

METABOLIZMUS A KALORIMETRIE

= příjem a distribuce živin, H_2O a O_2 , jejich biotransformace a odstranění zplodin a metabolitů látek

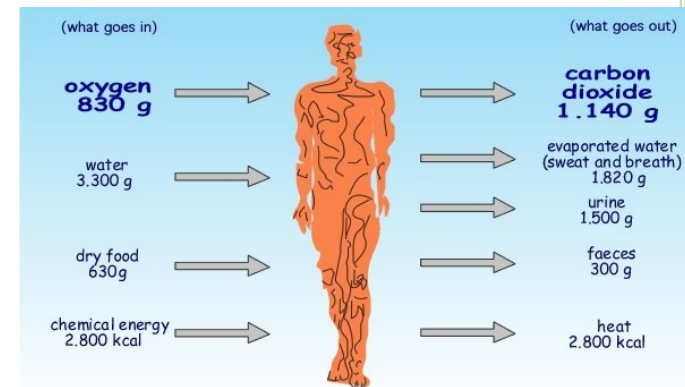
= souhrn všech energetických a látkových přeměn v organismu

○ živočichové - získání E z chemických vazeb živin → oxidace O_2 → E tělu vlastních látek = **ATP** (centrální molekula metabolismu)

○ → mezi spotřebou O_2 a množstvím uvolněné E je přímý vztah

○ **využití E z ATP:**

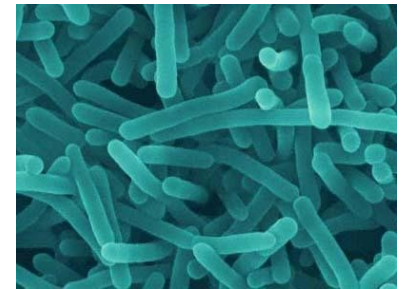
- mechanická práce (pohyb)
- syntéza látek
- tvorba koncentračních gradientů (aktivní membránový transport)
- elektrická a světelná práce (luminiscence)
- udržování tělesné teploty



METABOLIZMUS (LÁTKOVÁ PŘEMĚNA)

Typy metabolismu – rozdělení organizmů:

- podle zdroje C
 - a) autotrofní (litotrofní) – CO_2
 - b) heterotrofní (organotrofní) – organická látka
- podle zdroje E
 - a) fototrofní – sluneční světlo; *fotoautotrofní (fotolitotrofní)* – zdroj C CO_2 ; vytváří většinu organických látek na Zemi (rostliny, bakterie); *fotoheterotrofní (fotoorganotrofní)* – zdroj C organické látky
 - b) chemotrofní – E přeměnou chemických látek, *chemoautotrofní (chemolitotrofní)* – zdroj C CO_2 ; *chemoheterotrofní (chemoorganotrofní)* – zdrojem C i E jsou organické látky (bakterie, houby, živočichové)



Chemoheterotrofní živočichové

- zpracování organických látek:

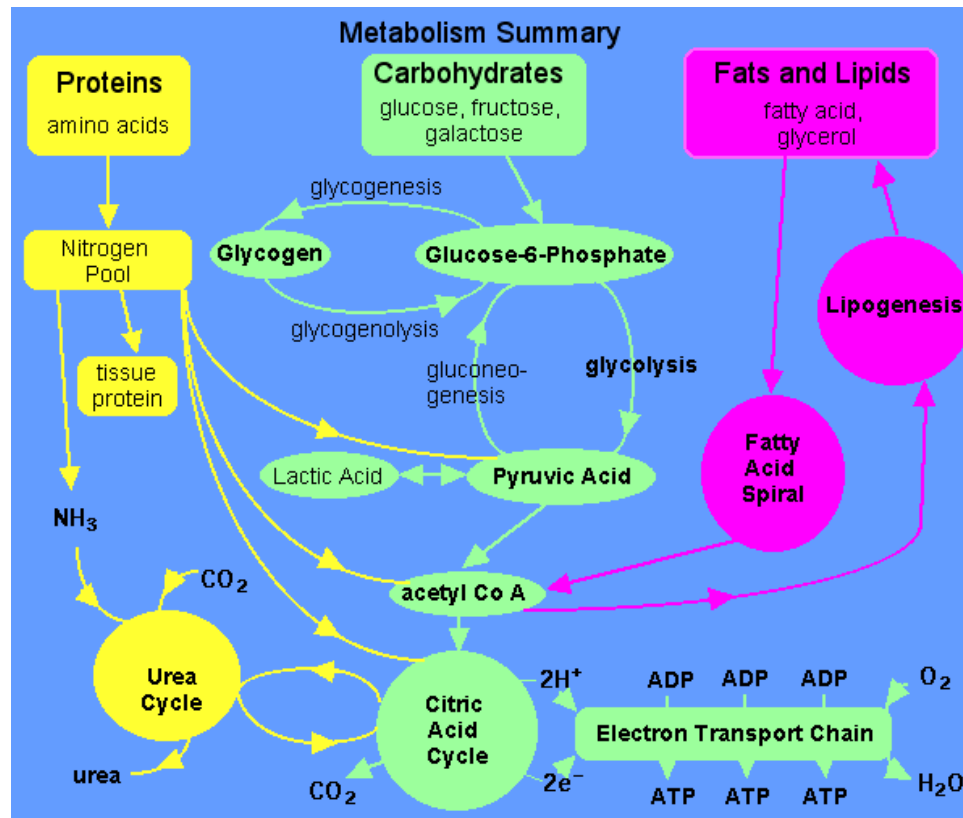
- aerobní metabolismus – oxidace vzdušným O_2 až na CO_2 a vodu (E nejvýhodnější, vyšší organizmy)
- anaerobní metabolismus – kvašení, pak aerobní metabolismus (v prostředí bez O_2 , bakterie, střevní paraziti)



