Sep 1;3(3):118-30. PMID: 24482589; PMCID: PMC3905294. Dostupné z: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24482589/>. [cit. 2024-05-09].
- [15] MARSH, Kate A., Elizabeth A. MUNN a Surinder K. BAINES, 2012. Protein and vegetarian diets. Medical Journal of Australia [online]. s. 7–10. ISSN 0025-729X. Dostupné z: DOI: [10.5694/mja11.11492](https://doi.org/10.5694/mja11.11492)
- [16] VODRÁŽKA, Zdeněk, 1993. Biochemie. 3, Praha : Academia. ISBN 8020004718.
- [17] 13, Minerals., 1989. Online. In: *Diet and Health: Implications for Reducing Chronic Disease Risk*. National Research Council (US) Committee on Diet and Health. Washington (DC): National Academies Press (US). Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK218735/>. [cit. 2024-05-09].
- [18] KIM, M.H.; CHOI, M.K. a MAIOLO, C, 2013. Seven Dietary Minerals (Ca, P, Mg, Fe, Zn, Cu, and Mn) and Their Relationship with Blood Pressure and Blood Lipids in Healthy Adults with Self-Selected Diet. Online. *Biological Trace Element Research*. Č. 153, s. 69–75. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s12011-013-9656-1>. [cit. 2024-05-09].
- [19] HERMANN, Janice R. , Ph.D, 2021. Minerals and the Body. Online. *Oklahoma Cooperative Extension Service*. Article T-3164. Dostupné z: https://shareok.org/bitstream/handle/11244/334894/oksa_T-3164_2021-04.pdf?sequence=1. [cit. 2024-05-09].
- [20] WEYH, Christopher Weyh; KRÜGER, Karsten; PEELING, Peter a CASTELL, Lindy. The Role of Minerals in the Optimal Functioning of the Immune System. Online. 2022, č. 14(3). Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/nu14030644>. [cit. 2024-05-09].

- [21] ZIERLE-GHOSH, Asia a ARIF, Jan. Physiology, Body Mass Index, 2023. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK535456/>
- [22] BMI not accurate enough: Obesity/mortality paradox demonstrates urgent need for more refined metabolic measures. Online. PERELMAN SCHOOL OF MEDICINE AT THE UNIVERSITY OF PENNSYLVANIA, 2013. Dostupné z: <https://doi.org/www.sciencedaily.com/releases/2013/08/130822141948.htm>. [cit. 2024-05-09].
- [23] BUNDOVÁ, Petra, 2014. *Korelace mezi množstvím podkožního tuku v břišní oblasti a množstvím viscerálního tuku zaznamenaným bioimpedanční metodou*. Diplomová práce. Praha: Univerzita Karlova v Praze, Fakulta tělesné výchovy a sportu.
- [24] *Waist Circumference and Waist-Hip Ratio: Report of a WHO Expert Consultation*, 2008. Online. World Health Organization. ISBN 978 92 4 150149 1. Dostupné z: https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/44583/9789241501491_eng.pdf?sequence=1. [cit. 2024-05-09].
- [25] KOČVAROVÁ, Eliška, 2007. *Jak mění redukční režimy klidový energetický výdej*. Bakalářská práce. Praha: Univerzita Karlova v Praze, 3. lékařská fakulta.
- [26] ŠPINLEROVÁ, Monika. *Bioelektrická impedanční analýza v praxi nutriční ambulance*. Online. Diplomová práce. Brno: Masarykova univerzita, Lékařská fakulta. 2016. Dostupné z: https://is.muni.cz/th/sjd25/diplomka_definitivni_pdf.pdf.
- [27] KRÁTKÁ, Veronika, 2011. *Způsoby analýzy složení lidského těla*. Bakalářská práce. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta chemická.
- [28] LEE, Seo Young; AHN, Soyeon; KIM, Young Ji a JI, Myoung Jin, 2018. Comparison between Dual-Energy X-ray Absorptiometry and Bioelectrical Impedance Analyses for Accuracy in Measuring Whole Body Muscle Mass and Appendicular Skeletal Muscle Mass. *Nutrients*.
- [29] MRÁZOVÁ, Kristina. *Měření tělesného složení za pomoci BIA možnosti použití rozdílných přístrojů a přístupů*. Online. Bakalářská práce. Hradec Králové: Univerzita Hradec Králové, Přírodovědecká fakulta. 2022. Dostupné z: <https://theses.cz/id/6fayjv/>.
- [30] Elektrické vlastnosti tkáně, 2018. Online. Ústav patologické fyziologie, Lékařská fakulta v Plzni, Univerzita Karlova. Dostupné z: <http://patofyziologie.lfp.cuni.cz/wp-content/uploads/2018/09/bia.pdf>. [cit. 2024-05-09].

