

# Zdroje energie a jejich role v různých fázích kritického stavu



Luboš Sobotka

III. interní klinika

Lékařská fakulta - Karlova universita

Hradec Králové

# Co jíme?



**Cukry**

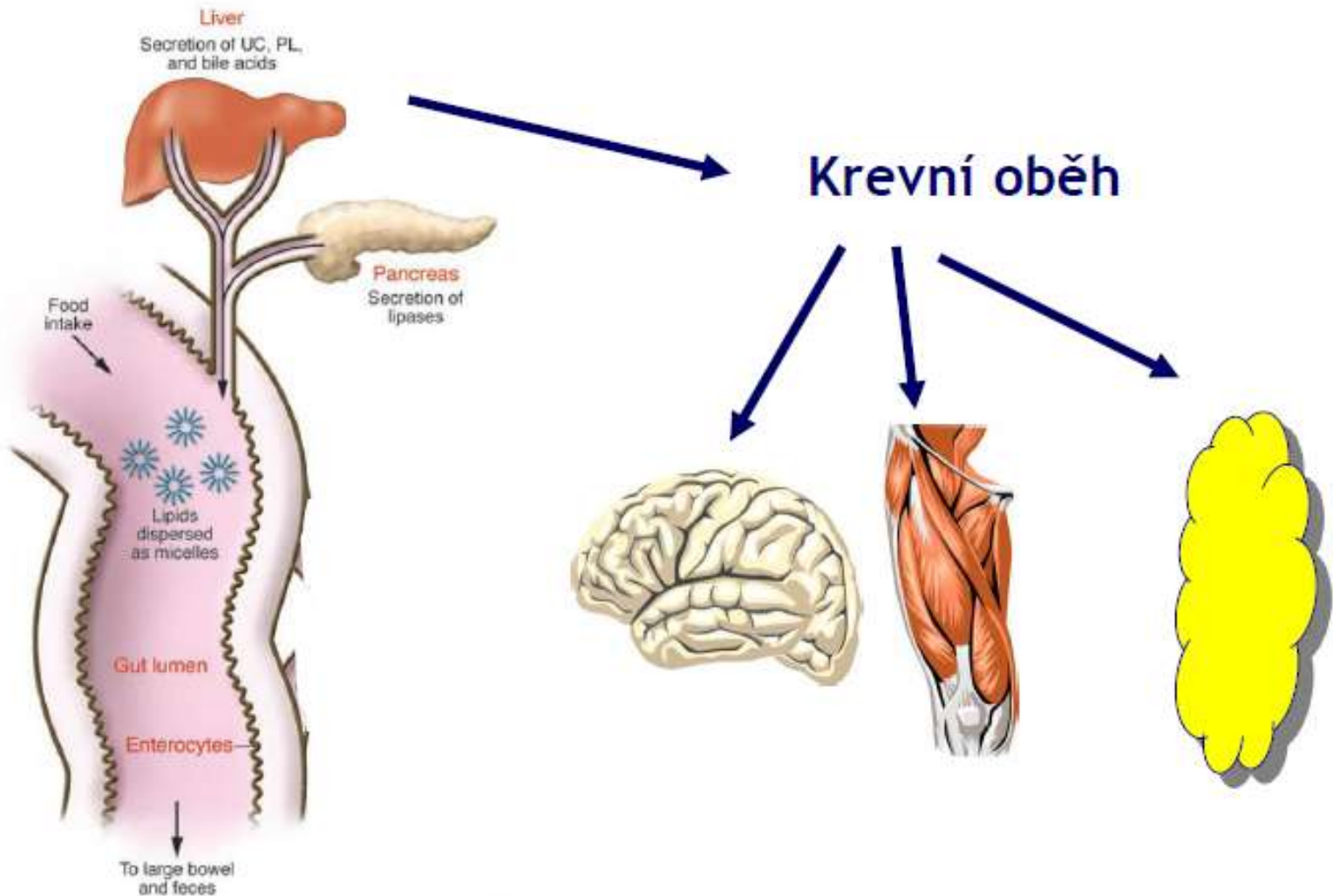


**Tuky**

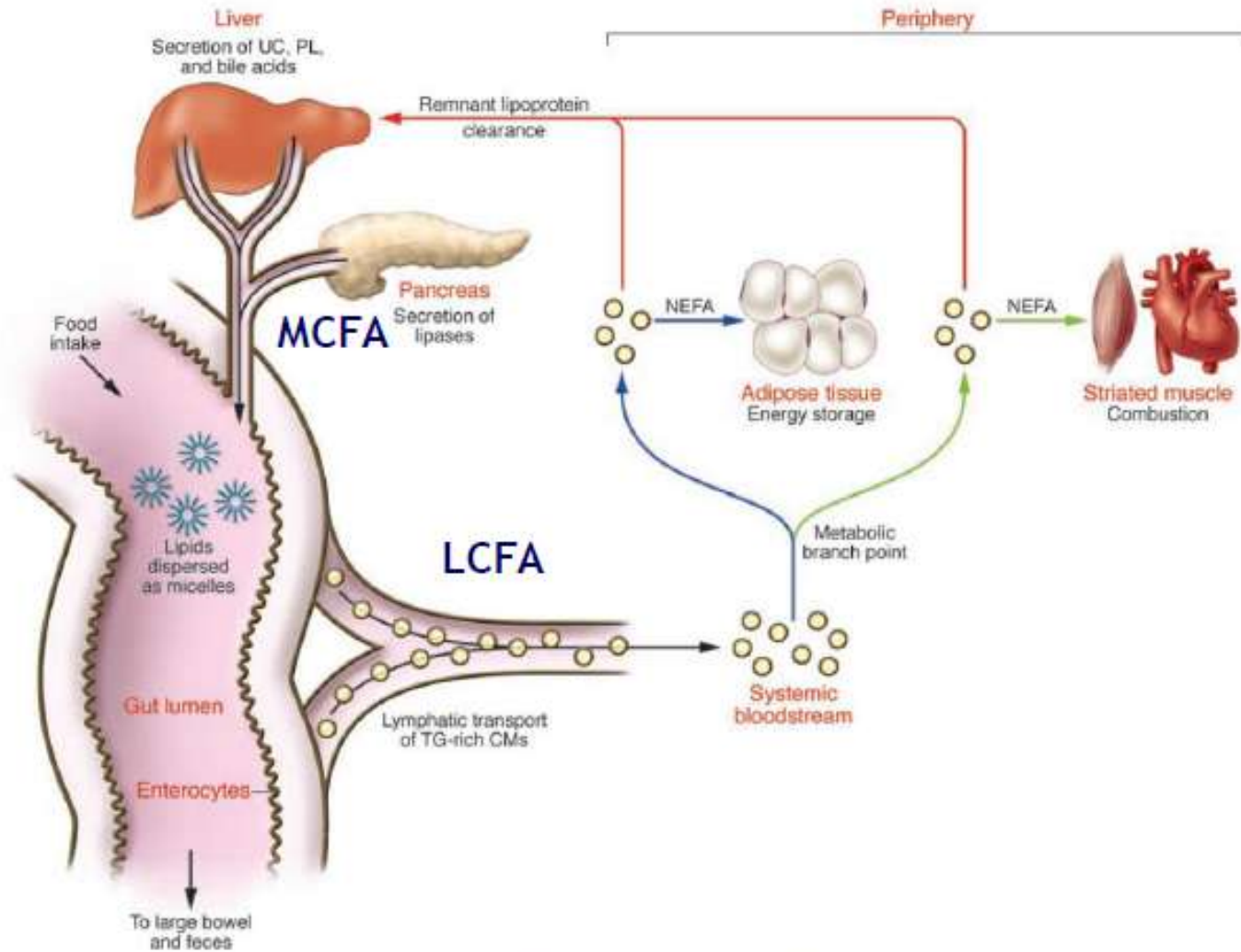


**Bílkoviny**

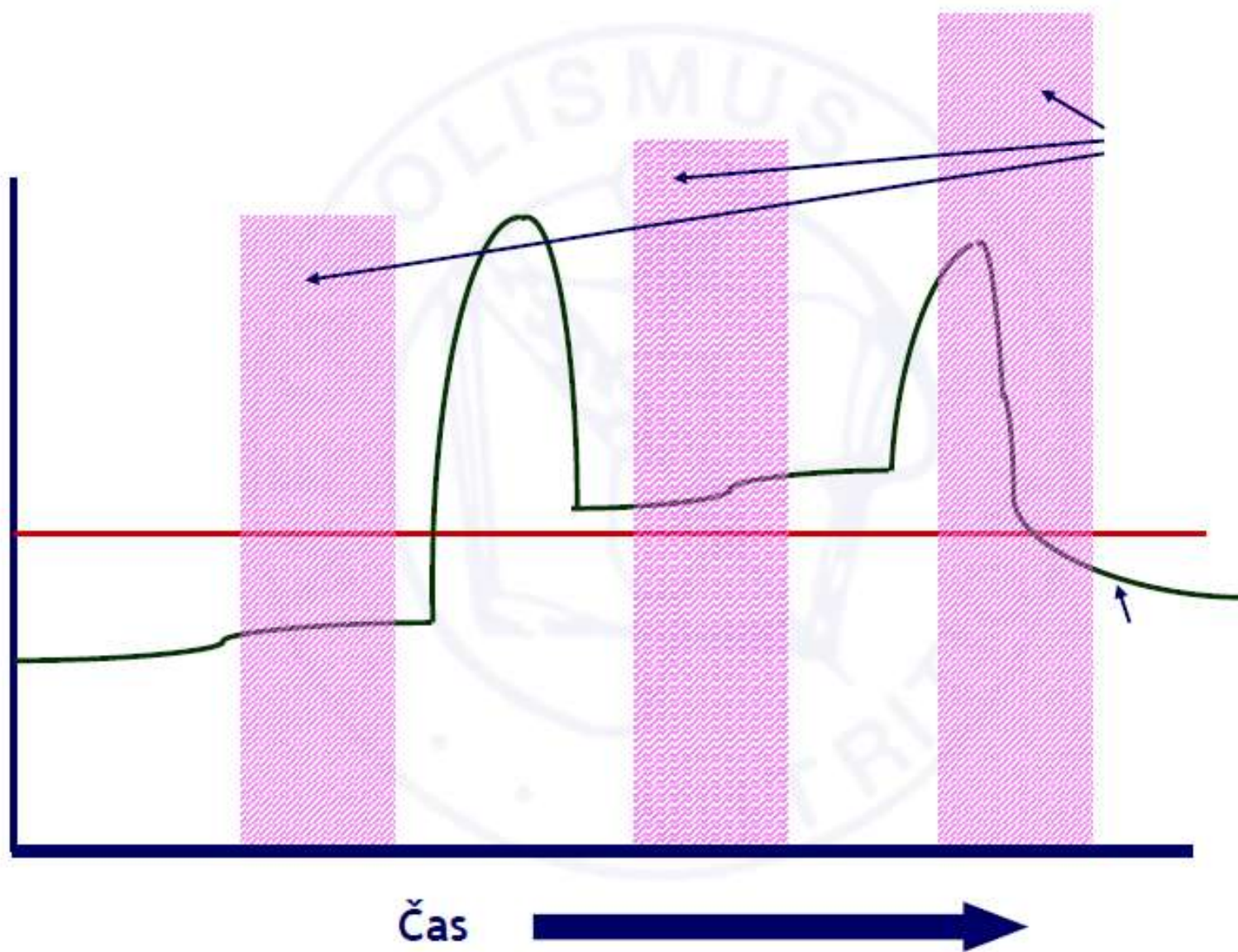
# Cukry a bílkoviny



# Tuky

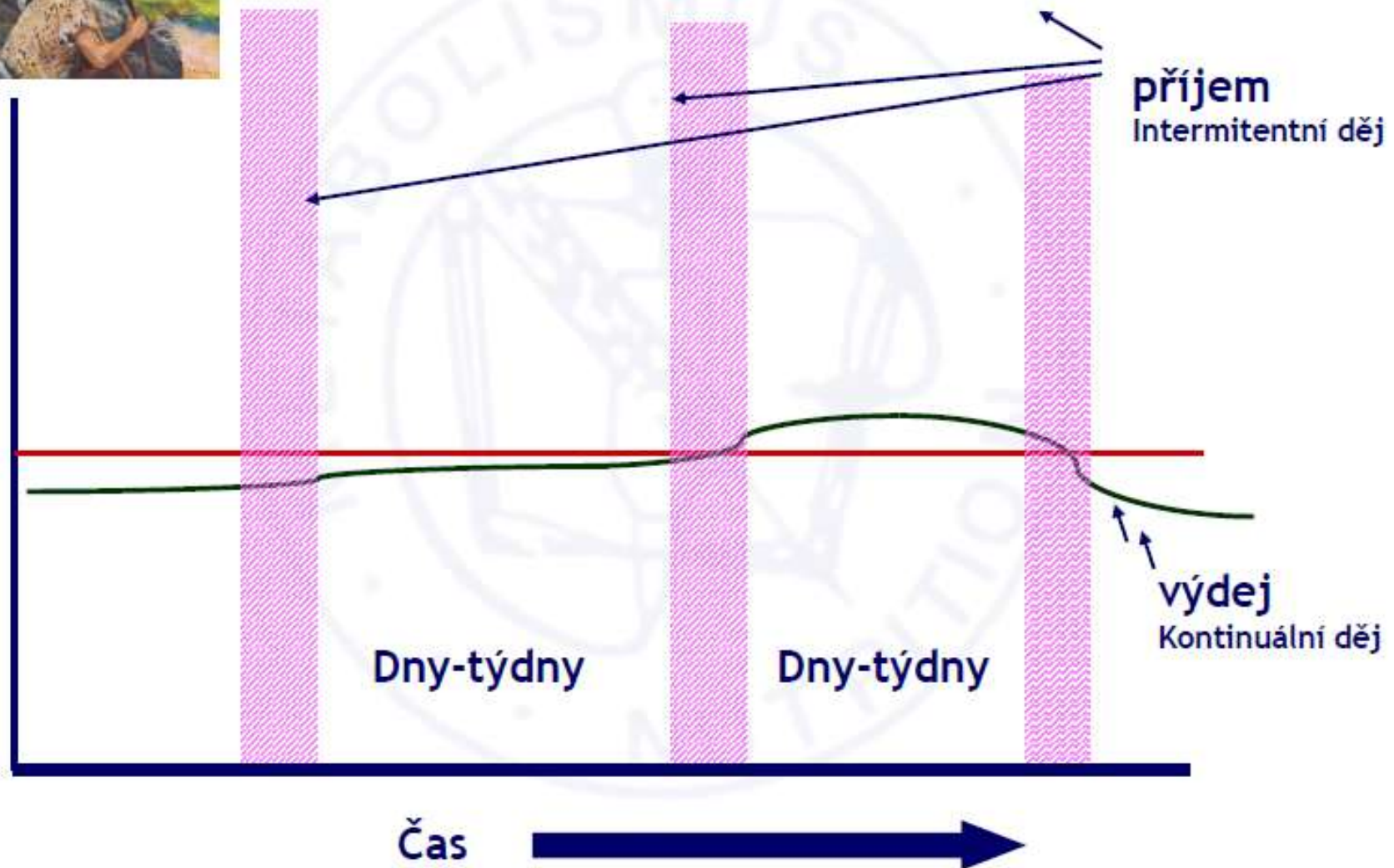


# Příjem a výdej energie





# Příjem a výdej energie



# Stav po příjmu potravy

Příjem

Oxidace

Cukry  
