

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**

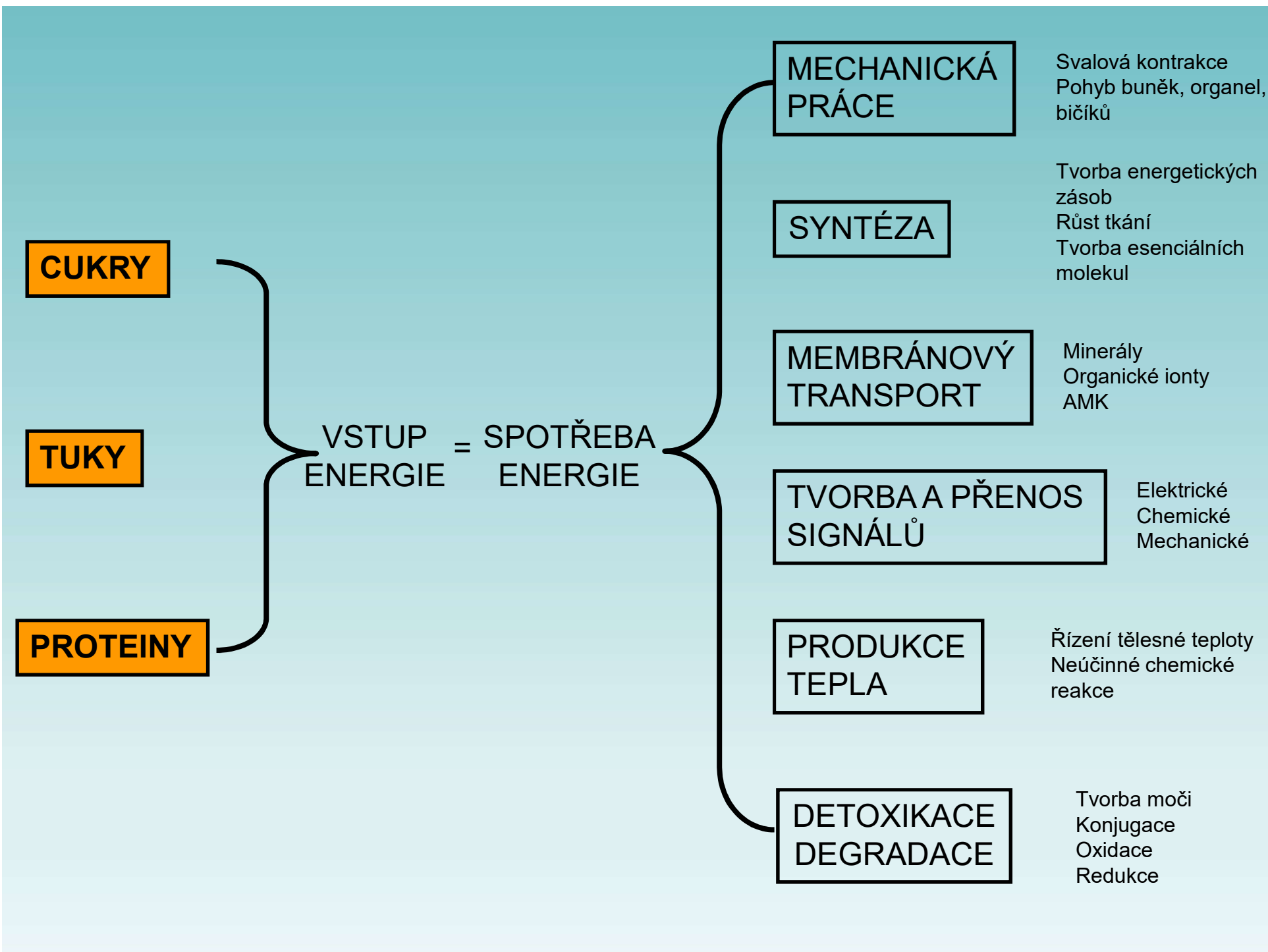
Rychlost metabolismu: množství energie uvolněné za jednotku času

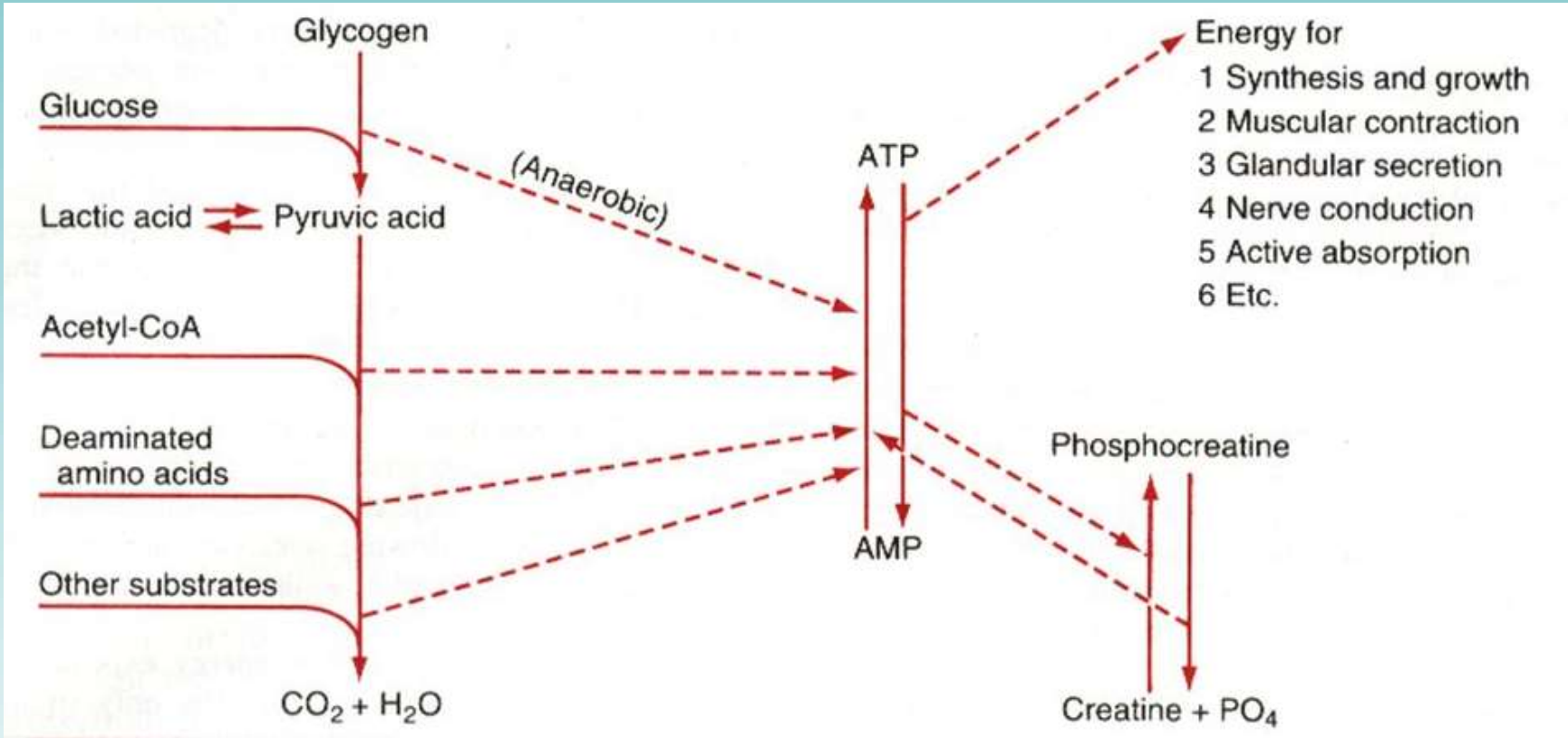
Kalorie (cal) = množství tepelné energie, potřebné ke zvýšení teploty 1g vody o 1°C, z 15°C na 16°C.

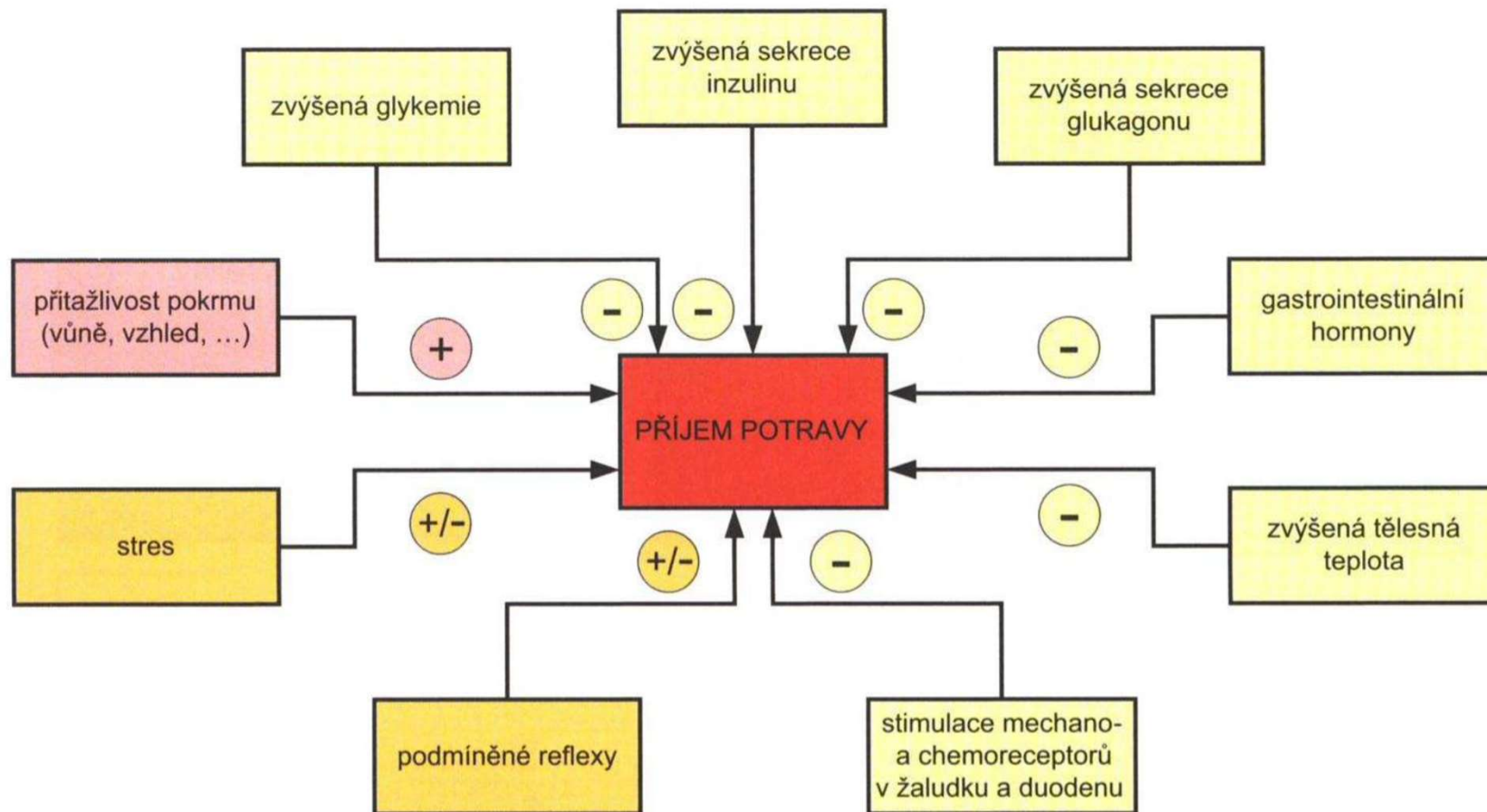
METABOLISMUS

- ▶ 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







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 ! Kalorická hodnota!

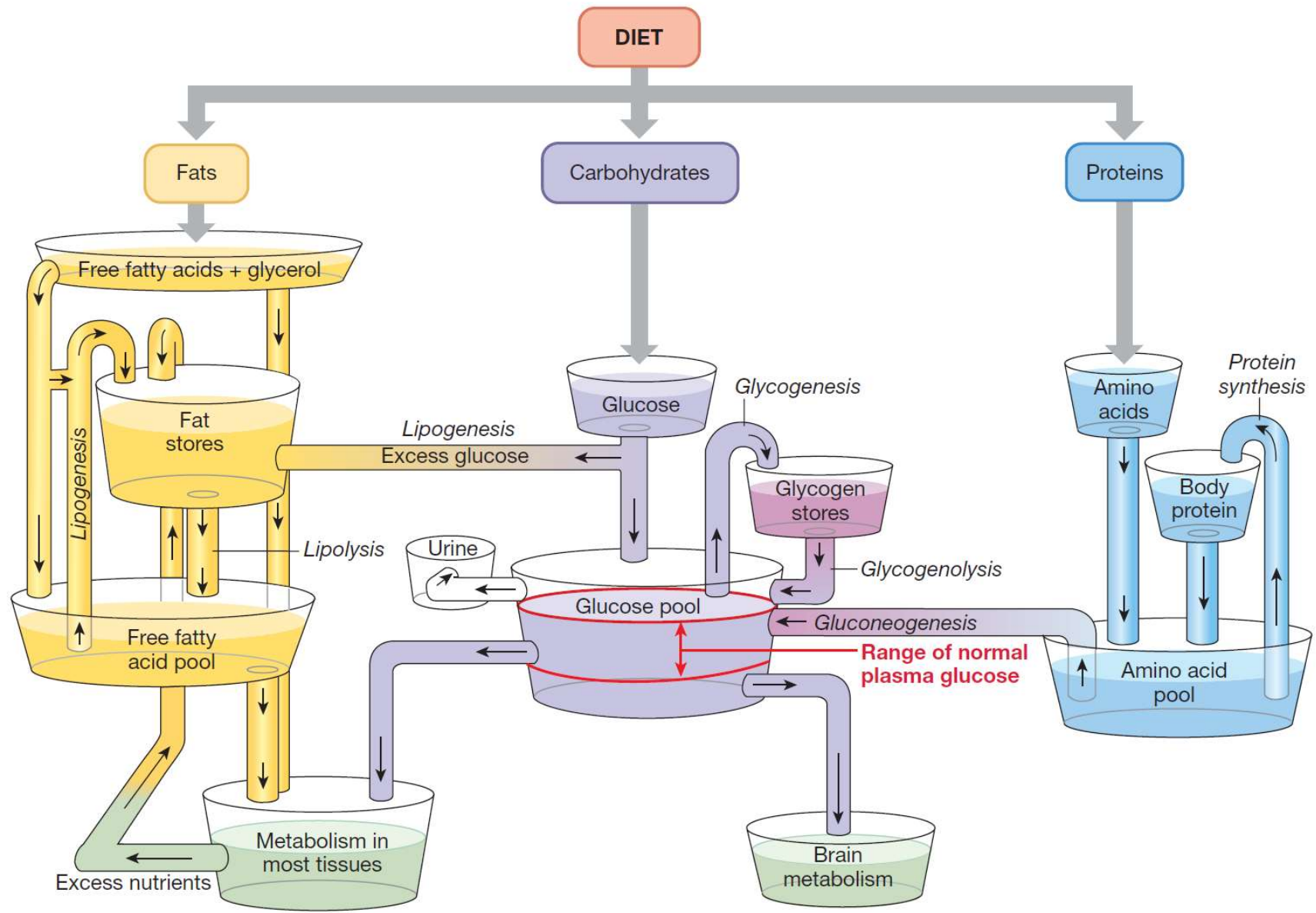
Spalováním vzniká: 4.1kcal/g, 9.3kcal/g, 5.3kcal/g (4.1 v těle) 1kcal=4184J

Přeměna proteinů a cukrů na tuky – účinné uložení energie

Přeměna proteinů na cukry – potřeba rychlé energie

ALE: neexistuje signifikantní přeměna tuků na cukry

NUTRIENT POOLS AND METABOLISM



■ **Fig. 22.3** Adapted from L. L. Langley, *Homeostasis* (New York: Reinhold, 1965).

METABOLISMUS CUKRŮ

1. Zdroj energie

2. Součást glykoproteinů, glykopeptidů, glykolipidů – strukturální či funkční (kolagen bazálních membrán, mukopolysacharidy, myelin, hormony, receptory...)

Karbohydráty z potravy – hexózy (glukóza, fruktóza, galaktóza)

Klíčový substrát – glukóza.

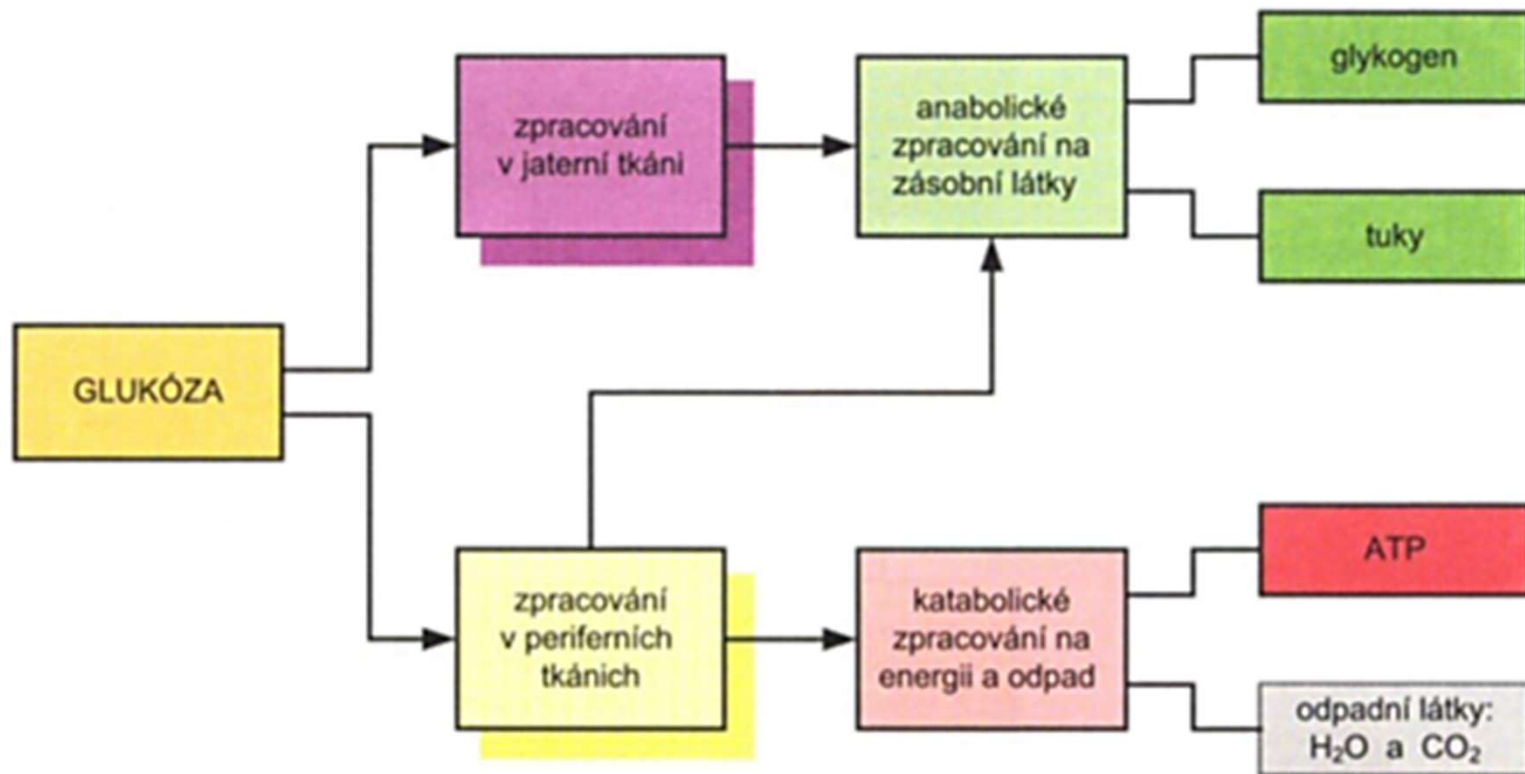
Postprandiální plazmatické hladiny glukózy: 3,5 – 6,5 mmol/l

Glykémie. Hypoglykémie, hyperglykémie.

Hypoglykémie: pokles kyslíkového zásobení CNS

Glykolýza, glukoneogeneza. Humorální řízení glykémie.

