



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

**Fakulta elektrotechnická
Katedra teorie obvodů**

**Metoda hodnocení tělesného složení a dat získaných za pomoci
bioimpedance**

**Method for body composition data abasement obtained by
bioimpedance**

Diplomová práce

Studijní program: (MP6) Biomedicínské inženýrství a informatika

Studijní obor: (3901T009) Biomedicínské inženýrství

Vedoucí práce: Ing. Jan Hlúbik

Jan Mondok

Praha 2016

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Student: Bc. Jan M o n d o k

Studijní program: Biomedicínské inženýrství a informatika (magisterský)

Obor: Biomedicínské inženýrství

Název tématu: Metoda hodnocení tělesného složení a dat získaných za pomoci bioimpedance

Pokyny pro vypracování:

1. Seznamte se s problematikou hodnocení tělesného složení pomocí metody BIA (body impedance analysis).
2. Proveďte rozbor problematiky a navrhňte možné metody pro vyhodnocování a klasifikaci výsledků získaných pomocí této metody (data budou dodána vedoucím práce, popřípadě naměřená studentem).
3. Na základě bodu 2 proveďte zpracování jednotlivých vybraných metod, rozdělení a navržení nejlepších postupů zpracování získaných dat.
4. Realizujte vyhodnocení dat získaných při experimentech.
5. Data vyhodnoťte a zpracujte v závislostech na kvalitativních a kvantitativních vlastnostech.

Seznam odborné literatury:

- [1] Orjan G. Martinsen, Sverre Grimnes: Bioimpedance and Bioelectricity Basics, 2nd Edition. Elsevier, 2008
- [2] Ramesh M. Gulrajani: Bioelectricity and Biomagnetism. John Wiley & Sons, Inc. New York, 1998

Vedoucí diplomové práce: Ing. Jan Hlúbik

Platnost zadání: do konce zimního semestru 2016/2017

L.S.

prof. Ing. Pavel Sovka, CSc.
vedoucí katedry

prof. Ing. Pavel Ripka, CSc.
Děkan

Prohlášení autora práce

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

V Praze dne

Podpis autora práce

Poděkování

Děkuji Ing. Janu Hlúbikovi za vedení mé diplomové práce, za ochotnou pomoc při řešení problémů, za podnětné připomínky a cenné rady a dále děkuji své rodině za podporu při studiu.

Abstrakt:

Stav tělesného složení informuje o podílu tukové a netukové hmoty v těle a tudíž je důležitý pro sledování zdravotního stavu jednotlivce. Práce se zabývá zjišťováním tělesného složení pomocí bioimpedanční analýzy. Je to přesná metoda pro měření množství tukové hmoty a vody v těle, založená na měření odporu, který kladou tělesné tkáně protékajícímu střídavému elektrickému proudu o nízké voltáži. Vychází ze skutečnosti, že elektrický proud lépe prochází prostředím s větším zastoupením tekutiny, tzn. v lidském těle lépe tkání svalovou než tukovou. Na souborech osob byl sledován vliv pohlaví, výšky, BMI, substance mezi elektrodami a pokožkou a krátkodobé fyzické zátěže na bioimpedanci naměřené hodnoty.

Klíčová slova: Bioimpedance, tělesné složení, fyziologie, frekvence

Abstract:

The state of body composition informs about the amount of fat and unfat mass in the human body and therefore it is important for monitoring the health state of the individual. This thesis deals with investigation of body composition using bioimpedance analysis. Bioimpedance analysis is an accurate method for measuring the fat mass and total body water, using small electrical current applied to the human body to measure two basic components of impedance – reactance and resistance. Based on the fact that electric current passes better through the tissue with more liquid, ie. in the human body, transmission is better in wet muscular tissue than solid fat tissue with no electrolytes. In the thesis was studied influence of gender, height, BMI, used electrode-skin electrolytic transmitter and influence of physical activity on values of measured impedance .

Key words: Bioimpedance, body composition, physiology, frequency

Obsah

Seznam zkratk	11
Seznam obrázků	12
1 Úvod	13
2 Teoretická část	14
2.1 Buňka	14
2.1.1 Buněčná membrána	15
2.2 Transport látek	17
2.2.1 Pasivní transport	17
2.2.2 Aktivní transport	19
2.3 Typy tkání	20
2.3.1 Svalová tkáň	21
2.3.2 Tuková tkáň – FM	22
2.3.3 Kostní tkáň	23
2.4 Total body water	24
2.4.1 Intracelulární tekutina	25
2.4.2 Extracelulární tekutina	26
2.4.3 Iontové složení obou tekutin	26
2.5 Bioimpedance	29
2.5.1 Model lidského těla	29
2.5.2 Měření bioimpedance	32
2.5.3 Impedance a její základní veličiny	34
2.5.4 Faktory ovlivňující měření	36
2.6 Statistické testy	37
2.6.1 Neparametrický pořadový test Mann – Whitney	37
2.6.2 Spearmanův test nezávislosti	37
2.6.3 Wilcoxonův test	38

3 Praktická část.....	39
3.1 Charakteristika dvanáctičlenného souboru.....	39
3.2 Charakteristika patnáctičlenného souboru.....	43
3.3 Statistické zpracování dat	44
3.3.1 Popisná charakteristika dvanáctičlenného souboru	44
3.3.2 Test hypotéz pro dvanáctičlenný soubor	46
3.3.3 Test hypotéz pro patnáctičlenný soubor	62
4 Závěr	69
Bibliografie.....	72
Přílohy	74

Seznam zkratk

DNA – deoxyribonuklevá kyselina

rRNA – ribozomální ribonukleová kyselina

mRNA – messenger ribonukleová kyselina

ATP – adenosintrifosfát

FFM – fat free mass (tukuprostá hmota)

FM – fat mass (tuková hmota)

TBW – total body water (celková tělesná voda)

MM – muscle mass (svalová hmota)

ECW – extracellular water (extracelulární tekutina)

ICW – intracellular water (intracelulární tekutina)

H_0 - nulová hypotéza

H_A - alternativní hypotéza

Seznam obrázků

Obrázek 1: Schéma buňky a jejích nejdůležitějších organel ^[1]	14
Obrázek 2: Schéma mitochondrie ^[http://cs.wikipedia.org/]	15
Obrázek 3: Schéma buněčné membrány ^[1]	16
Obrázek 4: 2-C model složení lidského těla ^[10]	20
Obrázek 5: Model 4-C složení lidského těla ^[7]	21
Obrázek 6: Procentuální zastoupení tuku pro muže a ženy	23
Obrázek 7: Tělesná voda a její rozložení v intracelulárním a extracelulárním prostoru v závislosti na věku (hodnoty jsou v % tělesné vody) ^[1]	25
Obrázek 8: Schéma elektrolytu ^[http://www.techmania.cz/]	26
Obrázek 9: Vznik membránového potenciálu na membráně propustné pro K^+ ^[4]	27
Obrázek 10: Srovnání průměrné koncentrace různých látek uvnitř a vně buňky ^[2] ..	28
Obrázek 11: Model rozdělení těla na 5 základních válců ^[15]	29
Obrázek 12: Válec o ploše A a délce L , kterým protéká elektrický proud ^[7]	30
Obrázek 13: Graf závislosti impedance na rezistenci, reaktanci a frekvenci ^[7]	31
Obrázek 14: Obvod nahrazující impedanční vlastnosti tkáně. R_e – resistance extracelulární tekutiny, R_i – resistance intracelulární tekutiny, C_m – membránová kapacitance ^[10]	31
Obrázek 15: Nastavení požadovaného proudu ^[16]	32
Obrázek 16: Obvod s měřenou osobou ^[16]	33
Obrázek 17: Proud procházející tukovou tkání ^[16]	33
Obrázek 18: Proud protékající svalovou tkání ^[16]	34
Obrázek 19: Impedance jako komplexní veličina ^[19]	34
Obrázek 20: Průchod proudu při různých frekvencích ^[http://www.bodystat.com/]	36
Obrázek 21: Rozložení osob podle pohlaví	40
Obrázek 22: Procentuální zastoupení osob podle pohlaví	40
Obrázek 23: Rozložení osob podle výšky	41
Obrázek 24: Procentuální rozložení osob podle výšky	41
Obrázek 25: Rozložení osob podle BMI	42
Obrázek 26: Procentuální rozložení osob podle BMI	42
Obrázek 27: Vliv substance na naměřené hodnoty	61

1 Úvod

Stav tělesného složení dává informace o podílu tukové a netukové hmoty v těle, o zastoupení tělesných tekutin a svalové hmoty. Znalost tělesného složení se používá při sledování zdravotního stavu jedince. Pro udržování dobrého zdraví nejde totiž jen o udržování tělesné hmotnosti, ale mnohem důležitější je to, z čeho je ona hmotnost složená, čili co se skrývá uvnitř těla. Hodnoty získané analýzou tělesného složení pak ukazují, zda je vhodné změnit životní styl, např. stravování či pohybovou aktivitu, za účelem úpravy tělesné hmotnosti a to ve smyslu jak snižování tělesného tuku, tak i zvyšování svalové hmoty, nebo zda je vše v pořádku a není nutné měnit nic.

Pro orientační zjištění množství tuku v organismu za účelem odhadnutí rizika spojeného s obezitou se dnes nejčastěji používá BMI, neboli body mass index. Vyjadřuje poměr mezi hmotností a výškou těla. Jeho hodnota dává však jen orientační informaci o tom, zda má vyšetřovaný člověk normální tělesnou hmotnost, podváhu, nadváhu nebo zda je dokonce obézní. Informace je orientační z toho důvodu, že tím, že při výpočtu je ignorováno velké množství důležitých faktorů jako je rozdílná stavba těla u mužů a žen, věk, způsob života, tělesné aktivity a další, neodráží BMI přesně podíl tuku a beztukové (hlavně svalové) hmoty. Tak např. sportovec s hodně těžkou svalovou hmotou (kulturista) má vysoké BMI a je hodnocen jako obézní, i když množství jeho tuku je pod úrovní běžné populace. V klinické praxi se proto používají přesnější vyšetřovací metody a jednou z nich je právě bioimpedanční analýza. Ta je založená na měření odporu kladeného tělesnými tkáněmi tekoucímu střídavému elektrickému proudu o velmi nízké voltáži.

Teoretická část pojednává o základní fyziologii buněčné membrány, o typech tkání, o významu celkové tělesné vody pro bioimpedanční měření. Je zde vysvětlena podstata bioimpedance, podrobněji popsán postup bioimpedančního měření a jsou uvedeny a vysvětleny vzorce používané při zpracování naměřených hodnot.

Praktická část se zabývá statistickým zpracováním biomedancí naměřených výsledků. Pracoval jsem se dvěma soubory osob. U osob v prvním souboru jsem sledoval a statisticky zpracoval vliv pohlaví, BMI, výšky a substance používané mezi elektrodami a pokožkou na naměřené hodnoty. U osob ve druhém souboru jsem sledoval a zpracoval vliv krátkodobé fyzické zátěže prováděné těsně před začátkem měření.

2 Teoretická část

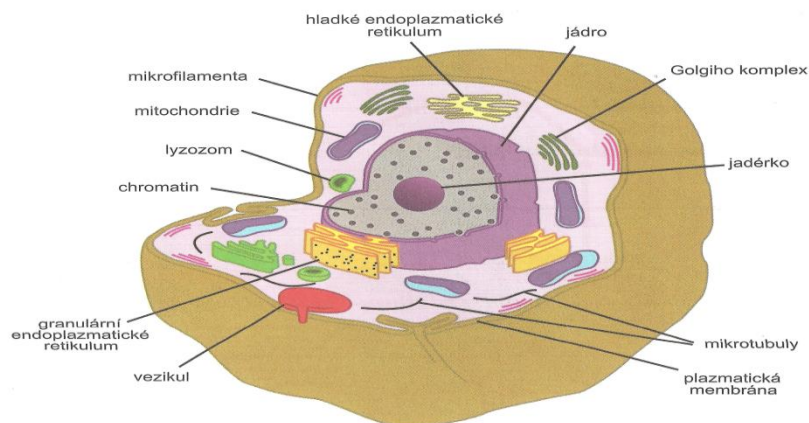
Pro pochopení bioimpedanční analýzy jako měřicí techniky pro určování tělesného složení je nutné se seznámit s fyziologií buňky, především buněčné membrány. Následující kapitoly popisují buňku jako základní stavební jednotku každého živého organismu, transport iontů jako přenašečů elektrických nábojů skrze buněčnou membránu, typy tkání vzhledem k celkovému obsahu vody v nich a význam celkové tělesné vody v organismu pro bioimpedanční analýzu.

2.1 Buňka

Buňku jako první popsal v 19. století významný český fyziolog Jan Evangelista Purkyně. Buňka je základní stavební jednotkou živého organismu. Je schopná plnit všechny základní funkce jako je pohyb, růst, výměna látek, rozmnožování a dědičnost. V lidském těle existuje více než 200 druhů buněk. Podle jejich funkce je dělíme do 5 základních typů:

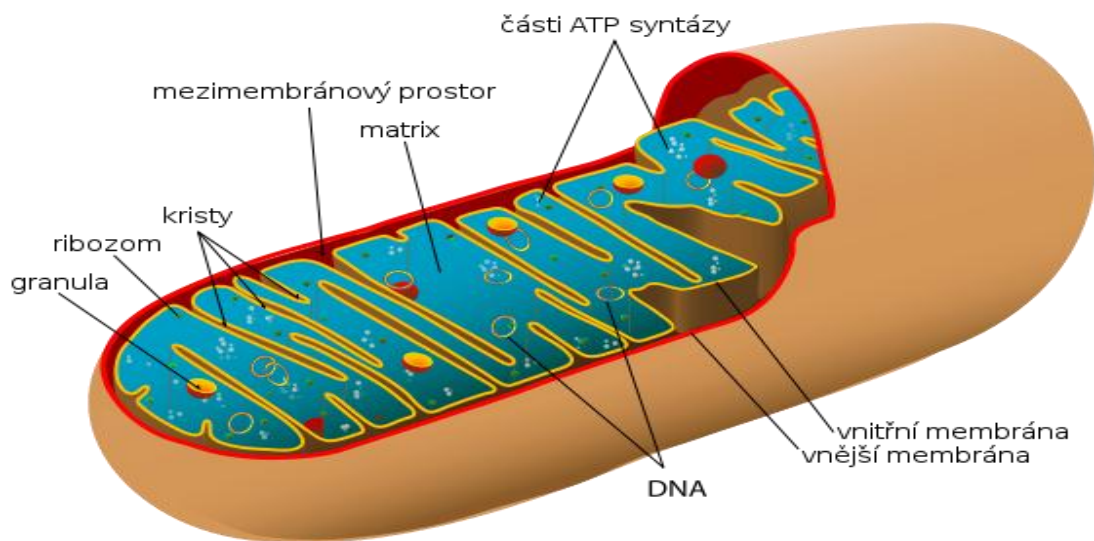
- nervové
- svalové
- epitelové
- buňky pojivých tkání
- krevní elementy

Každá buňka obsahuje buněčné útvary, tzv. organely. Jsou to subcelulární struktury, které mají různé funkce, stejně jako v lidském těle mají různé orgány různé funkce.



