

Antropometrické body měřené na trupu a končetinách

Suprasternale - (sst) - jugulare - bod ležící na horním okraji prsní kosti v mediánní rovině.

Mesosternale - (mst) - bod na přední straně hrudníku ve střední čáře v místě úponu 4. žebra, uprostřed prsní kosti.

Omphalion - (om) - střed pupku v mediánní rovině.

Symphysion - (sy) - bod ležící na horním okraji stydké spony ve střední čáře.

Akromiale - (a) - bod nejvíce laterálně položený na akromiálním výběžku lopatky (akromiu) při vzpřímeném postoji s připáženou končetinou.

Radiale - (r) - bod na horním okraji hlavičky kosti vřetenní, který na připážené končetině leží nejvýše. Prstem vyhmátneme na zevní straně paže štěrbinu mezi kosti pažní a kosti vřetenní.

Stylian - (sty) - bod, který je na processus styloideus radii připážené končetiny položen nejvíce dole. Nahmátneme jej na palcové straně předloktí.

Daktylion - (da) - bod na konci prstu, který na připážené končetině leží nejnižší. Používá se hlavně daktylion 3. prstu.

Metacarpale radiale - (mr) - bod ležící nejvíce radiálně na hlavičce os metacarpale II.

Metacarpale ulnare - (mu) - bod ležící nejvíce ulnárně na hlavičce os metacarpale V.

Iliocristale - (ic) - bod ležící na crista iliaca při vzpřímeném postoji nejvíce nahoře a nejvíce laterálně (na horní zevní hraně crista iliaca).

Iliospinale anterius - (is) - bod ležící v místech spina iliaca anterior superior nejvíce vpředu. Nahmatáme jej, jdeme-li po hřebenu kosti kyčelní směrem dopředu.

Trochanterion - (tro) - nejvýše položený bod na velkém chocholíku. Hmatáme jej poněkud za bočním obrysem v nejširším místě boků.

Tibiale - (ti) - bod na proximálním konci kosti holenní (tibia), který při vzpřímeném postoji leží nejvíce nahoře a nejvíce laterálně, popř. mediálně

Sphyrion - (sph) - bod na hrotu vnitřního kotníku (malleolus medialis), který při vzpřímeném postoji leží nejvíce dole

Pternion - (pte) - bod ležící nejvíce vzadu na patě zatížené nohy

Akropodion - (ap) - bod ležící na špičce zatížené nohy nejvíce vpředu (na konci 1. a 2. prstu)

Metatarsale tibiale - (mt. t.) - bod nejvíce vystupující na vnitřní straně obrysu nohy na hlavičce os metatarsale I. zatížené nohy

Metatarsale fibulare - (mt. f.) - nejvíce laterálně ležící bod na hlavičce os metatarsale V. zatížené nohy

Antropometrické body na hlavě:

Glabella - (g) - bod ležící nad nosním kořenem na dolní části čela, nejvíce vpředu, v mediální rovině mezi obočím

Vertex - (v) - bod na temeni lebky, který při poloze hlavy v orientační rovině leží nejvíce nahoře

Opisthokranion - (op) - bod ležící na okcipitální části hlavy v mediální rovině, nejvíce vzdálený od bodu glabella

Euryon - (eu) - bod ležící na straně hlavy nejvíce laterálně. Stanoví se při měření největší šířky hlavy.

Somatické rozměry

Z těchto základních antropometrických bodů vycházejí somatické rozměry - výškové, šířkové, obvodové. Hmotnost - nášlapná digitální váha (s přesností na 100 g). Výškové rozměry jsou měřeny antropometrem GPM, šířkové rozměry na trupu malým a velkým dotykovým měřidlem, šířkové rozměry na končetinách - posuvným modifikovaným měřítkem, obvodové parametry jsou měřeny kovovou páskovou mírou.

Kožní řasy měříme kaliperem typu Best (dle metodiky **Pařízkové 1962, Matiegky 1921 a Drinkwatera - Rosse 1980**) a kaliperem typu Harpenden (kožní řasy pro stanovení somatotypu).

Při měření výškových rozměrů vycházíme ze základního antropometrického postavení, kdy je hlava v orientační rovině, jedinec stojí u stěny, které se dotýká patami, hýžděmi a lopatkami, špičky nohou má u sebe. Postup při měření ostatních rozměrů je uveden v popisu měřených parametrů.

Základní výškové a délkové rozměry:

- (M1) Tělesná výška je vertikální vzdálenost vertexu od země (basis).
- (M4) Výška horního okraje sternu - suprasternale (sst) od země.
- (M6) Výška horního okraje symfýzy - symphision (sy) od země.
- (M8) Výška nadpažku - akromiale (a) od země.
- (M9) Výška štěrby loketního kloubu - radiale (r) od země.
- (M10) Výška processus styloideus radii - stylion (sty) od země.
- (M11) Výška hrotu středního prstu - daktylion (da) od země. Ruka je při

měření natažená, prsty semknuté.

- (M12) Výška horního okraje kosti kyčelní - iliacristale (ic) od země.
- (M13) Výška předního kyčelního trnu - iliospinale (is) od země.
- (M15) Výška štěrbiny kolenního kloubu - tibiale (ti) od země.
- (M16) Výška hrotu vnitřního kotníku (malleolus medialis) - sphyrion (sph) od země.
- (M23) Výška vsedě - vertikální vzdálenost bodu vertex (v) od plochy, na které proband sedí. Trup je vzpřímen, hlava je držena v orientační rovině, stehna podepřena po celé délce, kolena ohnuta v pravém úhlu.
- (M27) Délka přední stěny trupu - projektivní míra, získaná odpočtem rozměru M6 od M4.
- (M45) Délka horní končetiny - přímá vzdálenost bodu akromiale od bodu daktylion na natažené pravé končetině (a - da).
- (M45a) Délka horní končetiny - projektivní míra získaná odpočtem M11 od M8.
- (M47) Délka paže - přímá vzdálenost bodu akromiale od bodu radiale (a - r).
- (M47a) Délka paže - projektivní míra získaná odpočtem M9 od M8.
- (M48) Délka předloktí - přímá vzdálenost bodu radiale od bodu styliion (r - sty).
- (M48a) Délka předloktí - projektivní míra získaná odpočtem M10 od M9.
- (M49) Délka ruky - přímá vzdálenost bodu ležícího uprostřed na spojnici bodů styliion (sty) a bodu daktylion (da) na konci prostředního prstu.
- (M49a) Délka ruky - projektivní míra získaná odpočtem M11 od M10.
- (M53) Délka dolní končetiny - výška bodu iliospinale od země.
- (M53/4) Délka dolní končetiny subischialní - rozdíl mezi tělesnou výškou a výškou vsedě.
- (M55) Délka stehna - projektivní míra získaná odpočtem M15 od M13.

(M55/1) Délka stehna - přímá vzdálenost bodu trochanterion (tro) od bodu tibiale (ti) na zevní straně kolenního kloubu.

(M56) Délka bérce - projektivní míra získaná odpočtem M16 od M15.

(M56a) Délka bérce - přímá vzdálenost bodu tibiale (ti) od bodu sphyrion (sph).

(M58) Délka nohy - přímá vzdálenost bodu pternion (pte) od bodu akropodion (ap). Osa měřidla je při měření rovnoběžná s vnitřním okrajem chodidla.

