

ENERGETICKÝ METABOLISMUS

= souhrn všech chemických (a fyzikálních) procesů zahrnutých v:

1. **produkci energie z vnitřních i vnějších zdrojů**
2. **syntéze a degradaci strukturálních a funkčních prvků tkání**
3. **vyučování odpadních látek a toxinů z těla**

Rychlost metabolismu: množství energie uvolněné za jednotku času

Kalorie (cal) = množství tepelné energie, potřebné ke zvýšení teploty 1g vody o 1°C, z 15°C na 16°C.

METABOLISMUS

- ▶ Komplexní, pomalý pochod = **KATABOLISMUS** = uvolňování energie v malých použitelných množstvích
- ▶ Energie uskladněná v energeticky bohatých fosfátových sloučeninách a ve formě proteinů, tuků a složitých sacharidů (syntetizovány ze jednodušších molekul).
- ▶ Tvorba těchto sloučenin = **ANABOLISMUS** (energie se spotřebovává).

- ▶ KALORIE (cal, malá kalorie, gram kalorie)
- ▶ Kilokalorie = kcal (velká kalorie) = 1000 cal = 4,18 kJ
- ▶ Joul = J = 0,239 cal
- ▶ Kilojoul = kJ = 1000 J

CUKRY

TUKY

PROTEINY

VSTUP
ENERGIE = SPOTŘEBA
ENERGIE

**MECHANICKÁ
PRÁCE**

Svalová kontrakce
Pohyb buněk, organel,
bičků

SYNTÉZA

Tvorba energetických
zásob
Růst tkání
Tvorba esenciálních
molekul

**MEMBRÁNOVÝ
TRANSPORT**

Minerály
Organické ionty
AMK

**TVORBA A PŘENOS
SIGNÁLŮ**

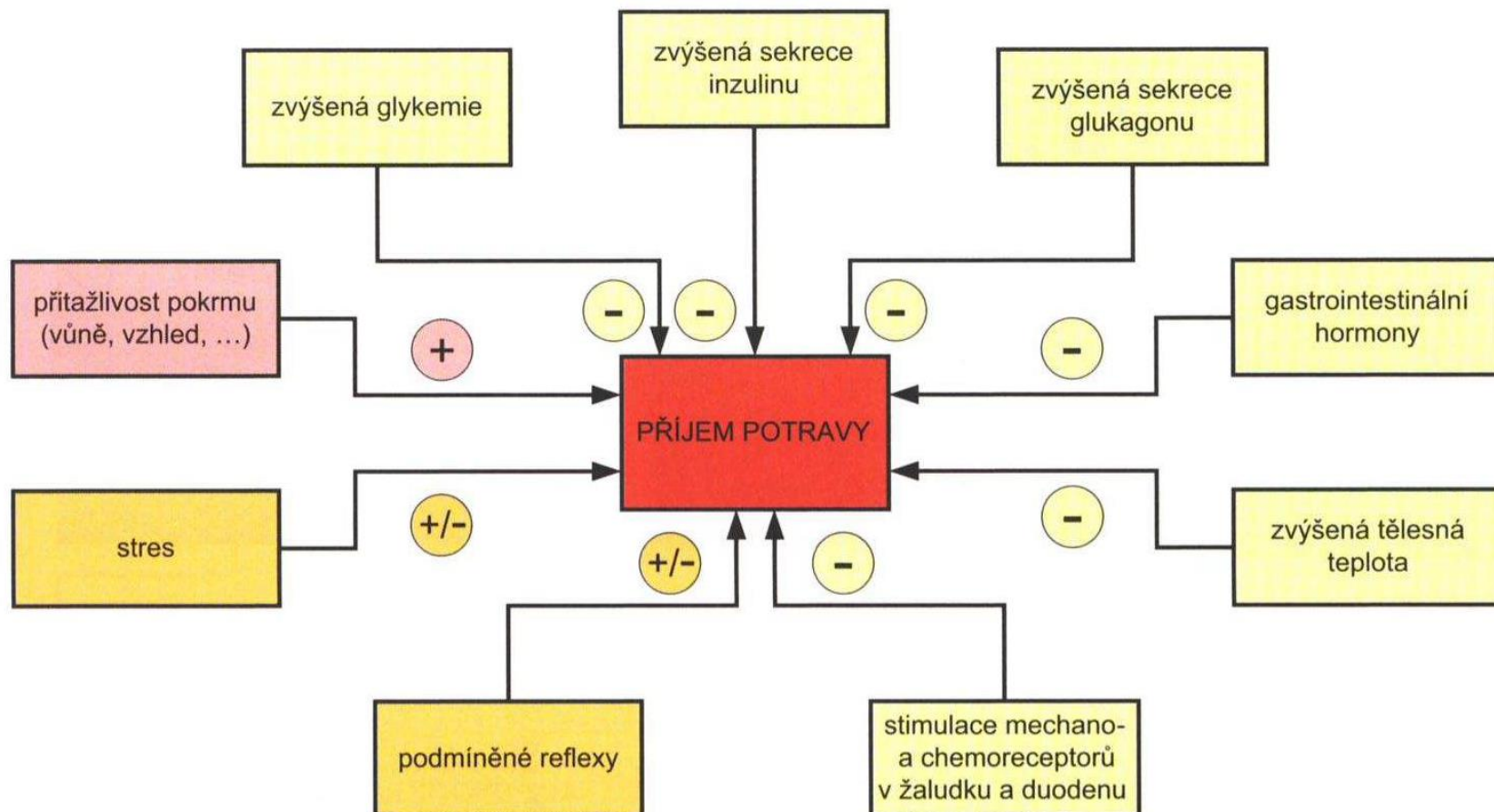
Elektrické
Chemické
Mechanické

**PRODUKCE
TEPLA**

Řízení tělesné teploty
Neúčinné chemické
reakce

**DETOXIKACE
DEGRADACE**

Tvorba moči
Konjugace
Oxidace
Redukce



1. zákon termodynamiky:

Za ustáleného stavu musí vstup (příjem) energií odpovídat výstupu (výdej)

Vstup \longleftrightarrow zásoby

Výdej energie = vnější práce + zásoby energie + teplo

Mezistupně: různé chemické, mechanické a termické reakce

PŘÍJEM ENERGIE

Cukry, tuky, bílkoviny $\xrightarrow{\quad}$! Kalorická hodnota!

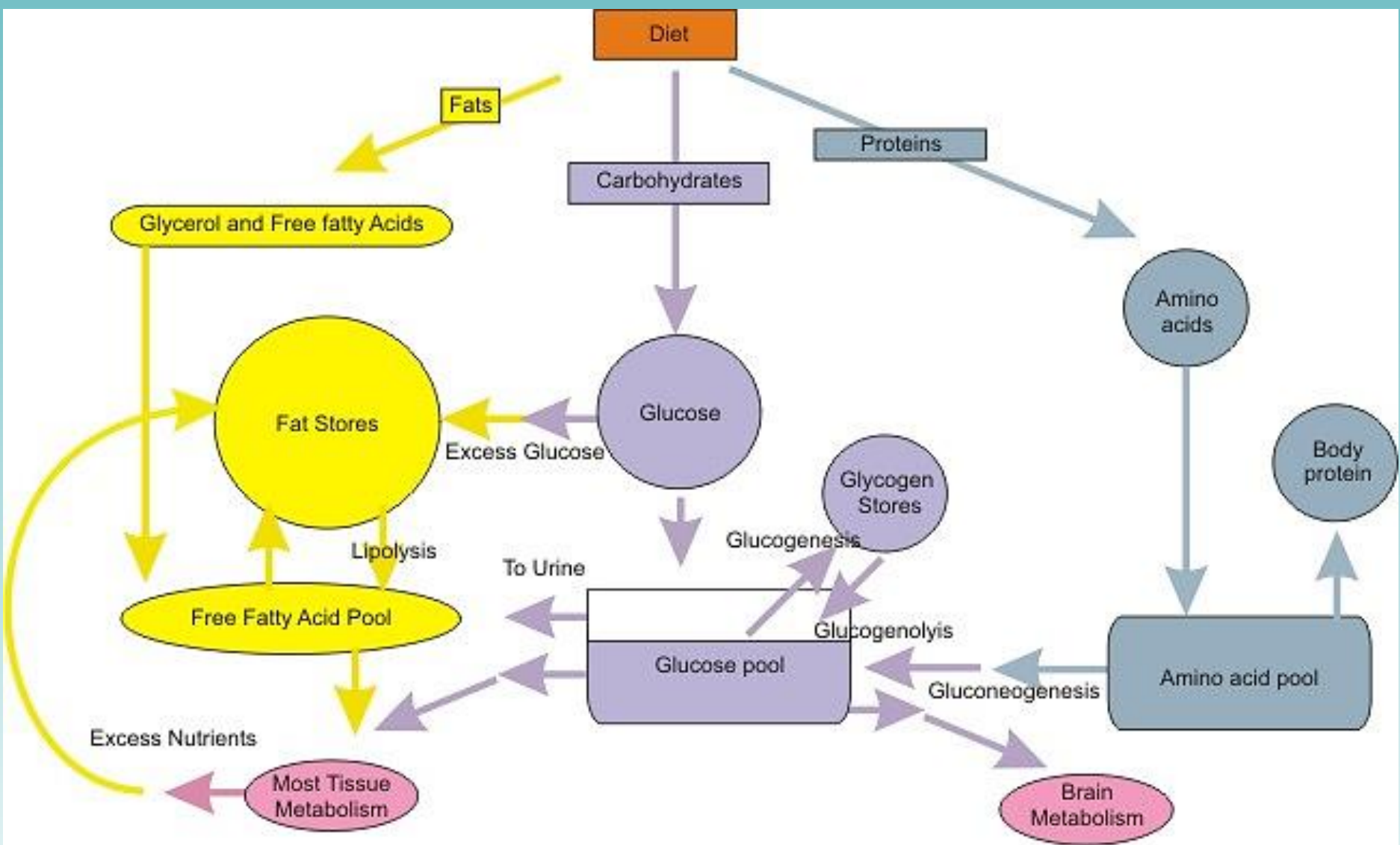
Spalováním vzniká: 4.1kcal/g, 9.3kcal/g, 5.3kcal/g (4.1 v těle)

1kcal=4184J

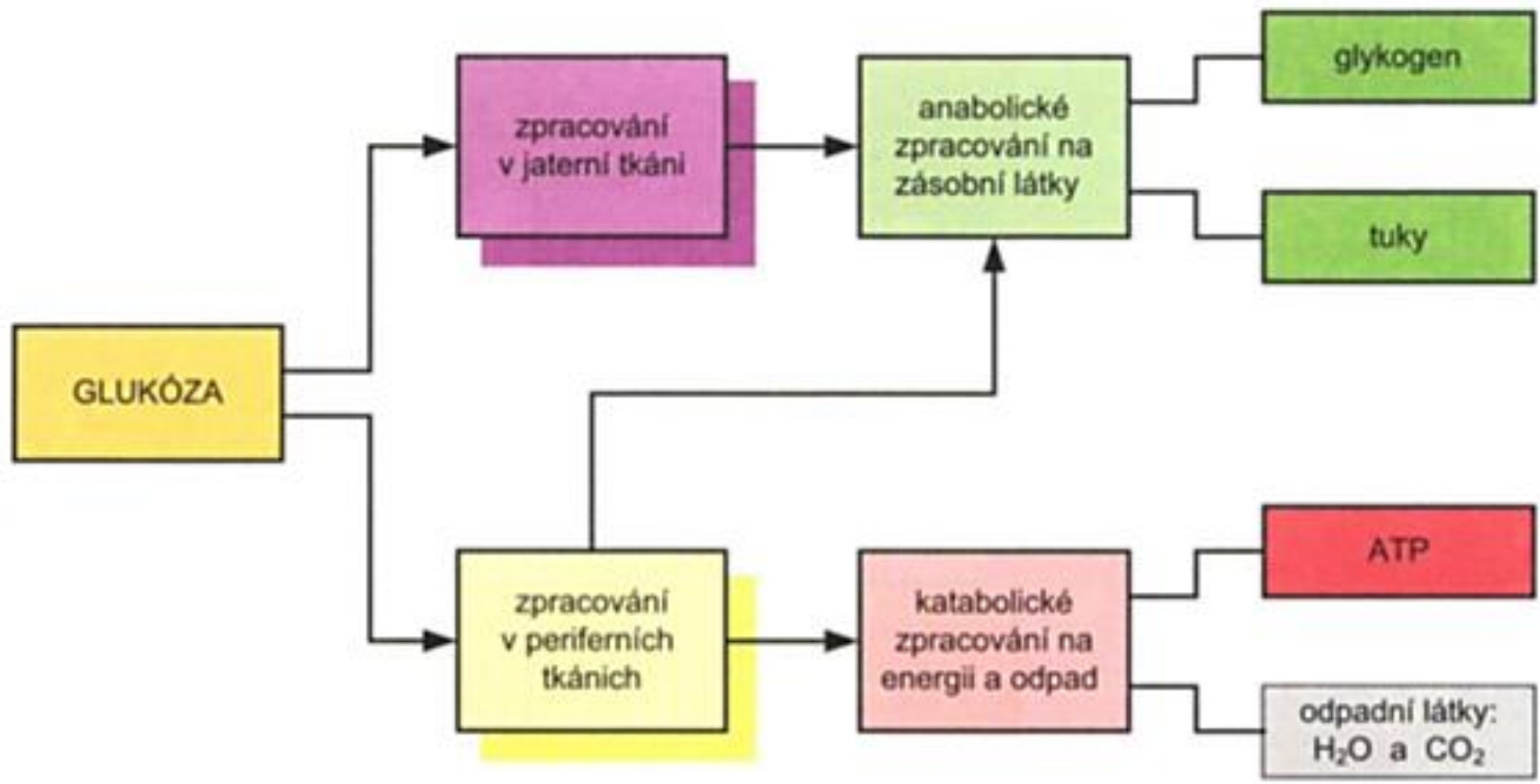
Přeměna proteinů a cukrů na tuky – účinné uložení energie

