

# Měření metabolismu

Petr Babula

Poděkování: prof. MUDr. Marie Nováková, Ph.D. (některé převzaté slajdy)

**MUNI**  
**MED**

## RESPIRAČNÍ KVOCIENT

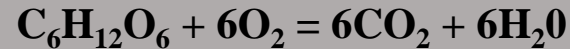
$$\text{RQ} = V_{\text{CO}_2} : V_{\text{O}_2}$$

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

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

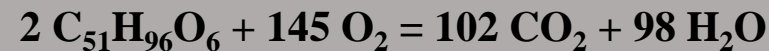
Cukry: RQ = 1  
Tuky: RQ = 0,7  
Proteiny: RQ = 0,8

- 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  $\text{CO}_2$ ).
- Při intenzivní zátěži RQ až 2,00 (vydechován více  $\text{CO}_2$  a kyselina mléčná se mění na  $\text{CO}_2$ ).
- Po skončení zátěže klesá RQ až na 0,50.
- Při metabolické acidóze RQ stoupá.
- Při metabolické alkalóze RQ klesá.

- **INTENZITA (= rychlost) METABOLISMU**

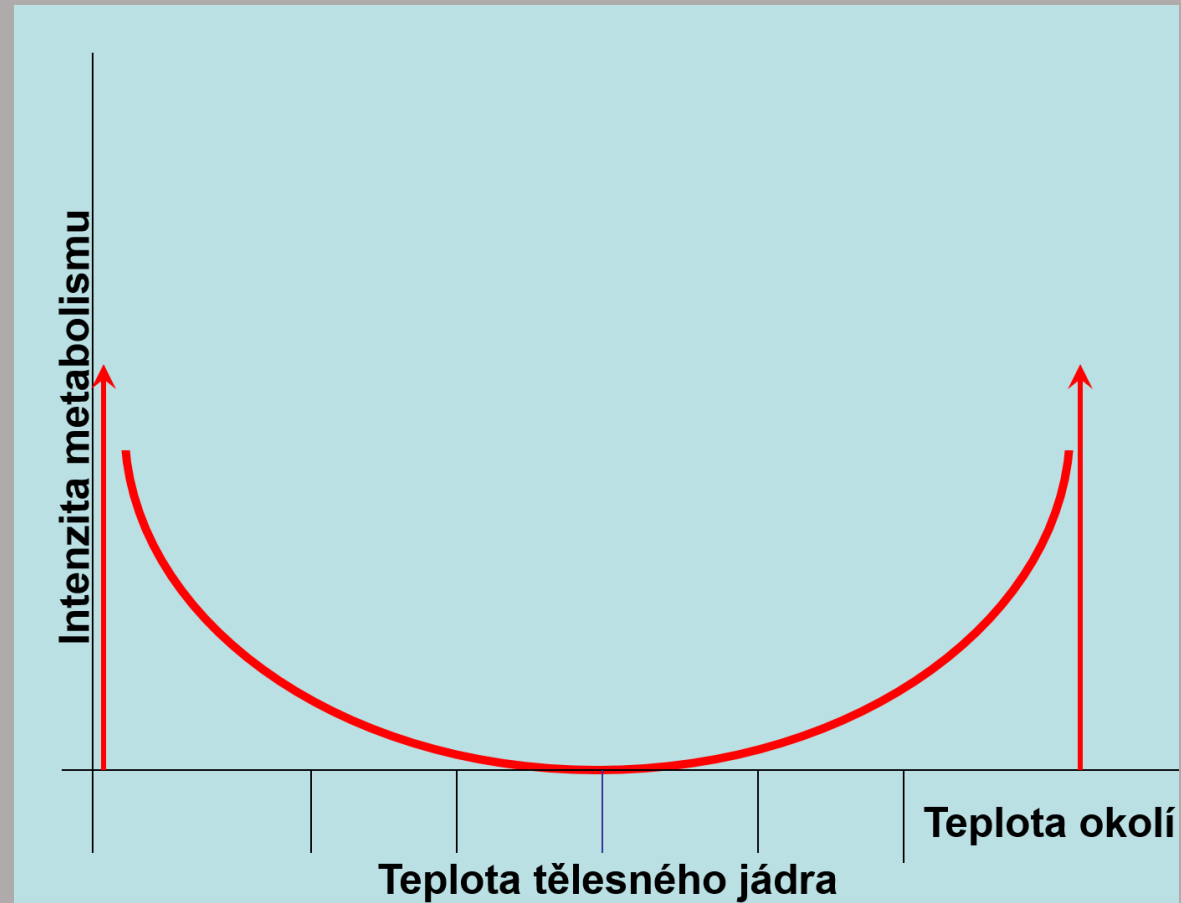
**1. Tělesná práce** (v průběhu i během zotavení - kompenzace kyslíkového dluhu).

**2. Specificko-dynamický účinek potravy** (asimilace živin v těle).

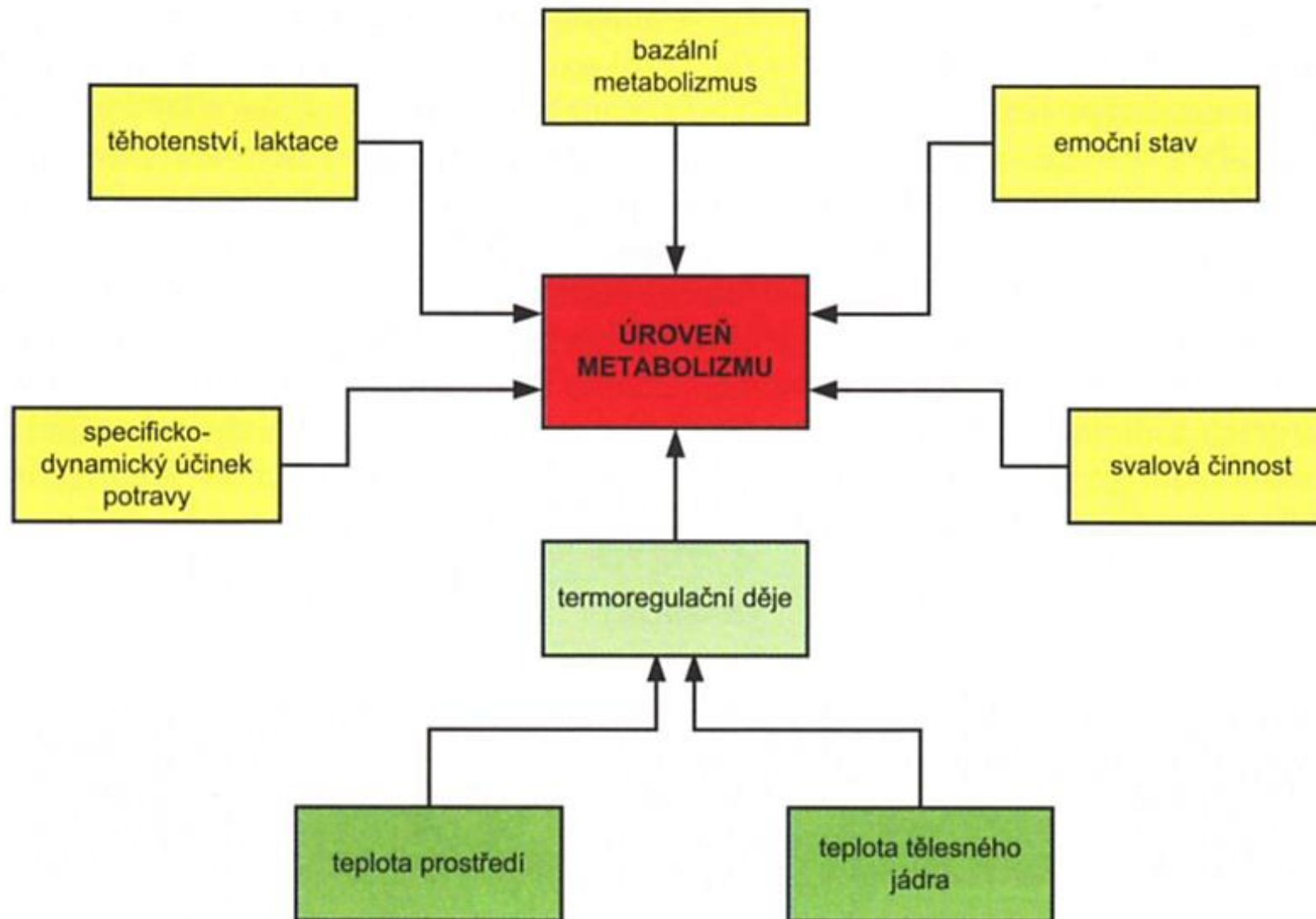
- A) Množství **proteinu**, které poskytuje 100 kcal,  
zvyšuje rychlost metabolismu o **30 kcal**.
- B) Množství **sacharidu**, které poskytuje 100 kcal,  
zvyšuje rychlost metabolismu o **6 kcal**.
- C) Množství **tuku**, které poskytuje 100 kcal,  
zvyšuje rychlost metabolismu o **4 kcal**.