METABOLICKÉ DRÁHY

= sled enzymových reakcí vedoucích od substrátu ke konečnému produktu

- **katabolizmus** – rozklad složitějších látek na jednodušší + zisk E (př.: glykolýza a kvašení, oxidace mastných kyselin, cyklus kys. citronové, oxidativní fosforylace)
- **anabolizmus** – syntéza složitějších látek s využitím E (př.: biosyntéza glyceridů, polysacharidů, fotosyntéza)
- E propojení mezi dráhami = **soustava adenozinfosfátů** – anabolické děje získávají E štěpením ATP na ADP nebo AMP, katabolické děje dodávají energii pro resyntézu ATP



BAZÁLNÍ METABOLIZMUS (BM)

= minimální množství E nutné k udržení základních životních pochodů (udržení stálého iontového složení, resyntéza bílkovin, zpětná resorpce iontů v ledvinách, stahy srdce = srdeční činnost, dýchání, vylučování, přenos látek, udržení teploty těla)



• vyšetření: nalačno, tělesný a duševní klid v leže, termoneutrální teplota (20 C), 3 dny před nejíst bílkoviny

• BM se udává v **kJ**, činí zhruba 7000 kJ/den



Faktory ovlivňující BM

• věk (u žen po 40 se zpomaluje metabolismus)

• pohlaví (u žen je pomalejší)

• hmotnost a povrch těla

• genetické faktory

• teplota okolí (chlad = ↑ metabolismus → tvorba tepla)

• specificko-dynamický účinek potravy (příjem potravy ↑ spotřebu E použitou pro vstřebávání a ukládání živin; bílkoviny zvyšují metabolismus více než např. glukóza)

• fyziologické stavy (těhotenství, laktace = ↑ metabolismus)

• patologické stavy (nemoc, hormonální poruchy; diabetes, rakovina – více E)

• práce (největší aktivátor BM)



Rubnerův povrchový zákon

- hodnota BM vztažená na kg hmotnosti těla se u jednotlivců liší
- → těžší jedinci mají relativně nižší úroveň BM
- vztáhne-li se hodnota BM na povrch těla (na m²), vychází shodná = s relativním zvětšováním povrchu těla homoiotermních živočichů se zvětšuje i jejich metabolismus

(omezení - na výdej tepla do prostředí má vliv i podkožní tuk, prokrvení kůže a pokryv peřím nebo srstí)

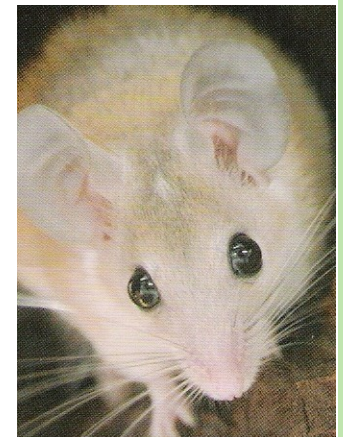


Klidový metabolismus – podmínkou při měření je klid

Celkový metabolismus = bazální metabolismus + E na veškeré další aktivity organismu; závisí na teplotě prostředí a druhu vykonané práce

Řízení metabolismu - endokrinní žlázy hypotalamo-hypofyzárního systému (hormony) = **tyroxin** (štítná žláza), **tyreotropin (TSH)**; adenohypofýza), **tyreotropin stimulující hormon (TRH)**; hypothalamus)

E nejnáročnější orgány: svalovina, srdce, ledviny



VÝŽIVA

- E bohaté substráty + voda = E pro zajištění základních životních potřeb



Bílkoviny (proteiny) = maso, ryby, vejce, mléčné výrobky, luštěniny, obiloviny

- základní stavební složka všech buněk organismu; růst, obnova a správná funkce všech tkání, imunita
- minimální potřeba je **0,5 g/kg hmotnosti/den**



Cukry (sacharidy) = ovoce, zelenina, slazená jídla a nápoje, rýže, brambory

- pohotový zdroj většiny E pro tělo (škroby, cukry)
- nadměrná konzumace - nevyužité sacharidy → tuky - ukládají se v těle → obezita

Tuky (lipidy) = nasycené (máslo, maso, sýr, mléko); nenasycené (zdravější) = rostlinný olej, margarín, ryby, ořechy, semena

- energeticky nejvydatnější
- využití vitamínů A, D, E a K (rozpuštěné v tucích), syntéza hormonů
- nadměrné množství tuku - negativní vliv na zdraví a celkovou kondici

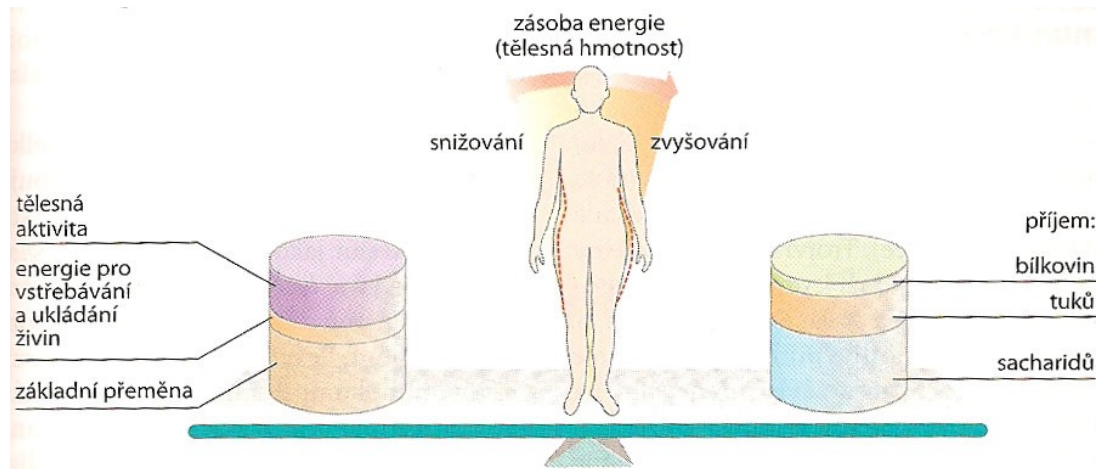


Cukry a tuky se mohou jako zdroj E zastoupit, tuk je postradatelný, ale musí být zajištěn přívod vitamínů rozpustných v tucích a esenciálních mastných kyselin