Glykolýza: hlavní produkty – laktát a pyruvát – průměrné koncentrace v plazmě 0,7 a 0,07 mmol/l (poměr 10:1 zůstává zachován i při různém obratu); v hypoxii – 30:1 (metabolická acidóza)



- Glukózový obrat: 2 mg/kg/min (11 mmol/kg/min)~9 g/hod~ 225 g/den
- 55% glukózové utilizace – terminální oxidace (CNS)
- 20% - glykolýza, laktát zpět do jater, glukoneogeneza (Coriho cyklus)
- 20% - zpětné vychytávání játry a splachnickými tkáněmi
- 70% využití glukózy v klidu je insulin-independentní

- Cirkulující zásobárna (pool) glukózy – jen o trochu větší než výdej játry za 1 hod
- Mozkovou oxidaci udrží jen cca 3 hod (zásoby glykogenu v mozku – cca 10 min)
- NUTNOST NEUSTÁLÉ PRODUKCE GLUKÓZY Z JATER za hladovění
- 80 % - glykogenolýza, 20 % - glukoneogeneza (více než 50 % z laktátu vychytaného játry pro glukoneogenezu, zbytek – AMK, zvl. alanin; laktát z glykolýzy ve svalech, ery, leu, aj.; AMK – z proteolýzy ve svalech)

- Ranní příjem glukózy – 70 % spotřebují periferní tkáně (svaly), 30 % - splanchnické orgány (játra)
- 20-30 % přijaté glukózy – oxidováno během 3-5 hod. na pokrytí nároků GIT, 70-80 % uloženo do glykogenu (sval, játra)
- Svalový glykogen – později přesunut do jater (laktát z glykolýzy ve svalech, reuptake, glukoneogeneza v játrech, glykogenolýza)
- Během maximální resorpce exogenní glukózy – vyplavení glukózy z jater je potlačeno (inzulin a glukagon facilitují tento děj)

JATERNÍ GLUKOSTAT

Udržování konstantní glykémie

Endokrinně řízen:

- glykogenolýza (glukagon, adrenalin, noradrenalin = aktivace glykogenfosforylázy)
 - proč pouze játra a ne svaly? (glukóza-6-fosfatáza v játrech)
- glukoneogeneze (glukagon, adrenalin, noradrenalin, glukokortikoidy, hormony štítné žlázy)

REGULACE ODBOURÁVÁNÍ GLYKOGENU

ADRENALIN (působí na játra i sval)
GLUKAGON (působí jen na játra)

adenylátcyklasa

ATP → cAMP

glykogensynthasa I

fosforylase b

fosfatasa

proteinkinasa

fosforylasakinas

aktivovatelná svalovou prací

fosfatasa

glykogensynthasa D

aktivovatelná glukosa-6-fosfátem

fosforylase a

POKLES TVORBY (převaha odbourávání) GLYKOGENU

Poznámky:

Glykogensynthasa I = aktivní defosforylovaná, nezávislá na Glc-6-P

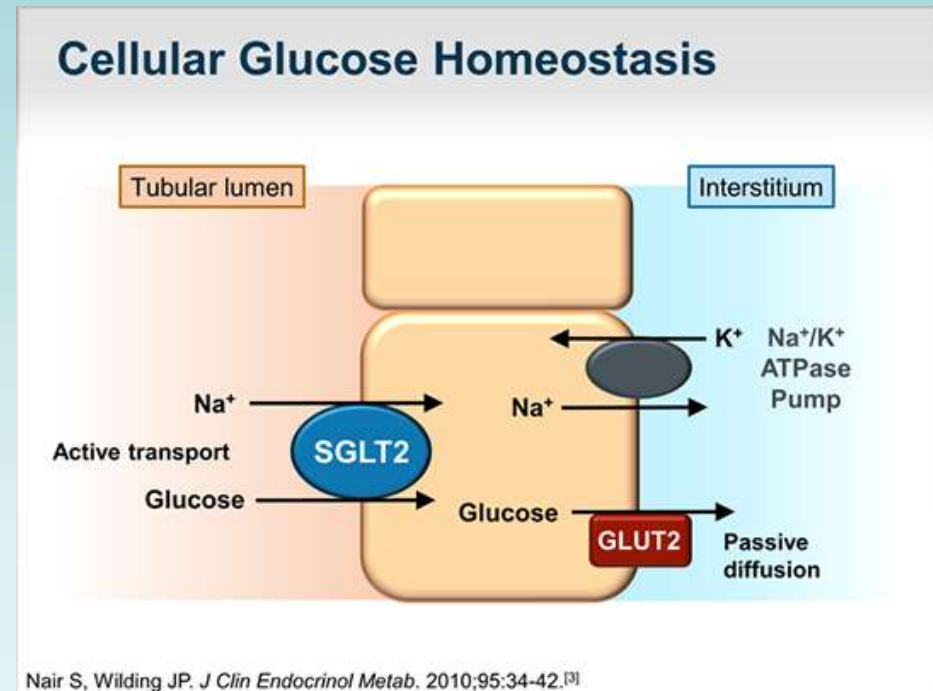
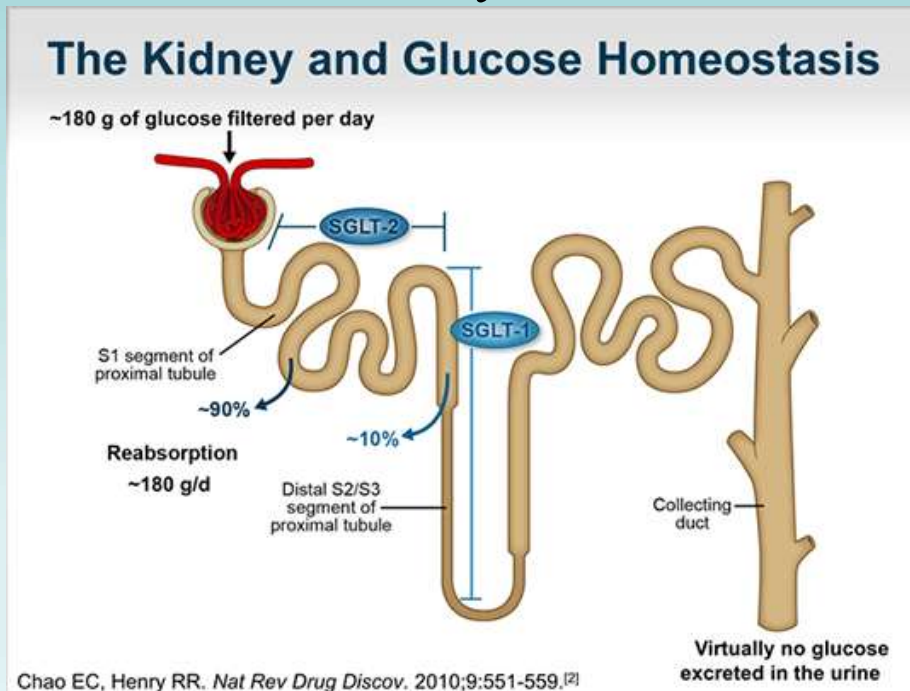
Glykogensynthasa D = fosforylovaná, méně aktivní, závislá na aktivaci Glc-6-P

Fosforylase a = fosforylovaná, aktivní tetramer

Fosforylase b = inaktivní dimer

GLYKOSURIE

- Renální glykosurie (vrozený defekt glukózového transportu v ledvinách, glykémie je normální)
- Alimentární glykosurie (renální práh pro glukózu = 10mmol/l)
- Pozn. inhibitory SGLT2

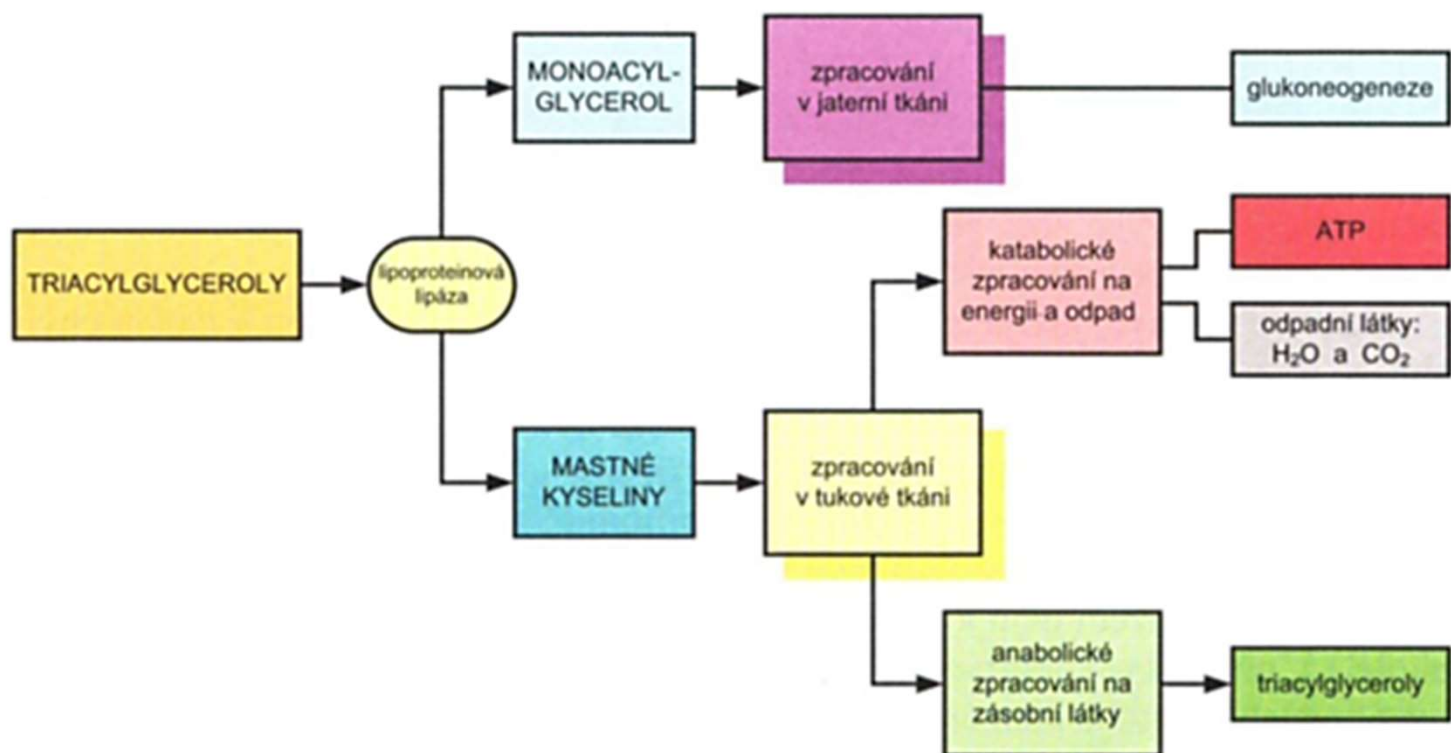


METABOLISMUS TUKŮ

- Tuk – cca 50 % denní dávky substrátů pro oxidaci (100g, 900kcal)
- Hlavní a nejvýhodnější forma zásoby energie
- Denní příjem: cca 100g (40% denní diety)
- Hlavní komponenta potravinových zdrojů i zásob v těle: triglyceridy
- Neexistuje striktní dietní doporučení (část MK syntetizována v játrech a tukové tkáni)
- ALE: 3-5% MK polynenasycené!!! – **ESENCIÁLNÍ MK**
- Prekurzory membránových fosfolipidů, glykolipidů, prostaglandinů
- Cholesterol – součást membrán, prekurzor žlučových kyselin, steroidních hormonů; denní příjem – 300-600 mg/den, též syntetizován
- Lipoproteiny: transport lipidů krevní plazmou
- Apoproteiny (z jater či střeva), katalytická funkce, receptory

- Chylomikrony – z potravy, nejmenší densita, lipoproteinová lipáza (endotel kapilár), aktivace apoproteinem C-II, transport HDL
- volné MK vstřebány adipocyty (resyntéza triglyceridů, zásoba) i ostatními tkáněmi (oxidace)
- Zbytek lipoproteinových částic (více cholesterolu) – chylomikronové zbytky – degradace v játrech
- VLDL – endogenní syntéza v játrech (méně střevo), v postabsorpční fázi
- Densní, více cholesterolu, delší poločas v plazmě
- Rychlost tvorby: 15-90 g/den
- Začátek metabolismu – viz. chylomikrony
- Produkty účinku lipoproteinové lipázy – IDL (intermediate-density lipoprotein)
- 50% IDL – zpět do jater (jako chylomikronové zbytky)
- 50% IDL – obohaceny cholesterolem – LDL
- Kolující LDL – transport cholesterolu do buněk
- Vstřebání LDL, IDL, zbytků ch. – apoproteiny, receptory, endocytóza

Uptake LDL-cholesterolu do buněk – downregulace LDL receptorů (zpomalení vstřebávání) a zpomalení syntézy de novo



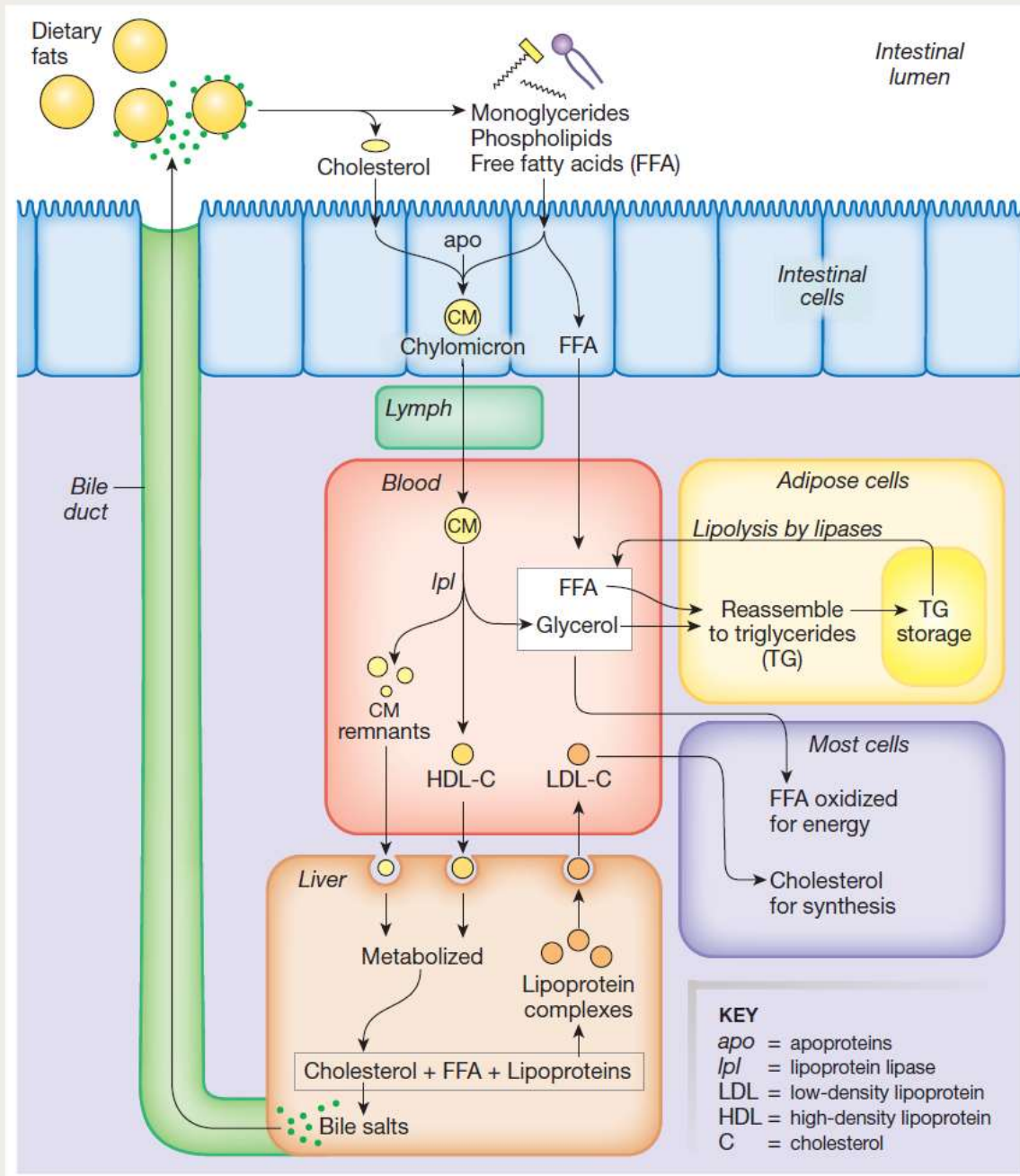
- HDL – dlouhý plazmatický poločas, syntéza v játrech a střevě
- Facilitace pohybu ostatních partikulí
- Výměna klíčových apoproteinů
- Akceptují molekuly volného cholesterolu, esterifikují je (lecithin-cholesterol-acetyltransferáza) a inkorporují zpět do partikulí
- Hlavní účinek: zrychlení clearance triglyceridů z plazmy a regulace poměru volný:esterifikovaný cholesterol

- Volné MK
- Průměrná koncentrace: $400\mu\text{M/l}$
- Vázané na molekuly albuminů
- Rychlý obrat (cca 8g/hod): 50% - oxidace, 50% - reesterifikace do triglyceridů

- Celkový cholesterol: 185mg/l
- LDL cholesterol: 120mg/l
- HDL cholesterol
- Ateroskleróza, genetické predispozice (LDL apo či receptor)

Fat Synthesis

(a) Transport and Fate of Dietary Fats



PORUCHY METABOLISMU CUKRŮ

1. **Diabetes mellitus**
2. **McArdleův syndrom:** glykogeneze z deficitu myofosforylasy
Hromadění glykogenu ve svalech
Svalová ztuhlost, ztuhlost při námaze, snížená tolerance k výkonu
3. **Galaktosémie** (vrozený deficit fosfogalaktosauridyltransferasy;
poruchy růstu a vývoje)

PORUCHY METABOLISMU TUKŮ

1. **HYPERLIPIDÉMIE, HYPERLIPOPROTEINÉMIE**
2. **VZÁCNÉ PORUCHY LIPIDOVÉHO METABOLISMU**

Ad 1) 5% obyvatelstva

Primární a sekundární formy

Ateroskleróza

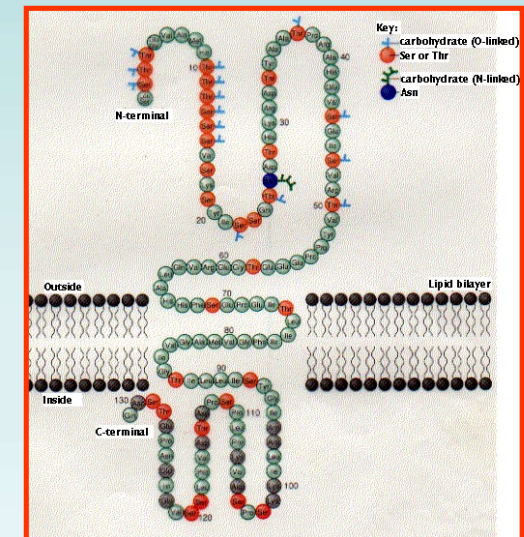
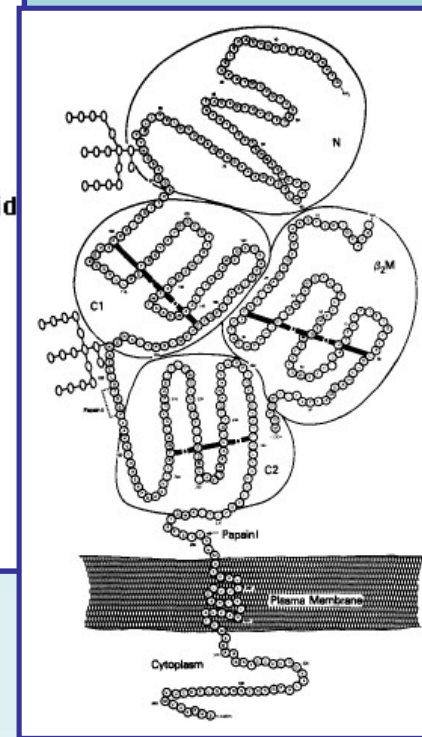
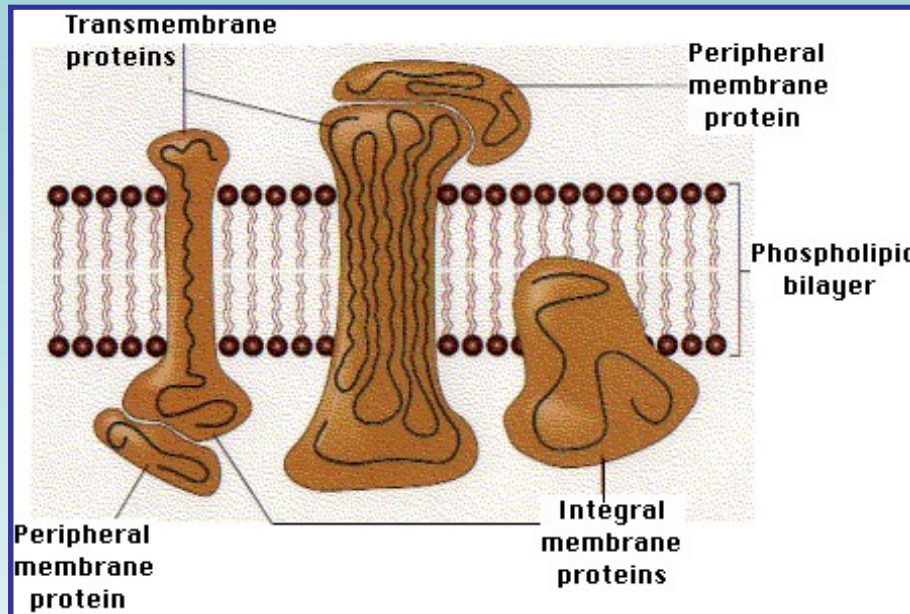
- Tuky indukovaná hyperlipoproteinémie
- Familiární hypercholesterolémie (xantomatóza)
- Smíšená hyperlipoproteinémie
- Familiární hypercholesterolémie s hyperlipémií
- Sacharidy indukovaná triglyceridémie
- Sekundární hyperlipoproteinémie (druhotné; alimentární)