Bílkoviny



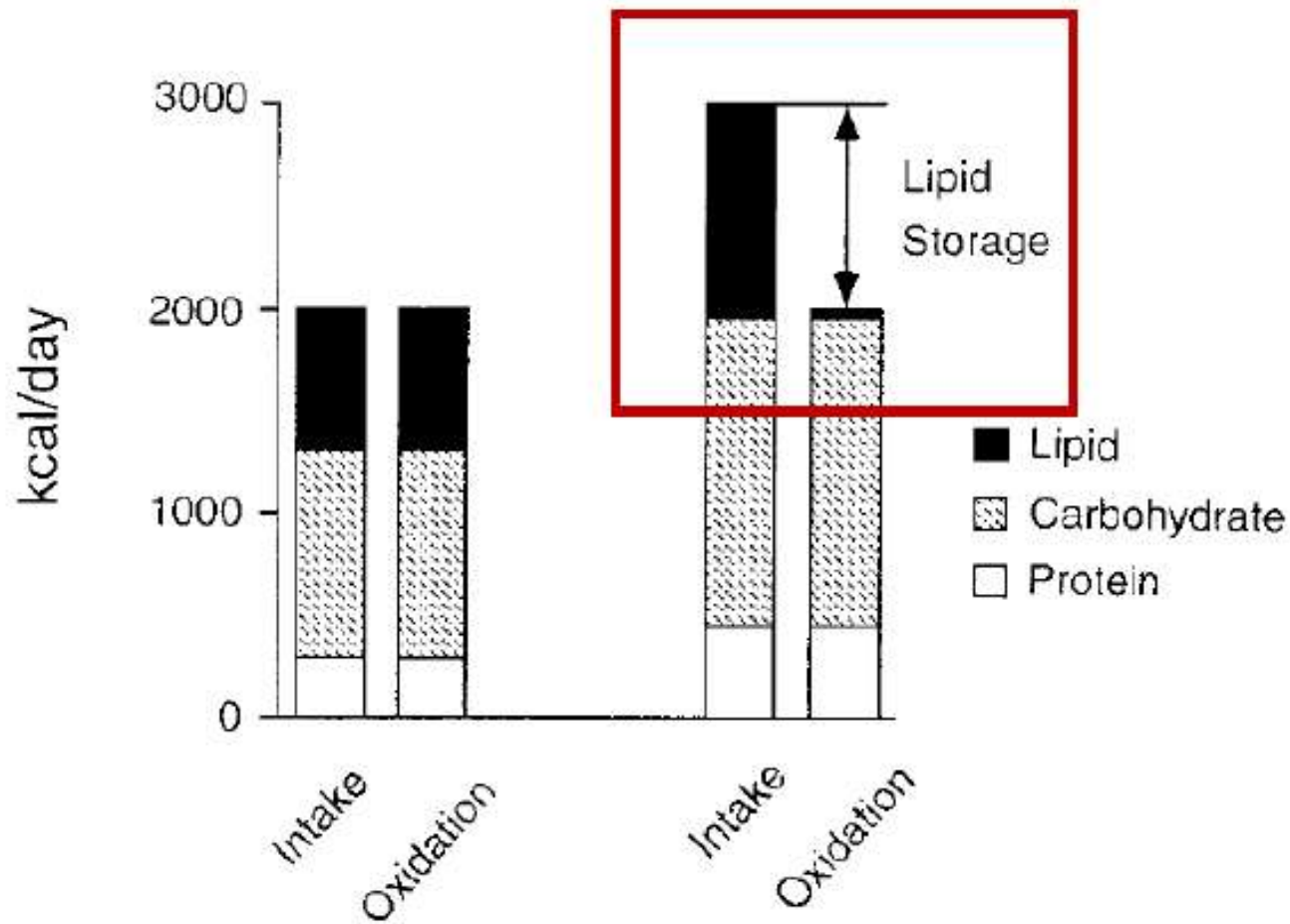
Bílkoviny Glykogen Tuk

$H_2O + CO_2$   
+  
Teplo  
+  
ATP

Tuk

Tukové  
zásoby

# Tukové zásoby po příjmu potravy



Isocaloric

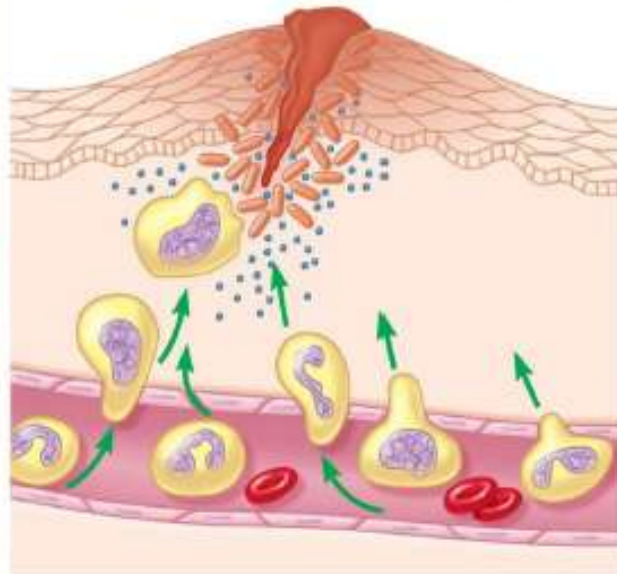
Hypercaloric



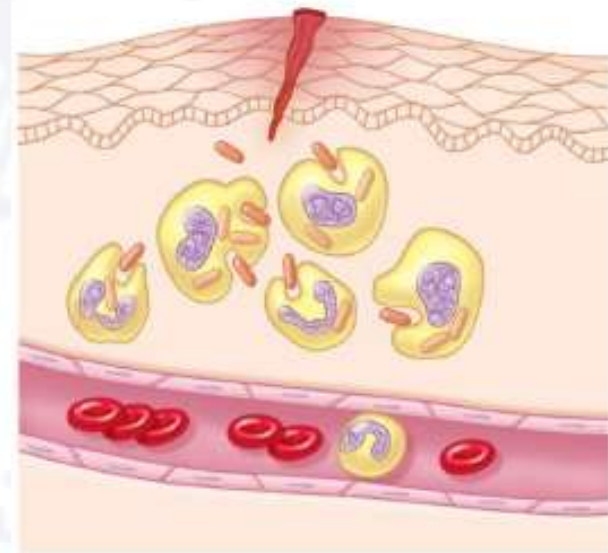
# Zánětlivá odpověď na poškození



Poškození a  
mikrobiální invaze



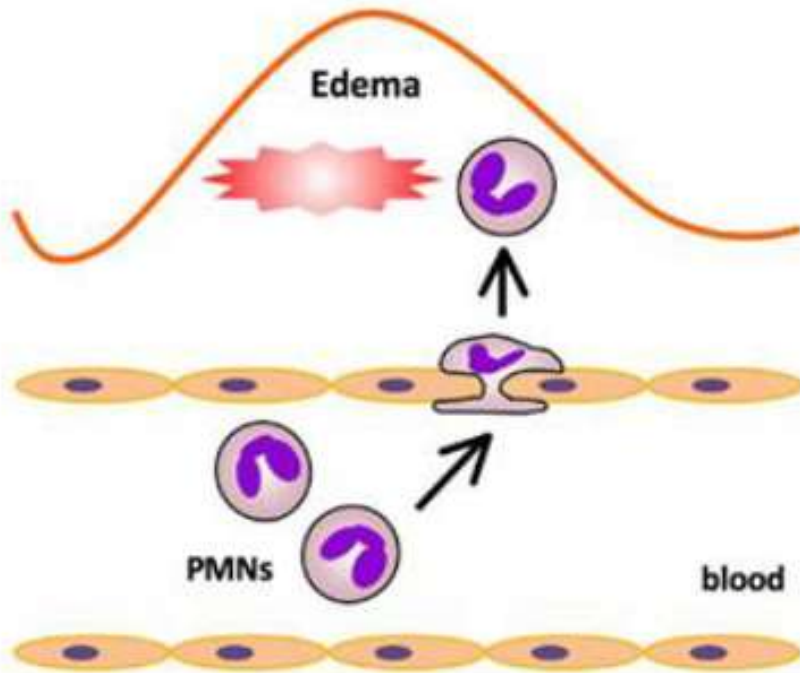
zánět



Obrana před invazí

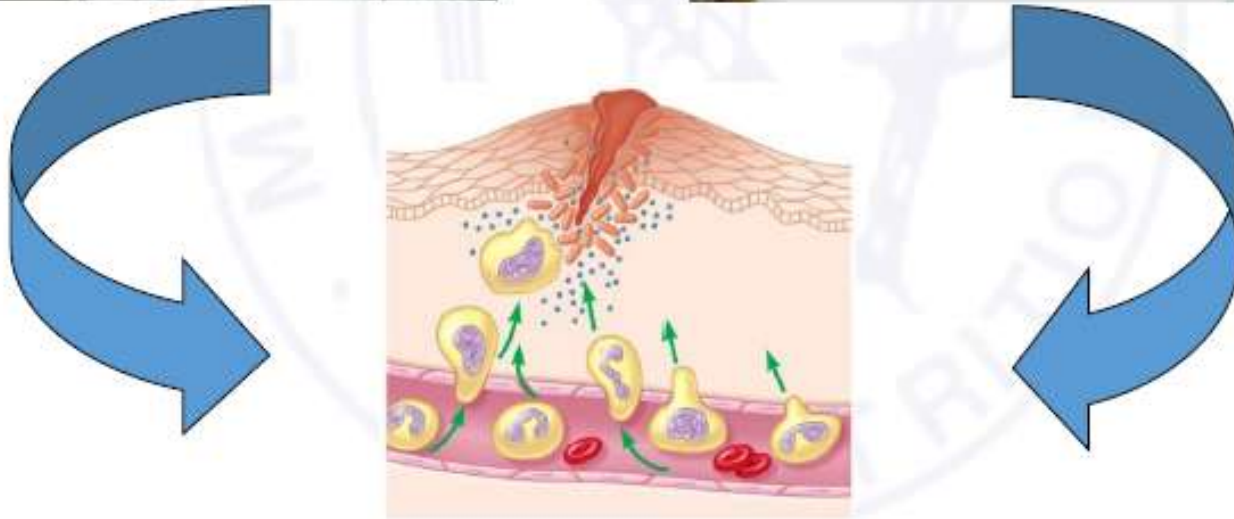
# Zánětlivá odpověď je základní reakcí na tkáňové poškození

