

Metabolismus, výživa, jídelníček

Praktické cvičení z fyziologie (jarní semestr: 1. – 3. týden)

Studijní materiály byly vytvořeny za podpory projektu MUNI/FR/1474/2018

Stanovení energetického výdeje nepřímou kalorimetrií a výpočtem

Studijní materiály byly vytvořeny za podpory projektu MUNI/FR/1474/2018

Metabolismus

všechny chemické a energetické děje probíhající v těle

- v souvislosti s potravou: energetické a chemické přeměny, které probíhají v organismu po přijetí potravy (zahrnuje zpracování, trávení, vstřebávání a distribuci k buňkám)
- živý organismus oxiduje živiny za vzniku H_2O , CO_2 a energie potřebné pro životní procesy
 - katabolismus: komplexní, postupný proces rozkladu látek na jednodušší sloučeniny, při němž se uvolňuje energie. Energie se uvolňuje jako teplo nebo jako chemická energie (uložená do makroergních sloučenin, např. ATP)
 - anabolismus: proces tvorby složitějších látek z jednodušších, energie se spotřebovává

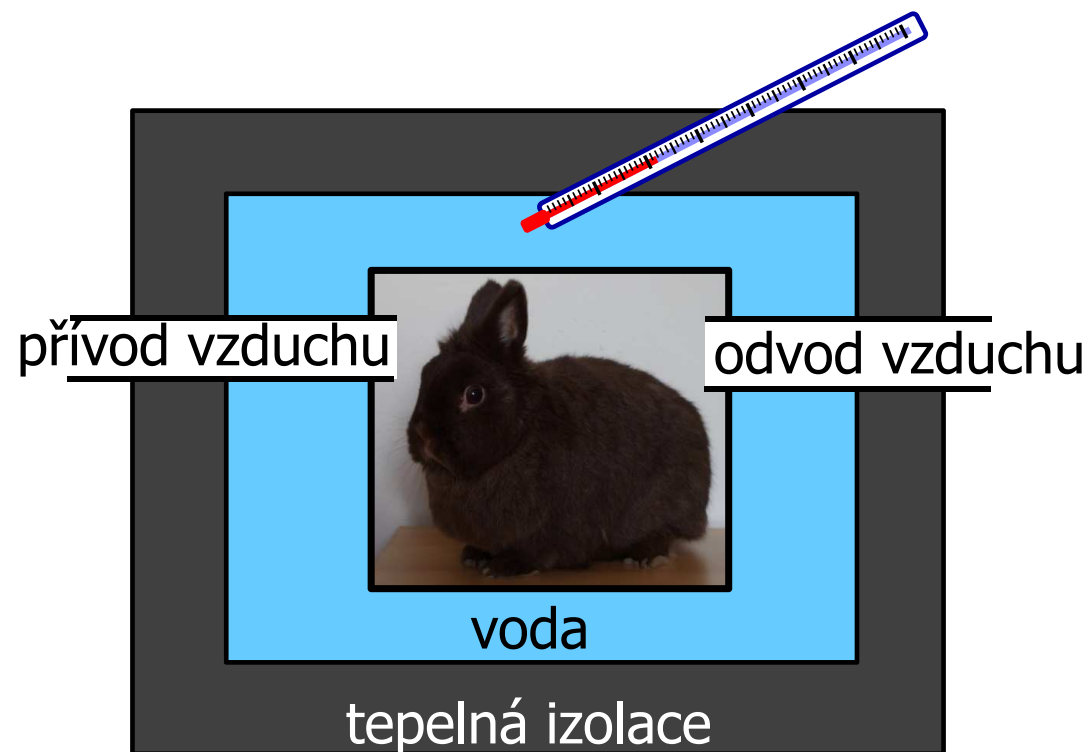
Kalorimetrie

- Kalorimetrie – měření tepla, které se uvolní ve studovaném systému při určitém ději (chemickém, fyzikálním, biologickém)
- Teplo = energie, jednotka joul (J)
- Hodnocení metabolismu živočicha: Vychází z předpokladu, že všechny metabolické děje jsou provázeny tvorbou tepla
- Metabolizování potravy je téměř ekvivalentní přímému spálení (shoření) potravy

- **Přímá kalorimetrie - přímé měření tepla kalorimetrem**
 - vzniklého spálením potravy za dostatečného přísunu kyslíku
 - vydávaného metabolizujícím živočichem za dostatečného přísunu kyslíku

Přímá kalorimetrie

- Technicky je náročnější
- Pokud se používá u živočichů, tak jen u malých
- Izotermní kalorimetr
 - *Teplota se po celou dobu experimentu nemění. Vzniklé teplo je odváděno a v další fázi např. působí fázovou přeměnu čisté látky (např. led ve vodu)*



Spalné teplo

- teplo/energie vzniklé oxidací 1 g substrátu za dostatečného přísunu kyslíku – energie vztažená na g substrátu
 - fyzikální spalné teplo – energie vzniklá hořením substrátu
 - fyziologické spalné teplo – energie vzniklá oxidací substrátu živým organismem
- cukry a tuky: fyziologické = fyzikální spalné teplo
- bílkoviny: fyzikální > fyziologické spalné teplo
 - (hořením bílkovin vznikají oxidy dusíku, metabolizováním bílkovin vzniká močovina, která v sobě část chemické energie uchovává)
- spalné teplo živin
 - cukry 17,1 kJ/g
 - tuky 38,9 kJ/g
 - fyzikální spalné teplo bílkovin: 23 kJ/g
 - fyziologické spalné teplo bílkovin: 17,1 kJ/g