Obrázek 1: Schéma buňky a jejích nejdůležitějších organel ^[1]

Důležitou organelou v buňce jsou mitochondrie. Jsou přítomny ve všech buňkách. Základní struktura je tvořena dvěma lipid-proteinovými membránami. Vnitřní membrána tvoří do nitra buňky záhyby, tzv. kristy, na nichž probíhá tzv. buněčné dýchání. Při něm se oxidačními procesy uvolňuje energie nutná pro životní děje v buňce. Tato energie se váže do makroergických vazeb sloučeniny adenosintrifosfátu (ATP). ATP je transportován vně mitochondrie a difunduje buňkou do potřebných oblastí. Proto tuto svou funkci jsou mitochondrie nazývány „buněčnou elektrárnou“.



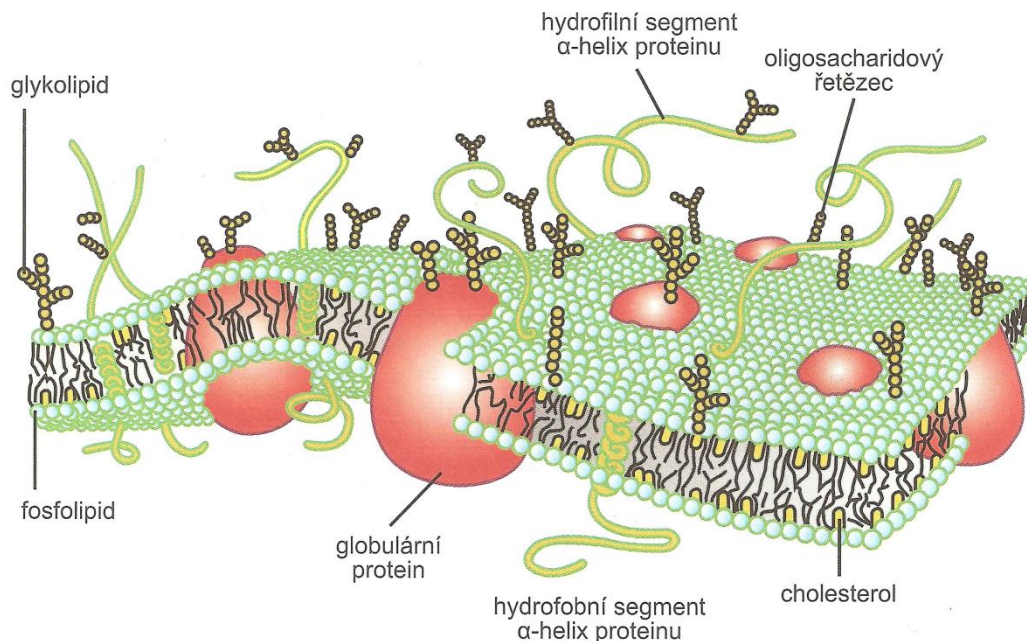
Obrázek 2: *Schéma mitochondrie* [<http://cs.wikipedia.org/>]

Na povrchu každé buňky lidského těla je plasmatická membrána. Tato membrána odděluje vnitřek buňky, tzv. intracelulární prostředí, od zevního, tzv. extracelulárního prostředí. Intracelulární prostředí je vyplněno intracelulární tekutinou, která se nazývá cytosol. V ní jsou uloženy jednotlivé buněčné organely.

2.1.1 Buněčná membrána

Buněčná membrána plní ochrannou funkci buňky proti vlivům z vnějšího prostředí, zodpovídá za celistvost buňky, udržuje stálost intracelulárního i extracelulárního prostředí a zajišťuje transport látek mezi vnitřním a zevním prostředím buňky. Buněčná membrána je složena z fosfolipidů, glykolipidů a cholesterolu. Všechny tyto složky vytvářejí jakousi dvojvrstvu, v níž jsou hydrofobní (vodu odpuzující) části molekul orientovány k sobě a hydrofilní (vodu přitahující) části jsou orientovány k okolnímu vodnému prostředí.

Buněčná membrána obsahuje také bílkoviny, které jsou do ní zanořeny. Některé prostupují celou membránou a některé jsou uloženy pouze na jejím povrchu.



Obrázek 3: *Schéma buněčné membrány* ^[1]

Pro měření bioimpedance jsou vlastnosti buněčné membrány velmi důležité. Buněčná membrána totiž mění své chování pro protékající elektrický proud v závislosti na jeho frekvenci. Elektrický proud o vysokých frekvencích membránou proteče, ale elektrický proud o malých frekvencích se skrze buněčnou membránu nedostane. Chceme – li v těle změřit obsah pouze extracelulární tekutiny, použijeme k měření elektrický proud o nízkých frekvencích, ale ke změření obsahu celkové tělesné vody, tzn. i tekutiny intracelulární, musíme použít elektrický proud o frekvencích vysokých.

2.2 Transport látek

Jak již bylo uvedeno v předchozí kapitole, buněčná membrána tvoří vlastně hráz, která odděluje vnitřní prostředí buňky od vnějšího. Obě prostředí se svým složením podstatně liší. Pro život každé buňky je stálost jejího vnitřního prostředí velmi zásadní a za spotřeby energie si tuto stálost musí permanentně udržovat. Využívá k tomu právě výše zmíněnou buněčnou membránu s jejími transportními mechanismy jako např. iontové pumpy, transport pomocí přenašečů, póry membrány a procesy cytózy.

Transport látek skrze buněčnou membránu lze rozdělit na pasivní transport, aktivní transport a cytózu.

2.2.1 Pasivní transport

Základním pasivním transportem buněčnou membránou je difúze. Difúze je proces, při kterém putuje látka z prostředí s vysokou koncentrací do prostředí, kde je její koncentrace nižší, tzn. látka putuje po koncentračním gradientu. Na rychlost difúze má vliv prostředí, ve kterém difúze probíhá. Ve vzduchu je difúzní proces relativně rychlý, ve vodném prostředí je pomalejší a ve tkáních už velmi pomalý. Další faktory, které ovlivňují difúzi jsou transportní vzdálenost a povaha látky, která difunduje.

Fyzikální zákon, který popisuje difúzi je **Fickův difúzní zákon** (1). Vysvětluje, že množství látky, které difunduje za určitý čas, je přímo úměrné jejímu difúznímu koeficientu, koncentračnímu rozdílu látky po obou stranách membrány a ploše, na níž difúze probíhá. Nepřímo úměrné je difúzní vzdálenosti.

$$\frac{dQ}{dt} = \frac{D \cdot F}{l} \cdot \Delta C \left[\text{mol} \cdot \text{s}^{-1} \right] \quad (1)$$

kde Q je množství látky, C je difúzní koeficient, F je výměnná plocha, ΔC je koncentrační rozdíl, l je difúzní vzdálenost.

Ze vzorce (1) vyplývá, že čím větší bude difúzní koeficient, výměnná plocha a rozdíl koncentrací látky a čím menší bude difúzní vzdálenost, tím větší bude množství látky difundující za určitý čas.

Koeficient difúze probíhající na buněčné membráně získáme ze vzorce (2). Jako plynovou konstantu použijeme $R = 8,314 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}$:

$$D = \frac{R \cdot T \cdot k}{6 \cdot \pi \cdot \eta \cdot r} \left[m^2 \cdot s^{-1} \right] \quad (2)$$

kde R je plynová konstanta, T je absolutní teplota, k je rozdělovací koeficient mezi olejem a vodou, r je poloměr difundujících molekul, η je viskozita membrány.

Protože tloušťka membrány je většinou stejná, tudíž považována za konstantní, můžeme ve vzorci (1) nahradit D/l koeficientem permeability P a dostaneme vztah:

$$\frac{dQ}{dt} = P \cdot F \cdot \Delta C \left[mol \cdot s^{-1} \right] \quad (3)$$

Ve vzorci (3) můžeme plochu difúze F vztáhnout na rychlost transportu látek Q/t skrze membránu a dostaneme upravený vzorec:

$$\frac{dQ}{dt \cdot F} = P \cdot \Delta C \left[mol \cdot m^{-2} \cdot s^{-1} \right] \quad (4)$$

Protože ionty nesou elektrický náboj, lze koeficient permeability určitého iontu x ($=P_x$) převést na elektrickou vodivost pro tento iont x ($=q_x$)

$$g_x = \frac{P_x \cdot z^2 \cdot F^2 \cdot c_x}{R \cdot T} \left[S \cdot m^{-2} \right] \quad (5)$$

kde R je plynová konstanta, T je absolutní teplota, P_x je elektrická vodivost, z_x je počet nábojů iontu, F je faradayova konstanta, c_x je střední iontová aktivita membrány.

Střední iontová aktivita membrány se počítá dle vztahu:

$$c = \frac{c_{extra} - c_{intra}}{\ln(c_{extra}) - \ln(c_{intra})} \quad (6)$$

2.2.2 Aktivní transport

Často není pasivní transport dostačující a látky musejí přes membránu putovat “do kopce“, tzn. proti svému koncentračnímu nebo elektrickému gradientu. V těchto případech se uplatňuje transport aktivní. Protože je látka transportována proti svému gradientu, vyžaduje tento transportní mechanismus velké množství energie. Ta je získávána z potravy přeměnou na energeticky bohaté sloučeniny, především na ATP.

Aktivní transport lze rozdělit do dvou skupin a to na primární transportní mechanismy a sekundární transportní mechanismy.

Primární transportní mechanismy spotřebovávají energii přímo. Sekundární transportní mechanismy využívají k transportu látky spojení prostřednictvím přenašeče s pasivním transportem nějaké látky. Nejrozšířenějším mechanismem aktivního transportu je sodíko – draslíková pumpa.

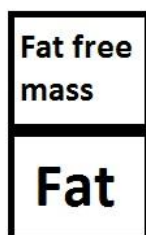
2.3 Typy tkání

Soubory buněk vytvářejí tkáň. Buňky, které vykonávají stejnou funkci, vytvářejí určitý typ tkáně. Existuje svalová tkáň, tuková tkáň, kostní tkáň a další.

Každý typ tkání klade procházejícímu elektrickému proudu jiný odpor. Jeho změřením se dá určit tělesné složení ve smyslu kvantitativního zastoupení tukuprosté hmoty, tukové hmoty a celkové tělesné vody. Toto složení se vyjadřuje pomocí indexů – fat free mass index (FFM, tukuprostá tkáň), fat mass index (FM, tuková hmota), total body water index (TBW, celková tělesná voda).

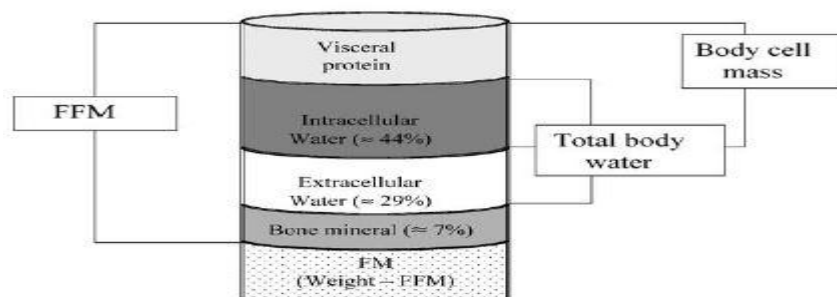
Jednotlivé, pro bioimpedanci důležité typy tkání jsou podrobněji popsány níže.

Základní model, který popisuje složení lidského těla je 2-C model. (obrázek 4). Tento model využívá dvě základní složky. Jimi jsou FFM (tukuprostá hmota) a FM (tuková hmota).



Obrázek 4: 2-C model složení lidského těla^[10]

Model, který tyto dvě základní složky popisuje podrobněji, je model 4-C. (obrázek 5). Hodnotu FFM spoluvytvářejí tělesné proteiny, intracelulární tekutina, extracelulární tekutina a kostní hmota. Hodnota TBW je tvořena intracelulární a extracelulární tekutinou. Hodnotu FM získáme tím, že od hmotnosti těla odečteme hodnotu FFM.

Obrázek 5: Model 4-C složení lidského těla^[7]

Množství netukové tkáně, neboli fat free mass, se dá spočítat dle následujícího vzorce:

$$FFM = \frac{TBW}{0.73} [kg] \quad (7)$$

kde TBW je total body water.

2.3.1 Svalová tkáň

Lidský organismus obsahuje tři druhy svalové tkáně. Jde o svalovou tkáň hladkou, příčně pruhovanou (kosterní) a srdeční.

Svalovou tkáň vytvářejí svalová vlákna, která obsahují kontraktilní bílkoviny aktin a myosin. Tyto bílkoviny zajišťují kontrakci svalu. Skupina svalových vláken tvoří svalový snopeček, skupina svalových snopečků tvoří svalový snopec a skupina svalových snopců tvoří sval. Svalová tkáň tvoří největší část složky FFM.

Svalová buňka má vláknitý tvar. Vývojově, v závislosti na své funkci, vznikla spojením většího množství buněk, tudíž obsahuje mnoho jader a také velké množství tekutiny, díky níž je sval velmi dobře vodivý. *Konduktivita, neboli vodivost svalové tkáně je 0,36185 S/m.*^[9]

Množství svalové tkáně, neboli muscle mass, se dá spočítat dle následujícího vzorce:

$$MM = (0.126 \cdot BI) + (1.937 \cdot BSA) + (-0.062 \cdot age) + (-2.186 \cdot gender) - 2.881 [kg] \quad (8)$$

kde $BI = (\text{height}^2/Z)$, BSA je body surface area, věk je v rocích, Gender je 1, jednání se o muže nebo 2, jednání se o ženy

2.3.2 Tuková tkáň – FM

Tuková tkáň je zásobárnou energie pro lidský organismus. Má ještě další úkoly, např. chrání vnitřní orgány, slouží jako tepelná izolace těla, tuky jsou součástí buněčných membrán a rozpouštějí se v nich také některé vitamíny (A, E, D). Tuková tkáň je podstatně méně vodivá než tkáň svalová, protože její buňky jsou k sobě velmi nahuštěny, nemají vláknitý charakter a obsahují malé množství vody. *Konduktivita tukové tkáně je 0,024414 S/m.*^[9]

V lidském těle rozeznáváme tuk podkožní a tuk útrobní (viscerální). Tuková tkáň podkožní tvoří souvislou vrstvu pod kůží celého těla. Kromě výše uvedených funkcí také absorbuje z těla nebezpečné mastné kyseliny a obsahuje protizánětlivé látky, které zabraňují vzniku krevních sraženin a tím ucpání cév. Je důležitá i pro vzhled člověka, čímž může mít vliv na jeho psychiku. Rozložení podkožního tuku v těle není stejnoměrné a také se poněkud liší u mužů a žen. U žen se nejvíce ukládá na bocích a stehnech. Tuk viscerální obaluje orgány a hodně se hromadí v oblasti břicha. V nadměrném množství tento vnitřní tuk orgány zatěžuje a brání jejich správné funkci. Může tak být příčinou mnoha chorob. Jde především o přetížení srdce a krevního oběhu, vznik vysokého krevního tlaku, vznik cukrovky, vlivem vysoké hladiny cholesterolu dochází k srdečnímu nebo mozkovému infarktu. Celkově pak nadměrná tuková tkáň nezdravě přetěžuje pohybový aparát, tj. především páteř a nosné klouby.