- 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)

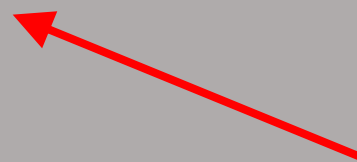
- U ČLOVĚKA KORELUJE S POVRCHEM TĚLA - k výměně tepla dochází na povrchu těla.
- Jaký je vztah mezi hmotností, výškou a povrchem těla?

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

S = povrch těla v m<sup>2</sup>

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/m<sup>2</sup>/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

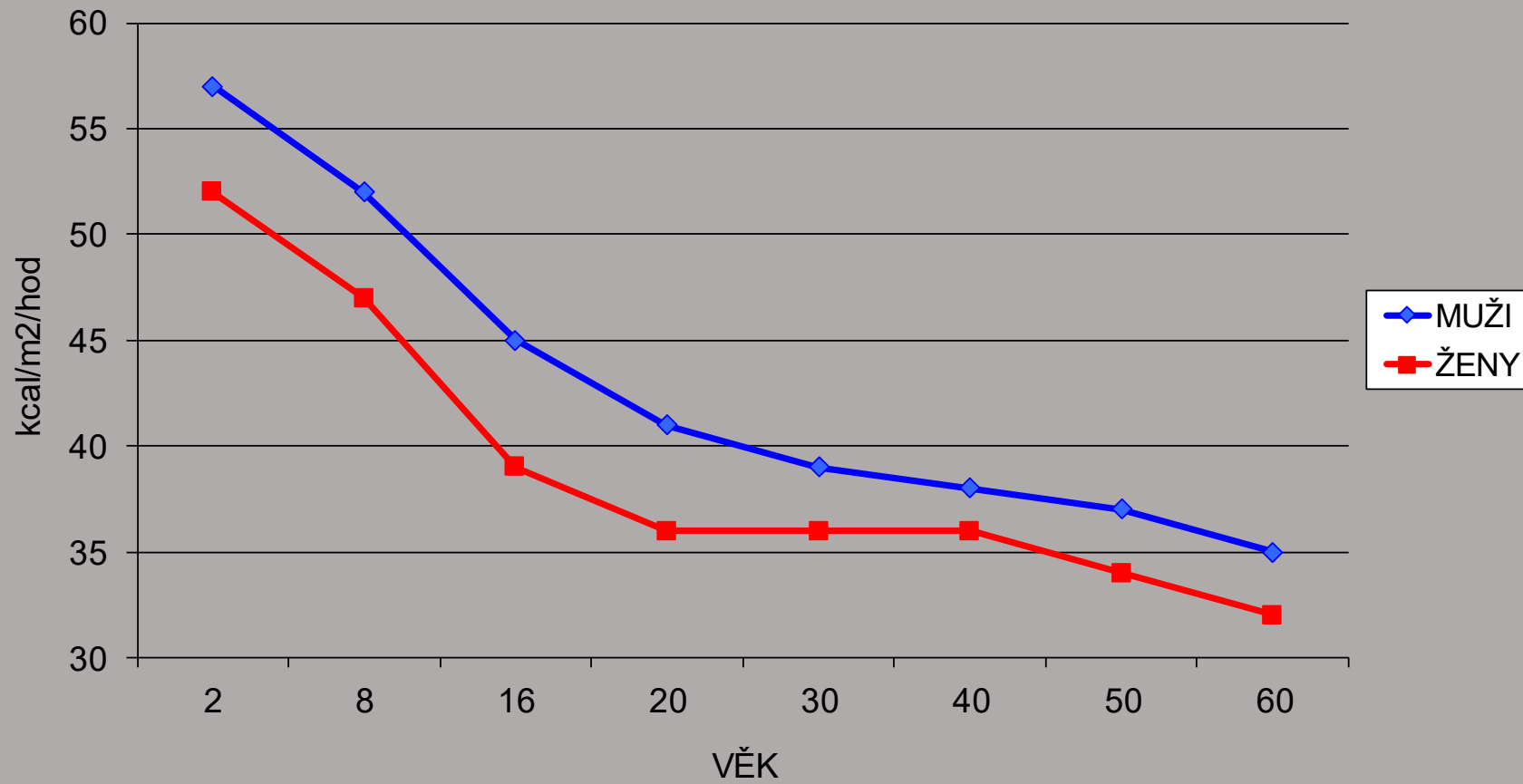
**BMR muži = 66 + (13,7 . hmotnost) + (5,0 . výška) - (6,8 . věk)**

