

Univerzita Palackého v Olomouci  
Fakulta tělesné kultury

**STANOVENÍ TĚLESNÉHO SLOŽENÍ NA ZÁKLADĚ METODY  
BIOELEKTRICKÉ IMPEDANCE U SENIORSKÉ POPULACE**

**Diplomová práce  
(magisterská)**

Autor: Adela Marečková, učitelství pro střední školy,  
tělesná výchova – zeměpis

Vedoucí práce: Doc. RNDr. Miroslava Přidalová, Ph. D.

Olomouc 2010

**Jméno a příjmení autora:** Adela Marečková

**Název diplomové práce:** Stanovení tělesného složení na základě metody bioelektrické impedance u seniorské populace

**Pracoviště:** Katedra funkční antropologie a fyziologie, Fakulta tělesné kultury

**Vedoucí diplomové práce:** Doc. RNDr. Miroslava Přidalová, Ph.D.

**Rok obhajoby diplomové práce:** 2010

**Abstrakt:**

Tato práce se zabývá hodnocením vybraných parametrů tělesného složení u studentek Univerzity třetího věku na Fakultě tělesné kultury Univerzity Palackého v Olomouci. Měření proběhlo v roce 2007.

Parametry tělesného složení byly měřeny prostřednictvím antropometrických metod a metody bioelektrické impedance. V případě antropometrických metod byla použita metodika Pařízkové, Matiegky a Drinkwatera a Rosse. K bioelektrické impedance analýze parametrů tělesného složení bylo využito přístrojů Bodystat Quadscan 4000 a Tanita BC 418 MA. Sledovány byly především difference v množství tělesného tuku, procentuálním zastoupení tělesného tuku, zastoupení tukuprosté hmoty, tělesných tekutinách a difference mezi jednotlivými měřeními. Hodnoty tělesného tuku naměřené metodou bioelektrické impedance se nejvíce přibližují výsledkům získaným dle metody Matiegky. Antropometrické metody vyhodnocují hodnoty tělesného tuku jako nižší než metody bioelektrické impedance.

**Klíčová slova:** frakcionace tělesné hmotnosti, antropometrické metody, bioelektrická impedance, tělesný tuk, svalová hmota, segmentální analýza tukové frakce, Bodystat Quadscan 4000, Tanita BC 418 MA, studentky U3V

Souhlasím s půjčováním diplomové práce v rámci knihovních služeb.

**Author's first name and Surname:** Adela Marečková

**Title of the master thesis:** Determination of Body Composition by Bioelectrical Impedance Method in the Elderly Population

**Workplace:** Department of Functional Anthropology and Physiology, The Faculty of Physical Culture

**Supervisor:** Doc. RNDr. Miroslava Přidalová, Ph.D

**The year of presentation:** 2010

**Abstract:**

The thesis deals with the evaluation of a selected set of parameters of a body composition of the group of female students of the Lifelong Learning Institute at the Faculty of Physical Culture of Palacký University in Olomouc. The measurement was carried out in 2007.

The body composition parameters were measured with the help of anthropometric methods and the method of bioelectric impedance. In case of the anthropometric methods I have applied the methodics of Pařízková, Matiegk, Drinkwater and Ross. I have used Bodystat Quadscan 4000 and Tanita BC 418 MA apparatuses for the bioelectric impedance analysis of the body composition parameters. Special attention was paid to differences in the amount of body fat, proportional presence of body fat, fat-free matter, body fluids and differences between individual measurements. The values of body fat measured by bioelectrical impedance method most closely approximates the results obtained by methods Matiegky. Anthropometric methods of body fat assessed value as less than bioelectrical impedance method.

**Key words:** fractionation of body weight, anthropometric methods, bioelectric impedance, body fat, muscular matter, segmental analysis of fat fractionation, Bodystat Quadscan 4000, Tanita BC 418 MA, students U3V

I agree the thesis paper to be lent within the library service.

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracovala samostatně pod vedením Doc. RNDr. Miroslavy Přidalové, Ph.D. a uvedla jsem všechny zdroje citované literatury.

V Olomouci dne 30. 4.2010

.....

Touto cestou bych chtěla poděkovat doc. RNDr. Miroslavě Přidalové Ph.D. za pomoc při řešení problémů, rady, materiály a laskavý přístup.

- 1 ÚVOD
- 2 SYNTÉZA POZNATKŮ
  - 2.1 SLOŽENÍ TĚLA
    - 2.1.1 Modely tělesného složení
    - 2.1.2 Tělesný tuk
    - 2.1.3 Tukuprostá hmota
    - 2.1.4 Celková tělesná voda
  - 2.2 METODY ODHADU TĚLESNÉHO SLOŽENÍ
    - 2.2.1 Bioelektrická impedance
    - 2.2.2 Antropometrické metody
    - 2.2.3 Ostatní metody
  - 2.3 FÁZE ONTOGENETICKÉHO VÝVOJE ČLOVĚKA – STÁŘÍ
    - 2.3.1 Vymezení pojmu stáří
    - 2.3.2 Periodizace stáří
    - 2.3.3 Stárnutí
    - 2.3.4 Projevy stárnutí
      - 2.3.4.1 Ontogenetické změny starších jedinců
      - 2.3.4.2 Antropometrické změny
      - 2.3.4.3 Změny vnitřního prostředí
      - 2.3.4.4 Pohybová aktivita ve starším věku
- 3 CÍLE PRÁCE
- 4 SOUBOR A METODIKA
  - 4.1 CHARAKTERISTIKA SOUBORU
  - 4.2 PRŮBĚH A ZPŮSOB ZÍSKÁVÁNÍ HODNOT TĚLESNÉHO SLOŽENÍ
  - 4.3 METODA BIOELEKTRICKÉ IMPEDANCE
  - 4.4 ANTROPOMETRICKÉ METODY
  - 4.5 STATISTICKÉ ZPRACOVÁNÍ DAT
- 5 VÝSLEDKY A DISKUZE
  - 5.1 HODNOCENÍ TĚLESNÉHO SLOŽENÍ METODOU BIOELEKTRICKÉ IMPEDANCE
  - 5.2 HODNOTY SEGMENTÁLNÍ ANALÝZY TUKOVÉ A SVALOVÉ FRAKCE NAMĚŘENÉ BIOIMPEDANČNÍ METODOU PŘÍSTROJEM TANITA BC 418 MA
  - 5.3 HODNOCENÍ TĚLESNÉHO SLOŽENÍ ANTROPOMETRICKÝMI METODAMI

- 6 ZÁVĚRY
- 7 SOUHRN
- 8 SUMMARY
- 9 REFERENČNÍ SEZNAM
- 10 PŘÍLOHY

# 1 ÚVOD

Období stáří je jednou z fází ontogenetického vývoje člověka, která přirozeně přichází v průběhu života společně s přibývajícimi lety. Změny, ke kterým v organismu během této etapy života dochází, jsou projevem stárnutí a nazýváme je změnami involučními. Tyto změny jsou ale často limitujícími faktory, které výrazně mění kvalitu života v seniorském věku. Významně ovlivňují možnosti stárnoucího organismu vykonávat činnosti, které jsou potřebné jak pro uspokojení běžných potřeb, tak ale také pro naplnění podstaty aktivního životního stylu seniorů. V současné době je jedním z nejpodstatnějších faktorů ovlivňující nejen nástup a průběh, ale i podobu stáří právě také životní styl. Během stárnutí dochází ke snižování tělesné hmotnosti, snižování tukuprosté hmoty a současně zvyšování množství tělesného tuku. Změny v množství a kvalitě svalové hmoty bezprostředně rozhodují o pohybové aktivitě seniorů a snižují předpoklady pro vykonávání tělesné práce (Bunc & Štílec, 2007).

Středem pozornosti většiny dnešních studií je sledování změn tělesného složení v průběhu růstu, vývoje a stárnutí, a sledování vlivu fyzické aktivity na tyto změny. Cílem je především předejít zdravotním komplikacím, které jsou spojovány s narůstající hmotností a snížením aktivity ve starším věku, a zkvalitnit život seniorů v období stáří. Analýza tělesného složení je také běžnou součástí hodnocení nutričního a tedy zdravotního stavu jedince.

Výběr metod používaných pro odhad tělesného složení je v dnešní době velice rozmanitý. Metody se liší svou technickou a finanční náročností. Během posledních let jsme zaznamenali významný pokrok ve vývoji techniky určené pro odhad tělesného složení. K metodám jednoduchým, které se soustředí především na odhad množství tělesného tuku, přibyly metody umožňující měřit téměř všechny složky lidského těla. Mluvíme zde nejen o metodách laboratorních jako denzitometrie, hydrostatické vážení aj., ale také o metodách terénních jako je např. bioelektrická impedance, které nám už dnes umožňují měřit kromě tělesného tuku také množství a poměr tělesných tekutin a určit i v terénních podmínkách stav výživy jedince a tedy i jeho zdravotní stav. Je důležité podotknout, že některé z těchto metod používají již rovnice přizpůsobené seniorské populaci. V této diplomové práci jsme těchto rovnic využili.

Tato diplomová práce si dává za úkol na základě metody bioelektrické impedance a metod antropometrických analyzovat tělesné složení u skupiny žen seniorského věku, studentek Univerzity třetího věku na Fakultě tělesné kultury Univerzity Palackého



v Olomouci. Tělesné složení žen seniorského věku je zde charakterizováno prostřednictvím přístrojů Bodystat Quadscan 4000 a Tanita BC 418 MA a metodami antropometrickými, které vycházejí z metodiky Pařízkové, Matiegky a Drinkwatera a Rosse. Mými cíly bylo v rámci srovnávací studie determinovat rozdíly mezi výsledky jednotlivých měření týkajících se především množství tělesného tuku, procentuální zastoupení tělesného tuku a zastoupení tukuprosté hmoty.

## **2 SYNTÉZA POZNATKŮ**

### **2.1 SLOŽENÍ TĚLA**

#### **2.1.1 Modely tělesného složení**

Především ve sportovní antropologii dochází k rozdělení hmotnosti těla na jednotlivé frakce, komponenty. Vznik jednotlivých modelů složení těla je dán velkou složitostí tělesné hmotnosti jako veličiny. Lidské tělo posuzujeme z hlediska anatomického, kdy se skládá z tkání a tkáňových systémů, nebo z pohledu chemického, kdy v těle odlišujeme jednotlivé chemické prvky, potažmo pak tuky, bílkoviny, sacharidy, minerály a vodu. V jiných modelech rozdělení komponent lidského těla zjednodušujeme pouze na hmotu tukovou a hmotu tukuprostou.

Rozdělení tělesné hmotnosti můžeme tak posuzovat jak z pohledu jednotlivých tkání a jejich podílu na celkové tělesné hmotnosti, tak také z pohledu rozdělení hmotnosti lidského těla na jednotlivé tělesné segmenty, které utvářejí články kinematického řetězce. Členění hmotnosti na základě tohoto aspektu je důležité především při posuzování pohybu těla v prostoru pod vlivem sil vnějších a vnitřních (Riegerová, Přidalová, & Ulbrichová, 2006).

Odborné studie se zaměřují především na změny podílu jednotlivých tělesných frakcí v různých fázích ontogeneze, především pak v období růstu a stárnutí, na změny vyvolané působením tělesné zátěže a sportovního tréninku, nebo na změny vyplývající z metabolických onemocnění, tělesných postižení jedinců a jiných onemocnění (Riegerová, Přidalová, & Ulbrichová, 2006). Podle Pařízkové (1973) tělesné složení velice úzce souvisí také s energetickým obratem během ontogeneze. Především ve vysokém věku lze prokázat větší zastoupení tukuprosté hmoty u celoživotně trénujících mužů ve srovnání s muži nespportujícími.

Díky vědeckému pokroku a posunu ve vývoji techniky pro stanovení odhadu tělesného složení mnohé studie nabízí různé modely tělesného složení.

#### **Pětiúrovňový model**

Model tělesného složení, který se skládá z pěti různých úrovní, jejichž složitost má narůstající tendenci. Každá tato úroveň má jasně definované složky, které utváří celkovou

tělesnou hmotnost lidského organismu. Pětiúrovňový model poskytuje strukturální rámec pro studium složení lidského těla, který přesahuje úroveň jednotlivých stupňů, ale zároveň umožňuje posouzení lidského těla jako celku.

Pěti definovanými úrovněmi jsou (Riegerová, Přidalová, & Ulbrichová, 2006; Wang, Pierson, & Heymsfield, 1992):

### **Anatomický model**

Základními stavebními kameny lidského organismu jsou atomy, neboli také prvky. Tento anatomický model vychází ze základních šesti chemických prvků, kterými je z převážné většiny tvořen lidský organismus. 98 % lidského těla je tvořeno prvky kyslík, uhlík, vodík, dusík, vápník a fosfor, zbývající část tvoří několik desítek dalších chemických prvků. Tento model je výchozím bodem pro další následující modely tělesného složení. Na této úrovni nenajdeme zásadní rozdíly odlišující lidský organismus od přírody anorganické. Díky poměru jednotlivých prvků lze ale vystihnout specifičnost lidského organismus (Riegerová, Přidalová, & Ulbrichová, 2006; Wang, Pierson, & Heymsfield, 1992).

### **Molekulární model**

Lidské tělo tvoří více jak sto tisíc chemických sloučenin, které vycházejí z 11 základních chemických prvků (kyslík, uhlík, vodík, dusík, vápník, fosfor, síra, draslík, sodík, chlór a hořčík). Hlavními komponentami, které vycházejí ze současného pojetí molekulárního modelu, jsou voda, lipidy, bílkoviny, minerály a glykogen. Na úrovni molekulárního modelu se lidské tělo již výrazně odlišuje od anorganické přírody, a to díky tak složitým organickým sloučeninám jako jsou lipidy a bílkoviny (Riegerová, Přidalová, & Ulbrichová, 2006; Wang, Pierson, & Heymsfield, 1992).

Voda je nejvíce zastoupenou složkou v lidském organismu.

Termín bílkoviny zahrnuje téměř všechny sloučeniny obsahující dusík, a to základními aminokyselinami počínaje a komplexními nukleoproteiny konče.

Glykogen je jedna z forem sacharidů, kterou nalezneme v cytoplazmě většiny buněk.

Pojmem minerály označujeme anorganické sloučeniny, které obsahují množství kovových prvků, jako jsou např. kalcium, sodík a hořčík, a také množství nekovových prvků (kyslík, fosfor, chlór). Minerály obsažené v organismu můžeme také dělit na kostní a mimo kostní. V kostní tkáni minerály zaujímají až 65 % hmotnosti kosti. Z celkového množství je asi 82-85 % minerálů vázáno v kostech.

Z pohledu organické chemie můžeme lipidy v lidském organismu dělit do několika různých kategorií: jednoduché lipidy (např. triglyceridy, vosky), složité lipidy (např. fosfolipidy, sfingolipidy) a odvozené lipidy jako jsou např. steroidy, mastné kyseliny a terpeny (Wang, Pierson, & Heymsfield, 1992).

### **Buněčný model**

Výše zmíněné molekuly se spojují v buňky, které utvářejí žijící organismus. Právě buňky jsou charakteristikou, která jednoznačně lidský organismus odlišuje od okolní neživoucí přírody. Na úrovni buněčného modelu rozdělujeme lidské tělo do tří základních prostorů: buňky, extracelulární tekutina a extracelulární pevné látky, neboli organické a anorganické látky.

Tělo dospělého člověka tvoří přes  $10^{18}$  buněk, které jsou od sebe odlišné velikostí, tvarem, chemickou a molekulární stavbou a mnoha dalšími parametry. Mezi parametry řadíme také funkci, ke které je buňka přizpůsobena. Na základě této vlastnosti buňky rozdělujeme na pojivové, epiteliální, nervové a svalové.

Extracelulární tekutina obklopuje buňky a slouží jako prostředek pro výměnu plynů, transfer živin a vylučování metabolitů. Rozdělujeme ji na plazmu a tekutinu intersticiální. 94 % tvoří voda, zbytek pak organické a neorganické komponenty.

Extracelulární organické látky dělíme do tří typů vláken: kolagenní, retikulární a elastická. Základními složkami extracelulárních anorganických látek jsou vápník, fosfor a kyslík, dalšími pak např. bikarbonáty, citráty, hořčík a sodík.

Díky velkému množství všech komponent je hmotnost těla dle buněčného modelu zjednodušeně rozdělena mezi tukové buňky, ostatní buňky (pojivové, epiteliální, nervové a svalové), extracelulární tekutinu a extracelulární pevné látky. Pojem ostatní buňky zahrnuje také část tukových buněk a to jejich protoplasmu, ne však uložený tuk, který činí až 90 % tukové buňky (Riegerová, Přidalová, & Ulbrichová, 2006; Wang, Pierson, & Heymsfield, 1992).

### **Tkáňově-systémový model**

Buňky, extracelulární tekutina a extracelulární pevné látky jsou stavebními kameny pro tkáň, orgány a celé orgánové systémy.

V lidském organismu rozlišujeme tkáň kostní, tukovou a svalovou, které zahrnují přibližně 75 % celkové tělesné hmotnosti. Jednotlivé tkáňe jsou tvořeny buňkami s podobným

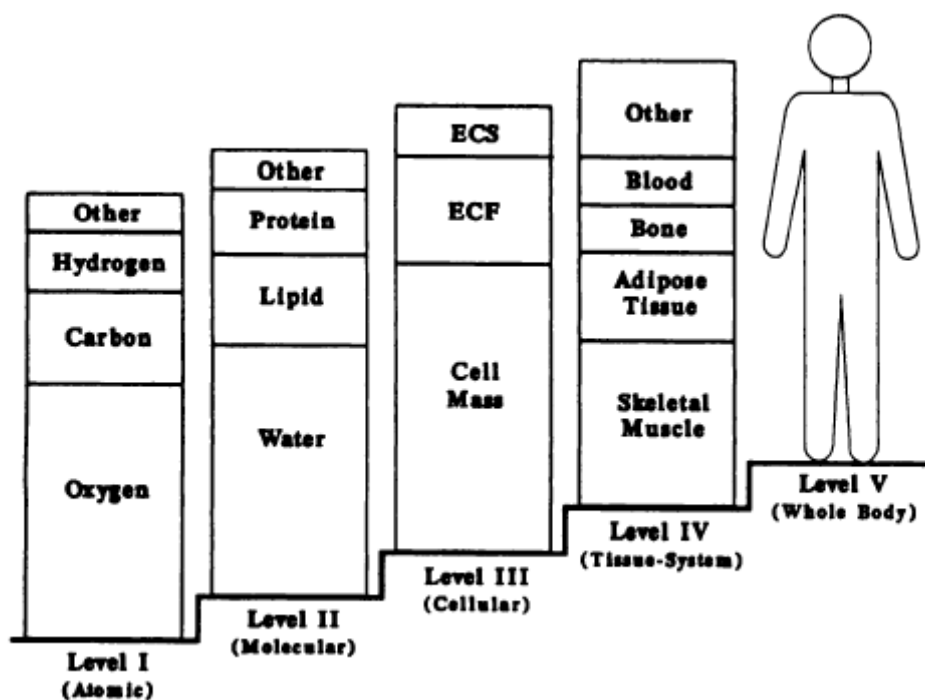
vzhledem, funkcí a původem. Podobně jako buňky, můžeme i tkáně dělit na svalové, pojivové, epiteliální a nervové.

Dle tkání pak rozlišujeme systém muskuloskeletální, kožní, nervový, respirační, oběhový, zažívací, vyměšovací, reprodukční a endokrinní systém (Riegerová, Přidalová, & Ulbrichová, 2006; Wang, Pierson, & Heymsfield, 1992).

### Celotělový model

Na úrovni všech předchozích stupňů - modelů, jsou jak lidé, tak někteří primáti z hlediska složení těla srovnatelní. Díky vlastnostem, které má lidský organismus jako celek, se od primátů odlišujeme.

Celotělový model vychází z antropometrických měření, jejichž výsledky pak podrobně popisují tělesnou výšku, hmotnost, hmotnostně-výškové indexy, délkové, šířkové a obvodové rozměry, kožní řasy, objem těla a denzitu těla vypovídající o množství zastoupené aktivní hmotě a depotním tuku.



Obrázek 1. Pětiúrovňový model tělesného složení lidského těla (upraveno dle Wang, Pierson, & Heymsfield, 1992, 20)

Dle dostupných a používaných metod využíváme v klinické a antropologické praxi také modely dvou-, tří- a čtyřkomponentové. Toto rozdělení zmiňuje i Riegerová, Přidalová a Ulbrichová (2006):

- **Dvoukomponentový model** - model rozděluje lidské tělo na dvě základní komponenty: tuk (fat mass, FM) a tukuprostou hmotu (fat-free mass, FFM). Z pohledu terminologie se v průběhu vývoje setkáváme i s jiným označením jednotlivých komponent. Například lean body mass (aktivní tělesná hmota, ATH) je termín označující tukuprostou hmotu s malým podílem tuku esenciálního, který je těžce odlišitelný od zbylého tuku v lidském organismu. Právě díky nemožnosti odlišit esenciální a neesenciální složky lipidů se v současné době doporučuje využívat termín tukuprostá hmota, který vystihuje hmotnost všech tkání bez extrahovaného tuku.
- **Tříkomponentový model** - tříkomponentový model v praxi rozlišuje tuk, svalstvo a kostní tkáň.
- **Čtyřkomponentový model** - tento model rozděluje hmotnost lidského těla na tuk, extracelulární tekutinu, buňky a minerály.

### 2.1.2 Tělesný tuk

Tělesný tuk je jedním z nejsledovanějších parametrů lidského organismu. Ukazuje totiž nejen na rizika týkající se zdravotního stavu jedince, ale také například na fyzickou zdatnost a výkonnost. Je zároveň také nejvariabilnější složkou tělesné hmotnosti, která se především během ontogeneze jedince neustále vyvíjí. Díky této své vysoké variabilitě je také dobře ovlivnitelná a to hned několika způsoby. Mezi nejvýznamnější faktory patří především výživová opatření a pohybová aktivita. Můžeme zde mluvit o zdravém a aktivním životním stylu.

Výraznější odchylky v podílu zastoupení tělesného tuku většinou vedou ke zdravotním komplikacím. Ať už se jedná o nadměrné množství podkožního tuku nebo naopak jeho nedostatek v lidském organismu. Setkáváme se pak se vznikem závažných chorob (kardiovaskulární a metabolická onemocnění) spojených s obezitou. Zdravotní riziko znamená i velmi nízké množství podkožního tuku. Díky tomu, že je tuk zapotřebí k zachování základních fyziologických funkcí, mohou být důsledkem jeho nedostatku různé dysfunkce (Riegerová, Přidalová, & Ulbrichová, 2006).