Nepřímá kalorimetrie

Princip: spotřeba O_2 , výdej CO_2 a odpad dusíkatých metabolitů jsou ve vztahu ke spotřebě energie

- možnost měřit v otevřeném či uzavřeném systému
- v praxi otevřený systém – Kroghův spirometr
 - vybavený natronovým vápnem – vychytává CO_2
- **Energetický ekvivalent kyslíku (EE)** – energie vztažená na 1 kyslíku
 - množství energie, které se uvolní při spotřebě 1 l kyslíku
 - univerzální konstanta pro výpočet energetického výdeje při smíšené stravě

$$EE = 20,19 \text{ kJ / liter } O_2$$

- **EE živin:**
 - Glukóza 21,4 kJ / liter O_2
 - Proteiny 18,8 kJ / liter O_2
 - Lipidy 19,6 kJ / liter O_2

Respirační kvocient (RQ)

- Poměr: vyprodukovaný CO₂ / přijatý O₂
- Poskytuje informaci ohledně zpracovaného substrátu
 - Sacharidy: RQ = 1 – stejný poměr C a O jako ve vodě
 - Lipidy: RQ = 0,7 – obsahují méně kyslíku
 - Proteiny: RQ = 0,8 - 0,9 – komplikovanější, protože se musí počítat i s močí
 - Běžná smíšená potrava: RQ=0,85
 - Glukogeneze: RQ ≈ 0,4
 - Lipolýza : RQ ≈ 0,7
 - Lipogeneze : RQ ≈ 2,75
 - Na lačno, při hladovění: RQ < 0,85 – lypolýza, glukoneogeneze
- Jiné faktory ovlivňující RQ
 - Hyperventilace RQ > 1 je vydýcháván CO₂
 - Během zátěže nebo při metabolické acidóze RQ > 1
 - Volní hypoventilace nebo metabolická alkalóza může RQ < 0,7
 - Podle orgánů – mozek RQ=1 (jí sacharidy), žaludek RQ < 1

Respirační kvocient (RQ)

- Poměr: vyprodukovaný CO₂ / přijatý O₂
- Poskytuje informaci ohledně zpracovaného substrátu
 - Sacharidy: RQ = 1 – stejný poměr C a O jako ve vodě
 - Lipidy: RQ = 0,7 – obsahují méně kyslíku
 - Proteiny: RQ = 0,8 - 0,9 – komplikovanější, protože se musí počítat i s močí
 - Běžná smíšená potrava: RQ=0,85
 - Glukogeneze: RQ ≈ 0,4
 - Lipolýza : RQ ≈ 0,7
 - Lipogeneze : RQ ≈ 2,75
 - Na lačno, při hladovění: RQ < 0,85 – lypolýza, glukoneogeneze
- Jiné faktory ovlivňující RQ
 - Hyperventilace RQ > 1 je vydýcháván CO₂
 - Během zátěže nebo při metabolické acidóze RQ > 1
 - Volní hypoventilace nebo metabolická alkalóza může RQ < 0,7
 - Podle orgánů – mozek RQ=0,97-0,99 (jí sacharidy), žaludek RQ < 1

Dusíková bilance

poměr (nebo rozdíl) mezi dusíkem přijatým v potravě (bílkoviny, aminokyseliny) a dusíkem vyloučeným (především močí, ve stolici je dusíku minimálně)

- indikátor rozpadu bílkovin a aminokyselin nebo tvorby nové tkáně (zabudovávání bílkovin)
- **negativní dusíková bilance**
 - dusík je více vylučován než přijímán
 - znak degradace bílkovin a aminokyselin
 - hladovění, nucená dlouhodobá nehybnost, nedostatek některé esenciální aminokyseliny, rozpad tkání (rozsáhlá zranění, popáleniny, rozpad nádorů, pooperační stavy)
- **pozitivní dusíková bilance**
 - dusík je více přijímán než vylučován
 - růst, těhotenství

Bazální metabolismus

Množství energie nezbytné pro zachování základních životních funkcí

- Bazální energetický výdej (BEE): energetický výdej organismu za definovaných - tzv. bazálních podmínek:
 - termoneutrální prostředí
 - tělesný a duševní klid (ráno než vstaneme z lůžka)
 - dieta bez bílkovin 12-18 hodin před měřením
- BEE se mění v závislosti na mnoha faktorech
 - svalová tkán zvyšuje BEE, opakovaná hubnutí ho snižuje
- I přes splnění podmínek je získaná hodnota pouze odhadem skutečné energie spojené s bazálním metabolismem
 - **Klidový energetický výdej** – měření výdeje za klinických podmínek, kdy není možné dodržet všechny bazální podmínky – slouží k odhadu BEE

Měření spotřeby O_2 v praxi



Aktuální energetický výdej (AEE)

