

**Univerzita Hradec Králové**

**Přírodovědecká fakulta**

**Katedra fyziky**

**Měření průběhu změn elektrických  
parametrů u pacientů v průběhu  
redukce**

Diplomová práce

Autor práce: Bc. Barbora Čtvrtečková  
Studijní program: N0533A110049 Fyzikální měření a modelování  
Studijní obor: Fyzikální měření a modelování

Vedoucí diplomové práce: Ing. Jan Hlúbik, Ph.D.



## Zadání diplomové práce

<b>Autor:</b>	<b>Bc. Barbora Čtvrtečková</b>
Studium:	S22FY009NP
Studijní program:	N0533A110049 Fyzikální měření a modelování
Studijní obor:	Fyzikální měření a modelování
<b>Název diplomové práce:</b>	<b>Měření průběhu změn elektrických parametrů u pacientů v průběhu redukce</b>
Název diplomové práce AJ:	Measurement of changes in electrical parameters in patients during reduction
Zadávací pracoviště:	Katedra fyziky, Přírodovědecká fakulta
Vedoucí práce:	Ing. Jan Hlúbik, Ph.D.
Datum zadání závěrečné práce:	11.8.2021

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracovala samostatně pod vedením Ing. Jana Hlúbika, Ph.D., je výsledkem mého vlastního výzkumu a studia. Veškeré použité informační zdroje a literaturu, ze kterých jsem vycházela, jsem řádně odcitovala. Všechny grafy, tabulky a údaje reprezentované v práci odpovídají skutečným datům získaných během výzkumu.

V Hradci Králové, dne

.....

podpis autora práce

## **Poděkování**

Ráda bych poděkovala všem, kteří mi poskytli podporu a inspiraci během mého výzkumu a psaní diplomové práce. Zejména bych chtěla vyjádřit vděk svému vedoucímu práce Ing. Janu Hlúbikovi, Ph.D. za jeho cenné rady, trpělivost a odborné vedení. Děkuji také všem účastníkům, kteří se podíleli na sběru dat a poskytli mi svůj čas a spolupráci.

## **Anotace**

ČTVRTEČKOVÁ, B. *Měření průběhu změn elektrických parametrů u pacientů v průběhu redukce*. Hradec Králové, 2024. Diplomová práce na Přírodovědecké fakultě Univerzity Hradec Králové. Vedoucí bakalářské práce Ing. Jan Hlúbik, Ph.D.. 85 s.

Tato diplomová práce zkoumá tělesné složení pacientů, kteří chtějí dosáhnout změny jejich životního stylu a porovnává výstupy různých přístrojů určených k tomuto účelu. Teoretická část práce obsahuje znalosti o tělesném složení a metodách, které slouží k jejich získání. Dále se důkladně věnuji tématu obezita, jelikož je to zásadní téma dnešní společnosti, rozebírám metodu bioelektrické impedance, na jejímž základě pracují přístroje, se kterými jsem měla možnost praktického měření, a s ní spojené fyzikální parametry. V praktické části se zabývám měřením tělesného složení. Nejprve se zaměřuji na porovnání přístrojů, které vyhodnocují konkrétní komponenty tělesného složení, a následně srovnávám přístroje vyhodnocující fyzikální parametry, které jsou použity ve výpočtu tělesného složení. Dále testuji, jak se tyto parametry mění v závislosti na různých změnách poloh během měření.

### **Klíčová slova**

Tělesné složení, fyzikální parametry, obezita, bioelektrická impedance, měření, porovnání dat

## **Annotation**

ČTVRTEČKOVÁ, B. *Measurement of changes in electrical parameters in patients during the reduction process.* Hradec Králové, 2024. Diploma Thesis at Faculty of Science University of Hradec Králové. Thesis Supervisor Ing. Jan Hlúbik, Ph.D.. 85 p.

This thesis investigates the body composition of patients who want to achieve a change in their lifestyle and compares the outputs of various devices designed for this purpose. The theoretical part of the thesis includes knowledge about body composition and the methods used to obtain it. Furthermore, it thoroughly examines the topic of obesity, as it is a fundamental issue in today's society, and discusses the bioelectrical impedance method, on which the devices I had the opportunity to practically measure are based, along with associated physical parameters. In the practical part, I focus on measuring body composition. First, I compare devices that evaluate specific components of body composition, and then I compare devices that evaluate physical parameters used in body composition calculations. Additionally, I test how these parameters change depending on different changes in positions during the measurements.

### **Keywords**

Body composition, physical parameters, obesity, bioelectric impedance, measurement, data comparison

# Obsah

Úvod.....	9
Cíle práce .....	9
1 Tělesné složení.....	10
1.1 Tělesný tuk.....	10
1.2 Celková tělesná voda .....	12
1.2.1 Regulace příjmu vody .....	13
1.3 Tukuprostá hmota .....	14
2 Metabolismus.....	16
3 Výživa.....	18
4 Obezita.....	21
4.1 Určení stupně obezity .....	21
4.2 Typizace obezity podle rozložení tuku .....	23
4.3 Etiopatogeneze obezity .....	25
4.4 Zdravotní komplikace .....	26
4.5 Léčba obezity .....	27
4.6 Další onemocnění .....	29
5 Fyzikální parametry a organismus.....	31
5.1 Elektrický proud .....	31
5.2 Elektrické vlastnosti organismu.....	32
5.2.1 Pasivní elektrické vlastnosti.....	32
5.2.2 Aktivní elektrické vlastnosti .....	33
6 Metody měření tělesného složení .....	35
6.1 Antropometrie .....	35
6.2 Biofyzikální a biochemické metody .....	38
6.2.1 Bioelektrická impedance.....	41
7 Výzkumná část.....	47
7.1 Charakteristika souboru .....	47
7.2 Metodika měření .....	47
7.2.1 Přístroj Bodystat QuadScan 4000.....	47
7.2.2 Bodystat MultiScan 5000.....	50
7.2.3 Přístroj Concept VO4001 Perfect Health.....	51
7.3 Statické zpracování dat .....	52

7.4	Popis měření .....	53
7.5	Výsledky .....	54
7.5.1	Porovnání hodnot tělesného složení .....	54
7.5.1.1	Žena 1 .....	55
7.5.1.2	Žena 2 .....	58
7.5.1.3	Muž 1 .....	60
7.5.1.4	Muž 2 .....	63
7.5.2	Porovnání fyzikálních parametrů .....	65
7.5.2.1	Žena 1 .....	66
7.5.2.2	Žena 2 .....	69
7.5.2.3	Muž 1 .....	72
7.5.2.4	Muž 2 .....	75
7.5.3	Testování vlivů polohy pacienta na naměřené parametry .....	78
	Diskuse.....	81
	Závěr .....	83
	Literatura.....	85



# Úvod

Diplomová práce se zabývá měřením fyzikálních parametrů vybraných jedinců během jejich změny životního stylu, díky kterým lze vyhodnotit tělesné složení. Práce je rozdělena na dvě části.

V teoretické části rozebírám detailně komponenty tělesného složení. Dále se věnuji pojmům metabolismus a výživa, které hrají taktéž důležitou roli při mém výzkumu. Podrobněji popisuji onemocnění, která jsou spojená s tělesným složením a s kterými se někteří jedinci setkávají. Další velkou kapitolou v teoretické části jsou metody, pomocí nichž se dá určit tělesné složení. Na to navazuje kapitola, ve které se věnuji fyzikálním parametrům, které se různými metodami dají zjistit a ze kterých je posléze vypočítáno ono tělesné složení.

V praktické části se zaměřuji na měření s přístroji, které fungují na principu bioelektrické impedance, která je taktéž detailně popsána v teoretické části. Praktickou část jsem dále rozdělila na tři podčásti. První část obsahuje měření dvěma přístroji a vyhodnocení a porovnání celkového tělesného složení. Druhá část se zaměřuje pouze na porovnání fyzikálních parametrů, které přístroje naměří. Ve třetí části pak zkoumám, jaký vliv hrají změny polohy při měření na vyhodnocená data z přístroje.

Psaním této práce bych chtěla vyjádřit svůj zájem o téma tělesné složení, jeho měření a principy, zdůraznit, jak velkou roli hraje v našem životě, dále zvýšit jeho povědomí a hlavně informovat o rizicích s ním spojené, které nás mohou dostat do situacích, které vážně ohrozí život jedince.

## Cíle práce

Hlavním cílem této práce je se seznámit a porozumět teoretickým poznatkům obecně o tělesném složení a dále je použít a vyzkoušet v praktickém výzkumu. Dalším cílem této práce jsou analýza změny v tělesném složení jedinců během změny životního stylu, porovnání naměřených výsledků různých přístrojů a zkoumání toho, co stačí udělat, aby přístroj vyhodnotil odlišné naměřené parametry.

# 1 Tělesné složení

Tělesné složení popisuje základní informace o životě člověka, jeho úrovni zdravotního stylu a výživy, tělesné zdatnosti a výkonnosti. Původní pohled na tělesné složení bylo z hlediska chemického a anatomického modelu (tj. základní rozdělení). Podle chemického modelu je tělo tvořeno z tuků, bílkovin, sacharidů, minerálů a vody. Podle anatomického modelu tělo tvoří tuková tkáň, svalstvo, kosti, vnitřní orgány a ostatní tkáň. Dále tělesné složení dělíme do pěti dalších modelů, který vycházejí z určitých definic a formulací. [1]

Ve stručnosti bych chtěla naznačit toto dělení do pěti modelů. Atomický model hovoří o zastoupení jednotlivých chemických prvků v těle, kterými jsou především kyslík, uhlík, vodík, dusík, vápník a další. Molekulární model má 11 prvků, které vytvářejí 100 000 sloučenin, které jsou obsaženy v lidském těle. Základním poznatkem je, že tělesná hmotnost se skládá z vody, lipidů, proteinů, minerálů a glykogenu. Buněčný model sleduje spojení molekulárních komponent v buňky, jehož důležitou komponentou je extracelulární tekutina. Tkáňový model je uspořádání molekul do kostní, svalové a tukové tkáň. Celotělový model se pak skládá z tělesné výšky, hmotnosti, hmotnostně-výškových indexů, délkových, šířkových, obvodových rozměrů, kožní řasy, objemu a hustoty těla. [1]

V praxi se tělo dělí do dvou/tří/čtyřkomponentového modelu. Záleží na tom, jaké jsou možnosti a použité přístroje a jejich techniky. Nejjednodušší a současně nepoužívanější je dvoukomponentový model, který se skládá pouze z tuků a tukuprosté hmoty. Tříkomponentový model obsahuje tuky, vodu a sušinu a čtyřkomponentový model zase zkoumá tuk, extracelulární tekutinu, buňky a minerály. [1]

## 1.1 Tělesný tuk

Základní a proměnlivá komponenta tělesného složení je tělesný tuk, který je důležitým faktorem pro posouzení tělesného složení v průběhu celého vývoje. Množství tělesného tuku lze snadno ovlivnit prostřednictvím stravovacích návyků a pohybové aktivity. Udržování správných hodnot množství tuku je klíčové pro zachování zdravého stavu člověka. Tuk má důležité funkce z hlediska mechanických,

metabolických a termoregulačních procesů. Slouží například k regulaci tělesné teploty, ukládání vitamínů, ochraně kloubů a orgánů a funguje jako zásobárna energie. Dále hraje významnou roli v činnosti nervové soustavy. Pro dosažení plnohodnotného vývoje je nezbytné udržovat vyvážený příjem tuků. Oproti běžnému přesvědčení, že tuk je škodlivý, je třeba si uvědomit jeho nezastupitelnou roli v uchování důležitých vitamínů, jako jsou vitamíny A, D, E a K. Tyto vitamíny jsou lépe skladovatelné než ty rozpustné ve vodě a mohou zůstat v těle jako rezervy několik dnů. [1]

Důležité je sledovat optimální hladiny tělesného tuku, protože jak nižší, tak vyšší hodnoty mohou mít negativní dopad na naše tělo. Nízké hladiny tuku v těle mohou ohrozit normální funkčnost organismu, termoregulaci a další biologické procesy. Hrozí zejména nedostatek esenciálních mastných kyselin, což může vést ke zpomalení růstu, snížení tělesné výkonnosti a omezení tělesné schopnosti redukce. Naopak v dnešní době častějším problémem je nadměrný příjem tuků, což vede k různým onemocněním, jako jsou problémy s kardiovaskulárním systémem a diabetes mellitus. Nadbytek tuku může také přispět k degeneraci žlučníku a střev a zvyšuje riziko vzniku nádorových onemocnění. Genetika, celkový zdravotní stav, pohybová aktivita a stravovací návyky jsou klíčovými faktory ovlivňujícími tělesné složení. [1]

U dospělého jedince je doporučen příjem tuků v množství 25 – 30 % přijaté celkové energie. Tuky ve stravě přispívají nejen příjemnou konzistencí, ale také vůní, chutí a schopností nás efektivně zasytit. [1]

Procentuální množství tuku v těle závisí na pohlaví a věku jedince. V následující tabulce 1 je znázorněno průměrné množství tuku rozdělené podle pohlaví a do čtyřech kategorií věku. Jsou zde i uvedeny minimální a maximální hranice tuku. [1]

Tabulka 1 - Procentuální zastoupení tělesného tuku v závislosti pohlaví na věku  
[upraveno dle 2]

<b>Tuk (v procentech)</b> (dle Heyward, Wagner, 2004)	<b>Věk (v letech)</b>			
	<b>Muži</b>	<b>6 - 17</b>	<b>18 - 34</b>	<b>35 - 55</b>
Zdravotní minimum tuku	< 5	< 8	< 10	< 10
Nízká hodnota	5 - 10	8	10	10
Průměrná hodnota	11 - 25	13	18	16
Vysoká hodnota	26 - 31	22	25	23
Obezita	> 31	> 22	> 25	> 23
<b>Ženy</b>	<b>6 - 17</b>	<b>18 - 34</b>	<b>35 - 55</b>	<b>55 +</b>
Zdravotní minimum tuku	< 12	< 20	< 25	< 25
Nízká hodnota	12 - 25	20	25	25
Průměrná hodnota	16 - 30	28	32	30
Vysoká hodnota	31 - 36	35	38	35
Obezita	> 36	> 35	>38	> 35

Z tabulky 1 je vidět, že v mládí (6 – 17 let), vzhledem k vývoji organismu, jsou velká rozmezí množství tuku. Od 18 let množství tuku roste a v dovršení 55 let s růstem věku množství tuku klesá.

## 1.2 Celková tělesná voda

Další nezbytnou součástí lidského těla, která taktéž závisí na věku a pohlaví a na celkové tělesné hmotnosti, je voda. Voda v těle se vyskytuje ve velkém množství v krvi a ostatních tělních tekutinách z 91 – 99 %. Ve svalové tkáni je voda zastoupená

v rozmezí 75 – 80 %, v kostech 22% a v tukové tkáni se nachází pouze v 10 % vody. Tělesná voda se rozděluje na intracelulární (voda obsažená v buňkách) a extracelulární (vody vyskytující se mimo buňky). Poměr extra/intracelulární tekutiny se v průběhu života mění a liší se v závislosti na pohlaví. Například muži mají intracelulární vodu asi 40 % tělesné hmotnosti a extracelulární vodu asi 20 %. Ženy mají nižší procento vody, a to nitrobuněčnou vodu 32 % a mimobuněčnou vodu 21 %. Procentuální zastoupení celkové tělesné vody organismu je znázorněno v tabulce 2, kde je ukázáno, že v každém období vývoje života se voda v děle mění. Vzhledem k tomu, že tuková tkáň obsahuje nízké procento vody, obsahuje tělo u obézních lidí malé množství vody. [2, 3]

Tabulka 2 - Procentuální zastoupení vody [3]

Kategorie	Kojenec	Dětství	Muži	Ženy	Obézní
Množství vody	85 %	75 %	63 %	53 %	45 %

Riegrová uvádí, že během prenatálního vývoje a prvního roku života se množství tělesné vody snižuje a v období dětství množství vody zůstává téměř konstantní nehledě na odlišnost pohlaví. V období puberty se začaly zjišťovat rozdíly mezi pohlavím a to tak, že u chlapců se hydratace zvyšuje, zatímco u dívek snižuje. Dále obecně s rostoucím věkem se míra hydratace snižuje. [2]

### 1.2.1 Regulace příjmu vody

Část mezimozku zvaná hypotalamus má klíčovou roli v regulaci příjmu vody, která je charakterizována pocitem žízně. Tento mechanismus nám umožňuje udržovat stabilní přísun tekutin. Člověk je schopen bez vody vydržet velmi krátkou dobu, tj. sedm dní, avšak již po druhém dni začínají vznikat vážné potíže. Uvnitř těla máme dvě skupiny senzorů (receptorů), které nás informují o tom, kolik vody je obsaženo v organismu. Osmosenzory reagují na změnu osmotického tlaku. Objemové receptory reagují na změnu objemu tělesné tekutiny. Vlastní řízení se děje hormonem hypofýzy, uvádí Rokyta. Příjem a výdej vody musí být v rovnováze. Oba

tyto procesy záleží na mnoha faktorech a liší se u každého jedince. Průměrné ztráty a příjmy vody jsou následně popsány. [3]

Voda se ztrácí močí za normální okolností 1500 ml denně, kůží 600 – 800 ml neznatelným pocením, plícemi při běžném dýchání 400 ml a stolicí 100 ml. Vodu přijímáme nápojem 1 000 – 1 500 ml denně, potravou kolem 1 000 ml a vodou vzniklou při oxidačních procesech 300 ml. Pokud dochází k velkým ztrátám vody dostává se organismus do stavu dehydratace. [3]

Koloběh vody probíhá také uvnitř organismu. Do trávicí trubice denně odejde 8 – 9 litrů trávicích šťáv, poté se vstřebává zpět do tenkého a tlusté střeva, proto se stolicí může vyloučit pouze 100 ml vody. Mnohem větší oběh vody probíhá v ledvinách, kde dochází ke glomerulární filtraci, při které se vyloučí 170 – 180 litrů vody. Ovšem asi 168,5 litrů se vstřebá zpět do krve a močí se vyloučí pouhých 1,5 litrů vody. [3]

### **1.3 Tukuprostá hmota**

Tukuprostá hmota je označení pro hmotu, která neobsahuje tukovou část. Z anglického názvu má označení FFM (fat free mass). Říká se jí také aktivní tělesná hmota a nese označení ATH, které budu později používat v praktické části této práce. Tato hmota nezahrnuje pouze svaly, ale také kostru a ostatní tkáně. Literární prameny uvádí, že tukuprostá hmota je obsažena z 60 % svalstvem, z 25 % opěrnými a pojivovými tkáněmi a z 15 % hmotností vnitřních orgánů. Hodnoty těchto tělesných složek se mění v závislosti na věku, pohybové aktivitě a dalších faktorech. V lidském těle rozlišujeme tři typy svalstva, a to kosterní svaly neboli příčně pruhované svalstvo, srdeční sval a hladké svaly. Uvádí se, že muži mají 40 % kosterních svalů, ženy 30 % a hladké svaly obsahují 10 % svalstva. V průběhu vývoje člověka se však tyto hodnoty mění. Říká se, že u dospělých lidí kosterní svalstvo tvoří 40 % celkové hmotnosti těla a u novorozenců pouhých 25 %. Několik vědců se podílelo na zkoumání podílu svalstva na hmotnosti v průběhu života a došli k obecnému faktu, že hodnoty podílu jsou závislé na metodice výzkumu a k největšímu nárůstu svalové hmoty dochází mezi 15. a 17. rokem u chlapců, u dívek okolo 13. roku a může dojít až k dvojnásobnému nárůstu. Mezi 17. a 40. rokem u mužů a 15. a 60. rokem u žen nedochází k velkým změnám v rozvoji svalstva, je tedy množství svalů relativně konstantní. Vyššího podílu svalové hmoty dosahují jedinci

s výrazně vyšší pohybovou aktivitou. Pohyb má dopadající efekt na metabolismus, protože dochází k zvýšení energetického výdaje. Působení pohybové aktivity na metabolismus trvá několik hodin po ukončení aktivity a závisí na intenzitě a trvání tréninku. [2]

Při určení tělesného složení jedince nastává problém v ověřených metodách pro určení hmotnosti kostry. Studie uvádí, že podíl kostry k celkové hmotnosti těla je stejný jak u novorozenců, tak u dospělých. Odlišnosti se vyskytují v podílu beztukové sušiny kostní tkáně na hmotnosti těla. U novorozenců jsou to 3 % a u dospělých 6 – 7 % s tím, že u mužů je tento podíl větší než u žen. [2]

## 2 Metabolismus

Přeměna látek, tzv. metabolismus, představuje jeden ze základních procesů v lidském těle. Jedná se o komplex chemických reakcí, při kterých se z látek získaných potravou vzniká energie a nezbytné látky pro výstavbu, obnovu struktury a funkce buněk, tkání a celého organismu, přičemž je udržována konstantní tělesná teplota. Tento proces zahrnuje všechny chemické děje, a to přeměnu živin po trávení a vstřebávání, což označujeme jako intermediární metabolismus. [3, 5]

Metabolické pochody lze rozdělit do tří skupin podle chemického pohledu: anabolické (vznik nových sloučenin), katabolické (oxidační procesy uvolňující volnou energii ze sloučenin) a amfibolické (setkání anabolických a katabolických dějů). [3, 5]

Látková přeměna je složena z intermediárních metabolismů, které jsou vzájemně koordinovány a časově nezávislé. Cílem těchto reakcí je uvolnění chemické energie z živin a její přeměna na formu, která je využitelná pro různé biologické procesy, včetně tvorby membránových potenciálů, chemické syntézy, svalových kontrakcí, sekrece hormonů a absorpce ve střevě. Energetický metabolismus představuje vznik biologické energie z chemické energie živin. [3, 5]

Přijaté živiny procházejí v těle třemi fázemi chemického zpracování: ve střevě (přeměna složitých živin na jednoduché), v cytoplazmě buněk tkání (vznik pyruvátu a kyseliny acetoctové) a v mitochondriích (pyruvát a kyselina jsou odbourávány na acetylkoenzym A). V jednotlivých těchto fázích dochází k různým přeměnám, reakcím a vzniku energie. Při přeměnách energií dochází ke ztrátám části energie v podobě tepla. Se zvyšujícím se metabolismem se právě zvyšuje i teplota organismu. Základní jednotkou energie se joule (J). Vzhledem k tomu, že by energie měla velikost v násobcích milionu joulů, používají se spíše kilojoule (kJ). Nejčastěji využívanou jednotkou jsou kilokalorie (kcal). Vztah mezi kJ a kcal je následující:  $1 \text{ kJ} = 0,239 \text{ kcal}$  a  $1 \text{ kcal} = 4,19 \text{ kJ}$ . [3, 5]

Množství energie poskytované tělu různými živinami se dá vyjádřit jako:

- spalné teplo – množství tepla vzniklé uvolněním při oxidaci živin,
- energetický ekvivalent – množství tepla, které se uvolní při oxidaci jednotlivých živin za spotřeby 1 litru kyslíku,



- respirační kvocient – poměr objemu vyloučeného oxidu uhličitého k objemu spotřebovaného kyslíku v průběhu přeměny živiny. [3, 5]

Získanou energii organismus využívá na základní přeměnu látek, tzv. bazální metabolismus. Tento metabolismus představuje množství energie potřebné k udržení základních a nezbytných funkcí pro život, jsou to srdeční akce, dýchání, činnost mozku, za podmínek klidu, nalačno a při pokojové teplotě. Je závislý na věku, pohlaví, výšce a hmotnosti jedince. Bazální metabolismus se s rostoucím věkem zvyšuje a je vyšší u mužů než u žen. Obecně energetický výdej můžeme rozlišit na klidový a pracovní metabolismus. Bazální metabolismus můžeme vypočítat pomocí rovnice Harrise a Benedicta, první rovnice pro muže a druhá pro ženy:

$$BMR = 66 + (13,7 \cdot m) + (5 \cdot h) - (6,8 \cdot A) \quad (1)$$

$$BMR = 655 + (9,6 \cdot m) + (1,7 \cdot h) - (4,7 \cdot A), \quad (2)$$

kde  $m$  je hmotnost v kilogramech,  $h$  je výška v centimetrech a  $A$  je věk v letech jedince. [4]