Autoři také podotýkají, že k nárůstu tělesného tuku dochází na úkor svalové hmoty, což má negativní vliv na výkonnost jedince a snížení jeho tělesné zdatnosti. Tento fakt je nutné si uvědomit nejen ve spojitosti se sportovci, ale především ve spojitosti s ontogenetickým vývojem jedince a involučními změnami, které během stáří probíhají. Nadměrné množství tělesného tuku může být tedy nejen zdravotním rizikem, ale také hendikepem, který nám zabraňuje preventivně zařazovat do denního režimu pohybovou aktivitu, která všem výše zmíněným, dnes už téměř civilizačním, chorobám může předcházet (Kutáč, 2009; Pařízková, 1973; Riegerová, Přidalová, & Ulbrichová, 2006).

### **2.1.2.1 Množství a distribuce tělesného tuku**

#### **Množství tělesného tuku**

V raném dětství množství podkožního tuku povolna klesá u obou pohlaví. Ve středním dětství se poprvé objevuje rozdíl v množství tělesného tuku mezi chlapci a děvčaty, kdy u dívek je průměrná hodnota podkožního tuku většinou vyšší. Riegerová, Přidalová a Ulbrichová (2006) také upozorňují na výraznější rozdíl v období puberty, který přetrvává až do adolescence.

Bláha (1986) při nejobsáhlejších antropometrickém měření československé populace zjistil, že procentuální zastoupení tuku se u žen zvyšuje především mezi 6. a 19. rokem života, a to z 15,5 % na 22,5 %. Mezi 19. a 25. rokem se hodnoty tělesného tuku stabilizují, později opět narůstají. U dívek a chlapců, resp. žen a mužů, je průběh hodnot během ontogeneze obdobný. Jak absolutní, tak i relativní průměrné hodnoty jsou ale v různých věkových kategoriích u žen a dívek vždy vyšší než u mužů a chlapců.

Také [Server Sport Fitness Advisor \(http://www.sport-fitness-advisor.com/bodyfatpercentage.html\)](http://www.sport-fitness-advisor.com/bodyfatpercentage.html) doporučuje zastoupení tělesného tuku (v procentech) u normální populace (Tabulka 1). I toto doporučení množství tělesného tuku sleduje stejný trend jako Bláha, kdy procentuální zastoupení tělesného tuku v organismu během vývoje jedince povolna narůstá.

**Tabulka 1. Doporučené procentuelní zastoupení tělesného tuku u mužů a žen** (upraveno dle <http://www.sport-fitness-advisor.com/bodyfatpercentage.html>)

Věk (roky)	< 30	30 - 50	> 50
ženy	14 - 21 %	15 - 23 %	16 - 25 %
muži	9 - 15 %	11 - 17 %	12 - 19 %

### **Distribuce tělesného tuku**

Kromě stanovení celkového množství tělesného tuku je další významnou charakteristikou také distribuce tělesného tuku. Odlišnosti distribuce jsou dány nejen ontogenetickým vývojem jedince, ale také pohlavím a etnickým a rasovým zařazením.

„Sexuální diference v distribuci tuku se projevuje již v období středního dětství, zesiluje se v adolescenci a přetrvává v dospělosti. S věkem se ukládá více tuku na trupu než na končetinách, predikčními místy u mužů jsou záda, hrudník a břicho, u žen oblast pasu a paže“ (Riegerová, Přidalová, & Ulbrichová, 2006, 58). Jak už autorky zmiňují, ve středním dětství se poprvé objevuje rozdíl v distribuci tuku mezi chlapci a děvčaty, kdy u dívek je průměrná hodnota podkožního tuku většinou vyšší. Upozorňují ale na výraznější rozdíl v období puberty, který přetrvává až do adolescence.

Významnými ukazateli rozložení tělesného tuku jsou somatické indexy, jako je index centrality. Rozložení tukové hmoty dle tohoto indexu může být harmonické, centrifugální, kdy převažuje tuk na trupu, nebo centripetální, kdy převažuje tuk na končetinách. Optimálním rozložením je samozřejmě rozložení harmonické, kdy nenacházíme výrazné rozdíly v rozložení tělesného tuku mezi trupem a končetinami. Rizikovým je rozložení tukové složky centrifugální, při kterém se zvyšuje riziko vzniku abdominální obezity.

Tuto abdominální obezitu nazýváme také obezitou „mužského typu“, neboli androidní. Tuk je v tomto případě soustředěn především v oblasti břicha a je převážně tukem viscerálním. Tento typ obezity souvisí většinou se závažnějšími metabolickými poruchami (např. inzulínová rezistence, metabolický Reavenův syndrom). Druhým typem obezity je „ženský typ“, neboli gynoidní. Jak už z názvu vyplývá, typický je především pro ženy a je charakteristický uložením tuku v oblasti boků. Zde se nachází především tuk podkožní, který není tak rizikovým faktorem (Nečas, 2007).



## WHR index, obvod pasu

V souvislosti s posuzování distribuce tělesného tuku využíváme WHR index (waist to hip ratio), který je dán poměrem obvodu pasu a obvodu boků. Jako rizikový hodnotíme poměr pasu a boků u žen při hodnotě vyšší než 0,85 (85 %) a u mužů při hodnotě vyšší než 0,95 (95 %) (Riegerová, Přidalová, & Ulbrichová, 2006). Podle Nečase (2007) androidnímu typu obezity odpovídají hodnoty WHR indexu vyšší než 0,85 u žen a hodnoty vyšší než 1,0 u mužů.

Především u mužů je hodnotícím kritériem také samotný obvod pasu. Podle serveru American Heart Association je optimální obvod pasu u mužů při BMI 25 kg/cm<sup>2</sup> 40 palců (101,6 cm) a u žen pak při stejné hodnotě BMI 35 palců (88,9 cm) (<http://www.americanheart.org/presenter.jhtml?identifier=4489>). Také čeští autoři (Nečas, 2007) kromě WHR indexu využívají jako ukazatele rizikovosti metabolických a kardiovaskulárních komplikací obezity samotný obvod pasu (Tabulka 2). Obvod pasu charakterizují jako parametr s největší výpovědní hodnotou zdravotního rizika obezity.

**Tabulka 2. Obvod pasu a hodnocení rizika kardiovaskulárních komplikací obezity**  
(upraveno dle Nečas, 2007, 313)

Obvod pasu	Zvýšené riziko	Vysoké riziko
muži	> 94 cm	> 102 cm
ženy	> 80 cm	> 88 cm

## Hmotnostně-výškové indexy

V souvislosti s posuzováním přiměřenosti tělesné hmotnosti vzhledem k tělesné výšce využíváme metod, které se používají k determinaci obezity. Mezi tyto metody řadíme také hmotnostně-výškové indexy BMI - body mass index a RI – Rohrerův index.

### BMI - Body Mass Index

Body mass index je hmotnostně-výškový index, který posuzuje přiměřenost tělesné hmotnosti vzhledem k tělesné výšce. Tento index je stále jedním z nejpoužívanějších

ukazatelů optimální tělesné váhy jak mezi laickou populací, tak mezi odborníky. Výpočet body mass indexu, který vychází z poměru tělesné hmotnosti v kg a umocněné tělesné výšky v m popisuje následující vzorec:

$$\text{BMI} = H / V^2$$

Antropometrie se jako věda více jak století pokoušela o vytvoření indexu, který by vypovídal o stavbě a složení těla. Práce Adolpha Queteleta (1796-1874) přinesla jednoduchý index, který popisoval poměr mezi tělesnou hmotou a výškou. Index vyjadřuje poměr mezi tělesnou hmotností v kilogramech a tělesnou výškou v metrech a je znám jako Queteletův index. V současné době běžnější a v odborné i populárně naučné literatuře více používaný je body mass index (BMI) (Kalvach, Zadák, Jirák, Zavázalová, & Sucharda, 2004).

BMI je ale poměrně zevšeobecňující a neodráží charakteristiky měřených jedinců jako je například věk, pohlaví či konstituce těla. Neodráží tedy ani změny vznikající během ontogeneze. Základní kategorie BMI nemůžeme tedy použít například u dětské a dospívající populace. Při hodnocení dětí a dospívajících tak například Bláha, Vignerová a Mazura (2001) vycházejí z percentilového grafu BMI pro příslušnou věkovou skupinu a pohlaví.

Index popisuje pouze průběh ve shodě s nárůstem výšky a váhy jedince. Stejných či podobných výsledků tak mohou dosahovat dva jedinci, kteří se shodují v tělesné váze a výšce i přesto, že jeden bude obézní a druhý bude disponovat těžší kostrou a výrazně vyvinutou svalovou hmotou.

**Tabulka 3. Klasifikace obezity podle BMI a zdravotní riziko (upraveno dle Nečase, 2007, 313)**

BMI	Kategorie	Zdravotní riziko
18,5 - 24,9	norma	minimální
25,0 - 29,9	nadváha	< 26,9 ... nízké
		>27,0 ... lehce vyšší
30,0 - 34,9	I. stupeň obezity	vysoké
35,0 - 39,9	II. stupeň obezity	vysoké
> 40,0	III. stupeň obezity	velmi vysoké

Podle serveru American Heart Association (<http://www.americanheart.org/presenter.jhtml?identifier=4489>) hodnoty nižší než 18,5 značí podváhu. V rozmezí 18,5-24,9 se nacházejí zdraví jedinci. Nadváha je definována u jedince, jehož BMI se pohybuje mezi hodnotami 25,0 a 30,0. U jedinců této skupiny se už vyskytuje vysoké riziko srdečních a cévních onemocnění. Obezita je definovaná při hodnotách BMI vyšších než 30,0. Extrémní obezitu server definuje při BMI vyšším než 40,0.

Rozdělení a klasifikace nadváhy a obezity podle Nečase (2007) se plně shoduje s klasifikací serveru American Heart Association, shodné je také určení zdravotní rizik spojených s BMI.

Mezinárodní klasifikaci podváhy, nadváhy a obezity u dospělé populace dle BMI stanovuje také Světová zdravotnická organizace (Tabulka 4). Hodnocení dle WHO je poměrně podrobnější než u výše zmíněných zdrojů, závěry jsou ale shodné.

**Tabulka 4. Mezinárodní klasifikace podváhy, nadváhy a obezity u dospělé populace dle BMI stanovená WHO 2004**

(upraveno dle [http://apps.who.int/bmi/index.jsp?introPage=intro\\_3.html](http://apps.who.int/bmi/index.jsp?introPage=intro_3.html))

Classification	BMI (kg/m <sup>2</sup> )	
	Principal cut-off points	Additional cut-off points
<i>Underweight</i>	<18,50	<18,50
Severe thinness	<16,00	<16,00
Moderate thinness	16,00 - 16,99	16,00 - 16,99
Mild thinness	17,00 - 18,49	17,00 - 18,49
		18,50 - 22,90
<i>Normal range</i>	18,50 - 24,99	23,00 - 24,99
<i>Overweight</i>	≥25,00	≥25,00
		25,00 - 27,49
Pre-obese	25,00 - 29,99	27,50 - 29,99
<i>Obese</i>	≥30,00	≥30,00
		30,00 - 32,49
Obese class I	30,00 - 34,99	32,50 - 34,99
		35,00 - 37,49
Obese class II	35,00 - 39,99	37,50 - 39,99
Obese class III	≥40,00	≥40,00

## **RI – Rohrerův index**

Rohrerův index neboli RI je index tělesné plnosti a udává hmotnostně výškovou proporcionalitu. Hodnoty indexu se u průměrného muže pohybují mezi 1,2 a 1,4, u průměrné ženy mezi 1,25 a 1,5 (Kutáč, 2009). Rohrerův index vypočteme jako podíl tělesné hmotnosti v kg vynásobené 105 a umocněnou tělesnou výškou v cm.

Významný je vývoj RI především během dětství. „Ve věku 2 let dosahuje průměrná hodnota Rohrerova indexu výše 1,80 jednotek a v souladu s trendem ontogenetického vývoje klesá na 1,50 ve třech letech a 1,30 v pěti i šesti letech. Teprve od 9 let se průměr RI stabilizuje na hodnotě 1,20 která je u českých dívek stálá pro průměry asi do 18 let. U českých chlapců klesá průměrná hodnota RI od 12 let pod 1,20 a do 15 let osciluje kolem hodnoty 1,16 až 1,17“ (Riegerová, Přidalová, & Ulbrichová, 2006, 17).

### **2.1.3 Tukuprostá hmota**

Tukuprostá hmota neboli také fat-free mass (FFM) je nestejnorodou složkou lidského organismu, která v sobě zahrnuje hned několik značně odlišných součástí jak z hlediska morfologického a chemického, tak také z pohledu biologické aktivity. Jednotlivými složkami jsou svalstvo, kostra a ostatní tkáně (vnitřní orgány včetně tělních tekutin). Tukuprostou hmotu můžeme tedy definovat jako rozdíl mezi celkovou tělesnou hmotností a hmotností tělesného tuku. Stejně jako tělesný tuk i tukuprostá hmota je velice variabilní složkou. Její podoba závisí na věku, pohlaví, pohybové aktivitě a na dalších exogenních a endogenních faktorech.

Z celkového množství tukuprosté hmoty svalstvo tvoří 60 %, opěrné a pojivové tkáně 25 % a vnitřní orgány 15 %. Většina tukuprosté hmoty je ale tvořena vodou, její obsah se pohybuje v rozmezí 72-74 %. Průměrnou hydrataci tukuprosté hmoty u dospělého člověka představuje hodnota 73,2 % (0,732) (Riegerová, Přidalová, & Ulbrichová, 2006). Podle zmíněných autorek (2006) hodnotu tukuprosté hmoty můžeme vypočítat dle následujícího vzorce:

$$\text{FFM} = \text{TBW} / 0,732$$

Změny tukuprosté hmoty souvisejí především s ontogenetickým vývojem jedince. Bláha (1986) popisuje z naměřených hodnot podle Matiegky největší přírůstek kosterního svalstva v absolutních hodnotách u žen mezi 8. a 16. rokem života a u mužů mezi 12. a 18. rokem. Obdobně je tomu tak u stejného vzorku populace posuzovaného podle metody Drinkwatera a Rosse. U všech věkových skupin sledovaných Bláhou (1986) je podíl hmotnosti svalstva v absolutních hodnotách vyšší u chlapců, resp. mužů, než u dívek, resp. žen.

Pohlavní rozdíly v rámci tukuprosté hmoty jsou během dětství a dospívání malé. Výrazný nárůst tukuprosté hmoty u chlapců oproti dívkám přichází po uplynutí 14. roku života. Během pozdní adolescence dosahují chlapci asi 1,5krát většího množství tukuprosté hmoty než dívky. Průměrná hodnota tukuprosté hmoty u dívky dosahuje v tomto období asi jen 70 % průměrné hodnoty tukuprosté hmoty u chlapců (Malina & Bouchard, 1991).

Společně s involučními změnami ve stáří dochází nejen ke snížení hmotnosti tukuprosté hmoty, ale také ke změnám funkčním. Výrazně se mění mikrostruktura kosterních svalů. Krevní zásobením svalových vláken je zhoršené, poměrně menší je i jejich průměr. Podstatně lepších výsledků co do kvality i kvantity tukuprosté hmoty ale dosahují celoživotně trénující muži ve srovnání s nesportujícími (Pařízková, 1973).

Pohybová aktivita je důležitým faktorem působícím na kvantitu a kvalitu kosterního svalstva a to nejen vzhledem ke zmírněným involučním změnám. Výrazně pohybově aktivní jedinci dosahují podle Riegerové, Přidalové a Ulbrichové (2006) podstatně vyšších hodnot tukuprosté hmoty a to především v závislosti na typu tělesného zatížení. Nejvyšších hodnot dosahují sportovci silových sportů. Autorky upozorňují také na fakt, že taktéž žena sportovkyně může dosahovat vyšších hodnot rozvoje svalové hmoty než nesportující muž. Změny tělesného složení jako odezva na pohybovou aktivitu jsou ale dány nejen pohlavím, ale také například genetickou výbavou jedince.

### **Využitelnost tukuprosté hmoty pro pohybovou aktivitu**

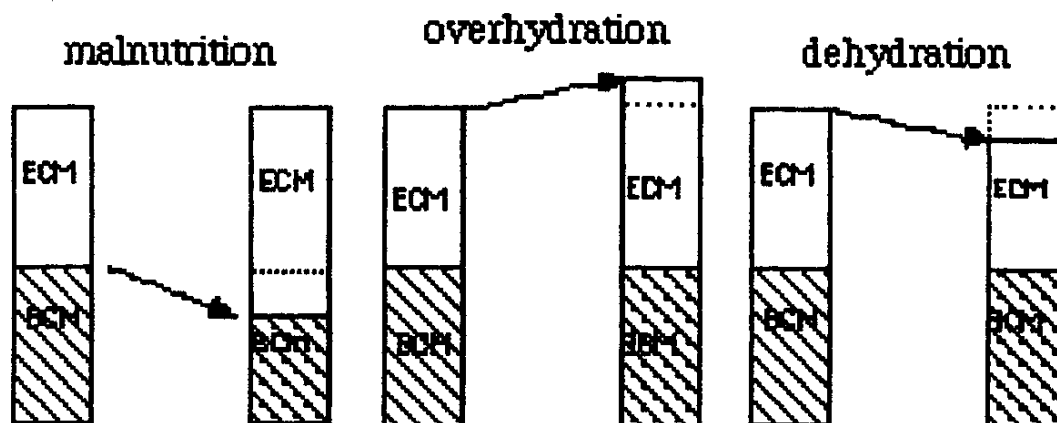
Buněčná hmota (body cell mass, BCM) zahrnuje všechny buňky, které využívají kyslík a jsou schopny oxidovat sacharidy, přímo se tedy podílejí na svalové práci. Díky poměru extracelulární hmoty (extracellular mass, ECM, tukuprostá hmota uložená mimo buňku) a buněčné hmoty (ECM/BCM) jsme schopni posoudit míru využitelnosti tukuprosté hmoty pro pohybovou aktivitu. Tento poměr je také velice důležitým parametrem pro posouzení výživového stavu jedince. Míru aktivity lidského organismu pomáhá tento koeficient určovat

také například u starších jedinců. Množství extracelulární hmoty (ECM) vypočítáme následovně:

$$\text{ECM} = \text{FFM} - \text{BCM}$$

Při optimálním stavu výživy jedince by se měl index ECM/BCM pohybovat v rozmezí 0,7-0,8. Čím je index nižší, tím lépe je tukuprostá hmota pro pohybovou aktivitu využitelná. V opačném případě, kdy hodnota dosahuje hodnot vyšších než 0,8, je využitelnost tukuprosté hmoty pro pohybovou aktivitu nízká (Riegerová, Přidalová, & Ulbrichová, 2006).

Podle Talluri, Lietdke, Evangelisti, Talluri a Maggia (1999) se u normálních jedinců může koeficientu ECM/BCM pohybovat až kolem hodnot 0,85-1,00. Zvýšené hodnoty souvisejí pak se snížením množství BCM (katabolismus, podvýživa) či s edémy (Obrázek 2). K navýšení koeficientu dochází také při dehydrataci, z čehož vyplývá, že určení daného koeficientu je odvislé také od stavu hydratace organismu.



**Obrázek 2.** Změny extracelulárního prostoru zapříčiněné nadměrným zavodněním či podvýživou (upraveno dle Talluri, Lietdke, Evangelisti, Talluri, & Maggia, 1999, 95)

Pro zdravou populaci s odpovídajícím výživovým stavem se index ECM/BCM (dle společnosti Bodystat Illness Marker) pohybuje okolo hodnoty 0,75. U nemocných jedinců se špatným stavem buněčné hmoty je hodnota tohoto markeru přibližně 0,86 a více. Zvýšené hodnoty markeru můžeme také zaznamenat u lidí staršího věku, u kterých dochází díky

involučním změnám ke snižování tukuprosté hmoty a tudíž i buněčné hmoty ([http://www.bodystat.com/products/impedance\\_index.php](http://www.bodystat.com/products/impedance_index.php)).

Ve studii zaměřené na aktivní životní styl seniorek Bunc a Štílec (2007) upozorňují na významné snížení koeficientu ECM/BCM při pravidelném zařazení pohybové aktivity do denního režimu. Tento koeficient není tedy jen ukazatelem výživového stavu jedince, umožňuje nám také posoudit kvalitu svalové hmoty, efektivnost zvoleného pohybového programu nebo také biologický věk seniora. Změny koeficientu ECM/BCM, které zaznamenal Bunc a Štílec (2007) u žen před a po zařazení pravidelné pohybové aktivity a u žen bez pravidelné pohybové aktivity jsou vyjádřeny v tabulce 5.

**Tabulka 5. Vybrané antropometrické a funkční proměnné u intervenovaných seniorek před a po pohybové intervenci a u seniorek neaktivních (upraveno dle Bunc & Štílce, 2006, 20)**

	Seniorky aktivní - Před	Seniorky aktivní - Po	Seniorky neaktivní
N	58	58	26
Věk (roky)	68,4 ± 5,3	69,4 ± 5,3	69,9 ± 4,8
Hmotnost (kg)	73,6 ± 6,7	71,2 ± 7,4	74,3 ± 8,1
Výška (cm)	161,5 ± 2,5	161,2 ± 2,6	160,3 ± 2,0
% tuku (%)	40,6 ± 5,1	37,9 ± 5,3	40,9 ± 5,7
ECM/BCM	1,12 ± 0,05	0,96 ± 0,03	1,15 ± 0,06

*Vysvětlivky: ECM – extracelulární hmota, BCM – buněčná hmota (body cell mass)*

#### 2.1.4 Celková tělesná voda

Tělesná voda je nejvíce zastoupenou a nejvýznamnější komponentou lidského těla. Její množství se u běžně hydratovaného mladého muže pohybuje mezi 55 % a 65 % celkové hmotnosti, u běžné mladé ženy jsou hodnoty mírně nižší (asi 53 %). Při různých stavech onemocnění či extrémní obezitě se hydratace organismu může značně lišit. Rozložení tělesné vody v organismu je různé. Největší zastoupení vody mají tělesné tekutiny v krvi a ostatních tělních tekutinách, významně hydratovaná je také svalová tkáň. Voda představuje u běžně

hydratovaného dospělého člověka přibližně 72-74 % tukuprosté hmoty. Naopak poměrně méně tekutin je zastoupeno v tukové tkáni (10 %) a tkáni kostní (22 %) (Malina & Bouchard, 1991; Riegerová, Přidalová, & Ulbrichová, 2006).

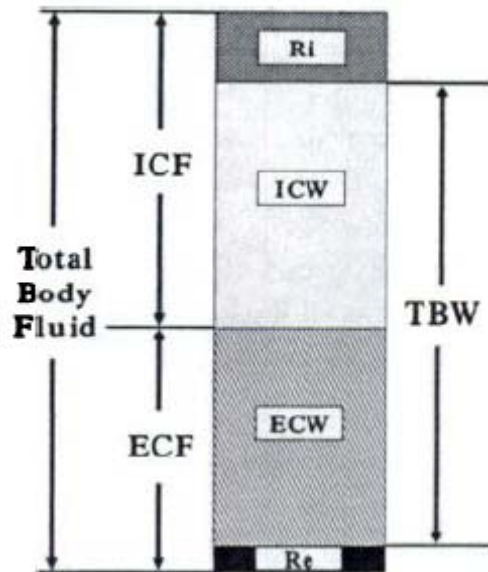
Celkovou tělesnou vodu rozdělujeme na vodu obsaženou v buňkách – intracelulární tekutina (ICW) a na vodu mimo buňky – extracelulární tekutina (ECW). Extracelulární tekutina obklopuje buňky a slouží jako prostředek pro výměnu plynů, transfer živin a vylučování metabolitů. Je komponentou heterogenní.