Délka horního segmentu těla-projektivní míra získaná odpočtem M6 od M1 (v - sy).

Šířkové rozměry

(M35) Šířka ramen (biakromiální) - přímá vzdálenost mezi body akromiale (a - a).

(M36) Transverzální průměr hrudníku - ve výši středu sternu (mesosternale-mst). Ramena měřidla přitlačíme lehce na žebra. Hrudník je v normální poloze.

(M37) Sagitální (předozadní) průměr hrudníku - přímá vzdálenost mesosternale (mst) od trnového výběžku obratle ležícího ve vodorovné poloze. Postavení hrudníku stejné jako při M36.

(M40) Šířka pánve (bikristální) - přímá vzdálenost mezi pravým a levým bodem iliocristale (ic - ic).

(M41) Šířka pánve (bispinální) - přímá vzdálenost mezi pravým a levým bodem iliospinale (is - is).

(M42) Šířka bitrochanterická - přímá vzdálenost mezi pravým a levým bodem trochanterion (tro - tro). Ramena měřidla je nutno podle potřeby přitlačit.

(M52/3) Šířka dolní epifýzy humeru (biepikondylární) - přímá vzdálenost bodů nejvíce od sebe vzdálených na epicondylus lateralis et medialis humeru. Předloktí a paže svírá při měření pravý úhel.

(M52/2) Šířka zápěstí (bistyloidální) - přímá vzdálenost mezi bodem stylion radiale a stylion ulnare (sty – sty).

(M52) Šířka ruky - přímá vzdálenost mezi bodem metacarpale radiale (mr) a bodem metacarpale ulnare (mu) na natažené ruce.

Šířka dolní epifýzy femuru (biepikondylární) - přímá vzdálenost bodů nejvíce od sebe vzdálených na epicondylus medialis a epicondylus lateralis femuru. Dolní končetina je při měření ohnutá do pravého úhlu.

Šířka kotníků (bimalleolární) - přímá vzdálenost bodů nejvíce od sebe vzdálených na malleolus medialis et lateralis (sph - sph).

(M59) Šířka nohy - přímá vzdálenost bodu metatarsale tibiale (mt. t.) od metatarsale fibulare (mt. f.) na zatížené noze.

Obvodové rozměry

(M61) Obvod hrudníku přes mesosternale v normální poloze - míra probíhá vzadu těsně pod dolními úhly lopatek, vpředu u mužů těsně nad prsními bradavkami, u žen přes mesosternale.

(M61a) Obvod hrudníku při maximálním inspiriu.

(M61b) Obvod hrudníku při maximálním expiriu. Rozměr na pásové míře odečítáme v okamžiku, kdy je nejmenší. Rozdíl mezi rozměry M6 a M61b představuje amplitudu hrudního obvodu, která je určitým ukazatelem pružnosti hrudníku.

Obvod hrudníku přes bod xiphosternale v normální poloze – míra probíhá v horizontální rovině přes bod xiphosternale.

(M62/1) Obvod břicha - měříme ve výši pupku - omphalion.

--- Obvod pasu - horizontální obvod břicha v nejužším místě nad kyčlemi.

(M64/1) Obvod gluteální - měříme v horizontální rovině nejvíce vyvinutého gluteálního svalstva

(M65) Obvod paže - měříme v poloviční vzdálenosti mezi bodem akromiale a hrotem lokte (olecranon ulnae) na paži volně visící podél těla.

(M65/1) Obvod paže ve flexi - největší obvod paže při maximální kontrakci flexorů a extenzorů.

(M66) Obvod předloktí maximální - měříme v nejsilnějším místě předloktí.

(M67) Obvod předloktí minimální (obvod zápěstí) - měříme v nejužším místě.

(M68) Obvod stehna gluteální - měříme za mírného rozkročení probanda těsně pod příčnou hýždní rýhou. Váha těla je rovnoměrně rozložena na obě dolní končetiny.

--- Obvod stehna střední - měříme v poloviční vzdálenosti mezi trochanterem a laterálním epikondylem femuru.

(M69) Obvod lýtky maximální - měříme v místě největšího vytvoření lýtkového svalu (m.gastrocnemius).

(M70) Obvod bérce minimální - měříme v nejužším místě nad kotníky.

Nejčastěji měřené rozměry na hlavě

- (M1) Největší délka mozkovny - přímá vzdálenost bodu glabella (g) od bodu opistokranion (op), tj. od nejdále vzdáleného bodu na týlu hlavy ve střední čáře
- (M3) Největší šířka mozkovny - přímá vzdálenost mezi pravým a levým bodem euryon (eu - eu). Rameny měřidla přejíždíme jemně po stranách hlavy nad a za ušními boltci do zjištění největší šířky. Osa měřidla je kolmá ke střední rovině.
- (M45) Horizontální obvod hlavy - obvod měřený přes glabellu (g) a přes největší vyklenutí týlu (opistokranion - op).

Hmotnost těla

- (M71) Tělesná hmotnost - vážíme s přesností na 100 g.

Somatické parametry slouží k individuálnímu posouzení proporcionality (normalizační indexy), k analýze tělesného složení (**Matiegka 1927, Pařízková 1962, Drinkwater- Ross 1980**), k posouzení zralosti dětí na základě biologického proporcionálního věku (**Wutscherk 1969, Brauer 1982, Riegerová 1982, 1983, 1984, 1986, 1994, 1996**), stanovení somatotypu probandů podle metodiky **Heathové a Cartera (1967)** a na jeho základě zařazení jedinců do kategorií motorické výkonnosti (**Štěpnička et al. 1976, Chytráčková 1990**).

Indexy

Z absolutních rozměrů lze vypočítat široké spektrum relativních rozměrů a indexů, které vyjadřují vzájemný poměr dvou rozměrů, popř. udaných v procentech. Indexy vypovídají o proporcionalitě či disproporcionalitě jedince, o celkovém tělesném stavu. Vzhledem k tomu, že proporcionalita se během ontogenetického života mění, mají dobrou vypovídací schopnost o vývoji dětí. Bylo použito těchto indexů:

Indexy proporcionality (Fetter 1967)

OTHM:	obvod hrudníku přes mesosternale.100/výška těla (Brugschův index)
BIA:	šířka biakromiální .100/ výška těla
BIC:	šířka bikristální .100/ výška těla
BIS:	šířka bispinální .100/ výška těla
Hrudník:	sagitální průměr hrudníku.100/transverzální průměr hrudníku
HK:	délka horní končetiny .100/ výška těla
DK:	délka dolní končetiny .100/ výška těla
V. vsedě:	výška vsedě .100/výška těla

1) index délky horní končetiny

(délka horní končetiny / výška) . 100

	Muži	Ženy
brachybrachion (krátké horní konč.)	x – 44.0	x – 43.5
metriobrachion (středně dlouhé hor. konč.)	44.1 – 44.5	43.6 – 44.0
makrobrachion (dlouhé horní konč.)	44.6 – x	44.1 – x

2) index délky dolní končetiny

(délka dolní končetiny / výška) . 100

	Muži	Ženy
brachyskel (krátké dolní konč.)	x – 53.5	x – 54.0
metrioskel (středně dlouhé dolní konč.)	53.6 – 54.0	54.1 – 54.5
makroskel (dlouhé dolní konč.)	54.1 – x	54.6 – x

