

**Univerzita Hradec Králové**  
**Přírodovědecká fakulta**  
**Katedra Fyziky**

Měření a hodnocení dat metodikou Bioimpedance

Diplomová práce

Autor: Bc. Kristina Mrázová

Studijní program: N0533A110049 Fyzikální měření a modelování

Studijní obor: Fyzikální měření a modelování

Vedoucí práce: Ing. Jan Hlúbik, Ph. D

Hradec Králové

květen 2024



Univerzita Hradec Králové  
Přírodovědecká fakulta

## Zadání diplomové práce

**Autor:** Bc. Kristina Mrázová

Studium: S22FY010NP

Studijní program: N0533A110049 Fyzikální měření a modelování

Studijní obor: Fyzikální měření a modelování

**Název diplomové práce:** **Meření a hodnocení dat metodikou Bioimpedance**

Název diplomové práce AJ: Bioimpedance data measurement and assessment

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 vypracovala samostatně a že jsem v seznamu použité literatury uvedla všechny prameny, z kterých jsem vycházela.

V Hradci Králové dne 6.5.2024

Bc. Kristina Mrázová

## **Poděkování**

Ráda bych poděkovala svému vedoucímu diplomové práce Ing. Janu Hlúbikovi, Ph.D. za Jeho trpělivost při vedení, za veškeré připomínky, rady a podporu při psaní práce.

## **Anotace**

MRÁZOVÁ, Kristina. *Měření a hodnocení dat metodikou Bioimpedance*, Hradec Králové, 2024. Diplomová práce na Přírodovědecké fakultě Univerzity Hradec Králové. Vedoucí diplomové práce Ing. Jan Hlúbik, Ph.D. 116 s.

Diplomová práce je zaměřena na měření a hodnocení dat pomocí bioimpedanční analýzy, která přednostně slouží k posuzování tělesného složení a tělesných komponent u člověka. V teoretické části najdeme komplexní přehled jednotlivých složek tělesného složení, elektrické vlastnosti tkání, působení elektrického proudu na tkáně a fyzikální principy a přístroje, které pracují na principu bioimpedanční analýzy. Dále je součástí práce i praktická část, která ukazuje zpracování dat získaných z Bodystat Multiscan 5000, Tanita MC 180 MA a InBody 720, řešení problematiky a měření lymfedému pomocí BIA a samotné měření s Bodystat Multiscan 5000, u kterého byly porovnávány výsledky měření ve třech polohách-vleže, vsedě a vestoje. V příloze je přiložena ukázka výsledných protokolů měření z jednotlivých přístrojů.

### **Klíčová slova**

bioelektrická impedanční analýza, tělesné složení, zpracování dat, přístroje na měření tělesného složení

## **Annotation**

MRÁZOVÁ, Kristina. *Bioimpedance data measurement and assessment*. Hradec Králové, 2024. Diploma Thesis at Faculty of Science University of Hradec Králové. Thesis Supervisor Ing. Jan Hlúbik, Ph.D. 116 p.

The diploma thesis is focused on measuring and evaluating data using bioimpedance analysis, which is primarily used to assess body composition and body components of a person. In the theoretical part, we will find a comprehensive overview of individual components of body composition, electrical properties of tissues, the effect of electric current on tissues, and physical principles and devices that work on the principle of bioimpedance analysis. Furthermore, the work also includes a practical part that shows the processing of data obtained from the Bodystat Multiscan 5000, Tanita MC 180 MA and InBody 720, solving the problem and measuring lymphedema using BIA and the measurement itself with Bodystat Multiscan 5000, in which the measurement results were compared in three positions - lying, sitting and standing. An example of the resulting measurement protocols from individual devices is attached.

## **Keywords**

bioelectrical impedance analysis, body composition, data processing, devices for measuring body composition

# Obsah

Úvod.....	9
1 Modely tělesného složení.....	10
1.1 Anatomický model.....	10
1.2 Molekulární model.....	11
1.3 Buněčný model.....	11
1.4 Tkáňově-systémový model.....	11
1.5 Celotělový model.....	12
2 Tělesné složení.....	13
2.1 Celková tělesná voda (CTV).....	13
2.1.1 Funkce tělesné vody.....	15
2.2 Tuková tkáň.....	16
2.2.1 Funkce tělesného tuku.....	18
2.2.2 Zastoupení tělesného tuku.....	18
2.3 Kostní hmota.....	20
2.4 Svalová hmota.....	22
3 Elektrické vlastnosti tkání.....	23
3.1 Pasivní elektrické vlastnosti.....	23
3.2 Aktivní elektrické vlastnosti.....	24
3.3 Elektrické vlastnosti svalů.....	24
3.3.1 Využití elektrických vlastností svalů.....	25
3.4 Léčebné využití stejnosměrného proudu.....	26
3.5 Léčebné využití střídavého proudu.....	27
3.6 Elektrická činnost srdce.....	28
4 Účinky elektrického proudu na organismus.....	29
4.1 Druhy proudu.....	29
4.2 Velikost proudu.....	30
4.3 Impedance lidského těla.....	30
4.3.1 Elektrická impedance tkání.....	32
4.4 Napětí.....	34
4.5 Frekvence elektrického proudu.....	35
4.6 Dráha elektrického proudu.....	35
4.7 Vliv fyziologického a psychologického stavu.....	35
4.8 Negativní přímé účinky elektrického proudu.....	36
5 Bioimpedance.....	37
5.1 Hlavní zásady a kontraindikace při měření.....	39

5.2	Fázový úhel.....	40
5.3	Cole-Cole diagram .....	41
5.4	Přístroje bioimpedanční analýzy.....	42
5.4.1	Přístroje InBody.....	42
5.4.2	Přístroje Bodystat.....	43
5.4.3	Přístroje Omron .....	43
5.4.4	Přístroje Tanita .....	44
6	Praktická část .....	45
6.1	Měření s Tanita MC 180 MA.....	45
6.2	Měření s Bodystat Multiscan 5000 .....	51
6.2.1	Porovnání a zpracování výsledků měření .....	57
6.2.2	Porovnání výsledků pro tělesný tuk .....	59
6.2.3	Porovnání výsledků pro celkovou tělesnou vodu .....	62
6.2.4	Porovnání výsledků pro aktivní tělesnou hmotu (ATH).....	65
6.2.5	Porovnání výsledků pro BMR.....	67
6.2.6	Porovnání výsledků pro impedanci 50 kHz.....	69
6.2.7	Cole-Cole modely .....	72
7	Hodnocení dat metodikou bioimpedance .....	75
7.1	Přístroj InBody 720.....	75
7.2	Zpracování dat .....	77
7.2.1	Tělesný tuk %.....	78
7.2.2	Celková tělesná voda – TBW.....	80
7.2.3	BMR.....	82
7.2.4	BMI .....	84
7.2.5	Intracelulární a extracelulární tekutina.....	85
8	Měření lymfedému pomocí BIA .....	87
8.1	L-DEX .....	88
9	Diskuse.....	94
	Závěr .....	98
	Seznam použité literatury .....	99
	Přílohy .....	111



# Úvod

V této diplomové práci se budeme zabývat různými metodami a přístroji, které slouží k měření tělesného složení pomocí bioelektrické impedanční analýzy (BIA). Převážně se zaměříme na zpracování různých dat získaných z přístrojů, které fungují na principu bioimpedance.

Analýza tělesného složení zejména slouží k hodnocení zdravotního a tělesného stavu člověka, proto své využití nejvíce nalézá v obezitologických poradnách, nemocničních a nutričních zařízeních.

V první části diplomové práce si představíme jednotlivé komponenty tělesného složení, které můžeme pomocí přístrojů BIA zkoumat. Jedním z nejdůležitějších ukazatelů zdravotního stavu je množství tělesného tuku. Přemíra tělesného tuku odkazuje na nedostatečný tělesný pohyb a špatný životní styl. Tento případ pak může nabývat až extrémních forem v podobě obezity, která mimo jiné zapříčiňuje vznik cukrovky a onemocnění cév a srdce. Nedostatek tělesného tuku může negativně ovlivňovat psychické zdraví jedince a také menstruační cyklus žen, neboť jejich hormony jsou na dostatečném procentu tělesného tuku závislé.

Dalšími tématy v následujících kapitolách budou modely tělesného složení, svalová tkáň, tělesná voda, kostní hmota, elektrické vlastnosti tkání a působení elektrického proudu na tkáně, které nemusí být vždy pozitivní, ale může být i nebezpečné.

Hlavním předmětem této diplomové práce je pohled na bioimpedanční analýzu, zpracování naměřených dat a přístroje, které na jejím principu fungují. Jedná se např. o přístroje Bodystat Multiscan 5000, Tanita MC 180 MA, InBody 720 a mnoho dalších. Zpracujeme princip měření BIA, kontraindikace, které mohou ovlivnit získané výsledky a různá odvětví, ve kterých se tyto přístroje dají využít.

V praktické části se zaměříme na samotné měření a představení přístrojů, které jsme použili pro náš výzkum, porovnávání výsledků pro měření ve třech různých polohách - vleže, vsedě a vestoje. Dále zde bude podkapitola o L-Dex skóre, které určuje míru otoku v jednotlivých končetinách a porovnání dat ze třech různých přístrojů, které slouží pro měření tělesného složení.

Protokoly, které je možné získat z přístrojů bioimpedanční analýzy, jsou součástí přílohy.

# 1 Modely tělesného složení

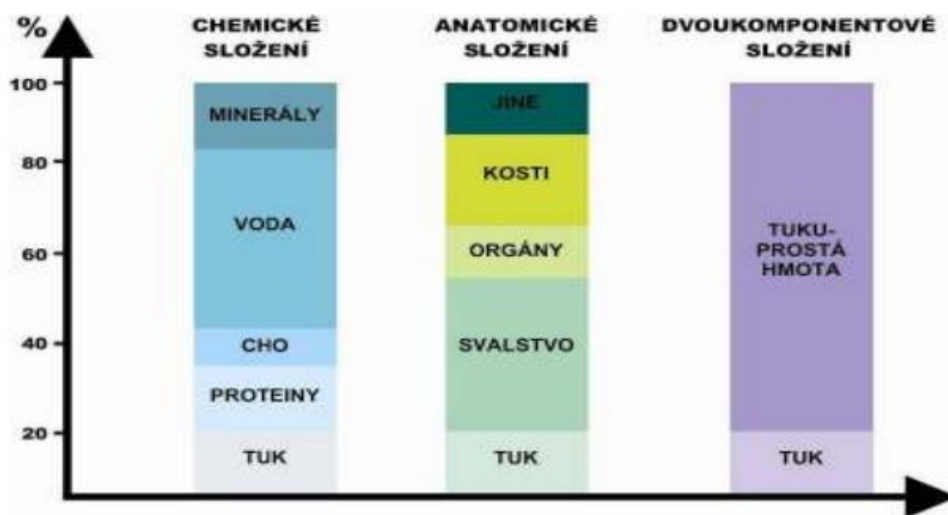
Tělesné složení je jedním z nejdůležitějších ukazatelů vývojového stupně člověka. Poukazuje i na úroveň jeho zdraví, tělesné zdatnosti, výkonnosti a také stavu výživy, kterou daný jedinec přijímá.

Každý jedinec podléhá své individualitě, a tudíž všechny získané tabulky, které se tomuto tématu věnují, jsou pouze orientační a ukazují průměrné hodnoty.

Tělesné složení lze vnímat z několika různých pohledů. K jeho popisu používáme modely, které nám pomáhají danou problematiku lépe popsat. Tyto modely popisují pevně definované strukturální rámce a složky, s jejichž pomocí můžeme hodnotit lidské tělo jako celek. Porovnání některých modelů si můžeme prohlédnout na obrázku 1.

[1, 2]

Jednotlivé modely tělesného složení si nyní představíme v následujících podkapitolách.



Obrázek 1 Chemický, anatomický a dvoukomponentový model tělesného složení [3]

## 1.1 Anatomický model

Anatomický model vychází z předpokladu, že lidský organismus je tvořen chemickými prvky. Přibližně 98 % lidského těla je složeno z prvků jako je kyslík, uhlík, vodík, dusík, vápník, fosfor a dalších 44 prvků. Dále také rozděluje tělo na složky kosterní, svalové, tukové a zbytek, který je tvořen vnitřními orgány apod. [3,4]

Neutronová aktivační analýza je metoda, která je založena na anatomickém modelu. [1]

## 1.2 Molekulární model

Voda, lipidy, bílkoviny, minerály a glykogen jsou hlavními komponentami molekulárního modelu. Jedenáct hlavních prvků tvoří molekuly, které představují více jak 100 000 chemických sloučenin, které tvoří lidské tělo. [4, 5]

Pomocí tohoto modelu je možné měřit celkovou vodu, tukuprostou hmotu, tuk a kostní hustotu, např. bioimpedanční metodou či DEXA. [5]

Hmotnost těla se pak rovná celkovému součtu lipidů, vody, proteinů, minerálů a glykogenu. [1,3]

## 1.3 Buněčný model

Buněčný model se zakládá na spojení jednotlivých molekulárních součástí v buňce. V tomto případě sledujeme parametry jako je extracelulární tekutina (ECT), která je složena z plazmy a intersticiální tekutiny. Oproti tomu intracelulární tekutina (ICT) je uložena uvnitř buněk a tvoří přibližně 40 % celkové tělesné hmotnosti. [93]

Dále pak je tvořen buněčnou masou (BM), která představuje metabolizující část lidského těla (svalové + epiteliální + pojivové + nervové buňky) a extracelulární pevné organické i anorganické látky (EPCL). [1,3]

$$Hmotnost\ těla = buňky\ tukové\ tkáně + BM + ECT + EPCL$$

*Rovnice 1 Buněčný model*

## 1.4 Tkáňově-systémový model

Tento model rozděluje tělesnou hmotnost pomocí třech typů tkání: kostní, svalové a tukové. Celkově je lidský organismus definován několika systémy a to jsou: muskuloskeletální, oběhový, kožní, nervový, respirační, zažívací, reprodukční, vyměšovací a endokrinní.

Využití tento model nachází třeba v počítačové tomografii, magnetické rezonanci nebo i pro stanovení tělesného složení pomocí 24hodinového měření, při kterém dojde k vyloučení kreatinu. [6]

## 1.5 Celotělový model

Celotělový model vychází z antropometrických měření. Výsledky těchto měření podrobně popisují tělesnou výšku, hmotnost, hmotnostně-výškové indexy, délkové, šířkové a obvodové rozměry, kožní řasy, objem těla, hustotu těla, která vypovídá o množství aktivní hmoty a uloženém tuku. [9,14]

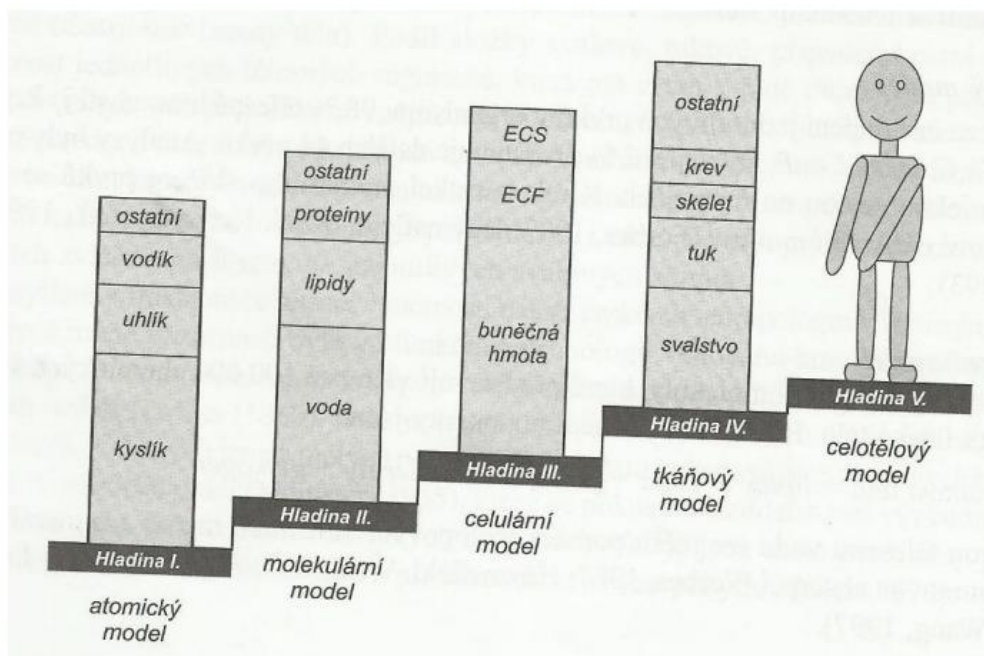
Tento model se používá v antropologické a klinické praxi podle možností a využití různých přístrojů a technik.

Jedním takovým modelem je dvoukomponentový model, který je nejpoužívanější. Tělo je v tomto případě děleno na dvě základní složky-tuk a tukuprostou hmotu.

Druhou možností je tříkomponentový model, který rozděluje tělesné složení na vodu, tuk a sušinu, do které patří proteiny a minerály.

Třetím modelem je čtyřkomponentový model, jenž upřesňuje hmotnost jako tuk, extracelulární tekutinu, buňky a minerály. [1,7]

Obrázek 2 znázorňuje porovnání všech pěti modelů tělesného složení.



Obrázek 2 Pět modelů tělesného složení [5]

## 2 Tělesné složení

Tělesné složení se obecně dá rozdělit na dvě komponenty: na podíl tukové a tukuprosté hmoty v těle. Existují metody, které dokážou změřit přibližné hodnoty těchto komponent, což nám může pomoci zjistit celkovou analýzu zdravotního stavu jedince. [8]

Složení našeho těla je také velmi ovlivněno genetikou. Mezi další faktory pak také patří celkový zdravotní stav organismu, míra pohybové aktivity nebo jiné výživové faktory. [9]

Optimální složení těla u zdravých jedinců znázorňuje tabulka 1.

Optimální složení těla u zdravých dospělých jedinců (v %)		
Základní složky	Muži	Ženy
Voda	62,4 %	56,50 %
Minerální látky	5,80 %	5,30 %
Proteiny	16,50 %	15,20 %
Tělesný tuk	15,30 %	23,00 %
Celkem	100 %	100 %

Tabulka 1 Optimální složení těla u zdravých dospělých jedinců (v %) [9]

### 2.1 Celková tělesná voda (CTV)

Voda je základem snad každé struktury našeho těla. V závislosti na teplotě prostředí dokáže člověk vydržet bez vody pouze jenom 2–3 dny. [11]

Celková tělesná voda, která je také označována zkratkou CTV, tvoří jednoznačně největší podíl tělesného složení a popisuje veškerou vodu v lidském těle. [10]

CTV patří mezi procentuálně nejvíce zastoupenou anorganickou látku v lidském těle. Zaujímá přibližně 55-60 % hmotnosti lidského organismu. [11, 12]

Pokud bychom si představili tělo člověka o hmotnosti asi 70 kg, obsahoval by takový organismus zhruba 42 l vody. [12]

Podíl tělesné vody je vyšší u malých dětí než u dospělých. Novorozenci mají dokonce až okolo 75-80 % vody v těle. [10,12]

Také v těhotenství dochází ke zvyšování tělesné vody. Na druhou stranu s přibývajícím věkem se podíl vody snižuje. Procento tělesné vody také závisí na pohlaví: ženy mají nižší podíl CTV než muži, což je dáno tím, že ženské tělo obsahuje

obecně větší procento tuku. Muži mají na druhou stranu více svalové hmoty, která je tvořena z velké části vodou (až 76 %). [10, 12]

Obsah vody pak také klesá s přibývajícím hmotností, proto obézní lidé mají podíl CTV nižší. [12]

Voda je obsažena ze 60 % v buňkách, dalších 40 % je rozdělen v mezibuněčném prostoru. Také tvoří značnou část tělních tekutin. Krev je tvořena vodou z více než 80%.

Svaly obsahují přes 75 % vody a kosti okolo 20 %. V malém množství můžeme vodu nalézt i v zubní sklovině (2 %). [13]

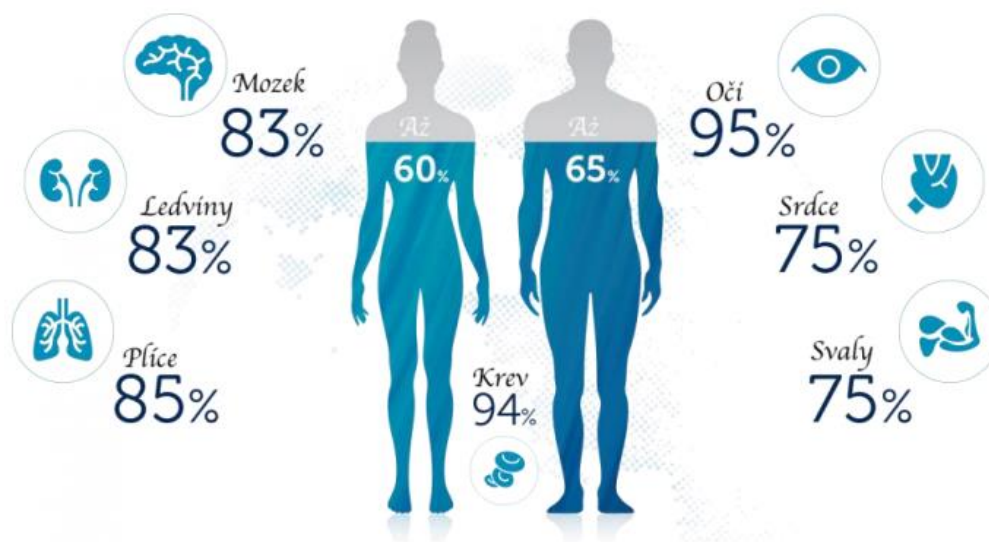
Celková tělesná voda se ze dvou třetin dělí na intracelulární tekutinu (ICT), česky nitrobuněčná tekutina, a také na extracelulární tekutinu (ECT), která se označuje jako mimobuněčná tekutina. [12]

Intracelulární tekutina je tekutina, která se nachází uvnitř buněk. Jedná se zhruba o 40% z celkové tělesné hmotnosti. Hlavním vnitrobuněčným kationtem je  $K^+$ . Aniontem v tomto případě jsou bílkoviny a fosfáty. [8,11, 17]

Hlavním kationtem extracelulární tekutiny je  $Na^+$  a aniontem  $Cl^-$ . Za běžných podmínek se vyskytuje v organismu pouze v malém množství. Při chorobných stavech dochází k jejímu nárůstu až na několik litrů. [8,11]

Dále zhruba čtvrtina ECT se nachází v cévách – 15 % tekutina intravaskulární (voda plazmy) a zbytek ECT se vyskytuje v mezibuněčném prostoru jako intersticiální tekutina (5 %), která se česky označuje jako tkáňový mok. [12]

Rozložení celkového obsahu vody v % v jednotlivých tělesných strukturách pro muže a ženu nám znázorňuje obrázek 3.



Obrázek 3 Rozložení celkového obsahu vody v procentech v ženském a mužském těle [14]

## 2.1.1 Funkce tělesné vody

Voda v lidském těle funguje jako rozpouštědlo, které pomáhá transportovat elektrolyty, kyslík, živiny, hormony a mnoho dalších důležitých látek.

Její dalším důležitým úkolem je regulace tělesné teploty v nejrůznějších vnějších podmínkách. [11,13]

Pomocí vody dochází k odstraňování odpadních produktů z organismu ven. Mezi tyto odpadní látky patří např. močovina a amoniak.

Tělesná voda také udržuje stálost vnitřního prostředí. Tato vlastnost se odborně nazývá homeostáza. [11,13]

Napomáhá rozkladu potravy a následné absorpci živin, také předchází zácpě.

Velmi významnou funkcí je její role při chemických reakcích. Nedostatek tělesné vody může zapříčinit nesprávné fungování organismu na buněčné úrovni.

Další funkcí je udržování tvaru a struktury buněk, podporuje fyzický výkon a také pružnost a zdraví kůže. [11,13]

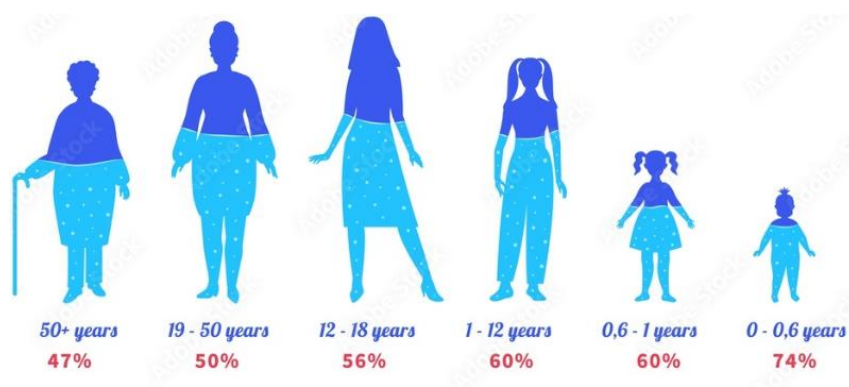
Stav nedostatku vody v těle se označuje jako dehydratace. Je velmi důležité dodržovat správný pitný režim. Její nedostatek může vést až k psychickým problémům, únavě, slabosti, bolestem hlavy, migrénám a mnoho dalších.

Obecně je doporučena denní dávka vody přibližně 2,5-3 litry. Dospělý jedinec by měl vypít cca 25–40 ml vody na 1 kg tělesné hmotnosti. [11,13]

Podíl vody v těle pro muže, ženu a děti nám znázorňuje obrázek 5. Na obrázku 4 máme v procentech ukázáno zastoupení celkové tělesné vody u ženy v průběhu života.



Obrázek 5 Podíly vody v těle [15]



Obrázek 4 CTV v průběhu života ženy v % [16]

## 2.2 Tuková tkáň

Tuková tkáň je vazivová tkáň, pro kterou je charakteristické střežení tuku. Ten je aktivně vytvořený ze sacharidů a mastných kyselin v buňkách. Buňky, které mají toto na starost se nazývají adipocyty. Zdravý dospělý jedinec by měl mít přibližně 20-25 % tukové tkáně.

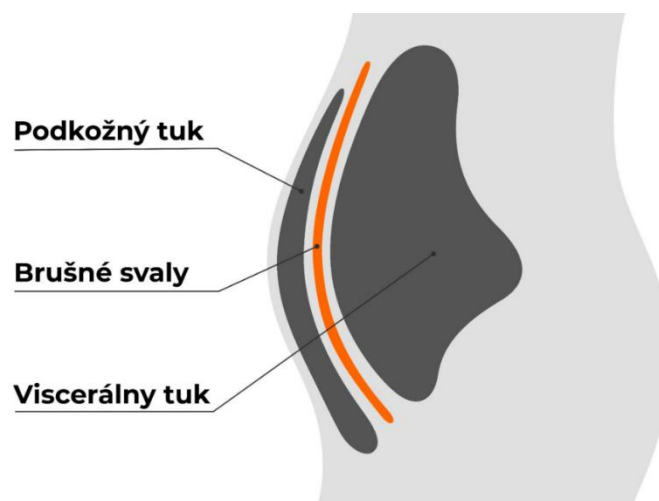
Proces, při kterém dochází k odbourávání či ukládání tuku, je řízen hormonálními i nervovými podněty.

Tuková tkáň se dělí na dva základní typy – hnědá tuková tkáň a bílá tuková tkáň. Dále pak z hlediska umístění se může tělesný tuk dělit na viscerální (nitrobřišní) tuk a subkutánní (podkožní) tuk, jak můžeme vidět na obrázku 6. [18,19,20]

Viscerální tuk najdeme v břišní dutině, v okolí orgánů, přičemž jeho primární funkce je jejich ochrana. Vysoký podíl viscerálního tuku může být rizikovým faktorem vzniku některých onemocnění, mezi které patří např. cukrovka 2. typu, onemocnění srdce a mnoho dalších. Jeho nadměrná se může projevat nadměrným obvodem pasu. [20,22]

Přibližný odhad viscerálního tuku se dá udělat tak, že ze své váhy odečteme přibližně deset procent. Toto číslo by zhruba mělo odpovídat uloženému viscerálnímu tuku v břišní dutině. [21,22]

Podkožní tuk se ukládá přímo pod kůží. Je významným ochráncem našeho těla proti chladu a funguje jako zásobárna energie. Procento tuku v těle je také ovlivněno genetikou. Na podkožní tuk má vliv mnoho rozličných faktorů např. sedavý způsob života, přebytek kalorií v jídlech, cukrovka nebo inzulínová rezistence. [20,21,22]

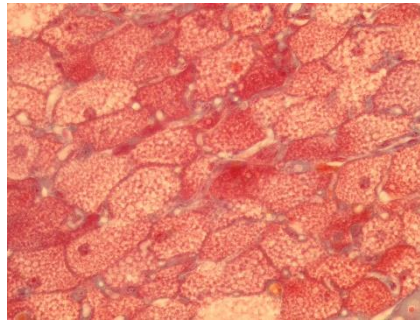


Obrázek 6 Umístění tělesného tuku [22]



Hnědá tuková tkáň se hlavně vyskytuje u zvířat a u lidských novorozenců, přičemž je tvořena adipocyty s drobnými tukovými kapénkami a má velké množství mitochondrií, což způsobuje její nahnědlou barvu, jak vidíme na obrázku 7. [19]

Tato tkáň reaguje lépe na hormonální podněty než na změnu výživy. Obecně se nachází podél velkých cév a mezi lopatkami, podél oblasti páteře a míchy směrem k ramenům u novorozených dětí. Její hlavní funkcí je ohřívání organismu. V malém množství se vyskytuje i u dospělých jedinců, ale časem se její funkce podobá bílé tukové tkáni. [18,19,20]

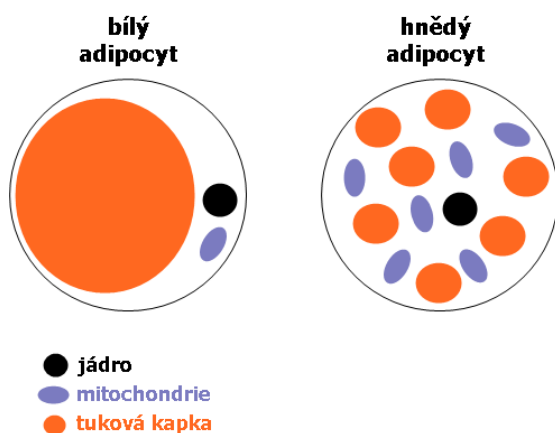


Obrázek 7 Hnědá tuková tkáň [19]

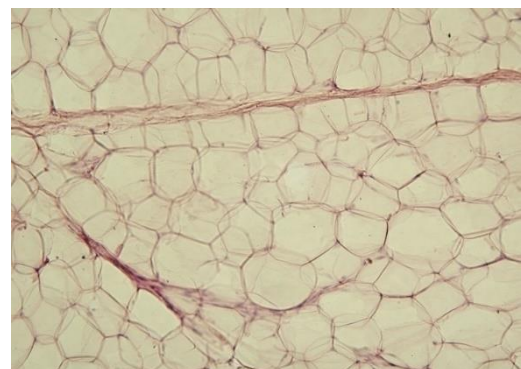
Bílá tuková tkáň je tvořena jednou velkou tukovou kapkou, která tlačí jádro k okraji buňky. Buňky této tkáně patří mezi největší buňky v lidském těle. Mohou být velké až 50 mikrometrů. Pro ilustraci přikládáme obrázek 9.[18]

Tato tkáň se nachází zejména v okolí ledvin, kde má funkci ledvinových pouzder. Dále ji také můžeme nalézt na dlaních či chodidlech, zde je jako pružná vložka. Vlivem zátěže je schopna své buňky deformovat do míry jakou jí umožňuje retikulární vazivo, což je druh vaziva, které se např. vyskytuje v kostní dřeni. Po uvolnění deformace se zase vrací do původního stavu. Její hlavní funkcí je ochrana vnitřních orgánů, tepelná izolace a zásobárna energie. Porovnání obou tkání je na obrázku 8. [18,19,23]

Štíhlé osoby mívají okolo 20 % tuku z celkové tělesné hmotnosti, u obézních jedinců je to pak až 50 %. [18]



Obrázek 8 Základní rozdíly mezi bílými a hnědými adipocyty [20]



Obrázek 9 Bílá tuková tkáň [19]

## 2.2.1 Funkce tělesného tuku

Tuky obecně slouží ke správnému vstřebávání vitamínů A, D, E, K, také zajišťují hormonální stabilitu těla a jsou nedílnou součástí všech buněk organismu včetně nervové tkáně.

Jeho další důležitá funkce je v kůži, pak také při srážení krve a protizánětlivých procesech. [24]

Tělesný tuk je nutný pro správné fungování našeho těla. Jedná se o významný ochranný faktor před chladem a důležitou zásobárnu energie. Díky tělesnému tuku mají vlasy, kůže i nehty svůj zdravý vzhled. [25]

Na druhou stranu přemíra tělesného tuku může vést k vážným zdravotním problémům, mezi které můžeme zařadit třeba obezitu, onemocnění srdce a oběhového systému, riziko vysokého krevního tlaku, diabetes 2. typu, onemocnění jater či možnost vzniku některých nádorů. [25,26]

Špatný je ovšem i druhý extrém, při kterém by hrozil nedostatek tuku v těle. Nízké hodnoty tělesného tuku mohou být příčinou nedostatku energie, depresí, úzkostí nebo oslabených kostí, kdy hrozí zvýšené riziko zlomenin. U žen může způsobovat menstruační problémy. [2,27]

Celkově pak můžeme říct, že nízké procento tuku může mít vliv na všechny funkce těla, a proto je důležité ho udržovat ve zdravé míře okolo 15–18 % tuku u mužů a pro ženy je to přibližně 22–25 %. [27,28]

## 2.2.2 Zastoupení tělesného tuku

Procento tělesného tuku se liší v závislosti na věku a pohlaví. Je významným ukazatelem zdravotního stavu a tělesné kondice jedince. Jeho množství se dá ovlivňovat mírou pohybových a výživových aktivit, proto se víceméně jedná o variabilní prvek hmotnosti lidského těla. [1, 2, 27, 29]

Minimální procento tuku, které se dá ještě považovat za zdravé je pro ženy i muže jiné. Ženy obecně potřebují více tukové tkáně pro správné fungování všech hormonálních a tělesných pochodů. Tuk je významný pro tvorbu estrogenu. Deficit tělesného tuku by mohl vést ke ztrátě menstruace a také poruchám funkčnosti štítné žlázy. [24]

Pro ženy je tedy minimální obsah tuku 12 % a pro muže 5 %, jelikož dokážou fungovat s mnohem menším procentem tělesného tuku než ženy. Hranici 5 % tělesného tuku se často přibližují závodní kulturisté. [27]

Existuje velmi málo důkazů, že by nízké procentu tuků mělo vliv na lepší výkonnost ve sportu. Množství tělesného tuku se liší mezi vrcholovými sportovci podle sportu, kterému se věnují. Obecně spadají do kategorie s nižším obsahem tukové hmoty díky většímu podílu svalů. [27]

Optimální procento tuku pro ženy je 22–25 % a pro muže 15–18 %. [2, 27,30,31]

Nadváha u žen nastává při překročení hranice 30 % a od 35 % se jedná o obezitu. U mužů je stav 20 % označován jako nadváha a nad 25 % nastává stav obezity, která může být zdraví nebezpečná a měla by následovat redukce tělesné hmotnosti.

[1, 27, 30, 31]

S přibývajícím věkem dochází ke zvyšování podílu tuku, což je naprosto přirozené.

Nelze obecně stanovit ideální procento tělesného tuku pro jednotlivá pohlaví i věk, ale pouze orientační rozpětí pro průměrnou populaci. Není tedy ani na místě pokoušet se porovnávat procenta tuku u žen a mužů, neboť jsou obě pohlaví fyziologicky odlišná, jak vidíme v tabulce 2. [2,24]

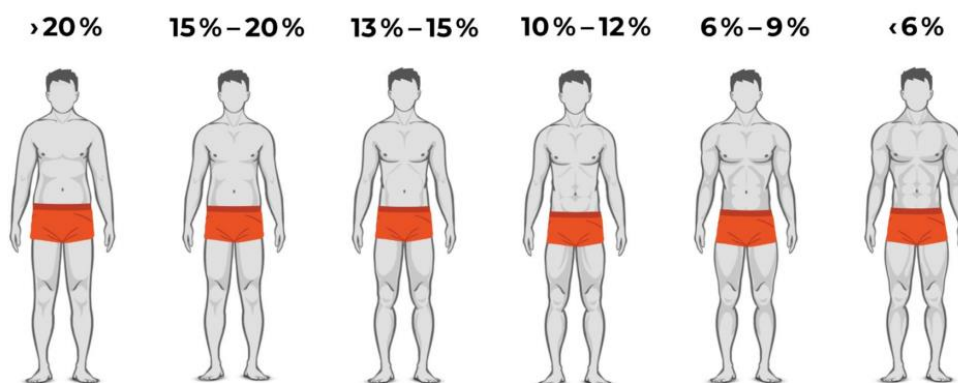
Procento tělesného tuku pro průměrnou populaci			
Věk	do 30 let	30–50	50+
Ženy	14–21 %	15–23 %	16–25 %
Muži	9–15 %	11–17 %	12–19 %

Tabulka 2 Procento tělesného tuku u průměrné populace [27]



Obrázek 10 Procento tělesného tuku u žen [22]

Na obrázku 10 máme porovnání postavy ženy vzhledem k procentu tuku a obrázek 11 zobrazuje procento tělesného tuku u muže.



Obrázek 11 Procento tělesného tuku u mužů [22]

## 2.3 Kostní hmota

Kostní hmota popisuje celkovou hmotnost kostí v těle, především množství kalcia, kostních minerálů a ostatních minerálů. [32]

Lidská kostra je soubor kostí, které spolu navzájem vytvářejí pevnou, pasivně pohyblivou oporu těla. Na kostru jsou pak připojeny svaly.