Vitamíny a minerální látky - nepostradatelné; podporují IS, účastní se metabolismu, napomáhají správné funkci mozku, podporují hormonální vyváženost

Vláknina - napomáhá trávení a dodává pocit nasycenosti, podporuje a urychluje vylučování toxických látek z organismu; patří mezi složené cukry - organismus není schopen ji v tenkém střevě rozložit, vstřebat a využít jako zdroj E; váže na sebe vodu - v trávicím traktu nabobtná a dodá pocit sytosti na delší dobu = cereálie, celozrnné pečivo, zelenina, luštěniny, ovoce

ENERGETICKÁ ROVNOVÁHA



- rovnováha mezi E přijímanou z potravy a jejím výdejem fyzickou aktivitou = zdraví + optimální tělesná hmotnost
- největší zásobárna E v těle = zásoby tuku (regulace tělesné hmotnosti)
- normální, snížená a zvýšená hmotnost se určují pomocí **indexu tělesné hmotnosti (body-mass index, BMI)**

$$BMI = \text{tělesná hmotnost v kg} / (\text{tělesná výška v m})^2$$

- normální tělesná hmotnost: BMI 20-25; BMI < 19 = podváha; BMI > 24 = nadváha, BMI > 30 = obezita – snižují očekávanou délku života (diabetes mellitus 2. typu, vysoký krevní tlak, srdeční choroby)
- **regulační centrum** = hypothalamus – propojení s limbickým systémem, mozkovou kůrou a kmenem

DENNÍ PŘÍJEM ENERGIE

GDA (guideline daily amounts) = doporučená denní dávka živin na potravinářských obalech; hodnoty používané pro dospělého ženu platí pro všechny; využitelná E (množství kalorií), % doporučeného denního příjmu kalorií, složení výrobku, nutriční hodnoty

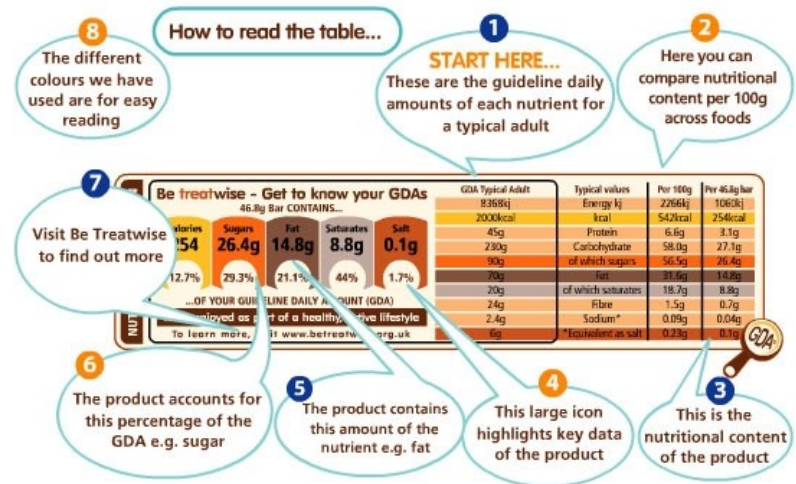
Stanovení denního energetického výdeje

- výdej E se řídí intenzitou a dobou trvání činnosti
- stanovení měřením spotřeby O₂ nebo výpočtem pomocí tabulek
- zjištěný denní energetický výdej je nutno navýšit o 6% = E vynaložená na zpracování potravy (**termodynamický efekt** přijaté potravy)

Denní příjem energie

- dospělý muž: 2200-2400 kcal (9240-11340 kJ)
- dospělá žena: 1800-2200 kcal (7560-9240 kJ)
- dítě: 1500-2000 kcal (6300-8400 kJ)
- energetická hodnota živin:

1g bílkoviny = 4 kcal = 17 kJ
1g sacharidu = 4 kcal = 17 kJ
1g tuku = 9 kcal = 37 kJ



Používané jednotky

- ✓ **Kalorie (cal)** = jednotka energie, používaná dříve (není jednotkou soustavy SI – podobně 1 palec = 2,54 cm); vyjadřování E hodnoty potravin (obvykle se používá její násobek kcal)
- různé definice, nyní platí = množství E, které dokáže zvýšit teplotu 1 gramu vody ze 14,5 °C na 15,5 °C.
- měrná tepelná kapacita vody je asi 4185 J·kg⁻¹·K⁻¹ → 1 cal ≈ 4,185 J
- ✓ **Kilokalorie (kcal)** – jednotka 1000x větší („velká kalorie“) = 4,185 kJ
- ✓ **Joule (J)** = jednotka práce a energie; v soustavě SI patří mezi odvozené jednotky vztahem: J = kg·m²·s⁻² (N.m) = práce, kterou koná síla 1 N působící po dráze 1 m

Přepočty

1 cal ≈ 4,185 J 1 kcal = 1000 cal ≈ 4,185 kJ ≈ 4,2 kJ
1 J ≈ 0,239 cal 1 kJ ≈ 239 cal = 0,239 kcal ≈ 0,24 kcal



ŠTÍTNÁ ŽLÁZA (*GLANDULA THYROIDEA*)

- endokrinní žláza na kraniálním konci průdušnice, někdy zasahuje až na hrtan
- vazivové pouzdro; laloky – lalůčky – uzavřené váčky (folikuly) se sítí kapilár

