

Univerzita Hradec Králové

Přírodovědecká fakulta

Katedra Fyziky

Měření tělesného složení za pomoci BIA,
možnosti použití rozdílných přístrojů a přístupů

Bakalářská práce

Autor: Kristina Mrázová

Studijní program: B0533A110005 Fyzikálně-technická měření a výpočetní technika

Studijní obor: Fyzikálně-technická měření a výpočetní technika

Vedoucí práce: Ing. Jan Hlúbik, Ph. D

Zadání bakalářské práce

Autor: Kristina Mrázová

Studium: S19FY006BP

Studijní program: B0533A110005 Fyzikálně-technická měření a výpočetní technika

Studijní obor: Fyzikálně-technická měření a výpočetní technika

Název bakalářské práce: **Měření tělesného složení za pomoci BIA možnosti použití rozdílných přístrojů a přístupů**

Název bakalářské práce AJ: Measurement of body composition using BIA, the possibility of using different devices and approaches

Cíl, metody, literatura, předpoklady:

Zpracujte problematiku z teoretického pohledu fyziologického a fyzikálního provedte rešerši současného a dřívějšího stavu problematiky na základě získaných informací připravte návrh experimentu provedte měření experiment zhodnoťte a vypracujte závěry a diskuzi.

PAŘÍZKOVÁ, J. Složení těla, metody měření a využití ve výzkumu a lékařské praxi. Med. Sport. Boh. Slov, 1998 Dovalil, J. a kol. (2002). Výkon a trénink ve sportu. Praha: Olympia. Sverre Grimnes Orjan Martinsen, Bioimpedance and Bioelectricity Basics 3rd Edition

Garantující pracoviště: Katedra fyziky,
Přírodovědecká fakulta

Vedoucí práce: Ing. Jan Hlúbik, Ph.D.

Oponent: Pavel Hlúbik

Datum zadání závěrečné práce: 11.8.2021

Prohlášení

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

V Hradci Králové dne 27.4.2022

Kristina Mrázová

Poděkování

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

Anotace

MRÁZOVÁ, Kristina. *Měření tělesného složení za pomoci BIA, možnosti použití rozdílných přístrojů a přístupů*, Hradec Králové, 2022. Bakalářská práce na Přírodovědecké fakultě Univerzity Hradec Králové. Vedoucí bakalářské práce Ing. Jan Hlúbik, Ph.D. 63 s.

Bakalářská práce je zaměřena na různé pohledy a metody používané pro měření tělesného složení za pomoci BIA přístrojů. V teoretické části jsou představeny jednotlivé komponenty tělesného složení, metody měření tělesného složení, fyzikální principy měření a přístroje, které pracují na principu BIA. Praktická část zobrazuje popis měření tělesného složení a porovnání získaných výsledků mezi dvěma přístroji Tanita SC-240 a Bodystat Quadscan 4000 u různorodé 15členné skupiny, které byly naměřeny v ambulantním prostředí ordinace. V příloze se pak nachází ukázka výsledných protokolů měření, jež jsme získali z jednotlivých přístrojů.

Klíčová slova

tělesné komponenty, bioelektrická impedanční analýza, tělesné složení, metody stanovení složení těla

Annotation

MRÁZOVÁ, Kristina. *Measurement of body composition using BIA, the possibility of using different devices and approaches*. Hradec Králové, 2022. Bachelor Thesis at Faculty of Science University of Hradec Králové. Thesis Supervisor Ing. Jan Hlúbik, Ph.D. 63 p.

The bachelor thesis is focused on various views and methods used to measure body composition using BIA instruments. The theoretical part presents the individual components of body composition, methods of measuring body composition, physical principles of measurement and instruments that work on the principle of BIA. The practical part shows a description of body composition measurements and a comparison of the obtained results between two devices Tanita SC-240 and Bodystat Quadscan 4000 in a diverse group of 15 people, who were measured in the outpatient environment of the office. The annex then contains a sample of the resulting measurement protocols, which we obtained from individual devices.

Keywords

body composition, bodily components, bioelectrical impedance analysis, methods of determining body composition

Obsah

Úvod	9
1 Tělesné složení.....	10
1.1 Tělesná voda	10
1.1.1 Funkce vody v organismu	12
1.2 Tuková tkáň.....	12
1.2.1 Bílá tuková tkáň.....	13
1.2.2 Hnědá tuková tkáň	13
1.3 Tělesný tuk.....	14
1.3.1 Zastoupení tělesného tuku u žen	15
1.3.2 Zastoupení tělesného tuku u mužů.....	15
1.4 Svalová tkáň.....	16
1.5 Kostra těla	17
1.5.1 Podíl kostní hmoty	17
2 Metody měření tělesného složení.....	18
2.1 Indexy vztahující se k tělesnému složení	18
2.1.1 Body Mass Index (BMI)	18
2.1.2 Fat Free Mass Index (FFMI)	19
2.1.3 Fat Mass Index (FMI)	19
2.1.4 Sceletal Muscle Mass Index (SSMI).....	19
2.1.5 Body Cell Mass Index (BCMI).....	19
2.1.6 Lean Body Mass Index (LBMI)	19
2.2 Antropometrická měření	20
2.2.1 Měření tělesné výšky a hmotnosti	20
2.2.2 Měření obvodu pasu a boků	20
2.2.3 Kaliperace.....	21
2.3 CT vyšetření.....	21
2.4 Magnetická rezonance	22
2.5 DXA (Dual Energy X-Ray Absorpiometry)	22
3 Bioelektrická impedanční (BIA) analýza	23
3.1 Princip měření BIA.....	23
3.2 Kontraindikace při měření	24
3.3 Přístroje BIA	25
3.3.1 Přístroj Bodystat	25

3.3.2	Přístroje Omron BF511	25
3.3.3	Přístroje Tanita	26
3.3.4	Přístroje InBody.....	26
4	Praktická část.....	27
4.1	Přístroje použité při měření.....	27
4.1.1	Měření s Tanita SC-240 MA	27
4.1.2	Měření s Bodystat Quadscan 4000	29
5	Porovnání a zpracování výsledků	32
5.1	Porovnání výsledků tělesného tuku	35
5.2	Porovnání výsledků ATH	38
5.3	Porovnání výsledků pro tělesnou vodu	39
5.4	Výsledky BMR.....	40
5.5	Porovnání výsledků pro impedanci pro 50kHz	42
5.6	Výsledky BMI.....	43
6	Diskuse	44
	Závěr	46
	Seznam použité literatury.....	47
	Přílohy.....	54

Úvod

V následující bakalářské práci se budeme zabývat různými přístupy a přístroji, které slouží k analýze tělesného složení. Tato analýza pomáhá ke zjišťování zdravotního stavu pacienta.

V první části si nejprve představíme jednotlivé komponenty tělesného složení. Mezi nejdůležitější ukazatele zdravotního stavu celkově patří množství tělesného tuku a tukové hmoty. Zmnožení tělesného tuku, tento stav nazýváme jako obezita, může vést ke vzniku civilizačních chorob, jako je například cukrovka, onemocnění srdce a cév. Naopak nedostatek tukové hmoty může ovlivňovat tvorbu některých hormonů, u žen pak výrazně ovlivňuje průběh menstruace. Obecně platí, že ženy mají více tělesných tuků než muži.

Dále si v jednotlivých kapitolách představíme svalovou tkáň, tělesnou vodu, kostní hmotu a některé z indexů, které se používají jako ukazatelé pro zjišťování stavu tělesného složení. Příkladem některým indexů by mohly být: BMI (Body mass index), FFMI, FMI, BCMI, atd...

Tělesné složení se dá odhadovat i pomocí různých antropometrických měření, jako je kaliperace, měření obvodu pasu a také pomocí měření tělesné výšky a hmotnosti. Následně se zaměříme na různé přístroje a metody, které se dají použít pro analýzu tělesného složení. Mezi takové patří např. magnetická rezonance, CT vyšetření, a DXA.

Předmětem této bakalářské práce je pak hlavně zaměření se na metodu využívající bioimpedanční analýzu a přístroje, které na tomto principu fungují. Zpracujeme samotný princip měření, možné kontraindikace, které mohou měření ovlivnit a různé značky BIA přístrojů.

Praktická část se skládá z představení přístrojů, které jsme použili pro naše porovnání a z ukázky samotného měření. Následně jsme všechny data zpracovali a vyhodnotili. Součástí přílohy je ukázka protokolů, které jsme získali z přístrojů pro měření tělesného složení.

1 Tělesné složení

Na tělesné složení lidského těla se dá nahlížet z několika úhlů pohledu. Pokud se na tělo podíváme z hlediska anatomického, tak řešíme hlavně otázku složky svalové, kosterní, tukové a také vnitřní orgány. [1]

Dále se pak dá lidské tělo zkoumat z hlediska chemického, přičemž v tomto případě zkoumáme podíl složek vody, glykogenu (tzv. živočišný škrob, jedná se o zásobní polysacharid v těle živočichů a slouží jako efektivní, ale snadno vyčerpatelný zdroj glukózy), tukových zásob, bílkovin, minerálních látek a mnoho dalších. [1, 2]

Všechny tyto složky pak dohromady tvoří celkovou tělesnou hmotnost. [4]

Tělesné složení patří mezi nejdůležitější ukazatele vývojového stupně v průběhu ontogeneze člověka, pak také úrovně jeho zdraví, tělesné zdatnosti, výkonnosti či také stavu výživy. [3]

Je důležité si však uvědomit, že každý jedinec je individuální a tím pádem všechny tabulky, které jsme schopni sestavit či najít, ukazují pouze průměrné hodnoty. [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%

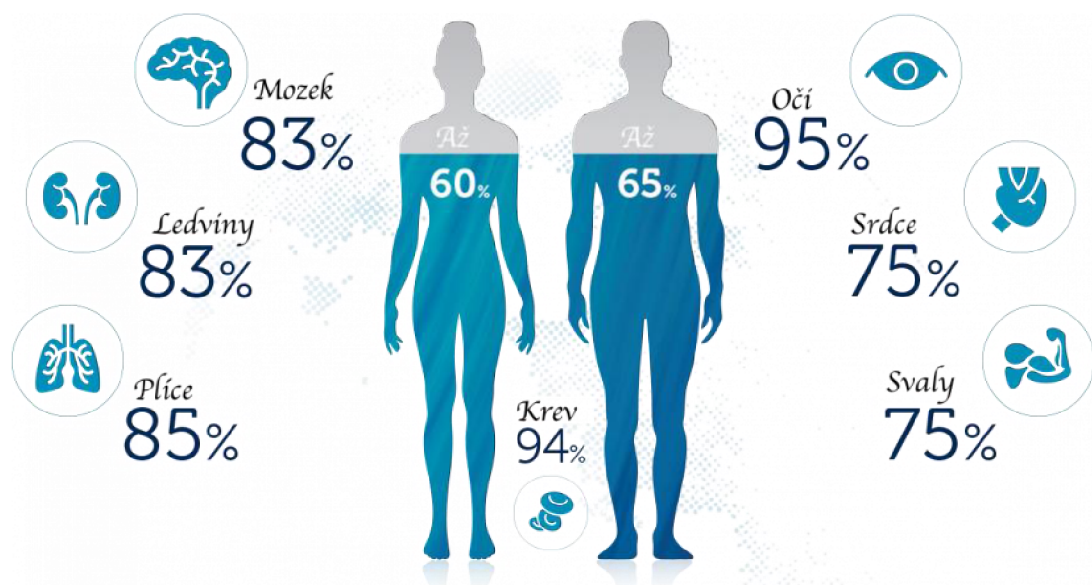
Tabulka 1 Optimální složení těla zdravých dospělých [20]

1.1 Tělesná voda

Největší podíl tělesného složení tvoří jednoznačně voda. Jedná se o nejvíce zastoupenou anorganickou látku v lidském těle. Ta představuje přibližně 50-60% tělesné hmotnosti. Vyskytuje se v každé buňce, buněčných látek, tkáních a je součástí nervového systému. Také se podílí na regulaci tělesné teploty a kloubní tekutiny. Množství vody v těle závisí na několika různých faktorech:

- a) Obsah vody klesá s přibývajícím věkem. U čerstvě narozených dětí se podíl vody pohybuje okolo 70-80 %, kolem 60 % to je u dospělých mužů s normální váhou, 50-55 % u dospělých žen s normální váhou a pak kolem 50 % u starších lidí.
- b) Pohlaví patří mezi zásadní faktory ovlivňující podíl složky vody v těle. Je obecně známo, že ženy mají v těle méně vody než muži. Toto je dáno převážně větším podílem tukové tkáně v ženském těle.
- c) Dále pak závisí také na hmotnosti, kdy obsah vody v procentech klesá s přibývajícím hmotností. [5]

Rozložení celkového obsahu vody v ženském a mužském těle:



Obrázek 1 Rozložení celkového obsahu vody v procentech v ženském a mužském těle [7]

Celková tělesná voda se rozděluje do dvou základních skupin. Obě tyto složky se dělí v přibližném poměru 2:1.[5]

První takovou skupinou je intracelulární tekutina (Intracellular water-ICW), což je tekutina nacházející se uvnitř buněk. Tvoří přibližně 40 % celkové tělesné hmotnosti. Hlavním intracelulárním kationtem je K^+ a aniontem jsou bílkoviny a fosfáty.[8] Množství ICW je přímo úměrné množství kosterního svalu.[5]

Druhá skupina je označená jako extracelulární tekutina neboli extracellular water (dále jako ECW). Zhruba čtvrtina ECW se nachází v cévách jako tekutina intravaskulární neboli plazma. Zbytek ECW zaplňuje mezibuněčný prostor jako tzv.

tkáňový mok (intersticiální tekutina). Tato tekutina, která zastupuje přibližně 20 % celkové tělesné hmotnosti, je obsažena v gastrointersticiálním traktu, v močových cévách a v tělesných dutinách. Hlavním kationtem ECW je Na^+ a kationtem je Cl^- . [8]

Za běžného zdravého stavu se tato tekutina vyskytuje pouze v malém množství. Její nárůst nastává při chorobných stavech, kdy svůj objem může zvětšit až na několik litrů. [5]

1.1.1 Funkce vody v organismu

Voda patří mezi základní pilíře, na kterých stojí veškerý život. Podílí se na termoregulaci těla, a to odpařováním potu z pokožky. Dostatek tekutin je důležitý pro správnou činnost ledvin a vylučování škodlivých látek z organismu. [9]

Voda působí jako transportní prostředí pro živiny, elektrolyty, hormony, krevní plyny, odpadní látky či také pro elektrické proudy. Dále má také funkci rozpouštědla a tvoří vhodné prostředí pro chemické reakce, které v organismu probíhají. Voda v organismu zvlhčuje a chrání sliznici. Udržuje pružnost a odolnost kůže. Mimo jiné je potřeba k udržení stálosti vnitřního prostředí, které se odborně označuje jako homeostáza. [5, 70, 71]

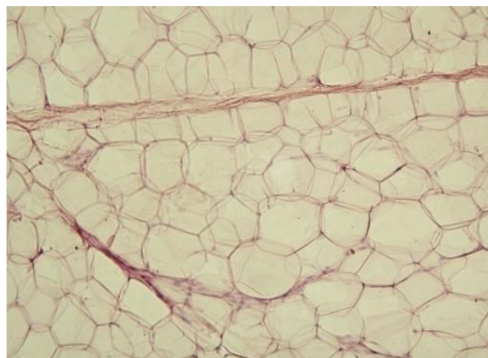
1.2 Tuková tkáň

Tuková tkáň patří mezi vazivové tkáně, které jsou charakteristické pro střežení tuku vytvořeného ze sacharidů a mastných kyselin v buňkách. Tyto buňky můžeme jinak také nazvat jako adipocyty. Ukládání i odbourávání tuku je řízeno hormonálními i nervovými podněty. Funkcí tukové tkáně je tepelná izolace a pak také hlavně funguje jako zásobárna energie. [10]

Přibližně 30% hmotnosti tukové tkáně je tvořeno vodou. Tukové buňky neboli adipocyty, se v organismu vyskytují ve dvou formách, a to jako bílé a hnědé. Adipocyty jsou provázány sítí retikulárních vláken a dohromady sloučeny malým množstvím vmezeřeného vaziva. [11]

1.2.1 Bílá tuková tkáň

Bílá tuková tkáň je tvořena univakuolárními adipocyty. V této buňce se nachází velká tuková vakuola, která utlačuje její jádro na periferii buňky. Tato tuková tkáň se nachází výhradně v podkoží. Dále ji můžeme nalézt v okolí ledvin, kde plní funkci ledvinového pouzdra. Jako pružné vložky se nachází na dlani a chodidlech. Bílá tuková tkáň slouží jako zásobárna energie a také jako mechanická a tepelná izolace. Při určité zátěži se tyto buňky mohou deformovat jen do míry, kterou jim umožňuje retikulární vazivo. Po uvolnění se jim vrátí jejich původní tvar.[10]

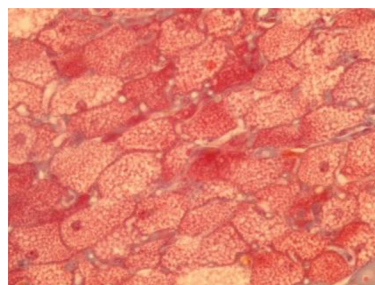


Obrázek 2 Bílá tuková tkáň [10]

1.2.2 Hnědá tuková tkáň

Hnědá tuková tkáň se hlavně podílí na energetickém metabolismu. V hnědém tuku dochází k vylučování specifického proteinu UCP1, kterému se jinak říká tzv. odpráhuující protein 1 nebo také rozpojovací protein 1. V membránách mitochondrií hnědé tukové tkáně umožňuje odprážení gradientu H^+ iontů, které vznikají při respiraci v mezimembránovém prostoru mitochondrie od syntézy ATP. Energie je pak uvolňována ve formě tepla.[12]