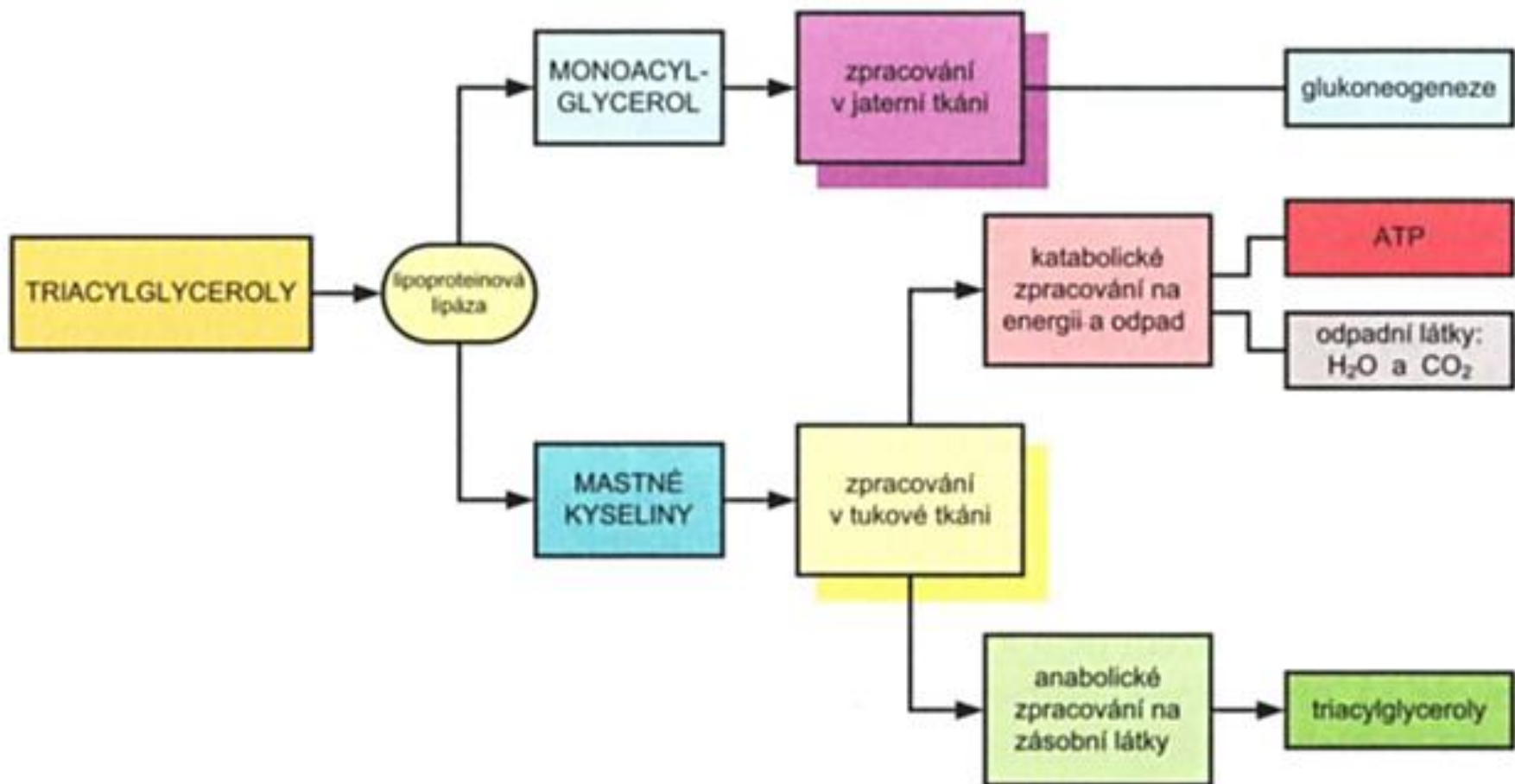
Přeměna proteinů na cukry – potřeba rychlé energie

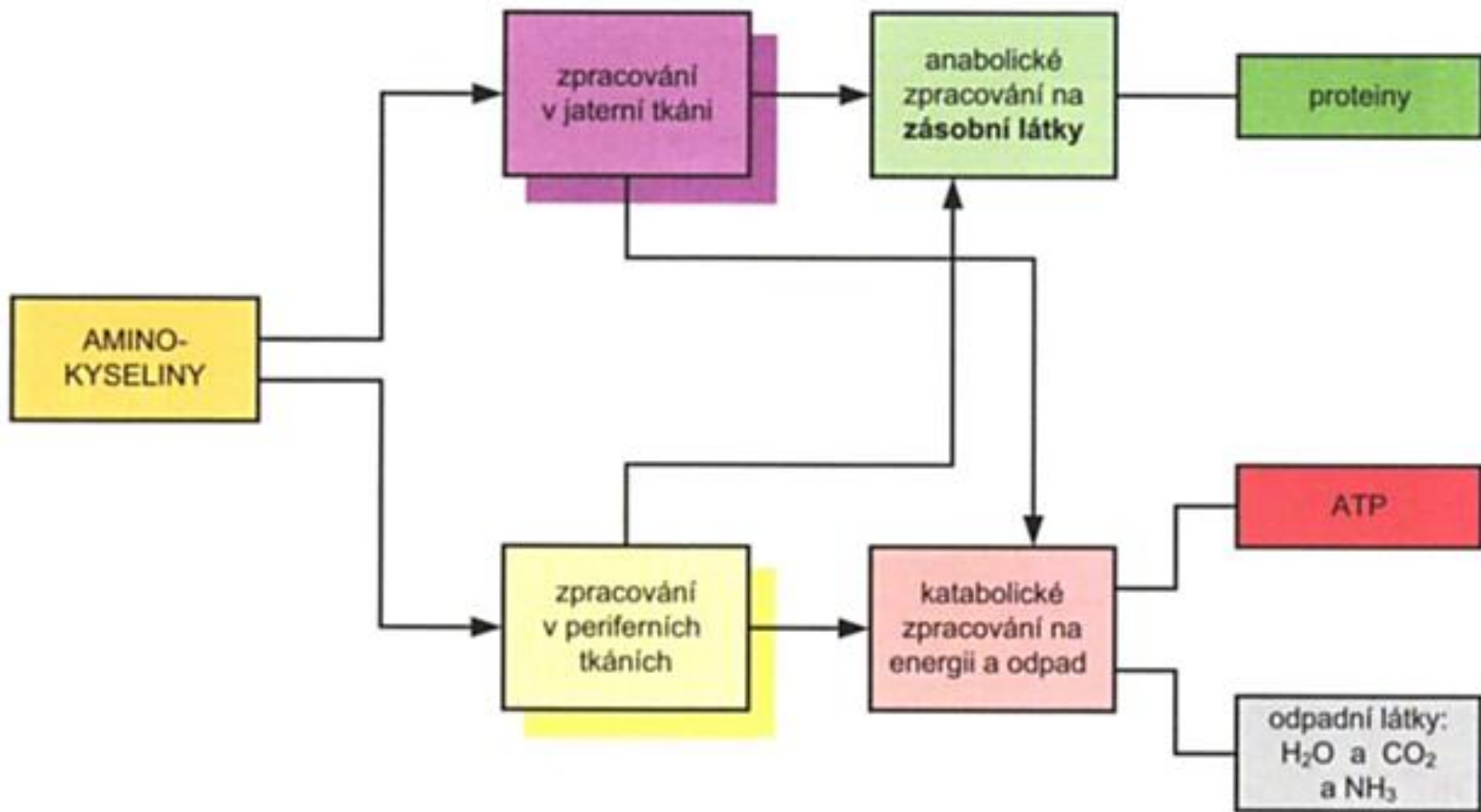
ALE: neexistuje signifikantní přeměna tuků na cukry



Metabolism Summary



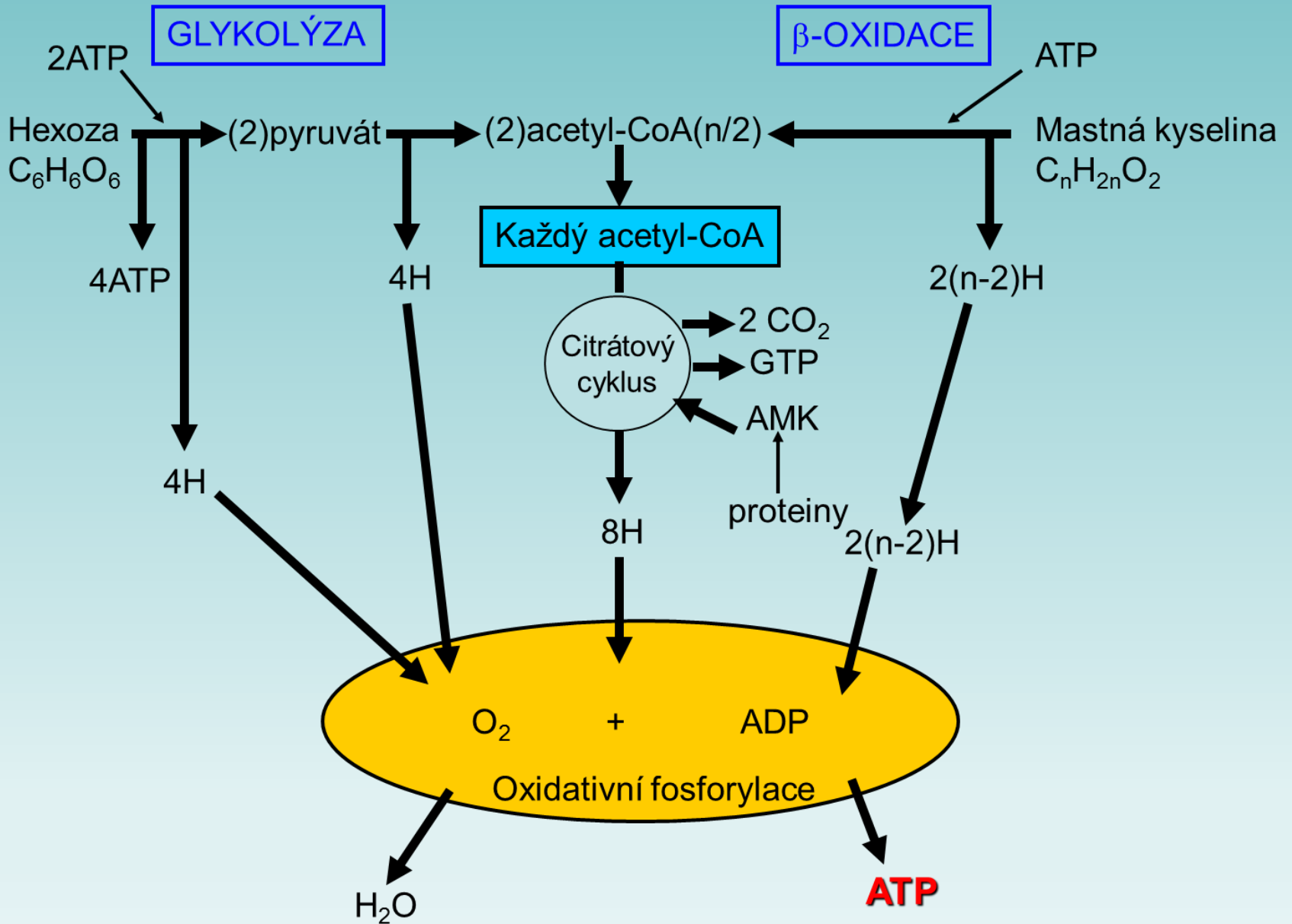




VÝDEJ ENERGIE

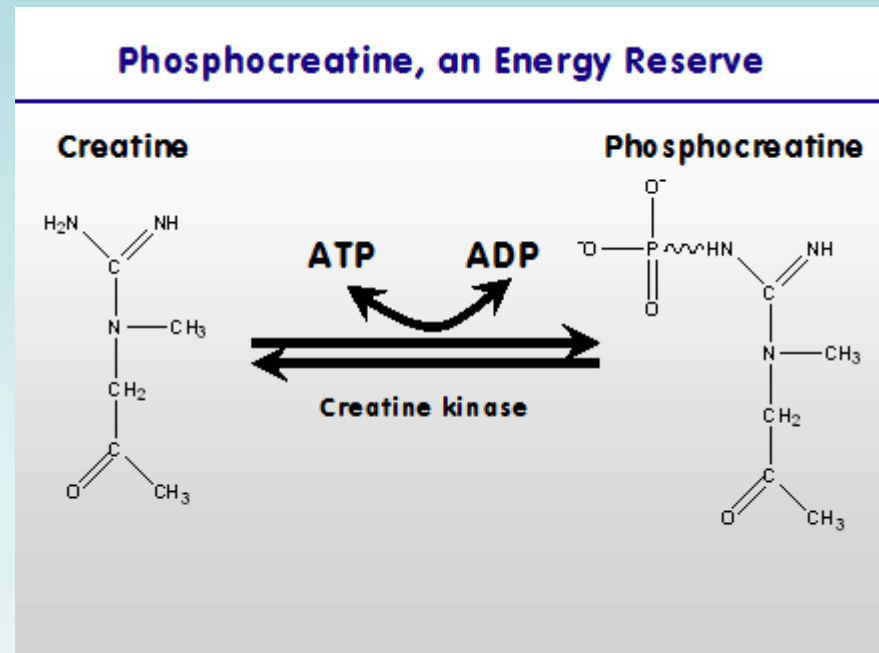
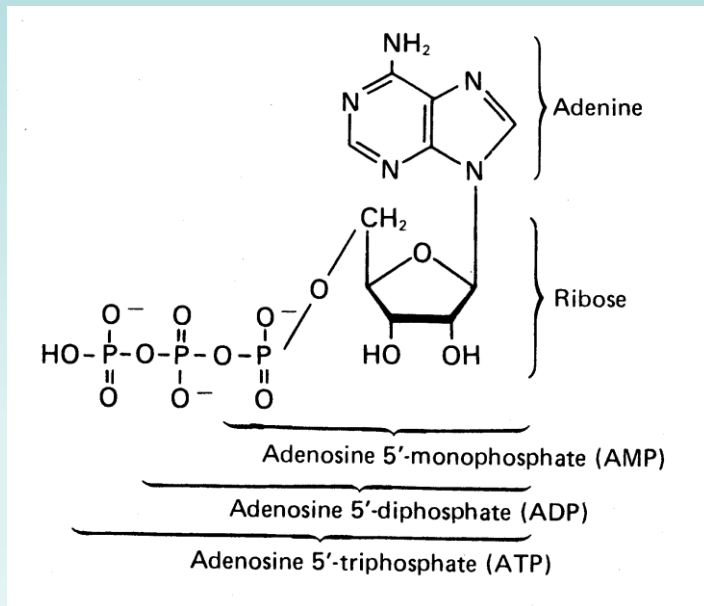
- 1. V klidu:** bazální metabolismus; 8 000 kJ / den; 200-250 ml O₂/min; přímo závislý na hmotnosti a **povrchu těla**; klesá s **věkem**; stoupá s okolní **teplotou**;
ve spánku klesá o 10-15%; geneticky determinován **75%BM**
- 2. Po najezení:** malé zvýšení energetického výdeje – **specifický dynamický efekt** (SDA) – např. na tvorbu glykogenu **7%BM**
- 3. Fakultativní termogeneza:** netřesová
- 4. U sedících lidí:** spontánní fyzická aktivita **18%BM**
- 5. Při tělesné aktivitě:** největší část energetických nároků organismu;
individuální; mění se podle ročního období