Folikuly

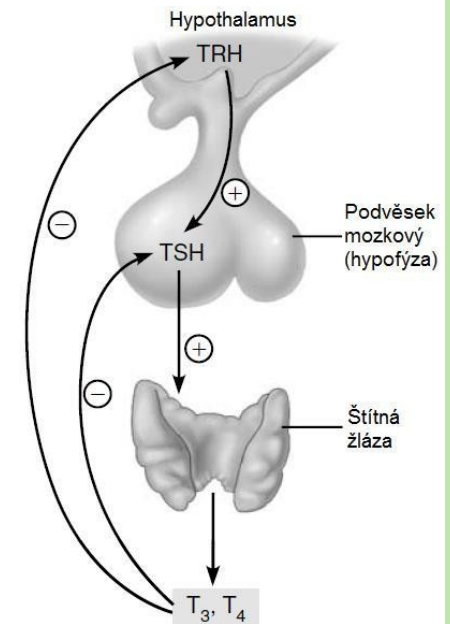
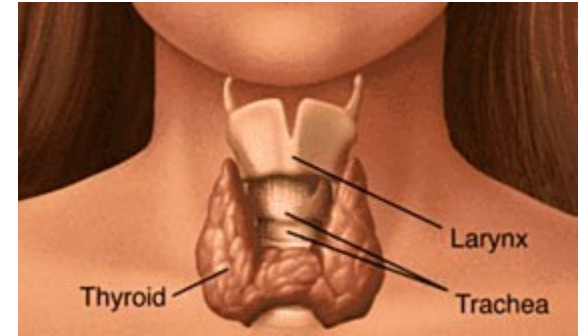
- z krve vychytávají jód ve formě anorganické soli (NaI, NaK) a uskladňují ho
- jód se naváže na tyrosinové zbytky **tyreoglobulinu** pomocí thyroperoxidázy
- jodované tyrosinové zbytky - monojodtyrosin (MIT) nebo diiodtyrosin (DIT) kondenzují v **trijodtyronin** T_3 (MIT+DIT) nebo v **tyroxin** T_4 (DIT+DIT) - neaktivní, navázané na tyreoglobulin
- zásoba neaktivních hormonů se ve folikulech hromadí → koloid
- **tyreotropin** → tyreoglobulin se dostane zpět do folikulárních buněk → odštěpí se proteinová složka → hormony se uvolní do krve
- v krvi převažuje tyroxin → v cílových buňkách je přeměněn na účinnější trijodtyronin

Parafolikulární buňky (C-buňky) - kalcitonin (kalcitropní hormon) - ↓ hladinu Ca v krvi

Funkce hormonů štítné žlázy

- diferenciační faktory během nitroděložního vývoje a krátce po narození
- ↑ úroveň bazálního metabolismu a spotřebu O_2 většiny tkání
- ovlivňují činnost nervstva a pohlavních žláz, zrychlují reflexní odpověď
- ↑ počet receptorů pro katecholaminy v srdečním svalu → ↑ frekvence a síly stahů
- ↓ hladiny cholesterolu v krvi

Hypothalamo-hypofyzární vrátnicový systém - specializované uspořádání krevních cév = vrátnicová žíla spojující 2 kapilární řečiště; transportuje hormony z hypothalamu do hypofýzy



+ stimulace
- inhibice
 T_3 = trijodtyronin
 T_4 = tyroxin
TRH = tyreotropin stimulující hormon
TSH = tyreotropin (thyreu stimulující hormon)

REGULACE A PORUCHY FCE ŠTÍTNÉ ŽLÁZY

Regulace

- **tyreotropin** (adenohypofýza) - stimuluje aktivní transport jódu z krve do folikulárních buněk, jeho zabudování do tyreoglobulinu i vlastní sekreci hormonů
- tvorba tyreotropinu je řízena **tyreotropin stimulujícím hormonem** (TRH) z hypotalamu a jeho sekrece je tlumena vysokými hladinami trijodtyroninu a tyroxinu v krvi
- přebytečný tyroxin se také může metabolizovat na neúčinný reverzní trijodtyronin

Poruchy funkce štítné žlázy

- poměrně časté, většinou celoživotní
- *vliv*: zásobení jodem, genetika, ženské pohlaví, vnější prostředí, věk, hormony a stres

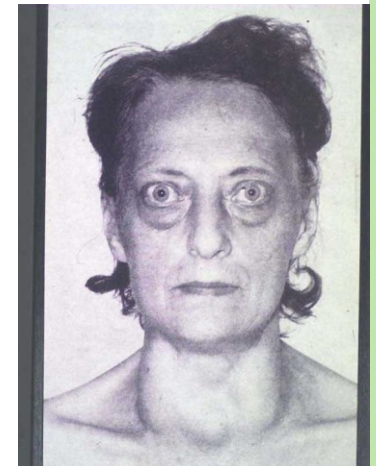
Nedostatek hormonů štítné žlázy (hypofunkce štítné žlázy) = hypotyreóza

- nedostatkem jódu v potravě
- *kompence*: zvětšení folikulů → zvýšení kapacity a schopnosti buněk vycpat jód = zvětšení štítné žlázy (**struma**)
- zpomalení metabolismu, únava, pocit chladu, ↓ výkonnost, poruchy paměti a soustředění, kůže je suchá a šupinatá, vlasy a nehty jsou lámavé a ztrácí lesk, ↑ hladina cholesterolu v krvi (riziko aterosklerózy), zácpa, bolesti svalů, u žen poruchy cyklu a nepravidelná ovulace
- u nenarozených dětí a novorozenců během vývoje mozku = mentální retardace (**kretenismus**)
- *léčba* hormonální substitucí