**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

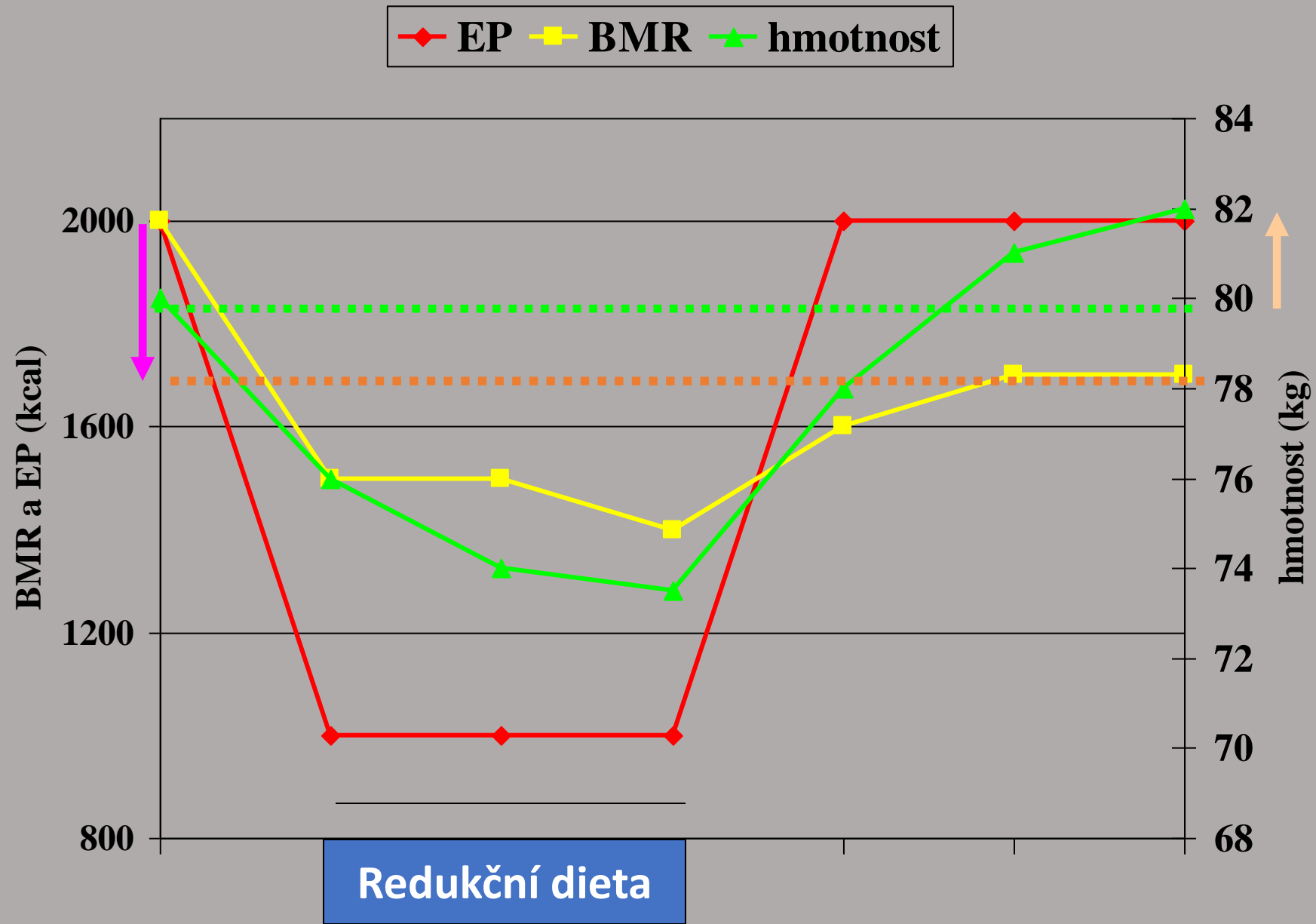
Dlouhodobé hladovění - pokles BMR

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

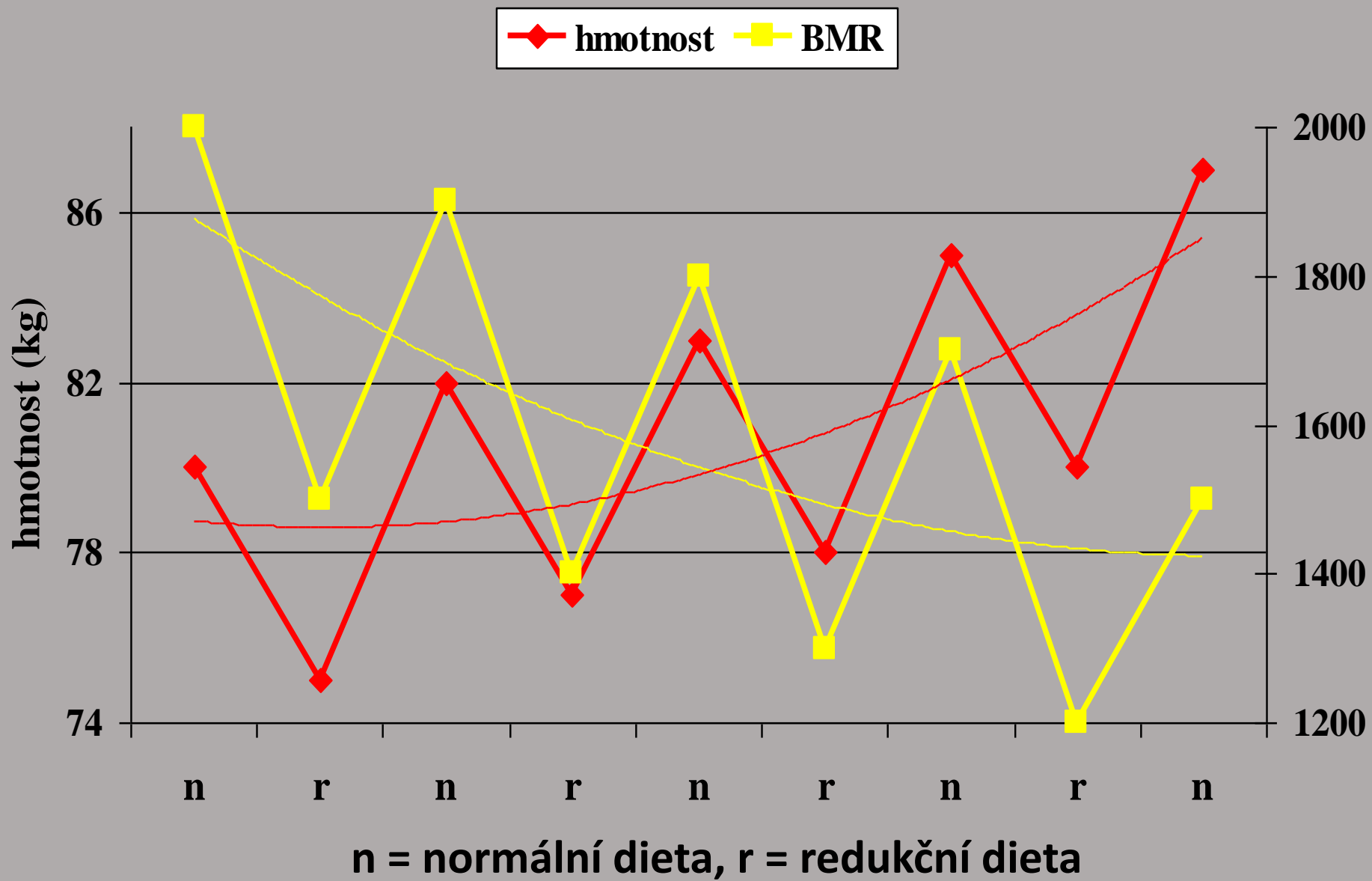
**Proto při redukční dietě zpočátku prudký pokles hmotnosti, později zpomalení poklesu hmotnosti**