TVORBA ENERGIE



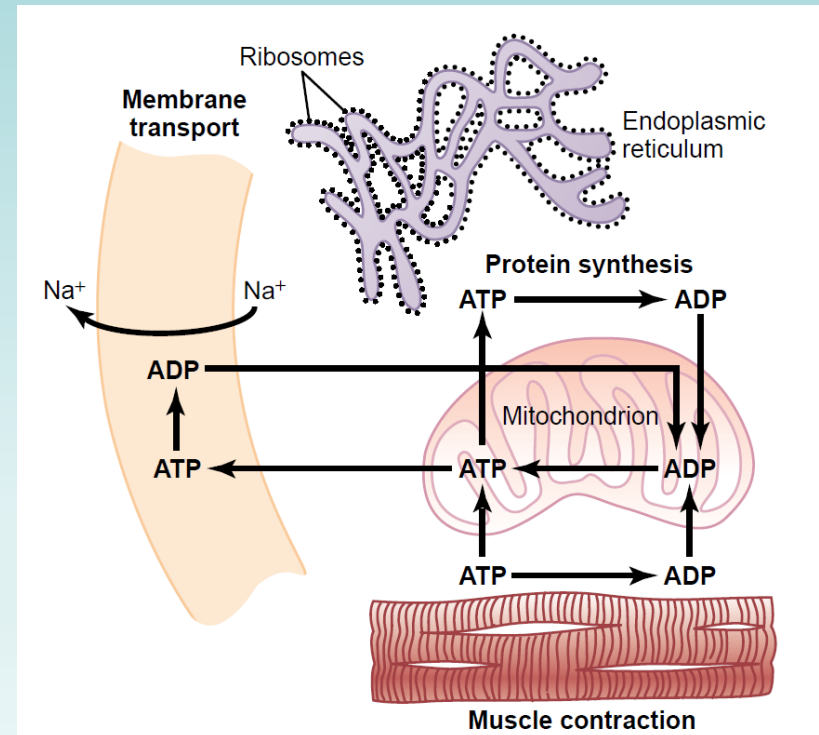
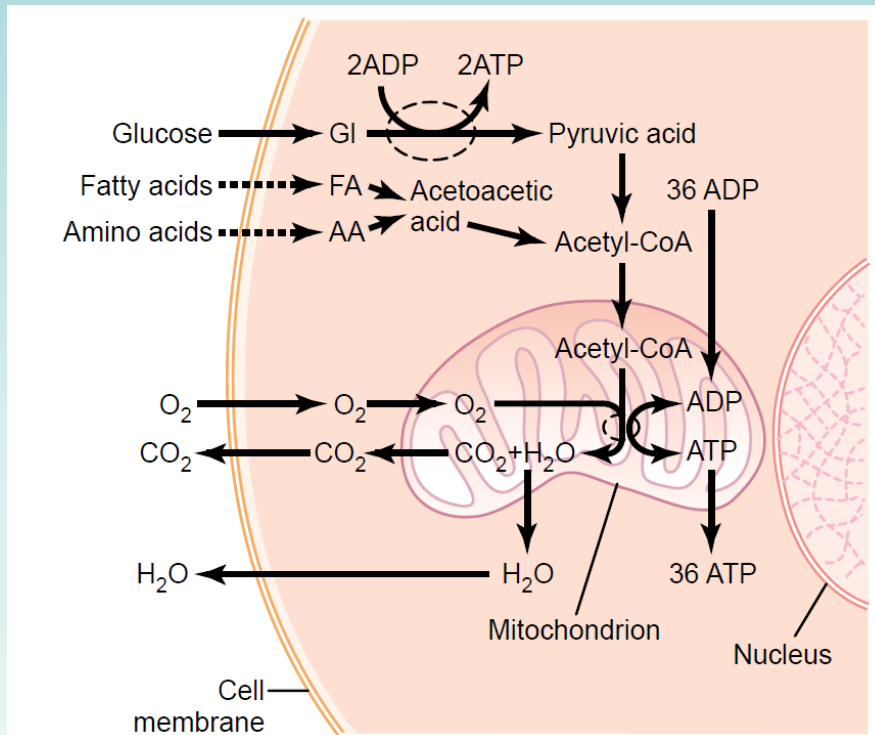
- **Zásoba** energie: ATP, kreatinfosfát, GTP, CTP (cytidin), UTP (uridin), ITP (inosin)
- Makroergní vazba – 12kcal/mol
- Účinnost není 100% - 18kcal substrátu na 1 vazbu v ATP
- Denně: 63 kg ATP (128 mol)
- Glykolýza: jen krátkodobý zdroj energie (2 pyruváty – jen asi 8% energie glc);

přísun glc je omezený, laktát



ATP

- V mitochondriích tvorba cca 95 % ATP
- Centrální úloha acetyl-CoA a Krebsova cyklu
- Vysoce reaktivní vodíkové atomy = využity ke konverzi ADP na ATP
- Chemiosmotický mechanismus tvorby ATP



Využití ATP

- Membránový transport (Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , fosfát, Cl^- , urát, vodíkové ionty, ale „specifické“ typy transportu – Glu, AMK, acetoacetát) - v některých typech buněk až 80 %
- Syntéza chemických látek (fosfolipidy, cholesterol, puriny, pyrimidiny, proteiny!, močovina – detoxikační funkce-amoniak)
 - v některých typech buněk až 75 %
 - 500 – 5000 cal na tvorbu 1 M proteinu (peptidové vazby)
 - Syntéza Glu z laktátu a MK z Acetyl-CoA
- Mechanická práce
 - Role myosinu a konverze ATP na ADP
- Sekrece
- Přenos vzruchů

Regulace tvorby ATP

- Oxidativní fosforylace
 - Flavoprotein-cytochromový systém
 - Transport protonů přes vnitřní mitochondriální membránu, v důsledku tvorba elektrochemického potenciálu a zpětný transport protonů zpět do matrix – ATP syntáza
 - Regulace:
 - Spotřeba ATP ve tkáních (čím vyšší, tím vyšší rychlost OF)
 - Rychlost přísunu tuků, laktátu a glukózy do mitochondrií
 - Dostupnost kyslíku – mitochondrie při bazálním stavu spotřebují 90 % kyslíku, z toho 80 % je spojeno se syntézou ATP
- Oxidace na úrovni substrátu
 - Vznik ATP při dějích, které uvolňují velké množství energie

Cytosolický vápník jako klíčový regulátor syntézy ATP v mitochondriích

E.J. Griffiths, G.A. Rutter / *Biochimica et Biophysica Acta* 1787 (2009) 1324–1333

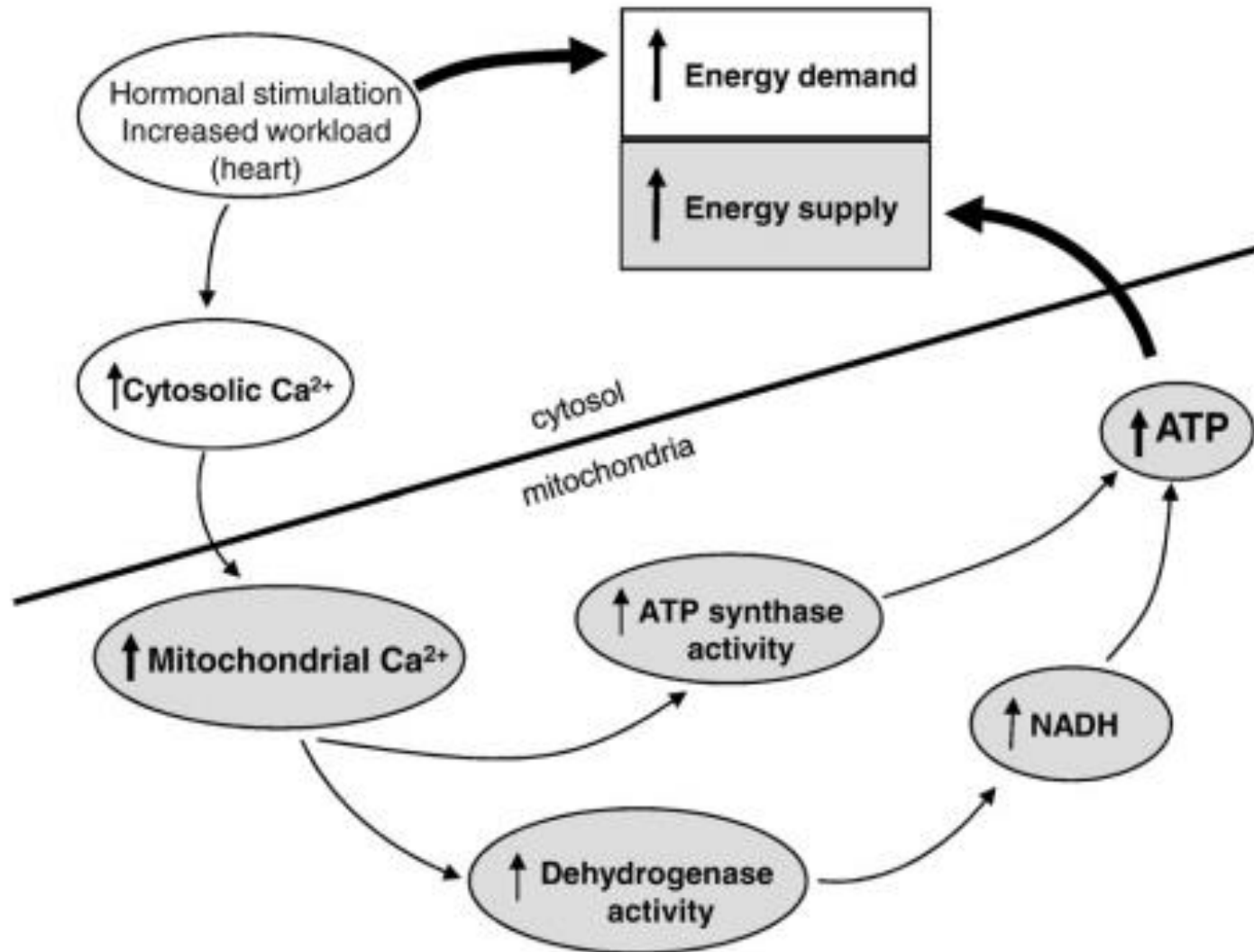


Fig. 1. Mitochondrial Ca²⁺ – key role in regulation of energy supply and demand.

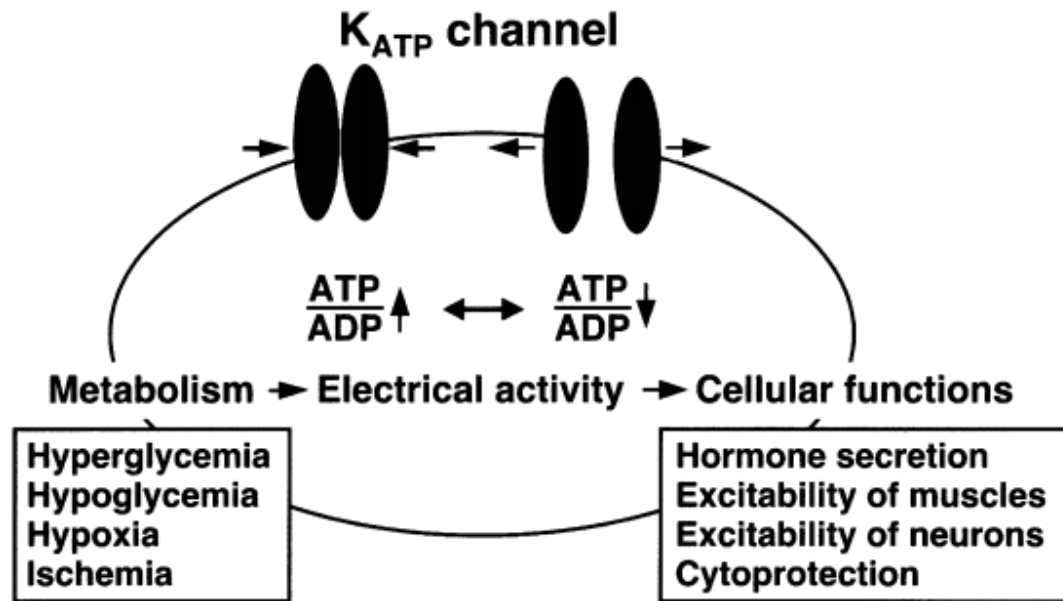
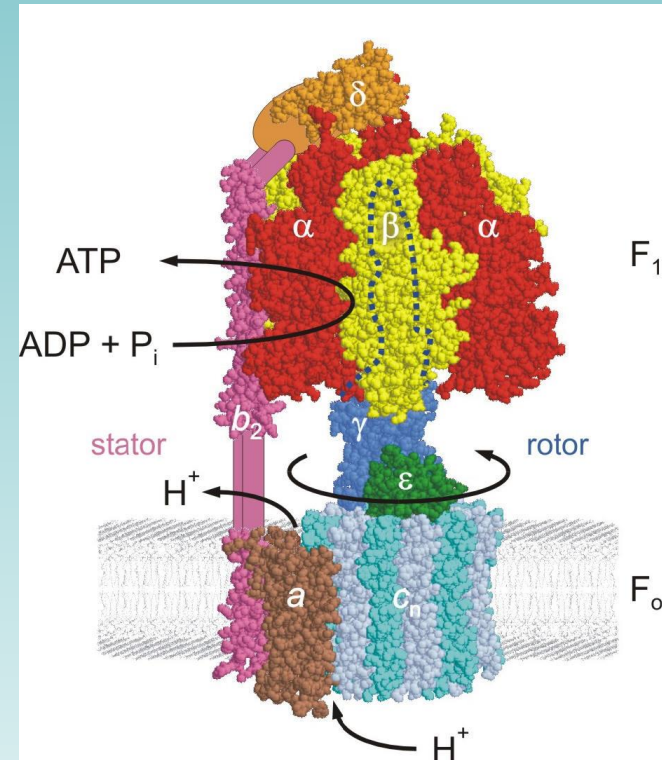


Fig. 1. K_{ATP} channel as metabolic sensor. K_{ATP} channels, as metabolic sensor, play an important role in the cellular responses of various tissues under altered metabolic states, including hyperglycemia, hypoglycemia, ischemia, and hypoxia.