Ad 2)

- Lipidózy
- Abetalipoproteinémie (LDL, VLDL; hromadění lipidů v epitelu střeva)
- Analfalipoproteinémie (HDL; hromadění esterů CHOL v tkáních)
- Vrozený defekt acetyltransferázy LCAT (hromadění lecitinu)

METABOLISMUS PROTEINŮ

- Proteiny = AMK spojené peptidovými vazbami (nad 100 AMK)
- Peptidy (2-10 AMK), polypeptidy (10-100 AMK)
- Primární, sekundární, terciární a kvartérní struktura proteinu

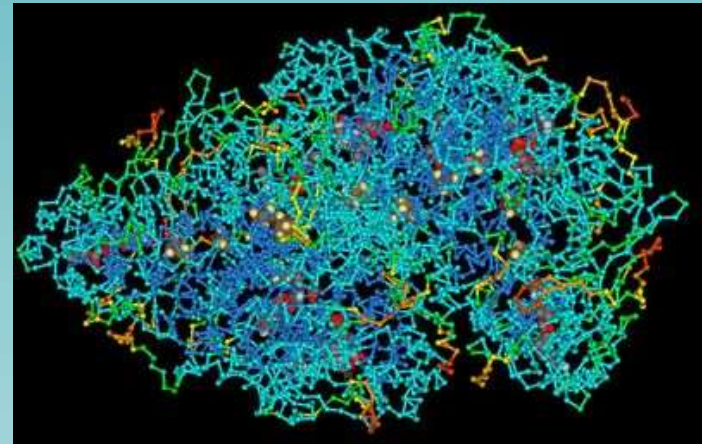


- Proteiny, lipoproteiny, glykoproteiny

- Celkové proteiny v těle: 10 (- 14) kg

- Z toho metabolicky aktivní: 6 kg

- Proteolýza svalů: 50 g proteinů / den



- Minimální denní příjem: 50 g

- Bílkovinné **minimum**: 0,5 g / kg tělesné hmotnosti

- Bílkovinné **optimum**: 0,7 g / kg tělesné hmotnosti

- Zvýšený přísun (růst, rekonvalescence, těhotenství, kojení): 1,5 – 2,0 g / kg

- Turnover – cca 300 g

AMINOKYSELINY

Esenciální (nejsou syntetizovány), semi-esenciální (Arg, His, růst)

- Non-esenciální (z glukózového metabolismu – citrátový cyklus)

- Aminokyselinový pool (hotovost)

- Potřeba esenciálních AMK: 0,5 – 1,5 g / den

- Poruchy proteosyntézy

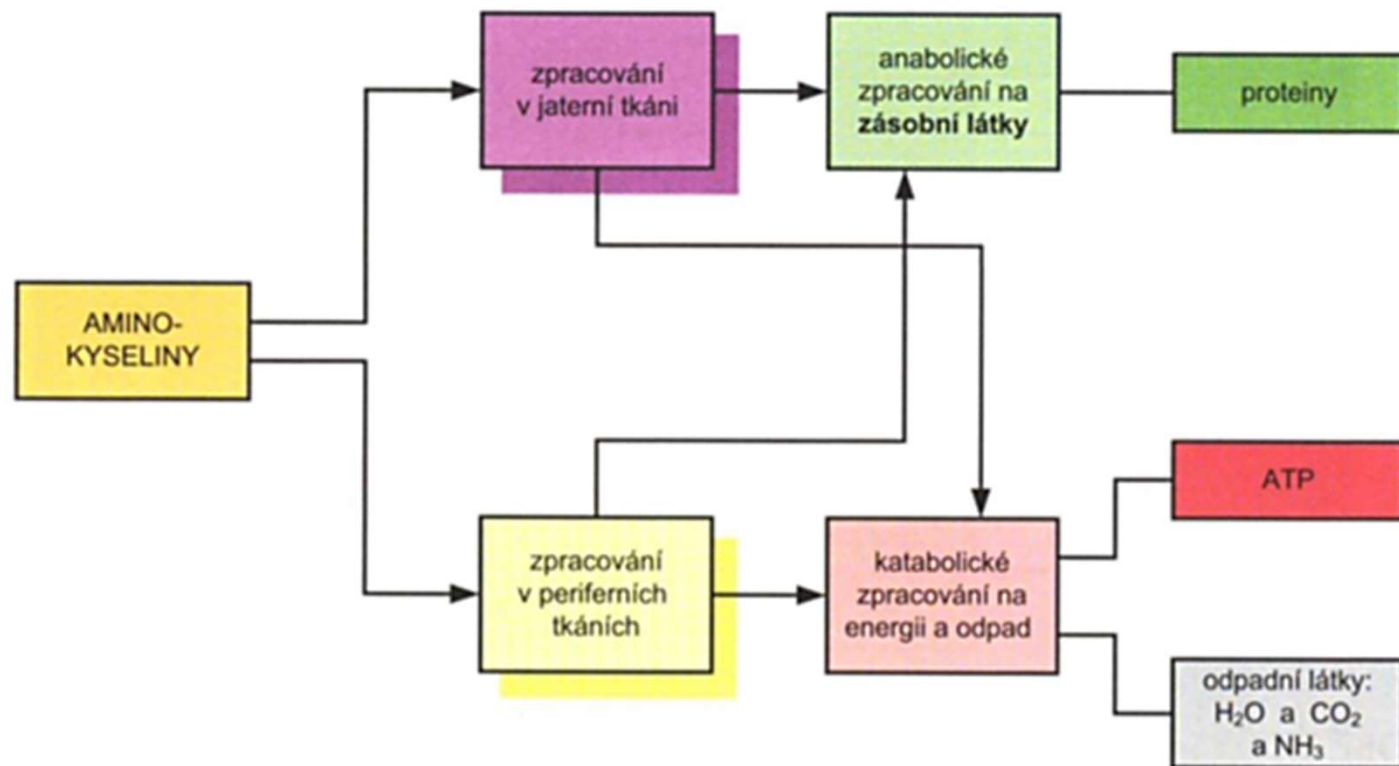
- Nejvhodnější zdroj E-AMK: NE-AMK mléko, vejce

- V růstu: 40% E-AMK, v dospělosti: 20%

- Prekurzory: puriny, pyrimidiny, polyaminy, fosfolipidy, kreatin,

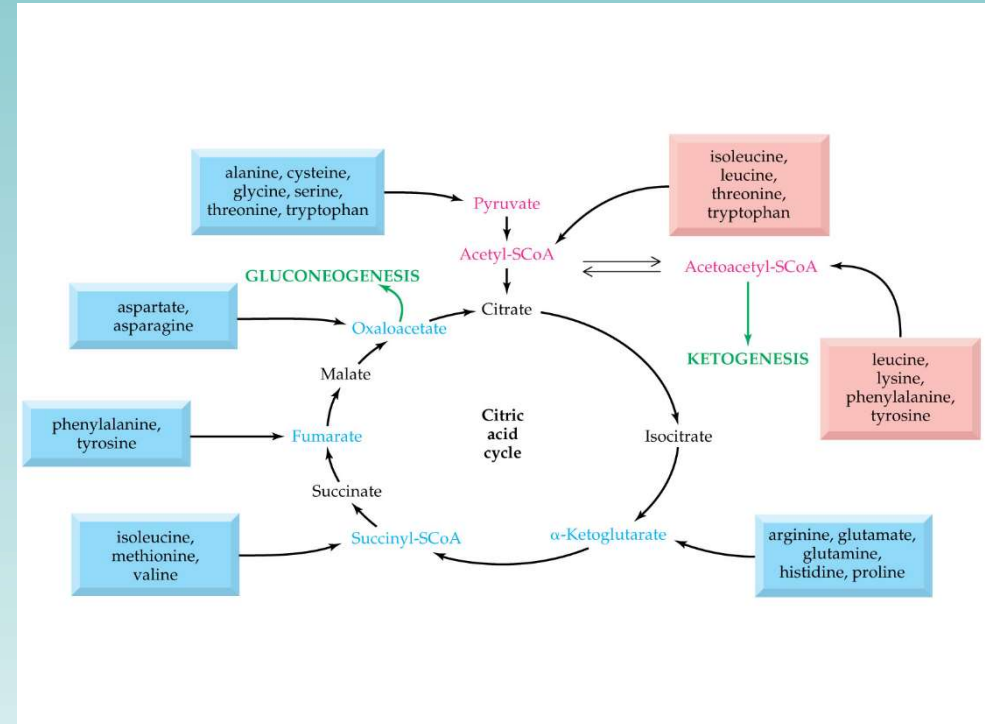
karnitin, donory metylové skupiny, katecholaminy, hormony štítné

žlázy, neurotransmitery



AMINOKYSELINY – nadbytek v potravě

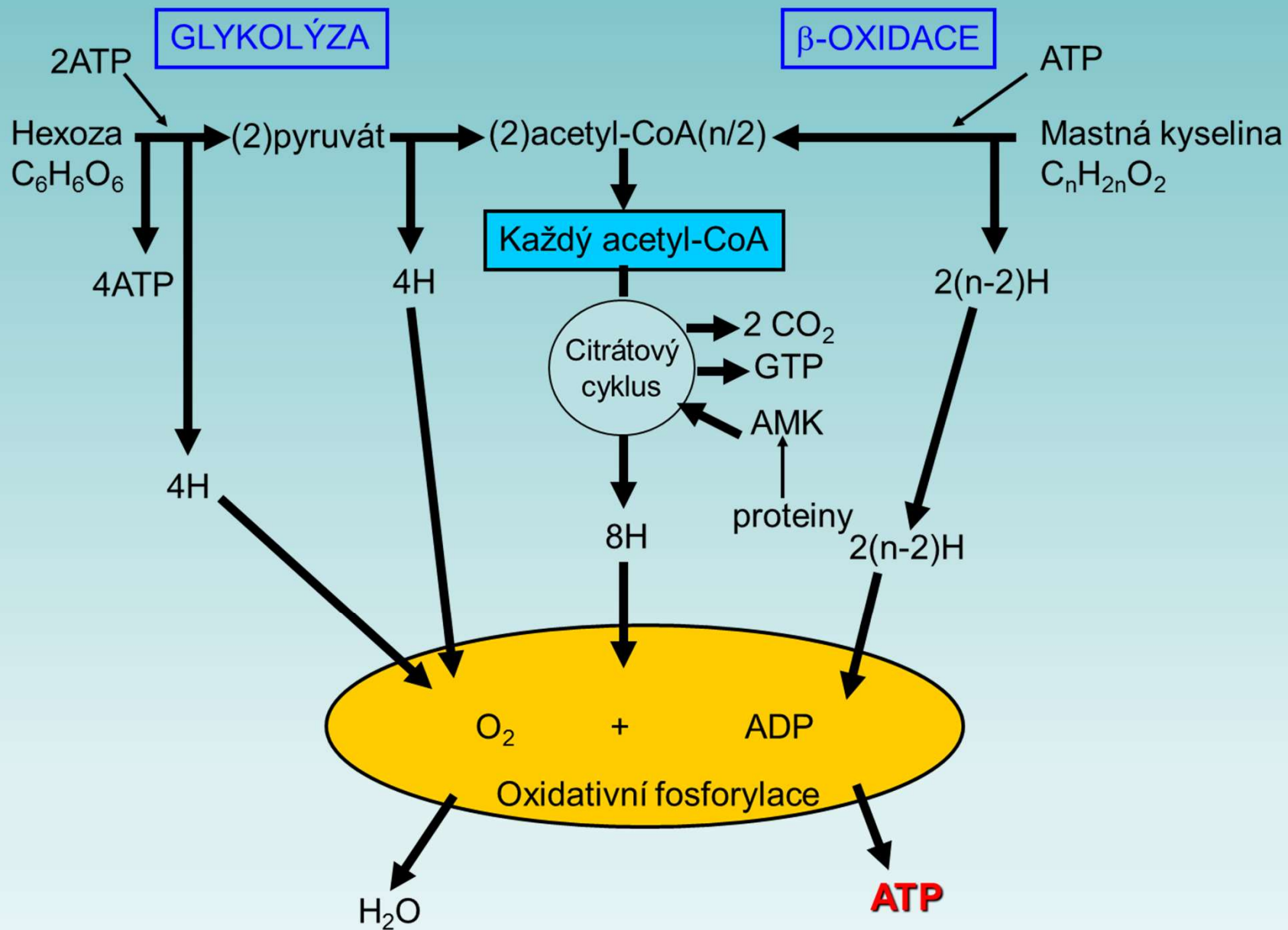
- Degradace, využity tělem jako zdroj energie
- AMK jako další substráty:
 - Glukogenní AMK – výstavba sacharidů
 - Ketogenní AMK – ketolátky + lipidy



VÝDEJ ENERGIE

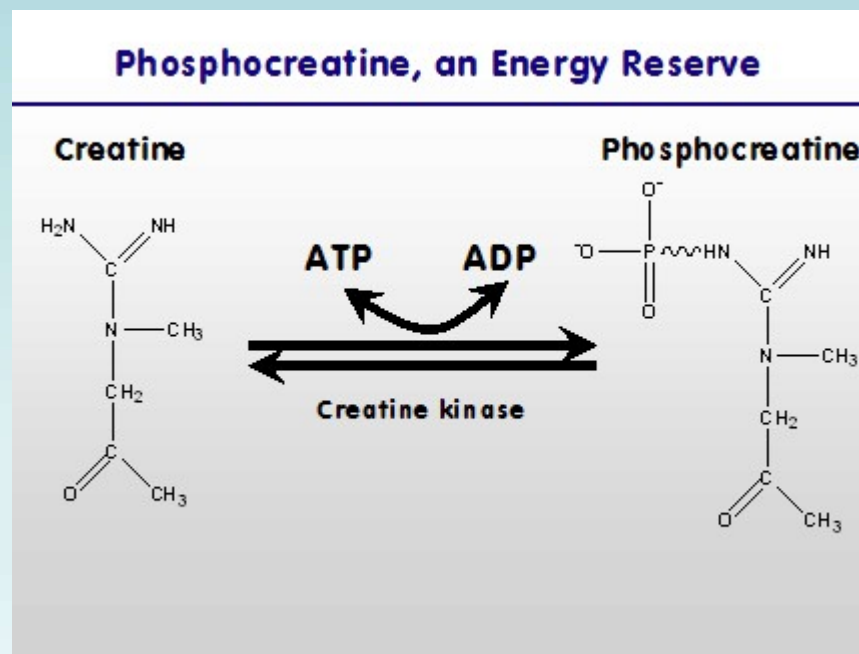
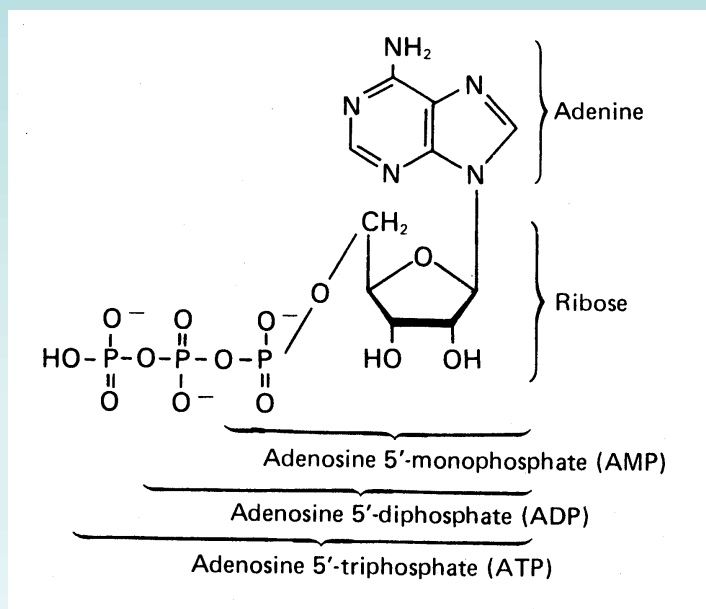
- 1. V klidu:** bazální metabolismus; 8 000 kJ / den; 200-250 ml O₂/min; přímo závislý na hmotnosti a **povrchu těla**; klesá s **věkem**; stoupá s okolní **teplotou**;
ve spánku klesá o 10-15%; geneticky determinován **75%BM**
- 2. Po najezení:** malé zvýšení energetického výdeje – **specifický dynamický 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);

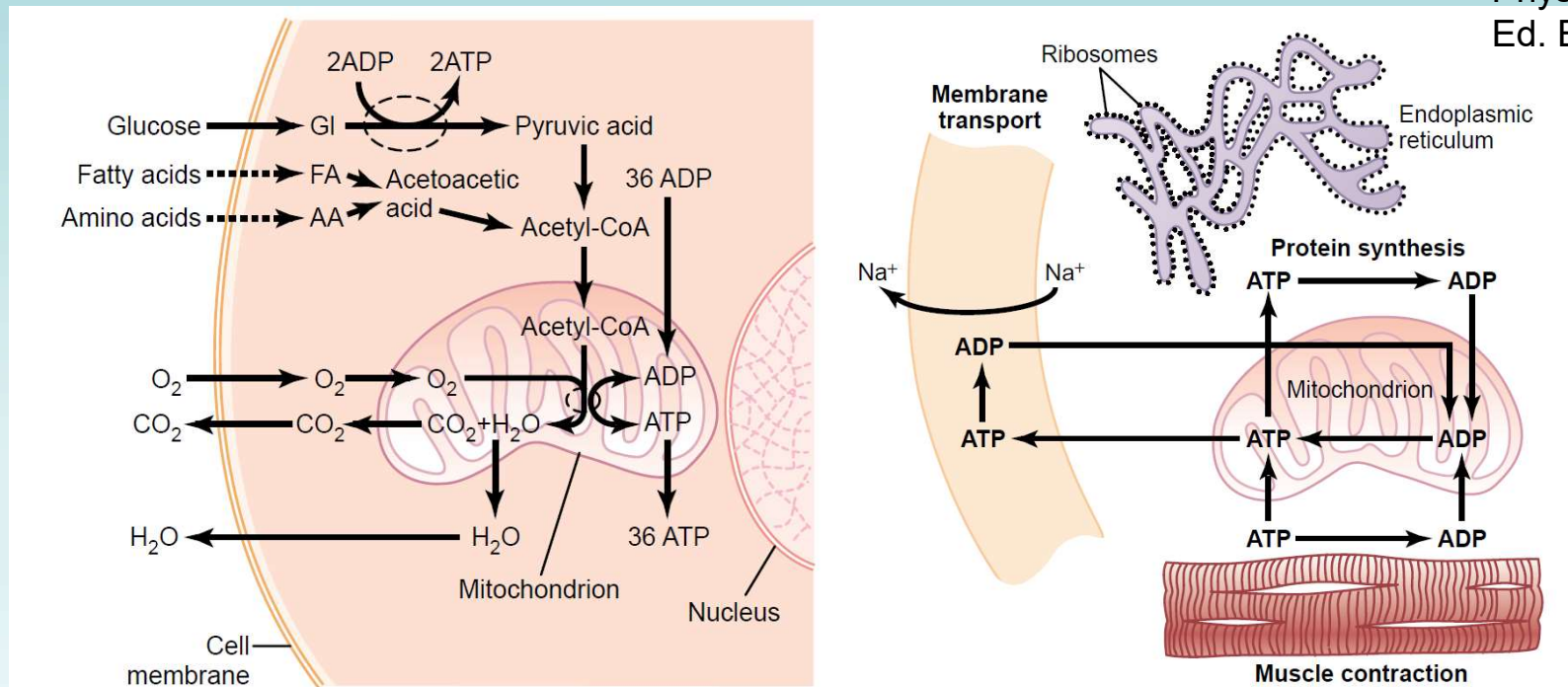
přísun glc je omezený, laktát



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

Guyton and Hall
Textbook of Medical
Physiology. 12th
Ed. Elsevier 2006



Využití ATP

- Transport přes membrány (Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , fosfát, Cl^- , urát, vodíkové ionty, ale také „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 žláz
- 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