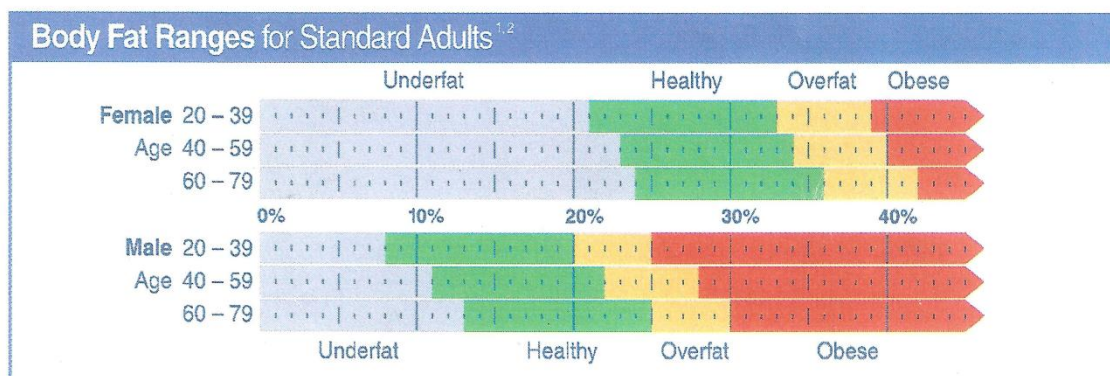
Procento tuku v těle se dá změřit dle tohoto vzorce:

$$\%FAT = \frac{FM}{\text{height}} \quad (9)$$

kde FM je množství tuku v těle a počítá se dle následujícího vzorce:

$$FM = (\text{weight} - FFM) [kg] \quad (10)$$

Podle zjištěného procentuálního zastoupení tuku v těle je pacient podle tabulky (obrázek 6) zařazen do určité skupiny - podváha, normál, nadváha, obezita. Z toho, do jaké skupiny je pacient zařazen, vychází jeho léčba.



Obrázek 6: Procentuální zastoupení tuku pro muže a ženy

Ženy mají od přírody větší procentuální zastoupení tělesného tuku než muži. Z obrázku 2-6 vyplývá, že množství tuku, které je pro ženy ještě v normě, u mužů znamená již překročení normy nebo dokonce obezitu. Je to proto, že tělo ženy je přizpůsobeno tak, aby poskytovalo ochranu jednak sobě, jednak případnému plodu. Ženy mají tudíž více enzymů, které tuky ukládají a méně enzymů, které tuky spalují. Tuk se ženám ve větším množství ukládá hlavně v oblasti boků, stehen, břicha a ňader.

2.3.3 Kostní tkáň

Kostní tkáň ve srovnání s ostatními tkáněmi obsahuje nejmenší množství tekutiny, proto elektrický proud v podstatě nevede. Její strukturu tvoří složka kompaktní a houbovitá. Celková hmotnost kostní tkáně dospělého člověka se pohybuje mezi 2,9 až 3,1 kg. *Konduktivita tukové tkáně je 0,020791 S/m.*^[9]

2.4 Total body water

Přibližně 60% hmotnosti lidského těla je tvořeno vodou.^[3] Voda je velmi důležitá pro správné fungování organismu. Slouží jako transportní prostředí pro živiny, krevní plyny, odpadní látky, elektrolyty. Má také funkci rozpouštědla, vytváří vhodné prostředí pro chemické reakce (např. metabolismus), zvlhčuje a chrání sliznice a další funkce.

Total body water, neboli celková tělesná voda, je celkové množství vody obsažené v organismu. V každém organismu se dělí na dvě veliké části, tekutinu intracelulární, čili nitrobuněčnou a tekutinu extracelulární, čili tekutinu vně buňky. Extracelulární tekutina je tvořena tkáňovým mokem, což je tekutina mezi buňkami, a plazmou, což je tekutina uvnitř cév.

Celková tělesná voda se během života mění. Její podíl na tělesné hmotnosti se liší individuálně a to hlavně podle objemu tukové tkáně: čím více tukové tkáně tělo obsahuje, tím méně tělesné hmotnosti zaujímá voda. Její množství se tedy v závislosti na objemu tukové tkáně výrazně mění s věkem a u dospělých jedinců se liší i podle pohlaví, jak ukazuje obrázek 7.

Total body water v podstatě vyjadřuje hydrataci organismu. Podle výše uvedeného tedy správná hydratace záleží nejen na dostatečném přísunu tekutin do organismu, ale i na objemu tělesné tukové tkáně. Z toho vyplývá, že obézní lidé mají prakticky trvalý problém s hydratací organismu, kdy příjem průměrného množství vody denně (2-3 litry) jim dostatečnou hydrataci nezajistí.

Nedostatek vody v organismu, tzn. dehydratace, může způsobit méně či více závažné zdravotní potíže (bolesti hlavy, poruchy psychiky, vytváření žlučových a ledvinných kamenů, infekční komplikace, poruchy činnosti srdce a krevního oběhu) až eventuální smrt organismu.

věk		celková tělesná voda	extracelulární tekutina	intracelulární tekutina
novorozenec		79,0	44,0	35,0
1–3 měsíce		72,0	32,0	40,0
2–3 roky		63,5	26,7	36,8
3–5 let		62,0	21,0	41,0
5–10 let		61,5	22,0	39,5
10–16 let		58,0	19,0	39,0
20–30 let	muži	58,0	19,0	39,0
	ženy	51,0	17,0	34,0
40–50 let	muži	54,0	18,0	36,0
	ženy	47,0	15,5	31,5
60–70 let	muži	49,0	16,0	33,0
	ženy	47,0	15,5	31,5
nad 80 let	muži	48,0	16,0	32,0
	ženy	48,0	16,0	32,0

Obrázek 7: Tělesná voda a její rozložení v intracelulárním a extracelulárním prostoru v závislosti na věku (hodnoty jsou v % tělesné vody)^[1]

Total body water se počítá dle následujícího vzorce:

$$TBW = \left(\frac{0.372 \cdot \text{výška}^2}{\text{rezistence}} \right) + (3.05 \cdot \text{pohlaví}) + (0.142 \cdot \text{váha}) - (0.069 \cdot \text{věk}) \text{ [kg]} \quad (11)$$

kde výška je v centimetrech, váha je v kilogramech a za pohlaví se dosazuje hodnota 1, jde-li o muže nebo hodnota 0, jde-li o ženu.

2.4.1 Intracelulární tekutina

Intracelulární tekutina je obsažena uvnitř buňky. Zaujímá asi 2/3 celkové tělesné vody, což odpovídá asi 40% tělesné hmotnosti. Tvoří ji buněčná voda spolu s dalšími látkami jako jsou různé anorganické a organické sloučeniny, enzymy a molekuly, které jsou základními stavebními prvky pro buněčné struktury. V intracelulární tekutině probíhají pro život organismu velmi důležité chemické reakce, např. glykolýza.

Nitrobuněčná tekutina může mít v různých částech buňky různou hustotu, viskozitu, koncentraci rozpuštěných látek, také různé typy buněčných organel. Její množství nemůžeme změřit přímo, ale získáme ho tak, že od množství celkové tělesné vody odečteme množství tekutiny extracelulární.

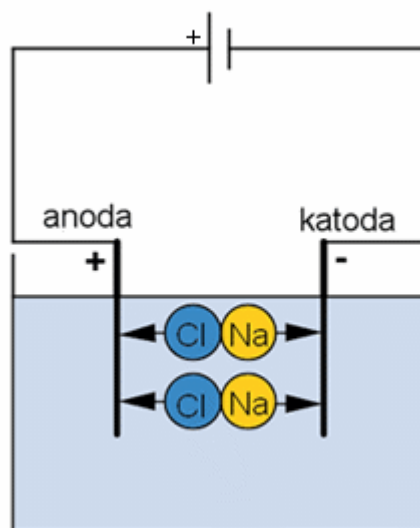
2.4.2 Extracelulární tekutina

Extracelulární tekutina je obsažena vně buňky. Zaujímá asi 1/3 celkové tělesné vody a to odpovídá přibližně 20% tělesné hmotnosti. Jak již bylo uvedeno výše, je tvořena tkáňovým mokem a plazmou. Tkáňový mok (intersticiální tekutina) je tekutina uložená mezi buňkami a činí 75% extracelulární tekutiny, tedy 15% tělesné hmotnosti. Plazma (intravaskulární tekutina) je obsažena uvnitř cév krevního oběhu a činí 25% extracelulární tekutiny, tedy 5% tělesné hmotnosti.

Hlavní funkcí extracelulární tekutiny je funkce transportní, tzn. zásobovat organismus kyslíkem, živinami, ionty, minerály a hormony a odvádět z tkání odpadní produkty metabolismu a oxid uhličitý.

2.4.3 Iontové složení obou tekutin

Intracelulární i extracelulární tekutina obsahuje různé ionty, které mají elektrickou vodivost. Takovéto roztoky se nazývají elektrolyty a protože jsou schopny vést elektrický proud, umožňují nám uskutečnit měření bioimpedanční analýzou. V elektrolytech proud nepřenášejí elektrony jako u kovů, ale ionty. Úkolem elektrolytů v lidském těle je udržovat vodní rovnováhu na obou stranách buněčné membrány.



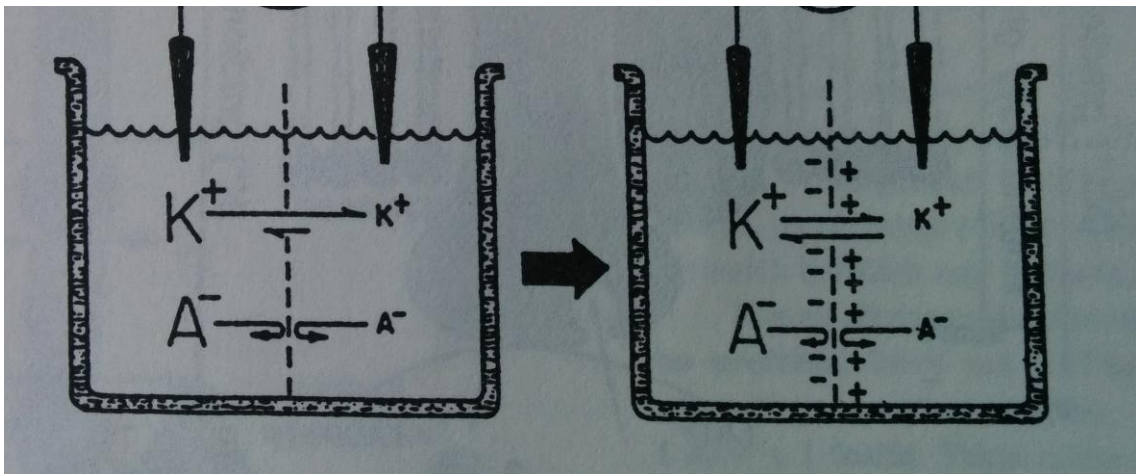
Obrázek 8: Schéma elektrolytu [<http://www.techmania.cz/>]

Iontové složení obou tekutin se velmi liší. Je to zapříčiněno rozdílnou propustností buněčné membrány pro určité ionty v určitém stavu. Mezi základní ionty elektrolytů lidského těla patří kationty sodíku (Na^+) a draslíku (K^+), dalšími důležitými

ionty jsou kationty hořčíku (Mg^+) a vápníku (Ca^{2+}) a anionty chloridu (Cl^-) a fosfátu (PO_4^{3-}).

Intracelulární tekutina je bohatá na kationty K^+ , Mg^+ a aniont PO_4^{3-} . Extracelulární tekutina je typická velkým obsahem kationtů Na^+ , Ca^{2+} a aniontem Cl^- .

Odlišná propustnost buněčné membrány pro jednotlivé ionty, jak bylo uvedeno výše, je příčinou polarizace buněčné membrány, tj. klidového membránového potenciálu. Nitrobuněčná část membrány má náboj negativní, protože uvnitř buňky převažují proteinové anionty, zevní část membrány má náboj pozitivní, protože vně buňky jsou kumulovány sodíkové kationty. Podle typu buněk má klidový membránový potenciál hodnotu od -30 do -90 mV a závisí hlavně na koncentračním gradientu uvedených iontů a na intenzitě jejich aktivního transportu.



Obrázek 9: Vznik membránového potenciálu na membráně propustné pro K^+ [4]

Odpověď na otázku, proč je obsah iontů uvnitř a vně buňky rozdílný, nám dá vzdálená minulost, kdy na Zemi vznikal život. První oceány byly bohaté na draslíkové (K^+) a hořčíkové (Mg^+) ionty, proto enzymové reakce a biologické pochody fungovaly tehdy a fungují i dnes nejlépe v prostředí s těmito ionty, tzn. uvnitř buněk. Postupem času voda v oceánech začala obsahovat více a více sodíkových (Na^+) a vápníkových (Ca^{2+}) iontů. Aby se buněčné organismy v oceánech s touto změnou vyrovnaly, vytvořily si k udržování stálosti svého vnitřního prostředí dokonalé buněčné membrány s transportními mechanismy.

Látka	Extracelulární tekutina	Intracelulární tekutina
Na ⁺	140 mmol/l	10 mmol/l
K ⁺	4 mmol/l	140 mmol/l
Ca ²⁺ (volný)	2,5 mmol/l	0,1 μmol/l
Mg ²⁺	1,5 mmol/l	30 mmol/l
Cl ⁻	100 mmol/l	4 mmol/l
HCO ₃ ⁻	27 mmol/l	10 mmol/l
PO ₄ ³⁻	2 mmol/l	60 mmol/l
glukosa	5,5 mmol/l	0–1 mmol/l

Obrázek 10: Srovnání průměrné koncentrace různých látek uvnitř a vně buňky ^[2]

2.5 Bioimpedance

Bioimpedance, přesněji řečeno bioimpedanční analýza, je velmi přesná metoda pro měření objemu tukové hmoty a vody v těle.

Již bylo zmíněno, že objemnou a důležitou složkou lidského těla je voda. Této skutečnosti využívá bioimpedanční analýza, která vychází z faktu, že elektrický proud snadněji prochází místy s větším množstvím tekutiny než místy na tekutinu chudými. Tzn., že proud v těle prochází lépe svalovou tkání než tkání tukovou. Na množství vody v těle závisí i elektrický odpor, kladený procházejícímu elektrickému proudu. A právě toho využívá metoda bioimpedanční analýzy.

Při bioimpedanci prochází tělem měřené osoby slabý elektrický proud velikosti cca 800 μA a různých frekvencí v řádech kilo- až megahertzů, který je pro lidské tělo bezpečný a nezpůsobí mu žádné poškození. Změříme odpor těla kladený tomuto proudu a použijeme ho pro výpočet total body water indexu (11), tzn. celkové tělesné vody. Total body water potom použijeme pro výpočet množství tukuprosté hmoty (7) a výsledek použijeme v dalším vzorci (10) pro výpočet množství tuku v těle, který lze vyjádřit v procentech (9).