Podíl celkové tělesné vody se během vývoje jedince mění. Do 12. roku života podíl tekutin zůstává relativně konstantní, výraznější změny dané především sexuální diferenciací nastávají až v období postpubertálním, kdy se u chlapců míra hydratace zvyšuje a u dívek naopak snižuje. Přičemž podíl extracelulární tekutiny je relativně stabilní a dochází ke změnám v tekutině intracelulární (Riegerová, Přidalová, & Ulbrichová, 2006). Podle Maliny a Boucharda (1991) se nárůst hydratace u dívek stabilizuje kolem 15. až 16. roku života, u chlapců množství celkové tělesné vody narůstá až do 20. roku života.

I podle studie Bunce, Štilce, Moravcové a Matouše (2000) se podíl celkové tělesné vody v organismu s věkem mění. Autoři se zaměřili na studium seniorek, jejichž složení těla měřili pomocí metody bioelektrické impedance (BIA). Celková tělesná voda byla u seniorek mírně nižší než u dospělých žen středního věku se stejnou úrovní zdatnosti. U seniorek tak autoři našli významnou zápornou závislost této proměnné na věku. Hodnoty extracelulární i intracelulární tekutiny také s věkem výrazně klesají. Negativní korelace s věkem se tedy objevuje také u tukuprosté hmoty.

Stanovením celkové tělesné vody a jejich složek se zabývali také Sartorio, Malavolti, Agosti, Marinone, Caiti, Battistini a Bedogni (2004). Výzkum prováděli na vzorku žen různého stupně obezity (I. a II. stupně) a žen neobézních. Celková tělesná voda (TBW) byla výrazně vyšší u obézních žen než u neobézních, ale bez výrazných rozdílů mezi jednotlivými stupni obezity. Také poměr extracelulárních tekutin a celkové tělesné vody byl vyšší u žen obézních než u žen neobézních, opět bez signifikantních rozdílů mezi I. a II. stupněm obezity.





**Obrázek 3. Vztah mezi tělesnými tekutinami (upraveno dle Wang, Pierson, & Heymsfield, 1992, 23)**

*Vysvětlivky: ECF - extracelulární tekutiny; ECW - extracelulární voda; ICF - intracelulární tekutiny; ICW - intracelulární vody; Re a Ri - extracelulární a intracelulární zbytkový podíl; TBW – celková tělesná voda*

## 2.2 METODY ODHADU TĚLESNÉHO SLOŽENÍ

Skladbou lidského těla se zabýval už Hippokrates, a i když se jeho představy od dnešních poznatků lišily, vyústily v závěr, který dnes můžeme považovat za platný – za stavu zdraví musí být všechny skladebné složky těla ve správném poměru jedna k druhé z pohledu síly i kvality.

Mimo Hippokrata si otázku složení těla pokládali další a tato otázka je dnes předmětem pozornosti mnoha výzkumů. Mezi zvučná jména těch, kteří významně tuto oblast vědy poznamenali, můžeme zařadit J. E. Purkyně. Základy funkční antropologie položil Matiegka, který se zasloužil o rozvoj studia tělesného složení. Způsoby, kterými dnes tělesného složení zjišťujeme, jsou určovány metodickými možnostmi a účelem měření. Významným faktorem je také samozřejmě technický pokrok, který otevírá stále nové možnosti. Obecně metody dělíme na ty, které nám umožňují sledovat složení těla u živého organismu (nepřímé metody), a na ty metody, které zkoumají složení těla analýzou mrtvých těl (přímé metody). Z potřeby většiny výzkumných týmů dnes vyplývá jako ideální řešení využití metod nepřímých. Umožňují nám řešit problémy funkční antropologie a posouvat možnosti například sportujících jedinců dál v jejich výkonnosti nebo předcházet zdravotním komplikacím vycházejících z nadváhy jedince (Pařízková, 1962; Riegerová, Přidalová, & Ulbrichová, 2006).

Mezi metody odhadu tělesného složení patří metody antropometrické a metody založené na fyzikálních a chemických vlastnostech jednotlivých komponent tělesného složení. Tato velice důležitá součást antropologie je okruhem zájmu i jiných vědních oborů – výživa, sportovní i obecné lékařství, kinantropologie, biomechanika a mnoho dalších klinických oborů (Riegerová, Přidalová, & Ulbrichová, 2006).

Metody odhadu tělesného složení můžeme dělit také na terénní a laboratorní.

### 2.2.1 Bioelektrická impedance

První představení impedančního měřicího přístroje nabídla americká společnost RJA Corporation of the United States v roce 1979. Na rozdíl od doposud používaných metod (DEXA, hydrostatické vážení aj.) byla impedanční metoda jednoduchá, rychlá, levná a neinvazivní. Následně v osmdesátých letech přichází vlna zájmu mezi odborníky různých

oborů, odborníky zabývajícími se složením těla, odborníky z oblasti výživy či medicíny, a vzniká mnoho studií, které impedanční metodu využívají a zkoumají. Jako první přichází monofrekvenční verze technologie (SF-BIA), která je v následných studiích zpochybňována pro svou nepřesnost vzhledem k subjektům, které se vymykají z průměru (obézní lidé, děti, lidé staršího věku či sportovci). Reakcí vývojářů a výrobních společností je multifrekvenční technologie (MF-BIA), která výše zmíněné problémy už umí řešit. V druhé polovině devadesátých let tak přichází ve spolupráci společnosti Biospace s Harvard Medical School multifrekvenční bioimpedanční technologie (MF-BIA) InBody, která již také nabízí segmentální analýzu tělesného složení, odděleně tak měří hrudník a končetiny, a je schopna měřit tekutiny mimo i uvnitř buňky (<http://www.e-inbody.com/Tech/history.html>).

Metoda bioelektrické impedance je založena na obsahu vody v jednotlivých biologických strukturách lidského organismu a na šíření elektrického proudu nízké intenzity těmito strukturami. Díky vysokému nebo naopak nízkému obsahu vody a elektrolytů se jednotlivé složky těla chovají jako izolátory nebo vodiče. Tukuprostá hmota je díky bohaté hydrataci vodičem a vykazuje nízkou impedanci. Tuková hmota je se svým velmi nízkým podílem vody izolátorem, vykazuje vysoké hodnoty impedance, neboli rezistenci, tedy odpor, který je úměrný objemu vody. Hodnotu odporu tkáně pak nazýváme bioelektrická impedance. Metoda tedy vychází z elektrických vlastností vody, potažmo různých tělesných tkání.

Bioelektrická impedance je metodou, která splňuje hned několik požadavků a plní tak veškerá očekávání současné vědy. Poskytuje spolehlivé a platné odhady tělesného složení, je rychlá, neinvazivní a vhodná i pro použití mimo laboratoř. Metoda BIA je využívána jak u zdravých jedinců, tak i u pacientů trpících různými onemocněními. Díky využití různých regresních rovnic jsme schopni touto technologií analyzovat tělesné složení nejen u průměrné dospělé populace, ale také například u dětí, sportovců či lidí staršího věku. Bioelektrické impedanční analýzy je využíváno nejen na úrovni vědy, ale díky finanční dostupnosti také ve sféře komerční. Díky této metodě jsme schopni nejen stanovit tělesné složení ale také sledovat vývoj a změny ve skladbě těla. Také výsledky studie Lukaski, Johnson, Bolonchuk a Lykken (1985) a Medici, Mussi, Fantuzzi, Malavolti, Albertazzi a Bedogni (2005) ukázaly, že bioelektrická impedance je spolehlivá a platná metoda hodnocení složení lidského těla a mohla by být neocenitelnou v oblasti posuzování stavu výživy jedince.

Metoda bioelektrické impedance využívá dvou technologií: monofrekvenční BIA (SF-BIA) a multifrekvenční BIA (MF-BIA).

### **Monofrekvenční bioelektrická impedance (SF-BIA)**

SF-BIA využívá při analýze tělesného složení pouze jednu frekvenci proudu. Při těchto nízkých frekvencích (0-50 kHz) nemůže proud plně proniknout buněčnou membránou a prochází především pouze přes extracelulární tekutiny. Monofrekvenční technologie tak neumožňují komplexní hodnocení tělesných tekutin. Díky této technologii získáme tedy odhad množství tukové hmoty, tukuprosté hmoty (FFM) a celkové tělesné vody (TBW), nezjistíme ale podíl intracelulární tekutiny (ICW). Přestože bylo prokázáno, že monofrekvenční technologie jsou platnými a spolehlivými prostředky pro hodnocení tělesného složení u zdravé populace se stabilními hodnotami tělesných tekutin a elektrolytickou bilancí, u obézních jedinců tato metoda nemusí být platná. U jedinců se změněnou hydratací zapříčiněnou například klinickým stavem pacienta mohou být odhady taktéž nesprávné (Deurenberg, 1996; Kyle et al., 2004a; Malavolti et al., 2003; Pateyjohns, Brinkworth, Buckley, Noakes, & Clifton, 2006).

### **Multifrekvenční bioelektrická impedance (MF-BIA)**

MF-BIA využívá několika různých frekvencí (0, 1, 5, 50, 100, 200 do 500 kHz), kdy proud vyšších frekvencí proniká buněčnou membránou a může tak hodnotit také intracelulární tekutiny. Na základě několika různých frekvencí proudu vyhodnocuje multifrekvenční bioimpedanční technologie hodnoty tukuprosté hmoty (FFM), buněčné hmoty (BCM), celkové tělesné vody (TBW), intracelulárních tekutin (ICW) a extracelulárních tekutin (ECW). Při využití vyšších frekvencí (nad 50 kHz) proud prochází buněčnou membránou a analyzuje extra- i intracelulární tekutiny (Bedogni et al., 2002). Při frekvencích pod 5 kHz a nad 200 kHz byla v rámci studie MF-BIA zaznamenána špatná reprodukovatelnost výsledků (Kyle et al., 2004a). Jak Deurenberg (1996) zdůrazňuje, poměr extracelulární tekutiny a celkové tělesné vody je u obézních jedinců pravděpodobně vyšší. Význam multifrekvenční technologie tak vidí především při analýze tělesného složení obézních jedinců. MF-BIA vyzdvihuje také Steijaert, Deurenberg, Van Gaal a De Leeuw (1997). Ve studii autoři podotýkají, že MF-BIA by mohla být cenným nástrojem pro měření tělesné vody u podvyživených osob a osob kriticky nemocných.

Základní proměnnou, která je měřena metodou bioelektrické impedanční analýzy, je celková tělesná voda (TBW – total body water). Jak už z výše zmíněných principů vyplývá a jak autoři podotýkají (Heymsfield, Lochman, Wang, & Going, 2005; Kyle, et al., 2004b;

Riegerová, Přidalová, & Ulbrichová, 2006), metoda bioelektrické impedance je velmi citlivá na stav hydratace organismu, což může být výhodou, ale i značnou nevýhodou. Při vyšetřování jedince záleží také na termoregulaci a teplotě kůže. Výsledky může negativně ovlivnit také fyzická zátěž především anaerobního charakteru probíhající před měřením, či nevhodný příjem tekutin a potravin. Pro maximální eliminaci rizika nepřesných výsledků je zásadní dodržovat základní pravidla týkající se samotného měření subjektu (Heymsfield, Lochman, Wang, & Going, 2005; Kyle, et al., 2004b; Riegerová, Přidalová, & Ulbrichová, 2006):

- nejíst a nepít po dobu alespoň 4-5 hodin před testem,
- necvičit po dobu alespoň 12 hodin před testem,
- nepožívat alkohol po dobu alespoň 24 hodin před testem,
- vyprázdnit močový měchýř 30 minut před testem a organismus opět zavodnit neslazenou tekutinou,
- neužívat diuretika po dobu 7 dní před testem,
- přesně umístit elektrody (dle typu elektrod), na pravou stranu těla (dle typu technologie),
- zajistit běžnou teplotu místnosti,
- dodržovat správnou polohu těla (bez dotyku těla a končetin), aj.

Měření bychom neměli aplikovat na ženy v raném stádiu těhotenství, kdy může být plod procházejícím proudem narušen, u lidí s peace makerem či implantáty (kyčelní protéza aj.), nebo u žen v období premenstruace a menstruace. Měření tělesného složení pomocí bioelektrické impedance se v průběhu menstruačního cyklu doporučuje pouze u žen, které v tomto období nezaznamenávají výrazné navýšení hmotnosti. Další chybou, která může významně ovlivnit výsledky, je užití špatných predikčních rovnic.

Široká nabídka výrobců přístrojů využívajících metodu BIA nabízí typy jako pro domácí tak pro komerční využití, tak i pro potřeby vědy a výzkumu. Komerční sféra nabízí především bipolární přístroje, neboli ruční, kdy proud prochází pouze horní částí těla. Další možnou variantou jsou bipedální (nožní) přístroje, kdy proud prochází dolní částí těla a součástí této technologie bývá většinou váha (Obrázek 4). Pro potřeby vědy a výzkumu jsou vhodné přístroje tetrapolární, u kterých jsou u vyšetřované osoby umístěny celkem čtyři elektrody na horních i dolních končetinách (Obrázek 5).



**Obrázek 4. Příklad bipedálních přístrojů (upraveno dle <http://www.tanita.com/en/>)**



**Obrázek 5. Příklad tetrapolárního přístroje (upraveno dle <http://www.bodystat.com/index.php>)**

## 2.2.2 Antropometrické metody

Antropometrické metody patří mezi metody terénní a slouží k odhadu tělesného složení pomocí antropometrických rozměrů. Antropometrie využívá kosterních rozměrů a obvodových měr. Především pak pro nepřímé stanovení množství tuku a následně určení dvou komponent tělesného složení – tuková a tukuprostá hmota – využívají antropometrické metody hodnocení tloušťky kožních řas, které jsou měřeny různými typy kaliperů (Harpender, Lange, Somet harpenderského typu, Lafayette, Best, digitální kalipery Skyndex aj.). Dané metodě říkáme kaliperace. Z naměřených hodnot pak na základě různých regresivních rovnic získáváme výsledky vypovídající o jednotlivých tělesných komponentách. Správnost výsledků je dána hned několika faktory. Patří mezi ně již zmíněný výběr kaliperu, dále výběr a počet měřených kožních řas, šířkových a obvodových parametrů a volba regresní rovnice. Velmi důležité jsou také odborné zkušenosti pracovníka s odběrem parametrů kožní řasy a ostatních rozměrů (Pařízková, 1962).

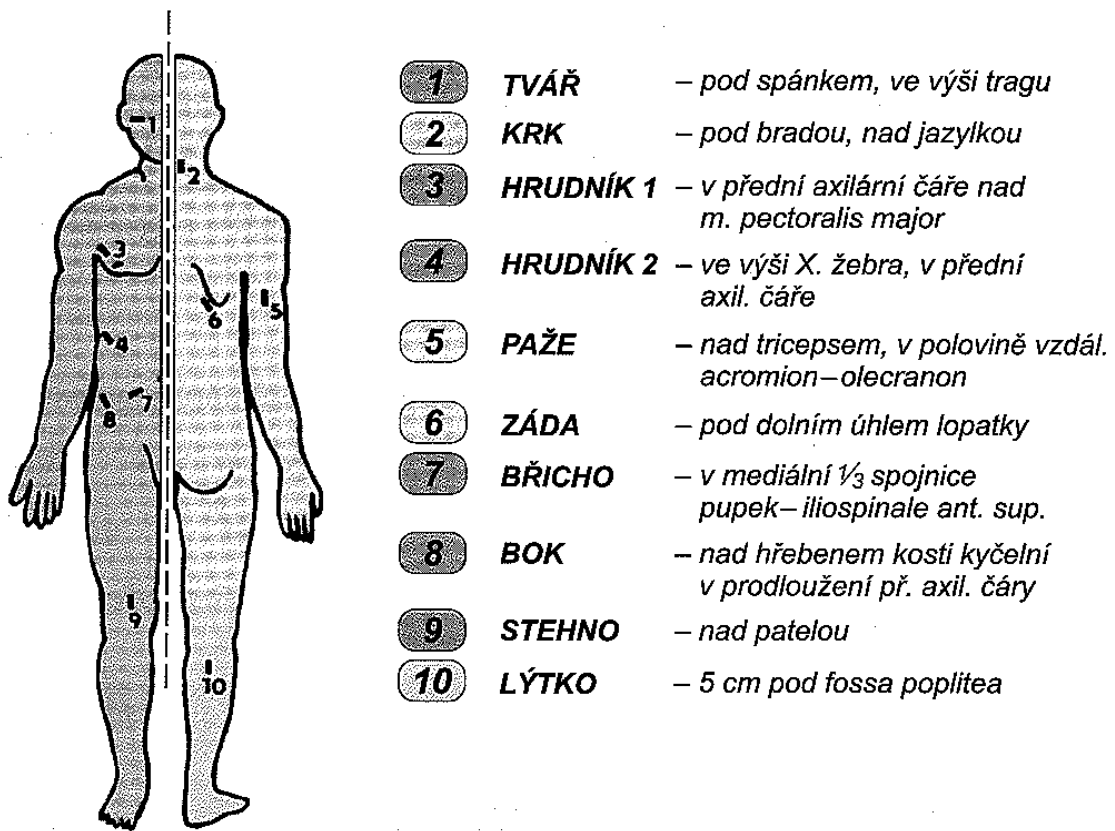
Podkožní tuk a jeho množství je velmi dobrým indikátorem množství tělesného tuku celkového. Proto je jednou z metod zjišťování množství tělesného tuku měření tloušťky kožních řas pomocí kaliperu. Kaliper je kontaktní měřidlo ovládáno jednou rukou a díky konstrukčnímu provedení je zajištěn stále stejný tlak, který je vyvíjen na každou jednotlivou kožní řasu. Řasu uchopujeme palcem a ukazováčkem tak, že prohmátneme vrstvu podkožního tuku až k pod ní ležícímu svalu či kosti. Kožní řasa nesmí obsahovat žádnou z pod ní ležících tkání, např. ochablé svalstvo (Pařízková, 1962).

V současnosti existuje stovka regresních rovnic, dle kterých můžeme vypočítávat tělesné složení pro dospělé, děti, sportovce či různá etnika. Jejich validita je omezena jen na populační skupinu, ze které byla odvozena. Metoda kaliperování je rychlá, použitelná v terénních podmínkách a nezatěžující testovaného jedince (Riegerová, Přidalová, & Ulbrichová, 2006).

Riegerová a Přidalová (1996) se ve svém výzkumu zabývaly srovnáním výsledků hodnocení tělesného tuku pomocí u nás nejčastěji používaných antropometrických metod, tj. metodiky Matiegky, Pařízkové, Drinkwatera a Rosse a dnes velice používaných a moderních metod bioelektrické impedanční analýzy. Riegerová, Přidalová a Ulbrichová (2006) se přiklánějí k názoru, že měření podkožního tuku pomocí kaliperu je přesnější. Práce Riegerové a Přidalové z roku 1996 ale ukazuje, že výsledky bioimpedance a výsledky získané antropometrickými metodami, především kaliperováním, do sebe plně zapadají.

## Odhad tělesného složení podle Pařízkové

Při této metodě vycházíme z měření deseti kožních řas, které početně zpracováváme dle regresních rovnic stanovených pro věkové skupiny 9-12, 13-16 a 17-45 let pro každé pohlaví zvlášť. Měřením podkožního tuku získáme absolutní i relativní hodnoty tělesného tuku, následně dle výpočtů získáme i absolutní a relativní hodnoty tukuprosté hmoty (Tabulka 6). Měření vykonáváme na pravé straně, dbáme na správnou lokalizaci (Obrázek 6) a uchopení kožní řasy.



Obrázek 6. Lokalizace a průběh kožních řas (upraveno dle Riegerová, Přidalová, & Ulbrichová, 2006, 30)



**Tabulka 6. Výpočet podílu tuku dle Pařízkové** (upraveno dle Riegerová, Přidalová, & Ulbrichová, 2006, 30)

Věk (roky)	Pohlaví	Rovnice
9-12	chlapci	$y = 1,180 - 0,069 \cdot \log x$
	dívky	$y = 1,160 - 0,061 \cdot \log x$
13-16	chlapci	$y = 1,205 - 0,078 \cdot \log x$
	dívky	Dtto
17-45	muži	$\%T = 28,96 \cdot \log x - 41,27$
	ženy	$\%T = 35,572 \cdot \log x - 61,25$

*Vysvětlivky: % T – procento tuku tělesné hmotnosti, x – součet deseti kožních řas, y denzita*

### **Odhad tělesného složení podle Matiegky**

Matiegkova metoda vychází z rozdělení hmotnosti těla na 4 složky: hmotnost skeletu (O - ossa), hmotnost kůže a hmotnost podkožní tkáně (D – derma), hmotnost kosterního svalstva (M – muscoli) a hmotnost zbytku (R – rezidua). V případě metodiky Matiegky mluvíme spíše o tříkomponentovém modelu tělesného složení.

Pro výpočet hmotnosti skeletu odebíráme šířkové parametry. Hmotnost kůže a podkožní tukové tkáně vypočítáme na základě odebraných kožních řas a vypočteného povrchu těla. Hmotnost svalstva je dána korigovanými průměry segmentů končetin a výškou těla. Hmotnost zbytku vyplývá z hmotností výše zmíněných složek (Riegerová, Přidalová, & Ulbrichová, 2006).

### **Odhad tělesného složení podle Drinkwatera a Rosse**

Metoda Drinkwatera a Rosse je modifikací Matiegkovi metody. Metoda využívá fantomových neboli modelových hodnot a směrodatných odchylek, které byly získány z různých literárních a historických dat pro různé etnické skupiny, muže i ženy. Zahrnuta byla i historická data od Leonarda da Vinci (Riegerová, Přidalová, & Ulbrichová, 2006).