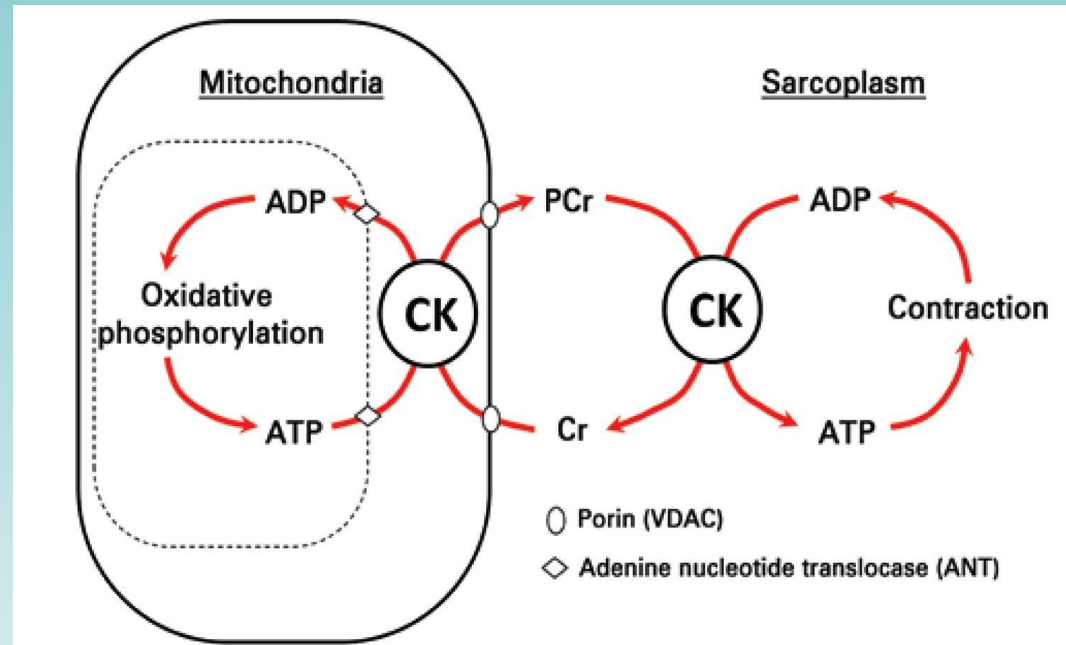
ATP syntáza

- Tylakoidní membrána a vnitřní mitochondriální membrána
- F₀ a F₁ (matrix) segmenty
- F₁ – 5 podjednotek
- F₀ – 10 podjednotek



Kreatinfosfát (fosfokreatin)

- Nejvíce rozšířená makroergní sloučenina
- 3 – 8x více než ATP
- 8500 cal/M a 13000 cal/M při 37°C a nízkých koncentracích reaktantů (ATP 12000)
- Dynamický proces přenosu energie a vzájemné konverze ADP-fosfokreatinu/ATP-kreatinu
- „ATP-fosfokreatinový systém“ – udržování množství ATP



ADP: adenosine diphosphate; CK: creatinine kinase; PCr: phosphocreatine; ATP: adenosine triphosphate; Cr: free creatinine

USKLADNĚNÍ A PŘESUNY ENERGIE

- Vstup energie stejně jako výdej je nepravidelný – **nutnost uskladnění**
- 75%** zásob: triglyceridy (9kcal/g) **v tukové tkáni** (10-30% tělesné hmotnosti), vydrží až 2 měsíce ; zdroj – MK z potravy a esterifikace s α -glycerolfosfátem nebo syntéza MK z acetylCoA z glykolýzy – přeměna cukrů na efektivnější zásobu energie = tuk
- 25%** zásob: **proteiny** (4kcal/g); přeměna na cukry (glukoneogeneza při stresu); nepříznivé následky pro organismus
- Méně než **1%** zásob: **cukry** (4kcal/g) ve formě glykogenu; důležité pro CNS!!! a krátkodobou velkou zátěž; $\frac{1}{4}$ zásob glykogenu v játrech (75-100g), zbytek ve svalech (300-400g); jaterní glykogen – glykogenolýza – uvolnění glukózy; svalový glykogen – využití jen ve svalech (není glukoso-6-fosfatáza)
- Glukoneogeneza**: z pyruvátu, laktátu a glycerolu a AMK (kromě leucinu); NE z acetyl-CoA
- Uskladnění a přenos energie vyžaduje vstup další energie**: 3% z původní energie – tuky (triglyceridy do tukové tkáně), 7% - glukóza (glykogen), 23% - přeměna cukrů na tuky, 23% - přeměna AMK na proteiny nebo glukózu (glykogen)

GLUKOZA a MK

- Alternativní
- Vzájemné vztahy mezi utilizací, syntézou a skladováním

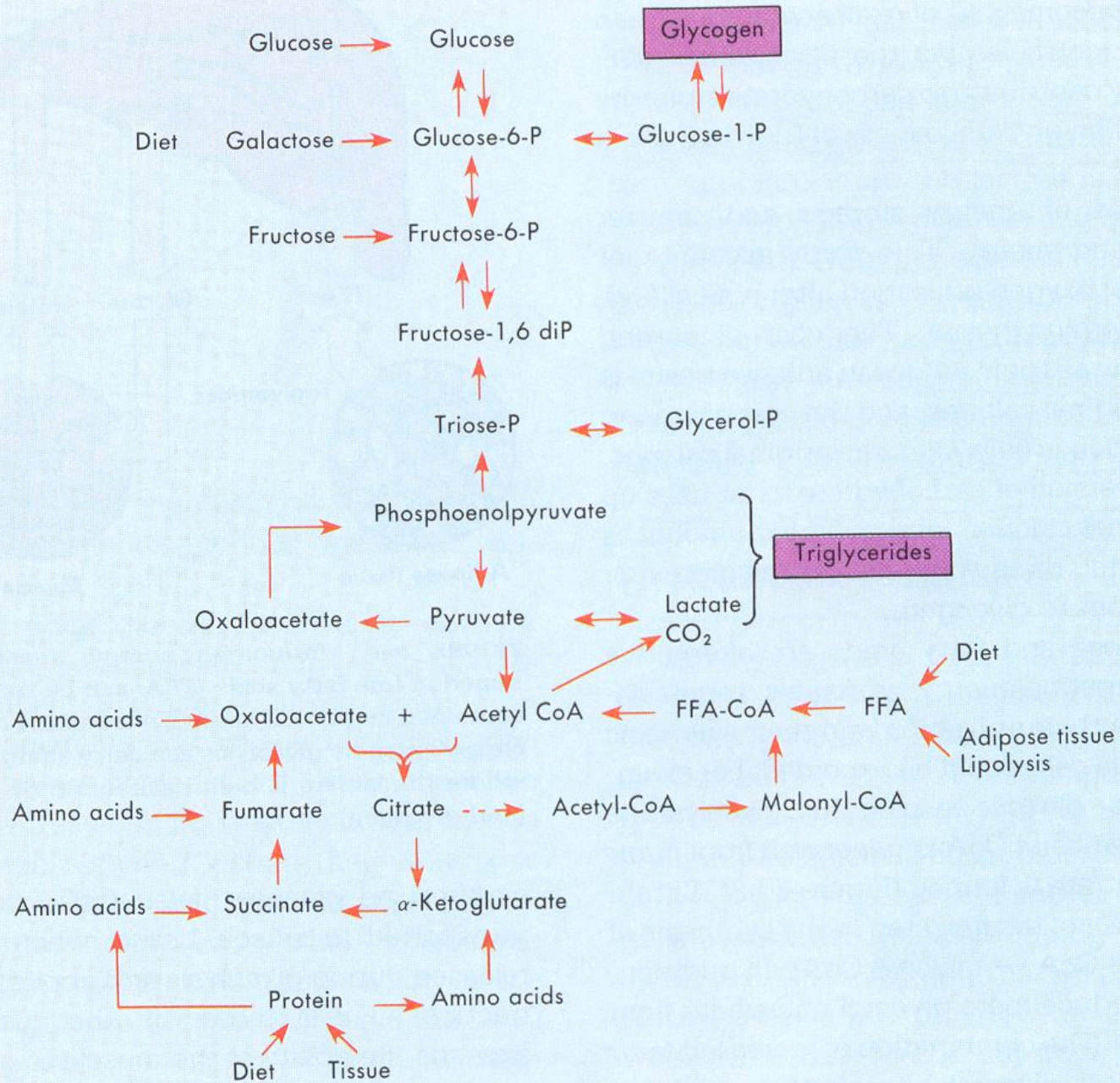
- NADBYTEK GLUKÓZY** – zrychlení glykolýzy – více pyruvátu, více citrátu – citrát aktivuje 1.krok v syntéze MK (acetyl CoA – malonyl CoA)
- Zrychlená glykolýza – více glycerol fosfátu; zvýšená syntéza MK a zvýšená dostupnost glycerol fosfátu = stimulace syntézy triglyceridů a snížení β -oxidace

- TEDY: **zvýšená utilizace cukrů posune metabolismus tuků od oxidace k ukládání**

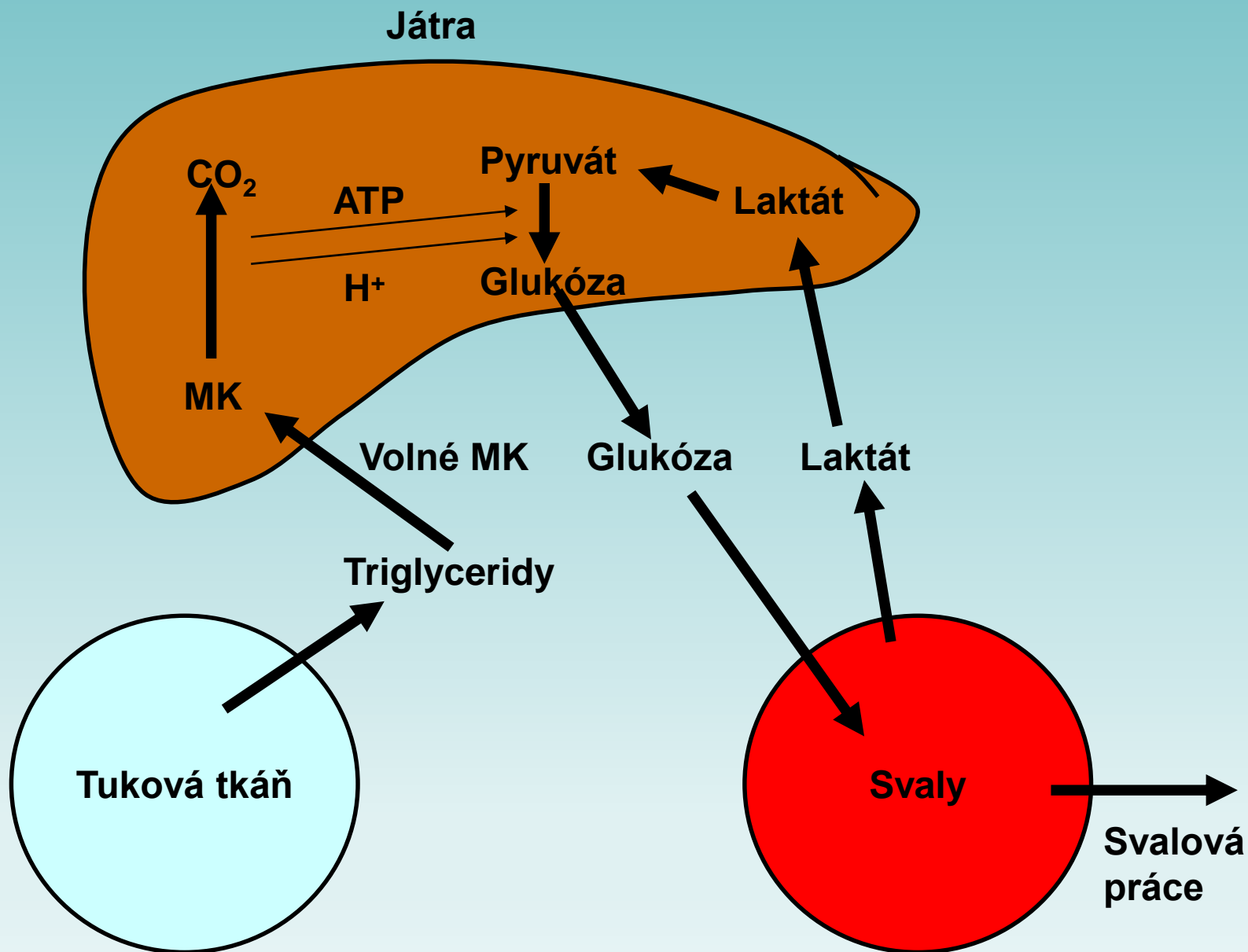
- NADBYTEK MK** – zrychlení β -oxidace; její meziprodukty zpomalují glykolýzu a urychlují glukoneogenezu a glykogenogenezu