Po jídle stoupá aktivita sympatiku a BMR stoupá

# BMR, EP, REDUKČNÍ DIETA A HMOTNOST



# 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

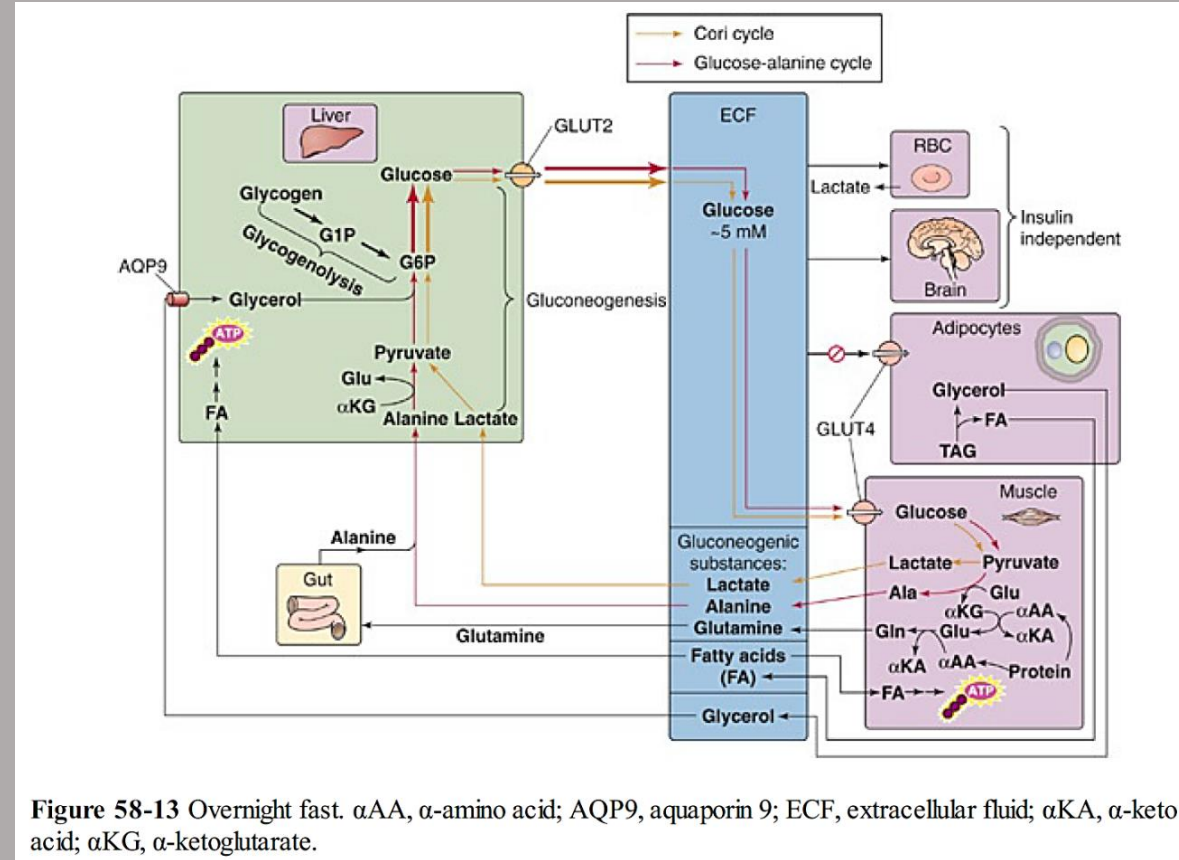
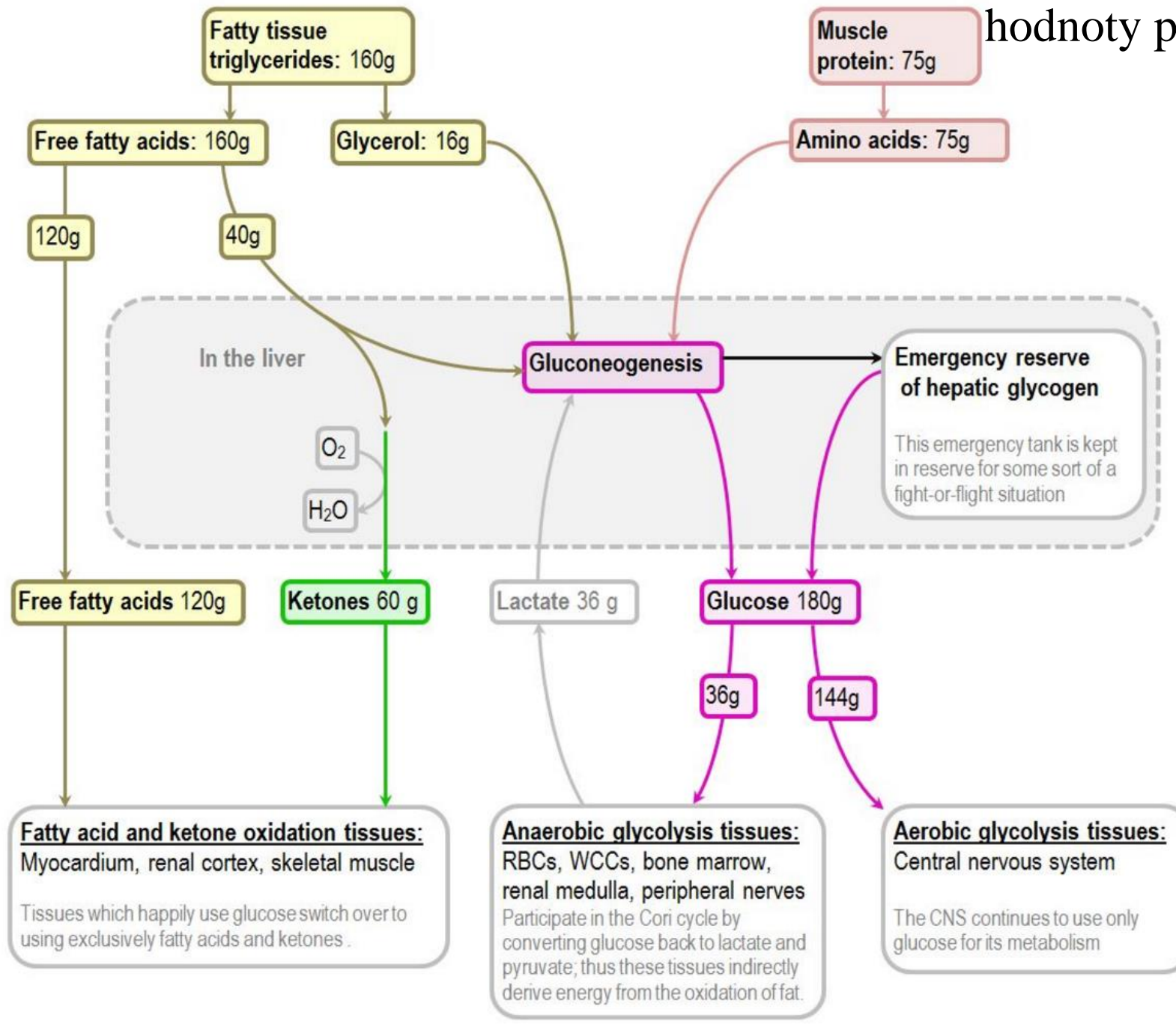
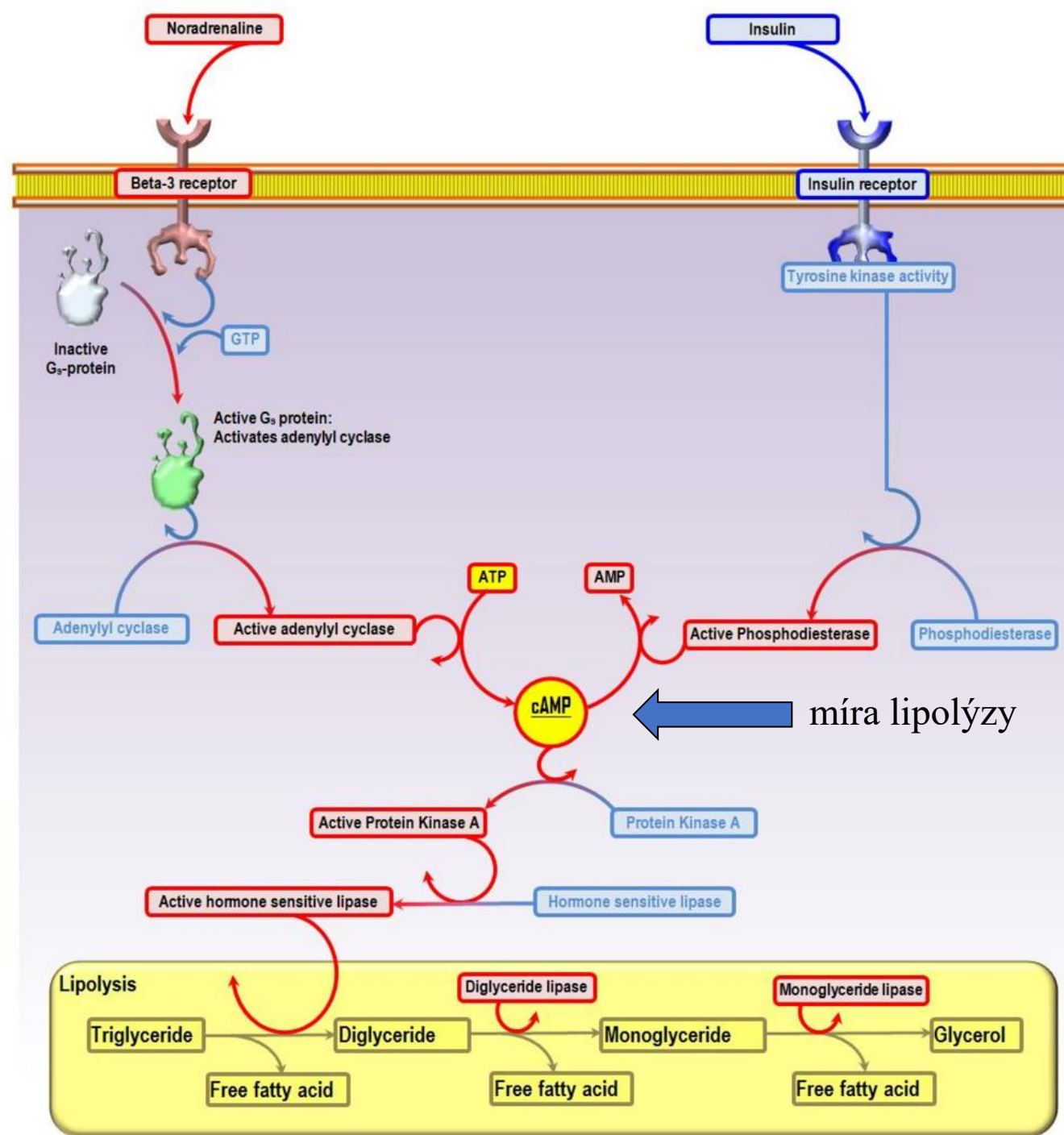