## Acute Inflammation



Isobe Y et al, 2012

# Zánětlivá odpověď - katabolický proces který spotřebovává vlastní „tělesné rezervy“



# Systemový zánět potlačuje proces hojení

Den 9

Rána na boltci

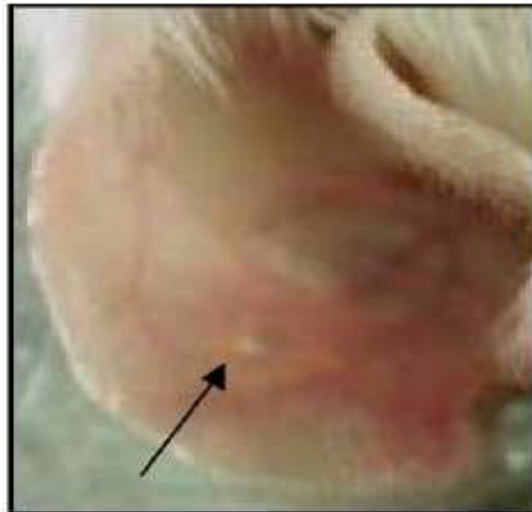


Kontrola



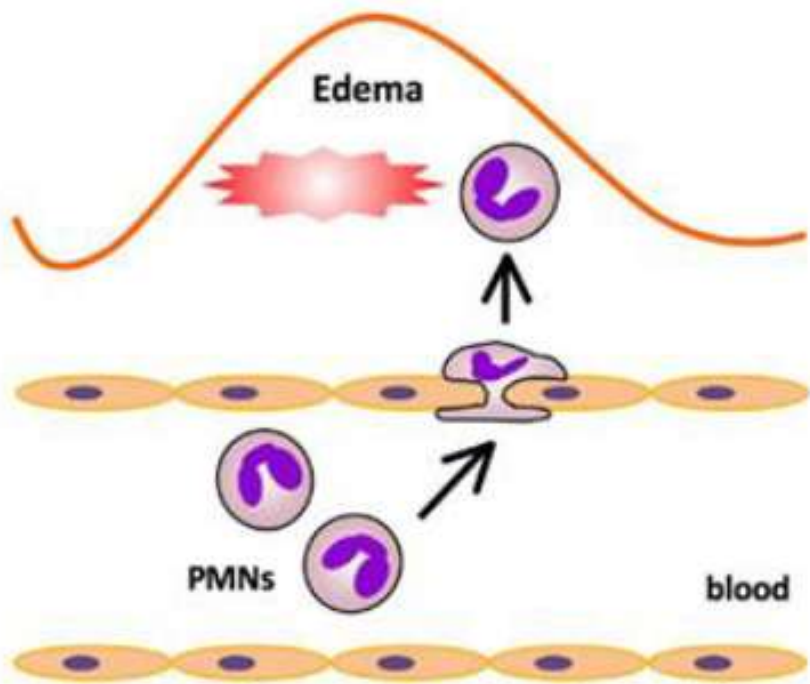
Popáleninové trauma

Den 21

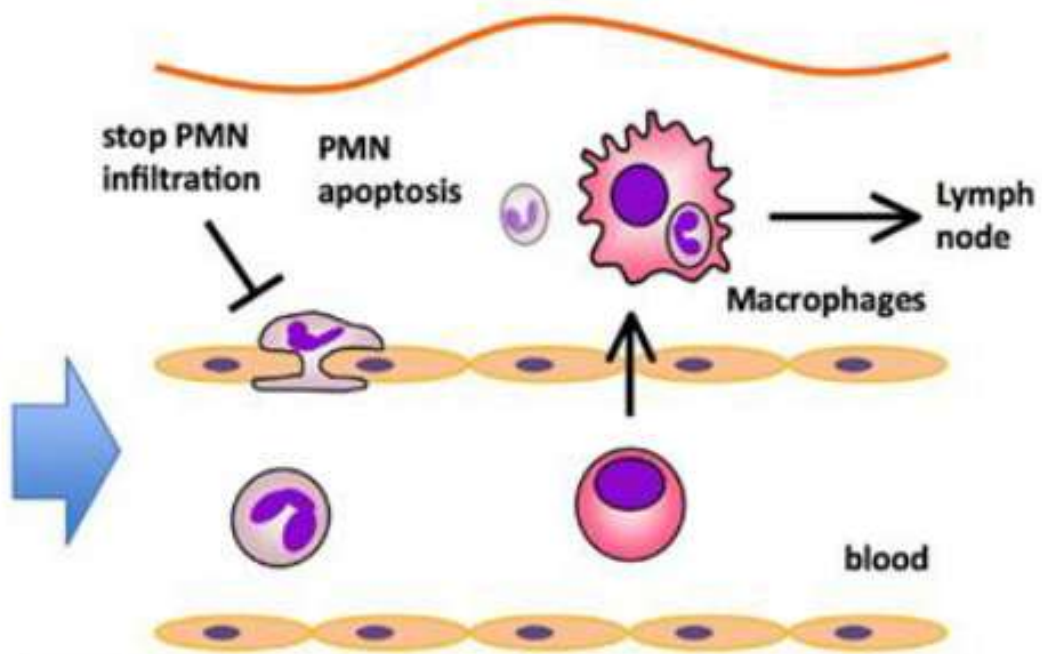


# Hojení a imunitní reakce (anabolismus) je následnou reakcí po akutní zánětlivé reakci

## Acute Inflammation

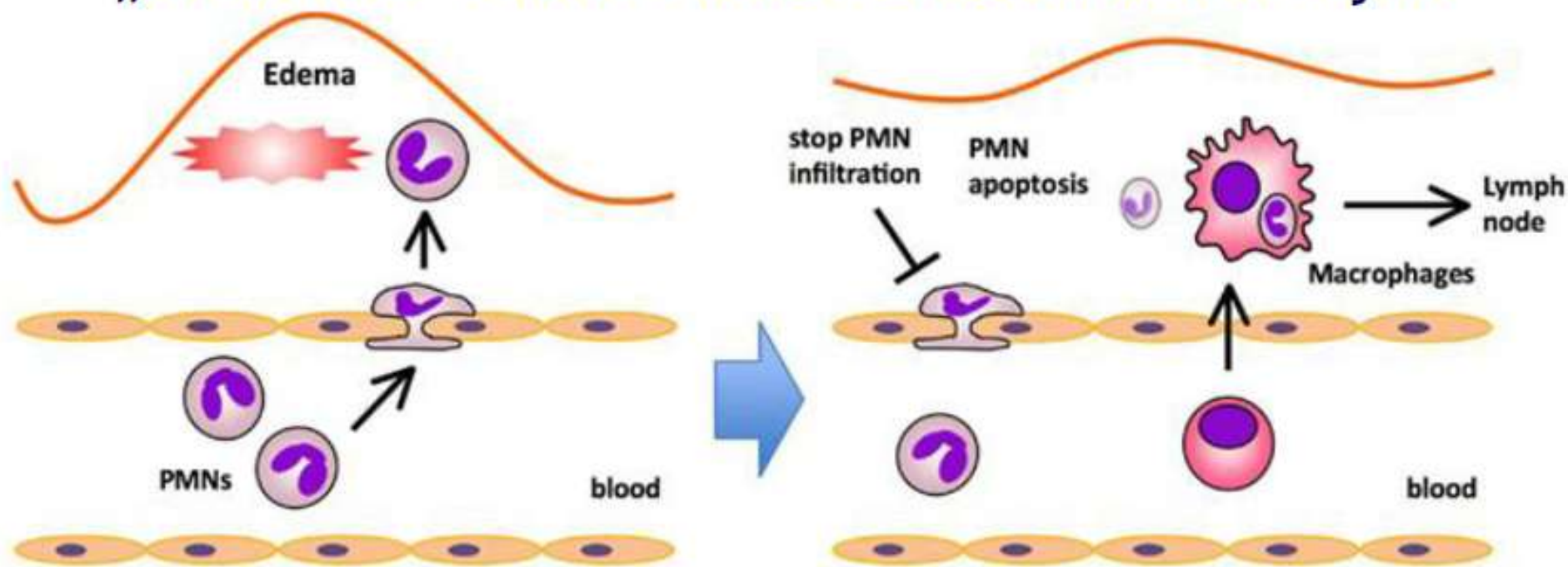


## Resolution



Isobe Y et al, 2012

# „Anabolická“ reakce v oblasti zánětu i během hojení



Potřeba substrátů

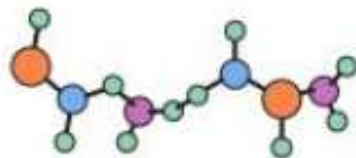
# Katabolické a anabolické reakce

## Metabolism

anabolic reaction

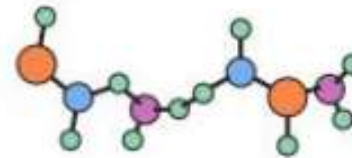


smaller molecules

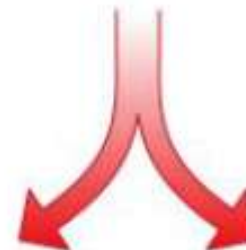


larger molecule

catabolic reaction



larger molecule



energy



smaller molecules

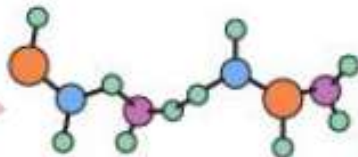
# Katabolické a anabolické reakce

## Metabolism

anabolic reaction

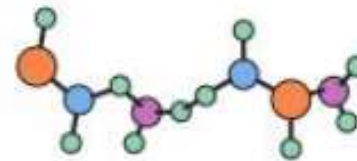


smaller molecules



larger molecule

catabolic reaction



larger molecule



smaller molecules

© 2013 Encyclopædia Britannica, Inc.

ATP





# Katabolické a anabolické reakce

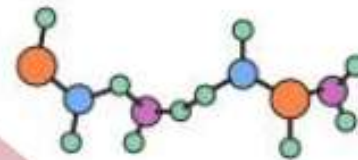
## Metabolism

anabolic reaction

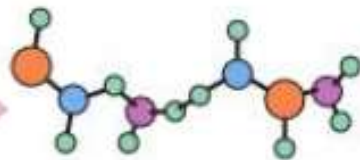
catabolic reaction



smaller molecules



larger molecule



larger molecule



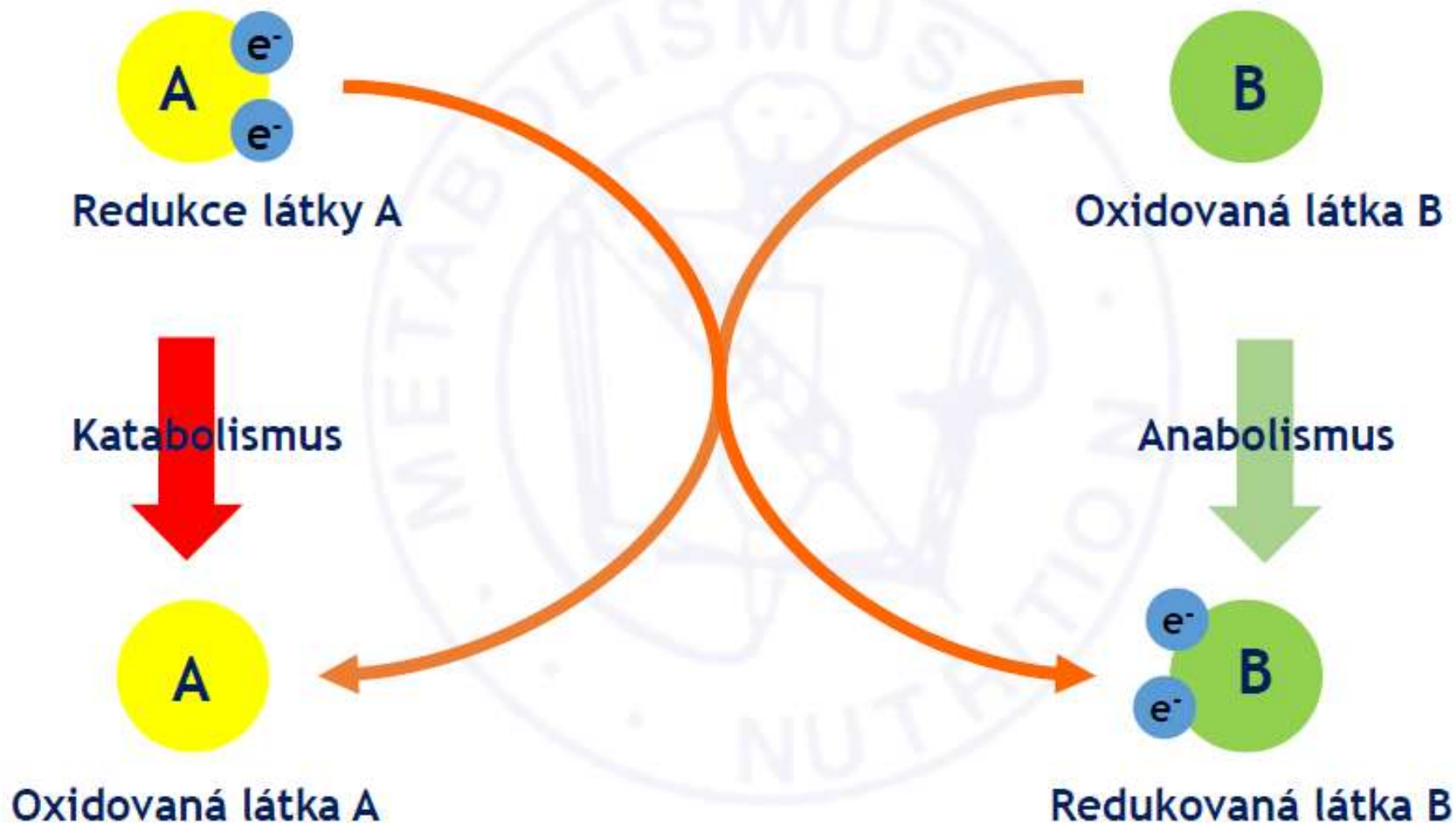
smaller molecules

© 2013 Encyclopædia Britannica, Inc.

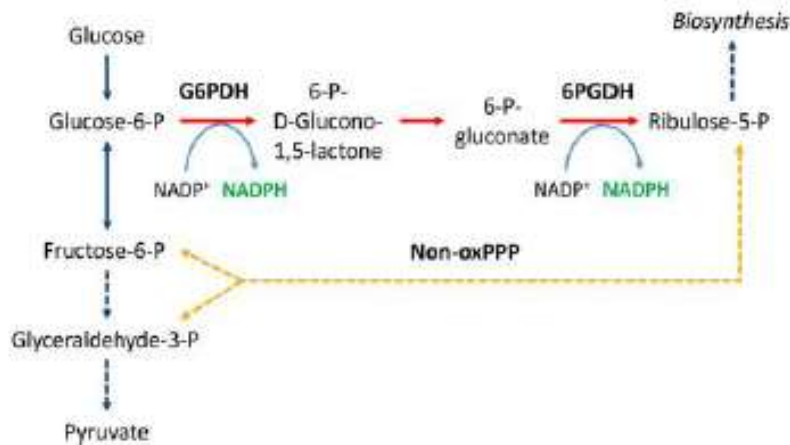
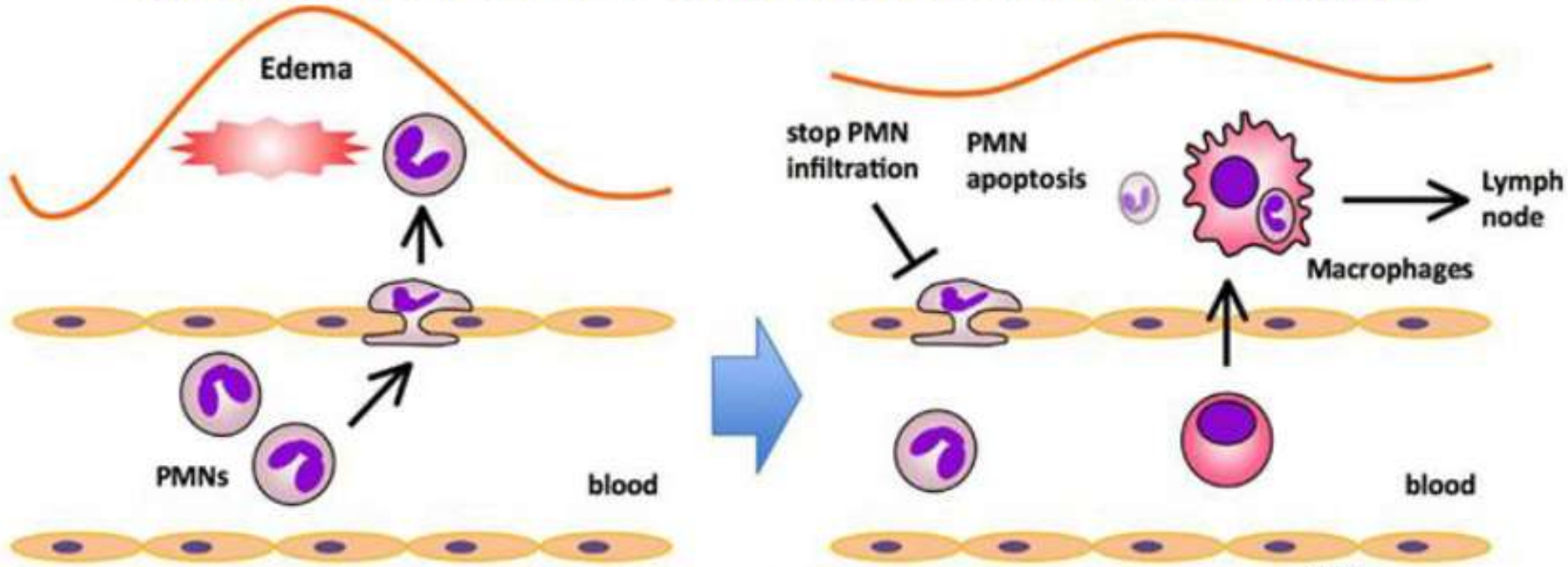
ATP