- TEDY: **zvýšená utilizace MK posune metabolismus cukrů od oxidace k ukládání**

- Vliv humorální regulace



PŘESUNY ENERGIE MEZI ORGÁNY



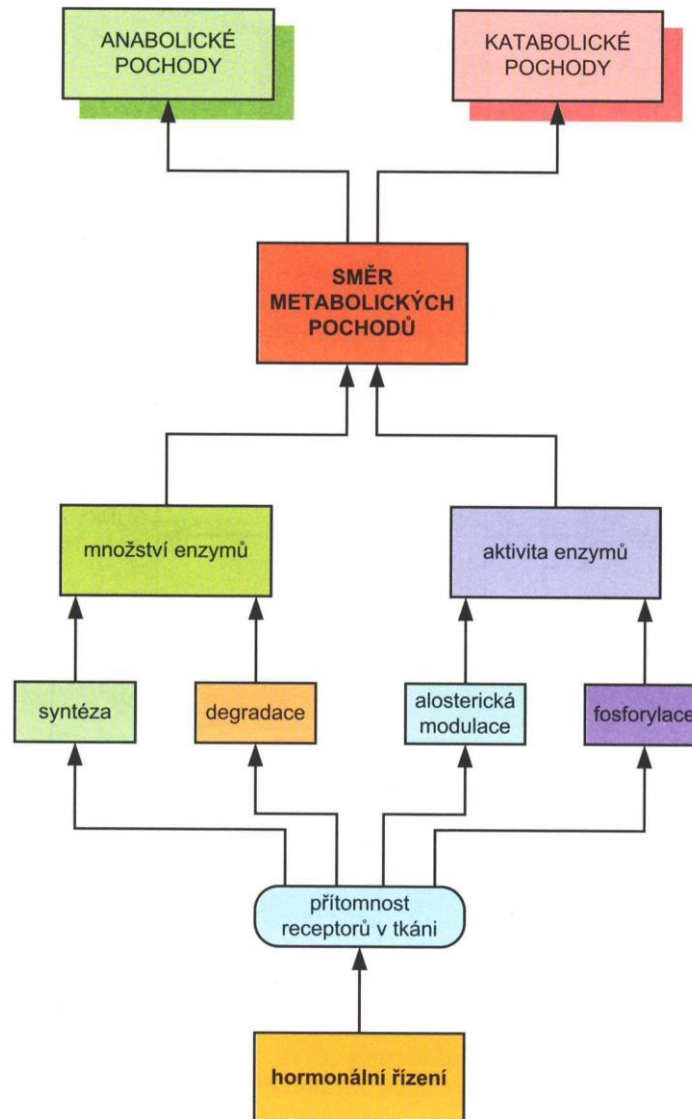
Sval – zdroj energie a metabolismus

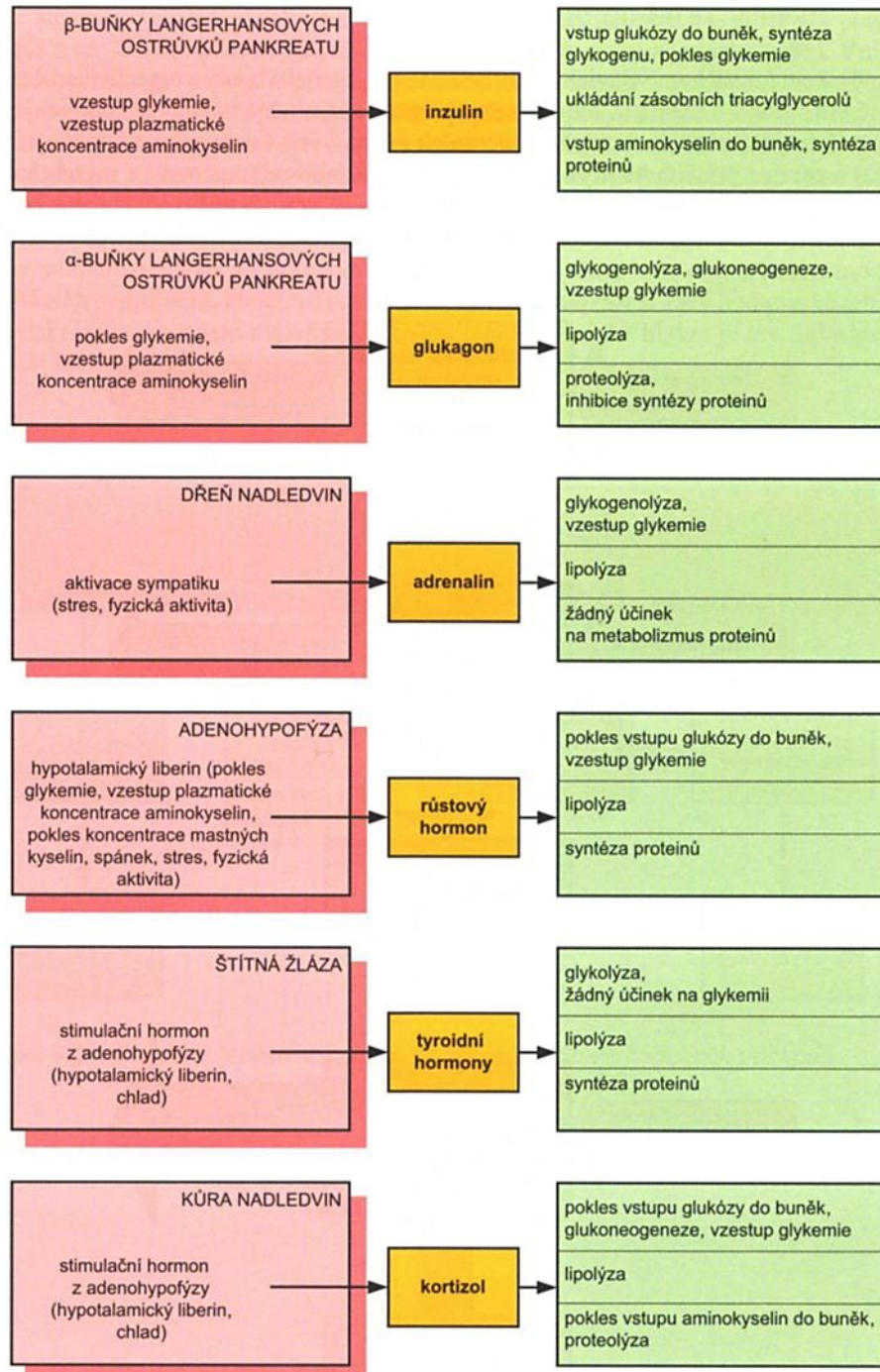
- = přeměna energie na mechanickou práci
- Kreatinfosfát – hydrolýza na kreatin a fosfát
- V klidu část ATP předává v mitochondriích fosfát kreatinu = zvýšení celkové zásoby kreatinfosfátu
- Při svalové zátěži hydrolýza kreatinfosfátu u spojení mezi myozinovými hlavami a aktinem a vzniká ATP z ADP = pokračování kontrakce
- Klidový stav = hlavní zdroj energie FFA, se stoupající zátěží pak sacharidy
 - Energie pro resyntézu kreatinfosfátu a ATP ze štěpení Glu na CO_2 a H_2O
 - Pyruvát a aerobní glykolýza
 - Pozn. Anaerobní glykolýza – pyruvát nevstupuje do citrátového cyklu, je redukován na laktát = bez potřeby kyslíku!
 - Laktát se hromadí ve svalech, posléze pokles pH a inhibice některých enzymů
 - Po skončení námahy odstranění nadbytku laktátu a obnova zásob ATP a kreatinfosfátu + kyslíku
 - Kyslíkový dluh
 - Pozn. Rigor – vyčerpání zásob ATP a kreatinfosfátu

Tvorba tepla ve svalu

- Příjem = výdej
- Tvorba makroergních vazeb a tvorba tepla
- Celková mechanická účinnost při izotonické kontrakci je asi 50 %, nulová při izometrické kontrakci
- Značná produkce tepla
- Klidové teplo
- Iniciální teplo = teplo produkované v průběhu kontrakce nad teplo klidové
 - = aktivační teplo (teplo, které sval vydá, kdykoliv se stahuje) + teplo zkrácení (úměrné délce, o jakou se sval zkrátil)
- Teplo zotavení = teplo uvolněné metabolickými procesy, které vracejí sval do původního stavu
- Relaxační teplo = sval, který se stahuje izotonicky; projev práce, resp. vrácení svalu na původní délku

Hormony a metabolismus





Hormony a metabolismus sacharidů

- Inzulin, IGF-I/II, glukagon, somatostatin, adrenalin, hormony štítné žlázy, glukokortikoidy, růstový hormon
- Námaha
 - Vstup Glu do kosterního svalu nezávisle na inzulínu – zvýšení počtu GLUT-4
 - Přetrvává několik hodin po námaze
 - Zvýšení citlivosti na inzulin
 - ! Diabetici - hypoglykémie

- Katecholaminy

- Aktivace přes beta-adrenergní receptory = zvýšení obsahu cAMP
- Alfa-adrenergní receptory zvyšují obsah intracelulárního ATP
- Zvýšení výdeje Glu z jater = hyperglykémie
- Aktivace fosforylázy svalů přes cAMP a vápenaté ionty
- Vytvořený glukóza-6-P konvertován pouze na pyruvát! (chybí příslušná fosfatáza)
- Pyruvát dále konvertován na laktát, ten difunduje ze svalů do krve
- V játrech je oxidován na pyruvát a následně konvertován na glykogen
- Kalorigenní účinek = oxidace laktátu
- Uvolnění FFA do krve = snížení periferní utilizace glukózy

- Hormony štítné žlázy

- Diabetogenní účinek thyroideálních hormonů je dán zvýšením resorpce Glu ve střevě
- Ztráty glykogenu v játrech
- Zrychlení degradace inzulínu
- Významný kalorigenní účinek = zvýšení spotřeby kyslíku téměř ve všech tkáních

- **Glukokortikoidy**

- Zvýšení glykémie
- Glukoneogenetický účinek, ale zejména permissivní působení
- Značně komplexní účinek

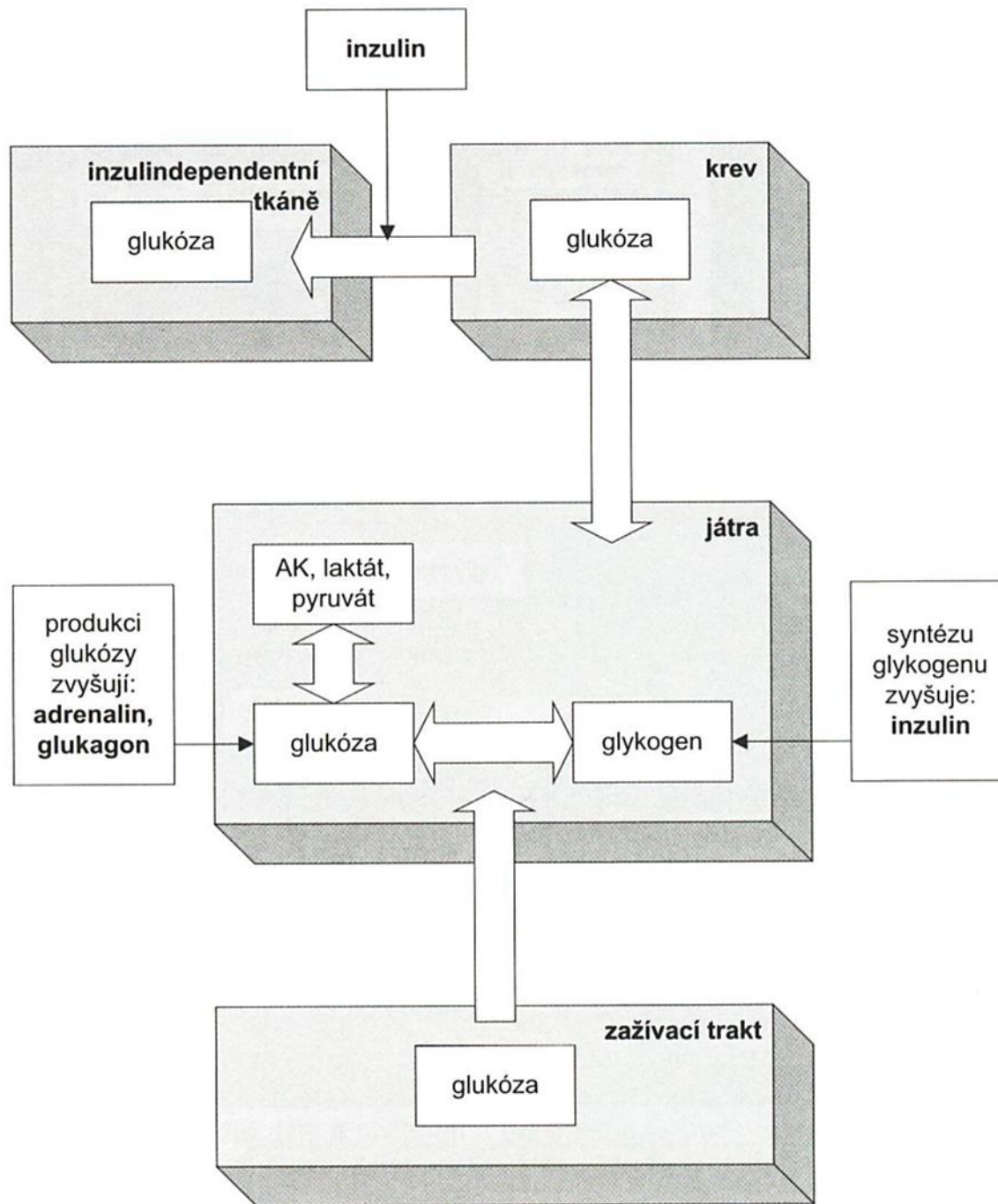
- **Růstový hormon**

- Mobilizace volných MK z tukové tkáně = ketogeneze
- „antiinzulínový“ účinek – snižuje vychytávání Glu v některých tkáních
- Snížení počtu receptorů pro inzulín a glukokortikoidy

Tab. 19-9. Účinky glukokortikoidů působících na metabolismus sacharidů¹

1. Zvýšený katabolismus proteinů v tkáních, vedoucí ke zvýšení koncentrace aminokyselin v plazmě
2. Zvýšení jaterního vychytávání (»trapping«) aminokyselin
3. Zvýšení deaminace a transaminace aminokyselin
4. Zvýšení jaterní konverze oxalacetátu na fosfopyruvát
5. Zvýšená aktivita jaterní fruktózadifosfatázy, urychlující defosforylaci fruktóza-1,6-difosfátu
6. Zvýšená aktivita jaterní glukóza-6-fosfatázy, vedoucí k uvolnění více glukózy do krve
7. Snížení utilizace glukózy na periférii a v játrech, patrně působené inhibicí fosforylace
8. Zvýšení hladiny krevního laktátu a pyruvátu
9. Snížená lipogeneze v játrech
10. Zvýšení plazmatických hladin FFA a zvýšená tvorba ketolátů (když je pankreatická rezerva nízká)
11. Zvýšená tvorba aktivní glykogensyntázy

¹ Čísla 1–6 představují reakce vedoucí ke zvýšení glykémie následkem zvýšené glukoneogeneze



RESPIRAČNÍ KVOCIENT

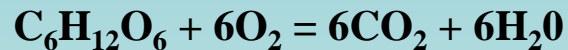
$$\mathbf{RQ = V_{CO_2} : V_{O_2}}$$

(za jednotku času, za ustáleného stavu, obvykle vztažený k 1 l kyslíku)

Cukry:	RQ = 1
Tuky:	RQ = 0,7
Proteiny:	RQ = 0,8

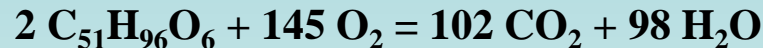
R – poměr respirační výměny (není ustálený stav!, v kterémkoliv časovém úseku)

- Sacharidy (glukóza)



$$\mathbf{RQ = 6/6 = 1,00}$$

- Tuky (tripalmitin)



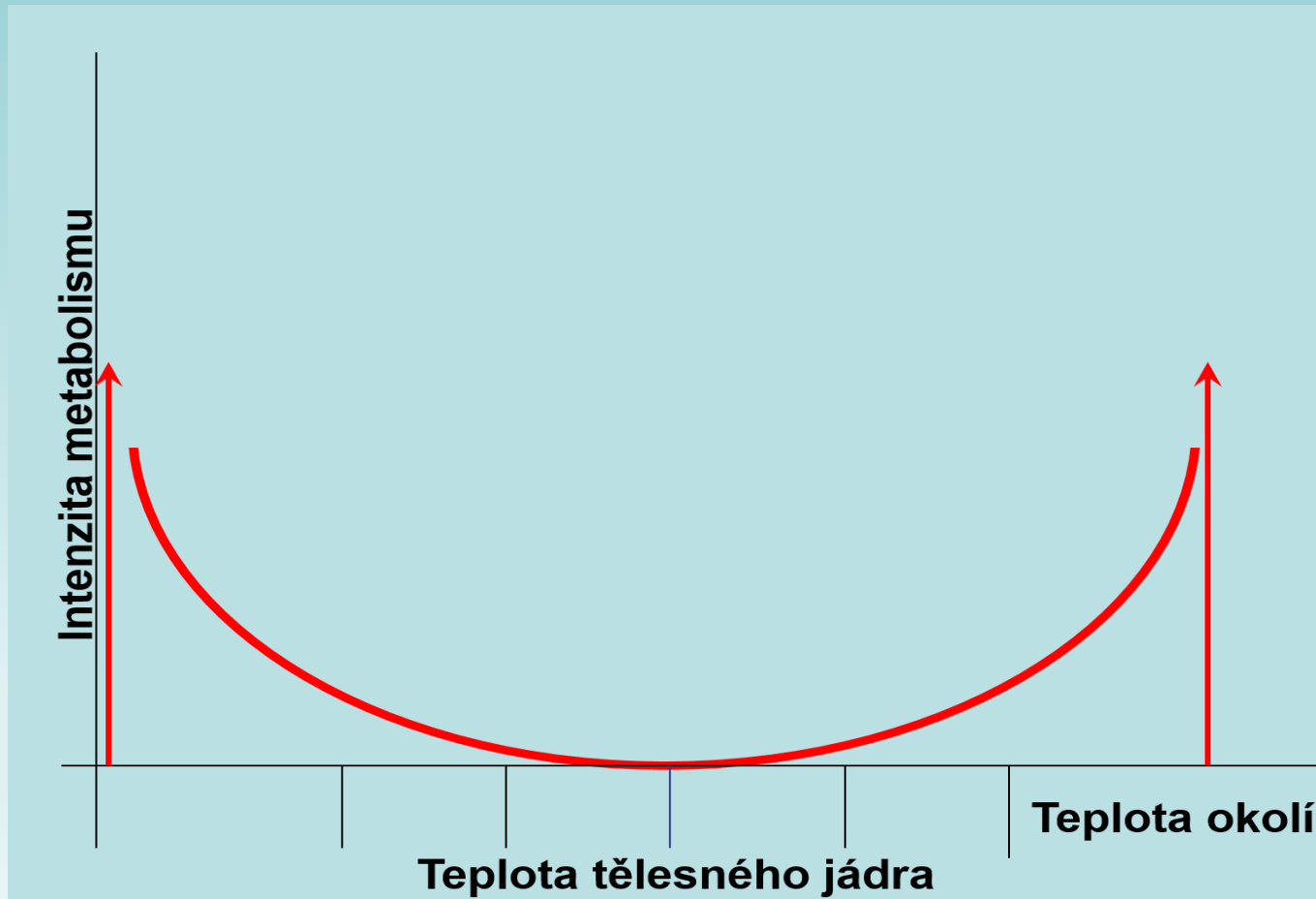
$$\mathbf{RQ = 102/145 = 0,703 \text{ (obecně 0,70)}}$$

- Při hyperventilaci RQ stoupá (vydechován více CO₂).
- Při intenzivní zátěži RQ až 2,00 (vydechován více CO₂ a kyselina mléčná se mění na CO₂).
- Po skončení zátěže klesá RQ až na 0,50.
- Při metabolické acidóze RQ stoupá.
- Při metabolické alkalóze RQ klesá.