Figure 58-13 Overnight fast.  $\alpha$ AA,  $\alpha$ -amino acid; AQP9, aquaporin 9; ECF, extracellular fluid;  $\alpha$ KA,  $\alpha$ -keto acid;  $\alpha$ KG,  $\alpha$ -ketoglutarate.

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





## 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

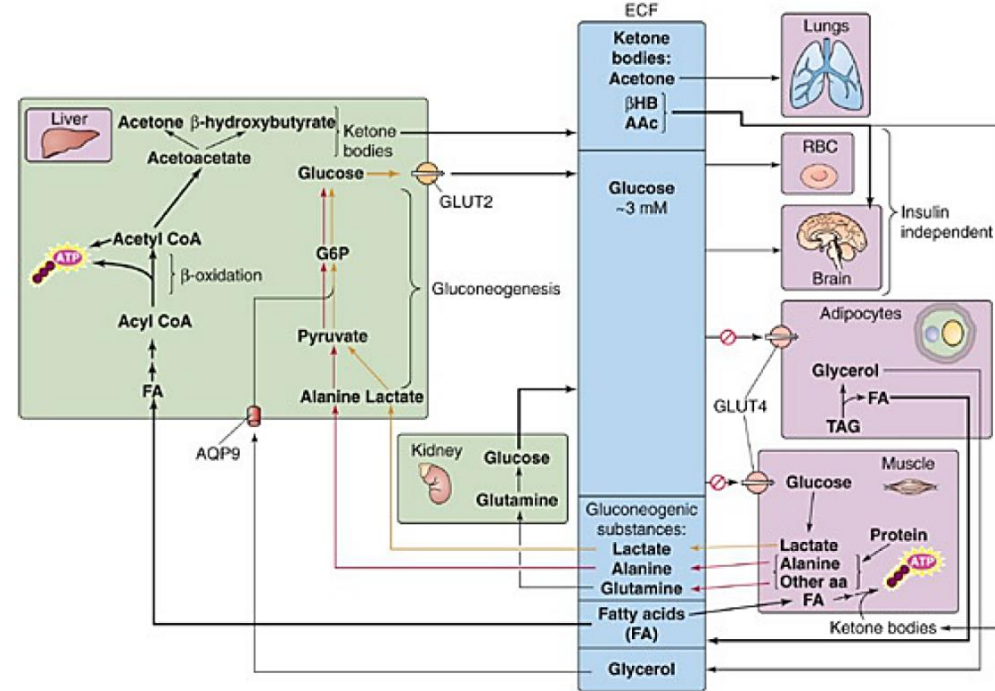
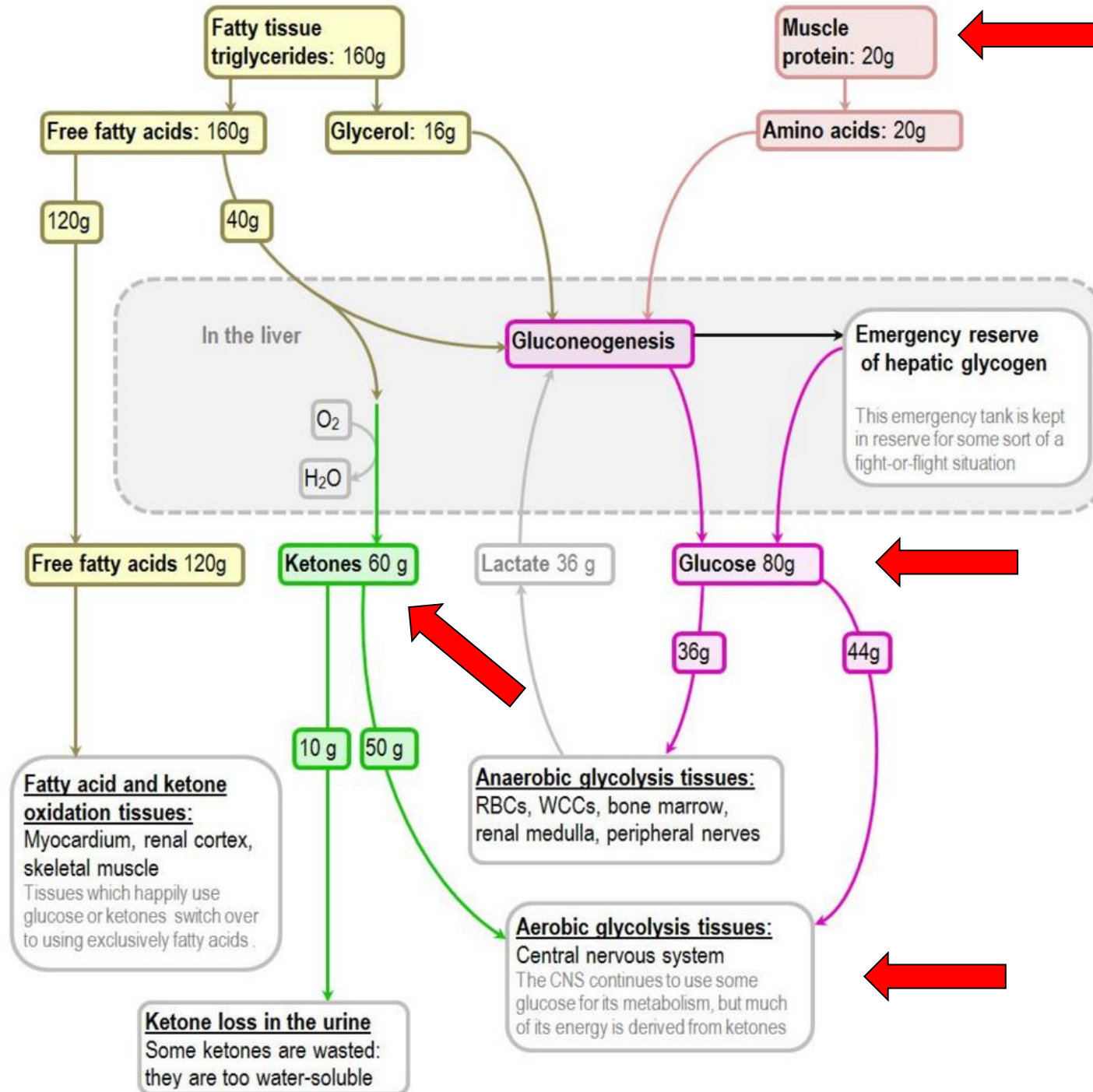


Figure 58-14 Prolonged starvation. AAc, acetoacetate; ECF, extracellular fluid;  $\beta$ HB,  $\beta$ -hydroxybutyrate.

- 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 ketoláték nervovou tkání ( $\beta$ -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 tkáně, hormonální změny (leptin, FSH, LH – anovulace)

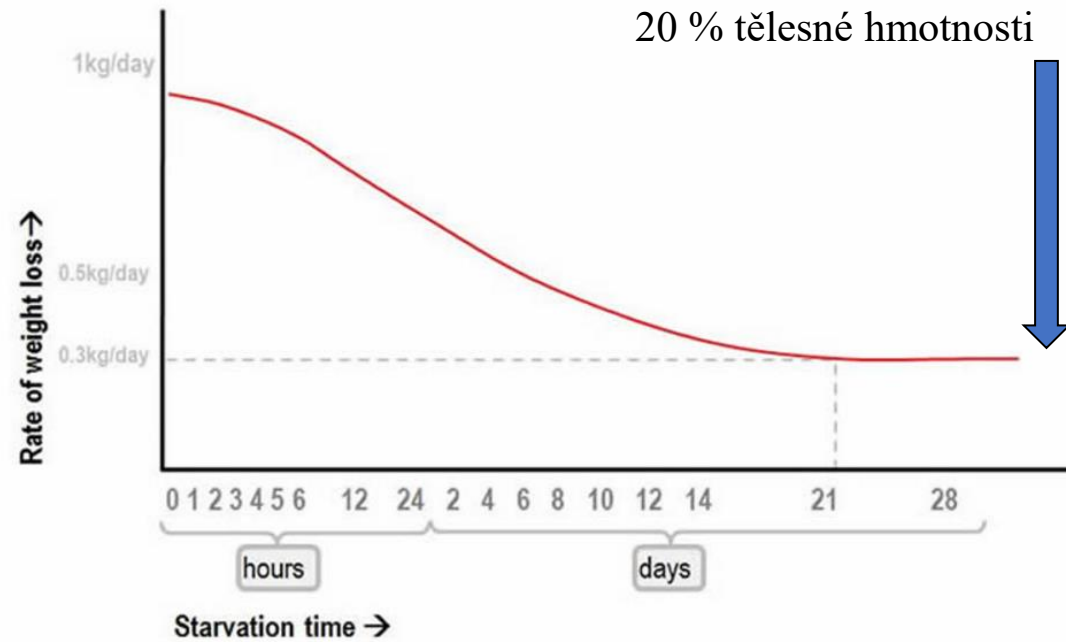
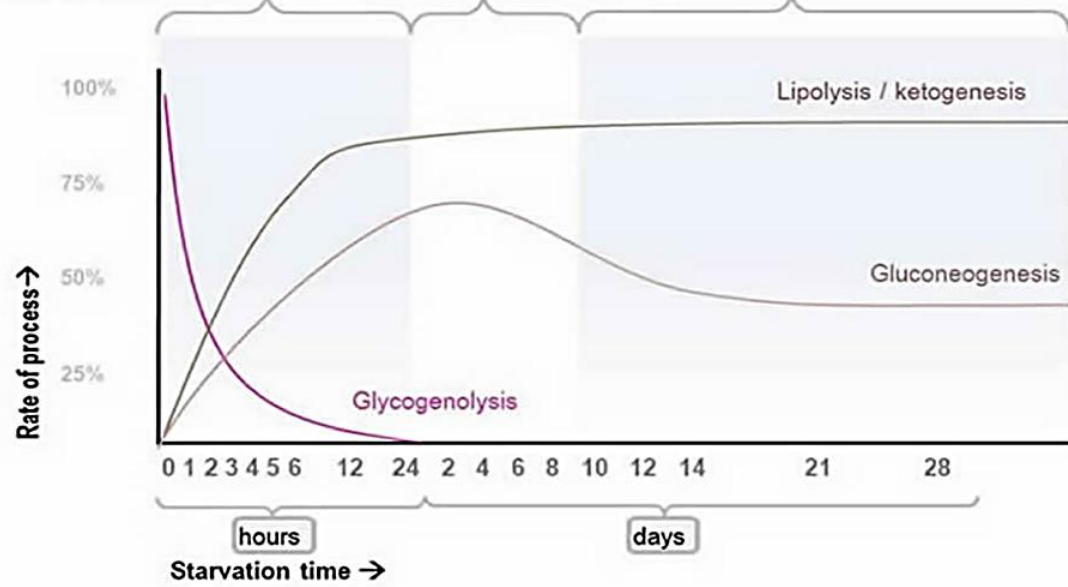