Základní stavební buňkou kostí jsou osteoblasty, které produkují kostní matrix. Na stavbě kostí se podílejí hlavně dva typy kostní tkáň: hutná kostní tkáň, která je umístěna na povrchu kostí a houbovitá kostní tkáň, která se nachází uvnitř kostí. [33]

Kosti zastávají i ochrannou funkci, jako například lebka a hrudník, které chrání důležité orgány. Kostra má opěrnou, ochrannou a pohybovou funkci. Je také důležitá pro krvetvorbu v kostní dřeni nebo také k ukládání minerálních látek, mezi které můžeme zahrnout fosfor a vápník. [35,37]

Kostru dospělého člověka tvoří zhruba 207 kostí. Toto číslo se může lišit v závislosti na individualitě, což může být ovlivněno dědičnou predispozicí nebo věkem. Novorozenci mají okolo 270 kostí, přičemž dochází ještě k většímu nárůstu počtu kostí s přibývajícím věkem. U adolescentů začínají některé kosti srůstat, tudíž pak počet kostí strmě klesá. [33,35]

Lidská kostra tvoří asi 14 % z celkové tělesné hmotnosti, což u průměrného člověka odpovídá asi 10–11 kg. [33,34,35]

Na druhou stranu podíl kostní hmoty odpovídá asi 1,95 – 3,7 kg. Kostní hmota představuje samotnou hmotnost kostí bez chrupavek a vazů. [34]

Z výzkumů vyplívá, že zdravý životní styl a cvičení napomáhá ke správnému vývoji silných a zdravých kostí. Jedná se o dlouhodobý vývoj, který nepodléhá změnám v krátkém časovém úseku, tudíž je důležité dbát na pravidelnost. [32, 34]

Odhad kostní hmoty není směrodatný pro osoby, které trpí osteoporózou nebo jejich kosti mají nižší hustotu způsobenou nízkým věkem, vyšším věkem, těhotenstvím, hormonální léčbou nebo jinou příčinou. Porovnání kosti s a bez osteoporózy je na obrázku 12. [32, 34]

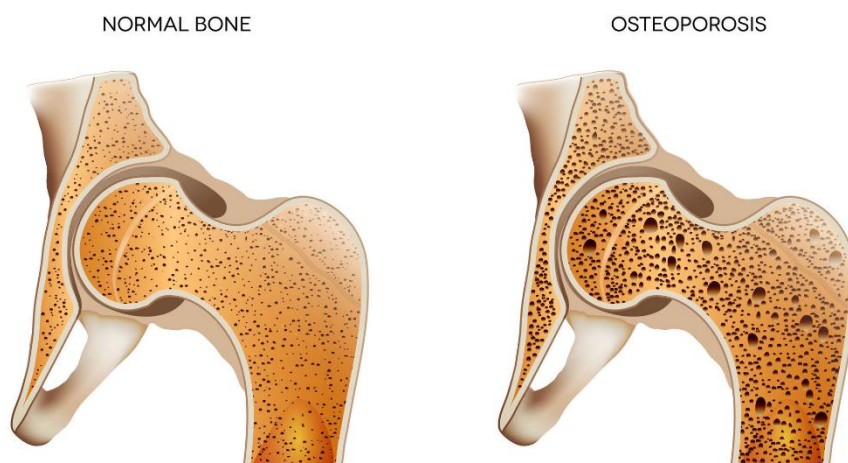
Jedná se pouze o statistické hodnoty, které se určují na základě korelace s beztučnou hodnotou. Hodnoty získané z měření kostní hmoty tedy nepodávají přímé výsledky o tvrdosti kostí či riziku vzniku zlomenin. [32, 34]

Tabulka 3 popisuje průměrné hodnoty kostní hmoty pro osoby ve věku 20-40 let.

ŽENY			
Celková hmotnost	Méně než 50 kg	50-75 kg	Více než 75 kg
Hmotnost kostí	1,95 kg	2,4 kg	2,95 kg
MUŽI			
Celková hmotnost	Méně než 65 kg	65-95 kg	Více než 95 kg
Hmotnost kostí	2,66 kg	3,29 kg	3,65 kg

Tabulka 3 Průměrné hodnoty kostní hmoty pro osoby 20-40 let [32]

## OSTEOPOROSIS



Obrázek 12 Porovnání normální kosti a kosti s osteoporózou [36]

## 2.4 Svalová hmota

Svalová tkáň patří mezi jednu ze čtyř základních typů tkání. Vlastností svalové tkáně je zejména schopnost se koordinovaně stahovat a pak uvolňovat. Svalstvo zprostředkovává pohyb organismu nebo jeho částí v prostoru, dále také peristaltické pohyby u trávicího traktu a pravidelné stahy srdce. [38,39,40]

Svalová tkáň se dělí na tři typy: kosterní svalová tkáň, hladká svalová tkáň, srdeční svalová tkáň, jak můžeme vidět na obrázku 13. [38]

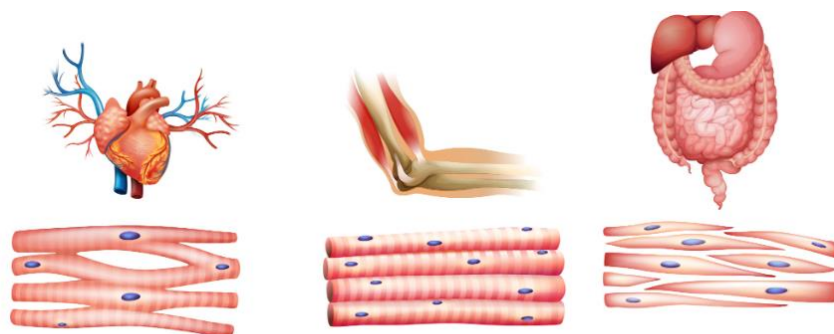
Příčně pruhovaná svalovina je základní složkou kosterních svalů, se kterými zajišťují pohyb celého těla. Kosterní svaly jsou ovladatelné vůlí. Podle typu pohybu je rozdělujeme na natahovače (extenzory), ohýbače (flexory), přitahovače (adduktory), odtahovače (abduktory), zdvihače (levatory), svěrače (sfinktery) a rozvěrače (dilatátory). [42]

Hladká svalovina se vyskytuje hlavně na stěnách dutých orgánů, např. žaludku, tenkého střeva, tlustého střeva, dělohy a mnoho dalších. Také se vyskytuje uvnitř oka, kde stahuje a rozšiřuje duhovku a mění tvar čočky. Hladké svaly není možné ovládat vůlí. [43]

Srdeční svalovou tkáň nacházíme v srdeční stěně. Vytváří zde silnou vrstvu, kterou označujeme jako myokard. Srdeční svalovina je příčně pruhovaná a nelze ovládat vůlí člověka. [41]

Zvýšením procenta svalové hmoty dochází ke zvýšení energetické spotřeby, což vede ke snížení tělesného tuku. Svaly patří mezi důležité spotřebitele energie. Muži mají obecně více svalové hmoty než ženy. [2,40]

V lidském těle se nachází více než 640 svalů, které jsou tvořeny ze 70 % z vody a z 20% proteiny. Zastupují přibližně 20–36 % celkové tělesné hmotnosti. Celková hmotnost svalstva může být až 45 %. Největší nárůst svalů u mužů nastává mezi 15. a 17. rokem, pro ženy to bývá okolo 13. roku. [2]



Obrázek 13 Typy svalové tkáně [38]

### 3 Elektrické vlastnosti tkání

Elektrické vlastnosti tkání a orgánů se dělí na dvě skupiny. První skupinou dělení jsou pasivní elektrické vlastnosti, které popisují chování tkání v elektrickém poli (vodivost, kapacita).

Druhou skupinou jsou aktivní elektrické vlastnosti, což jsou elektrické projevy spojené s vlastní činností tkání. [44,45]

#### 3.1 Pasivní elektrické vlastnosti

Tkáně a orgány v elektrickém poli přebírají vlastnosti zvláštního druhu vodiče. Na rozdíl od kovových vodičů vykazují výraznou makroskopickou a mikroskopickou nestejnorodost způsobenou jejich anatomickou, histologickou a molekulární strukturou, což můžeme vidět z tabulky číslo 4. [44]

Vodivost se odlišuje pro každý konkrétní druh tkáně, neboť elektrický proud prochází prostředím o různé viskozitě, struktuře a chemickém složení. [44,45]

Elektrická aktivita se zabývá studiem elektrických vlastností biologických buněk, tkání a orgánů. Je zde zahrnuto měření změn napětí nebo elektrického napětí na široké škále od bílkovin až po celé orgány, např. srdce. [46]

<b>Tkáň</b>	<b>Měrný odpor (<math>\Omega \cdot m</math>)</b>
Cytoplazma buňky	1
Tělní tekutiny	0,8–1,3
Svaly	3
Parenchymatózní tkáň	4–6
Tuková tkáň	10–15
Kostní tkáň	30

*Tabulka 4 Měrný odpor tkání [44]*

## 3.2 Aktivní elektrické vlastnosti

Membránový potenciál buňky je základem aktivních elektrických vlastností tkání. Rozložení iontů je rozdílné intracelulárně (uvnitř) a extracelulárně (vně), přičemž vytváří tzv. klidový membránový potenciál. Ten je charakteristický pro každou živou buňku. [44]

Membránový potenciál je elektrický potenciál vnitřní strany buněčné membrány vztažený k vnějšímu povrchu buňky. Při podráždění např. nervové buňky dochází ke změně rozložení iontů. [47]

Elektrický potenciál je popisovaný jako schopnost elektrického pole působit na jednotkový náboj. [48]

Hodnota klidového membránového potenciálu se pohybuje od -30 do -90 mV. Vnitřní část buňky je nabitá záporně. Vnější část je naopak kladná.

Akční potenciál je na membráně odlišný od klidového membránového potenciálu, který vzniká principem vše, nebo nic. [49]

Akční potenciál je typický pro dva typy buněk-nervové a svalové. Tkáně, které jsou tvořené těmito buňkami se nazývají vzrušivé. Ve výsledku se jedná o změnu klidového potenciálu, která je vyvolána modulací propustnosti membrány pro sodné kationty, které proudí po koncentračním spádu do buňky. [44]

Tato změna způsobuje sérii buněčných dějů, které vedou k uskutečnění funkce dané tkáně. Nervová tkáň je vhodná k rychlému vedení vzruchu na dlouhé vzdálenosti.

Svalová tkáň přeměňuje energii chemických vazeb v mechanickou práci. [44]

Měření akčních potenciálů v tkáních je základem biofyzikálních disciplín např. elektrokardiografie, elektroencefalografie a elektromyografie. Dále také nalézá využití při elektrodiagnostice poruch tkání a orgánů. [44]

## 3.3 Elektrické vlastnosti svalů

Svalová tkáň se skládá z buněk, které jsou schopny reagovat na podráždění změnou své délky nebo napětí. Slouží k pohybu a udržování polohy organismu v prostoru. [51]

Mezi základní typy svalové tkáně v lidském těle patří hladká svalovina, příčně pruhovaná svalovina (kosterní) a dále srdeční svalovina, která je svou fyziologickou strukturou odlišná od ostatních druhů svalovin. [2,50]



Elektrické vlastnosti svalů jsou dané výsledkem elektrochemických procesů, které probíhají uvnitř buněk. Mezi buňkami těla se vyskytují elektrické biosignály. [44]

Akční potenciál je zapříčiněn změnou propustnosti membrány pro ionty sodíku, draslíku a vápníku. [51]

Celkový akční potenciál svalů je představován tokem iontů buněčnou membránou. Slabý elektrický proud prochází svalovinou ve směru, ve kterém se šíří ionty z nervů až k periferním částem svalů. [44]

### 3.3.1 Využití elektrických vlastností svalů

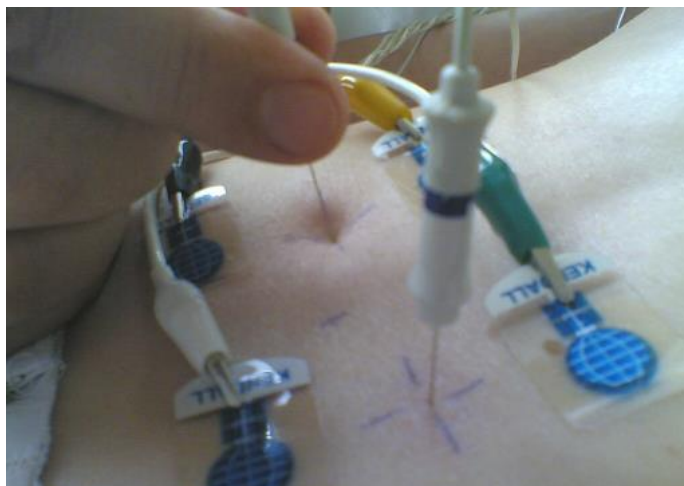
První využití můžeme nalézt v EMG neboli elektromyografii. Průběh EMG znázorňuje obrázek 14.

Jedná se o elektrodiagnostickou metodu, která se používá ke stanovení poruch nervosvalového aparátu. [44]

EMG popisuje záznam elektrické aktivity vznikající v kosterní svalovině. Základem je měření elektrických potenciálů, které vznikají v důsledku činnosti kosterní svaloviny. K vyšetření se používají povrchové elektrody, které slouží ke snímání akčního potenciálu velkého počtu motorických jednotek nebo jehlové elektrody, které snímají malý počet motorických jednotek. [44, 52]

Motorická jednotka je základem motorického systému, přičemž motorický systém ovládá svalovou činnost, která zajišťuje vzpřímenou polohu, konání práce, příjem potravy, komunikaci a mnoho dalších. [53]

Elektromyograf je složený z několika částí. Nachází se zde stimulační a registrační elektrody, zemnicí elektroda, stimulátor, zesilovač, reproduktor a monitor. [52]



Obrázek 14 EMG vyšetření [54]

### 3.4 Léčebné využití stejnosměrného proudu

Stejnosemřný proud prochází hlavně přes extracelulární tekutinu. Tkáněmi pak probíhá jako pohyb iontů.

Jedním z léčebného využití stejnosměrného proudu je galvanizace. Jedná se o elektroterapii, která používá galvanický proud se stálou intenzitou. Ve tkáních dochází ke vzájemné výměně kationtů a aniontů mezi elektrodami. Dále nastává vyplavování iontů z buněk a zvýšení místního metabolismu v kůži, podkoží a v dalších tkáních. Léčba se má aplikovat obden 6x – 10x po dobu cca 20 minut.

Galvanizace se používá k léčbě různých poúrazových stavů s místním tkáňovým šokem, zánětů vazivových tkání pohybového ústrojí, zánětů vazů, šlachových úponů, šlachových pochev, neuritidy, myalgie, kořenových syndromů a Sudeckova syndromu, jak můžeme vidět na obrázku 15. [55]

Zajímavostí je, že galvanoterapii využívali před více než 2500 lety staří Egypťané za pomoci výbojů elektrických úhořů. Svůj název galvanoterapie dostala po svém vynálezci Luigim Galvanim, který působil v 18.století. [57]



Obrázek 15 Elektroterapie [55]

Další využití nachází tato metoda v iontoforéze, která využívá galvanický proud k aplikaci léků ve formě iontů do těla. Tyto léky poté působí přímo v místě podle svých specifických účinků. Hustota stejnosměrného proudu je zde 0,1 mA/cm<sup>2</sup>. [56, 57]

Tímto způsobem se podávají např. salicylové látky, prokain, mezokain a kalcium. Používá se k léčbě alergických projevů, k léčbě kožních jizev, bolesti svalů a lymfatických otoků. [56]

Léčba iontoforézou probíhá tak, že má pacient obě dlaně či chodidla ponořené do nádoby s elektrolytickým roztokem, do které je veden elektrický proud 10-15 mA. Toto nám znázorňuje obrázek 16.

Průběh léčby trvá zhruba 15-30 minut, nejlépe denně nebo několikrát do týdne. [56]



Obrázek 16 Iontoforéza [58]

### 3.5 Léčebné využití střídavého proudu

Při průchodu střídavého proudu dochází ke vzniku velkého množství tepla. Terapeutické vlastnosti tohoto proudu závisí na různých faktorech. Například na frekvenci, amplitudě, tvaru a modulaci impulsů či druhu tkáně. Střídavé proudy s frekvencí do 100 Hz se označují jako nízkofrekvenční proudy, vyznačují se tím, že mají spíše dráždivé (stimulační) účinky. Vysokofrekvenční proudy nad 100 Hz mají účinky tepelné. [44]

Stimulační účinky střídavého proudu jsou základem některých přístrojů, např. elektrošoků, které se používají v léčbě psychických poruch, defibrilátoru pro obnovu srdeční činnosti, elektrostimulátoru a také kardiostimulátoru, který stimuluje srdeční činnost. [60]

Mezi obory, které využívají přístroje s tepelnými účinky patří třeba elektrochirurgie, diatermie a elektrotomie. [60]

Elektrochirurgie používá vysokofrekvenční proud ke koagulaci, řezání nebo vysoušení biologické tkáně. Proud, který se při tom používá, dosahuje frekvencí od 300 kHz až do 5 MHz. [59]

Diatermie je léčebná metoda, při které nahříváme postižené místo průchodem vysokofrekvenčního elektrického proudu. Často se používá k léčbě astmatu či pohybového aparátu. [61]

Slabý střídavý proud má využití i v diagnostických přístrojích jako je bioimpedanční váha, která na základě různých impedancí tkání je schopná určit tělesné složení lidského těla. [62]

### 3.6 Elektrická činnost srdce

Srdce je svalový orgán, který se skládá ze čtyř dutin a funguje jako pumpa pohánějící krev přes cévy do všech částí těla. Díky této vlastnosti umožňuje výživu a výměnu látek ve tkáních. [63]

Elektrická vlastnost srdce je způsobena tím, že srdeční buňky jsou schopné vytvářet akční potenciál a vést vzruch, což můžeme snímat pomocí EKG, VKG atd. [64]

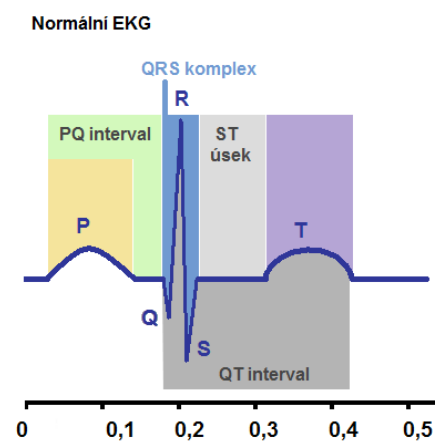
Fáze srdeční kontrakce se dělí na čtyři části: polarizace (kladné nabití povrch vláknů), depolarizace (povrch mění polaritu), transpolarizace (nabití povrchu záporně) a nakonec repolarizace (návrat k původní polaritě). [44]

Při depolarizaci a repolarizaci se chová jako elektrický dipól. Srdce se dá považovat za komplexní dipól, přičemž jeho směr odpovídá vrcholu kmitu R elektrografové křivce. Označuje se jako osa srdeční na obrázku 17. [44]

Klidový potenciál srdce je záporné napětí na membráně. Odpovídá přibližně hodnotě -90 mV. [64]

Elektrokardiografie je jednou ze základních vyšetřovacích metod v kardiologii. Poskytuje nám grafický záznam elektrické srdeční aktivity. Úzce souvisí s projevem činnosti srdečních buněk, zejména s jejich vzrušivostí a přenosem podráždění. [44]

Srdce je obklopeno velkým množstvím různorodých prostorových vodičů tělních tkání a tekutin. Kvůli tomuto dochází ke složitým změnám projevů vlastní elektrické aktivity srdce na cestě od buněk srdečního svalu na povrch těla. Je to ovlivněno mimo jiné i změnou polohy srdce při dýchání, naplněním srdečních komor krví a dalšími. [44]



Obrázek 17 Normální EKG [44]

## 4 Účinky elektrického proudu na organismus

Elektrický proud může mít na organismus jak negativní, tak i pozitivní účinky (například v rámci lékařské terapie). Negativní účinky jsou závislé na mnoha různých faktorech, které ukazují, jak organismus bude reagovat na procházející proud. [65]

Účinky závisí na druhu, velikosti a frekvenci proudu. Pak také na impedanci lidského těla, dráze proudu, době průchodu proudu, fyziologickém a psychologickém stavu a velikosti dotykového napětí. [66]

Dají se dělit na přímé účinky, kdy se jedná o průchod elektrického proudu tkáněmi a nepřímé, kdy působením elektrického proudu dochází ke vzniku popálenin či zlomenin.

Při kontaktu s elektrickým proudem nedochází vždy jen k akutním poškozením, ale mohou mít i pozdní účinky, které se projeví až po delší době. Stupeň negativního poškození závisí i na poskytnutí kvalitní první pomoci. [65]

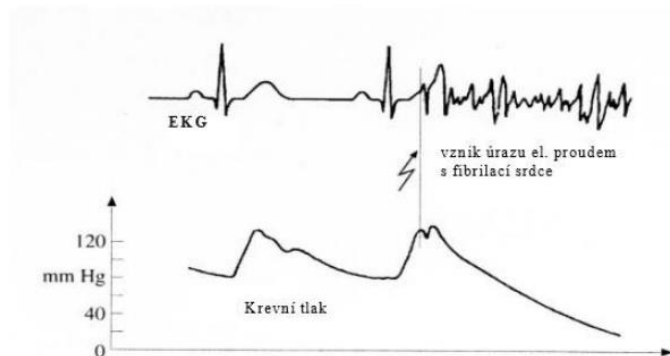
Vzhledem k tomu, že se lidský organismus skládá převážně z vody (60–70 %), dále pak z minerálních látek, tukové tkáně a svalové tkáně, je jasné, že lidské tělo je elektricky vodivé. [68]

### 4.1 Druhy proudu

Rozlišujeme proud stejnosměrný, který nemění v čase směr svého toku. Proud střídavý se naopak v čase mění. [67]

Oba druhy proudu při svém působení způsobují rozklad krve a buněčných membrán nebo i svalové křeče. Střídavý proud také nese rizika fibrilace srdce, jinými slovy se jedná o poruchy srdečního rytmu. Na obrázku 18 je vidět průběh EKG před a po úrazu elektrickým proudem.

Nejnebezpečnější frekvence střídavého proudu jsou 30–150 Hz, přičemž běžně se používají proudy o frekvenci 50-60 Hz. [65]



Obrázek 18 Průběh EKG a krevního tlaku před a po úrazu elektrickým proudem [66]

## 4.2 Velikost proudu

Míra poškození organismu je přímo úměrná velikosti protékajícího proudu. Dají se následovně rozdělit:

- 0,5 – 1 mA – práh vnímání elektrického proudu
- 1–8 mA – podráždění v nervech, krevní tlak stoupá
- 6–15 mA – nastává tetanická křeč, nemožnost uvolnění těla
- 25 mA – tetanická křeč dýchacího svalstva
- 60 mA – chvění srdeční komory, přechodná zástava srdce
- Nad 80 mA – trvalá zástava srdce

Při měření pomocí bioimpedance tělem zpravidla protéká proud o nízké intenzitě 400-800  $\mu\text{A}$  s frekvencí 1–1000 kHz. [2,65,66]

Nebezpečné frekvence se pohybují v rozmezí 10–100 Hz a dále pak od 200-500 Hz. [66]

## 4.3 Impedance lidského těla

Velikost proudu, a hlavně jeho směr je ovlivňován odporem podle Ohmova zákona. Na odporu také závisí míra tepelných účinků nebo tepelného poškození tkáně.

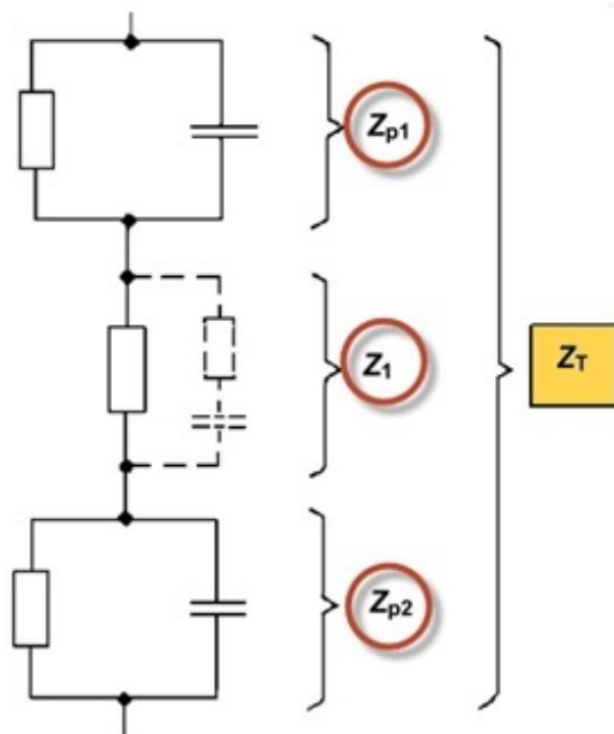
Je složen ze dvou základních složek. První je odpor samotného těla a pak přídatné odpory jako jsou šaty a boty. Ty zpravidla fungují jako izolanty, především takové, které jsou z nevodivého materiálu (př. gumové podrážky).

Velikost impedance je individuální pro každého jedince. Největší odpor klade kůže, kost a tuková tkáň, přičemž těmito částmi elektrický proud téměř neprotéká, tudíž je můžeme považovat za nevodiče.

Naopak tekuté složky jako např. vnitřní orgány, tělní tekutiny a svaly mají nejmenší odpor. Tyto části se chovají jako vodiče.

Průměrná hodnota impedance byla stanovena na 2000  $\Omega$ . Jeho velikost se pak zpravidla pohybuje v rozmezí od 1000  $\Omega$  až 10 000  $\Omega$ . [65,66]

Celková impedance lidského těla je tvořena z impedancí místa na kůži, kterým se proud do těla dostává, impedancí místa, ze kterého pak vytéká, a nakonec vnitřní impedancí těla, což je odpor tkání trupu a končetin. [69]



Obrázek 19 Schéma impedance lidského těla [69]

Na obrázku 19  $Z_{p1}$  označuje impedanci z místa, kudy se proud dostává do těla.  $Z_1$  představuje vnitřní impedanci a  $Z_{p2}$  impedanci z části, odkud proud vytéká ven. Jedná se tedy o schéma impedance lidského těla. [69]

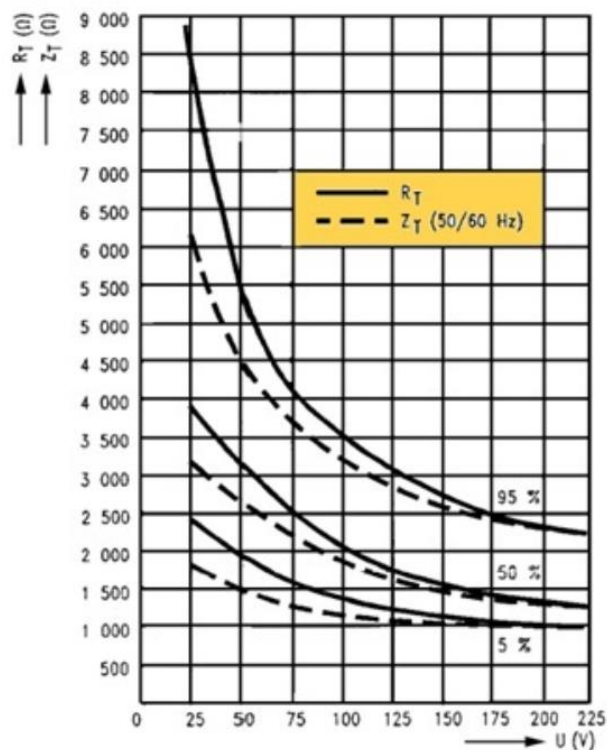
Impedance lidského těla má charakter činného odporu, což je takový odpor bez kapacitních reaktančních složek, které můžeme zanedbat. Dráha proudu lidským tělem je přímo dána velikostí odporu lidského těla. [69]

Hodnota impedance lidské kůže je ovlivněná řadou vnějších faktorů např. napětím, kmitočtem, dobou průchodu proudu, plochou dotýkající se části pod napětím nebo tlakem na plochu, vlhkostí a také teplotou kůže.

Pokud je kůže např. zpocená, tak má mnohem menší odpor než suchá kůže. Pokud je napětí pro střídavý proud kolem 200 V, pak dochází k průrazu kůže a její impedanci můžeme zanedbat.

Celková impedance těla se při dotykových napětích do 50 V velmi mění, což způsobuje to, že zejména závisí na odporu kůže. Při vyšších napětích závisí na impedanci kůže stále méně a je dána hlavně vnitřní impedancí těla.

Závislost celkové impedance a odporu těla na napětí lze zobrazit grafem (obrázek 20), který jsme přiložili na následující stranu. [69]



Obrázek 20 Statistické hodnoty impedance a odporu lidského těla [69]

Tento graf nám zobrazuje impedanci měřenou pro dráhu proudu ruka-ruka při střídavém proudu 50/60 Hz s dotykem na ploše 50-100 cm<sup>2</sup>. Impedance je vyznačena čerchovanou čarou, odpor získaný za stejných podmínek při průchodu stejnosměrného proudu je pak plnou čarou.

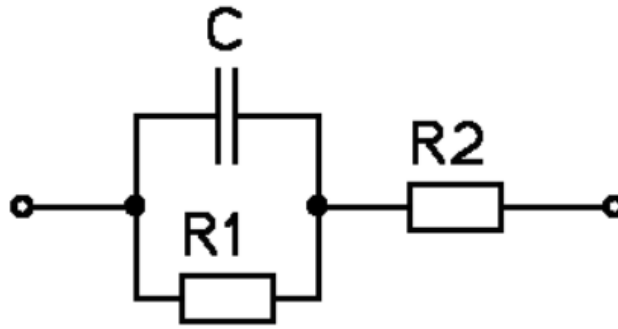
Křivky 5, 50, 95 % představují hodnoty, pro které platí, že nižší hodnoty impedance těla má jen 5, 50, 95 % lidské populace. Většina elektrotechnických předpisů vychází z křivek 5 %. Největší podíl na vnitřní impedanci těla mají končetiny a klouby. Odpor trupu je na druhou stranu téměř zanedbatelný. [69]

#### 4.3.1 Elektrická impedance tkání

Elektrická impedance tkání popisuje pasivní elektrické vlastnosti organismu a tkání, což znamená, že popisuje chování organismu jako spotřebiče elektrické energie.

K modelování elektrické impedance tkání můžeme použít jednoduchý model, ve kterém máme zapojení rezistoru R1, kapacitoru C a do série k nim zapojený rezistor R2, podle obrázku 21. [70,71]

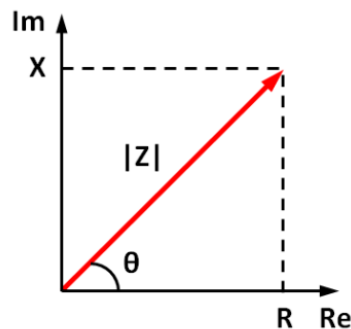




Obrázek 21 Model elektrické impedance tkání [70]

Elektrická impedance, kterou budeme označovat jako  $Z$ , je vektorová veličina. Slouží k popisu odporu látky při průchodu střídavého proudu a určuje fázový posun mezi elektrickým napětím a proudem. Úhel  $\theta$  je fázový úhel mezi proudem a napětím. [72]

Vypočítáme impedanci ze vzorce za pomoci goniometrických funkcí:



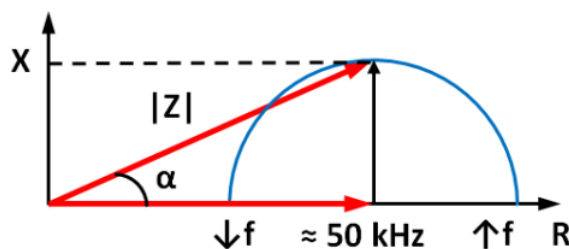
Obrázek 22 Impedance jako komplexní veličina [72]

$$Z = \frac{U}{I} = R + jX = |Z| \cos \theta + j |Z| \sin \theta$$

$$|Z| = \sqrt{R^2 + X^2}$$

$X$  ve vzorci představuje reaktanci a  $R$  je rezistence. Absolutní hodnota  $Z$  je absolutní hodnota impedance. [72,73]

Cole-cole model popisuje vztah mezi rezistencí, reaktancí, fázovým úhlem a frekvencí. Jedná se o graf, ze kterého můžeme vidět, že čím menší frekvence, tím větší bude impedance a naopak. Pokud bychom frekvenci proudu dále zvyšovali, mohlo by dojít ke ztrátě kapacitních vlastností, což nám ukazuje Cole-Cole křivka na obrázku 23 [72,73]



Obrázek 23 Cole-Cole křivka [72]

Elektrická impedance se dá využít ve velkém množství případů. Jedním z nich je třeba i bioimpedanční analýza. Elektrická impedance tkáně je ovlivněna jejím složením a uspořádáním. Její znalost pak lze použít pro získání informací o tělesném složení. Pak se tedy dají využít pro analýzu celkového tělesného tuku, který měříme pomocí bioimpedanční váhy, anebo také pro hodnocení dehydratace a dynamiky tělesných tekutin. [70]

Další využití nalézá elektrická impedance v tomografických systémech. Jedná se o metody, které po rozmístění velkého počtu elektrod na těle pacienta dokážou výpočetně zrekonstruovat rozložení vodivosti jednotlivých segmentů uvnitř těla, kterou nazýváme tzv. elektroimpedanční tomografie.

Tato metoda však obnáší určité obtíže. První oblastí je nutnost používat relativně nízké proudy, což vyvolává poměrně velkou citlivost na rušení. Druhým segmentem obtíží je, že matematické rekonstrukce jsou náročné také z toho důvodu, že nelze použít představu nějakého proudového paprsku.

Tomografické systémy mají využití např. v elektroimpedanční tomografii prsu. Zde máme alternativu v podobě mamografie.

Další využití nachází v elektroimpedanční tomografii hrudníku, díky čemuž můžeme včas detekovat otok plic u pacientů na intenzivních lůžkách. [70]

## 4.4 Napětí

Nízká napětí se pohybují pod 1000 V, ostatní jsou vysoká. Zejména vlhkost ovlivňuje působení nízkého napětí na organismus. Lze říct, že nízká napětí mají vliv na bioelektrickou rovnováhu tkání. Na druhou stranu vysoká napětí mohou způsobit tepelné poškození tkáně. [65]

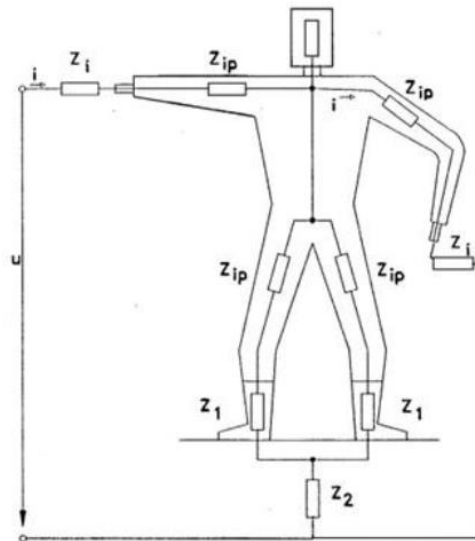
Všechny orgány lidského těla nejsou stejně vodivé a citlivé na elektrický proud. Pokožku si můžeme představit jako nedokonalý izolační obal lidského těla. Její vodivost je přibližně dvacetkrát menší než u sliznic a měkkých vnitřních orgánů lidského těla. [66]

## 4.5 Frekvence elektrického proudu

Nejnebezpečnější hodnoty frekvence střídavého proudu se pohybují v rozmezí od 30-150 Hz a dále pak 200–500 Hz. Obecně se používají proudy s frekvencí 50-60 Hz. [71]

## 4.6 Dráha elektrického proudu

Velikost působení elektrického proudu je dána tím, kudy elektrický proud protéká tělem. Existují bezpečnější a nebezpečnější dráhy, přičemž nejnebezpečnější dráhou proudu je dráha hlava-ruka, hlava-noha a tak podobně, neboť v těchto případech zasahuje také centrum mozku. Další nebezpečnou dráhou je ta, která zahrnuje průchod srdeční oblastí, ruka-ruka, levá ruka – levá noha atd... [66,68]



Obrázek 24 Odvození velikosti proudu mezi rukama při dotyku částí, mezi nimiž je napětí  $U$  [68]

## 4.7 Vliv fyziologického a psychologického stavu

Impedance lidského těla je dána fyziologickou stavbou organismu. Pro každého jedince je individuální. Impedance se mění v závislosti na jeho psychickém stavu.

Při zhoršení psychického stavu, jako je stav únavy, duševní deprese apod., dochází k poklesu impedance lidského těla až na hodnotu  $400 \Omega$ .

Kvůli tomuto pak stoupá velikost tělového proudu a nebezpečí větších následků. [66]

## 4.8 Negativní přímé účinky elektrického proudu

Jedním z negativních účinků elektrického proudu je narušení polarizace membrán a bioelektrického rytmu srdce. Při nefyziologickém průchodu proudu dochází ke zvýšení membránového potenciálu. Dojde ke vzniku a šíření vzruchu bez vůle organismu, což vede k ohrožení pacienta křečemi, nekontrolovatelnými stahy kosterního svalstva a neschopnost dýchání, pokud byla zasažena i bránice, která funguje jako hlavní dýchací sval. [65,74]

Při průchodu elektrického proudu tělem může dojít ke vzniku tepelné energie, která může způsobit elektrické popáleniny. Míra poškození buněk je ovlivněna intenzitou proudu, elektrického odporu jednotlivých tkání a dobu, po kterou tělem prochází. Kosti obecně kladou velký odpor, proto se vlivem proudu mohou objevit velké koagulační nekrózy tkání, které je obklopují (především kosterní svalstvo). [65,74]

U svalové tkáně dochází k poškození a zhmoždění, čemuž se odborně říká myonekróza. Vlivem uvolňování myoglobinu selhávají ledviny, což vede k anurii, která popisuje těžký pokles vylučování moči nebo úplné zastavení močení. [74,75]

Vlivem působení elektrického proudu je poškozena i cévní struktura, která se při průchodu proudu stává výborným vodičem. Může docházet ke vzniku krevních sraženin, infarktu nebo fibrilaci komor. [74]

Nakonec poškození může dojít až k nervové struktuře, která s sebou nese následky v podobě ztráty hybnosti, lokální bolestivosti, necitlivosti nebo i poruchy spánku a paměti. Na obrázku 25 vidíme popáleninu elektrickým proudem na ruce. [65,74]



Obrázek 25 Popálenina elektrickým proudem na ruce [76]

## 5 Bioimpedance

Bioimpedanční analýza představuje jednu z běžně používaných metod pro stanovení tělesného složení na základě různých impedancí tkání. [77,78]

Její základním principem je využití stanovení tělesného odporu, přičemž proud prochází zejména svaly, které jsou z velké části tvořeny vodou. Větší poměr svalů vede k vyšší impedanci, a naopak více tukové hmoty klade větší odpor, tudíž impedance je nižší. [77,79]

S pomocí tohoto odporu je dále dopočítáno množství celkové vody v těle a množství tukové tkáně, kterou získáme z hmotnosti. [77]

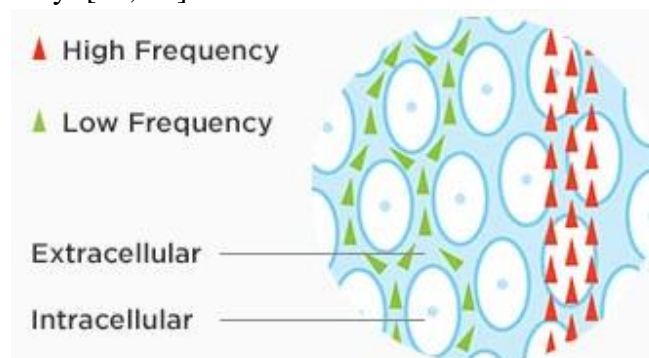
Při bioimpedanci tělem prochází slabý elektrický proud o velikosti přibližně 400–800  $\mu\text{A}$  a různých frekvencí v řádech kHz – MHz. Tento typ proudu je pro tělo bezpečný a nehrozí kvůli němu žádné poškození tkání. [2]

Tuková tkáň obsahuje velmi malé množství vody, tudíž se chová jako izolant. Ostatní tkáně s velkým obsahem vody naopak mají povahu vodičů.