U novorozenců je pak nezbytnou součástí jejich termoregulace. V dospělém věku přetrvává pouze v malém množství. Hnědá tuková tkáň se převážně vyskytuje v podkoží mezi lopatkami, mezi krčními svaly, kolem brzlíku, aorty a pak také kolem ledvin. V prvních letech života dochází k rychlému úbytku této tkáně, ale úplně nezaniká. [12, 13, 14]



Obrázek 3 Hnědá tuková tkáň [12]

1.3 Tělesný tuk

Tělesný tuk (pasivní tělesná hmota) v těle vzniká při nadbytečném příjmu energie z potravy a to tuků, sacharidů či bílkovin. Pokud je příjem těchto složek vyšší, než je výdej energie, pak je tento nadbytek poté uložen ve formě tuku.[15]

Tuk většinou bývá odsuzován za své špatné účinky na organismus, ale oproti tomu plní i ochrannou a zásobní funkci. Je také nosičem vitamínů a dalších látek. Chrání tělo před únikem tepla z organismu. Je nezbytný pro tvorbu hormonů a slouží k podpoře vstřebávání lipofilních vitamínů, mezi které patří A, D, E a K. [17]

Tělesný tuk patří mezi velmi sledované parametry, protože bývá ukazatelem jak tělesné kondice jedince, tak i jeho zdravotního stavu. Množství tuku můžeme ovlivňovat výživovými a pohybovými aktivitami. Můžeme to tedy brát jako variabilní část tělesné hmotnosti. [6, 15]

Při optimálním zastoupení tělesného tuku v těle by podíl u mužů měl být 10-20 % a u žen okolo 18-30 %.[1]

Množství tuku je ovlivněno pohlavím i věkem. Podíl tukové složky je velice rozdílný u každého jedince a je tak velmi individuální.[16]

věk	<30	30-50	>50
ženy	14-21 %	15-23 %	16-25 %
muži	9-15 %	11-17 %	12-19 %

Tabulka 2 Doporučené procentuální zastoupení tělesného tuku u mužů a žen v závislosti na věku [1]

S tělesným tukem se také pojí pojem obezita, ke které dochází při nadměrném hromadění tuku v tukové tkáni. [13]

Obezita je spojena se vznikem civilizačních chorob, mezi které patří cukrovka, choroby srdce a cév, vysoký tlak a další onemocnění. [16, 18, 21]

Druhým extrémem pak bývá nedostatek tuku v těle, což ovlivňuje tvorbu hormonů zajišťujících celkovou vitalitu. Toto může u žen ovlivňovat průběh menstruačního cyklu a také celkové zhoršení psychické stránky jednotlivce, což vede ke vzniku rizik poruch příjmu potravy. S těmito problémy dále souvisí i oslabení kostí, kdy dochází ke zvýšenému výskytu únavových zlomenin a osteoporózy. [16, 18, 21]

1.3.1 Zastoupení tělesného tuku u žen

Přirozeností ženského pohlaví je mít více tukové hmoty než muži. Je to dáno tím, že mají nižší zastoupení svalové tkáně a vyšší množství tuku, který je nezbytný pro tvorbu estrogenu. [19, 16]

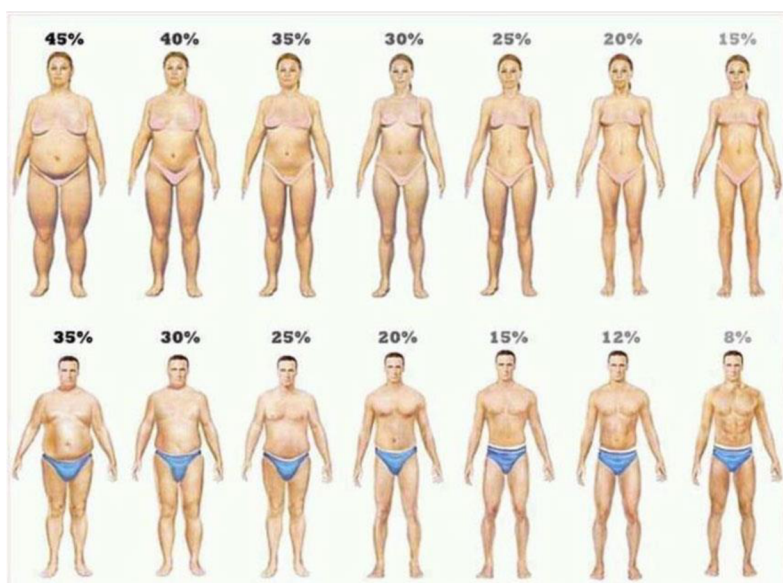
Ženský hormonální systém je pak také na tuku více závislý. Při velmi výrazném deficitu hrozí ztráta menstruace a jiné hormonální problémy a také může docházet k poruchám funkce štítné žlázy.[16]

Pokud procento tělesného tuku klesne k hranici 12 %, bývá tento stav označován jako vážný nedostatek tuků. Optimální množství tuku v těle je v rozmezí 18-30 %. Nadváha je označována od 30 % a po přesažení 35 % se již jedná o stav označovaný jako obezita. [16]

S vyšším věkem dochází zcela přirozeně k redukci svalové hmoty a nárustu tukové tkáně.[19]

1.3.2 Zastoupení tělesného tuku u mužů

Muži dokážou fungovat s mnohem menším procentem tělesného tuku než ženy. Vážný nedostatek tuku se u mužů může projevit při překročení hranice 5 % tělesného tuku v těle. Tomuto stavu se většinou přibližují závodní kulturisté. Pro většinu ostatní populace je toto procento nedosažitelné. Optimálním množstvím tuku pro muže bývá zhruba v rozmezí od 8-20 %. Nadváha pak nastává při překročení hranice 20 % a obezita pak od 25 %. Tento stav bývá však velmi zdraví nebezpečný a mělo by se uvažovat o redukci hmotnosti.[19]



Obrázek 4 Přehled % tuku v těle [19]

1.4 Svalová tkáň

Svalová tkáň tvoří zhruba 32-36 % celkové hmotnosti tělesného složení. V lidském těle se vyskytuje téměř 600 svalů, které tvoří přibližně z 70 % voda a asi z 20 % proteiny. K základním typům svalové tkáně v lidském těle patří hladká svalovina, příčně pruhovaná svalovina (kosterní) a pak také srdeční svalovina, která se svou fyziologickou funkcí zcela liší od svaloviny kosterní a hladké.[22]

Aktin a myosin jsou proteiny, které převážně ovlivňují kontraktilní systém svalů. Svalová tkáň se dokáže zkracovat, stahovat, smršťovat a také plní pohybovou funkci.[25]

Hladká svalovina hlavně tvoří stěny některých orgánů, útrob a cév, proto se řadí mezi svaly, které nemůžeme ovládat vlastní vůlí. Jejich kontrakce je pomalá a trvá delší dobu. Buňky hladké svaloviny mají velikost několika $2-5 \times 20-200 \mu\text{m}$ a jsou vřetenovitého tvaru. [14, 23, 24]

Příčně pruhovaná svalovina je základním stavebním kamenem kosterního svalstva. Je tvořena bílými a červenými vlákny. Tento sval je tvořen dlouhými cylindrickými mnohojadernými buňkami, které jsou široké zhruba $60-100 \mu\text{m}$. [14, 23, 24]

Srdeční svalovina je tvořena buňkami, které se nazývají kardiomyocyty. Tyto buňky jsou vzájemně propojeny, což umožňuje přenos akčních potenciálů všemi buňkami srdeční svaloviny. Princip kontrakce je stejný jako u svaloviny kosterní. Srdeční svalovina se vyznačuje i několika specifickými vlastnostmi, mezi které patří neunavitelnost, smrštitelnost, automacie, rytmicita a drážditelnost. [14, 23, 24]

Svaly hrají velmi důležitou roli ve spotřebě energie. Se zvýšením procenta svalové hmoty dochází ke zvýšení energetické spotřeby a tím dochází ke snížení přebytku tělesného tuku.[1]

Svaly zastupují přibližně 36 % z celkové hmotnosti u mužů a okolo 32 % u žen.[25]

Celková hmotnost svalstva může dosahovat až 45 % hmotnosti. Nejvyšších hodnot procent svalové hmoty v těle dosahují hlavně siloví sportovci. K největšímu nárustu svalstva u mužské populace nastává mezi 15. a 17. rokem. U žen to bývá kolem 13. roku. U neaktivních jedinců dochází k poklesu již od 25. roku života.[26]

Přízpůsobení na pohybovou zátěž ovlivňují následující faktory: pohlaví, celkové množství tuku, věk, genetická výbava a také počáteční stupeň tréninku.[27]

1.5 Kostra těla

Kosterní hmota nám poskytuje informaci o hmotnosti kostí v těle. Příkladem by mohla být úroveň kostních minerálů, množství kalcia a ostatních materiálů.[1]

Celkově existují čtyři různé typy mineralizované tkáně, mezi které patří kostní tkáň, zubní sklovina, zubovina (odborně dentin) a také zubní cement. Tyto čtyři typy mají samostatný buněčný systém, ale liší se chemickým složením a prostorovým uspořádáním, které se mění během ontogeneze nebo pak také vlivem nějakého onemocnění.[28]

Lidská kostra je soubor kostí, které spolu celkově vytvářejí pevnou, pasivně pohyblivou oporu těla, na kterou se upínají svaly. Lebka a hrudník tvoří ochranná pouzdra pro klíčové orgány. Funkce, které kostra zastává, mohou být například: opěrná, ochranná a pohybová. Dále zde dochází k tvorbě krve v kostní dřeni a k ukládání minerálních látek, jako je třeba fosfor a vápník. [29, 30]

Kostra těla tvoří přibližně 14 % tělesné hmotnosti, což odpovídá u průměrného člověka cca 10-11 kg. Kostra dospělého jedince se skládá zhruba z 207 kostí. Toto číslo však bývá velmi individuální a záleží na dědičných predispozicích a také věku. Je známé, že novorozenci mají až okolo 270 kostí. Jejich počet se ještě nějakou dobu po narození zvyšuje a po překročení adolescentního věku dochází k rychlému úbytku počtu kostí, jelikož dochází k jejich srůstu.[30]

1.5.1 Podíl kostní hmoty

Podíl kostní hmoty nám ukazuje hmotnost kostí v těle. Pod tímto si můžeme představit množství kalcia a ostatních minerálů. Na základě výzkumů bylo prokázáno, že cvičením dochází k rozvoji kostní tkáně, která vede k vývinu silnějších a zdravějších kostí.[31]

Pacienti trpící osteoporózou nebo ti, jejichž kosti mají nižší hustotu způsobenou vyšším věkem, nízkým věkem, těhotenstvím, hormonální léčbou a jinými příčinami, nemohou získat měřením tělesného složení přesný údaj o množství kostní hmoty.[31]

Ženy:	Celková hmotnost:	méně než 50kg	50-75 kg	více než 75kg
	Hmotnost kostí:	1,95 kg	2,4 kg	2,95 kg
Muži:	Celková hmotnost:	méně než 75 kg	75-99 kg	více než 99 kg
	Hmotnost kostí:	2,7 kg	3,3 kg	3,7 kg

Tabulka 3 Průměrné hodnoty kostní hmoty pro osoby 20-40 let, které mají nejvyšší obsah kostí [1]

2 Metody měření tělesného složení

K určení tělesného složení lze využít mnoho rozdílných metod a také ukazatelů, které jinak nazýváme hmotnostními indexy. Existuje velké množství metod a technik, které umožňují zjistit tělesné složení. Dále se proto zaměříme na některé z nich a krátce si je představíme.

2.1 Indexy vztahující se k tělesnému složení

2.1.1 Body Mass Index (BMI)

Metoda BMI, česky zvaná jako index tělesné hmotnosti, je matematický výpočet, který je odvozený podle výšky a tělesné hmotnosti daného jedince. Index tělesné hmotnosti byl vytvořen v letech 1830-1850 belgickým matematikem a statistikem Adolphem Queteletem a proto se BMI někdy bývá označen také jako Queteletův index.[32]

Často se používá jako indikátor podváhy, normální tělesné hmotnosti, nadváhy a obezity. Tato metoda nám dále umožňuje statistické porovnání tělesné hmotnosti napříč lidmi s různou výškou. Výsledek této metody je nutný interpretovat v závislosti na pohlaví, věku, sportovní kondici a také podle stavby těla. [33, 32]

Hodnoty BMI se mohou lišit u dětí, sportovců či těhotných žen. U těchto skupin pak bereme výsledné hodnoty pouze jako orientační.[33]

BMI se vypočítá jako hmotnost osoby v kilogramech vydělený druhou mocninou výšky v metrech.[34]

BMI	Kategorie	Zdravotní rizika
méne než 18,5	podváha	vysoká
18,5 - 24,9	norma	minimální
25,0 - 29,9	nadváha	nízká až lehce vyšší
30,0 - 34,9	obezita 1. stupně	zvýšená
35,0 - 39,9	obezita 2. stupně (závažná)	vysoká
40,0 a více	obezita 3. stupně (těžká)	velmi vysoká

Tabulka 4 Klasifikační tabulka pro BMI [35]

2.1.2 Fat Free Mass Index (FFMI)

FFMI je index tukuprosté hmoty. Bývá považován za ekvivalent BMI, kdy se jedná o podíl tukuprosté hmoty v kilogramech a výšky na druhou v metrech. Normální rozmezí FFMI dle Bahadoriho je u žen 15,1-17,0 kg/m² a u mužů kolem 18,1-21,7 kg/m². [26]

Beztuková hmota (fat free mass-FFM) zahrnuje veškerou vodu, bílkoviny, glykogen a minerální látky. [26]

2.1.3 Fat Mass Index (FMI)

Fat Mass Index je index tukové hmoty, který se někdy označuje také jako BFMI. Ve výsledku se jedná o podíl tukové hmoty a výšky. Optimálními hodnotami BFMI pro muže je 1,5-5,0 kg/m². Pro ženy pak dostáváme hodnoty v rozmezí 3,4-8 kg/m². [36]

2.1.4 Sceletal Muscle Mass Index (SSMI)

Hmota kosterní svaloviny představuje největší podíl tukuprosté hmoty. Zaujímá přibližně třetinu až polovinu celkové tělesné bílkoviny v závislosti na věku, pohlaví a záleží také na zdravotním stavu. [28]

$$SSMI = SMM (kg) / výška (m^2)$$

2.1.5 Body Cell Mass Index (BCMI)

BCMI neboli tělesná buněčná hmota, je část bohatá na proteiny a je využívána pro posouzení funkčního stavu výživy. Mimo jiné je také součástí FFM. [28, 37]

$$BCMI = BCM (kg) / výška (m^2)$$

2.1.6 Lean Body Mass Index (LBMI)

V případě LBMI se jedná o netukovou hmotu bez kostního minerálu. LBMI se vypočítá jako poměr netukové hmoty a tělesné výšky. [34]

$$LBMI = LBM (kg) / výška (m^2)$$

2.2 Antropometrická měření

Antropometrická měření, mezi která se řadí měření výšky, hmotnosti a obvodu pasu, se používá ke stanovení indexu tělesné hmotnosti a obezity v břišní oblasti. Nadváha zvyšuje rizika vzniku mnoho civilizačních chorob, jako je diabetes, srdečně-cévní onemocnění, vysoký krevní tlak a mnoho dalších.[38]

Nejvíce používanými antropometrickými metodami odhadu tělesného složení jsou metody podle Pařízkové, Mariegky, Drinkwera a Rosse. Všechny tyto metody a přesnost jejich výsledků jsou závislé na výběru kaliperu tzv. tukoměru, což je přístroj, který se používá k měření podílu lidského tuku v těle. V dnešní době jsou k dispozici hlavně jako digitální přístroje například digitální typ Somet, typ Lafayette, typ Lange. Dále jsou výsledky závislé na zkušenosti pracovníka a vybraném typu regresních rovnic. [39, 42]

Tyto metody také zahrnují různé měřicí techniky obvodových měření, měření jednotlivých segmentů, objemů segment, kožních řas, tělesné hmotnosti, tělesné výšky a výpočty dalších indexů.[6]

Pro ukázkou si krátce představíme některé příklady antropometrických měření.