- [31] CSERESNYÉS, Imre, et al. Electrical impedance phase angle as an indicator of plant root stress. *Biosystems engineering*, 2018, 169: 226-232.
- [32] PEVALOVÁ, Nicole. *Hodnocení míry chybovosti přístrojů InBody 770 a Bodystat 4000 při narušení podmínek měření udávaných výrobcem*. Bakalářská práce. Brno : Vysoké učení technické v Brně, Centrum sportovních aktivit.
- [33] MLYNČÁR, Filip, 2023. *Nutriční intervence u pacientu s obezitou*. Bakalářská práce. Praha: Univerzita Karlova, 1. lékařská fakulta.
- [34] INBODY. *InBody 770*. Online. Dostupné z: <https://www.inbody.cz/produkty/20-inbody>. [cit. 2024-05-09].
- [35] INBODY. *InBody 770 Training manual*. Online. Dostupné z: <https://inbodycanada.ca/wp-content/uploads/2020/04/InBody-770-Training-Manual.pdf>. [cit. 2024-05-09].
- [36] INBODY. *InBody 770 User's manual*. Online. Dostupné z: https://nl.inbody.com/wp-content/uploads/2019/03/770_manual_ENG_C_150520.pdf. [cit. 2024-05-09].
- [37] ÖZDENK, Çağrı, 2020. Effects of Acute Water Intake on Body Composition Measurements by Bioelectric Impedance Analysis. Online. *International Journal of Applied Exercise Physiology*. Article VOL. 9 (4), s. 38-42. [cit. 2024-05-10].
- [38] HEISS, CYNTHIA J.; GARA, NAVEEN; NOVOTNY, DANIELA a HEBERLE4, Heather, 2009. EFFECT OF A 1 LITER FLUID LOAD ON BODY COMPOSITION MEASURED BY AIR DISPLACEMENT PLETHYSMOGRAPHY AND BIOELECTRICAL IMPEDANCE. Online. Dostupné z: <https://www.asep.org/asep/asep/JEPonlineHeissApril2009.pdf>. [cit. 2024-05-10].
- [39] CHO MS, Chaeun a LEE, Sewon PhD, 2021. Effects of Urination, Aerobic Exercise, Food and Water Ingestion on Body Composition Measured by Segmental Bioelectrical Impedance Analysis. Online. Dostupné z: <https://doi.org/10.15857/ksep.2021.00416>. [cit. 2024-05-10].
- [40] WILLIAMSON, Cassie M.; NICKERSON, Brett S.; BECHKE, Emily E.; MCLESTER, Cherilyn N. a KLISZCZEWICZ, Brian M., 2022. Influence of acute consumption of caffeine vs. placebo over Bia-derived measurements of body composition: a randomized, double-blind,