Dále je energie využita na trávení a vstřebávání, svalovou práci a termoregulaci. Rokyta uvádí, že bazální metabolismus lze získat měřením přímé (množství tepla vydané organismem za jednotku času) nebo nepřímé (množství spotřebovaného kyslíku za jednotku času) kalorimetrie. [3, 5]

### 3 Výživa

Přísun energie je nezbytný pro zajištění života člověka, a to ve formě organických živin, jako jsou sacharidy, tuky a bílkoviny, spolu s vitamíny, ionty, vodou a dalšími látkami. Příjem, využití a skladování těchto živin jsou řízeny a ovlivňovány komplexním způsobem zahrnujícím faktory jako koncentrace glukózy v krvi, napětí stěny žaludku či genetické predispozice. [3, 6]

Základní funkce výživy jsou stavební a energetická. Stavební funkce má za následek tvorbu a výstavbu tkání, zatímco energetická funkce je klíčová pro podporu metabolismu těchto tkání. Nesprávné stravování má podíl na vzniku mnoha nemocí. Přebytek sacharidů a tuků může vyvolat obezitu, vysoký krevní tlak, ischemickou srdeční chorobu a infarkt myokardu. Nejen přebytek, ale i nedostatek živin může způsobit vážné újmy na zdraví, např. nedostatek vápníku může způsobit osteoporózu (řídnutí kostí) a nedostatek vitamínu C může oslabit imunitní systém. Jednoduše řečeno, naše stravovací návyky mají vliv na naše zdraví. [3, 6]

Je důležité si uvědomit, že výživové potřeby se liší v závislosti na věku, pohlaví a úrovni fyzické aktivity jednotlivců. Kvantitativní stránka stravy hraje klíčovou roli, a proto je důležité, aby strava byla vyvážená a poskytovala správný poměr základních živin. Nejjednodušší orientační energetickou bilanci nám udává tělesná hmotnost. Cílem je tedy udržení hmotnosti v optimálním rozmezí, protože nadváha i podváha představují určitá rizika. Každý by si měl osvojit zásady správné výživy a respektovat je. Vzhledem k tomu, že je člověk všežravec, měl by si být vědom významu jednotlivých živin a jejich rovnováhy ve stravě. Potrava by měla obsahovat  $\frac{2}{3}$  rostlinných a  $\frac{1}{3}$  živočišných potravin. Každá strava by měla zahrnovat správný podíl důležitých složek, tj. sacharidy, tuky, bílkoviny, vitamíny, minerální látky a vodu, která je detailně popsána v kapitole 1.2. Přepočtení kilokalorií na gramy jednotlivých složek potravy je dán následujícími vztahy:

- sacharidy:  $1 \text{ g} = 4 \text{ kcal} (17 \text{ kJ})$ , (3)

- tuky:  $1 \text{ g} = 9 \text{ kcal} (38 \text{ kJ})$ , (4)

- bílkoviny:  $1 \text{ g} = 4 \text{ kcal} (17 \text{ kJ})$ . [3, 6] (5)

## **Sacharidy**

Hlavní a snáze dosažitelný zdroj energie jsou sacharidy, které se dělí na snáze a těžko stravitelné. Sacharidy se označují jako pohotovový zdroj energie a zároveň jsou jediným zdrojem energie pro mozek, který spotřebuje 25 % glukózy v těle. Další význam cukrů je regulace metabolismu v játrech. Sacharidy pokrývají 50 – 60 % potravy. [3, 6]

## **Tuky**

Dalším zdrojem energie pro naše tělo jsou tuky, které se vyskytují v mnoha podobách, triglyceridy, volné mastné kyseliny, fosfolipidy a cholesterol. Tuky se označují jako zásobárna energie, která se aktivuje při nedostatku cukrů. Tuky dále slouží jako stavební složka buněk, ochrana před ztrátami tepla, rozpouštědlo pro některé látky. Tuky pokrývají 25 – 30 % potravy. Bohužel v poslední době tuto hranici populace překračuje až na 40 %. [3]

## **Bílkoviny**

Bílkoviny jsou významnou svou plasticitou, jsou v dynamické rovnováze a obměňovány během života buňky. Význam bílkovin v těle hraje významnou roli ve stavbě struktury všech buněk. Dále se nacházejí jako součást regulačních mechanismů (hormony), ochrana organismu a jsou zdrojem energie při delším hladověním. Bílkoviny pokrývají 15 – 20 % potravy. [3]

## **Vitamíny**

Ačkoliv se na ně často zapomíná, vitamíny jsou důležité pro lidský organismu jako každá jiná složka potravy, protože vstupují do různých reakcí, které probíhají v těle. Hrají významnou roli pro přeměnu cukrů, tuků a bílkovin. Jsou potřebné k zachování a ochranu života. Jelikož se vitamíny nevytváří v organismu, vyjma vitamínu K, je potřeba je přijímat potravou. Člověk využívá 13 vitamínů, které se dělí na rozpustné v tucích (A, D, E a K) a ve vodě (B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>3</sub>, B<sub>5</sub>, B<sub>6</sub>, B<sub>9</sub>, B<sub>12</sub>, C a biotin). [3]

### **Minerální a stopové látky**

Tyto látky, resp. prvky, se využívají při tvorbě struktury těla a podílejí se na regulaci fyziologických funkcí organismu. Tělo se skládá z biogenních prvků, kterými jsou uhlík, vodík, dusík a kyslík. Minerální prvky obsažené v těle jsou sodík, draslík, vápník, fosfor, hořčík a síra. Stopové prvky se v těle nachází v poměrně menším množství než minerální, a jsou to železo, zinek, jod, selen, fluor, hliník, měď, mangan, kobalt, chrom a cín. [1, 3]

## 4 Obezita

V posledních letech se obezita stává celosvětovou epidemií. V některých zemích postihuje pětinu až čtvrtinu dospělé populace. Obezita má za následek snížení kvality zdravotního stavu a života jedince. S největší pravděpodobností s obezitou bude následně souviset i spousta dalších onemocnění, mezi která se řadí kardiovaskulární, metabolická, pohybová, nádorová či psychická onemocnění. Zdravotní komplikace, které se vyskytují u obezity, mají za příčinu častější nemocnost a invaliditu jedince. S nárůstem tělesné hmotnosti se zvyšuje riziko úmrtnosti. Uvádí se, že obezita patří k nejčastějším příčinám úmrtí, kterým lze ovšem předejít. U vzniku a rozvoji obezity hrají významnou roli genetické faktory v regulaci energetické rovnováhy. Obezita je často chápána jako estetická záležitost, která vzniká nadměrným příjmem potravy, pohodlnosti a nedostatku pevné vůle jedince. Poskytování zdravotní péče obézním pacientům komplikuje několik faktorů, který mi jsou například nedostatečné porozumění významu obezity jako onemocnění, obtížná úhrada časově náročné péče o obézní pacienty, nedostatek osobní odpovědnosti za vlastní zdraví nebo rostoucí vliv komerčních aktivit, které propagují lákavá, avšak často neúčinné a potenciálně škodlivé metody redukce hmotnosti. [7]

### 4.1 Určení stupně obezity

Stupeň obezity se stanovuje pomocí měření tělesného tuku nebo výpočtu indexu tělesné hmotnosti. Obezita je definovaná jako zvýšený podíl tělesného tuku, konkrétně nad 25 % u mužů a nad 30 % u žen. Pokud chce jedinec zjistit přesné stanovení podílu tělesného tuku, je potřeba využít klinický výzkum, protože jiné měření je spíše orientační. Metody, které se mohou k vyšetření použít, jsou hydrodenzitometrie s využitím podvodního vážení a současného měření reziduálního objemu plic nebo denzitometrii pomocí duální fotonové absorpciometrie. Přesnější hodnoty tuku lze získat kombinací různých metody, při kterých získáváme například čtyřkomponentový model tělesného složení. Existují metody, které zahrnují měření emisí nestabilních izotopů v těle, které vznikají po expozici rychlými neutrony. V praxi se také používají nepřímé metody pro stanovení

tělesného složení, mezi které se řadí antropometrie, které zjišťuje tělesný tuk pomocí kožních řas kaliperem. Některé metody jsou detailně rozebrány v kapitole 5. [7]

V současné době je také velice rozšířené měření tělesného složení pomocí bioelektrické impedance (BIA), která měří odpor a vodivost těla při průchodu nízkofrekvenčním proudem. Tato metoda je založena na lepší vodivosti beztukové hmoty ve srovnání s tukovou tkání. Při vyhodnocování BIA je důležité zajistit standardní hydrataci vyšetřovaného jedince, protože příjem tekutin může ovlivnit výsledky. Při retenci tekutin v těle a vzniku otoků, stejně jako při dehydrataci organismu, není možné korektně vyhodnocovat výsledky bioelektrické impedance, protože dochází ke zkreslení a nesprávné interpretaci obsahu tuku v těle. Posuzování výsledků BIA v organismu může být problematické, neboť při přísných dietách nebo po fyzickém cvičení může docházet ke ztrátám tekutin a vyšetření tak může paradoxně zaznamenat zvýšený podíl tuku v těle. [7]

Ke klasifikaci obezity se často využívají hmotnostní indexy. Nejznámějším a běžně používaným je index tělesné hmotnosti, z anglického názvu se používá zkratka BMI. Definice BMI je dána vztahem

$$BMI = \frac{m}{h^2}, \quad (6)$$

kde  $m$  je hmotnost jedince v kilogramech a  $h$  je výška jedince v metrech, a vyjadřuje podíl hmotnosti v kilogramech a druhé mocniny výšky v metrech, resp. ve čtverečných metrech. [7]

Například žena vážící 70 kg a měřící 1,80 m bude mít BMI rovno 21,6, neboli  $BMI = \frac{70}{1,8^2} = \frac{70}{3,24} = 21,6 \frac{kg}{m^2}$ , přičemž v praktickém uvážení se jednotky nepoužívají. Z tohoto výpočtu můžeme posoudit, že žena má přiměřenou váhu ke své výšce, neboť její BMI je 21,6 a to spadá do normálního rozmezí viz tabulka 3. [7]

Tabulka 3 - Kategorie BMI a klasifikace obezity [7]

BMI	Kategorie
< 18,5	Podváha
18,5 – 24,9	Normální rozmezí
25,0 – 29,9	Nadváha
30,0 – 34,9	Obezita I. stupně
35,0 – 39,9	Obezita II. stupně
≥ 40	Obezita III. stupně

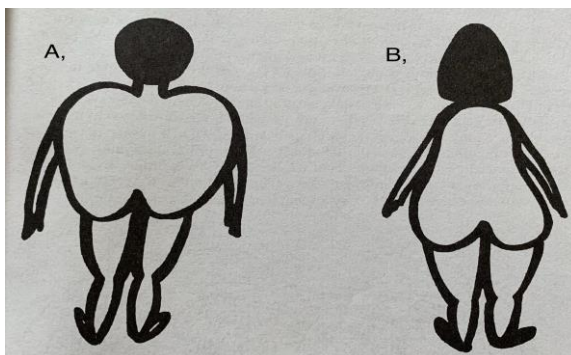
Studie prokázaly silný vztah mezi indexem a obsahem tuku v těle, avšak je potřeba si uvědomit, že při stejném BMI mohou mít ženy a starší jedinci obvykle vyšší podíl tuku v těle než muži a mladší osoby. BMI může nabývat vyšší hodnoty u jednotlivců s fyzicky náročným povoláním či sportovci s vysokou svalovou zátěží v důsledku převahy svalové hmoty, ne tukové tkáně. V tabulce 3 je ukázáno, jaké BMI hodnoty spadají, do jaké kategorie. [7]

## 4.2 Typizace obezity podle rozložení tuku

Rizika obezity souvisí jednak s celkovým množstvím tuku nacházejícím se v těle, ale také s množstvím tuku, který se ukládá uvnitř břicha neboli viscerální tuk. Nachází se v oblasti nitrobřišních orgánů a popisuje zvýšený obrat volných mastných kyselin a jejich zvýšený tok do jater, kde dochází k rozvoji metabolického syndromu. Obezitu dělíme podle hromadění tuku v určité části těla na androidní a gynoidní typ obezity. [6, 7]

Obezitu charakterizovanou hromaděním tuku na hrudníku a břiše, která je spojená s kardiovaskulárním a metabolickým rizikem, nazýváme obezitou androidní nebo mužského typu, kvůli častějšímu výskytu u mužů. Může být také označována jako obezita horního typu kvůli vyššímu akumulování tuku v horní části těla nebo jako obezita viscerální. Také je známá jako obezita tvaru jablka, což odkazuje na charakteristickou distribuci tuku (viz obr. 1). [6, 7]

Obezita charakterizovaná hromaděním tuku hlavně na hýždích a stehnech má menší kardiovaskulární a metabolická rizika v porovnání s androidním typem a nazýváme tuto obezitu gynoidní neboli ženského typu, kvůli častějšímu výskytu u žen. Může být také označována jako obezita dolního typu, neboť se tuk akumuluje v dolní části těla. Tento typ obezity, resp. tvar rozložení tuku, připomíná tvar hrušky (viz obr. 1). [6, 7]



Obr. 1 - Rozložení tuku v těle  
A, typ jablka; B, typ hrušky [7]

Množství viscerálního tuku lze přesně měřit pomocí počítačové tomografie či nukleární magnetické rezonance. Tyto metody jsou však běžně používané pouze v klinickém výzkumu. Antropometrické metody nepřímo určují množství viscerálního tuku, který skvěle koreluje s obvodem pasu a sagitálním rozměrem ve výši 4. – 5. bederního obratle. Méně vhodným, avšak pro orientační zjištění dostačujícím, ukazatelem pro hodnocení viscerálního tuku je určení poměru mezi obvodem pasu a boků. Tento poměr bývá označován zkratkou WHR. Tabulka 4 znázorňuje obvod pasu mužů a žen, u které ho vzniká zvýšené a vysoké riziko kardiovaskulárních a metabolických komplikací. [6, 7]

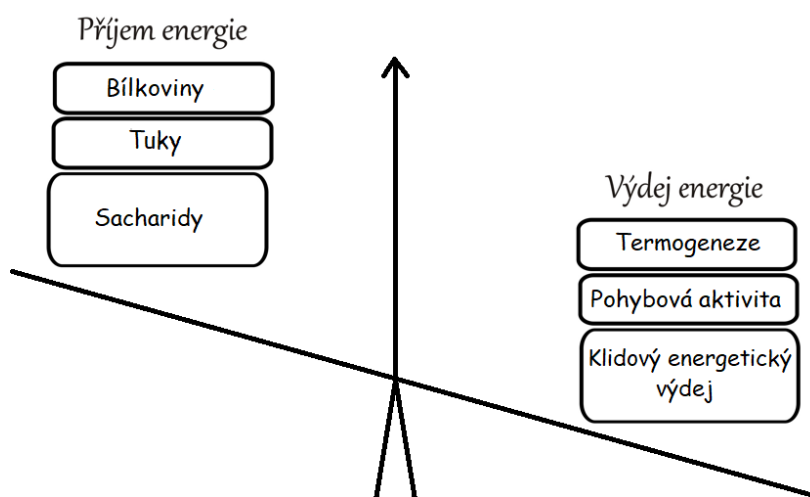
Tabulka 4 - Obvod pasu a souvislost se zvýšeným a vysokým rizikem [7]

Kategorie	Zvýšené riziko	Vysoké riziko
Muži	> 94 cm	> 102 cm
Ženy	> 80 cm	> 88 cm



### 4.3 Etiopatogeneze obezity

Pojem etiopatogeneze se spojuje se vznikem nemoci, v tomto případě se vznikem obezity, která se vyvíjí v situaci pozitivní energetické balance, kdy dochází k nerovnováze mezi energetickým příjmem a výdejem. Tuto nerovnováhu lze ilustrovat pomocí vah, kde jedna váha prezentuje energetický příjem a druhá výdej viz obrázek 2. [4, 7]



Obr. 2 - Energetická nerovnováha [upraveno dle <https://www.vero.cz/blog/rychly-metabolismus/>]

#### **Energetický příjem**

Složení energetického příjmu je ovlivněno podílem základních živin a případně alkoholu v konzumované potravě. Zvýšený energetický příjem je především způsoben nadměrným přísunem tuků, který by měl tvořit pouze 30 % celkového energetického příjmu. Bohužel často u populace tuk dosahuje až 40 % energetického příjmu. Tuky mají sice vysokou energetickou hustotu, ale mají malou schopnost způsobit pocit sytosti, proto lidé přijímají větší množství k dosažení nasycení. Obézní jedinci mají omezenou schopnost zvýšit spalování tuků při nadměrném příjmu nebo při jeho omezení. Nadbytečné množství se poté ukládá do tukových zásob, což může probíhat bez omezení. Tuky jsou často upřednostňovány ve stravě díky jejich sensorickým vlastnostem. Na rozdíl od tuků, sacharidy nehrají klíčovou roli v rozvoji obezity. Při zvýšení příjmu sacharidů dochází k adaptivnímu zvýšení jejich spalování. Pouze při dlouhodobém nadměrném příjmu, především

jednoduchých sacharidů, je organismus začíná přeměňovat na zásobní tuk. Sacharidy mají nižší energetickou hustotu a silnou schopnost způsobit pocit sytosti než tuky. Nadměrná konzumace bílkovin nepřispívá ke vzniku obezity. V porovnání s ostatními složkami potravy mají bílkoviny nízkou energetickou hustotu a nejvyšší schopnosti zasycení. Na vzniku obezity se dále podílí nadměrný příjem alkoholu, neboť má také vysokou energetickou hustotu. [7]

### **Energetický výdej**

Celkový energetický výdej se skládá z klidového energetického výdeje, výdeje při pohybové aktivitě a postprandiální termogeneze. K zajištění základních životních funkcí termoregulace organismu slouží klidový energetický výdej, který tvoří 55 - 70 % celkového energetického výdeje. Postprandiální termogeneze je pojem označující trávení, vstřebávání a metabolismus živin po požití potravy, který tvoří pouze 8 - 12 % celkového energetického výdeje. Energetický výdej při pohybové aktivitě tvoří 20 - 40 % celkového energetického výdeje. [4, 7]

Ke vzniku obezity dále přispívají genetické faktory, které se podílejí na zvýšení tělesné hmotnosti ze 40 %, psychika (deprese, stres), jojo fenomén (tj. výrazný úbytek hmotnosti s následným rychlým nárůstem) či léky, které navozují vzestup hmotnosti (např. inzulin). [7]

## **4.4 Zdravotní komplikace**

U obézních lidí se zvyšuje riziko vzniku mnoha onemocnění. Studie ukazují, že podíl obezity na vzniku dalšího onemocnění jsou: u diabetu 61 %, onemocnění páteře a kloubů 24 % a u ischemické choroby srdeční 17 %. Obezity také významně zvyšuje riziko úmrtnosti. Uvádí se, že u mladých mužů s těžkou obezitou je úmrtnost až dvanáctkrát vyšší než u mužů s normální váhou ve stejném věku. Hainer uvedl porovnání lidí podle jejich BMI s procentuálním výskytem onemocnění znázorněné v tabulce 5. [7]

Tabulka 5 – Procentuální zastoupení onemocnění v závislosti na BMI [7]

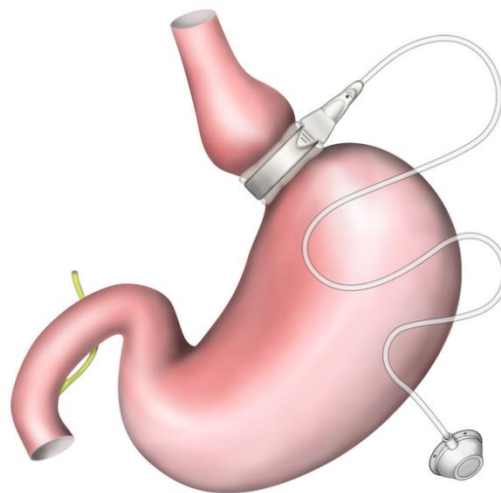
Onemocnění	BMI < 25	BMI > 25
Diabetes mellitus	2,2 %	8,3 %
Onemocnění srdce	6,8 %	17,5 %
Onemocnění páteře a kloubů	25,5 %	43,3 %

## 4.5 Léčba obezity

Léčba obezity musí být individuálně přizpůsobena věku postiženého jedince, stupni nadváhy a případné přítomnosti jiných zdravotních komplikací. Hlavním cílem léčby není nutně dosažení normální tělesné hmotnosti, protože to může být pro většinu obézních pacientů nereálné. U jedinců s nadváhou, kteří nemají zdravotní komplikace, se obvykle doporučuje udržení stávající hmotnosti. Naopak u pacientů s nadváhou a současnými zdravotními problémy či pacientů trpících obezitou jsou stanoveny konkrétní a realistické cíle pro redukci tělesné hmotnosti. Malý úbytek váhy (5 – 10 %) může výrazně snížit nebo dokonce normalizovat rizikové faktory spojené s obezitou, jako jsou hypertenze nebo poruchy lipidového metabolismu. Efektivita redukční léčby je tedy hodnocena zejména podle snížení zdravotních rizik spojených s obezitou, spíše než podle snížení hmotnosti. Při chirurgickém zákroku u těžkého stupně obezity může dojít k reálné redukci hmotnosti o 20 – 30 %. Klíčovou roli při redukční léčbě hraje schopnost udržet dosažený pokles hmotnosti dlouhodobě. Motivace pacienta k léčbě hraje důležitou roli k úspěchu redukčního režimu. Pacienti bývají motivováni z různých důvodů, včetně zdravotních, společenských a estetických. Komplexní léčba obezity musí zahrnovat nízkenergetickou dietu s omezením tuku, pohybovou aktivitu a obměnu životního stylu. Diety vycházejí z potravinové pyramidy, která představuje doporučení zdravé výživy. Hmotnostní pokles při zvýšené fyzické aktivitě není tak výrazný jako při nízkenergetické dietě, avšak hraje také významnou roli, a to v prevenci nemocí. Uvádí se, že přidáním jedné hodiny denně chůze má za následek snížení hmotnosti

o 0,8 kg za měsíc. Dalšími vhodnými aktivitami pro obézní pacienty jsou jízda na kole, plavání, veslování a běh na lyžích. [7]

Chirurgická léčba vede k omezení energetického příjmu nebo indukci malabsorpce, která se v dnešní době už vůbec nepoužívá. Jako chirurgická léčba se používá bandáž žaludku. Tato procedura zahrnuje vytvoření vakua o objem cca 50 ml v horní části žaludku pomocí externí bandáže (viz obrázek 3). Novější léčba zahrnuje mikrochirurgickou metodu, která zahrnuje elektrickou stimulaci žaludeční stěny. Uvádí se, že tyto metody snižují výskyt pooperačních komplikací. Studuje se mechanismus, jakým stimulace žaludeční stěny ovlivňuje regulaci příjmu potravy. [6, 7]



Obr. 3 - Bandáž žaludku

[<https://operacezaludku.webnode.cz/typy-operaci/bandaz-zaludku/>]

Gastrická bandáž ovlivňuje pocit sytosti dvěma hlavními mechanismy: dilatací žaludeční stěny v oblasti nad manžetou a signály z žaludku, které indukují pocit sytosti v hypotalamických centrech regulace příjmu potravy. Pacienti, kterým je doporučena chirurgická léčba, mají tyto vlastnosti: BMI vyšší než je 40 za přítomnosti závažných zdravotních komplikací, které vyžadují větší hmotnostní úbytek, avšak nebrání provedení zákroku, motivaci k léčbě po důkladné informaci o mechanismu působení bandáže žaludku, jejich následcích a možných zdravotních komplikací a s vysokým skóre hladu. U obézních pacientů je třeba zvažovat větší rizika při celkové anestezii vzhledem ke kardiorespiračním komplikacím. Před

léčbou je zapotřebí, aby pacient prošel předoperačním vyšetřením, který zahrnuje několik postupů, kterými jsou například psychologické vyšetření, počítačové vyhodnocení jídelníčku a biochemický screening. Kompilace spojené bandáží žaludku zahrnují: špatné hojení rány, zvracení, dilatace vaku nad bandáží či refluxní ezofagitida (choroba jícnu). Některé komplikace jsou způsobeny nedodržováním předepsaného dietního plánu po operaci, který je v podobě tekutého a následně kašovitého jídelníčku po dobu 2 – 3 měsíců, aby se předešlo rozvolnění bandáže. Po chirurgické léčbě nedochází ke vzniku diabetu a je prokázáno zlepšení metabolických, kardiovaskulárních a psychických poruch. [6, 7]