3) index šířky ramen

(biakromiální šířka / výška) . 100

Muži	Ženy
------	------

s úzkými rameny	x – 22.0	x – 21.5
se středně širokými rameny	22.1 – 23.0	21.6 – 22.5
se širokými rameny	23.1 – x	22.6 – x

4) index bikristální šířky pánve

(bikristální šířka pánve / výška) . 100

	Muži	Ženy
stenopyelický (s úzkou pávní)	x – 16.5	x – 17.5
metriopyelický (se středně šir. pávní)	16.6 – 17.5	17.6 – 18.5
eurypyelický (se širokou pávní)	17.6 – x	18.6 – x

Indexy tělesné hmotnosti (Bláha 1987, 1994)

Rohrerův index (R) měří prostorovou hustotu, s níž vyplňuje hmotnost (W) lidského těla krychli o hraně rovné tělesné výšce (X), fyzikální rozměr indexu je g.cm⁻³.

$$R = (W / X^3) \cdot 10^6$$

Hodnota Rohrerova indexu klesá od dětského věku do dospělosti, kdy se u normální populace ustálí na hodnotě 1,2. Rohrerův index odráží nejlépe ontogentické změny v dětství - tedy období plnosti a vytáhlosti (**Kapalín et al. 1969**).

Body mass index (BMI, Quetelete-Kaup-Gouldův index, Bláha 1987, 1994) vyjadřuje plošnou hustotu, kterou zaujímá hmotnost (W) lidského těla ve čtverci o straně rovné tělesné výšce (X). Fyzikální rozměr indexu je $\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$.

$$\text{BMI} = (W / X^2) \cdot 10^3$$

$$\text{BMI} = (W / X^2) \quad (\text{kg} / \text{m}^2)$$

Tabulka 1. Kategorie BMI (dle Světové zdravotnické organizace, Mastná, 1999)

	Muži	Ženy
Norma	20,0 – 24,9	19,0 – 23,9
Obezita mírného stupně	25,0 – 29,9	24,0 – 28,9
Obezita středního stupně	30,0 – 39,9	29,0 – 38,9
Obezita těžkého stupně	> 40,0	> 39,0

V roce 1994 a následně v roce 2002 předložil kolektiv autorů v čele s Bláhou percentilové grafy BMI a RI (Bláha, Lhotská, Šrajger, Vignerová, Vančata, 1994).

Šrámková, Šrajger, Bláha (2000) uvádějí pro hodnocení optimální tělesné hmotnosti tzv. FMI (fat mass index):

$$\text{FMI} = \text{hmotnost tuku (kg)} / \text{Sta (m}^2\text{)}.$$

Obezita nebo nadměrná hmotnost vyjádřená v kg nebo v podobě BMI nedeterminuje jedince konstitučně z pohledu rozložení tuku. Distribuci tuku lze pojmut z několika hledisek, tzn. uložení tuku v horní nebo dolní části trupu, centrálně nebo periferně a visceró-abdominálně a gluteo-femorálně (Lohman, 1992). WHR index jako orientační index informuje o distribuci tuku na lidském těle, zda se jedná o centripetální nebo centrifugální uložení podkožního tuku, resp. abdominální typ obezity.

Hranice rizikovosti dle **WHR** indexu, příp.obvodu břicha jsou uvedeny v následujícím přehledu

Poměr pas/ boky (WHR) (Waist to Hip Ratio)	< 0.85	< 1.0
Obvod břicha (cm)	≤ 80	≤ 102

Distribuce podkožního tuku je možná prostřednictvím stanovení indexů centrality nebo pomocí indexů rizikovosti

AG 1 = WHR (waist/hips) = obvod pasu/ obvod boků

(AG 2 – přes omphalion), AG 3 – největší obvod břicha)

pro ♀ = hranice rizikovosti 0,80, pro ♂ = 0,95

Vyšší hodnoty indexu signalizují **abdominální obezitu** (tvar jablka, androidní typ) - kardiovaskulární onemocnění, metabolická onemocnění – diabetes mellitus, vyšší koncentrace jednotlivých frakcí cholesterolu, inzulínová rezistence

I = obvod gluteálního stehna/obvod boků

Index signalizující výskyt **gynoidního typu obezity** (tvar hrušky) - dna, artróza u mužů, varixy (křečové žíly) u obou pohlaví, hypertenze, diabetes mellitus u žen

Cushingoidní syndrom – tukové rezervy jsou uloženy na břicho, trupu, šiji, končetiny jsou hubené

(endo – 4 – více než 20 % tuku, endo 5 – více než 25 % tuku, tuková řasa $\geq 2s$ signalizuje obezitu)

Indexy centrality determinují rozložení tuku na trupu z poměrů jednotlivých hodnot kožních řas:

$$X1 = \frac{\textit{subscapularis}}{\textit{triceps}}$$

$$X2 = \frac{\textit{hrudník1} + \textit{hrudník2} + \textit{sup rail.} + \textit{břřich} + \textit{subscap.}}{\textit{tvář} + \textit{brada} + \textit{triceps} + \textit{patella} + \textit{lýtko}}$$

$$X3 = \frac{\textit{sup rail.} + \textit{břřich} + \textit{subscap.}}{\textit{triceps} + \textit{patella} + \textit{lýtko}}$$

$$X4 = \frac{\textit{patella}}{\textit{stehno}}$$

Hodnoty indexů $x_1, x_2, x_3 < 1$ vypovídají o větším množství tuku na končetinách než na trupu.
Hodnota indexu $x_4 < 1$ znamená více tuku na středním stehně, dává do poměru tukovou řasu nad patellou a nad m. quadriceps femoris.

Hodnota indexu $x_1 < 1$ vypovídá o převaze tuku na dorzální straně paže vzhledem k dorzální straně trupu.

Proporcionální biologický věk

Tvar vzorce při použití výpočetní techniky (úprava dle **Komendy, In: Riegerová 1993**):

$$\text{KEI (dívky)} = \frac{(\text{obvod stehna} - 15 \cdot \text{RI} + 18,6)}{20 \cdot \text{tělesná výška}}$$

$$\text{KEI (chlapci)} = \frac{((a - a' / + / is - is /) \cdot (2 \cdot \text{obvod předloktí} / - 16 \cdot \text{RI} + 18,1))}{20 \cdot \text{tělesná výška}}$$

Při hodnocení biologického věku je použito rozmezí $x \pm 12$ měsíců:

uspíšení ve vývoji : (+) diference $> + 12$ měsíců

průměrní ve vývoji : diference ± 12 měsíců

opožďení ve vývoji : (-) diference $> - 12$ měsíců

Tělesné složení

Determinace tělesného složení vychází z definic a formulací pěti modelů tělesného složení (Heymsfield, Waki, Kehayas et al., 1991, Jebb, Murgatroyd, Goldberg, Prentice, Coward, 1993, Wang, 1997):

➤ **Anatomický model** – vychází ze zastoupení jednotlivých prvků v organismu. 98 % tělesné hmotnosti je kryto šesti prvky: **O, C, H, N, Ca, P**, zbývající 2 % představuje dalších 44 prvků. Analýzy byly prováděny chemickou cestou na mrtvolách. K rekonstrukci atomárního složení prvků se používá **neutronové aktivační analýzy** (Forbes, 1987, Heymsfield, Waki, Kehayas et al, 1991, Jebb, Elia, 1993).