Tato metoda rozděluje lidské tělo na pět základních válců, přičemž každý z nich představuje jinou část těla - 2 ruce, 2 nohy a trup. Přístroje po zadání dalších proměnných, jako je výška, věk, váha a pohlaví, dopočítají procenta zastoupení komponent tělesného složení. [79]

Přístroje sloužící k měření bioimpedance se liší také v závislosti na použité frekvenci. Jednodušší přístroje pracují pouze s jednou frekvencí, proto je rozsah měřených veličin menší než pro přístroje pracující s větším množstvím frekvencí. [79,80]

Frekvence také úzce souvisí s průchodem proudu tkáněmi, jak vidíme na obrázku 26. Nižší frekvence (okolo 50 kHz a menší) prochází po buněčné membráně a vyšší (200 kHz a vyšší) jdou skrze buňku. Díky této vlastnosti přístroj dokáže určit obsah intra a extracelulární tekutiny. [79, 81]



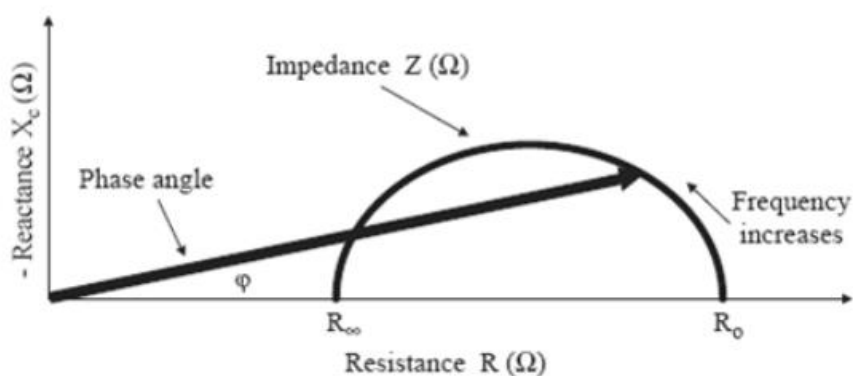
Obrázek 26 Průchod tkáněmi při různých frekvencích [88]

Bioimpedanční váhy jsou diagnostické přístroje, které na základě různé impedance tkání dopočítávají procentuální složení tělesných komponent. [86]

Důležitým parametrem je také fázový úhel. Bioimpedance určuje komponenty impedance pomocí zaznamenávání poklesu napětí při použitím proudu. Kapacitance buněčných membrán způsobuje opoždění proudu za napětím, což způsobuje fázový posun. Tento posun je definován jako přeměna poměru reaktance k rezistenci neboli fázový úhel, který můžeme vidět na obrázku 27. [83]

Fázový úhel představuje relativní příspěvek tekutiny a buněčných membrán lidského těla. Nízké hodnoty fázového úhlu naznačují buněčnou smrt nebo snížení buněčné integrity. [83]

Tento úhel mohou změřit pouze některé diagnostické přístroje multifrekvenční bioimpedanční analýzy např. InBody 770, InBody 970, InBody S10 nebo BWA. Fázový úhel pomáhá zvyšovat přesnost měření BIA. U zdravé populace se hodnota tohoto úhlu pohybuje v rozmezí 6-9° v závislosti na pohlaví. Minimální hodnota, které by měl nabývat je 5°. [89]



Obrázek 27 Impedance v závislosti na rezistenci, reaktanci a frekvenci [83]

Velkou výhodou této metody je její neinvazivnost, rychlost, cenová dostupnost a snadná manipulace s přístrojem. [86]

Na trhu můžeme nalézt velké množství různých typů přístrojů využívajících tuto metodu. Existují přístroje dvouelektrodové nebo čtyřelektrodové. [82,84,85]

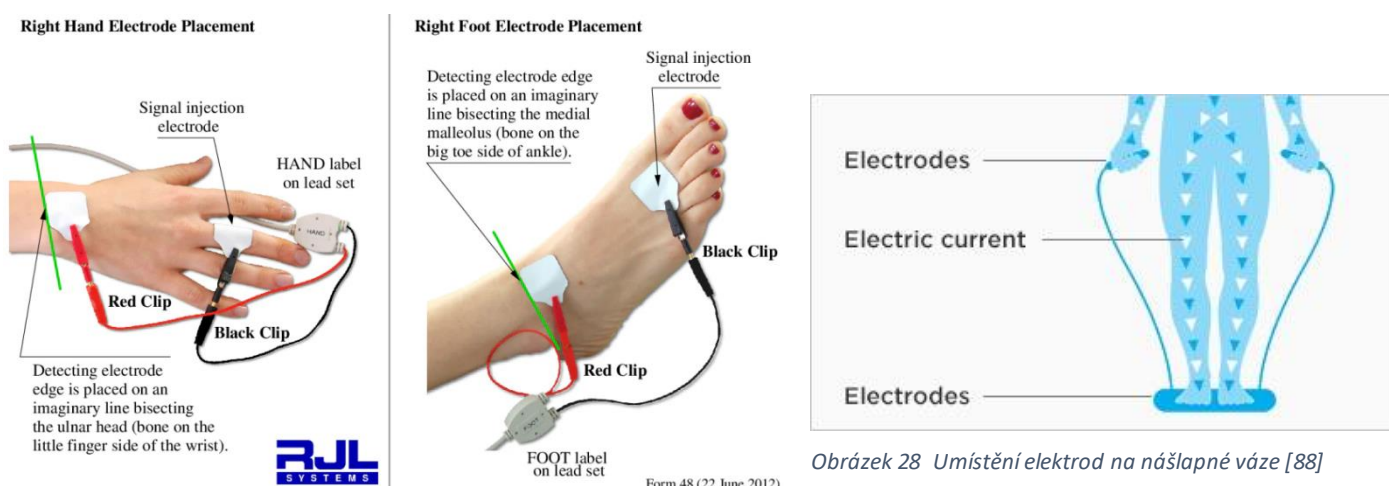
U dvouelektrodových se elektrody nacházejí na horních končetinách, ty označujeme jako bimanuální nebo na dolních končetinách, které jsou bipedální. [82,84,85]

Čtyřelektrodové přístroje mají elektrody umístěny na horních i dolních končetinách, jak nám ukazuje obrázek 29. Druhý typ nám podává přesnější výsledky.

Vyšetřování může probíhat vleže na podložce nebo vestoje na nášlapných vahách, což vidíme na obrázku 28. [83]

Přesnost výsledků také závisí na zvolených frekvencích proudu. Přístroje, které využívají pouze jednu frekvenci se řadí mezi méně přesné. Běžně se užívají frekvence okolo 50 kHz. Na druhou stranu multifrekvenční přístroje jsou mnohem přesnější, neboť dokážou odlišit extracelulární a intracelulární tekutiny a tím pádem i buněčnou a extracelulární tělesnou hmotu. [89,90]

Přístroje na měření tělesného složení pomocí bioimpedance nacházejí své využití nejen v nutričních poradnách, ale také v nefrologii, rehabilitaci a dalších. [90]



Obrázek 29 Umístění elektrod při měření [87]

Obrázek 28 Umístění elektrod na nášlapné váze [88]

## 5.1 Hlavní zásady a kontraindikace při měření

Před samotným měřením je důležité dodržet určité zásady, aby byl výsledek co nejvíce přesný. Obecně se doporučuje dodržovat dostatečný pitný režim den před vyšetřením. Je nutné odstranit veškeré kovové předměty z těla, jako jsou šperky, hodinky atd. [90]

Před měřením by si pacient měl také dojit na záchod, nemazat si ruce ani nohy mastným krémem. Měření bychom se měli vyvarovat v případě výskytu jakýchkoliv kovových předmětů v těle (kardiostimulátor, kochleární implantát atd.). [90, 92]

Přibližně 6 hodin před měřením se nedoporučuje sportovat nebo cvičit. [90]

Menstruace nebo těhotenství může mít vliv na zvýšení objemu tělesné vody, tělesné hmotnosti či teploty, což by mohlo ovlivnit přesnost výsledků při BIA měření. Optimálně by tedy měření mělo probíhat ve stejné fázi cyklu. Především mimo jeho menstruační fázi. [89,90, 91]

Faktory, které ovlivňují výsledky měření, mohou být teplota okolí, umístění elektrod, příprava kůže a hydratace organismu. Zejména hydratace může významně ovlivnit přesnost výsledků měření. BIA měření je citlivé na hydrataci organismu a je schopna zachytit ztrátu či příjem tekutin v objemu menších než 0,5 litru. [89, 90, 93]

## 5.2 Fázový úhel

Fázový úhel, který je důležitým parametrem v bioimpedanční analýze je tvořen dvěma parametry: rezistencí a reaktancí. Nejvýhodnější frekvencí pro měření elektrického odporu a maximální reaktance je 50 kHz.

Rezistence představuje tělesný odpor, který odpovídá toku měnících se elektrických proudů. Obecně platí, že čím vyšší obsah vody je v těle, tím je nižší rezistence.

Druhou složkou je reaktance, která popisuje kapacitní vlastnosti buněčných membrán, přesněji hydrataci tkáně. [82]

Fázový úhel tedy vyjadřuje množství a kvalitu jemných tkání v těle, tudíž poskytuje informaci o stavu buněk a celkovém zdravotním stavu měřeného člověka. Vychází z posunu elektrického proudu po průchodu buňkami. [95]

Velikost fázového úhlu pro buněčnou membránu je  $90^\circ$  a pro vodu je to  $0^\circ$ .

Hodnoty fázového úhlu se pohybují v rozmezí od  $2^\circ$  do  $10^\circ$ . Pro zdravého dospělého muže má být fázový úhel okolo  $5,5^\circ$  a pro ženu cca  $5^\circ$ . [94, 95]

Muži mají fázový úhel obecně vyšší než ženy jakéhokoliv věku z důvodu vyššího obsahu svalové tkáně. [82]

Je pravidlem, že fázový úhel klesá s přibývajícím věkem. Vliv na správné hodnoty má i chronický stav či nevhodný životní styl. Pokud získáme z měření příliš nízké hodnoty může to indikovat poškození membrán a neschopnost buňky uchovávat energii. Na druhou stranu hodně vysoké hodnoty upozorňují na vysokou hustotu buněčné hmoty a na celistvost buněčných membrán. [95]

Na obrázku 27 je fázový úhel (anglicky phase angle) označen řeckým písmenem  $\varphi$ .

Tabulka 5 popisuje hodnocení fázového úhlu a jasně ukazuje, které hodnoty vypovídají o zdravé tělesné kondici a které nikoliv.



Fázový úhel		Hodnocení fázového úhlu
Ženy	Muži	
>7,5	>7,9	Extrémně vysoké hodnoty (sportovci a kulturisté)
6,5 - 7,5	7 - 7,9	Velmi dobrý
6 - 6,4	6,5 - 6,4	Dobrý
5,5 - 5,9	6 - 6,4	Uspokojivý
5 - 5,4	5,5 - 5,9	Dostatečný
4 - 4,9	4,5 - 5,4	Nedostatečný
<4	<4,5	Špatný
<2	<2,5	Atrofie svalů

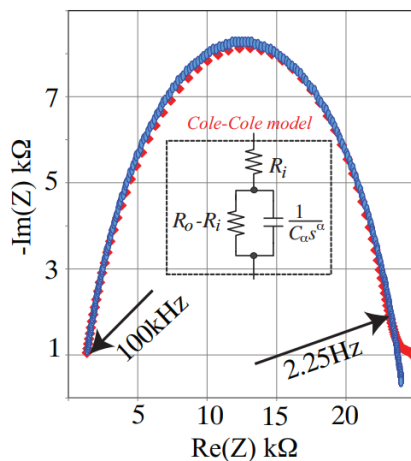
Tabulka 5 Hodnocení fázového úhlu [96]

### 5.3 Cole-Cole diagram

Cole-Cole diagram představuje určitý ideální model, který zobrazuje optimální křivku závislosti rezistence na reaktanci při určité frekvenci. Většinou to bývá v rozsahu až 50 frekvencí od 5 kHz až do 1000 kHz. [82, 97]

Jedná se zpravidla o půlkruhový matematický model zanesený do Cole-Cole diagramu, jak vidíme na obrázku 30. Používá se k vypočítání hodnot pro odpor při nula kHz a odpor při nekonečné frekvenci. [82]

Hlavním úkolem je vyhodnocení míry shody naměřených hodnot s ideálními hodnotami.



Obrázek 30 Cole-Cole model [97]

## 5.4 Přístroje bioimpedanční analýzy

Na trhu existuje velké množství přístrojů, které využívají bioelektrickou impedanční analýzu. Dají se rozdělit podle různých kritérií např. podle umístění elektrod, používané frekvence při měření, přesnosti a množství zjišťovaných parametrů. [89]

Podle umístění elektrod rozdělujeme přístroje na bimanuální, kdy se elektrody vyskytují na madlech přístroje nebo na bipedální, kdy jsou elektrody umístěny na nášlapné váze. Tetrapolární přístroje využívají kombinaci obou lokalizací elektrod. Tyto přístroje poskytují komplexní analýzu tělesného složení. [91, 92, 93]

### 5.4.1 Přístroje InBody

Přístroj Inbody je multifrekvenční impedanční analyzátor, který využívá frekvence 5, 50, 250 až 500 kHz. Zajišťuje přesnou, rychlou a bezpečnou analýzu tělesného složení. Přístroje InBody nabízí možnost odečtení váhy oblečení, tudíž měřená osoba nemusí být při měření bez oblečení. [62, 90, 98]

Pomocí těchto přístrojů můžeme zjistit bazální metabolismus klientů podle jejich individuálního tělesného složení. Při opakovaných měřeních dokážeme sledovat pokrok při redukci tukové tkáně nebo nárůstu svalové hmoty. Na ukázkou přikládáme obrázek 31. [90]



Obrázek 31 Přístroj InBody [91]

### 5.4.2 Přístroje Bodystat

Jedná se o multifrekvenční přístroj bioelektrické impedance, který poskytuje rychlé, snadné, přenosné a neinvazivní měření tělesného složení. Při nízkých frekvencích prochází proud hlavně extracelulárním prostředím. Oproti tomu užití vyšších frekvencí nám poskytuje informace o intracelulární vodě. Bodystat používá frekvence v řádech 5 kHz až 200 kHz. [2, 73]

Hodnoty tělesného složení přístroj dopočítává pomocí predikčních rovnic, přičemž dokáže určit parametry jako je tuková hmota, aktivní tělesná hmota, celková tělesná voda, rezistence, reaktance, fázový úhel a mnoho dalších. [73]

Výhodou tohoto přístroje je jeho neinvazivnost, možnost sledování stavu hydratace, měření lze provést přímo u lůžka, rychlost měření v řádu několika sekund a možnost získání velkého množství informací o tělesném složení. [2, 73]

Na obrázku 32 je možné vidět měření s některým z přístrojů Bodystat.



Obrázek 32 Měření s přístrojem Bodystat [99]

### 5.4.3 Přístroje Omron

Dalšími přístroji pro měření tělesného složení jsou přístroje Omron, s jejichž pomocí zjišťujeme třeba obsah tělesného tuku, podíl kosterního svalstva, BMI a také obsah viscerálního tuku. Podobu přístroje zobrazuje obrázek 33. [100]



Obrázek 33 Přístroj Omron [101]

#### 5.4.4 Přístroje Tanita

Váhy Tanita jsou jedním z nejpřesnějších a nejspolehlivějších přístrojů, které se používají pro měření tělesného složení. S jejich pomocí dokážeme zjistit malé rozdíly při redukci hmotnosti nebo i třeba poměr množství tělesného tuku. Jsou velmi citlivé na jakékoliv změny v těle. [102,103]

Při měření na váze Tanita musíme dodržovat určité zásady, aby měření bylo co nejvíce přesné, a to je nepít, nejíst a necvičit alespoň 3-4 hodiny před diagnostikou. Dále se nedoporučuje provádět měření při menstruaci nebo v těhotenství, neboť by mohlo dojít k získání nepřesných hodnot. [102]

Existuje více typů těchto vah. Mohou být třeba bipedální, kdy jsou elektrody na nášlapné váze, jak můžeme vidět na obrázku 34 anebo i tetrapolární, u kterých se elektrody nacházejí na madlech a nášlapné váze, což nám ukazuje obrázek 35. [102]

Z měření získáme kompletní přehled o BMI, svalové hmotě, hmotnosti kostí, metabolickém věku, stupni obezity, procentuálním podílu tělesného tuku a beztukou hmotu. [102,103]



Obrázek 35 Váha Tanita [102]



Obrázek 34 Nášlapná váha Tanita SC-240 [2]

## 6 Praktická část

V praktické části jsme se zaměřili na samotné měření s přístroji pro zjišťování tělesného složení pomocí bioimpedance. Konkrétně se jednalo o přístroje Tanita MC 180 MA, který patří mezi multifrekvenční technologie a pak také Bodystat Multiscan 5000.

Jedná se o odlišné přístroje. Tanita MC 180 MA se skládá z nášlapné váhy s elektrodami a ručních elektrod.

Oproti tomu Bodystat Multiscan 5000 je lehký přístroj, který je možný přenášet, měření se provádí vleže, kdy se vodivé elektrody nalepí na pravou ruku těsně pod klouby na hřbetu ruky a za zápěstí a pak na pravé noze nad kotník a pod prsty na nártu. Bodystat Multiscan 5000 při měření využívá až 50 frekvencí, což nám umožnilo vytvořit Cole-Cole model.

Využití většího množství frekvencí napomáhá k získání přesnějších výsledků měření, a tudíž přesnějšímu povědomí o tělesném složení jedince.

Měření jsme v případě s Bodystat Multiscan 5000 provedli v různých pozicích – vleže, vsedě a vestoje. Výsledné hodnoty jsme mezi sebou porovnali a vyhodnotili případné rozdíly a vliv polohy na měření tělesného složení.

### 6.1 Měření s Tanita MC 180 MA

Medicínská váha Tanita MC 180 MA poskytuje jednoduché a rychlé měření během několika sekund. Analýza celkového tělesného složení zahrnuje celkový tělesný tuk v kg i %, podíl svalů, celkovou tělesnou vodu s podrobnou informací o intracelulární a extracelulární vodě, BMI (Body mass index), hmotnost kostí, viscerální tuk, kalorie potřebné pro výměnu látek a celkovou fyzickou kondici. [104]

Z měření získáváme celkovou hloubkovou analýzu zdravotního stavu. [104]

Tento přístroj je vhodný pro uživatele od 5–99 let. Váha má maximální nosnost 270 kg. Přesnost vážení je v rozmezí 50 g pro hmotnosti 0–200 kg a 100 g pro 200–270 kg.

Přístroj k měření využívá čtyř různých frekvencí, které jsou 5, 50, 250 a 500 kHz, díky čemuž získáme přesnější data, než kdyby se jednalo o přístroj s jednou frekvencí. [104]

Obrázek 38 a 39 nám zobrazuje vzhled váhy Tanita MC 180 MA.

Tento přístroj se skládá z nášlapné váhy a ručních elektrod, jak vidíme na obrázku 37 a 36.

Při měření si na váhu musíme stoupnout naboso a do rukou vzít ruční elektrody, přičemž ruce umístíme volně podél těla, aniž bychom se dotýkali stehen či trupu. Tento dotyk by mohl vést k tomu, že by přístroj naměřil nižší hodnoty tělesného tuku, než je tomu ve skutečnosti. [105]

Není nutné měření podstupovat bez oblečení, neboť jednou z vlastností této váhy je možnost odečtení hmotnosti oblečení, což většinou bývá přibližně 1,5 kg.



Obrázek 37 Ruční elektrody váhy Tanita [106]



Obrázek 36 Elektrody na nášlapné váze Tanita [106]



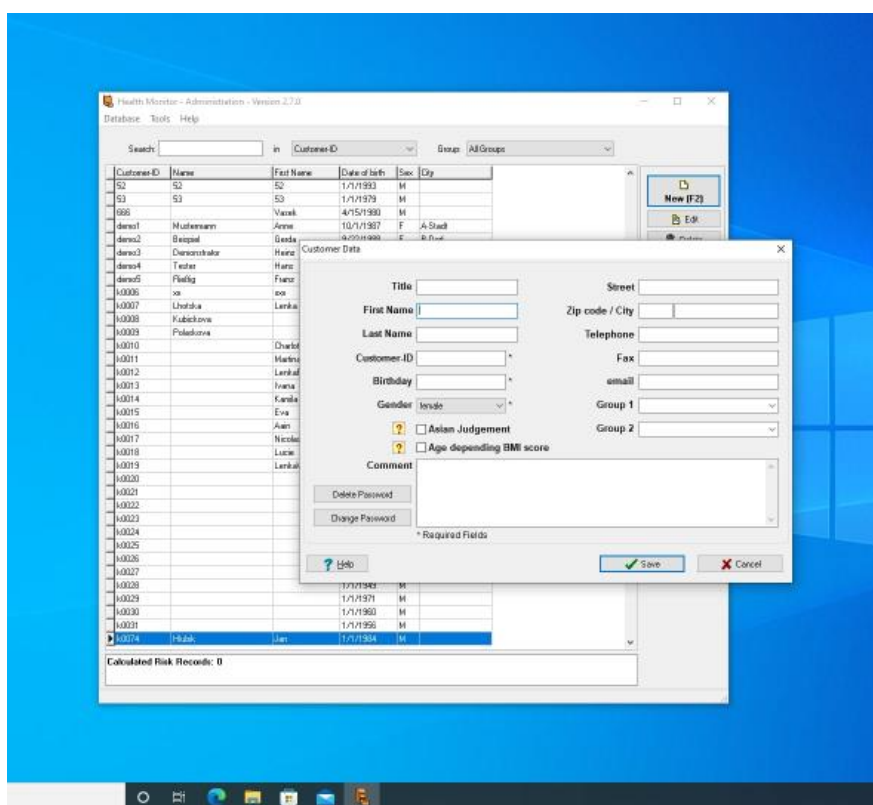
Obrázek 38 Tanita MC 180 MA [106]



Obrázek 39 Ukázka displeje váhy [106]

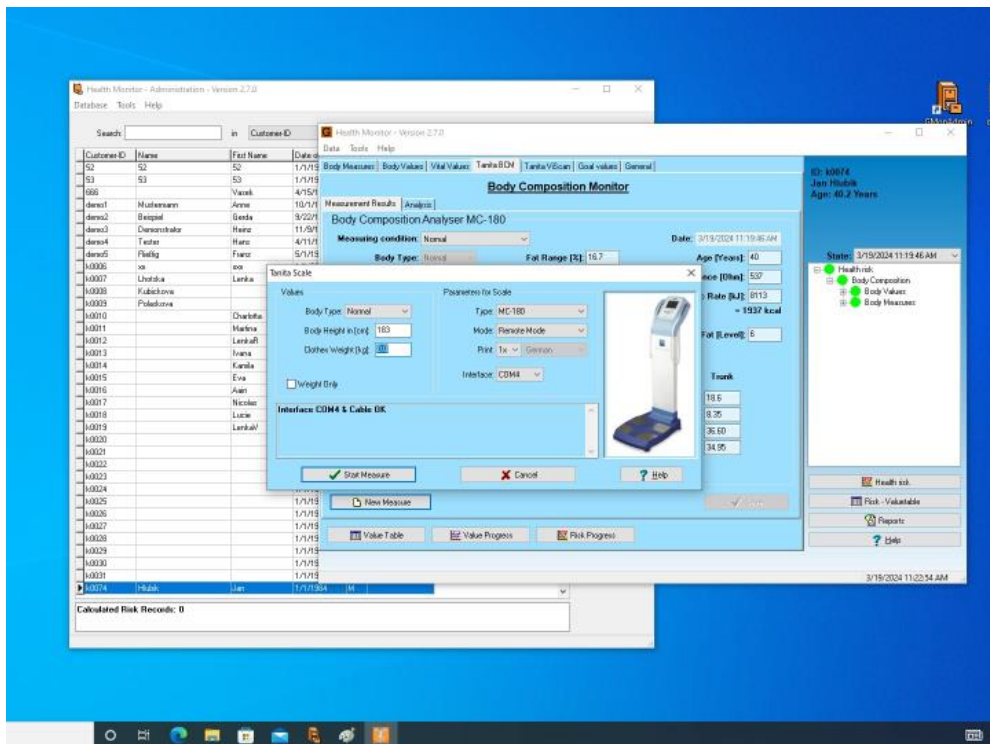
Před začátkem každého měření je zapotřebí si otevřít v počítači program, který slouží k ovládání váhy a vytvoření nového měření. Přístroj je také možné ovládat přímo pomocí dotykového panelu, který je umístěn na váze, jak je možné vidět na obrázku 39.

Nejprve do počítačového programu zadáme jméno, příjmení a rok narození probanda. Je nutné také zvolit pohlaví měřené osoby, neboť výsledky měření se liší v závislosti na pohlaví. Obrázek 40 ukazuje prostředí vytvoření nového uživatele v programu váhy Tanita.



Obrázek 40 Vytvoření nového měření v programu Tanita [106]

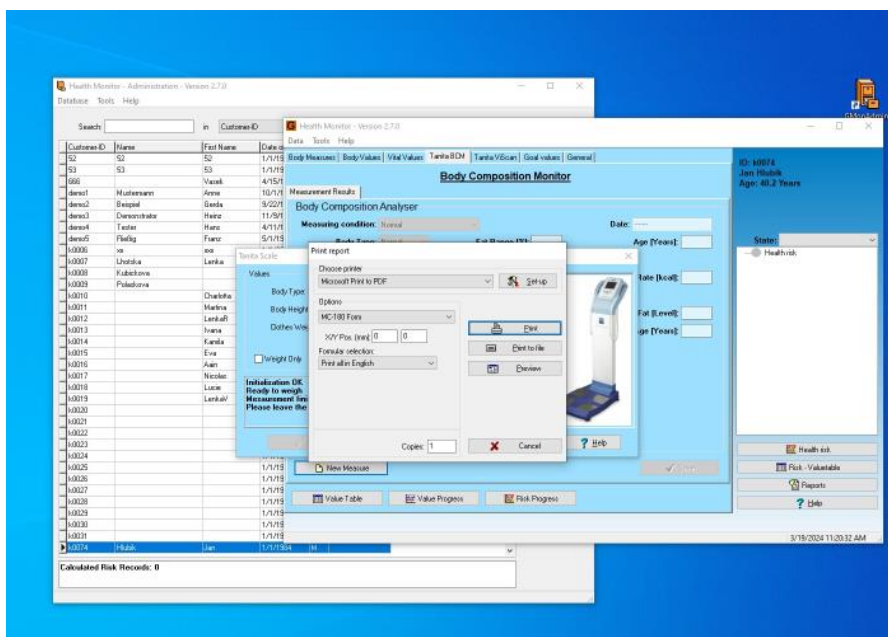
Dalším krokem je samotné spuštění analýzy váhy Tanita MC 180 MA přes tlačítko Analysis. V tento moment se zobrazí další okno, které požaduje doplnění určitých informací o probandovi. Konkrétně se jedná o výšku v cm a váhu oblečení v kg, přičemž tato hodnota bývá okolo 1,5 kg, jak vidíme na obrázku 41. Po doplnění těchto informací můžeme spustit měření, které je velmi rychlé a neinvazivní, což znamená, že při vyšetření nedochází k porušení kůže.



Obrázek 41 Spuštění měření váhy Tanita [106]

Následně se proband postavil na náslapnou váhu a vzal do ruky ruční elektrody. Samotné měření zabralo pouze několik sekund, přičemž došlo k celkové analýze tělesného složení za pomoci různých frekvencí.

Po dokončení měření program vytvořil podrobný protokol, který jsme si s pomocí tlačítka print uložili ve formátu pdf do počítače. Protokol z měření s váhou Tanita přikládáme do přílohy na konci diplomové práce. Obrázek 42 ilustruje uložení výsledného protokolu.



Obrázek 42 Uložení protokolu do PC [106]



Průběh celého měření jsme si zdokumentovali a jako obrázky vložili do této diplomové práce. Jak můžeme vidět na obrázku 43, měření probíhalo naboso bez nutnosti sundávat oblečení, neboť prostředí váhy nám umožňuje odečíst váhu oblečení. Při měření je důležité zůstat ve vzpřímené poloze po celou dobu, než váha dokončí analýzu.

Obrázek 44 ukazuje pohled na celé měření ze strany, kde je detailně vidět správný úchop ručních elektrod při měření.

Veškeré zdokumentované fotky jsou přidány se souhlasem měřeného probanda.



Obrázek 43 Pohled na měření zezadu [106]

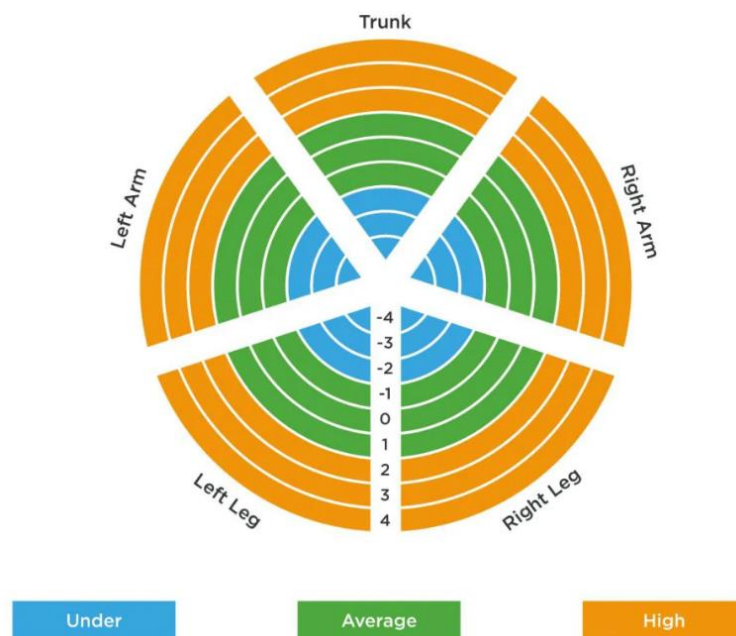


Obrázek 44 Pohled na měření ze strany [106]

Váha Tanita MC 180 MA také poskytuje informaci o segmentální analýze těla, konkrétně hodnocení svalové hmoty a segmentální hodnocení tuku.

Zkoumání svalové hmoty na každé končetině zvlášť pomáhá pochopit, jak správně na kterou končetinu cvičit, abychom se vyhnuli svalové nerovnováze. Tím pádem také i zranění, ke kterému by mohlo dojít. Graf segmentální svalové hmoty popisuje porovnání našich naměřených dat se standardními měřeními. [105, 107]

Průměrné hodnoty pro všechny končetiny a torzo se pohybují od -1 až 1. Pokud se hodnoty pohybují okolo -4 až -2, jedná se o podprůměrné hodnoty. Naopak hodnoty větší než 2 jsou nadprůměrné podle diagramu na obrázku 45. [107]

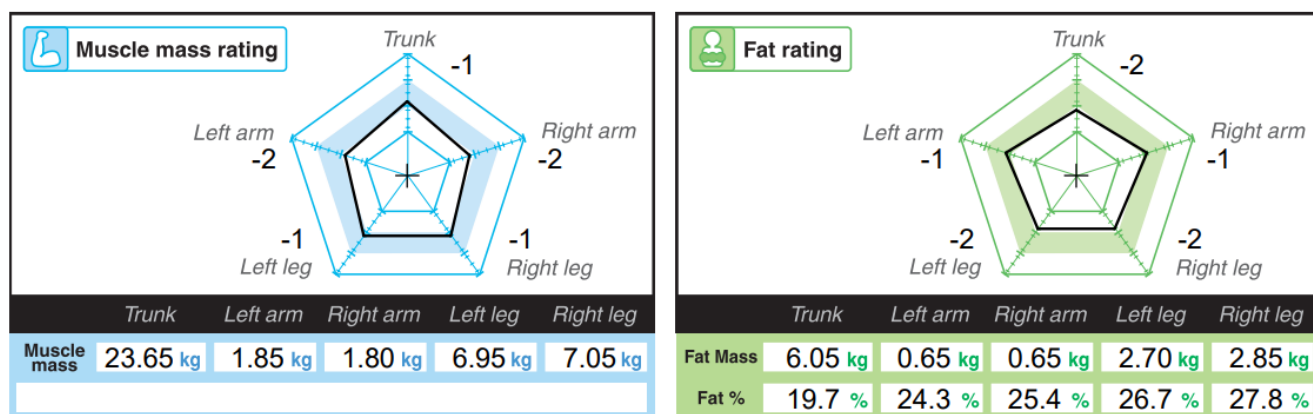


Obrázek 45 Hodnoty segmentální analýzy pro tuky i svaly [107]

Stejný diagram bychom dostali také pro sledování procentuálního podílu tělesného tuku na každé z končetin a trupu. Větší množství tuku na torze může úzce souviset s výskytem chorob způsobených špatným životním stylem, tudíž je pro nás tato analýza rychlým a snadným ukazatelem našeho zdravotního stavu. [107]

Segmentová analýza poskytuje velkou výhodu v identifikaci možných problémových částí našeho těla, proto je dobré, se na tělo dívat na rozdělené do částí než jako na celek, neboť každá jeho část může vyžadovat jiný typ pozornosti. [107]

Na ukázkou přikládáme obrázek 46 z protokolu váhy Tanita, kde vidíme získané hodnoty pro segmentální analýzu svalové a tukové hmoty pro probanda – ženu ve věku 24 let. Protokol zobrazí hodnoty v kg a % pro všech 5 částí lidského těla a porovná je s průměrnými hodnotami. [105,107]



Obrázek 46 Ukázková segmentové analýzy pro svalovou a tukovou hmotu [106]

## 6.2 Měření s Bodystat Multiscan 5000

Další přístroj, který jsme použili pro praktické účely diplomové práce, byl Bodystat Multiscan 5000, který se pohybuje v cenové kategorii v řádu sta tisíců.

Patří mezi neinvazivní zařízení používané pro analýzu tělesného složení za pomoci bioimpedanční analýzy. [96, 108]

V této praktické části jsme se zaměřili na měření ve třech různých polohách-vleže, vsedě a vestoje. Cílem bylo porovnat výsledné hodnoty tělesného složení, zda se v závislosti na poloze liší či nikoliv.

Bodystat Multiscan 5000 měří na 50 různých frekvencích v rozmezí od 5 kHz až do 1000 kHz. Získané hodnoty reaktance a rezistence dále slouží k vytvoření Cole-Cole modelu, který jsme popsali v kapitole 5.3.

Díky využití velkého množství frekvencí nám měření poskytuje velmi přesné výsledky o našem zdravotním a tělesném stavu.

Přístroj poskytuje detailní data o procentu tělesného tuku, hmotnosti tělesného tuku, procentu a hmotnosti aktivní tělesné hmoty (ATH), někdy také nazývaná jako tukuprostá hmota či FFM – Fat free mass, která vyjadřuje zastoupení svalové tkáně a vnitřních orgánů bez tuku. [1]

Dále zařízení poskytne data o procentu a hmotnosti celkové tělesné vody, hmotnosti bezvodé aktivní tělesné hmoty, kosterní svalové hmotě, procentu ECT a ICT, hmotě tělních buněk, BMR, objemu hyperhydratace, průměrné denní kalorické potřebě, BMI, BFMI, FFMI, poměru pas/boky a hodnoty impedance, rezistence, reaktance a fázového úhlu pro 50 frekvencí. [108, 109]

Ze získaných hodnot Bodystat vytvořil mimo jiné BIVA vektorový graf, Cole-cole diagram, kapacitanci buněčných membrán, a nakonec i charakteristickou frekvenci.

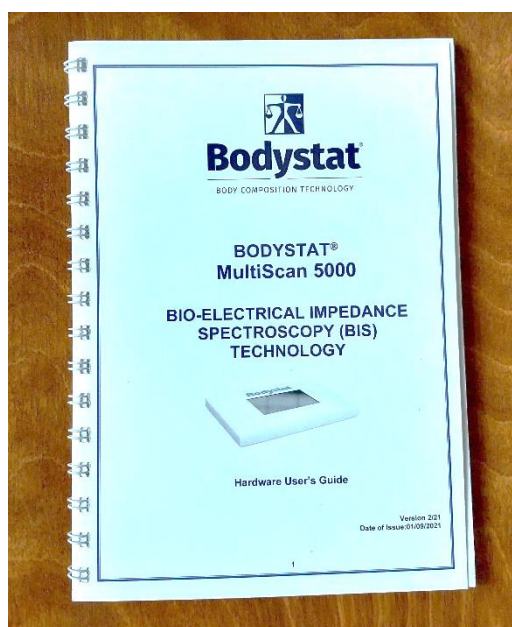
Přístroj Bodystat Multiscan 5000 nám poskytuje komplexní analýzu o našem tělesném složení, která může být použita pro úpravu životního stylu a tím následným zlepšením našeho zdravotního stavu. [108]

Získané hodnoty mohou být zkresleny nepřesně zadanou hmotností a výškou, neboť tyto veličiny slouží zejména k dalším výpočtům např. tukové hmoty, aktivní tělesné hmoty a mnoho dalších. Dalším důvodem pro nepřesnost hodnot mohou být špatně nalepené elektrody, špatná poloha končetin při měření, měření po cvičení, zvýšená teplota těla nebo měření u žen v době před a v průběhu menstruace. [82]

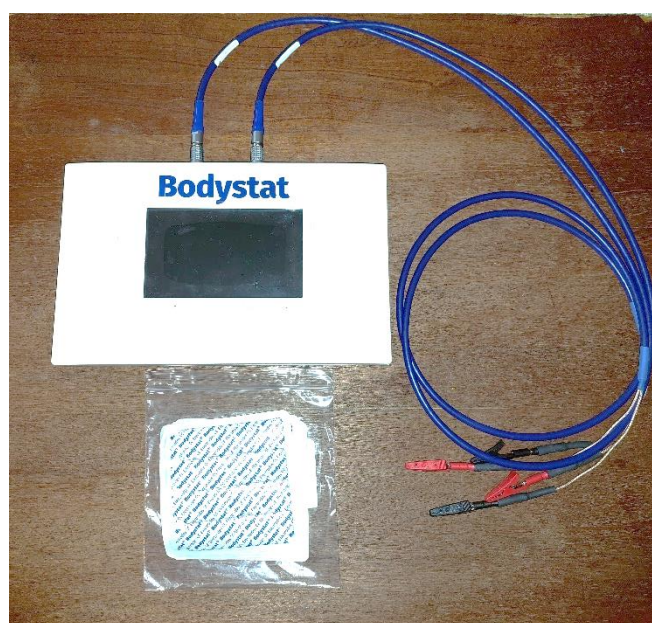
Našeho měření se zúčastnilo 10 probandů různého věku a pohlaví. Konkrétně se jednalo o 4 muže a 6 žen ve věkovém rozmezí 14-64 let.