## **4.6 Další onemocnění**

### **Diabetes mellitus**

Cukrovka neboli diabetes mellitus představuje dlouhodobou poruchu metabolismu sacharidů, charakterizovanou absolutním nebo relativním nedostatkem inzulínu. Projevuje se hyperglykemií nalačno, po jídle a následně ovlivňuje další metabolické procesy, přičemž způsobují poškození orgánů. Označení cukrovky není jednotné. Představuje totiž skupinu různorodých klinických syndromů spojených s poruchou glukózového metabolismu a dalšími metabolickými dysfunkcemi. Příčinami mohou být: snížená (nebo úplná) chybějící produkce inzulínu, způsobená poškozením  $\beta$ -buněk a snížená účinnost syntetizovaného a vylučovaného inzulínu na cílový orgán. Rozlišuje se tedy cukrovka na dva základní typy, diabetes mellitus typu I a diabetes mellitus typu II, případně se dále uvádí diabetes těhotných. Pro osoby s diabetem představují nebezpečí diabetické koma, což je následek dějů vyvolaných nedostatkem inzulínu, hypoglykemický šok, který se projevuje nízkou hladinou inzulínu a pozdní diabetické komplikace, které se převážně projevují postižením cévního systému. [6]

### **Diabetes mellitus typu I**

Diabetes typu I je chronické onemocnění způsobené selektivním zničením  $\beta$ -buněk Langerhansových ostrůvků v pankreatu, což vede k absolutnímu nedostatku inzulínu. Toto onemocnění je charakterizováno protilátkovou a celulární autoimunitou a postihuje geneticky predisponované osoby. Klinickým projevem je

absence inzulínu. V literatuře je uvedeno, že s konzumací kávy byla spojena vyšší počet vzniku diabetu typu I. Diabetes mellitus typu I se většinou projevuje v dětském věku a některé studie naznačují souvislost mezi délkou kojení jedince a výskytem onemocnění. Experimenty ukazují, že doplňováním vitamínu D v nejujtějším dětství se snižuje riziko vývoje diabetu typu I. Pacient postižen diabetem typu I se snaží o udržení normální hladiny glykémie v podobě dávky inzulínu, aby předešel následných diabetickým komplikacím. V přítomnosti diabetu se zvyšuje riziko výskytu aterosklerózy a je třeba zabránit vzniku hypertenze. [6]

### **Diabetes mellitus typu II**

Vznik diabetu druhého typu spočívá v hyperglykémii způsobené inzulínovou rezistencí, která se týká převážně svalstva a jater, a nedostatečným vylučováním inzulínu. Většinou dochází ke kombinaci obou těchto poruch. Každá může vzniknout nezávisle na sobě a je způsobena vlivem genetických faktorů či vnějších vlivů prostředí. Diabetes často souvisí s dalšími onemocněními metabolismus a kardiovaskulárního systému, zejména s obezitou a hypertenzí, což je známo jako metabolický syndrom. Diabetes mellitus typu II je často předcházen dlouhodobou obezitou. Uvádí se, že až 90 % případů trpí těmito dvěma onemocněními. Inzulínová rezistence, která je úzce spojena s genetickými faktory a obezitou, byla identifikována jako klíčový parametr pro predikci vývoje diabetu typu II. Zvyšující se tělesná hmotnost a nedostatek tělesné aktivity přispívá k vývoji tohoto onemocnění. Genetické změny mohou ovlivnit jak uvolnění inzulínu, tak jeho působení. [6]

### **Těhotenský diabetes**

Těhotenský diabetes, známý také jako diabetes gravidarum, se poprvé objevuje během těhotenství. Průměrná prevalence toho stavu je asi 4 %. Vznik tohoto diabetu mohou podporovat také faktory jako jsou obezita a rodinná predispozice. Doporučuje se provádět screening již v prvním trimestru těhotenství, pokud je u ženy přítomnost některých faktorů, jako jsou věk nad 30 let, BMI > 27 či výskyt diabetu u rodinných příslušníků. [6]

## 5 Fyzikální parametry a organismus

Elektrický proud představuje usměrněný pohyb volných částic s elektrickým nábojem. Elektrický náboj je charakteristický pro mikročástice látky a projevuje se prostřednictvím silových účinků. Tyto částice interagují s okolními mikročásticemi vlivem elektrického pole vytvořeného hmotou částic, což zprostředkovává silové působení mezi nabitými částicemi na dálku. Tato interakce závisí na vzájemném pohybu částic. Elektrické pole vzniká kolem nábojů, které zůstávají v klidu, a působí na okolí elektrostatickými silami. Elektromagnetické pole, způsobené pohybujícími se náboji, ovlivňuje okolí elektrickými a magnetickými silami. Látky, kde existují volné částice v pohybu s elektrickým nábojem, se nazývají vodiče. Volné elektrony vodiče se běžně pohybují chaotickým tepelným pohybem za normálních podmínek, což způsobuje, že vodič působí jako elektricky neutrální. Nicméně pod vlivem vnějšího elektrického pole se volné elektrony začnou volně přesouvat. [8]

### 5.1 Elektrický proud

Proud, značen písmenem  $I$ , je fyzikální veličina, jejíž velikost se určí množstvím náboje  $Q$ , který projde vodičem o obsahu  $S$  za jednotku času  $t$ . Velikost proudu se měří v ampérech (A) a dá se vyjádřit vztahem

$$I = \frac{Q}{t}. \quad (7)$$

Jak již bylo zmíněno, základním principem elektrického proudu ve vodiči je usměrnění pohyb volných elektronů, při kterém dochází k interakcím elektronů s ionty a také s elektrony navzájem ve vodiči. Tato vzájemná interakce způsobuje brzdění pohybu elektronů, což vede k elektrickému odporu vodiče, známý též jako rezistence, jehož jednotkou je ohm ( $\Omega$ ) a značí se  $R$ . [8, 9]

Ohmův zákon popisuje vztah mezi proudem, napětím a odporem vodiče při konstantní teplotě. Zákon říká: proud, který protéká vodičem s odporem je přímo úměrný napětím mezi jeho konci. Ohmův zákon je vyjádřen vztahem

$$U = R \cdot I, \quad (8)$$

kde  $R$  je konstantou úměrnosti. Odpor vodiče závisí na jeho délce  $l$ , průřezu  $S$  a materiálu vodiče. Elektrické vlastnosti vodiče charakterizuje měrný odpor  $\rho$ , jehož jednotky jsou  $\Omega \cdot m$  a platí vztah

$$R = \rho \cdot \frac{l}{S}. \quad (9)$$

Měrná elektrická vodivost, která je inverzní hodnotou měrného odporu, vyjadřuje schopnost materiálu vést elektrický proud a závisí na teplotě. Materiály s vysokou měrnou vodivostí jsou dobrými vodiči, zatímco izolující materiály mají nízkou měrnou vodivost. [8, 9]

## 5.2 Elektrické vlastnosti organismu

Elektrický proud do lidského těla vstupuje z vnějších zdrojů nebo vzniká uvnitř v důsledku dějů na membránách buněk. Elektrické vlastnosti organismu se dělí na dvě skupiny: pasivní a aktivní. Pasivní elektrické vlastnosti se týkají chování orgánů a tkání v elektrickém poli. Vlastnosti jsou ovlivněny přítomností částic nesoucích elektrický náboj v tkáních. Aktivní elektrické vlastnosti se týkají činnosti srdce a mozku. [8]

### 5.2.1 Pasivní elektrické vlastnosti

Při průchodu tkáněmi elektrický proud prochází prostředím různého chemického složení a struktury (př. buněčné membrány, cytoplazmy buněk). Každá z těchto prostředí má svou specifickou měrnou elektrickou vodivost. Pro ukázkou jsou v tabulce 6 napsány typy tkání a jejich měrný odpor. [8, 9]

Tabulka 6 – Měrný odpor tkání [upraveno dle 8]

Tkáň	Měrný odpor ( $\Omega \cdot m$ )
Cytoplazma buněk	1
Tělesné tekutiny	0,8 - 1,3
Svalová tkáň	3
Tuková tkáň	10 - 15
Kostní tkáň	30



Pohyb v organismu je charakterizováno jak stejnosměrným, tak střídavým elektrickým proudem, ale oba mají odlišné vlastnosti. [8, 9]

Při průchodu stejnosměrného proudu tkáně organismu představují odpor především buněčné membrány. Nepronikají jim vazivové blány a tuková tkáň. Efektivnějšími vodiči jsou mezibuněčné tekutiny a prostředí s elektrolyty, což znamená, že tento typ proudu prochází nejlépe krví, mozkomíšním mokem a svaly. [8, 9]

Při průchodu střídavého proudu organismem se objevuje reálná impedance, která je tvořena dvěma složkami, rezistancí (R) a reaktancí (X). Rezistance odpovídá elektrickému odporu při průchodu stejnosměrného proudu, její hodnota tedy nezávisí na frekvenci střídavého proudu. Reaktance je indukčního (induktance) a kapacitního (kapacitance) charakteru. Induktance je dána indukčními vlastnostmi (indukcí L) tkání a její velikost je závislá na frekvenci procházejícího proudu. Kapacitance je vyjádření pro membránu, která se chová jako kondenzátor s kapacitou C, a s rostoucí frekvencí proudu se mění a způsobuje fázový posun mezi napětím a proudem. Celkový vztah pro impedance je

$$Z = \sqrt{R^2 + \left(\omega \cdot L - \frac{1}{\omega \cdot C}\right)^2} = \sqrt{R^2 + X^2}, \quad (10)$$

kde  $\omega$  je úhlová frekvence. Celková impedance lidského těla představuje zejména impedanci místa na kůži, kterým elektrický proud vstupuje do těla, dále impedanci místa, kudy proud vychází, a vnitřní impedanci těla, což zahrnuje impedanci tkání v trupu a končetinách. [8, 9]

### 5.2.2 Aktivní elektrické vlastnosti

Činností vzrušivých tkání, jako jsou nervy nebo svaly, vznikají elektrické jevy zvané akční potenciály. Aktivní elektrické vlastnosti byly nejprve objeveny u mořských ryb (elektrický úhoř). Orgány schopné generovat elektrický proud u ryb pravděpodobně vznikly z nervosvalových plotének. Pozorovaly se pravidelné stahy svalů zadních končetin, které byly náhodně umístěny na tepající srdce. Tyto stahy odpovídají srdeční aktivitě a svaly produkují energii, které stimuluje nervosvalový aparát končetin žab. S pokročilou technikou víme, že se jednalo o aktivní elektrické vlastnosti, které vznikají na membráně buněk srdečního svalu během jeho činnosti.

U člověka jsou elektrické jevy spojeny s aktivitou buněk nebo tkání (vedení vzruchu nervy). [9]

## 6 Metody měření tělesného složení

### 6.1 Antropometrie

Jindřich Matiegky (1921) rozdělil tělesné komponenty na čtyři části podle zevních rozměrů lidského těla: hmotnost skeletu (O), kůže a podkožní tukové tkáně (D), kosterní svalstvo (M) a zbytek (R). Toto rozdělení odpovídá tříkomponentovému modelu, ačkoliv se jeví jako čtyřkomponentový model. U tohoto představitele se poprvé setkáváme s pojmem tělesné složení. Další vědci se následující léta pokoušeli o postup správného měření tělesného složení s použitím kosterních rozměrů, obvodových měr a z tloušťky podkožních řas, která se měří pomocí kaliperu. Nejčastěji používaná metoda pro měření tělesného složení je metoda součtu deseti kožních řas, kterou uvedla paní Pařízková. Odhad podílu tuku na základě tloušťky kožních řas se dělí na dva předpoklady:

- poměr tloušťky podkožní tukové tkáně k celkovému množství těla je konstantní,
- průměrná tloušťka podkožní tukové vrstvy je tam, kde se měří právě tloušťka kožních řas.

Dostatečné potvrzení o správnosti těchto předpokladů nemáme, protože není dostatek informací o distribuci tuku v těle v různých populačních skupinách. Máme ale informaci o tom, že se rozložení tuku mění s věkem, v závislosti na pohlaví, pohybové aktivitě a dalších. Platnost regresivních rovnic pro odhad tělesného složení je proto omezená pouze na tu populační skupinu, ze které byly rovnice odvozeny. V různých studiích nalezneme stovky regresivních rovnic, a to pro děti, dospělé, seniory, obézní, anorektiky sportovce či etnické skupiny. Omezení této metody plyne z techniky měření, tedy pro regresivní rovnice je zapotřebí upřesnit populační skupinu, typ použitého kaliperu (viz obr. 4), místo, kde měření probíhá, a hlavně další srovnávací metodu, z jejíchž výsledků byly rovnice sestaveny. [2]



Obr. 4 - Kaliper [<https://www.kvantum-tim.com/digital-skinfold-caliper.html>;  
<https://www.mixxer-medical.cz/Kaliper-Tuk-d1348.htm>]

Chyba měření může dosáhnout hodnoty 5 % i u zkušených antropologů. Odborná znalost a pečlivý výcvik je tedy nutností. Výhodami této metody a dalších antropometrických postupů jsou rychlost vyšetření, žádná zátěž probanda a použitelnost v terénních podmínkách. [2]

#### **Matiegkova metoda stanovení množství tuku**

Provedl výpočty jednotlivých čtyř komponent (hmotnost kostry, kůže a podkožní tukové tkáně, kosterní svalstvo a zbytek).

Hmotnost kostry:

$$O = \frac{(o_1 + o_2 + o_3 + o_4)^2}{4} \cdot L \cdot k_1, \quad (11)$$

kde  $o_1$  je šířka epikondylu humeru,  $o_2$  je šířka zápěstí,  $o_3$  je šířka dolní epifyzy femuru,  $o_4$  je šířka kotníku,  $L$  je výška těla a  $k_1$  je koeficient, který nabývá hodnoty 1,2.

Hmotnost kůže a podkožní tukové tkáně:

$$D = \frac{d_1 + d_2 + d_3 + d_4 + d_5 + d_6}{6} \cdot d \cdot S \cdot k_2, \quad (12)$$

kde  $d_1$  je kožní řasa nad m. biceps brachii,  $d_2$  je kožní řasa na volární straně předloktí v místě největšího obvodu,  $d_3$  je kožní řasa nad m. quadriceps femoris v polovině vzdálenosti mezi trochanterion a tibiale,  $d_4$  je kožní řasa na zadní ploše lýtku v místě maximálního obvodu,  $d_5$  je kožní řasa na hrudníku ve výši 10. žebra,  $d_6$  je kožní řasa na břicho,  $S$  je povrch těla a  $k_2$  je 0,13. Povrch těla se vypočítá podle vztahu:

$$S = 71,84 \cdot \text{hmotnost}^{0,425} \cdot \text{výška}^{0,725}. \quad (13)$$

Hmotnost svalstva

$$M = \frac{r_1+r_2+r_3+r_4}{4} \cdot L \cdot k_3, \quad (14)$$

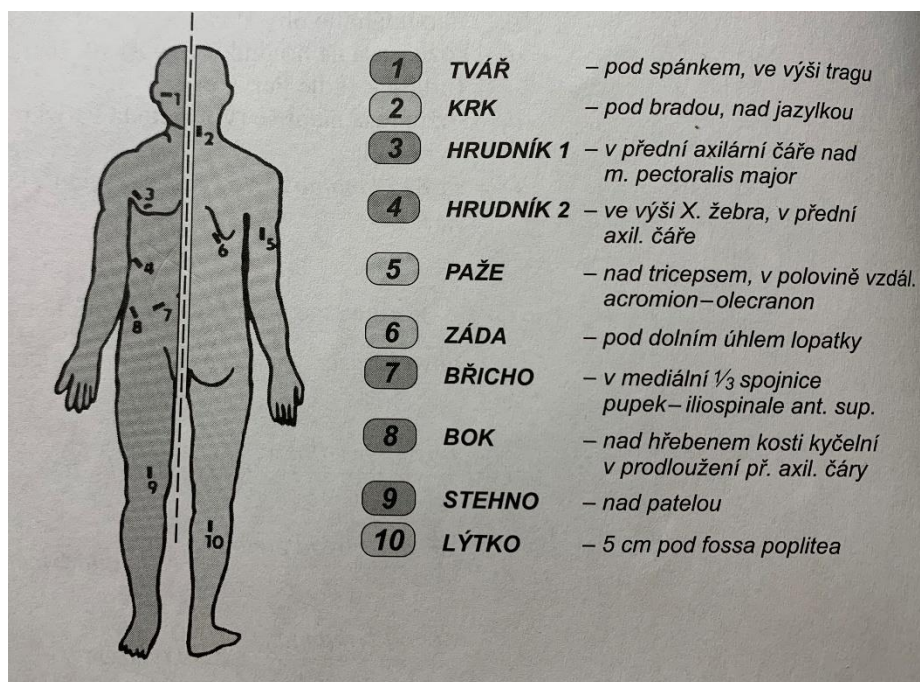
kde  $r_1$  až  $r_4$  jsou korigované průměry segmentů končetin a vypočítají se  $r_1 = \frac{\text{obvod paže}}{\pi} - \frac{\text{řasa triceps}}{2} - \frac{\text{řasa biceps}}{2}$ ,  $r_2 = \frac{\text{obvod předloktí}}{\pi} - \text{řasa předloktí}$ ,  $r_3 = \frac{\text{střední obvod stehna}}{\pi} - \text{řasa quadriceps}$ ,  $r_4 = \frac{\text{obvod lýtka max.}}{\pi} - \text{řasa lýtka max.}$ ,  $L$  je výška těla a  $k_3$  je 6,5.

Zbytek

$$R = \text{hmotnost těla} - O - D - M \quad (15)$$

### Odhad podílu tuku podle Pařízkové

Pařízková (1962) vycházela z regresivních rovnic podílu tuku na základě měření deseti kožních řas. Lokalizace kožních řas je znázornění na obrázku 5.



Obr. 5 - Lokalizace kožních řas [2]

Pro výpočet tělesného tuku postupujeme pomocí následující tabulky 7, která znázorňuje rozdělení probandů podle věku a pohlaví a k nimž je stanovena příslušná rovnice.

Tabulka 7 – Rovnice pro výpočet tělesného složení podle Pařízkové [2]

Věk (roky)	Pohlaví	Rovnice
9 – 12	Chlapci	$y = 1,180 - 0,069 \cdot \log x$
	Dívky	$y = 1,160 - 0,061 \cdot \log x$
13 – 16	Chlapci	$y = 1,205 - 0,780 \cdot \log x$
	Dívky	$y = 1,205 - 0,780 \cdot \log x$
17 - 45	Muži	$T = 28,960 \cdot \log x - 41,270$
	Ženy	$T = 35,572 \cdot \log x - 61,250$

Y je denzita, x je součet deseti kožních řas (mm) a T je procento tuku tělesné hmotnosti.

Pro výpočet procenta tuku z denzity těla slouží vztah:

$$T = \left( \frac{4,201}{y} - 3,813 \right) \cdot 100 \quad (16)$$

Následně stanovíme tukuprostou hmotu (FFM) ze znalosti procenta tuku.

$$FFM = 100 - T \text{ (v procentech)} \quad (17)$$

$$FFM = \text{hmotnost} - \text{tuk} \text{ (v kilogramech)} \quad (18)$$

$$\text{tuk} = \frac{\text{hmotnost} \cdot T}{100} \text{ (v kilogramech)} \quad (19)$$

Zahraniční literatura uvádí jiné typy regresních rovnic pro odhad podkožního tuku, které vznikají na základě měření menšího počtu kožních řas, které se nacházejí především v horní části těla. Dalšími představiteli, kteří se zabývali odvozením rovnic pro odhad procenta tuku v těle jsou Durin a Womersley (1974), Slaughter (1988), Deurenberg a Weststrate (1989) nebo Vignerová a Bláha (2001). [1, 2]

## 6.2 Biofyzikální a biochemické metody

Tloušťku kožních řas můžeme měřit pomocí kaliperu, jak bylo zmíněno v minulé kapitole, ale také pomocí dalších technicky náročnějších metod. Tyto metody se snaží odstranit, případně alespoň snížit, chyby vzniklé měřením kaliperem. Chybou může například být různá stlačitelnost tkání u osob s extrémním rozpoštěním tělesného složení. [2]

## **Radiografie**

Radiografie se řadí mezi metody, které jsou považovány za nejpřesnější metody měření tělesného tuku. Bohužel se zde setkáváme s omezeným využitím z důvodu výskytu rentgenového záření, které má negativní dopad na náš organismus. Počítačová tomografie (CT) je nejmodernější metodou z této oblasti. [2]

## **Ultrazvuk**

Přeměna elektrické energie na vysokofrekvenční ultrazvukovou energii, která je vysílána v krátkých impulsech, je proces, na kterém je založené měření pomocí ultrazvuku. Mezi tkáněmi se odrážejí ultrazvukové vlny, jejichž část se poté mění zpět na elektrickou energii, která se přemění na signál, který je vyhodnocen na přístroji. Výzkumy se zjistilo, že se metoda kaliperace jeví jako přesnější. [1]

## **Magnetická rezonance**

Princip této metody spočívá v monitorování chování atomových jader jako magnetů. Přístroj vysílá intenzivní magnetické pole, které ovlivňuje pohyb iontů vodíku obsažených ve vodě. Přesnost výsledků měření je vysoká, zároveň náklady na toto zařízení jsou taktéž velmi vysoké. I přes náročnost této metody není vyžadována spolupráce s měřenou osobou. [1]

## **Denzitometrie**

Tato metoda zkoumá hustotu dvou lidských komponent těla, kterými jsou tuk a tukuprostá hmota (hmota bez tuku). Princip je založen na třech podmínkách: hustoty obou komponent jsou aditivní a konstantní, úroveň hydratace tukuprosté hmoty je konstantní a poměr minerálů v kostech a proteinů ve svalech je také konstantní. Konstantní hustota je zjištěna chemickými analýzami prováděnými u laboratorních zvířat. Další dva předpoklady jsou stále nepodloženy. Potíž, která nastává u této metody, je přepočtení tělesné hustoty na podíl tukové tkáně. Problémem není hustota tukové tkáně, ale hustota tukuprosté hmoty, jejíž stanovení vychází z předpokladu známých hodnot hustot jejích komponent. Narušením těchto předpokladů dochází k chybnému přepočtu celkové hustoty na podíl tukové tkáně. Předpokládá se, že hustota tukuprosté hmoty u dětí, žen a starších lidí je nižší než

1,1 g/cm<sup>3</sup>, proto jsou vytvořeny specifické rovnice, které slouží k přepočtu hustoty na relativní hodnoty podílu tuku v těle. Odhad tělesného tuku vychází z rovnic celkové hustoty těla. Nejčastěji používané rovnice jsou znázorněny v tabulce 8.

Tabulka 8 – Rovnice pro výpočet tělesného složení metodou denzitometrie [upraveno dle 2]

Autor	Rovnice
Brožek (1963)	$T = \left( \frac{4,57}{D} - 4,412 \right) \cdot 100$
Siri (1961)	$T = \left( \frac{4,95}{D} - 4,5 \right) \cdot 100$
Lohman (1986)	$T = \left( \frac{2,118}{D} - 0,78 \cdot W - 1,354 \right) \cdot 100$ $T = \left( \frac{6,386}{D} + 3,961 \cdot m - 6,090 \right) \cdot 100$

T je procento tělesného tuku, D je hustota těla, W je hustota vody a m jsou kostní minerály.

Chyby, kterých se při výpočtu dopouštíme, se pohybují v rozmezí 3 – 4 %. I přes všechny vyskytující se nedostatky je metoda považována za velice spolehlivou.

Vztah pro zjištění hustoty těla vychází ze známého vzorce

$$hmotnost = hustota \cdot objem \quad (20)$$

Objem těla se ujišťuje metodou, která využívá princip Archimedova zákona.