- **INTENZITA (= rychlost) METABOLISMU**

1. **Tělesná práce** (v průběhu i během zotavení - kompenzace kyslíkového dluhu).
2. **Specificko-dynamický účinek potravy** (asimilace živin v těle).
 - A) Množství **proteinu**, které poskytuje 100 kcal, zvyšuje rychlost metabolismu o **30 kcal**.
 - B) Množství **sacharidu**, které poskytuje 100 kcal, zvyšuje rychlost metabolismu o **6 kcal**.
 - C) Množství **tuku**, které poskytuje 100 kcal, zvyšuje rychlost metabolismu o **4 kcal**.
 - Množství energie z živin se snižuje o uvedené množství energie, která byla použita k jejich asimilaci.
 - **Proteiny mají nejvyšší SDÚ**,
 - místo 100 kcal organismus získá 70 kcal.

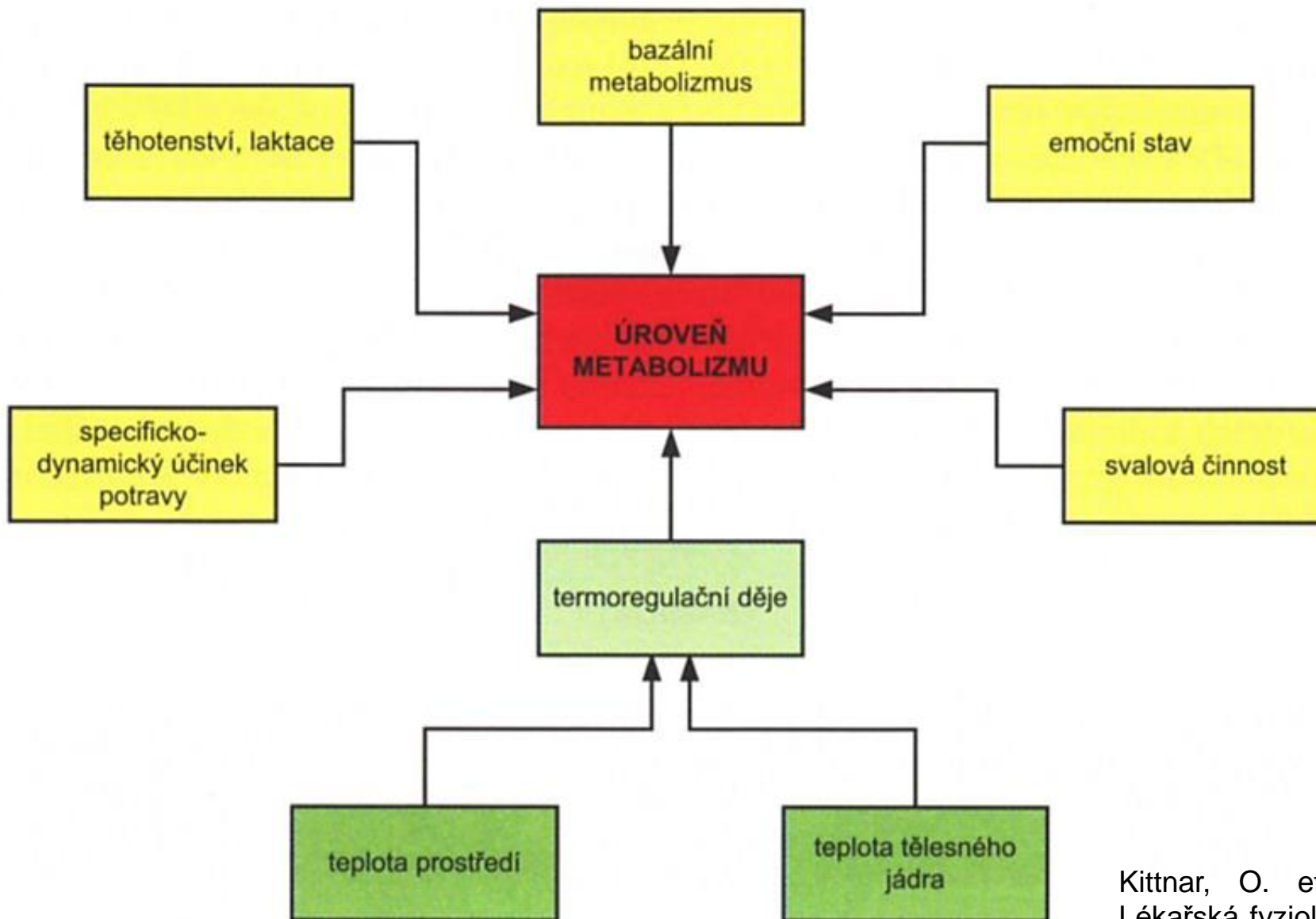
- **3. Vnější teplota - tvar písmene U**
- a) nižší než tělesná teplota -
aktivace mechanismů pro udržení tepla (např. třes)
intenzita metabolismu vzrůstá
- b) vyšší než tělesná teplota -
zvyšuje se teplota těla a vzrůstá metabolismus



- 4. Výška, váha a povrch těla (čím větší - tím větší)**
- 5. Pohlaví (muži vyšší)**
- 6. Věk (čím vyšší, tím menší)**
- 7. Emoce (vzrušení zvyšuje metabolismus - adrenalin zvyšuje svalové napětí v klidu, apatie a deprese snižují metabolismus)**
- 8. Tělesná teplota (vzestup o 1° C, vzestup o 14%)**
- 9. Hladina hormonů štítné žlázy v krvi (T4, T3)**
- 10. Hladina adrenalinu a noradrenalinu v krvi**

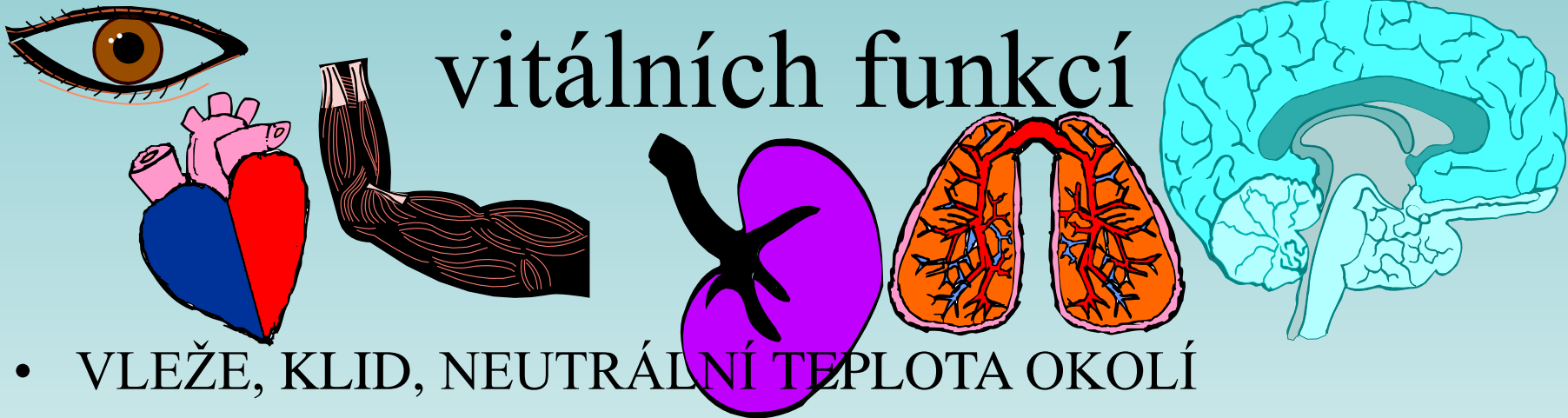
Další faktory

- Pohlavní hormony
 - Testosteron – zvýšení o 10 – 15 %
 - Ženské pohlavní hormony nesignifikantně
- Thyroidální status
 - Při sekreci maximálního fyziologického množství tyroxinu = vzestup o 50 – 100 %
 - Adaptace štítné žlázy na různé klimatické podmínky (vzestup sekrece v chladných oblastech a snížení sekrece v teplých oblastech) = rozdíly v BMR
 - V polárních oblastech BMR vyšší o 10 – 20 %
- Růstový hormon
 - Zvýšení BMR (stimulace buněčného metabolismu, nárůst svalové hmoty)
 - Substituční terapie = zvýšení o 20 %
- Množství katecholaminů v krvi
- Spánek – snížení o 10 – 15 % = snížení svalového tonu + snížená aktivita nervového systému
- Malnutrice – prolongovaná malnutrice snižuje BMR až o 30 %



BAZÁLNÍ METABOLISMUS (BMR)

Potřeba energie pro udržení všech
vitálních funkcí



- VLEŽE, KLID, NEUTRÁLNÍ TEPLOTA OKOLÍ
- 12 - 14 HODIN PO JÍDLE, 24 HODIN BEZ VYČERPÁVAJÍCÍ TĚLESNÉ PRÁCE
- ELIMINACE POKUD MOŽNO VŠECH NEGATIVNÍCH FYZICKÝCH A PSYCHICKÝCH FAKTORŮ
- U MLADÝCH MUŽŮ PRŮMĚRNÉHO VZRŮSTU ASI 2000 KCAL

BAZÁLNÍ METABOLISMUS (BMR)

- U ČLOVĚKA KORELUJE S POVRCHEM TĚLA - k výměně tepla dochází na povrchu těla.
- Jaký je vztah mezi hmotností, výškou a povrchem těla?

$$S = 0,007184 \cdot W^{0,425} \cdot H^{0,725}$$

S = povrch těla v m²

W = tělesná hmotnost v kg

H = tělesná výška v cm

NOMOGRAM



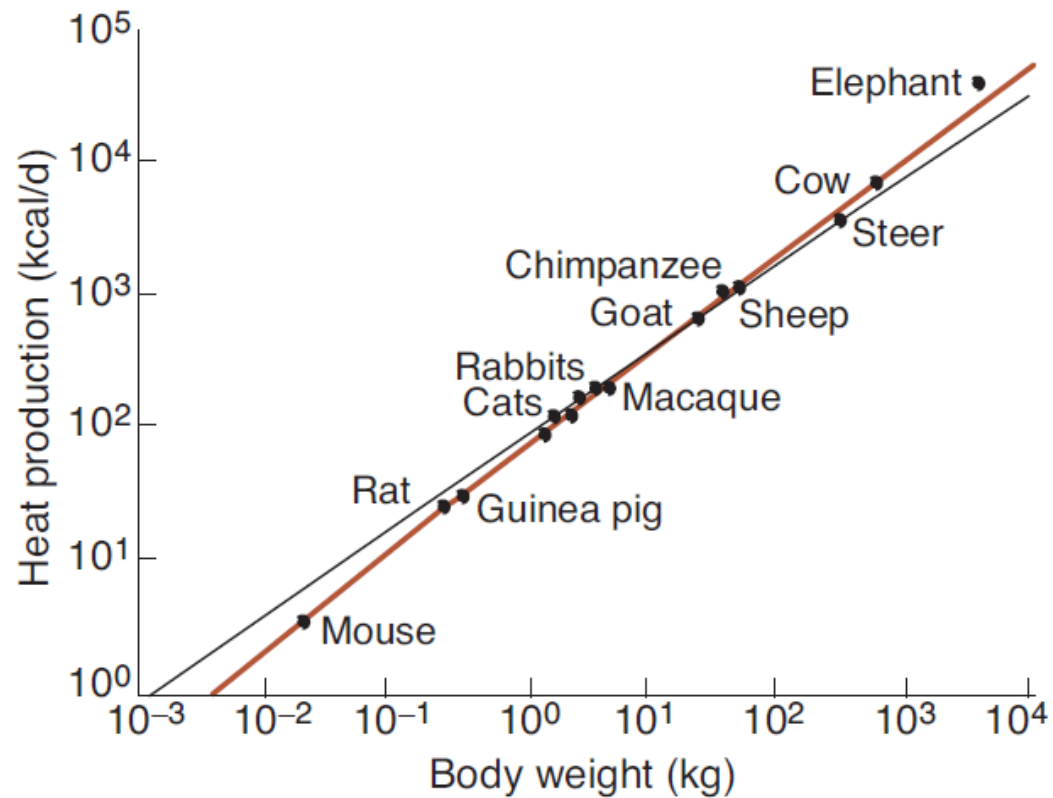


FIGURE 27-9 Correlation between metabolic rate and body weight, plotted on logarithmic scales. The slope of the colored line is 0.75. The black line represents the way surface area increases with weight for geometrically similar shapes and has a slope of 0.67. (Modified from Kleiber M and reproduced with permission from McMahan TA: Size and shape in biology. Science 1973;179:1201. Copyright © 1973 by the American Association for the Advancement of Science.)