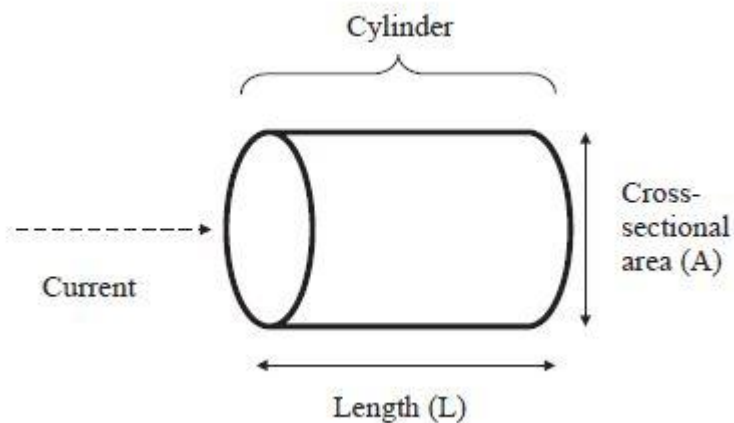
2.5.1 Model lidského těla

Pro použití metody bioimpedanční analýzy je lidské tělo obrazně rozděleno do pěti základních válců, z nichž každý představuje určitou část těla (obrázek 11).



Obrázek 11: Model rozdělení těla na 5 základních válců^[15]

Pomocí tohoto modelu lze následně vypočítat hodnoty jednotlivých elektrických vlastností zvoleného válce. Zvolený válec lze namodelovat základním elektrickým modelem pro jakoukoliv jinou látku. Takový model je následně ukázán na obrázku 12, který zobrazuje válec o určité ploše a určité délce. Je patrné, že pro výpočet odporu tohoto velice jednoduchého válce stačí znát pouze jeho délku a plochu a elektrické vlastnosti látky, jak ukazuje vzorec (12):



Obrázek 12: Válec o ploše A a délce L , kterým protéká elektrický proud^[7]

Bioimpedanční analýza využívá jednak vztahu mezi objemem a odporem měřeného objektu (12) a jednak závislosti impedance na frekvenci (obrázek 13).

$$R = \frac{\rho \cdot L}{A} = \frac{\rho \cdot L^2}{V} \quad (12)$$

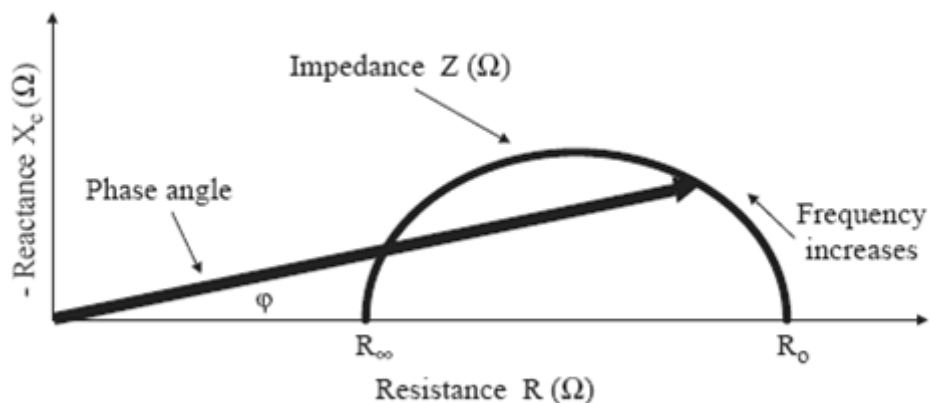
kde ρ je elektrická rezistivita, L je délka válce a V je objem válce vypočítaný $V = A \cdot l$, kde A je plocha válce.

Po úpravě vzorce (12) nacházíme vztah, který je základní podstatou bioimpedanční analýzy:

$$V = \frac{\rho \cdot L^2}{R} \quad (13)$$

Impedance lidského těla je tvořena dvěma složkami. Jak ukazuje obrázek 13, jednou složkou je rezistence a druhou složkou je reaktance. Impedance se od klasického

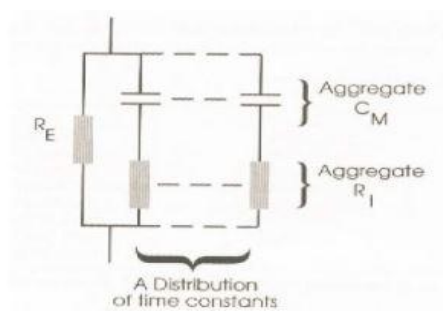
odporu určitým způsobem liší. U klasického odporu jsou napětí a proud ve stejné fázi, avšak u impedance mohou být obě tyto složky vůči sobě fázově posunuty. U lidského organismu zaujímá rezistence přibližně 95% celkové impedance a reaktanci tvoří zbylých 5%, tudíž složku reaktance můžeme zanedbat.



Obrázek 13: Graf závislosti impedance na rezistenci, reaktanci a frekvenci ^[7]

Na obrázku 13 je tzv. Cole – Cole graf, který ukazuje vztah mezi rezistencí, reaktancí, fázovým úhlem a frekvencí. Z grafu je vidět, že čím menší je frekvence, tím větší je impedance a naopak, čím větší je frekvence, tím je impedance nižší.

Jak bude podrobněji řečeno níže, elektrický proud má různé možnosti, jak postupovat tělem. Proto můžeme modelovat impedanci pomocí odporů a kapacitorů. K tomu abychom mohli namodelovat jak intracelulární, tak extracelulární tekutinu, používáme sério – paralelní zapojení kapacitorů a rezistorů (obrázek 14).



Obrázek 14: Obvod nahrazující impedance vlastnosti tkáně. R_E – resistance extracelulární tekutiny, R_i – resistance intracelulární tekutiny, C_m – membránová kapacitance ^[10]

2.5.2 Měření bioimpedance

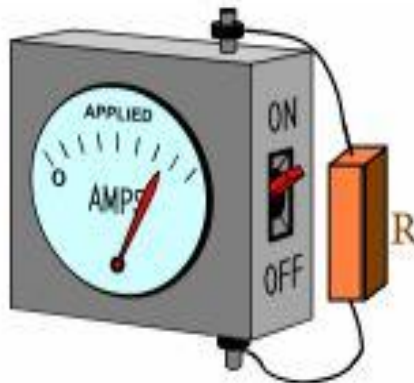
Měření bioimpedanční analýzou je v dnešní době dobře dostupnou metodou. Přístroje na měření bioimpedance vyvíjí a prodává více firem, tudíž trh poskytuje více typů těchto přístrojů.

Pro měření bioimpedance celého lidského těla existují dva základní postupy. Prvním postupem je měření za pomoci čtyř elektrod, které jsou po dvou připevněny na zápěstí a na chodidlo pravých či levých končetin pacienta, který zaujímá polohu vleže na zádech. Druhý postup používá také čtyři elektrody, které jsou po dvou umístěny tentokrát na obou chodidlech pacienta, jenž zaujímá polohu vstaje.

Metoda bioimpedance se dá použít i pro měření jen určité části těla, v tom případě se nejčastěji používá osm elektrod.

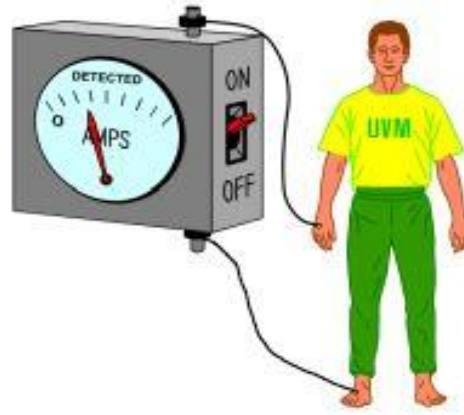
Bioimpedance je velmi jednoduchá měřicí metoda. Je však náročná na kvalitní součástky, které umožňují velmi přesné měření s minimálními odchylkami.

Před začátkem měření je nutné pomocí reostatu nebo odporové dekády nastavit velikost proudu, který bude protékat měřenou osobou (obrázek 15).



Obrázek 15: Nastavení požadovaného proudu ^[16]

Poté, aniž bychom změnili napětí proudu, do obvodu místo reostatu nebo odporové dekády zapojíme měřenou osobu. Elektrody, pomocí nichž se měření provádí, připevníme na zápěstí a na chodidlo měřené osoby (obrázek 16).



Obrázek 16: *Obvod s měřenou osobou*^[16]

Po připojení vyšetřované osoby do obvodu měřicí přístroj ukáže menší proud než byl ten, který jsme původně nastavili pomocí reostatu nebo odporové dekády v začátku měření. Důvodem je fakt, že lidské tělo představuje pro protékající elektrický proud větší odpor.

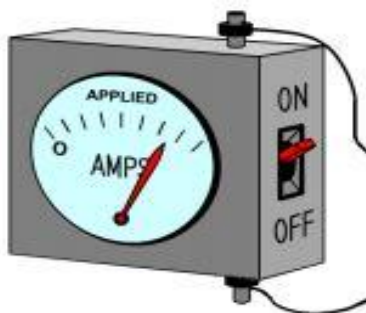
Na měřicím přístroji vidíme výrazné změny protékajícího elektrického proudu u měřené osoby obézní, svalnaté nebo štíhlé.

Z rapidního poklesu velikosti elektrického proudu, který protéká tukovou tkání, opět prokazujeme již mnohokrát řečený fakt, že tuková tkáň má vysokou impedanci a nízkou elektrickou vodivost (obrázek 17).



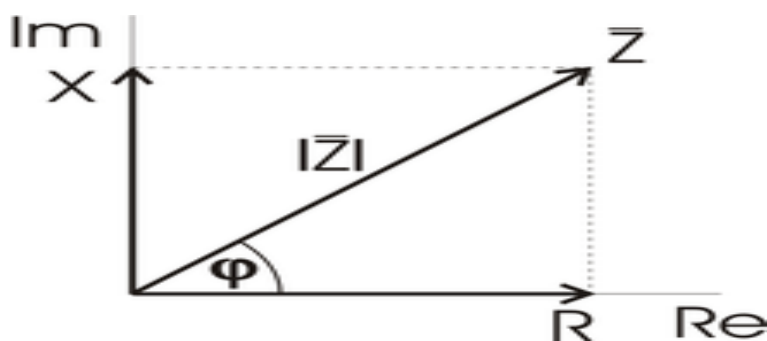
Obrázek 17: *Proud procházející tukovou tkání*^[16]

Obrázek 18 nám ukazuje jen nepatrný pokles velikosti elektrického proudu, který protéká svalovou tkání, neboť tato tkáň má nízkou impedanci a dobrou elektrickou vodivost.

Obrázek 18: Proud protékající svalovou tkání^[16]

2.5.3 Impedance a její základní veličiny

Impedance je komplexní veličina, která popisuje odpor prvku a fázový posun napětí vůči proudu při průchodu harmonického střídavého proudu o určité frekvenci. Impedance se skládá ze dvou složek a to ze složky reálné, tzv. resistance a ze složky imaginární, tzv. reaktance (obrázek 19)

Obrázek 19: Impedance jako komplexní veličina^[19]

Impedanci lze získat za pomoci goniometrických funkcí dle vzorce:

$$Z = \frac{U}{I} = R + j \cdot X = |Z| \cdot \cos\varphi + j \cdot |Z| \cdot \sin\varphi [\Omega] \quad (13)$$

kde φ je fázový posun, $|Z|$ je absolutní hodnota impedance a lze jí vypočítat dle následujícího vzorce:

$$|Z| = \sqrt{R^2 + X^2} \quad (14)$$

kde R resistance a X je reaktance.

Impedance odporu:

$$Z=R \quad (15)$$

Impedance kondenzátoru se vypočte dle vzorce:

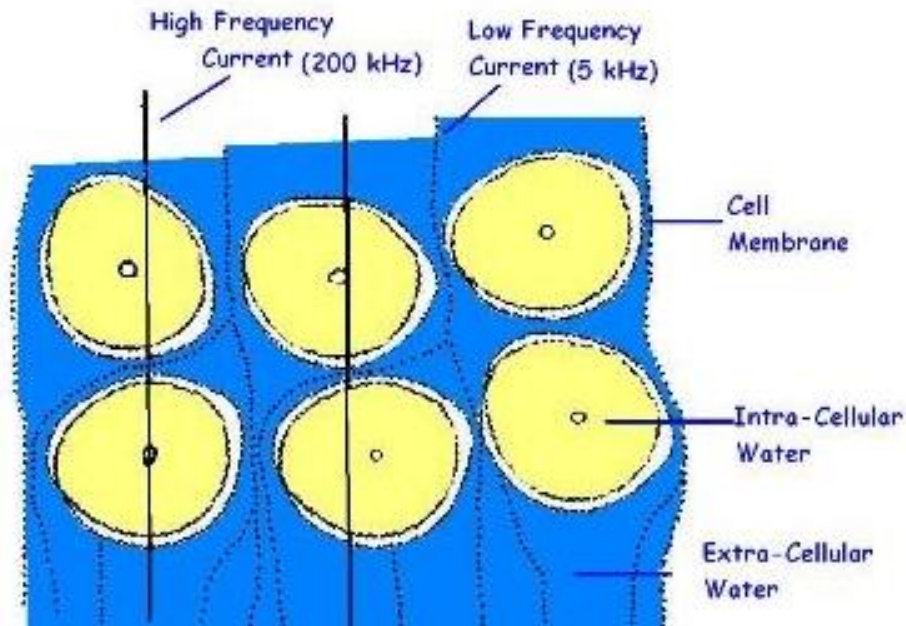
$$Z = \frac{1}{j \cdot \omega \cdot C} \quad (16)$$

kde ω je úhlová frekvence a C je kapacita kondenzátoru. Úhlová frekvence ω se dá spočítat jako $\omega = 2 \cdot \pi \cdot f$, kde f je frekvence.

Rezistence R je reálná část impedance a definuje schopnost prvku zmenšit nebo zastavit proud. Tuková tkáň má velmi vysokou resistenci a to tak vysokou, že většina proudu je zastavena na buněčných membránách tukových buněk. Prvky jako je extracelulární tekutina a svalová tkáň, které obsahují velké množství vody, mají naopak resistenci velmi malou.

Reaktance X je imaginární část impedance a definuje schopnost prvku zpomalit proud. Při zpomalení proudu dochází vlastně k jeho fázovému posunu.

Buněčné membrány se mohou chovat jako rezistor, nebo, protože jsou schopny na krátkou dobu elektrický náboj zadržet, jako kondenzátor. To, zda se buněčná membrána zachová jako kondenzátor nebo rezistor, závisí na frekvenci procházejícího proudu. Bude – li procházet proud o vysoké frekvenci, zachová se membrána jako kondenzátor a s určitým fázovým zpožděním za napětím proud membránou projde. Použijeme – li proud o nízké frekvenci, zachová se membrána jako rezistor a proud přes membránu neprojde (obrázek 20).