Denzitometrie se řadí mezi finančně nenáročné a neinvazivní metody, které lze kdykoliv zopakovat. Nevýhodou však může být potřeba spolupráce s měřeními jednotlivci, což může být problematické zejména u malých dětí nebo seniorů. [1, 2]

### Hydrostatické vážení

Metoda je založená na měření objemu těla, který se určuje pomocí rozdílu hmotnosti těla na suchu a pod vodou, s uvážením hustoty a teploty vody v momentu vážení. Pod vodou je proband vážen na hydrostatické váze, přičemž dochází k nadlehčování těla vzduchem obsaženým v dýchacích cestách jedince. Proto se měření provádí v maximálním výdechu a výsledek je upraven o objem reziduálního vzduchu.



Vzduch, který je obsažen v orgánech jako jsou žaludek a střeva, není uvažován. Určení reziduálního objemu se provádí při odečítání hmotnosti pod vodou, před nebo po měření či odhadem ze známých spirometrických objemů celkové plicní kapacity nebo vitální kapacity plic. Stanovení tohoto objemu se realizuje vymýváním dusíku kyslíkem a následnou analýzou vydechované směsi. Objem vzduchu obsaženého v plicích je měřen diluční dusíkovou metodou nebo voluminometrií (objem těla je měřen vytlačáním objemu vody probandem) či pletysmografií (objem těla se stanovuje na základě tlakových změn pumpou). [1, 2]

### **Kreatininurie**

Kreatin je látka, která je obsažena ve svalech. Kreatinin vzniká hydrolýzou kreatinu a je vylučován jako odpadní látka. Kreatininurie se využívá pro odhad rozvoje svalstva a vychází z předpokladu, že kreatin je produktem metabolických procesů v kosterním svalstvu a jeho množství odpovídá množství svalové tkáně. Tyto předpoklady jsou kriticky hodnoceny kvůli příjmu kreatininu v potravě a ovlivnění úrovně pohybové aktivity. Důležitý úkol před měření touto metodou je několikadenní bez masová dieta a klidové podmínky před měřením. Výzkumy zjistily, že kreatinin není konstantní ke svalstvu a je závislý na věku, pohlaví, tělesné aktivitě a metabolismu. [2]

## **6.2.1 Bioelektrická impedance**

Bioelektrická impedance, zkráceně BIA, patří také mezi biofyzikální metody měření tělesného složení, ale vzhledem k tomu, že je to velice důležitá metoda, kterou budu detailně rozebírat, věnuji jí novou kapitolu.

Metoda je opět neinvazivní, vhodná pro terénní aplikace, neohrožující zdraví probanda a relativně cenově dostupná ve srovnání s jinými metodami. V posledních letech se tato metoda stala velice populární a často používanou v různých oblastech. Princip je založený na šíření elektrického proudu o nízké intenzitě biologickými strukturami. Vzhledem k tomu, že tukuprostá hmota, tedy hmota bez tuku, obsahuje vysoký podíl vody, chová se jako vodič. Tuková tkáň se chová jako nevodič, tedy izolant. Vyvolaná impedance konstantním střídavým proudem je závislá na frekvenci, délce vodiče, konfiguraci a průřezu. Bioelektrická impedance neboli

odpor tkáně je nepřímo úměrný objemu tkáně. Jednotlivé tkáně mají různé elektrické vlastnosti. [1, 2]

V současné době existuje několik zařízení, jejichž princip funguje na bioelektrické impedanci. Můžeme je dělit pro komerční účely a odborné studie neboli na bipolární a tetrapolární přístroje. Bipolární přístroje se většinou využívají ve fitness centrech nebo pro domácí užití. Často jsou označovány jako ruční, protože při měření tento přístroj proband drží v rukou a elektrický proud prochází pouze horní částí těla. Přístroj, který způsobuje průchod proudu pouze dolní částí těla se označuje nožní, odborně bipedální. Tetrapolární přístroje jsou poměrně dražší záležitostí, proto se používají pro odborné studie. Přístroj obsahuje čtyři elektrody, které jsou podle instrukcí umístěny na probandovo tělo. Tyto přístroje jsou ukázány na obrázku 6. [1, 2]



Obr. 6 - Přístroje: A, ruční; B, nožní; C, tetrapolární [upraveno dle unizdrav.cz, osobni-digitalni-vahy.cz, kondicnipriprava.cz]

Multifunkční BIA přístroje dokáží určit extra a intracelulární objem vody, protože tyto přístroje dokáží měřit reaktanci a rezistenci, tedy celkovou bioimpedanci. [1, 2] Základní parametr, který dokáže přístroj naměřit, je celková tělesná voda (TBW). Z toho můžeme určit tukuprostou hmotu (FFM), která je dána vztahem

$$FFM = \frac{TBW}{0,732} \quad (21)$$

FFM se vypočítá jako rozdíl celkové hmotnosti a hmotnosti tělesného tuku. Ve vzorci hodnota 0,732 (neboli 73,2 %) představuje průměrnou hydrataci tukuprosté hmoty u dospělých. Vyšší hydratace hmoty se vyskytuje u dětí. [1, 2]

Dalším zajímavým parametrem je vnitrobuněčná hmota (BCM), která je odvozena z tukuprosté hmoty a je dána následujícím vztahem

$$BCM = FFM * \alpha * konst., \quad (22)$$

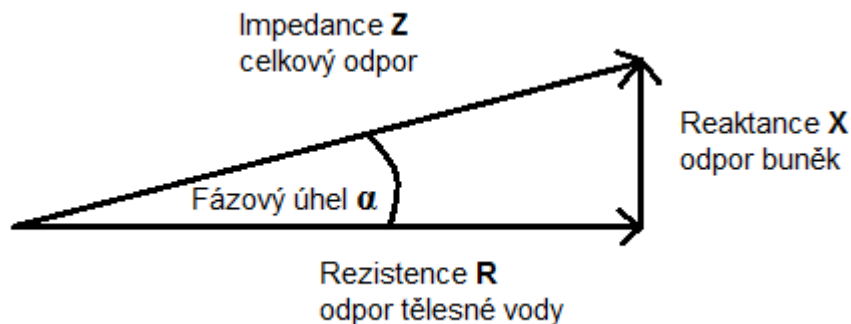
kde  $\alpha$  je fázový úhel. BCM zahrnuje všechny buňky, které využívají kyslík a podílejí se na svalové práci. Z vnitrobuněčné a tukuprosté hmoty můžeme určit jednoduchým vztahem veličinu zvanou extracelulární hmota neboli tukuprostou hmotu uloženou mimo buňky

$$ECM = FFM - BCM. \quad (23)$$

Pro sledování stavu výživy jedince zavedeme index ECM/BCM. Tento poměr se pohybuje v rozmezí hodnot 0,7 - 0,8. Pokud index nabývá nižších hodnot, znamená to, že jedinec využívá tukuprostou hmotu pro pohybovou aktivitu. Index lze využít pro hodnocení k pohybovému výkonu. U vysoce trénovaných jedinců je poměr menší než 0,7. [1, 2]

Regresivní rovnice u bioimpedančních metod mají nedostatek ve válcovém modelu lidského těla, nepřesnost v umístění metod a předpoklad homogenity těla. Uvádí se, že hydratace tukuprosté hmoty se pohybuje v rozmezí 61 – 82 %. Z toho vyplývá, že pro jednotlivé skupiny probandů by se měla stanovit odpovídající predikční rovnice. Vzniklá chyba obsluhou přístroje dosahuje maximálně hodnoty 3 %. Ovšem chybné určení rovnic může způsobit chybu až 80 % z naměřené hodnoty. [1, 2]

Vzhledem k tomu, že se tukuprostá hmota chová jako vodič má nízkou impedanci, naopak tuková tkáň vykazuje vysokou impedanci, která se vyjádří jako rezistence neboli specifický odpor, který je úměrný objemu vody. Úhel, který svírá vektor impedance a její průměr do osy x, na které je vyobrazen odpor, se nazývá fázový úhel. Velikost tohoto úhlu je přímo úměrná hmotnosti tělesných buněk (BCM), uvádí Riegerová [2]. Vztah fyzikálních parametrů je znázorněn na obr. 7. [1, 2]



Obr. 7 – Vztah fyzikálních veličin [upraveno dle [https://is.muni.cz/el/med/jaro2017/MNOB1022p/4\\_DXA\\_BIA.pdf?lang=en](https://is.muni.cz/el/med/jaro2017/MNOB1022p/4_DXA_BIA.pdf?lang=en)]

Z obrázku dále můžeme odvodit jednotlivé závislosti veličin. Vztah mezi impedancí a reaktancí je dán rovnicí

$$Z = \sqrt{R^2 + X^2} \quad (24)$$

a pro fázový úhel platí

$$X = Z * \sin \alpha. \quad (25)$$

Tabulka 9 - Hodnoty fázového úhlu a jejich hodnocení [1]

Fázový úhel (°)		Hodnocení fázového úhlu
Ženy	Muži	
> 7,5	> 7,9	Extrémně vysoké hodnoty - sportovci a kulturisté.
6,5-7,5	7,0-7,9	Velmi dobrý. Výborný nutriční stav a fyzická zdatnost.
6,0-6,4	6,5-6,9	Dobrý. Ukazatel pravidelného tréninku. Dostatečná výživa.
5,5-5,9	6,0-6,4	Uspokojivý. Tyto hodnoty se vyskytují u většiny populace. Přiměřená tělesná aktivita.
5,0-5,4	5,5-5,9	Dostatečný. Špatný výživový stav a tělesná zdatnost.
4,0-4,9	4,5-5,4	Nedostatečný. Nedostatečný výživový stav. Nedostatečný příjem stravy a omezená pohyblivost.
< 4,0	< 4,5	Špatný. Extrémně špatný výživový stav a podvýživa.

Déle nám fázový úhel dává informaci o nutričním stavu probanda a jeho fyzické zdatnosti. Hodnoty úhlu a jeho popis je znázorněn v tabulce 9. [1, 2]

Pomocí známé impedance se FFM vypočítá podle vztahu

$$FFM = \frac{0,527 \cdot h^2}{z} + 0,306 \cdot m - 1,862 \cdot [10] \quad (26)$$

Jiný zdroj uvádí rovnici, ve které se vyskytuje dále věk jedince a pohlaví

$$FFM = 18,874 + \frac{0,367 \cdot h^2}{z} + 0,253 \cdot m - 0,081 \cdot A - 5,384 \cdot S, \quad (27)$$

kde h je výška v cm, m je hmotnost v kg, A je věk v letech a S je pohlaví (pro muže S = 1, ženy S = 0). [11]

Změny těchto zmíněných fyzikálních parametrů jsou závislé na věku, růstovém vývoji, tělesné výšce, hmotnosti a obsahu vody v těle. Další odlišnost nastává v rozmístění elektrod. Správné měření (eliminace chyb) se provádí na pravé straně těla. Na levé straně dochází ke zkreslení kvůli srdečnímu svalu. Tato chyba se pohybuje okolo 2 %. [1, 2]

Bioimpedační přístroj nám poskytne detailní analýzu hmotnosti, tj. tuková složka, tukuprostá složka, obsah celkové vody a také stupeň bazálního metabolismu. Přístroj je velmi citlivý na hydrataci organismu, to může způsobit chybu měření 2 – 4 %. Dále také záleží teplotě organismu. [1, 2]

Měření by neměli podstoupit osoby v raném těhotenství, dívky a ženy během premenstruačního a menstruačního období, osoby užívající léky ovlivňující pitný režim a jednotlivci s implantáty, například s kyčelní protézou. [1, 2]

Pro dosažení co nejvyšší přesnosti měření je důležité dodržet následující pokyny:

- nepřijímat potravu ani nápoje po dobu 4 – 5 hodin před měřením,
- vyhnout se fyzické aktivitě po dobu 12 hodin před měřením,
- zdržet se konzumace alkoholu po dobu 24 hodin před měřením,
- vyloučit odpadní látky a současně doplnit tekutinu v neslazeném nápoji,
- správně umístit elektrody a udržovat pokojovou teplotu v místnosti.

Proband během měření leží na zádech s mírně roztaženými končetinami v absolutním klidu. Končetiny se nesmějí dotýkat. Špatné umístění elektrod, např.

o 2 cm od optimální polohy, představuje vzniklou chybu 4,1 %. V hodnotě impedance a následném stanovení tuku se jedná o chybu dosahující až 5 %. Další chyby, které mohou při měření nastat jsou špatný měřicí přístroj, nesprávný typ elektrod nebo svod mezi měřeným objektem a zemí. [1, 2]

## 7 Výzkumná část

### 7.1 Charakteristika souboru

Do mého praktického využití teoretických poznatků se zapojili čtyři jednotlivci, kteří projevíli zájem sledovat své tělesné parametry v souvislosti se změnou svého zdravotního stylu. Tři z těchto účastníků se zaměřují na redukci hmotnosti (hlavní cíl práce) a zlepšení svého zdravotního stavu prostřednictvím úprav stravovacích návyků a pravidelné fyzické aktivity. Čtvrtý účastník se chtěl taktéž zúčastnit výzkumu, avšak jeho cílem je naopak snaha přibrat na váze a ukázat tak, že růst váhy není vždy lehkým úkolem. Soubor se skládá ze dvou žen a dvou mužů.

Tito jednotlivci jsou motivováni ke sledování svých tělesných parametrů, aby mohli lépe porozumět dopadům změn ve svém životním stylu na své tělo a získat zpětnou vazbu, která jim pomůže dosáhnout jejich zdravotních cílů.

### 7.2 Metodika měření

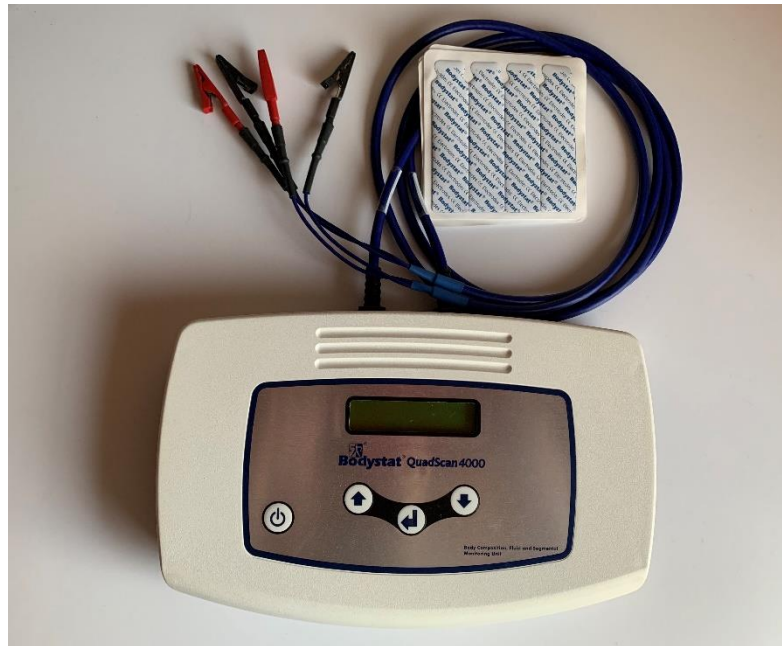
#### 7.2.1 Přístroj Bodystat QuadScan 4000

##### Charakteristika přístroje

Jedním z multifrekvenčních analyzátorů bioelektrické impedance je Bodystat QuadScan 4000. Toto zařízení se vyznačuje svou rychlostí, jednoduchostí, finanční dostupností, přesností a neinvazivní povahou ve srovnání s jinými metodami pro zjištění tělesného složení. Základem měření je průchod elektrického proudu tělem, jehož intenzita závisí na nastavené frekvenci. Při nízkých frekvencích proud prochází pouze extracelulárním prostorem, neboť nemá schopnost proniknout buněčnou membránou. Naopak při vyšších frekvencích dochází k průchodu i skrz buněčnou membránu a je ovlivňován jak extracelulární, tak intracelulární vodou. Díky multifrekvenční bioelektrické impedanční analýze, která používá frekvence 5kHz a 200 kHz a využitím predikčních rovnic, lze následně odhadnout extracelulární vodu, celkovou tělesnou vodu a následně dopočítat intracelulární vodu. Přístroj také zahrnuje rovnice pro analýzu tělesné stavby u dětí starších 6 let a dospělých. [1]

Před měřením je nutné znát relevantní informace jako jsou hmotnost, výška, věk a pohlaví testované osoby Tyto údaje jsou klíčové pro prediktivní rovnice v hardwaru, které umožňují zobrazení výsledků na obrazovce přístroje nebo v programu na počítači. [1]

Přístroj spolu s elektrodami a vodivými kabely je ukázán na obrázku 8.



Obr. 8 - Bodystat QuadScan 4000 [vlastní]

### **Vlastnosti přístroje**

Tento typ přístroje dokáže komunikovat s počítačem pomocí technologie Bluetooth. Používání přístroje je velice jednoduché, s ohledem na jeho velikost a hmotnost je vhodný k přenosu a snadné manipulaci. Vyhodnocení výsledků zabere jen pár minut. Přístroj dále obsahuje automatickou kalibraci, baterii a paměť pro uchování dat až sto provedených testů. Výsledky jsou přesné a reálné s uváděním doporučených rozsahů. Tato technologie umožňuje měření bez ohledu na věk, takže lze použít jak u novorozenců, tak u seniorů. Přístroj obsahuje specializovaný software pro analýzu složení těla a tekutin s alternativními prediktivními rovnicemi. [1]

### **Výhody přístroje**

Přístroj pro hodnocení tělesného složení je neinvazivní metodou bioelektrické impedance, která umožňuje posouzení hydratace a nutričního stavu jedince. Má



schopnost určit, zda nárůst tělesné hmotnosti je způsoben zvýšením svalové hmoty nebo zadržováním tekutin v těle. Měření lze provádět na lůžku (podložce), není zapotřebí speciální laboratoř. Snadná manipulace může poskytnout pravidelnou kontrolu stavu jedince kdykoliv, kdy je potřeba. Měření je přesné, rychlé a spolehlivé. Metoda bioelektrické impedance udává přesnější a podrobnější informace o jedinci než index tělesné hmotnosti (BMI), který nerozlišuje obsah tuku a svaloviny. [1]

### Vybavení přístroje

System Bodystat QuadScan 4000 obsahuje multifrekvenční analyzátor bioelektrickou impedanci, dlouhé kabelové vodiče se svorkami a jednorázové dlouhé elektrody. Dále obsahuje uživatelskou příručku v knižní formě, pro detailní popis průběhu měření, softwarový program, kalibrátor, baterie a ochranou brašnu. [1]

### Naměřená data

Přístroj naměří a vypočítá následující data obsažená v tabulce 10.

Tabulka 10 – Data z přístroje [upraveno dle bodystat.cz]

Naměřená data	Vypočtená data
BMR/hmotnost těla	Bazální metabolismus (BMR)
BMI	Průměrná denní kalorická potřeba
Impedance při 5, 50, 100 a 200 kHz	Procento a hmotnost tělesného tuku
Rezistence	Aktivní tělesnou hmotu
Reaktance	Procento a hmotnost celkové tělesné vody

## 7.2.2 Bodystat MultiScan 5000

### Charakteristika přístroje

Bodystat Multiscan 5000 je přístroj bioelektrické impedanční spektroskopie (BIS). Přístroj je dostupný pro lékaře či výzkumné pracovníky. Toto zařízení umožňuje vytvořit zprávu o hydrataci, fyziologii, složení těla, buněčném zdraví, hubnutí, kondice pacienta a mnoho dalšího. Používání přístroje je velmi jednoduché a neinvazivní. Přístroj obsahuje dva hlavní vodivé kabely, z nichž každý má na konci dvě krokosvorky (červenou a černou). Svorky se připojují k exponovaným konektorům na elektrodách. S pomocí alfanumerické klávesnice přímo na displeji se zadávají údaje pacienta do zařízení. [12, 13]

Během měření prochází bezpečný signál generovaný bateriemi celým tělem a měří bioelektrickou impedanci na spektru 50 pevně stanovených frekvencí od 5 až 1000 kHz. Po dokončení měření se na displeji zobrazí komplexní analýza složení těla a hydratace člověka. Výsledky lze následně převést pomocí Wi-Fi do počítače, kde může proběhnout další analýza či vytvoření grafů. [12, 13]

MultiScan může sloužit k identifikaci podvýživy u pacientů s normální úrovní tělesného tuku. Expanze extracelulární tekutiny může snadno zakrýt tělesnou buněčnou hmotu, což by nemuselo být zřejmé pouhým zvýšením celkové tělesné hmotnosti. [12, 13]



Obr. 9 - Bodystat MultiScan 5000 [vlastní]

### **Naměřená data**

Data naměřená a vypočtená MultiScanem 5000 jsou stejná jako u QuadScanu 4000 (viz kapitola výše), avšak jsou obohaceny o další data, kterými jsou například kosterní svalové hmota, Cole-Cole diagram a impedance v rozsahu 5 až 1000 kHz. [13]

## **7.2.3 Přístroj Concept VO4001 Perfect Health**

### **Charakteristika přístroje**

Přístroj Concept VO4001 (viz obr. 10) je osobní diagnostická digitální váha pro analýzu tělesného složení, jejíž princip funguje na základě bioelektrické impedance. Zabudované senzory v přístroji během měření vysílají do těla slabý elektrický signál, který měří elektrický odpor těla. Na základě tohoto odporu jsou následně vypočítány hodnoty tělesných složek. Váha ukazuje podrobný orientační přehled o aktuální tělesné kondici člověka. [14]



Obr. 10- Concept VO4001 [vlastní]

### **Vlastnosti přístroje**

Váha dokáže změřit jedince s hmotností do 180 kg. K úplnému využití funkcí váhy je nezbytné stáhnout aplikaci Feelfit do přenosného zařízení, nejlépe do mobilního telefonu. Aplikace je kompatibilní s všemi operačními systémy. Během vážení zobrazuje LED displej váhy aktuální hodnotu tělesné hmotnosti jedince. Ostatní

naměřená data se automaticky přenášejí do aplikace prostřednictvím Bluetooth, kde jsou následně zpracovány, vyhodnoceny a uloženy. Aplikace umožňuje zobrazit historii dat, díky které je možné sledovat své pokroky, zhodnotit účinnost fyzické aktivity, nastavit nové cíle a na základě získaných údajů lze zhodnotit a upravit stravovací návyky. Data z aplikace lze sdílet s kýmkoliv jiným, což může vytvářet vzájemnou motivaci. [14]

### **Výhody přístroje**

Tato aplikace umožňuje synchronizovat data s jinými aplikacemi pro sledování zdraví, jako jsou Apple Health či Google Fit. Mobilní aplikace poskytuje přidání více členů, což umožňuje využít výhody váhy pro celou rodinu. Při vážení přístroj automaticky rozpozná měřeného jedince a v aplikaci přiřadí naměřené hodnoty k dané osobě. To umožňuje získat úplný přehled o tělesných parametrech všech členů domácnosti. [14]

### **Naměřená data**

Tato váha dokáže naměřit až 13 tělesných parametrů, kterými jsou hmotnost s přesností na dvě desetinná čísla, BMI, procento tělesného tuku, hmotnost tukuprosté hmoty, procento tělesné vody, BMR, procento kosterních svalů, procento podkožního tuku, viscerální tuk a metabolický věk. [14]

## **7.3 Statické zpracování dat**

Naměřená data byla exportována z přístroje do softwaru Excel, kde jsem je následně analyzovala a zpracovala podle potřeby. V Excelu jsem provedla další úpravy dat, včetně jejich organizace, filtrování a vytvoření potřebných grafů a tabulek. Tento postup mi umožnil detailněji prozkoumat a interpretovat naměřené hodnoty a jejich vztahy. Pro získání hlubších poznatků a lepší vizualizaci vztahů mezi různými parametry jsem v Excelu vytvořila grafy, které mi pomohly lépe porozumět trendům a vzorcům ve sledovaných datech.