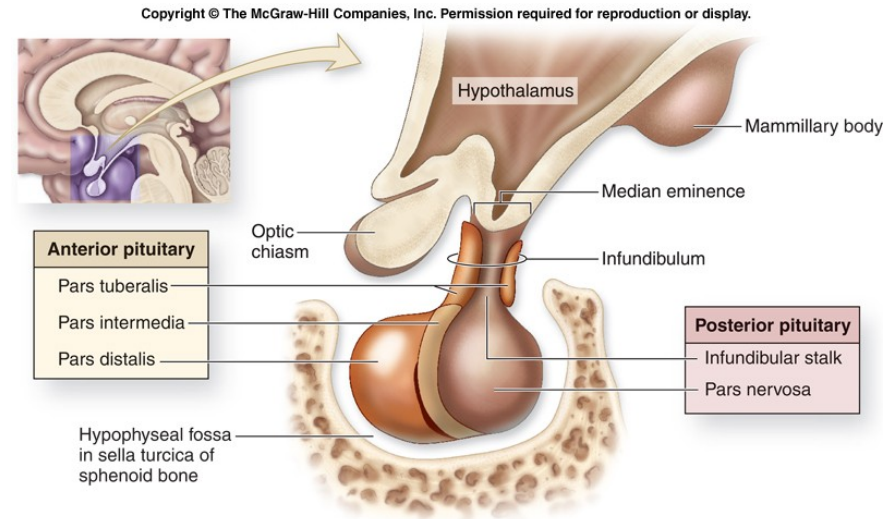
Nadbytek hormonů štítné žlázy (hyperfunkce štítné žlázy)

- nadbytek tyroxinu - **Graves-Basedowova choroba**
- hubnutí, nadměrný příjem potravy, zvýšená dráždivost, vypoulení očí, zvětšení štítné žlázy
- častěji u žen mezi 30. – 50. rokem, i u dospívajících
- *léčba* = **tyreostatika** - interferují s produkcí a uvolňováním hormonů ve štítné žláze, ovlivňují konverzi tyroxinu na trijodtyronin = karbimazol, thiamazol (methimazol) a **propylthiouracil**



HYPOFÝZA (PODVĚSEK MOZKOVÝ, *GLANDULA PITUITARIA*)

- centrální endokrinní žláza, nadřazená všem ostatním žlázám s vnitřní sekrecí v těle
- uložena na bázi lebky v podvěškové jámě klínové kosti v tureckém sedle
- spojena nálevkou s hypothalamem – ovládá její činnost



Adenohypofýza (přední lalok hypofýzy)

- *regulace*: hypofýzotropní hormony (hypothalamus)
- růstový hormon (somatotropní hormon, STH), luteotropní hormon (prolaktin, LTH), folikuly stimulující hormon (FSH), luteinizační hormon (LH), adrenokortikotropní hormon (ACTH), endorfiny
- **tyreotropní hormon** (TSH, tyreotropin) - stimuluje syntézu a uvolňování hormonů štítné žlázy, ↑ prokrvení a látkovou výměnu štítné žlázy

Neurohypofýza (zadní lalok hypofýzy)

- produkce hormonů v hypothalamu → axonální transport do neurohypofýzy (jen skladování)
- antidiuretický hormon (vasopresin, ADH) – podporuje retenci vody, vazokonstrikční účinky, reguluje sekreci ACTH
- oxytocin - vyvolává porodní kontrakce děložní svaloviny a stimuluje ejekci mléka



METODY MĚŘENÍ

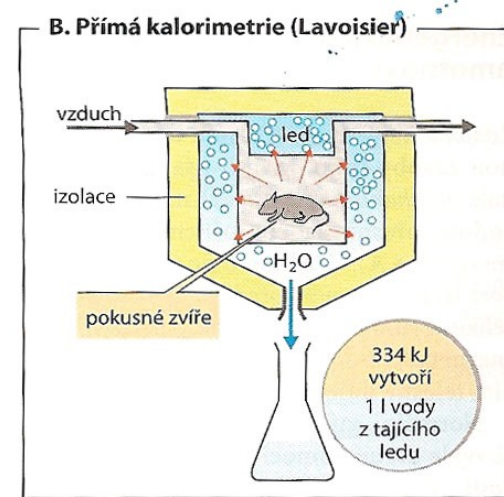
Kalorimetrie = měření množství E uvolněné pro životní potřeby

Přímá kalorimetrie (přesné, ale technicky náročné)

- měření celkové produkce tepla organismem v uzavřených komorách
- vodní nebo ledový plášť nádržky přijímá měřené teplo - množství lze vypočítat ze vzestupu teploty tekutiny nebo podle množství tající vody → čím více tepla organismus vydává, tím vyšší je metabolismus
- Lavoiserův kalorimetr : nádoba s ledem, uvolněné teplo rozpouští led; 1l H₂O ≈ 333 kJ
- Atwaterův kalorimetr: větší organismy, uvolněné teplo ohřívá vodu v okolních trubkách; 1l H₂O ohřeje vodu o 1°C při spálení 4,2 kJ

Nepřímá kalorimetrie

- měření spotřebovaného O₂ (spotřeba O₂ se zvyšuje s intenzitou metabolismu)
- E je ze substrátu uvolněna oxidativní fosforylací
- známe-li množství E, která se při odbourávání určité živiny uvolní na 1l prodýchaného kyslíku (**respirační koeficient**), můžeme z jeho spotřeby vypočítat, kolik E substrát oxidací poskytne (EE) a zjistit množství uvolněné E v kJ
- měříme tedy spotřebu O₂ a produkci CO₂ pomocí respirometru s uzavřeným okruhem (sledujeme úbytek O₂) nebo s otevřeným okruhem (analyzujeme vdechovaný a vydechovaný vzduch)