2.2.1 Měření tělesné výšky a hmotnosti

Tělesná výška se měří pomocí stadiometru vestoje. Výšku lze pak odečítat na centimetrové škále či je zobrazena na digitálním displeji. Tělesná hmotnost je určována pomocí osobních vah. Nejlépe by měření mělo probíhat ve stejnou denní dobu a nalačno.[29]

2.2.2 Měření obvodu pasu a boků

Ukazatel obvodu pasu nám představuje množství tuku uloženého v břišní oblasti. Velké množství tuku v této oblasti může vést k většímu riziku vzniku srdečně-cévních onemocnění a cukrovky. Nahromadění tuku v oblasti břišní dutiny je zdraví ohrožující a patří mezi klíčové údaje pro rizika předčasného úmrtí.[38]

	Riziko srdečně-cévních onemocnění	
	zvýšené	vysoké
Muži	≥ 94 cm	≥ 102 cm
Ženy	≥ 80 cm	≥ 88 cm

Tabulka 5 Rizikové kategorie obvodu pasu [38]

2.2.3 Kaliperace

Pomocí kaliperu se změří tloušťka kožní řasy na 10 vybraných místech lidského těla, například na tváři, pod bradou, na břiše, nad kolenem atd., následně se sečtou získané hodnoty a výsledek dosadíme do logaritmické rovnice pro výpočet procenta tělesného tuku. [25, 49]



Obrázek 5 Měření kožní řasy pomocí kaliperu [59]



Obrázek 6 Kaliperace [60]

2.3 CT vyšetření

CT vyšetření je další metodou, kterou můžeme použít pro vyšetření distribuce tělesného tuku. Nitrobřišní tuková tkáň je brána jako riziková a lze ji stanovit pomocí počítačové tomografie (CT). Toto vyšetření však není vhodné k běžnému stanovování nitrobřišního tuku, jelikož při měření dochází k zatížení organismu rentgenovým zářením. Z těchto důvodů vychází lépe využívat jednodušší a méně rizikové metody, jako je třeba měření obvodu pasu, která souvisí s obsahem tukové tkáně naměřené pomocí CT.[25]

2.4 Magnetická rezonance

Magnetická rezonance (MRI) je zobrazovací metoda, která využívá magnetického pole k aktivaci určitých jader v těle a tímto prostřednictvím pak vytváří přesná zobrazení jednotlivých tělesných tkání. MRI se může používat pro zobrazení distribuce tělesného tuku. Kvůli vysokým nákladům, ale využití této metody není tak časté.[50]



Obrázek 7 Magnetická rezonance[73]

2.5 DXA (Dual Energy X-Ray Absorpciometry)

DXA je zkratka pro duální rentgenovou absorpciometrii, což je metoda, která využívá rozdílné absorpce slabého rentgenového záření o dvou energetických hladinách tělesnými tkáněmi. DXA patří mezi jednu z nejpřesnějších metod pro určení tělesného složení a denzity (hustoty) kostí, která přináší pouze nízkou radiační zátěž. [61,62]



Obrázek 8 DXA metoda [73]

3 Bioelektrická impedanční (BIA) analýza

3.1 Princip měření BIA

Bioelektrická impedanční analýza, zkráceně BIA, je nepřímá metoda, která se používá pro stanovení tělesného složení. Tato metoda využívá střídavý elektrický proud o nízkých intenzitách. Zastává princip rozdílného šíření elektrického proudu v různých strukturách lidského těla. Tuková tkáň obsahuje na rozdíl od ostatních tkání lidského těla minimální obsah vody, což vede k tomu, že se chová jako špatný elektrický vodič-izolant. Ostatní tkáně s velkým obsahem vody se chovají jako vodiče. Díky těmto rozdílným chováním jednotlivých tkání můžeme určit množství tukové tkáně oproti těm ostatním. [40, 41]

Pomocí bioimpedance vyhodnocujeme složení těla stanovením rozdílného odporu tukové tkáně a ostatních tkání při průchodu střídavého elektrického proudu o nízké intenzitě 400-800 μA . Frekvence se pak používá vysoká okolo 1-1000 kHz.[28]

Existuje několik různých přístrojů využívajících tuto metodu. Na trhu můžeme nalézt varianty dvouelektrodové nebo čtyřelektrodové. Dvouelektrodové přístroje mají elektrody umístěné na horních končetinách (bimanuální) nebo dolních (bipedálních). U čtyřelektrodových přístrojů se používají elektrody jak na horních, tak i na dolních končetinách zároveň. Pomocí druhého přístupu pak získáme více přesné výsledky.[40]

BIA je jednoduchá a rychlá metoda pro měření tělesného složení. Spolehlivost a přesnost výsledků závisí předně na hydrataci organismu, použitých frekvencích elektrického proudu, na rozdílech v délce jednotlivých částí těla, kontaktu elektrod s příslušnou částí lidského těla a pak také na predikčních rovnicích pro výpočet tělesného složení nastavených v přístrojích BIA. [43]

Jednoznačnou výhodou této metody je její neinvazivnost, cenová dostupnost, rychlost a její relativně jednoduchá manipulace s přístrojem. Spolehlivost této metody v porovnání s CT a MRI je menší, ale za to zde nejsou rizika spojená s ozářením a jedná se o mnohem levnější a tím pádem dostupnější variantu. [46,47,48]

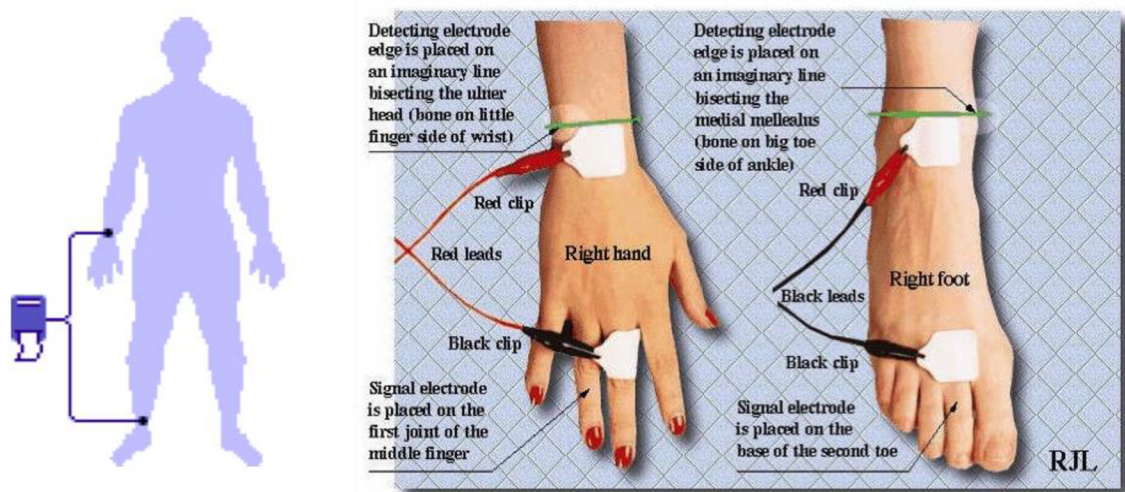
Nepřesnost výsledků při využití BIA metody může být způsobena i tím, že lidské tělo uvažujeme jako válcový model s homogenní denzitou. [48, 42]

Možnosti stanovení a jejich přesnost jsou ovlivněny také pomocí použitých frekvencí elektrického proudu. Méně přesnými přístroji jsou ty, které měří pomocí

jedné frekvence elektrického proudu. Nejčastěji se používá frekvence okolo 50 kHz. [48]

Oproti tomu multifrekvenční bioelektrické impedance jsou přesnější, jelikož s jejich pomocí můžeme stanovit celkové množství tělesné vody a také odlišit extracelulární a intracelulární tekutiny. Díky tomu je možné zjistit buněčnou i extracelulární tělesnou hmotu.[48]

Důležitým faktorem v principu BIA je fázový úhel. Tento úhel dokážou naměřit pouze některé přístroje multifrekvenční bioelektrické impedance (např. InBody 770, InBody 970, InBody S10 a BWA). Fázový úhel slouží ke zvýšení přesnosti BIA. Hodnota tohoto úhlu u zdravé populace bývá 6-9° v závislosti na pohlaví. Minimálně by pak měl nabývat hodnotu 5.[25, 51]



Obrázek 9 Schématické znázornění měření BIA [72]

3.2 Kontraindikace při měření

Měření může být ovlivňováno těhotenstvím a většími kovovými implantáty (př. kardiostimulátory). Před samotným měřením je důležité uvést pohlaví, věk a výšku. Výsledky dále mohou být lehce ovlivněny zvýšeným či sníženým příjmem tekutin, zvýšenou tělesnou teplotou, nadměrnou fyzickou zátěží před měřením či různými léky řadící se mezi diuretika nebo steroidy. [44, 45, 46, 47]

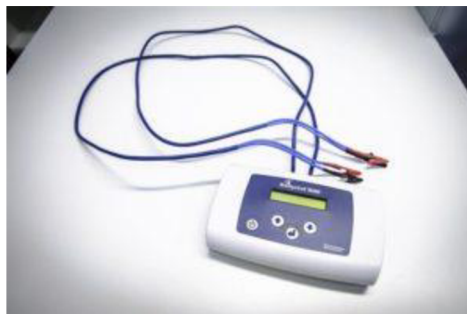
Menstruační cyklus může mít také vliv na zvýšení objemu tělesné vody, teploty a tělesné hmotnosti a tím pádem na výsledky BIA měření.[25]

3.3 Přístroje BIA

Existuje velké množství přístrojů využívajících bioelektrickou impedanční analýzu. Můžeme je rozdělit podle různých kritérií, jako je lokalizace elektrod. V tomto případě může být přístroj bimanuální, kdy se elektrody nacházejí na madlech přístroje. Bipedální má elektrody lokalizované na nášlapné váze. Dále také existují i přístroje tetrapolární, které využívají bipedální i bimanuální lokalizaci elektrod. [25, 52]

3.3.1 Přístroj Bodystat

Pomocí přístroje Bodystat měříme různé složky proudových odporů při průchodu referenčního vzorku tělesnými strukturami. Hodnoty složení těla jsou pak dopočítány pomocí predikčních rovnic. Určujeme tedy parametry tukové hmoty, aktivní tělesné hmoty a celkovou vodu.[28]



Obrázek 10 Bodystat [53]

3.3.2 Přístroje Omron BF511

Pomocí těchto přístrojů zjišťujeme obsah tělesného tuku, obsah viscerálního tuku, BMI a podíl kosterního svalstva.[54]



Obrázek 11 Omron BF511 [55]

3.3.3 Přístroje Tanita

Přístroje Tanita slouží ke zjišťování poměru jednotlivých tkání v těle. Využívají technologii multifrekvenční bioimpedanční analýzy. Pomocí nižších frekvencí měří impedanci přes vnější buněčné membrány a vyšší frekvence zase vnitřní buněčnou membránu. [56, 57]

Přístroj Tanita dokáže změřit aktuální hmotnost, množství tuku (v kg i %), množství netučné hmoty, svalové hmoty, BMI, vnitrobuněčné a mimobuněčné vody. Dále pak hmotnost kostí, oblast tělesného tuku, stupeň obezity, stav tělesné zdatnosti a mnoho dalších. [56]

Před samotným vyšetřením se doporučuje dodržovat několik důležitých zásad- nepít, nejíst a necvičit 3-4 hodiny před měřením. Nedoporučuje se vyšetřovat ženy v průběhu menstruace, jelikož může dojít ke zkreslení výsledků.[56]

3.3.4 Přístroje InBody

Přístroje InBody jsou přístroje založené na principu bioimpedanční analýzy sloužící pro zjišťování tělesného složení. Tyto přístroje se vyznačují přesnou, rychlou a bezpečnou analýzou. Měření trvá okolo 30 sekund a probíhá na boso. Analyzovaná osoba nemusí být bez oblečení, protože InBody nabízí možnost odečtení váhy oblečení. [58]



Obrázek 13 přístroj InBody [63]



Obrázek 12 přístroj Tanita [56]

4 Praktická část

V praktické části jsme se věnovali samotnému měření a porovnání výsledků získaných z přístrojů pro měření tělesného složení pracujících na principu bioimpedanční analýzy.

Zkoumaný soubor tvořilo 15 lidí různého věku a pohlaví. Našeho měření se zúčastnilo 5 mužů a 10 žen ve věkovém rozmezí 12-62 let o různé hmotnosti. Všechna měření a nasbírání dat proběhlo během jednoho dne za odborného dozoru vedoucího této bakalářské práce v prostředí ordinace v Hradci Králové.

4.1 Přístroje použité při měření

Při měření byly použity dva přístroje, které spadají do jiné cenové i co se týče kvality a přesnosti získaných výsledků různé kategorie. Jednalo se o Tanita SC-240 MA a Bodystat Quadscan 4000. Druhý přístroj je brán jako více kvalitní. S jeho pomocí je možné zjistit a dopočítat velké množství zkoumaných veličin. Jejich příklady si uvedeme níže v kapitolách o měření s jednotlivými přístroji, ve kterých si mimo jiné představíme, jak s nimi měření probíhá a co se s jejich pomocí dá zjistit.

4.1.1 Měření s Tanita SC-240 MA

První přístroj, který jsme při měření použili, byl Tanita SC-240 MA. Jedná se o přenosný tělesný analyzátor, jehož kapacita vážení je až do 200 kg a přesnost vážení se pohybuje okolo 100 g.

Tanita SC-240 se cenově pohybuje okolo 50 000 Kč a patří mezi tělesné analyzátoři, které splňují podmínky zákona o zdravotních prostředcích.

Měření s pomocí analyzátoru Tanita nám poskytla informaci o hmotnosti, procentu tělesného tuku, procentu tělesných tekutin, BMI (dopočítané počítačem pomocí zadané výšky a hmotnosti). Po připojení váhy k počítači jsme získali informaci o množství viscerálního (útrobního) tuku, hmotnost svalové hmoty, množství kostní hmoty, bazální metabolismus (BMR), hmotnost netučné hmoty, hmotnost tělesné tekutiny, impedanci pro použitou frekvenci skenu 50kHz a pak také metabolický věk.

Před samotným měřením si pacient musí zout boty a ponožky. V počítači jsme si otevřeli program, který je určený k této váze, ve kterém jsme zapsali jméno a příjmení, datum narození a výšku pacienta. Dále je možné nastavit i hmotnost oblečení pacienta. Tu jsme brali pro všechny stejnou a odečítali jsme tak 1,5 kg za oblečení.

Měření na této váze probíhá tak, že si oblečený pacient stoupne naboso na čtyři elektrody, které jsou umístěné na nášlapné váze. Je nutné, aby pacient stál vzpřímeně po celou dobu měření. V počítači se spustí měření. Jedná se o velmi rychlou metodu měření, přičemž samotný sběr dat trval okolo 30 sekund.

Po zpracování dat v počítači jsme získali přehledný protokol o celkovém složení těla s parametry, které jsou uvedené výše. V příloze je přiložen pro ukázkou anonymizovaný protokol jednoho z pacientů, ze kterého můžeme vyčíst údaje o jeho zdravotním stavu.

Během měření jsme si zdokumentovali jeho postup a také samotnou váhu, kterou jsme používali pro získávání dat. Obrázek 15 nám zobrazuje analyzátor Tanita SC-240. Hlavní část je tvořena čtyřmi elektrodami, na které se poté pacient postaví naboso, jak můžeme vidět na obrázku 14. Obrázek 16 nám pak ukazuje pohled na měření svrchu. Veškeré zdokumentované části jsou zahrnuty v bakalářské práci se souhlasem pacienta.



Obrázek 15 Analyzátor Tanita SC-240 [74]



Obrázek 14 Proces měření na váze Tanita SC-240 [74]



Obrázek 16 Měření na Tanita SC-240- pohled svrchu [74]

4.1.2 Měření s Bodystat Quadscan 4000

Dalším přístrojem, který pak použijeme pro porovnání získaných výsledků, byl Bodystat Quadscan 4000. Tento multifrekvenční přístroj se pohybuje v jiné přesnosti a cenové kategorii. Liší se i také množstvím zjistitelných a dopočítaných dat. Stejně jako u předchozího přístroje se jedná o velmi rychlé, snadné a spolehlivé měření, ze kterého získáme velmi přesné výsledky o stavu tělesného složení daného pacienta.

Pomocí tohoto zařízení bioelektrické impedance pro analýzu tělesného složení získáváme změřené a vypočítané hodnoty procentuálního podílu a objemu extracelulární vody, procentuální podíl a objem intracelulární vody, procentuální podíl a objem celkové tělesné vody, vody 3.prostoru, hmotnost tělních buněk, extracelulární vody a nutriční index celkové tělesné vody, normální procentuální hladiny, procento tělesného tuku a hmotnost tuku, tělesné hmoty, bezvodé tělesné hmoty, bazálního metabolismu, průměrné denní spotřeby kalorií, poměr pas/boky, BMI, BFMI, FFMI, Illness Marker a dále také hodnoty pro impedance na 5,50,100 a 200kHz, rezistence pro 50kHz, reaktance pro 50kHz a fázový úhel pro 50kHz.

Měření je prováděno neinvazivně, což znamená, že při vyšetření nedochází k porušení kůže. Při měření jsme položili pacienta na lůžko, na pravou ruku a pravou

nohu jsme nalepili vodivé elektrody. Na pravé ruce těsně pod kloubky na hřbetu ruky a pak za zápěstí. Na pravé noze jsme elektrody umístili na kůži těsně pod prsty na nártu a dále nad kotník. Jednotlivé správné umístění elektrod je zobrazeno na obrázcích, kterými jsme zdokumentovali průběh našeho měření.



Obrázek 17 Ukázka umístění elektrod na pacientovi [74]

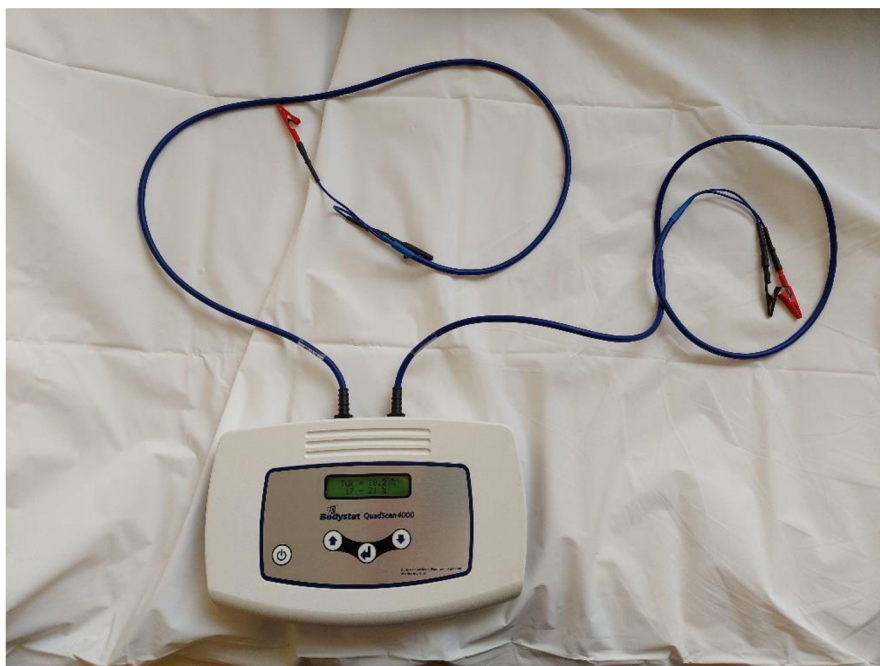
Připojili jsme pomocí kabelových vodičů elektrody k přístroji Bodystat Quadscan 4000 a zahájili měření. Do přístroje je nutné zadat několik dodatkových údajů, jako je pohlaví, věk a výška. Samotné měření trvalo pouze několik vteřin. Pro možnost porovnání výsledků a zajištění větší přesnosti jsme každé měření provedli dvakrát.

Po sběru dat jsme elektrody opatrně odlepili z kůže a odpojili od přístroje. Výsledky měření jsme stáhli do počítače, vyhodnotili a v následující kapitole porovnali s těmi, které jsme získali z přístroje Tanita SC-240.