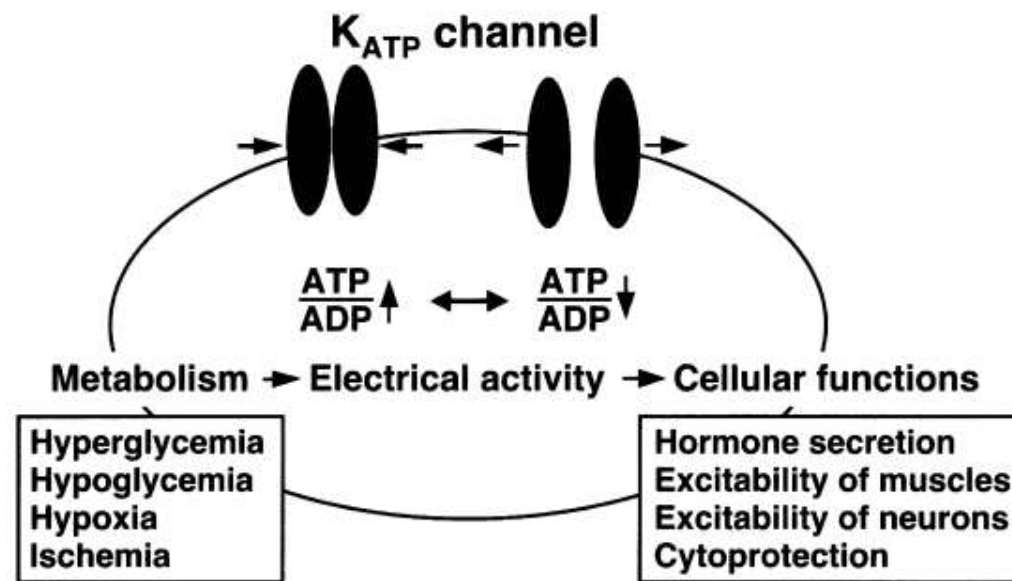
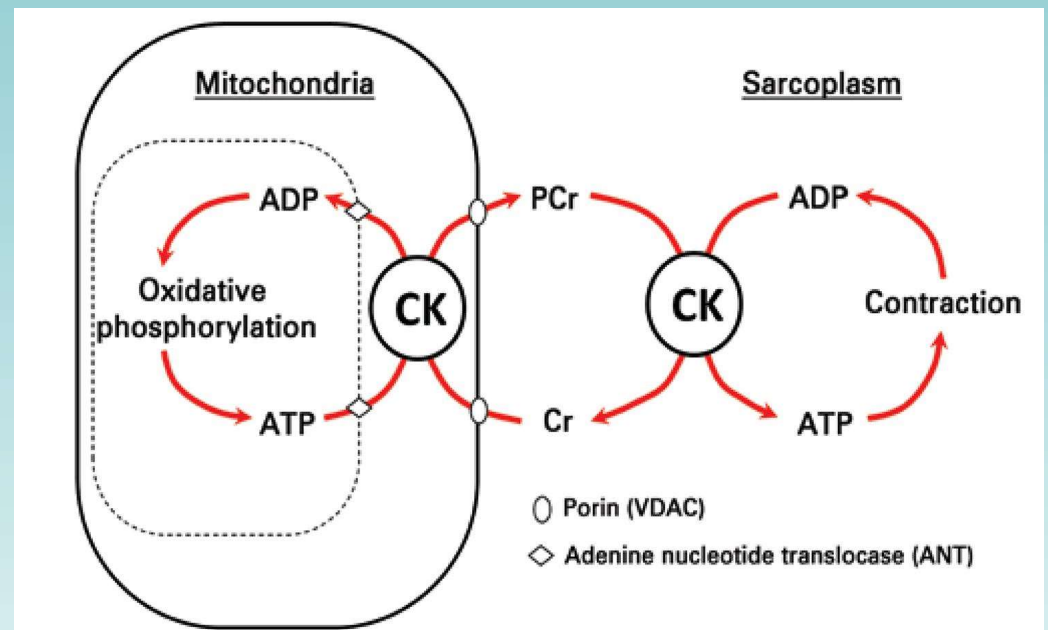


Fig. 1. K_{ATP} channel as metabolic sensor. K_{ATP} channels, as metabolic sensor, play an important role in the cellular responses of various tissues under altered metabolic states, including hyperglycemia, hypoglycemia, ischemia, and hypoxia.

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

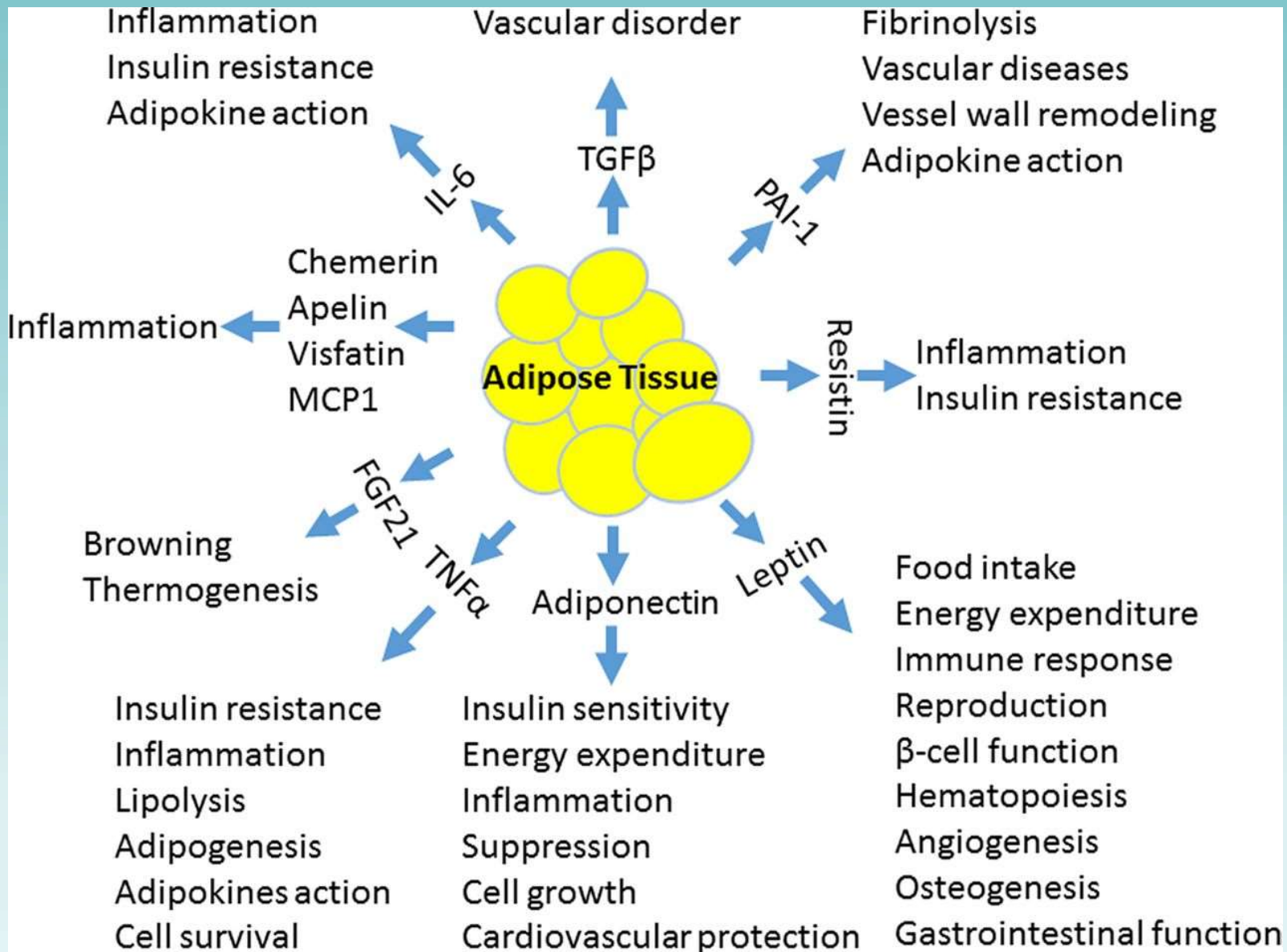
- TEDY: **zvýšená utilizace cukrů posune metabolismus tuků od oxidace k ukládání**

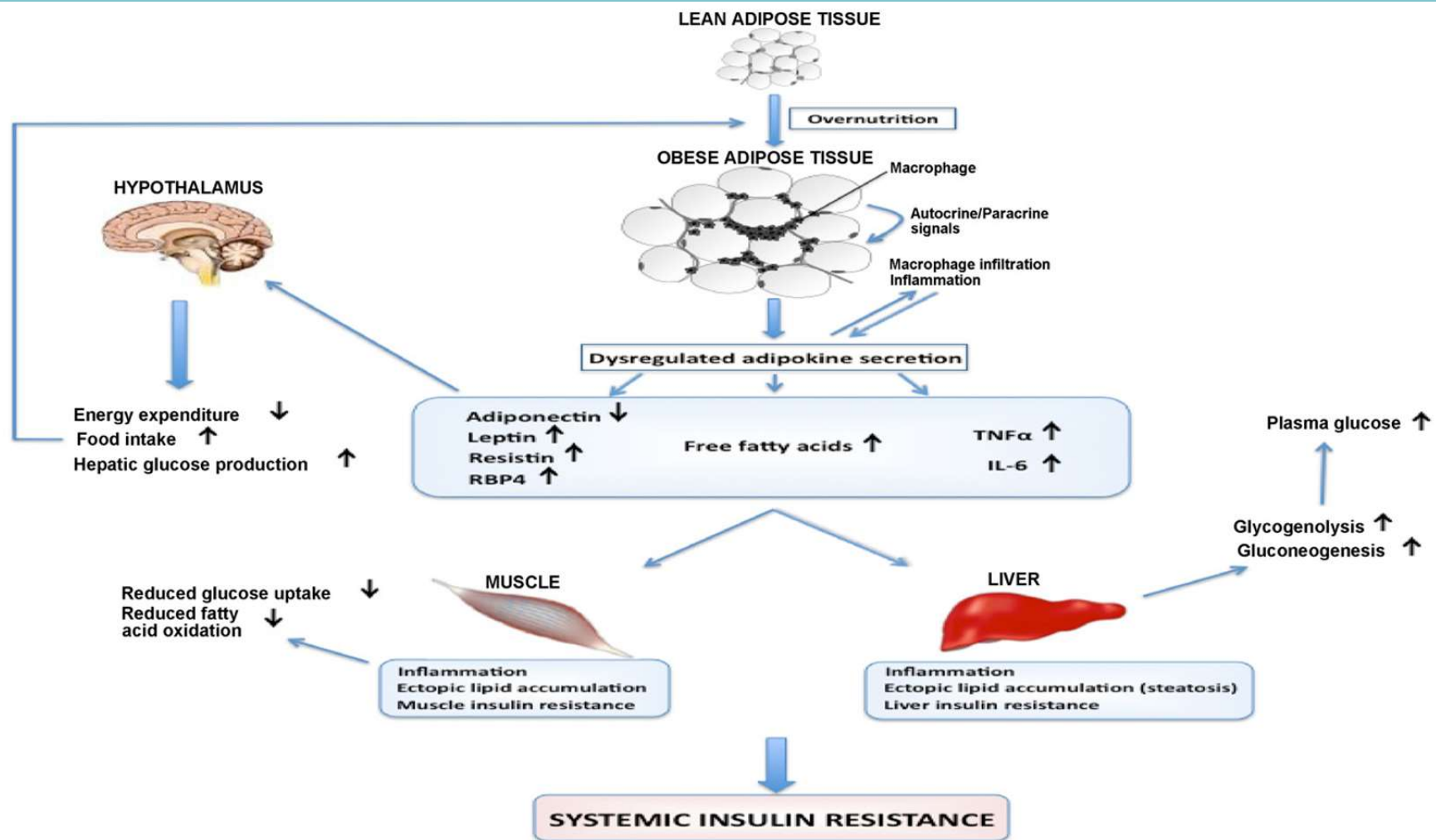
- NADBYTEK MK** – zrychlení β -oxidace; její meziprodukty zpomalují glykolýzu a urychlují glukoneogenezu a glykogenogenezu

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

- Vliv humorální regulace

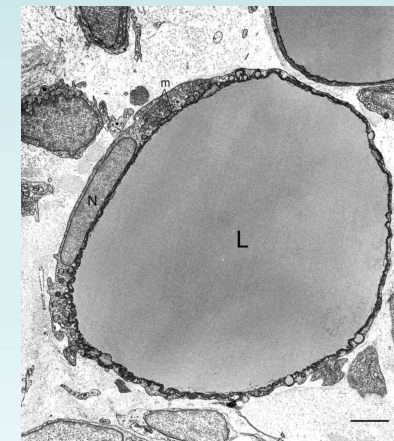
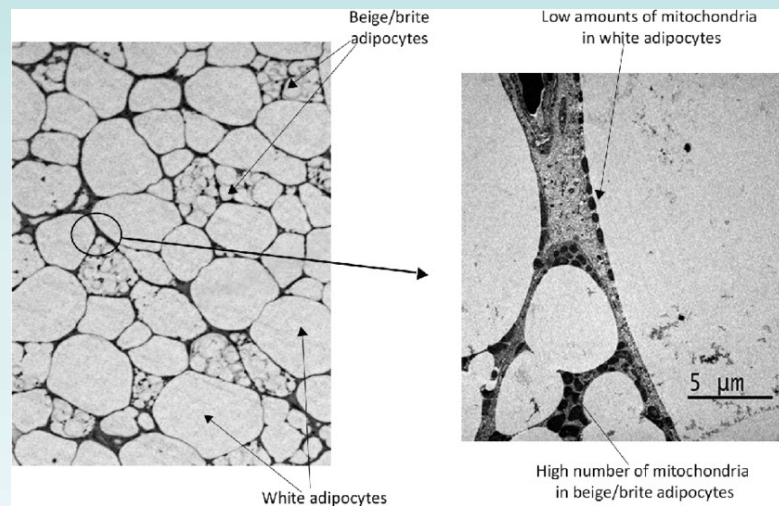
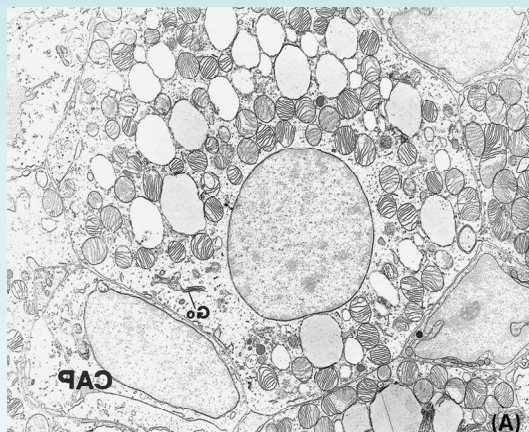
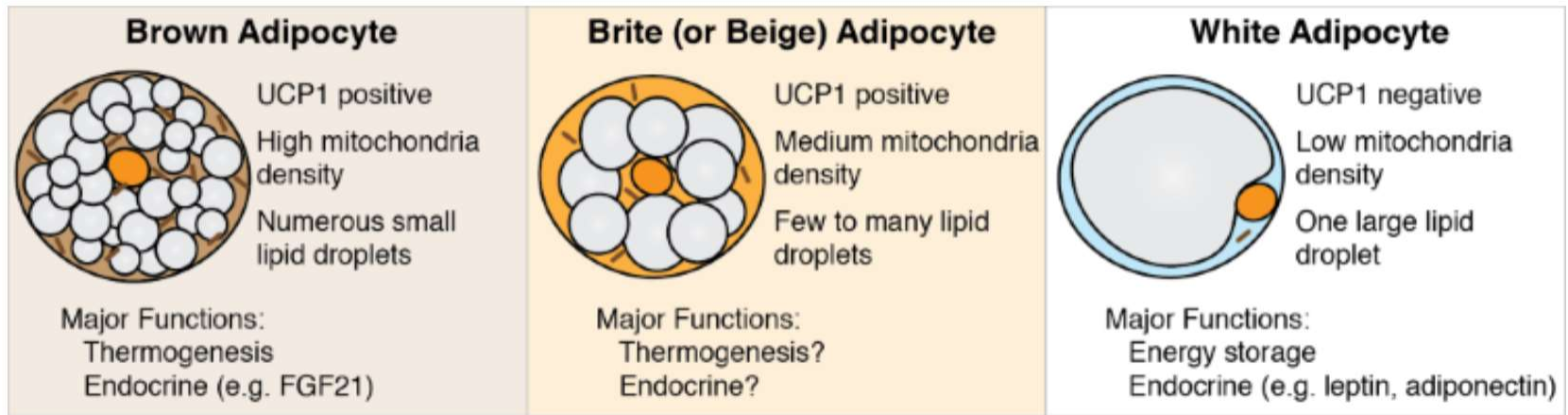
Tuková tkáň





Další typy adipocytů

Types of Adipocytes



HNĚDÝ TUK

LIPIDY: strukturální, neutrální a hnědý

Specifická lokalizace

Sympatická inervace jak cév, tak lipocytů

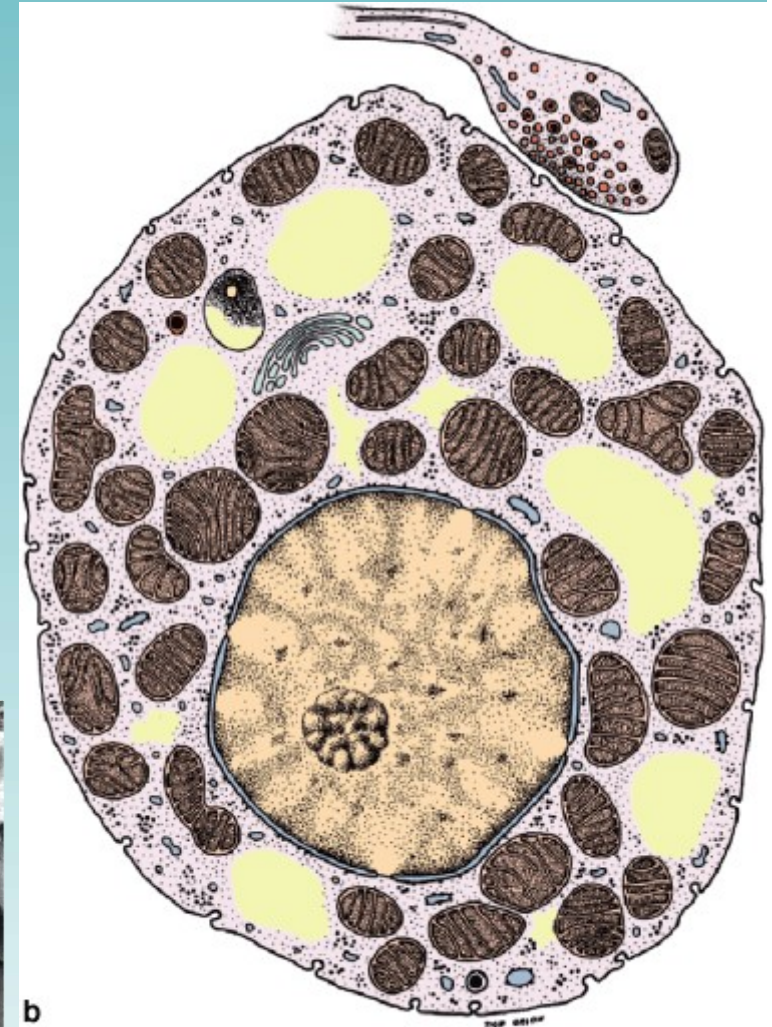
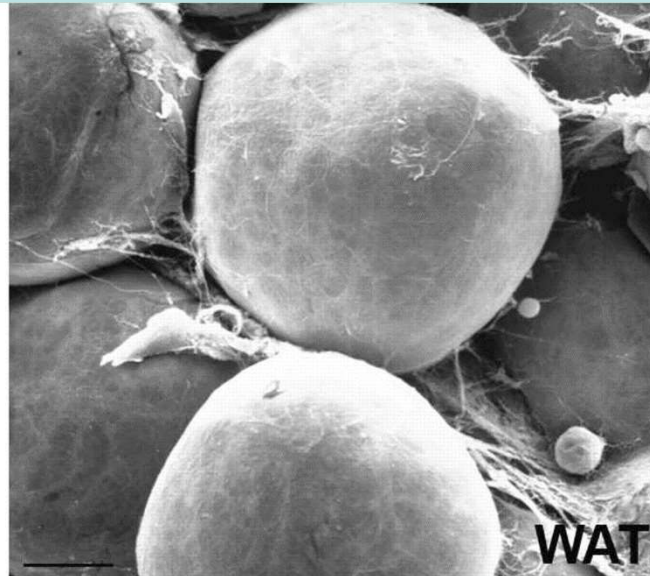
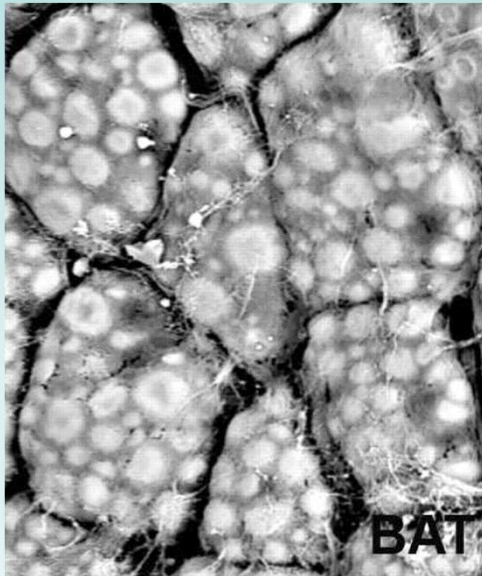
Několik kapének tuku v lipocytu