Měření jsme pro každého provedli ve třech různých polohách, a to nejprve vleže, vsedě a nakonec vestoje.

Manuál k přístroji Bodystat Multiscan 5000 doporučuje veškerá měření provádět vleže, neboť jiné polohy mohou vést ke zkreslení výsledků, což my dále využijeme ke zpracování a porovnání získaných hodnot, zda má poloha opravdu vliv na analýzu tělesného složení.



Obrázek 47 Manuál k přístroji Bodystat Multiscan 5000 [106]



Obrázek 48 Bodystat Multiscan 5000 [106]

Oproti analytické váze, kterou jsme použili k předchozímu měření, má Bodystat Multiscan 5000 mnoho výhod, zejména v jeho lehké přenosnosti, což v případě nášlapné váhy Tanita MC 180 MA nelze. Při analýze také používá velké množství frekvencí, čímž zajišťuje větší přesnost získaných hodnot. Jak už jsme zmínili, zařízení pracuje s 50 různými frekvencemi od 5 kHz až do 1000 kHz. [108, 109]

Velkou výhodou je také jeho snadná použitelnost a jednoduché uživatelské prostředí.

Přístroj disponuje barevnou bezdotykovou obrazovkou, na které si můžeme zobrazit výsledky hned po měření.

Součástí balení jsou nalepovací elektrody, nabíječka, manuál a kabelové vodiče označené červeně a černě, které jsou ukázány na obrázcích 47 a 48.

Ve své třídě se jedná opravdu o špičkovou technologii. [109]

Nejprve jsme si probanda položili na pevnou podložku, tak aby se končetiny mezi sebou zbytečně nedotýkaly. Dále jsme na pravou ruku těsně pod kloubky na hřbetu ruky a pak na zápěstí nalepili vodivé elektrody. Další dvě elektrody se lepí na pravou nohu pod prsty a nad kotník.

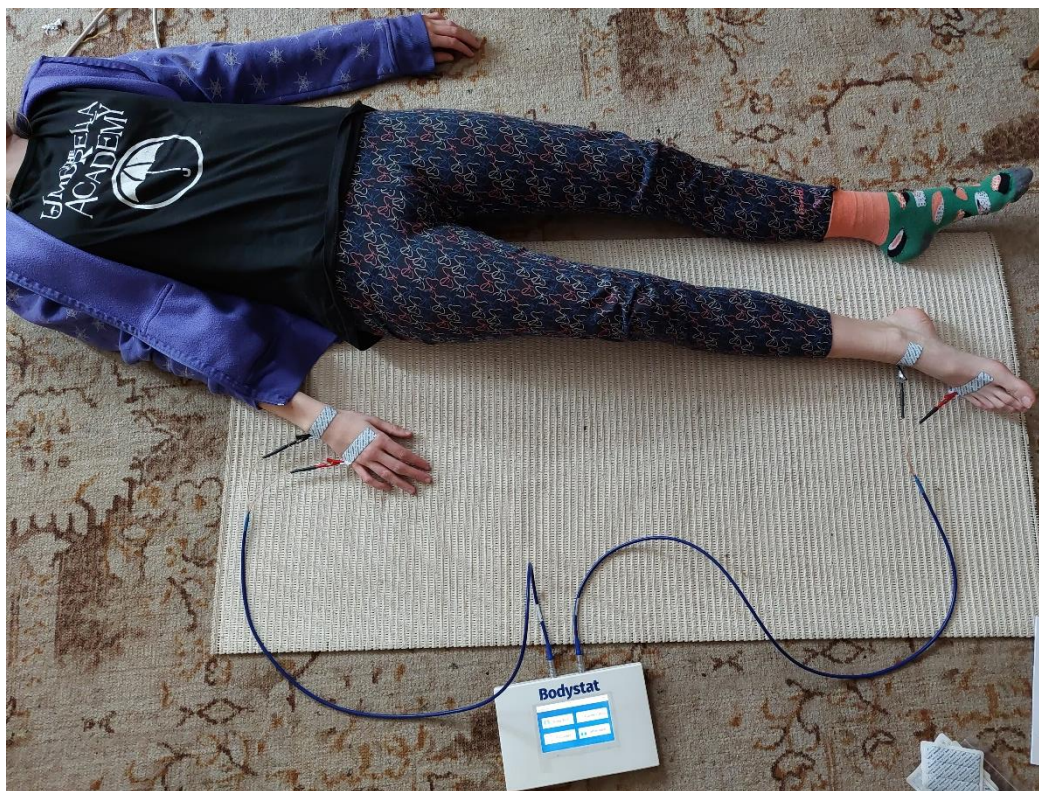
Elektrody umístíme na pravou stranu z toho důvodu, abychom zamezili průchodu proudu skrz stranu těla, na které se nachází srdce.

Po položení pacienta a umístění elektrod bychom správně měli počkat alespoň 3-4 minuty, abychom se ujistili, že se hladina tekutin uvnitř těla stabilizovala.

Je důležité měření provádět na nevodivém povrchu a dodržet určité zásady jako je nepít a nejíst 4-5 hodin před testem, necvičit ani nepít kávu nebo alkohol 24 hodin před měřením. Všechny tyto zásady a jejich nedodržení můžeme považovat za kontraindikace i u našeho měření. [108, 109]

Umístění elektrod bylo stejné pro všechny tři polohy při měření. Nejprve jsme změřili data vleže, poté vsedě a nakonec vestoje. Všechny polohy jsme fotograficky zdokumentovali a vložili do této diplomové práce.

Zapojení elektrod s přístrojem Bodystat Multiscan 5000 v první pozici-vleže je přiloženo na obrázku 49.



Obrázek 49 Ukázka umístění elektrod na probandovi [106]

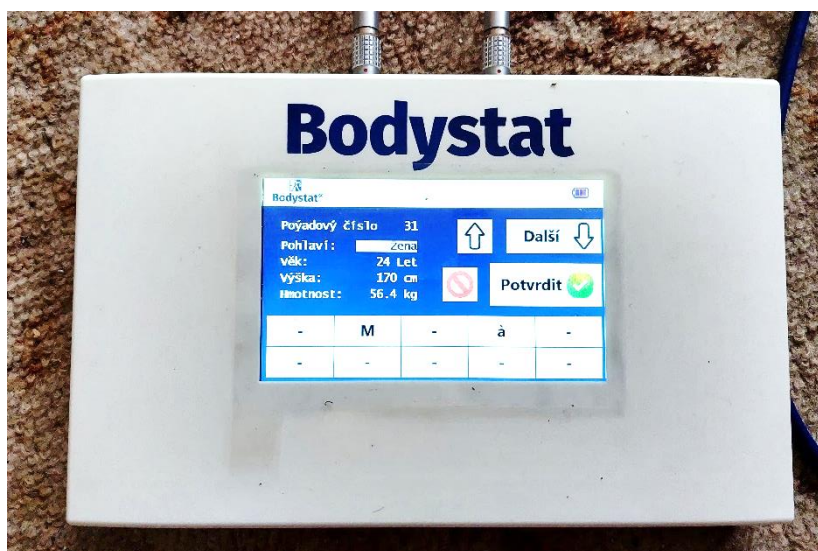
Před začátkem samotného měření je důležité zvolit nový test a do přístroje zadat další důležité parametry, jako je pohlaví, věk, výška, hmotnost, obvod pasu a boků a také aktivitu jedince, což znamená, jak se dotyčný věnuje v průběhu týdne pohybovým aktivitám.

Špatně zadaná výška a hmotnost mohou mít velký vliv na nepřesnost výsledných hodnot, proto je důležité vždy zadávat přesné míry. Založení nového testu ukazuje obrázek 50.



Obrázek 50 Ukázka založení nového testu [106]

Každý test má pořadové číslo, pod kterým ho snáze identifikujeme v softwaru na počítači. Zde pak nalezneme souhrnný protokol o tělesném složení každého měřeného probanda. Pro ilustraci přikládáme obrázek 51, kde je vidět založení nového testu a vyplnění dodatečných údajů o uživateli.



Obrázek 51 Ukázka vyplnění údajů o probandovi [106]

Následně se údaje potvrdí, čímž se zahájí samotné měření tělesného složení pomocí bioimpedance, což ilustruje obrázek 52.

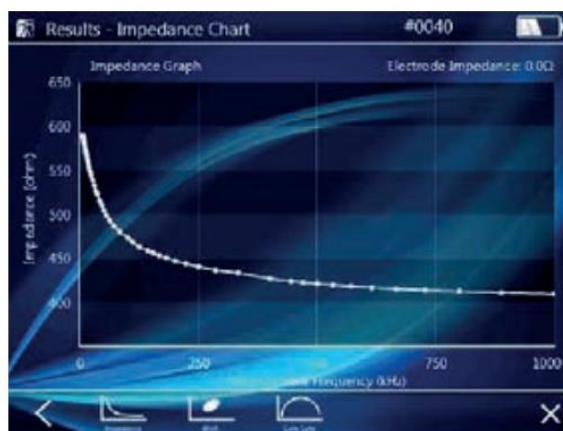
Samotné měření probíhá v řádu několika sekund. Je velmi rychlé a spolehlivé.



Obrázek 52 Ukázka potvrzení nového testu měření [106]

Poté se na obrazovce objeví výsledné hodnoty impedance pro kontrolu správnosti měření. Pokud by křivka impedance byla „kostrbatá“ značilo by to, že se při měření stala chyba. Hodnoty impedance pro každou další frekvenci musí být nižší než pro tu předchozí, čímž se také kontroluje správnost měření. Ukázka správných hodnot impedance pro frekvence od 5–200 kHz je na obrázku 53.

Výsledná křivka impedance by měla být hladká jako na obrázku 54.



Obrázek 53 Křivka impedance po měření [109]

Imp. 5 kHz ( $\Omega$ )	Imp. 50 kHz ( $\Omega$ )	Imp. 100 kHz ( $\Omega$ )	Imp. 200 kHz ( $\Omega$ )
835	754	716	685

Obrázek 54 Kontrola správnosti měření [106]

Poté jsme probanda posadili na židli a provedli celé měření znovu (obrázek 55). Umístění elektrod zůstalo stejné jako u předchozího měření na pravé ruce a noze.

V příloženém manuálu není žádná doporučující informace o tom, jak by mělo měření vsedě a vestoje probíhat. Proto jsme se rozhodli ruce umístit na stehna. Tento kontakt může být z jedním důvodů, že se získané hodnoty budou od sebe navzájem odlišovat.

Poslední test byl proveden vestoje s rukama volně podél těla bez zbytečných dotyků. Obrázek 56 představuje měření vestoje.

Nakonec jsme veškerá získaná data z měření stáhli do počítače, odkud jsme získali podrobné protokoly o celkovém tělesném složení.

Všechna data jsme si rozdělili do tabulek a vytvořili Cole-Cole graf pro jednotlivé polohy a probandy.

Do příloh jsme přidali pro ukázkou některé z výsledných protokolů z našeho měření z přístroje Bodystat Multiscan 5000.



Obrázek 56 Ukázka pozice měření vestoje [106]



Obrázek 55 Ukázka pozice měření vsedě [106]



## 6.2.1 Porovnání a zpracování výsledků měření

V rámci porovnání a zpracování výsledků získaných z jednotlivých měření jsme se zaměřili na jednotlivé komponenty tělesného složení, pro které jsme vytvořili grafy a tabulky pro lepší přehlednost případných rozdílů.

Ze získaných výsledků je vidět, že poloha probanda při měření má určitý vliv na naměřené hodnoty. Ve většině případech se jedná pouze o malé téměř zanedbatelné rozdíly, které mohou být způsobeny i jinými příčinami a kontraindikacemi než pouze polohou.

V této kapitole se zaměříme na porovnání dat pro procento tělesného tuku, množství celkové tělesné vody v %, aktivní tělesnou hmotu (ATH), BMR a impedanci pro frekvenci 50 kHz.

Bodystat Multiscan 5000 je multifrekvenční přístroj, který k měření využívá až 50 frekvencí v rozmezí 5–1000 kHz, pro ukázkou však bude stačit porovnání pouze pár vybraných frekvencí. S pomocí reaktance a rezistence pro 50 frekvencí jsme vytvořili Cole-Cole diagramy.

Pro všechny veličiny pomocí funkce SMODCH vypočítáme směrodatné odchylky, které vypovídají o tom, jak moc jsou si jednotlivé prvky v souboru mezi sebou podobné a o kolik se odlišují od střední hodnoty. [111, 112]

Jednou z dalších měřených veličin je míra hydratace, tzv. přehydratování. Tato hodnota by měla být od -1 do 1 l. Obecně se jedná o nadbytečnou extracelulární tekutinu, která se mimo jiné může podílet na vzniku lymfedému v těle. [82]

Našeho měření se zúčastnilo 10 osob různého pohlaví ve věkovém rozmezí 14–64 let, kteří spadali do různých kategorií BMI od podváhy až po nadváhu. V měřeném souboru jsme měli 6 žen a 4 muže, jejichž základní důležité údaje jako je věk, hmotnost, výška, BMI a pohlaví jsou zaneseny do tabulky 6.

Přístroj Bodystat Multiscan 5000 podle svých vlastností a ceny patří mezi velmi přesné a kvalitní přístroje, který je schopný podat komplexní zprávu o zdravotním stavu jedince.

<b>Pořadí</b>	<b>Pohlaví</b>	<b>Věk</b>	<b>Hmotnost [kg]</b>	<b>Výška [cm]</b>	<b>BMI</b>
<b>1</b>	žena	28	77	175	25,1
<b>2</b>	žena	14	52,5	172	17,7
<b>3</b>	žena	55	45,5	170	15,7
<b>4</b>	žena	24	56,4	170	19,5
<b>5</b>	žena	33	72,2	174	23,8
<b>6</b>	žena	31	79	180	24,4
<b>7</b>	muž	20	80	177	25,5
<b>8</b>	muž	41	96	190	26,6
<b>9</b>	muž	64	84	184	24,8
<b>10</b>	muž	25	124	185	36,2

*Tabulka 6 Základní informace o probandech [106]*

## 6.2.2 Porovnání výsledků pro tělesný tuk

Tělesný tuk je jedním z nejdůležitějších parametrů tělesného složení, neboť významně poukazuje na zdravotní stav našeho těla a dá se ovlivnit mírou pohybových aktivit. Jedná se o nezanedbatelný zdroj energie a stavební složku buněk.

V případě tělesného tuku není správný ani jeden extrém – podváha ani obezita. Přemíra tělesného tuku může vést ke vzniku chorob jako je cukrovka, choroby srdce, vysokého tlaku a onemocnění cév. Nedostatek tělesného tuku způsobuje nedostatečnou produkci hormonů, které zajišťují celkovou vitalitu lidského těla. Ženy jsou při nedostatku tukové hmoty náchylné ke ztrátě menstruace a celkově to vede ke zhoršení psychického stavu.

Optimální množství tuku v těle pro ženy je 18–30 %. Nadváha nastává při více jak 30 % tuku v těle, a naopak vážný nedostatek tuku je okolo 12 %.

Muži mají přísnější kritéria pro hodnocení tělesného tuku. Nedostatek je pro hodnoty nižší jak 5 %. Optimální procento se pohybuje okolo 8–20 % a nadváha nastává od 25% a výše. [113]

Získaná data jsme si rozdělili pro lepší porovnání na muže a ženy, jelikož pro obě pohlaví se optimální hodnoty tělesného tuku odlišují.

Pomocí programu excel jsme veškerá data zanesli do tabulek a vytvořili grafy v závislosti tuku v % na váze v kg. Dále jsme vypočítali směrodatné odchylky pomocí funkce SMODCH.

Do tabulky 7 jsme zanesli hodnoty získané ze třech poloh při měření s přístrojem Bodystat Multiscan 5000 a to vleže, vsedě a vestoje.

Pořadí	Pohlaví	Věk	Hmotnost [kg]	Tuk [%] vleže	Tuk [%] vsedě	Tuk [%] vestoje
1	Žena	28	77	35,3	34,6	33,4
2	Žena	14	52,5	28	25,9	27,2
3	Žena	55	45,5	30,9	29,4	30,3
4	Žena	24	56,4	24,8	21,7	24,2
5	Žena	33	72,2	30,5	28,1	29,8
6	Žena	31	79	29,6	27,2	28,8
			<b>Průměr</b>	<b>29,85</b>	<b>27,82</b>	<b>28,95</b>
			<b>Směrodatná odchylka</b>	<b>3,168</b>	<b>3,874</b>	<b>2,828</b>

Tabulka 7 Výsledky tělesného tuku v % – ženy [106]

Z výsledků měření je na první pohled patrné, že poloha má na získané hodnoty určitý vliv. Nejnížší hodnoty ve většině případech vycházely pro měření vsedě, což může být dáno tím, že jsme se pro tento případ rozhodli sjednotit polohu rukou s dotykem na stehnech. Tento kontakt, přestože byl přes látku oblečení, mohl mít vliv na rozdílné výsledky tělesného tuku.

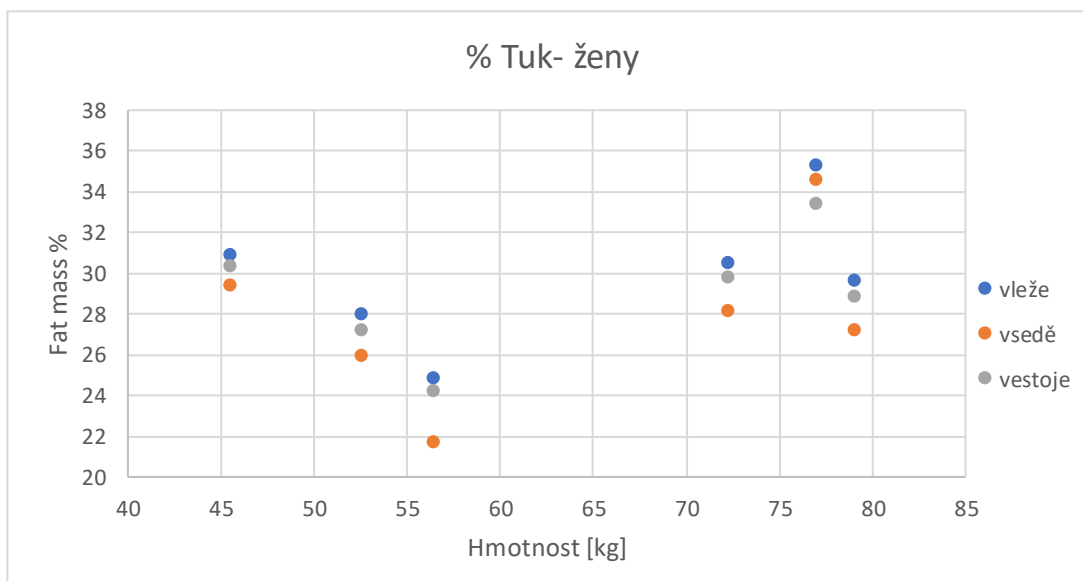
Dalším důvodem pro nižší hodnoty mohlo být, že jsme mezi měřením vleže a vsedě nepočkali dostatečnou dobu pro ustálení tělesných tekutin v těle. Tato kontraindikace může být vztažena na všechna měření.

Našeho výzkumu se účastnily ženy ve věkovém rozmezí 14-55 let a váhovém 45,5-79 kg. Všechny hodnoty se však mezi sebou velmi navzájem podobaly, jak vidíme v grafu 1.

Jedinou výjimkou, kdy procento tělesného tuku bylo nižší vestoje, bylo měření pro ženu č.1 (175 cm/ 77 kg), které vyšlo 33,4 %. Tato hodnota je nižší o cca 1,5 %, než pro ostatní polohy, tudíž se jedná o velmi malý rozdíl.

Průměrná hodnota pro měření vleže nám vyšla 29,85 %, vsedě 27,82 % a nakonec vestoje 28,95 %. Všechny průměrné hodnoty se nacházejí na hranici 30 %, což je optimální množství tělesného tuku pro ženy.

Směrodatné odchylky jsme získali pomocí funkce SMODCH, které nám vyšly v rozmezí 3-4 %. Toto číslo nám udává, jak moc se jednotlivé hodnoty odlišují od aritmetického průměru. Malá odchylka značí malé rozdíly mezi výsledky. [110, 111]



Graf 1 Porovnání % tuku – ženy [106]

Dále jsme se zaměřili na mužskou část našeho výzkumu. Našeho měření se zúčastnili 4 muži ve věkovém rozmezí 25–64 let a váhovém rozpětí 80–124 kg, přičemž dva muži (1. a 4.) se věnují silovým sportům. Stejně jako v předchozím případě jsme provedli měření vleže, vsedě, a nakonec i vestoje. Všechna data jsme pro přehlednost zanesli do tabulky 8 a grafu 2.

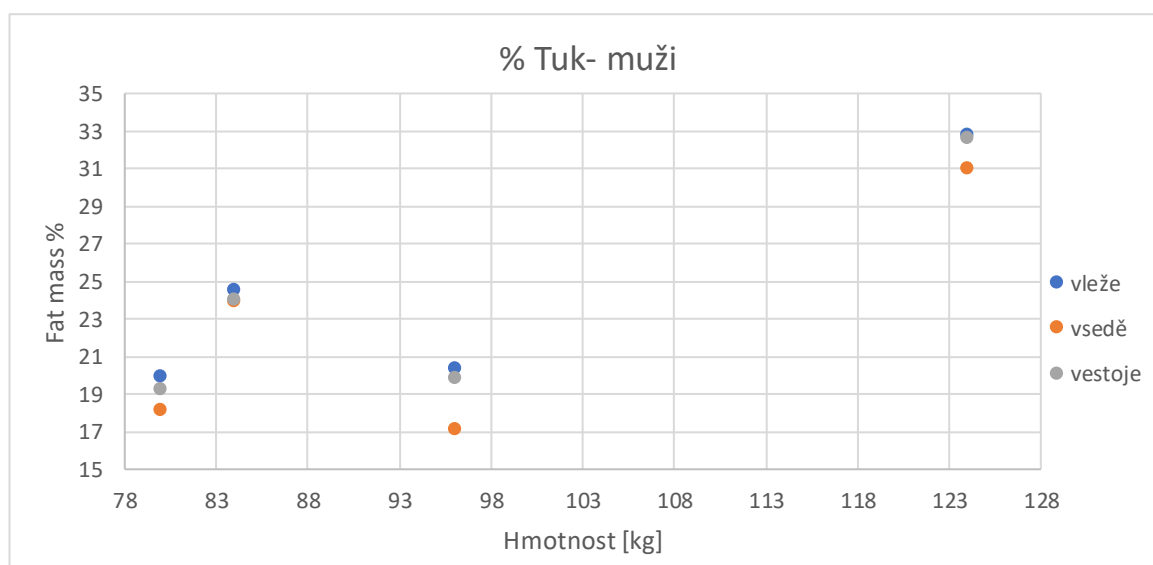
Pořadí	Pohlaví	Věk	Hmotnost [kg]	Tuk [%] vleže	Tuk [%] vsedě	Tuk [%] vestoje
1	muž	20	80	19,9	18,1	19,2
2	muž	41	96	20,3	17,1	19,8
3	muž	64	84	24,5	23,9	24
4	muž	25	124	32,8	31	32,6
<b>Průměr</b>				<b>24,4</b>	<b>22,5</b>	<b>23,9</b>
<b>Směrodatná odchylka</b>				<b>5,187</b>	<b>5,539</b>	<b>5,353</b>

Tabulka 8 Výsledky tělesného tuku v % – muži [106]

Podobně jako u žen jsme dostali nejnižší hodnoty pro měření vsedě. Průměrně se jednalo o obsah tuku přibližně 22,5 %. Optimálním výsledkem pro tukovou hmotu u mužů by byly hodnoty v rozmezí od 8–20 %. Většina mužských probandů tak patřila povětšinou do kategorie s lehkou nadváhou. V jediném případě pro muže 25 let/185 cm se jednalo s více jak 31 % o obezitu.

Průměrně nám tedy vyšly hodnoty pro měření vleže 24,4 % tělesného tuku, vsedě 22,5% a vestoje 23,9 %.

Směrodatné odchylky jsme pro všechny případy získaly okolo 5,5 %, což je více než pro ženy.



Graf 2 Porovnání % tuku – muži [106]

### 6.2.3 Porovnání výsledků pro celkovou tělesnou vodu

Celková tělesná voda je jednou z nejdůležitějších složek tělesného složení, která představuje veškerou vodu v lidském těle. Průměrně by dospělý člověk měl zhruba obsahovat 60 % vody.

Malé děti a novorozenci obsahují vody ještě více. Tato čísla se pohybují kolem 75-50 %. Čím starší člověk je, tím menší má obsah vody v těle. Celková tělesná voda se také liší v závislosti na pohlaví. Ženy mají obecně méně vody než muži, kvůli většímu obsahu tukové tkáně, který je nutný pro správné fungování ženských hormonů. Obsah vody také klesá s větší hmotností. [113]

Funkci a složení celkové tělesné vody jsme si podrobně rozebrali v kapitole 2.1.

Pořadí	Pohlaví	Věk	Hmotnost [kg]	Voda [%] vleže	Voda [%] vsedě	Voda [%] vestoje
1	žena	28	77	40,2	39,9	21,1
2	žena	14	52,5	50,9	24,6	50
3	žena	55	45,5	54,3	55,7	53,2
4	žena	24	56,4	48,1	62,1	47,9
5	žena	33	72,2	44,9	50,6	44,5
6	žena	31	79	45,3	44,1	45,1
<b>Průměr</b>				<b>47,28</b>	<b>46,17</b>	<b>43,63</b>
<b>Směrodatná odchylka</b>				<b>4,52</b>	<b>12,06</b>	<b>10,50</b>

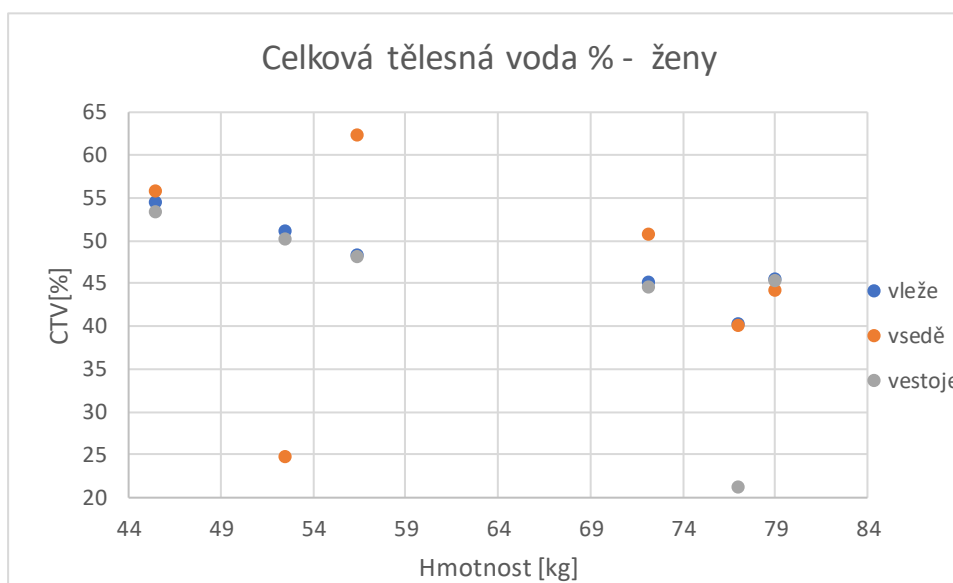
Tabulka 9 Porovnání celkové tělesné vody – ženy [106]

Nejprve si porovnáme obsah celkové tělesné vody pro ženy. Do tabulky 9 jsme zanesli veškerá získaná data. Pro většinu žen jsme získali nižší hodnoty obsahu celkové tělesné vody okolo 40–50 %.

Ve dvou případech nám vyšly velmi nízké hodnoty, což však mohlo být způsobeno kontraindikacemi při měření kvůli změnám poloh mezi jednotlivými měřeními, kdy se nestihly ustálit tělesné složky. Mohlo se také stát, že se při změně polohy elektrody mírně odlepily, čímž se ovlivnila přesnost měření. Takové hodnoty se pohybovaly okolo 20 %, což nemohou být reálné výsledky obsahu tělesné vody.

Obecně vycházely nižší hodnoty pro měření vestoje. Průměrná hodnota pro tento případ byla cca 43,6 % CTV. Vleže nám vyšel průměr 47,28 % a vsedě pak okolo 46,17%. Pro lepší přehlednost získaných hodnot přikládáme graf 3.

Směrodatné odchylky vycházely vleže okolo 4,52 %, vsedě 12,06 % a vestoje 10,5%. Poslední dvě odchylky jsou poměrně velké právě z důvodu výskytu chybových hodnot.



Graf 3 Celková tělesná voda % - ženy [106]

V další části jsme se zaměřili na porovnání hodnot pro mužskou část probandů. Jako v minulém případě jsme sestavili tabulku 10.

Muži, kteří by měli mít více svalové hmoty, mají také obecně větší obsah celkové tělesné vody okolo 60 %. Většina našich probandů se nacházela v rozmezí 42-55% celkové tělesné vody, což je o něco nižší hodnota, než by správně měla být. Tato skutečnost může být dána vyšším obsahem tělesného tuku, jako tomu bylo třeba pro muže ve věku 25 let/185 cm, kterému vyšel tělesný tuk cca 32 %. Tato hodnota již odpovídá obezitě.

Tuk sám o sobě neobsahuje téměř žádnou vodu, což může vést k nižším hodnotám celkové tělesné vody.

Během tohoto měření se nevyskytly podobné kontraindikace jako u žen, proto si je většina hodnot velmi podobná. Vleže nám průměrně vyšla hodnota 48,45 % a směrodatná odchylka 3,91 %. Pro případ vsedě jsme získali výsledek 52,78 % a odchylku 1,45 %.

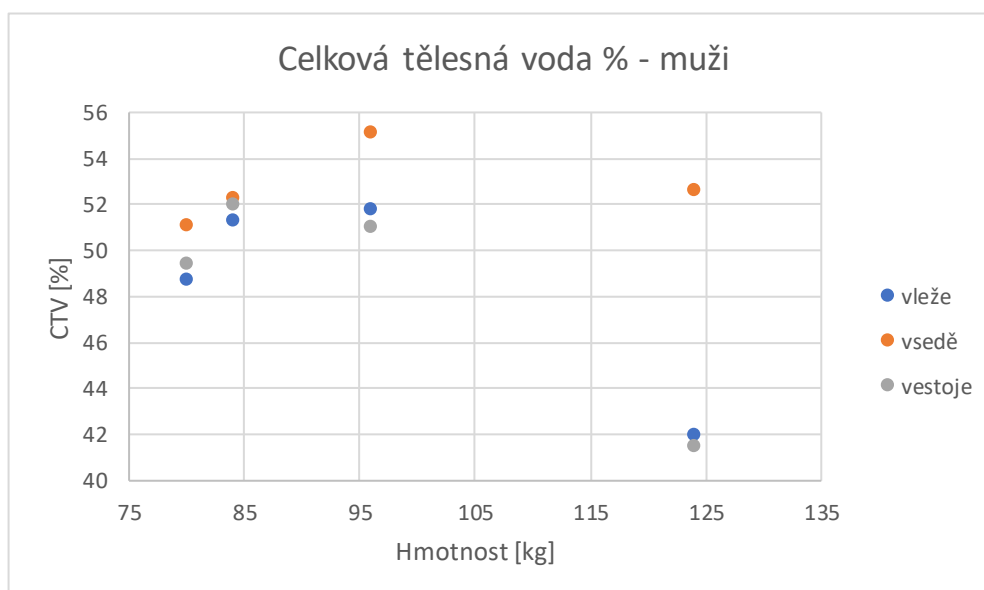
Poslední měření probíhalo vestoje bez žádného kontaktu končetin mezi sebou. Zde jsme vypočetli aritmetický průměr, který vyšel 48,48 % a směrodatnou odchylku pomocí funkce SMODCH. Ta odpovídala hodnotě 4,13 %.

Pořadí	Pohlaví	Věk	Hmotnost [kg]	Voda [%] vleže	Voda [%] vsedě	Voda [%] vestoje
1	muž	20	80	48,7	51,1	49,4
2	muž	41	96	51,8	55,1	51
3	muž	64	84	51,3	52,3	52
4	muž	25	124	42	52,6	41,5
<b>Průměr</b>				<b>48,45</b>	<b>52,78</b>	<b>48,48</b>
<b>Směrodatná odchylka</b>				<b>3,91</b>	<b>1,45</b>	<b>4,13</b>

Tabulka 10 Porovnání celkové tělesné vody % - muži [106]

Pro lepší vizualizaci hodnot jsme sestrojili graf 4 v závislosti na celkové tělesné vodě v % na hmotnosti v kg, kde je jasně vidět, jak se jednotlivé výsledky měření lišily v závislosti na poloze.

Většina hodnot se sobě navzájem bez ohledu na polohu měření velmi podobala. Pouze v jediném případě nastal velký nárůst celkové tělesné vody, kdy vleže i vestoje vyšla téměř stejná hodnota okolo 42 %, ale pro polohu vsedě došlo ke vzrůstu o 10 % na 52 %. Z toho důvodu bychom se spíše přikláněli k tomu, že skutečným obsahem vody v těle je 42 %.



Graf 4 Porovnání celkové tělesné vody % - muži [106]



## 6.2.4 Porovnání výsledků pro aktivní tělesnou hmotu (ATH)

Aktivní tělesná hmotu popisuje relativní zastoupení veškerého kosterního a hladkého svalstva a buněk imunitního systému. Převážně je tvořena ze 60% svalstva, 25 % kostí a 15 % vnitřních orgánů. Jedná se o tukuprostou hmotu. [2, 114, 115]

Hlavní funkcí ATH je transport bílkovin do těla. Množství aktivní tělesné hmoty je závislé na celkové tělesné hmotnosti.

Zdraví jedinci ztrácejí obecně kolem 3–8 % ATH během každých 10 let života. Po překročení věku 70 let se ATH ztrácí až o 15 % za deset let. Správné hodnoty ATH by se měly pohybovat v rozmezí 70–88 %. [114, 115]

Z měření jsme mimo jiné získali i hodnoty pro ATH v %. Výsledky měření jsme zanesli do tabulek a vytvořili grafy pro každé pohlaví zvlášť pro lepší názornost.

Pro muže, kteří mají větší podíl svalů, vycházely hodnoty ATH o něco vyšší než pro ženy, které zase obecně mají vyšší podíl tukové hmoty. Většina hodnot se sobě navzájem velmi podobala. Směrodatné odchylky vyšly ve všech případech přibližně 5,5 % a aritmetické průměry ATH zhruba 77 %.

Tabulka 11 a graf 5 porovnávají naměřené hodnoty pro muže.

U žen jsme získali průměrné hodnoty vleže 70,2 %, vsedě 72,2 % a vestoje 71,1 %. Nejmenší hodnoty tudíž vycházely v poloze vleže.

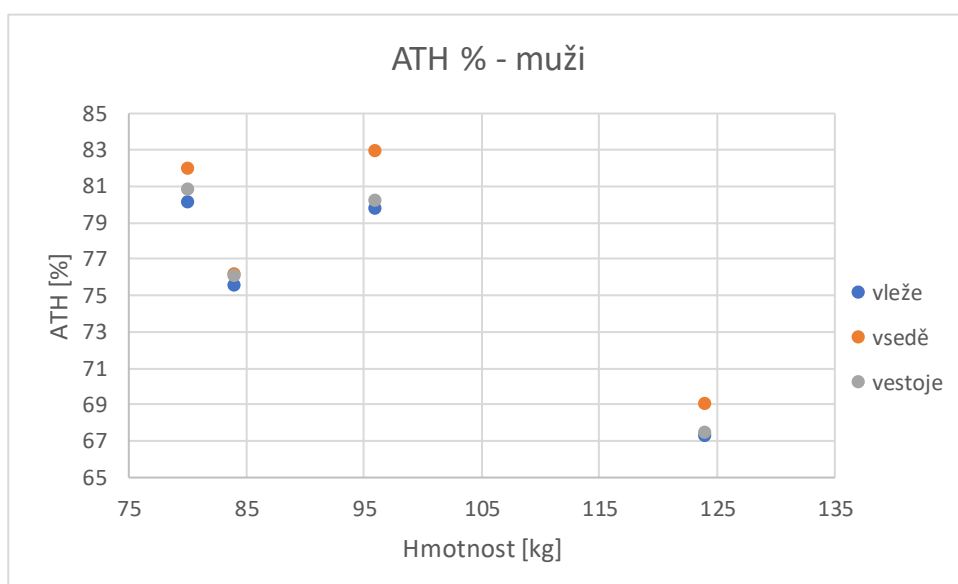
Směrodatné odchylky, které vyjadřují, jak moc se jednotlivé hodnoty liší od průměru, nám vyšly vleže 3,2 %, pro polohu vsedě 3,9 % a vestoje 2,8 %, jak ukazuje tabulka 12 a graf 6.