➤ **Molekulární model** – 11 hlavních prvků tvoří molekuly, které představují více než 100 000 chemických sloučenin tvořících lidské tělo. Hlavní sledované komponenty jsou:

Hmotnost těla = lipidy + voda + proteiny + minerály + glykogen

Celkovou tělesnou vodu lze měřit pomocí isotopových solučních metod a minerály skeletu dual-photonovou absorpcí (Forbes, 1987, Heymsfield, Waki, Kehayas, et al, 1991, Jebb, Elia, 1993, Wang, 1997).

➤ **Buněčný model** - je založen na spojení jednotlivých molekulárních komponent v buňky. V této souvislosti vystupuje do popředí pojem:

extracelulární tekutina (ECT) = plasma + intersticiální tekutina
(94 % tvoří voda, zbytek další organické a neorganické komponenty)

Hmotnost těla = buňky tukové tkáně + BM + ECT + ECPL

BM – svalové, pojivové, epitheliální, nervové buňky

ECT – plasma + intersticiální tekutina

ECPL – organické a anorganické látky

Extracelulární a plasmatickou tekutinu lze měřit **isotopovými dilučními metodami, neutronovou aktivační analýzou** např. K nebo N

➤ **Tkáňově - systémový model** – vychází z organizace molekul do tkání – kostní, svalové a tukové. Většina informací vychází ze studií na mrtvolách.

**Hmotnost těla = muskuloskeletální + kožní + nervový + respirační + oběhový +
zaživací + vyměšovací + reprodukční + endokrinní systém.**

Používané metody jsou **magnetická rezonance, tomografie**, vylučování kreatininu za 24 hod., neutronová aktivační analýza (K, Ca), (Forbes, 1987, Heymsfield, Waki, Kehayas et al, 1991, Jebb, Elia, 1993, Pařízková, 1962).

➤ **Celotělový model – antropometrická měření** – tělesná výška, hmotnost, hmotnostně - výškové indexy, délkové, šířkové, obvodové rozměry, kožní řasy, objem těla a z něj denzitu těla, která vypovídá o aktivní tělesné hmotě a depotním tuku (Forbes, 1987, Heymsfield, Waki, Kehayas et al., 1991, Jebb, Elia, 1993, Lohmann, 1992, Pacy, Quevedo, Gibbon, Cox, et al., 1995, Pařízková, 1962, Wang, 1997, Wellens, Chumlea, Guo, Roche, Reo, Siervogel, 1994).

Nejčastěji používané metody pro odhad tělesného složení jsou jednak laboratorní metody, jednak terénní metody. Laboratorní metody jsou současně referenčními metodami. Pro terénní praxi jsou náročné z hlediska technického vybavení, nároků na odbornost obsluhy, organizačních možností (probandi se musí dostavit do laboratoře, vyšetření trvá delší dobu) a cenových relací. V současné době jsou nejčastěji používanými metodami hydrostatické vážení a metoda DEXA.

Herm (2003) uvádí přehled finanční náročnosti některých metod pro zjišťování tělesného složení, kde kaliperace spadá se svou chybou měření do 3 % na hladinu 500 dolarů, metoda CT představuje chybu měření pod 2 %, měření provádějí specialisté a finanční náročnost je více než 500 000 dolarů, denzitometrie patří k metodám „levnějším“, finanční náročnost je kolem 30 000 dolarů, vyšetření trvá 20 – 30 minut a chyba měření je uváděna do 2,5 %.

✓ *Denzitometrie*

Základem je dvoukomponentový model. Vychází z relativně konstantní denzity (hustoty) tukové ($0,9\text{g/cm}^3$) a tukuprosté, aktivní, resp. esenciální ($1,1\text{g/cm}^3$) frakce. Otázka konstantní denzity netukové hmoty je přehodnocovaná, protože denzita u dětí, starších jedinců, příslušníků různých ras je odlišná. Tuková složka není chápána jako hmota zbavená esenciálních lipidů nezbytných pro existenci – sfyngomyeliny, fosfolipidy apod.

Podstatou denzitometrie je vztah: **hmotnost = denzita . objem**.

Objem těla se zjišťuje různými způsoby. Nejrozšířenější je **hydrostatické vážení**, které využívá principu Archimedova zákona. Je zjišťovaný rozdíl mezi hmotností na suchu a pod vodou. Výsledek je korigován na denzitu a teplotu vody a na objem reziduálního vzduchu. (měří se objem vzduchu v plicích a dýchacích cestách pomocí diluční dusíkové metody nebo helia. Další možností je voluminometrie nebo pletysmografie). Z celkové tělesné denzity (D) je prostřednictvím různých rovnic stanoven odhad tělesného tuku. Nejčastěji používané rovnice (Forbes, 1987, Jebb, Elia, 1993, Lohman, 1981, Lohmann, 1992, Lukaski et al. 1985, Lukaski, 1993, Wang, 1997):

podle Brožka (1963) % tělesného tuku = $(4,57/ D - 4,412) \cdot 100$

podle Siriho (1961) % tělesného tuku = $(4,95/ D - 4,5) \cdot 100$

podle Lohmana (1986) % tělesného tuku = $(2,118/ D - 0,78 \cdot W - 1,354) \cdot 100$

W = denzita vody ($0,9937 \text{ g/cc}$)

% tělesného tuku = $(6,386/ D + 3,961 \cdot m - 6,090) \cdot 100$

m = kostní minerály

Standardní chyba odhadu podílu tuku z denzitometrie je uváděna mezi 2,7% - 4%.

Jedná se o metodu relativně finančně nenáročnou, neinvazivního charakteru, kterou lze kdykoliv opakovat. Její nevýhodou je vyloučení některých probandů z pohledu menší spolupráce, např. malé děti a staří lidé, nemocní nebo jedinci s odlišným vodním metabolismem, nespolupracující jedinci.

Lohman (1992) se ve své monografii zabývá obsahem kostních minerálů (82-85 % minerálů je vázáno v kostech) a vodním režimem u různých populačních skupin. U všech věkových a etnických skupin je denzita kostních minerálů relativně konstantní. Pro výpočet % tuku uvádí řadu regresních rovnic. Formule multikomponentového modelu, u kterého jsou eliminovány ve větší míře chyby, které nacházíme u dvou komponentových modelů, vychází z formule dle Selinger (1977) z disertační práce v Illinois.