Obrázek 18 Měření s Bodystat Quadscan 4000 [74]

Pro ilustraci přikládáme námi vyfocený obrázek 19 přístroje Bodystat Quadscan 4000. Přístroj se skládá ze zařízení multifrekvenční analýzy bioelektrické impedance, kabelových vodičů a jednorázových dlouhých elektrod. Standardní balení dále obsahuje kalibrátor a obrazový stručný průvodce.



Obrázek 19 Bodystat Quadscan 4000 [74]

5 Porovnání a zpracování výsledků

V následující kapitole si porovnáme některé ze získaných veličin a tím pak dostaneme povědomí o přesnosti jednotlivých přístrojů a přístupů k měření. Vybrali jsme takové veličiny, které jsme získali z obou přístrojů, abychom je mohli mezi sebou porovnat. Budeme tedy porovnávat hodnoty tukové hmoty v procentech a kilogramech, netučné hmoty (ATH), množství vody v procentech a kilogramech, BMR a impedanci pro frekvenci 50kHz. Všechny potřebné hodnoty jsme si uspořádali do tabulky, které níže přikládáme pro názornost.

Ze všech veličin jsme v excelu pomocí funkce SMODCH vypočítali směrodatné odchylky a také průměry z daných hodnot.

Směrodatná odchylka vyjadřuje rozptýlení proměnných okolo průměru.[64] Mohli bychom také říct, že odpovídá tomu, jak moc se od sebe jednotlivé prvky navzájem odlišují. Malá směrodatná odchylka vypovídá o velké podobnosti prvků ve skupině. Na druhou stranu velká směrodatná odchylka poukazuje na velké vzájemné odlišnosti ve zkoumaném souboru.[65] Odkazuje se také na to, jak moc jsou hodnoty náhodné veličiny vzdálené od sebe či od střední hodnoty. [75]

Tabulka 6 představuje získané výsledky z přístroje Bodystat Quadscan 4000. Každé měření jsme u tohoto přístroje provedli dvakrát z důvodu případné chyby. V případě odlišností hodnot jsme spočítali aritmetický průměr z daných dvou hodnot a v tabulce jsme uvedli právě tuto hodnotu průměru.

Další tabulka 7 nám ukazuje výsledky naměřené z přístroje Tanita SC-240.

Díky tomu, že měření probíhalo v prostředí ordinace, jsme měli možnost změřit širokou paletu pacientů s různými stupni obezity až po jedince s normální váhou či podváhou.

Na základě cenové kategorie a vlastností uváděných výrobcem předpokládáme, že se Bodystat Quadscan 4000 řadí mezi přesnější a kvalitnější přístroje, než je přístroj Tanita SC-240, která patří mezi metrologicky ověřitelné váhy.

Dalšími parametry, které jsme mohli zkoumat bylo BMI, to však vycházelo pro oba přístroje stejně, jelikož je počítáno jako poměr hmotnost osoby v kilogramech vydělený druhou mocninou výšky v metrech.

Pořadí	Datum testu	Pohlaví	Aktivita	Věk	Výška	Hmotnost [kg]	Tuk (%)	Tuk [kg]	ATH	Voda (%)	Voda [kg]	BMR [kcal]	BMI	IMPED50K [Ω]
1	08.04.2022 11:15	Muž	Velmi nízká	53	1,84	108,8	29,5	32,1	76,7	50,7	55,2	21 87	32,1	430
2	08.04.2022 11:31	Žena	Velmi nízká	54	1,62	84,5	42,7	36,1	48,4	43,7	36,9	1497	32,2	508
3	08.04.2022 11:42	Žena	Velmi nízká	29	1,65	70,7	29,6	20,95	49,75	49,55	35,05	1631	26	540
4	08.04.2022 11:48	Žena	Velmi nízká	41	1,62	135	50,25	67,85	67,15	39,65	53,55	1909	51,4	323,5
5	08.04.2022 13:08	Muž	Velmi nízká	43	1,85	103,8	19,05	19,85	83,95	59,55	61,85	2371	30,3	351,5
6	08.04.2022 13:17	Muž	Velmi nízká	53	1,78	80,8	13,25	10,65	70,15	66,95	54,15	2020	25,5	367,5
7	08.04.2022 13:23	Muž	Velmi nízká	43	1,81	93,3	20,15	18,75	74,55	57,65	53,75	2131	28,5	405,5
8	08.04.2022 13:31	Žena	Velmi nízká	12	1,68	44,3	17,5	7,8	36,5	63,2	28	1286	15,7	712,5
9	08.04.2022 13:37	Žena	Velmi nízká	53	1,7	46,4	24,9	11,5	34,9	61,7	28,6	1200	16,1	716
10	08.04.2022 13:43	Muž	Velmi nízká	62	1,84	81,7	18,25	14,9	66,8	62,25	50,9	1935,5	24,1	435,5
11	08.04.2022 13:52	Žena	Velmi nízká	21	1,73	51,1	8,65	4,4	46,7	65,15	33,3	1556,5	17,1	585,5
12	08.04.2022 13:58	Žena	Velmi nízká	26	1,72	93,7	35,2	33	60,7	45	42,1	1894	31,7	472
13	08.04.2022 14:04	Žena	Velmi nízká	26	1,68	54,4	11,1	6,1	48,3	64,8	35,2	1596	19,3	509
14	08.04.2022 14:09	Žena	Velmi nízká	26	1,76	82,5	32,6	26,9	55,6	44,9	37	1772	26,6	591
15	08.04.2022 14:23	Žena	Velmi nízká	25	1,8	68	14,3	9,7	58,3	58,7	39,9	1835	21	507

Tabulka 6 Výsledky z přístroje Bodystat Quadscan 4000 [74]

Pořadí	Datum testu	Věk	Výška[m]	Hmotnost [kg]	Tuk [%]	Tuk [kg]	ATH	Voda [%]	Voda [kg]	BMR [kcal]	BMI	IMPED50K [Ω]
1	08.04.2022 11:15	53	1,84	108,80	34,2	37,2	71,6	46,6	50,7	8986,6	32,1	466,6
2	08.04.2022 11:32	54	1,62	84,50	45,6	38,5	46,0	38,7	32,7	5988,3	32,2	547,4
3	08.04.2022 11:43	29	1,65	70,70	35,5	25,1	45,6	45,7	32,3	5908,7	26,0	568,7
4	08.04.2022 11:48	41	1,62	135,00	47,2	63,7	71,3	39,2	52,9	9422,1	51,4	268,4
5	08.04.2022 13:08	43	1,85	103,80	29,2	30,3	73,5	48,9	50,8	9166,7	30,3	463,3
6	08.04.2022 13:17	53	1,78	80,80	18,3	14,8	66,0	56,3	45,5	7935,5	25,5	398,9
7	08.04.2022 13:24	43	1,81	93,30	24,3	22,7	70,6	51,9	48,4	8680,9	28,5	441,8
8	08.04.2022 13:31	12	1,68	44,30	14,6	6,5	37,8	62,5	27,7	-	15,7	646,9
9	08.04.2022 13:37	53	1,7	46,40	18,6	8,6	37,8	54,7	25,4	4656,6	16,1	685,7
10	08.04.2022 13:42	62	1,84	81,70	19,1	15,6	66,1	54,2	44,3	7931,3	24,1	441,7
11	08.04.2022 13:52	21	1,73	51,10	12,6	6,4	44,7	60,7	31,0	5661,6	17,1	562,1
12	08.04.2022 13:58	26	1,72	93,70	42,2	39,5	54,2	42,0	39,4	7139,9	31,7	476,7
13	08.04.2022 14:04	26	1,68	54,40	14,6	7,9	46,5	59,4	32,3	5783,1	19,3	483,2
14	08.04.2022 14:09	26	1,76	82,50	37,3	30,8	51,7	45,1	37,2	6716,9	26,6	514,8
15	08.04.2022 14:23	25	1,8	68,00	26,9	18,3	49,7	51,8	35,2	6314,9	21,0	528,7

Tabulka 7 Výsledky z přístroje Tanita SC-240 [74]

5.1 Porovnání výsledků tělesného tuku

Tuková hmota patří mezi nejvíce sledované parametry, jelikož je hlavním ukazatelem zdravotního stavu jedince a také jeho tělesné kondice. Množství tukové hmoty se dá významně ovlivnit pohybovými aktivitami, jak jsme již zmínili výše v kapitole o tělesném tuku. Při našem měření jsme měli možnost změřit i pacienty, kteří spadají do kategorie obezity a nadváhy. V tomto případě se procento tělesného tuku nachází nad hranicí 35 % u žen a u mužů poté nad 25 %.[19]

V naší skupině pacientů se nacházelo 5 mužů a 10 žen. Pro lepší porovnání si tak určíme výsledky pro muže a ženy zvlášť.

Nejprve si porovnáme hodnoty pro ženskou část pacientů. Pomocí excelu jsme si zpracovali výsledky do tabulek a s funkcí SMODCH jsme si vypočítali směrodatné odchylky, které budou pro náš výzkum hlavními ukazateli toho, jak moc se získané hodnoty odlišují od průměru. Čím nižší číslo, tím více se blíží k hodnotám průměru populace. Porovnáme vždy směrodatné odchylky pro Bodystat Quadscan 4000 a pro Tanitu SC-240. Měření s Bodystat jsme vždy prováděli pro přesnost a eliminaci chyb dvakrát. Pokud se výsledky v některých případech lišily, zanesli jsme do tabulky jejich aritmetický průměr.

Pořadí	Věk	Hmotnost [kg]	Pohlaví	Bodystat Quadscan 4000		Tanita SC-240		
				Tuk [%]	Tuk[kg]	Tuk [%]	Tuk[kg]	
1	54	84,50	Žena	42,7	36,1	45,6	38,5	
2	29	70,70	Žena	29,6	20,95	35,5	25,1	
3	41	135,00	Žena	50,25	67,85	47,2	63,7	
4	12	44,30	Žena	17,5	7,8	14,6	6,5	
5	53	46,40	Žena	24,9	11,5	18,6	8,6	
6	21	51,10	Žena	8,65	4,4	12,6	6,4	
7	26	93,70	Žena	35,2	33	42,2	39,5	
8	26	54,40	Žena	11,1	6,1	14,6	7,9	
9	26	82,50	Žena	32,6	26,9	37,3	30,8	
10	25	68,00	Žena	14,3	9,7	26,9	18,3	
				Průměr	26,7	22,4	29,5	24,5
				Směrodatná odchylka	13,179	18,631	12,984	17,933

Tabulka 8 Výsledky tělesného tuku-ženy [74]

Na první pohled je zřejmé, že výsledky z jednotlivých přístrojů jsou si podobné. Téměř ve všech případech jsou získané hodnoty větší z přístroje Tanita SC-240. V případě u pacienta č. 4 jsme z přístroje Bodystat získali obsah tuku okolo 50,3 %, což byla větší hodnota než získaná z druhého zařízení. V druhém případě jsme získali procento tuku 47,2 %. Vzhledem ke stavu dalších parametrů u pacienta se přikláníme více k hodnotě získané z Bodystatu, což jsme mohli ověřit i subjektivním pohledem na pacienta. Procento tělesného tuku nad 35 % u žen se označuje jako obezita. Je důležité sledovat tyto faktory a tím předcházet vzniku dalších onemocnění, mezi které patří diabetes, choroby cév a srdce a mnoho dalších. [17]

Pro každou část jsme vypočítali aritmetický průměr, který nám pro Bodystat vyšel 26,7 % a pro druhý přístroj 29,5 %. Jednotlivé hodnoty se tak liší o 2,8 %.

Směrodatná odchylka pro ženskou část souboru pro první přístroj nám vyšla pro procento tuku okolo 13,18 a pro druhý jsme dostali výslednou hodnotu 12,98. Po zaokrouhlení dostáváme přibližně stejné hodnoty, čímž bychom mohli dospět k závěru, že co se týče v porovnání tuku v %, tak se oba přístroje od sebe příliš neliší.

Co se týče porovnání výsledků tělesného tuku v kilogramech, směrodatné odchylky nám v těchto případech vyšly 18,63 a pro Tanitu 17,93.

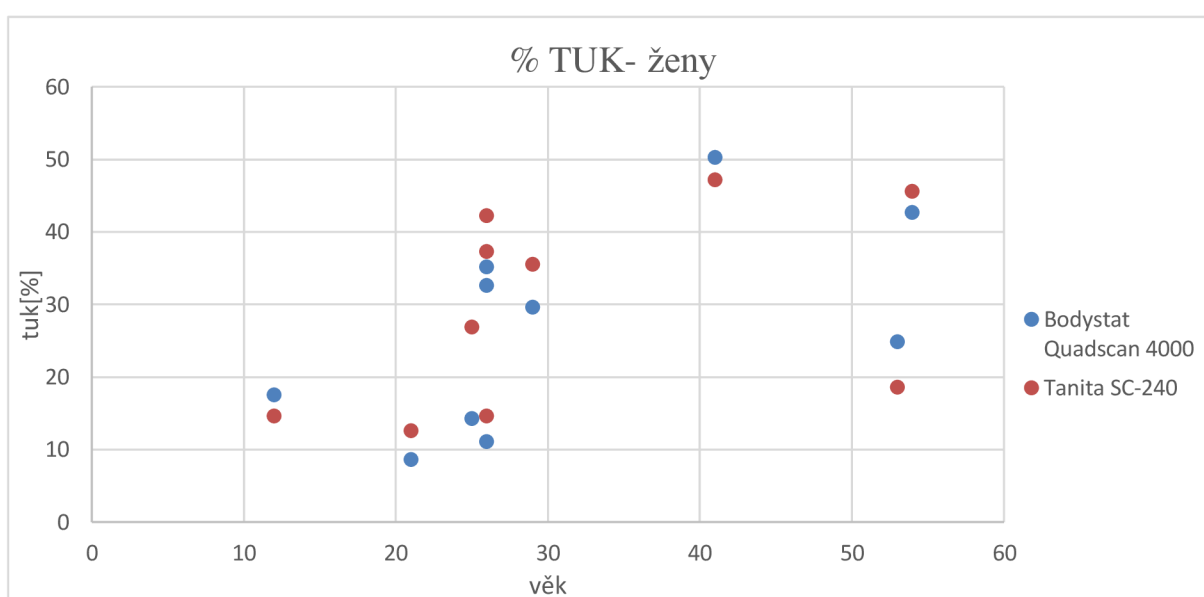
Dále jsme porovnávali v rámci výzkumu mužskou skupinu o 5 členech ve věkovém rozmezí 43-62 let. Normální hodnoty pro tělesný tuk u mužů by se měly pohybovat okolo 14-25 %. První pacient s obsahem tuku okolo 29,5 % podle Bodystat a 34,2 % z Tanity byl klasifikován jako obézní. Ostatní se nacházejí v rozmezí optimálních hodnot. Průměr pro tuk v % nám vyšel 20,04 % pro Bodystat a 25,02 % pro Tanitu. Procentuální rozdíl mezi nimi je 4,98 %. Směrodatná odchylka pro procento tělesného tuku pro Bodystat vyšla okolo 5,29 a pro Tanitu 6,04. Čím je směrodatná odchylka vyšší, tím se jednotlivé hodnoty od sebe a od průměru více odlišují.

Pořadí	Věk	Hmotnost[kg]	Pohlaví	Bodystat Quadscan 4000		Tanita SC-240	
				Tuk [%]	Tuk[kg]	Tuk [%]	Tuk[kg]
1	53	108,80	Muž	29,5	32,1	34,2	37,2
2	43	103,80	Muž	19,05	19,85	29,2	30,3
3	53	80,80	Muž	13,25	10,65	18,3	14,8
4	43	93,30	Muž	20,15	18,75	24,3	22,7
5	62	81,70	Muž	18,25	14,9	19,1	15,6
			Průměr	20,04	19,25	25,02	24,12
			směrodatná odchylka	5,288	7,192	6,041	8,611

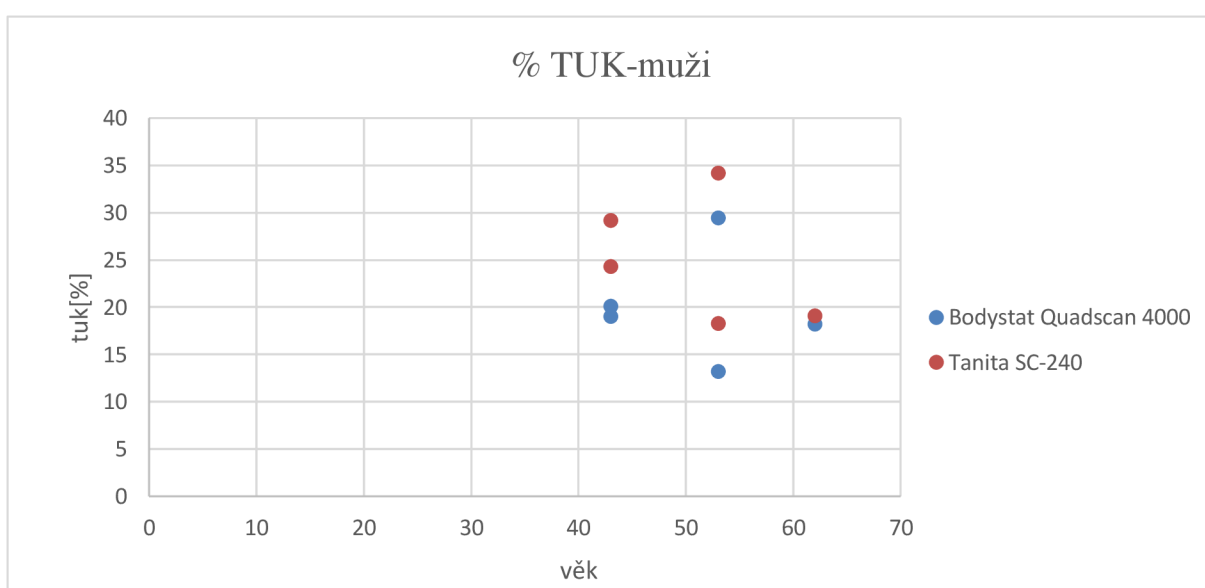
Tabulka 9 Výsledky tělesný tuk-muži [74]

Pro lepší ukázkou rozdílnosti získaných výsledků jsme vytvořili dva grafy pro procentu tělesného tuku u mužů a žen v závislosti na jejich věku pro oba přístroje. Na první pohled je jasně viditelné, že pro analyzátor Tanita SC-240 jsme dostávali vyšší hodnoty, než jak to bylo pro Bodystat Quadscan 4000. Můžeme také pozorovat velký výkyv nárůstu % tuku u jedné z pacientek. V sedmi případech u žen jsme dostali nižší hodnoty pro Bodystat. Veškeré hodnoty se povětšinou průměrně lišily o 2,8 %.