Pořadí	Pohlaví	Věk	Hmotnost [kg]	ATH (%) vleže	ATH (%) vsedě	ATH (%) vestoje
1	muž	20	80	80,1	81,9	80,8
2	muž	41	96	79,7	82,9	80,2
3	muž	64	84	75,5	76,1	76
4	muž	25	124	67,2	69	67,4
<b>Průměr</b>				<b>75,63</b>	<b>77,48</b>	<b>76,10</b>
<b>Směrodatná odchylka</b>				<b>5,19</b>	<b>5,54</b>	<b>5,35</b>

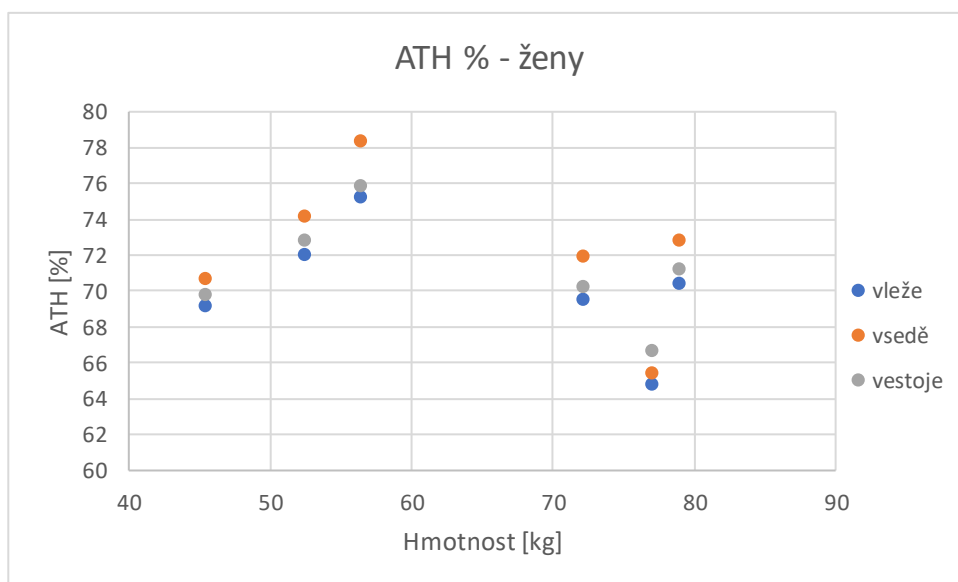
Tabulka 11 Porovnání ATH % muži [106]

Pořadí	Pohlaví	Věk	Hmotnost [kg]	ATH (%) vleže	ATH (%) vsedě	ATH (%) vestoje
1	žena	28	77	64,7	65,4	66,6
2	žena	14	52,5	72	74,1	72,8
3	žena	55	45,5	69,1	70,6	69,7
4	žena	24	56,4	75,2	78,3	75,8
5	žena	33	72,2	69,5	71,9	70,2
6	žena	31	79	70,4	72,8	71,2
<b>Průměr</b>				<b>70,2</b>	<b>72,2</b>	<b>71,1</b>
<b>Směrodatná odchylka</b>				<b>3,2</b>	<b>3,9</b>	<b>2,8</b>

Tabulka 12 Porovnání ATH % - ženy [106]



Graf 5 Porovnání ATH % - muži [106]



Graf 6 Porovnání ATH % - ženy [106]

## 6.2.5 Porovnání výsledků pro BMR

Bazální metabolický výdej (Basal metabolic rate-BMR) představuje množství energie, která je potřeba pro udržení životních funkcí lidského těla v klidu. Těmito funkcemi se přesněji rozumí tlukot srdce, dýchání, fungování mozku, nervového systému a dalších.

BMR je energie, která by stačila tělu k přežití během nehybného ležení na lůžku. [116]

Tento údaj je také důležitý pro představu o kaloriích, které potřebuje naše tělo denně přijmout, aby nedošlo ke snížení nebo zvýšení hmotnosti. Zjednodušeně platí, že pokud by pacient chtěl svou váhu zvýšit, měl by přijímat více kcal, než je jeho dosavadní hodnota BMR. Pro snížení hmotnosti musíme přijímat méně kcal denně. [116, 117]

Velikost BMR závisí také na věku, pohlaví, výšce a hmotnosti. Jednotkou BMR je kcal.

Pomocí BMR se stanovuje mimo jiné hodnota metabolického věku, který porovnává náš bazální metabolismus s průměrnou hodnotou BMR populace se stejným chronologickým věkem. Metabolický věk nemusí odpovídat našemu skutečnému věku. [116, 118, 119]

Hodnota BMR se liší pro každého v závislosti na životním stylu, váze, pohlaví, věku a výšce. Pro muže v našem zkoumaném souboru obecně vycházely hodnoty okolo 2000 kcal pro všechny tři polohy měření – vleže, vsedě a vestoje. Dalo by se říct, že poloha má velmi malý vliv na určení BMR, neboť tyto hodnoty jsou dopočítávány z predikčních rovnic. Směrodatné odchylky se pohybovaly okolo 250 kcal. Veškerá data jsou přiložena v tabulce 13.

Pořadí	Pohlaví	Věk	Hmotnost[kg]	BMR [kcal] vleže	BMR [kcal] vsedě	BMR [kcal] vestoje
1	muž	20	80	1963	2004	1979
2	muž	41	96	2182	2258	2194
3	muž	64	84	1849	1862	1861
4	muž	25	124	2496	2557	2503
<b>Průměr</b>				<b>2122,5</b>	<b>2170,25</b>	<b>2134,25</b>
<b>Směrodatná odchylka</b>				<b>246,62</b>	<b>264,54</b>	<b>244,09</b>

Tabulka 13 Porovnání BMR – muži [106]

Je přirozené, že pro ženy vycházely nižší hodnoty BMR než pro muže, neboť ženy bývají obecně menší a lehčí než muži. Průměrná hodnota vleže pro ženy vycházela okolo 1497 kcal, vsedě 1524 kcal a vestoje 1511 kcal, jak vidíme v tabulce 14.

Všechny získané hodnoty jsou si velmi podobné. Směrodatné odchylky nám vyšly přibližně okolo 210 kcal. Nejmenší BMR (1124 kcal) nám vyšla pro ženu, která měla 45,5 kg/ 170 cm. Veškeré doplňující údaje, které by nás mohly zajímat, nalezneme v tabulce 6.

Pořadí	Pohlaví	Věk	Hmotnost [kg]	BMR [kcal] vleže	BMR [kcal] vsedě	BMR [kcal] vestoje
1	žena	28	77	1625	1639	1661
2	žena	14	52,5	1395	1395	1395
3	žena	55	45,5	1124	1140	1130
4	žena	24	56,4	1447	1488	1457
5	žena	33	72,2	1632	1675	1646
6	žena	31	79	1764	1810	1781
<b>Průměr</b>				<b>1497,83</b>	<b>1524,50</b>	<b>1511,67</b>
<b>Směrodatná odchylka</b>				<b>207,34</b>	<b>217,26</b>	<b>214,15</b>

Tabulka 14 Porovnání BMR – ženy [106]

BMR je také možné odhadnout pomocí výpočtu, který se liší pro ženy i muže, což ukazuje rovnice 2 a 3.

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

Rovnice 2 Výpočet BMR ženy [118]

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

Rovnice 3 Výpočet BMR muži [118]

## 6.2.6 Porovnání výsledků pro impedanci 50 kHz

Posledním parametrem, který si porovnáme pro všechny tři polohy, je impedance pro 50 kHz. Velkou výhodou přístroje Bodystat Multiscan 5000 je použití velkého množství frekvencí při měření.

Jedná se tedy o multifrekvenční přístroj, který používá frekvence od 5-1000 kHz, což je o mnohem větší množství frekvencí než u přístroje Tanita. Měření s velkým množstvím frekvencí zajišťuje velkou přesnost získaných výsledků. Poskytuje také možnost měřit objem intracelulární i extracelulární tekutiny.

Velikost elektrické impedance je měřena v ohmech a popisuje elektrické vlastnosti organismu a tkání. Svalová hmota, která je bohatá na obsah vody, je dobrým vodičem elektrického signálu. Oproti tomu je tuková hmota téměř bezvodá, což z ní dělá velmi špatný vodič.

Obecně platí, že vysoký stupeň obezity může mít negativní vliv na přesnost měření.

Impedance při frekvencích 5 kHz a 200 kHz jsou použity k výpočtu tzv. Prediction Marker, který je nezávislý na regresních rovnicích, tudíž nepotřebuje údaje ohledně pacienta jako je hmotnost, výška, věk a pohlaví. [108,109]

Nejprve si porovnáme výsledky u našich ženských probandů. Získané hodnoty impedance pro frekvenci 50 kHz nám vycházely v rozmezí 605–850  $\Omega$  pro měření vleže. Směrodatná odchylka se pohybovala kolem 82,29  $\Omega$ .

Povětšinou nám vycházely nejnižší hodnoty vsedě, a to mezi 583–808  $\Omega$ . Tato poloha může mít vliv na průchod elektrického proudu tělem a tím i na výsledné hodnoty. Směrodatná odchylka nám vyšla přibližně 86,13  $\Omega$ . Poloha vestoje je nejvíce podobná poloze vleže.

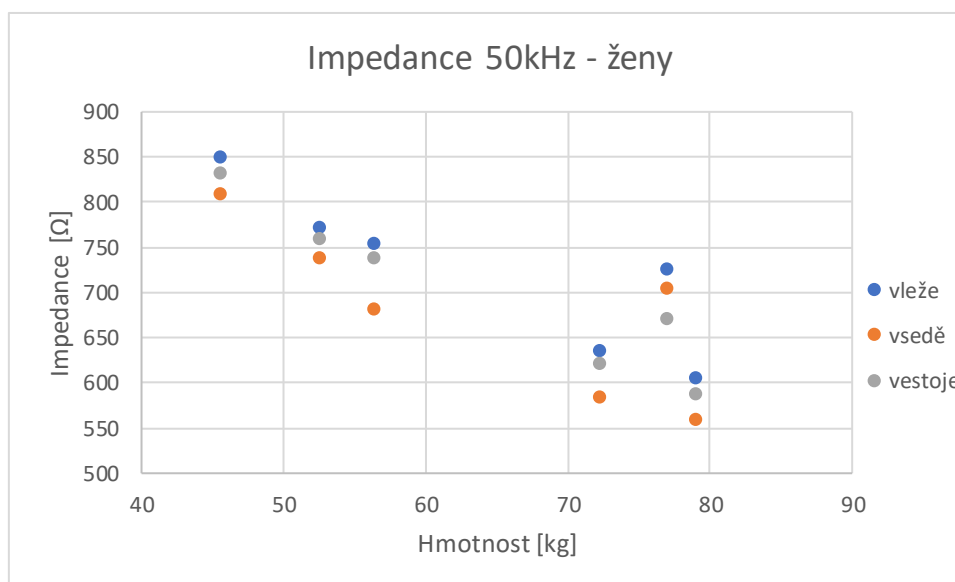
Pro měření vleže jsme získali hodnoty okolo 587–832  $\Omega$ . Směrodatná odchylka nám pomocí funkce SMODCH vyšla 83,99  $\Omega$ . Tabulka 15 slouží pro porovnání získaných hodnot.

Při měření bychom měli dbát na dodržení hlavních zásad, a to mít správně umístěné elektrody. Zanedbání tohoto bodu může mít velmi negativní působení na výsledky měření. Je také důležité zmínit, že na výsledky mohou mít vliv i individuální rozdíly každého člověka jako je např. odlišná anatomie a rozložení tukových vrstev, svalové hmotnosti a hydratace.

Pořadí	Pohlaví	Věk	Hmotnost [kg]	Impedance [ $\Omega$ ] vleže	Impedance [ $\Omega$ ] vsedě	Impedance [ $\Omega$ ] vestoje
1	žena	28	77	724,7	703,9	670,5
2	žena	14	52,5	771,7	737,6	759,4
3	žena	55	45,5	848,7	808,6	832,3
4	žena	24	56,4	753,7	682,1	738,7
5	žena	33	72,2	635,9	583,7	620,3
6	žena	31	79	605	558,3	587,8
<b>Průměr</b>				<b>723,28</b>	<b>679,03</b>	<b>701,50</b>
<b>Směrodatná odchylka</b>				<b>82,29</b>	<b>86,13</b>	<b>83,99</b>

Tabulka 15 Porovnání impedance 50 kHz – ženy [106]

Pro lepší názornost rozdílnosti hodnot jsme vytvořili graf 7 v závislosti impedance pro 50 kHz na hmotnosti v kg.



Graf 7 Porovnání impedance pro 50 kHz – ženy [106]

Dále jsme si porovnali výsledky měření v různých polohách pro naše mužské probandy. Nacházejí se ve věkovém rozmezí 20-64 let a váhovém 80–124 kg.

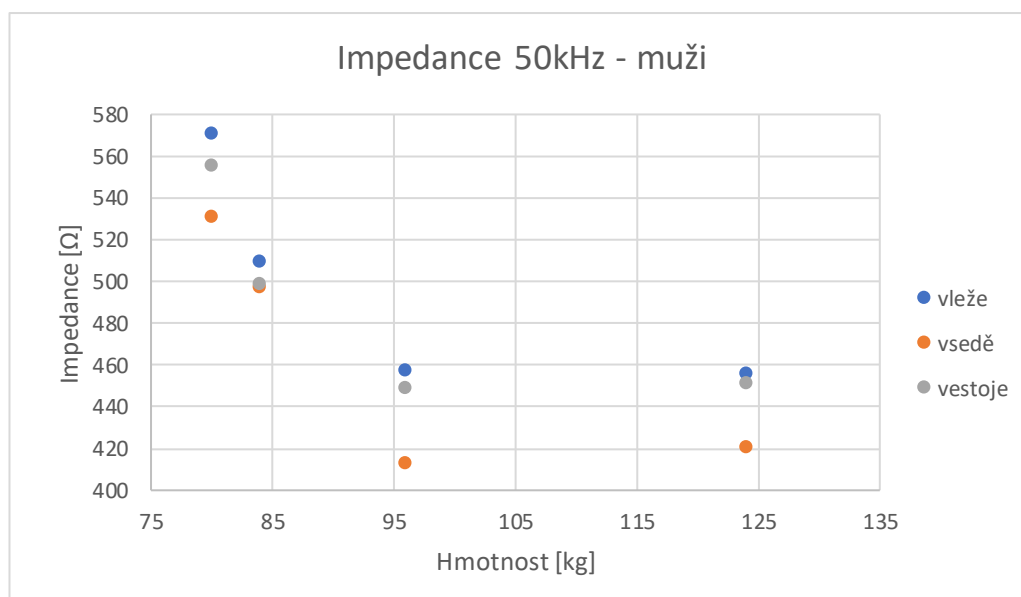
V poloze vleže nám vycházely nejnižší výsledky v rozmezí 420-531  $\Omega$  a směrodatná odchylka okolo 50,35  $\Omega$ . Pro polohu vleže, která je doporučovaná poloha pro správné výsledky měření, jsme získali průměrnou hodnotu 498,5  $\Omega$  a směrodatnou odchylku 47,14. Tato hodnota popisuje, jak moc se získané hodnoty odlišují od průměru.

Nakonec jsme měření provedli vestoje. V tomto případě jsme vypočítali průměrnou hodnotu 488,85  $\Omega$  a směrodatnou odchylku 43,17  $\Omega$ , která byla ze všech směrodatných odchylek nejmenší, jak vidíme v tabulce 16.

Graf 8 jsme použili pro názornější ukázkou odlišností jednotlivých poloh na výslednou impedanci při frekvenci 50 kHz.

Pořadí	Pohlaví	Věk	Hmotnost[kg]	Impedance [ $\Omega$ ] vleže	Impedance [ $\Omega$ ] vsedě	Impedance [ $\Omega$ ] vestoje
1	muž	20	80	571,2	531,4	555,4
2	muž	41	96	457,7	412,8	449,5
3	muž	64	84	509,3	497,5	499,1
4	muž	25	124	455,8	420,8	451,8
<b>Průměr</b>				<b>498,5</b>	<b>465,625</b>	<b>488,95</b>
<b>Směrodatná odchylka</b>				<b>47,14</b>	<b>50,35</b>	<b>43,17</b>

Tabulka 16 Porovnání impedance 50 kHz – muži [106]



Graf 8 Porovnání impedance 50 kHz – muži [106]

## 6.2.7 Cole-Cole modely

Cole-Cole model popisuje frekvenčně závislou elektrickou impedanci biologických tkání. Tento model mimo jiné pomáhá zhodnotit obsah a stav tekutin a biologických tkání.

Cole-Cole křivka se modeluje jako závislost rezistence na reaktanci. Získáním velkého množství těchto hodnot pro hodně frekvencí nám pomáhá vytvářet Cole-Cole diagramy.

Na horizontální ose jsou naneseny hodnoty reálné složky impedance – rezistence, oproti tomu na vertikální ose je zobrazena imaginární složka-reaktance.

Charakteristickým tvarem Cole-Cole modelu je půlkruh, přičemž jeho poloha a tvar vypovídá o elektrických vlastnostech tkání.

Pokud se tvar Cole-Cole křivky odlišuje od půlkruhu, může to značit určité patologie a tkáňové změny.

Tvar Cole-Cole křivky může být dokonce ovlivněna vnějšími faktory jako je např. teplota, vlhkost, koncentrace iontů a další fyziologické podmínky, proto je důležité se snažit o správný průběh měření pomocí přístrojů bioimpedanční analýzy.

Jeho hlavním využitím je zkoumání elektrických vlastností biologických tkání nebo také analýzy frekvenční odpovědi tkání. Dále také slouží k odhadu složení a struktury tkání. V lékařství pomáhá hodnotit stav hydratace, průběh léčby nebo i k diagnostikování různých onemocnění. [120, 121, 122]

Ze získaných hodnot rezistence a reaktance jsme vytvořili Cole-Cole modely pro všechny tři různé polohy měření – vleže, vsedě a vestoje.

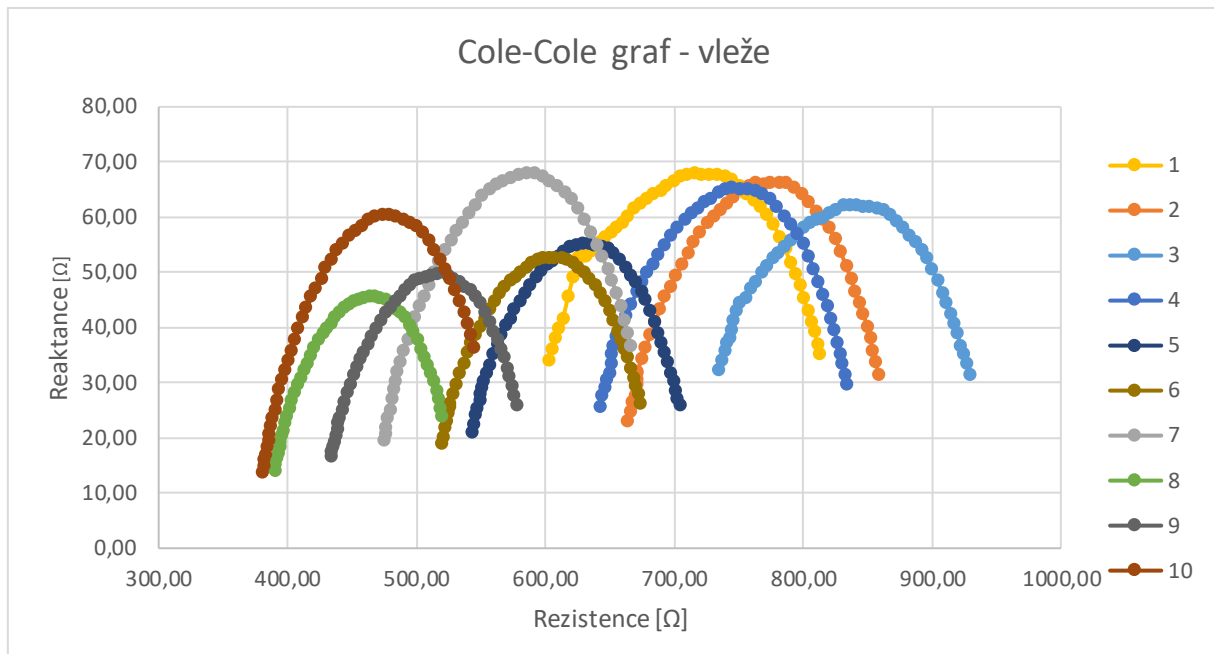
V grafu 9 se nacházejí hodnoty pro všechny naše probandy, celkem tedy 10 probandů očíslovaných od 1-10. Pořadí probandů odpovídá pořadí v tabulce 6.

Celkově jsme získali 50 hodnot reaktance a rezistence pro 50 různých frekvencí od 5-1000 kHz.

Pro měření vleže nám vyšly ukázkové Cole-Cole křivky v grafu 9.

Na první pohled je zřejmé, že měření proběhlo správně. Žádný z probandů nemá výslednou Cole-Cole křivku nijak zdeformovanou, což odkazuje na dobré elektrické vlastnosti biologických tkání. Nepředpokládáme tedy výskyt žádných patologických jevů pro žádného probanda.





Graf 9 Cole-Cole model – vleže [106]

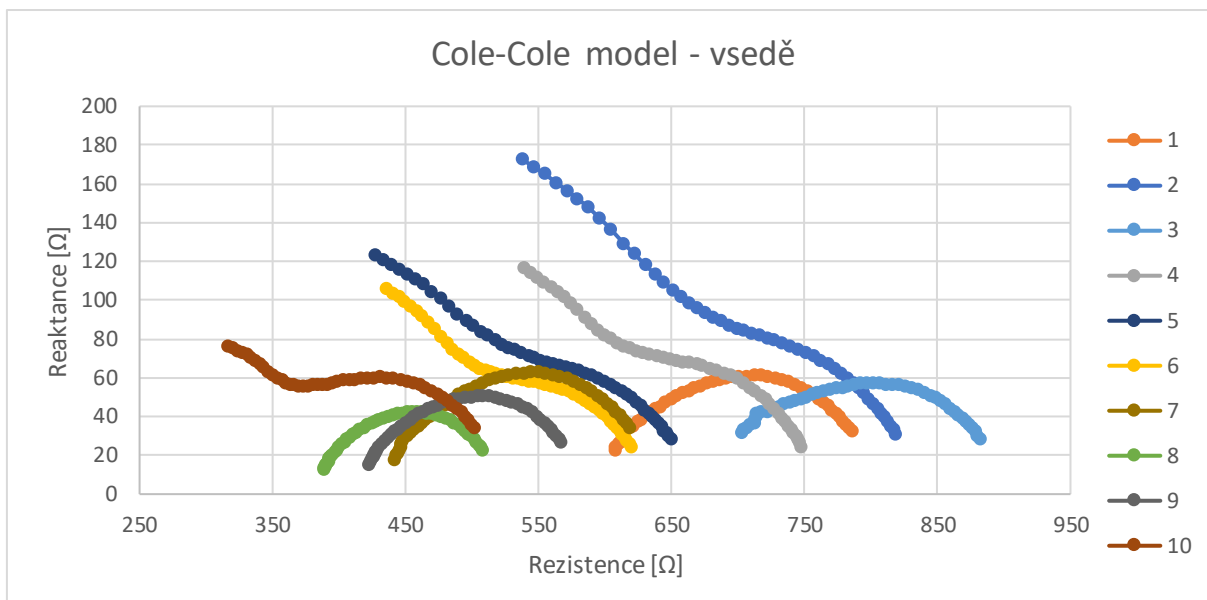
V další fázi jsme si vytvořili Cole-Cole grafy pro měření vsedě. Jednalo se o nestandardní polohu pro měření. Výrobce Bodystat Multiscan 5000 doporučuje veškerá měření provádět vleže na pevné podložce s dostatečnými vzdálenostmi mezi končetinami, aby nedocházelo ke zbytečnému kontaktu, který by mohl ovlivnit výsledky naměřených hodnot.

Tato kontraindikace v podobě dotyku mohla být právě při tomto měření vsedě, neboť jsme provedli měření s umístěním dlaní na stehnech. Zde mohlo dojít k určitému dotyku mezi dolními a horními končetinami, a tudíž i ke zkreslení výsledků měření.

Ostatně, jak je vidět na výsledných křivkách, ne všechny jsou polokruhové, ale jsou i různě nesymetrické. Tato kontraindikace je také znát zejména na výsledcích celkové tělesné vody, kdy jsme občas získávali až nereálně rozdílné hodnoty v řádech několika procent.

Tvar křivky může být ovlivněn polohou měření, teplotou, nedostatečnou dobou mezi jednotlivými měřeními, kdy se nestačily ustálit tělesné tekutiny nebo mohlo dojít k odlepení elektrod.

Předpokládáme, že změny ve tvaru Cole-Cole křivky indikují odlišnosti v elektrických vlastnostech jednotlivých tkáních. Může to být také spojeno s různými patologickými jevy jako jsou záněty nebo nádory. V našem případě je však jasné, že rozdílnost křivek byla způsobena změnou polohy při měření, jak vidíme v grafu 10.

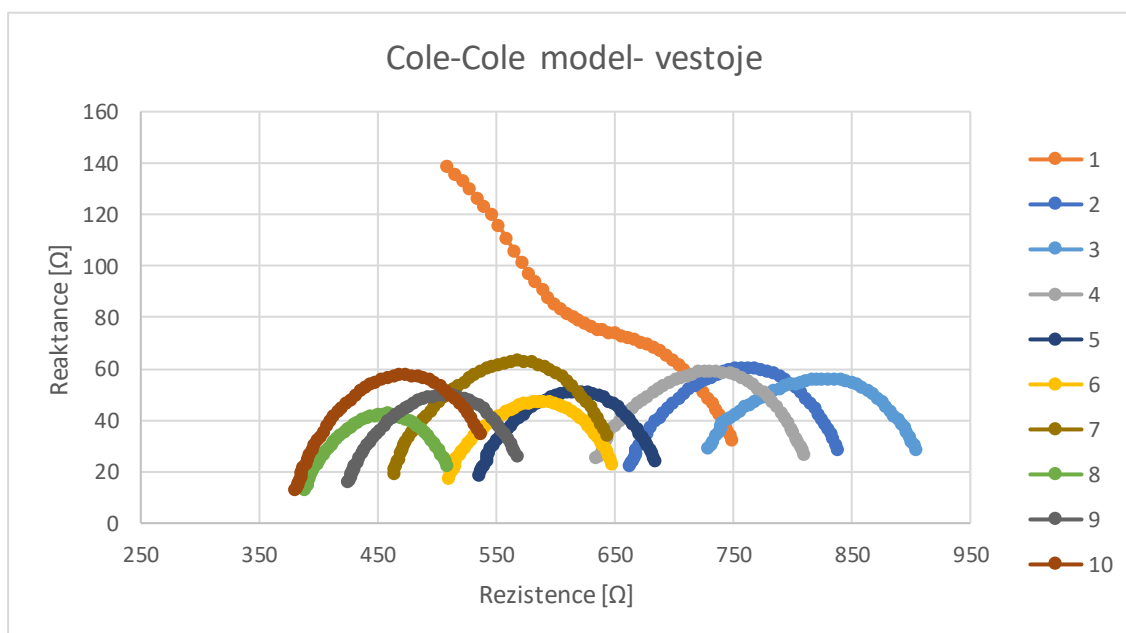


Graf 10 Cole-Cole model- vsedě [106]

Posledním měřením bylo měření v poloze vestoje. Tato poloha se obecně používá pro měření tělesného složení na nášlapných vahách Tanita a dalších, tudíž jsme předpokládali, že výsledky vleže a vestoje se nebudou příliš lišit.

V jednom případě, a to pro probanda č.1 se vyskytla kontraindikace, která ovlivnila výslednou křivku a naměřené hodnoty celkové tělesné vody, jak můžeme vidět v kapitole zabývající se porovnáním celkové tělesné vody v % pro tři polohy měření.

Zbývající křivky jsou hladké a půlkruhové bez zvláštních asymetrií, což ukazuje graf 11.



Graf 11 Cole-Cole model – vestoje [106]

## 7 Hodnocení dat metodikou bioimpedance

V této části diplomové práce jsme se zaměřili na porovnání a zpracování dat získaných z několika různých přístrojů, které spadají do různých kategorií zařízení pro měření tělesného složení pomocí bioimpedanční elektrické analýzy.

Porovnávali jsme data z přístrojů InBody 720, Tanita MC 180 MA a Bodystat Multiscan 5000. Zaměřili jsme se na popis jednotlivých získaných veličin, které jsou společné pro všechny přístroje a vytvořili nový výstup složený z dat pro dané přístroje.

### 7.1 Přístroj InBody 720

První typ dat jsme získali z přístroje InBody 720. Jedná se o analyzátor, který slouží k měření tělesného složení pomocí bioimpedance.

Princip bioelektrické impedanční analýzy jsme si rozebrali v kapitole 5, zkráceně jde však o měření tělesného složení pomocí zavedení elektrického proudu do těla. Ve výsledku dochází k měření impedance vody, která je hojně obsažena v lidském těle.

Přístroj InBody 720 je bezpečný, rychlý a měření s ním vyžaduje minimální zaškolení operátora. Své využití hojně nalézá v nemocnicích, fitness centrech, zdravotních centrech a samozřejmě také ve výzkumu.

Měření s ním probíhá za pomoci bioimpedance. Přístroj InBody 720 používá segmentální metodu BIA, což znamená, že může měřit impedanci v každé končetině a v trupu zvlášť. [123]

Průběh měření a uchopení elektrod vidíme na obrázku 57.



Obrázek 57 Ukázka přístroje InBody 720 [124]

InBody 720 dokáže detekovat rozdíly podle pohlaví, stárnutí, nemocí a etnika. Zároveň při měření nepoužívá empirické odhady. [123]

Z přístroje InBody je možné získat následující komponenty tělesného složení:

- Vnitrobuněčnou vodu, mimobuněčnou vodu, proteiny, kostní minerály, nekostní minerály, svalová hmota, tuková hmota, kostní hmota, bez tuková hmota, celková váha.
- BMI, procentuální podíl tělesného tuku, poměr pasu k bokům. Svalová hmota v jednotlivých částech těla, procento svaloviny,
- Edém v jednotlivých částech těla, oblast tělesného tuku, nutriční diagnózu, tělesnou vyváženost,
- Stupeň obezity a impedanci v jednotlivých částech těla (ruce, trup, nohy) s každou frekvencí zvlášť (pro frekvence 5, 50, 250, 500 a 1000 kHz.)

Váha InBody také uchovává historii naměřeného tělesného složení, což je výhodné pro porovnávání výsledků měření po uplynutí určité doby. [125, 115]

Výsledný protokol z přístroje InBody 720 jsme přiložili k nahlédnutí do Příloh, konkrétně se jedná o Přílohu 5.

Další přístroje, ze kterých jsme získali data pro náš výzkum, jsme si detailně popsali v předchozí kapitole 6. Jednalo se o přístroje Bodystat Multiscan 5000 a Tanita MC 180 MA, se kterými jsme provedli praktickou část této diplomové práce.

V obou případech se jedná o multifrekvenční přístroje bioimpedanční analýzy, které se používají k měření tělesného složení.

Využití velkého množství frekvencí zajišťuje velmi přesné výsledky a možnost měřit intracelulární a extracelulární vodu. Rozdílné objemy extracelulární tekutiny v končetinách mohou indikovat výskyt lymfedému, který jsme si blíže rozebrali v další kapitole 8.

InBody 720 a Tanita MC 180 MA jsou nášlapné váhy s ručními elektrodami, které jsou složité na přenášení a měření proto musí probíhat pouze v prostředí ordinace nebo poradny. Oproti tomu Bodystat Multiscan 5000 je lehký a přenosný přístroj, který je možný přenášet kamkoliv. Měření ve všech případech probíhají rychle v řádu několika sekund. Jedná se o neinvazivní vyšetření, což znamená, že při něm nedochází k porušení kůže.

Nejvíce své využití nalézají v obezitologických a nutričních poradnách, fitness centrech a v nemocnicích, kde je důležité kontrolovat stav tělesného složení pacienta pro správnou indikaci léků a diagnostikování nemocí.

Přístroje dokážou odhalit i nepatrné změny, které v budoucnu mohou vést ke vzniku patologických jevů. K tomuto účelu slouží mimo jiné i Cole-Cole model. Tvar jeho křivky může poukazovat na počínající problémy zdravotního stavu pacienta např. vznik nádorových onemocnění a dalších.

## 7.2 Zpracování dat

Předmětem dalšího zpracování dat budou pouze určité veličiny tělesného složení, které jsme získali z bioelektrické impedanční analýzy ze třech různých přístrojů – Tanita MC 180 MA, Bodystat Multiscan 5000 a InBody 720.

Rozhodli jsme se ze všech různých získaných veličin vybrat pouze hodnoty některých tělesných komponent, které považujeme za nejtěžejnější pro popis zdravotního a tělesného stavu.

Konkrétně se jednalo o hodnoty tuku v %, celkové tělesné vody v %, intracelulární a extracelulární vody v %, BMI a BMR. Tyto veličiny jsme si zanesli do nově vytvořeného programu excel a doplnili údaji ze získaných dat ze třech různých přístrojů. Pro jednodušší manipulaci s daty jsme vybrali z každého souboru přibližně 20 probandů, pro které jsme následně vzájemně porovnali hodnoty výše uvedených tělesných komponent.

Z přístroje Tanita MC 180 MA jsme získali soubor dat pro probandy různého pohlaví, výšky, věku a váhy. Měření probandi se pohybovali ve výškovém rozmezí 155–198 cm a věkovém rozmezí 15-75 let. Průměrná váha nám pro všechny vyšla 72,48 kg. Nejlehčí proband měl 46 kg a nejtěžší přes 101,9 kg.

Do tabulky jsme si tedy náhodně vybrali několik různých probandů z dat, které jsme získali ze třech různých přístrojů pro další analýzu. Celkově jsme měli soubor s 54 probandy.

Ukázku optimalizovaného datového formátu jsme vložili do Přílohy 6. Jedná se o formát Excel, který je vhodný k dalšímu zpracování velkého množství dat a rozličných veličin.

## 7.2.1 Tělesný tuk %

Nejprve jsme si porovnali získané hodnoty pro tělesný tuk v %. Dohromady jsme získali soubor dat pro 54 probandů.

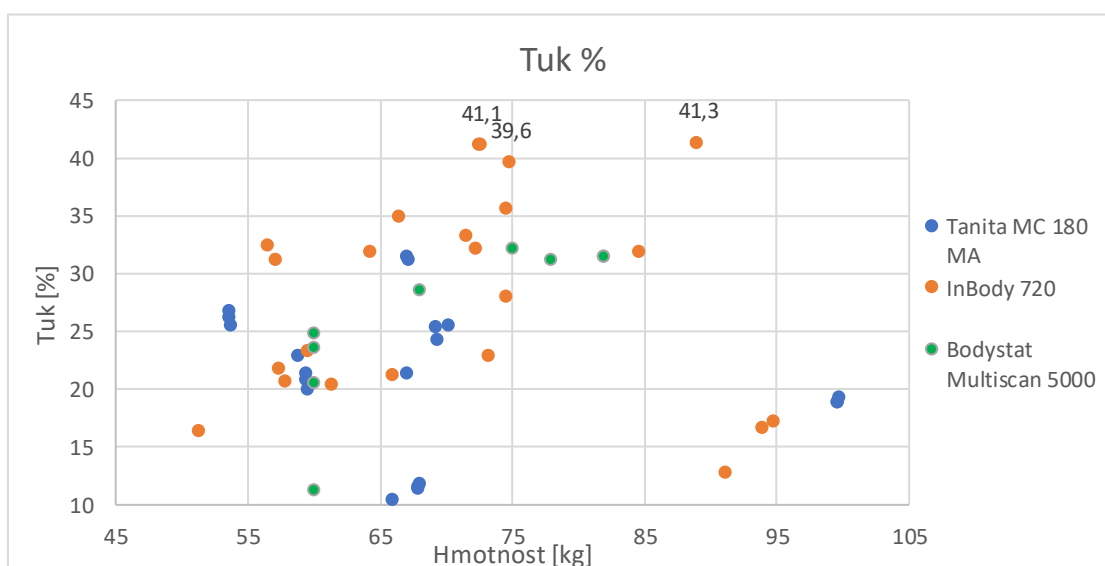
Tentokrát jsme se rozhodli jednotlivé hodnoty nerozdělovat podle pohlaví, ale pouze vytvořit graf v závislosti tukové hmoty v % na hmotnosti v kg.

Vzorek našich probandů byl z velké části tvořen ženami. Správné hodnoty tělesného tuku se liší pro muže i ženy. Věkově se nacházeli v rozmezí od 20–63 let, výškově 155–198 cm, váhově 39–99,7 kg.

Průměrná hodnota tukové hmoty v % nám pro všechny tři přístroje vyšla okolo 24,75 %. Normální hodnoty pro muže by se měly pohybovat mezi 14–25 % a pro ženy v rozmezí 18–30 %. Tudíž nám pro celkový soubor vyšla optimální hodnota procenta tělesného tuku.

Směrodatná odchylka nám pomocí funkce SMODCH vyšla okolo 8,2 %. Tato hodnota popisuje, jak moc se jednotlivé hodnoty liší od průměru. Modře jsou v grafu zvýrazněné hodnoty z přístroje Tanita MC 180 MA, oranžově z InBody 720 a zelenou barvou jsme vyznačili hodnoty vztahující se k Bodystat Multiscan 5000.

Na první pohled z grafu 12 je zřejmé, že vyšší procento tuku obsahovala data z přístroje InBody 720. Nejvyšší hodnoty tuku jsou popsány v grafu. Nejvyšší hodnota 41,3 % tuku byla pro ženu ve věku 63 let, 165 cm/ 89 kg. Tato hodnota již spadá do kategorie nadměrného množství tělesného tuku, a tudíž se jedná o obezitu. Obezita může vést k mnoha dalším nemocem jako je cukrovka nebo onemocnění srdce a cév.