Obrázek 20: Průchod proudu při různých frekvencích [<http://www.bodystat.com>]

2.5.4 Faktory ovlivňující měření

Aby výsledky bioimpedanční analýzy byly co nejpřesnější, musí vyšetřovaná osoba dodržet určité podmínky. Několik hodin před tímto vyšetřením nesmí konzumovat větší množství tekutin, protože v těle tak bude obsaženo větší množství vody než obvykle a bude naměřena menší impedance, tzn. výsledek bude zkreslený. Současně nesmí ani více sportovat, neboť při větší fyzické námaze dochází k dehydrataci, tím k menšímu obsahu vody v těle a tak naměřená impedance bude vysoká, tzn. opět zkreslený výsledek. Dále musí vyšetřovaná osoba přijít na lačno.

Vnějšími faktory, které ovlivňují měření, jsou okolní teplota a vlhkost. Vyšetření se provádí v místnosti o teplotě 25 °C – 30 °C a vlhkost vzduchu by měla být v rozmezí 40% - 60%.

Nutné je zajistit čistotu pokožky a používaných elektrod, obojí se před měřením očistí lihem. Je to podmínka velmi důležitá. Pokud totiž bude mezi pokožkou a elektrodou prostředí s nějakou nečistotou, tzn. nedobře vodivé, odpor se zvýší a výsledek měření bude zkreslený.

2.6 Statistické testy

2.6.1 Neparametrický pořadový test Mann – Whitney

V tomto testu jde o neparametrickou variantu t-testu pro nezávislé výběry. Jde o to, že se porovnávají dva různé výběrové soubory, které nemají normálové rozdělení pravděpodobnosti.

V prvním kroku se vytvoří hypotézy:

H_0 : Pravděpodobnostní rozdělení obou výběrů je shodné.

H_A : Pravděpodobnostní rozdělení obou výběrů se liší.

Ve druhém kroku je potřeba seřadit všechny hodnoty do neklesající posloupnosti a určit jejich pořadí.

Ve třetím kroku se vypočítají testovací statistiky:

$$U_1 = S_1 - \frac{n_1(n_1+1)}{2}, U_2 = S_2 - \frac{n_2(n_2+1)}{2} \quad (18)$$

kde n_1, n_2 jsou rozsahy výběrů, S_1, S_2 jsou součty pořadí jednotlivých výběrů.

Ve čtvrtém kroku se porovná menší z hodnot U_1 a U_2 s tabelovanou kritickou hodnotou $U(n_1, n_2, \alpha)$. Nulovou hypotézu zamítáme tehdy, je-li menší z hodnot U_1 a U_2 menší než tabelovaná kritická hodnota $U(n_1, n_2, \alpha)$.

2.6.2 Spearmanův test nezávislosti

Spearmanův test nezávislosti je neparametrický pořadový test, který ukazuje, zda veličiny (X, Y) nemající normální rozdělení jsou na sobě závislé.

V prvním kroku se vytvoří hypotézy:

H_0 : Veličiny, které sledujeme, jsou na sobě nezávislé.

H_A : Veličiny, které sledujeme, jsou na sobě závislé.

V druhém kroku se vypočte Spearmanův korelační koeficient :

$$r_s = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n d_i^2}{n(n^2 - 1)} \quad (19)$$

kde d_i jsou rozdíly mezi pořadím hodnot X_i a Y_i , n je počet korelačních dvojic.

V posledním kroku se porovná $|r_s|$ s tabelovanou kritickou hodnotou $r_{s(n,\alpha)}$.
Nulovou hypotézu zamítáme tehdy, je-li $|r_s|$ větší než tabelovaná kritická hodnota $r_{s(n,\alpha)}$.

2.6.3 Wilcoxonův test

Wilcoxonův test je neparametrický test, který porovnává dvě měření u jednoho výběrového souboru.

$$W_+ + W_- = \frac{n \cdot (n+1)}{2} \quad (20)$$

kde W_+ a W_- jsou součty pořadí, n je počet měření.

V prvním kroku se určí rozdíly mezi párovými hodnotami. Některé rozdíly vyjdou záporné a některé kladné. Může nastat stav, kdy rozdíl bude nulový. Tento rozdíl se vyřadí.

V druhém kroku seřadíme absolutní hodnoty rozdílů do vzestupné posloupnosti a ke každému rozdílu přiřadíme pořadí.

Ve třetím kroku se sečtou pořadí pro kladné rozdíly (W_+) a pro záporné rozdíly (W_-).

V posledním kroku se menší z hodnot W_+ a W_- porovná s tabelovanou kritickou hodnotou $W(n,\alpha)$. Nulovou hypotézu zamítáme tehdy, je-li menší z hodnot W_+ , W_- menší než tabelovaná kritická hodnota $W(n,\alpha)$.

3 Praktická část

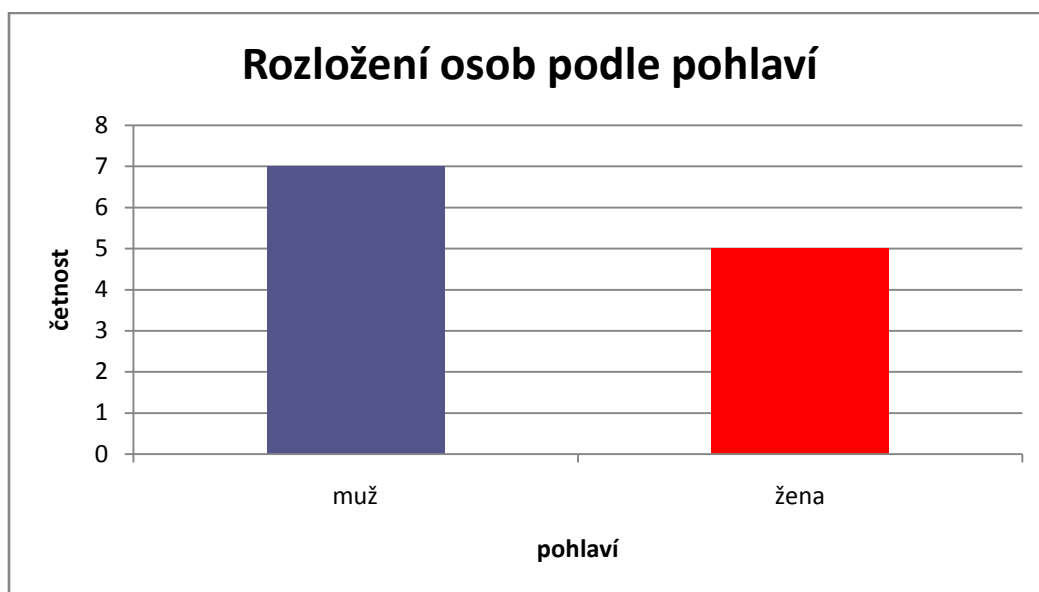
Měření pro bioimpedanční analýzu u sledovaných souborů osob bylo prováděno v laboratoři BIODAT na Katedře kybernetiky ČVUT Praha. Byla měřena celotělová impedance o frekvenci proudu 50 kHz. Před měřením u prvního souboru osob byla místa styku elektroda - pokožka očištěna lihem, osoby přišly nalačno, před měřením nepoživaly větší množství tekutin a nesportovaly. Měření probíhalo v místnosti, kde teplota byla 23 - 27 °C a vlhkost byla rozmezí 40 - 60 %. U každé osoby byla nejprve změřena její výška, poté se osoba postavila na bioimpedanční váhu. Od naměřené hmotnosti bylo odečteno 1,5 kg, které představuje hmotnost oblečení. Následně začalo vlastní bioimpedanční měření. To probíhalo u každé osoby dvakrát po sobě a z obou naměřených hodnot byl stanoven jejich průměr. K měření byl použit přístroj TANITA MC 180 MA. U osob ve druhém souboru se nejprve provedlo měření za stejných výše uvedených podmínek, ale dvakrát po sobě na dvou různých přístrojích, poté tyto osoby absolvovaly krátkodobé fyzické zatížení ve formě šedesáti dřepů během šedesáti vteřin a následné měření probíhalo také dvakrát za sebou a to na každém z obou přístrojů. K měření byly použity přístroje TANITA MC 180 MA a InBody 720.

3.1 Charakteristika dvanáctičlenného souboru

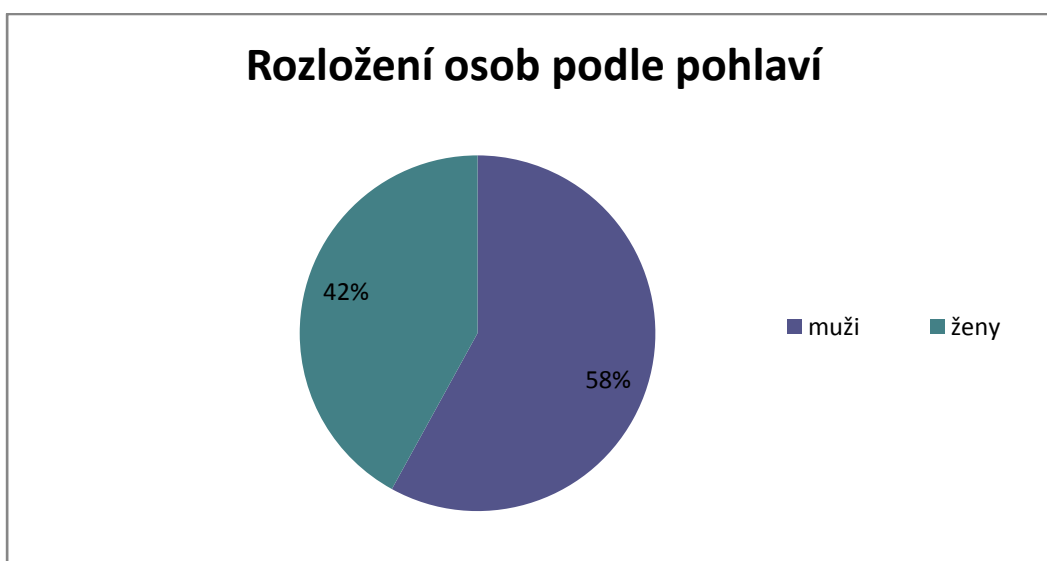
pohlaví	Muži	7	58 %
	Ženy	5	42 %
BMI	Podváha	3	25 %
	Normální	7	58 %
	Nadváha	1	8 %
	Obezita	1	8 %
Výška	160 - 165	1	8 %
	166 - 170	1	8 %
	171 - 175	4	33 %
	176 - 180	2	17 %
	181 - 185	3	25 %
	186 - 190	1	8 %

Soubor tvoří dvanáct osob, z toho je sedm mužů (58%) a pět žen (42%). Rozložení osob v souboru podle pohlaví ukazují grafy (Obrázek 21, Obrázek 22).

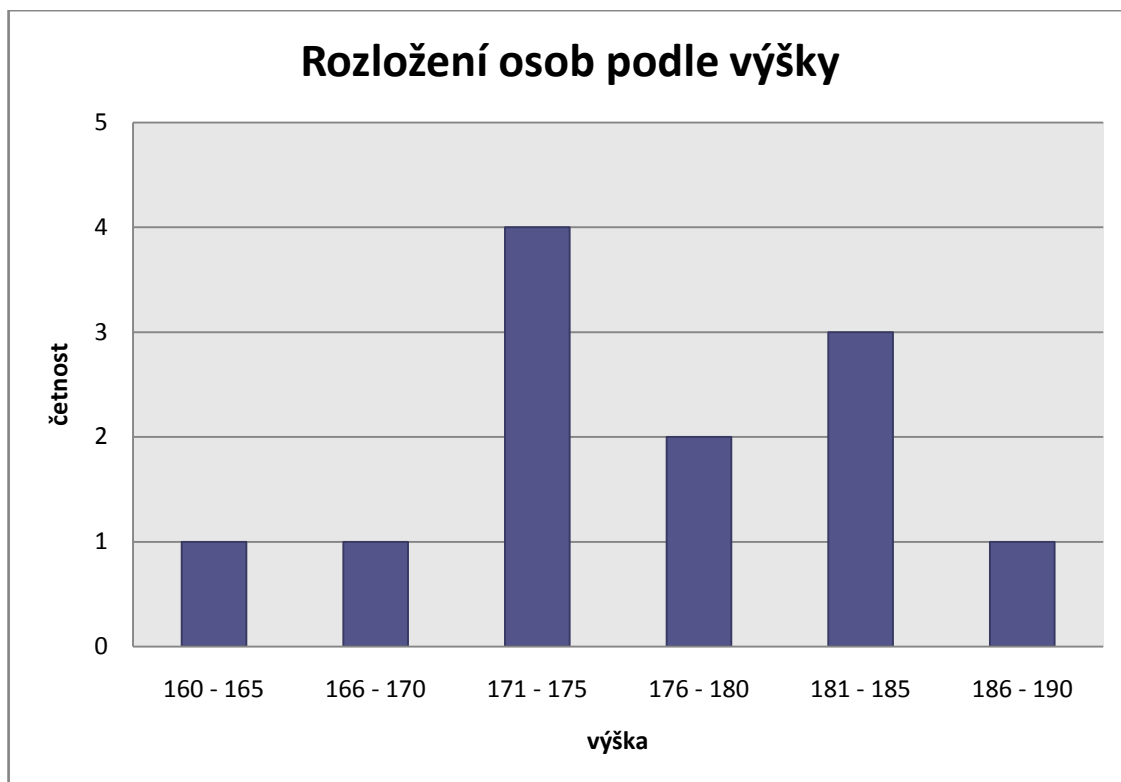
Rozložení osob v souboru podle výšky zaznamenávají grafy (Obrázek 23. Obrázek 24) - jedna osoba byla v rozmezí 160 - 165 cm (8%), jedna osoba byla v rozmezí 166 - 170 cm (8%), čtyři osoby byly v rozmezí 171 - 175 cm (33%), 2 osoby byly v rozmezí 176 - 180 cm (17%), tři osoby byly v rozmezí 181 - 185 cm (25%) a jedna osoba byla v rozmezí 186 - 190 cm (8%). Rozložení osob v souboru podle BMI zaznamenávají grafy (Obrázek 25, Obrázek 26) - podle BMI tři osoby (25%) měly podváhu, sedm osob (58%) bylo v normě, jedna osoba (8%) měla nadváhu a jedna osoba (8%) byla dle BMI diagnostikována jako obézní.