Výdej měřený za aktuálních podmínek

V praktiku: AEE

- v klidu (≠ klidový výdej!) – v leže
- ve stoje
- po fyzické zátěži – chůze na schůdcích po dobu 5 min

– Stanovte

– v_n - odečtená spotřeba O₂ (l/s)

$$v_r = v_n \cdot \frac{273}{273 - t} \cdot \frac{B - e}{101,325}$$

– v_r – hodnota korigovaná na 0°C a 101,325 kPa (l/s)

t: Teplota místnosti °C, B: barometrický tlak kPa (1 mmHg = 0,133 kPa), napětí vodních par v kPa (podle tabulky)

– Vypočítejte AEE (chyba výpočtu je asi 8%)

– AEE (kJ/s) = 20,19 · v_r

– AEE (kJ/den) = 20,19 · v_r · 86400

Výpočet energetického výdeje rovnicí

- bazální energetický výdej (BEE) – Harris-Benedictova rovnice
 - Muži (kcal/den) $BEE = 66 + 13,7 \cdot m + 5 \cdot h - 6,8 \cdot r$
 - Ženy (kcal/den) $BEE = 655 + 9,6 \cdot m + 1,7 \cdot h - 4,7 \cdot r$
 - m: hmotnost v kg, h: výška v cm, r věk v letech
- $BEE \text{ (kJ/den)} = BEE \text{ (kcal/den)} \cdot 238,8$
- $AEE \text{ (kJ/den)} = AF \cdot TF \cdot IF$
 - bazálního energetického výdeje (kJ/den)
 - aktivity (activity factor, AF) - v praxi: zdravý lehce pracující (AF = ženy 1,55; muži 1,6)
 - tělesné teploty (temperature factor, TF) – v praxi: normální (TF = 1)
 - poškození (injury factor, IF) – v praxi: žádné (IF = 1)Zvýšení teploty a poškození zvyšuje AEE

BEE a AEE výpočtem představuje jen odhad vaší reálné hodnoty. Rovnice byla zjištěna na základě vyhodnocení mnoha lidí, ale dva lidé se stejnými parametry nikdy nebudou mít stejný výdej, pouze podobný. Rovnice například nepočítá se složením tělesné hmoty, podílem svalů a tuků, nastavením metabolismu.

Závěry

Porovnejte spočítaný BEE a naměřený AEE v leže a po zátěži

Očekáváme:

$BEE < AEE \text{ klid} < AEE \text{ po zátěži}$

Vysvětlete pozorované rozdíly

Může se stát:

$BEE \geq AEE \text{ klid}$

Vysvětlete tuto situaci

Zásady správné výživy

Jídelníček

Studijní materiály byly vytvořeny za podpory projektu MUNI/FR/1474/2018

Zásady správné výživy

- Energetický příjem a výdej by měly být v rovnováze
- Snažte se udržet adekvátní tělesnou hmotnost (dle BMI a obvodu pasu)
- Jezte minimálně 5-krát denně v pravidelných intervalech (každé 3-4 hodiny) – počet jídel závisí od celkového energetického příjmu:
 - 1 600 kcal v 6 jídlech
 - 2 200 kcal v 9 jídlech
 - 2 800 kcal v 11 jídlech
- Pravidelně cvičte – nejméně 30 minut fyzické aktivity mírné zátěže alespoň 5-krát týdně (nebo 3 - 4 x týdně 30 min zátěže, při které se zpotíte)

Zásady správné výživy

- **Strava by měla být pestrá** - měla by obsahovat:
 - Všechny nezbytné živiny (bílkoviny, tuky, cukry) správného složení, energetické hodnoty a poměru
 - Vitamíny
 - Minerální látky v optimálním množství
 - Vodu
 - Vlákny
- **Třeba omezit**
 - Alkohol <30 g/den
 - Omezte příjem konzervovaného jídla a polotovarů, smažených pokrmů a uzenin – ukazuje se, že je to jeden z významných faktorů vyvolávajících diabetes II
 - NaCl <5 g/den
 - Cholesterol <300 mg/den

 - Další faktory – Slováci doporučují optimální kulturu stolování (Lékařská fyziologia, Javorka a kol.)
 - **Jo... a Nekuřte!**

Jídelní lístek

- Jako prostředek k zhodnocení příjmu potravy:
 - stanovení kalorického příjmu, složení stravy, rozložení příjmu během dne
- Jako prostředek k terapeutické intervenci:
 - plán denního příjmu potravy dle individuálních potřeb jedince a zásad správné výživy, setavení jídelníčku vzhledem k onemocněním, zdravotnímu stavu, alergiím, aktivitě, úpravě hmotnosti
- Tabulka by měla obsahovat
 - Jídlo
 - Čas jídla
 - Množství v g
 - Energetická hodnota jídla v kJ
 - Složení – bílkoviny, tuky, cukry
 - Vitamíny, minerály
 - Výsledné hodnoty všech parametrů a doporučené denní dávky
 - Ideálně ještě spočítaný denní energetický výdej pro orientační porovnání s příjmem
 - Specifický dynamický účinek živin