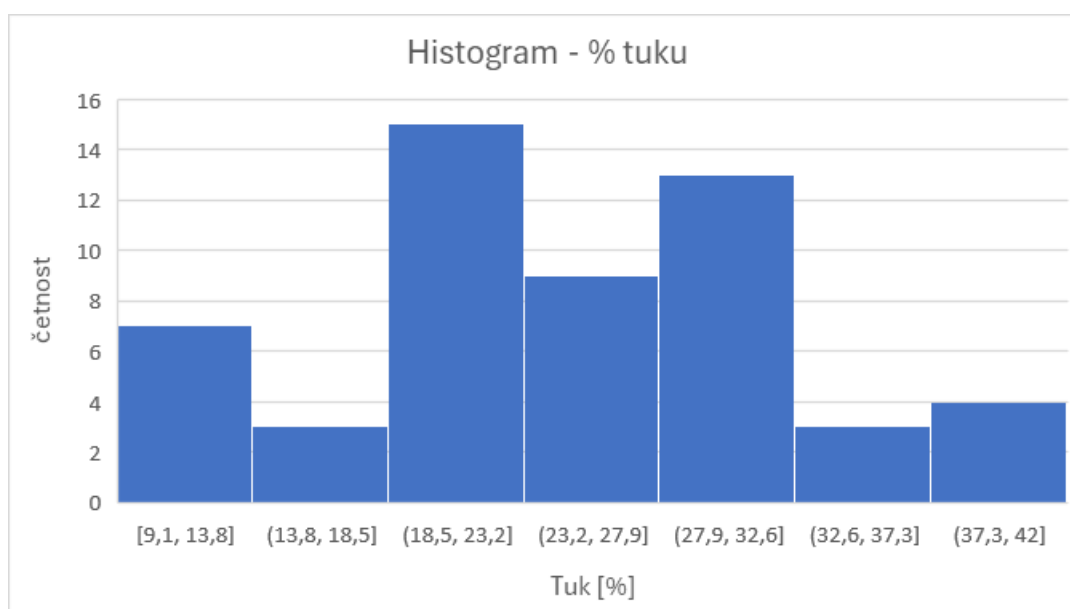
Graf 12 Porovnání % Tuku pro 3 přístroje [106]

Dále jsme ze získaných dat vytvořili histogram pro lepší představu rozložení jednotlivých hodnot.

Je zřejmé, že se většina probandů nacházela v optimálních mezích procenta tělesného tuku (18,5 – 23,2 %).

Další velmi početná skupina byla pro hodnoty 27,9-32,6 %. Tyto hodnoty jsou vyšší než optimální výsledky tělesného tuku. Odpovídají tedy hodnotám nadváhy a obezité.

Procento tělesného tuku nejlépe poukazuje na tělesný a zdravotní stav jedince. Zároveň také poskytuje informaci o tom, zda je potřeba zvýšit tělesnou aktivitu nebo ne.



Graf 13 Histogram % tuku [106]

## 7.2.2 Celková tělesná voda – TBW

Dalším zkoumaným parametrem byla celková tělesná voda v %. Optimální procento tělesné vody závisí na celkové tělesné hmotnosti a tělesném tuku. Čím více tuku v těle máme, tím méně máme celkové tělesné vody (anglicky Total Body Water – TBW). To je dáno tím, že tuk je obecně chudý na vodu, tudíž jedinci s velkým obsahem tělesného tuku budou mít málo TBW.

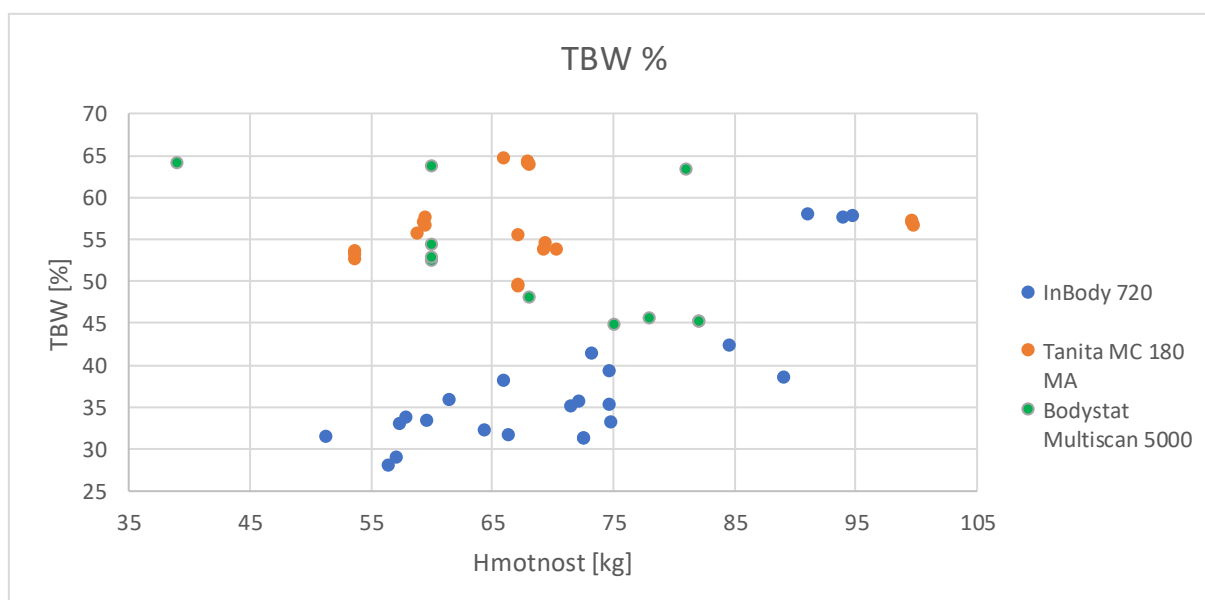
Na druhou stranu vyšší procento svalové hmoty znamená vyšší obsah celkové tělesné vody, neboť svaly jsou z velké části tvořeny vodou.

Optimálně bychom při normální hmotnosti měli mít 60–65 % celkové tělesné vody.

Nejmenší hodnotu TBW okolo 28,1 % jsme dostali pro ženu 45 let (159 cm/ 56,5 kg), což bylo dáno vyšším obsahem tělesného tuku, který byl 32,4 %. Toto procento tělesného tuku odpovídá nadváze. Jednalo se o výsledky získané z přístroje InBody.

Nejvyšší hodnotu TBW 64,7 % jsme získali pro muže ve věku 25 let (180 cm /65,95 kg), který měl pouze 10,4 % tělesného tuku. Tento výsledek odkazuje na výbornou tělesnou kondici a zdatnost.

Průměrná hodnota TBW nám pro všechny přístroje vyšla 47,6 % a směrodatná odchylka 11,3 %. Celkový výsledek je nižší oproti optimální hodnotě, což může být velkou četností probandů s vysokým obsahem tuku. Rozptýlení hodnot pro všechny tři přístroje zobrazuje graf 14.

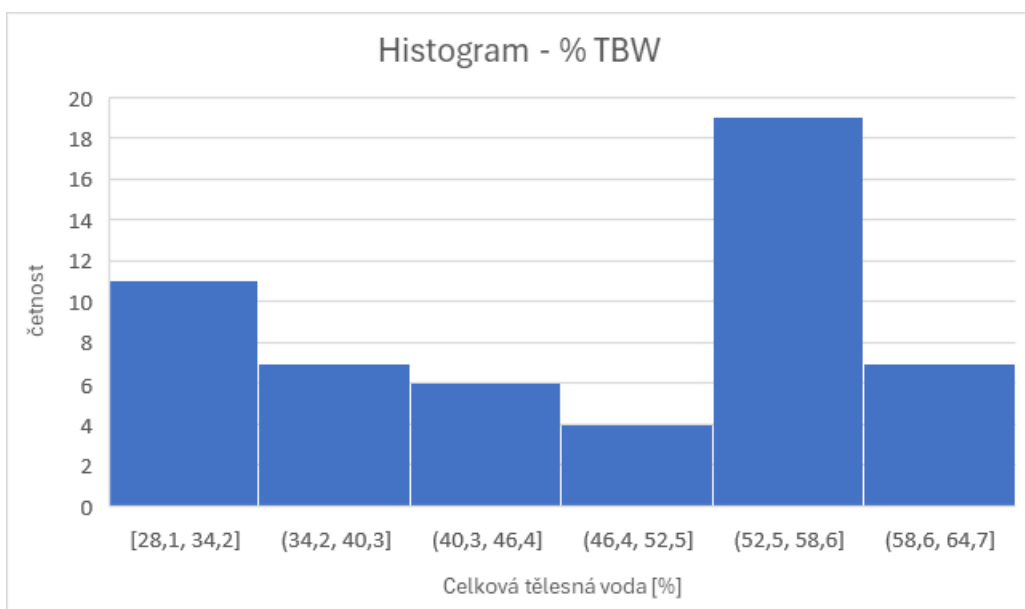


Graf 14 Porovnání TBW % pro 3 přístroje [106]



Histogram je grafické znázornění četností u souboru hodnot, které jsou rozdělené do tříd. Toto zobrazení nám pomáhá posuzovat hodnoty z hlediska normality dat, symetrie a výskytu odlehlých hodnot. [109,110]

Z našeho histogramu 15 je na první pohled vidět, že nejvyšší četnost byla pro hodnoty celkové tělesné vody 52,2 – 58,6 %. Tyto hodnoty se nachází v optimálním rozmezí TBW v těle pro normální hmotnost. Vyšší obsah vody odkazuje na vyšší obsah svalů, které jsou z velké části složeny z vody.



Graf 15 Histogram TBW % [106]

### 7.2.3 BMR

BMR odkazuje na bazální metabolický výdej, který jsme si již blíže představili v předchozích kapitolách.

Jedná se o údaj, který udává kolik kalorií naše tělo potřebuje pro běžné denní fungování v klidu. Pokud budeme přijímat takový počet kcal, tak nebudeme ztrácet ani nabývat žádnou hmotnost. [136, 137]

Hodnota BMR lze teoreticky vypočítat ze vzorců 2 a 3.

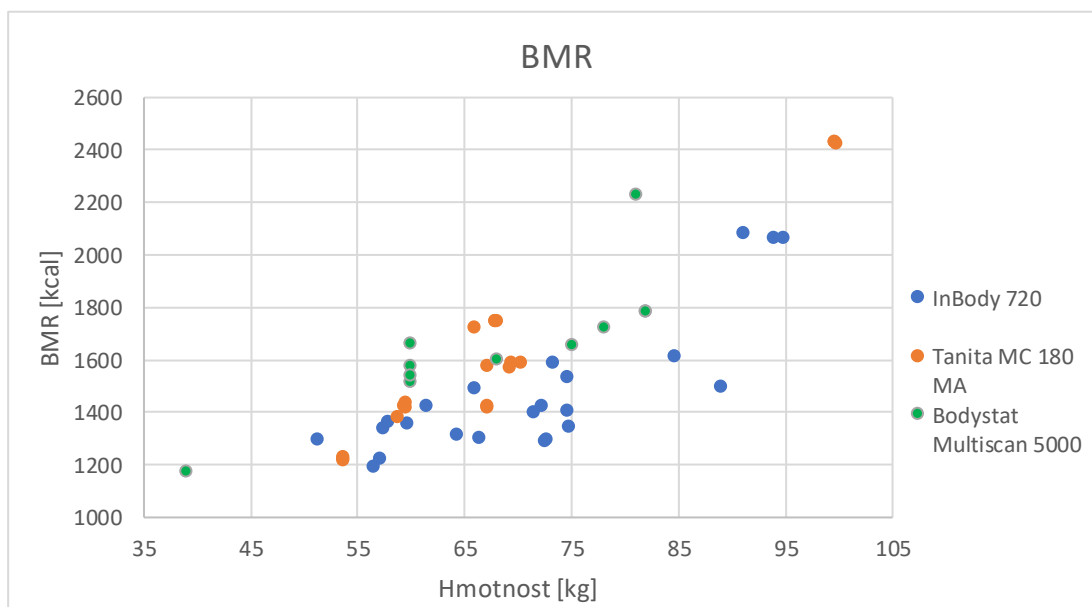
Potřeba přijímaných kcal denně závisí na způsobu životního stylu každého jedince.

Průměrně nám pro všechny tři přístroje vyšla hodnota BMR 1572,7 kcal a směrodatná odchylka 311,6 kcal, která popisuje, jak moc se od sebe navzájem získané hodnoty liší. Hodnoty BMR se odlišují v závislosti na pohlaví, věku, váze a výšce.

Nejmenší hodnota 1173 kcal byla pro ženu ve věku 22 (155 cm/39 kg) pro přístroj Bodystat Multiscan 5000. Předpokládáme, že takto nízká hodnota byla z důvodů malé výšky a hmotnosti probanda.

Oproti tomu nejvyšší hodnotu BMR jsme získali pro muže, kterému bylo 22 let (198 cm / 99,6 kg) z přístroje Tanita MC 180 MA.

Ze získaných hodnot jsme vytvořili histogram 17. Počet tříd nám vyšel 6,7, proto jsme se rozhodli pro celé číslo 7.

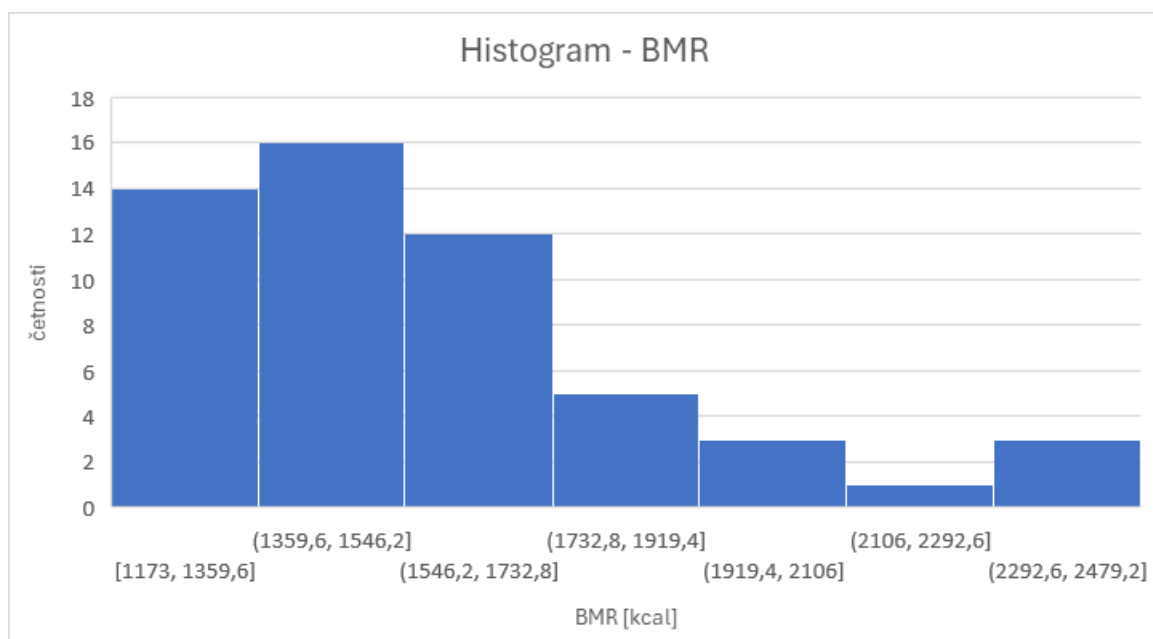


Graf 16 Porovnání BMR pro 3 přístroje [106]

Dále jsme určili šířku intervalu z výpočtu jako 186,6.

Z histogramu je patrné, že největší četnost hodnot BMR byla v rozmezí 1359,6 – 1546,2 kcal. Výsledné hodnoty BMR jsou individuální pro každého jedince v závislosti na hmotnosti, pohlaví a věku.

Pro získání přesných hodnot BMR je nutné, aby měřená osoba byla bdělá v celkovém klidovém stavu. Je také důležité, aby nedocházelo k nervové stimulaci systému. Přesné měření BMR vyžaduje velmi přísné dodržení všech pravidel. Existuje také varianta RMR, která označuje klidový energetický výdej, který nemusí být měřen za tolik striktních podmínek. [140]



Graf 17 Histogram BMR [106]

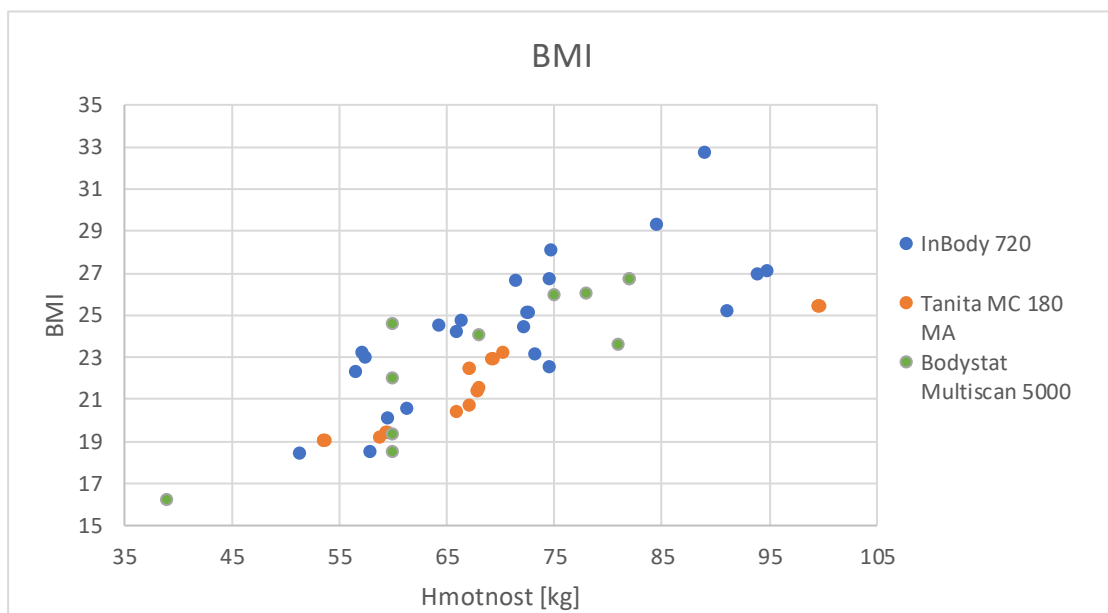
## 7.2.4 BMI

BMI není získáno měřením, ale výpočtem z poměru hmotnosti v kilogramech vydělený druhou mocninou výšky v metrech. Optimální hodnoty BMI se nacházejí v rozmezí 18,5 -24,9 pro obě pohlaví.

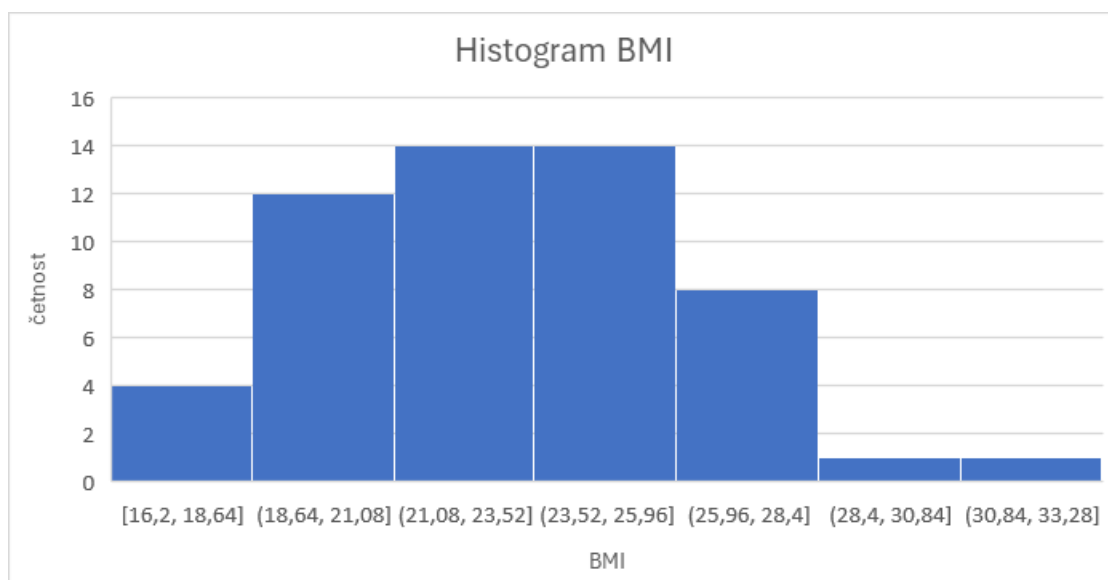
Hodnoty, které jsou pod hranicí 18,5 značí podváhu. Pokud je výchylna na druhou stranu, pak se jedná o nadváhu a obezitu, které mohou být životu nebezpečné. [131]

V našem měřeném souboru se nacházejí všechny tyto kategorie.

Nejmenší BMI bylo 16,2 a největší 32,7. Průměrná hodnota BMI nám vyšla 23, což je optimální hodnota. Směrodatná odchylka se pohybuje okolo 3,23.



Graf 18 Porovnání BMI pro 3 přístroje [106]



Graf 19 Histogram BMI [106]

## 7.2.5 Intracelulární a extracelulární tekutina

Intracelulární tekutina (ICT) představuje tekutinu uloženou uvnitř buněk. Popisuje asi 40 % z celkové tělesné hmotnosti.

Extracelulární tekutina (ECT) je tekutina, která se nachází mimo buňky, přičemž tvoří zhruba 20 % z hmotnosti člověka. Využití většího množství frekvencí, které zajišťují přístroje bioelektrické impedanční analýzy, nám poskytují informace právě i o ICT a ECT. Nižší frekvence do 50 kHz prochází po buněčné membráně. Vyšší frekvence nad 200 kHz jdou skrz vnitřní prostředí buňky. [113]

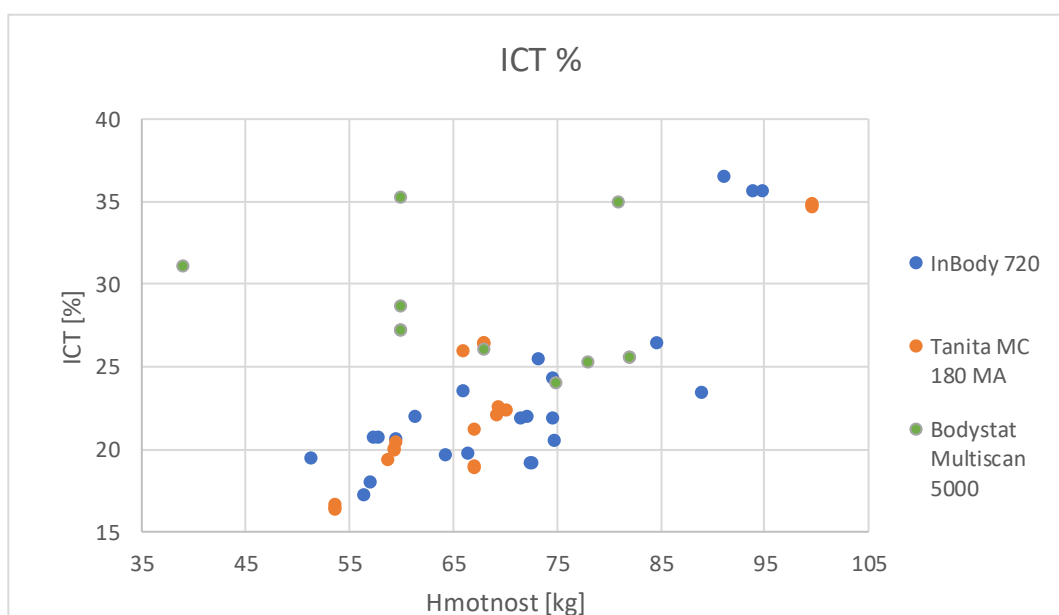
Podrobněji jsme si vše rozebrali v kapitole o celkové tělesné vodě.

Nejmenší hodnota ICT nám vyšla 16,3 % a největší 36,5 %. Průměrně byla ICT pro všechny probandy ze třech různých přístrojů 24,2 % a směrodatná odchylka 5,6 %.

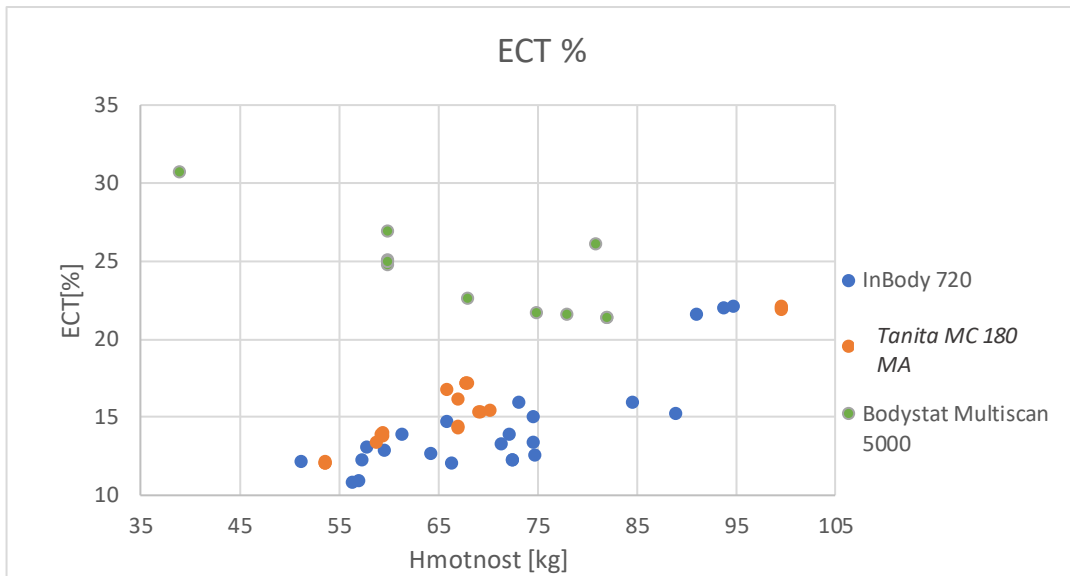
Hodnoty ECT vycházely obecně nižší, protože tvoří menší část z celkové tělesné hmotnosti. Nejmenší hodnota proto byla 10,8 % a největší 30,7 %. Průměr pro ECT byl 16,9 %, což je nižší než průměrně uváděná hodnota 20 %.

Směrodatná odchylka nám v tomto případě vyšla okolo 4,86 %, což odkazuje na to, že si získané hodnoty byly poměrně podobné.

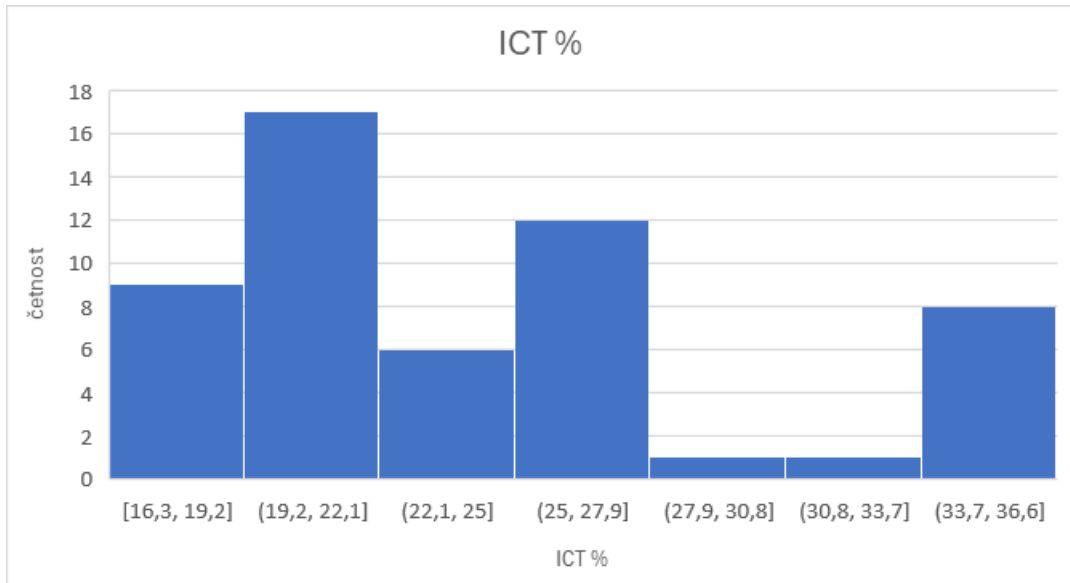
Pro větší názornost rozložení hodnot přikládáme grafy 20 a 23 a histogramy 21 a 22 pro ICT a ECT.



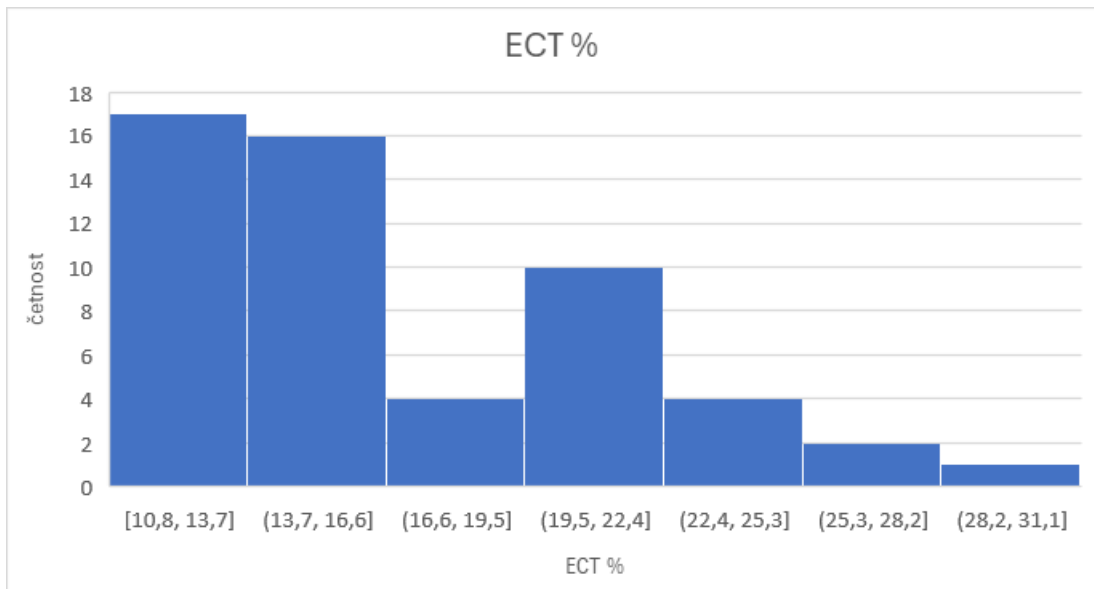
Graf 20 Porovnání ICT % pro 3 přístroje [106]



Graf 23 Porovnání ECT % pro 3 přístroje [106]



Graf 22 Histogram ICT % [106]



Graf 21 Histogram ECT % [106]

## 8 Měření lymfedému pomocí BIA

Lymfedém je onemocnění lymfatického systému, které pokud se neléčí, stává se chronickým a může se neustále zhoršovat. Lymfatický systém slouží k odvádění přebytečné tekutiny z tkání.

Pokud dojde k poškození tohoto systému, dochází k hromadění tekutin v tkáních a tím vznikají otoky, které se odborně označují jako lymfedémy. Nejčastěji se jedná o otoky na rukách a na nohou, jak vidíme na obrázku 58. [126]

Příčiny vzniku mohou být buď primární nebo sekundární. Primární lymfedém je dílem vrozených vad nebo funkčních poruch lymfatického systému.

Sekundární příčiny bývají následkem nějakého zranění, nádorových onemocnění, různých zánětů, bodnutí hmyzem, po chirurgických zákrocích nebo radiační terapii. [126]

Lymfedém často vzniká u osob se sníženou pohybovou aktivitou nebo obezitou.

Toto onemocnění se vyznačuje čtyřmi stádii:

**Stádium 0:** V první fázi porucha odvádění tekutin z tkání je bez hmatatelného a viditelného edému (otoku). Při vyšetřeních už je ale patologicky znát. Při zvednutí postižené části nastává ústup otoku.

**Stádium 1:** Otok nabývá měkké konzistence a jeho ústup nastává při odpočinku. Objevuje se nejčastěji po zátěži a ve večerních hodinách.

**Stádium 2:** Konzistence otoku je na pohmat tvrdá a nedochází k jeho spontánnímu ústupu.

**Stádium 3:** Toto stádium se také někdy nazývá jako elefantiáza, kdy otok vytváří v postižené končetině pocit napětí, což vede k velkým bolestem. Tkáň vlivem otoku tvrdne a zvyšuje svou hmotnost, přičemž může docházet k omezení pohyblivosti kloubů a celkového pohybu. [126]



Obrázek 58 Ukázka porovnání zdravé a nemocné končetiny [125]

## 8.1 L-DEX

Lymfedém Index neboli L-DEX je systém měření pomocí BIA, který napomáhá vyhodnotit jednostranný otok paže nebo nohy. Včasně odhalení lymfedému je zásadní pro úspěšnou léčbu. [126]

Pokroky v bioelektrické impedanční analýze nám umožňují měření a hodnocení lymfedému pomocí změn lymfatické tekutiny. Nadbytečné hromadění lymfatické tekutiny způsobuje celkové zvýšení množství extracelulární tekutiny v postižené končetině. S použitím stálé frekvence aplikovaného proudu BIA dochází k vyhodnocování změny lymfatické tekutiny měřením impedance nebo opozice vůči nízkému proudu, který prochází tělem. [128, 129, 130]

Proudy o nižších frekvencích procházejí hlavně extracelulární tekutinou, což nám umožňuje její přímé měření. S rostoucím objemem ECT klesá impedance. Z měření pomocí bioimpedanční analýzy dostaneme impedanční poměr, což je odpor nízkofrekvenčního proudu v nepostižené končetině dělené odporem končetiny postižené lymfedémem. Tento výpočet se označuje jako poměr L-Dex.

Se zhoršujícím se lymfedémem se impedance končetiny snižuje, čímž dochází ke zvýšení výsledného poměru L-Dex.

Skóre L-Dex porovnává, jak dobře prochází elektrický signál nepostiženou a postiženou končetinou.

Normální L-Dex poměr pro zdravé jedince je od -10 do 10, což ilustruje zelená část na obrázku 59. Zvýšení však o více jak 6,5 je již známkou počátků rozvíjejícího se lymfedému. V tento moment je potřeba začít s léčbou. [128, 129, 130]

Z měření získáme hodnoty odporu R při frekvenci 0 kHz pro obě končetiny. Jejich vzájemný poměr, který jsme si označili P, pak použijeme pro výpočet L-Dex skóre, podle vztahu uvedeného níže.

$$\text{poměr } P = \frac{R_0(\text{levá strana})}{R_0(\text{pravá strana})}$$

*Rovnice 4 Výpočet poměru L/R*

$$L - Dex = \frac{P - 1,019}{0,102 * 10}$$

*Rovnice 5 Výpočet L-Dex skóre*





Obrázek 59 Hodnoty L-Dex skóre [128]

L-Dex	Poměr	L-Dex	Poměr
-10	0,935	1	1,047
-9	0,945	2	1,057
-8	0,955	3	1,068
-7	0,966	4	1,078
-6	0,976	5	1,088
-5	0,986	6	1,098
-4	0,996	7	1,108
-3	1,006	8	1,119
-2	1,017	9	1,129
-1	1,027	10	1,139
0	1,037		

Tabulka 17 Příklady L-Dex indexů odpovídajících poměrům impedance [130]

Pomocí měření BIA jsme získali hodnoty odporu pro pravou a levou končetinu, ze kterých jsme vypočítali poměr (rovnice 4) potřebný pro další výpočet L-Dex skóre (rovnice 5). Ten popisuje stav nadměrného výskytu lymfatické tekutiny v končetinách.

V souboru dat máme 27 jedinců různého pohlaví, výšky a váhy. V tabulce níže máme zapsané veškeré potřebné hodnoty a vypočítané L-Dex skóre podle vzorce 5.

Velká většina probandů se nacházela v dobrém spektru L-Dex skóre, tudíž výsledné hodnoty byly v rozmezí od -10 do 10. Rizikové hodnoty jsou označeny v tabulce červeně. Pro lepší představu o zdravotním stavu jedinců máme uvedené i BMI.

Jeden z měřených mužů, označen číslem 1 v tabulce, byl nad hranicí 10. Konkrétně měl hodnotu 12, což znamená, že se u něj již může vyskytovat lymfedém. Dalším rizikovým probandem byla žena označena číslem 10, které vyšla hodnota -10.

Tato hodnota se nachází na přesné hranici zdravého rozmezí, proto by bylo na místě provést pro jistotu další vyšetření, aby se předešlo případným horším komplikacím.

	Výška [cm]	Váha [kg]	Věk	Pohlaví	BMI	R0(L)	R0(P)	poměr P	L-DEX
1	185	95	31	M	28	299	261,7	1,14	12
2	165	85	61	F	31	260,1	252,6	1,03	1
3	184	78	38	M	23	228,5	222,1	1,03	1
4	176	80	44	F	26	326,3	327,6	1,00	-2
5	183	75	17	M	22	197,7	195,3	1,01	-1
6	162	62	72	F	24	312,2	285,9	1,09	7
7	156	60	25	F	25	354,3	357	0,99	-3
8	168	75	22	F	27	297,4	304,3	0,98	-4
9	169	64	22	F	22	414,8	390,2	1,06	4
10	168	58	22	F	21	329,3	357,4	0,92	-10
11	192	74,5	22	M	20	270,9	266,5	1,02	0
12	173	58	21	F	19	409,2	400,6	1,02	0
13	181	69	22	M	21	235	239,6	0,98	-4
14	187	82	21	M	23	272,6	263,5	1,03	2
15	188	73	21	M	21	293,8	284,4	1,03	1
16	174	69,3	22	M	23	338,9	310,1	1,09	7
17	180	59	23	M	18	312,8	298,3	1,05	3
18	169	63	21	F	22	319,8	303,3	1,05	3
19	159	50	24	F	20	405,4	393,7	1,03	1
20	169	66	22	F	23	381,4	394,1	0,97	-5
21	170	62	40	F	21	335,1	330,7	1,01	-1
22	169	66	22	F	23	369,2	374,3	0,99	-3
23	180	63	23	F	19	433,4	434,5	1,00	-2
24	175	55	22	F	18	390,7	399,4	0,98	-4
25	201	88	22	M	22	341,5	319,1	1,07	5
26	175	73	21	M	24	274,8	271,7	1,01	-1
27	176	68	21	M	22	269,8	270,5	1,00	-2

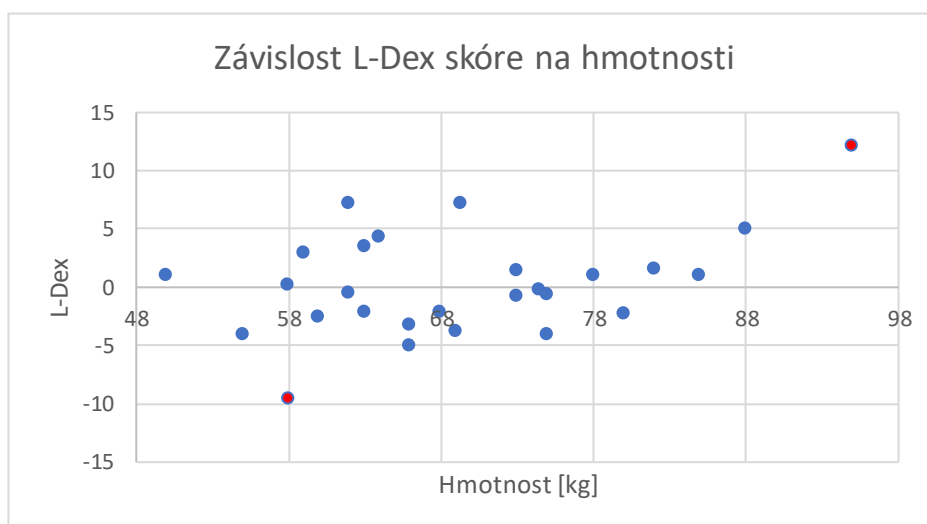
Tabulka 18 Výsledky L-Dex skóre [106]

Pro lepší názornost získaných výsledků jsme hodnoty L-Dex zanesli do grafu. Rozhodli jsme se vynést data do grafů v závislosti na hmotnosti, neboť ta je rozhodující pro další výpočty zastoupení tukové hmoty a celkové tělesné vody, a tudíž i pro rozpoznání rizik vzniku lymfedému v končetinách.