Druhý graf nám zobrazuje procento tuku v závislosti na věku u mužů. V tomto případě nám všechny hodnoty vyšly vyšší v případě přístroje Tanita. Procentuální rozdíl daných hodnot se pohybuje okolo 5 %.



Graf 1 Porovnání % tuku – ženy



Graf 2 Porovnání % tuku – muži

5.2 Porovnání výsledků ATH

Aktivní tělesná hmota neboli tukuprostá hmota (také jako FFM-Fat free mass) vyjadřuje relativní zastoupení svalové tkáně a vnitřních orgánů. Jedná se o souhrn veškerých vnitřních orgánů bez tuku. Obecně je aktivní tělesná hmota tvořena asi z 60% svalstva, 25 % kostí a vazivové tkáně a nakonec z 15 % vnitřních orgánů. [6]

ATH je významným parametrem, který ovlivňuje úroveň bazálního metabolismu.[66]

Množství ATH je odvíjeno od celkové tělesné hmotnosti. Při zkoumání ženské části pacientů nám směrodatná odchylka vyšla pro Bodystat okolo 9,65 a pro druhý přístroj jsme dostali 9,09. Průměr nám pro ATH vyšel u Bodystat 50,6 kg a u druhého 48,5 kg. Průměry se odlišují o 4,1 %. Získané výsledky u mužské části se mezi sebou více odlišují, než tomu bylo u našich pacientek. Tomu pak odpovídá i větší rozdíl směrodatných odchylek, kdy v případě Bodystat se jedná o hodnotu 5,87 a pro Tanitu 3,01. Průměry nám vyšly 74,4 kg a 69,6 kg. Rozdíl průměrů se rovná 7 %.

Pořadí	Věk	Hmotnost [kg]	Pohlaví	Bodystat Quadscan 4000	Tanita SC-240
				ATH [kg]	ATH [kg]
1	54	84,50	Žena	48,4	46,0
2	29	70,70	Žena	49,8	45,6
3	41	135,00	Žena	67,2	71,3
4	12	44,30	Žena	36,5	37,8
5	53	46,40	Žena	34,9	37,8
6	21	51,10	Žena	46,7	44,7
7	26	93,70	Žena	60,7	54,2
8	26	54,40	Žena	48,3	46,5
9	26	82,50	Žena	55,6	51,7
10	25	68,00	Žena	58,3	49,7
Průměr				50,6	48,5
směrodatná odchylka				9,652	9,089

Tabulka 11 Výsledky ATH – ženy [74]

Pořadí	Věk	Hmotnost[kg]	Pohlaví	Bodystat Quadscan 4000	Tanita SC-240
				ATH [kg]	ATH [kg]
1	53	108,80	Muž	76,7	71,6
2	43	103,80	Muž	84,0	73,5
3	53	80,80	Muž	70,2	66,0
4	43	93,30	Muž	74,6	70,6
5	62	81,70	Muž	66,8	66,1
Průměr				74,4	69,6
směrodatná odchylka				5,871	3,014

Tabulka 10 Výsledky ATH – muži [74]

5.3 Porovnání výsledků pro tělesnou vodu

Jak jsme již uvedli v kapitole o tělesné vodě, jedná se o složku tělesného složení, která je nejvíce zastoupenou anorganickou látkou v lidském těle. Celkově představuje přibližně 50-60 % tělesné hmotnosti. U žen s normální hmotností může dosahovat až 60 % a u mužů pak až okolo 65 %. [5]

Pořadí	Věk	Hmotnost [kg]	Pohlaví	Bodystat Quadscan 4000		Tanita SC-240		
				Voda [%]	Voda[kg]	Voda [%]	Voda[kg]	
1	54	84,50	Žena	43,7	36,9	38,7	32,7	
2	29	70,70	Žena	49,55	35,05	45,7	32,3	
3	41	135,00	Žena	39,65	53,55	39,2	52,9	
4	12	44,30	Žena	63,2	28	62,5	27,7	
5	53	46,40	Žena	61,7	28,6	54,7	25,4	
6	21	51,10	Žena	65,15	33,3	60,7	31,0	
7	26	93,70	Žena	45	42,1	42,0	39,4	
8	26	54,40	Žena	64,8	35,2	59,4	32,3	
9	26	82,50	Žena	44,9	37	45,1	37,2	
10	25	68,00	Žena	58,7	39,9	51,8	35,2	
				Průměr	53,635	36,96	49,98	34,61
				směrodatná odchylka	9,494	6,933	8,575	7,242

Tabulka 12 Výsledky tělesná voda-ženy [74]

V našem zkoumaném vzorku jsme měli několik žen, které mají nižší obsah vody. Je to dáno hlavně vyšším výskytem tělesného tuku v těle, který na sebe neváže vodu a tím pádem dehydratuje organismus. Nejnižší hodnoty tělesné vody (% i kg) měla pacientka s hmotností 135 kg/ 162 cm. V procentuálním zastoupení u prvního přístroje měla 39,65 % a u druhého poté 39,2 %. Pokud se podíváme výše do kapitoly o porovnání tělesného tuku, zjišťujeme, že měla obsah tuku okolo 50,3 %.

Zbytek zkoumaných jedinců se nacházel v normálním zdravém rozmezí okolo

50-60 % obsahu tělesné vody. Nižší hodnoty u ostatních pacientek byly dány nižším obsahem tuku v těle. Pro jednotlivé hodnoty jsme spočítali průměry, které nám vyšly 53,63 % pro Bodystat a 49,98 % pro druhý přístroj. Jednotlivé hodnoty se liší o 3,65 %. Směrodatné odchylky nám pro Bodystat vyšly 9,49 u % zastoupení a 6,93 pro zastoupení v kilogramech. Pro Tanitu jsme získali směrodatné odchylky pro procenta 8,575 a 7,242 pro tělesnou vodu v kg.

Pro mužskou část pacientů pak platí, že by se obsah vody měl pohybovat okolo 55-65 %. V našem zkoumaném vzorku máme pouze jeden případ (pacient č.1), který se se svými hodnotami nachází pod průměrem. Analyzátor Tanita naměřil 46,6 % vody. Na druhou stranu pomocí Bodystat jsme získali příhodnější výsledek okolo 50,7 %.

Výsledky z obou přístrojů se v některých případech velmi lišily. Hodnoty z Bodystatu jsou obecně vyšší než ty z druhého přístroje. Spočítané průměry nám vyšly okolo 59,4 % pro Bodystat a 51,58 % pro druhý přístroj. Rozdíl těchto hodnot je 7,84 %. Směrodatné odchylky pro Bodystat máme 5,37 a pro Tanitu okolo 3,499. Čím nižší směrodatná odchylka, tím si jsou jednotlivé hodnoty v souboru více podobné a jak moc jsou rozptýleny okolo průměru. Pokud porovnáme směrodatné odchylky u mužů a žen, můžeme jasně vidět, že se od sebe více odlišují. Můžeme říct, že u mužské části se hodnoty pohybují více okolo průměru než u ženské části.

Pořadí	Věk	Hmotnost[kg]	Pohlaví	Bodystat Quadscan 4000		Tanita SC-240		
				Voda [%]	Voda[kg]	Voda [%]	Voda[kg]	
1	53	108,80	Muž	50,7	55,2	46,6	50,7	
2	43	103,80	Muž	59,55	61,85	48,9	50,8	
3	53	80,80	Muž	66,95	54,15	56,3	45,5	
4	43	93,30	Muž	57,65	53,75	51,9	48,4	
5	62	81,70	Muž	62,25	50,9	54,2	44,3	
				Průměr	59,42	55,17	51,58	47,94
				směrodatná odchylka	5,365	3,631	3,499	2,654

Tabulka 13 Výsledky tělesná voda – muži [74]

5.4 Výsledky BMR

Bazální metabolický výdej (BMR) určuje hodnotu energetického výdeje, pokud je organismus v klidu. Mimo jiné nám udává, kolik kalorií naše tělo potřebuje denně přijmout, abychom si udrželi či snížili hmotnost. Jedná se o počet kalorií, které jsou potřeba pro správné fungování základních životních funkcí. Metabolismus představuje soubor všech biochemických změn, jehož hlavním úkolem je přeměna jídla na potřebnou energii. [67] Obecně bychom mohli říct, že pokud pacient chce váhu snížit, měl by přijímat méně kcal, než je jeho dosavadní potřeba, a naopak při přibírání váhy zase přijímat více kcal denně.

Na základě bazálního metabolismu pak určujeme metabolický věk, který je výsledkem porovnání bazálního metabolismu pacienta vůči průměrné metabolické rychlosti lidí, kteří jsou stejně staří. [69]

Potřeba a množství přijímaných kalorií závisí na způsobu životního stylu. U všech mužů se hodnota BMR vyskytovala přibližně okolo 2000 kcal pro oba zkoumané přístroje. Směrodatná odchylka pro Bodystat nám vyšla 149,17 a pro Tanitu 123,98. Při porovnávání výsledků u žen jsme si všimli, že Tanita nám nebyla schopna poskytnout informaci o bazální rychlosti metabolismu pro pacientku, která byla ve věku 12 let. Předpokládáme, že to bylo z důvodu jejího nízkého věku. Na druhou stranu nám Bodystat změřil BMR i pro tuto mladou pacientku, což nám vyšlo okolo 1286 kcal. Nejnižší hodnotu jsme získali pro pacientku (věk 53 let) 1200 kcal pro Bodystat a pro Tanitu 1112,0 kcal. V rámci porovnání mezi sebou se jednotlivé hodnoty k sobě velmi blížily. Směrodatné odchylky nám vyšly 231,45 a 299,58.

Pořadí	Věk	Hmotnost[kg]	Pohlaví	Bodystat Quadscan 4000	Tanita SC-240
				BMR [kcal]	BMR [kcal]
1	54	84,50	Žena	1497	1430,0
2	29	70,70	Žena	1631	1411,0
3	41	135,00	Žena	1909	2250,0
4	12	44,30	Žena	1286	-
5	53	46,40	Žena	1200	1112,0
6	21	51,10	Žena	1556,5	1352,0
7	26	93,70	Žena	1894	1705,0
8	26	54,40	Žena	1596	1381,0
9	26	82,50	Žena	1772	1604,0
10	25	68,00	Žena	1835	1508,0
			Průměr	1617,7	1528,1
			směrodatná odchylka	231,449	299,578

Tabulka 14 Výsledky BMR – ženy [74]

Pořadí	Věk	Hmotnost[kg]	Pohlaví	Bodystat Quadscan 4000	Tanita SC-240
				BMR [kcal]	BMR [kcal]
1	53	108,80	Muž	2187	2146,0
2	43	103,80	Muž	2371	2189,0
3	53	80,80	Muž	2020	1895,0
4	43	93,30	Muž	2131	2073,0
5	62	81,70	Muž	1935,5	1894,0
			Průměr	2128,9	2039,4
			směrodatná odchylka	149,168	123,988

Tabulka 15 Výsledky BMR – muži [74]

5.5 Porovnání výsledků pro impedanci pro 50kHz

Váha Tanita SC-240 patří mezi přístroje, které využívají bioimpedanční analýzu s jednou frekvencí 50 kHz. Na druhou stranu Bodystat Quadscan 4000 používá multifrekvenční bioimpedanční analýzu pro frekvence 5 kHz, 50 kHz, 100 kHz, 200 kHz. Jelikož Tanita nám poskytuje informaci pouze pro frekvenci 50kHz, tak si v následující kapitole porovnáme hodnoty pouze pro tuto frekvenci.

Impedance je měřena v ohmech a může být definována jako síla a rychlost elektrického signálu procházejícího skrz tělo při měření. BIA metoda je ve výsledku založena na faktu, že svalová hmota obsahuje vysokou hladinu vody a elektrolytů, čímž se ze svalů stává dobrý vodič elektrického signálu. Tuková hmota je oproti tomu téměř bezvodá, a tudíž se chová jako rezistor. Vyšší stupeň tělesného tuku pak vede k nižším hodnotám impedance. [68]

Přičemž vysoký stupeň obezity může negativně ovlivnit přesnost získaných výsledků.

Při porovnání výsledků u našich ženských pacientek se nám impedance pro 50 kHz nacházela v rozmezí od 324-713 Ω pro Bodystat a pro druhý přístroj jsme získali hodnoty v 268,4-685,7 Ω . Přístroj Bodystat nám ve většině případech poskytl větší údaje než přístroj Tanita. Pouze v několika případech to bylo naopak. Směrodatné odchylky nám vyšly 109,34 pro Bodystat a okolo 106,961 pro Tanitu. Nejnižší hodnota impedance vyšla pro pacientku č.3(135 kg/165 cm) kvůli vyššímu % tuku.

Pořadí	Věk	Hmotnost[kg]	Pohlaví	Bodystat Quadscan 4000	Tanita SC-240
				IMPED50K [Ω]	IMPED50K [Ω]
1	54	84,50	Žena	508	547,4
2	29	70,70	Žena	540	568,7
3	41	135,00	Žena	323,5	268,4
4	12	44,30	Žena	712,5	646,9
5	53	46,40	Žena	716	685,7
6	21	51,10	Žena	585,5	562,1
7	26	93,70	Žena	472	476,7
8	26	54,40	Žena	509	483,2
9	26	82,50	Žena	591	514,8
10	25	68,00	Žena	507	528,7
			Průměr	546,45	528,26
			směrodatná odchylka	109,342	106,961

Tabulka 16 Výsledky impedance pro 50 kHz – ženy [74]

Dále si porovnáme jednotlivé impedance pro mužské pacienty. Nejnižší impedance 351 Ω vyšla pro pacienta č.2 (103,8 kg/ 185 cm) s přístrojem Bodystat. Na druhou stranu váhou Tanita jsme dostali nejnižší impedanci 398,9 Ω pro pacienta č.3 (80,8 kg/ 178 cm). Směrodatná odchylka vyšla pro Bodystat 33,404 a pro Tanitu 24,148,

				Bodystat Quadscan 4000	Tanita SC-240
Pořadí	Věk	Hmotnost[kg]	Pohlaví	IMPED50K[Ω]	IMPED50K[Ω]
1	53	108,80	Muž	430	466,6
2	43	103,80	Muž	351,5	463,3
3	53	80,80	Muž	367,5	398,9
4	43	93,30	Muž	405,5	441,8
5	62	81,70	Muž	435,5	441,7
Průměr				398	442,46
směrodatná odchylka				33,404	24,148

Tabulka 17 Výsledky impedance pro 50kHz – muži [74]

5.6 Výsledky BMI

BMI je počítáno jako poměr hmotnosti osoby v kilogramech vydělený druhou mocninou výšky v metrech. Obecně platí, že pro normální stav máme hodnoty od 18,5-24,9. Pokud se nacházíme pod hladinou 18,4 nastává podváha, opačným směrem pak nadváha až obezita.[35] V našem výzkumu máme zastoupeny všechny tyto kategorie.

pořadí	Věk	Pohlaví	Hmotnost[kg]	Výška[m]	BMI
1	53	Muž	108,8	1,84	32,1
2	54	Žena	84,5	1,62	32,2
3	29	Žena	70,7	1,65	26
4	41	Žena	135	1,62	51,4
5	43	Muž	103,8	1,85	30,3
6	53	Muž	80,8	1,78	25,5
7	43	Muž	93,3	1,81	28,5
8	12	Žena	44,3	1,68	15,7
9	53	Žena	46,4	1,70	16,1
10	62	Muž	81,7	1,84	24,1
11	21	Žena	51,1	1,73	17,1
12	26	Žena	93,7	1,72	31,7
13	26	Žena	54,4	1,68	19,3
14	26	Žena	82,5	1,76	26,6
15	25	Žena	68	1,80	21

Tabulka 18 BMI – muži/ženy [74]

6 Diskuse

Předmětem našeho měření a porovnávání mezi jednotlivými použitými přístroji byly hodnoty tělesného tuku, aktivní tělesné hmoty, tělesné vody, BMR a impedance pro frekvenci 50 kHz.

Hodnoty tuku nám zpravidla vycházely vyšší pro analytickou váhu Tanita SC-240. Průměrné hodnoty byly rozdílné přibližně o 5 % u žen a okolo 3 % u mužů. V jednom případě jsme získali hodnotu tělesného tuku vyšší u přístroje Bodystat Quadscan 4000. Podle stavu pacienta jsme se pak přiklonili více k hodnotě získané Bodystat, přičemž rozdíl mezi těmito hodnotami byl 3,1 %. Zhodnocením jednotlivých výsledků můžeme určit zdravotní stav našich pacientů. Vyšší procento tělesného tuku může negativním způsobem ovlivnit zdraví pacienta a také způsobit onemocnění některými civilizačními chorobami (cukrovka, zánět cév a srdce, atd..). Optimální množství tuku v těle u žen je v rozmezí 18-30 %. Nadváha je označována od 30 % a po přesazení 35 % se již jedná o stav označovaný jako obezita. Pro muže pak ideální množství tuku bývá zhruba od 8-20 %. Nadváha pak nastává při překročení hranice 20 % a obezita pak od 25 %. V našem zkoumaném vzorku jsme tak měli celkově 7 pacientů, kteří by spadali do kategorie nadváha a obezita. Zbytek se nacházel v rozmezí podváha či normální stav.