VÝPOČET ENERGETICKÉ PŘEMĚNY

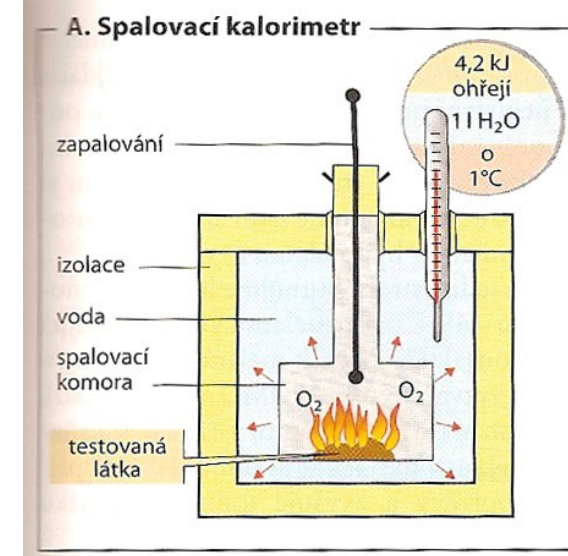
- 1) **Stanovení fyzikálního spalného tepla (ST_{fy})** - spalovací kalorimetr
 - tepelně izolovaná vodní nádržka - spalovací komora → určité množství živiny se s O_2 spálí
 - vznikající teplo je předáváno okolní vodě a její ohřátí je mírou hledaného St_{fy}

- 2) **Stanovení fyziologického spalného tepla (ST_{fl})**

- tuky a sacharidy jsou zcela oxidovány (spáleny) = odbourány za přítomnosti O_2 na CO_2 a H_2O → jejich biologicky využitelný E obsah odpovídá jejich spalnému teplu $ST_{fl} = ST_{fy}$
- bílkoviny nejsou plně odbourány → $ST_{fy} > ST_{fl}$

- 3) **Výpočet energetického (kalorického) ekvivalentu (EE, EQ, Q, KE)**

- spočítá se z ST_{fl} a množství O_2 potřebného k oxidaci
- 1l O_2 spotřebovaný spalováním živin vede k uvolnění 20,2 kJ = E získaná organismem při spotřebování 1 litru O_2
- je nutné vědět, která živina je právě spalována (respirační kvocient)



4) **Zjištění respiračního koeficientu (kvocientu)** $RQ = V_{CO_2} \text{ vydýchaného} / V_{O_2 \text{ spotřebovaného}}$; $RQ = 0,85$ (smíšená potrava)

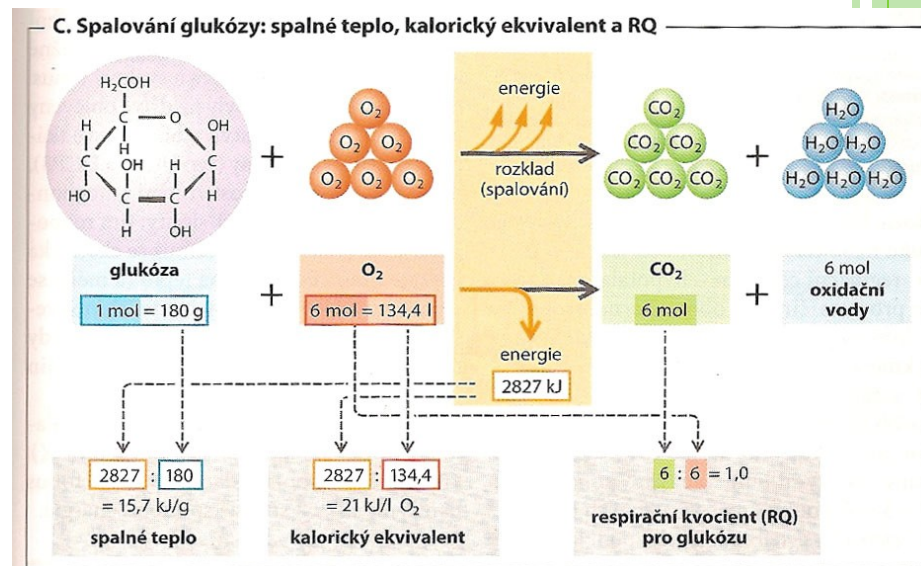
= kolik molekul O_2 je třeba na spálení určité látky (výživa pouze sacharidy ...)

- o cukry (glukóza) $RQ = 6/6 = 1$ $C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \rightarrow 6CO_2 + 6H_2O$
- o proteiny (podíl ve výživě je konstantní) $RQ = 0,8$
- o lipidy (tripalmitin) $RQ = 102/147 = 0,7$ $2C_{51}H_{98}O_6 + 145O_2 \rightarrow 102CO_2 + 98H_2O$

- o nadbytek cukrů → ukládání ve formě tuků (lipogeneze): sacharidy → lipidy ($RQ > 1$)
- o krize, hladovění, diabetes - málo cukrů, proteiny + lipidy → sacharidy ($RQ < 1$)

| | Fyzikální spalné teplo (ST_{fV}) | Fyziologické spalné teplo (ST_{fI}) | Energetický ekvivalent (EE) | Respirační kvocient (RQ) |
|-----------|---|--|-----------------------------------|-----------------------------|
| Sacharidy | 17,2 kJ/g | 17,2 kJ/g | 21,14 kJ/l O_2 | 1 |
| Proteiny | 23,0 kJ/g | 17,2 kJ/g | 18,67 kJ/l O_2 | 0,8 |
| Lipidy | 38,9 kJ/g | 38,9 kJ/g | 19,85 kJ/l O_2 | 0,7 |
| Průměr | | | 20,2 kJ/l O_2 | 0,85 |

- ke spálení 1 mol glukózy je třeba 6 mol O_2 ($6 \cdot 22,4 \text{ l} = 134,4$)
- ST_{fI} glukózy je 15,7 kJ/g
- 180 g glukózy vydá množství tepla odpovídající 2827 kJ při spotřebě 134,4 l $O_2 \rightarrow EE 21 \text{ kJ/l } O_2$