Rizikové výsledky jsme v grafu zvýraznili červenou barvou. Jedná se o hodnoty L-Dex skóre 12 a -10. Jednalo se o muže ve věku 31 let, který vážil 95 kg a měřil 185 cm. Výsledné BMI pro něj vyšlo 28, což značí již vzniklou obezitu. Obezita může být také jedním z důvodů vzniku lymfedému. Normální zdravé hodnoty BMI se pohybují od 18,5 – 24,9.

Druhý rizikový výsledek, který se nacházel na přesné hranici -10, byl pro ženu ve věku 22 let, 168 cm a 58 kg. Její BMI se nacházelo v normálním spektru s hodnotou 21.

Pro zdravé jedince bez lymfedému by se velikost L-Dex měla pohybovat v rozmezí 10 až - 10, což jak můžeme vidět platí pro většinu probandů.



Graf 24 Závislost L-Dex skóre na váze [106]

Dále jsme si probandy rozdělili podle pohlaví a vypočítali průměrné hodnoty a směrodatné odchylky pomocí funkce v excelu SMODCH.

Nejprve jsem se zaměřili na hodnoty pro muže. Směrodatná odchylka pro poměr L/R nám vyšla 0,04 a pro L-Dex skóre jsme dostali hodnotu přibližně rovnou 4.

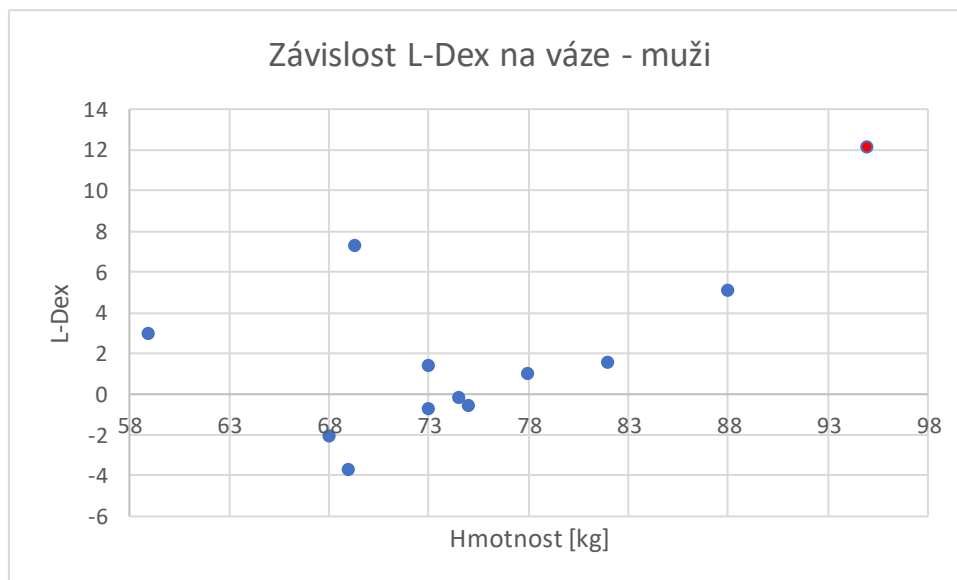
Také jsme vypočítali aritmetický průměr pro oba sledované jevy. Aritmetický průměr pro L-Dex vyšel okolo 2, což patří mezi normální zdravé hodnoty bez rizika lymfedému. Pro poměr P jsme získali průměrnou hodnotu 1,04. Tato hodnota podle tabulky 17 odpovídá přibližně hodnotě 1–2 pro L-Dex skóre.

	Hmotnost [kg]	poměr P	L-DEX
<b>1</b>	<b>95</b>	<b>1,14</b>	<b>12</b>
<b>3</b>	78	1,03	1
<b>5</b>	75	1,01	-1
<b>11</b>	74,5	1,02	0
<b>13</b>	69	0,98	-4
<b>14</b>	82	1,03	2
<b>15</b>	73	1,03	1
<b>16</b>	69,3	1,09	7
<b>17</b>	59	1,05	3
<b>25</b>	88	1,07	5
<b>26</b>	73	1,01	-1
<b>27</b>	68	1,00	-2
<b>Průměr</b>		<b>1,04</b>	<b>1,97</b>
<b>Směrodatná odchylka</b>		<b>0,04</b>	<b>4,19</b>

Tabulka 19 Výsledky L-Dex pro muže [106]

Ze získaných dat jsme pro lepší představu rozptylu hodnot vytvořili graf v závislosti L-Dex na váze. Směrodatná odchylka popisuje, jak moc se jednotlivé hodnoty liší od průměru.

Červeně je označena hodnota, která se nachází nad normálním limitem skóre. Ostatní hodnoty podléhají normálním zdravým výsledkům, které nepotřebují bližší pozornost.



Graf 25 Závislost L-Dex na váze – muži [106]

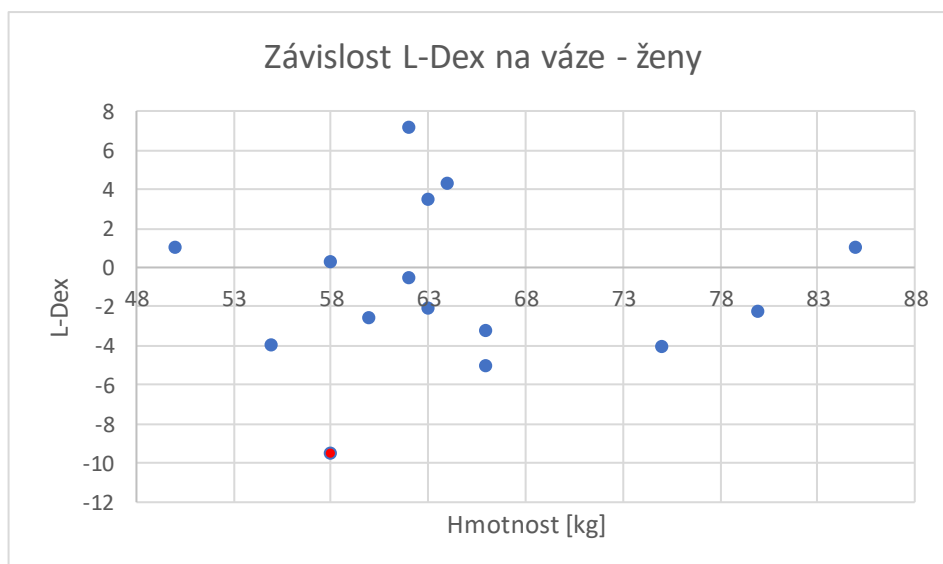
Poté jsme si vytvořili stejnou tabulku i pro ženy. Hodnoty jsme zanesli do grafu v závislosti L-Dex skóre na hmotnosti v kilogramech.

V další fázi jsme jako v předchozím případě vypočítali aritmetický průměr pro L-Dex a poměr P a pak také i směrodatné odchylky.

	<b>Hmotnost [kg]</b>	<b>poměr P</b>	<b>L-DEX</b>
<b>2</b>	85	1,03	1
<b>4</b>	80	1,00	-2
<b>6</b>	62	1,09	7
<b>7</b>	60	0,99	-3
<b>8</b>	75	0,98	-4
<b>9</b>	64	1,06	4
<b>10</b>	<b>58</b>	<b>0,92</b>	<b>-10</b>
<b>12</b>	58	1,02	0
<b>18</b>	63	1,05	3
<b>19</b>	50	1,03	1
<b>20</b>	66	0,97	-5
<b>21</b>	62	1,01	-1
<b>22</b>	66	0,99	-3
<b>23</b>	63	1,00	-2
<b>24</b>	55	0,98	-4
	<b>Průměr</b>	<b>1,01</b>	<b>-1,07</b>
	<b>Směrodatná odchylka</b>	<b>0,04</b>	<b>4,03</b>

Tabulka 20 Hodnoty L-Dex pro ženy [106]

Průměrná hodnota L-Dex skóre pro ženy vyšla -1,07, což odpovídá hodnotám bez lymfedému. Směrodatnou odchylku jsme získali okolo 4,03. Poměr P nám průměrně vyšel okolo 1,01 a směrodatná odchylka 0,04. Tudiž jsme zjistili, jak moc se jednotlivé hodnoty od sebe liší.



Graf 26 Závislost L-Dex na váze – ženy [106]

## 9 Diskuse

Předmětem našeho měření a následného porovnávání mezi jednotlivými polohami (vleže, vsedě, vestoje) při měření s Bodystat Multiscan 5000 byly hodnoty tělesného tuku v %, celkové tělesné vody v %, aktivní tělesné hmoty, tělesné vody, BMR a impedance pro 50 kHz. Dále pak také vytvoření Cole-Cole modelů z reaktance a rezistence. Při našem výzkumu jsme měli možnost změřit širokou paletu probandů různého pohlaví ve věkovém rozmezí 14-64 let a váhově 45,5 – 124 kg.

Výsledné hodnoty se ve všech polohách mírně lišily, tudíž je zřejmé, že poloha má určitý vliv na přesnost měření a jednotlivé výsledky mohou být odlišené. Kontraindikací při měření mohlo být špatné umístění nebo odlepení elektrod, kontakt končetin při měření, nadměrná zátěž probanda, nadměrný nebo snížený příjem tekutin, menstruace nebo nedodržení dalších jiných zásad.

Hodnoty tělesného tuku vycházely pro všechny tři polohy více méně podobně. Průměrná hodnota tělesného tuku pro ženy nám vyšla okolo 29,85 % vleže, 27,82 % vsedě a 28,95 % vestoje. Nejmenší hodnoty jsme obecně získávali v poloze vsedě, a to pro muže i ženy. Pro muže jsme získali výsledné průměry 24,4 % vleže, 22,5 % vsedě a 23,9 % vestoje. Vyšší procento tuků může vést ke vzniku mnoha civilizačních chorob např. cukrovky, zánětu cév a srdce a mnoho dalších. Pro ženy je optimální množství tělesného tuku v rozmezí 18-30 %. Ženy mají obecně více tělesného tuku než muži, protože ženské hormony potřebují ke svému správnému fungování tuk. Nadváha u žen nastává při překročení hranice 30 %. Pokud hodnota tělesného tuku převyšuje 35 %, jedná se o stav zvaný obezita. Muži by správně měli mít pouze okolo 8–20 % tělesného tuku. Obezitu definujeme pro muže při hodnotách vyšších jak 25 %. Většina našich probandů se nacházela poblíž optimálních či lehce vyšších hodnot. Pouze jeden muž se již nacházel ve spektru obezity, neboť obsah jeho tukové hmoty přesahoval 32 %.

Celková tělesná voda je nejvíce zastoupenou anorganickou látkou v těle člověka. Optimální hodnoty CTV se pohybují kolem 50–60 % z celkové tělesné hmotnosti. Při normální hmotnosti by ženy měli mít cca 60 % a muži až 65 %, což je dáno vyšším obsahem svalové hmoty, která je bohatá na vodu. Pro náš zkoumaný soubor jsme získali hodnoty povětšinou nižší, než jsou optimální průměry. Pro ženy i muže jsme získali obsah celkové tělesné hmoty v rozmezí 40–50 %. V některých případech při měření došlo ke kontraindikacím, které zapříčinily nepřesnost výsledků. Na první pohled bylo zřejmé, že hodnoty okolo 21 % nejsou správné. Pro probandy, kteří měli vyšší obsah

tukové hmoty, jsme získali nižší obsah celkové tělesné vody. Nižší hodnoty vycházely obecně pro měření vleže.

Dalším zkoumaným parametrem byla aktivní tělesná hmota, která představuje relativní zastoupení svalové tkáně a vnitřních orgánů. Jedná se ve výsledku o součet hmotnosti všech vnitřních orgánů bez tukové hmoty. Obecně bývá tvořena ze 60 % ze svalstva, 25 % z kostí a 15 % z vnitřních orgánů. Optimální hodnoty ATH se pohybují okolo 70–88 %. Průměrně nám pro muže vycházely hodnoty okolo 77 % a pro ženy 72%. Nejvyšší hodnoty jsme získávali při měření vsedě, což mohlo být tím, že se jednalo o nestandardní polohu pro měření tělesného složení.

Bazální metabolický výdej vyjadřuje množství energie, která je zapotřebí pro udržení základních životních funkcí v klidovém stavu. Měření BMR musí být prováděno za dodržení přísných podmínek, jinak získané hodnoty budou krajně nepřesné. Hodnoty BMR se mohou lišit v závislosti na hmotnosti, pohlaví, věku a životním stylu. Pro mužskou část probandů jsme získávali hodnoty okolo 2000 kcal, přičemž poloha měření měla na výsledky pouze nepatrný vliv. Pro ženy jsme získali pro všechny tři polohy hodnotu cca 1500 kcal. Směrodatné odchylky byly okolo 210 kcal.

Posledním parametrem, pro který jsme porovnávali rozdíly hodnot v různých polohách, byla impedance pro 50 kHz. Přístroj Bodystat Multiscan 5000 disponuje velkým množstvím frekvencí (až 50 frekvencí) v rozmezí od 5–1000 kHz. Využití různých frekvencí zajišťuje možnost zkoumat intracelulární a extracelulární vodu. Nejnižší hodnoty jsme získávali pro měření vsedě mezi 583–808  $\Omega$  pro ženy. Průměrně nám vycházely hodnoty okolo 700  $\Omega$  pro všechny polohy měření. Pro muže nám impedance vyšla 420–531  $\Omega$ . Nižší hodnoty byly dány vyšším obsahem tělesného tuku, který špatně vede elektrický proud. Směrodatná odchylka se pohybovala okolo 50  $\Omega$  pro všechny tři polohy.

Ze závislosti rezistence na reaktanci jsme vytvořili Cole-Cole modely, které pomáhají hodnotit obsah a stav tekutin a biologických tkání. Cole-Cole křivka má charakteristický půlkruhový tvar, přičemž odchylky od tohoto tvaru mohou indikovat různé patologie a změny ve tkáních. Její tvar může být také ovlivněn určitými kontraindikacemi při měření jako je teplota, vlhkost a další. Součástí práce jsou vytvořené Cole-Cole modely pro všech 10 probandů pro tři různé polohy měření. Při poloze vsedě jsou patrné odchylky od půlkruhového tvaru, což může být způsobeno nestandardní polohou měření či kontaktem dlaní a stehů. Může to být také spojeno

s výskytem různých zánětů a patologických jevů. Cole-Cole grafy vestoje měly opět normální tvar.

V další části jsme se zabývali hodnocením dat získaných ze třech různých přístrojů bioimpedanční analýzy, a to konkrétně Tanita MC 180 MA, Bodystat Multiscan 5000 a InBody 720. Měření jsme si v praktické části vyzkoušeli s prvními dvěma přístroji. Stejně jako v předchozím případě jsme porovnávali vybrané tělesné komponenty. Vytvořili jsme grafy v závislosti CTV, ECT, ICT, BMI, BMR a tělesného tuku na hmotnosti probanda. Z velkého množství dat jsme vytvořili nový soubor o 54 probandech, pro které jsme provedli následnou analýzu.

Průměrná hodnota tukové hmoty nám pro celý soubor vyšla okolo 24,75 %, což se nachází na optimální hranici pro muže i ženy. Pomocí histogramu jsme lépe znázornili rozptýlení jednotlivých hodnot.

Pro celkovou tělesnou vodu jsme získali průměr přibližně 47,6 %. Tato hodnota je nižší než doporučených 60 %. Nejvyšší četnost hodnot podle histogramu však byla pro hodnoty celkové tělesné vody 52,2-58,6 %. Vysoký obsah CTV indikuje vyšší obsah svalů, které jsou složeny převážně z vody.

BMR nám průměrně vyšla cca 1572,7 kcal a směrodatná odchylka 311,6 kcal. Hodnoty BMR závisí na pohlaví, věku a hmotnosti. Nejvyšší četnost hodnot BMR byla 1359,6 – 1546,2 kcal.

Dále jsme porovnali hodnoty BMI, které nejsou výsledkem měření, ale jedná se o dopočítanou veličinu ze vzorce. Průměrné BMI bylo 23, což je optimální hodnota pro muže i ženy.

Intracelulární tekutina představuje asi 40 % z celkové tělesné hmotnosti. Dá se zjistit použitím vyšších frekvencí, které procházejí skrze buňku. Extracelulární tekutina na druhou stranu bývá okolo 20 %. Tuto veličinu můžeme zjistit použitím nižších frekvencí do 50 kHz. Průměrná hodnota ICT byla 24,2 % a ECT 16,9 %. Oba výsledky jsou nižší než optimální rozmezí.

Jako poslední v naší praktické části bylo určování lymfedému pomocí BIA. Lymfedém představuje onemocnění lymfatického systému, který má za úkol odvádět přebytečnou tekutinu z tkání. Jeho poškození může vést k vážným zdravotním problémům, kterým můžeme pomocí měření BIA a určení L-Dex skóre předejít. Osoby se sníženou pohyblivostí a obezitou jsou náchylnější ke vzniku lymfedému. Často se jedná o otoky na rukách a nohou.



Pomocí změn objemu lymfatických tekutin dokážeme posoudit rizika vzniku lymfedému. Tyto změny jsou snadno odhalitelné pomocí měření BIA. Optimální hodnoty L-Dex skóre se pohybují v rozmezí od -10 do 10. Se zhoršením lymfedému dochází ke snížení impedance v končetině a tím ke zvýšení L-Dex skóre, které porovnává, jak dobře prochází signál postiženou a nepostiženou končetinou.

V našem zkoumaném souboru 27 probandů se vyskytovali pouze 2 se zvýšenými hodnotami L-Dex skóre. Průměrně nám pro muže vycházely hodnoty L-Dex skóre okolo 2, což je optimální hodnota. Pro ženy jsme pak získali průměrné hodnoty okolo -1. Tato hodnota se také nachází v normálním spektru bez rizik lymfedému.

Veškeré hodnoty ze všech měření a porovnávání jsou zaneseny do grafů a tabulek pro lepší názornost. Měření pomocí bioelektrické impedanční analýzy poskytuje širokou paletu využití v různých částech medicíny a nutričního poradenství. Přesně změřené hodnoty tělesných komponentů mohou pomoci při indikaci léků a sledování případných změn, které by běžným okem nebyly patrné. Každý z přístrojů, který jsme si v této diplomové práci popsali, má své výhody a nevýhody, které se vztahují k jejich používání. Obecně však platí, že se jedná o velmi přesné a nákladné přístroje, které disponují jednoduchým ovládním.

## Závěr

Seznámili jsme se s jednotlivými komponenty tělesného složení a možnostmi měření jejich hodnot pomocí bioelektrické impedanční analýzy, která slouží k posouzení celkového zdravotního a tělesného stavu člověka.

V praktické části jsme měli možnost vyzkoušet si měření s přístrojem Bodystat Multiscan 5000 a následné porovnání výsledných hodnot na skupině 10 různých probandů pro měření ve třech různých polohách a to vleže, vsedě a vestoje. Ze získaných hodnot jsme pro přehlednost vytvořili grafy a Cole-Cole modely.

Dále jsme se zabývali zpracováním dat ze třech různých přístrojů bioimpedanční analýzy. Konkrétně se jednalo o přístroje InBody 720, Tanita MC 180 MA a Bodystat Multiscan 5000.

Metoda BIA se používá k vyšetřování velkého množství patologií zdravotního stavu, mimo jiné i k diagnostice lymfedému. Z přístrojů pracujících na BIA metodě získáme i podrobné informace o L-Dex skóre, které popisuje míru výskytu nadměrné tekutiny v končetinách. Normální hodnoty L-Dex skóre se pohybují od -10 do 10.

Všechny přístroje, které byly předmětem této diplomové práce, jsou multifrekvenční přístroje bioelektrické impedanční analýzy, které slouží ke zkoumání tělesného složení. Přístroj Bodystat Multiscan 5000 pracuje s 50 různými frekvencemi v rozmezí od 5–1000 kHz.

Použitím velkého množství frekvencí máme možnost sledovat změny celkové tělesné vody a také odlišit intracelulární a extracelulární tekutiny, díky čemuž je možné zkoumat buněčnou a mimobuněčnou tělesnou hmotu. Velkou výhodou všech přístrojů je jejich neinvazivnost, jednoduchost, intuitivní použití a přesnost měření.

Je velmi pravděpodobné, že se při měření vyskytly určité kontraindikace, které mohly zkreslit výsledné hodnoty měření. Mezi kontraindikace patří např. menstruační cyklus, špatně nalepené elektrody, nadměrná fyzická zátěž před testováním, těhotenství, zvýšený či snížený příjem tekutin, steroidy nebo také zvýšená tělesná teplota. Tyto skutečnosti byly znát na Cole-Cole grafech, které jsou citlivé na takové změny.

Na základě získaných hodnot z měření jsme mezi sebou porovnali muže a ženy zvlášť, neboť se hodnoty odlišují v závislosti na pohlaví, výšce, věku a hmotnosti. Díky našemu měření jsme měli možnost porovnat fungování a rozdílnosti přístrojů BIA.

## Seznam použité literatury

1. MUCHA, S. Tělesné složení a metody jeho stanovení. [online]. 2015. Dostupné z: [https://dspace.cuni.cz/bitstream/handle/20.500.11956/73172/BPTX\\_2013\\_2\\_11510\\_0\\_34\\_0719\\_0\\_152335.pdf?sequence=1](https://dspace.cuni.cz/bitstream/handle/20.500.11956/73172/BPTX_2013_2_11510_0_34_0719_0_152335.pdf?sequence=1). Bakalářská práce. Univerzita Karlova. Vedoucí práce Václav Bunc
2. MRÁZOVÁ, Kristina. Měření tělesného složení za pomoci BIA, možnosti použití rozdílných přístrojů a přístupů. [Online]. Bakalářská práce. Hradec Králové: Univerzita Hradec Králové, 2022. Dostupné z: <https://theses.cz/id/6fayjv/STAG98877.pdf>.
3. ŠČOTKA, David. TĚLESNÉ SLOŽENÍ U STUDENTŮ DÁLKOVÉHO STUDIA FTK VE VĚKOVÉM ROZMEZÍ ADULTUS – MATURUS MĚŘENÉHO METODOU BIOELEKTRICKÉ IMPEDANCE INBODY 720 [Online]. Dostupné z: <https://theses.cz/id/qteupb/1406758> .Diplomová práce. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2011
4. *Složení lidského těla*. Online. 2019. Dostupné z: [https://is.muni.cz/el/1431/jaro2017/Bi6121/um/Slozeni\\_lidskeho\\_tela\\_8.pdf](https://is.muni.cz/el/1431/jaro2017/Bi6121/um/Slozeni_lidskeho_tela_8.pdf).
5. MURKO, Igor. Vliv tělesného složení studentů tělesné výchovy a sportu na výkon v běhu na 3000 m a 1500 m [online]. Praha. Dostupné z: [https://dspace.cuni.cz/bitstream/handle/20.500.11956/65055/BPTX\\_2013\\_2\\_11510\\_0\\_38\\_5959\\_0\\_152291.pdf?sequence=1](https://dspace.cuni.cz/bitstream/handle/20.500.11956/65055/BPTX_2013_2_11510_0_38_5959_0_152291.pdf?sequence=1). Bakalářská práce. Univerzita Karlova v Praze. Vedoucí práce Prof. Ing. Václav Bunc, CSc.
6. WANG, Z. Human body composition models and methodology: Theory and experiment. Thesis Landbouw Universitet Wageningen. Wageningen: Grafisch Service Centrum Van Gils, 1997.
7. RIEGEROVÁ, J.; PŘIDALOVÁ, M.; ULBRICHOVÁ, M. Aplikace fyzické antropologie v tělesné výchově a sportu: (příručka funkční antropologie). 3. vyd. Olomouc: Hanex, 2006, 262 s. ISBN 80-85783-52-5.
8. *Tělesné složení*. Online. 2018. Dostupné z: <https://ftvs.cuni.cz/FTVS-994.html>
9. RIEGEROVÁ, J., PŘIDALOVÁ, M.; ULBRICHOVÁ, M. Aplikace fyzické antropologie v tělesné výchově a sportu: (příručka funkční antropologie). 3. vyd. Olomouc: Hanex, 2006, 262 s. ISBN 80-85783-52-5.
10. *Celková tělesná voda* [online]. c2018. Dostupný z WWW: [https://www.wikiskripta.eu/index.php?title=Celkov%C3%A1\\_t%C4%9Blesn%C3%A1\\_voda&oldid=402452](https://www.wikiskripta.eu/index.php?title=Celkov%C3%A1_t%C4%9Blesn%C3%A1_voda&oldid=402452)
11. *Hydratace a voda v lidském těle – InBody. Tělesná diagnostika – InBody*. [online]. 2018. Dostupné z: <https://www.inbody.cz/blog/844-hydratace-a-voda-v-lidskem-tele>

12. RACEK, Jaroslav. Klinická biochemie. [Online]. Dostupné z: <https://www.vovcr.cz/odz/zdrav/189/page70.html#heading188>.
13. *Voda a její funkce v těle*. STOBklub – Zdravý životní styl a hubnutí s rozumem. [online]. 2012. Dostupné z: <https://www.stobklub.cz/clanek/voda-a-jeji-funkce-v-tele/>
14. *Může naše tělo fungovat bez vody?* Centrum-o-zdravi.cz. Zdravá strava a potraviny | Centrum-o-zdravi.cz [online]. 2017. Dostupné z: <https://www.centrum-o-zdravi.cz/blog/zajimavosti/muze-nase-telo-fungovat-bez-vody>
15. *Sůl a voda*. Online. Dostupné z: <https://www.solsan.cz/solny-blog/sul-a-voda.html>
16. *Water in human body* [online]. Dostupné z: <https://stock.adobe.com/chart/images/water-in-human-body-different-ages-people-silhouettes-with-water-percentage-hydration-level-chart-for-female-and-male-persons-vector-illustration-set/515701915>
17. ŠVÍGLEROVÁ, J. Intracelulární tekutina. [online]. 2009. Dostupné z: [https://www.wikiskripta.eu/w/Intracelul%C3%A1rn%C3%AD\\_tekutina](https://www.wikiskripta.eu/w/Intracelul%C3%A1rn%C3%AD_tekutina)
18. *Wikipedie: Otevřená encyklopedie: Tuková tkáň* [online]. c2023. Dostupný z: [https://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=Tukov%C3%A1\\_tk%C3%A1%C5%88&oldid=23050062](https://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=Tukov%C3%A1_tk%C3%A1%C5%88&oldid=23050062)
19. *Tuková tkáň* [online]. c2023. Dostupný z: [https://www.wikiskripta.eu/index.php?title=Tukov%C3%A1\\_tk%C3%A1%C5%88&oldid=464082](https://www.wikiskripta.eu/index.php?title=Tukov%C3%A1_tk%C3%A1%C5%88&oldid=464082)
20. ŠTEFÁNEK, Jiří. *Tuková tkáň* [online]. Dostupné z: <https://www.stefajir.cz/tukova-tkan>
21. *Co je to podkožní tuk a jak se ho zbavit?* Online. HarmoLine. 2022. Dostupné z: <https://www.harmoline.cz/podkozni-tuk/>.
22. GÁLIKOVÁ, Zuzana. *Kolik procent tělesného tuku musíme mít, abychom viděli břišní svaly?* [online]. 2023. Dostupné z: <https://gymbeam.cz/blog/kolik-procent-telesneho-tuku-musime-mit-abychom-videli-brisni-svaly/>
23. *Retikulární vazivo* [online]. c2023. Dostupný z: [https://www.wikiskripta.eu/index.php?title=Retikul%C3%A1rn%C3%AD\\_vazivo&oldid=464064](https://www.wikiskripta.eu/index.php?title=Retikul%C3%A1rn%C3%AD_vazivo&oldid=464064)
24. *Úskali ztráty tělesného tuku u žen* [online]. Dostupné z: <https://www.dafit.cz/uskali-ztraty-telesneho-tuku-u-zen>

25. VITEK, Libor. K čemu slouží tělesný tuk? [online]. Dostupné z: [https://www.vahy-tukomery.cz/poradime-vam\\_2/k-cemu-slouzi-telesny-tuk-](https://www.vahy-tukomery.cz/poradime-vam_2/k-cemu-slouzi-telesny-tuk-)
26. LOSKOT, Petr. Ideální procento tělesného tuku: Kdy začít hubnout, a kdy je čas přibrat? [online]. Dostupné z: <https://aktin.cz/idealni-procento-telesneho-tuku-kdy-zacit-hubnout-a-kdy-naopak-pribrat>
27. NÝVLT, Ondřej. Kolik tělesného tuku máme mít [online]. 2016. Dostupné také z: <https://www.nutriadapt.cz/zajimave-cteni/kolik-telesneho-tuku-mame-mit>
28. *Jaký je ideální podíl tuku v těle?* [online]. 2022. Dostupné z: <https://www.d-sport.cz/jaky-je-idealni-podil-tuku-v-tele-x32473>
29. KUTÁČ, P. Základy kinantropometrie: (pro studující obor TV a sport). 1. vyd. Ostrava: Pedagogická fakulta Ostravské univerzity v Ostravě, katedra tělesné výchovy, 2009. ISBN978-80-7368-726-
30. *AEROBICS*. [online]. 2010. Dostupné z: <http://www.aerobics.cz/print.asp?from=clanky&id=105>
31. *PBF aneb procentuální podíl tělesného tuku – InBody*. Tělesná diagnostika – InBody. [online]. 2017. Dostupné z: <https://www.inbody.cz/blog/666-pbf-aneb-procentualni-podil-telesneho-tuku>
32. *Optimální složení těla*. TANITA eshop.cz - Osobní digitální váhy od autorizovaného prodejce. [online]. 1995. Dostupné z: <https://www.tanita-eshop.cz/optimalni-slozeni-tel>
33. *Kost* [online]. c2023. Dostupný z: <https://www.wikiskripta.eu/index.php?title=Kost&oldid=470670>
34. *Podíl kostní hmoty* [online]. Dostupné z: <http://www.lekarske-vahy.cz/podil-kostni-hmoty.htm>
35. *Lidská kostra* [online]. c2024. Dostupný z: [https://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=Lidsk%C3%A1\\_kostra&oldid=23556590](https://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=Lidsk%C3%A1_kostra&oldid=23556590)
36. *Nenechte se zaskočit osteoporózou!* [online]. Dostupné z: <https://nejenkrasna.cz/nenechte-se-zaskocit-osteoporozou/>
37. LOSKOT, P. Vliv konzumace stravy s nižším obsahem energie, než je bazální metabolismus člověka na jeho antropometrické parametry. [online]. 2016. Dostupné z: [https://is.muni.cz/th/395452/lf\\_m/Diplomova\\_prace\\_Petr\\_Loskot.pdf](https://is.muni.cz/th/395452/lf_m/Diplomova_prace_Petr_Loskot.pdf). Diplomová práce. Masarykova Univerzita. Lékařská fakulta. Vedoucí práce Martin Forejt.
38. *Svalová tkáň* [online]. Dostupné z: <https://www.nzip.cz/rejstrikovy-pojem/2528>
39. *Sval* [online]. c2023. Dostupný z: <https://www.wikiskripta.eu/index.php?title=Sval&oldid=470872>

40. *Lidské svalstvo* [online]. c2023. Dostupný z:  
[https://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=Lidsk%C3%A9\\_svalstvo&oldid=23401877](https://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=Lidsk%C3%A9_svalstvo&oldid=23401877)>
41. *Srdeční svalovina* [online]. Dostupné z: <https://www.nzip.cz/rejstrikovy-pojem/2531>
42. *Kosterní svalovina* [online]. Dostupné z: <https://www.nzip.cz/rejstrikovy-pojem/2529>
43. *Hladká svalovina* [online]. Dostupné z: <https://www.nzip.cz/rejstrikovy-pojem/2530>
44. *Elektrické a magnetické vlastnosti tkání*. Online. 2019. Dostupné z:  
[https://www.wikiskripta.eu/w/Elektrick%C3%A9\\_a\\_magnetick%C3%A9\\_vlastnosti\\_tk%C3%A1n%C3%AD](https://www.wikiskripta.eu/w/Elektrick%C3%A9_a_magnetick%C3%A9_vlastnosti_tk%C3%A1n%C3%AD).
45. PROKOP. Biofyzika tkání a orgánů [online]. Poslední revize 2009-10-07. Dostupné z:  
<http://media0.mypage.cz/files/media0:4ad5bf70aabba.doc.upl/Biofyzika%20tkani%20a%20organu.doc>>.
46. WikiLectures contributors. *Electrical activity of cells, tissues and organs*. Online. 2015. Dostupné z:  
[https://www.wikilectures.eu/index.php?title=Electrical\\_activity\\_of\\_cells,\\_tissues\\_and\\_organs&oldid=24174](https://www.wikilectures.eu/index.php?title=Electrical_activity_of_cells,_tissues_and_organs&oldid=24174).
47. *Prispěvatelé WikiSkript, Membránový potenciál* [online], c2021, Datum poslední revize 28. 06. 2021, 09:56 UTC, Dostupné z:  
[https://www.wikiskripta.eu/index.php?title=Membr%C3%A1nov%C3%BD\\_potenci%C3%A1l&oldid=448350](https://www.wikiskripta.eu/index.php?title=Membr%C3%A1nov%C3%BD_potenci%C3%A1l&oldid=448350)
48. *Membránový potenciál* [online]. c2021. Dostupný z:  
[https://www.wikiskripta.eu/index.php?title=Membr%C3%A1nov%C3%BD\\_potenci%C3%A1l&oldid=448350](https://www.wikiskripta.eu/index.php?title=Membr%C3%A1nov%C3%BD_potenci%C3%A1l&oldid=448350)
49. *Akční potenciál (biofyzika)* [online]. c2018. Dostupný z:  
[https://www.wikiskripta.eu/index.php?title=Ak%C4%8Dn%C3%AD\\_potenci%C3%A1l\\_\(biofyzika\)&oldid=407203](https://www.wikiskripta.eu/index.php?title=Ak%C4%8Dn%C3%AD_potenci%C3%A1l_(biofyzika)&oldid=407203)
50. *Svalová tkáň*. [online]. 2010. Dostupné z:  
[https://ostrava.educanet.cz/www/biologie/index2f6c2f6c.html?option=com\\_content&view=article&id=35&Itemid=35](https://ostrava.educanet.cz/www/biologie/index2f6c2f6c.html?option=com_content&view=article&id=35&Itemid=35)
51. *Fyziologie svalů*. Online. 2009. Dostupné z:  
[https://is.muni.cz/el/ped/podzim2009/RV2BP\\_1SM/um/Fyziologie\\_svalu.pdf](https://is.muni.cz/el/ped/podzim2009/RV2BP_1SM/um/Fyziologie_svalu.pdf).