BAZÁLNÍ METABOLISMUS (BMR)

Dospělý muž asi 40 kcal/m²/hod

(tzn. asi 2000 kcal/24 hod)

Ženy - nižší

Starší - nižší

(kg)

(cm)

(roky)

BMR muži = 66 + (13,7 . hmotnost) + (5,0 . výška) - (6,8 . věk)

BMR ženy = 655 + (9,6 . hmotnost) + (1,85 . výška) - (4,7 . věk)

Harris-Benedictův vzorec (BEE – bazální energetický výdej)

BAZÁLNÍ METABOLISMUS

VLIV POHLAVÍ

BMR muži = $66 + (13,7 \cdot \text{hmotnost}) + (5,0 \cdot \text{výška}) - (6,8 \cdot \text{věk})$

BMR ženy = $655 + (9,6 \cdot \text{hmotnost}) + (1,85 \cdot \text{výška}) - (4,7 \cdot \text{věk})$

**Muž 20 let, 80 kg, 185 cm
BMR = 1950 kcal**

**Žena 20 let, 55 kg, 165 výška
BMR = 1395 kcal**

BAZÁLNÍ METABOLISMUS

VLIV POHLAVÍ

BMR muži = $66 + (13,7 \cdot \text{hmotnost}) + (5,0 \cdot \text{výška}) - (6,8 \cdot \text{věk})$

BMR ženy = $655 + (9,6 \cdot \text{hmotnost}) + (1,85 \cdot \text{výška}) - (4,7 \cdot \text{věk})$

**Muž 20 let, 80 kg, 185 cm
BMR = 1950 kcal**

**Žena 20 let, 80 kg, 185 výška
BMR = 1730 kcal**

ROZDÍL ASI 10%

BAZÁLNÍ METABOLISMUS

VLIV VĚKU

BMR muži = $66 + (13,7 \cdot \text{hmotnost}) + (5,0 \cdot \text{výška}) - (6,8 \cdot \text{věk})$

BMR ženy = $655 + (9,6 \cdot \text{hmotnost}) + (1,85 \cdot \text{výška}) - (4,7 \cdot \text{věk})$

**Muž 20 let, 75 kg, 180 cm
BMR = 1860 kcal**

**Muž 70 let, 75 kg, 180 cm
BMR = 1520 kcal**

ROZDÍL ASI 20%

BAZÁLNÍ METABOLISMUS

VLIV VĚKU

BMR muži = $66 + (13,7 \cdot \text{hmotnost}) + (5,0 \cdot \text{výška}) - (6,8 \cdot \text{věk})$

BMR ženy = $655 + (9,6 \cdot \text{hmotnost}) + (1,85 \cdot \text{výška}) - (4,7 \cdot \text{věk})$

**Žena 20 let, 60 kg, 165 cm
BMR = 1440 kcal**

**Žena 70 let, 60 kg, 165 cm
BMR = 1200 kcal**

ROZDÍL ASI 15%

BAZÁLNÍ METABOLISMUS

VLIV VĚKU

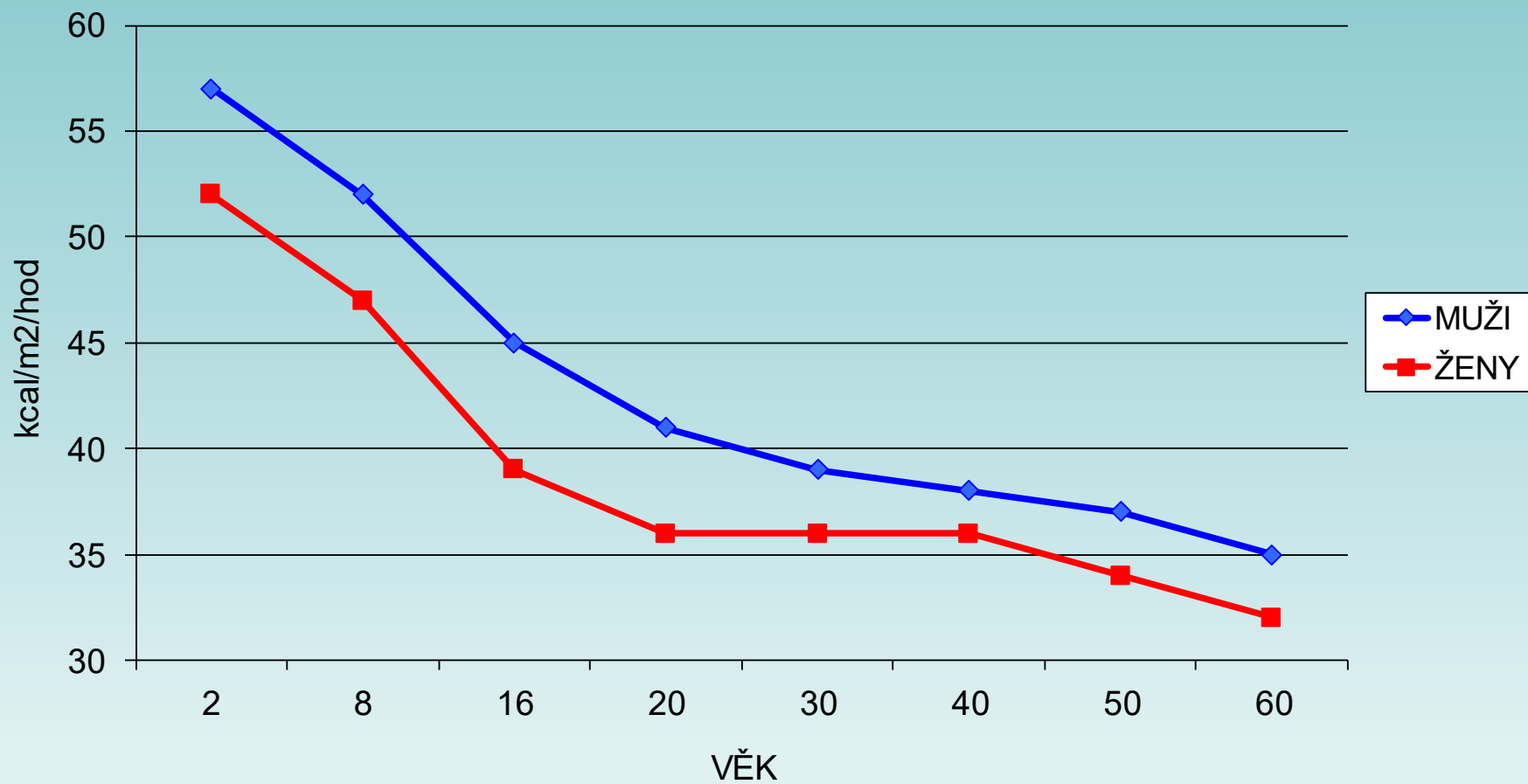
BMR muži = 66 + (13,7 . hmotnost) + (5,0 . výška) - (6,8 . věk)

BMR ženy = 655 + (9,6 . hmotnost) + (1,85 . výška) - (4,7 . věk)

**U ženy se BMR prakticky nemění mezi 20 a 40 lety,
u mužů stále zvolna klesá (o 2 - 3% ročně).**

**Pokles BMR ženy mezi 40 a 50 roky
je prudší než u mužů.**

BMR - ZÁVISLOST NA VĚKU A POHLAVÍ



BAZÁLNÍ METABOLISMUS VLIV VĚKU

**K NEJVĚTŠÍMU POKLESU BMR
DOCHÁZÍ V PUBERTĚ**

**NEJMENŠÍ POKLES BMR U MUŽE
JE MEZI 30 A 50 ROKY,
U ŽENY MEZI 20 A 40 ROKY**

**V OBDOBÍ MENOPAUY KLESÁ BMR ŽENY
PRUDČEJI NEŽ VE STEJNÉM VĚKU U MUŽŮ**

BAZÁLNÍ METABOLISMUS

Dlouhodobé hladovění - pokles BMR

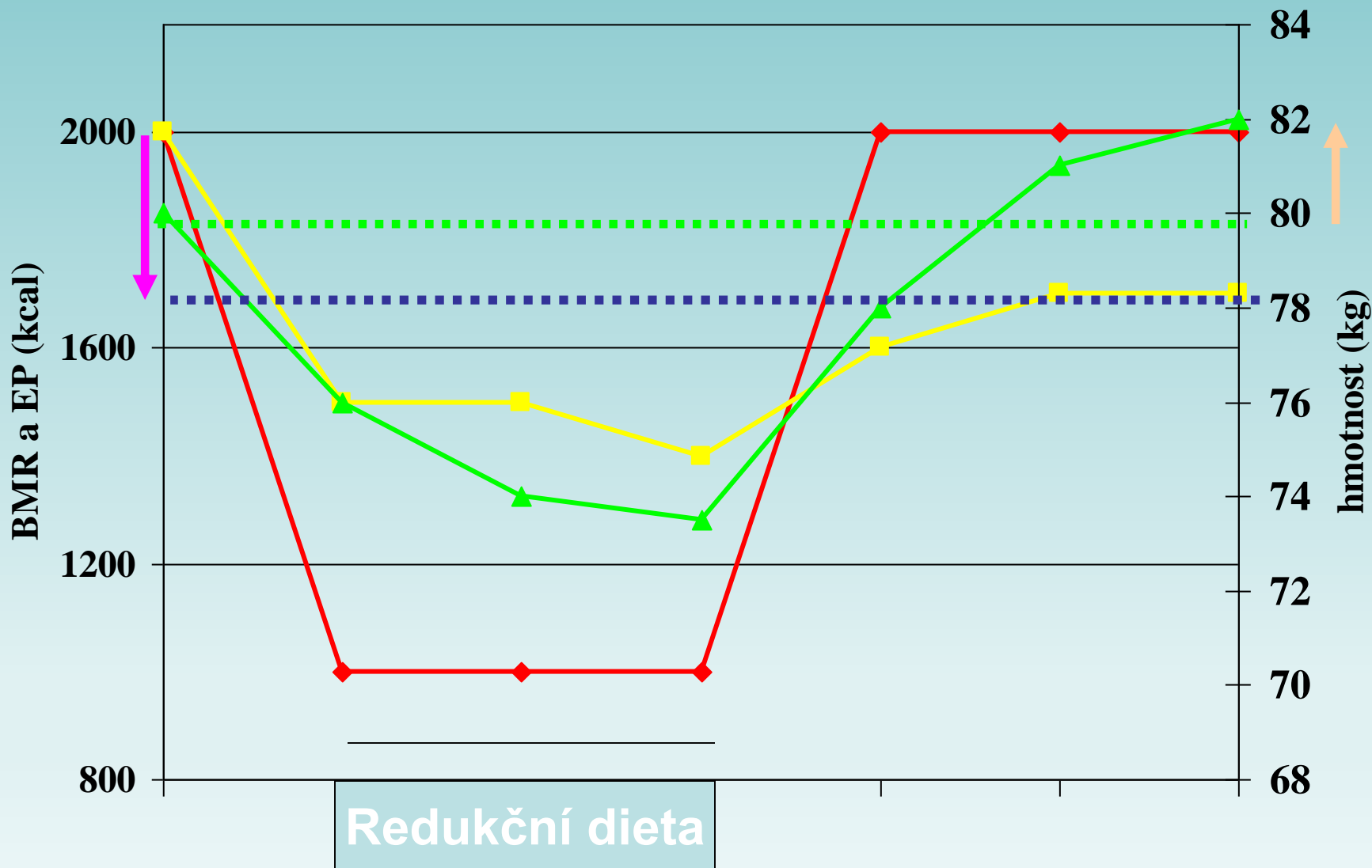
- ☞ **klesá aktivita sympatiku**
- ☞ **klesají katecholaminy**
- ☞ **klesají hormony štítné žlázy**

Proto při redukční dietě zpočátku prudký pokles hmotnosti, později zpomalení poklesu hmotnosti

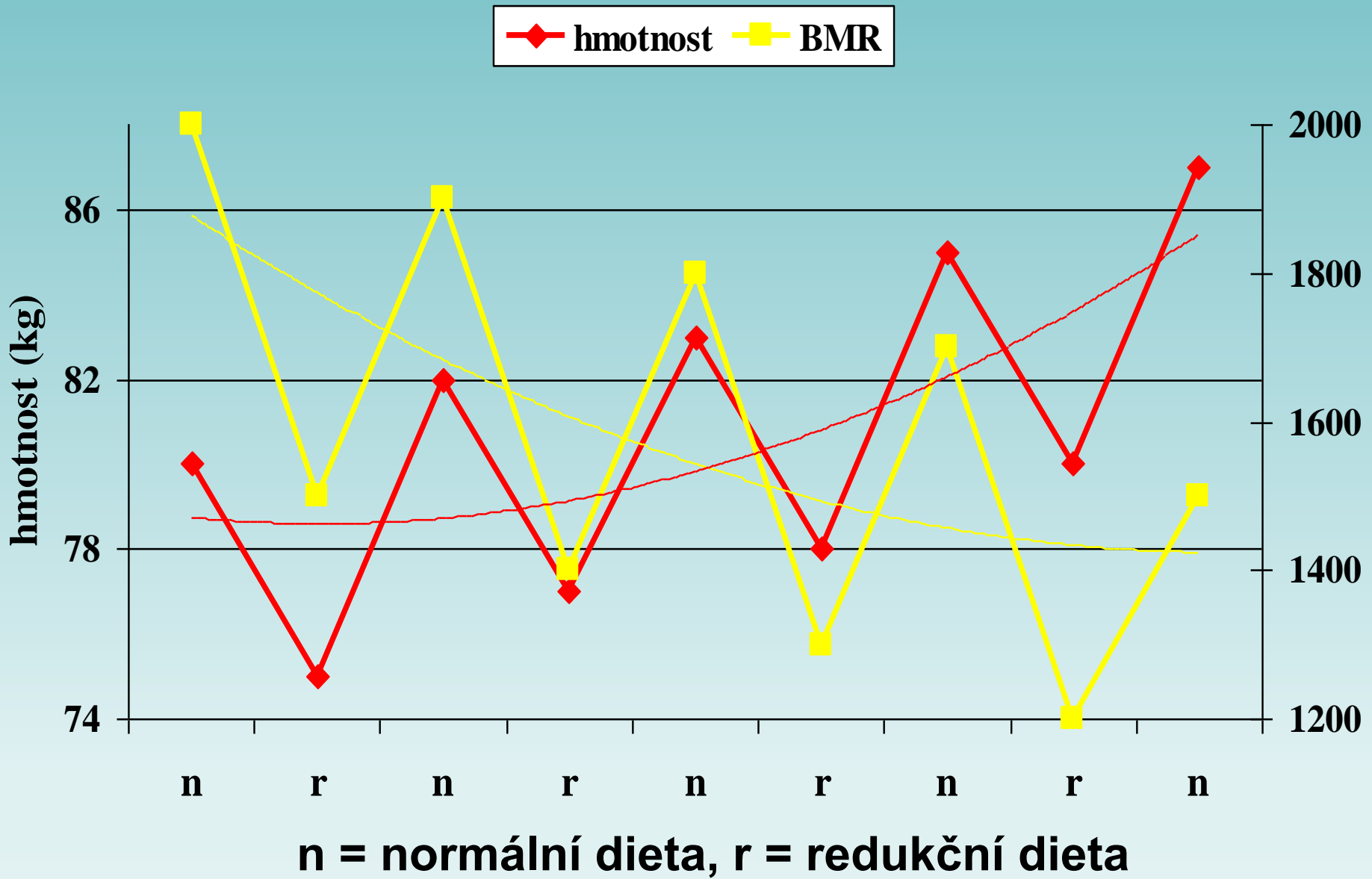
Po jídle stoupá aktivita sympatiku a BMR stoupá

BMR, EP, REDUKČNÍ DIETA A HMOTNOST

◆ EP ■ BMR ▲ hmotnost



JO-JO EFEKT



Energetická rovnováha

- **Rovnováha mezi energetickým příjmem a výdejem**
- **Při negativní energetické bilanci se spotřebovávají vnitřní zásoby katabolizují se glykogen, proteiny a tuk =
= **HUBNUTÍ****
- **Při pozitivní energetické bilanci (příjem převažuje před výdejem) =
= **TLOUSTNUTÍ****

Energetická rovnováha

S výjimkou člověka

a některých domestikovaných a hibernujících zvířat
chut' k jídlu reguluje příjem potravy

OBEZITA JE VZÁCNOSTÍ

**Přes 70% lidské populace
trpí nadváhou nebo obezitou**

ENERGETICKÝ VÝDEJ

ENERGETICKÝ EKVIVALENT (EE)

množství energie (Q)

uvolněné při spotřebě 1 litru kyslíku

$(Q/\dot{V}O_2)$

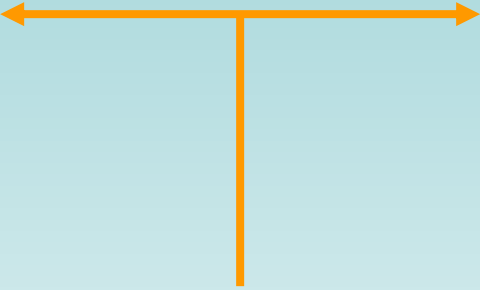
Termický koeficient kyslíku

jednotlivých živin se liší,

proto se liší i EE.