Aktivní tělesná hmota vyjadřuje relativní zastoupení svalové tkáně a vnitřních orgánů. Jedná se o souhrn veškerých vnitřních orgánů bez tuku, tudíž bychom mohli říct, že čím nižší hodnoty ATH jsou, tím více tukové hmoty se v těle nachází. Může se ale jednat i o opačný případ s podváhou. Muži mají obecně více svalové hmoty, tudíž jejich hodnoty byly o něco vyšší, i přestože se nacházeli v kategorii nadváha/obezita. Průměrně nám pro ženy vyšla hodnota ATH okolo 50,6 kg. Váhou Tanita jsme dostali o něco nižší výsledné hodnoty než pomocí Bodystat. Tomu odpovídají i směrodatné odchylky, které vyjadřují, jak moc se pacienti odchylují od vypočítaných průměrů.

Dalším zkoumaným parametrem byla tělesná voda, která je nejvíce zastoupenou anorganickou látkou v lidském těle. Celkově představuje přibližně 50-60 % tělesné hmotnosti. U žen s normální hmotností může dosahovat až 60 % a u mužů až okolo 65%. V rámci naší zkoumané skupiny jsme mohli pozorovat, jak se tělesná voda liší v závislosti na pohlaví, věku a hmotnosti pacienta. Pro pacienty(ženy) obézní či s nadváhou se tělesná voda pohybovala v rozmezí 39,2-49,5 %, což je viditelně níže než je optimální hodnota okolo 60 %. V tomto případě jsme získali vyšší hodnoty

z váhy Bodystat Quadscan 4000. I u mužské části našich pacientů jsme mohli pozorovat takové, kteří měli viditelně nižší procento tělesné vody, než by ideálně mělo být. Stejně jako u žen to bylo ovlivněno množstvím tukové hmoty a váhy. Většina mužů se však nacházela ve zdravém rozmezí okolo 65% tělesné vody. Směrodatné odchylky nám vyšly vyšší u přístroje Bodystat Quadscan 4000, což znamená, že získané hodnoty se více odchyľují od průměru.

BMR neboli bazální metabolický výdej (Basal metabolic rate) udává počet kalorií, které jsou potřeba pro správné fungování základních životních funkcí. Na základě této hodnoty je v porovnání s průměrnou metabolickou rychlostí určován metabolický věk, který určuje rychlost našeho metabolismu. Nejčastěji se udává v kJ či v kcal. BMR se liší u každého pacienta v závislosti na jeho životním stylu. Většina našich pacientů měla vyšší metabolický věk. Pouze šest lidí mělo metabolický věk nižší. Toto je závislé také na počtu kalorií, které naše tělo denně potřebuje. Naši mužští pacienti se nacházeli v rozmezí 1874-2372 kcal. Přístroj Tanita nám vypočítal nižší hodnoty, než jaké jsme získali z Bodystatu. Pro naše pacientky jsme z obou přístrojů dostali hodnoty v rozmezí od 1112-2250 kcal. Zajímavostí je, že váha Tanita nám neurčila metabolický věk pro naši nejmladší pacientku, ale Bodystat na druhou stranu ano. Toto je závislé na predikčních rovnicích, které jednotlivé přístroje používají k dalším výpočtům. V případě žen směrodatná odchylka vyšla vyšší u přístroje Tanita. Ze zdravotního hlediska je optimálnější mít nižší metabolický věk.

Následně jsme mohli porovnat hodnoty impedance pro frekvenci 50kHz. Přestože Bodystat Quadscan 4000 patří mezi multifrekvenční přístroje, nemohli jsme porovnat více frekvencí, jelikož druhý přístroj funguje pouze na jedné frekvenci. V tomto případě nám větší směrodatná odchylka vyšla pro Bodystat. Impedance pro mužskou část nám vyšla v rozmezí 351-436 Ω pro Bodystat a pro Tanitu máme hodnoty od 398,9-466,6 Ω . Nejnižší impedance u žen nám vyšla 268,4 Ω z přístroje Tanita, u kterého nám vyšla i menší směrodatná odchylka (okolo 106,961). Směrodatná odchylka u Bodystat byla 111,206.

Díky měření jsme měli možnost porovnat výsledky ze dvou různých přístrojů, které oba pracují na trochu jiných principech a frekvencích. Každý z nich má jiné výhody/nevýhody vztahující se k jejich používání. Při našem výzkumu jsme změřili široké spektrum pacientů, kteří byli věkově 12-62 let a váhově v rozmezí 44,3-135 kg.

Závěr

Představili jsme si jednotlivé komponenty tělesného složení, jejichž hodnoty se používají pro posouzení zdravotního stavu.

Měli jsme možnost změřit a porovnat na vzorku 15 různých pacientů měření s dvěma odlišnými přístroji, které pracují na principu BIA analýzy.

Přístroj Bodystat Quadscan 4000 se jeví jako přesnější, jelikož pracuje na principu multifrekvenční BIA analýzy. Použitím více frekvencí dostáváme možnost rozlišit celkové množství tělesné vody a také odlišit extracelulární a intracelulární tekutiny. Díky tomu je možné zjistit buněčnou i extracelulární tělesnou hmotu.

Oproti tomu přístroj Tanita SC-240 je monofrekvenční, což znamená, že pracuje pouze s jednou frekvencí (50 kHz), čímž může docházet ke zkreslení výsledků. Z tohoto přístroje však dostáváme informace i o hmotnosti svalů a kostí.

Velkou výhodou obou přístrojů je jejich neinvazivnost, jednoduché ovládání, rychlost a přesnost měření. Je pravděpodobné, že mohlo dojít ke zkreslení našich výsledků během měření, jelikož nebyly dodrženy některé zásady. Mezi kontraindikace při měření mohlo patřit těhotenství, zvýšený či snížený příjem tekutin, zvýšená tělesná teplota, nadměrná fyzická zátěž před měřením či různé léky řadící se mezi diuretika nebo steroidy nebo také menstruační cyklus.

Na základě získaných dat jsme vždy mezi sebou porovnali muže a pak ženy. Hodnoty se mezi sebou vzájemně odlišují v závislosti na pohlaví, věku a hmotnosti jedinců. Pomocí našeho měření jsme mohli určit tělesný a zdravotní stav našich pacientů a porovnat fungování a rozdílnost použitých přístrojů Bodystat Quadscan 4000 a Tanita SC-240.

Seznam použité literatury

1. *Optimální složení těla*. TANITA eshop.cz - Osobní digitální váhy od autorizovaného prodejce. [online].1995. Dostupné z: <https://www.tanita-eshop.cz/optimalni-slozeni-tel>
2. LEDVINA, M. a kol. *Biochemie pro studující medicíny*. Praha: Karolinum 2020, 270 s. ISBN 9788024647470
3. PAŘÍZKOVÁ, J. *Složení těla, metody měření a využití ve výzkumu a lékařské praxi*. Med Sport Boh. Slov. 1998., roč. 7, č. 1, ISSN 1210-5481
4. KREMLÍKOVÁ, L. *Důležitou informací o zdraví jsou výsledky měření složení těla/Vím, co jím | Vím, co jím – zdravý životní styl*. [online]. 2020. Dostupné z: https://www.vimcojim.cz/magazin/clanky/o-zdravi/Dulezitou-informaci-o-zdravi-jsou-vysledky-mereni-slozeni-tela_s10012x19617.html
5. *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>
6. 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_340719_0_152335.pdf?sequence=1. Bakalářská práce. Univerzita Karlova. Vedoucí práce Václav Bunc.
7. *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>
8. ŠVÍGLEROVÁ, J. *Intracelulární tekutina*. [online]. 2009. Dostupné z: https://www.wikiskripta.eu/w/Intracelul%C3%A1rn%C3%AD_tekutina
9. PÁNEK, J. *Základy výživy*. 1. vyd. Praha: Svoboda Servis, 2002, 207 s. ISBN 80-86320-23-5.
10. *Tuková tkáň*. [online]. Dostupné z: https://www.wikiskripta.eu/w/Tukov%C3%A1_tk%C3%A1%C5%88
11. KONRÁDOVÁ, V. *Poznámky k přednáškám z histologie*. 1. vyd. Jinočany: H & H, 1993. ISBN 80-85787-15-6.

12. VEJRÁŽKOVÁ, D. *Hnědá tuková tkáň u dospělých*. [online]. Dostupné z: https://www.wikiskripta.eu/w/Hn%C4%9Bd%C3%BD_tuk
13. HAINER, Vojtěch a kol. *Základy klinické obezitologie*. 2., přeprac. a dopl. vyd. Praha: Grada, 2011, 422 s. ISBN 978-802-4732-527.
14. TROJAN, Stanislav a kol. *Lékařská fyziologie*. 4. vyd. přepr. a dopl. Praha: Grada Publishing, 2003, 771 s. ISBN 80-247-0512-5.
15. KUTÁČ, P. *Základy kinantropometrie: (pro studující obor TV a sport)*. 1. vyd. Ostrava: Pedagogická fakulta Ostravské univerzity v Ostravě, katedra tělesné výchovy, 2009. ISBN978-80-7368-726-7
16. *AEROBICS*. [online]. 2010. Dostupné z: <http://www.aerobics.cz/print.asp?from=clanky&id=105>
17. *Kolik tělesného tuku máme mít*. Fitness007.cz - Vše pro fitness [online]. 2018. Sport Fitness Product s.r.o. Dostupné z: <https://www.fitness007.cz/blog/slozeni-tela-idealni-procento-tuku-v-tele-kolik-telesneho-tuku-bychom-meli-mit/>
18. ZVONAŘ, M.; DUVAČ, I. *Antropomotorika: pro magisterský program tělesná výchova a sport*. 1. vyd. Brno: Masarykova univerzita, 2011. ISBN 978-80-020-5380-9.
19. *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>
20. 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.
21. NÝVLT, O. *Kolik tělesného tuku máme mít*. [online]. 2016. Dostupné z: <https://www.nutriadapt.cz/zajimave-cteni/kolik-telesneho-tuku-mame-mit>
22. *Svalová tkáň*. [online]. 2010. Dostupné z: https://ostrava.educanet.cz/www/biologie/index2f6c2f6c.html?option=com_content&view=article&id=35&Itemid=35
23. JUNQUIERA, L. Carlos, José CARNEIRO a Robert O KELLEY. *Základy histologie*. 1. vydání. Jinočany: H & H 1997, 0000. 502 s. s. 184-204. ISBN 80-85787-37-7.

24. ČIHÁK, R. *Anatomie I*. 2. vydání. Praha: Grada, 2001. 516 s. s. 321-327. ISBN 978-80-7169-970-5.
25. 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 . Diplomová práce. Masarykova Univerzita. Lékařská fakulta. Vedoucí práce Martin Matoulek.
26. GRASGRUBER, P. a CACEK J. *Sportovní geny*. Vyd. 1. Brno: Computer Press, 2008, ISBN 978-80-251-1873-3.
27. KOPECKÝ, M. *Somatologie*. Dotisk 1.vyd. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2012. ISBN 978-80-244-2271-8.
28. ŠPINLEROVÁ, M. *Bioelektrická impedanční analýza v praxi nutriční ambulance* [online]. 2016. Dostupné z: https://is.muni.cz/th/394092/lf_m/diplomka_definitivni_pdf.pdf
29. 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 . Diplomová práce. Masarykova Univerzita. Lékařská fakulta. Vedoucí práce Martin Forejt.
30. *Lidská kostra* – Wikipedie. [online]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Lidsk%C3%A1_kostra#cite_ref-cihak1_5-0
31. *Podíl kostní hmoty*. Lékařské váhy. [online]. Dostupné z: <http://www.lekarske-vahy.cz/podil-kostni-hmoty.htm>
32. *Index tělesné hmotnosti* – Wikipedie. [online]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Index_t%C4%9Blesn%C3%A9_hmotnosti
33. JURÁNKOVÁ, M. *Rovnováha tělesných komponent vybraných věkových skupin populace žen ČR* [online]. 2012. Dostupné z: https://is.muni.cz/th/259613/fsp_m/diplomova_prace.pdf . Diplomová práce. Masarykova Univerzita. Fakulta sportovních studií. Vedoucí práce Jan Cacek.
34. TOMÍŠKA, M. *Speciální metody vyšetření tělesného složení*. In: . B.m. Masarykova univerzita. Lékařská fakulta. [online]. Dostupné z: https://is.muni.cz/th/sjd25/diplomka_definitivni_pdf.pdf

35. *Výpočet BMI, Body Mass Index – jak se správně provádí?* | Rehabilitace.info. Zdravotní magazín a katalog rehabilitací | Rehabilitace.info [online]. 2013. Dostupné z: <https://www.rehabilitace.info/zajimavosti/vypocet-bmi-body-mass-index/>
36. BAHADORI, Bahak a E. UITZ. *BIA, Body Composition & Bodystat Research Articles* [online]. Dostupné z: <http://www.bodystat.com/support/research/VAL051>
37. KYLE, U. *Bioelectrical impedance analysis? part I: review of principles and methods. Clinical Nutrition* [online]. 2004. 23(5), 1226–1243. ISSN 02615614. Dostupné z: doi:10.1016/j.clnu.2004.06.004
38. *Antropometrická měření.* [online]. Dostupné z: <http://www.szu.cz/ehes-antropometricka-mereni>
39. KOCIÁNOVÁ, M. *Srovnání vybraných somatických charakteristik u obézních žen po absolvování kurzu snižování nadváhy.* [online]. 2012. Dostupné z: <https://theses.cz/id/ihgnpf/kocinov.pdf>. Diplomová práce. Univerzita Palackého v Olomouci. Vedoucí práce Miroslava Přidalová.
40. 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
41. BUNC, V. *Možnosti stanovení tělesného složení u dětí bio impedance metodou.* Časopis lékařů českých. 2007, roč. 146, č. 2, s. 492-496.
42. HOJGR, B. *Porovnání různých metod měření procenta tuku v těle.* [online]. 2010. Dostupné z: https://is.muni.cz/th/176365/fsp_m/Diplomova_prace_Borivoj_Hojgr.txt. Diplomová práce. Masarykova Univerzita. Fakulta sportovních studií. Vedoucí práce Martina Bernaciková.
43. ZAVADILOVÁ, V. *Porovnání výsledků různých metod měření tělesného složení.* [online]. 2014. Dostupné z: https://is.muni.cz/th/gqfqv/Bakalarska_prace_Zavadilova.pdf. Bakalářská práce. Masarykova Univerzita. Fakulta sportovních studií. Vedoucí práce Zdeněk Jiráček.
44. BUŽGA, M. a kolektiv. *Porovnání Výsledků různých metod stanovení tělesného tuku.* Hygiena [online]. 2012, (57/3) Dostupné z: <https://hygiena.szu.cz/pdfs/hyg/2012/03/08.pdf>

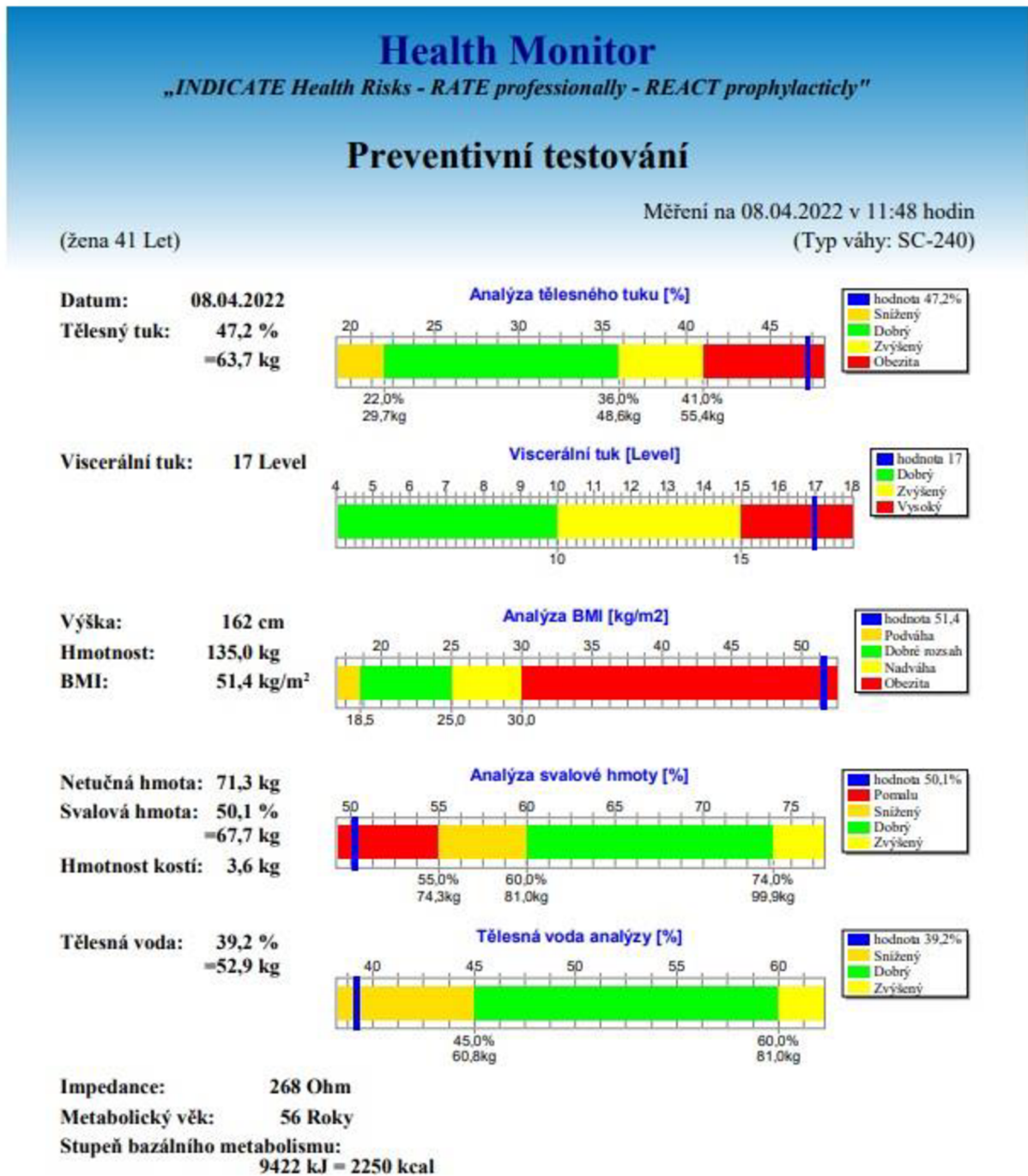
45. STABLOVÁ, A. SKOROČKÁ, I. BUNC, V. *Bioimpedanční metody používané v Laboratoři sportovní motoriky* [online]. Dostupné z: https://is.muni.cz/el/1451/podzim2012/bp1022/BIA_-_clanek.pdf
46. HRONEK, M. *Bioimpedanční analýza tělesné kompozice*. [online]. Dostupné z: <https://portal.faf.cuni.cz/getattachment/Groups/Clinical-physiology-of-nutrition-and-metabolism/News/Bioimpedancni-spektroskopie-a-predikce-hodnot-telesne-kompozice.pdf.aspx>
47. 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
48. 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.
49. BRUCHANOV, M. *Odhadování množství tělesného tuku pomocí kaliperace*. [online]. 2009. Dostupné z: <http://bruxy.regnet.cz/web/fitness/cz/kaliperace/>
50. POLLOCK, Neal W. *Složení těla a hodnoty BMI* [online]. Dostupné z: http://www.daneurope.org/web/guest/home;jsessionid=4883E821A19D17B288F7ABBA96B2DC41?p_p_id=20&p_p_lifecycle=1&p_p_state=exclusive&p_p_mode=view&_20_struts_action=%2Fdocument_library%2Fget_file&_20_folderId=4860530&_20_name=DLFE-8237.pdf
51. *Složení těla a další tělesná diagnostika*. [online]. Dostupné z: <https://www.inbody.cz/vse-o-mereni>
52. HAINER, V. *Základy klinické obezitologie - 2., přepracované a doplněné vydání*. B.m.: Grada Publishing a.s., 2011. ISBN 978-80-247-3252-7.
53. *Bodystat* | summusvita.cz. Institut sportovního lékařství zdravého životního stylu [online]. Dostupné z: <https://www.summusvita.cz/sluzby/trenink-kondicni-priprava-menu/bodystat/>
54. *Přístroj pro monitorování složení lidského těla*. [online]. Dostupné z: <https://im9.cz/product-docs/q5reuotrg4ddhzch/N%C3%A1vod%20-%20Omron%20BF511.pdf>
55. *Omron BF-511 B* | MALL.CZ. MALL.CZ – bílé zboží, elektronika, PC, outdoor, hobby, hračky, kosmetika, chovatelské potřeby [online]. 2000. Dostupné z: <https://www.mall.cz/zdravotni-pomucky/omron-bf-511>