Více mitochondrií

Produkce tepla

Adaptace na chlad

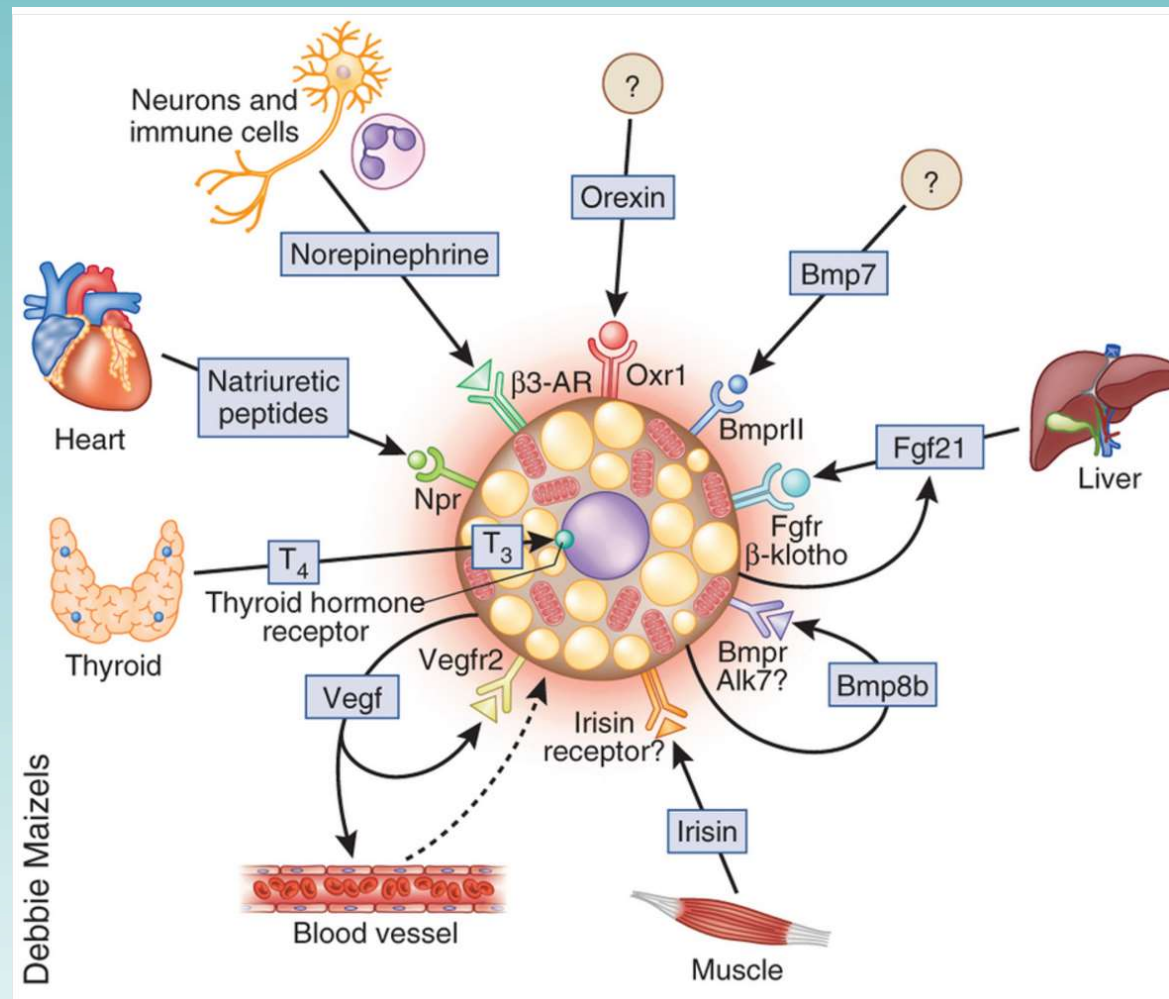
Po najezení se zvyšuje produkce tepla

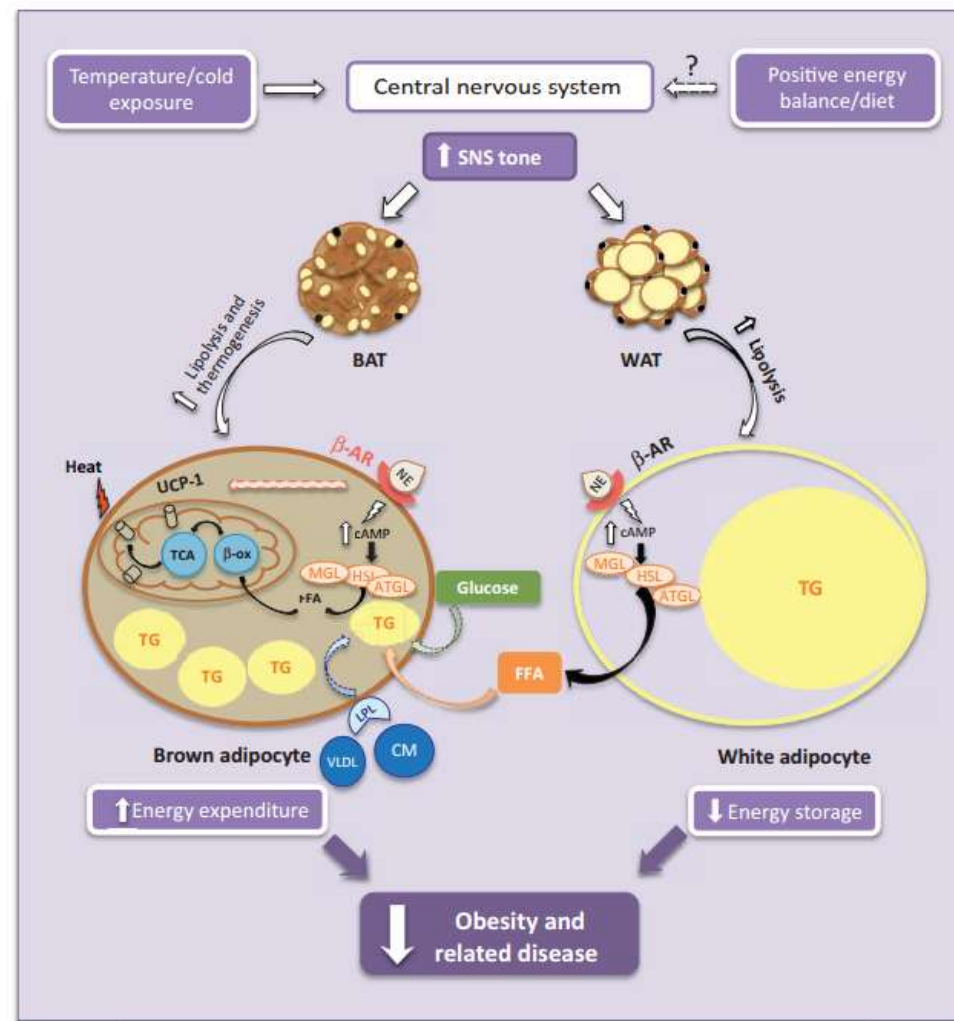


Source: Mescher AL: *Junqueira's Basic Histology: Text and Atlas, 12th Edition*: <http://www.accessmedicine.com>

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. All rights reserved.

- Irisin = ??? (přeměna bílého tuku na hnědý...), produkce zvýšena při fyzické námaze ?
- Fgf21 = zvýšený příjem Glu periferními tkáněmi, zvýšená oxidace FAs
- Natriuretické peptidy = ANP – zvýšení lipolýzy; protekce před nízkými teplotami?
- Bmp8b = produkován hnědými adipocyty a některými hypothalamickými jádry – regulace sympatické aktivity
- T4/T3 – zvýšení exprese termogenních genů



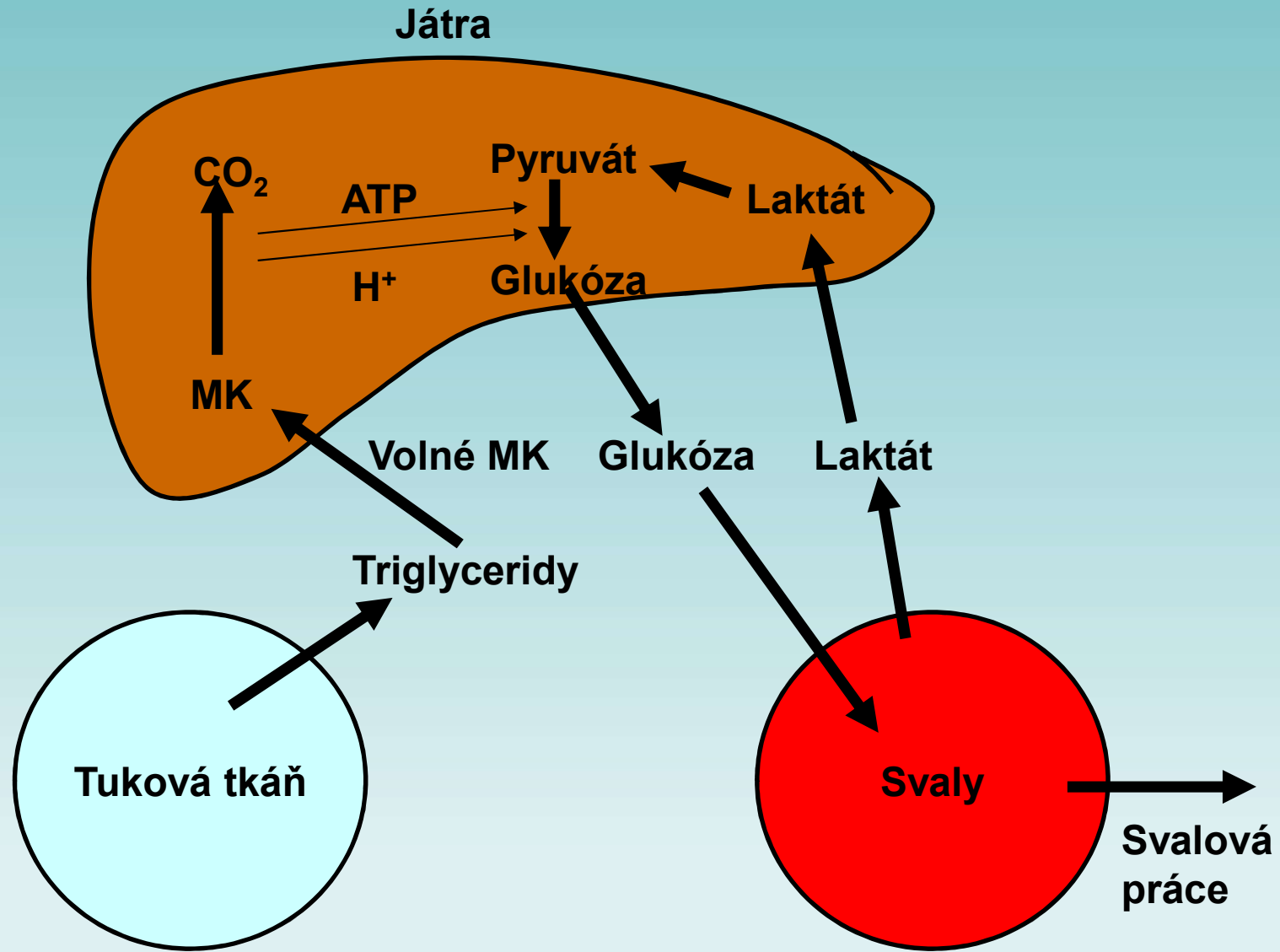


TRENDS in Endocrinology & Metabolism

Figure 3. Metabolic implications of active BAT thermogenesis. Upon cold exposure, central mechanisms increase sympathetic tone and NE release to BAT and WAT that translates into lipolysis via β -ARs mediated increase in intracellular cAMP levels and activation of lipolysis mediated by ATGL, HSL, and MGL in both tissues. Although lipolysis in WAT results in breakdown of intracellular TG and hence increased release of FFA into circulation, lipolysis in BAT activates UCP1 and thermogenesis via β -oxidation of FFA. Once activated, brown adipocytes can significantly enhance energy expenditure by combusting intracellular TG stores. However, continued activity can result in the utilization of circulating glucose and FFA by brown adipocytes. An upregulation of LPL expression and activity of active BAT can also result in the increased uptake of TRLs by BAT. Together these mechanisms enhance whole-body energy expenditure and promote weight loss. In addition, active BAT is expected to aid in the clearance of circulating glucose, FFA, and lipoproteins, thereby ameliorating conditions of insulin resistance and hyperlipidemia. The role of diet in the stimulation of BAT thermogenesis in humans, however, remains unclear at this point.

Abbreviations: ATGL, adipose triglyceride lipase; BAT, brown adipose tissue; β -ox, β -oxidation; β -AR, β -adrenergic receptor; FFA, free fatty acids; HSL, hormone-sensitive lipase; LPL, lipoprotein lipase; MGL, monoacylglycerol lipase; NE, norepinephrine; SNS, sympathetic nervous system; TG, triglycerides; TCA, tricarboxylic acid cycle; TRLs, TG-rich lipoproteins; UCP1, uncoupling protein-1; WAT, white adipose tissue.

PŘESUNY ENERGIE MEZI ORGÁNY



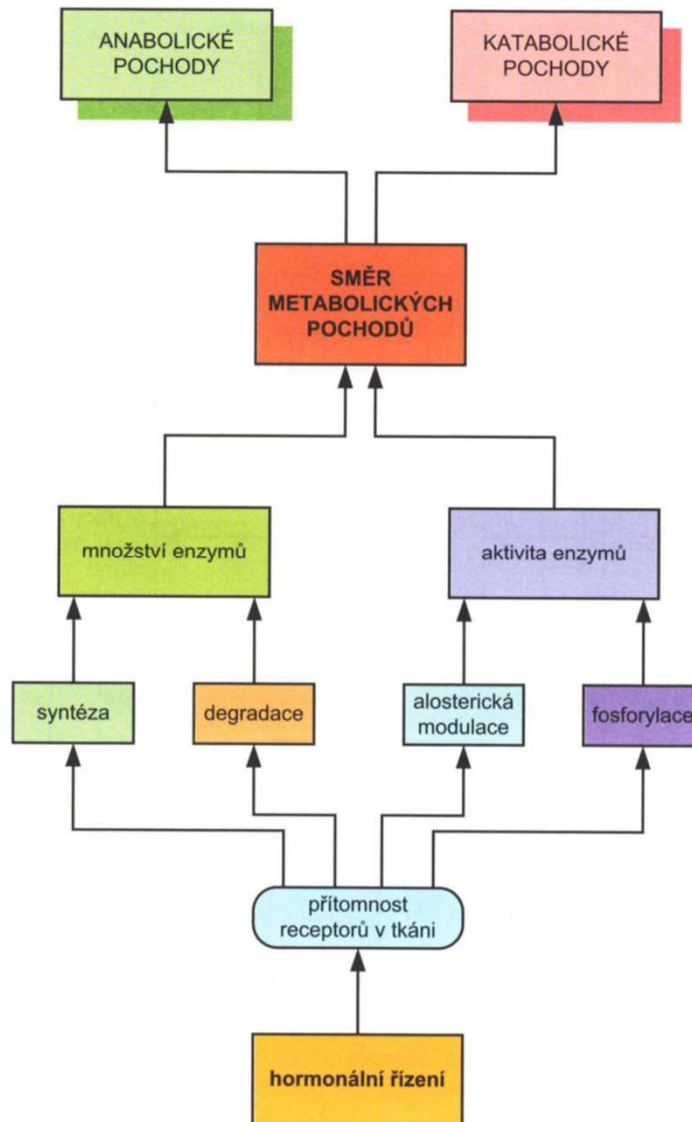
Sval – zdroj energie a metabolismus

- = 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

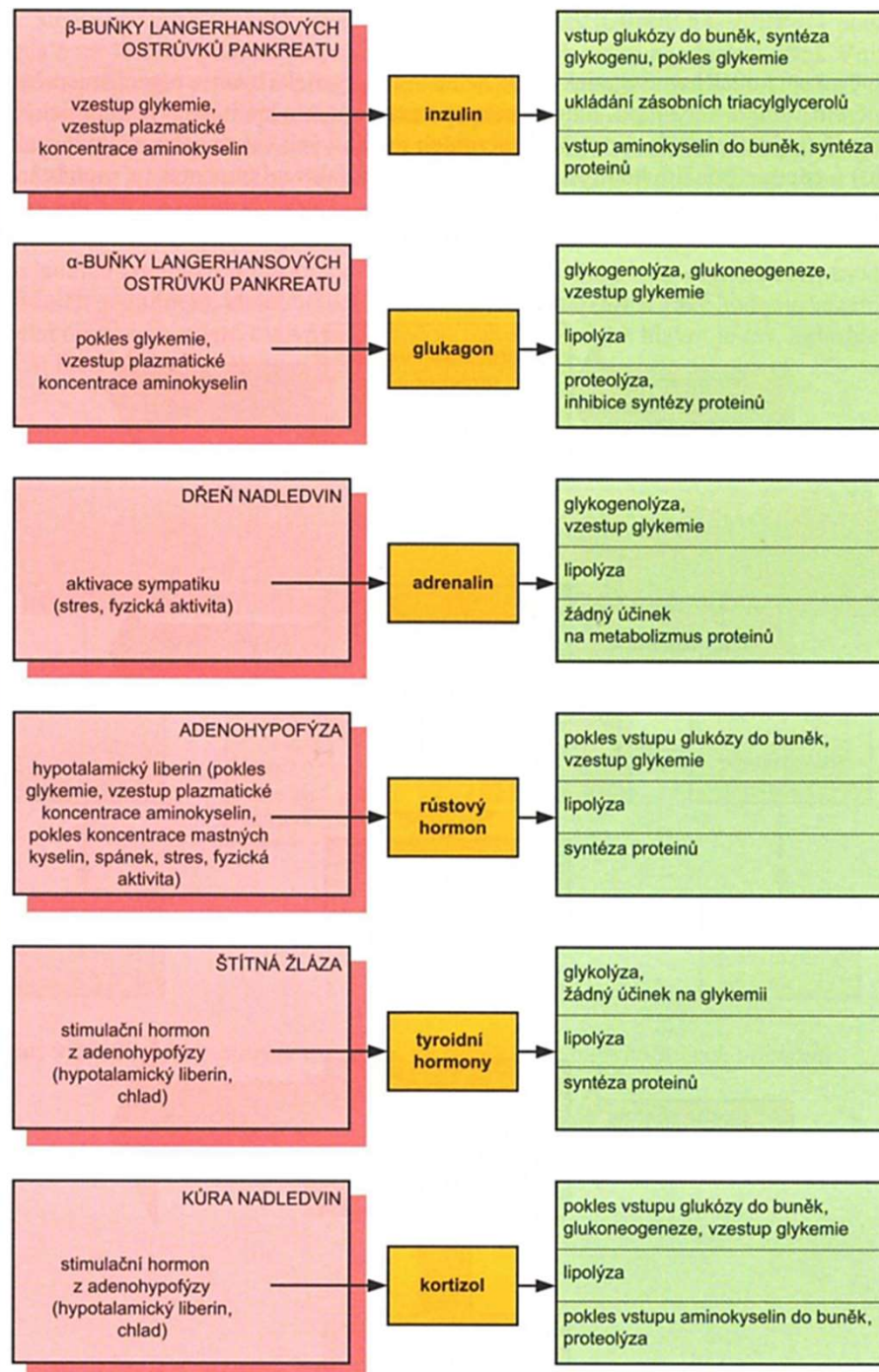
Tvorba tepla ve svalu

- 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



Kittnar, O. et al.
Lékařská fyziologie.
1st Ed. Grada
Publishing 2011



Hormony a metabolismus sacharidů

- Inzulin, IGF-I/II, glukagon, somatostatin, adrenalin, hormony štítné žlázy, glukokortikoidy, růstový hormon
- Fyzická aktivita
 - Vstup Glu do kosterního svalu nezávisle na inzulínu – zvýšení počtu GLUT-4
 - Přetrvává několik hodin po námaze
 - Zvýšení citlivosti na inzulín
 - ! 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 glukoza-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 permisivní 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 ketolátek (když je pankreatická rezerva nízká)
11. Zvýšená tvorba aktivní glykogensyntázy

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

TABLE 18-4 Summary of Glucose-Counterregulatory Controls*

	Glucagon	Epinephrine	Cortisol	Growth Hormone
Glycogenolysis	✓	✓		
Gluconeogenesis	✓	✓	✓	✓
Lipolysis		✓	✓	✓
Inhibition of: glucose uptake by muscle cells and adipose-tissue cells			✓	✓

*A ✓ indicates that the hormone stimulates the process; no ✓ indicates that the hormone has no major physiological effect on the process. Epinephrine stimulates glycogenolysis in both liver and skeletal muscle, whereas glucagon does so only in liver.