KALORIMETRICKÉ STANOVENÍ KLIDOVÉHO METABOLIZMU HMYZU

Barcroftův respirometr

- 2 komory spojené trubičkou s tekutinou nepropouštějící plyny
- na komory jsou napojeny injekční stříkačky
- v obou komorách je natronové vápno (nebo KOH)
- do jedné z komor se umístí zvážený živočich
- v komoře s živočichem bude díky spotřebě O_2 vznikat podtlak → přitahuje tekutinu
- pomocí stříkačky se bude vracet spotřebovaný objem plynu do komory s živočichem
- stříkačka je kalibrovaná → zjištění objemu O_2 spotřebovaného v průběhu pokusu

Výpočet

$$M = V \cdot EE \cdot (60 \cdot 24/m)$$

$$[\text{kJ}/24\text{h}/\text{g}]$$

(objem v l, hmotnost v g)



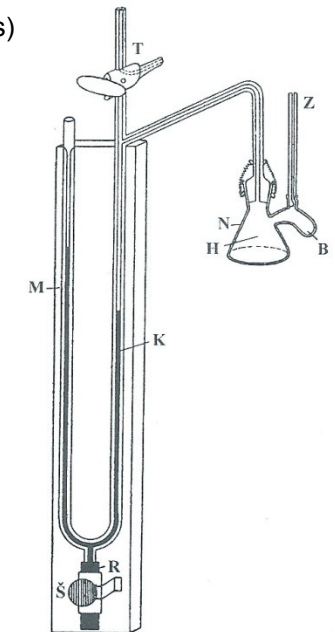
Bombyx mori (bourec morušový) - 3ks



Galleria mellonella (zavíječ voskový) – 3ks



Tenebrio molitor (6-8ks)



Warburgův respirometr

VÝPOČET KLIDOVÉHO METABOLIZMU - HMYZ

- 1) zvážit modelové organizmy... x (g)
- 2) sestrojít komůrku
- 3) spotřebu O_2 (ml) měřit 4x3(5) minut/y
- 4) spočítat průměr ml O_2 za 3 min/x g
- 5) přepočítat na ml/1 min/1 g
- 6) vynásobit 60 → **M = ml/1 h/1 g**
- 7) pro srovnání převést ml na l

| čas (min) | ΔO_2 (ml) |
|-----------|-------------------|
| 3 (5) | |
| 6 (10) | |
| 9 (15) | |
| 12 (20) | |

Pozn.: 1 dílek stříkačky odpovídá 0,1 ml O_2



KALORIMETRICKÉ STANOVENÍ KLIDOVÉHO METABOLIZMU ČLOVĚKA



Kroghův respirometr

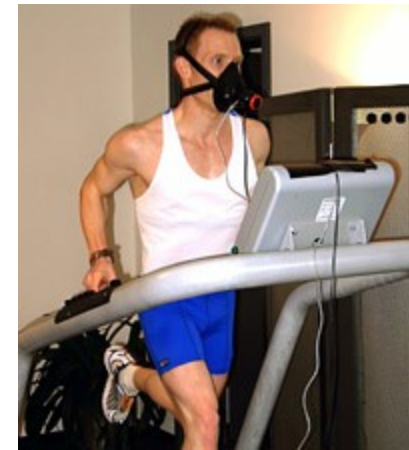
- vyšetřovaná osoba bude dýchat vzduch z uzavřeného prostoru s natronovým vápnem
 - pohyb zvonu = průběh změn objemu uzavřeného prostoru v čase (výdech – zvětšení objemu, nádech naopak), v průběhu měření se bude objem uzavřeného prostoru neustále zmenšovat v důsledku spotřeby O_2
 - záznamem se proloží přímka a odečte se objem O_2 spotřebovaného v průběhu pokusu
 - natrokalcid (natronové vápno)** – váže vydechaný CO_2 ; **NaOH** – absorbuje CO_2 ; **CaCl₂** – absorbuje vodní páry
 - normogram** → povrch těla = S [m²]
-
- BM (kJ/24h) pro muže = $4,1868 \cdot (66,5 + 13,8 \cdot \text{hmotnost v kg} + 5 \cdot \text{výška v cm} - 6,75 \cdot \text{věk})$
 - BM (kJ/24h) pro ženy = $4,1868 \cdot (65,5 + 9,6 \cdot \text{hmotnost v kg} + 1,85 \cdot \text{výška v cm} - 4,68 \cdot \text{věk})$

Norma (20 let) – muži 171 kJ/m²/h; ženy 151 kJ/m²/h

$$BM_{\text{klid}} = V \cdot EE \cdot (60 \cdot 24/S)$$

$$[\text{kJ/m}^2/\text{h}] \text{ nebo } [\text{kJ/m}^2/24\text{h}]$$

(objem v l, povrch těla v m²)



VLIV HORMONŮ NA METABOLISMUS LABORATORNÍHO POTKANA

- intenzita energetické přeměny je pod vlivem vegetativního řízení, zejména hormonálních signálů
- dlouhodobé řízení hladiny metabolismu - **tyroxin** (štitná žláza) – ↑ metabolismu
- **tyreotropin, TSH** (adenohypofýza) - ↑ sekreci tyroxinu = ↑ metabolismus
- **propylthiouracil, PTU** – ↓ sekreci tyroxinu = ↓ metabolismus