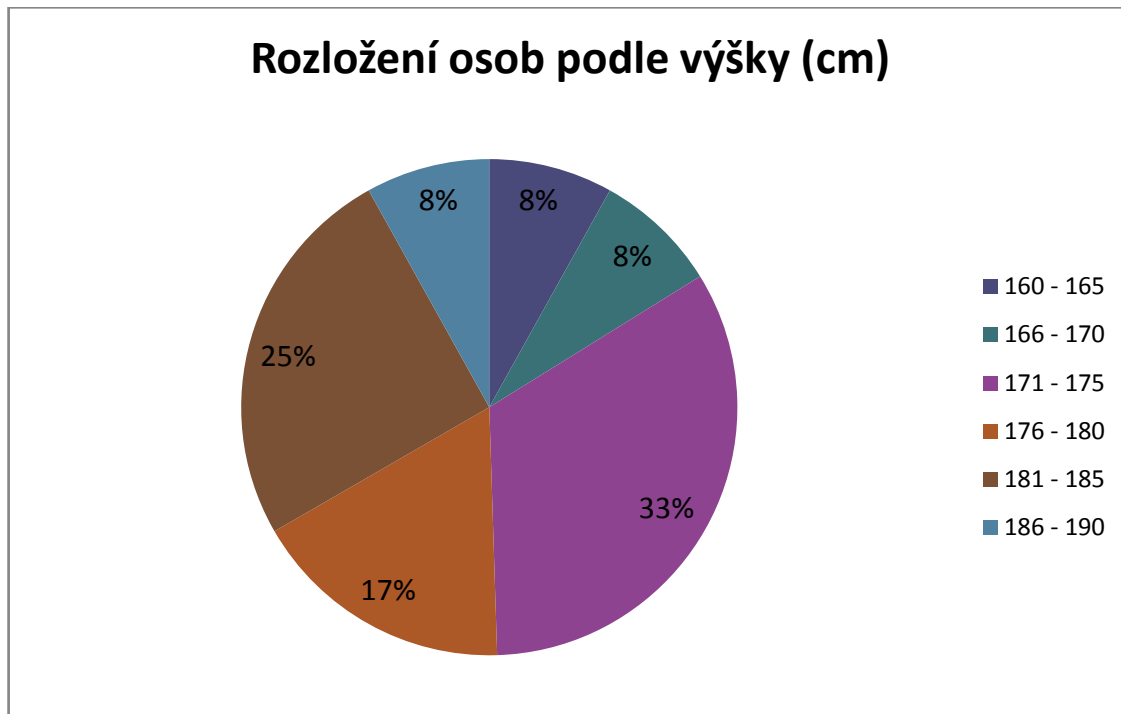
Obrázek 21: Rozložení osob podle pohlaví



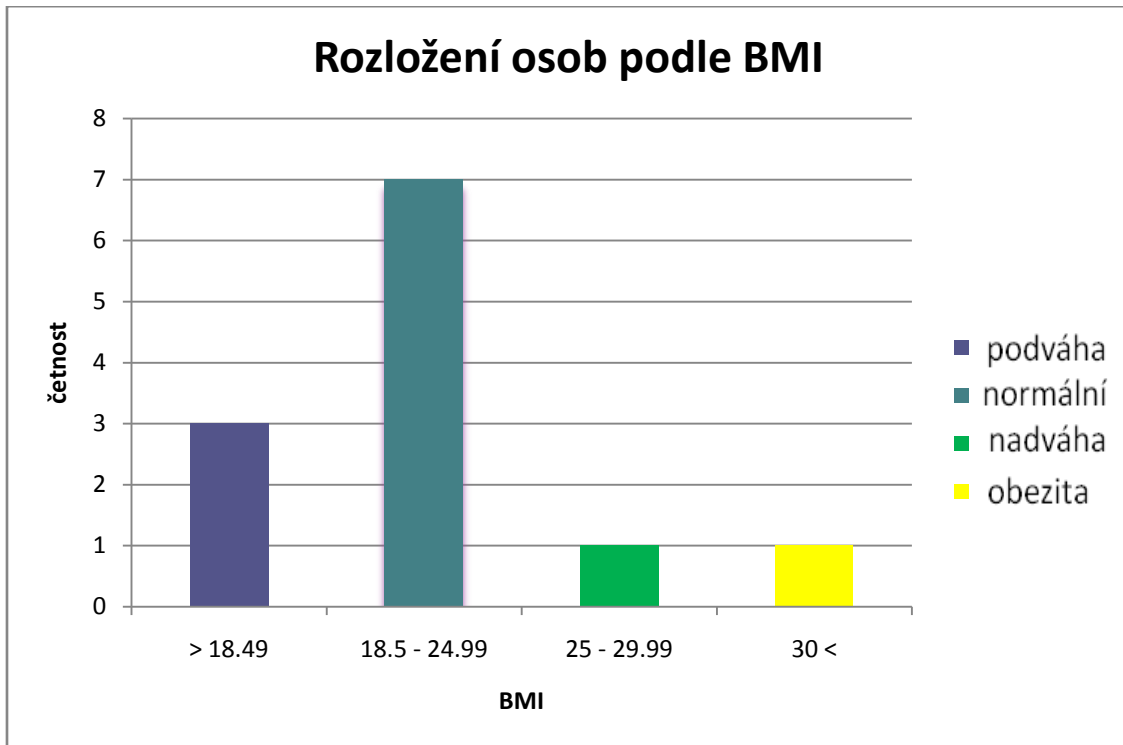
Obrázek 22: Procentuální zastoupení osob podle pohlaví



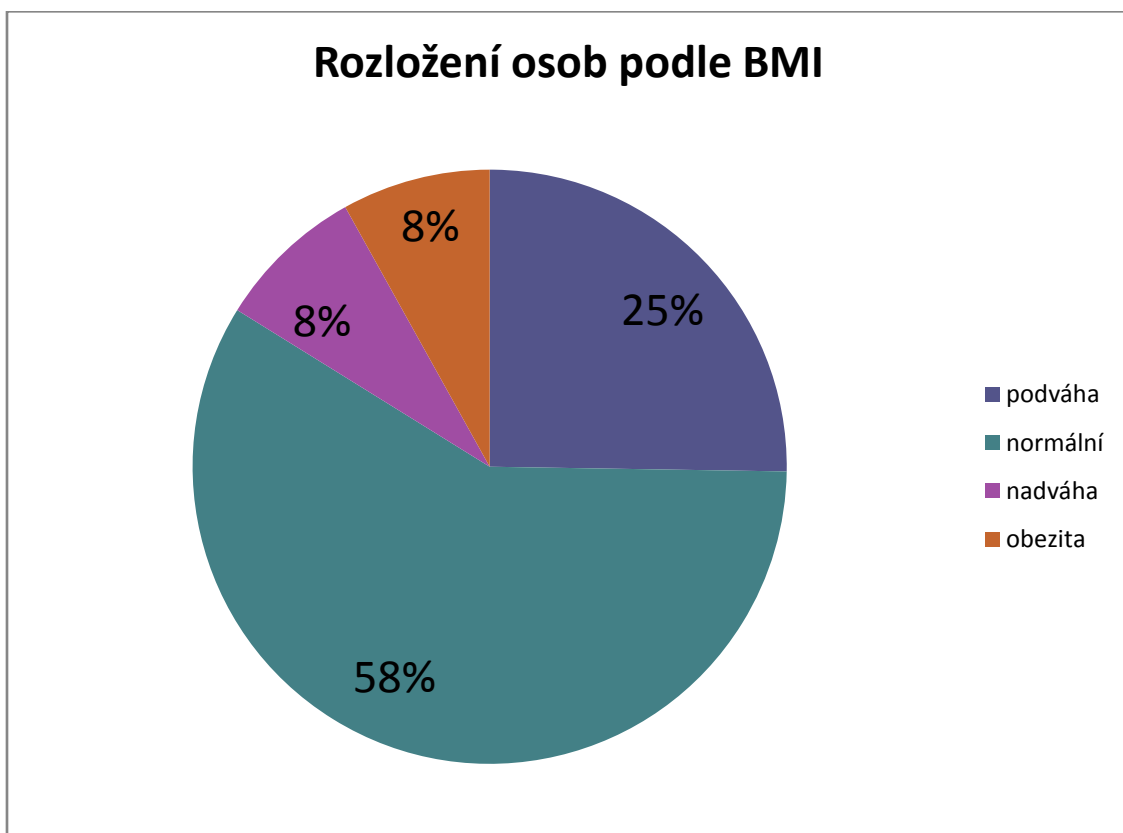
Obrázek 23: Rozložení osob podle výšky



Obrázek 24: Procentuální rozložení osob podle výšky



Obrázek 25: Rozložení osob podle BMI



Obrázek 26: Procentuální rozložení osob podle BMI

3.2 Charakteristika patnáctičlenného souboru

pohlaví	Muži	12	80 %
	Ženy	3	20 %
BMI	Podváha	0	0 %
	Normální	6	40 %
	Nadváha	8	53 %
	Obezita	1	7 %
Výška	160 - 165	2	13 %
	166 - 170	1	7 %
	171 - 175	5	33 %
	176 - 180	1	7 %
	181 - 185	3	20 %
	186 - 190	2	13 %
	191 - 195	0	0 %
	196 - 200	1	7 %

Soubor tvoří patnáct osob, z toho je dvanáct mužů (80%) a tři ženy (20%). Rozložení osob v souboru podle výšky - dvě osoby byly v rozmezí 160 - 165 cm (13%), jedna osoba byla v rozmezí 166 - 170 cm (7%), pět osob bylo v rozmezí 171 - 175 cm (33%), jedna osoba byla v rozmezí 176 - 180 cm (7%), tři osoby byly v rozmezí 181 - 185 cm (20%), dvě osoby byly v rozmezí 186 - 190 cm (13%) a jedna osoba byla v rozmezí 196 - 200 cm (7%).

3.3 Statistické zpracování dat

3.3.1 Popisná charakteristika dvanáctičlenného souboru

- Impedance naměřené při průchodu el. proudu o frekvenci 50 kHz

Stř. hodnota	625,5236
Medián	617,95
Modus	790,1
Směr. odchylka	117,6874
Rozptyl výběru	13850,33
Minimum	393,65
Maximum	805,75
Součet	67556,55
Počet	108

- Fat free mass hodnoty naměřené při průchodu el. proudu o frekvenci 50 kHz

Stř. hodnota	57,07801
Medián	60,95
Modus	52,2
Směr. odchylka	10,74143
Rozptyl výběru	115,3784
Minimum	41,05
Maximum	79,85
Součet	6164,425
Počet	108

- Fat mass hodnoty naměřené při průchodu el. proudu o frekvenci 50 kHz

Stř. hodnota	14,16412
Medián	12,1625
Modus	1,6
Směr. odchylka	8,73201
Rozptyl výběru	76,24801
Minimum	1,6
Maximum	36,3
Součet	1529,725
Počet	108

- Muscle mass hodnoty naměřené při průchodu el. proudu o frekvenci 50 kHz

Stř. hodnota	51,95972
Medián	56,3875
Modus	49,55
Směr. odchylka	13,88136
Rozptyl výběru	192,692
Minimum	19,05
Maximum	75,95
Součet	5611,65
Počet	108

- ECW hodnoty naměřené při průchodu el. proudu o frekvenci 50 kHz

Stř. hodnota	30,34769
Medián	18,5875
Modus	14,1
Směr. odchylka	19,17792
Rozptyl výběru	367,7925
Minimum	13,1
Maximum	61,8
Součet	3277,55
Počet	108

- ICW hodnoty naměřené při průchodu el. proudu o frekvenci 50 kHz

Stř. hodnota	23,74421
Medián	24,275
Modus	17,6
Směr. odchylka	6,235064
Rozptyl výběru	38,87602
Minimum	14,5
Maximum	37,75
Součet	2564,375
Počet	108

Ve všech tabulkách, které jsou v kapitole popisná charakteristika uvedeny, jsou hodnoty, specifické pro jednotlivé složky, které nás při měření bioimpedanční analýzy zajímají. V každé tabulce je střední hodnota, medián (hodnota, kterou určíme tak, že naměřené hodnoty seřadíme podle velikosti a prostřední hodnota značí medián), modus

(hodnota, která se v souboru dat nachází nejčastěji), směrodatná odchylka (ukazuje kvadratický průměr odchylek od střední hodnoty), rozptyl výběru (ukazuje variabilitu hodnot kolem střední hodnoty), minimum (nejmenší hodnota), maximum (nejvyšší hodnota) a počet (kolik dat obsahuje zkoumaný soubor).

3.3.2 Test hypotéz pro dvanáctičlenný soubor

Testování všech hypotéz je testováno na hladině významnosti 5%.

- Vliv pohlaví na naměřené hodnoty

H₀: Není rozdíl mezi impedancí naměřenou u mužů a žen

H_A: Je rozdíl mezi impedancí naměřenou u mužů a žen

U1	8
U2	27
kritická hodnota U	5
H ₀	nezamítáme

H₀: Není rozdíl mezi FFM hodnotou naměřenou u mužů a žen

H_A: Je rozdíl mezi FFM hodnotou naměřenou u mužů a žen

U1	28
U2	7
kritická hodnota U	5
H ₀	nezamítáme

H₀: Není rozdíl mezi FM hodnotou naměřenou u mužů a žen

H_A: Je rozdíl mezi FM hodnotou naměřenou u mužů a žen

U1	12
U2	23
kritická hodnota U	5
H ₀	nezamítáme

H0: Není rozdíl mezi MM hodnotou naměřenou u mužů a žen

HA: Je rozdíl mezi MM hodnotou naměřenou u mužů a žen

U1	28
U2	7
kritická hodnota U	5
H0	nezamítáme

H0: Není rozdíl mezi ECW hodnotou naměřenou u mužů a žen

HA: Je rozdíl mezi ECW hodnotou naměřenou u mužů a žen

U1	19
U2	16
kritická hodnota U	5
H0	nezamítáme

H0: Není rozdíl mezi ICW hodnotou naměřenou u mužů a žen

HA: Je rozdíl mezi ICW hodnotou naměřenou u mužů a žen

U1	26
U2	9
kritická hodnota U	5
H0	nezamítáme

Ve všech případech byl použit Mann - Whitney test. Ve všech případech byla menší hodnota z obou U větší než kritická hodnota $U(n_1, n_2, \alpha)$, proto můžeme říci, že H0 nezamítáme. Z toho jasně vyplývá, že pohlaví nemá vliv na naměřené hodnoty.

➤ Vliv BMI na naměřené hodnoty

H0: BMI nemá vliv na hodnoty impedance

HA: BMI má vliv na hodnoty impedance

r _s	0,46154
kritická hodnota r _s	0,587
H ₀	nezamítáme

H0: BMI nemá vliv na hodnoty fat free mass

HA: BMI má vliv na hodnoty fat free mass

r _s	0,447552
kritická hodnota r _s	0,587
H ₀	nezamítáme

H0: BMI nemá vliv na hodnoty fat mass

HA: BMI má vliv na hodnoty fat mass

r _s	0,587413
kritická hodnota r _s	0,587
H ₀	zamítáme

H0: BMI nemá vliv na hodnoty muscle mass

HA: BMI má vliv na hodnoty muscle mass

r _s	0,076923
kritická hodnota r _s	0,587
H ₀	nezamítáme

H0: BMI nemá vliv na hodnoty ECW

HA: BMI má vliv na hodnoty ECW

$ r_s $	0,132867
kritická hodnota r_s	0,587
H0	nezamítáme

H0: BMI nemá vliv na hodnoty ICW

HA: BMI má vliv na hodnoty ICW

$ r_s $	0,307692
kritická hodnota r_s	0,587
H0	nezamítáme

Ve všech případech byl použit Spearmanův test nezávislosti. Ve všech případech kromě jednoho byla hodnota $|r_s|$ menší než kritická hodnota r_s , proto můžeme říci, že H0 nezamítáme. Z toho vyplývá, že BMI nemá vliv na většinu naměřených hodnot. V jednom případě byla hodnota $|r_s|$ větší než kritická hodnota $r_s(n, \alpha)$, proto můžeme H0 zamítnout. Z toho vyplývá, že BMI by mohla ovlivňovat hodnoty fat mass.