**Post-absorptive phase:**  
The CNS and many other tissues preferentially use glucose, produced from glycogen breakdown

**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

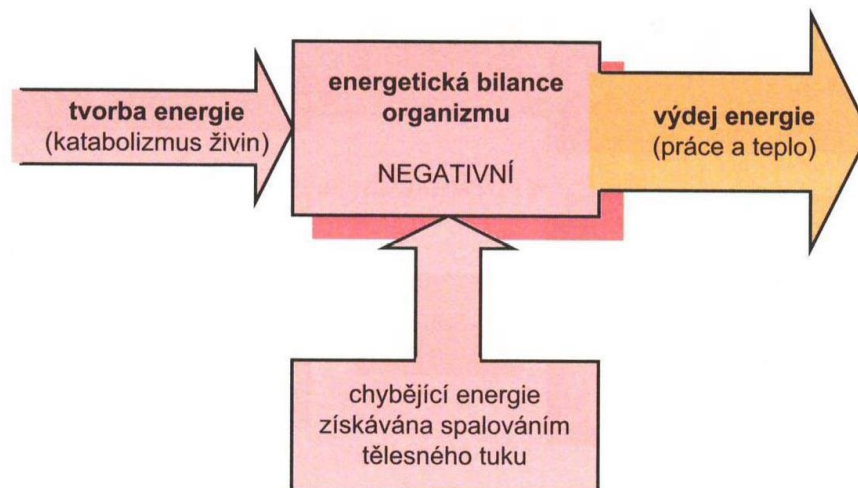
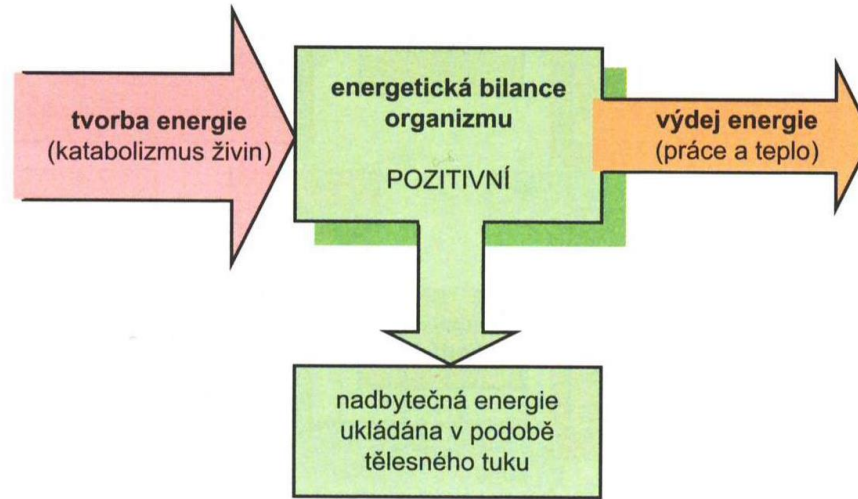
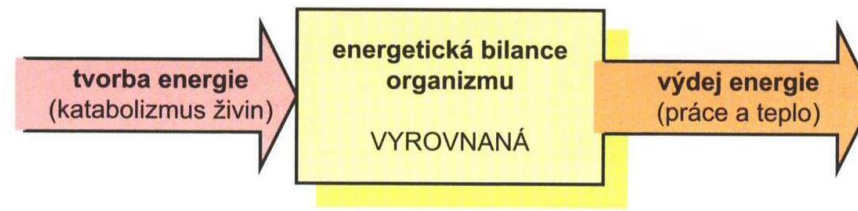
- Rovnováha mezi energetickým příjmem a výdejem
- Při negativní energetické bilanci se spotřebovávají vnitřní zásoby

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

$(Q/V\text{O}_2)$

Termický koeficient kyslíku

jednotlivých živin se liší,

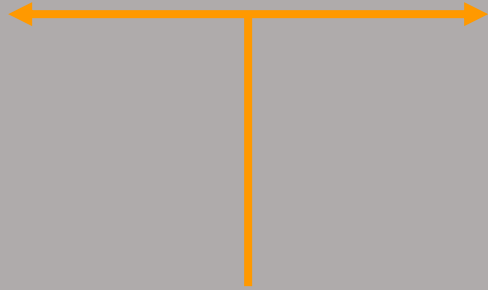
**proto se liší i EE.**



# 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 O<sub>2</sub>/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

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

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

**Při  $VO_2/\text{kg max} = 30 \text{ ml/kg.min}$  bude práce  $25 \text{ ml/kg.min}$  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

	<b>METs</b>
• 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

	<b>METs</b>
• 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

	<b>METs</b>
• 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

	<b>METs</b>
• 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

	<b>METs</b>
• závodní fotbal	<b>10,0</b>
• tenis rekreační čtyřhra	<b>5,5</b>
• tenis rekreační dvouhra	<b>8,6</b>
• tenis závodní dvouhra	<b>11,0</b>
• lyžařská turistika	<b>6,5</b>
• závodní běh na lyžích	<b>19,7</b>
• lehký lyžařský sjezd	<b>7,7</b>
• závodní sjezd na lyžích	<b>14,0</b>

# Energetické hodnoty jednotlivých sportovních odvětví

	<b>METs</b>
• 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**)

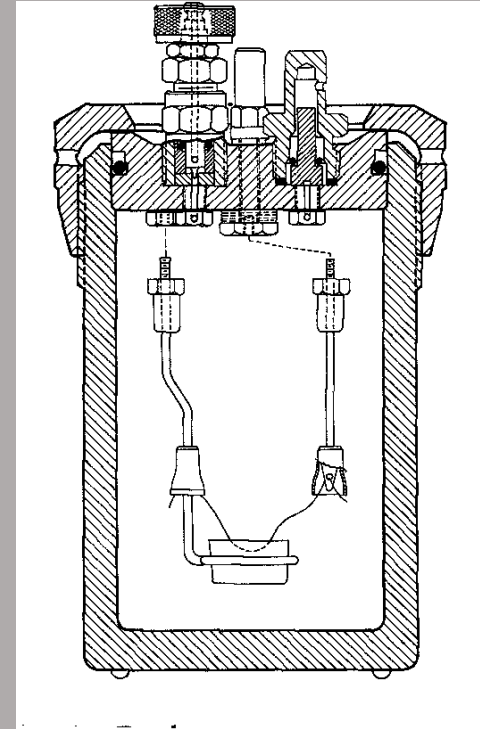
- Kalorimetry:

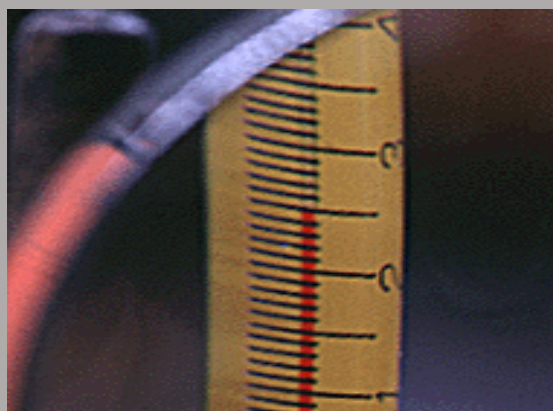
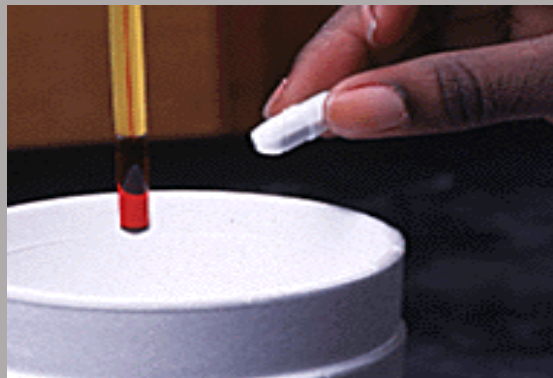
- adiabatické = ohřátí obsahu kalorimetru
- Izotermní = vzniklé teplo je odváděno

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

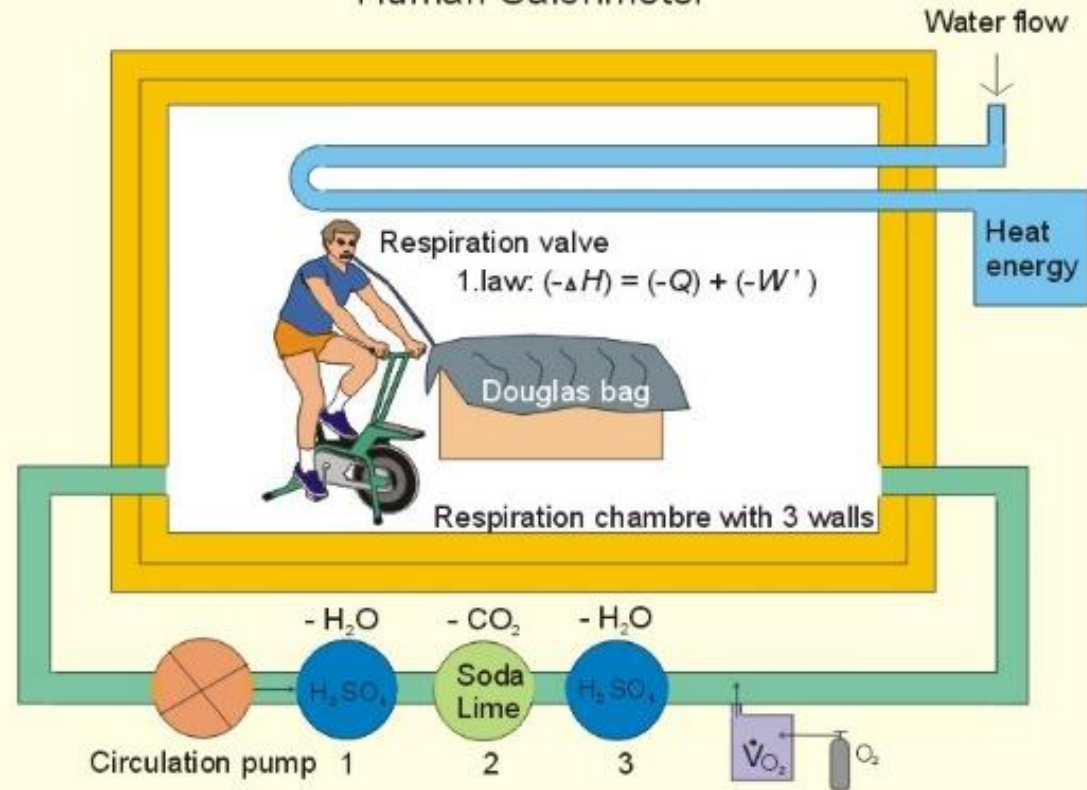
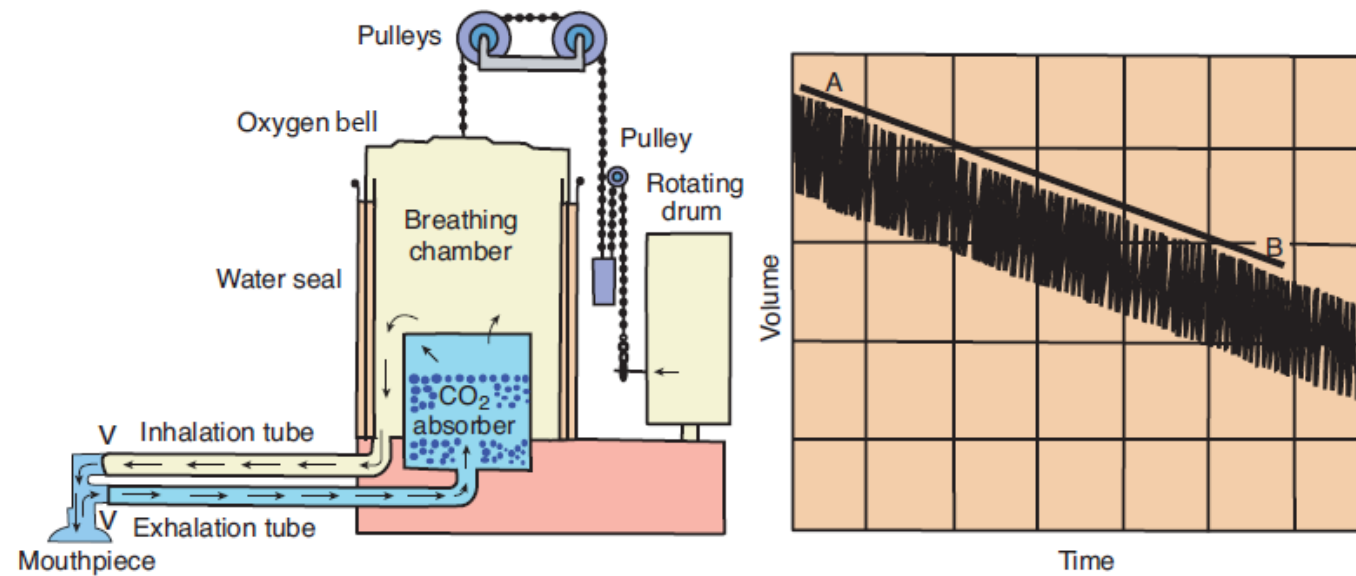


Fig. 20-4

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  $O_2$  consumption, and the record obtained with it. The slope of the line AB is proportionate to the  $O_2$  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