### 2.2.3 Ostatní metody

#### **DEXA (Dual Energy X-Ray Absorptiometry)**

Metoda DEXA (Dual Energy X-Ray Absorptiometry) neboli duální rentgenová absorpciometrie je metoda odhadu složení těla, která na základě průchodu rentgenových paprsků lidským organismem odlišuje kostní minerály od měkkých tkání. Při metodě se využívá rozdílné pohltivosti rentgenového paprsku o dvou pulsních hladinách měkkou tkání a kostí. V případě metody DEXA mluvíme o čtyřkomponentovém modelu (kostní minerály, proteiny, voda, tuk). Metoda patří mezi nejnovější technologie, dokáže stanovit nejen celkové složení těla ale také skladbu jednotlivých segmentů těla. Metoda je platná pro všechny věkové skupiny. Patří mezi metody laboratorní a podmínkami měření může být v určitých případech omezující. Díky velikosti snímací plochy je obtížné měření obézních nebo příliš vysokých subjektů. Nevýhodou je také vysoká pořizovací cena, riziko spojené s rentgenovým zářením a poměrně dlouhá doba měření (dle druhu přístroje 5-20 min) (Lohman & Milliken, 2003; Riegerová, Přidalová, & Ulbrichová, 2006). Někteří autoři (Lohman & Milliken, 2003) se přiklánějí ke kratší variantě doby měření (cca 5 minut), naopak při studii Demura, Sato a Kitabayashi (2004) neskenování subjektu pomocí metody DEXA trvalo 20 minut.

DEXA umožňuje zhodnocení tukové hmoty, tukuprosté hmoty (LBM - lean body mass), procentuální podíl tělesného tuku a kostní minerální obsah (BMC – bone mineral content). Tukuprostá hmota (LBM) může být počítána společně s BMC a tuto hodnotu pak označujeme jako LBM total. Tukuprostá hmota bez započítaného kostního minerálního obsahu je pojmenována jako LBM tissue (Jakicic, Wing, & Lang, 1998).

#### **Denzitometrie**

Metoda denzitometrie je založena na myšlence, že množství tuku a tukuprosté hmoty je možné stanovit na základě odlišné denzity těchto dvou složek. Vychází tedy z dvoukomponentového modelu složení těla a několika základních principů (Riegerová, Přidalová, & Ulbrichová, 2006). Podle zmíněných autorek (2006, 35) „její princip vychází ze tří základních principů: 1. separátní denzity obou komponentů jsou aditivní a jsou realitně konstantní u všech jedinců, 2. úroveň hydratace FFM (tukuprosté hmoty) je relativně konstantní, 3. poměr kostních minerálů ve vztahu ke svalovým proteinům je rovněž konstantní veličinou.“

Diskutabilní je v tomto případě především denzita tukuprosté hmoty, která na rozdíl od tukové tkáně není příliš konzistentní. Její hodnota se získává určením denzity jednotlivých komponent tukuprosté hmoty, jejíž poměr by měl být konstantní. Ale denzita tukuprosté hmoty u dětí, žen či například starších lidí je odlišná (Heymsfield, Lochman, Wang, & Going, 2005; Riegerová, Přidalová, & Ulbrichová, 2006).

I přes to, že chyba denzitometrie při stanovení podílu tuku se odhaduje na 3-4 %, je považována za „zlatý standard“ při hodnocení validity ostatních metod. Dalším využití metody je také stanovení denzity kostní tkáně. Tato laboratorní metoda je relativně finančně nenáročná, neinvazivní. Kromě možných odchylek je další nevýhodou nevhodnost pro jedince nemocné (např. odlišný vodní metabolismus), děti či starší jedince (Riegerová, Přidalová, & Ulbrichová, 2006).

### **Hydrostatické vážení**

Pomocí hydrostatického vážení je objem těla zjišťován na základě rozdílu hmotnosti těla zvážené na suchu a pod vodou. Při vážení pod vodou je použita hydrostatická váha a měření probíhá za maximálního expira, snažíme se tak eliminovat nadlehčení těla vzduchem obsaženým v plicích. Gastrointestinální plyn není většinou při měření uvažován.

Dalšími používanými metodami jsou například: *kreatininurie*, při které je sledován kreatinin jako produkt metabolických pochodů v kosterním svalstvu. Pro odhad tělesného složení je využíváno určování *množství celkového tělesného draslíku*. Výpočty vycházejí z předpokladů, že obsah draslíku v tukuprosté hmotě je konstantní. Poměrně finančně nákladnou a tedy i méně vyžívanou je metoda *magnetické rezonance*. Je velmi časově náročná, nepotřebuje ale spolupráci probanda a lze ji využít i pro měření viscerálního tuku. Nejmodernější radiografickou metodou je *počítačová tomografie (CT)*. Nežádoucí je ale v tomto případě rtg expozice. Cenová náročnost a obtížná dostupnost řadí metodu mezi méně využívané ve vědě a výzkumu (Riegerová, Přidalová, & Ulbrichová, 2006).

## 2.3 FÁZE ONTOGENETICKÉHO VÝVOJE ČLOVĚKA – STÁŘÍ

### 2.3.1 Vymezení pojmu stáří

Pojmem stáří označujeme pozdní fázi ontogenetického vývoje člověka, která přirozeně přichází v průběhu života společně s přibývajícím věkem. Involuční změny v organismu, které jsou nejen příčinou stárnutí, ale i jeho projevem, dávají za vznik typické podobě stavu člověka ve stáří, a to stařeckému fenotypu. Na charakteru tohoto fenotypu se podílí několik důležitých vlivů. Jsou jimi například zdravotní stav, vliv okolního prostředí, přijetí určité sociální role nebo realizace vlastní osobnosti ve společnosti. V současné době se jedním z nejpodstatnějších faktorů ovlivňujících nejen nástup a průběh, ale i podobu stáří stává také životní styl.

„Životní styl se mění v průběhu života u jedince i u různých sociálních skupin. Ovlivňuje jeho tělesné, mentální a sociální chování a jednání. Formuje osobnostní vývoj a kompetence jedince, jeho výkonnost a identitu. Je podmíněný jak vnitřními (např. věk, pohlaví, zdraví), tak i vnějšími podmínkami, které reflektují kulturní tradice, sociální, ekonomickou a politickou situaci ve společnosti atd.“ (Bunc & Štílec, 2007, 17).

Právě celkový ráz životního stylu může výrazně přispět ke zpomalení poklesu fyziologických funkcí a minimalizovat brzký nástup involučních změn v oblasti pracovní výkonnosti, tepové frekvence, krevního tlaku, metabolismu, svalové hmoty, kloubní pohyblivosti atd. Svoboda a Hošek (1992) dále upozorňují především na významný faktor ovlivňující nástup involučních změn, a to na pohybovou aktivitu. Kromě pozitivního vlivu na fyziologické funkce, klade Svoboda a Hošek důraz také na fakt, že pohyb je významnou terapeutickou metodou i v oblasti psychické.

Podle Příhody (1974) jsou základním rysem období stáří postupující involuční změny v jednotlivých orgánech i v psychofyzickém celku. To samozřejmě neodmyslitelně přímo souvisí se zmenšováním odolnosti k nepříznivým vlivům vnějším i vnitřním. Výše zmíněný autor také upozorňuje na poměrně výraznou nerovnoměrnost vývoje, která se projevuje především v rozdílnosti v nástupu účinků a jejich různém tempu. Obecně tedy můžeme stárnutí organismu rozdělit do několika etap, které se liší tempem a intenzitou involučních pochodů. Příhoda navazuje vytyčením fáze stárnutí, také jinak senescence (60 – 75 let) a fázi stáří (75 – 90 let).

## Vymezení a členění stáří

Pojem stáří je poměrně komplikovaným pojmem. „Mnohočetnost a individuálnost příčin a projevů, jejich heterochronie (nástup v různém věku), vzájemná podmíněnost i rozpornost jsou příčinou obtížného vymezení a členění stáří“ (Kalvach, Zadák, Jiráka, Zavázalová, & Sucharda, 2004, 47).

Stáří charakterizujeme věkem jedince. Věk můžeme dělit podle několika různých kritérií:

Vymezujeme *věk biologický*, který popisuje biologické stárnutí lidského organismu. „Biologický věk charakterizuje celkový stav růstu a vývoje jedince a je mírou formování jeho morfologických a funkčních stavů“ (Riegerová, Přidalová, & Ulbrichová, 2006, 114). Autoři také ale upozorňují na to, že právě biologický věk a především pak jeho stanovení patří mezi aktuálně velmi diskutované problémy. Dále nabízí i další dnes používaný termín - věk funkční či fyziologický, věk fyzického zdraví („physical fitness age“). Ten vyjadřuje funkčnost a fyzickou kondici organismu. Čím je vzhledem k věku kalendářnímu (chronologickému) nižší, tím je jedinec kondičně na lepší úrovni. A stejně jako Svoboda s Hoškem, i Riegerová et al., upozorňují na důležitost aktivního životního stylu, resp. pozitivní vliv pravidelné pohybové aktivity.

Dále stanovujeme *věk kalendářní* (chronologický), který je dán narozením jedince a lze jej přesně určit. Především v určitých věkových obdobích může být značný rozdíl právě mezi věkem kalendářním a výše zmíněným věkem biologickým. Riegerová, Přidalová a Ulbrichová (2006) upozorňuje na disproporce 2 a více roků.

*Sociální věk* odráží charakter chování jedince určitého věku ve společnosti. Vychází ze způsobu života, z vybudovaných sociálních rolí apod.

*Psychický věk* vyjadřuje subjektivní vnímání sama sebe jako jedince určitého věku.

Následovně vymezujeme i stáří jedince. Podle Kalvacha, Zadáka, Jiráka, Zavázalové a Suchardy (2004) rozlišujeme pak stáří biologické, kalendářní a sociální.

Přesné vymezení pojmu *biologické stáří* se prozatím nezdařilo a neexistuje ani jednotná myšlenka toho, co přesně by tento pojem měl vyjadřovat. Obory zkoumající a popisující biologický věk se ve větší míře zabývají především funkčním stavem lidského organismu, jeho patologickými změnami a schopností či neschopností určité fyzické aktivity.

Naopak *kalendářní stáří* jsme schopni stanovit naprosto přesně. Do současné doby se vymezením kalendářního staršího věku a jeho různými etapami zabývalo už nespočet autorů. Základní věkovou škálu stanovila i Světová zdravotnická organizace (WHO). Díky přesnému

a jednoznačnému vymezení ale nejsme v kalendářním stáří schopni pojmut interindividuální rozdíly.

Vývoj osobnosti člověka v určitém sociálním prostředí a typické změny sociálních rolí a s nimi spojené potřeby člověka vyjadřuje pojem *sociální stáří*. Daným termínem popisujeme změnu životního stylu, ekonomického zajištění a s tím následně spojené eventuelní rizika vznikající nedostatečnou adaptací jedince na změněné podmínky. Ve starším věku se u lidí často setkáváme se ztrátou společenského statusu, nedostatečnou seberealizací a s tím spojeným pocitem méněcennosti a nadbytečnosti. Tomuto pocitu mohou přispívat i další okolnosti jako je umístění do penzionu, naprostá závislost na pomoci ostatních, či finanční nesoběstačnost.

### 2.3.2 Periodizace stáří

Doposud odborníky nebyla stanovena jednotná periodizace stáří. Teorie se rozcházejí jak v přesném vymezení jednotlivých fází, tak také v počtu fází, do kterých má být údobí stáří rozděleno.

Podle Příhody (1974) můžeme lidský život rozdělit do patnáctiletých period. Biologický i psychologický vývoj vykazuje pravidelnou cykličnost v patnáctiletých obdobích.

0-5 let	narození až konec pubescence,
15-30 let	postpubescence a mecitma,
30-44 let	dospělost (adultium),
45-59 let	střední věk (interevium),
60-74 let	stárnutí (časné stárnutí, senescence),
75-89 let	vlastní stáří (kmetství, senium),
90 a více let	dlohověkost (patriarchium).

Neugartenová (1966, in Kalvach, Zadák, Jirák, Zavázalová, & Sucharda, 2004) navrhla v kontextu demografického vývoje periodizaci stáří, ze kterého je odvozeno i současné členění stáří v gerontologii:

mladý senior: 65 – 74 let

starý senior: 75 – 84 let

velmi starý senior: 85 a víc let.

Riegerová, Přidalová a Ulbrichová (2006) rozdělují období dospělosti následovně:

15-18 let	dospělost (Juvenis),
do 30 let	plná dospělost (Adultus),
do 45 let	zralost (Maturus I),
do 60 let	střední věk (Maturus II),
do 75 let	stárnutí (Presenilis),
do 90 let	stáří (Senilis),
nad 90 let	kmentský věk.

### 2.3.3 Stárnutí

„Stárnutí je velmi složitý multifaktoriální děj. Je výslednicí vzájemného působení genetických podmínek (daných druhově i individuálně) a faktorů zevního prostředí“ (Riegerová, Přidalová, & Ulbrichová, 2006, 115). Výše zmíněné autorky popisují proces stárnutí jako přechodné období mezi dospělostí a stářím.

Jak bude v následujících kapitolách ještě zmíněno, mezi autory nenajdeme jednotný názor na to, co vlastně proces stárnutí je. Autoři se neshodují na charakteristice posledního období lidského života, ani na době jeho nástupu. Pokud toto období popisují, tak jen pomocí jeho základní charakteristiky, vzhledem ke složitosti a obsáhlosti pojmu. U mnohých převládá názor, že stárnutí nastupuje ihned po ukončení procesu růstu. Pokud bychom měli tedy brát startovací čárů procesu stárnutí ukončení fyziologického růstu, v absolutních číslech bychom se dostali někam do období dospělosti, což je poměrně brzký začátek. Například Svoboda s Hoškem (1992) situují vrchol fyziologických funkcí kolem 30. roku věku.

Velmi úzkou souvislost můžeme vidět mezi stárnutím a pohlavní periodizací, především pak u žen. Zde považujeme období menopauzy jako konec reprodukčního období, které je jistým mezníkem ve vývoji jedince. Naopak není tuto změnu ale možné vnímat jako zásadní znak ani příčinu stárnutí. Především pak z pohledu psychologického a sociálního je tento mezník pro mnoho žen startem období nového vyznačující se novými sociálními rolemi.

S procesem stárnutí pak jednoznačně spojujeme změny v metabolismu lidského organismu, které vycházejí především ze změn ve složení těla. Těmito změnami myslíme především snížení procentuálního zastoupení tukuprosté hmoty ve prospěch hmoty tukové.

Významným ukazatelem je pak především poměr ECM (extracelulární hmoty) a BCM (buněčné hmoty), který vystihuje využitelnost tukuprosté hmoty ke svalové práci.

Kritérium, které napomáhá velice dobře nejen stárnutí charakterizovat, ale také jej datovat, je odolnost lidského organismu. Odolnost pokládáme za celkovou vlastnost organismu, za jeho vlastnost čelit škodlivým činitelům a přemáhat účinky toxických či jiných látek nebo jednobuněčných organismů (prvků, bakterií, virů) (Příhoda, 1974). Dle autora projevuje lidský organismus největší odolnost mezi 10. a 14. rokem ontogeneze. Míru odolnosti určuje pomocí úmrtnosti v daných ontogenetických obdobích. Mortalitu tedy považuje za nepřímé měřítko odolnosti organismu. Uzlový bod, který je dán výrazným skokem v úmrtnosti mužů a žen, našim klimatem a našimi zvyklostmi, nastává teprve po šedesátém roce života. Podle Příhody (1974) bychom tak mohli hranici senia stanovit na šedesátý rok a senescence od 60 do 74 let.

Stárnutím a stářím se zabývá vědní disciplína gerontologie. „Gerontologie je nauka, soubor vědomostí o stárnutí a stáří, respektive o problematice starých lidí a života ve stáří“ (Kalvach, Zadák, Jirák, Zavázalová, & Sucharda, 2004, 48).

Cílem daného oboru je především poznávat a řešit specifické potřeby typické pro staré lidi z pohledu několika různých disciplín. Gerontologie zkoumá živé organismy a procesy stárnutí ovlivňující jejich vývoj. Studuje otázku vývoje jedince v sociálním prostředí a zároveň odraz stárnutí populace na soudobou společnost. Oblast medicíny v rámci oboru gerontologie zaujímá disciplína geriatrie, která shrnuje obecně problematiku gerontologie z pohledu zdravotního a funkčního stavu jedince, geriatrického pacienta.

## **2.3.4 Projevy stárnutí**

### **2.3.4.1 Ontogenetické změny starších jedinců**

Obecně můžeme mezi ontogenetické změny v období stáří zařadit změny antropometrické, změny funkčnosti smyslových orgánů, změny související se změnou stravovacích návyků a životního stylu v pokročilém věku. Mezi faktory biologické, které významně rozhodují o kvalitě stáří, kvalitě života v seniorském věku, jednoznačně řadíme změnu tělesné hmotnosti a především pak změnu tukuprosté a tukové hmoty. Právě tyto



změny ovlivňují výkonnost člověka, která je zapotřebí pro každodenní činnosti a pro uspokojení každodenních životních potřeb. Zároveň se rozsah těchto běžných schopností oproti období produktivního věku zužuje a omezuje tak nezávislost staršího člověka. Jak Bunc a Štílec (2007) upozorňují, kvalita života seniorů úzce souvisí s množstvím a kvalitou svalové hmoty. Zde se nabízí připomenout již zmíněné téma aktivního životního stylu a uvědomit si důležitost pohybové aktivity nejen v seniorském věku, která významně ovlivňuje tělesné složení staršího organismu. Je tak jedním z nástrojů, jak kvalitu života starších lidí zlepšit.

Po 7. až 8. deceniu dochází k poklesu tělesné hmotnosti a k zásadním změnám tělesného složení. Díky změnám životního stylu se mění poměr svalové hmoty a tuku v těle. Snižuje se množství tukuprosté hmoty a přibývá tukové hmoty. S těmito změnami souvisí i úbytek celkové tělesné vody. Všechny tyto změny jsou důsledkem odlišného příjmu potravy ve stáří, energetickým výdejem a nedostatkem pohybové aktivity.

#### **2.3.4.2 Antropometrické změny**

##### **BMI (Body Mass Index)**

Současná literatura popisuje několik základních antropometrických změn stárnoucího organismu. Patří mezi ně změny tělesné výšky, tělesné hmotnosti, tělesného povrchu a tělesného složení. S těmito vývojovými změnami samozřejmě velice úzce souvisí hodnoty body mass indexu (BMI) ve starším věku. Zde se nabízí otázka, do jaké míry má ale BMI v pokročilém věku výpovědní hodnotu a do jaké míry můžeme tento index popisovat jako jeden z ukazatelů mortality. „Ve vyspělých zemích dochází obecně ke vzestupu hmotnosti a hmotnostního indexu (BMI) asi do věku 60 let, pak začíná pozvolný pokles“ (Kalvach, Zadák, Jiráček, Zavázalová, & Sucharda, 2004, 149). Díky snižující se hmotnosti a zároveň snižující se tukuprosté hmotě v pozdním věku se snižuje také správnost hodnocení BMI vzhledem k mortalitě. Na základě různých vědeckých prací Kalvach, Zadák, Jiráček, Zavázalová a Sucharda (2004) doporučují zvýšení horní hranice hmotnosti s minimálním rizikem mortality u vyšších věkových kategorií alespoň na BMI 27,0. Pokud bychom chtěli BMI využít jako jeden z ukazatelů spojených s mortalitou, měli bychom sledovat především jeho průměrné hodnoty v dospělém věku, kde se můžeme řídit běžnou stupnicí hodnot BMI. Výše zmínění autoři uvádí jako významnější parametr změnu složení těla, kdy ubývá tukuprostá hmota a přibývá tuk a vazivo.

### **WHR index (Index whist to hip)**

Jev, který velice významně ovlivňuje zdravotní stav v pokročilém věku, je narůstající množství tuku útrobního (viscerálního, intraabdominálního). Tendence zvyšování množství útrobního tuku je ale na změnách hodnot BMI nezávislá. „Lepší prediktor mortality než BMI je u starších mužů obvod pasu, u žen poměr pas/boky“ (Kalvach, Zadák, Jirák, Zavázalová, & Sucharda, 2004, 149). Tento poměr obvodu pasu a obvodu boků označujeme také jako WHR index. Na základě hodnot WHR indexu jsme schopni stanovit riziko onemocnění charakteristických pro starší období (ale nejen pro toto období) jako je abdominální obezita. Ta velice úzce souvisí s civilizačními chorobami typu infarktu, anginy pectoris či mozkových příhod.

Distribuce tuku se samozřejmě během vývoje jedince mění. S postupujícím věkem se více tuk ukládá v oblasti trupu, na končetinách pak minimálně. U mužů jsou typickými místy záda, hrudník a břicho, u žen je to pak oblast pasu a paží. Distribuce tuku není ovlivněna pouze věkem, důležitým faktorem jsou etnické a rasové charakteristiky a opět zmiňovaná pohybová aktivita, její typ a úroveň (Riegerová, Přidalová, & Ulbrichová, 2006). Dle výzkumu Gáby, Pelclové, Přidalové, Riegerové, Dostálové a Engelové (2009) WHR index vykazoval u testovaných žen seniorského věku pokles s narůstající pohybovou aktivitou.

### **Tělesná výška**

Změny tělesné výšky během ontogenetického vývoje jedince vykazují hned několik zákonitostí. Tělesná výška se s věkem člověka snižuje. Tato změna je způsobena především deformačními změnami měkkých a kostních tkání v oblasti trupu, a tedy snížení výšky v oblasti trupu, přičemž délka končetin zůstává nezměněna. Postupně se snižuje schopnost regenerace chrupavek a dochází ke zmenšení kloubního povrchu. Vyústěním je pak většinou degenerativní artróza.

Příčinou snížení tělesné výšky je také atrofie svalstva a postupné narůstání nerovnováhy mezi jednotlivými svalovými skupinami, které může později způsobovat např. hyperkyfózu – nahrbení, jejíž příčinou je svalová dysbalance. Zvětšená hrudní kyfóza může být funkční vadou, příčinou však může být i vada strukturální. Často může během ontogenetického vývoje funkční vada přejít ve vadu strukturální (Kalvach, Zadák, Jirák, Zavázalová, & Sucharda, 2004; Nečas, 2007; Riegerová, Přidalová, & Ulbrichová, 2006).

### 2.3.4.3 Změny vnitřního prostředí

Obsah vody v těle se s narůstajícím věkem mění, množství tělesných tekutin se snižuje. Tento jev je spojen především s poklesem tukuprosté hmoty a zvyšujícím se procentem tělesného tuku v těle. Podíl vody u staršího organismus je nižší než u mladého organismu, jakékoliv výrazné ztráty tělesné vody jsou tak ve stáří velice nebezpečné a starší jedinci jsou na tyto změny podstatně citlivější (Kalvach, Zadák, Jiráček, Zavázalová, & Sucharda, 2004).