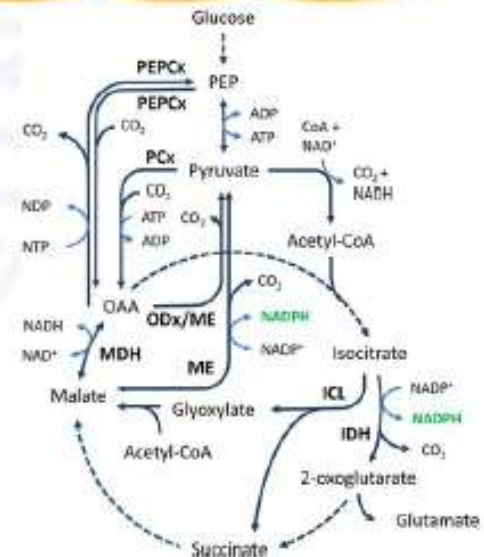
# Oxidace & redukce



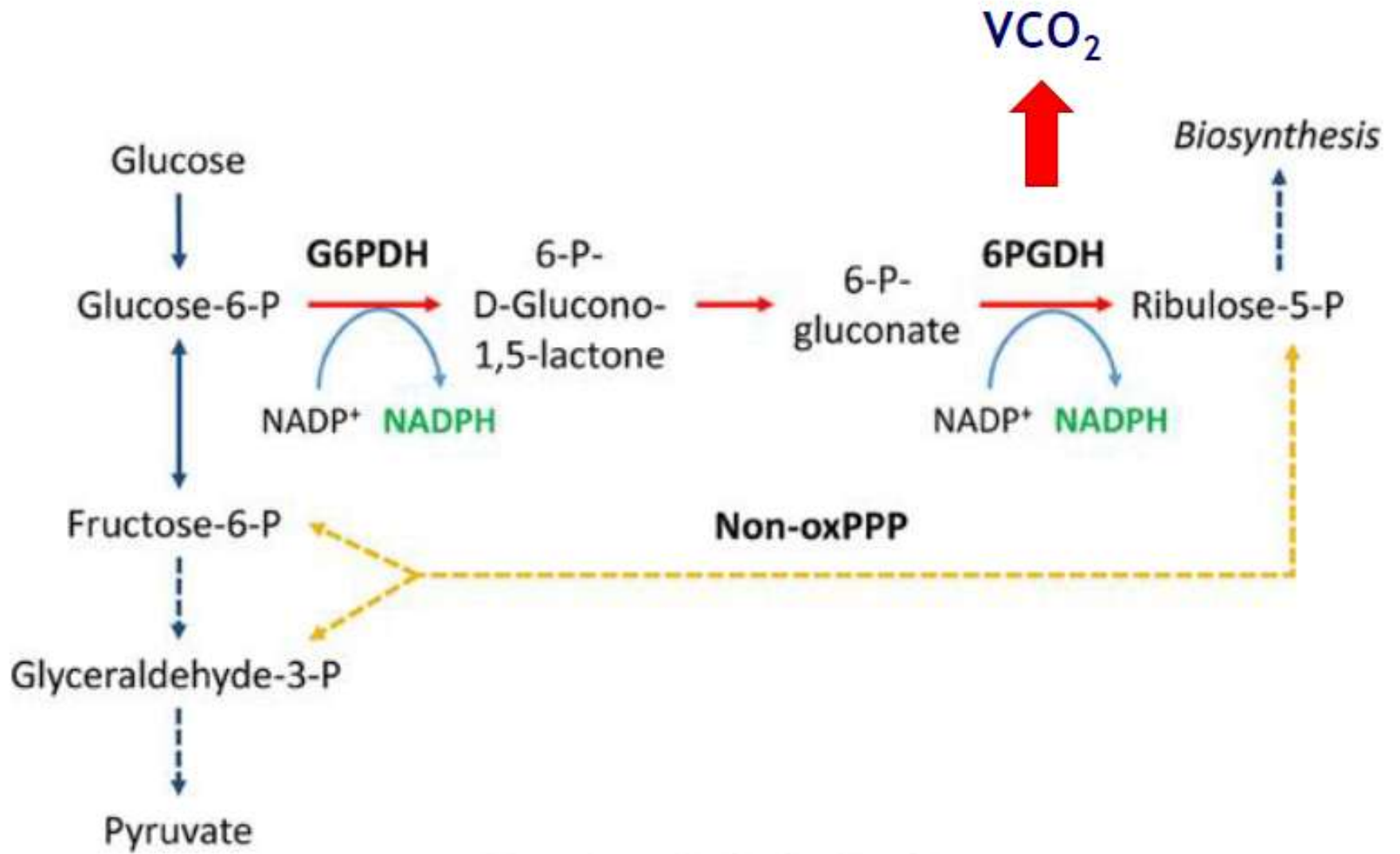
# Anabolická reakce v oblasti zánětu i během hojení