## 7.4 Popis měření

Měření probíhalo v období od 31. prosince 2023 do 24.3.2024 s intervaly každé 3 týdny. Každé měření bylo realizováno v dopoledních hodinách za stálých podmínek, aby byla zajištěna konzistence v procesu sběru dat. Proband byl nejprve změřen bez oděvu na diagnostické váze (Concept VO4001 Perfect Health), která vyhodnotila mimo jiné hmotnost probanda, kterou jsem následně potřebovala pro měření dalšími přístroji. Naměřené hodnoty z váhy se uložily do příslušné aplikace v mobilu každého probanda. Poté bylo provedeno měření nejprve pomocí přístroje QuadScan 4000 a posléze přístrojem MultiScan 5000. Obě tato měření probíhala na stejném principu. Proband byl položen na podložku na záda. Pravou horní a dolní končetinou měl odhrnutou a připravenou pro nalepení elektrod, na které jsem poté připojila kabely, které vedly do přístroje. Po zapnutí přístroje jsem mohla nastavovat potřebné vstupní parametry a celkové ovládání přístroje pomocí speciálního počítačového programu. Před samotným měřením jsem v programu nastavila výšku, hmotnost, věk a pohlaví probanda. Poté jsem spustila měření, které trvalo několik minut. Výsledky měření byly ihned vyhodnoceny v programu přístroje a následně jsem je exportovala do softwaru Excel pro další analýzu a zpracování. Ukázka, jak probíhalo měření, je zobrazena na obrázku 11.



Obr. 11 – Průběh měření [vlastní]

Měření testování vlivů polohy probanda proběhlo dne 30.1.2024. Toto měření proběhlo úplně stejně, jako je popsáno v předchozím odstavci. Proband byl nejprve změřen standartním způsobem, tedy provedlo se správné měření, a poté se pouze měnily polohy probanda a opět probíhalo měření. Proband byl dále měřen v sedě a ve stoje. Měření také probíhalo, když měl překřížené nohy, na ruce mezi elektrodami šperky, zapojení elektrod na levé straně a také ihned po příjmu potravy a tekutin a s překříženými kably. Tuto sérii měření jsem měřila přístrojem Bodystat QuadScan 4000.

## **7.5 Výsledky**

V těchto následujících kapitolách jsem postupovala tak, že jsem jednotlivé hodnoty naměřila, upravila podle potřeby a pro lepší přehlednosti vynesla do grafů, ze kterých porovnávám, jak si probandi vedli a co se měnilo či neměnilo. Kapitoly jsem rozdělila podle účelu měření a následně podle každého probanda.

### **7.5.1 Porovnání hodnot tělesného složení**

V této části se zaměřuji na sledování změn komponent tělesného složení během změny životního stylu probandů. Nejdůležitější sledované parametry jsou tuk, tukuprostá hmota a voda. Dále budu zkoumat hmotnost a body mass index (index tělesné hmotnosti). Naměřila jsem soubor hodnot z přístroje Bodystat QuadScan 4000 a Concept VO4001 Perfect Health.

Před začátkem celého měření jsem s každým pacientem prošla dosavadní životní styl, zahrnující stravovací návyky a fyzickou aktivitu, a promyslela, co by se mohlo změnit, abychom zaznamenali nějaké změny naměřených hodnot v průběhu měření. Po naší diskusi už každý proband pracoval samostatně. Výsledky měření jsou tedy závislé na jejich vlastní pevné vůli a bez mého zásahu. Je to tedy ukázkou, zda jejich změna stylu je správná a dostačující ke zlepšení naměřených hodnot.

Hmotnost probanda je určena z přístroje Concept a zaokrouhlena na jedno desetinné místo. Do přístroje Bodystat bylo možné zadávat pouze celá čísla, proto se tyto hodnoty v tabulkách níže liší.

U každého probanda jsem naměřené hodnoty zaznamenala do tabulky a pro lepší přehlednost a názornou ukázkou vývoje komponent či parametrů tělesného složení vynesla do grafů.

Jednotlivé tabulky jsem rozdělila na dvě části podle daných přístrojů. První polovina tabulky jsou hodnoty naměřené přístrojem Bodystat (označeno zeleně) a druhé polovina dat je vyhodnocena z přístroje Concept (označeno žlutě). Takto barevně jsou odlišeny také nadpisy grafů.

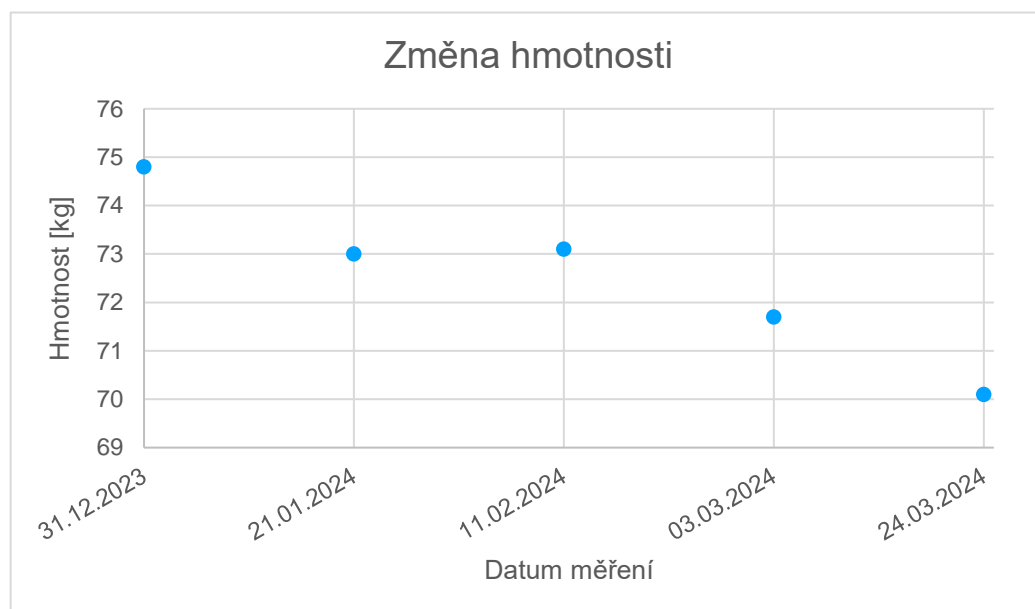
### **7.5.1.1 Žena 1**

S první pacientkou jsme udělaly úpravy složek potravy, které jsem vypočítala podle poznatků z teoretické části práce. Zaměřily jsme se na snížení příjmu tuků. Pacientka si řádně zapisovala do aplikace, co za den snědla, abychom věděly, zda se pohybuje v přípustných hodnotách a mohlo by dojít k úbytku váhy. Dále se snažila svůj volný čas zaplnit fyzickou aktivitou (6kilometrovou procházkou) alespoň čtyřikrát týdně. V týdenním průměru přepočtu na den tedy pacientka ušla 4,5 km. Naměřené hodnoty jsou zaznamenány v tabulce 11. Za správné hodnoty považujeme data z přístroje Bodystat. Hodnoty z tabulky jsem zanesla do grafů níže.

Tabulka 11 – Naměřené hodnoty složení ženy 1

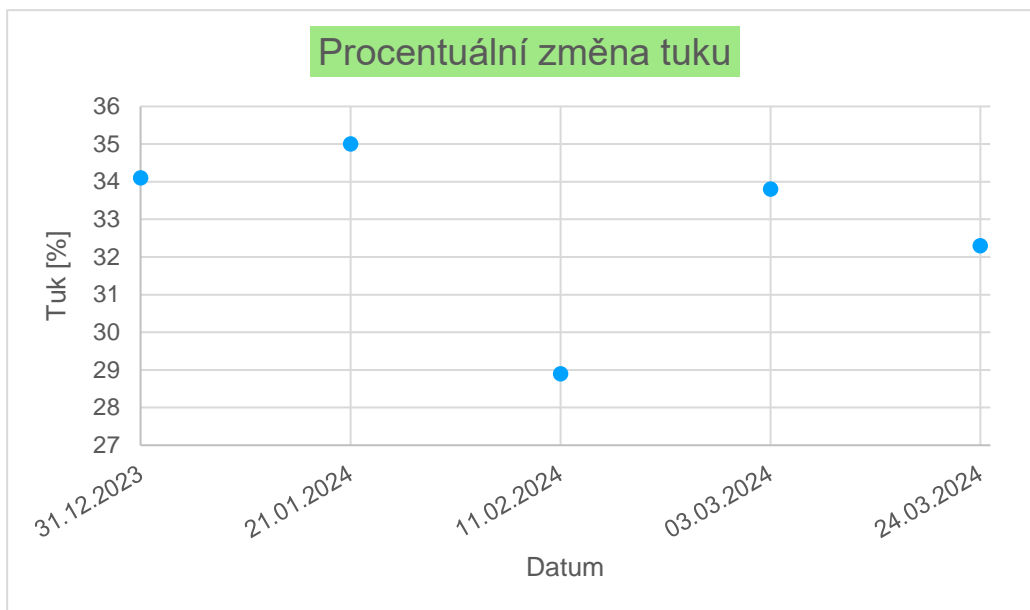
Přístroj Bodystat					
Datum	Váha [kg]	Tuk [%]	ATH [%]	Voda [%]	BMI [kg/m <sup>2</sup> ]
31.12.2023	75	34,1	65,8	48,9	25,6
21.01.2024	73	35	64,9	48,4	24,9
11.02.2024	73	28,9	71	53,2	24,6
03.03.2024	72	33,8	66,1	49,2	24,6
24.03.2024	70	32,3	67,6	50,1	23,9
Přístroj Concept					
Datum	Váha [kg]	Tuk [%]	ATH [%]	Voda [%]	BMI [kg/m <sup>2</sup> ]
31.12.2023	74,8	30,5	69,5	47,7	25,3
21.01.2024	73	29,6	70,4	48,3	24,7
11.02.2024	73,1	29,6	70,5	48,3	24,7
03.03.2024	71,7	28,8	71,1	48,8	24,2
24.03.2024	70,1	28,1	71,9	49,4	23,7

kde ATH je tukuprostá hmota a BMI je body mass index.

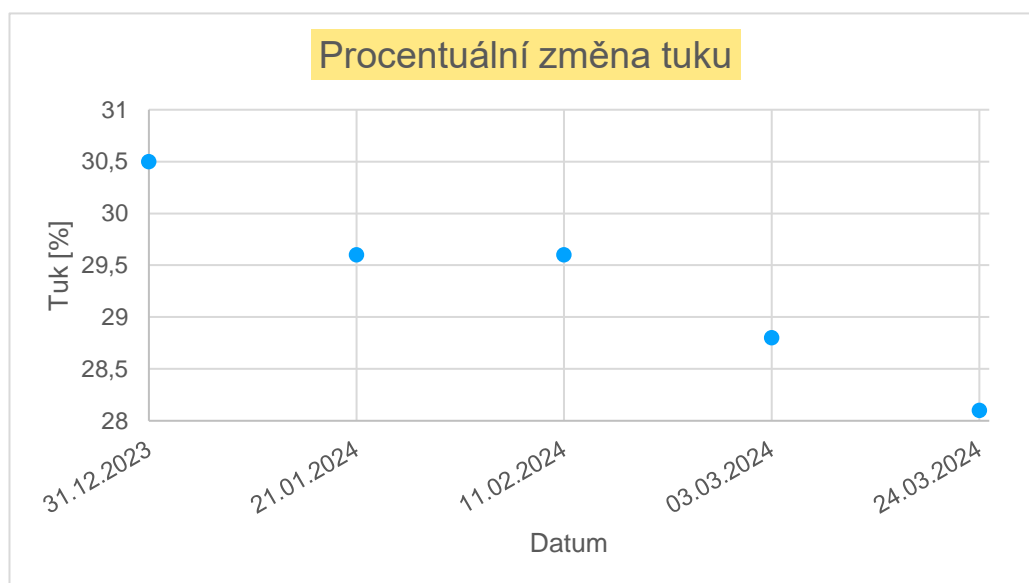


Graf 1 – Průběh hmotnosti ženy 1





Graf 2 – Průběh změny tuku ženy 1 přístrojem Bodystat QuadScan 4000



Graf 3 – Průběh změny tuku ženy 1 přístrojem Concept VO4001 Perfect Health

Prvním ukazatelem změny stavu pacienta je hmotnost. Graf 1 ukazuje průběh vývoje hmotnosti během výzkumu. Je zřejmé, že došlo ke snížení hmotnosti, což je dobrý začátek. Podrobněji je potřeba se podívat, zda opravdu dochází ke snížení tuků. To nám ukazuje graf 2 a 3. Z grafu 2 je vidět, že dochází k výkyvu hodnot. Nejprve došlo k nárůstu, poté k značnému poklesu, což by mohlo být způsobeno vysokou fyzickou zátěží v tomto období, poté opět k nárůstu, ale zároveň už je tato hodnota nižší, než se kterou žena začínala, takže i přes nějaké faktory došlo k poklesu procenta tělesného tuku. Hodnoty z grafu 3 ukazují daleko ideálnější hodnoty a pro

pacientku přívětivější procento tuku, které postupně klesá. V porovnání těchto hodnot a přístrojů je vidět, že přístroj Concept nezaznamenal určitou změnu, která proběhla okolo měření 11.2.2024. V dat zaznamenaných v tabulce 11 mohu posoudit, že přístroj Concept měří nižší procento tuku téměř o 4 – 5 % než přístroj Bodystat.

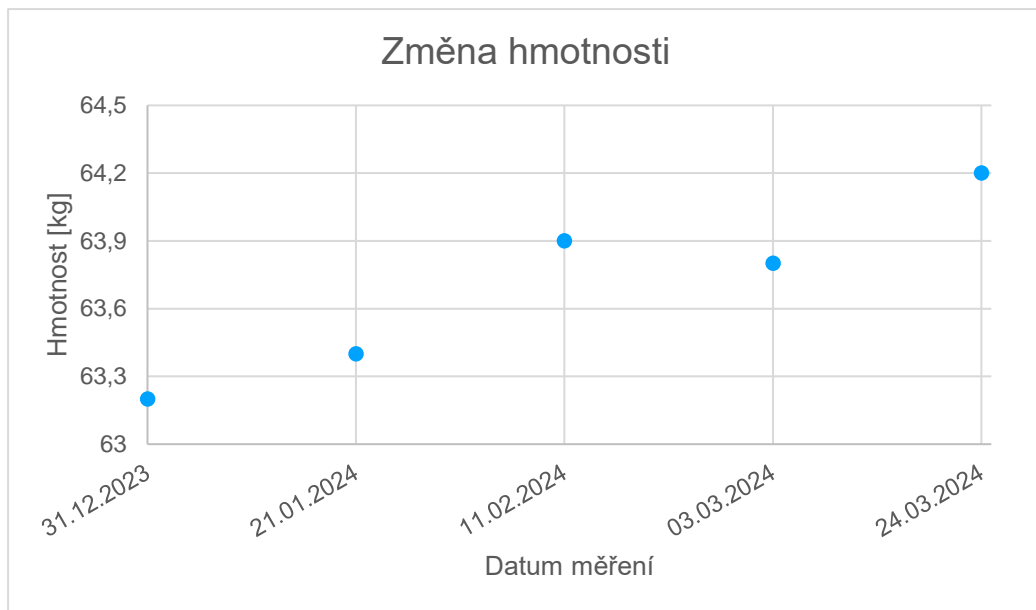
### 7.5.1.2 Žena 2

S druhou pacientkou jsme opět probraly stravovací návyky a psaní stravy do aplikace, abychom věděly, zda má správný příjem kalorií. Tato pacientka se snažila naopak zvýšit denní příjem kalorií (zdravých tuků) a váhy. Doposud fyzickou aktivitu neprováděla. S tímto výzkumem se snažila alespoň provádět domácí posilování s vlastní vahou cca 30 min 2 týdně. Naměřené hodnoty jsou zaznamenány v tabulce 12.

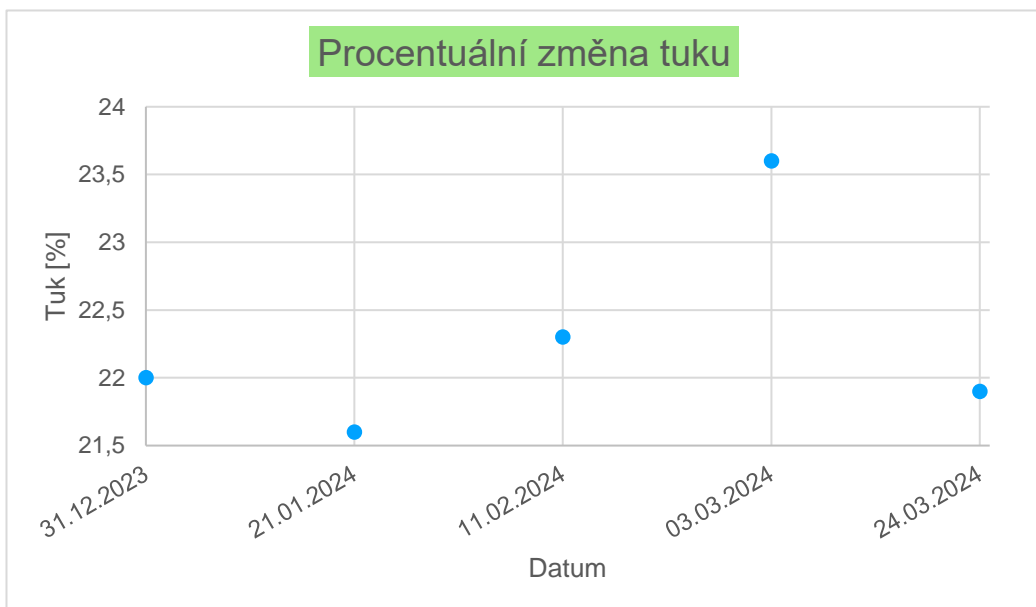
Tabulka 12 - Naměřené hodnoty složení ženy 2

Přístroj Bodystat					
Datum	Váha [kg]	Tuk [%]	ATH [%]	Voda [%]	BMI [kg/m <sup>2</sup> ]
31.12.2023	63	22	77,9	52,6	21,2
21.01.2024	63	21,6	78,3	53	21,2
11.02.2024	64	22,3	77,6	52,7	21,6
03.03.2024	64	23,6	76,3	51,7	21,6
24.03.2024	64	21,9	78	53	21,6
Přístroj Concept					
Datum	Váha [kg]	Tuk [%]	ATH [%]	Voda [%]	BMI [kg/m <sup>2</sup> ]
31.12.2023	63,2	21,8	78,2	53,6	21,4
21.01.2024	63,4	21,9	78,1	53,6	21,4
11.02.2024	63,9	22,2	77,8	53,3	21,6
03.03.2024	63,8	22,1	77,7	53,4	21,5
24.03.2024	64,2	22,4	77,7	53,3	21,7

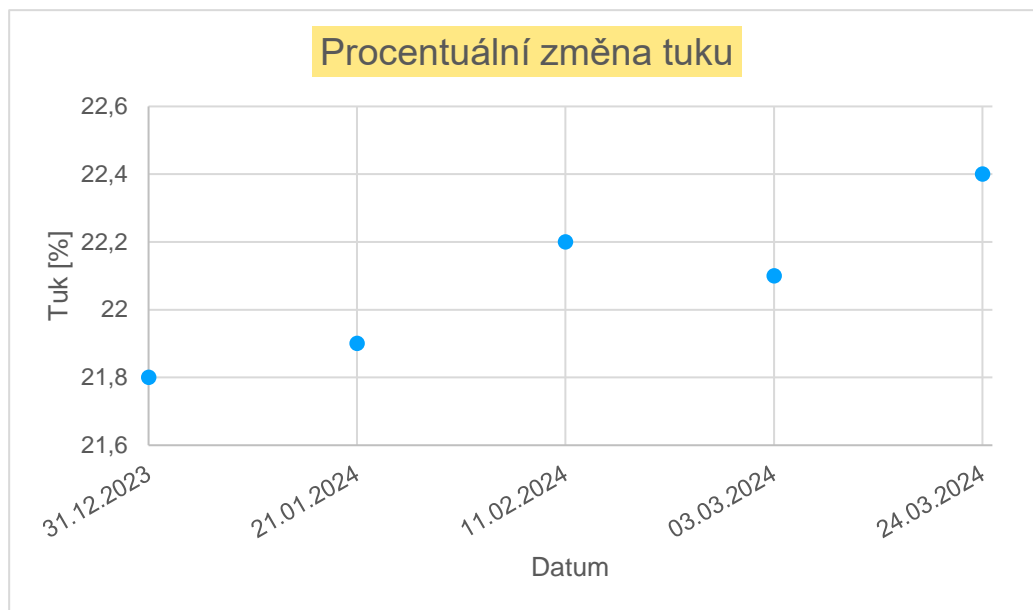
kde ATH je tukoprostá hmota a BMI je body mass index.



Graf 4 – Průběh hmotnosti ženy 2



Graf 5 – Průběh změny tuku ženy 2 přístrojem Bodystat QuadScan 4000



Graf 6 – Průběh změny tuku ženy 2 přístrojem Concept VO4001 Perfect Health

Graf 4 ukazuje průběh vývoje hmotnosti během výzkumu. Je vidět, že hmotnost velice nepatrně roste, až na jednu výjimku, kterou můžeme zanedbat. Procento tuku naměřené z obou přístrojů se u této ženy liší pouze o pár desetiny viz tabulka 12. U měření ze dne 3.3.2024, jehož hodnota výrazně vzrostla, mohlo dojít k příjmu tekutin před měřením přístrojem Bodystat. Graf 6 opět ukazuje ideální růst tukové hmoty, ačkoliv z grafu 5 je vidět, že hodnoty naměřené přístrojem Bodystat spíše kolísají a nelze jednoznačně určit závěr, tedy že došlo k nárůstu tuků.

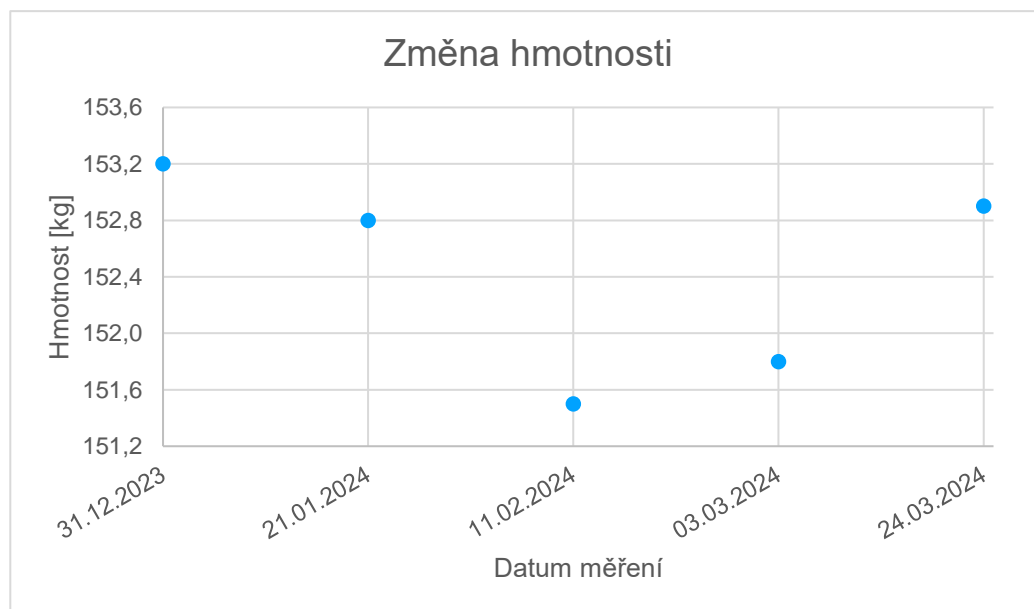
### 7.5.1.3 Muž 1

Tento pacient měl ve zvyku konzumovat velké množství nezdravých potravin, včetně slazených nápojů. Domluvili jsme se na snížení příjmu sladkých jídel a nahrazení slazených nápojů vodou. Změnu ve stravě pacient doplnil taktéž pravidelnou procházkou, avšak vzhledem k jeho vyšší tělesné hmotnosti nedošlo k tak velké kilometrové vzdálenosti, aby nevznikly případné zdravotní komplikace. Naměřené hodnoty jsou zaznamenány v tabulce 13. Hodnoty z tabulky jsem zanesla do grafů níže.