Živiny

- Doporučení: 10% bílkoviny, 26% tuky, 64% cukry (alkohol je taky zdroj energie, ale nedoporučuje se)
- **Bílkoviny** – ddd dospělí: 0,8–1,2 g/kg, děti: 1,2-1,5 g/kg
 - musí obsahovat všechny esenciální AMK ve správných poměrech vhodných pro syntézu nových bílkovin - příjem nahrazuje 20 – 30 g bílkovin, které se denně u člověka degradují
 - Živočišné bílkoviny mají vyrovnaný poměr AMK, v rostlinných bílkovinách často nějaká AMK chybí – rostlinná strava je náročnější na sestavení, pokud má obsahovat všechny AMK
 - fce: strukturní, signální (hormony, receptory), jako zdroj energie jen výjimečně (při hladovění)
- **Cukry** – ddd dospělí: 10-15 g/k, děti 5-8 g/kg
 - Nejrychlejší zdroj energie (17,1 kJ/g), především rostlinného původu
 - Využitelné sacharidy – 64% přijaté energie (rafinovaný cukr by měl být <10%)
 - Nevyužitelné sacharidy – nestravitelné, součást vlákniny (hlavně celulóza), ddd 25-35g/den – podpora motility GIT

Živiny

- Tuky: ddd dospělí 1g/kg, děti 4-5 g/kg
 - Největší zdroj energie (38,9kJ/g) – především zásobní fce
 - Další funkce – vitamíny rozpustné v tucích, stavební, termoregulace (hnědá tuková tkáň, izolace), mechanická ochrana orgánů, kostí
 - Optimální poměr tuků v potravě: 10% nasycené mastné kys. (MK), 10-12% mononenasycené MK, 8 – 10% polynenasycené MK
 - Cis-konfigurace MK – rostlinné a většina živočišných tuků.
Trans-konfigurace – mléčné výrobky, hovězí a skopové maso, průmyslově ztužené tuky (margaríny) – zvýšení koncentrace LDL-cholesterolu
 - Cholesterol (jen živočišné produkty) – fce strukturní složka mozkové tkáně, buněčných membrán, prekursor steroidních hormonů, vit. D, žlučových kys – v krvi koluje 4% celkového cholesterolu
75% si tělo tvoří samo (játra), 25% z potravy
- Specifický dynamický účinek živin (SDÚ):
energie potřebná pro zpracování živin, cca 10% z energie přijaté smíšené potravy (bílkoviny mají vyšší SDÚ než glukóza)

Metabolický syndrom (MS)

- Civilizační onemocnění obsahující 3 a více z následujících faktorů
 - **Obezita:** obvod pasu > 102 cm u mužů, > 88 cm u žen
 - **Dyslipidemie:** TAG > 1,7 mmol/l
HDL < 1 mmol/l u mužů, < 1,3 mmol/l u žen
 - **Hypertenze:** TK > 130/85 mmHg
 - **Hyperglykémie:** Glykemie na lačno > 5,6 mmol/l ← inzulinorezistence, diabetes II. typu (DM II)
- ČR: 32% muži, 24% ženy, hlavně ve starší populaci
- Vznik podmíněn genetickou predispozicí (hlavně k inzulinorezistenci) a špatným životním stylem (vyšší energetický příjem, nedostatek pohybu)
- Významný prozánětlivý, prokolagulační a proaterogenní stav, jehož riziko pro kardiovaskulární nemoci je vyšší než riziko vzniklé prostým součtem rizik jeho jednotlivých rizikových faktorů – všechny faktory se vzájemně podporují
- Důsledky: snížení kvality života i délky dožití protože: DM II i s důsledky, kardiovaskulární i cerebrovaskulární aterotrombotické příhody (např. infarkt, mrtvice, embolie), ale ve výsledku se jedná o komplexní postižení celého organismu

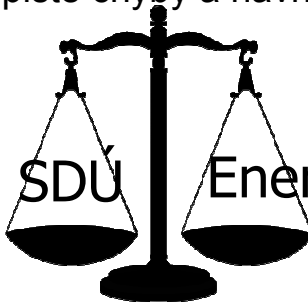
Diabetes mellitus (DM, cukrovka)

- Zahrnuje heterogenní skupinu chronických metabolických chorob, jejichž základním projevem je **hyperglykémie**.
- Vzniká v důsledku nedostatku inzulínu, jeho nedostatečného účinku (někdy se mluví o relativním nedostatku) nebo kombinací obojího.
- *narušení transportu glukózy z krve do buňky* buněčnou membránou → hyperglykémie a nedostatek glukózy intracelulárně
- DM I – vzniká v dětském věku, autoimunitní destrukce beta-buněk slinivky – nutná substituce inzulínu
- DM II – v dospělém věku, rezistence (necitlivost) cílových tkání na inzulín (inzulinorezistence)
- DM komplikuje léčbu a zvyšuje riziko a zhoršuje průběh dalších onemocnění, zhoršuje hojení. DM je dříve nebo později onemocněním kardiovaskulárního systému

Protokol: si vypracujete dopředu!

