

# Složení těla

## Složení těla: Hodnocení a výklad

Složení těla má velký praktický i funkční význam pro mnohé z nás: vědce, klinické pracovníky i veřejnost. Obzvláště důležité je však pro potápěče, protože váhu si musí vyhodnotit před každým potápěním a zároveň přitom vzít v úvahu, zdali se potápění uskuteční ve slané nebo sladké vodě.

Nesprávné složení těla může mít nepříznivý dopad na schopnost člověka splnit své denní pracovní úkoly a také na využití možnosti zrekreovat se.

Nadměrný tělesný tuk souvisí se zvýšenou náchylností ke kardiovaskulárním onemocněním, vysokému krevnímu tlaku, mozkové mrtvici, cukrovce, různým ortopedickým potížím a mnoha dalším zdravotním problémům.

Složení těla se zjišťuje mnoha různými metodami. Ty se od sebe liší přesností dosažených výsledků i cenou. V tomto článku se chceme zaměřit na výhody a nedostatky několika známých a zavedených způsobů. Poté nabídneme určitá doporučení, jak interpretovat získané hodnoty.

## Index tělesné hmotnosti

Index tělesné hmotnosti (ve zkratce BMI z anglického Body Mass Index), někdy také nazývaný jako Queteletův index, je nejjednodušším nástrojem pro odhadování složení těla. Slovo "odhadování" je zde použito záměrně, neboť BMI vlastně není měřítkem složení těla, je to pouze jednoduchý výpočet založený na vzrůstu (výšce) postavy a její hmotnosti (váze) a tento výpočet se používá pro zařazování lidí do různých kategorií podle jejich tělesného tuku.

Odhady podle BMI jsou užitečné pro rozsáhlé výzkumy, kdy není možno používat složitější a přesnější měřicí postupy a metody, ale tyto odhady jsou u mnohých jedinců velmi nepřesné.

Předpoklad, že zvýšené hodnoty BMI automaticky znamenají větší množství tuku často neplatí – hodnoty BMI se zvyšují, ať je větší hmotnost způsobena tukem nebo svalovinou. Pro jednotlivce s velmi vyvinutou svalovinou je tato metoda velmi nelichotivá.

Hodnoty BMI se snadno vypočítávají jednoduchou kalkulačkou. BMI se uvádí v kilogramech na čtverečný metr ( $\text{kg}\cdot\text{m}^2$ ). Vypočte se tak, že tělesná váha v kilogramech se vydělí mocninou výšky v metrech:

$$\text{BMI } \{v \text{ (kg}\cdot\text{m}^2)\} = \text{váha } \{v \text{ kg}\} \div (\text{výška})^2 \{v \text{ m}\}$$

Upozorňujeme, že pro výpočet BMI se používají metrické míry. Další metody, které zde uvedeme, zjišťují procento tělesného tuku přesněji.

## Kalibrovací antropometrie

Floušťka podkožního tuku se dlouho považovala za ukazatel celkového obsahu tuku v těle. Floušťka kožní řasy a pod ní uložené tukové tkáně se jednoduše měří ručním měřidlem (viz doprovodná fotografie). Hodnoty naměřené na několika místech se použijí v regresní rovnici, pomocí které se vypočte odhadované množství tělesného tuku. Ve vědecké literatuře existuje ohromné množství příkladů a metod pro dosažení výsledného výpočtu, některé doporučují měřit na 2, jiné až na 12 místech. Odhady jsou nejpřesnější tam, kde měřená osoba nejpřesněji odpovídá typu těla a ukládání tuku referenční skupiny použité pro vytvoření regresní rovnice. Přesnost odhadu se může u různých lidí významně lišit. A ani použití rovnice, která vyžaduje měření na více místech, nezaručuje přesnější výsledek.

Stále se nejvíce používají jednoduché původní rovnice. Ty byly sestaveny na základě vyhodnocení velkých počtů testovaných osob a jsou poměrně dobrými ukazateli pro odhady u určitých skupin (typů) lidí (znovu připomínáme, že nemusí přesně platit pro každého jednotlivce). Nejčastěji používané rovnice předpovídají tělesnou hustotu rozdílně pro každé pohlaví (Jackson a Pollock, 1978; Jackson et al., 1980). Vypočtené hustoty se dosadí pro výpočet odhadu dvou složek skladby těla – tělesné hmoty bez tuku a tukové hmoty (i když tento dvojsložkový model není anatomicky přesný, používá se velmi snadno a přináší poměrně validní výsledky).

