

# **Stanovení energetického výdeje nepřímou kalorimetrií a výpočtem**

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

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

# Metabolismus

všechny chemické a energetické děje probíhající v těle

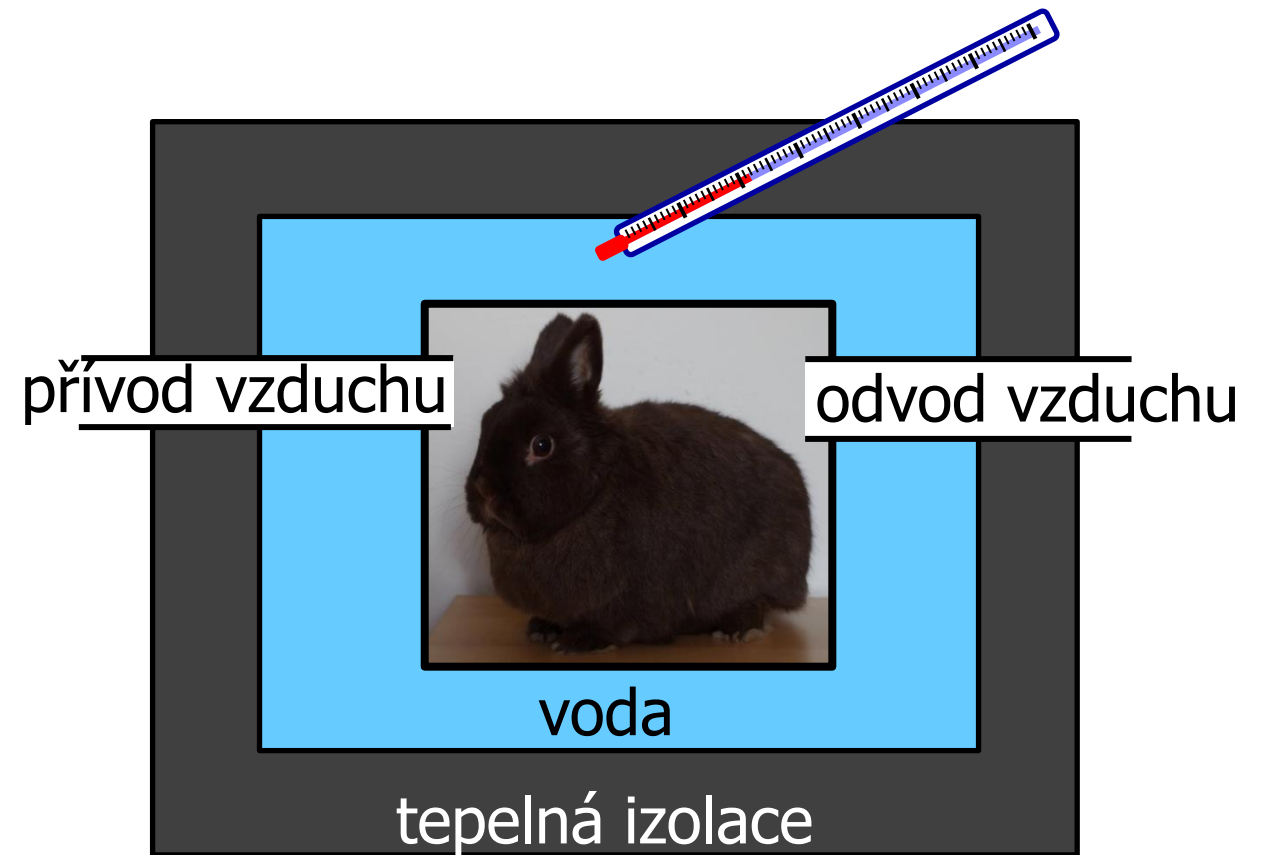
- v souvislosti s potravou: energetické a chemické přeměny, které probíhají v organismu po přijetí potravy (zahrnuje zpracování, trávení, vstřebávání a distribuci k buňkám)
- živý organismus oxiduje živiny za vzniku  $H_2O$ ,  $CO_2$  a energie potřebné pro životní procesy
  - katabolismus: komplexní, 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 l 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 CO<sub>2</sub> / přijatý O<sub>2</sub>
- 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 CO<sub>2</sub>
  - 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 CO<sub>2</sub> / přijatý O<sub>2</sub>
- 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 CO<sub>2</sub>
  - 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 praxi: AEE

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

– Stanovte

–  $v_n$  - odečtená spotřeba O<sub>2</sub> (l/s)

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

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

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:

$BEE < AEE$  klid  $< AEE$  po zátěži

Vysvětlete pozorované rozdíly

Může se stát:

$BEE \geq AEE$  klid

Vysvětlete tuto situaci