➤ Vliv výšky na naměřené hodnoty

H0: Výška osoby nemá vliv na hodnoty impedance

HA: Výška osoby má vliv na hodnoty impedance

r_s	0,39161
kritická hodnota r_s	0,587
H ₀	nezamítáme

H0: Výška osoby nemá vliv na hodnoty fat free mass

HA: Výška osoby má vliv na hodnoty fat free mass

r_s	0,573427
kritická hodnota r_s	0,587
H ₀	nezamítáme

H0: Výška osoby nemá vliv na hodnoty fat mass

HA: Výška osoby má vliv na hodnoty fat mass

r_s	0,02098
kritická hodnota r_s	0,587
H ₀	nezamítáme

H0: Výška osoby nemá vliv na hodnoty muscle mass

HA: Výška osoby má vliv na hodnoty muscle mass

r_s	0,223776
kritická hodnota r_s	0,587
H ₀	nezamítáme

H0: Výška osoby nemá vliv na hodnoty ECW

HA: Výška osoby má vliv na hodnoty ECW

$ r_s $	0,304196
kritická hodnota r_s	0,587
H0	nezamítáme

H0: Výška osoby nemá vliv na hodnoty ICW

HA: Výška osoby má vliv na hodnoty ICW

$ r_s $	0,653846
kritická hodnota r_s	0,587
H0	zamítáme

Ve všech případech byl použit Spearmannův test nezávislosti. Ve všech případech kromě jednoho byla hodnota $| r_s |$ menší než kritická hodnota r_s , proto můžeme říci, že H0 nezamítáme. Z toho vyplývá, že výška nemá vliv na většinu naměřených hodnot. V jednom případě byla hodnota $| r_s |$ větší než kritická hodnota r_s , proto můžeme H0 zamítnout. Z toho vyplývá, že výška by mohla ovlivňovat hodnoty ICW.

➤ Vliv substance, použité mezi elektrodou a pokožkou, na naměřené hodnoty

1. Běžné podmínky (aplikace bez změny na ekologii (životního prostředí), stav pacienta v době příjezdu),
2. Použití vody (normální voda z laboratoře),
3. Solný roztok (Baxter Czech, NaCl 0,9 %, pH = 5,5),
4. EEG gel (Eci electro-gel, elektro-Cap International, Inc., USA),
5. Ruční krém s olejem (Indulona Universal, Zentiva, k.s., Hlohovec, Slovenská republika) ruční aplikace,
6. Ruční krém bez oleje (Nivea Creme, Biersdorf, Německo) ruční aplikace,
7. Ruční krém s olejem pro aplikace na ruce a nohy,
8. Ruční krém bez oleje pro aplikace na ruce a nohy,
9. Ruční krém bez oleje a krém na nohy na vodní bázi (aktivní chladicí gel na nohy, Avon Co. Polsko).

H₀: Mezi hodnotami impedance naměřených mezi 1 a 2 není rozdíl

H_A: Mezi hodnotami impedance naměřených mezi 1 a 2 je rozdíl

W +	55
W -	23
kritická hodnota W	13,8
H ₀	nezamítáme

H₀: Mezi hodnotami impedance naměřených mezi 1 a 3 není rozdíl

H_A: Mezi hodnotami impedance naměřených mezi 1 a 3 je rozdíl

W +	50
W -	28
kritická hodnota W	13,8
H ₀	nezamítáme

H0: Mezi hodnotami impedance naměřených mezi 1 a 4 není rozdíl

HA: Mezi hodnotami impedance naměřených mezi 1 a 4 je rozdíl

W +	60
W -	18
kritická hodnota W	13,8
H0	nezamítáme

H0: Mezi hodnotami impedance naměřených mezi 1 a 5 není rozdíl

HA: Mezi hodnotami impedance naměřených mezi 1 a 5 je rozdíl

W +	48
W -	30
kritická hodnota W	13,8
H0	nezamítáme

H0: Mezi hodnotami impedance naměřených mezi 1 a 6 není rozdíl

HA: Mezi hodnotami impedance naměřených mezi 1 a 6 je rozdíl

W +	51
W -	27
kritická hodnota W	13,8
H0	nezamítáme

H0: Mezi hodnotami impedance naměřených mezi 1 a 7 není rozdíl

HA: Mezi hodnotami impedance naměřených mezi 1 a 7 je rozdíl

W +	36
W -	41
kritická hodnota W	13,8
H0	nezamítáme

H0: Mezi hodnotami impedance naměřených mezi 1 a 8 není rozdíl

HA: Mezi hodnotami impedance naměřených mezi 1 a 8 je rozdíl

W +	53
W -	25
kritická hodnota W	13,8
H0	nezamítáme

H0: Mezi hodnotami impedance naměřených mezi 1 a 9 není rozdíl

HA: Mezi hodnotami impedance naměřených mezi 1 a 9 je rozdíl

W +	54
W -	24
kritická hodnota W	13,8
H0	nezamítáme

H0: Mezi hodnotami impedance naměřených mezi 2 a 3 není rozdíl

HA: Mezi hodnotami impedance naměřených mezi 2 a 3 je rozdíl

W +	34
W -	44
kritická hodnota W	5
H0	nezamítáme

H0: Mezi hodnotami impedance naměřených mezi 2 a 4 není rozdíl

HA: Mezi hodnotami impedance naměřených mezi 2 a 4 je rozdíl

W +	59
W -	19
kritická hodnota W	5
H0	nezamítáme

H0: Mezi hodnotami impedance naměřených mezi 2 a 5 není rozdíl

HA: Mezi hodnotami impedance naměřených mezi 2 a 5 je rozdíl

W +	17
W -	61
kritická hodnota W	5
H0	nezamítáme

H0: Mezi hodnotami impedance naměřených mezi 2 a 6 není rozdíl

HA: Mezi hodnotami impedance naměřených mezi 2 a 6 je rozdíl

W +	31
W -	47
kritická hodnota W	13,8
H0	nezamítáme

H0: Mezi hodnotami impedance naměřených mezi 2 a 7 není rozdíl

HA: Mezi hodnotami impedance naměřených mezi 2 a 7 je rozdíl

W +	13
W -	65
kritická hodnota W	13,8
H0	zamítáme

H0: Mezi hodnotami impedance naměřených mezi 2 a 8 není rozdíl

HA: Mezi hodnotami impedance naměřených mezi 2 a 8 je rozdíl

W +	28
W -	50
kritická hodnota W	13,8
H0	nezamítáme

H0: Mezi hodnotami impedance naměřených mezi 2 a 9 není rozdíl

HA: Mezi hodnotami impedance naměřených mezi 2 a 9 je rozdíl

W +	41,5
W -	36,5
kritická hodnota W	13,8
H0	nezamítáme

H0: Mezi hodnotami impedance naměřených mezi 3 a 4 není rozdíl

HA: Mezi hodnotami impedance naměřených mezi 3 a 4 je rozdíl

W +	76
W -	2
kritická hodnota W	13,8
H0	zamítáme

H0: Mezi hodnotami impedance naměřených mezi 3 a 5 není rozdíl

HA: Mezi hodnotami impedance naměřených mezi 3 a 5 je rozdíl

W +	16
W -	62
kritická hodnota W	13,8
H0	nezamítáme

H0: Mezi hodnotami impedance naměřených mezi 3 a 6 není rozdíl

HA: Mezi hodnotami impedance naměřených mezi 3 a 6 je rozdíl

W +	37
W -	41
kritická hodnota W	13,8
H0	nezamítáme

H0: Mezi hodnotami impedance naměřených mezi 3 a 7 není rozdíl

HA: Mezi hodnotami impedance naměřených mezi 3 a 7 je rozdíl

W +	30
W -	48
kritická hodnota W	13,8
H0	nezamítáme

H0: Mezi hodnotami impedance naměřených mezi 3 a 8 není rozdíl

HA: Mezi hodnotami impedance naměřených mezi 3 a 8 je rozdíl

W +	49
W -	29
kritická hodnota W	13,8
H0	nezamítáme

H0: Mezi hodnotami impedance naměřených mezi 3 a 9 není rozdíl

HA: Mezi hodnotami impedance naměřených mezi 3 a 9 je rozdíl

W +	62
W -	16
kritická hodnota W	13,8
H0	nezamítáme

H0: Mezi hodnotami impedance naměřených mezi 4 a 5 není rozdíl

HA: Mezi hodnotami impedance naměřených mezi 4 a 5 je rozdíl

W +	3
W -	75
kritická hodnota W	13,8
H0	zamítáme

H0: Mezi hodnotami impedance naměřených mezi 4 a 6 není rozdíl

HA: Mezi hodnotami impedance naměřených mezi 4 a 6 je rozdíl

W +	11
W -	67
kritická hodnota W	13,8
H0	zamítáme

H0: Mezi hodnotami impedance naměřených mezi 4 a 7 není rozdíl

HA: Mezi hodnotami impedance naměřených mezi 4 a 7 je rozdíl

W +	4
W -	74
kritická hodnota W	13,8
H0	zamítáme

H0: Mezi hodnotami impedance naměřených mezi 4 a 8 není rozdíl

HA: Mezi hodnotami impedance naměřených mezi 4 a 8 je rozdíl

W +	16
W -	62
kritická hodnota W	13,8
H0	nezamítáme

H0: Mezi hodnotami impedance naměřených mezi 4 a 9 není rozdíl

HA: Mezi hodnotami impedance naměřených mezi 4 a 9 je rozdíl

W +	26
W -	52
kritická hodnota W	13,8
H0	nezamítáme

H0: Mezi hodnotami impedance naměřených mezi 5 a 6 není rozdíl

HA: Mezi hodnotami impedance naměřených mezi 5 a 6 je rozdíl

W +	52
W -	26
kritická hodnota W	13,8
H0	nezamítáme

H0: Mezi hodnotami impedance naměřených mezi 5 a 7 není rozdíl

HA: Mezi hodnotami impedance naměřených mezi 5 a 7 je rozdíl

W +	33
W -	45
kritická hodnota W	13,8
H0	nezamítáme

H0: Mezi hodnotami impedance naměřených mezi 5 a 8 není rozdíl

HA: Mezi hodnotami impedance naměřených mezi 5 a 8 je rozdíl

W +	57
W -	21
kritická hodnota W	13,8
H0	nezamítáme

H0: Mezi hodnotami impedance naměřených mezi 5 a 9 není rozdíl

HA: Mezi hodnotami impedance naměřených mezi 5 a 9 je rozdíl

W +	64
W -	14
kritická hodnota W	13,8
H0	nezamítáme

H0: Mezi hodnotami impedance naměřených mezi 6 a 7 není rozdíl

HA: Mezi hodnotami impedance naměřených mezi 6 a 7 je rozdíl

W +	37
W -	41
kritická hodnota W	13,8
H0	nezamítáme

H0: Mezi hodnotami impedance naměřených mezi 6 a 8 není rozdíl

HA: Mezi hodnotami impedance naměřených mezi 6 a 8 je rozdíl

W +	48
W -	30
kritická hodnota W	13,8
H0	nezamítáme

H0: Mezi hodnotami impedance naměřených mezi 6 a 9 není rozdíl

HA: Mezi hodnotami impedance naměřených mezi 6 a 9 je rozdíl

W +	55
W -	23
kritická hodnota W	13,8
H0	nezamítáme

H0: Mezi hodnotami impedance naměřených mezi 7 a 8 není rozdíl

HA: Mezi hodnotami impedance naměřených mezi 7 a 8 je rozdíl

W +	63
W -	15
kritická hodnota W	13,8
H0	nezamítáme

H0: Mezi hodnotami impedance naměřených mezi 7 a 9 není rozdíl

HA: Mezi hodnotami impedance naměřených mezi 7 a 9 je rozdíl

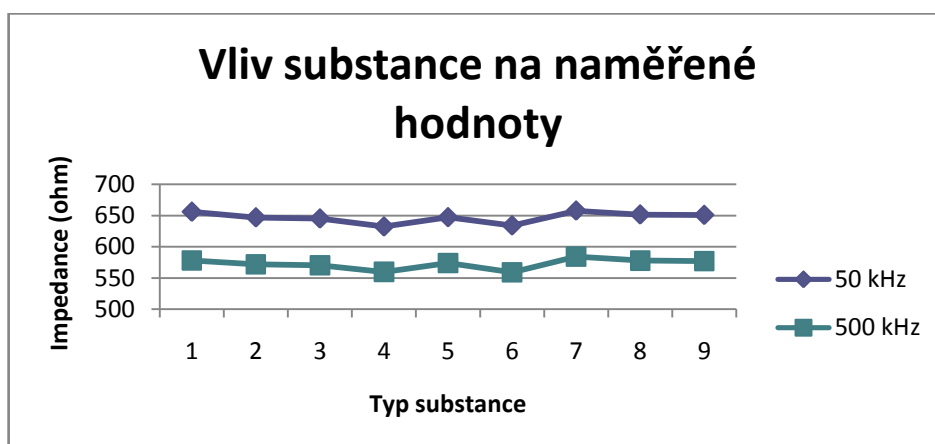
W +	62,5
W -	15,5
kritická hodnota W	13,8
H0	nezamítáme

H0: Mezi hodnotami impedance naměřených mezi 8 a 9 není rozdíl

HA: Mezi hodnotami impedance naměřených mezi 8 a 9 je rozdíl

W +	57
W -	21
kritická hodnota W	13,8
H0	nezamítáme

Ve všech případech byl použit Wilcoxonův test. Ve většině případů byla hodnota menší z hodnot W větší než kritická hodnota $W(n,\alpha)$, proto můžeme říci, že H_0 nezamítáme. U pár případů byla hodnota W menší než kritická hodnota $W(n,\alpha)$ proto můžeme H_0 zamítnout. Většinou se jednalo o rozdíl mezi hodnotami, kde jako substance byl použit EEG gel. Z toho vyplývá, že EEG gel nejvíce ovlivňuje naměřené hodnoty.



Obrázek 27: Vliv substance na naměřené hodnoty

3.3.3 Test hypotéz pro patnáctičlenný soubor

- Vliv krátkodobé sportovní zátěže na naměřené hodnoty na přístroji TANITA

H₀: Sportovní zátěž nemá vliv na hodnoty FMM

H_A: Sportovní zátěž má vliv na hodnoty FMM

W +	64,5
W -	40,5
kritická hodnota W	25,3
H ₀	nezamítáme

H₀: Sportovní zátěž nemá vliv na hodnoty FM

H_A: Sportovní zátěž má vliv na hodnoty FMM

W +	31
W -	60
kritická hodnota W	25,3
H ₀	nezamítáme

H₀: Sportovní zátěž nemá vliv na hodnoty TBW

H_A: Sportovní zátěž má vliv na hodnoty TBW

W +	62
W -	35
kritická hodnota W	25,3
H ₀	nezamítáme

H₀: Sportovní zátěž nemá vliv na hodnoty ECW

H_A: Sportovní zátěž má vliv na hodnoty ECW

W +	24,5
W -	20,5
kritická hodnota W	25,3
H ₀	zamítáme

H₀: Sportovní zátěž nemá vliv na hodnoty ICW

H_A: Sportovní zátěž má vliv na hodnoty ICW

W +	52,5
W -	26,5
kritická hodnota W	25,3
H ₀	nezamítáme

Ve všech případech byl použit Wilcoxonův test. Ve většině případů byla hodnota menší z hodnot W větší než kritická hodnota $W(n,\alpha)$, proto můžeme říci, že H₀ nezamítáme. Z toho vyplývá, že sportovní zátěž nemá vliv na většinu naměřených hodnot. U jednoho případu byla hodnota W větší než kritická hodnota $W(n,\alpha)$ proto můžeme H₀ zamítnout. Z toho vyplývá, že sportovní zátěž by mohla ovlivňovat hodnoty ECW.