**Tabulka 7. Celková tělesná voda u mužů a žen v závislosti na věku (upraveno dle Kalvach, Zadák, Jiráček, Zavázalová, & Sucharda, 2004, 324)**

Věk (roky)	Muži	Ženy
18 - 40	61 %	51 %
40 - 60	55 %	47 %
nad 60	52 %	46 %

### 2.3.5 Pohybová aktivita ve starším věku

Pohybová aktivita by měla být součástí našeho režimu v průběhu celého života. Především pak ale v období stáří, kdy se pohyb ukazuje jako jeden z velice významných faktorů, které zpomalují involuční změny spojené se stárnutím. Slouží také ale jako prevence onemocnění, která s přibývajícím věkem přicházejí a jsou častými příčinami úmrtí. Důležitou rolí pohybu je také sociální a psychická terapie. V současné době se bohužel setkáváme především s úbytkem pohybové aktivity a převahou sedavého způsobu života. Frömel a Bauman (2006) při studii zaměřené na hodnocení intenzity a objemu pohybové aktivity provozované populací ve věku 15-69 let zjistili, že s rostoucím věkem u mužů i žen klesá počet dnů v týdnu, kdy se věnují pohybové aktivitě. I když se objem pohybové aktivity s věkem snižuje především u mužů, muži jsou stále aktivnější než ženy.

Pokud mluvíme o prevenci, musíme zdůraznit důležitost pohybové aktivity nejen ve stáří, ale v průběhu celého života. Její nedostatek má dopad na fyzické, psychické i sociální zdraví. Pařízková (1973) ve své studii poukazuje na výrazně větší tukuprostou hmotu

u celoživotně trénujících mužů ve srovnání s nespportujícími. Klade důraz na to, že správný pohybový režim je nutno dodržovat nepřetžitě v určité intenzitě během celého života.

Proto, abychom mohli o pohybové aktivitě v životě seniora přemýšlet realisticky, měli bychom zhodnotit situaci, ve které se senior nachází. Odchod do důchodu pro jedince znamená obrovskou změnu v několika směrech. Na jedné straně přichází úleva a fyzický i psychický odpočinek, na druhé straně přichází naprostá změna denního rytmu a sociálního postavení. Adaptace na tuto zcela novou situaci může přinášet dlouhotrvající potíže – osobní krize, pocit bezmocnosti, méněcennosti. V těchto chvílích sportování seniorů posiluje pocit sounáležitosti a identifikace s novým sociálním prostředím a rolí. Psychosociální účinky sportování tak nesporně přispívají ke kvalitě života po co nejdélší dobu (Slepička & Pěkný, 2008). Významná je také změna socioekonomického statusu. Přísun financí je omezený, což může negativně působit nejen například na snížení kvality stravy, ale může být i důvodem, proč senior omezuje volnočasové aktivity, mezi které zařazujeme samozřejmě i pohybovou aktivitu. Finančně náročnější aktivity rekreačního charakteru mohou být díky nedostatku financí velmi omezené.

Pohybová aktivita volená pro seniory by měla splňovat hned několik podmínek. Měla by být nejen prevencí z hlediska zdravotního, ale také terapií v oblasti sociální a psychické. Zároveň by měla být vyhovující z pohledu ekonomické dostupnosti a realizovatelná v „domácích“ podmínkách (Bunc & Štílec, 2007). V některých diskuzích se objevuje i ten názor, že v konečném důsledku není hlavním přínosem počet dožitých roků, ale zachování aktivního způsobu života. Součástí aktivního způsobu života není pouze samotná pohybová aktivita, ale i aktivity typu práce na zahradě, pochůzky, nákupy. Ne všechny tyto aktivity jsou ale prováděny dostatečně intenzivně, nemusí tak přinést očekávaný efekt (Kalvach, Zadák, Jiráček, Zavázalová, & Sucharda, 2004).

Se zařazením pohybové aktivity do života seniorů souvisí také testování jejich tělesné zdatnosti. Pro seniory fyzicky nezávislé, fyzicky dobré a fyzicky výborné existuje hned několik programů a testovacích baterií. Ve své studii se testováním žen seniorek zabývala Chytráčková (2001). Využila testy, které jsou sestaveny tak, aby odpovídaly požadavkům na testování základních složek tělesné zdatnosti (svalová perzistence, aerobní vytrvalost a pohyblivost). Do testování zařadila ruční dynamometrii preferovanou končetinou, opakované sedy/lehy, hloubku předklonu v sedu a chůzi na místě po dobu 2 minut. Testované seniorky ve věku 60-76 let se ukázaly jako nadprůměrné. Je nutné ale podotknout, že testované se

dobrovolně účastnily akce „Dny zdraví a pohybu“, což je zařazuje mezi jedince s aktivním životním stylem. Důležitým prvkem testování je také funkční vyšetření zdravotního stavu.

Jak už bylo řečeno v předešlých kapitolách této práce, změny, které neodmyslitelně patří k procesu stárnutí, souvisejí především s úbytkem svalové hmoty a nárůstem tělesného tuku. Zde dominuje nárůst především tuku abdominálního (viscerálního), jehož ukládání je prokázáno jak u žen aktivních, tak inaktivních. Průměrná hodnota viscerálního tuku byla ale u pohybově aktivních žen signifikantně nižší než u žen se sedavým stylem života (Gába, Pelclová, Přidalová, Riegerová, Dostálová, & Engelová, 2009). Tento typ tukové hmoty je spojován s riziky vzniku kardiovaskulárních onemocnění, diabetu 2. typu a jiných metabolických chorob. Se snížením celkové kvality života během stáří ale také souvisí zdravotní komplikace spojené s nekvalitní stravou až podvýživou. V tomto případě se setkáváme s váhovým úbytkem. Jak v případě obezity, tak i v případě podvýživy, pohybová aktivity ve spojení s vyváženou a plnohodnotnou stravou je jedním z řešení.

### **Vhodný typ pohybové aktivity pro jedince staršího věku**

Pro zvýšení kvality života v seniorském věku a minimalizování rizik spojených se vznikem různých chorob je důležité zařazovat pohybovou aktivitu určité formy, intenzity a objemu, která je adekvátní fyzickému a psychickému stavu seniora. Pohybová aktivita by měla zamezit degradaci svalové hmoty, zajistit obnovení či získání nových pohybových dovedností a navýšit aerobní výkonnost.

Za nevhodné považuje Svoboda a Hošek (1992) cvičení vyvolávající velké kolísání krevního oběhu v mozkových cévách (hluboké předklony, polohy hlavou dolů aj.), pohyby s velkým a náhlým svalovým úsilím, pohyby spojené se zástavou dýchání. Vhodné nejsou ani cvičení rychlostního či výrazně silového charakteru.

Ve studii Pelclové, Gáby, Přidalové, Engelové, Tlučákové a Zajac-Gawlak (2009) posuzující doporučené množství pohybové aktivity a jejího vlivu na vybrané ukazatele zdraví se ukazuje jako účinnější doporučení počtu kroků za den než doporučení vztahující se k středně zatěžující pohybové aktivitě. Plnění doporučeného počtu kroků 10000 za den se ve studii ukazuje jako významný prostředek pro omezení abdominální obezity u studentek Univerzity třetího věku.

## Chůze

Chůze, běh, jízda na kole, plavání jsou pohybové aktivity vytrvalostního charakteru, které jsou nejvíce doporučovány. Jako nejvhodnější a nejbezpečnější pro jedince seniorského věku se jeví svižná chůze. Běh nese rizika úrazu a zranění pohybového aparátu, a proto dnes chůze postupně u starších jedinců vytlačuje vytrvalostní běh (Bunc & Štilce, 2007; Svoboda & Hošek, 1992). I ve studii Frömela a Baumana (2006) zaměřené na pohybovou aktivitu populace České republiky se potvrzuje, že právě chůze dominuje ve výběru obyvatel mezi různými typy pohybové aktivity.

Chůze se stává předmětem zájmů mnoho autorů. V jejich studiích se pozitivní účinek chůze na zdravotní stav seniorů potvrzuje. Ve studii zkoumající vztah mezi doporučeným typem pohybové aktivity a zdravotními ukazateli vycházejících z diagnostiky tělesného složení (Gába, Pelclová, Přidalová, Riegerová, Dostálová, & Engelová, 2009) se prokázalo, že u žen, které v rámci dne nachodily průměrně více jak 10 000 kroků, byly nalezeny rozdíly ve složení těla ve prospěch testovaných žen. U souboru byl sledován BMI (body mass index), FFMI (fat-free mass index), BFMI (body fat mass index), WHR (whist-hip ratio) a VFA (visceral fat area). U souboru byl zaznamenán statisticky významný rozdíl u všech sledovaných ukazatelů kromě FFMI. Pozitivní vztah mezi množstvím kroků za den a vybranými zdravotními ukazateli (BMI, BFMI, VFA, WHR) se ukázal i bez ohledu na intenzitu chůze. Nevýrazné změny u FFMI lze přičíst charakteru pohybové aktivity, který není zaměřen na posílení svalové hmoty.

Význam chůze jako vhodné pohybové aktivity dokládá také studie Bunce a Štilce (2007). Po 12měsíčním tréninku seniorek, kdy chůze tvořila 90-180 minut celkového zatížení za týden, byl zjištěn významný pokles tělesné hmotnosti a pokles procenta tuku. Beztuká hmota u testovaných mírně vzrostla. Významný byl ale pokles koeficientu ECM/BCM, který charakterizuje kvalitu svalové hmoty. Výrazným způsobem vzrostla také tělesná zdatnost měřená pomocí maximální spotřeby kyslíku. Dalším sledovaným posunem bylo i zvýšení rychlosti na běhacím koberci ve prospěch testovaných seniorek.

Kromě výborných výsledků vyplývajících z různých studií, lze chůzi pozitivně hodnotit i z pohledu dostupnosti a univerzálnosti. Splňuje bezpečnostní podmínky, minimalizuje tak riziko zranění pohybového aparátu starších jedinců. Zároveň není náročná po ekonomické ani technické stránce. Nabízí pohyb v přírodě, ve skupině. Uhlíř (2008) zmiňuje dnes velmi oblíbenou severskou chůzi s holemi (Nordic Walking). Díky čtyřem opěrným plochám technika nabízí dostatečnou stabilitu i v nerovném terénu. Zároveň práce

paží, které senior používá pro manipulaci s holemi, zajišťuje aktivizaci velkých svalových skupin trupu, usnadňuje dýchání a šetří klouby dolních končetin. Možným ekvivalentem může být i běhací koberec, který umožní zařadit chůzi do denního režimu i v klimaticky nepříznivých podmínkách. Tato varianta je ale už ekonomicky náročnější.

### 3 CÍLE PRÁCE

Hlavním cílem této diplomové práce je determinovat parametry tělesného složení prostřednictvím antropometrických metod a metody bioelektrické impedance u studentek Univerzity třetího věku na Fakultě tělesné kultury Univerzity Palackého v Olomouci.

Dílčí cíle:

- Zhodnocení parametrů tělesného složení pomocí antropometrických metod dle Pařízkové, Matiegky a Drinkwatera a Rosse u studentek U3V na Fakultě tělesné kultury Univerzity Palackého v Olomouci
- Zhodnocení parametrů tělesného složení pomocí přístroje Bodystat Quadscan 4000 a přístroje Tanita BC 418 MA zastupujících metodu bioelektrické impedance a porovnání rozdílů v parametrech naměřených těmito přístroji u studentek U3V na Fakultě tělesné kultury Univerzity Palackého v Olomouci
- Analýza naměřených dat týkajících se množství tělesného tuku, procentuálního zastoupení tělesného tuku, zastoupení tukuprosté hmoty, dále vyhodnocení indexů BMI a WHR a provedení segmentální analýzy tukové a svalové frakce



## **4 SOUBOR A METODIKA**

### **4.1 CHARAKTERISTIKA SOUBORU**

V rámci výzkumného projektu *Pohybová aktivita a inaktivita obyvatel České republiky v kontextu behaviorálních změn* bylo v roce 2007 sledováno a vyšetřeno použitými metodami celkem 37 žen seniorského věku, studentek Univerzity třetího věku na Fakultě tělesné kultury Univerzity Palackého v Olomouci. Průměrný věk žen byl 64,32 let ( $\pm 4,18$  let). Ženy v době měření dosáhly výšky 160,49 cm ( $\pm 4,71$  cm) a hmotnosti 68,49 kg ( $\pm 11,72$  kg).

Výzkumu se účastnili probandi bez výraznější patologie. Všechny vyšetřené osoby byly předem seznámeny s průběhem měření a souhlasily s využitím získaných dat pro účely výzkumu.

### **4.2 PRŮBĚH A ZPŮSOB ZÍSKÁVÁNÍ HODNOT TĚLESNÉHO SLOŽENÍ**

Využití metod bioelektrické impedance a antropometrických metod k hodnocení parametrů tělesného složení lze vzhledem k nižší náročnosti na technické vybavení zařadit k metodám terénním. V práci je využito klasických standardizovaných metod, které umožňují stanovení a analýzu tělesného složení.

Při stanovování tělesného složení metodou bioelektrické impedance bylo využito přístroje Bodystat Quadscan 4000 a Tanita BC 418 MA. Z metod antropometrických bylo využito metodiky Pařízkové, Matiegky a Drinkwatera a Rosse. Při určování somatometrických charakteristik bylo využito klasického antropometrického instrumentáře.

## 4.3 METODA BIOELEKTRICKÉ IMPEDANCE

### **Bodystat Quadscan 4000**

Bodystat Quadscan 4000 je bioimpedanční analyzátor složení těla pracující na principu měření různých složek proudových odporů při průchodu referenčního vzorku tělesnými strukturami. Metoda využívá tedy tkáňové impedance. Bodystat Quadscan 4000 zastupuje multifrekvenční technologii (5, 50, 100 a 200 kHz) s přímým měřením fázového úhlu.

Pomocí predikčních rovnic jsou vypočítány hodnoty složení těla v absolutních hodnotách i procentuálně - tuk, aktivní tělesná hmota celkově i s odečtením vodního podílu, masa buněčné hmoty (BCM – body cell mass), díky multifrekvenční technologii MF-BIA také celková tělesná voda, intracelulární a extracelulární tekutiny. Přístroj dále nabízí stanovení indexu Illness marker, který vyjadřuje poměr extracelulární a celkové tekutiny v organismu (ECW/TBW), umožňuje tak sledovat vývoj u těžkých stavů v intenzivní medicíně, stav nutrice apod. Bodystat Quadscan 4000 vyhodnocuje také ukazatel abdominální obezity WHR index (obvod pasu/obvod boků), který by se u žen měl pohybovat dle limitů Bodystatu do 0,8. Stanovení limitu WHR indexu dle přístroje Bodystat Quadscan 4000 je například oproti limitu zmíněného Riegerovou, Přidalovou a Ulbrichovou (2006), který optimální hodnotu WHR stanovuje do 0,85, přísnější. Dalšími stanovenými parametry jsou hmotnostně-výškový index, který posuzuje přiměřenost tělesné hmotnosti vzhledem k tělesné výšce (BMI), bazálního metabolismu (BMR) a suchá hmotnost. Vyšetření je rychlé a pohodlně opakovatelné. Metodu začleňujeme mezi testy terénní. Ve studii použitý přístroj nenabízí segmentální analýzu tělesného složení. Umožňuje ale využití predikční rovnice pro populaci staršího věku – geriatrickou rovnici. Tato rovnice byla v práci využita.

Vyšetření probanda provádíme tak, že čtyři elektrody umístíme na pravou horní a pravou dolní končetinu na přesně určená místa. Pro přesnost měření a získání korektních výsledků je důležité zajistit správnou polohou (Obrázek 7, Obrázek 8) a kvalitou elektrod, tzn. dokonalou přilnavost k pokožce. Důležitým faktorem je tedy kromě technického vybavení i odborná obsluha. Riziko chyby v měření minimalizujeme výběrem správné predikční rovnice pro určité skupiny obyvatelstva (muži, ženy, děti různých věkových kategorií, aktivní sportovci, starší osoby). V případě našeho souboru byla použita predikční rovnice geriatrická.



**Obrázek 7. Správné umístění elektrod na pravé ruce** (upraveno dle [www.bodystat.com](http://www.bodystat.com))



**Obrázek 8. Správné umístění elektrod na pravé noze** (upraveno dle [www.bodystat.com](http://www.bodystat.com))

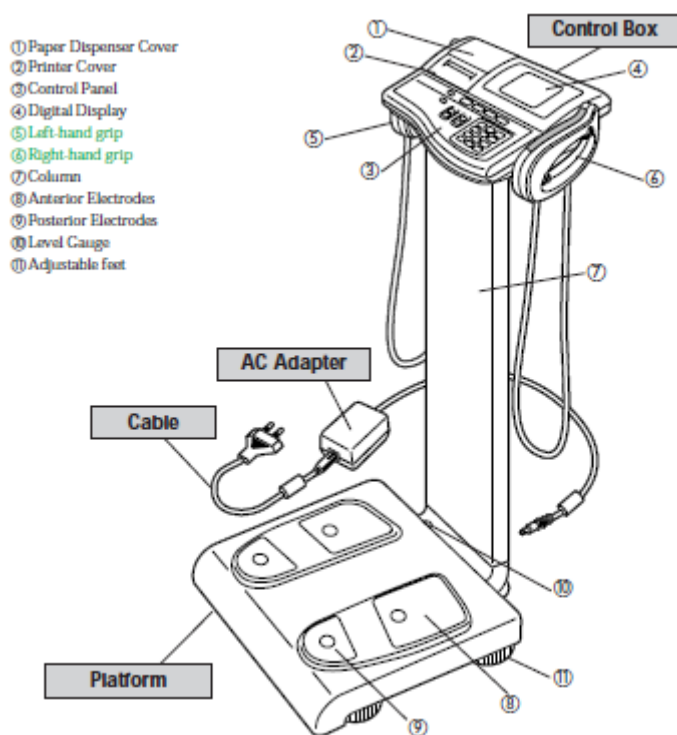
### **Tanita BC 418 MA**

Přístroj Tanita BC 418 MA je osobní digitální váha s analyzérem, která zastupuje metodu přímé analýzy segmentové monofrekvenční bioelektrické impedance (50 kHz), která používá osmi polárních elektrod. Elektrody jsou umístěny tak, že elektrický proud je do organismu dodáván přes špičky prstů u obou dolních končetin a prstů obou horních končetin. Napětí je měřeno na patách obou dolních končetin a dlaních obou horních končetin.

Přístroj umožňuje měření celkové hmotnosti, procentuálního zastoupení tělesného tuku, hmotnost tělesného tuku, množství tukuprosté hmoty, podíl tělesné vody, bazální metabolismu (BMR) a hmotnostně-výškový index (body mass index – BMI). Díky monofrekvenční technologii (SF-BIA) není přístroj schopen proniknout plně přes membránu buňky a přesně odhadnout množství intracelulární tekutiny tedy i celkové tělesné vody v organismu. Přístroj provádí segmentální analýzu, nabízí tedy analýzu tělesného složení pro pravou a levou horní končetinu, pravou a levou dolní končetinu a trup. Vyšetření přístrojem

Tanita BC 418 MA je rychlé a snadno použitelné. Všechna data přístroj přímo tiskne. Software umožňuje méně časově náročné pořizování dat a jejich analýzu. Splňuje přísné evropské předpisy týkající se vážících mechanismů MDD a NAWI class III. Metoda je testem terénním. Při měření našeho souboru žen byl použit mód standart.

Během testování by měl subjekt odložit všechny kovové předměty z těla. Postoj na přístroji by měl být uvolněný. Plosky nohou by se měly dotýkat elektrod dle doporučení výrobce, dle manuálu by měly být uchopeny i madla. Horní končetiny se nesmí dotýkat trupu ([http://www.tanita.co.uk/uploads/media/BC\\_418\\_MA\\_Instruction\\_Manual\\_and\\_Technical\\_Notes.pdf](http://www.tanita.co.uk/uploads/media/BC_418_MA_Instruction_Manual_and_Technical_Notes.pdf)).



**Obrázek 9. Ukázka přístroje Tanita BC 418 MA (upraveno dle [www.tanita.co.uk](http://www.tanita.co.uk))**

## Standardní podmínky dodržované při měření BIA

Stejně jako přístroj Bodystat Quadscan 4000, tak i Tanita BC 418 MA je přístroj zastupující metodu, která je založena na měření obsahu vody v jednotlivých biologických strukturách lidského organismu a na šíření elektrického proudu nízké intenzity těmito strukturami. Tato metoda je velmi citlivá na stav hydratace organismu, a proto je důležité dodržet základní pravidla týkající se samotného měření subjektů, díky kterým eliminujeme riziko nepřesných výsledků. Základními pravidly, která se týkají samotného měření subjektu pomocí metody BIA, se zabývalo několik autorů (Heymsfield, Lochman, Wang, & Going, 2005; Kyle, et al., 2004b; Riegerová, Přidalová, & Ulbrichová, 2006). Doporučené podmínky, za kterých by standardně toto měření mělo probíhat, a doporučené chování probanda před měřením najdeme i v manuálu výrobce ([http://www.tanita.co.uk/uploads/media/BC\\_418\\_MA\\_Instruction\\_Manual\\_and\\_Technical\\_Notes.pdf](http://www.tanita.co.uk/uploads/media/BC_418_MA_Instruction_Manual_and_Technical_Notes.pdf)). Doporučená pravidla, která zajišťují konzistentnost měření:

- měřit subjekt, který je běžně hydratován,
- měřit tři hodiny nebo více po posledním jídle,
- měřit dvanáct a více hodin po intenzivním cvičení (převážně anaerobního charakteru),
- vymočit před měřením a tekutiny lehce doplnit neslazenou vodou,
- v případě opakovaných měření měřit pokud možno ve stejnou denní dobu,
- neužívat alkohol méně než 12 hodin před měřením,
- neměřit subjekt bezprostředně před nebo v průběhu menstruačního cyklu,
- před měřením nechat subjekt klidně ležet v poloze na zádech alespoň 3 až 4 minuty (u měření prováděného v poloze leh na zádech),
- vnitřní strana stehů ani ostatní části těla se nesmí dotýkat (tento problém se může objevovat především při měření obézních jedinců), v případě doteku částí těla použijte např. ručník jako izolaci,
- správně umístit elektrody, zajistit jejich správnou vodivost (očistit a oholit pokožku).

## 4.4 ANTROPOMETRICKÉ METODY

### Metoda odhadu tělesného složení dle Pařízkové

Tato použitá metodika se zakládá na stanovení tloušťky deseti kožních řas:

tvář	- pod spánkem, ve výši tragu
brada	- pod bradou, nad jazylkou
hrudník I	- v přední axilární čáře nad m. pectoralis major
hrudník II	- vy výši X. žebra, v přední axilární čáře
paže	- nad tricepsem, v polovině vzdálenosti acromion-olecranon
záda	- pod dolním úhlem lopatky
břicho	- v mediální 1/3 spojnice pupek-iliospinale ant. sup.
bok	- nad hřebenem kosti kyčelní v prodloužení přední axilární čáry
stehno	- nad patelou
lýtka	- 5 cm pod fossa poplitea.

Kožní řasa se pevně uchopí palcem a ukazovákem levé ruky asi 1 cm od místa, kde má být její tloušťka změřena. Tahem se kůže oddělí od svalové vrstvy ležící pod ní. Kožní řasa nesmí obsahovat žádnou tkáň ležící pod ní, např. ochablé svalstvo. Plošky kaliperu se přiloží kolmo ke kožní řase asi 1 cm od prstů tak, aby se měřila kožní řasa stlačena kaliperem a nikoliv prsty. Měření kožních řas probíhá na přesně definovaných místech na těle (Pařízková, 1962; Riegerová, Přidalová, & Ulbrichová, 2006). Měření je vykonané na pravé straně těla. Kožní řasy jsou měřeny kaliperem typu Best.