52. *Elektromyografie* [online]. c2018. Dostupný z:  
<https://www.wikiskripta.eu/index.php?title=Elektromyografie&oldid=410741>
53. *Motorický systém* [online]. c2020. Dostupný z:  
[z:https://www.wikiskripta.eu/index.php?title=Motorick%C3%BD\\_syst%C3%A9m&oldid=435966](https://www.wikiskripta.eu/index.php?title=Motorick%C3%BD_syst%C3%A9m&oldid=435966)
54. *Kychot – Own work*, CC BY-SA 3.0. [online] Dostupný z:  
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=15378864>
55. *Elektroterapie*. Online. Dostupné z: <http://sportfyziofit.cz/cs/elektroterapie/>
56. *Iontoforéza* [online]. c2023. Dostupný z:  
<https://www.wikiskripta.eu/index.php?title=Iontofor%C3%A9za&oldid=464819>
57. *Elektrostimulační metody* [online]. c2023. Dostupný z:  
[https://www.wikiskripta.eu/index.php?title=Elektrostimula%C4%8Dn%C3%AD\\_metody&oldid=470428](https://www.wikiskripta.eu/index.php?title=Elektrostimula%C4%8Dn%C3%AD_metody&oldid=470428)
58. *Jak funguje electro antiperspirant* [online]. Dostupný z: <https://www.iontoforeza.cz/jak-funguje-electro-antiperspirant>
59. *Vysokofrekvenční elektrochirurgie* [online]. c2020. Dostupný z:  
[https://www.wikiskripta.eu/index.php?title=Vysokofrekven%C4%8Dn%C3%AD\\_elektrochirurgie&oldid=439150](https://www.wikiskripta.eu/index.php?title=Vysokofrekven%C4%8Dn%C3%AD_elektrochirurgie&oldid=439150)
60. ŠLÉGROVÁ, Sisi. *Využití střídavého proudu ve zdravotnictví*. [Online]. 2014. Dostupné z:  
<https://prezi.com/b88w0d9huvk6/vyuziti-stridaveho-proudu-ve-zdravotnictvi/>
61. *Diatermie* [online] Dostupný z: <https://www.spa-resort-sanssouci.cz/karlovarska-lecba/elektrolecba/diatermie/>
62. *Bioimpedanční váha* [online]. c2021. Dostupný z:  
[https://www.wikiskripta.eu/index.php?title=Bioimpedan%C4%8Dn%C3%AD\\_v%C3%A1ha&oldid=445803](https://www.wikiskripta.eu/index.php?title=Bioimpedan%C4%8Dn%C3%AD_v%C3%A1ha&oldid=445803)
63. *Srdce* [online]. c2023. Dostupný z:  
<https://www.wikiskripta.eu/index.php?title=Srdce&oldid=462963>

64. *Fyziologie srdce* [online]. 2017. Dostupné z:  
[https://is.muni.cz/el/med/jaro2018/BZFY0222p/um/srdce\\_bakalari\\_fyziio.pdf](https://is.muni.cz/el/med/jaro2018/BZFY0222p/um/srdce_bakalari_fyziio.pdf)
65. *Účinky elektrického proudu na organismus*. Online. 2023. Dostupné z:  
[https://www.wikiskripta.eu/w/%C3%9A%C4%8Dinky\\_elektrick%C3%A9ho\\_proudu\\_na\\_organismus](https://www.wikiskripta.eu/w/%C3%9A%C4%8Dinky_elektrick%C3%A9ho_proudu_na_organismus).
66. *Silnoproudá zařízení a elektroenergetika*. Online. S. 11. Dostupné z:  
<https://www.frenp.cz/source/projekty/sablona-vystupy/siz-eeen/sada2/vy-inovace-siz-aeen-52.pdf>.
67. *Stejnoseměrný proud*. Online. In: Wikipedia: the free encyclopedia. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001-. Dostupné z:  
[https://cs.wikipedia.org/wiki/Stejnosem%C4%9Brn%C3%BD\\_proud](https://cs.wikipedia.org/wiki/Stejnosem%C4%9Brn%C3%BD_proud).
68. CHMIEL, Pavel. Ochrana před úrazem elektrickým proudem. Online. Dostupné z:  
<https://slideplayer.cz/slide/2922830/>.
69. *Odpor lidského těla*. Online. Elektronická učebnice. 2015. Dostupné z:  
<https://eluc.ikap.cz/verejne/lekce/344>.
70. *Elektrická impedance tkání*. Online. In: Wikiskripta: the free encyclopedia. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001-. Dostupné z:  
[https://www.wikiskripta.eu/w/Elektrick%C3%A1\\_impedance\\_tk%C3%A1n%C3%AD](https://www.wikiskripta.eu/w/Elektrick%C3%A1_impedance_tk%C3%A1n%C3%AD).
71. HRAZDIRA, Ivo a Vojtěch MORNSTEIN. *Lékařská biofyzika a přístrojová technika*. 1. vydání. Brno : Neptun, 2001. 396 s. ISBN 80-902896-1-4.
72. *Elektrická impedanční tomografie* [online]. Dostupné z:  
<https://www.med.muni.cz/biofyz/zobrazovacimetody/files/EIT.pdf>
73. *QuadScan 4000 Multifrekvenční analyzátor složení těla pomocí bioelektrické impedance (MFBIA)* [online]. Dostupné z:  
<https://www.optingservis.cz/images/documents/bodquadsc4000.pdf>
74. VLADIMÍR MEDUNA, CTIRAD KOUDELKA,. *Účinky elektrického proudu na lidský organismus, Ostrava, Březen 2006* [online].  
<http://feil.vsb.cz/kat420/vyuka/Bakalarske/.../Ucinky%20el.%20proudu.pdf>.
75. *Anurie* [online]. c2020. Dostupný z:  
<https://www.wikiskripta.eu/index.php?title=Anurie&oldid=441094>
76. Wikipedia contributors. (2024, January 31). *Electrical burn*. In Wikipedia, The Free Encyclopedia. Retrieved 18:38, February 15, 2024, from  
[https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Electrical\\_burn&oldid=1201197957](https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Electrical_burn&oldid=1201197957)



77. *Bioelectrical impedance analysis*. In Wikipedia, The Free Encyclopedia. Retrieved 18:38, February 16, 2024, from [https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Bioelectrical\\_impedance\\_analysis&oldid=1196524123](https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Bioelectrical_impedance_analysis&oldid=1196524123)
78. *Bioimpedanční váha* [online]. c2024. Dostupný z: [https://www.wikiskripta.eu/index.php?title=Bioimpedan%C4%8Dn%C3%AD\\_v%C3%A1ha&oldid=472163](https://www.wikiskripta.eu/index.php?title=Bioimpedan%C4%8Dn%C3%AD_v%C3%A1ha&oldid=472163)
79. *Co je to bioimpedance a jak fungují přístroje na měření tuku* [online]. Dostupné z: <https://www.spolukiladolu.cz/blog-a-recepty/co-je-to-bioimpedance-a-jak-funguji-pristroje-na-mereni-tuku>
80. *BIA – Bioimpedanční analýza lidského těla* [online]. Dostupné z: [https://www.victus.cz/bia-bioimpedancni-analyza-lidskeho-tela\\_p18.html](https://www.victus.cz/bia-bioimpedancni-analyza-lidskeho-tela_p18.html)
81. *Bioimpedance analysis – it's all about the algorithms!* [online]. Dostupné z: [https://www.seca.com/en\\_gb/company/stories/details/article/bioimpedance-analysis-its-all-about-the-algorithms.html](https://www.seca.com/en_gb/company/stories/details/article/bioimpedance-analysis-its-all-about-the-algorithms.html)
82. HRONEK, M. Bioimpedanční analýza tělesné kompozice. [online]. Dostupné z: <https://portal.faf.cuni.cz/getattachment/Groups/Clinical-physiology-of-nutrition-and-metabolism/News/Bioimpedancni-spektroskopie-a-predikce-hodnot-telesne-kompozice.pdf.aspx>
83. NEJEDLO, Vojtěch. Praktické využití bioimpedance pro posouzení zdravotního stavu pacienta [online]. Praha, 2014. Dostupné z [https://dspace.cvut.cz/bitstream/handle/10467/61247/F3-DP-2015-Nejedlo-Vojtech-DP\\_Nejedlo\\_2014.pdf?sequence=1](https://dspace.cvut.cz/bitstream/handle/10467/61247/F3-DP-2015-Nejedlo-Vojtech-DP_Nejedlo_2014.pdf?sequence=1). Diplomová práce. ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE.
84. HLÚBIK, J. HLÚBIK, P. Změna tělesné bioimpedance v závislosti na fyzické aktivitě. Vojenské zdravotnické listy [online]. 2010, LXXIX (4) Dostupné z: [https://www.unob.cz/fvz/fakulta/Documents/VZL/2010/4\\_2010/004\\_hlubik.pdf](https://www.unob.cz/fvz/fakulta/Documents/VZL/2010/4_2010/004_hlubik.pdf)
85. MAGER, Jennifer R., Shalamar D. SIBLEY, Tiffany R. BECKMAN et al. Multifrequency bioelectrical impedance analysis and bioimpedance spectroscopy for monitoring fluid and body cell mass changes after gastric bypass surgery. *Clinical Nutrition*. 2008, vol. 27, issue 6, s. 832-841

86. KREMLÍKOVÁ, L. Měření tělesného složení – metoda bioelektrické impedance | Vím, co jím. Vím, co jím – zdravý životní styl. [online]. 2020. Dostupné z: [https://www.vimcojim.cz/magazin/clanky/o-zdravi/Mereni-telesneho-slozeni---metoda-bioelektricke-impedance\\_s10012x19564.html](https://www.vimcojim.cz/magazin/clanky/o-zdravi/Mereni-telesneho-slozeni---metoda-bioelektricke-impedance_s10012x19564.html)
87. *About Bioelectrical Impedance Analysis (BIA)* [online]. Dostupné z: <https://drgalitzer.com/blogs/energy-medicine/about-bioelectrical-impedance-analysis-bia>
88. How does TANITA measure body composition? [online]. 2022. Dostupné z: <https://support.tanita.eu/support/solutions/articles/60000663042-how-does-tanita-measure-body-composition->
89. ARNOŠTOVÁ, Z. Složení těla – úskalí jednotlivých metod v závislosti na podmínkách měření [online]. 2017. Dostupné z: [https://is.muni.cz/th/x67bg/DP\\_Arnostova\\_konecna\\_verze.pdf](https://is.muni.cz/th/x67bg/DP_Arnostova_konecna_verze.pdf). Diplomová práce. Masarykova Univerzita. Lékařská fakulta. Vedoucí práce Martin Matoulek.
90. *ANALÝZA TĚLESNÉHO SLOŽENÍ NA INBODY – VÝHODY A LIMITACE* [online]. 2022. Dostupné z: <https://www.institutmodernivyzyvy.cz/inbody/>
91. *InBody* [online]. Dostupné z: <http://www.inbody.cz/>
92. *Tělesná diagnostika – InBody*. Tělesná diagnostika – InBody [online]. Dostupné z: <https://www.inbody.cz/>
93. *Složení těla a další tělesná diagnostika*. [online]. Dostupné z: <https://www.inbody.cz/vse-o-mereni>
94. *Phase Angle Measurement in Healthy Human Subjects through Bio-Impedance Analysis*. Online. 2012. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3646229/>
95. *Interpretace výsledného listu IB770* [online]. Dostupné z: <https://www.inbody.cz/vse-o-mereni/interpretace-ib770#faze-tela>
96. ZAVADILOVÁ, Vladislava. Metody měření tělesného složení – BIA, DXA. Online. Dostupné z: [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)

97. *Cole-Cole Bio-Impedance Parameters Extraction from a Single Time-Domain* [online]. 2019. Dostupné z: <https://nu.edu.eg/publications/cole-cole-bio-impedance-parameters-extraction-single-time-domain-measurement>
98. STABLOVÁ, A. SKOROCKÁ, I. BUNC, V. Bioimpedanční metody používané v Laboratoři sportovní motoriky [online]. Dostupné z: [https://is.muni.cz/el/1451/podzim2012/bp1022/BIA\\_-\\_clanek.pdf](https://is.muni.cz/el/1451/podzim2012/bp1022/BIA_-_clanek.pdf)
99. *Měření Bodystat* [online]. Dostupné z: <https://www.cajthamlova.cz/mereni-bodystat>
100. *Přístroj pro monitorování složení lidského těla.* [online]. Dostupné z: <https://im9.cz/product-docs/q5reuotrg4ddhzch/N%C3%A1vod%20-%20Omron%20BF511.pdf>
101. *Omron Karada Scan Body Composition Monitor HBF-701.* [online]. Dostupné z: <https://www.healthklin.com/Omron-Body-Fat-Composition-Monitor-Karada-Scan-HBF-701>
102. *Jak váhy TANITA měří.* TANITA eshop.cz - Osobní digitální váhy od autorizovaného prodejce [online]. 1995. Dostupné z: <https://www.tanita-eshop.cz/jak-vahy-tanita-meri>
103. *Diagnostika a analýza těla pomocí váhy Tanita | OB KLINIKA a.s.. Léčba obezity, diabetu a metabolických poruch | OB KLINIKA a.s.* [online]. 2022. OB Klinika, a.s. Dostupné z: <https://www.obklinika.cz/vaha-tanita>
104. *Medicínská váha Tanita MC 180 MA* [online]. 2005. Dostupné z: [https://www.e-pc.cz/product\\_info.php/cPath/34/products\\_id/370](https://www.e-pc.cz/product_info.php/cPath/34/products_id/370)
105. *Multi-Frequency Body Composition Analyzer MC-180MA Instruction Manual.* Online. 2005. Dostupné z: <https://www.vetek.com/Dynamics/Documents/c21c4349-6252-4cac-9210-1756e392350c/Manual%20MC-180.pdf>
106. Mrázová, Kristina – autorka diplomové práce
107. *Understanding Your Measurements* [online]. Dostupné z: <https://tanitaaustralia.com/pages/understanding-your-measurements>
108. *Specifikace MultiScanu 5000* [online]. Dostupné z: <https://bodystat.cz/multiscan>

109. *Klinická praxe: Bodystat Multiscan 5000* [online]. Dostupné z:  
<https://www.optingservis.cz/images/documents/bodystatmultiscan5000cj.pdf>
110. *Co je Směrodatná odchylka* | Peníze.cz. Peníze.cz - Největší web o osobních financích na českém internetu [online]. 2000. Dostupné z:  
<https://www.penize.cz/slovník/smerodatna-odchylka>
111. *Směrodatná odchylka* – Wikipedie. [online]. Dostupné z:  
[https://cs.wikipedia.org/wiki/Sm%C4%9Brodavn%C3%A1\\_odchylka](https://cs.wikipedia.org/wiki/Sm%C4%9Brodavn%C3%A1_odchylka)
112. *Složení těla. Ideální procento tuku v těle. Kolik tělesného tuku bychom měli mít?* [online]. 2020. Dostupné z: <https://www.fitness007.cz/blog/slozeni-tela-idealni-procento-tuku-v-tele-kolik-telesneho-tuku-bychom-meli-mit/>
113. *Hydratace a voda v lidském těle Váš průvodce správnou hydratací aneb Proč je voda v lidském těle klíčová* [online]. Dostupné z: <https://www.fitness007.cz/blog/slozeni-tela-idealni-procento-tuku-v-tele-kolik-telesneho-tuku-bychom-meli-mit/>
114. *Správné načasování bílkovin ve stravě pro uchování aktivní tělesné hmoty* [online]. Dostupné z: <https://www.lecbarany.cz/clanky/spravne-nacasovani-bilkovin-ve-strave-pro-uchovani-aktivni-telesne-hmoty>
115. POŽÁREK, Petr. *Porovnání hodnot in-body mužů a žen po 3měsíčním silově-kondičním tréninku* [online]. Dostupné z:  
<https://www.fsps.muni.cz/emuni/data/reader/book-31/03.html>
116. DVOŘÁKOVÁ, Kristýna. *Výpočet metabolického věku: cenná informace o zdravotním stavu, nebo zbytečnost?* [online]. 2023. Dostupné z: <https://aktin.cz/vypocet-metabolickeho-veku-cenna-informace-o-zdravotnim-stavu-nebo-zbytecnost>
117. *Bazální energetický výdej* [online]. Dostupné z: <https://www.nzip.cz/rejstrikovy-pojem/4788>
118. *Wikipedie: Otevřená encyklopedie: Bazální metabolický výdej* [online]. c2023 Dostupný z:  
<[https://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=Baz%C3%A1ln%C3%AD\\_metabolick%C3%BD\\_v%C3%BDdej&oldid=22743695](https://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=Baz%C3%A1ln%C3%AD_metabolick%C3%BD_v%C3%BDdej&oldid=22743695)>

119. *Bazální metabolický výdej* [online]. c2023. Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=Baz%C3%A1ln%C3%AD\\_metabolick%C3%BD\\_v%C3%BDdej&oldid=22743695](https://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=Baz%C3%A1ln%C3%AD_metabolick%C3%BD_v%C3%BDdej&oldid=22743695)
120. Arijit Roy, Somnath Bhattacharjee, Soumyajit Podder, Advaita Ghosh. Measurement of bioimpedance and application of Cole model to study the effect of moisturizing cream on human skin[J]. *AIMS Biophysics*, 2020, 7(4): 362-379. doi: 10.3934/biophy.2020025. Dostupné z: <https://www.aimspress.com/article/doi/10.3934/biophy.2020025?viewType=HTML>
121. *Cole-Cole modeling of real-time capacitance data for estimation of cell physiological properties in recombinant Escherichia coli cultivation* [online]. Dostupné z: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34964125/>
122. GRIMNESAND, Sverre a Ørjan G. MARTINSEN. *Cole Electrical Impedance Model—A Critique and an Alternative* [online]. Dostupné z: <https://www.mn.uio.no/fysikk/english/research/projects/bioimpedance/publications/papers/cole.pdf>
123. *InBody 720- Co je analýza lidského těla?* [online]. Dostupné z: <https://www.inbody.cz/dokumenty/co-je-analyza-lidskeho-tela.pdf>
124. *InBody showroom Praha – prezentace a prodej přístrojů InBody* [online]. Dostupné z: <https://www.nutricentrum.cz/inbody-showroom-praha.php>
125. *InBody720* [online]. Dostupné z: <https://kardiologie-chomutov.cz/userfiles/InBody720.pdf>
126. Lymfedém: příčiny a příznaky. *Národní zdravotnický informační portál* [online]. Dostupné z: <https://www.nzip.cz/clanek/939-lymfedem-priciny-a-priznaky>
127. Lymfedém. *Lymfologické centrum v Praze* [online]. Dostupné z: <https://www.lymphoclinic.cz/lymfologie/lymfedem/>
128. *L-Dex Score* [online]. Dostupné z: <https://www.impedimed.com/resources/l-dex-score/>
129. *L-Dex Lymphedema Test* [online]. Dostupné z: <https://www.mercy.net/service/lymphedema-therapy-services/l-dex/>

130. *L-Dex Ratio in Detecting Breast Cancer-Related Lymphedema: Reliability, Sensitivity, and Specificity* [online]. Dostupné z:  
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4040962/>
131. *Wikipedie: Otevřená encyklopedie: Index tělesné hmotnosti* [online]. c2023. Dostupný z:  
<[https://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=Index\\_t%C4%9Blesn%C3%A9\\_hmotnosti&oldid=22920328](https://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=Index_t%C4%9Blesn%C3%A9_hmotnosti&oldid=22920328)>
132. *InBody 720 result sheet* [online]. 2016. Dostupné z:  
[https://shop.inbodyusa.com/cdn/shop/products/InBody-720-Result-Sheet---2016---Obese-M\\_2048x.jpg?v=1466524403](https://shop.inbodyusa.com/cdn/shop/products/InBody-720-Result-Sheet---2016---Obese-M_2048x.jpg?v=1466524403)

# Přílohy

Příloha 1 Protokol z Tanita MC 180 MA

## Body Composition Analyser

Date (D/M/Y)	3/19/2024 11:36 AM	Clothes Weight (PT)	1.50 kg	ID	k0075
Age	24	Height	170.0 cm	Gender	<input checked="" type="checkbox"/> Female <input type="checkbox"/> Male
		Body Type	<input checked="" type="checkbox"/> Standard <input type="checkbox"/> Athletic		

**Whole Body**

MC-180	Result	Normal
Weight	56.40 kg	53.5-72.3 kg
Fat %	22.9 %	21.0-33.0 %
Fat Mass	12.90 kg	14.4-19.5 kg
FFM	43.50 kg	39.0-52.7 kg
Muscle Mass	41.30 kg	36.8-50.5 kg
TBW %	55.6 %	
BMI	19.5	18.5-25.0
Bone Mass	2.20 kg	

TBW	31.35 kg	ECW	13.05 kg	ICW	18.25 kg
ECW/TBW	41.7 %				

Visceral fat rating	1	13
BMR	1330 kcal	

**Segmental analysis**

**Muscle mass rating**

	Trunk	Left arm	Right arm	Left leg	Right leg
Muscle mass	23.65 kg	1.85 kg	1.80 kg	6.95 kg	7.05 kg

**Fat rating**

	Trunk	Left arm	Right arm	Left leg	Right leg
Fat Mass	6.05 kg	0.65 kg	0.65 kg	2.70 kg	2.85 kg
Fat %	19.7 %	24.3 %	25.4 %	26.7 %	27.8 %

**Muscle mass balance**

**Body Fat Ranges for Standard Adults<sup>1,2</sup>**

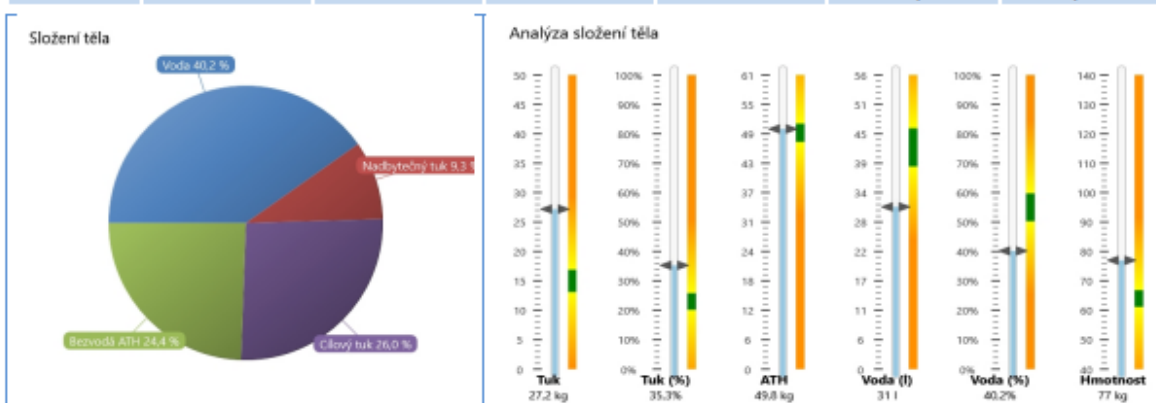
	Underfat	Healthy	Overfat	Obese
<b>Female</b>				
Age 20-39	0-10%	10-20%	20-30%	30-40%
Age 40-59	0-10%	10-20%	20-30%	30-40%
Age 60-79	0-10%	10-20%	20-30%	30-40%
<b>Male</b>				
Age 20-39	0-10%	10-20%	20-30%	30-40%
Age 40-59	0-10%	10-20%	20-30%	30-40%
Age 60-79	0-10%	10-20%	20-30%	30-40%

<sup>1</sup>Based on NIH/WHO BMI Guidelines. <sup>2</sup>Gallagher, et al. Am J Clin Nutr 2000; 72:694-701. To determine the percentage of body fat that is appropriate for your body, consult your physician.

	Reactance	Resistance	Phase angle			
	+	5kHz	50kHz	250kHz	500kHz	
H-L	23.0	809.1	1.6°	59.9	744.7	4.6°
RL	9.9	316.5	1.8°	22.7	289.6	4.5°
LL	8.3	302.0	1.6°	20.0	279.4	4.1°
RH	16.8	494.5	1.9°	41.6	448.9	5.3°
LH	14.2	477.2	1.7°	38.4	436.9	5.0°
L-L	18.7	618.0	1.7°	45.2	567.4	4.6°
				68.9	680.8	5.8°
				21.5	266.6	4.6°
				19.4	258.7	4.3°
				50.5	401.8	7.2°
				47.9	392.5	7.0°
				60.1	382.3	8.9°
				43.8	517.3	4.8°
				85.2	665.1	7.3°
				25.0	259.9	5.5°

## Bodystat® Zpráva o složení těla – profesionální

Jméno klienta	Ref. číslo klienta	Věk	Pohlaví	Aktivita	Výška	Hmotnost
		28	Žena	Střední	1,75 m	77 kg
Datum / čas testu	Číslo / ref. testu	Zařízení	Sériové č.	Pas	Boky	
01.01.2000 7:22	14	Multiscan 5000	820017	88 cm	120 cm	
Imp. 5 kHz (Ω)	Imp. 50 kHz (Ω)	Imp. 100 kHz (Ω)	Imp. 200 kHz (Ω)	Odpor 50 kHz (Ω)	Reaktance 50 kHz (Ω)	Fázový úhel 50 kHz (°)
814	725	688	659	722	66,0	5,19



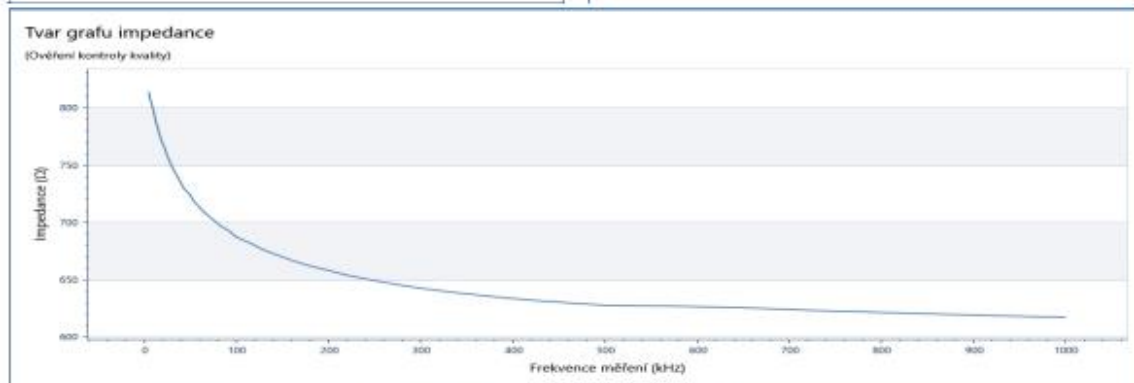
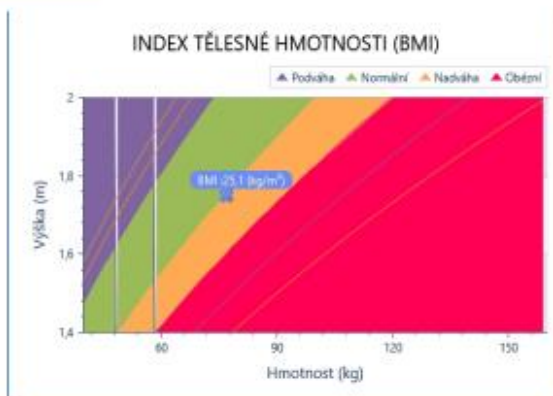
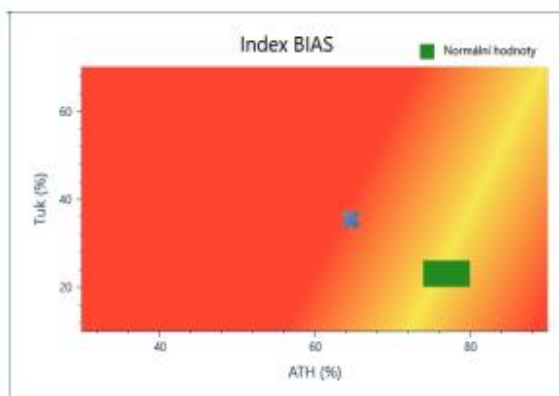
## Výsledek složení těla

Výsledek	Hodnota	CTV	ATH	Hmotnost
ECT (l)	13,7	31 l (38 l - 46 l)	49,8 kg (47 kg - 51 kg)	77 kg (61 kg - 67 kg)
ICT (l)	17,3			
HHY (l)	-0,6			
Bezvodá ATH (kg)	18,8			
Tuk (kg)	27,2 (13 kg - 17 kg)			

Výsledek	Procentní hodnota	CTV	ATH	Normální rozsah
ECT (%)	17,8	40,2% (50% - 60%)	64,7 (%) (74% - 80%)	20,0
ICT (%)	22,4			30,0
HHY (%)	-0,8			-
Bezvodá ATH (%)	24,4			-
Tuk (%)	35,3			(20% - 26%)



Bodystat® Zpráva o složení těla – profesionální



Výsledek	Hodnota	Normální
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	25,1	(20 - 25)
BFMI (kg/m <sup>2</sup> )	8,9	(4 - 5)
FFMI (kg/m <sup>2</sup> )	16,3	(15 - 16)
Poměr pas/boky	0,73	< 0,80
<b>Hodnota</b>		
BMR	1625 kcal/den	21,1 kcal/kg
CEV (kcal)	2600	
Výsledek	Hodnota	Normální
Buněčná hmota (kg)	24,7	-
Nutriční index	0,44	0,4
Indikátor prognózy	0,809	-
Hmotnost kosterního svalstva	20,1	-
Kapacita buněčné membrány (pF)	1182,39	-

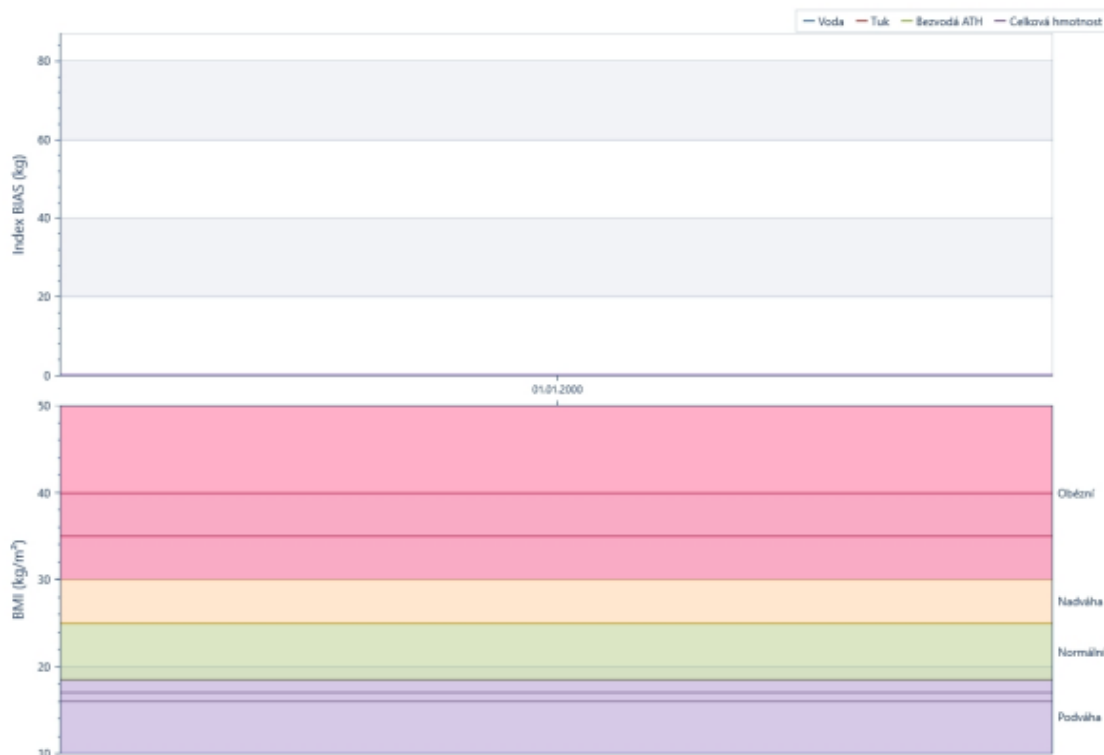
Poměr pas/boky 0,73



Bodystat® Zpráva o složení těla – profesionální

Historie složení těla				
Výsledek	První	Poslední	Odchylka	Odchylka %
Datum testu	01.01.2000 7:22:00	01.01.2000 7:22:00	~1 den	-
Hmotnost (kg)	77	77	0 kg	0,0
Tuk (kg)	27,2	27,2	0 kg	0,0
Bezvodá ATH (kg)	18,8	18,8	0 kg	0,0
Voda (l)	31,0	31,0	0,0	0,0
Imp. 5 kHz (Ω)	814,3	814,3	0,0	0,0
Imp. 50 kHz (Ω)	724,7	724,7	0,0	0,0
Fázový úhel 50 kHz	5,19	5,19	0,00	0,0
Indikátor prognózy	0,809	0,809	0,000	0,0

Trend složení těla



Trend indexu tělesné hmotnosti

# InBody 720

Name (I.D.)	Gender	Age	Height	Date	Time
TS790426	Male	30	5ft. 8.9in.	03.25.2011	09:14:28

SEE WHAT YOU'RE MADE OF

## Body Composition

	Values	Total Body Water	Lean Body Mass	Weight
Intracellular Water	69.0 lbs.	108.9 lbs.	148.8 lbs.	260.1 lbs.
Extracellular Water	39.9 lbs.			
Dry Lean Mass	39.9 lbs.			
Body Fat Mass	111.3 lbs.			

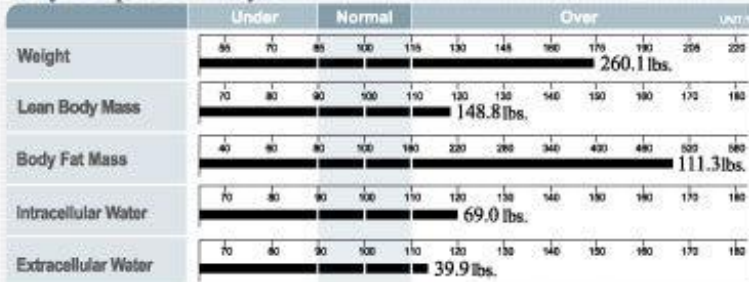
## ECW/TBW & BMR

ECW/TBW	0.367
Basal Metabolic Rate	1827 kcal

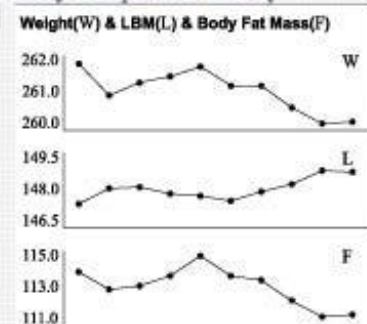
## Body Fat & LBM

Body Fat	- 85.1 lbs.
LBM	0.0 lbs.

## Body Composition Analysis



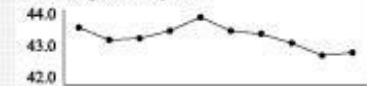
## Body Composition History



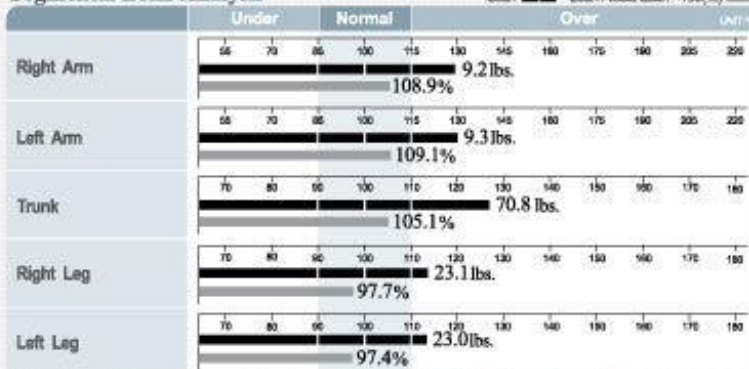
## Obesity Analysis



## Percentage of Body Fat



## Segmental Lean Analysis



Month	Day	Year
12/	05/	10
12/	21/	10
12/	30/	10
01/	06/	11
01/	19/	11
01/	26/	11
02/	06/	11
02/	24/	11
03/	10/	11
03/	25/	11

Date/time	Weight	LBM	Fat	PBF	ECW/TBW
12/05/10 09:31	261.9	147.6	114.3	43.6	0.369
12/21/10 09:14	260.9	148.1	112.8	43.2	0.369
12/30/10 09:21	261.3	148.2	113.1	43.3	0.368
01/06/11 09:12	261.5	147.8	113.7	43.5	0.367
01/19/11 09:42	261.8	146.8	115.0	43.9	0.368
01/26/11 09:34	261.2	147.5	113.7	43.5	0.368
02/06/11 09:05	261.2	147.9	113.3	43.4	0.367
02/24/11 09:12	260.5	148.2	112.3	43.1	0.368
03/10/11 09:15	260.0	148.9	111.1	42.7	0.368
03/25/11 09:14	260.1	148.8	111.3	42.8	0.367

## Impedance

Z	RA	LA	TR	RL	LL(°)
1 kHz	312.6	308.3	31.0	259.6	257.5
5 kHz	303.4	299.9	29.5	252.7	250.5
50 kHz	261.4	259.8	24.4	215.7	214.8
250 kHz	230.9	230.3	20.4	188.9	189.5
500 kHz	221.7	221.3	19.1	182.5	183.3
1000 kHz	214.1	213.6	18.1	177.9	178.6

## Reactance & Resistance

Xc	RA	LA	TR	RL	LL(°)
5 kHz	17.2	16.7	2.3	14.2	14.0
50 kHz	30.9	29.3	4.0	27.1	26.1
250 kHz	23.7	23.3	2.8	17.4	17.1
5 kHz	302.9	299.4	29.4	252.3	250.1
50 kHz	259.6	258.1	24.1	214.0	213.2
250 kHz	229.7	229.1	20.2	188.1	188.7

## Phase Angle

Phase Angle	RA	LA	TR	RL	LL
5 kHz	3.2	3.2	4.5	3.2	3.2
50 kHz	6.8	6.5	9.4	7.2	7.0
250 kHz	5.9	5.8	7.9	5.3	5.2

Příloha 6 Ukázka optimalizovaného datového formátu ze 3 různých přístrojů [106]

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1		<b>Číslo měření</b>	<b>Pohlaví</b>	<b>Věk</b>	<b>Výška [cm]</b>	<b>Hmotnost [kg]</b>		<b>Fat [%]</b>	<b>TBW [%]</b>	<b>BMR [kcal]</b>	<b>BMI</b>	<b>ICW [%]</b>	<b>ECW [%]</b>
2	inBody	1	M	22	190	91,1		12,8	58	2085	25,2	36,5	21,5
3		2	M	56	187	94,8		17,2	57,7	2065	27,1	35,6	22,1
4		3	M	56	187	93,9		16,6	57,6	2062	26,9	35,6	22
5		4	F	52	167	74,6		35,6	35,2	1407	26,7	21,8	13,4
6		5	F	63	165	89		41,3	38,6	1498	32,7	23,4	15,2
7		6	F	47	170	84,6		31,8	42,3	1616	29,3	26,4	15,9
8		7	F	35	164	66,4		34,9	31,7	1303	24,7	19,7	12
9		8	F	50	157	57,1		31,1	28,9	1220	23,2	18	10,9
10		9	F	45	159	56,5		32,4	28,1	1195	22,3	17,2	10,8
11		10	F	35	173	61,4		20,3	35,9	1426	20,5	21,9	13,9
12		11	F	44	182	74,6		28	39,3	1531	22,5	24,3	15
13		12	F	46	162	64,3		31,8	32,2	1316	24,5	19,6	12,6
14		13	M	39	170	72,6		41,1	31,3	1293	25,1	19,1	12,2
15		14	F	39	170	72,5		41,1	31,3	1291	25,1	19,1	12,2
16		15	F	41	163	74,8		39,6	33,1	1345	28,1	20,5	12,5
17		16	F	44	167	51,3		16,4	31,5	1297	18,4	19,4	12,1
18		17	F	41	158	57,4		21,7	32,9	1341	23	20,7	12,2
19		18	F	44	165	66		21,2	38,2	1493	24,2	23,5	14,7
20		19	F	41	178	73,2		22,8	41,3	1590	23,1	25,4	15,9
21		20	F	63	172	72,2		32,2	35,7	1427	24,4	21,9	13,9
22		21	F	26	177	57,9		20,6	33,7	1362	18,5	20,7	13
23		22	F	26	172	59,6		23,3	33,4	1357	20,1	20,6	12,8
24		23	F	49	164	71,5		33,3	35	1400	26,6	21,8	13,2