% tělesného tuku = $(2,747/ D - 0,714 \cdot W + 1,129 \cdot b + 1,222 \cdot m - 1,027) \cdot 100$

b – kostní minerály (2,982 g/ cc, m – mimokostní minerály (3,317 / cc)

✓ **DEXA (Dual Energy X-Ray Absorptiometry)** – duální rentgenová absorpciometrie – měří diferenciální ztenčení dvou rtg paprsků, které procházejí organismem, rozlišuje kostní minerály od měkkých tkání, a ty rozděluje na tuk a tukuprostou hmotu (čtyř komponentový model - kostní minerály, proteiny, voda a tuk). Jedná se o nejnovější technologii. Získáváme složení celého těla a jednotlivých segmentů. Délka měření prováděného vleže závisí na druhu přístroje (5 – 20 min.). Snímací plocha je 60 krát 190 cm, nelze tedy vyšetřit obézní subjekty nebo s větší tělesnou výškou. Přesnost měření se zvětšujícími se rozměry klesá. Metoda vyžaduje minimální spolupráci sledované osoby. Nevýhodou je vysoká cena a expozice určitému množství rtg záření. Tato metoda je v současnosti považována za nejlepší referenční metodu (Deurenberg, van de Kooy, Leenan, 1989, Deurenberg, Weststrate, van der Kooy, 1989, Deurenberg, Weststrate, Hautvast, 1989, Deurenberg, Kusters, Smith, 1990, Deurenberg, van der Kooy, Evers, Hulshof, 1990, Deurenberg, van der Kooy, Leenam, Weststrate, Seidel, 1991, Mazess, Barden, Bisek, Hanson, 1990, Rwand, 1995, Wang, 1997).

✓ **Hydrometrie** – měření celkové tělesné vody – diluční izotopové metody, kdy se izotopy rovnoměrně rozptýlí v obsahu vody v organismu a jsou měřitelné (používají se stabilní, neradioaktivní isotopy vody, která obsahuje deuterium, tritium (radioaktivní) nebo ¹⁸O. Proband užívá přesně známé množství isotopu – orálně nebo intravenosně. Látka je následně analyzována ze vzorku – moč, sliny, plasma. Na základě regresních rovnic je možno vykalkulovat množství tuku a tukuprosté hmoty (Jebb, Elia, 1993, Lohmann, 1992, Wang, 1997).

✓ **Měření celkového tělesného draslíku** – draslík se vyskytuje přirozeně v lidském těle v aktivní, tukuprosté tělesné hmotě jako radioaktivní izotop ^{40}K a to v konstantní koncentraci. Z výsledků měření je možno zjistit množství aktivní tělesné hmoty v těle. Pro muže je koncentrace draslíku 66 mmol/ kg, pro ženy – 60 mmol/ kg. Přesnost měření je opět ovlivněna velikostí probanda. Měření může být opakované, bez zdravotního rizika. Nevýhoda: vysoká cena přístroje, nutnost časté kalibrace při měření odlišně velkých subjektů. Koncentrace K může být různá v tkáních různých jedinců, což může výsledky zkreslit (Shizgal et al., 1974).

✓ **NIRI (Near infrared interactance)** – určuje složení těla iradiací tkání paprskem blízkým infračervenému záření. Měřená optická **denzita odražené radiace** je ovlivňována specifickými absorpčními vlastnostmi zkoumané tkáně.

✓ **Neutronová aktivační analýza (IVNAA)** – založena na iradiaci těla neutrony, tomu následuje měření typu a intenzity vysílané radiace v průběhu návratu původně destabilizovaných jader k jejich stabilnímu stavu.

✓ **Magnetická rezonance (MRI – magnetic resonance imaging)** určitá jádra s určitými magnetickými vlastnostmi se řadí při průchodu radiofrekvenčních vln v určitém směru magnetického pole. Při přerušení této vlny se jádra vracejí do své původní polohy a přitom vysílají absorbovanou energii, kterou měříme a odvozujeme z ní obraz zkoumané tkáně. Použitá metoda trvá dlouho, nevyžaduje spolupráci objektu. Používá se k měření viscerálního tuku.

✓ **Kreatinová exkrece** – definitivní produkt dusíkatého metabolismu podává informaci o množství svalové tkáně těla. Před měřením je nutno dodržovat určitou dietu, je potřeba měřit více dní. Analýza se provádí z moči, je nutná spolupráce pacienta.

✓ **Computerizovaná tomografie (CT)** – poskytuje informace o rozměrech jednotlivých tkání. Celotělové snímače jsou však drahé, vyšetření trvá relativně dlouho a jedinec je vystaven určitému množství zdraví škodlivému záření. Vyšetření jsou realizována většinou na klinických pracovištích na malých souborech, autoři většinou data náločetných pacientů srovnávají s některými daty získanými jinými metodami (Ashwell, Cole, Dixon, 1985; Baumgartner, Heymsfield, Roche, Bernardino, 1988; Borkan, Gerzof, Robbins, Hulst, Silbert, Silbert, 1982; Dixon, 1983; Espres, Prud'homme, Pouliot, Tremblay, Bouchard, 1991; Grauer, Moss, Cann, Goldberg, 1984; Enzi, Gasparo, Biondetti, Fiore, Semisa, Zurlo, 1986; Seidell, Oosterlee, Thijsse, Burema, Deurenberg, Hautvast, Ruina, 1987; Seidell, Oosterlee, Deurenberg, Hautvast, Juijs, 1988; Tokunaga, Matsuzawa, Ishikawa, Táruj, 1982; Weits, van der Beek, Wedel, Ter Haar Romeny, 1988).

✓ **Metoda ultrazvuku** – je založena na vedení ultrazvuku v různě strukturovaných tkání. Její výsledky dávají velké diference vzhledem k ostatním metodám.

K terénním metodám odhadu tělesného složení lze přiřadit antropometrické metody, které se jeví jako relativně levné, neinvazivní, organizačně úspěšné, umožňují měření velkého počtu probandů a mají malou chybu měření.

✓ **Antropometrické metodiky** řadíme ke dvou komponentovým, případně tři komponentovým modelů. Antropometrická měření vycházejí z obvodových a šířkových parametrů, případně délkových, řadíme k nim také kaliperaci. Metodiky jsou pojmenovány dle různých autorů, kteří na základě naměřených dat konkrétních populačních skupin sestavili dané regresní rovnice.

Pro stanovení podkožního tuku je nutné změřit určitý konkrétní počet kožních řas na konkrétních místech lidského těla přístrojem – kaliperem, kaliperace. Kalipery jsou různého typu: Harpenden, pro měření se používá většinou čtyř kožních řas. Na kontaktních ploškách je konstantní tlak, který byl stanoven mezinárodní dohodou na 10 p/mm^2 při velikosti plošek 40 mm^2 . Jeho nevýhodou je, že se nelze přesvědčit o konstantním tlaku při opakovaném měření pomocí cejchovacích rysek. Kaliper Harpenden má omezenou stupnici, takže není možné měřit osoby extrémně obézní. Další typ kaliperu je Holtainský, který je podobný předcházejícímu. V USA je používán Lange kaliper. Dalším typem kaliperu je Bestův, jehož modifikovaná stupnice umožňuje uchopit kožní řasu 80 mm velkou.

Kaliper má zajištěný stálý tlak na měřenou kožní řasu přenosem síly na kontaktní plošky (3 mm průměr, kruhový tvar) pomocí pérka cejchovaného na stálý tlak 200 g (tj. 28 g/mm^2).

Na trhu jsou dále typy kaliperů z plastu (např. polské i české výroby), které však nejsou pro odborná šetření vhodné. V USA jsou používány digitální kalipery, s kterými zatím nemáme žádné zkušenosti.