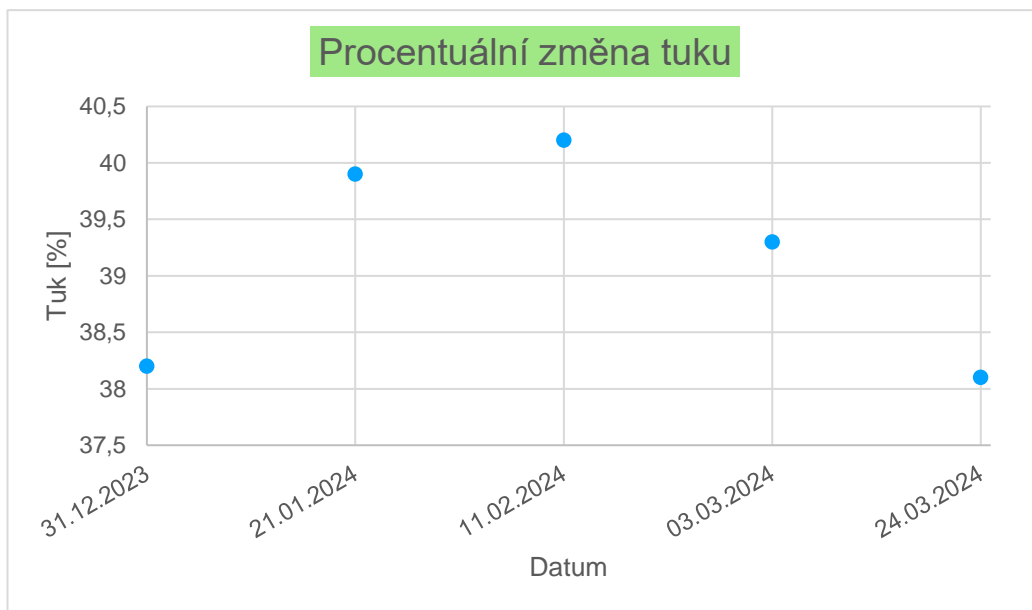
Tabulka 13 - Naměřené hodnoty složení muže 1

Přístroj Bodystat					
Datum	Váha [kg]	Tuk [%]	ATH [%]	Voda [%]	BMI [kg/m <sup>2</sup> ]
31.12.2023	153	38,2	61,7	47,3	41,9
21.01.2024	153	39,9	60	45,4	41,9
11.02.2024	152	40,2	59,7	45	41,6
03.03.2024	152	39,3	60,6	46	41,6
24.03.2024	153	38,1	61,8	46,9	41,6
Přístroj Concept					
Datum	Váha [kg]	Tuk [%]	ATH [%]	Voda [%]	BMI [kg/m <sup>2</sup> ]
31.12.2023	153,2	47,0	52,9	38,2	42,4
21.01.2024	152,8	46,9	53,1	38,4	42,3
11.02.2024	151,5	46,4	53,6	38,7	42,0
03.03.2024	151,8	46,4	53,6	38,7	42,0
24.03.2024	152,9	47,0	53,0	38,2	42,4

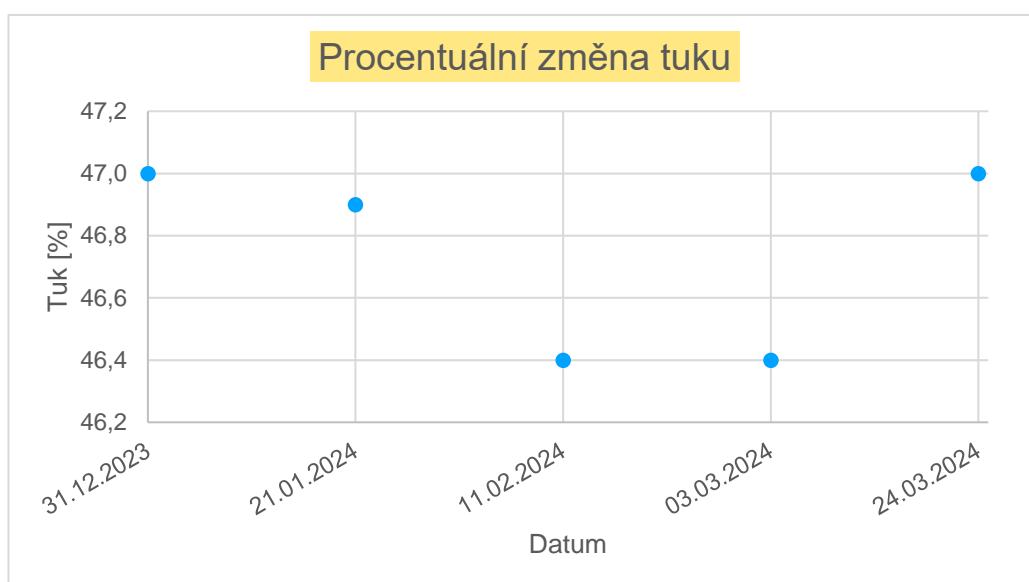
kde ATH je tukuprostá hmota a BMI je body mass index.



Graf 7 – Průběh hmotnosti muže 1



Graf 8 – Průběh změny tuku muže 1 přístrojem Bodystat QuadScan 4000



Graf 9 – Průběh změny tuku muže 1 přístrojem Concept VO4001 Perfect Health

Z grafu 7 je vidět, že došlo k určitému poklesu hmotnosti, ale i k nárůstu. Tedy v určitém okamžiku (od data 11.2.2024) evidentně došlo k porušení pravidel, která byla nastavena na začátku výzkumu. Hodnoty tuku z obou přístrojů se rozbíhají, jak je vidět z grafu 8 a 9. Rozdíl mezi hodnotami je v průměru 7,5 %. Vypadá to tedy, že při takto vysoké tělesné hmotnosti přístroj Concept vyhodnocuje poměrně vyšší hodnoty, než opravdu jsou. Graf 8 ukazuje, že u muže dochází k nárůstu tukové hmoty, ačkoliv jeho tělesná váha klesá a naopak, což vede k zamyšlení a následnému budoucímu vyšetření, co se konkrétně odehrálo, když dochází k rozporu těchto dvou

parametrů. Přístroj Concept naopak ukazuje snížení procenta tělesného tuku (viz graf 9), což by pacient mohl považovat za dobrý výsledek, ale zároveň, jak již bylo zmíněno, ukazuje poměrně vysoké hodnoty, které jsou ukazatelem těžké obezity.

#### 7.5.1.4 Muž 2

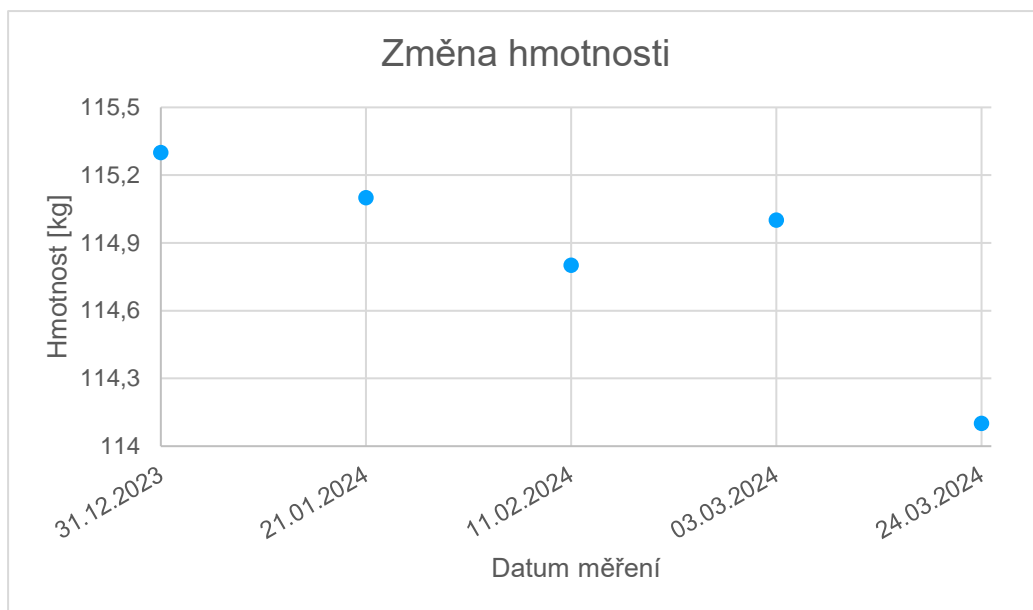
Poslední pacient se snažil dodržovat správné stravovací návyky a třikrát v týdnu prováděl 10kilometrový běh.

Naměřené hodnoty jsou zaznamenány v tabulce 14.

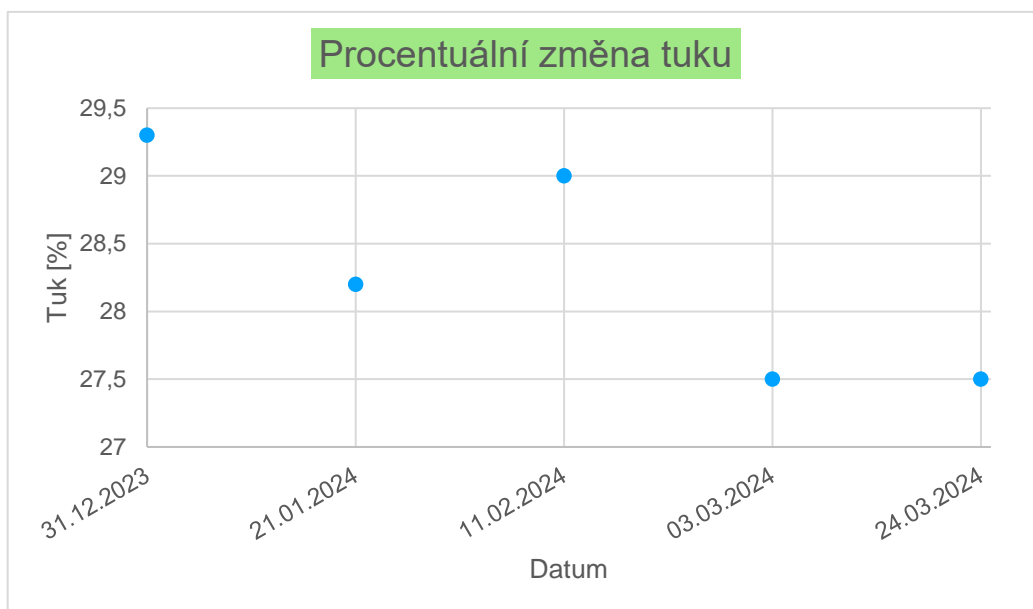
Tabulka 14 - Naměřené hodnoty složení muže 2

Přístroj Bodystat					
Datum	Váha [kg]	Tuk [%]	ATH [%]	Voda [%]	BMI [kg/m <sup>2</sup> ]
31.12.2023	115	29,3	70,6	47,7	31,5
21.01.2024	115	28,2	71,7	48,7	31,5
11.02.2024	115	29	70,9	47,9	31,5
03.03.2024	115	27,5	72,4	49,2	31,5
24.03.2024	114	27,5	72,4	49,2	31,2
Přístroj Concept					
Datum	Váha [kg]	Tuk [%]	ATH [%]	Voda [%]	BMI [kg/m <sup>2</sup> ]
31.12.2023	115,3	28,4	71,6	51,7	31,6
21.01.2024	115,1	28,3	71,7	51,8	31,6
11.02.2024	114,8	28,2	71,7	51,8	31,5
03.03.2024	115	28,2	71,7	51,8	31,5
24.03.2024	114,1	27,9	72,1	52,1	31,3

kde ATH je tukuprostá hmota a BMI je body mass index.

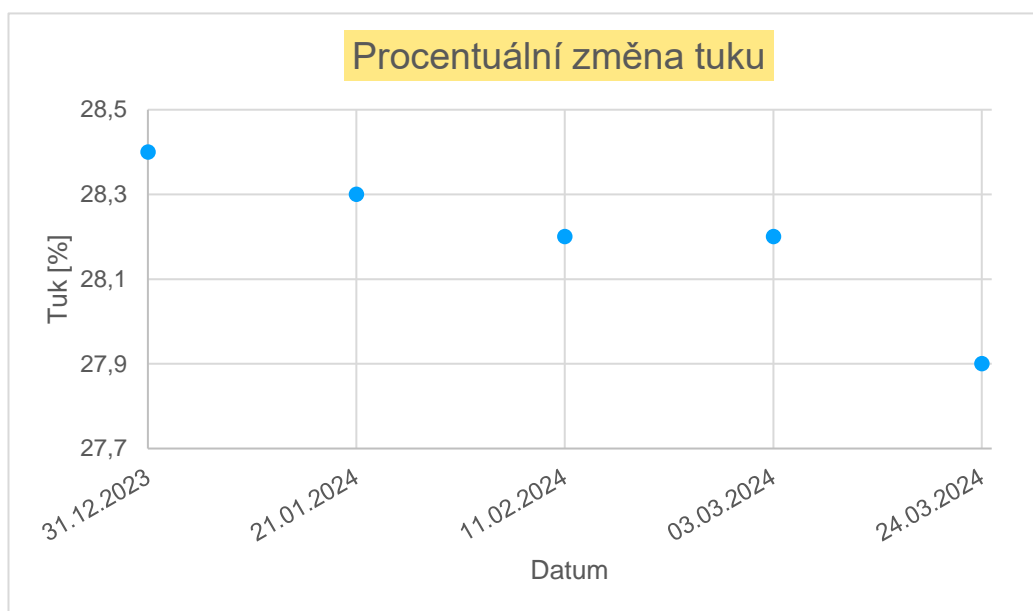


Graf 10 – Průběh hmotnosti muže 2



Graf 11 – Průběh změny tuku muže 2 přístrojem Bodystat QuadScan 4000





Graf 12 – Průběh změny tuku muže 2 přístrojem Concept VO4001 Perfect Health

Z grafu 10 je vidět, že došlo k nepatrnému poklesu hmotnosti, ale i k malému nárůstu, který v tento okamžik můžeme zanedbat, protože posléze došlo opět k poklesu, tedy došlo opět k nějakému vyrušení nastavených zvyklostí. U změny tuku tohoto muže to vypadá přívětivěji než u hodnot muže 1. Dochází tedy k celkovému poklesu tukové hmoty, a to z výsledků obou přístrojů. Opět zde ale dochází k jedné vychýlené hodnotě viz graf 11, což může být způsobenou okolními faktory či příjmem tekutin před měřením. Graf 12 nám ukazuje názorné snížení tukové hmoty. Z pohledu porovnání přístrojů bychom mohli říci, že u tohoto muže s takovouto tělesnou hmotností váha Concept ukazuje reálné výsledky, protože od přístroje Bodystat liší v průměru pouze o 0,1 %.

### 7.5.2 Porovnání fyzikálních parametrů

V této části se zaměřuji na porovnání naměřených fyzikálních hodnot ze dvou přístrojů během probíhající změny životního stylu probandů. Soubor hodnot jsem naměřila z přístroje Bodystat QuadScan 4000 a Bodystat MultiScan 5000. Naměřené hodnoty jsem zapsala do tabulky a barevně označila, z jakého přístroje jsou naměřeny. Následně jsem k nim vytvořila grafy, taktéž barevně označené.

Za správné hodnoty považujeme hodnoty naměřené z přístroje Bodystat MultiScan 5000, jelikož se jedná o novější a vylepšenou verzi přístroje Bodystat.

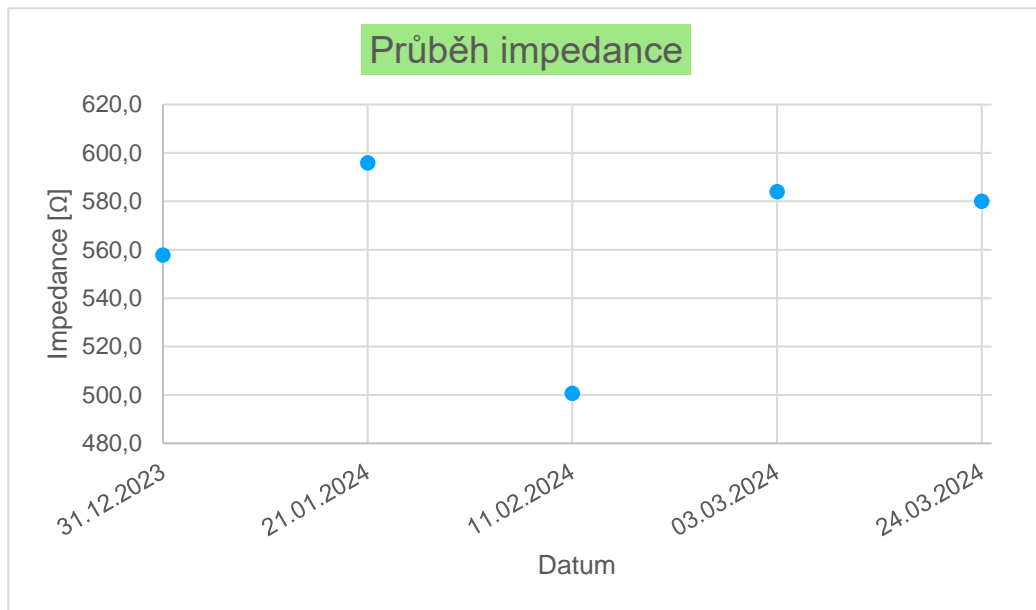
### 7.5.2.1 Žena 1

Naměřené hodnoty ženy 1 jsou obsaženy v tabulce 15.

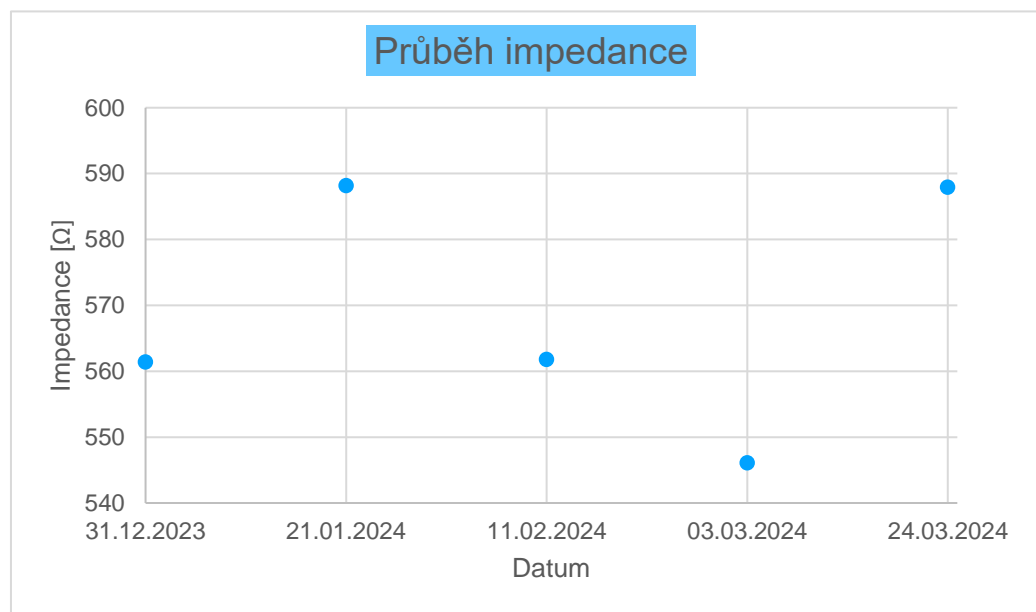
Tabulka 15 – Naměřené hodnoty fyzikálních parametrů ženy 1

		QuadScan 4000		MultiScan 5000	
Datum	Frekvence [kHz]	Impedance [ $\Omega$ ]	$\alpha$ [°]	Impedance [ $\Omega$ ]	$\alpha$ [°]
31.12.2023	5	624,7	2,5	626,42	2,50
	50	557,9	5,3	561,38	5,10
	100	529,4	5,4	533,13	4,84
	200	509,0	5,5	510,63	4,90
21.01.2024	5	675,1	2,7	666,32	2,40
	50	596,0	5,8	588,18	5,44
	100	565,4	6,0	556,65	5,11
	200	540,6	6,3	532,73	4,24
11.02.2024	5	614,3	4,5	634,92	2,39
	50	500,7	8,0	561,79	5,29
	100	466,1	7,4	533,23	5,20
	200	440,9	7,1	511,14	4,26
03.03.2024	5	665,1	2,8	624,29	2,51
	50	584,0	5,7	546,1	5,68
	100	553,8	5,6	516,22	5,27
	200	529,4	5,3	492,87	4,30
24.03.2024	5	653,8	2,5	661,73	2,26
	50	580,0	5,3	587,94	5,26
	100	550,3	5,5	557,64	4,94
	200	527	5,1	534,05	4,12

kde  $\alpha$  je fázový úhel.



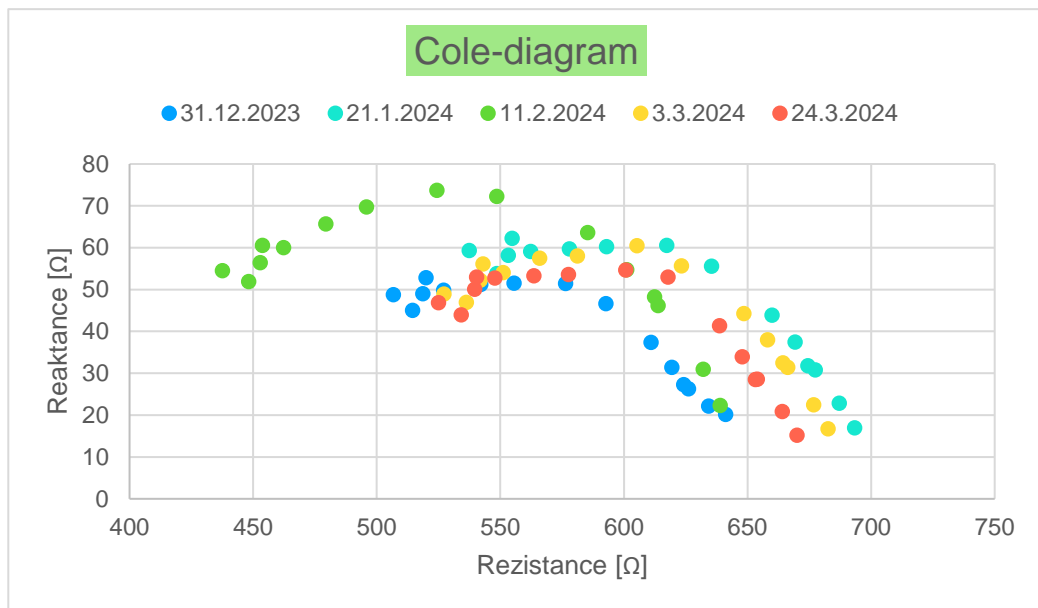
Graf 13 – Průběh impedance ženy 1 přístrojem Bodystat QuadScan



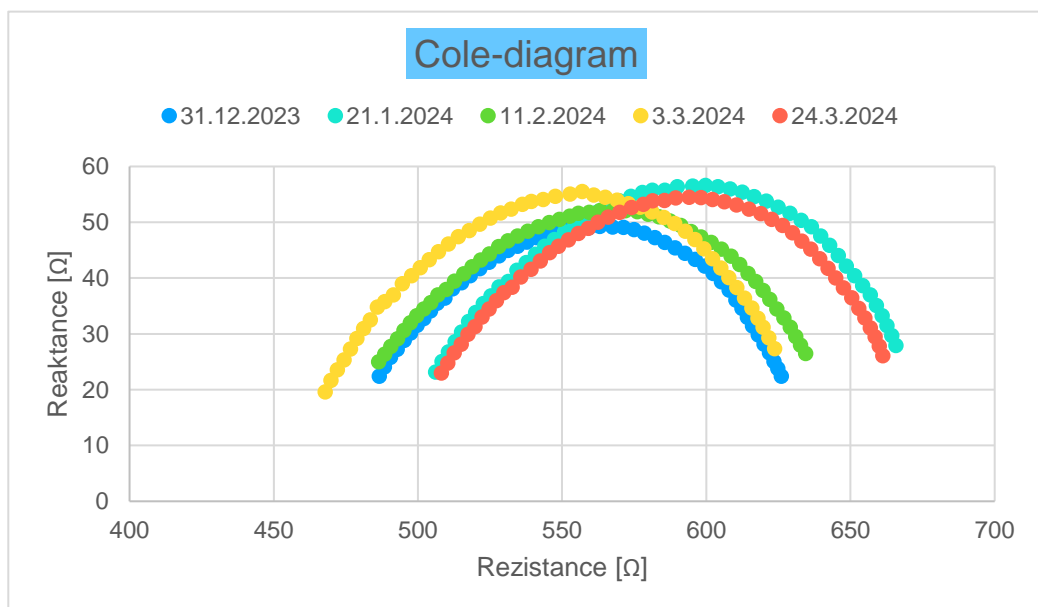
Graf 14 - Průběh impedance ženy 1 přístrojem Bodystat MultiScan

Z tabulky 15 jsem hodnoty impedance každého přístroje při 50 kHz zaznačila do grafů 13 a 14. První dvě měření vypadají, že se téměř shodují, tedy měření proběhlo v pořádku. U dalších dvou měření se bohužel hodnoty výrazně rozbíhají, což by mohlo být způsobeno chybou měření i změnou rozpoložení hmoty uvnitř těla ženy. Dále přístroje vyhodnocují Cole-diagram, což je závislost rezistence na reaktanci, kterou lze jednoduše dopočítat pomocí impedance a fázového úhlu z tabulky dle vzorců uvedených v kapitole 6.2.1. Dle grafů níže můžeme vidět, jak se tyto diagramy

z odlišných přístrojů liší. Je to způsobeno tím, že přístroj MultiScan 5000 umožňuje měřit impedanci při výrazně větším rozsahu frekvence, tedy naměříme více hodnot, které nám vytvoří jasnou půlkružnici.