56. *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>
57. *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>
58. *Co je to přístroj InBody?* - Výživoví poradci.cz. Úvod – Výživoví poradci.cz [online]. Dostupné z: <https://www.vyzivovi-poradci.cz/znate-in-body/co-je-to-pristroj-inbody-8-1313841660-htm>
59. *Návod na měření kožních řas pro stanovení FFMI a MAMC.* [online]. Dostupné z: <https://chopn.registry.cz/index.php?pg=informacni--navod-mereni-koznich-ras>
60. *Kaliperace Archivy - TRENOVANI.COM.* TRENOVANI.COM - Petr Koliska – tréninky, životospráva, kineziotaping, blog. [online]. 2016. Dostupné z: <http://www.trenovani.com/tag/kaliperace/>
61. *DXA (DualEnergy X-Ray Absorptiometry)* - Fakulta tělesné výchovy. [online]. 2021. Fakulta tělesné výchovy. Dostupné z: <https://ftvs.cuni.cz/FTVS-2298.html>
62. *Vyšetření osteoporózy.* MojeMedicina.cz: portál pro zdraví [online]. 2022. Roche Czech Republic. Dostupné z: <https://www.mojemedicina.cz/pruvodce-pacienta/diagnozy/osteoporoza/vysetreni-osteopoozy.html>
63. *Tělesná diagnostika – InBody.* Tělesná diagnostika – InBody [online]. Dostupné z: <https://www.inbody.cz/>
64. *Směrodatná odchylka | Marketingový výzkum a analýza dat – STEM/MARK.* Marketingový výzkum a analýza dat – STEM/MARK [online]. 2020. STEM. Dostupné z: <https://www.stemmark.cz/encyklopedie-smerodatna-odchylka/>
65. *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>
66. *STAVBA A SLOŽENÍ TĚLA – LBS LAB.* LBS Sport [online]. 2022. Dostupné z: <https://www.lbs-sport.cz/LBS-LAB/stavba-a-slozeni-tela/>
67. *HVIZDOŠOVÁ, D. CO JE TO BAZÁLNÍ METABOLISMUS A JAK VYPOČÍTAT BMR?* - GymBeam Blog. GymBeam – obchod s doplňky výživy pro sportovce [online]. 2019. Dostupné z: <https://gymbeam.cz/blog/co-je-to-bazalni-metabolismus-a-jak-vypocitat-bmr/>

68. *Boditrax » Frequently Asked Questions*. Object moved [online].2017. boditrax Technologies Ltd. Dostupné z: <https://boditrax.com/faq>
69. VESELÁ, Z. *Metabolický věk – Víte, kolik let je vašemu tělu?* Bezhladoveni.cz - Magazín o hubnutí a zdravém životním stylu [online]. 2021. Dostupné z: <https://www.bezhladoveni.cz/metabolicky-vek/>
70. *Ideální postava – jaký by měl být poměr tuku, svalů a vody v těle?* Krabičková dieta Praha – zhubněte zdravě bez hladovění. 2016. [online]. Dostupné z: <https://www.dietavkrabicce.cz/clanky/idealni-postava-jaky-by-mel-byt-pomer-tuku-svalu-a-vody-v-tele/73>
71. *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/>
72. *Měření tělesného složení*. Fakulta sportovních studií Masarykovy univerzity | MUNI SPORT [online]. Dostupné z: <https://www.fsps.muni.cz/emuni/data/reader/book-18/08.html>
73. *Wikipedia*. [online]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/>
74. MRÁZOVÁ, K.-autorka Bakalářské práce.
75. *Směrodatná odchylka* – Wikipedie. [online]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Sm%C4%9Brodavn%C3%A1_odchylka

Přílohy

Příloha 1 Protokol z měření Tanita SC-240



Health Monitor

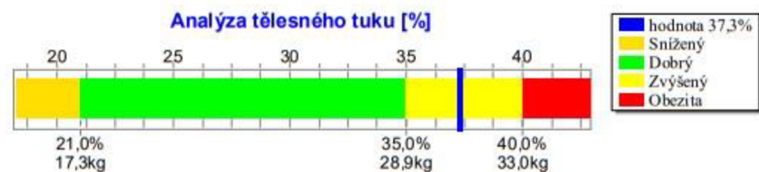
„INDICATE Health Risks - RATE professionally - REACT prophylacticky“

Preventivní testování

██████████
(žena 26 Let)

Měření na 08.04.2022 v 14:09 hodin
(Typ váhy: SC-240)

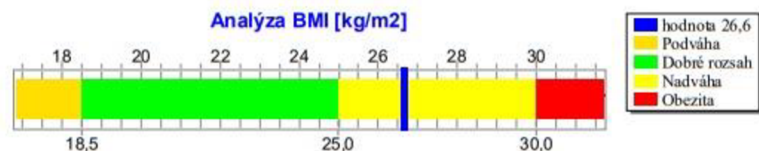
Datum: 08.04.2022
Tělesný tuk: 37,3 %
 =30,8 kg



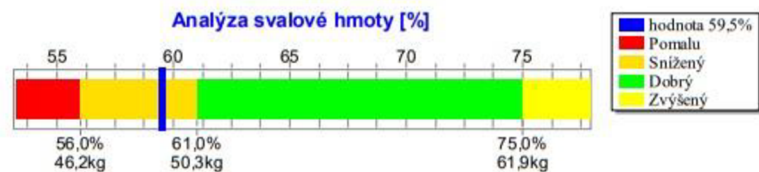
Viscerální tuk: 5 Level



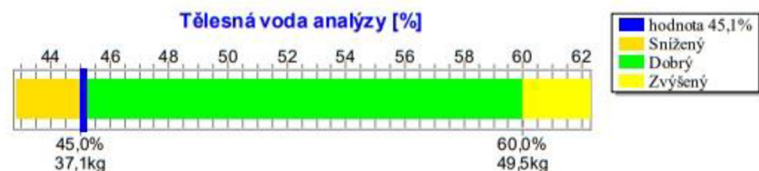
Výška: 176 cm
Hmotnost: 82,5 kg
BMI: 26,6 kg/m²



Netučná hmota: 51,7 kg
Svalová hmota: 59,5 %
 =49,1 kg
Hmotnost kostí: 2,6 kg



Tělesná voda: 45,1 %
 =37,2 kg

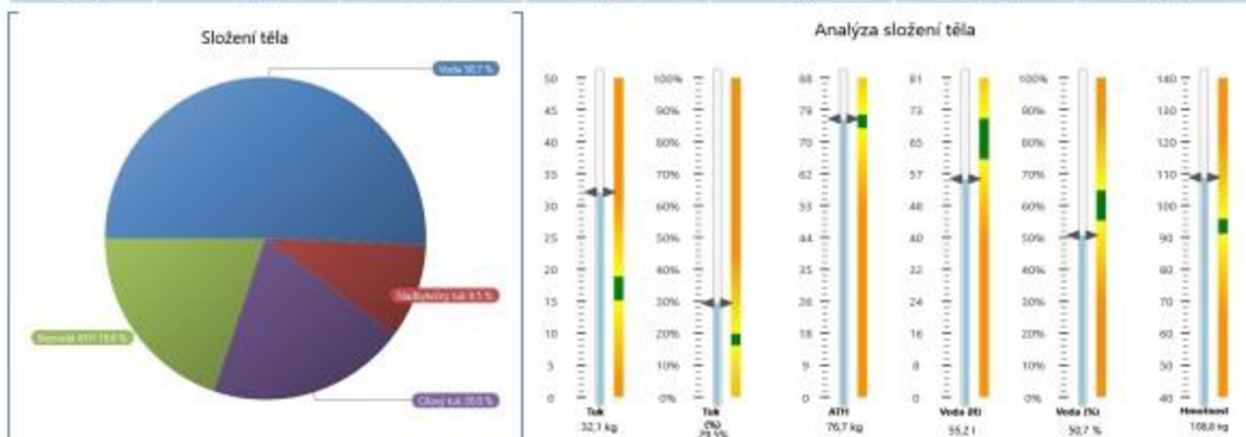


Impedance: 515 Ohm
Metabolický věk: 41 Roky
Stupeň bazálního metabolismu:
 6717 kJ = 1604 kcal



Bodystat® Zpráva o složení těla – profesionální

Jméno klienta	Ref. klient	Věk	Pohlaví	Aktivita	Výška	Hmotnost
Měření bakalářská práce	1234	53	M	Velmi nízká	1,84 m	108,8 kg
Datum/čas testu	Číslo testu / ref.	Zařízení	Sériové číslo	Pas	Boky	
08.04.2022 11:15	76	QuadScan 4000 BT	411154	85 cm	90 cm	
Imp. 5 kHz (Ω)	Imp. 50 kHz (Ω)	Imp. 100 kHz (Ω)	Imp. 200 kHz (Ω)	Resistance (Ω)	Reactance (Ω)	Phase Angle (°)
497	430	406	388	427	48,9	6,5



Výsledek složení těla

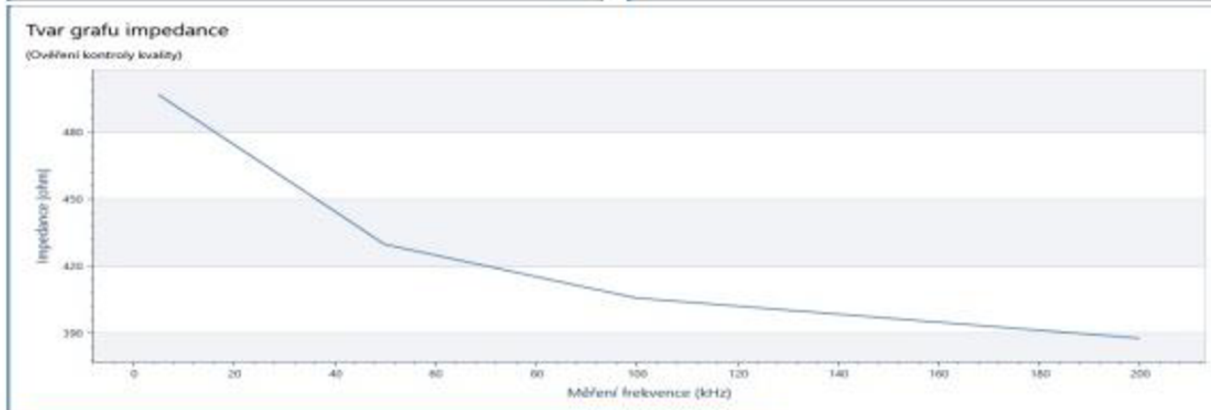
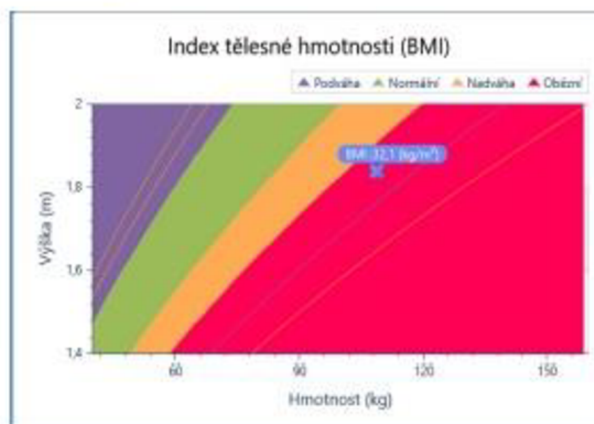
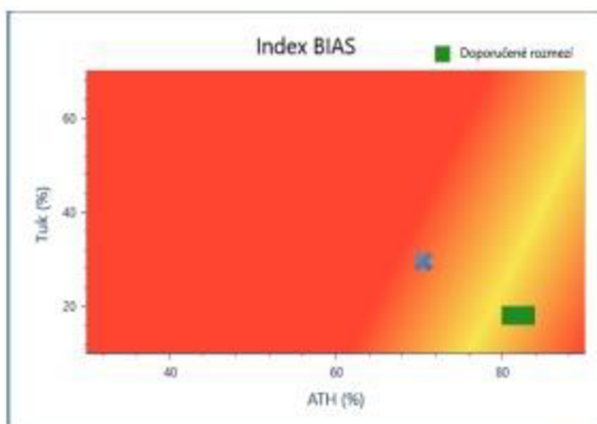
Výsledek	Hodnota	CTV	ATH	Hmotnost
ECT (lt)	23,2	55,2 l (60 l - 71 l)	76,7 kg (74 kg - 78 kg)	108,8 kg (91 kg - 96 kg)
ICT (lt)	31,8			
3SW (lt)	0,1			
Bezvodá ATH (kg)	21,6			
Tuk (kg)	32,1 (15 kg - 19 kg)			

Výsledek	Procentuální hodnota	CTV	ATH	Normální rozmezí
ECT (%)	21,3	50,7 % (55% - 65%)	70,5 (%) (80% - 84%)	26,0
ICT (%)	29,3			34,0
3SW (%)	0,1			-
Bezvodá ATH (%)	19,8			-
Tuk (%)	29,5			(16% - 20%)

Zpráva	Bodystat® Zpráva o složení těla – profesionální	Vytvořené	20.04.2022	Podrobnosti zprávy
Strana	1/4	Rovnice	BCRE7	Jméno klient
				Měření bakalářská pr
				Ref. klient
				1234
				Datum testu
				08.04.2022 11:15
				Číslo testu
				76



Bodystat® Zpráva o složení těla – profesionální



Výsledek	Hodnota	Normální
BMI (kg/m ²)	32,1	(20 - 25)
BFMI (kg/m ²)	9,5	(4 - 6)
FFMI (kg/m ²)	22,7	(22 - 23)
Poměr pas/boky	0,94	< 1,00
Výsledek		Hodnota
BMR	2187 kcal/den	20 kcal/kg
CVM (kcal/ kg)	3062	
Výsledek	Hodnota	Normální
Rutiněčná hmotnost (kg)	45,5	-
Nutriční index	0,42	0,43
Prediction marker	0,781	-
Kosterní svalová hm.	36,8	-