### Metoda odhadu tělesného složení dle Matiegky

Matiegkova metodika vychází z naměření několika kožních řas, šířkových rozměrů, obvodových a výškových rozměrů.

*Kožní řasy:* kožní řasa nad m. biceps brachii, kožní řasa na volární straně předloktí v místě největšího obvodu, kožní řasa nad m. quadriceps femoris v polovině vzdálenosti mezi trochanterion a tibiale, kožní řasa na zadní ploše lýtka v místě maximálního obvodu, kožní řasa na hrudníku II, kožní řasa na břicho (viz metoda Pařízkové).

*Šířkové rozměry:* šířka epikondylu humeru, šířka zápěstí, šířka dolní epifýzy femuru, šířka kotníku.

*Obvodové rozměry:* obvod paže, obvod předloktí, střední obvod stehna, maximální obvod lýtky.

*Výškové rozměry:* tělesná výška.

Na základě odebrání těchto rozměrů byl následně vypočten podíl hmotnosti kostry, kůže a podkožní tkáně, kosterního svalstva a zbytku (rezidua) na celkové tělesné hmotnosti a absolutní hodnoty všech těchto složek.

Zbytek (residuum) může být také vypočtený modifikací podle Matiegky (Bláha et al., 1986; Riegerová, Přidalová, & Ulbrichová, 2006) na základě biakromiální (a-a) a bikristální šířky (ic-ic), transverzálního (TT) a sagitálního průměru hrudníku (H. sag) a tělesné výšky.

### **Metoda odhadu tělesného složení dle Drinkwater a Rosse**

Metodika Drinkwatera a Rosse vychází z fantomových hodnot antropometrických rozměrů a jejich směrodatných odchylek. Fantomové hodnoty byly získány z literárních a historických dat různých etnik, žen, mužů (Riegerová, Přidalová, & Ulbrichová, 2006). Pro výpočet absolutních a relativních hodnot jednotlivých komponent je používáno fantomových hodnot a směrodatných odchylek následujících parametrů (Bláha et al., 1986).

*Pro výpočet podílu hmotnosti kostry:* šířka epikondylu humeru, šířka epikondylu femuru, obvod zápěstí (přes styloidy), minimální obvod lýtky.

*Pro výpočet podílu hmotnosti svalstva:* relaxovaný obvod paže -  $\pi$ . kožní řasa triceps, obvod hrudníku přes mesosternale -  $\pi$ . kožní řasa subskapulární, gluteální obvod stehna -  $\pi$ . kožní řasa na stehně, maximální obvod lýtky -  $\pi$ . kožní řasa na lýtku II (mediální), maximální obvod předloktí -  $\pi$ . kožní řasa na předloktí.

*Pro výpočet podílu hmotnosti tuku:* kožní řasa nad tricipsem, kožní řasa subskapulární, kožní řasa suprailiackální, kožní řasa na břiše.

## 4.5 STATISTICKÉ ZPRACOVÁNÍ DAT

Naměřené údaje byly převedeny do programu Microsoft Office Excel 2007 (operační systém Windows 7) a zpracovány programem STATISTIKA vs. 6.0. Dále byly použity softwary přístrojů Bodystat Quadscan 4000 a Tanita BC 418 MA. Pro jednotlivé sledované parametry tělesného složení byly vypočítány základní statistické charakteristiky: aritmetický průměr (M), medián (Me), minimální hodnota (Min) a maximální hodnota (Max) znaku a směrodatná odchylka (SD).



## 5 VÝSLEDKY A DISKUZE

### 5.1 HODNOCENÍ TĚLESNÉHO SLOŽENÍ METODOU BIOELEKTRICKÉ IMPEDANCE

Prostřednictvím přístroje Bodystat Quadscan 4000 a Tanita BC 418 MA byly naměřeny parametry tělesného složení, které byly následně zanalyzovány. Při měření tělesného složení prostřednictvím přístroje Tanita BC 418 MA byla použita rovnice standardní, v případě přístroje Bodystat Quadscan 4000 byla aplikována rovnice geriatrická.

#### Hodnocení tělesného složení pomocí přístroje Bodystat Quadscan 4000

**Tabulka 8. Základní statistické charakteristiky vybraných antropometrických parametrů a indexů studentek U3V**

Parametr	n	M	Me	Min	Max	SD
Věk	37	64,03	63,00	58,00	76,00	4,10
Tělesná výška (cm)	37	160,40	160,00	148,00	168,00	4,82
Tělesná hmotnost (kg)	37	67,97	65,00	42,00	97,00	11,53
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	37	26,58	25,50	18,70	38,40	4,37
Pas (cm)	37	84,22	84,00	68,00	106,00	9,24
Boky (cm)	37	103,03	101,00	84,00	122,00	8,90
WHR	37	0,82	0,82	0,72	0,89	0,05

*Vysvětlivky: BMI – body mass index, WHR – index pas/boky*

V tabulce 8 nalezneme základní statistické charakteristiky sledovaného souboru studentek Univerzity třetího věku Univerzity Palackého v Olomouci měřené bioimpedanční metodou prostřednictvím přístroje Bodystat Quadscan 4000. Při vyhodnocování výsledků byla použita geriatrická rovnice, která dle doporučení výrobce odpovídá věku souboru. Průměrný věk sledovaných studentek U3V, byl 64,32 let ( $\pm$  4,18 let). Nejmladší zúčastněná žena měla 58 let, nejstarší 76 let. Průměrná tělesná hmotnost žen se pohybovala od 42 kg do 97 kg, přičemž průměrná hmotnost měřených žen byla 68,49 kg ( $\pm$  11,72 kg). Průměrná tělesná výška žen byla 160,49 cm ( $\pm$  4,71 cm), výška žen se pohybovala mezi 148 a 168 cm.

Průměrná hodnota BMI je u průměrné 64leté ženy našeho souboru rovna 26,58. Podle klasifikace BMI dle WHO 2004 toto můžeme hodnotit jako obezitu mírného stupně. Pouze jedna žena souboru dle hodnoty BMI trpí obezitou 2. stupně. 7 žen neboli 18,92 % žen trpí obezitou 1. stupně. 15 žen neboli 40,54 % žen splňuje normu a 14 žen (37,84 %) můžeme zařadit do skupiny trpící nadváhou (Příloha 8).

WHR index (index pas/boky), ukazatel abdominální obezity neboli také index rizikovosti, se u námi měřených žen pohybuje mezi hodnotami 0,72 a 0,89. Průměrná hodnota je tady rovna 0,82 a dle norem zmíněných Riegerovou, Přidalovou a Ulbrichovou (2006) se studentky U3V pohybují v normě. U deseti žen z celkového počtu WHR ale přesahuje rizikovou hodnotu 0,85. Tuto část žen můžeme dle hodnocení Riegerové et al. (2006) už jednoznačně zařadit do skupiny ohrožených kardiovaskulárními a metabolickými nemocemi (angina pectoris, infarkt, diabetes mellitus II. typu apod.). Pokud ale využijeme doporučení přístroje Bodystat Quadscan 4000 a jako horní hranici limitu použijeme hodnotu WHR 0,80, v rizikové oblasti se bude vyskytovat už celkem 24 žen našeho souboru, což činí 64,86 % souboru.

**Tabulka 9. Vybrané parametry tělesného složení naměřené přístrojem Bodystat Quadscan 4000**

Parametr	n	M	Me	Min	Max	SD
Tuk %	37	33,20	34,00	9,80	44,30	6,98
Tuk kg	37	23,02	21,50	6,50	41,90	7,61
ATH %	37	66,80	66,00	55,70	90,20	6,98
ATH kg	37	45,47	43,70	25,00	65,20	7,46
ICW %	37	29,68	29,70	0,00	53,50	8,86
ICW litry	37	20,22	19,80	0,00	38,30	6,81
ECW %	37	23,89	24,00	0,00	51,30	6,72
ECW litry	37	16,34	16,00	0,00	43,60	5,74
CTV %	37	55,05	55,50	47,00	73,50	5,09
CTV litry	37	37,46	36,00	24,90	51,10	5,97
Nutriční index	37	0,44	0,45	0,00	0,91	0,12
BCM	37	28,87	28,30	0,00	54,70	9,74
Suchá hmotnost	37	8,38	8,50	0,00	12,30	2,34

*Vysvětlivky: ATH – aktivní tělesná hmota, ICW – intracelulární tekutina, ECW – extracelulární tekutina, CTV – celková tělesná voda, BCM – body cell mass*

Bodystatem bylo vyhodnoceno (Tabulka 9) průměrné množství tuku na 33,2 %, což u ženy vážící 68,5 kg odpovídá 23,02 kg tuku. Bodystat nabízí kromě aktuálně naměřených hodnot také doporučené množství podílu tělesného tuku na celkové hmotnosti žen průměrného věku 63 let. Přístrojem doporučené průměrné rozmezí hodnot je 22-31 % tuku. Průměrný podíl tělesného tuku na celkové hmotnosti je u studentek Univerzity třetího věku tedy lehce nadprůměrný.

Průměrná hodnota aktivní tělesné hmoty je podle geriatrické rovnice 45,47 kg, což tvoří 66,8 % z celkové tělesné hmotnosti. Dle doporučeného limitu přístroje, který je pro průměrnou ženu našeho souboru stanoven na 69-78 %, je hodnota aktivní tělesné hmoty podprůměrná. Tyto výsledky podtrhují současné vědecké poznatky týkající se ontogenetických změn u starších jedinců. Dochází k zásadním změnám tělesného složení. Mění se především poměr svalové hmoty a tuku v těle, kdy se snižuje množství tukuprosté hmoty (aktivní tělesné hmoty) a přibývá tukové hmoty. Tyto změny zásadně ovlivňují schopnost seniora vykonávat tělesnou práci (Bunc & Štilec, 2007; Kalvach, Zadák, Jirák, Zavázalová, & Sucharda, 2004).

Celková tělesná voda dosahuje průměrné hodnoty 37,46 l, což odpovídá 55 % z celkové tělesné hmotnosti. Vzhledem k doporučení přístroje jsou hodnoty spíše nadprůměrné. V kontextu s nadprůměrnými hodnotami tělesného tuku, které byly u našeho souboru naměřeny, se tyto výsledky shodují s poznatky Sartoria et al. (2004). Autoři ve své studii žen trpících obezitou různých stupňů a žen neobézních prokázali, že výrazně vyšší podíl celkové tělesné vody se objevuje u žen obézních, naopak u žen neobézních jsou hodnoty celkové tělesné vody nižší.

Podíl intracelulárních tekutin na celkové hmotnosti je roven 29,68 % a podíl extracelulárních tekutin je 23,89 %. Nutriční index neboli index retence vody je roven 0,44. Tento index vyjadřuje poměr ECW a TBW a snižuje se s věkem. Často bývá ovlivněn také chronickou nemocí nebo nesprávnou výživou.

Bodystatem byla stanovena také průměrná hodnota bazálního metabolismu studentek U3V (Příloha 7).

## Hodnocení tělesného složení pomocí přístroje Tanita BC 418 MA

**Tabulka 10. Základní statistické charakteristiky vybraných parametrů tělesného složení naměřené přístrojem Tanita BC 418 MA**

Parametr	n	M	Me	Min	Max	SD
Fat (%)	37	33,81	34,30	18,30	44,30	5,84
Fat (kg)	37	23,65	21,80	7,30	42,00	7,72
FFM (%)	37	66,20	65,70	55,70	81,70	5,76
FFM (kg)	37	44,64	44,20	32,90	55,90	5,11
TBW (%)	37	48,46	48,06	40,72	59,95	4,23
TBW (kg)	37	32,68	32,40	24,10	40,90	3,74

*Vysvětlivky: FFM – tukuprostá hmota, TBW – celková tělesná voda*

Tabulka 10 popisuje průměrné, minimální a maximální hodnoty v procentech i absolutních hodnotách tukové hmoty (Fat), tukuprosté hmoty (FFM) a celkové tělesné vody (TBW) sledovaného souboru studentek U3V Univerzity Palackého v Olomouci. Tabulka nabízí také medián a směrodatnou odchylku výše zmíněných charakteristik.

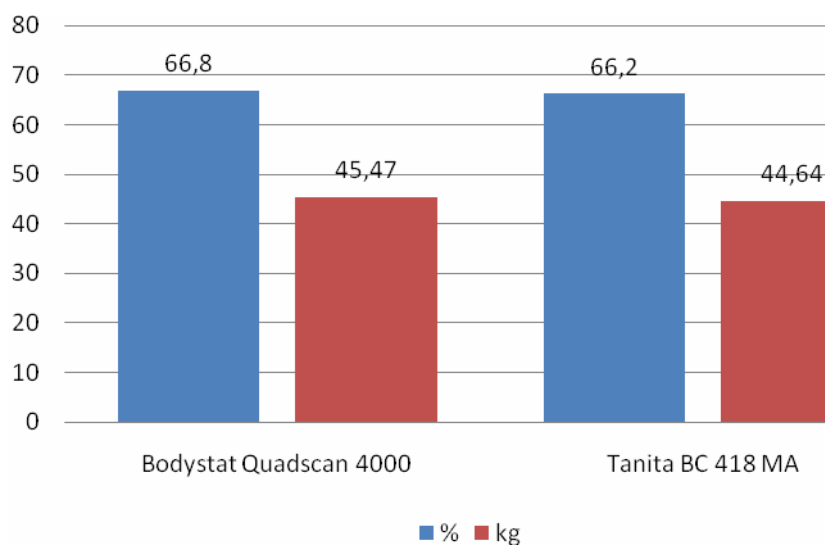
Průměrné množství tuku u žen seniorského věku bylo 23,65 kg, což odpovídá 33,81 % hmotnosti ženy vážící 68 kg ve věku 64 let. Bunc a Štilc (2006) ve své studii zaznamenali u žen téměř stejného věku (68 let) množství tuku rovno 40,8 % z celkové tělesné hmotnosti. I když jsou tedy hodnoty tělesného tuku u našeho souboru žen nadprůměrné, nedosahují tak vysokých hodnot jako soubor sledovaný Buncem a Štilcem. Maximální námi naměřená hodnota byla rovna 44,3 % celkové tělesné hmotnosti. Maximální hodnota vypovídá o vysokém zastoupení tukové frakce. Podle serveru Sport Fitness Advisor (<http://www.sport-fitness-advisor.com/bodyfatpercentage.html>) je pro ženy dané věkové skupiny (nad 50 let) doporučované procentuální zastoupení tukové frakce v rozmezí 16-25 %. Dle zmíněného zdroje, množství tuku naměřené u námi sledovaného souboru žen přesahuje normu téměř o 9 %. Naopak minimální hodnota je 18,3 %, což je těsně nad spodní hranicí doporučovaného rozmezí.

Průměrná hodnota tukuprosté hmoty byla 44,64 kg, což je 66,20 % z celkové tělesné hmotnosti.

Tabulka 10 uvádí také množství celkové tělesné vody. Průměrné množství celkové tělesné vody u ženy vážící 68 kg je 32,68 kg, což je rovno 48,46 % z celkové tělesné

hmotnosti. Přístroj Tanita BC 418 MA zastupuje monofrekvenční technologii (MF-BIA), která neumožňuje analýzu intra- a extracelulárních tekutin.

### Srovnání hodnocení vybraných parametrů tělesného složení měřené metodou bioelektrické impedance

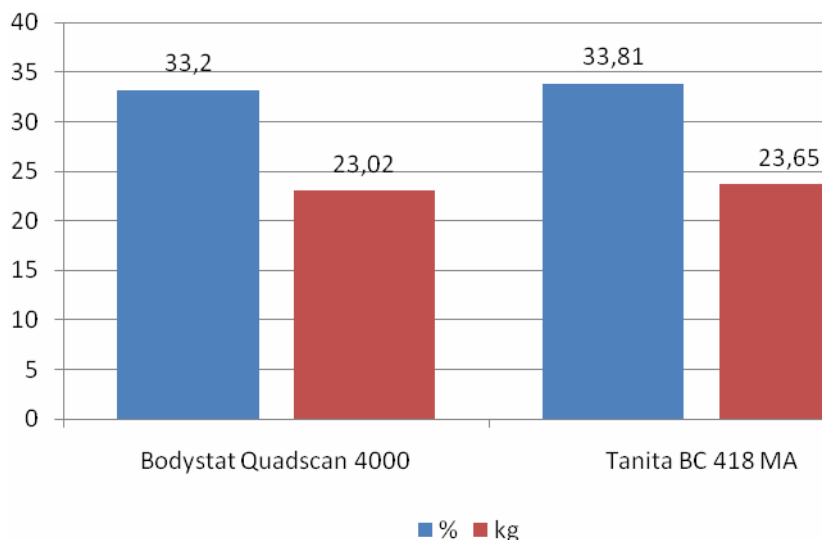


### Obrázek 10. Rozdíly v naměřených hodnotách tukuprosté hmoty získaných metodou bioelektrické impedance

Hodnoty tukuprosté hmoty naměřené u souboru sledovaných žen pomocí metod bioelektrické impedance prostřednictvím přístroje Bodystat Quadscan 4000 a Tanita BC 418 MA nevykazují markantní rozdíly (Obrázek 10). Naměřené hodnoty tukuprosté hmoty vykazují minimální rozdíly.

Vyšší hodnoty tukuprosté hmoty nabízí výsledky získané bioimpedanční metodou naměřené prostřednictvím přístroje Bodystat Quadscan 4000. Průměrná hodnota tukuprosté hmoty je rovna 66,8 % z celkové tělesné hmotnosti neboli 45,47 kg. Hodnoty naměřené přístrojem Tanita BC 418 MA se odlišují minimálně od hodnot naměřených přístrojem Bodystat Quadscan 4000. Rozdíl mezi hodnotami tukuprosté hmoty pořízenými těmito přístroji je roven 0,6 %, což znamená, že přístroj Tanita BC 418 MA naměřil u souboru žen seniorského věku o 0,83 kg méně tukuprosté hmoty. Můžeme konstatovat, že tukuprostá hmota je přístrojem Tanita BC 418 MA při využití standardní rovnice podhodnocena. Přístroj

Bodystat Quadscan 4000 při využití geriatrické rovnice stanovuje o 0,6 % vyšší hodnoty tukuprosté hmoty.



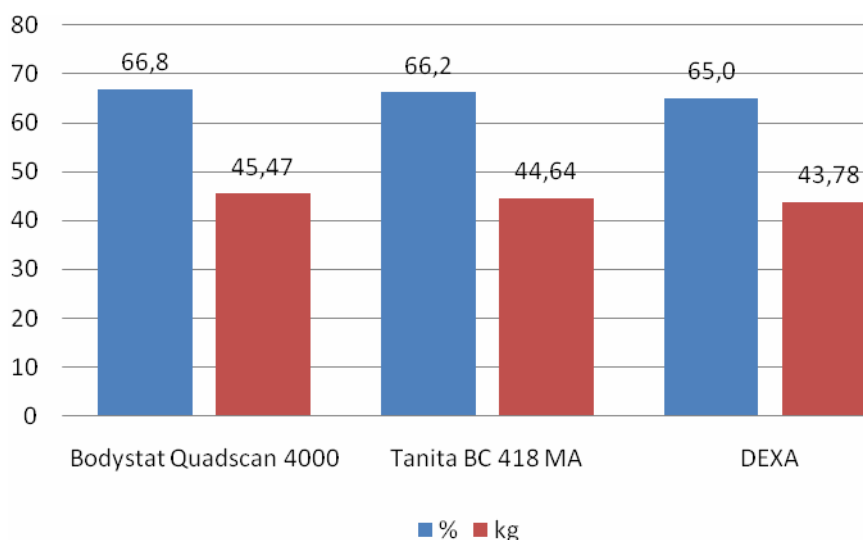
**Obrázek 11. Rozdíly v naměřených hodnotách tuku získaných metodou bioelektrické impedance**

Obrázek 11 popisuje rozdíly v zastoupení tuku u sledovaného souboru studentek Univerzity třetího věku. Hodnoty naměřené bioelektrickou impedanční metodou přístroji Bodystat Quadscan 4000 a Tanita BC 418 MA se ani v tomto případě výrazně neodlišují.

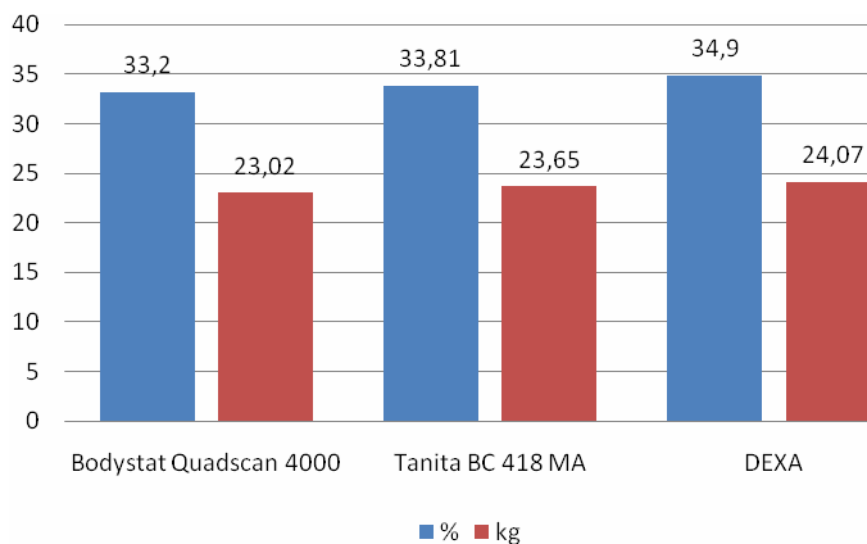
Nižší hodnoty jsme naměřili pomocí přístroje Bodystat Quadscan 4000, který vyhodnotil průměrné množství tuku na 33,2 %, což je rovno 23,02 kg z celkové tělesné hmotnosti průměrné ženy našeho souboru. Přístroj Tanita BC 418 MA naměřil hodnoty vyšší, a to o 0,61 %. Množství tělesného tuku naměřené přístrojem Tanita BC 418 MA je tedy rovno hodnotě 23,65 kg z celkové hmotnosti studentek Univerzity třetího věku. Na základě těchto výsledků můžeme konstatovat, že přístroj Tanita BC 418 MA, který pro analýzu dat využít standardní regresivní rovnici, nadhodnocuje hodnoty tělesného tuku o 0,61 %.