Graf 15 – Cole-diagram přístrojem Bodystat QuadScan pro ženu 1



Graf 16 - Cole-diagram přístrojem Bodystat MultiScan pro ženu 1

K datu 11.2.2024, kdy došlo k velké fyzické aktivitě, tedy jinému rozpoložení hmoty uvnitř těla ženy 1, je vidět z grafu 15, že se soubor dat tvořící zakulacenou křivku výrazně liší od ostatních. Otázkou zůstává, proč přístroj MultiScan tento rozruch nezaznamenal a naměřené hodnoty k tomuto datu zůstávají téměř stejné jako první měření (31.12.2023) viz graf 16.

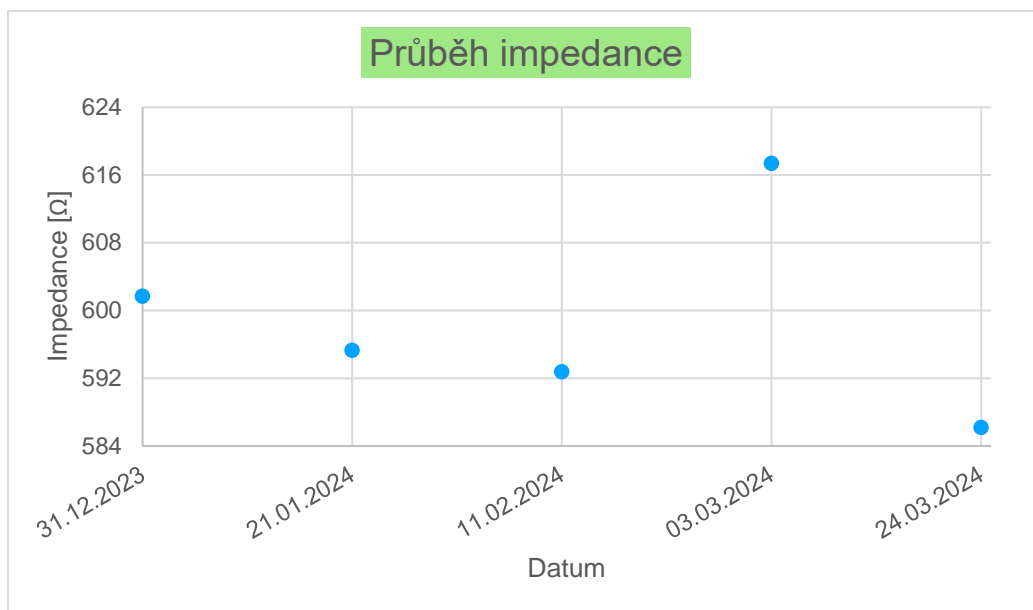
### 7.5.2.2 Žena 2

Ačkoliv se tato žena snažila změnit svůj dosavadní životní styl, nepodařilo se jí značně zvýšit první ukazatel rozpoložení těla (tj. tělesná hmotnost). Nedošlo tedy ke značnému nárůstu ani tukové, ani svalové hmoty, tedy mohli bychom říci, že její naměřené hodnoty by měly být v pomyslné přímce. Hodnoty jsou zaznamenány v tabulce 16.

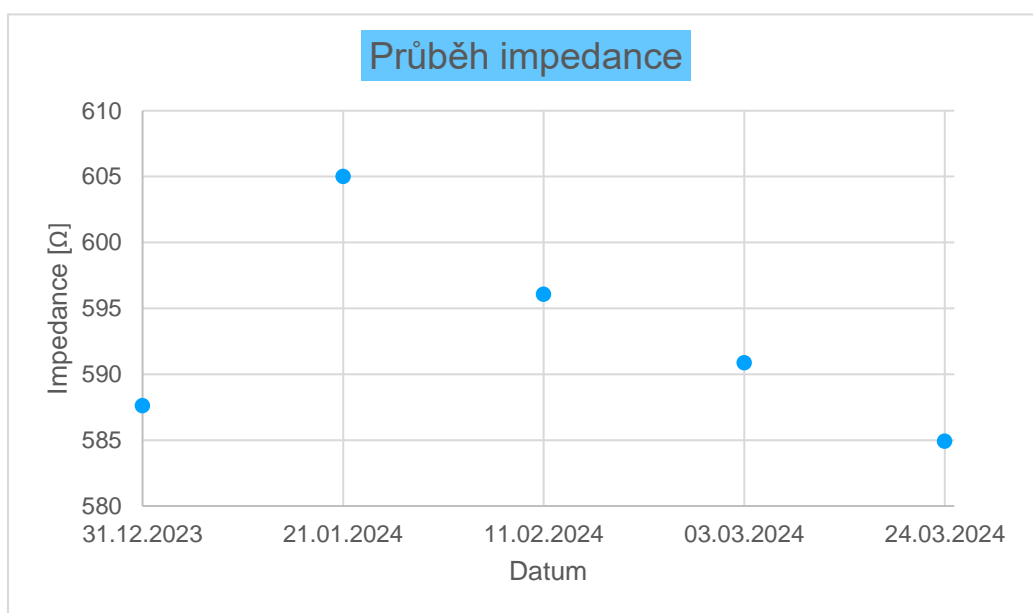
Tabulka 16 - Naměřené hodnoty fyzikálních parametrů ženy 2

		QuadScan 4000		MultiScan 5000	
Datum	Frekvence [kHz]	Impedance [ $\Omega$ ]	$\alpha$ [°]	Impedance [ $\Omega$ ]	$\alpha$ [°]
31.12.2023	5	669,3	2,2	655,10	1,94
	50	601,7	5,1	587,62	5,13
	100	570,8	5,2	557,34	4,92
	200	550,8	5,1	533,99	4,12
21.01.2024	5	665,5	2,3	672,74	1,88
	50	595,3	5,3	605,01	5,15
	100	564,4	5,5	572,96	5,20
	200	541,6	5,5	547,99	4,26
11.02.2024	5	668,1	2,5	669,52	2,10
	50	592,8	5,7	596,08	5,43
	100	561,4	5,7	563,25	5,17
	200	537,4	5,8	538,60	4,30
03.03.2024	5	690,1	2,3	660,94	2,50
	50	617,4	5,3	590,88	5,40
	100	586	5,3	558,64	5,29
	200	561,3	5,1	534,26	4,57
24.03.2024	5	660,2	2,3	659,97	2,14
	50	586,2	5,7	584,93	5,59
	100	554,2	5,7	551,83	5,32
	200	530,6	5,6	527,1	4,4

kde  $\alpha$  je fázový úhel.



Graf 17 - Průběh impedance ženy 2 přístrojem Bodystat QuadScan

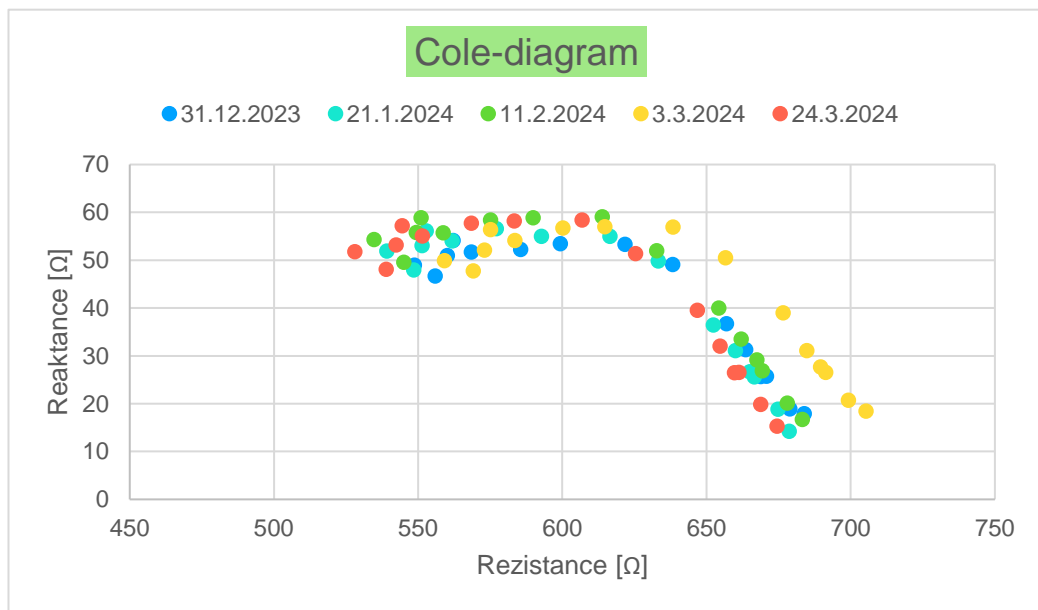


Graf 18 - Průběh impedance ženy 2 přístrojem Bodystat MultiScan

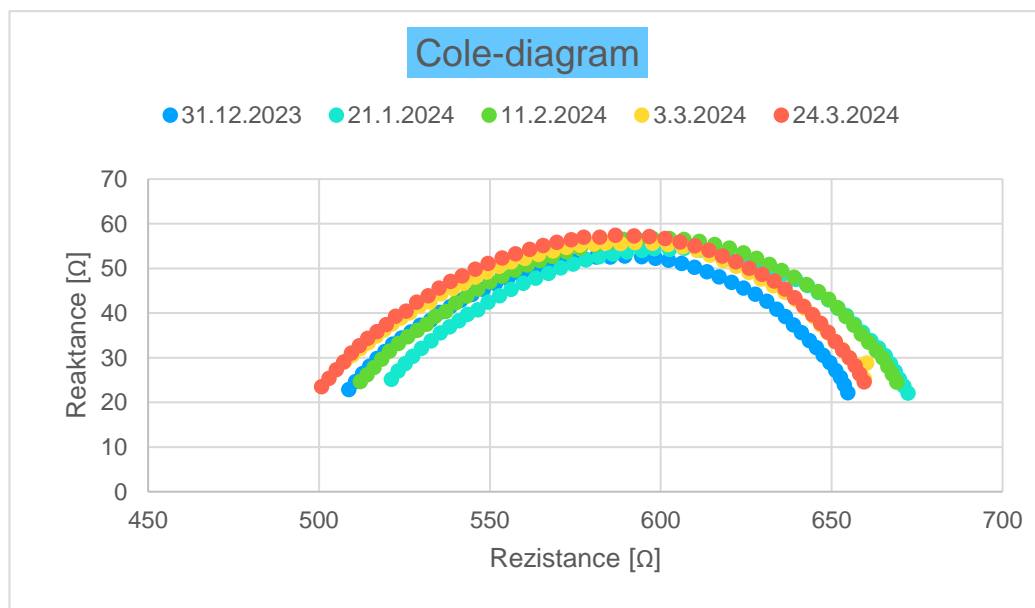
Jak jsou na tom změny hodnot impedance této ženy je zaznamenáno v grafech 17 a 18. Graf 18 ukazuje, že se impedance průběžně snižuje, což odpovídá tomu, že dochází k nárůstu tukové hmoty, jež není vodivá. V porovnání grafů 17 a 18, tedy obou přístrojů, se spíše liší, ale při dvou měření se hodnoty přístrojů rovnají.

Cole-diagramy u ženy 2 se téměř neliší viz grafy 19 a 20. Zprvce to odpovídá tomu, že přes snahu ženy nedošlo ke značné změně v rozložení hmoty uvnitř těla, proto jsou křivky téměř shodné a za druhé je vidět, že při měření nedošlo k nějakým průběžným problémům. Jediné, co v tomto případě považujeme za chybu, je chyba

přístroje QuadScan 4000, resp. čím méně hodnot měříme, tím se dopouštíme větších počtů chyb.



Graf 19 - Cole-diagram přístrojem Bodystat QuadScan pro ženu 2



Graf 20 - Cole-diagram přístrojem Bodystat MultiScan pro ženu 2

### 7.5.2.3 Muž 1

Zpracovaná data muže 1 jsou zaznačena v tabulce 17, z nichž jsou sestaveny grafy 21 a 22 viz níže. Po prozkoumání tabulky 17 vidíme, že se hodnoty impedance téměř shodují, což můžeme pro náš výzkum zanedbat. Je zřejmé, že přístroje nebudou vyhodnocovat přesně stejné výsledky, protože každý z nich má jinak nastavené rovnice pro výpočty, mají jiné parametry, principy a další.

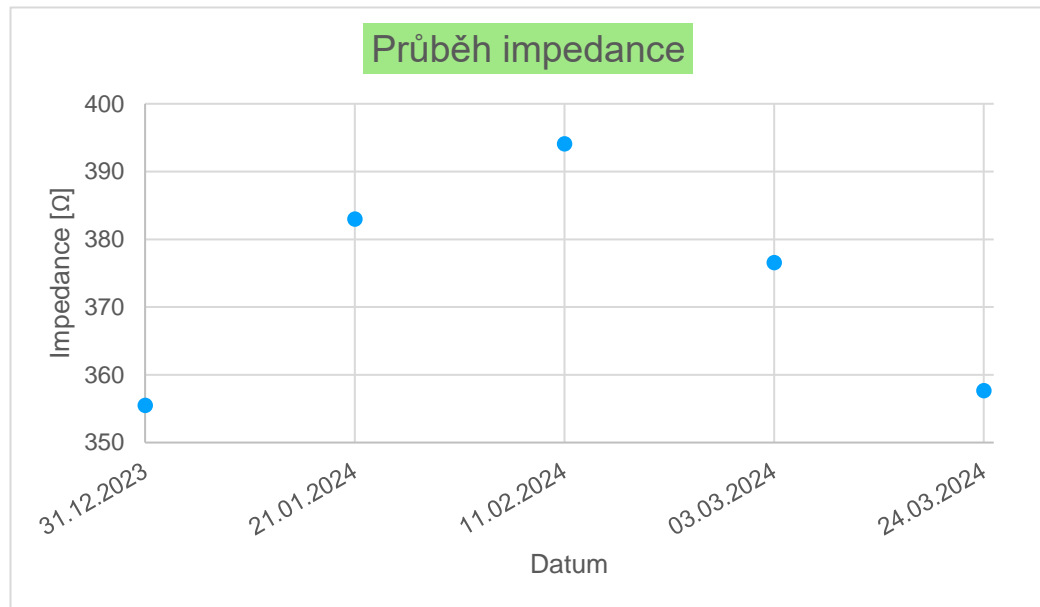
Tabulka 17 - Naměřené hodnoty fyzikálních parametrů muže 1

		QuadScan 4000		MultiScan 5000	
Datum	Frekvence [kHz]	Impedance [ $\Omega$ ]	$\alpha$ [°]	Impedance [ $\Omega$ ]	$\alpha$ [°]
31.12.2023	5	415,8	3,4	421,64	2,75
	50	355,5	7,5	364,90	6,18
	100	329,9	7,7	343,57	5,68
	200	311,0	8,1	327,99	4,59
21.01.2024	5	432,8	3,4	441,90	2,95
	50	383,0	6,3	380,19	6,39
	100	361,7	6,1	357,35	5,81
	200	340,8	5,1	341,00	4,68
11.02.2024	5	462,0	3,6	456,23	3,10
	50	394,1	6,6	389,69	6,63
	100	370,0	6,2	365,51	5,93
	200	351,6	5,7	348,83	4,69
03.03.2024	5	442,8	3,8	446,99	3,21
	50	376,6	6,8	380,54	6,81
	100	353,4	6,5	355,69	6,17
	200	333,6	5,6	338,68	4,94
24.03.2024	5	419,3	3,4	433,47	2,99
	50	357,7	6,8	371,98	6,55
	100	335,0	6,5	348,75	5,96
	200	318,5	6,2	332,6	4,79

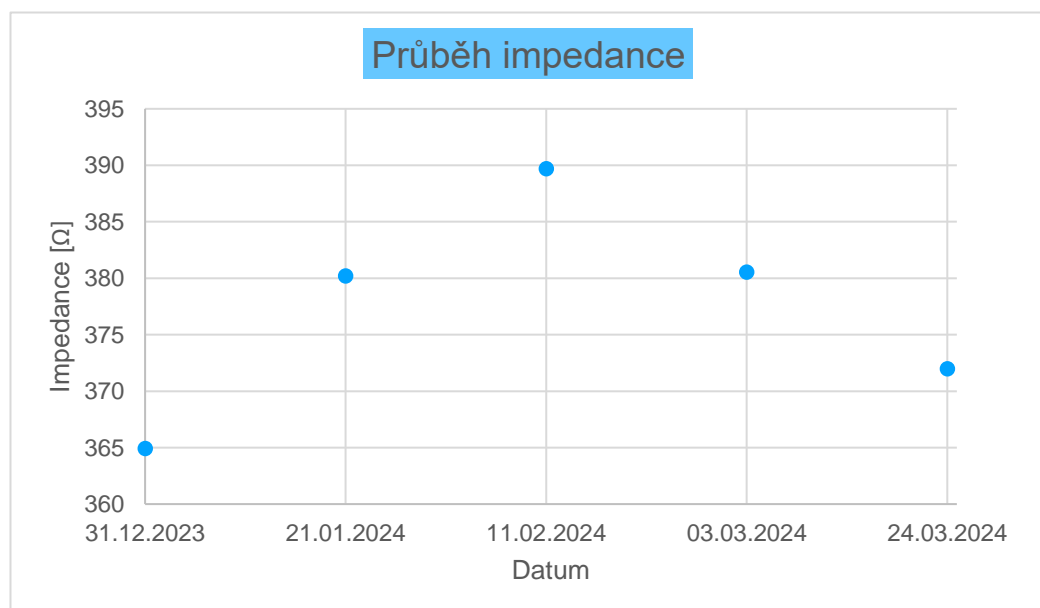
kde  $\alpha$  je fázový úhel.



Lepší ukázkou vývoje impedance nám ukazují tyto grafy (21 a 22), což nám ukazuje a potvrzuje, že průběh impedance je stejný. Vzniklé pomyslné křivky můžeme považovat za stejné. Když nevezmeme v potaz fakt, že u muže 1 měla proběhnout značná redukce tukové hmoty, tedy výrazná a jiná změna průběhu impedance, ale podíváme se na toto měření pouze z pohledu porovnání přístrojů během vymezeného období, závěrem můžeme říci, že tato měření proběhla v pořádku, protože se výsledky shodují.

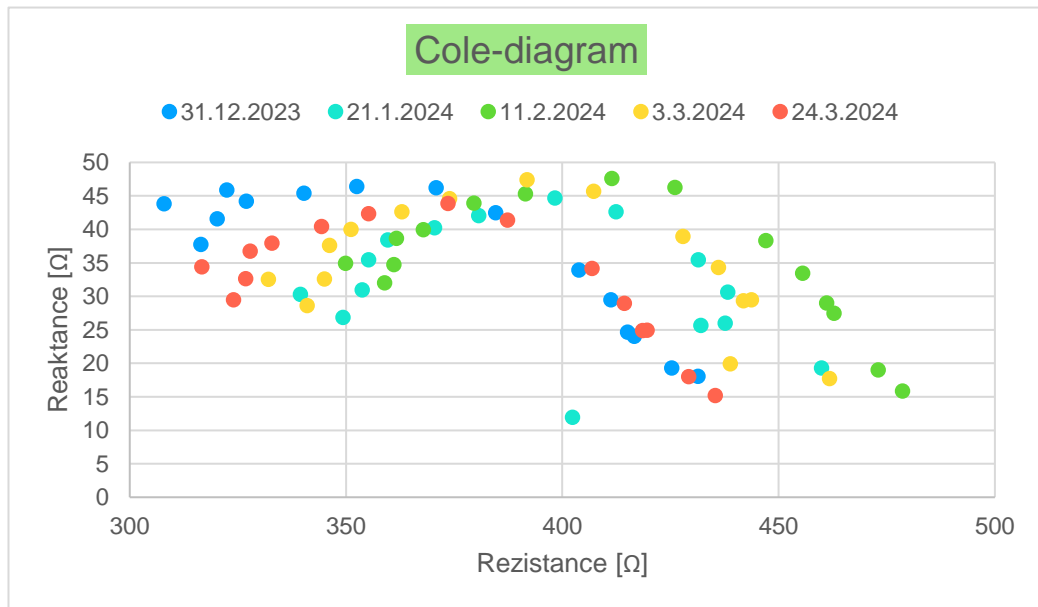


Graf 21 - Průběh impedance muže 1 přístrojem Bodystat QuadScan

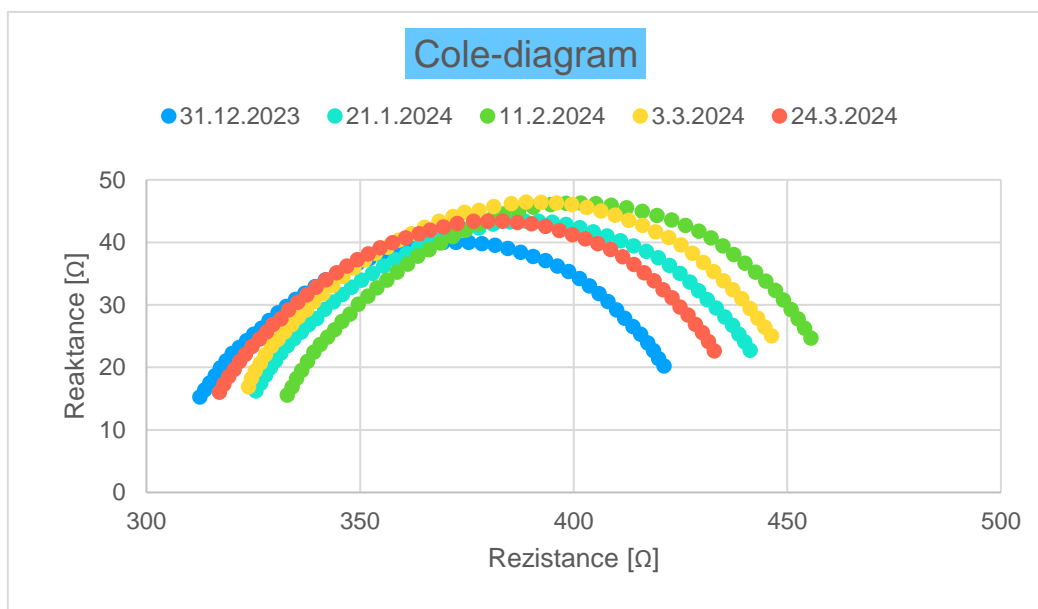


Graf 22 - Průběh impedance muže 1 přístrojem Bodystat MultiScan

Následující grafy 23 a 24 ukazují Cole-diagram vyhodnocený přístroji. Když se podíváme na graf 23, může to spíše vypadat jako náhodné rozmístění bodů, ale jakýsi vztah a provázanost mezi nimi je. Můžeme vidět, že evidentně došlo k nějaké chybě, protože body netvoří pěkné půlkružnice. Graf 24 ukazuje hladké křivky, které se v čase vyvíjejí a odpovídají skutečnosti.