Regresní rovnice pro odhad tukové frakce musí být specifické pro určitý věk, danou populaci, pohlaví, etnikum. V literatuře se setkáváme asi se stovkou regresních rovnic (pro děti, dospělé, seniory, populaci bělošskou, černošskou, pro hispánce, pro obézní, anorektiky, sportovce aj.). Kaliperací podkožního tuku získáváme informaci o tloušťce jednotlivých kožních řas v mm měřených na konkrétních lokalitách lidského těla. Velmi často se používá jako hodnotící kritérium součet určitého počtu řas, toto kritérium však pro běžnou interpretaci nemá vysokou vypovídací hodnotu (pětistupňová norma součtu tří kožních řas (na tricepsu,

nad crista iliaca, pod lopatkou). Určení % tělesného tuku se v praxi provádí buď přímo dosazováním do rovnic, nebo jsou k dispozici jednoduché tabulky nebo nomogramy. Percentilové vyjádření součtu pěti kožních řas umožňuje dle kanadských norem (Kanada, CSTF, 1986) zařazení do rizikových zón nemocnosti a úmrtnosti. Percentilové vyjádření jednotlivých kožních řas nám udává rovněž škálování obezity.

➤ **Příklady regresních rovnic odhadu % tělesného tuku u bělošské populace**

Děti a mládež

Σ triceps a lýtko	černoši a běloši	
	chlapani:	$\% TT = 0.735 (\Sigma K\check{R}) + 1.0$ Slaughter et al. (1988)
	dívky:	$\% TT = 0.610 (\Sigma K\check{R}) + 5.1$ Slaughter et al. (1988)

Σ triceps a subscap.	černoši i běloši	
$\Sigma K\check{R} > 35 \text{ mm}$	chlapani:	$\% TT = 0.785 (\Sigma K\check{R}) + 1.6$ Slaughter et al. (1988)
	dívky:	$\% TT = 0.546 (\Sigma K\check{R}) + 9,7$ Slaughter et al. (1988)
$\Sigma K\check{R} < 35 \text{ mm}$	chlapani:	$\% TT = 1.21 (\Sigma K\check{R}) - 0.008 (\Sigma K\check{R})^2 + I^*$
	dívky:	$\% TT = 1.33 (\Sigma K\check{R}) - 0.013 (\Sigma K\check{R})^2 - 2.5$
		Slaughter et al. (1988)

(Platí pro všechny věkové kategorie)

KŘ = kožní řasy

TT = tělesný tuk

I* = konstanta odvozená podle zralosti prepubertální věk - 1.7

Pubertální věk - 3.4

Postpubertální věk - 5.5

Dospělí

Σ KŘ triceps + subscap. + stehno

ženy (18 -55 let):

$$D (\text{g/cm}^2)^a = 1,0994921 - 0,0009929 (\Sigma 3 K\check{R}) + 0,0000023 (\Sigma 3 K\check{R})^2 - 0,0001392$$

(Jackson et al., 1980)

Σ KŘ hrudník + břicho + stehno

muži (18 – 61 let):

$$D(\text{g/cm}^2)^a = 1,109380 - 0,0008267 (\Sigma 3 K\check{R}) + 0,0000016 (\Sigma 3 K\check{R})^2 - 0,0002574$$

(Jackson, Pollock, 1978)

a – pro převod denzity (D) těla na % tělesného tuku se použijí následující rovnice:

$$\text{Muži } \% TT = [(4.95/D) - 4.50] \cdot 100 \quad \text{Ženy } \% TT = [(5.01/D) - 4.57] \cdot 100$$

Odhad podílu % tuku podle PAŘÍZKOVÉ

Podíl tuku podle Pařízkové (1962) je vypočítáván z regresních rovnic na základě měření deseti kožních řas:

- tvář - pod spánkem na spojnici tragion-alare
- brada - nad jazykou
- hrudník I - na předním ohraničení axilární jámy nad okrajem m. pectoralis major
- hrudník II - v přední axilární čáře ve výši 10. žebra
- paže (triceps) - nad m. triceps brachii v polovině vzdálenosti mezi akromiale a radiale
- záda (subscap.)- pod dolním úhlem lopatky
- břicho - v 1/4 vzdálenosti mezi omphalion a iliospinale ant., blíže bodu omphalion
- bok (suprail.) - nad hřebenem kosti kyčelní v průsečíku s přední axilární čarou
- stehno - nad patellou
- lýtko - pod fossa poplitea.

Měření se provádí Bestovým kaliperem

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	$\%T = 35.572 \cdot \log x - 61.25$

% T - procento tuku tělesné hmotnosti

x - součet deseti kožních řas (mm)

y - denzita

$$\%T = \left(\frac{4.201}{y} - 3.813 \right) \cdot 100$$

Podíl ATH stanovíme v návaznosti na měření podkožního tuku a stanovení procenta tuku následovně:

$$\%ATH = 100 - \%tuku$$

$$kg\ ATH = \text{těl. hmotnost} / 100 \cdot \%ATH$$

Podstatné z hlediska fyziologického a funkčního je rozdělení organismu na aktivní tělesnou hmotu a depotní tuk. Aktivní tělesná hmota zahrnuje tkáně metabolicky aktivní (z

hlediska anatomického, to je tělesnou hmotu bez depotního tuku, extracelulární tekutiny a kostních minerálů). Její podíl úzce souvisí se spotřebou kyslíku, s respiračním objemem, s minutovým objemem srdečním apod. v klidu i při práci a je vhodným ukazatelem pro posouzení funkčních vlastností organismu. Velikost aktivní tělesné hmoty lze odvodit rovněž z obsahu tělesné vody, avšak u dětí zřejmě nepředstavuje voda stejný podíl aktivní tělesné hmoty jako u dospělých (Pařízková, 1962).

Bláha, Lisá, Šrajer (1994) se zaměřili na pořadí důležitosti jednotlivých parametrů při redukci hmotnosti u obézních dětí. Metodiku Pařízkové pro odhad % tuku u dětské obézní populace oceňují jako nepoužitelnou. Pro determinaci % tuku doporučují používat metodiku Matiegky. Vzhledem k tomu, že u redukce hmotnosti dochází často i k redukci svalové frakce, je vhodné využít právě několika komponentový model. Domníváme se, že toto východisko je účelné a vhodné u běžné i sportovní populace, protože ve všech případech jde nejen o změnu tukové, ale také svalové frakce.

Odhad % tuku podle DURNINA a WOMERSLEYHO (1974)

Procento tělesného tuku je odvozeno ze součtu čtyř kožních řas (nad bicepsem, nad tricepsem, nad crista iliaca a pod lopatkou), uplatněno zvláště pro děti (Durnin, Rahaman, 1967) pro dospělé.

Odhad % tuku podle DEURENBERGA A WESTRATE (1989)

Vychází pouze z věku.

Odhad % tuku podle SLOAN A WEIRA (1989)

Procento tělesného tuku je odvozeno ze součtu dvou kožních řas (nad tricepsem a pod lopatkou). Podobně se jeví také metoda dle **Slaughter at al. (1988)**.

Odhad % tuku podle LOHMANA (1992)

Procento tělesného tuku je odvozeno opět ze součtu dvou kožních řas (nad tricepsem a na lýtku).

Odhad % tuku podle THORLANDA (1984)

Pro stanovení regresních rovnic bylo použito 7 kožních řas: nad tricepsem, subscapulární, nad crista iliaca, nad patellou, na břicho, na lýtku, na hrudníku.