- crossover design. Online. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 15(1). Dostupné z: <https://doi.org/10.1186/s12970-018-0211-5>. [cit. 2024-05-10].
- [41] ANDROUTSOS, O.; GERASIMIDIS, K.; KARANIKOLOU, A.; REILLY, J.J. a EDWARDS, C.A., 2015. Impact of eating and drinking on body composition measurements by bioelectrical impedance. Online. *Journal of Human Nutrition and Dietetics*. Dostupné z: <https://doi.org/10.1111/jhn.12259>. [cit. 2024-05-13].
- [42] DIXON, C.B.; MASTELLER, B; ANDREACCI, J.L. a EDWARDS, C.A., 2013. The effect of a meal on measures of impedance and percent body fat estimated using contact-electrode bioelectrical impedance technology. Online. *European Journal of Clinical Nutrition*. Č. 67. Dostupné z: <https://doi.org/10.1038/ejcn.2013.118>. [cit. 2024-05-10].
- [43] HEISS, Cynthia J, PhD, RD; NAYLOR, Johanne MS, RD, CSP, CNSD; BRONCO, Kelly M. MS, ATC a MYERS, Billy J. MS, 2008. A Small Food or Fluid Load Has No Effect on Body Composition Measured by 3 Different Methods. Online. *Topics in Clinical Nutrition*. Dostupné z: <https://doi.org/10.1097/01.TIN.0000333555.38627.56>. [cit. 2024-05-10].
- [44] MUNDSTOCK, Eduardo Ph.D.; VENDRUSCULO, Fernanda Maria Ph.D.; FILHO, Adriano Detoni Ph.D a MATTIELLO, Rita Ph.D., 2021. Consuming a low-calorie amount of routine food and drink does not affect bioimpedance body fat percentage in healthy individuals. Online. *Nutrition*. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.nut.2021.111426>. [cit. 2024-05-10].
- [45] TYO, Brian M. a NICKS, Clayton, 2020. Effect of Moderate Intensity Exercise on Body Composition Measurements. Online. *Measurement in Physical Education and Exercise Science*. Č. 24(3). Dostupné z: <https://doi.org/10.1080/1091367X.2020.1752694>. [cit. 2024-05-10].
- [46] ANDREACCI, Joseph; NAGLE, Trisha; FITZGERALD, Elise a RAWSON, Eric, 2013. Effect of Exercise Intensity on Percent Body Fat Determined by Leg-to-Leg and Segmental Bioelectrical Impedance Analyses in Adults. Online. *Research Quarterly for Exercise and Sport*. Č. 84(1):88-95. Dostupné z: <https://doi.org/10.1080/02701367.2013.762314>. [cit. 2024-05-10].

- [47] DIXON, C.B.; MASTELLER, B; ANDREACCI, J.L. a LEDEZMA, C., 2008. Effect of aerobic exercise on percent body fat using leg-to-leg and segmental bioelectrical impedance analysis in adults. Online. *International Journal of Body Composition Research*. Dostupné z: <https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=22261af42b800c9965357675393e5a713394eb5f>. [cit. 2024-05-10].
- [48] HLÚBIK, Jan Ing., 2015. *Bioimpedance measurement of specific body resistance*. Disertační práce. Praha: Czech Technical University in Prague Faculty of Electrical Engineering Department of Cybernetics. Dostupné také z: https://dspace.cvut.cz/bitstream/handle/10467/62642/Disertace_Hlubik_2016.pdf?sequence=1.
- [49] SERVIDIO, M.F.; MOHAMED, E.I. a MAIOLO, C, 2003. Analysis of body water compartments after a short sauna bath using bioelectric impedance analysis. Online. *Acta Diabetol*. S. 207-209. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s00592-003-0067-1>. [cit. 2024-05-10].
- [50] INBODY. *BSM 170 Volně stojící digitální výškoměr*. Online. Dostupné z: https://www.inbody.cz/katalog_bsm170.pdf. [cit. 2024-05-10].
- [51] ABEDI YEKTA, A.H.; KHOSRAVI, S.; HASSABI, M.; POORSAID ESFAHANI, M.; HASSANMIRZAEI, B. et al., 2016. Comparing the Accuracy of Waist-Hip Ratio Calculation by the BIA device versus the Manual Method. Online. *Ann Appl Sport Sci*. Č. 4(2), s. 9-15. Dostupné z: <http://aassjournal.com/article-1-289-en.html>. [cit. 2024-05-10].
- [52] TANITA AUSTRALIA. *Bioelectrical Impedance Analysis*. Online. Dostupné z: <https://tanitaaustralia.com/pages/bioelectrical-impedance-analysis>. [cit. 2024-05-10].

SEZNAM PŘÍLOH

PŘÍLOHA A - NAMĚŘENÉ HODNOTY	69
PŘÍLOHA B - KÓD PRO STATISTICKÉ TESTY	70
PŘÍLOHA C - INFORMOVANÝ SOUHLAS	71

Příloha A - Naměřené hodnoty

Příloha obsahuje naměřená data z měření InBody 770

Příloha B - Kód pro statistické testy

Příloha obsahuje tři kódy zpracované v programovacím jazyku Python

Příloha C - Informovaný souhlas

Příloha obsahuje vzor informovaného souhlasu