- Zapište hmotnost, výšku, věk a pohlaví osoby, pro kterou budete sestavovat jídelníček
- Stanovte jeho denní energetický výdej
- Sestavte jídelní lístek odpovídající předešlému dni na www.myfitnesspal.com
- Jídelníček vytiskněte, zapište i BEE a AEE spočítané na základě tělesných parametrů a denních aktivit. To si opište/okopírujte, automaticky se to netiskne
- Do protokolu zapište:
 - Součet přijaté energie, živin, minerálů a vitamínů, SDÚ
 - Doporučené hodnoty všech sledovaných parametrů
 - Porovnejte energetický příjem a výdej, přijaté a doporučené denní dávky živin, minerálů a vitamínů. Zhodnoťte, jestli je jídelníček vyšetřované osoby v pořádku, popište chyby a navrhněte vylepšení

$$\begin{array}{ccc} \text{AEE} + \text{SDÚ} & \text{Energetický příjem} \\ \text{(BEE + denní aktivity + SDÚ)} & \end{array}$$



Hodnocení stavu výživy

Studijní materiály byly vytvořeny za podpory projektu MUNI/FR/1474/2018

Obezita

- Obezita – nadměrné ukládání energetických zásob v podobě tuku z různých příčin. Energetický příjem je větší než výdej.
- ČR: dospělí: 35% nadváha, 17% obezita - více mužů
děti 6-12 let: 10% nadváha/10% obezita; 13-17 let dohromady 11%
- Příčiny jsou kombinací různých faktorů - málokdy se jedná pouze o jednu konkrétní příčinu
 - Kombinace většího energetického příjmu, nedostatku pohybu
 - Dědičné vlivy – genetické (obvykle jen predispozice, čistě genetická příčina je vzácná), výchova
 - Psychické vlivy – nežádoucí stres, deprese
 - Prenatální vlivy (chování matky v průběhu těhotenství), porod, rané dětství
 - Endokrinologická onemocnění – např. hypothyreóza
 - Může být důsledek jiných onemocnění či poranění
 - Důsledek léčby – např. některá antidepresiva
 - Nízký socioekonomický status
- Problém z hlediska zdravotníka: náročnější manipulace s pacientem

Podvýživa

- Podvýživa - malnutrice je onemocnění podmíněné nedostatečným příjmem živin, neschopností vstřebávat živiny při nemocech trávicího traktu nebo nadměrným katabolismem tělesných zásob při závažném, např. nádorovém onemocnění.
 - I obézní můžou být podvyživení – i přes vysoký energetický příjem některá živina může chybět
 - U nás není příčinou nedostatek potravin, ale spíše špatný jídelníček nebo poruchy příjmu potravy

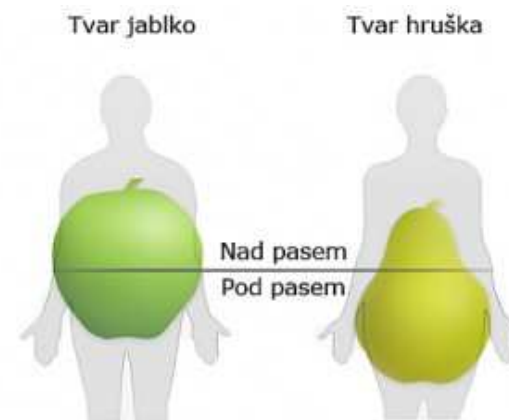
Tuková a svalová tkáň

- **Lipolyticky působící hormony** (zároveň zvyšující glykémii):
Adrenalin, Noradrenalin, Růstový hormon, Glukagon, ACTH, Prolaktin, Kortizol
- Tělesná hmota: aktivní (svaly) a pasivní (tuk)
- Pomalé nabírání na váze s narůstajícím věkem je fyziologické (snižuje se citlivost na inzulin, úspornější metabolismus). Nadváha ve stáří (cca od 65 let) není škodlivá, pokud je důsledkem pomalého přibírání (asi 0,25 kg/rok).
- **Typy tukové tkáně**
 - Bílý podkožní – není škodlivý (v rámci fyz. hodnot)
 - Bílý abdominální – „pivní břicho“ (mezi břišními orgány) – silně hormonálně a metabolicky aktivní, tvorba prozánětlivých faktorů, vysoká kardiovaskulární rizika – větší náchylnost u mužů
 - Bílý orgánový - ochrana/zásoba u některých orgánů – kolem ledvin, kolem srdce, slinivky, v játrech – užitečný (v rámci fyz. hodnot) – mobilizuje se rychleji než podkožní, např. při hubnutí
 - Hnědá tuková tkáň – termogenní - hlavně u malých dětí, přítomný i u některých dospělých mezi lopatkami a na krku (užitečný, prevence nadváhy)
 - Běžová tuková tkáň – bílá obsahující hodně mitochondrií – důsledek fyzické zátěže
 - Nově objevená růžová tuková tkáň – umí se diferenciovat v jiné buňky, mléčná žláza