Pro osoby bělošského (tzv. kavkazského) typu se zpravidla používá rovnice známá jako Siriho rovnice (Siri, 1956). A protože se zjistilo, že beztuková hmota u dospělého černošského obyvatelstva je významně vyšší než u odpovídající skupiny bělochů ( $1\ 113\ \text{g}\cdot\text{cm}^3$  oproti  $1\ 100\ \text{g}\cdot\text{cm}^3$ ), někdy se u těchto jednotlivců používá upravený vzorec – tzv. Schutteho rovnice (Schutte et al., 1984).

### **Hydrodenzitometrie**

Vztah mezi tělesnou hustotou zjištěnou vzplývavostí ve vodě a složením těla dal vzniknout další praktické metodě, kterou vyvinulo námořnictvo Spojených států na základě výzkumů prováděných během druhé světové války (Behnke et al., 1942).

Tato metoda byla později ještě zdokonalena kvůli snadné aplikaci (Katch et al., 1967). Potápěči jistě ocení skutečnost, že doktor Albert Behnke je považován za jednoho z otců moderní potápěčské fyziologie a medicíny. Metodu hydrostatického vážení údajně vyvinul poté, co jej frustrovalo, že jeho velice zdatní potápěči byli tehdy používanými standardními rovnicemi klasifikováni jako osoby s nadváhou.

Také hydrodenzitometrie vychází z dvojsložkového modelu (t.j. z hmoty bez tuku a hmoty tukové). Odhadují se procenta každé z těchto dvou složek vůči průměrné hustotě těla. Porovnávacím standardem pro hustotu je destilovaná voda (tzv. "specifická váha", t.j. váha na jednotku hmoty), jejíž hodnota je  $1\ 000\ \text{g}\cdot\text{cm}^3$ .

Tuk má specifickou váhu přibližně  $0,9\ \text{g}\cdot\text{cm}^3$  a svalovina přibližně  $1,1\ \text{g}\cdot\text{cm}^3$ . Hlavním problémem při odhadování průměrné hustoty tkáně osoby ponořené do sladké vody je ovlivňování zjištěného výsledku plynem obsaženým v dýchacím a trávicím traktu. Tato příčina nepřesností a chyb se dá snížit co nejdůkladnějším výdechem před spočinutím na váze, kterou měřená osoba musí zatížit pod vodou. Zbytkový objem plic lze vypočítat nezávislým testem, na základě kterého se opraví nadnášejší účinek plynu (Wilmore et al., 1980).

Objem plynu zachyceného v trávicím traktu se považuje za poměrně malý a příslušná korekce se provádí odhadem. Rovněž se provádějí určité korekce hustoty vody způsobené její různou teplotou. Navzdory různým omezením a nutnosti pouze odhadovat některé opravné údaje (např. plyn v trávicím traktu), hydrodenzitometrie se považuje za dobrou referenční metodu pro zjišťování složení těla, zvláště při srovnání s některými novými postupy. Její hlavní nevýhodou je skutečnost, že testovaná osoba musí vydržet pod vodou v klidovém stavu s prázdnými plícemi (a samozřejmě s ponořenou celou hlavou). Sice se objevily i některé alternativní metody, při kterých se nevyžaduje důkladný výdech, ale ty se používají méně často.

### **Pletysmografie**

Jedná se o suchou metodu, která napodobuje hydrodenzitometrii a poslední dobou se stala dosti populární. Pletysmografie s výtlačkem vzduchu (anglická zkratka ADP) se používá v zařízení nazvaném Bod Pod (výrobce: Life Measurements Instruments, Concord, Kalifornie), přičemž při stanovování průměrné tělesné

hustoty odpadá nutnost ponoření se pod vodu a vytěsnění vzduchu z plic.

Princip je následující: testovaná osoba sedí v malé suché komoře, kde se pomocí počítačem řízených nástrojů přesně změří hmotnost a objem těla. Potom se vypočte celková tělesná hustota a odhadne hmotnost bez tuku i tuková hmotnost stejně jako v případě hydrostatických měření. Rozdíly mezi hodnotami naměřenými hydrostaticky a metodou ADP se u různých skupin liší a rovněž mohou být značně rozdílné výsledky (co se týče přesnosti) mezi jednotlivci (Collins et al., 2004), nicméně metoda ADP nabízí velkou výhodu díky snadnosti prováděného měření. Zvláště to platí pro jedince, kterým činí potíže zcela vydechnout a pak se v klidu udržet celkově ponořen pod vodu. ADP se naopak nehodí pro osoby trpící klaustrofobií.