Soubor studentek Univerzity třetího věku Univerzity Palackého v Olomouci byl v rámci rozsáhlého projektu měřen také pomocí metody DEXA (Dual Energy X-ray Absorptiometry). Tato metoda je využívána především pro diagnostiku osteoporózy u jedinců staršího věku. Metoda je schopna ale také vyhodnotit tělesné složení měřeného probanda. Rozdíly ve vybraných parametrech tělesného složení naměřené metodou bioelektrické impedance

(Bodystat Quadscan 4000, Tanita BC 418 MA) a metodou DEXA jsou sepsány v příloze 5 a příloze 6. Graficky rozdíly vyjadřuje obrázek 12 a obrázek 13. Metoda DEXA hodnoty tukuprosté hmoty oproti metodě bioelektrické impedance podhodnocuje, a to o celých 1,2 – 1,8 %. Naopak množství tukové hmoty metoda DEXA oproti metodě bioelektrické impedance nadhodnocuje a průměrné výsledky stanovuje na hodnoty až o 1,7 % vyšší. Dle metody DEXA má soubor námi měřených žen vyšší zastoupení tukové hmoty a nižší zastoupení tukuprosté hmoty než je určeno pomocí metod bioelektrické impedance prostřednictvím přístrojů Bodystat Quadscan 4000 a Tanita BC 418 MA.



**Obrázek 12. Rozdíly v naměřených hodnotách tukuprosté hmoty získaných metodou bioelektrické impedance a metodou DEXA**



**Obrázek 13. Rozdíly v naměřených hodnotách tuku získaných metodou bioelektrické impedance a metodou DEXA**



## 5.2 HODNOTY SEGMENTÁLNÍ ANALÝZY TUKOVÉ A SVALOVÉ FRAKCE NAMĚŘENÉ BIOIMPEDANČNÍ METODOU PŘÍSTROJEM TANITA BC 418 MA

Tabulka 11. Hodnoty segmentální analýzy tuku naměřené přístrojem Tanita BC 418 MA

Parametr	n	M	Me	Min	Max	SD
Fat RL (%)	37	39,05	39,40	23,40	50,20	5,78
Fat RL (kg)	37	4,91	4,60	1,80	9,00	1,53
Fat LL (%)	37	39,24	39,30	26,30	50,50	5,40
Fat LL (kg)	37	4,86	4,60	2,00	8,90	1,49
Fat RA (%)	37	33,02	31,90	15,40	49,50	7,66
Fat RA (kg)	37	1,21	1,10	0,30	2,90	0,55
Fat LA (%)	37	33,84	32,20	17,50	49,70	7,68
Fat LA (kg)	37	1,28	1,10	0,30	3,20	0,62
Fat T (%)	37	30,30	31,30	13,20	41,80	6,11
Fat T (kg)	37	11,41	10,70	2,90	19,60	3,70

Vysvětlivky: RL – pravá dolní končetina, LL – levá dolní končetina, RA – pravá horní končetina, LA – levá horní končetina, T – trup

Tabulka 11 vyjadřuje základní statistické charakteristiky segmentální analýzy tuku naměřené přístrojem Tanita BC 418 MA podle standardní rovnice.

Množství tuku na pravé a levé dolní končetině nevykazuje výrazné rozdíly. U pravé dolní končetiny bylo naměřeno 4,91 kg z celkové tělesné hmotnosti. Levá dolní končetina obsahuje 4,86 kg tuku. Rozdíl je tedy 0,05 kg.

Mezi pravou a levou horní končetinou je rozdíl roven 0,07 kg. Množství tuku na pravé horní končetině je 1,21 kg a množství tuku na levé horní končetině činí v průměru 1,28 kg.

Množství tuku zastoupené v kilogramech na trupu je 11,41 kg. Nejvyšší zastoupení tukové frakce je na trupu, pak na dolních končetinách a nejméně tuku najdeme na horních končetinách. Z pohledu laterality je rozložení tuku proporcionalní.

**Tabulka 12. Hodnoty segmentální analýzy tukuprosté hmoty naměřené přístrojem Tanita BC 418 MA**

Parametr	n	M	Me	Min	Max	SD
FFM RL (%)	37	7,39	7,30	5,50	9,20	0,84
Predicted RL(kg)	37	6,97	6,90	5,20	8,60	0,79
FFM LL (%)	37	7,28	7,20	5,30	9,10	0,81
Predicted LL (kg)	37	6,87	6,80	5,00	8,60	0,76
FFM RA (%)	37	2,30	2,20	1,60	3,10	0,34
Predicted RA (kg)	37	2,14	2,10	1,40	2,90	0,32
FFM LA (%)	37	2,32	2,30	1,50	3,20	0,37
Predicted LA (kg)	37	2,16	2,10	1,40	3,00	0,34
FFM T (%)	37	25,38	25,10	19,10	32,20	2,85
Predicted T (kg)	37	24,26	24,00	18,20	30,80	2,72

*Vysvětlivky: FFM – tukuprostá hmota, RL – pravá dolní končetina, LL – levá dolní končetina, RA – pravá horní končetina, LA – levá horní končetina, T – trup*

Tabulka 12 zhodnocuje průměrné hodnoty segmentální analýzy tukuprosté hmoty naměřené přístrojem Tanita BC 418 MA za použití standardní rovnice.

Množství tukuprosté hmoty na pravé dolní končetině je rovno 7,39 %, což je v průměru 6,97 kg. Levá dolní končetina obsahuje o 0,11 % méně tukuprosté hmoty než pravá dolní končetina. Množství tukuprosté hmoty v kilogramech u levé dolní končetiny je rovno 6,87 kg. Rozdíl v hodnotách tukuprosté hmoty je roven 0,10 kg.

Pravá horní končetina obsahuje 2,3 % tukuprosté hmoty neboli 2,14 kg, levá horní končetina o 0,02 % více a to tedy 2,16 kg. Rozdíl v hmotnosti tukuprosté hmoty je roven 0,02 kg.

Pravá dolní končetina obsahuje 0,10 kg více tukuprosté hmoty než končetina levá.

Podíl tukuprosté hmoty hrudníku na celkové hmotnosti je roven 25,38 %, což je rovno 24,26 kilogramům. Ve smyslu laterality jsou u námi měřeného souboru rozdíly zanedbatelné.

## **5.3 HODNOCENÍ TĚLESNÉHO SLOŽENÍ ANTROPOMETRICKÝMI METODAMI**

### **Tělesné složení hodnocené metodou Pařízkové**

Množství tukové a svalové frakce bylo hodnoceno třemi antropometrickými metodami. Při použití metody Pařízkové (Bláha et al., 1986, Riegerová, Přidalová, & Ulbrichová, 2006) byla na základě určení tloušťky kožních řas (Příloha 1) u studentek U3V naměřena průměrná hodnota množství tělesného tuku 24,08 %. Nejvyšší naměřenou hodnotou bylo 34,4 % tuku (Příloha 4).

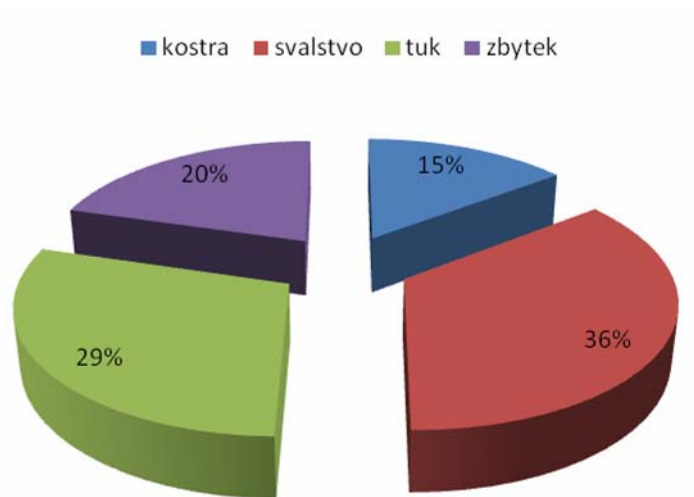
### **Tělesné složení hodnocené metodou Matiegky**

Výsledné hodnoty stanovují procentuální zastoupení tukové frakce u souboru žen seniorského věku na 29,33 %, což činí 20,64 kg celkové tělesné hmotnosti (Příloha 4, Obrázek 14).

Průměrná hodnota svalová frakce sledovaného souboru žen je rovna 35,55 %, což činí průměrně 24,21 kg svalové hmoty (Příloha 3, Obrázek 14). Svalová frakce je dle Matiegky u studentek U3V nejvíce zastoupenou složkou z celkové tělesné hmotnosti.

Hmotnost kostry průměrné ženy našeho souboru, která váží 68,48 kg, je 9,88 kg, což je rovno 14,67 % z celkové tělesné hmotnosti (Příloha 2, Obrázek 14).

Na základě těchto výsledků můžeme tedy konstatovat, že po svalové frakci je hned další nejvíce zastoupenou složkou tělesné hmotnosti dle Matiegky tělesný tuk.



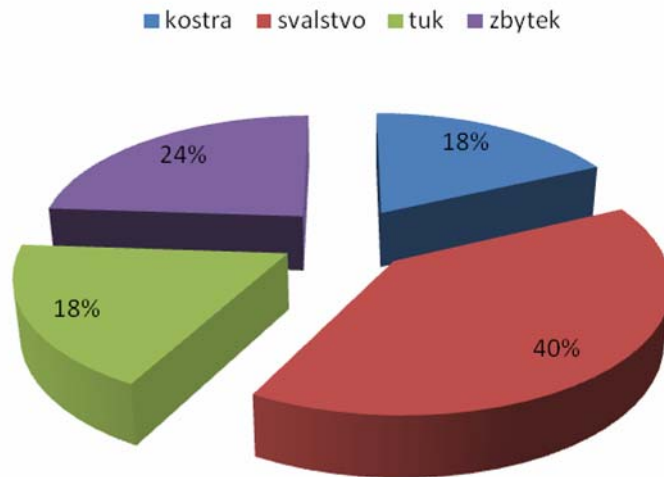
**Obrázek 14. Tělesné složení souboru žen, studentek Univerzity třetího věku, dle Matiegky**

#### **Tělesné složení hodnocené metodou Drinkwater a Ross**

Dle Drinkwatera a Rosse je tuková frakce u souboru studentek U3V, stejně jako u metodiky Matiegky, druhou nejobjavnější složkou tělesné hmotnosti. Tvoří 18,33 %, což v kilogramech tvoří 12,79 kg tuku z celkové tělesné hmotnosti průměrné ženy našeho souboru, která váží 68,48 kg (Příloha 4, Obrázek 15).

Z obrázku 15 vyplývá, že svalová frakce je u průměrné ženy vážící 68,48 kg rovna 21,15 kg, což je celých 39,77 % celkové hmotnosti, a tvoří tak největší část z celkové tělesné hmotnosti (Příloha 3).

Podle Drinkwatera a Rosse kostra průměrné ženy našeho souboru tvoří 18 % celkové hmotnosti, v kilogramech je hmotnost kostry tedy rovna 12,31 kg (Příloha 2). Dá se říci, že poměr tuků a kostry je tedy téměř shodný.



**Obrázek 15. Tělesné složení souboru žen, studentek Univerzity třetího věku, dle Drinkwatera a Rosse**

Obrázek 16 vyjadřuje srovnání výsledků jednotlivých metodik využitých při stanovení tělesného složení prostřednictvím antropometrických metod u souboru studentek U3V. Pro vyhodnocení tělesného složení byly použity tři metody: Pařízková, Matiegka a Drinkwater a Ross. Mezi hodnotami stanovenými jednotlivými metodami můžeme sledovat odchylky.

Hodnoty tukové frakce jsou oproti zbylým metodám Pařízkové a Matiegky u metody Drinkwatera a Rosse podhodnocené. S hodnotou 18,33 % je zastoupení tuku dle DWR o celých 11 % nižší než u metody Matiegky. Nejvyšší hodnotu množství tuku stanovuje u stejného souboru žen seniorek právě metoda Matiegky. Podle této metody průměrná žena našeho souboru má z celkové tělesné hmotnosti 29,33 % tuku. Podle Pařízkové je průměrné množství tuku u 64leté ženy 24,08 %.

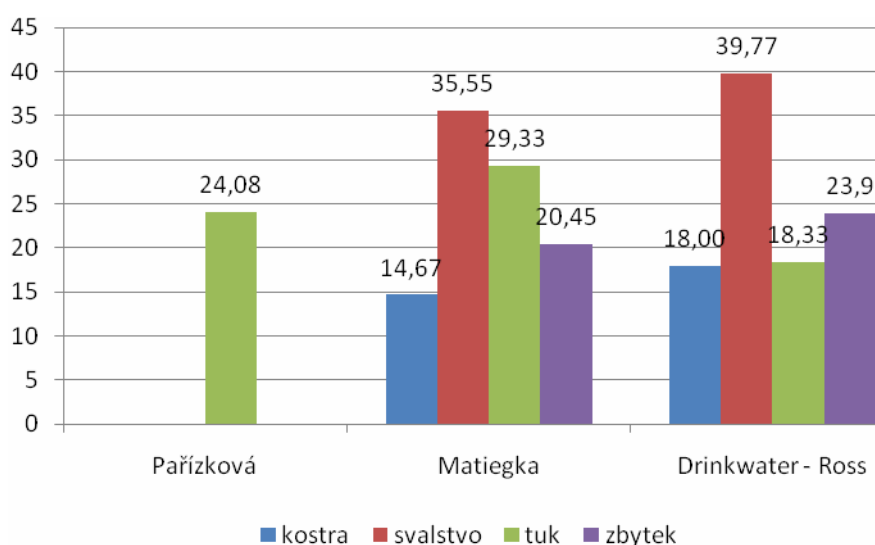
Metody dle Matiegky a Drinkwatera a Rosse dále nabízí hodnoty množství svalové hmoty, kostry a zbytku.

Naopak oproti případu tukové frakce, metoda Drinkwatera a Rosse stanovuje průměrné množství svalové hmoty žen seniorek o 4,22 % vyšší než metoda dle Matiegky. Hodnota dle je rovna 39,77 %. Oproti tomu množství svalové hmoty dle Matiegky je rovno 35,55 %.

Vyšší hodnoty u metody Drinkwatera a Rosse než u metody Matiegky najdeme i v případě kostry. Dle metody jsme stanovili průměrné množství kostry na 18 %. Výsledky dle Matiegky ukazují průměrnou hodnotu 14,67 %. I zde je rozdíl výrazný.

Stejný trend nacházíme i u hodnot vyjadřující podíl zbytku na celkové tělesné hmotnosti. Metodou Drinkwatera a Rosse jsme dospěli k průměrné hodnotě 23,9 %, u metody Matiegky je průměrná hodnota rovna 20,45 %.

Z naměřených hodnot se dá usuzovat, že hodnoty získané metodou Drinkwatera a Rosse nadhodnocují oproti metodám Pařízkové a Matiegky složky tukuprosté hmoty – svalstvo, kostru a zbytek. Naopak hodnoty vyjadřující podíl tuku na celkové tělesné hmotnosti jsou dle Drinkwatera a Rosse nižší než u metod Pařízkové a Matiegky.



**Obrázek 16. Srovnání výsledků hodnocení tělesného složení dle jednotlivých antropometrických metod**

Na základě nasbíraných dat lze konstatovat, že k nejnižším hodnotám tělesného tuku u souboru studentek U3V jsme došli pomocí metody antropometrické při využití metodiky Drinkwater a Rosse (18,33 %). Metodika Drinkwatera a Rosse ve svých regresivních rovnicích vychází z fantomových hodnot získaných z literárních a historických dat různých etnických skupin, mužů i žen. K hodnotám tělesného tuku naměřeného metodou bioelektrické impedance se nejvíce přibližují výsledky získané dle metod Matiegky, i přesto je ale rozdíl hodnot roven 3,87 %, pokud porovnáváme měření Bodystat Quadscan 4000 s metodikou Matiegky. Na základě všech naměřených dat lze tedy konstatovat, že průměrné hodnoty tělesného tuku stanovené dle Matiegky jsou u stejného měřeného souboru nižší než hodnoty

naměřené u shodného souboru žen pomocí metod bioelektrické impedance (Bodystat Quadscan 4000, Tanita BC 418 MA).

Obecně lze říci, že antropometrické metody u stejného měřeného souboru žen vykazují hodnoty tělesného tuku nižší než metody bioelektrické impedance a naopak nadhodnocují hodnoty tukuprosté hmoty. Výsledky získané na základě měření pomocí přístrojů Bodystat Quadscan 4000 a Tanita BC 418 MA se výrazněji neliší. Můžeme konstatovat, že tukuprostá hmota je přístrojem Tanita BC 418 MA při využití standardní rovnice podhodnocena. Hodnoty tukuprosté hmoty stanovené přístrojem Bodystat Quadscan 4000 při využití geriatrické rovnice jsou vyšší než hodnoty stanovené pomocí přístroje Tanita BC 418 MA. Hodnoty tělesného tuku jsou přístrojem Bodystat Quadscan 4000 oproti hodnotám pořízeným přístrojem Tanita BC 418 MA podhodnocené.

## 6 ZÁVĚRY

Pomocí přístroje Bodystat Quadscan 4000 při použití geriatrické rovnice jsme stanovili u souboru žen průměrné množství tuku na 33,20 %, což odpovídá 23 kg tuku. Dle limitů přístroje Bodystat Quadscan 4000, který doporučuje množství podílu tělesného tuku na celkové hmotnosti 22-31 % tuku, je naměřený průměrný podíl tělesného tuku u studentek U3V nadprůměrný.

Průměrná hodnota aktivní tělesné hmoty je rovna hodnotě 45,47 kg, což tvoří 66,80 % z celkové tělesné hmotnosti. Dle doporučeného limitu přístroje Bodystat Quadscan 4000 je hodnota aktivní tělesné hmoty podprůměrná.

Celková tělesná voda dosahuje průměrné hodnoty 37,46 l, což odpovídá 55% z celkové tělesné hmotnosti. Přičemž podíl intracelulárních tekutin na celkové hmotnosti je 29,68 % a podíl extracelulárních tekutin je 23,89 %.

Průměrná hodnota indexu WHR vyhodnocená přístrojem Bodystat Quadscan 4000 je 0,82. Dle norem přístroje Bodystat Quadscan 4000 je většina žen nad horní hranicí limitu 0,80. Hodnota BMI je u průměrné ženy našeho souboru rovna 26,58.

Použitím přístroje Tanita BC 418 MA jsme dospěli k následujícím závěrům. Průměrné množství tuku u studentek U3V je rovno 23,65 kg, což odpovídá 33,81 % hmotnosti ženy ve věku 64 let. Maximální námi naměřená hodnota je rovna 44,30 % celkové tělesné hmotnosti. Rozložení tělesného tuku je z pohledu laterality proporcionální.

Průměrná hodnota tukuprosté hmoty je 44,64 kg, což je rovno 66,20 % z celkové tělesné hmotnosti. Ve smyslu laterality jsou rozdíly v tukuprosté hmotě u dolních končetin zanedbatelné. Pravá dolní končetina obsahuje o 0,10 kg více tukuprosté hmoty než dolní končetina levá. U horních končetin jsou rozdíly zanedbatelné.

Průměrné množství celkové tělesné vody je 32,68 kg, což je rovno 48,46 % z celkové tělesné hmotnosti.

Rozdíl mezi hodnotami tukuprosté hmoty naměřenými přístroji Tanita BC 418 MA a Bodystat Quadscan 4000 je roven 0,6 %, což znamená, že přístrojem Tanita BC 418 MA jsme naměřili o zmíněný rozdíl méně tukuprosté hmoty. V případě tukové frakce jsme přístrojem Tanita BC 418 MA naměřili o 0,61 % vyšší hodnotu tuku než u přístroje Bodystat Quadscan 4000.

Využitím antropometrických metod jsme došli k následujícím závěrům. Při použití metody Pařízkové byla naměřena průměrná hodnota množství tělesného tuku 24,08 %.



Výsledky tukové frakce stanovené metodou Matiegky u souboru studentek U3V jsou rovny hodnotě 29,33 %, což činí 20,64 kg celkové tělesné hmotnosti. Svalová frakce je rovna v průměru 35,55 %, což je rovno 24,21 kg svalové hmoty. Hmotnost kostry dle Matiegky je u průměrné ženy našeho souboru rovna 9,88 kg, což je 14,67 % z celkové tělesné hmotnosti.

Dle Drinkwatera a Rosse je tuková frakce druhou nejobjemnější složkou tělesné hmotnosti. Tvoří 18,33 %, což v kilogramech tvoří 12,79 kg tělesného tuku. Hodnoty tukové frakce jsou oproti zbylým metodám Pařízkové a Matiegky u metody Drinkwatera a Rosse podhodnocené a to o celých 11 %.

Z naměřených hodnot dle Drinkwatera a Rosse vyplývá, že svalová frakce je u průměrné ženy vážící 68,48 kg rovna 21,15 kg, což je celých 39,77 % celkové hmotnosti. Oproti případu tukové frakce, metoda Drinkwatera a Rosse stanovuje průměrné množství svalové hmoty žen o 4,22 % vyšší než metoda dle Matiegky. Kostra průměrné ženy našeho souboru tvoří 18 % celkové hmotnosti, v kilogramech je hmotnost kostry tedy rovna 12,31 kg.

Hodnoty tělesného tuku naměřeného metodou bioelektrické impedance se nejvíce přibližují výsledkům získaným dle metod Matiegky, pokud porovnááme měření Bodystat Quadscan 4000 s Matiegkou, rozdíl činí 3,87 %. Můžeme tedy říci, že antropometrické metody u stejného souboru žen vyhodnocují hodnoty tělesného tuku jako nižší než metody bioelektrické impedance a naopak hodnoty tukuprosté hmoty nadhodnocují.

## 7 SOUHRN

U skupiny žen seniorského věku, studentek Univerzity třetího věku na Fakultě tělesné kultury Univerzity Palackého v Olomouci byly v roce 2007 v rámci výzkumného projektu *Pohybová aktivita a inaktivita obyvatel České republiky v kontextu behaviorálních změn* stanoveny parametry tělesného složení.

Pro hodnocení jednotlivých parametrů tělesného složení jsme využili nejmodernějších přístrojů zastupující metodu bioelektrické impedance, Bodystat Quadscan 4000 (MF-BIA) a Tanita BC 418 MA (SF-BIA). Tyto metody jsou neinvazivní, rychlé, spolehlivé a velice dobře využitelné v terénu. Přístroj Bodystat Quadscan 4000 zastupuje multifrekvenční technologii, která umožňuje stanovení odhadu nejen celkové tělesné vody, ale také intra- a extracelulárních tekutin. Umožňuje tak sledovat vývoj u těžkých stavů v intenzivní medicíně, stav nutrice a posuzovat zdravotní stav měřeného jedince. Přístroj Tanita BC 418 MA nabízí také segmentální analýzu, která nám umožní posoudit tělesné složení měřeného jedince ve smyslu laterality. Parametry tělesného složení jsme dále hodnotili pomocí metod antropometrických při využití u nás nejpoužívanějších metodiky Pařízkové, Matiegky a Drinkwatera a Rosse.