ENERGETICKÝ VÝDEJ

ENERGETICKÝ EKVIVALENT (EE)

- sacharidů $21,1 \text{ kJ} = 5,05 \text{ kcal}$
 - proteinů $18,0 \text{ kJ} = 4,31 \text{ kcal}$
 - lipidů $19,0 \text{ kJ} = 4,55 \text{ kcal}$
- 

Neúplná katabolizace
(lidský organismus není schopen
využít energii z dusíkatých sloučenin)

ENERGETICKÝ VÝDEJ

ENERGETICKÝ EKVIVALENT (EE)

Při smíšené potravě
(60 % sacharidů, 30 % tuků, 10 % proteinů)

$$EE = 20,1 \text{ kJ} = 4,81 \text{ kcal}$$

4,8 kcal

ENERGETICKÝ VÝDEJ

V klidu spotřebuje člověk asi 3,4 - 3,6 ml O₂/kg/min

1 MET (metabolický ekvivalent)

JAKÁ JE TO ENERGIE?

$$\text{VO}_2 \text{ (ženy)} = 3,4 \cdot 4,8 = 16,3 \text{ cal/kg/min}$$

$$\text{VO}_2 \text{ (muži)} = 3,6 \cdot 4,8 = 17,3 \text{ cal/kg/min}$$

(asi o 5 - 15% méně)



ENERGETICKÝ VÝDEJ

1 MET

**množství kyslíku, které člověk
spotřebuje v klidu
za 1 min/1 kg hmotnosti**

asi 3,5 ml/kg/min

ENERGETICKÝ VÝDEJ

Muž 20 let, 75 kg, 180 cm
BMR = 1860 kcal (24 hod)

Výpočet na základě MET:

- **17 cal/kg/min**
- **1275 cal/min**
- **76500 cal/hod = 76,5 kcal/hod**
- **1836 kcal/24 hod**

Hodnoty jsou přibližně stejné

KALORIMETRIE PŘÍMÁ

= měření energie uvolněné spálením potravy mimo tělo (oxidace sloučenin v **kalorimetru**)

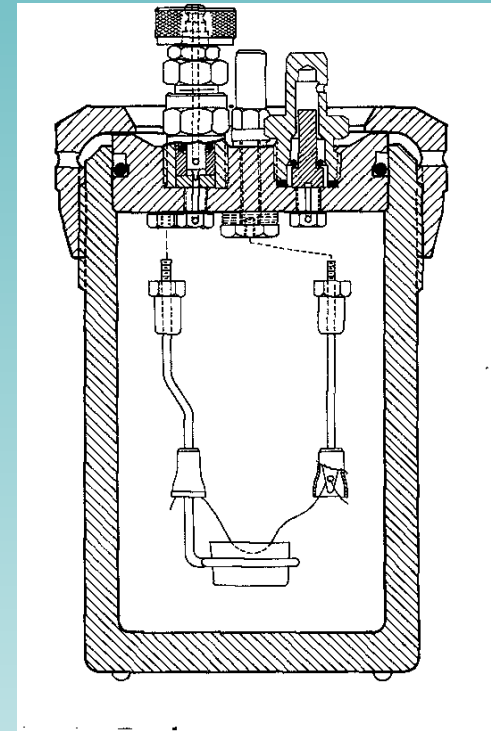
- Kalorimetry:

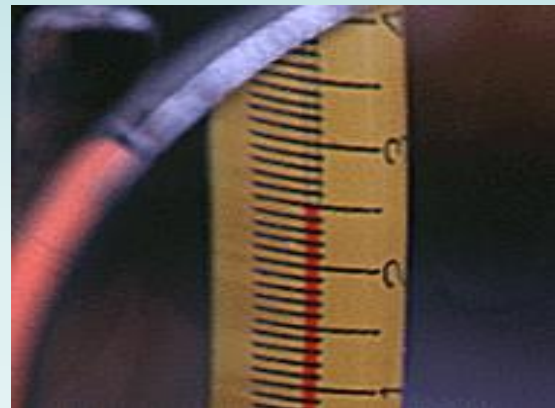
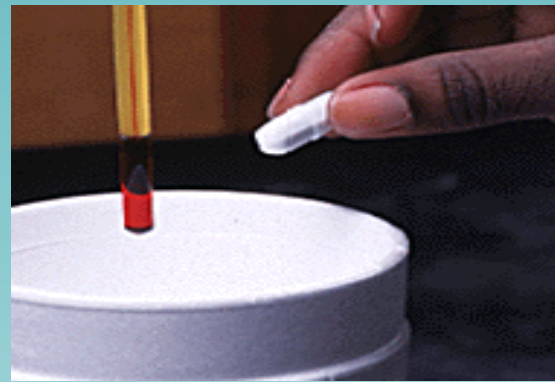
- adiabatické = ohřátí obsahu kalorimetru
- Izotermní = vzniklé teplo je odváděno

1. Kalorická bomba – adiabatický bombový kalorimetr

1. Vzorek
2. Zápalné drátky
3. Výbušné zapálení celého obsahu
4. Ohřívání vody + mixér pro rovnoměrnou distribuci tepla

2. Celotělový kalorimetr (pro laboratorní zvířata, pro člověka)





- Množství spotřebovaného O_2
- Množství energie uvolněné na 1 mol spotřebovaného O_2 se liší s typem oxidované látky (vliv skladby potravy) – **energetický ekvivalent = univerzální konstanta pro výpočet energetického výdeje za předpokladu příjmu smíšené stravy**
- Otevřené nebo uzavřené systémy
- Otevřený = osoba vdechuje atmosférický vzduch a vydechuje do analyzátoru
- Uzavřený = osoba vdechuje kyslík z rezervoáru = uzavřený systém

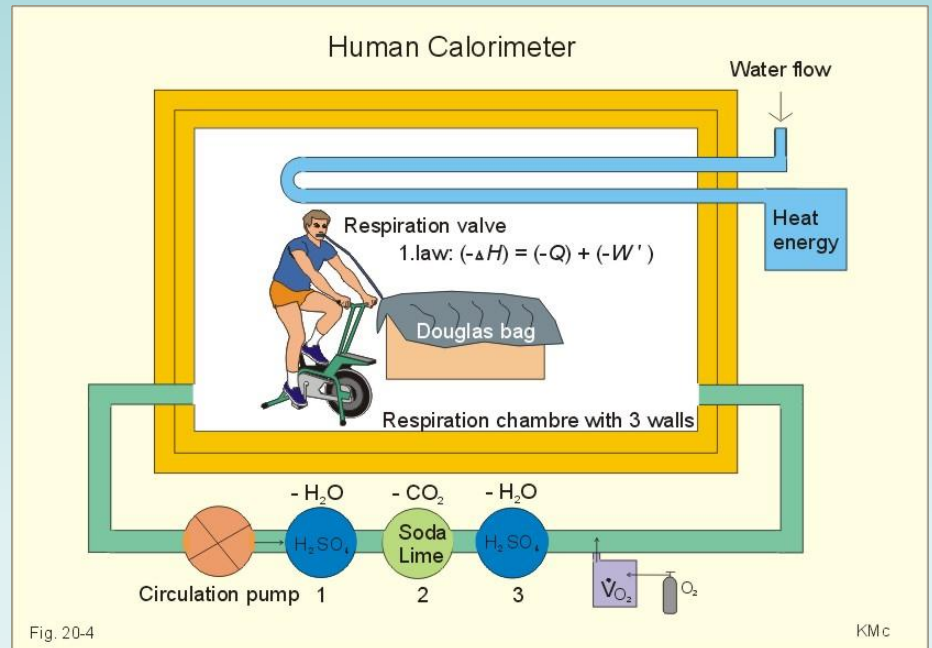
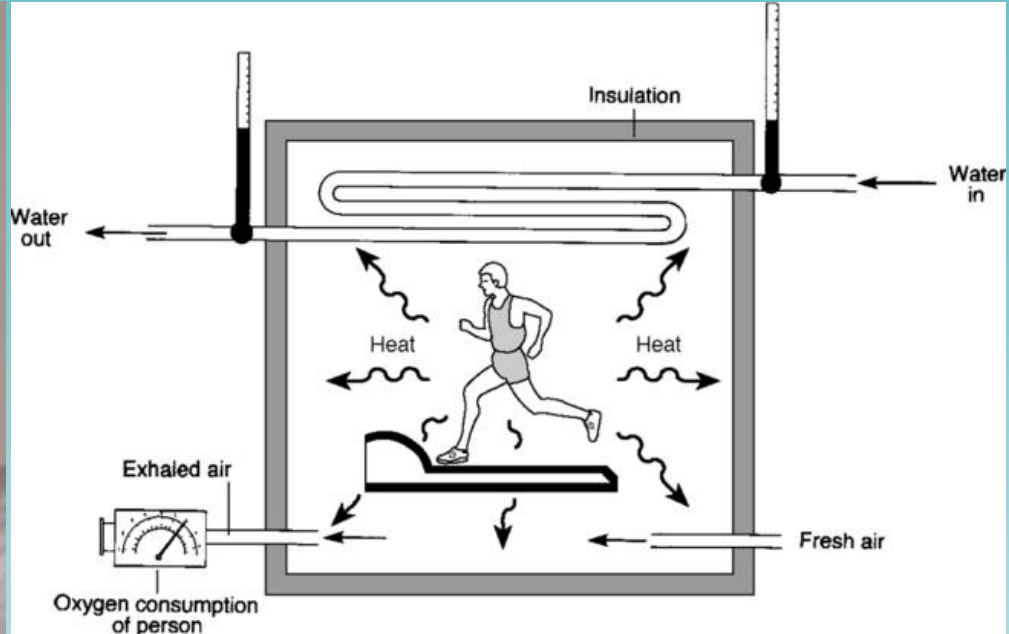


Fig. 20-4

KALORIMETRIE NEPŘÍMÁ

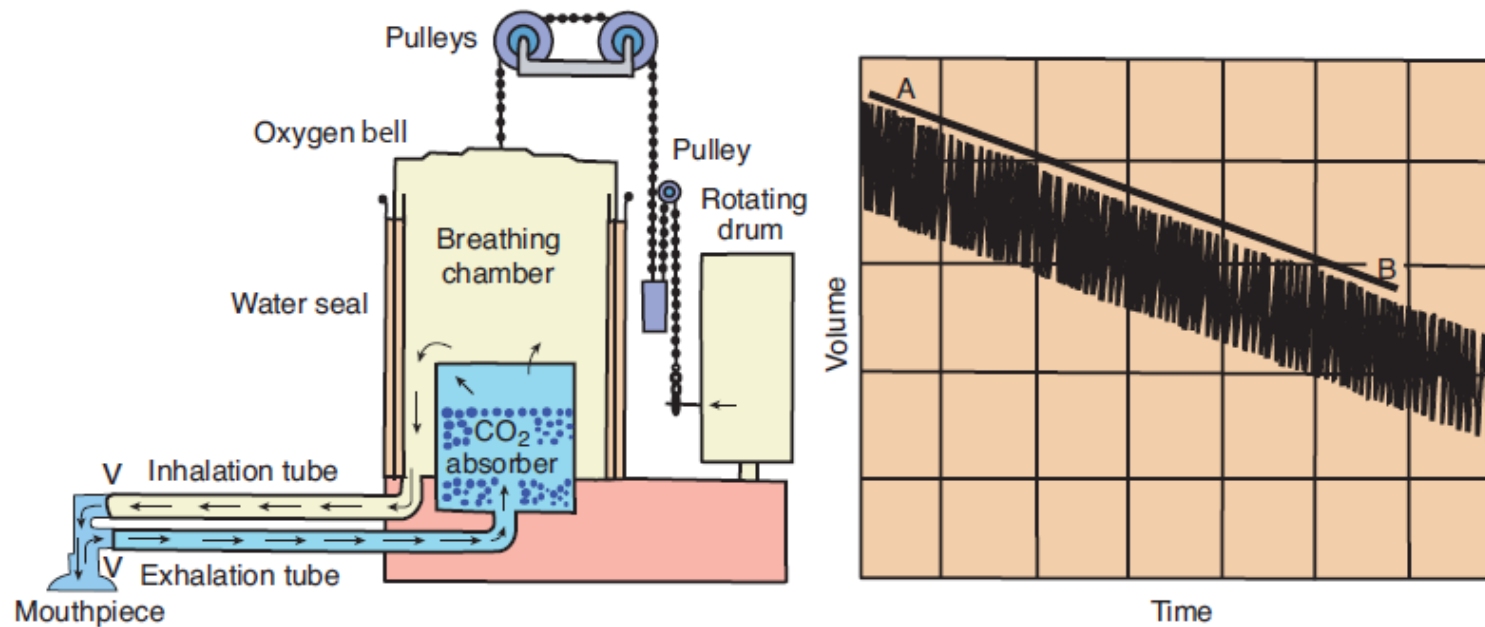


FIGURE 27-8 Diagram of a modified Benedict apparatus, a recording spirometer used for measuring human O₂ consumption, and the record obtained with it. The slope of the line AB is proportionate to the O₂ consumption. V: one-way check valve.

Barret, K.E., Boitano, S., Barman, S.M., Brooks, H.L. Ganong's Review of Medical Physiology. 23rd Ed. McGraw-Hill Companies 2010