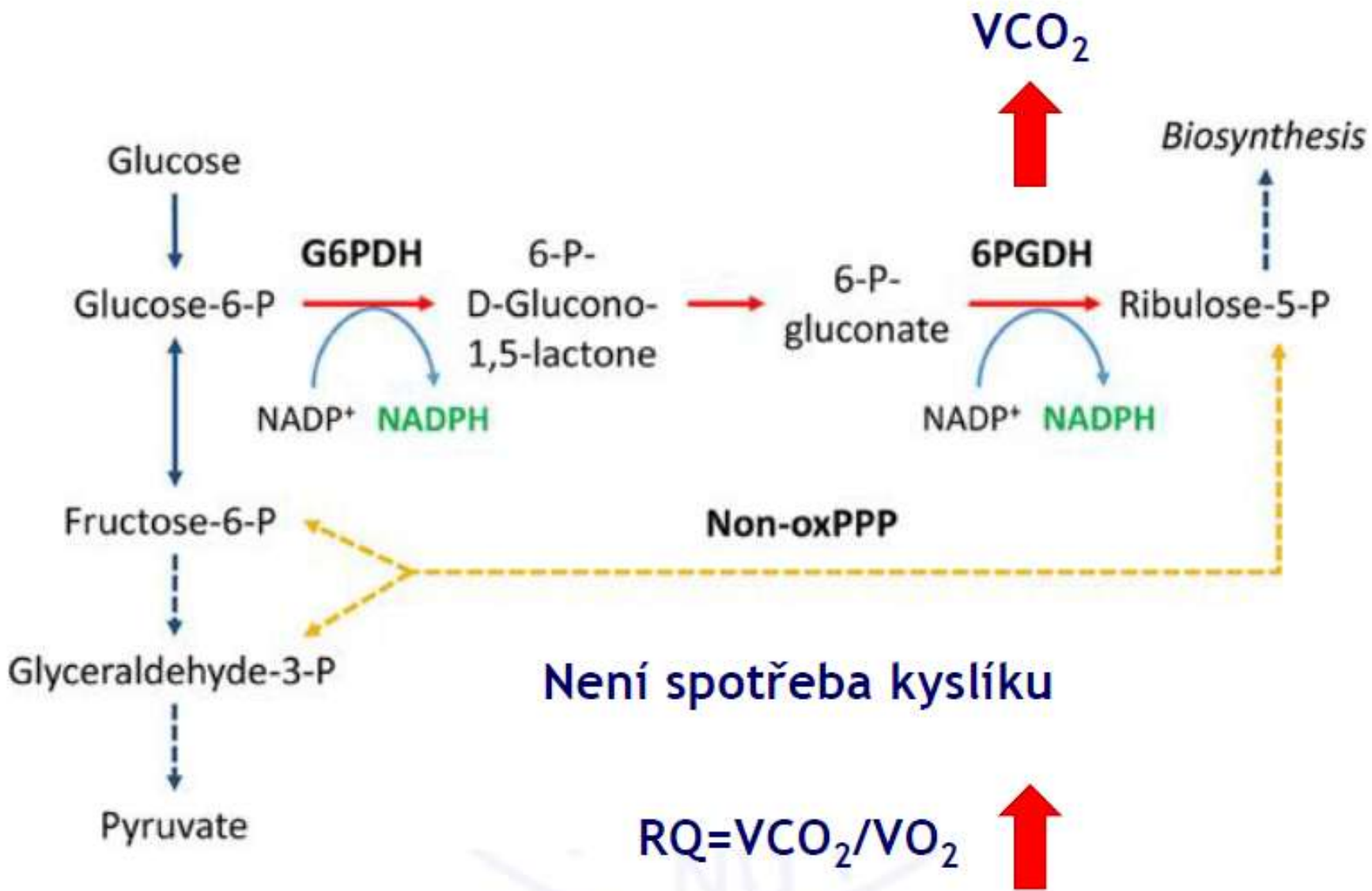
**Potřeba NADPH**

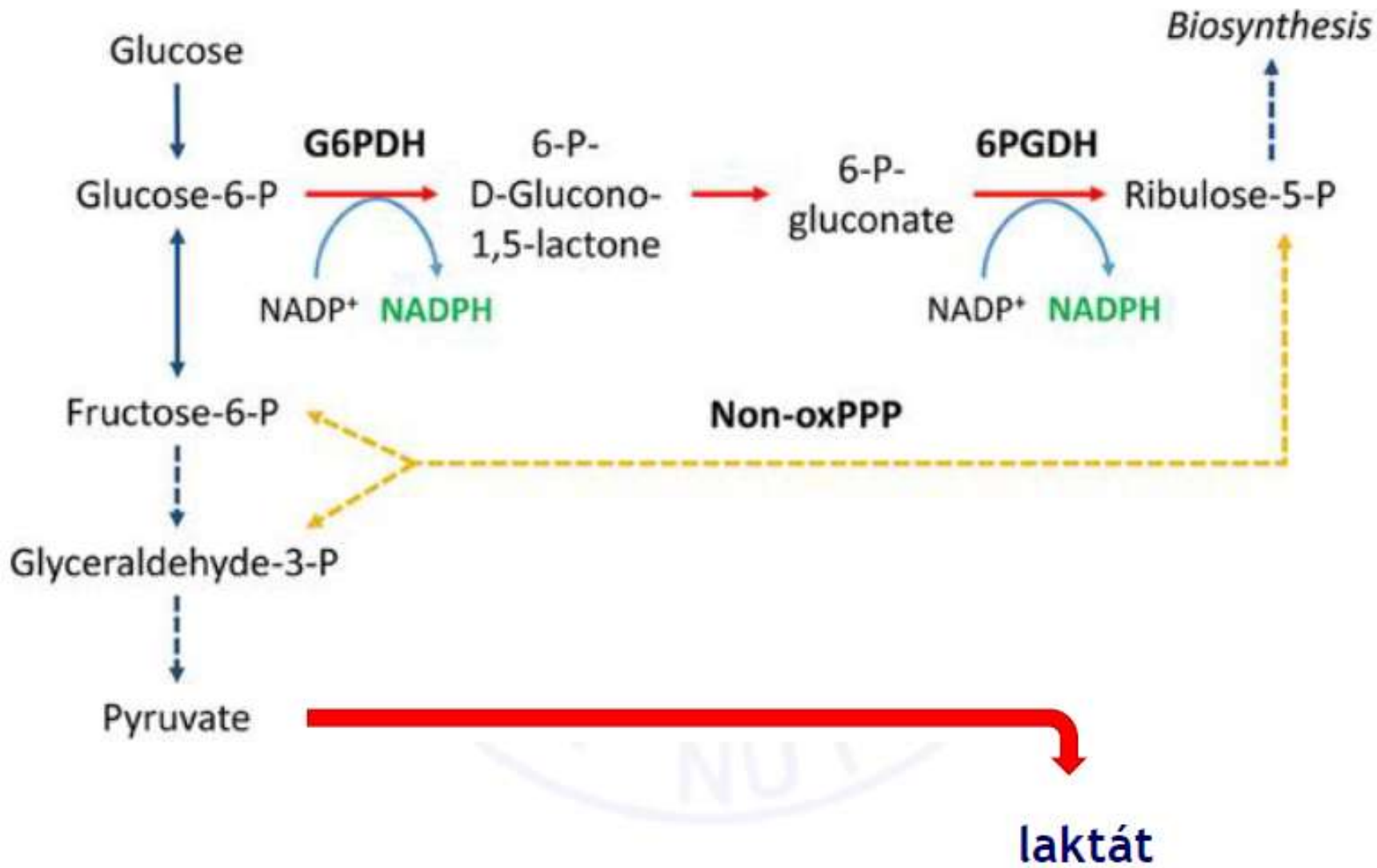




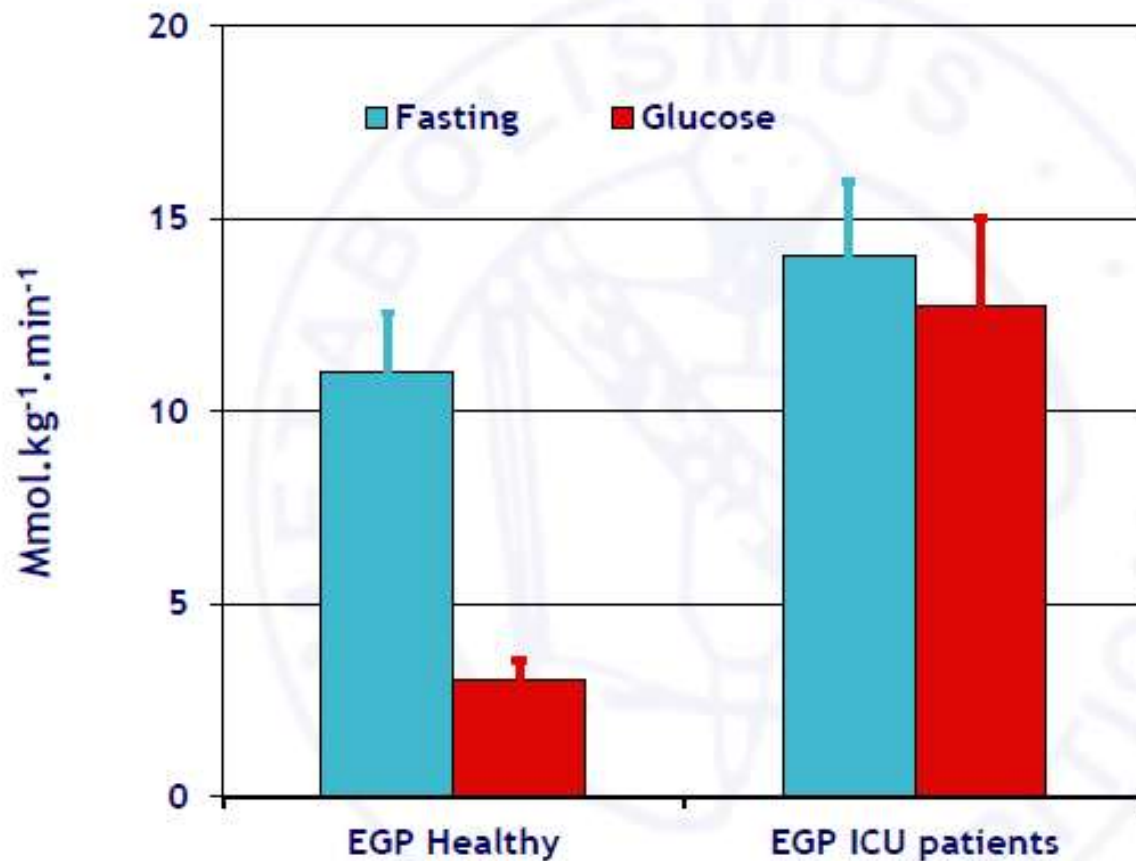


NU





# Obrat glukózy v kritickém stavu není možno inhibovat běžnými dávkami tohoto substrátu





# Endogení (jaterní) produkce glukózy [g.kg<sup>-1</sup>.day<sup>-1</sup>]

Zdraví jedinci

Kriticky nemocní

Celonoční hlad	~ 2.5 - 3	3.5 - 10
Dlouhé hladovění	~ 1.5	3.5 - 10
Postprandiální	~ 0.5 - 1	1.5 - 10

# Influence of insulin on glucose metabolism and energy expenditure in septic patients

Zdenek Rusavy<sup>1</sup>, Vladimir Sramek<sup>2</sup>, Silvie Lacigova<sup>3</sup>, Ivan Novak<sup>4</sup>, Pavel Tesinsky<sup>5</sup> and Ian A Macdonald<sup>6</sup>

*Critical Care* 2004, **8**:R213-R220

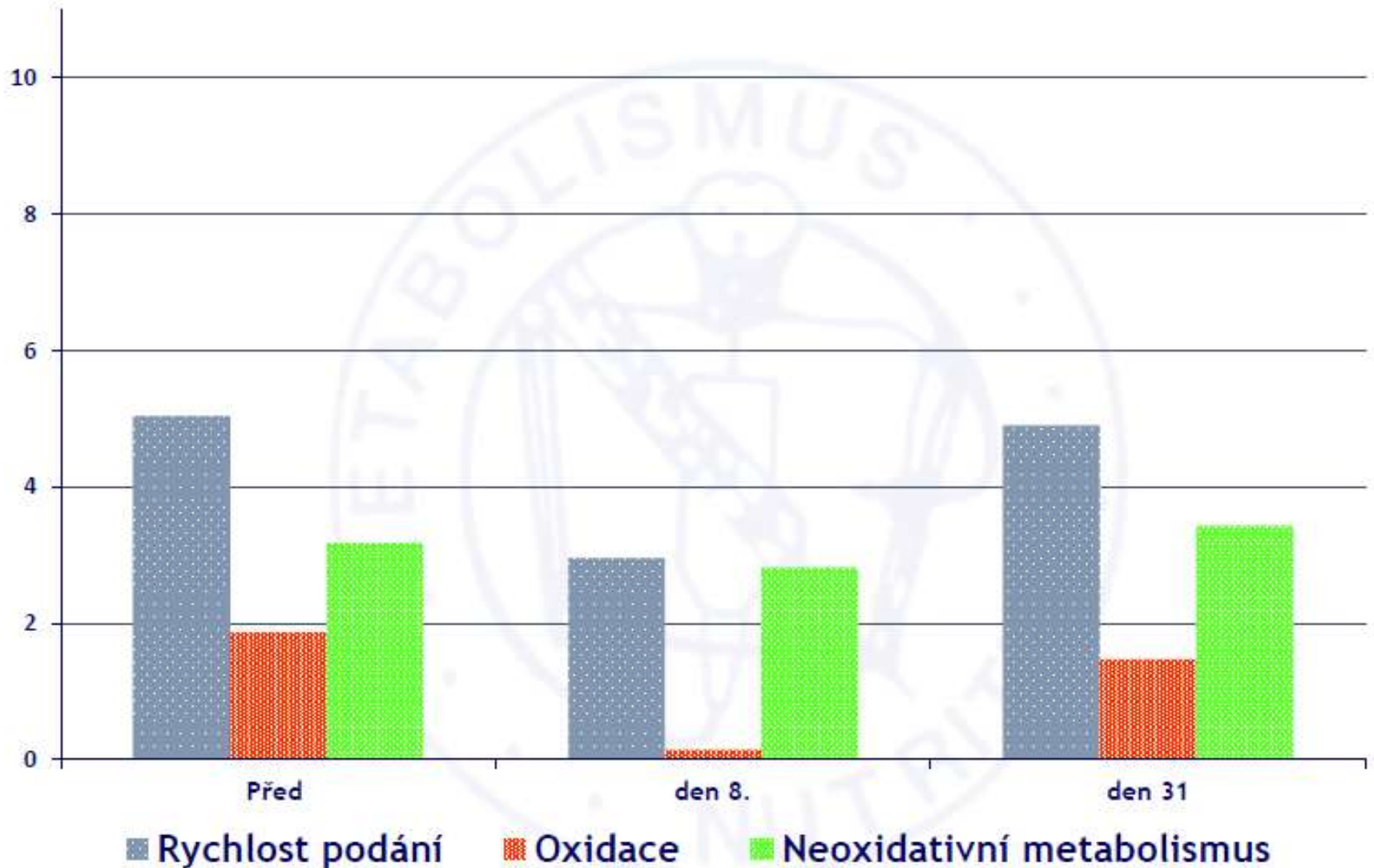
## Glucose uptake in septic patients and volunteers

Parameter		Septic patients	Volunteers
Glucose uptake in step 1	≈200 mIU/l	3.61 (2.31–5.58)	11.0 (9.74–12.85)
Glucose uptake in step 2	≈2000 mIU/l	6.4 (5.25–8.21)	17.2 (14.05–19.20)
Significance (within groups) <sup>2</sup> : step 1 versus step 2		<i>P</i> < 0.001	<i>P</i> < 0.01
Difference between step 2 and step 1		2.5 (0.93, 4.47)	5.3 (4.14, 6.40)

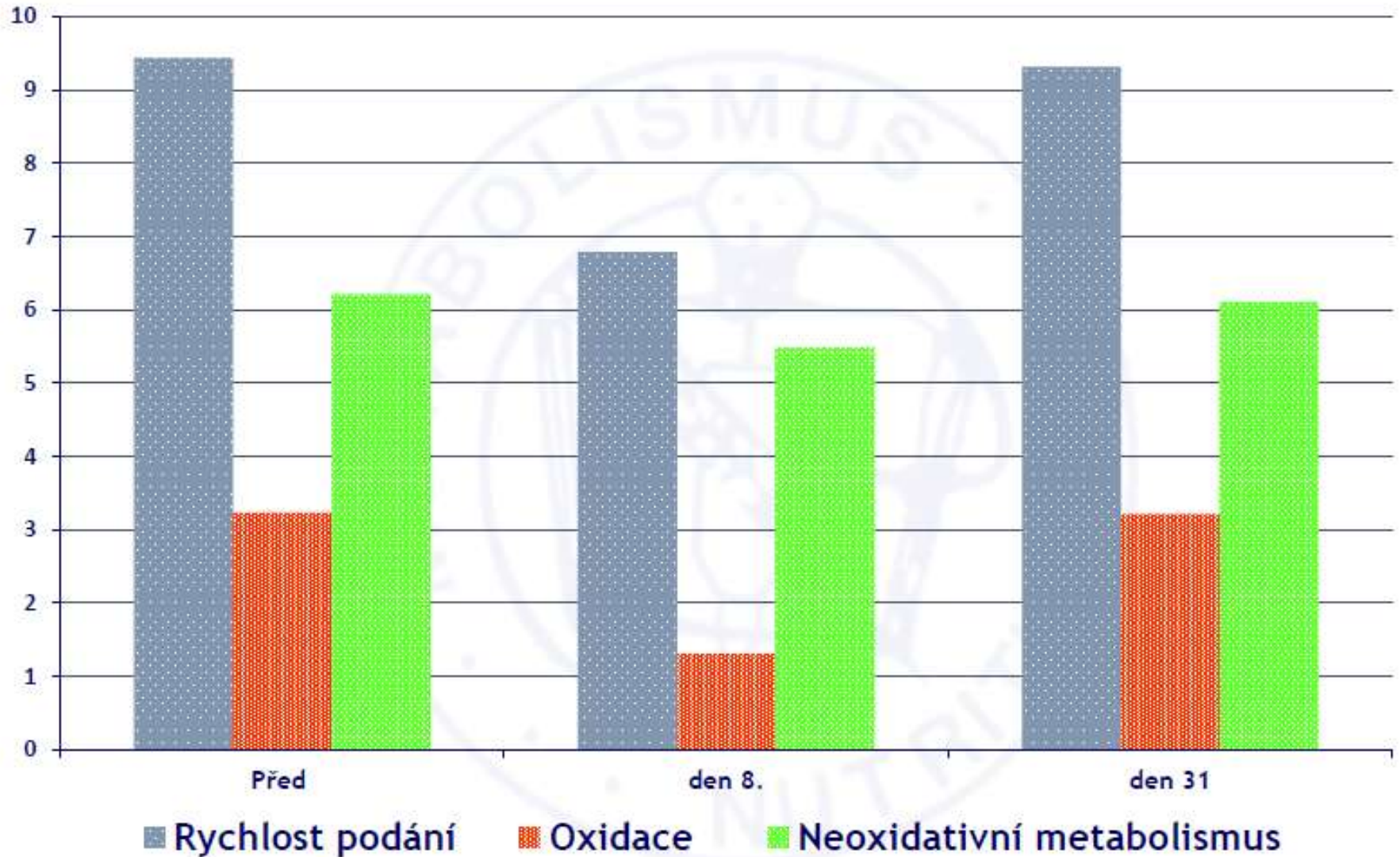
## Glucose oxidation in septic patients and volunteers

Parameter		Septic patients	Volunteers
Glucose oxidation in step 1	≈200 mIU/l	2.82 (1.66–4.02)	3.4 (3.00–4.00)
Glucose oxidation in step 2	≈2000 mIU/l	3.73 (2.73–4.97)	4.5 (4.30–5.65)
Significance (within groups) <sup>2</sup> : step 1 versus step 2		<i>P</i> < 0.01	<i>P</i> < 0.01
Difference between step 2 and step 1		0.71 (-0.26–0.72)	1.22 (0.30–1.75)