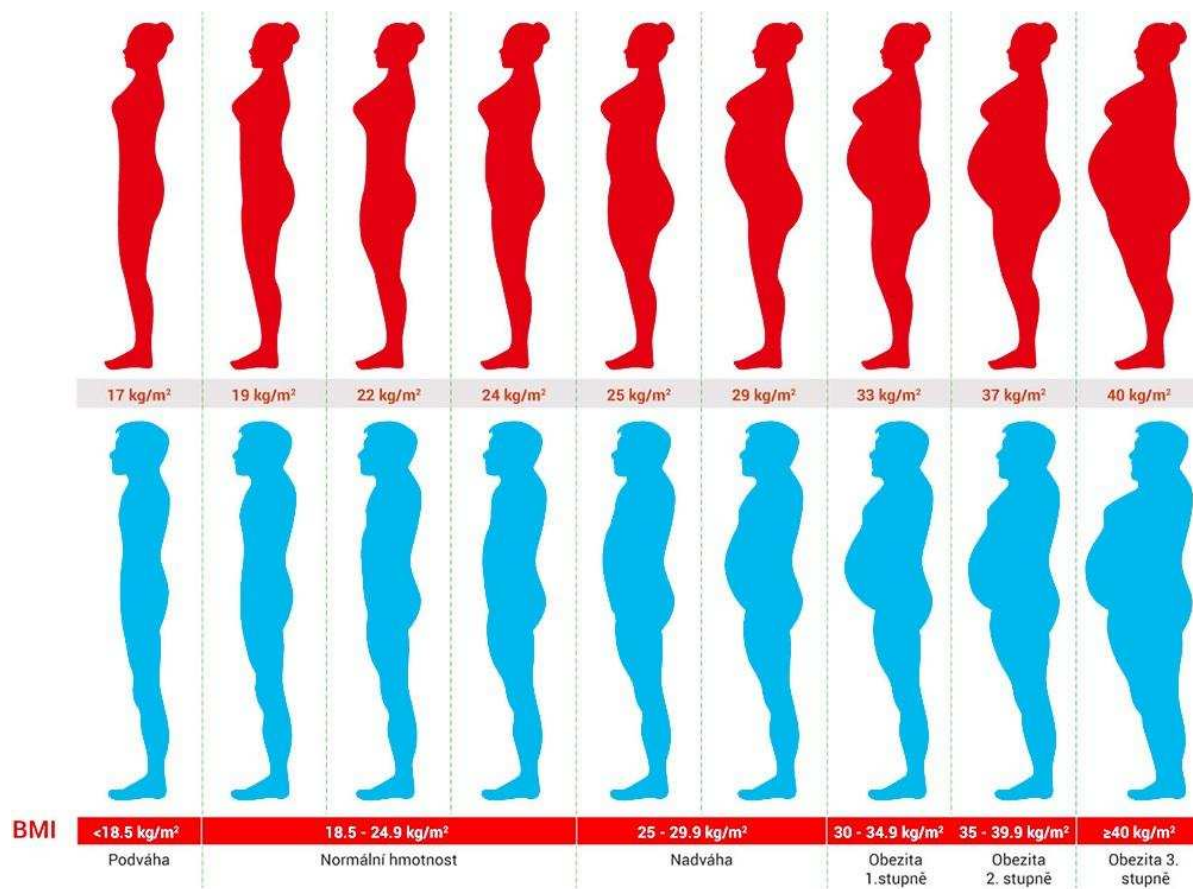
Tuková a svalová tkáň – pohlavní rozdíly

Muži mají větší podíl svalů, snáze zvýší svalovou tkáň (testosteron), která je větším energetickým spotřebitelem – lepší hubnutí

- Stejný BMI u mužů a u žen má rozdílná rizika – riziko vzniku diabetu u žen bývá při mnohem vyšším BMI než u mužů
- Rozdílné fáze nabírání váhy – ženy v těhotenství a po menopauze, muži při změně životního stylu (založení rodiny, rozvod, změna práce)
- Androidní typ ukládání tuku (jablko)
 - hromadění tuku v oblasti břicha, podkoží i mezi orgány
 - škodlivější (větší ohrožení kardiovaskulárními riziky)
- Gynoidní typ ukládání tuku (hruška)
 - ukládání do podkoží stehen a hýždí -funkce je zásobní
 - energie pro období těhotenství a kojení (nižší kardiovaskulární riziko)



Tuková a svalová tkáň



Zdroj: mychoicemylife.com



Vztah mezi jednotlivými faktory MS

- Dyslipidémie - nadváha - hyperglykémie – hypertenze
 - Vysoká hladina LDL → ateroskleróza
- Nadváha a DMII
 - Inzulínorezistence
- DMII a hypertenze
 - Hyperglykémie + hyperinzulinémie + dyslipidémie → endoteliální dysfunkce → vyšší cévní rezistence → hypertenze
 - Inzulínorezistence (a hyperglykémie) ↔ sympatická aktivita → hypertenze
 - Hyperglykémie → autonomní neuropatie → porucha regulace krevního tlaku
 - Dyslipidémie a hypertenze

Zdravý životní styl

- Zásady chování, které podporují náš organismus v udržení zdraví co nejdelší dobu
- Obecně: zdravá strava, dostatek pohybu, dostatek spánku, zdravé životní prostředí (smog, kouření), zvládání stresu, životní pohoda atd. (prostě všechno to, co jako student nebo zdravotník nemáte šanci splnit)
- hubení lidé bez dostatečné fyzické aktivity mají horší kardiovaskulární prognózu než sportující lidé s nadváhou (fit-fat / unfit-unfat)
- Pravidelná fyzická aktivita
 - Podporuje snížení hmotnosti
 - Zlepšuje parametry diabetu a faktory metabolického syndromu
 - Pozitivní vliv na psychiku (klíčový v terapii depresí)
 - Svalová síla (například handgrip test) je významným ukazatelem schopnosti pacienta zotavit se
 - Snižuje postprandiální zánět v tukové tkáni (imunitní reakce, která probíhá po jídle)