RESPIRAČNÍ KVOCIENT

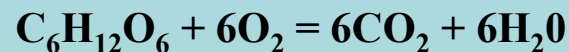
$$\text{RQ} = V_{\text{CO}_2} : V_{\text{O}_2}$$

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

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

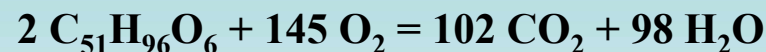
Cukry:	RQ = 1
Tuky:	RQ = 0,7
Proteiny:	RQ = 0,8

- Sacharidy (glukoza)



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

- Tuky (tripalmitin)



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

- 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).

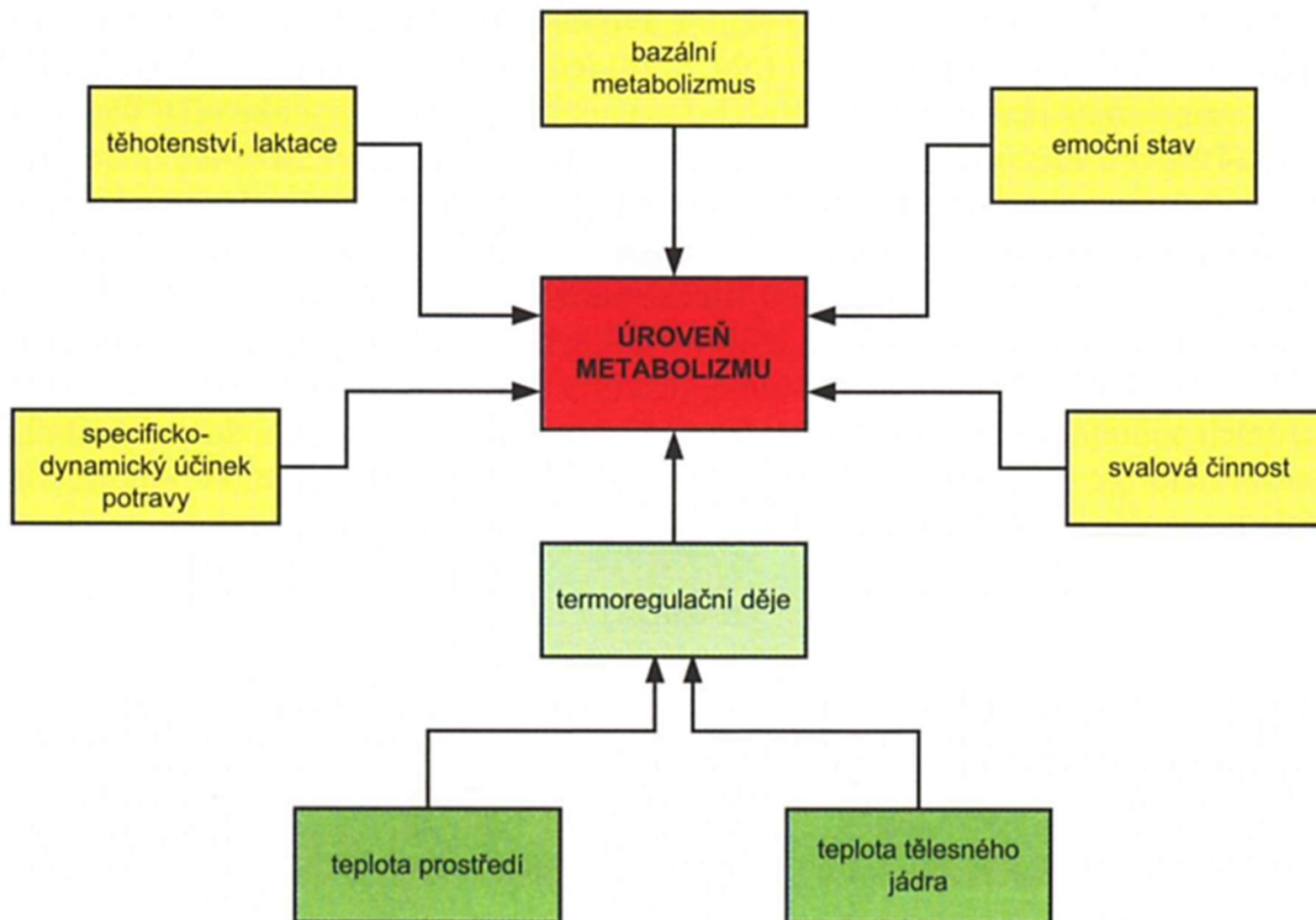
- A) Množství **proteinu**, které poskytuje 100 kcal,
zvyšuje rychlost metabolismu o **30 kcal**.
- B) Množství **sacharidu**, které poskytuje 100 kcal,
zvyšuje rychlost metabolismu o **6 kcal**.
- C) Množství **tuku**, které poskytuje 100 kcal,
zvyšuje rychlost metabolismu o **4 kcal**.

- 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

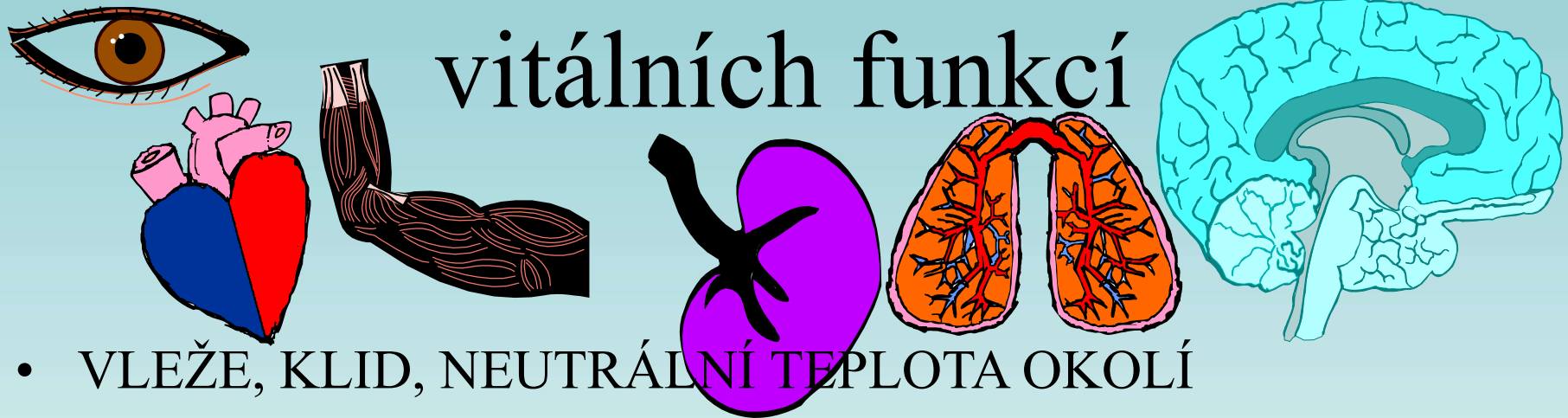


- 4. Výška, váha a povrch těla (čím větší - tím větší)**
- 5. Pohlaví (muži vyšší)**
- 6. Věk (čím vyšší, tím menší)**
- 7. Emoce (vzrušení zvyšuje metabolismus - adrenalin zvyšuje svalové napětí v klidu, apatie a deprese snižují metabolismus)**
- 8. Tělesná teplota (vzestup o 1° C, vzestup o 14%)**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



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



BAZÁLNÍ METABOLISMUS (BMR)

1. Harris-Benedictova rovnice

$$BMR (kcal) = 66,5 + 13,8 \times hmotnost (kg) + 5,0 \times výška (cm) - 6,8 \times věk (roky)$$

Rovnice 1: Výpočet BMR pro muže

$$BMR (kcal) = 655 + 9,6 \times hmotnost (kg) + 1,8 \times výška (cm) - 4,7 \times věk (roky)$$

Rovnice 2: Výpočet BMR pro ženy

2. Faustova rovnice

Výpočet pomocí Faustova vzorce není přesný, jedná se pouze o orientační předpoklad energetického výdeje.

$$BMR (kcal) = hmotnost (kg) \times 24$$

Rovnice 3: Výpočet BMR pro muže

$$BMR (kcal) = hmotnost (kg) \times 23$$

Rovnice 4: Výpočet BMR pro ženy

3. Cunninghamova rovnice

Výpočet pomocí Faustova vzorce nerozlišuje pohlaví.

$$BMR (kcal) = 500 + 22 \times FFM (kg)$$

Rovnice 5: Výpočet BMR pro muže

Výpočet optimální tělesné hmotnosti

1. Výpočet optimální tělesné hmotnosti I.

$$(0,655 \times výška [cm]) - 44,1$$

Rovnice 6: Výpočet pro muže

$$(0,593 \times výška [cm]) - 38,6$$

Rovnice 7: Výpočet pro ženy

2. Výpočet optimální tělesné hmotnosti II.

$$22,0 \times výška^2 (m)$$

Rovnice 8: Výpočet pro muže

$$20,8 \times výška^2 (m)$$

Rovnice 9: Výpočet pro ženy

3. Výpočet optimální tělesné hmotnosti III.

$$(výška [cm] - 100) \times 0,85$$

Rovnice 10: Výpočet pro muže

$$(výška [cm] - 100) \times 0,90$$

Rovnice 11: Výpočet pro ženy

4. Výpočet BMI

$$BMI = \frac{kg}{m^2}$$

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

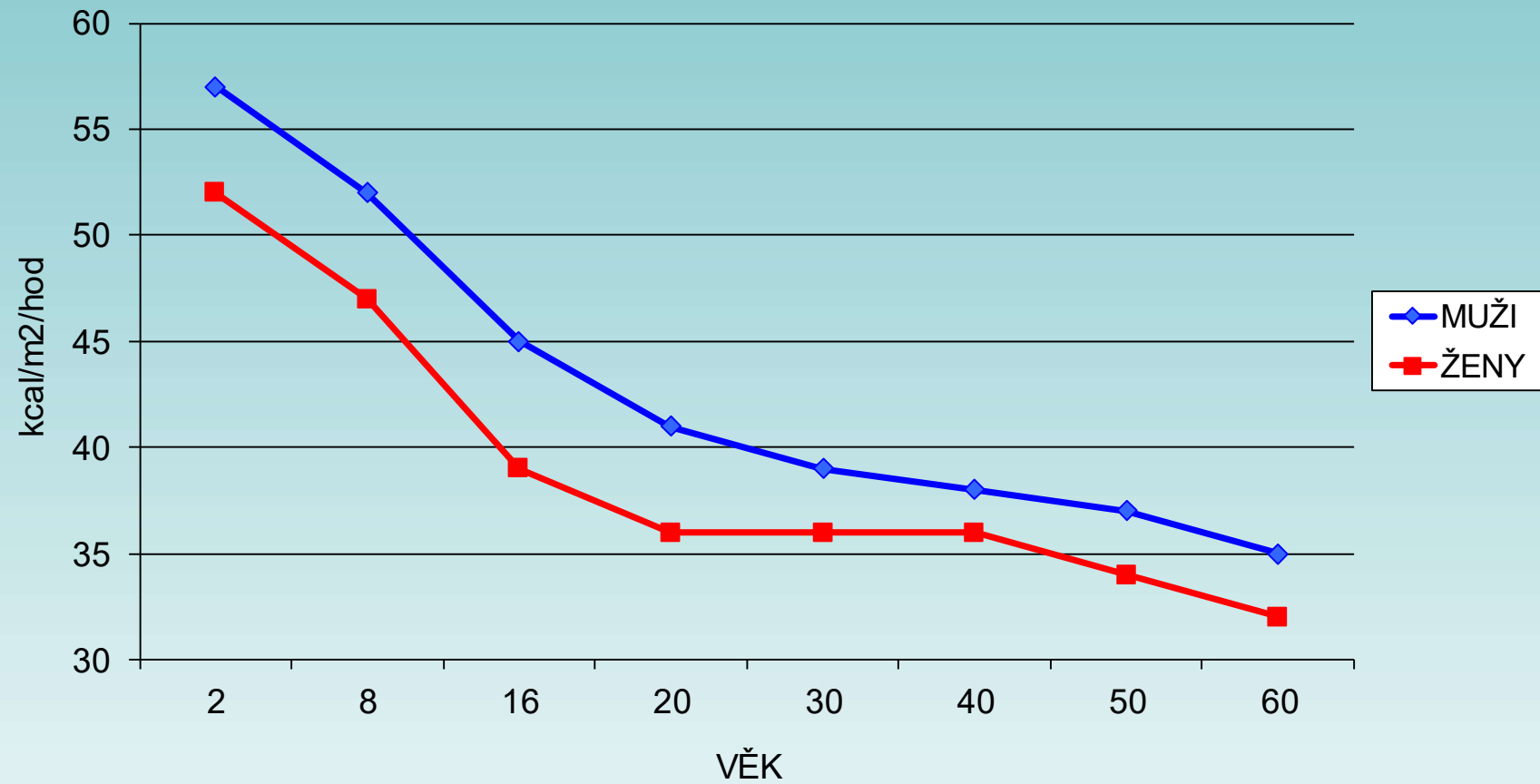
BMR muži = $66 + (13,7 \cdot \text{hmotnost}) + (5,0 \cdot \text{výška}) - (6,8 \cdot \text{věk})$

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

**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

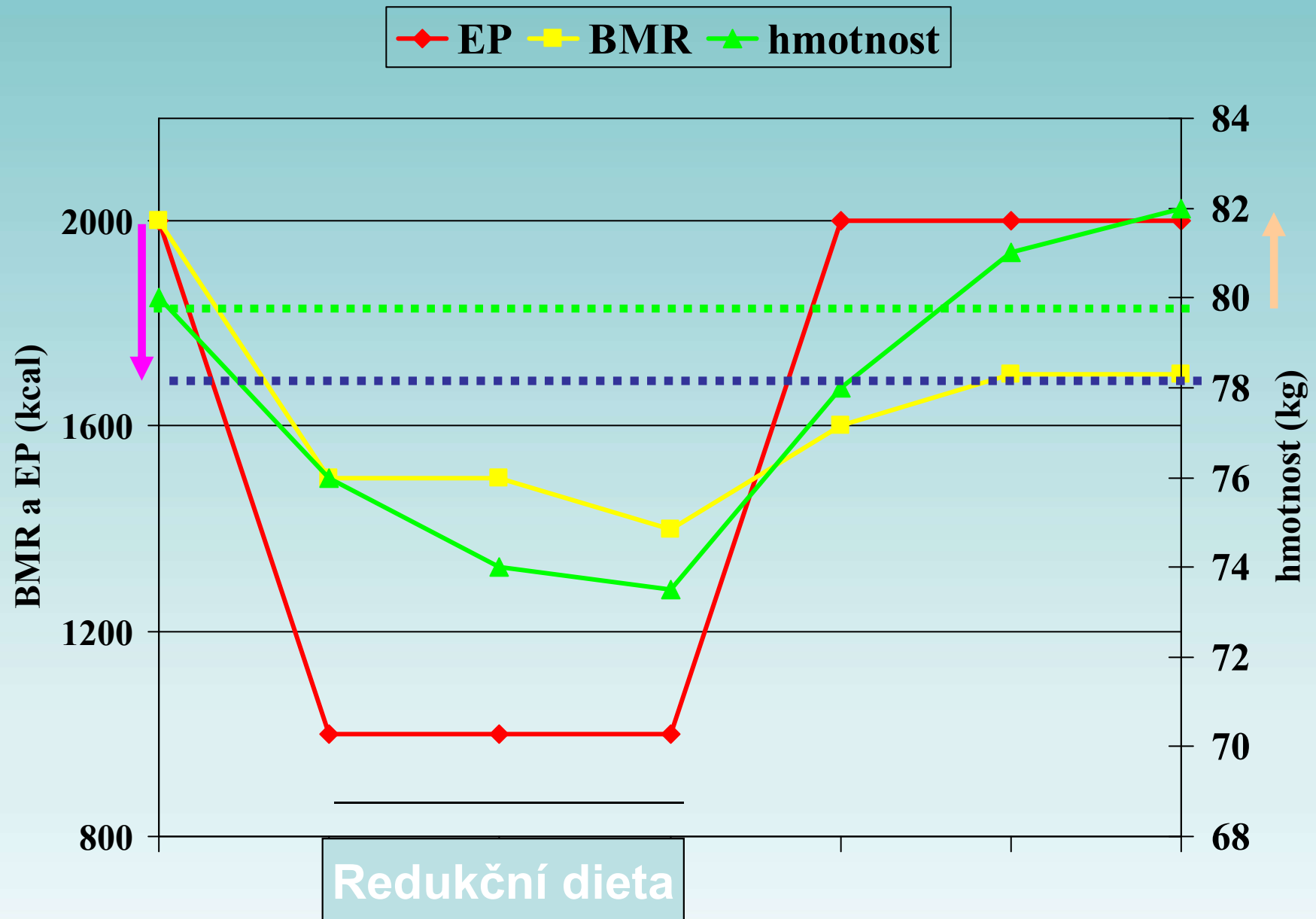
Dlouhodobé hladovění - pokles BMR

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

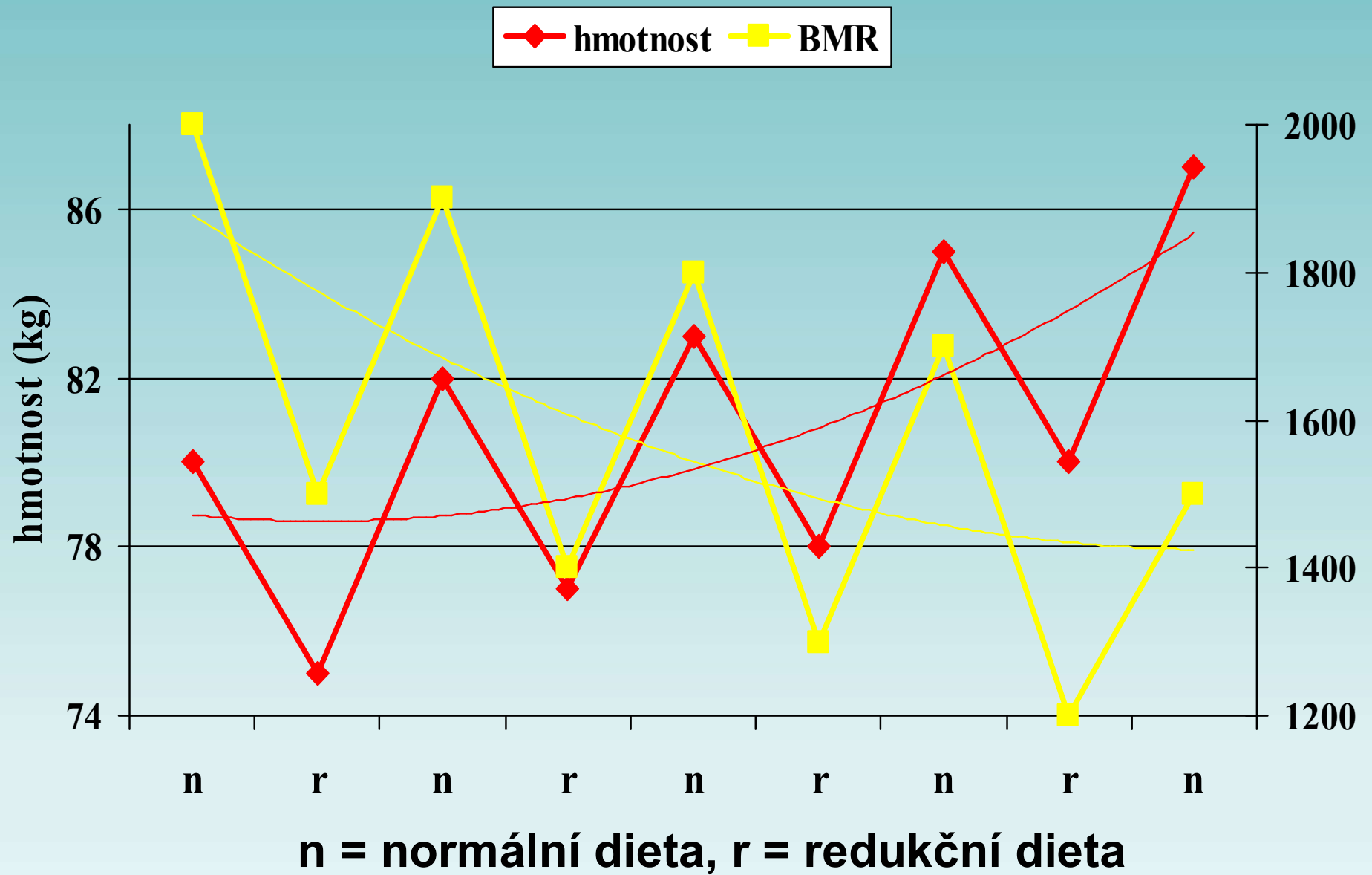
Proto při redukční dietě zpočátku prudký pokles hmotnosti, později zpomalení poklesu hmotnosti