# Tolerance, oxidace a neoxidativní metabolismus glukózy vliv hladovění - clamp 1. fáze 2.8j/kg/min



# Tolerance, oxidace a neoxidativní metabolismus glukózy vliv hladovění - clamp 2. fáze 28j/kg/min



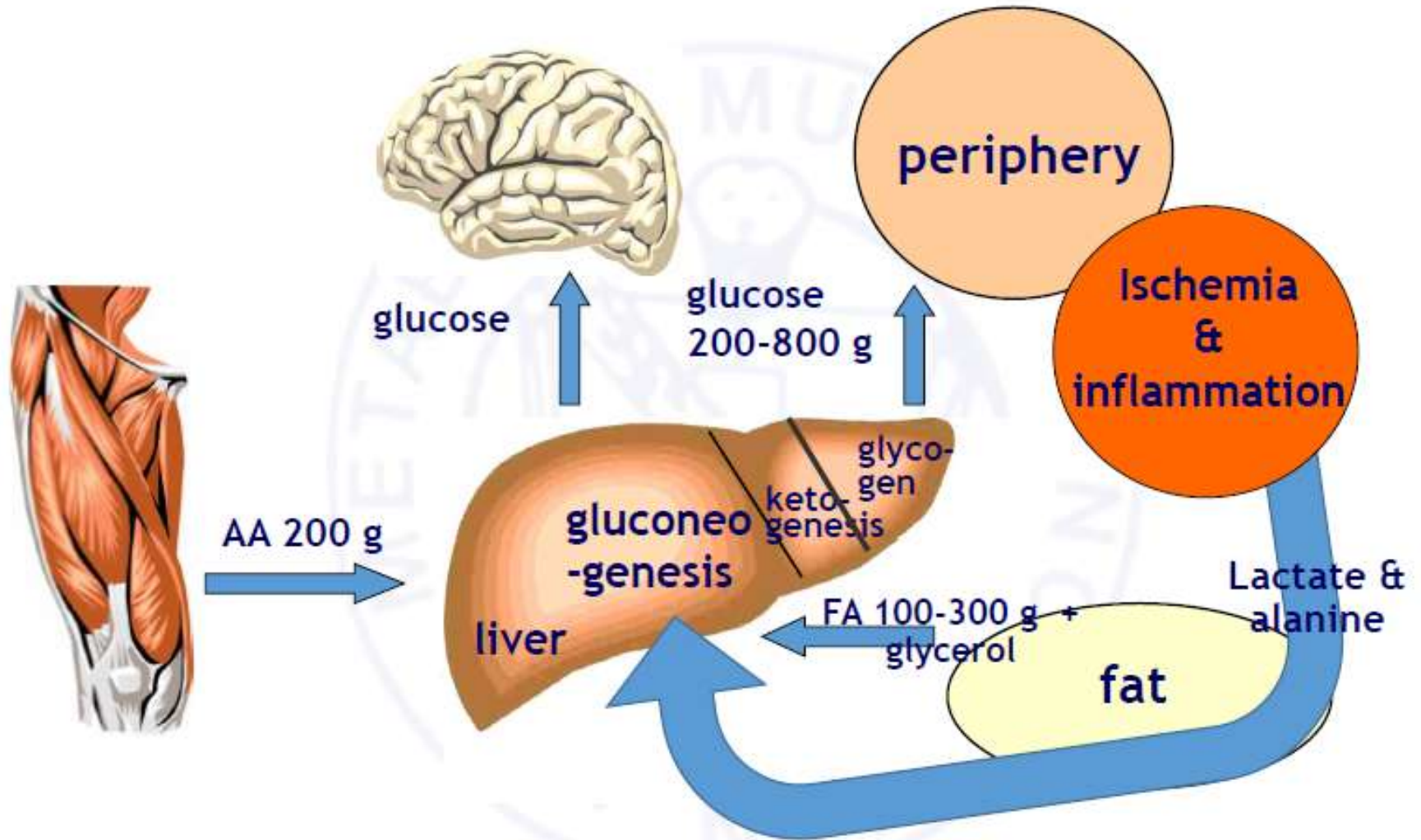
# Glukóza není hlavní palivo

## Organismus není parní stroj



NUTR

# Stresová reakce

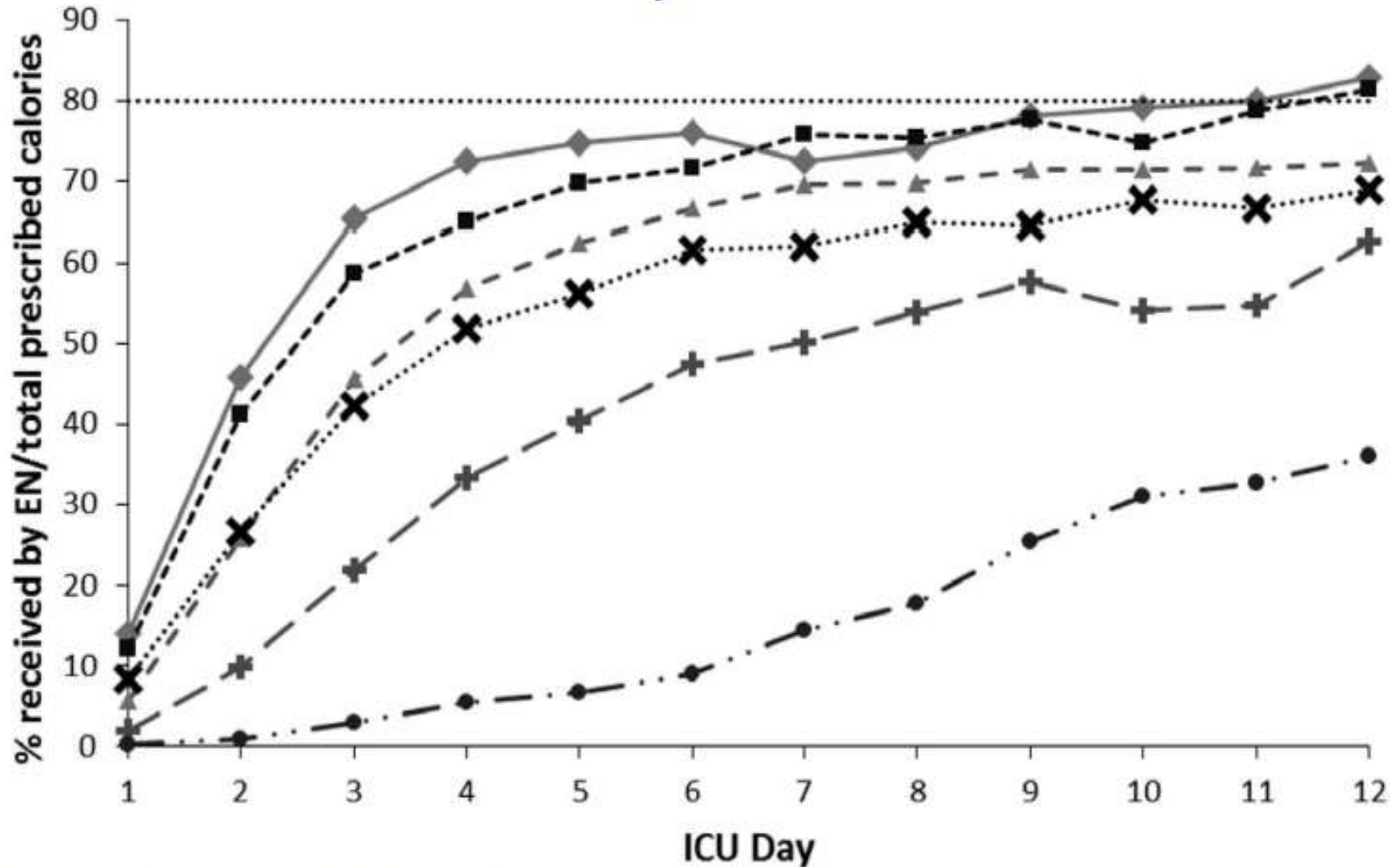




**Jak žívíme nemocné  
na JIP?**



## Podvýživa na JIP

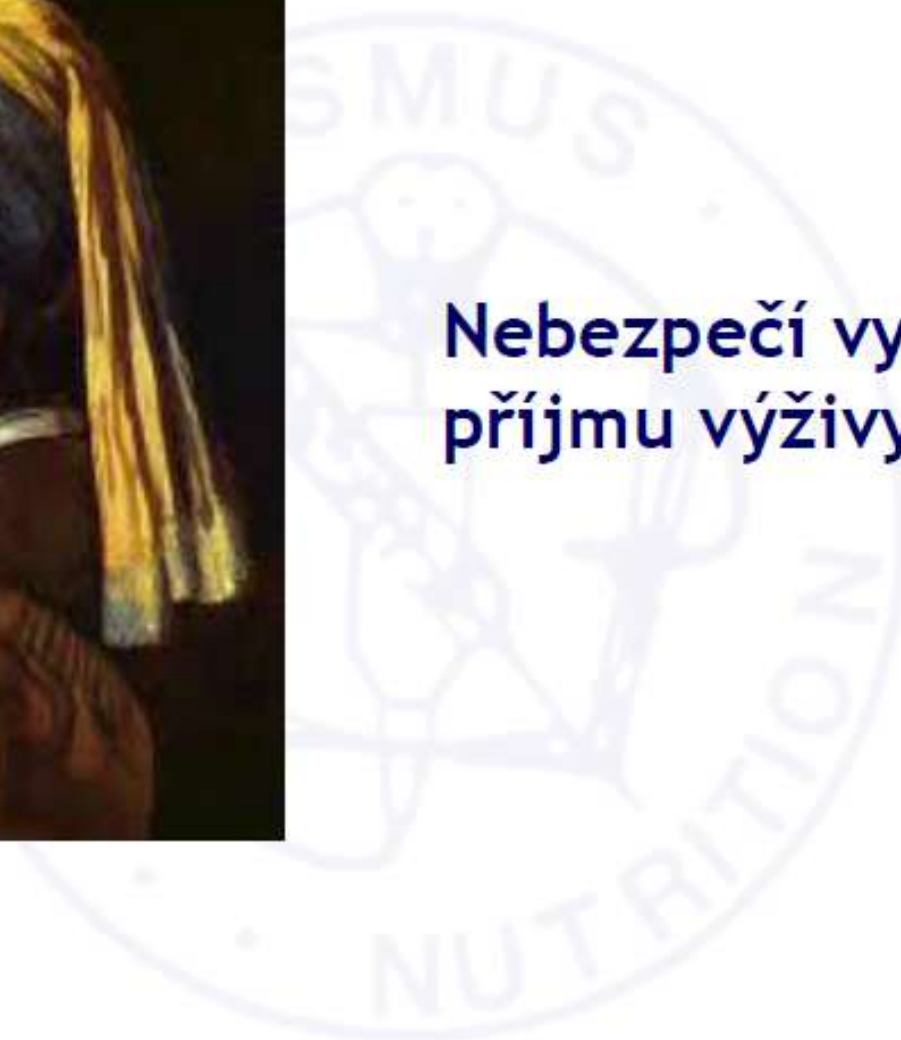


100% =  $1738 \pm 388$  kcal/d  
 $23.8 \pm 5.7$  kcal/kg a d



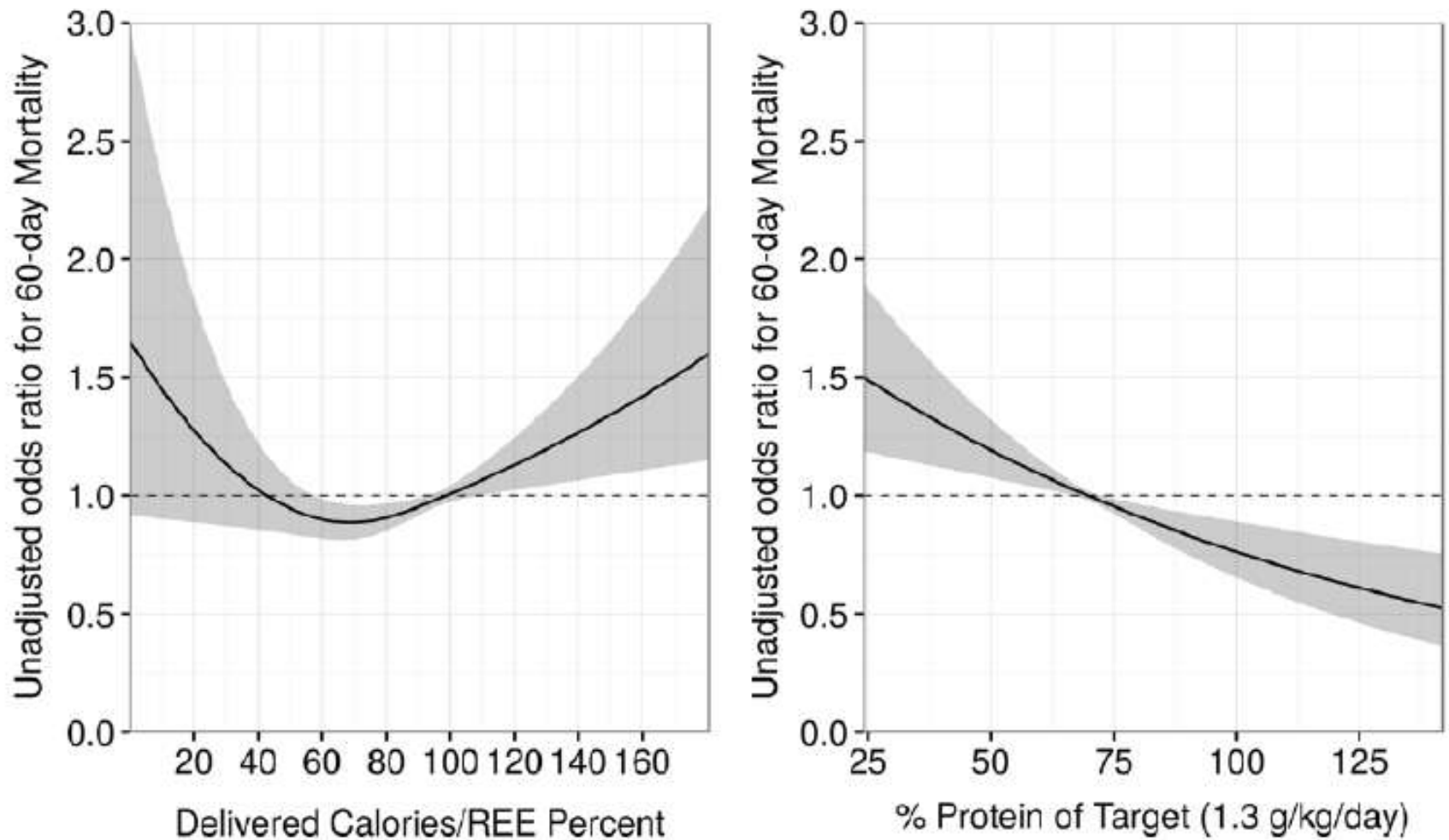


**Nebezpečí vyššího  
příjmu výživy?**



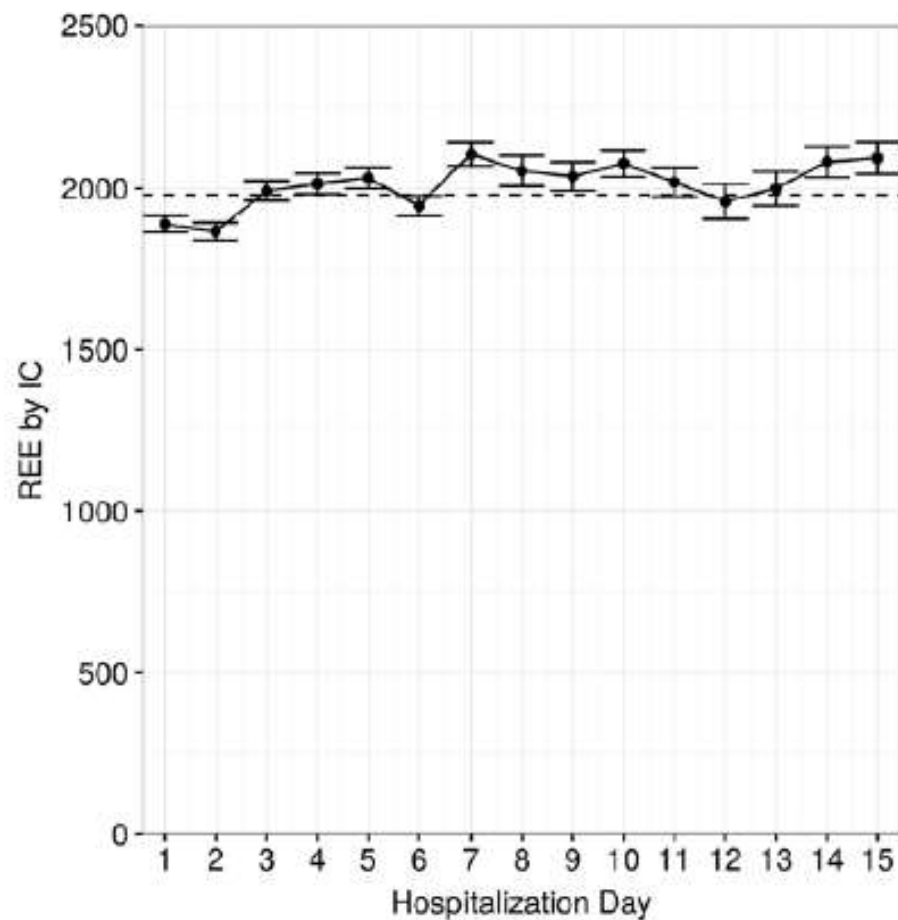
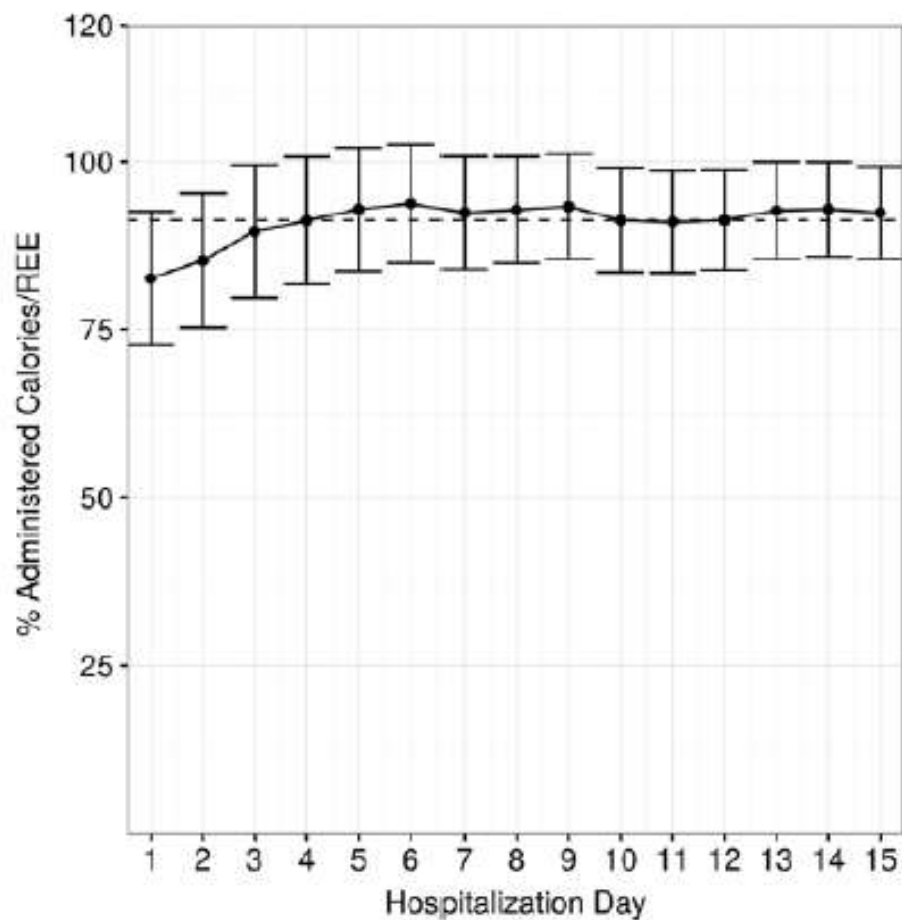
# Energetický výdej a relativní příjem energie

## retrospektivní studie 1171 nemocných



# Energetický výdej a relativní příjem energie

## retrospektivní studie 1171 nemocných

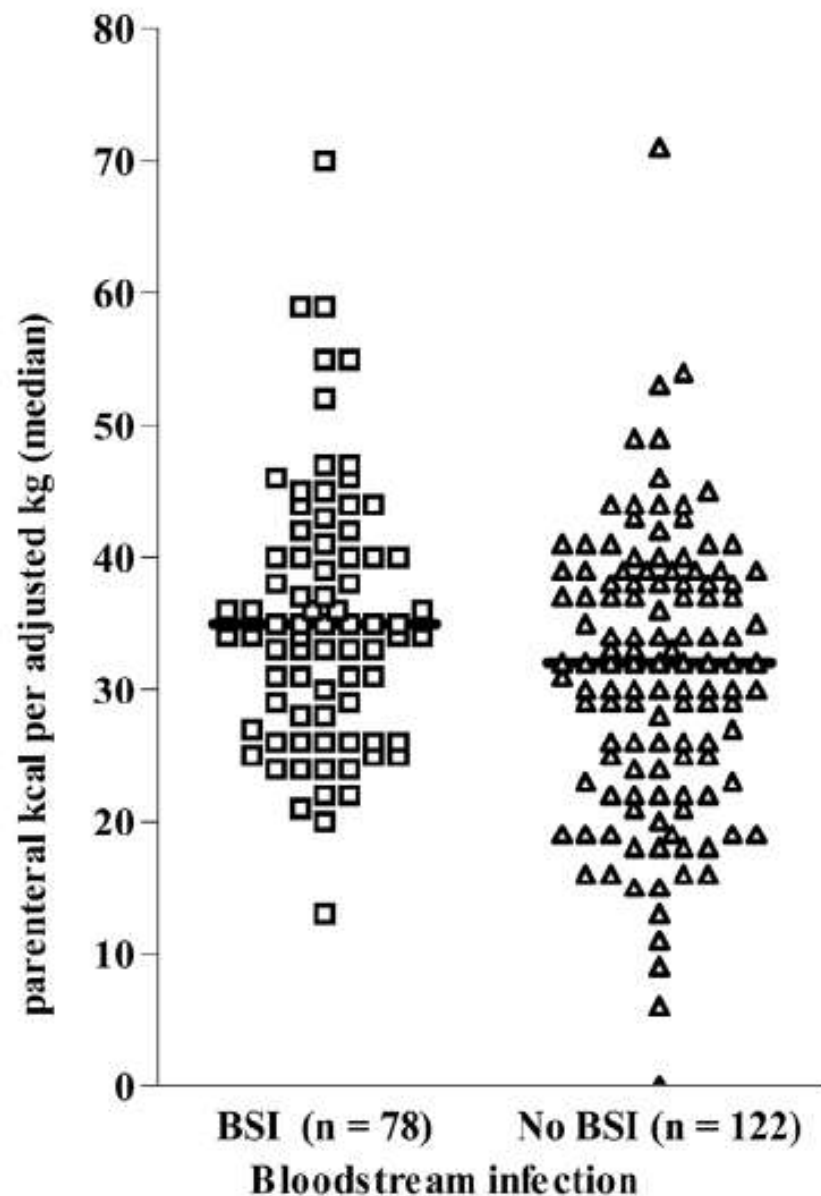


# Energetický výdej a relativní příjem energie

## retrospektivní studie 1171 nemocných

Variable	Statistic	Std. error	Estimate	95 % CI	P value
Age (years)	8.94	0	1.03	1.02–1.04	<0.001
Gender (male)	2.52	0.11	1.32	1.06–1.64	0.012
Inclusion date	–2.1	0.02	0.97	0.93–0.99	0.02
Daily protein/kg	–2.37	0	0.99	0.98–0.99	0.0178
Delivered calories/REE up to 70 %	–2.93	0.01	0.98	0.97–0.99	0.006