Objektivní hodnocení stavu výživy

- Indexy vycházející z antropometrických ukazatelů
- Měření tělesného tuku kaliperem
- Měření zastoupení tuku v organismu bioelektrickou impedanční metodou
- Měření svalové hmoty

Indexy vycházející z antropometrických ukazatelů

- Stupeň obezity dle Brocova indexu
- vychází z výpočtu ideální hmotnosti a procent dosažené ideální hmotnosti

Ideální hmotnost:

– Pro muže:

- výška (cm) – 100
- (výška v m)² – 23

– Pro ženy:

- výška (cm) – 100 – 10%
- (výška v m)² – 21,5

- Index: aktuální hmot./ideální hmot. x 100

Stupeň obezity	% ideální hmotnosti
Mírný	115 – 129
Střední	130 – 149
Těžký	150 – 199
Morbidní	> 200

Indexy vycházející z antropometrických ukazatelů

– BMI (body mass index) = $\text{váha}(\text{kg})/\text{výška}(\text{m})^2$

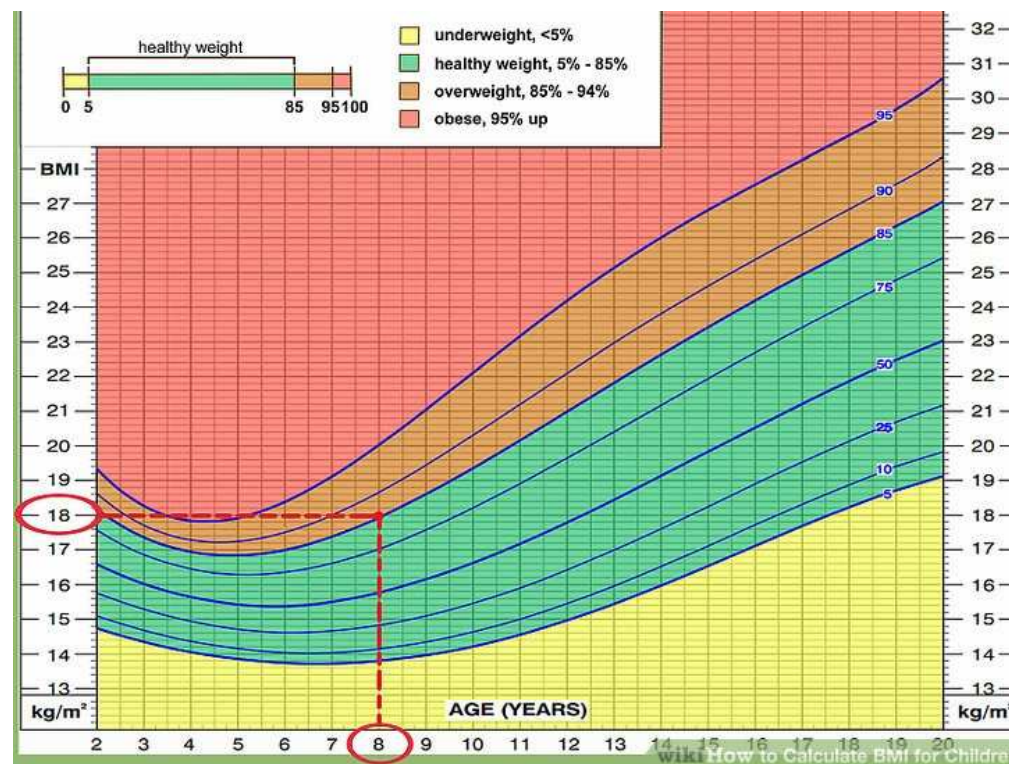
Pro dospělé

	muži	ženy
Podváha	< 20	< 19
Norma	20 – 24,9	19 – 23,9
Nadváha	25 – 29,9	24 – 28,9
Obezita	30 – 39,9	29 – 38,9
Těžká obezita	> 40	> 39

BMI různé tabulky pro muže/ženy, dospělé/dospívající/děti

Indexy vycházející z antropometrických ukazatelů

- Výhoda: jednoduché na výpočet
- Nevýhody
 - Nezabývají se tím, čím je tvořena tělesná hmota. Muž s velkou muskulaturou se může pohybovat v oblasti nadváhy, aniž by měl problém s výživou.
 - **Brocův index** používá lineární vztah mezi výškou a váhou... index je velice orientační
 - **BMI** - kvadratický vztah mezi výškou a váhou
 - lepší než Brocův, ale přesto je nutné použití jiných tabulek pro dospělé, dospívající a děti – BMI 17 ještě normální v 15 letech, v dospělosti to znamená podváhu
 - **Rohrerův index** ($100 \cdot \text{hmotnost(g)} / \text{výška(cm)}^3$). Hmotnost je určena objemem, čili třetí mocninou rozměru, proto je tento index nejlepší. Věkově konzistentnější. Vhodnější po děti a dospívající.