HORMONÁLNÍ SUBSTITUČNÍ TERAPIE

- adenohipofýza - **folitropin (FSH; hormon stimuluje folikuly)** - u žen podporuje růst folikulů ve vaječnicích a tvorbu estrogenu, u mužů vyvolává rozmnožování pohlavních buněk (spermatogenezi)
- folikuly – **estrogen** - indukuje vývoj ženských sekundárních pohlavních znaků; zrychluje růst (výšku); urychluje metabolismus (spalování tuků); ↓ množství svalové hmoty; stimuluje růst děložní sliznice a dělohy; udržuje stav cév a kůže; ↓ řídnutí kostí, ↑ obnovu kostí; ↓ motilitu střev
- štítná žláza - **kalcitonin** - působí proti osteoporóze; inhibuje osteoklastickou aktivitu a ↓ koncentraci vápníku v krvi a přesouvá ho do kostí
- po menopauze vaječníky zastaví produkci estrogenu → ztráta hustoty kostí → osteoporóza, zlomeniny kostí
- **hormonální substituční terapie** = *estrogen* nebo *kalcitonin*

Denzitometrie

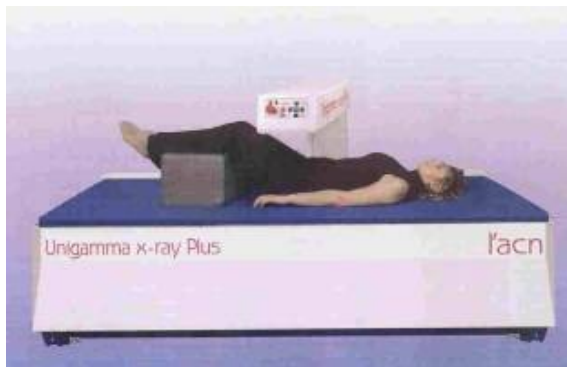
- metoda **rentgenové absorpční fotometrie využívající energie dvou paprsků (DXA)**
- stanovení hustoty kostní tkáně a určení množství minerálů v kostech
- sledování účinnosti léčby osteoporózy a monitorování stavu kostí nemocného
- dolní oblast páteře, kyčle, kosti zápěstí, prstů a paty
- o hustotě kostí vypovídají dva údaje:
 - **T skóre** = odchylka výsledku vyšetření od tabulkové hodnoty kostní minerální denzity mladých zdravých jedinců stejného pohlaví → vyjádření rizika zlomeniny
 - > -1 normální
 - 1 až -2,5 osteopenie (1. stadium řídnutí kostí)
 - < -2,5 osteoporóza
 - **Z-skóre** - porovnává výsledek vyšetření s průměrnými hodnotami u osob stejného pohlaví i věku



Osteocentrum



Centrální (celotělový) denzitometr - velká plochá deska, nad ní zavěšené pohyblivé rameno; sledování hustoty kostí páteře a pletence pánevního (páteř 3min, předloktí 2min, celé tělo >8min)



Periferní denzitometr - mnohem menší, malá krabice s otvorem, do kterého pacient vloží ruku nebo nohu; měření hustoty kostí zápěstí, paty nebo prstů

VÝPOČET KLIDOVÉHO METABOLIZMU - POTKAN

$$V = 0,006 \text{ l (za 1 minutu)}$$

$$E = 20 \text{ kJ/l}$$

$$m = 250 \text{ g}$$

$$M = V \cdot E \cdot (60 \cdot 24/m) \quad [\text{kJ}/24\text{h}/\text{g}]$$

- spotřeba O_2 za 1min: 0,006 l
 za 1h: $0,006 \cdot 60 = 0,36 \text{ l}$
 za 24h: $0,36 \cdot 24 = 8,64 \text{ l}$
- přepoččet hmotnosti na 1g: $8,64/250 = 0,03456 \text{ l}/24\text{h}/1\text{g}$

$$M = 0,03456 \cdot 20 = \underline{\underline{0,6912 \text{ kJ}/24\text{h}/\text{g}}}$$

nebo

$$M = 0,006 \cdot 20 = 0,12 \text{ kJ za 1min}$$

$$M_{24} \text{ (hodnota } M \text{ za 24h)} = 0,12 \cdot 60 = 7,2 \text{ kJ za 1h} = 7,2 \cdot 24 = 172,8 \text{ kJ za 24h}$$

$$M_{24} \text{ vztažená na 1g} = 172,8/250 = \underline{\underline{0,6912 \text{ kJ}/24\text{h}/\text{g}}}$$



VÝPOČET KLIDOVÉHO METABOLIZMU - ČLOVĚK

$V = 0,68 \text{ l}$ (za 5 minut)

$M = 70 \text{ kg}$

$EE = 20 \text{ kJ/l}$

$$M = V \cdot EE \cdot (60 \cdot 24/S)$$

[kJ/m²/h] nebo [kJ/m²/24h]

$M = 0,68 \cdot 20 = 13,6 \text{ kJ}$ za 5 min

$M = 13,6/5 = 2,72 \text{ kJ}$ za 1min

M_{24} (hodnota M za 24h) = $2,72 \cdot 60 = 163,2 \text{ kJ}$ za 1h = $163,2 \cdot 24 = 3916,8 \text{ kJ}$ za 24h

M_{24} vztažená na 1g = $3916,8/70000 = \underline{\underline{0,056 \text{ kJ/24h/g}}}$



VÝSLEDKY - VLIV HORMONŮ NA METABOLIZMUS

- 1) normální zvíře
- 2) potkan bez štítné žlázy (neprodukuje thyroxin; tyreotropin ani propylthiouracil proto nemají vliv na hladinu bazálního metabolismu)
- 3) potkan bez hypofýzy (neprodukuje tyreotropin)

| Množství spotřebovaného kyslíku (ml) po aplikaci | Normální potkan (m = 250 g) | Tyreoidektomický potkan (m = 245 g) | Hypofyzektomický potkan (m = 245 g) |
|--|--------------------------------|--|--|
| - | 6 | 5,6 | 5,5 |
| Tyroxin | 6,8 | 6,05 | 6,05 |
| TSH | 6,8 | 5,45 | 5,95 |
| PTU | 5,4 | 5,5 | 5,5 |