Delivered calories/REE >70 %	3.16	0	1.01	1.01–1.02	
Surgical patient	–3.84	0.11	0.65	0.52–0.81	<0.001
Need for vasopressors	4.16	0.17	2.06	1.47–2.9	<0.001
SOFA score	5.37	0.02	1.1	1.06–1.13	<0.001
Diarrhea	–5.42	0.1	0.57	0.47–0.7	<0.001
Bilirubin total	3.21	0.02	1.05	1.02–1.09	0.001
Creatinine	3.36	0.03	1.12	1.05–1.2	<0.001
Parenteral nutrition	4.56	0.11	1.61	1.31–1.98	<0.001

## Výskyt infekcí (pozitivních hemokultur) a parenterální příjem energie



# Výskyt infekcí (pozitivních hemokultur) a parenterální příjem energie

	BSI-positive ( <i>n</i> = 78)	BSI-negative ( <i>n</i> = 122)	<i>P</i> value
Indication for total parenteral nutrition			
Open abdomen	12 (15)	17 (14)	0.84
Lack of enteral access (post-pyloric)	8 (10)	20 (16)	0.29
Intolerance of enteral feeds at goal rate	19 (7)	8 (1)	0.0005
Ileus	7 (9)	16 (13)	0.49
Other	32 (41)	61 (50)	
Time until any form of nutrition started (days)	5 (3–7)	5 (3–7)	0.21
Duration of parenteral nutrition (days)	9 (6–21)	7 (4–11)	0.0001
Duration of enteral feeding (days)	8 (6–20)	6 (3–10)	0.0001

Data presented as the median (interquartile range) or as *n* (%). BSI, bloodstream infections.



**Jak plánovat příjem energie?**



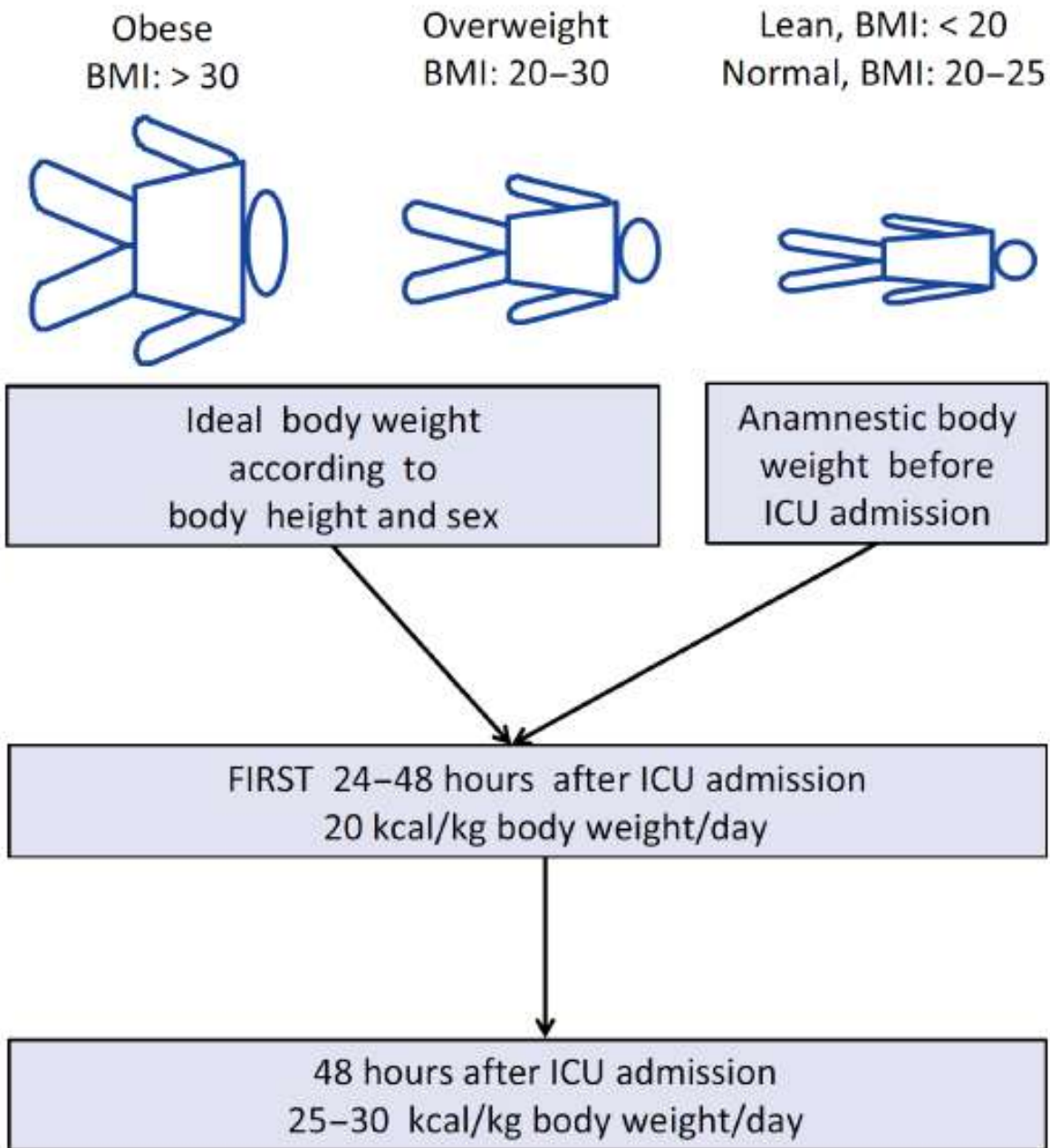
## Zlatý standard - Indirektní kalorimetrie?