### **Bioelektrická impedance**

Bioelektrická impedanční analýza (BIA) je bezesporu nejpohodlnější metodou pro zjišťování složení těla. Měřicí přístroj připomíná běžnou váhu požívanou v koupelně nebo jakousi malou krabici se dvěma držadly. Princip, jak to funguje, je jednoduchý: lidské tělo je vlastně vodičem elektrického proudu. BIA vychází ze skutečnosti, že celková vodivost těla se zvyšuje rostoucím procentem svaloviny a snižuje rostoucím podílem tukové hmoty.

Při použití tohoto měřícího zařízení je potřeba umístit na těle dva kontakty v určité vzdálenosti od sebe (zpravidla jeden na každé noze nebo ruce). Poté se mezi oběma kontakty vyšle velmi slabý el. signál o vysoké frekvenci (testovaná osoba nic nepocítí). Přitom se změří rychlost průchodu el. proudu tělem a na základě změřené rychlosti se vypočte relativní procento beztukové a tukové hmoty.

I když toto zařízení většinou poskytuje poměrně přesné odhady složení těla, mohou být výsledky silně ovlivněné momentálním stavem hydratace, změnami vlastností elektrolytu a dokonce i posledním jídlem. Účinek změny elektrolytu je zřejmý, jestliže se zařízení použije těsně před a ihned po třicetiminutovém běhu. Validitu hodnot naměřených metodou BIA někteří odborníci ostře krizují (Gelbrich et al., 2005). I když jsou tato měřící zařízení někdy nepřesná, své opodstatnění pro měření složení těla si zachovávají díky tomu, že jsou levná a snadno použitelná. Pohodlná měření prováděná doma pravidelně ráno hned po probuzení mohou poskytovat dosti spolehlivé informace o tom, jakým směrem se vyvíjí složení těla.

### **Ultrazvuk**

Pro měření složení těla lze používat (na různých částech těla) i ultrazvuk. Oproti jiným zde zmíněným metodám to je však poněkud komplikovanější a méně ověřené. Jako nejužitečnější se tato metoda jeví při měření obézních jedinců, pro které jsou jiné techniky použitelné jen s obtížemi. Ultrazvukovou metodou se někdy odhaduje i tzv. viscerální (útrobní) obsah tuku, což může být ukazatelem nebezpečí kardiovaskulárního onemocnění (Kim et al., 2004).

### **Dvojenergetická rentgenová absorpciometrie**

Přístroje určené k aplikaci tzv. dvojenergetické rentgenové absorpciometrie (DEXA) využívají dvojí rentgenovou energii pro měření obsahu tuku, svaloviny a kostí při skenování celého těla nebo jeho různých částí. DEXA je oproti tradičním metodám zjišťování tloušťky tukové řasy a hydrodenzitometrii výhodnější – při odhadování beztukové i tukové hmoty se může při ní zohlednit i hustota kostí (čímž se snižuje chyba vyskytující se při dvojsložkovém modelu). I když se pomocí této techniky dosahuje poměrně přesných odhadů tělesné hustoty (Prior et al., 1997), její finanční náročnost zatím zabránila, aby se stala novou standardně používanou metodou (k její aplikaci dochází téměř výhradně ve vědeckovýzkumném prostředí).

### **Zobrazení magnetické rezonance**

Při zobrazení magnetickou rezonancí (MRI) se využívá magnetické pole pro aktivaci vybraných jader v těle tak, že se jeho prostřednictvím vytvářejí přesná vyobrazení tělesných tkání, aniž by se tělo vystavovalo ionizačnímu ozáření. Tímto způsobem lze velmi přesně stanovit rozložení tuku v těle (Ross et al., 2000). Jedná se o bezpečnou metodu, jejíž použití je však omezené kvůli vysokým nákladům na potřebné zařízení a počítačem prováděnou analýzu.

### **Výklad výsledků získaných vyšetřením**

složení těla Informace získané při zjišťování indexu tělesné hmotnosti (BMI) se musí vyhodnocovat s použitím velké dávky selského rozumu. Nejlepším způsobem, jak tuto metodu používat, je jednoduše ji čas od času opakovat. Lidem s hodnotami BMI překračujícími doporučený rámec, nebo jedincům, jejichž hodnoty se během jejich dospělosti nepřetržitě zvyšují (bez patrného nárůstu svaloviny) může tato metoda pomoci k přehodnocení stravy a fyzických činností (cvičení).