Po jídle stoupá aktivita sympatiku a BMR stoupá

BMR, EP, REDUKČNÍ DIETA A HMOTNOST



JO-JO EFEKT



KRÁTKODOBÉ VERSUS DLOUHODOBÉ HLADOVĚNÍ

Hladovění během spánku

- Pokles hladiny inzulínu = snížení inzulín dependentní utilizace Glu
- Mobilizace FAs + substrátů pro glukoneogenezi (játra, ledviny)
- Vzestup hladiny glukagonu, glykogenolýza
- Játra – cca 50 % Glu z glykogenolýzy, 50 % z glukoneogeneze
- Proteolýza a degradace AMK = svaly, splachnická oblast
- Zejména Ala a Gln (syntéza ve svalech) – Glu-Ala cyklus
- Část Glu využita (+ substrát pro glukoneogenezy v ledvinách) – produkce Ala/amoniaku
- Ala = zdroj močoviny

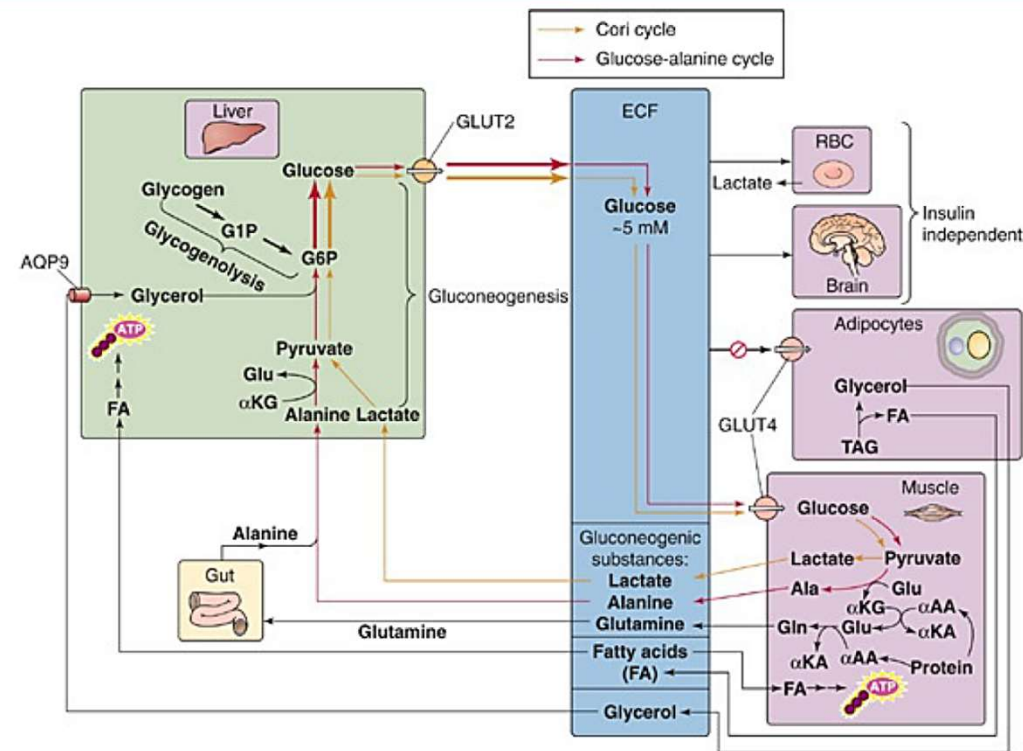
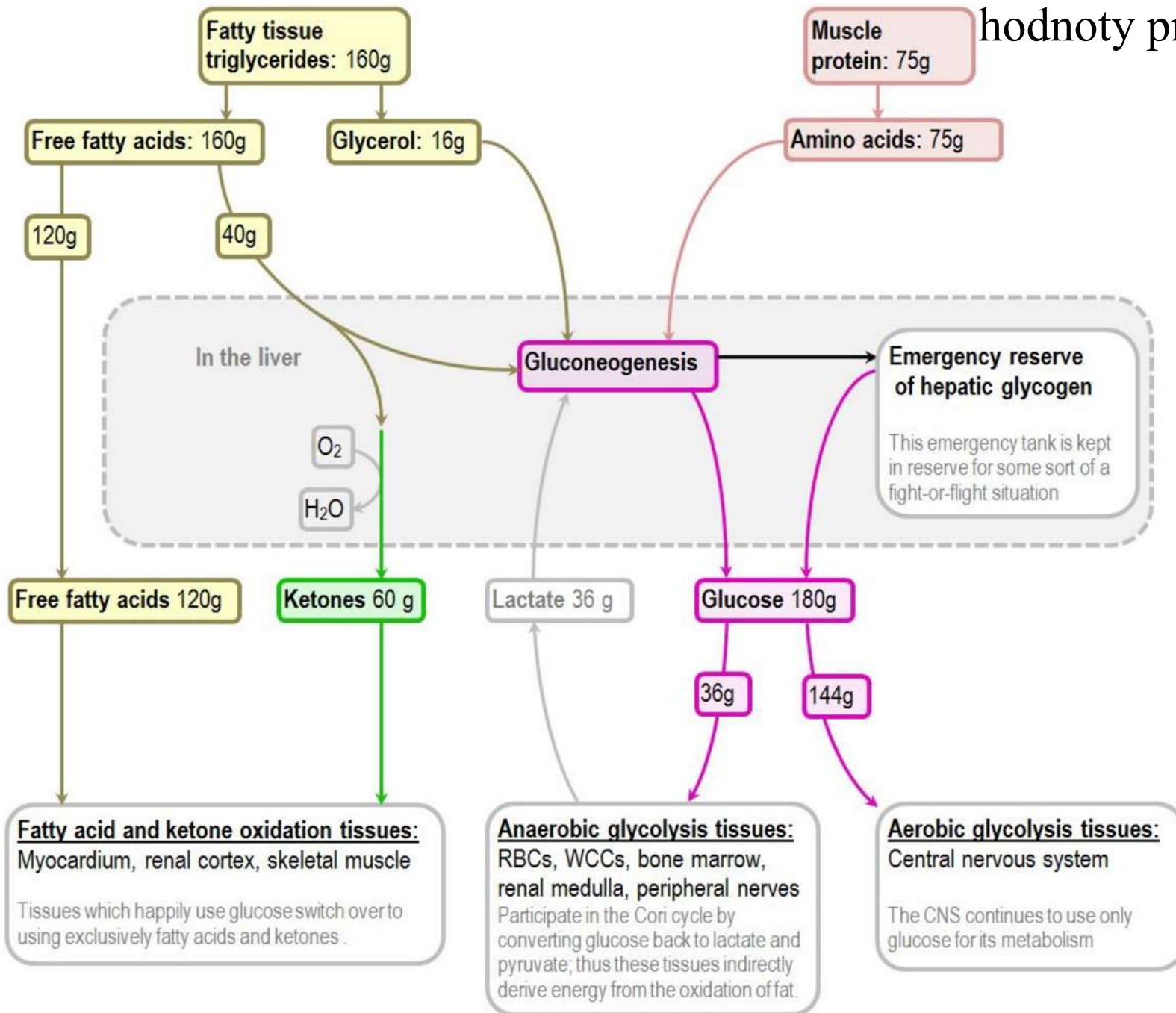
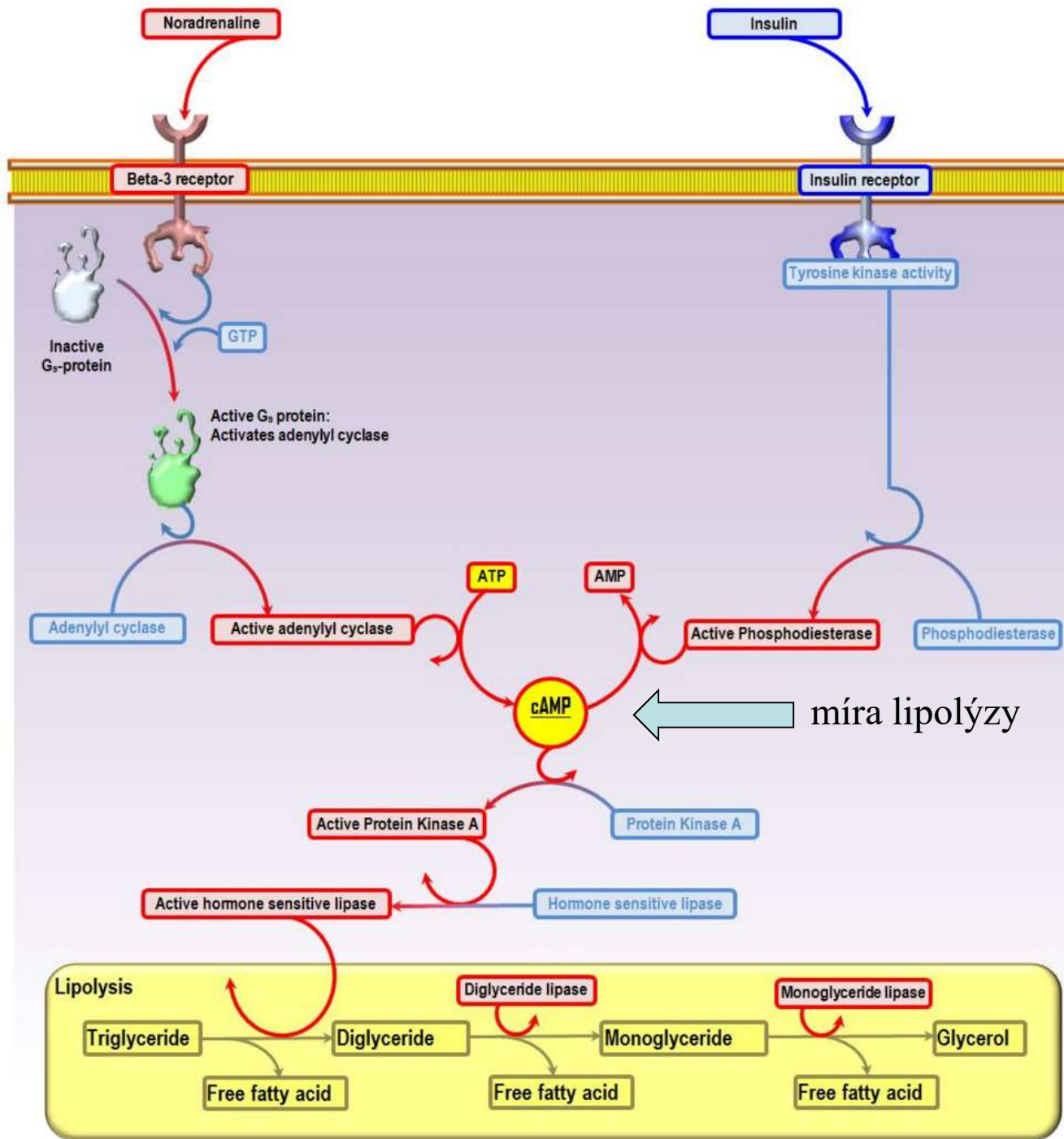


Figure 58-13 Overnight fast. α AA, α -amino acid; AQP9, aquaporin 9; ECF, extracellular fluid; α KA, α -keto acid; α KG, α -ketoglutarate.

- Lipolýza – zdroj FAs a glycerolu = zdroj pro periferní tkáň, glycerol = substrát pro glukoneogenezi

hodnoty pro 24 hod.





Dlouhodobé hladovění

- Pokles energetických potřeb
- BMR (- 20 – 25 kcal/kg/den)
- Většina efektů je dána hypoinzulinémií, vliv na játra je dán glukagonem
- Postupné zvyšování poměru glukoneogeneze
- Zpočátku zvýšení rychlosti proteolýzy
- Zvýšení rychlosti lipolýzy – aktivace hormon-senzitivní lipázy = mobilizace FAs a glycerolu

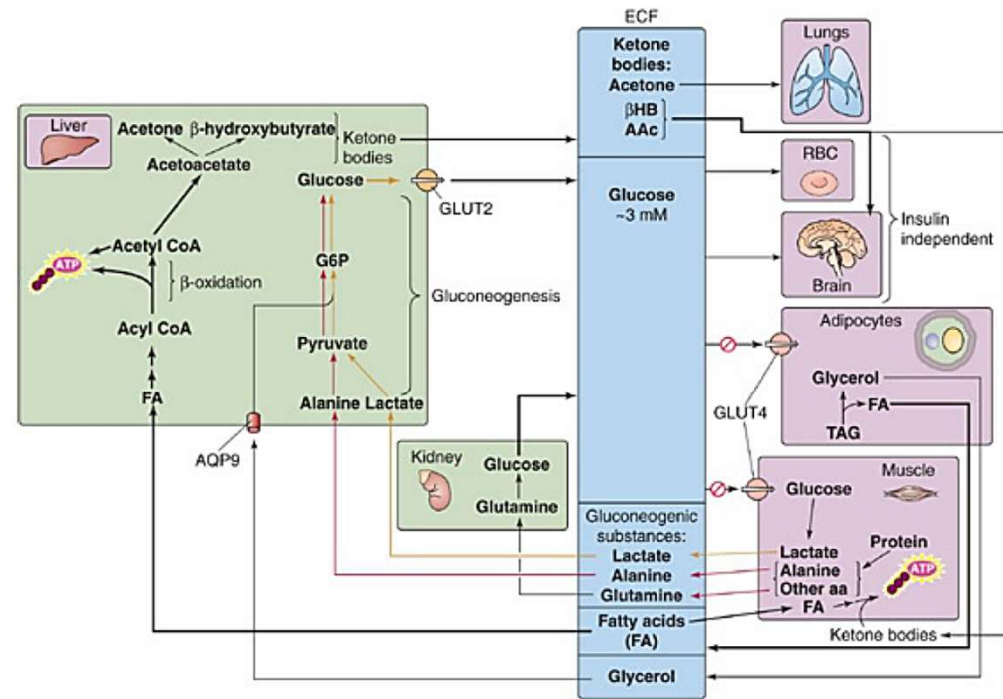
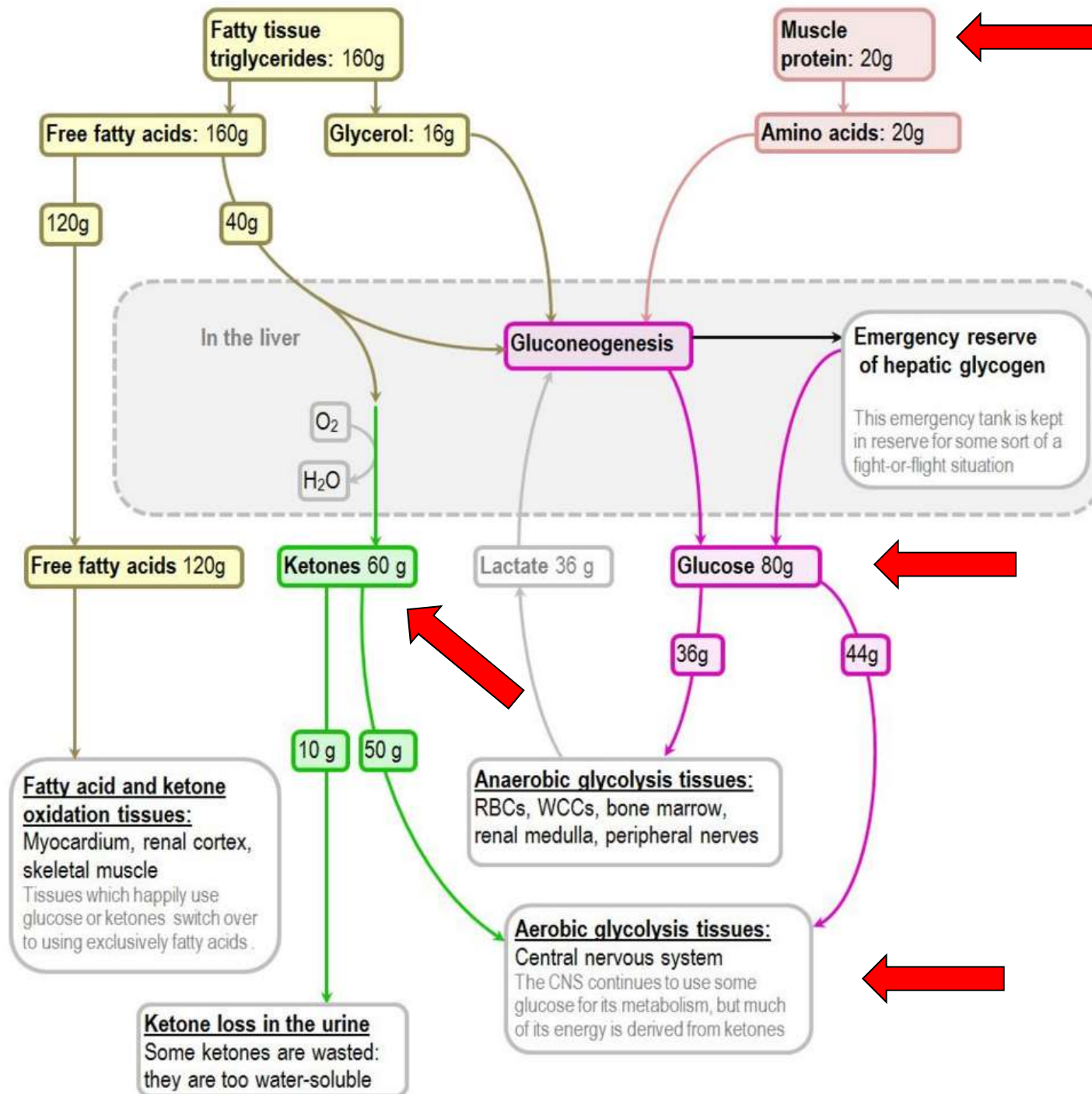


Figure 58-14 Prolonged starvation. AAc, acetoacetate; ECF, extracellular fluid; β HB, β -hydroxybutyrate.

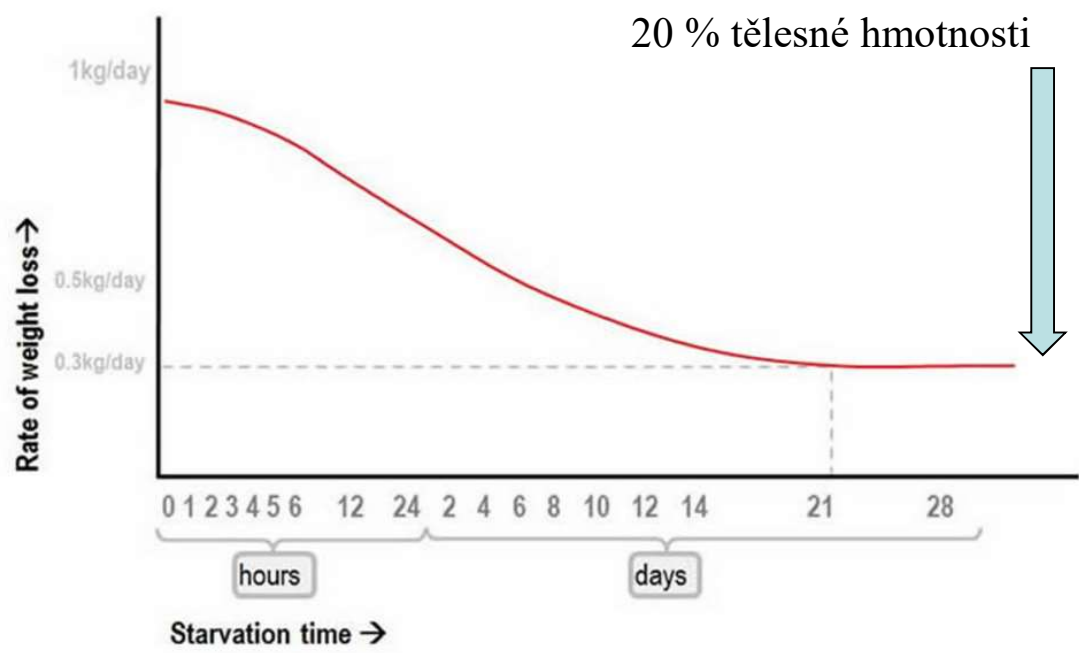
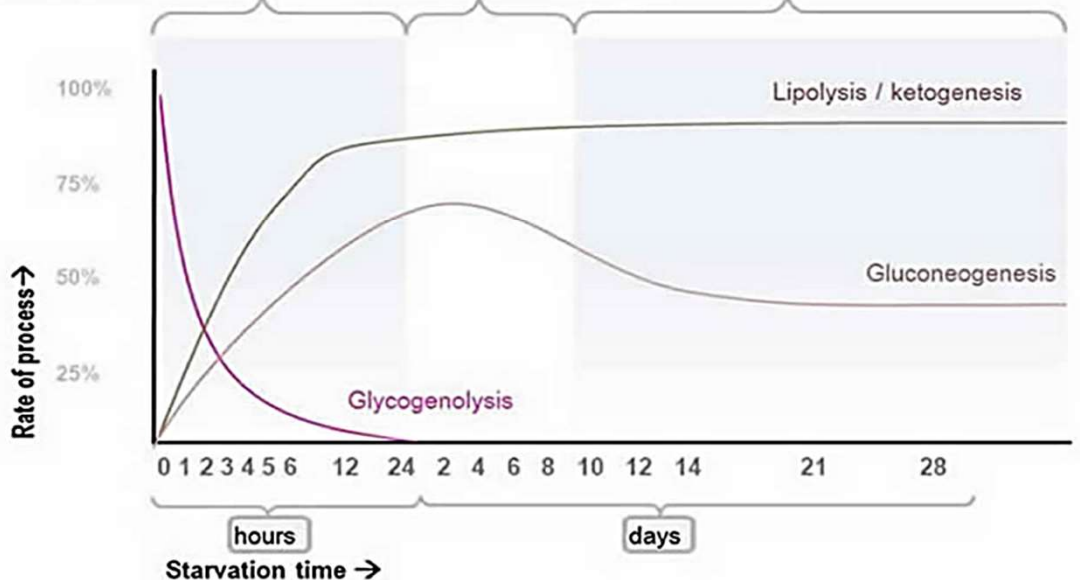
- Glycerol = další substrát pro glukoneogenezi; nadbytek FAs = substrát pro svaly (inzulinová rezistence, interference s „aktivací“ GLUT4) a periferní tkáň = dostatek glukózy pro nervovou tkáň
- Další hladovění:
 - Snížení proteolýzy (snížená produkce močoviny = snížení exkrece vody), zvýšení využití tuků pro ketogenezi
 - Využití ketolátek nervovou tkání (β -hydroxybutyrát + acetoacetát)
 - Snížení jaterní glukoneogeneze X zvýšení glukoneogeneze v ledvinách (až 40 % produkce)
 - Další mobilizace lipolýzy = zvýšení jaterní ketogeneze (100 g/d)
 - Další lipolýza = úbytek tukové tkáň, hormonální změny (leptin, FSH, LH – anovulace)



Post-absorptive phase:
The CNS and many other tissues preferentially use glucose, produced from glycogen breakdown

Gluconeogenic phase:
Protein catabolism is used to feed glucose to the CNS, while other tissues feed on ketones and fat

Protein conservation phase:
Protein catabolism is decreased to a minimum, fatty acids are used everywhere and ketones instead of glucose fuel the CNS



Další změny v důsledku hladovění:

- Ztráty K^+ v počáteční fázi, stabilní koncentrace 3 mmol/L
- Mg^{2+} - beze změny nebo jen mírná hypokalémie
- Ca^{2+} - beze změny
- Fosfáty – beze změny
- Kyselina močová – vzestup (katabolismus proteinů)
- Dále:
 - Pokles srdeční frekvence (35 t/min, od 4. týdne mírný vzestup)
 - Pokles TK
 - Změny EKG – oploštění T vlny, snížení amplitudy QRS intervalu
 - Při extrémním hladovění – prodloužení QT intervalu, inverze T vlny, deprese ST úseku
 - Proč?