➤ Vliv sportovní zátěže na naměřené hodnoty na přístroji InBody

H0: Sportovní zátěž nemá vliv na hodnoty FMM

HA: Sportovní zátěž má vliv na hodnoty FMM

W +	79,5
W -	25,5
kritická hodnota W	25,3
H0	nezamítáme

H0: Sportovní zátěž nemá vliv na hodnoty FM

HA: Sportovní zátěž má vliv na hodnoty FM

W +	25
W -	95
kritická hodnota W	25,3
H0	zamítáme

H0: Sportovní zátěž nemá vliv na hodnoty TBW

HA: Sportovní zátěž má vliv na hodnoty TBW

W +	48
W -	18
kritická hodnota W	25,3
H0	zamítáme

H0: Sportovní zátěž nemá vliv na hodnoty ECW

HA: Sportovní zátěž má vliv na hodnoty ECW

W +	17
W -	13
kritická hodnota W	25,3
H0	zamítáme

H0: Sportovní zátěž nemá vliv na hodnoty ICW

HA: Sportovní zátěž má vliv na hodnoty ICW

W +	62,5
W -	15,5
kritická hodnota W	25,3
H0	zamítáme

Ve všech případech byl použit Wilcoxonův test. Ve většině případů byla hodnota menší z hodnot W menší než kritická hodnota $w(n,\alpha)$, proto můžeme říci, že H_0 zamítáme. Z toho vyplývá, že sportovní zátěž má vliv na hodnoty FM, TBW, ECW a ICW. V jednom případě byla hodnota W větší než kritická hodnota $w(n,\alpha)$ proto H_0 nezamítáme. Z toho vyplývá, že sportovní zátěž nemá vliv na hodnoty FFM

➤ Rozdíl naměřených výsledků na přístroji TANITA a InBody

- před fyzickou zátěží

H0: Není rozdíl mezi naměřenými hodnotami FFM u obou přístrojů

HA: Je rozdíl mezi naměřenými hodnotami FFM u obou přístrojů

r_s	0,966071
kritická hodnota r_s	0,521
H0	zamítáme

H0: Není rozdíl mezi naměřenými hodnotami FM u obou přístrojů

HA: Je rozdíl mezi naměřenými hodnotami FM u obou přístrojů

r_s	0,871429
kritická hodnota r_s	0,521
H0	zamítáme

H0: Není rozdíl mezi naměřenými hodnotami TBW u obou přístrojů

HA: Je rozdíl mezi naměřenými hodnotami TBW u obou přístrojů

r_s	0,972321
kritická hodnota r_s	0,521
H0	zamítáme

H0: Není rozdíl mezi naměřenými hodnotami ECW u obou přístrojů

HA: Je rozdíl mezi naměřenými hodnotami ECW u obou přístrojů

r_s	0,946429
kritická hodnota r_s	0,521
H0	zamítáme

H0: Není rozdíl mezi naměřenými hodnotami ICW u obou přístrojů

HA: Je rozdíl mezi naměřenými hodnotami ICW u obou přístrojů

r_s	0,967857
kritická hodnota r_s	0,587
H0	zamítáme

- po fyzické zátěži

H0: Není rozdíl mezi naměřenými hodnotami FFM u obou přístrojů

HA: Je rozdíl mezi naměřenými hodnotami FFM u obou přístrojů

r_s	0,958929
kritická hodnota r_s	0,521
H0	zamítáme

H0: Není rozdíl mezi naměřenými hodnotami FM u obou přístrojů

HA: Je rozdíl mezi naměřenými hodnotami FM u obou přístrojů

r_s	0,855357
kritická hodnota r_s	0,521
H0	zamítáme

H0: Není rozdíl mezi naměřenými hodnotami TBW u obou přístrojů

HA: Je rozdíl mezi naměřenými hodnotami TBW u obou přístrojů

r_s	0,970536
kritická hodnota r_s	0,521
H0	zamítáme

H0: Není rozdíl mezi naměřenými hodnotami ECW u obou přístrojů

HA: Je rozdíl mezi naměřenými hodnotami ECW u obou přístrojů

r_s	0,955357
kritická hodnota r_s	0,521
H0	zamítáme

H0: Není rozdíl mezi naměřenými hodnotami ICW u obou přístrojů

HA: Je rozdíl mezi naměřenými hodnotami ICW u obou přístrojů

r_s	0,9375
kritická hodnota r_s	0,587
H0	zamítáme

Ve všech případech byl použit Spearmannův test nezávislosti. Ve všech případech byla hodnota $| r_s |$ větší než kritická hodnota r_s , proto můžeme říci, že H0 zamítáme. Z toho jasně vyplývá, že existuje rozdíl mezi hodnotami naměřenými přístrojem TANITA aInBody.

4 Závěr

Tuková tkáň má v lidském těle řadu důležitých funkcí, kromě jiného obsahuje nejvíce energetických zásob, dokonce dvakrát více než cukry a bílkoviny. Nadměrným hromaděním tukové tkáně však vzniká nadváha, v horším případě až obezita. V České republice trpí nadváhou asi 3/4 mužů a více než 1/2 žen, z toho obezitou přibližně 1/4 mužů a 1/4 žen. Obezita bohužel není pouze kosmetickým problémem, ale je spolupříčinou mnoha, často velmi nebezpečných onemocnění. Častými onemocněními jsou kardiovaskulární choroby, tj. postižení srdce a celé oběhové soustavy, např. vysoký krevní tlak, ischemická choroba srdeční s rizikem vzniku anginy pectoris nebo až infarktu srdečního a povšechná ateroskleróza cév s rizikem vzniku např. cévní mozkové příhody. U obézních lidí mnohem častěji než u zdravých vznikají metabolická onemocnění, hlavně cukrovka, dna (vysoká hladina kyseliny močové) a vysoká hladina cholesterolu. Lidé trpící obezitou jsou více náchylní k nádorovým onemocněním, častěji se u nich objevují nádory střev, ledvin, plic, prostaty a prsu. Mají přetížený pohybový aparát, z čehož pramení nadměrné opotřebení kloubů s celkovým snížením pohyblivosti těla. Objevují se u nich i problémy psychické, mají nízké sebevědomí a trpí depresemi. Dále se u nich mohou objevovat dýchací potíže, kožní potíže a další. Všechny tyto komplikace jsou závažné a mohou vést až k předčasným úmrtím.

K přesnému stanovení podílu tukové tkáně v organismu slouží bioimpedanční analýza. Pro lepší pochopení této metody je potřeba se seznámit se základními fyziologickými procesy v těle na úrovni buňky, proto práce podrobněji popisuje fyziologii buněčné membrány a rozdíly mezi netukovou a tukovou hmotou. Následně je v práci vysvětlena teorie bioimpedanční analýzy, která vychází z faktu, že vedení střídavého elektrického proudu závisí na prostředí, kterým proud prochází, v případě lidského těla tedy na typu tkání.

Praktická část práce se zabývá statistickým vyhodnocením naměřených výsledků při bioimpedanci u dvou různých souborů jedinců.

V prvním souboru dvanácti osob byla sledována závislost na pohlaví, výšce a BMI jedince. Stanovil jsem si několik hypotéz, které vždy měly základní kořeny, a sice impedanci naměřenou při průchodu střídavého elektrického proudu o frekvenci 50 kHz, fat free mass, fat mass, muscle mass, extracellular water a intracellular water. Ke zjištění vlivu pohlaví jsem použil test Mann - Whitney, jehož výsledek hypotézu, že pohlaví

nemá vliv na naměřené hodnoty, nevyvrátil. Tzn., že pouhý fakt, že jedinec je muž, neznamená, že jeho tělo vždy obsahuje více např. svalové hmoty než tělo ženy. Ke zjištění vlivu tělesné výšky jsem použil Spearmanův test nezávislosti, jehož výsledek hypotézu, že výška nemá vliv na naměřené hodnoty, ve většině případů nevyvrátil. Tzn., že vysoký jedinec vůči jedinci nižšího vzrůstu nemusí mít automaticky větší podíl hmoty např. svalové. Hypotéza byla vyvrácena pouze u vlivu na hodnoty ICW, to lze vysvětlit tím, že vyšší jedinec má v těle více buněk. Ke zjištění vlivu BMI jsem použil opět Spearmanův test nezávislosti, jehož výsledek hypotézu, že BMI nemá vliv na naměřené hodnoty, ve většině případů nevyvrátil. Tzn., že jedinec s vysokým BMI nemusí automaticky mít v těle větší zastoupení hmoty tukové než svalové. Hypotéza byla vyvrácena pouze u vlivu na hodnoty FM, tudíž lze říci, že čím větší hodnota BMI, tím více tukové hmoty tělo obsahuje. Avšak tato skutečnost je diskutabilní, protože velké množství jedinců má vysoké BMI z důvodu velkého zastoupení svalové hmoty (např. lidé těžce fyzicky pracující, sportovci a další).

Standard nutných podmínek bioimpedančního měření předepisuje krom jiného i povinnost očistit před každým měřením pokožku a elektrody lihem. Rozhodl jsem se otestovat, zda skutečně přítomnost např. drobných nečistot na elektrodách, potu na pokožce nebo přítomnost různě vodivých substancí mezi elektrodou a pokožkou mají významný vliv na naměřené hodnoty. Stanovil jsem si hypotézy, že uvedené substance neovlivňují měření. Ke zjištění vlivu substancí jsem použil Wilcoxonův test. Téměř ve všech případech se nepodařilo hypotézy vyvrátit, pouze v případě použití EEG gelu byla hypotéza, že EEG gel nemá vliv na naměřené hodnoty, vyvrácena. Z tohoto testu plyne, že část standardu týkající se nutnosti očištění elektrod a pokožky před měřením lihem, není významně důležitá.

V druhém souboru patnácti jedinců byla sledována závislost krátkodobé fyzické zátěže prováděné těsně před vlastním měřením a na dvou různých přístrojích. Opět jsem si stanovil několik hypotéz, které vždy měly základní kořeny, a sice fat free mass, fat mass, total body water, extracelular water a intracelular water. Ke zjištění vlivu krátkodobě fyzické zátěže jsem použil Wilcoxonův test, jehož výsledek hypotézu, že tato zátěž nemá vliv na naměřené hodnoty, ve většině případů nevyvrátil. Hypotéza byla vyvrácena pouze u vlivu na hodnoty ECW, to lze vysvětlit tím, že při krátkodobé a současně namáhavé fyzické zátěži se určitým způsobem sníží množství ECW (výdej tekutin pocením a dýcháním). Tato skutečnost byla zjištěna při měření pomocí přístroje

TANITA. Při použití přístroje InBody jsem použil k testování hypotéz také Wilcoxonův test, ovšem tentokrát výsledek hypotézu, že tato zátěž nemá vliv na naměřené hodnoty, ve většině případů vyvrátil. Hypotéza nebyla vyvrácena pouze u vlivu na hodnoty FFM, to lze vysvětlit tím, že za příliš krátkou dobu fyzické zátěže se množství tukuprosté hmoty v těle významně nezmění.

Z důvodu získaných rozdílných výsledků stanovených hypotéz u obou přístrojů jsem si závěrem stanovil znovu několik hypotéz za účelem zjištění rozdílného měření dle použitého přístroje. K testování jsem použil Spearmanův test nezávislosti, jehož výsledek hypotézu, že není rozdíl mezi naměřenými hodnotami obou přístrojů, ve všech případech vyvrátil.

Bibliografie

- [1]**Prof. MUDr.Otomar Kittnar, CSc., MBA a kolektiv. Lékařská fyziologie.** Praha : Grada Publishing, 2011. ISBN: 978-80-247-3068-4.
- [2]**Robert K. Murray, David A. Bender, Kathleen M. Botham, Peter J. Kennelly, Victor W. Rodwell, P. Anthony Weil.. Harperova ilustrovaná biochemie.** Praha : Galén, 2012. ISBN: 978-80-7262-907-7.
- [3]**Stefan Silbernagl, Agamemnon Despopoulos. Atlas fyziologie člověka.** Praha : Grada Avicenum, 1993. ISBN: 80-85623-79-X.
- [4]**Stanislav Trojan a kolektiv. Lékařská fyziologie.** Praha : Grada Avicenum, 1994. ISBN: 80-7169-036-8.
- [5]**Mgr. Marika Benešová, Mgr. Hana Hamplová, Mgr. Kateřina Knotová, Mgr. Pavlína Lefnerová, Mgr. Ivana Sáčková, Mgr. Hana Satrapová. Odmaturuj z biologie.** Brno : Didaktis spol. s.r.o., 2033. ISBN: 80-86285-67-7.
- [6]**RNDr. Jan Jelínek, RNDr. Vladimír Zicháček a kolektiv. Biologie pro gymnázia.** Olomouc : Nakladatelství Olomouc, 2000. ISBN: 80-7182-107-1.
- [7]**Ursula G. Kyle et al. Bioelectrical impedance analysis-part I: review of principles and methods.** Clinical Nutrition. 23 2004, stránky 1226-1243.
- [8]**Ursula G. Kyle et al. Bioelectrical impedance analysis-part II: utilization in clinical practice.** Clinical Nutrition. 23 2004, stránky 1430-1453.
- [9]**Lisa Rothlingshofer, Mark Ulbrich, Sebastian Hahne, Steffen Leonhardt. Monitoring Change of Body Fluid during Physical Exercise using Bioimpedance Spectroscopy and Finite Element Simulations.** Journal of Electrical Bioimpedance, vol. 2, pp. 79–85, 2011
- [10]**Thawee Chanchairujira, Ravindra L.Mehta. Bioimpedance and Its Application,**Saudi Journal of Kidnez Diseases and Transplantation, 2005;16(1):6-16

[11] **Sverre Grimnes, Orjan G. Martinsen.** *Bioimpedance and bioelectricity basics.* Oxford:Elsevier, 2004. ISBN: 9780123740045

[13] **Prof. RNDr. Jana Zvárová, DrSc.** *Základy statistiky pro iomedicínské obory.* Praha : Karolinum, 2002. ISBN:80-7184-786-0.

[13] <http://vassarstats.net/>

[14] http://ciselniky.dasta.mzcr.cz/CD_DS4/hypertext/AJEEI.htm

[15] http://www.zdravi-az.cz/Hydratace_organizmu_00.php

[16] <http://old.lf3.cuni.cz/biofyzika/doc/02bioimpedance.pdf>

[17] <http://cs.wikipedia.org/wiki/Cytoplazma>

[18] http://cs.wikipedia.org/wiki/Svalov%C3%A1_tk%C3%A1%C5%88

[19] <http://www.kralovskapece.cz/index.php/cs/bioimpedanni>

analyza.html

[20] <http://cs.wikipedia.org/wiki/Impedance>

Přílohy



Výstup analyzátoru Tanita MC 180MA