Poměr pas/boky
Poměr pas/boky 0,94

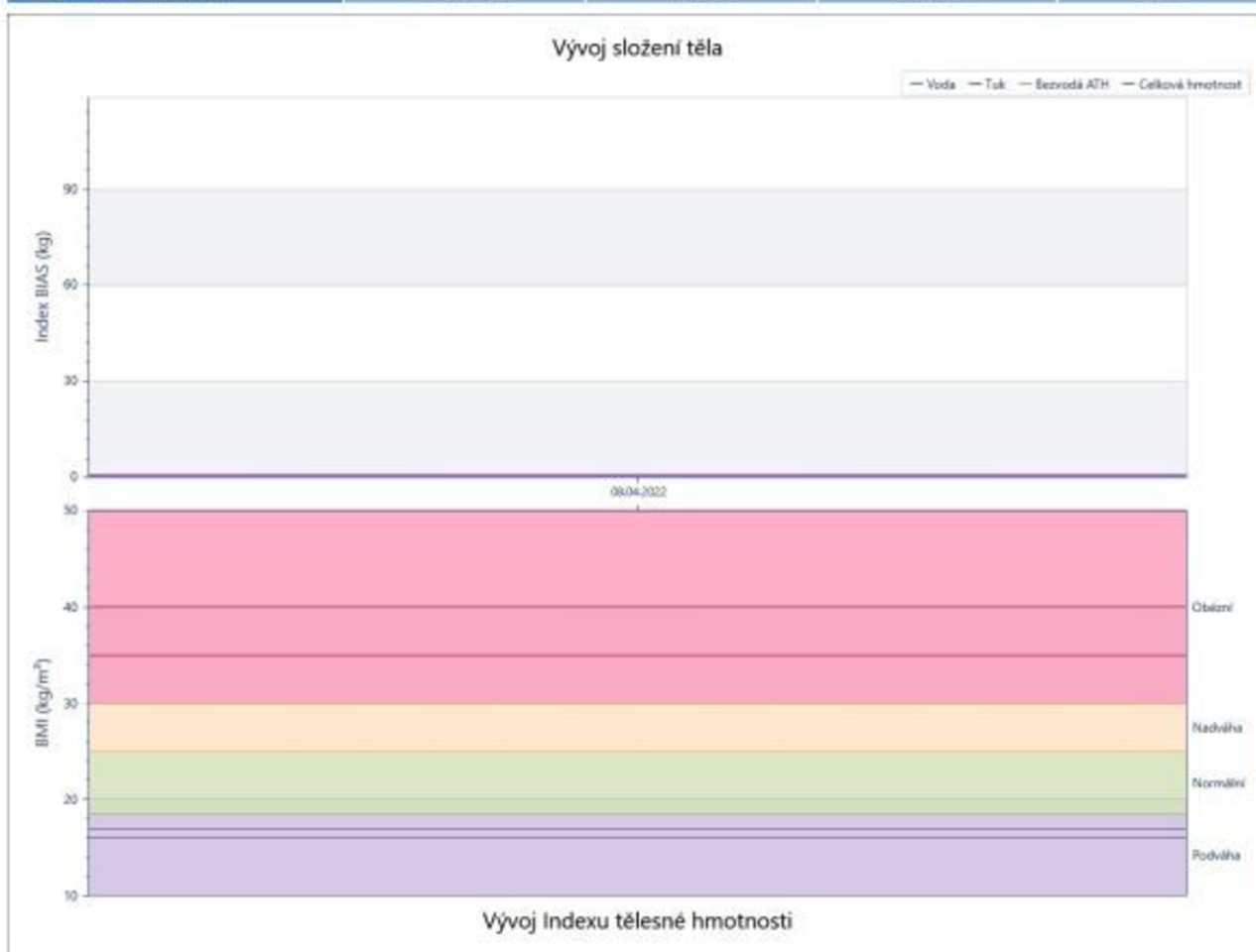


Zpráva	Bodystat® Zpráva o složení těla – profesionální	Vytvořené	20.04.2022	Podrobnosti zprávy
Strana	2/4	Rovnice	BCRE7	Jméno klient
				Měření bakalarska pr.
				Ref. klient
				1234
				Datum testu
				08.04.2022 11:15
				Číslo testu
				76



Bodystat® Zpráva o složení těla – profesionální

Historie složení těla				
Výsledek	První	Poslední	Odchylka	Odchylka %
Datum testu	08.04.2022 11:15:50	08.04.2022 11:15:50	~1 den	-
Hmotnost (kg)	108,8 kg	108,8 kg	0,00	0,0
Tuk (kg)	32,1 kg	32,1 kg	0,00	0,0
Bezvodá ATH (kg)	21,6	21,6	0,00	0,0
Voda (lt)	55,2	55,2	0,00	0,0
Imp 50 kHz (Ω)	430	430	0,00	0,0
Phase Angle 50 kHz	6,50	6,50	0,00	0,0
Prediction marker	0,781	0,781	0,000	0,0




Zpráva	Bodystat® Zpráva o složení těla – profesionální	Vytvořené	20.04.2022	Podrobnosti zprávy
Strana	3/4	Rovnice	BCRE7	Jméno klient
				Měření bakalářská pr
				Ref. klient
				1234
				Datum testu
				08.04.2022 11:15
				Číslo testu
				76



Bodystat® Zpráva o složení těla – profesionální

Historie složení těla											
Datum testu	Hmot- nost (kg)	ATH (kg)	Tuk (kg)	Tuk (%)	Cíl (%)	BMR (kcal)	Bezvod á ATH (kg)	Bezvod á ATH (%)	Voda (lt)	Voda (%)	Imp 50 kHz
8.dub.2022 11:15:50	108,8	76,7	32,1	29,5	20,0	20,1	21,6	19,8	55,2	50,7	430

Zpráva	Bodystat® Zpráva o složení těla – profesionální	Vytvořené	20.04.2022	Podrobnosti zprávy	
Strana	4/4	Rovnice	BCRE7	Jméno klient	Merení bakalářska pr
	www.bodystat.com			Ref. klient	1234
	© Bodystat Ltd			Datum testu	08.04.2022 11:15
				Číslo testu	76

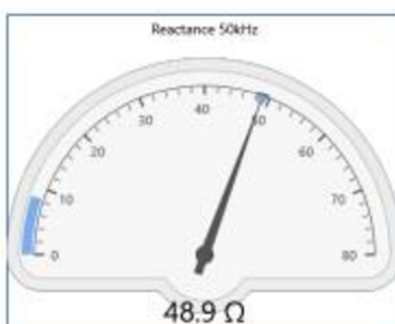
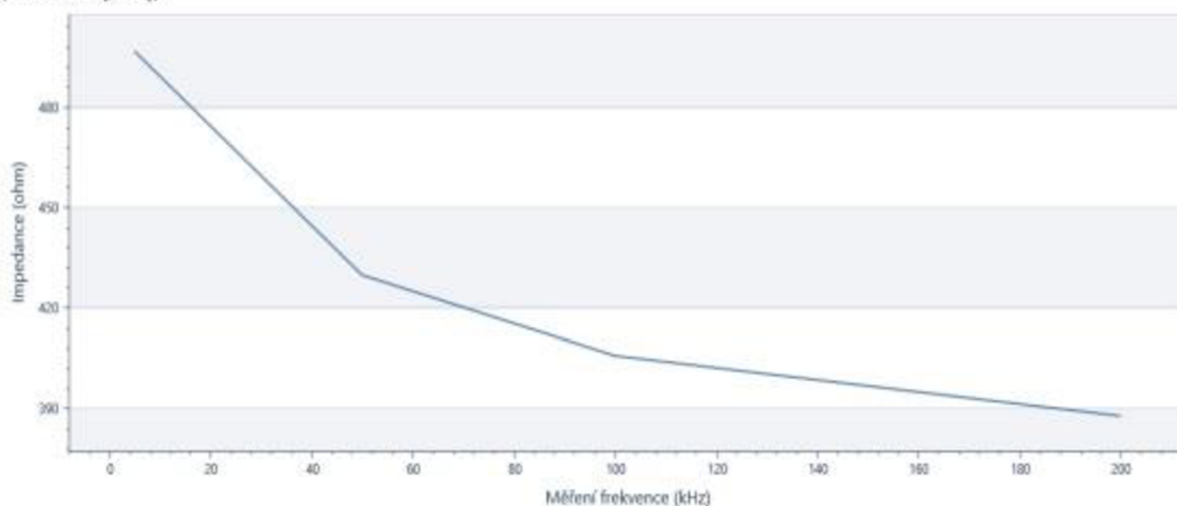


Bodystat® Pokročilá zpráva – profesionální

Jméno klienta	Ref. klient	Věk	Pohlaví	Aktivita	Výška	Hmotnost
Měření bakalarska prace	1234	53	M	Velmi nízká	1,84 m	108,8 kg
Datum testu	Číslo testu / ref.	Zařízení	Sériové číslo	Pas	Boky	
08.04.2022 11:15	76	QuadScan 4000 BT	411154	85,0	90,0	
Imp. 5 kHz (Ω)	Imp. 50 kHz (Ω)	Imp. 100 kHz (Ω)	Imp. 200 kHz (Ω)	Resistance 50kHz	Reactance 50kHz	Phase Angle 50 kHz
497	430	406	388	427	48,9	6,5

Tvar grafu impedance

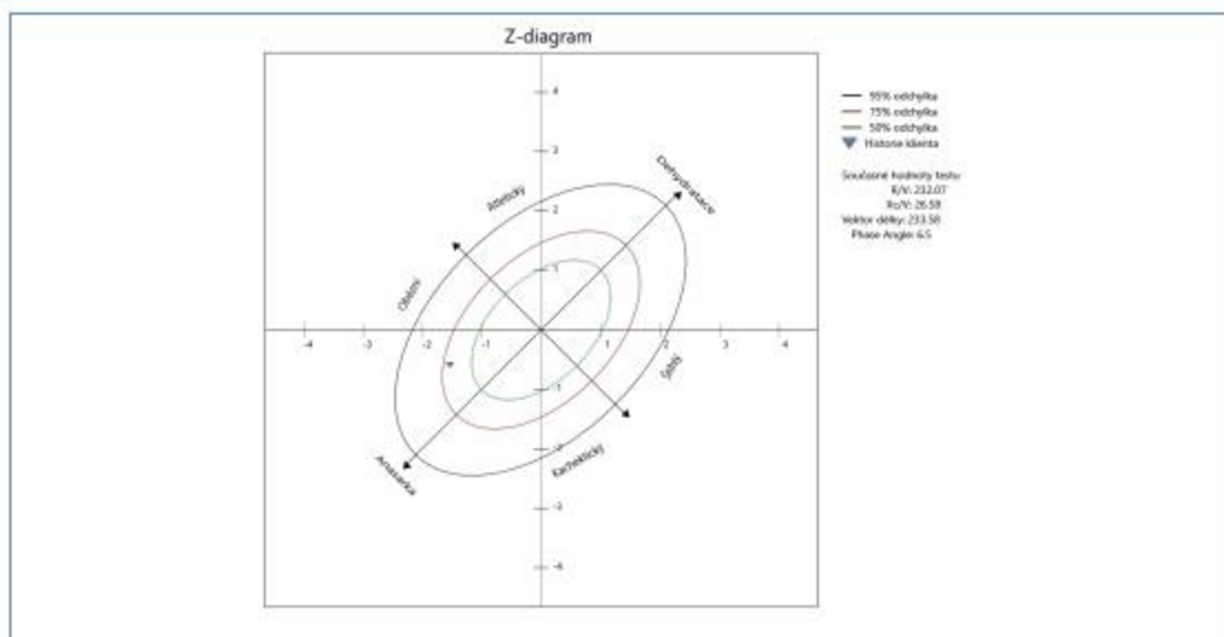
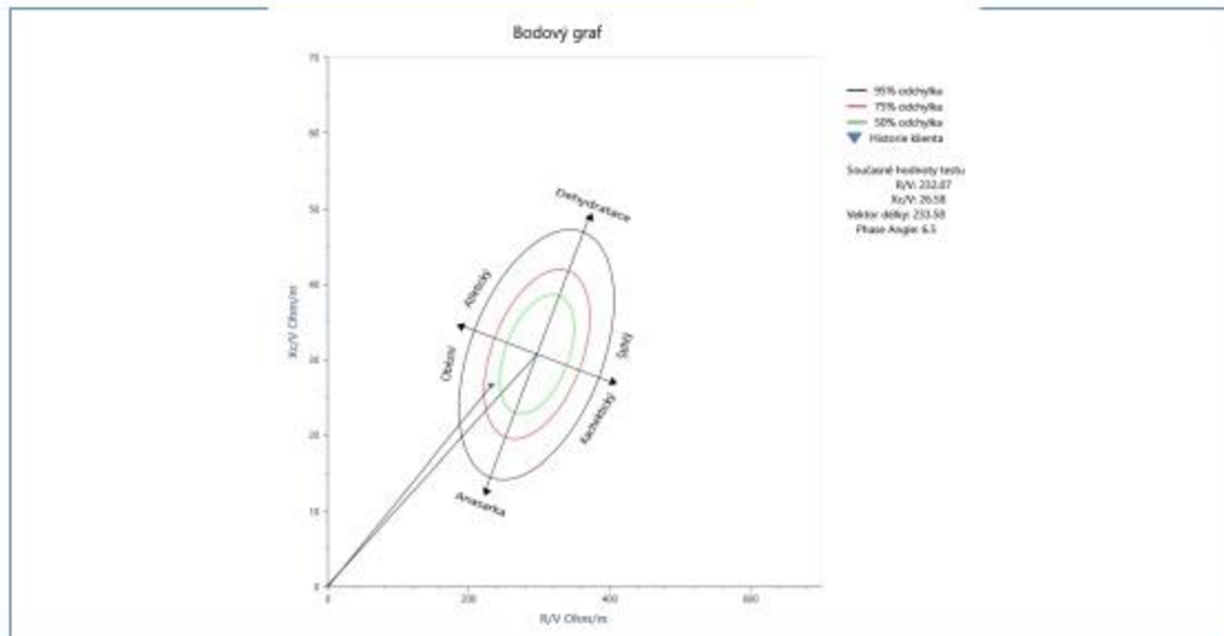
(Ověření kontroly kvality)



Zpráva	Bodystat® Pokročilá zpráva – profesionální	Vytvořené	20.04.2022	Podrobnosti zprávy
Strana	1/4	Rovnice	BCRE7	Jméno klient
				Měření bakalarska pr
				Ref. klient
				1234
				Datum testu
				08.04.2022 11:15
				Číslo testu
				76



Bodystat® Pokročilá zpráva – profesionální



Zpráva	Bodystat® Pokročilá zpráva – profesionální	Vytvořené	20.04.2022	Podrobnosti zprávy	
Strana	2/4	Rovnice	BCRE7	Jméno klient	
www.bodystat.com © Bodystat Ltd				Měření bakalářská pr	
				Ref. klient	1234
				Datum testu	08.04.2022 11:15
				Číslo testu	76



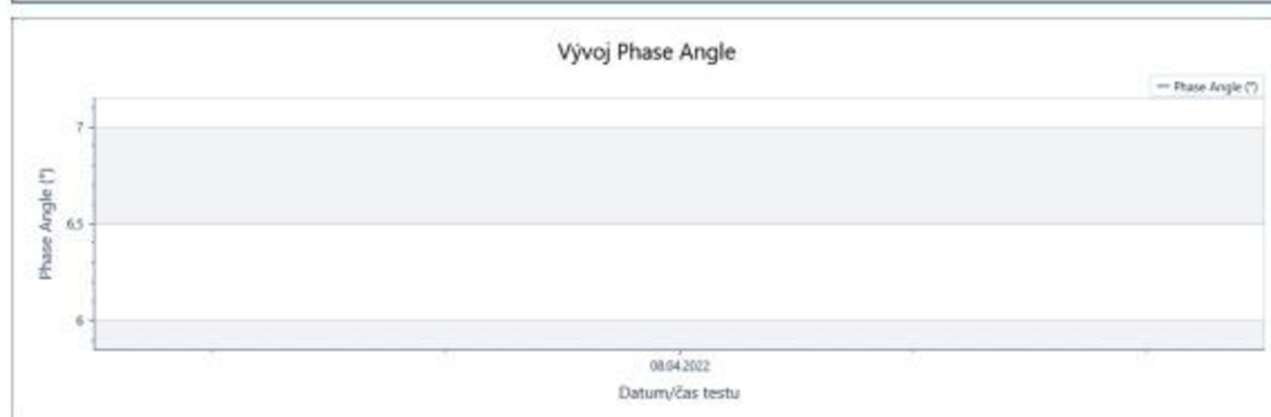
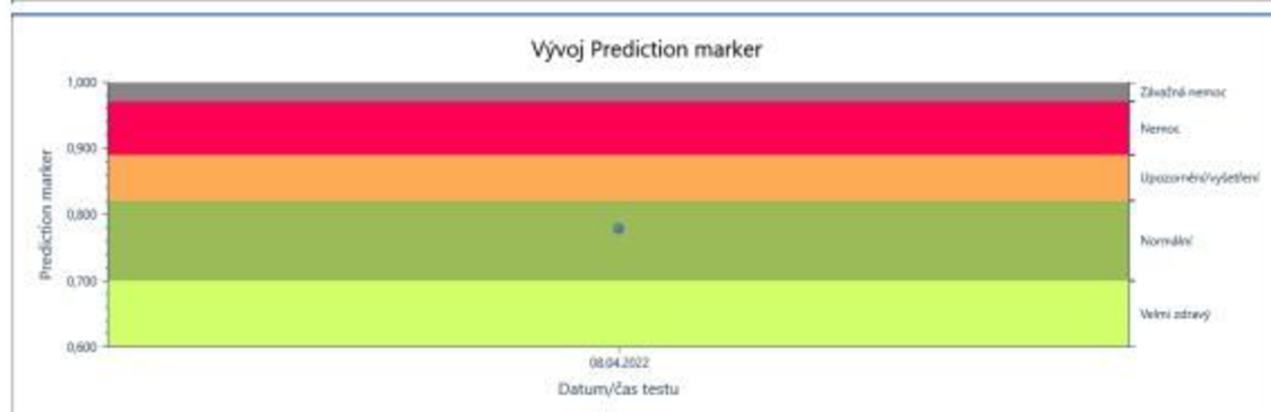
Bodystat® Pokročilá zpráva – profesionální

Pokročilé výsledky – tabulka četnosti				
Frekvence	Impedance (Ω)	Resistance	Reactance	Phase
5,00	497,00	-	-	-
50,00	430,00	427,00	48,90	6,50
100,00	406,00	-	-	-
200,00	388,00	-	-	-

Zpráva	Bodystat® Pokročilá zpráva – profesionální	Vytvořené	20.04.2022	Podrobnosti zprávy
Strana	3/4	Rovnice	BCRE7	Jméno klient
				Měření bakalářska pr
				Ref. klient
				1234
				Datum testu
				08.04.2022 11:15
				Číslo testu
				76



Bodystat® Pokročilá zpráva – profesionální



Zpráva	Bodystat® Pokročilá zpráva – profesionální	Vytvořené	20.04.2022	Podrobnosti zprávy	
Strana	4/4	Rovnice	BCRE7	Jméno klient	
www.bodystat.com © Bodystat Ltd				Měření bakalářská pr	
				Ref. klient	1234
				Datum testu	08.04.2022 11:15
				Číslo testu	76