➤ **Metodiky pro odhad tělesného složení založené na ANTROPOMETRICKÝCH MĚŘENÍCH**

Ženy (15 – 79 let):

$$D \text{ (g/ cm}^2\text{)}^a = 1,168297 - [0,002824 \cdot \text{POB}] + [0,0000122098 \cdot \text{POB}^2] - (0,000733128 \cdot \text{OB}) + (0,000510477 \cdot \text{TV}) - (0,000216161 \cdot \text{věk})$$

(Tran, Weltman, 1989)

a – pro převod denzity (D) těla na % tělesného tuku se použije následující rovnice:

$$\text{Ženy \% TT} = [(5,01/D) - 4,57] \cdot 100$$

POB – průměrný obvod břicha, kde (obvod pasu + obvod břicha přes umbilicus) /2

OB – obvod boků

TT – tělesný tuk

muži (18 – 40let)

$$\text{FFM (kg)} = 39,652 + 1,0932 \text{ (TH)} + 0,8370 \text{ (ŠP)} + 0,3297 \text{ (OP)} - 1,0008 \text{ (OB)} - 0,6478 \text{ (OK)}$$

TH – tělesná výška, ŠP- šířka pánve – bi-iliac, OP – obvod pasu, OB – obvod břicha přes umbilicus, OK – obvod kolene

➤ **Metodiky tělesného složení založené na KALIPERACI A ANTROPOMETRII**

Následující metodiky lze zařadit mezi tři komponentové modely.

2) MATIEGKOVA metoda (1921)

Hmotnost kostry

$$O = o^2 \cdot L \cdot k_1$$

$$o = \frac{o_1 + o_2 + o_3 + o_4}{4}$$

o_1 - šířka epikondylu humeru

o_2 - šířka zápěstí

o_3 - šířka dolní epifýzy □ezist

o_4 - šířka kotníků

L - výška těla

k_1 - 1,2

Hmotnost kůže a podkožní tkáně

$$D = \frac{1}{2} \cdot \frac{d_1 + d_2 + d_3 + d_4 + d_5 + d_6}{6}$$

d_1 - kožní řasa nad m. biceps brachii

d_2 - kožní řasa na volární straně předloktí v místě největšího obvodu

d_3 - kožní řasa nad m. quadriceps v polovině vzdálenosti mezi trochanterion a tibiale

d_4 - kožní řasa na zadní ploše lýtko v místě maximálního obvodu

d_5 - kožní řasa na hrudníku ve výši 10. žebra

d_6 - kožní řasa na břicho

S - povrch těla ($S = 71.84 \cdot \text{hmotnost}^{0.425} \cdot \text{výška}^{0.725} [\text{cm}^2; \text{kg}; \text{cm}]$)

k_2 - 0,13

Měření se provádí Bestovým kaliperem.

Hmotnost svalstva $M = r^2 \cdot L \cdot k$

$$r = \frac{r_1 + r_2 + r_3 + r_4}{4} \quad (r_1 - r_2 - \text{korigované průměry segmentů končetin})$$

$$r_1 = \frac{\text{obvod paze}}{\pi} - \frac{\text{řasa triceps}}{2} - \frac{\text{řasa biceps}}{2}$$

$$r_2 = \frac{\text{obvod předloktí}}{\pi} - \text{řasa předloktí}$$

$$r_3 = \frac{\text{střední obvod stehna}}{\pi} - \text{řasa quadriceps}$$

$$r_4 = \frac{\text{obvod lýtko max}}{\pi} - \text{řasa lýtko max.}$$

L - výška těla

k_3 - 6,5

Zbytek dopočtený

2) Metoda podle DRINKWATERA A ROSSE (1980)

Pro výpočet se používá fantomových hodnot a směrodatných odchylek těchto charakteristik. Fantomové hodnoty byly získány z literárních dat různých současných etnických skupin, mužů i žen. Započítána byla i data historická, např. hodnoty tzv. „vitruvien man“ od hodnoty tzv. „vitruvien man“ od Leonarda da Vinci, Dürerovy kánony. Tak byly určeny modelové („fantomové“) hodnoty, které byly položeny na nulu z – skore.

	P	S
Tělesná výška	170,18	6,29
Hmotnost	64,58	8,60
Podíl hmotnosti kostry (kg)	10,49	1,57
Šířka epikondylu humeru	6,48	0,35
Šířka epikondylu femuru	9,52	0,48
Obvod zápěstí (přes styloidy)	16,35	0,72
Minimální obvod lýtku	21,71	1,53
Podíl hmotnosti svalstva (kg)	25,35	2,99
Relaxovaný obvod paže - π . Kožní řasa triceps	22,05	3,67
Obvod hrudníku přes mesosternale - π . Kožní řasa subskapulární	82,36	4,68
Gluteální obvod stehna - π . Kožní řasa na stehně	47,33	3,59
Maximální obvod lýtku - π . Kožní řasa na lýtku II (mediální)	30,22	1,97
Maximální obvod předloktí - π . Kožní řasa na předloktí	25,13	1,41
Podíl hmotnosti tuku (kg)	12,13	3,25
Kožní řasa nad tricepsem (mm)	15,40	4,47
Kožní řasa subskapulární	17,20	5,07
Kožní řasa suprailiální	15,20	4,47
Kožní řasa na břicho	25,40	7,78
Kožní řasa na stehně	27,00	8,33
Kožní řasa na lýtku mediálně	16,00	4,67
Podíl hmotnosti zbytku (kg)	16,41	1,90
Biakromiální šířka (cm)	38,04	1,92
Transverzální průměr hrudníku	27,92	1,74

Bikristální šířka	28,84	1,75
Předozadní průměr hrudníku	17,50	1,38

Z naměřených antropometrických údajů se vypočítá proporční z – skóre podle vztahu:

$$z = \frac{1}{s} \cdot \left[v \cdot \left(\frac{170,18}{h} \right)^d - P \right]$$

v = sledovaný rozměr

d = exponent (1 = pro délkové míry, šířkové rozměry, obvodové rozměry, 2 = plošné míry, 3 = hmotnostní rozměry a objemy)

h = tělesná výška probanda

p = fantomová hodnota konkrétního rozměru

s = směrodatná odchylka pro fantomovou hodnotu konkrétního rozměru

170.18 = fantomová hodnota tělesné výšky

Pro výpočet jednotlivých komponent se vypočítá průměrné \bar{z} -skóre:

$$\bar{z} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n z$$

Z průměrných hodnot \bar{z} -skóre se vypočítá hmotnost jednotlivých komponent složení těla podle vztahu:

$$M_F = \frac{z \cdot s + P}{\left(\frac{170,18}{h} \right)^3}$$

p = fantomová hodnota zjišťované komponenty

s = směrodatná odchylka fantomové hodnoty

h = tělesná výška probanda

Z naměřených údajů lze určit absolutní hodnoty jednotlivých komponent a vypočítat procenta podílu hmotnosti jednotlivých složek na celkové hmotnosti.