Klasifikace BMI je dosti libovolná a názor na žádoucí až ideální hodnoty se stále vyvíjí. V současnosti se jako nejpoužívanější norma používá stupnice uznávaná Americkým národním institutem pro výzkum srdce, plic a krve (U.S. National Heart, Lung and Blood Institute = NHLB) a Světovou zdravotnickou organizací (World Health Organization = WHO) z roku 1998 (viz tab. 1).

Kategorizace podle NHLB/WHO však není jediným platným výkladem. Definice "normálnosti" je klasickým jablkem sváru. Např. mnozí odborníci doporučují, že by se hodnoty, které již sice patří do kategorie "nadváha", ale jen nevýznamně, měly stále ještě považovat za normální. Jestliže se používá tak jednoduchý a potenciálně zavádějící ukazatel, jakým je BMI, je stanovení jediného platného systému klasifikace pro různorodé obyvatelstvo velmi obtížné.

I výsledky o zjištěném množství tuku v těle se musí vykládat racionálně. U každé metody je třeba mít stále na mysli možnost potenciálního zkreslení až omylu. Nejvíce zavádějící mohou být odhady získané měřením tukové řasy nebo bioelektrickou impedanční analýzou. Výsledky dosažené pomocí hydrodenzitometrie nebo dalších složitějších metod jsou zpravidla přesnější. Bez ohledu na použité zařízení je však důležité zachovat si rozumný přístup. Pro nás pro všechny je typické, že bychom chtěli vážit méně. Nezapomínejme však, že pro zdraví je zapotřebí i určité množství tuku.

Kategorizačních systémů založených na vyhodnocování procentuálního obsahu tuku v těle existuje celá řada. Stupnice, kterou upřednostňuje Americká rada pro tělesná cvičení, nabízí velmi rozumné a přiměřené rozsahy jednotlivých kategorií (viz tab. 2). Některé jiné systémy nabízejí ještě větší rezervy, většinou s rostoucím věkem.

### **Doporučení pro snižování tuku**

Je-li potřeba snížit nadbytečný tuk v těle, nejlepším způsobem, jak toho dosáhnout, je kombinovat dietu s programem fyzických cvičení. Samotná dieta totiž přinese ztrátu jak tukových, tak i svalových tkání. Snížení rychlosti metabolismu, které v případě ztráty svaloviny následuje, pak znamená, že se nadměrná váha vrací rychleji zpět. Hlavním cílem by neměl být úbytek na váze sám o sobě: cílem je zlepšit poměr mezi netukovými a tukovými tkáněmi.

Všichni, kdo se rozhodli vstoupit do nějakého programu snižování tělesné váhy, by měli po celou dobu tohoto procesu pravidelně sledovat a kontrolovat složení svého těla. Absolutní čísla jsou mnohem méně důležitá, než změny, které se dějí a zjišťují po delší dobu. A i když jednotlivé naměřené absolutní hodnoty nemusí být přesné, opakovaná měření se dají použít pro poměrně spolehlivé zjištění změn, které se dějí

během delší doby - pokud se používají stejné postupy a metody výpočtu.

Každý program by měl být koncipován jako dlouhodobý: cíle by měly být stanoveny přiměřeně a mělo by se jich dosahovat krátkodobými "krůčky" směrem ke vzdálenějšímu a trvalému výsledku. Někaké momentální zastavení nebo přerušení úspěšného procesu by nemělo odradit od pokračování v dlouhodobém snažení.

**Tabulka 1: Klasifikace nadváhy a obezity pomoci indexu tělesné hmotnosti (BMI)**

<b>Klasifikace</b>	<b>BMI (kg • m-2)</b>
Podváha	<18.5
Normální váha	18.5 - <25.0
Nadváha	25.0 - <30.0
1. stupeň obezity	30.0 - <35.0
2. stupeň obezity	35.0 - 40.0
Extrémní obezita	>40.0

(US NHLB, 1998; WHO, 1998)

**Tabulka 2:: Klasifikace nadváhy obezity podle procenta tělesného tuku**

<b>Klasifikace</b>	<b>Ženy (% tuku)</b>	<b>Muži (% tuku)</b>
Základní tuk	10-12	2-4
Atleti	14-20	6-13
Zdatní	21-24	14-17
Přijatelní	25-31	18-25
Obézní	32+	25+