Graf 23 - Cole-diagram přístrojem Bodystat QuadScan pro muže 1



Graf 24 - Cole-diagram přístrojem Bodystat MultiScan pro muže 1

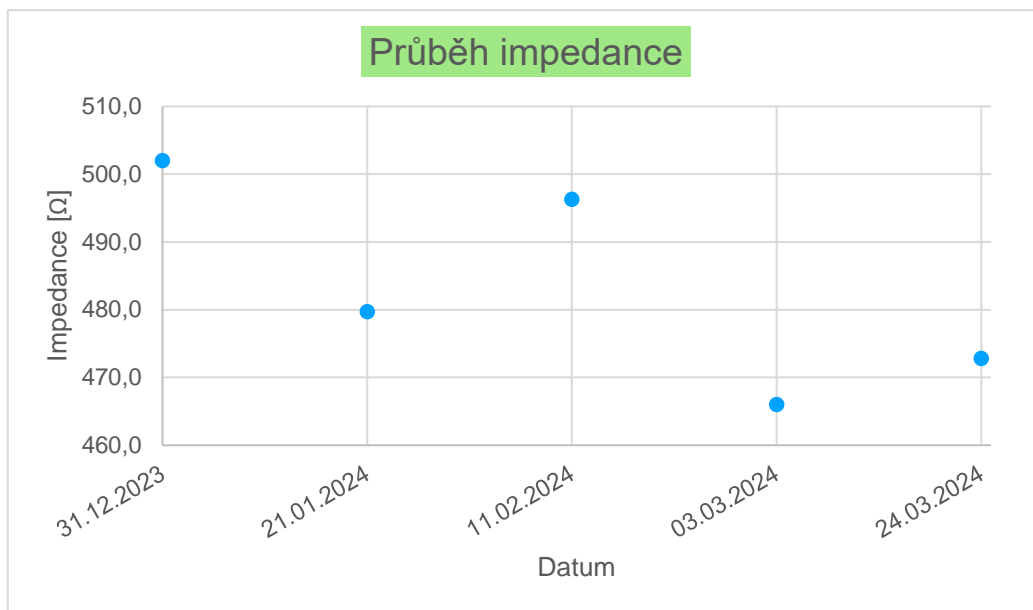
### 7.5.2.4 Muž 2

Tabulka 18 ukazuje naměřené hodnoty muže 2. Až na pár výjimek se hodnoty opět téměř shodují. Z grafů 25 a 26 je ovšem vidět, že naměřená impedance při 50 kHz se rozbíhají v porovnání obou přístrojů.

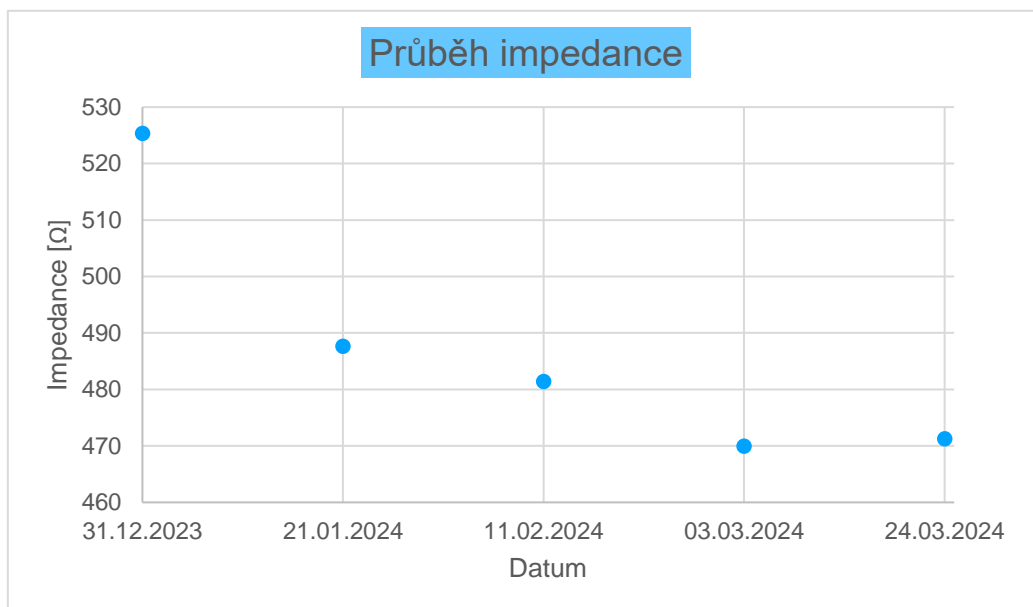
Tabulka 18 - Naměřené hodnoty fyzikálních parametrů muže 2

		QuadScan 4000		MultiScan 5000	
Datum	Frekvence [kHz]	Impedance [ $\Omega$ ]	$\alpha$ [°]	Impedance [ $\Omega$ ]	$\alpha$ [°]
31.12.2023	5	606,9	3,9	635,73	3,83
	50	502,0	7,6	525,32	7,39
	100	467,8	6,9	489,49	6,37
	200	444,0	6,1	465,37	4,85
21.01.2024	5	577,7	3,8	587,80	3,60
	50	479,7	7,4	487,66	7,51
	100	446,6	6,9	453,83	6,62
	200	423,5	6,0	430,14	5,12
11.02.2024	5	598,0	3,8	579,98	3,64
	50	496,3	7,5	481,41	7,47
	100	462,6	6,8	447,88	6,57
	200	440,6	6,1	425,26	5,11
03.03.2024	5	556,4	3,7	562,65	3,46
	50	466,0	7,4	469,95	7,24
	100	434,3	6,8	437,76	6,37
	200	413,1	6,2	415,88	4,90
24.03.2024	5	571,0	3,8	564,85	3,55
	50	472,8	7,7	471,26	7,14
	100	440,7	7	439,71	6,25
	200	417,1	6,2	418,35	4,81

kde  $\alpha$  je fázový úhel.



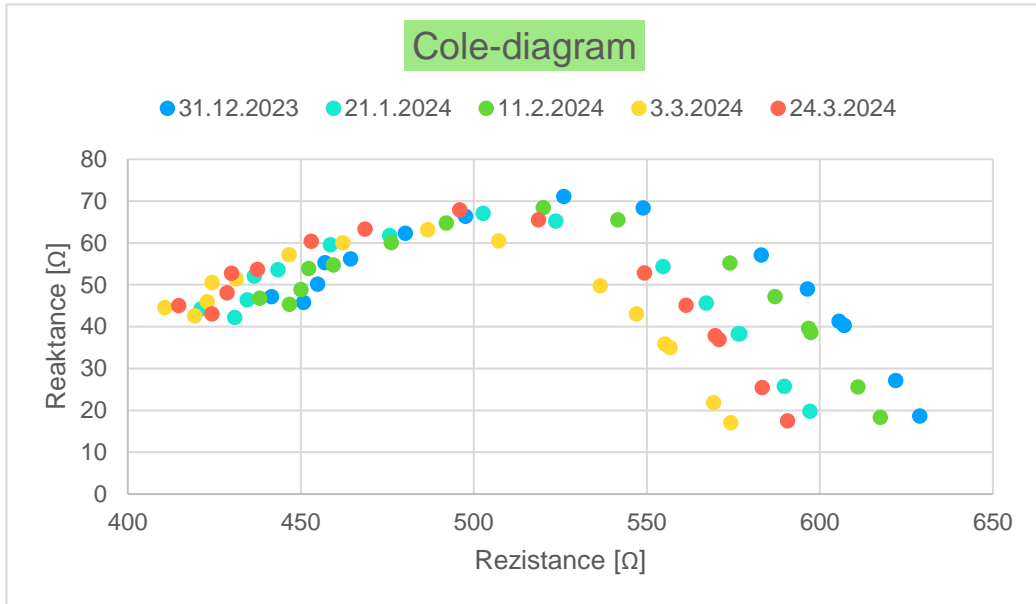
Graf 25 - Průběh impedance muže 2 přístrojem Bodystat QuadScan



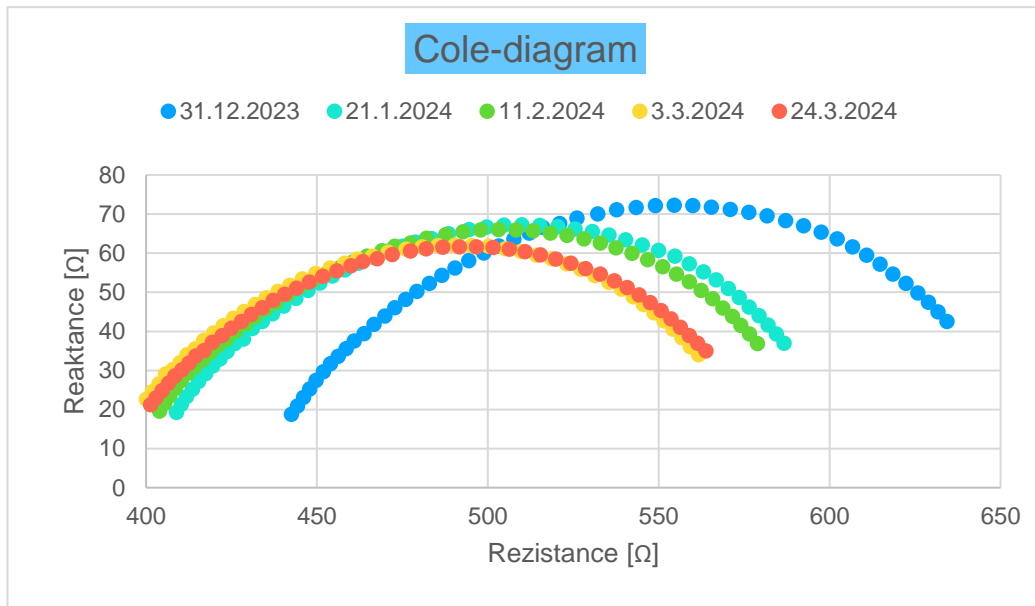
Graf 26 - Průběh impedance muže 2 přístrojem Bodystat MultiScan

Jak již bylo zmíněno, měření přístrojem MultiScan 5000 považujeme za správné, resp. za přesnější. Tedy graf 26 ukazuje průběh impedance muže 2, u kterého docházelo k nepatrnému snížení tukové hmoty, jemuž tento graf odpovídá. Graf 25 ukazuje malou výchytku (odlišnou hodnotu) při měření 10.2.2024, při kterém evidentně muselo dojít k narušení měření.

Když se podíváme na grafy 27 a 28, na kterých je vyobrazen Cole-diagram z obou přístrojů, vidíme opět pro oko hezké křivky, které se lehce v průběhu času mění, protože došlo k malé změně rozložení hmoty v těle muže 2.



Graf 27 - Cole-diagram přístrojem Bodystat QuadScan pro muže 2



Graf 28 - Cole-diagram přístrojem Bodystat MultiScan pro muže 2

### **7.5.3 Testování vlivů polohy pacienta na naměřené parametry**

V této části se zaměřuji na testování vlivu změn poloh probanda při měření na výsledné naměřené parametry. Přístroj naměřil spoustu parametrů, ale pro můj výzkum byly nejdůležitější impedance a fázový úhel. Tyto parametry byly změřeny při frekvenci do 1 kHz až do 200 kHz. Já jsem výsledky zúžila a udělal přehled pro frekvence 5, 50, 100 a 200 kHz. Jak již bylo zmíněno, prováděla jsem testování poloh osmi měření. Jsou očíslované v pořadí, jak šla za sebou. Tj. měření: 1 – vleže (ve správné poloze), 2 – vleže s překříženými nohama, 3 – vleže na ruce mezi zapojenými elektrodami šperky, 4 – vsedě, 5 – vestoje, 6 – zapojení elektrod na levé ruce, 7 – správné zapojení, ale po konzumaci potravy a tekutin, 8 – vleže s překříženými kabely. Hodnoty jsou zaznamenány v tabulce 19.

Tabulka 19 – Hodnoty měřené při změně pozic měření

Měření	Frekvence [kHz]	Impedance [ $\Omega$ ]
1	5	666,6
	50	589,8
	100	557,9
	200	530,7
2	5	658,3
	50	521,2
	100	475,7
	200	445,1
3	5	667,9
	50	589,7
	100	558
	200	534,6
4	5	664,2
	50	587
	100	556,5
	200	533,9
5	5	647,9
	50	576,7
	100	546
	200	524,1
6	5	654,3
	50	581,2
	100	550,9
	200	526,5
7	5	687,6
	50	608,8
	100	577,1
	200	553,5
8	5	693,8
	50	611,9
	100	579,7
	200	555,5

Hodnoty porovnávám při 50 kHz. Z tabulky je vidět, že se impedance liší v závislosti na zvolené poloze měření. Správná hodnota impedance je tedy 589,8  $\Omega$ . Velká odlišnost a zároveň největší se ukazuje při změně polohy nohou, tedy jejich překřížení viz obr. 12. Tento rozdíl (68,6  $\Omega$ ) může být způsobený tím, že se z těla

stala uzavřená smyčka a ovlivnilo to tok proudu tělem. Nejmenší rozdílnost ( $0,1 \Omega$ ) se zaznamenala při přítomnosti šperků mezi elektrodami. To naznačuje, že šperky nemají významný vliv na průchodu elektrického proudu tělem a nezpůsobila výraznější změny v naměřené impedanci. Přítomnost kovu uvnitř těla pacienta jsem bohužel neměla možnost vyzkoušet. Měření vsedě stále vykazuje malou změnu impedance ( $2,8 \Omega$ ), kterou bychom ještě při výsledném hodnocení tělesného složení mohli zanedbat. Ovšem další rozdíly by už hrály větší roli pro posuzování tělesného složení, těmi jsou rozdíl hodnot vestoje ( $13,1 \Omega$ ), kdy dochází k jinému rozložení orgánů, distribuce tekutin či tlak působící na tkáně, zapojení na nesprávné straně pacienta ( $8,6 \Omega$ ), což je ovlivněno svalovou činností srdce a po konzumaci jídla a pití ( $19 \Omega$ ), kdy dochází ke zvýšení hydratace, minerálů a soli, což způsobuje také změnu elektrické vodivosti těla. Po posledním měření jsem ještě vyzkoušela, jakou roli při měření hraje, když se kabely překříží. Tuto hodnotu tedy musím porovnat s hodnotou po konzumaci potravy, jejichž rozdíl je  $3,1 \Omega$ , tedy můžeme stále říci, že tato změna nemá vliv na měření.



Obr. 12 – Překřížení noh při měření [vlastní]



## Diskuse

V diskusi této práce se zaměřuji na zhodnocení a interpretaci výsledků mých měření tělesného složení u jedinců, kteří se zapojili do změny svého životního stylu. Dále se zaměřuji na porovnání výsledků naměřených hodnot různými typy přístrojů a na hodnocení vlivu změny polohy na výsledky měření.

Celkově by se dalo říci, že probandi dosáhli svých cílů, které si na začátku výzkumu stanovili. Z grafů je vidět, že se malým tempem komponenty tělesného složení snižují (v jednom případě zvyšují), čehož pacienti chtěli docílit. Důležitým krokem, který pomůže k dalšímu budoucímu pokroku ve změně životního stylu, je strava. Tedy probandi by se na tuto oblast měli primárně zaměřit a opravdu dodržovat stanovená pravidla, aby to jejich výsledky zdokonalilo.

Z porovnání přístroje Concept s Bodystatem QuadScan 4000 docházím k závěru, že diagnostická váha určuje správné výsledky pouze pro určité rozmezí hmotnosti člověka, protože všechna měření probíhala za stejných podmínek. Měla jsem možnost porovnat tyto přístroje pro hmotnost jedince cca 64 (žena), 73 (žena), 115 (muž) a 152 (muž) kg. Dalo by se říci, že přesnost klesá s rostoucí hmotností v závislosti na pohlaví. Tedy při naměřené nižší hodnotě hmotnosti u žen a mužů jsou vyhodnocené hodnoty tělesného složení téměř přesné, naopak u vyšších hodnot hmotnosti u žen a mužů se vyhodnocené hodnoty liší o pár procent (může to být o 4%, ale i o 8%). Z uvedených tabulek jsem zjistila, že přístroj Concept vyhodnocuje hodnotu BMI zaokrouhlenou na jedno desetinné místo, proto jsou hodnoty BMI stejné při různých naměřených tělesných hmotnostech. Tj. například u muže 2, jehož hodnoty tělesné hmotnosti jsou 115,3 a 115,1 kg, ale vypočtené hodnoty BMI jsou pro obě hmotnosti stejně a to 31,6. Vzhledem k tomu, že přístroj vyhodnocuje hmotnost s desetinným číslem, dochází k této odchylce u přístroje Concept.

U porovnání přístrojů Bodystat QuadScan 4000 a MultiScan 5000 už to tak jednoznačné není a závisí tady na mnoho okolních faktorech, především na provedení měření, které se bohužel nevědomky nemuselo vždy správně provést. Dále také důležitou poznámkou je, že novější přístroj MultiScan naměří daleko více hodnot, díky kterým dokáže zamezit větším chybám přístroje či měření.

Při zkoumání vlivů změn polohy a narušení na naměřené hodnoty přístroje Bodystat QuadScan 4000 jsem zjistila, že přítomnost šperků na kůži nehraje žádnou roli při

měření na výsledné hodnoty. Co ale výsledky poměrně dost ovlivní, je dotyk končetin, konzumace jídla a pití před měřením či měření vestoje.

## Závěr

Ve své výzkumné části diplomové práce jsem se zaměřila na sledování změn tělesného složení u jedinců v průběhu jejich úsilí o změnu životního stylu. Konkrétně jsem se zabývala měřením fyzikálních parametrů prostřednictvím diagnostických přístrojů založených na bioelektrické impedanci. Mé zkoumání se soustředilo na porovnání výsledků naměřených různými přístroji, analýzu vlivu změn polohy během měření a interpretaci těchto dat s ohledem na změny ve stravovacích návycích a životním stylu jednotlivců.

Měření podstoupili dvě ženy a dva muži různého věku, kteří už nějakou dobu nejsou spokojeni se svým životním stylem. Vzhledem k tomu, že jsem měla možnost si práci s přístroji sama vyzkoušet a provést měření a analýzu, probandi měli obrovskou motivaci začít se svými nedostatky něco dělat. Jedna žena a oba muži se snažili o redukci hmotnosti, tedy snížení tukové hmoty. Druhá žena se chtěla do výzkumu taktéž zapojit ale s opačným záměrem, tedy zvýšit hmotnost a tukovou hmotu, a ukázat tak, že obě změny v životním stylu nejsou jednoduché, o čemž jsem se mohla sama přesvědčit. Každý proband během výzkumu dodržoval stanovená pravidla na svou vlastní zodpovědnost.

Celkově by se dalo říci, že měření probíhalo v pořádku a až na malé odchylky a nedostatky jednotlivci dosáhli nepatrných změn jednak v tělesné hmotnosti, ale i v tukové hmotě, což se dalo ověřit měřením přístroji Bodystat QuadScan 4000 a Concept VO4001 Perfect Health. Samozřejmě jejich průběh vývoje jednotlivých komponent není úplně ideální, proto by bylo vhodné, kdyby probandi i nadále dodržovali správný životní styl, aby jejich vysněných cílů a hodnot dosáhli. Při výzkumu jsem zjistila, že přístroj Concept měří správné hodnoty pouze u některých tělesných hmotností v závislosti na pohlaví a že naměřené hodnoty v porovnání s přístrojem Bodystat se liší, protože dochází k zaokrouhlování ve výpočtu. To je taktéž vidět u jednotlivých probandů při měření pouze přístrojem Concept, protože tělesná hmotnost je měřená s přesností na dvě desetinná místa, pro mé účely stačilo zaokrouhlení na jedno desetinné místo, dochází tak k výpočtu hodnoty BMI stejné pro více naměřených hodnot, protože tuto hodnotu přístroj zaokrouhluje pouze na jedno desetinné místo. Tyto nedostatky se poté odrážejí i na výpočtech jednotlivých komponent tělesného složení. V budoucnu by bylo vhodné se detailně podívat na

predikční rovnice tohoto přístroje a vidět, kde právě dochází k těmto odlišným odchylkám. Zajímavé by bylo také provést měření s více jednotlivci s větší škálou tělesných hmotností a zkoumat, jak přístroj Concept vyhodnocuje svá data.

Po celkovém zhodnocení fyzikálních parametrů naměřených přístroji Bodystat QuadScan 4000 a Bodystat MultiScan 5000 bych řekla, že přístroje, opět až na malé odchylky, měří přibližně stejně s tím, že přístroj MultiScan měří o něco lépe vzhledem k jeho vylepšení.

Z provedené analýzy změn impedance v závislosti na různých polohách měření lze vyvodit několik důležitých závěrů. Největší rozdíly v impedanci se objevily při změně polohy nohou, kdy došlo k překřížení, což může způsobit uzavření elektrické smyčky těla a ovlivnit tok proudu. Naopak přítomnost šperků mezi elektrodami nevykazuje významné změny v impedanci, což naznačuje minimální vliv kovových předmětů na povrchu těla na průchod elektrického proudu tělem. Dalším měřením, které by bylo vhodné si vyzkoušet, je přítomnost kovu uvnitř těla. Bohužel jsem takovouto možnost v mém výzkumu neměla, proto by v budoucnu bylo vhodné se zaměřit na měření extrémních případů, jako je například tento.

## Literatura

- [1] ČTVRTEČKOVÁ, Barbora. Hodnocení zdravotního stavu a tělesného složení pacientů. Bakalářská. Hradec Králové: Univerzita Hradec Králové, 2022.
- [2] RIEGEROVÁ, Jarmila a Marie ULBRICHOVÁ. Aplikace fyzické antropologie v tělesné výchově a sportu. 3. Olomouc: HANEX, 2006. ISBN 80-85783-52-5.
- [3] ROKYTA, Richard. Fyziologie. 3. Praha: Galén, 2016. ISBN 978-80-7492-238-1.
- [4] MARTINÍK, Karel. Obezita, nadváha. Hradec Králové: Garamon, 2008. ISBN 978-80-86472-37-9.
- [5] SOBOLOVÁ, Vítězslava a ZELENKA, Václav. Fyziologie člověka. 2. Praha: Karlova Univerzita, 1982.
- [6] KASPER, Heinrich. Výživa v medicíně. 11. Praha: Grada, 2009. ISBN 978-80-247-4533-6.
- [7] HAINER, Vojtěch. Obezita. 2. Praha: Triton, 2003. ISBN 80-7254-384-9.
- [8] BŘEZINA, Jozef; VRÁNOVÁ, Jana a KOLÁŘOVÁ, Hana. Biofyzika. 2. Praha: Grada, 2021. ISBN 978-80-271-2526-5.
- [9] HRAZDIRA, Ivo; MORNSTEIN, Vojtěch a ŠKORPÍKOVÁ, Jiřina. Základy biofyziky a zdravotnické techniky. Brno: Neptun, 2006. ISBN 80-86850-01-3.
- [10] Fat-free mass prediction equations [online]. 2015, (158). Dostupné z: [doi:https://doi.org/10.1186/s12887-015-0476-7](https://doi.org/10.1186/s12887-015-0476-7)
- [11] Bioelectrical impedance [online]. 2022. Dostupné z: [doi:10.3389/fnut.2022.935128](https://doi.org/10.3389/fnut.2022.935128)
- [12] Bodystat MultiScan 5000. Online. Bodystat.com. Dostupné z: <https://www.bodystat.com/product-catalog/bodystat-multiscan-5000>.
- [13] Bodystat MultiScan 5000. Online. Bodystat.cz. Dostupné z: <https://bodystat.cz/multiscan#menu2>.
- [14] [https://www.concept.cz/osobni-vaha-diagnosticka-180-kg-perfect-health-cerna-vo4001\\_d149219.html](https://www.concept.cz/osobni-vaha-diagnosticka-180-kg-perfect-health-cerna-vo4001_d149219.html)