Celková hmotnost M_c :

$$M_c = M_K + M_S + M_T + M_R$$

Pro doplnění přehledu antropometrických metod lze uvést ještě **metodu odhadu hmotnosti segmentů**, která zaznamenává jednotlivé části lidského těla jako geometrická tělesa. Hmotnost je chápána jako funkce denzity a objemu. Metoda respektuje individuální variabilitu regionálního rozvoje svalstva, distribuce tuku a odlišné délkové proporcionality. Při odhadu denzity segmentů se vychází z výsledků korelační analýzy mezi výsledky inverzní, rentgenografické a antropometrické techniky, která ukázala na významnou shodu při stanovení objemu tukové, svalové a kostní tkáně. Tělo je rozděleno na 15 segmentů, části končetin se dále dělí na distální a proximální. Výpočet objemů jednotlivých segmentů byl proveden pomocí vzorců pro objem koule, komolého kužele a klínu. Antropometrické vstupní hodnoty byly hmotnost těla, obvodové rozměry, výška segmentů a kožní řasy. Výpočet denzity segmentů byl závislý na množství tuku (Riegrová, Ulbrichová 1993).

Ke sledování metabolismu tukové buňky in situ je možno použít v klinické praxi rovněž metody mikrodialýzy, která umožňuje působit na buňku exogenními či endogenními podněty a současně sledovat účinek tohoto působení. Je založená na zavedení mikrodialyzační sondy do tkáně, která se chová jako umělá céva. Vzhledem k tomu, že tuková tkáň není pouze pasivní tkání, jak byla donedávna popisována, ale je aktivním metabolickým orgánem, je možno sledovat na její úrovni řadu aktivních pochodů. V tukové buňce probíhá lipolýza, syntéza triacylglycerolů, utilizace glukózy, produkce kyseliny mléčné, hormonů či jiných půsovců, jako je např. leptin, angiotenzinogen, adenosin, prostaglandiny (Arner, 1993, Jones, 1997, Zhang, 1994).

✓ **Bioelektrická impedance**

Princip této metody vhodné pro klinickou a terénní determinaci tělesného složení spočívá na rozdílech šíření vysokofrekvenčního střídavého elektrického proudu nízké intenzity (většinou frekvence 50 kHz, 800 μ A) v různých biologických strukturách. Jedná se o metodu neinvazivní, časově nenáročnou. Pro odborné studie je vhodné využívat tetrapolární BIA, kdy jsou využívány čtyři elektrody – dvě jsou umístěny na dolní končetině (hlavička 2. metatarzu a mezi kotníky) a dvě na horní končetině (hlavička 3. metatarzu na hřbetu ruky a mezi kotníky) u ležící osoby. Bipolární BIA označována jako ruční: elektrický proud probíhá

pouze horní částí těla, bipedální – nožní: elektrický proud prochází dolní částí těla) se využívají v komerční sféře. Pro stanovení extra- a intracelulárních objemových složek vody je nutno použít multifunkční zařízení, které umožňuje měřit kapacitní (reaktance) i odporovou (rezistance) složku, tedy celkovou bioimpedanci (Bunc et al., 1997, Deurenberg et al., 1990, Lukaski et al., 1985, Baumgartner, Chumlea, Roche, 1989, Ross et al., 1989). Přístroje, které měří pouze odporovou složku bioimpedance nejsou schopny stanovit extra- a intracelulární vodní poměr.

Základní proměnnou, kterou měří BIA je celková voda (TBW). Tukuprostá hmota (FFM je dána rozdílem mezi celkovou hmotností a hmotností tělesného tuku) je určována na základě rovnice:

$$FFM = TBW * 0,732^{-1}$$

Hodnota 0,732 (73,2 %) představuje průměrnou hydrataci tukuprosté hmoty. Podíl objemu extracelulární vody na celkové tělesné vodě s věkem klesá, intracelulární voda naopak nabývá na objemu. Bunc et al. (2001) prokázal, že hodnoty ECM/ BCM jak u chlapců, tak u děvčat vykazují těsnou závislost na maximálně spotřebě kyslíku vztažené na kg tělesné hmotnosti. Autoři poukazují na možnost využití této proměnné pro hodnocení stavu tělesné zdatnosti, příp. trénovanosti u netrénovaných jedinců, ale i sportujících.

Index ECM/ BCM (extracelulární voda/ buněčná hmota) vyjadřuje důležitý parametr pro hodnocení stavu výživy jedince. Optimální stav výživy odpovídá hodnotě indexu 0,7-0,8. Pokud dosahuje index hodnoty > 1,0, je výživa nedostatečná (Koralewski, Gunga, Kirsch, 2003).

Analýza tělesného složení metodikou bioelektrické impedance představuje analýzu hmotností ve smyslu: tukové složky, aktivní tělesné hmoty, obsah celkové vody, obsahu extracelulární a intracelulární vody, stupně bazálního metabolismu. Při měření BIA bychom se měli vyhnout měření u pacientek v raných stádiích těhotenství, u pacientů s pace markerem, u žen a dívek v době premenstruace a menstruace, podobně u pacientů užívajících léky, ovlivňující vodní režim v organismu, u osob s implantáty (kardiostimulátor, kyčelní protézu). Podmínkou k získání objektivních hodnot a přesných výsledků je dodržování konkrétních zásad:

- *nejíst a nepít po dobu 4 – 5 hodin před testem,*
- *necvičit po dobu 12 hodin před testem,*
- *nepožívat alkohol po dobu 24 hod. před testem,*
- *vyprázdnit močový měchýř před testem,*

- *přesné umístění elektrod (použitý typ elektrod) a běžná teplota místnosti*

Pacient musí ležet na zádech, jeho části těla by se neměly dotýkat – roztažené dolní a horní končetiny. Pacient by měl být klidný. Měříme na pravé straně těla, jsou známy difference levá a pravá strana v důsledku rozdílného zastoupení svalové hmoty na obou polovinách těla, včetně srdečního svalu vlevo. Důležité je umístění elektrod, neboť změna vůči standardní poloze o 1 cm může znamenat diferencii až 2,1 % tuku. Dále záleží na termoregulaci a povrchové teplotě kůže. Stav hydratace organismu může způsobit dle Bunce (2001) chybu měření 2 – 4 %.

Predikční rovnice pro stanovení procenta tuku jsou specifické dle věku, pohlaví, etnika, pro aktivní sportovce (dle úrovně pohybové aktivity), starší populaci (geriatrická rovnice), pro normální populaci, závisí na distribuci podkožního tuku. Rovnice lze s obtížemi použít pro děti do 12 let. Bunc (1997, 2000) dále uvádí, že je nutné rozlišovat minimálně tři různé kategorie pro množství tělesného tuku, pro které je nezbytné konstruovat samostatné rovnice. Dané tři oblasti jsou následující: množství tělesného tuku nižší než 15 %, 2. oblast s predikční rovnicí se týká rozmezí 15,1 – 30,0 %, nad 30% hranicí používáme jiný typ rovnic. Řada softwarů však s těmito mezemi nepočítá. Bunc uvádí, že procento tělesného tuku jak u děvčat, tak u chlapců s rostoucím věkem klesá, asi do věku 12 let. Poté u děvčat začíná narůstat a u chlapců stagnuje. Toto tvrzení se objevuje také v pracích Roche et al.(1996). Malina & Bouchard (1991). Víme však, že stagnace nárůstu tělesného tuku u chlapeckých kategorií nemusí být v posledních letech platná. Souvisí to pravděpodobně se špatnými stravovacími zvyklostmi a nedostatkem pohybové aktivity.