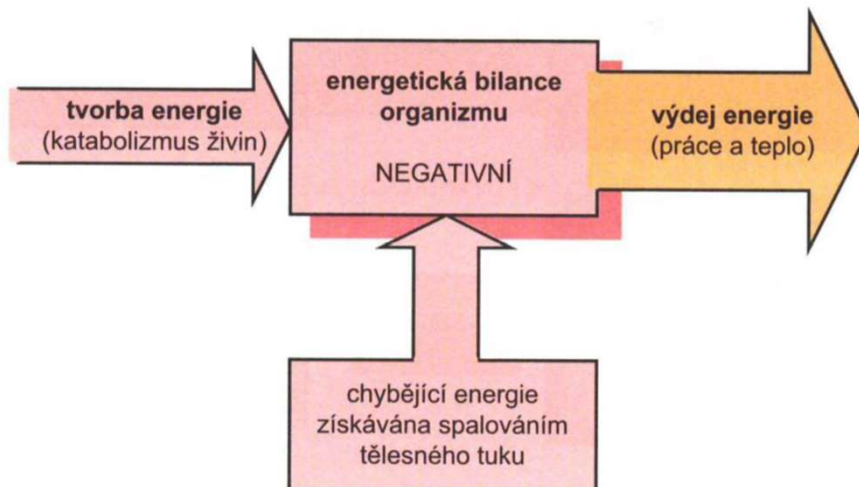
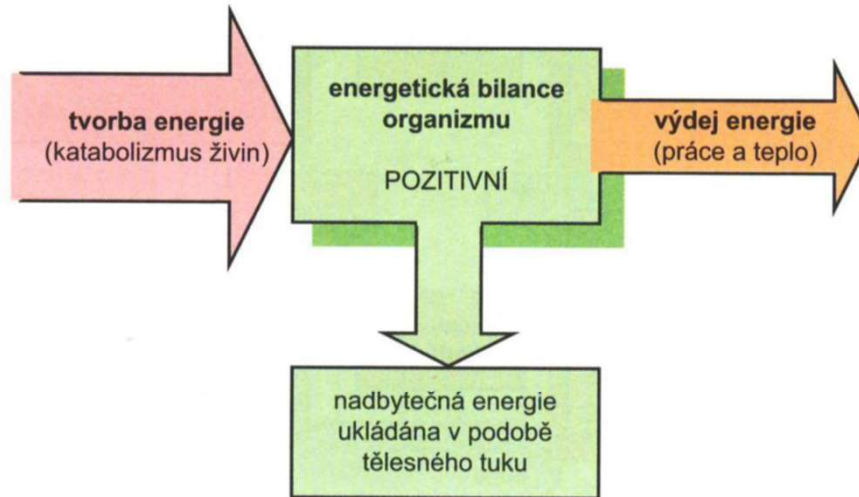
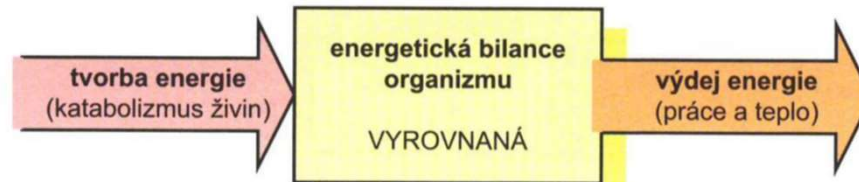
- Pokles syntézy proteinů – myofibrily, myofilamenta
- Změny složení ECT/ICT
- Ztráty stopových prvků (Cu – ischemie)
- Sympatikus (katecholaminy) - arytmie

FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ BAZÁLNÍ METABOLISMUS

- Svalová práce (před i při měření)
- Příjem potravy (před měřením)
- Vysoká či nízká okolní teplota (křivka závislosti má tvar písmene U)
- Výška, váha, **povrch těla**
- Pohlaví
 - Testosteron – zvýšení o 10 – 15 %
 - Ženské pohlavní hormony nesignifikantně
- Věk
- Emoční stav
- Tělesná teplota
- 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 %

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
chuť 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

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

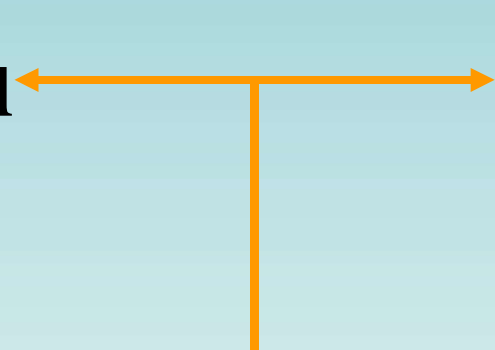
Termický koeficient kyslíku

jednotlivých živin se liší,

proto se liší i EE.

ENERGETICKÝ VÝDEJ

ENERGETICKÝ EKVIVALENT (EE)

- sacharidů 21,1 kJ = 5,05 kcal
 - proteinů 18,0 kJ = 4,31 kcal
 - lipidů 19,0 kJ = 4,55 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

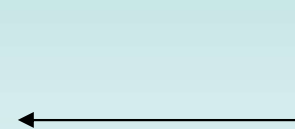
V klidu spotřebuje člověk asi 3,4 - 3,6 ml O₂/kg/min
1 MET (metabolický ekvivalent)

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

	MET	VO2 (l/min)	TF (/min)
lehká	< 3,0	< 0,5	< 90
střední	3,0 – 4,5	0,5 – 1,0	90 – 110
těžká	4,6 – 7,0	1,0 – 1,5	110 – 130
velmi těžká	7,1 – 10,0	1,5 – 2,0	130 – 150
vyčerpávající	> 10	> 2,0	> 150

LIMITY UVEDENÉHO HODNOCENÍ:

- **Není zohledněna pracovní kapacita**

Při maximální pracovní kapacitě 10 METs bude práce při 5 METs čerpat kapacitu z 50% (**střední**)

Při maximální pracovní kapacitě 5 METs bude práce 5 METs prací maximální (**vyčerpávající**)

LIMITY UVEDENÉHO HODNOCENÍ:

- **Není zohledněna pracovní kapacita**
- **Není zohledněna maximální aerobní kapacita**

Při $VO_2/kg \text{ max} = 50 \text{ ml/kg/min}$ bude práce při 25 ml/kg.min čerpat kapacitu z 50% (střední**).**

Při $VO_2/kg \text{ max} = 30 \text{ ml/kg.min}$ bude práce 25 ml/kg.min čerpat kapacitu z 83% (velmi těžká až vyčerpávající**)**

LIMITY UVEDENÉHO HODNOCENÍ:

- **Není zohledněna pracovní kapacita**
- **Není zohledněna maximální aerobní kapacita**
- **Není zohledněna maximální tepová rezerva**

Maximální tepová rezerva (MTR) = TF max - TF klid

**Při TF max = 200 a TF klid = 70
bude práce při TF = 120 čerpat MTR z 38%
(120 - 70 / MTR) (**lehká**)**

**Při TF max = 150 a TF klid = 70
bude práce při TF = 120 čerpat MTR z 63%
(120 - 70 / MTR) (**těžká**)**

Energetické hodnoty jednotlivých činností

Lehká práce

	METs
• řidič	1,5
• laborant	2,1
• barman	2,7
• automechanik	2,7
• údržbář	2,8

Energetické hodnoty jednotlivých činností

Střední práce

METs

- elektrikář 3,4
- zdravotní sestra 3,4
- zedník 4,0
- malíř pokojů 4,1
- práce s motorovou pilou 4,4

Energetické hodnoty jednotlivých činností

Těžká práce

METs

- | | |
|------------------------|-----|
| • dělník v továrně | 5,4 |
| • tradiční zemědělství | 5,9 |
| • horník | 6,2 |
| • kopáč | 6,2 |
| • nosič těžkých břemen | 6,2 |

Energetické hodnoty jednotlivých činností

Velmi těžká práce

	METs
• obsluha pecí	7,4
• řezání ruční pilou	7,8
• kácení stromů	8,9
• struskař	10,1

vyčerpávající práce



Energetické hodnoty jednotlivých činností volného času

METs

- **zametání, vaření, mytí nádobí** 2,9
- **čištění oken, leštění podlahy, nákupy** 3,7
- **klepání koberce, leštění nábytku** 4,5

Energetické hodnoty jednotlivých činností volného času

METs

- **hraní karet, poslech hudby** 1,5
- **energická hra na hudební nástroje** 2,7
- **hraní kulečnicku** 2,5
- **volné společenské tance** 4,1
- **lidové a moderní tance** 6,5
- **velmi energické tance** 11,3

Energetické hodnoty jednotlivých činností volného času

METs

- sběr lesních plodů 2,5
- hrabání listí 3,9
- rytí, okopávání 5,0
- házení lopatou 5 kg/10x za min 6,6
- štípání dřeva 6,7
- rybaření v tekoucí vodě 3,9
- rybaření v proudu 5,5

Energetické hodnoty jednotlivých sportovních odvětví

METs

- chůze rychlostí 5 km/hod po rovině 4,1**
- chůze rychlostí 5 km/hod do kopce 8,0**
- běh rychlostí 8 km/hod po rovině 7,3**
- závodní maratón 18,4**
- jízda na kole 21 km/hod 8,2**
- plavání rychlostí 1,2 km/hod (netrén.) 7,1**
- závodní plavání 15,5**

Energetické hodnoty jednotlivých sportovních odvětví

METs

- **závodní fotbal** 10,0
- **tenis rekreační čtyřhra** 5,5
- **tenis rekreační dvouhra** 8,6
- **tenis závodní dvouhra** 11,0
- **lyžařská turistika** 6,5
- **závodní běh na lyžích** 19,7
- **lehký lyžařský sjezd** 7,7
- **závodní sjezd na lyžích** 14,0

Energetické hodnoty jednotlivých sportovních odvětví

METs

- **aerobik** 5,6
- **lední hokej** 25,7
- **závodní veslování** 23,4
- **golf** 3,1
- **vzpírání** 14,4
- **horolezectví** 7,4
- **atd.** ?,?

KALORIMETRIE PŘÍMÁ

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

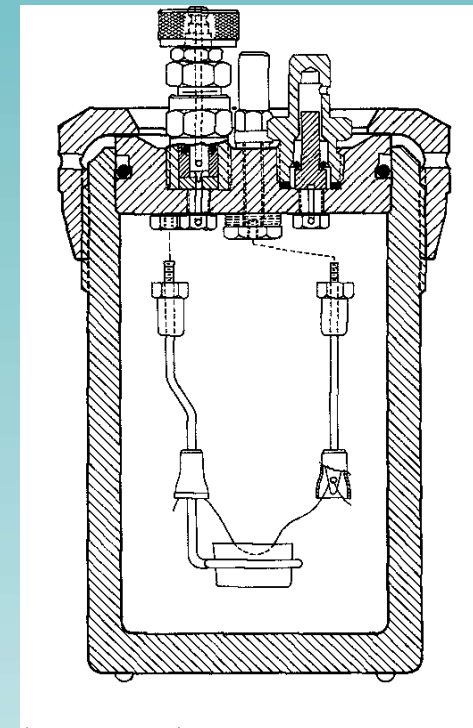
- Kalorimetry:

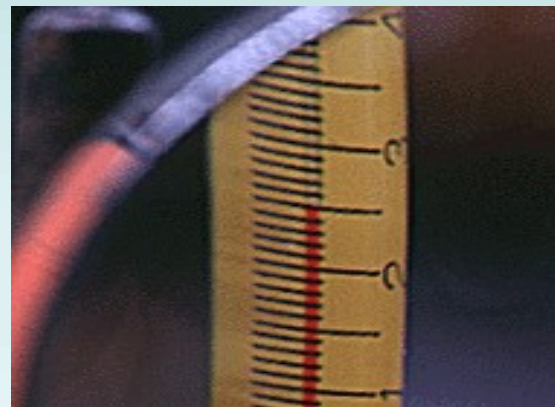
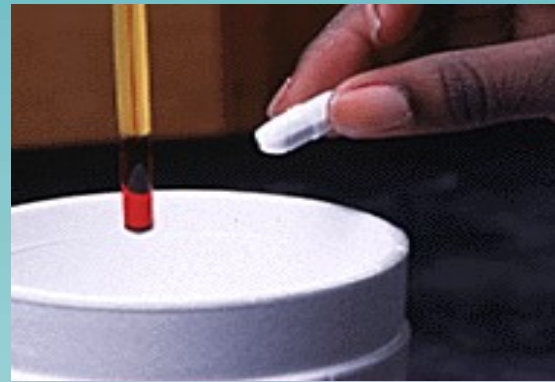
- adiabatické = ohřátí obsahu kalorimetru
- Izotermní = vzniklé teplo je odváděno

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)





Human Calorimeter

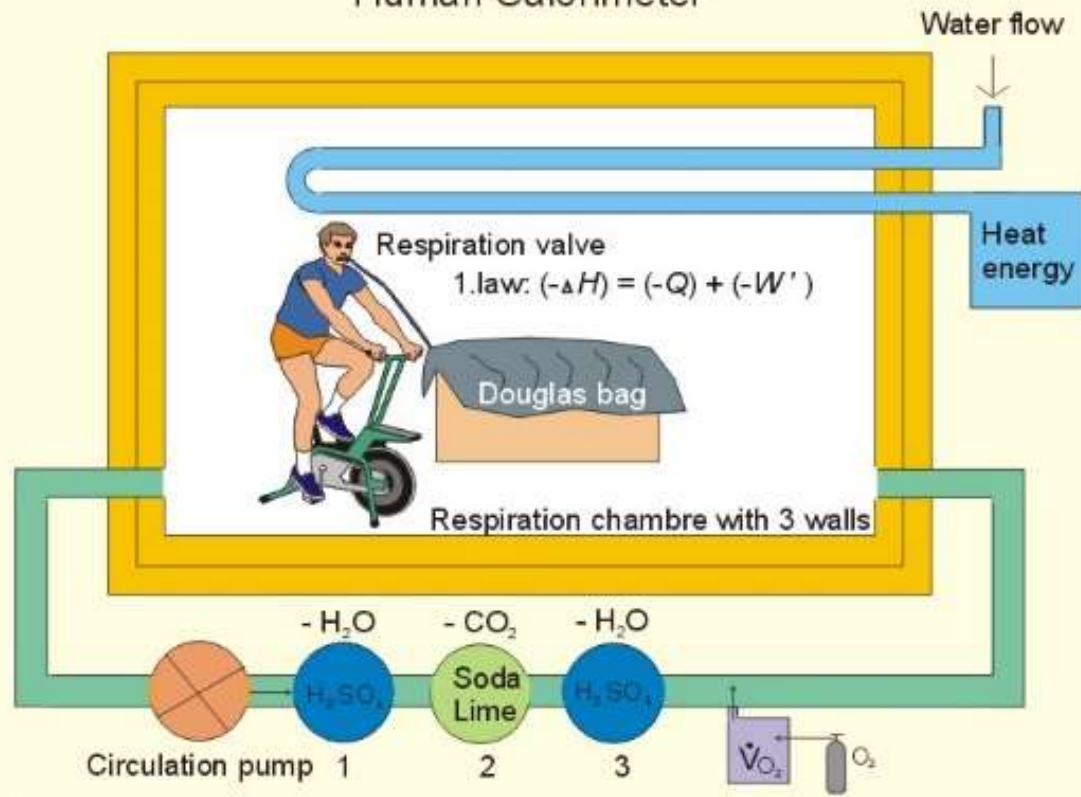


Fig. 20-4

KMc

- 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

KALORIMETRIE NEPŘÍMÁ

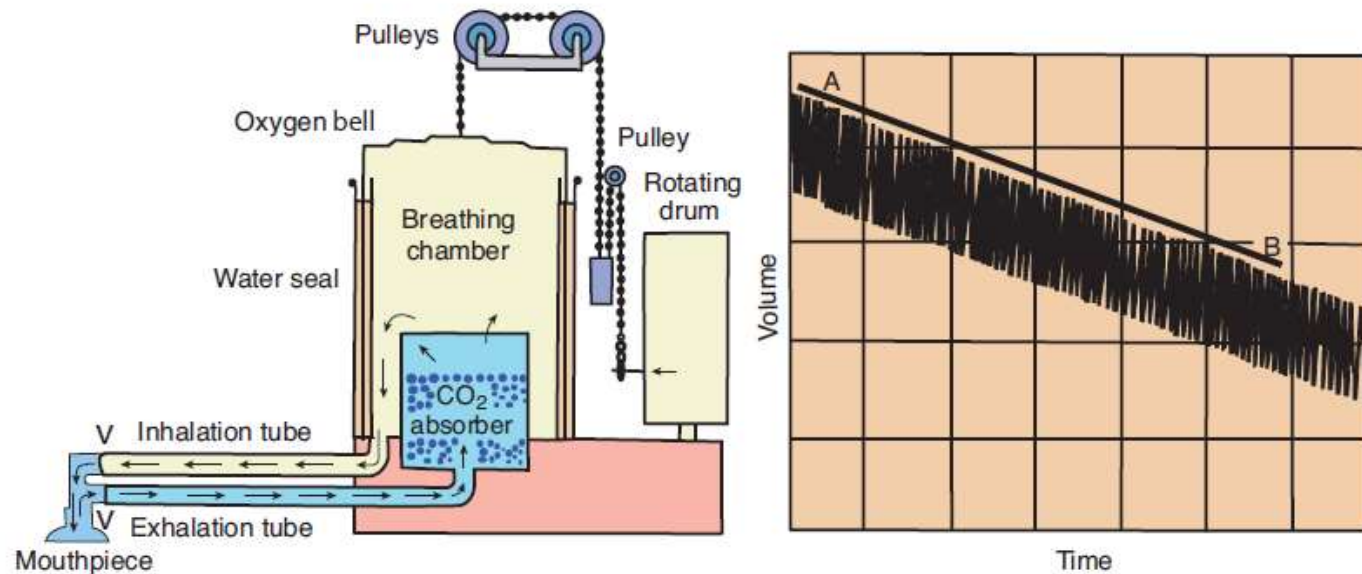


FIGURE 27-8 Diagram of a modified Benedict apparatus, a recording spirometer used for measuring human O₂ consumption, and the record obtained with it. The slope of the line AB is proportionate to the O₂ consumption. V: one-way check valve.

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