V teoretické části se práce zabývá charakteristikou jednotlivých parametrů tělesného složení, modely tělesného složení, metodami odhadu tělesného složení. Pozornost věnuje především metodě bioelektrické impedance a detailněji rozebírá problematiku bioimpedanční analýzy tělesného složení, která je ve výzkumné části využívána. Dále se v části označené jako syntéza poznatků práce věnuje ontogenetickému vývoji jedince se zaměřením na období stáří. Vystihuje antropometrické změny, které se stárnutím přirozeně přicházejí. Klade důraz na důležitou roli pohybové aktivity v životě seniorů, která může významně ovlivnit tělesné složení v pokročilém věku a snížit tak projevy involučních změn.

Testování za použití všech výše zmíněných metod se zúčastnilo 37 probantů. Průměrný věk žen byl 64,32 let ( $\pm 4,18$  let). Průměrná tělesná hmotnost žen byla 68,49 kg ( $\pm 11,72$  kg). Průměrná tělesná výška žen byla 160,49 cm ( $\pm 4,71$  cm). Testovaným souborem byly studentky Univerzity třetího věku na Fakultě tělesné kultury Univerzity Palackého v Olomouci.

Měření metodou bioelektrické impedance byla prováděna za standardních podmínek stanovených výrobcem. Měření antropometrickými metodami probíhalo za standardních podmínek s využitím běžně používaného antropometrického instrumentáře.

Obecně lze říci, že antropometrické metody u stejného měřeného souboru žen stanovují hodnoty tělesného tuku jako nižší než metody bioelektrické impedance, přičemž naopak nadhodnocují tukuprostou hmotu. K nejnižším hodnotám tělesného tuku u souboru studentek U3V jsme došli pomocí metody antropometrické při využití metodiky Drinkwater a Rosse (18,33 %). K hodnotám tělesného tuku naměřeného metodou bioelektrické impedance se nejvíce přibližují výsledky získané dle metod Matiegky. Na základě naměřených dat lze konstatovat, že průměrné hodnoty tělesného tuku stanovené dle Matiegky jsou u stejného měřeného souboru nižší než hodnoty naměřené pomocí metod bioelektrické impedance (Bodystat Quadscan 4000, Tanita BC 418 MA).

Výsledky získané na základě měření pomocí přístrojů Bodystat Quadscan 4000 a Tanita BC 418 MA se výrazněji neliší. Můžeme konstatovat, že tukuprostá hmota je přístrojem Tanita BC 418 MA při využití standardní rovnice podhodnocena. Hodnoty tukuprosté hmoty stanovené přístrojem Bodystat Quadscan 4000 při využití geriatrické rovnice jsou vyšší než hodnoty stanovené pomocí přístroje Tanita BC 418 MA o 0,6 %. Hodnoty tělesného tuku jsou přístrojem Bodystat Quadscan 4000 oproti hodnotám porizným přístrojem Tanita BC 418 MA podhodnocené a to o 0,61 %. Na základě hodnot segmentální analýzy naměřených přístrojem Tanita BC 418 MA lze konstatovat, že z pohledu laterality je rozložení tuku a tukuprosté hmoty proporcionální.

## 8 SUMMARY

The parameters of the body composition were set in the group of senior women, students of the Lifelong Learning Institute at the Faculty of Physical Culture of Palacký University in Olomouc in 2007 in frame of a research (development) project of *the Motion Activity and Inactivity of the Czech Republic Population in context with Behavioral Changes*.

We have used the latest apparatuses to evaluate on individual parameters of body composition represented by the method of bioelectric impedance, Bodystat Quadscan 4000 (MF-BIA) and Tanita BC 418 MA (SF-BIA). The methods stated are completely noninvasive, quick, reliable and useful in case of field studies. Bodystat Quadscan 4000 represents a multifrequency technology enabling to set the estimation of both the complex body water and intra and extracellular fluids. The apparatus provides us with the possibility of monitoring serious medical condition patients in frame of intensive medicine, the state of nourishment and evaluating on a health condition of an individual measured. Tanita BC 418 MA apparatus provides the segmental analysis used for evaluation of the body composition of an individual measured from the point of laterality. The body composition parameters were further stated with the help of anthropometric methods using the popular methodics of Pařízková, Matiegek and Drinkwater, and Ross.

The theoretical part of the thesis is focused on the characteristics of individual parameters of the body composition, somatic models, methods of estimation of body composition. Special attention was paid to the method of bioelectric impedance and the problematics of bioimpedant analysis of the body composition in detail. In the part called the Synthesis of Findings, the thesis deals with the ontogenetic development of an individual with a special focus on the period of an old age, defining the anthropometric changes accompanying the process of aging. Particular attention was paid to the role of physical activity of elderly people influencing significantly the body composition and affecting the decrease of involutionary changes.

We have tested 37 probands with the use of the above methods. The average age of the females was 64.32 years  $\pm$  4.18 years. At the time of measuring the women were on average 160.49 cm  $\pm$  4.71 cm tall and of 68.49 kg  $\pm$  11.72 kg of weight. We have tested the group of female students of the Lifelong Learning Institute at the Faculty of Physical Culture of Palacký University in Olomouc.

The measurements with the method of bioelectric impedance were carried out under standard conditions set by the manufacturer. The measurements with the anthropometric methods were performed under standard conditions with the help of commonly used anthropometric equipment.

In general we can say that the anthropometric methods show lower values of the body fat within the tested group than the methods of bioelectric impedance. On the other hand they do overvalue the fat-free matter. The lowest values of body fat in a group of students we have come U3V using anthropometric methods, using the methodology of Drinkwater and Ross (18.33%). The values of body fat measured using bioelectrical impedance is much closer to the results obtained by methods Matiegky. On the basis of measured data can be stated that the average body fat down by Matiegky are measured with the same set lower than that obtained using bioelectrical impedance method (Bodystat Quadscan 4000, Tanita BC 418 MA).

The results obtained using Bodystat Quadscan 4000 and Tanita BC 418 MA apparatuses do not significantly differ. We can say that the fat-free matter is undervalued in case of Tanita BC 418 MA measurements using the standard equation. The values of fat-free matter set by Bodystat Quadscan 4000 using the geriatric equation are 0.6 % higher than the values set by Tanita BC 418 MA. The values of the body fat measured by Bodystat Quadscan 4000 are undervalued in comparison with the values measured by Tanita BC 418 MA and it is lower by 0.61 %. Based on the segmental analysis of the measured device Tanita BC 418 MA can be concluded that in terms of laterality of the distribution of fat and fat-free mass proportional.

## 9 REFERENČNÍ SEZNAM

- Anonymous (n. d.). Retrieved 3. 3. 2010 from World Wide Web: [http://apps.who.int/bmi/index.jsp?introPage=intro\\_3.html](http://apps.who.int/bmi/index.jsp?introPage=intro_3.html)
- Anonymous (n. d.). Retrieved 3. 3. 2010 from World Wide Web: <http://www.americanheart.org/presenter.jhtml?identifier=4489>
- Anonymous (n. d.). Retrieved 9. 3. 2010 from World Wide Web: [http://www.bodystat.com/products/impedance\\_index.php](http://www.bodystat.com/products/impedance_index.php)
- Anonymous (n. d.). Retrieved 11. 3. 2010 from World Wide Web: [http://www.bodystat.com/products/1500\\_sports\\_and\\_fitness.php](http://www.bodystat.com/products/1500_sports_and_fitness.php)
- Anonymous (n. d.). Retrieved 11. 3. 2010 from World Wide Web: <http://www.e-inbody.com/Tech/history.html>
- Anonymous (n. d.). Retrieved 1. 4. 2010 from World Wide Web: <http://www.hologic.cz/bone/indexdis.htm>
- Anonymous (n. d.). Retrieved 28. 2. 2010 from World Wide Web: <http://www.sport-fitness-advisor.com/bodyfatpercentage.html>
- Anonymous (n. d.). Retrieved 11. 3. 2010 from World Wide Web: <http://www.tanita.com/en/body-composition-analyzer/>
- Anonymous (n. d.). Retrieved 28. 3. 2010 from World Wide Web: [http://www.tanita.co.uk/index.php?id=102&tx\\_f03showxtcommerceproducts\\_pi1\[showUid\]=601&cHash=c97e44e958](http://www.tanita.co.uk/index.php?id=102&tx_f03showxtcommerceproducts_pi1[showUid]=601&cHash=c97e44e958)
- Anonymous (n. d.). Retrieved 30. 3. 2010 from World Wide Web: [http://www.tanita.co.uk/uploads/media/BC\\_418\\_MA\\_Instruction\\_Manual\\_and\\_Technical\\_Notes.pdf](http://www.tanita.co.uk/uploads/media/BC_418_MA_Instruction_Manual_and_Technical_Notes.pdf)
- Bedogni, G., Malavolti, M., Severi, S., Poli, M., Mussi, C., Fantuzzi, A. L., & Battistini, N. (2002). Accuracy of an eight-point tactile-electrode impedance method in the assessment of total body water. *European Journal of Clinical Nutrition*, 56, 1143–1148.
- Bláha, P. et al. (1986). *Antropometrie české populace od 6 do 55 let. Čs. spartakiády 1985*. Praha: Ústav sportovní medicíny.
- Bláha, P., Vignerová, J., & Mazura, I. (2001). BMI and Matiegka's equations. In H. Válková, & Z. Hanelová (Ed.), *Movement and Health*, (pp. 94-98). Olomouc: Univerzita Palackého.
- Bunc, V., & Štilec, M. (2007). Tělesné složení jako indikátor aktivního životního stylu senierek. *Česká kinantropologie*, 11(3), 17-23.

- Bunc, V., Štilec, M., Moravcová, J., & Matouš, M. (2000). Body composition determination by whole body bioimpedance measurement in woman seniors. *Acta Univ. Carol. Kinantrop.*, 36(1), 23-37.
- Demura, S., Sato, S., & Kitabayashi, T. (2004). Percentage of total body fat as estimated by three automatic bioelectrical impedance analyzers. *J Physiol. Anthropol. Appl. Human Sci.*, 23, 93-99.
- Deurenberg, P. (1996). Limitations of the bioelectrical impedance method for the assessment of body fat in severe obesity. Retrieved 10.4.2010 from the World Wide Web: <http://www.ajcn.org/cgi/reprint/64/3/449S>
- Frömel, K., & Bauman, A. (2006). Intenzita a objem pohybové aktivity 15-69leté populace České republiky. *Česká kinantropologie*, 10(1), 13-27.
- Gába, A., Pelclová, J., Přidalová, M., Riegerová, J., Dostálová, I., & Engelová, L. (2009). The evaluation of body composition in relation to physical activity in 56–73 year old women: a pilot study. *Acta Univ. Palacki. Olomuc., Gymn.*, 3, 21-30.
- Heymsfield, S. B., Lochman, T., Wang, Z., & Going, S. (2005). *Human body composition*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Chytráčková, J. (2001). Motorická a somatická charakteristika žen – seniorek 60-76 let. In H. Válková, & Z. Hanelová (Ed.), *Movement and Health*, (pp. 198-201). Olomouc: Univerzita Palackého.
- Jakicic, J. M., Wing, R. R., & Lang, W. (1998). Bioelectrical impedance analysis to assess body composition in obese adult women: The effect of ethnicity. Retrieved 9.4.2010 from the World Wide Web: <http://www.nature.com/ijo/journal/v22/n3/pdf/0800576a.pdf>
- Kalvach, Z., Zadák, Z., Jiráček, R., Závazalová, H., & Sucharda, P. (2004). *Geriatric a gerontologie*. Praha: Grada.
- Kutáč, P. (2009). *Základy kinantropometrie (pro studující obor Tělesná výchova a sport)*. Ostrava: Pedagogická fakulta Ostravské univerzity.
- Kyle, U. G. et al. (2004a). Bioelectrical impedance analysis - part I: review of principles and methods. Retrieved 9.4.2010 from the World Wide Web: [http://www.ake-nutrition.at/uploads/media/bia1\\_Kyle\\_et\\_al.pdf](http://www.ake-nutrition.at/uploads/media/bia1_Kyle_et_al.pdf)
- Kyle, U. G. et al. (2004b). Bioelectrical impedance analysis – part II: utilization in clinical practice. *Clinical Nutrition*, 23, 1430-1453.
- Lohman, T. G., & Milliken, L. (2003). Body composition assessment in the obese. In R., E. Andersen (Ed.), *Obesity: etiology, assessment, treatment and prevention* (pp. 73-84). Champaign, IL: Human Kinetics.

- Lukaski, H. C., Johnson, P. E., Bolonchuk, W. W., & Lykken, G. I. (1985). Assessment of fat-free mass using bioelectrical impedance measurements of the human body. Retrieved 9.4.2010 from the World Wide Web: <http://www.ajcn.org/cgi/reprint/41/4/810>
- Malavolti, M., Mussi, C., Poli, M., Fantuzzi, A. L., Salvioli, G., Battistini, N., & Bedogni, G. (2003). Cross-calibration of eight-polar bioelectrical impedance analysis versus dual-energy X-ray absorptiometry for the assessment of total and appendicular body composition in healthy subjects aged 21–82 years. *Annals of Human Biology*, 30(4), 380-391.
- Malina, R. M., & Bouchard, C. (1991). *Growth, maturation, and physical activity*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Medici, G., Mussi, C., Fantuzzi, A.L., Malavolti, M., Albertazzi, A., & Bedogni, G. (2005). Accuracy of eight-polar bioelectrical impedance analysis for the assessment of total and appendicular body composition in peritoneal dialysis patients. *European Journal of Clinical Nutrition*, 1-6.
- Nečas, E. (2007). *Obecná patologická fyziologie*. Praha: Karolinum.
- Pařízková, J. (1973). *Složení těla a lipidový metabolismus za různého pohybového režim*. Praha: Avicenum.
- Pařízková, J. (1962). *Rozvoj aktivní hmoty a tuku u dětí a mládeže*. Praha: Státní zdravotnické nakladatelství.
- Pateyjohns, I. R., Brinkworth, G. D., Buckley, J. D., Noakes, M., & Clifton, P. M. (2006). Comparison of three bioelectrical impedance methods with DXA in overweight and obese men. Retrieved 9.4.2010 from the World Wide Web: <http://www.nature.com/oby/journal/v14/n11/full/oby2006241a.html>
- Pelclová, J., Gába, A., Přidalová, M., Engelová, L., Tlučáková, L., & Zajac-Gawlak, I. (2009). Vztah mezi doporučeními vztahujícími se k množství pohybové aktivity a vybranými ukazateli zdraví u žen navštěvujících univerzitu třetího věku. *Tělesná kultura*, 32(2), 64–78.
- Příhoda, V. (1974). *Ontogeneze lidské psychiky IV*. Praha: Státní pedagogické nakladatelství.
- Riegerová, J., & Přidalová, M. (1995). Evaluation of the body fat in the view of anthropometrical methodologies and Bodystat 500. *Acta Universitatis Palackianae Olomouensis, Gymnica*, 26, 31-34.
- Riegerová, J., Přidalová, M., & Ulbrichová, M. (2006). *Aplikace fyzické antropologie v tělesné výchově a sportu (příručka funkční antropologie)*. Olomouc: Hanex.



- Sartorio, A., Malavolti, M., Agosti, F., Marinone, P. G., Caiti, O., Battistini, N., & Bedogni, G. (2004). Body water distribution in severe obesity and its assessment from eight-polar bioelectrical impedance analysis. *European Journal of Clinical Nutrition*, 1-6.
- Slepička, P., & Pěkný, M. (2008). Sportující senioři a jejich hodnotová orientace. *Česká kinantropologie*, 12(3), 9-16.
- Steijaert, M., Deurenberg, P., Van Gaal, L., & De Leeuw, I. (1997). The use of multi-frequency impedance to determine total body water and extracellular water in obese and lean female individuals. Retrieved 9.4.2010 from the World Wide Web: <http://www.nature.com/ijo/journal/v21/n10/pdf/0800497a.pdf>
- Svoboda, B., & Hošek, V. (1992). *Aktuální otázky kinantropologie. Pohyb a somatomentální vývoj osobnosti*. Praha: Karolinum.
- Talluri, T., Lietdke, R. J., Evangelisti, A., Talluri, J., & Maggia, G. (1999). Fat-free mass qualitative assessment with bioelectric impedance analysis (BIA). *Annals New York Academy of Sciences*, 94-98.
- Uhlíř, P. (2008). *Pohybová cvičení seniorů*. Olomouc: Univerzita Palackého.
- Wang, Z., Pierson R. N., & Heymsfield, S. B. (1992). The five-level model: a new approach to organizing body-composition research. *The American Journal of Clinical Nutrition.*, 56, 19-28.

## **10 PŘÍLOHY**

**Příloha 1.** Kožní řasy

**Příloha 2.** Kostra – srovnání procentuální podílu z celkové hmotnosti a množství v kg u metod Matiegky a Drinkwatera-Rosse

**Příloha 3.** Svalová frakce - srovnání procentuálního podílu z celkové hmotnosti a množství v kg u metod Matiegky a Drinkwatera-Rosse

**Příloha 4.** Tuk - srovnání procentuálního podílu z celkové hmotnosti a množství v kg u metod Matiegky, Drinkwatera-Rosse a Pařízkové

**Příloha 5.** Rozdíly ve vybraných parametrech u metod bioelektrické impedance a metody DEXA (tukuprostá hmota)

**Příloha 6.** Rozdíly ve vybraných parametrech u metod bioelektrické impedance a metody DEXA (tuk)

**Příloha 7.** BMR – srovnání hodnot bazálního metabolismu naměřených vybranými metodami

**Příloha 8.** Studentky U3V rozděleny do kategorií dle BMI

## Příloha 1. Kožní řasy

Parametr	n	M	Me	Min	Max	SD
Tvář	37	8,0	8,0	3,0	18,0	2,9
Brada	37	9,5	9,0	4,0	18,0	2,8
Hrudník 1	37	11,1	11,0	2,0	22,0	5,5
Hrudník 2	37	18,8	18,0	4,0	48,0	8,7
Bok	37	21,1	20,0	6,0	45,0	8,3
Břicho	37	28,8	28,0	8,0	50,0	9,2
Patela	37	14,3	14,0	4,0	30,0	6,1
Biceps	37	8,5	8,0	2,0	18,0	3,7
Předloktí	37	8,4	8,0	2,0	18,0	3,5
Triceps	37	18,1	18,0	6,0	30,0	5,9
Záda	37	18,8	17,0	7,0	41,0	9,2
Lýtko 1	37	12,1	12,0	4,0	22,0	4,4
Stehno	37	31,1	31,0	10,0	56,0	9,9
Lýtko 2	37	17,0	18,0	5,0	28,0	4,7
celkem	37	160,5	166,0	65,0	304,0	51,4
% tuku	37	24,1	26,2	0,0	34,4	6,8

**Příloha 2. Kostra – srovnání procentuální podílu z celkové hmotnosti a množství v kg u metod Matiegky a Drinkwatera-Rosse**

	n	M	Me	Min	Max	SD
<i>Matiegka</i>						
Kostra %	37	14,67	14,64	11,59	19,19	1,71
Kostra kg	37	9,88	9,70	8,06	11,95	0,96
<i>Drinkwater-Ross</i>						
Kostra %	37	18,00	17,85	16,32	20,87	1,02
Kostra kg	37	12,31	12,20	7,80	17,26	2,15

**Příloha 3. Svalová frakce - srovnání procentuálního podílu z celkové hmotnosti a množství v kg u metod Matiegky a Drinkwatera-Rosse**

	n	M	Me	Min	Max	SD
<i>Matiegka</i>						
Svalstvo %	37	35,55	35,99	27,92	42,39	3,00
Svalstvo kg	37	24,21	24,19	15,09	31,93	3,85
<i>Drinkwater-Ross</i>						
Svalstvo %	37	39,77	39,69	35,84	43,17	1,77
Svalstvo kg	37	27,15	26,66	17,03	36,97	4,33

**Příloha 4. Tuk - srovnání procentuálního podílu z celkové hmotnosti a množství v kg u metod Matiegky, Drinkwatera-Rosse a Pařízkové**

	n	M	Me	Min	Max	SD
<i>Matiegka</i>						
Tuk %	37	29,33	29,81	15,04	43,57	6,38
Tuk kg	37	20,64	19,12	7,33	41,08	7,52
<i>Drinkwater-Ross</i>						
Tuk %	37	18,33	18,66	12,82	24,82	2,98
Tuk kg	37	12,79	12,10	5,49	22,50	3,96
<i>Pařízková</i>						
Tuk %	37	24,08	26,20	0,00	34,40	6,77

**Příloha 5. Rozdíly ve vybraných parametrech u metod bioelektrické impedance a metody DEXA (tukuprostá hmota)**

	n	M	Me	Min	Max	SD
<i>Bodystat Quadscan 4000</i>						
Tukuprostá hmota %	37	66,80	66,00	55,70	90,20	6,98
Tukuprostá hmota kg	37	45,47	43,70	25,00	65,20	7,46
<i>Tanita BC 418 MA</i>						
Tukuprostá hmota %	37	66,20	65,70	55,70	81,70	5,76
Tukuprostá hmota kg	37	44,64	44,20	32,90	55,90	5,11
<i>DEXA</i>						
Tukuprostá hmota %	37	65,02	64,37	52,75	75,32	5,06
Tukuprostá hmota kg	37	43,78	42,79	30,64	59,10	5,65

**Příloha 6. Rozdíly ve vybraných parametrech tělesného složení u metod bioelektrické impedance a metody DEXA (tuk)**

	n	M	Me	Min	Max	SD
<i>Bodystat Quadscan 4000</i>						
Tuk %	37	33,20	34,00	9,80	44,30	6,98
Tuk kg	37	23,02	21,50	6,50	41,90	7,61
<i>Tanita BC 418 MA</i>						
Tuk %	37	33,81	34,30	18,30	44,30	5,84
Tuk kg	37	23,65	21,80	7,30	42,00	7,72
<i>DEXA</i>						
Tuk %	37	34,90	34,80	24,80	44,80	5,09
Tuk kg	37	24,07	22,89	10,08	38,97	6,85



**Příloha 7. BMR – srovnání hodnot bazálního metabolismu naměřených vybranými metodami**

	n	M	Me	Min	Max	SD
<i>Bodystat Quadscan 4000</i>						
BMR	37	1433	1394	983	1866	164
<i>Tanita BC 418 MA</i>						
BMR	37	1334	1316	973	1690	156

### Příloha 8. Studentky U3V rozděleny do kategorií dle BMI

Parametr	n	$N_i$	$f_i$	$F_i$
Norma	15	15	40,50	40,50
Nadváha	14	29	37,80	78,40
Obezita 1.st.	7	36	18,90	97,30
Obezita 2.st.	1	37	2,70	100,00

*Vysvětlivky: n – rozsah souboru,  $N_i$  – kumulativní absolutní četnost,  $f_i$  – relativní četnost,  $F_i$  – kumulativní relativní četnost*