Obvod pasu, index pas/boky (waist/hip)

– Velice jednoduché, ale účinné prediktivní parametry hodnocení výživy

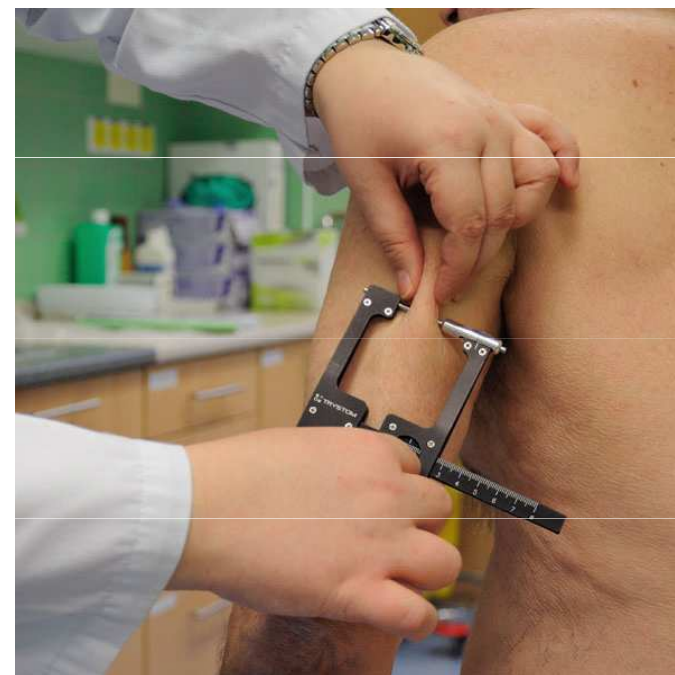
– Pas/boky

- Muži <1
- Ženy < 0,8

Obvod pasu v cm		
Kategorie	muži	ženy
Doporučené rozmezí	≤ 94	≤ 80
Nutné snížit hmotnost	95 – 102	81 – 90
Snížení hmotnosti vyžaduje lékařskou pomoc	> 102	> 90

Měření tělesného tuku kaliperem

- Měří se vrstva podkožního tuku
- Vypovídá o energetické bilanci organismu
- Nedokáže postihnout možné rozdíly v distribuci podkožního a viscerálního tuku
- Nejčastější místo měření: kožní řasa nad tricepsem (další možnosti: nad lopatkou, na břichu, nad spina iliaca, na stehně, na bérce)



Hodnoty kožní řasy nad tricepsem			
	Fyziologická norma (mm)	Lehký až střední úbytek (mm)	Výrazný deficit (mm)
Žena	> 16,5	10 – 15	< 10
Muž	> 12,5	7,5 – 11	< 7,5

Elektrická bioimpedanční metoda

Měření zastoupení tuku v organismu

- Různé tkáně těla mají různou průchodnost pro velmi slabý střídavý elektrický proud (vodivost svalové versus tukové tkáně)
- Metoda vychází z bioelektrické analýzy impedance; měříme bioelektrickou impedanci (odpor), který klade tuková tkáň prostupu elektrického proudu
- Vypočítává se poměr tukové tkáně ke tkáním ostatním
- Závisí od množství kapaliny v netukových tkáních – na hydrataci organismu (důvod kolísání hodnot během dne při nedodržení standardních podmínek jednotlivých měření)
- Přístroj je schopný vyhodnotit % tuku, vody i kostní tkáně

Elektrická bioimpedanční metoda

Měření zastoupení tuku v organismu

- Ruční přístroj měří horní polovinu těla, váha dolní polovinu
- Nyní se používají kombinovaná zařízení měřící celé tělo



Měření svalové hmoty

Svalová tkán je důležitý parametr stavu výživy

- Obvod svalstva paže (OSP) - vše v cm

$$OSP(cm) = \text{obvod paže} - \pi \cdot \text{kožní řasa nad tricepsem}$$

- Korigovaná plocha svalstva paže (kPSP) - vše v cm

- Muži

$$kPSP = \frac{(\text{obvod paže} - \pi \cdot \text{kožní řasa nad tricepsem})^2}{4 \cdot \pi} - 10$$

- Ženy

$$kPSP = \frac{(\text{obvod paže} - \pi \cdot \text{kožní řasa nad tricepsem})^2}{4 \cdot \pi} - 6,5$$

Ztráta svalové hmoty	Nepřítomná (cm)	Střední (cm)	Těžká (cm)
Žena	> 23,2	14 – 21	< 14
Muž	> 25,3	15 – 23	< 15

Deficit	nepřítomný	mírný	střední	těžký
Žena	> 36,3	29,1 – 36,3	25,5 – 29,0	< 25,4
Muž	> 40,9	32,8 – 40,8	28,7 – 32,7	< 28,6

Závěr

- Hodnocení stavu výživy je důležitým ukazatelem ve všech oborech medicíny
- Ani podvýživa ani obezita nejsou pro lidský organismus prospěšné
- Proces hodnocení stavu výživy začíná od výpočtu jednoduchých indexů (z antropometrických ukazatelů hmotnosti a výšky) až po měření pomocí sofistikovaných přístrojů
- Výsledky nám pomáhají u pacientů správně nastavit dietu (či už racionální, redukční nebo vysokoenergetickou)