## Načasování nutriční podpory na JIP

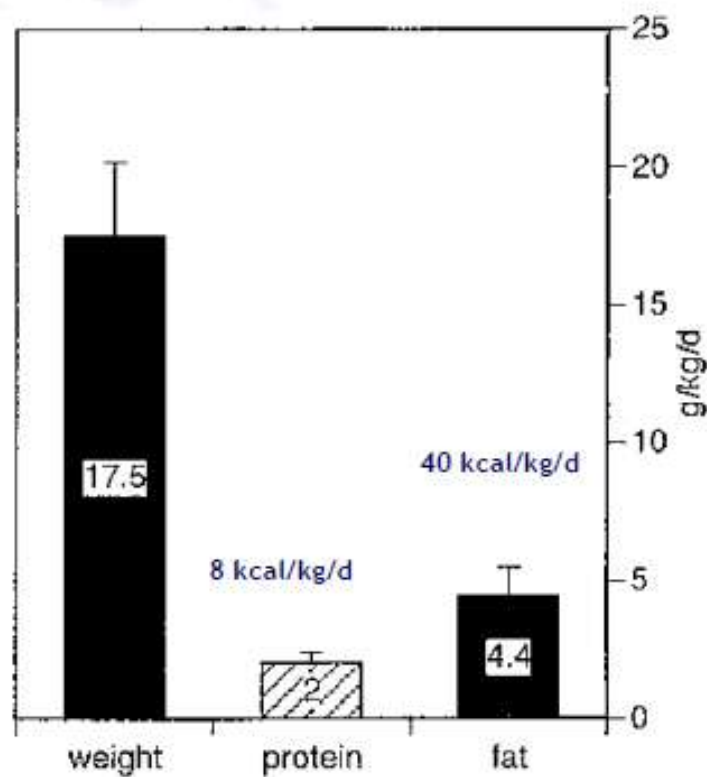
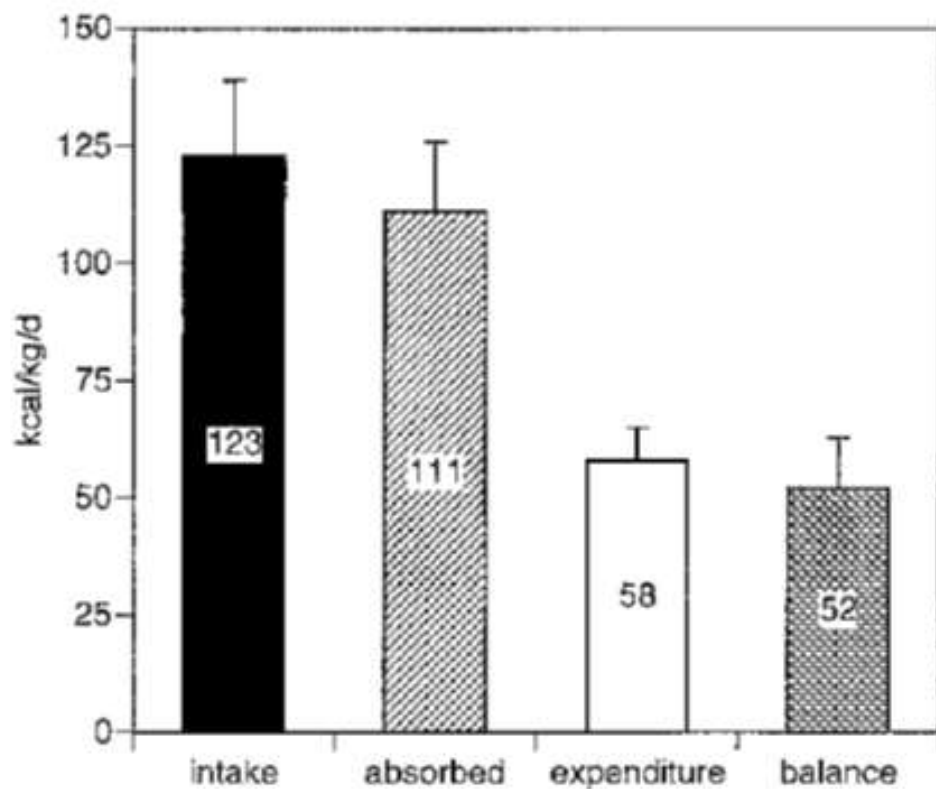
## Universální doporučení?

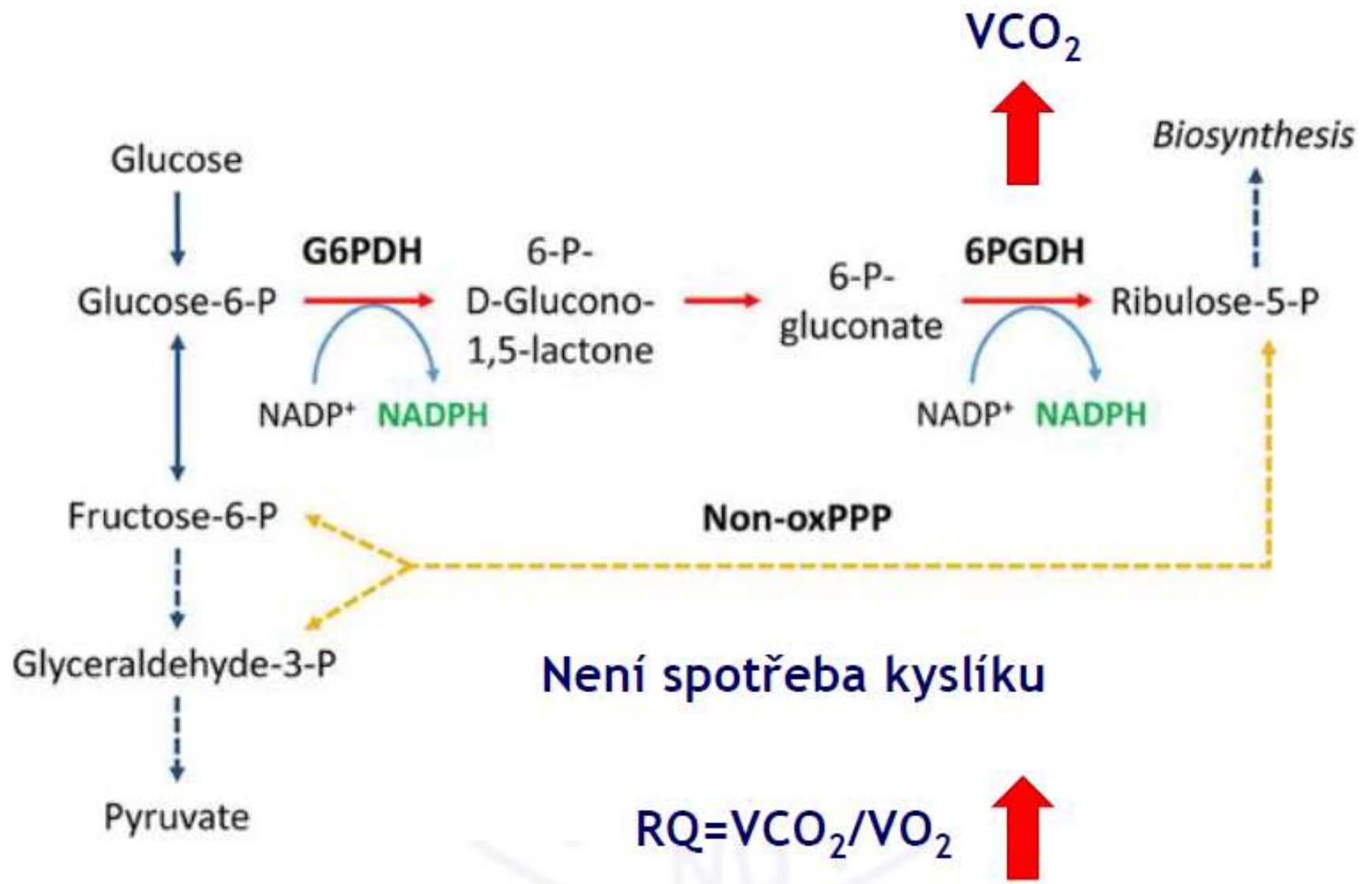


**Indirektní kalorimetrie  
nemusí poskytovat  
potřené informace v  
rutinní praxi**



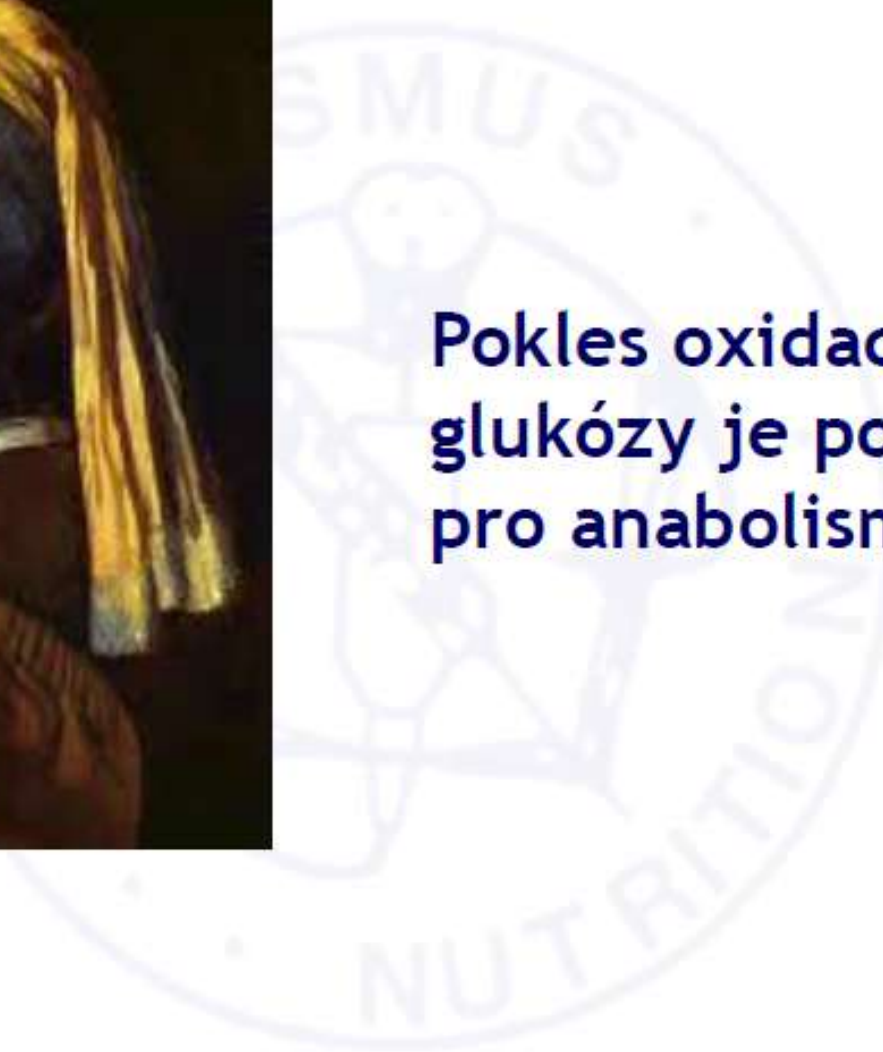
# Bilance energetických substrátů u nedonošených dětí

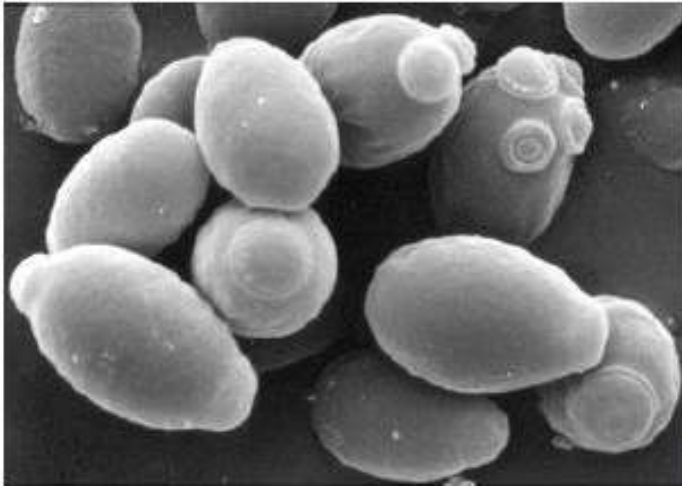






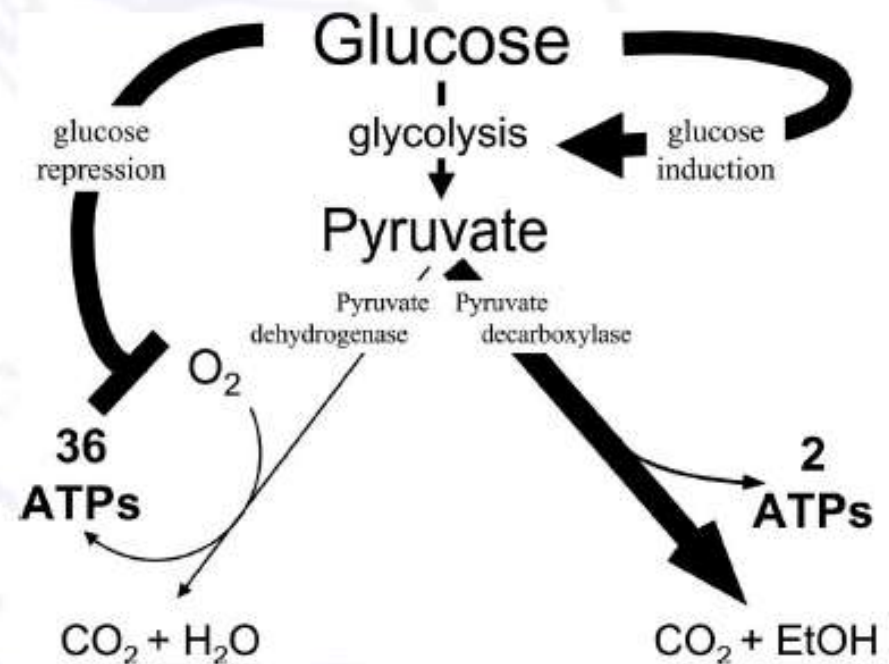
**Pokles oxidace  
glukózy je podmínkou  
pro anabolismus**



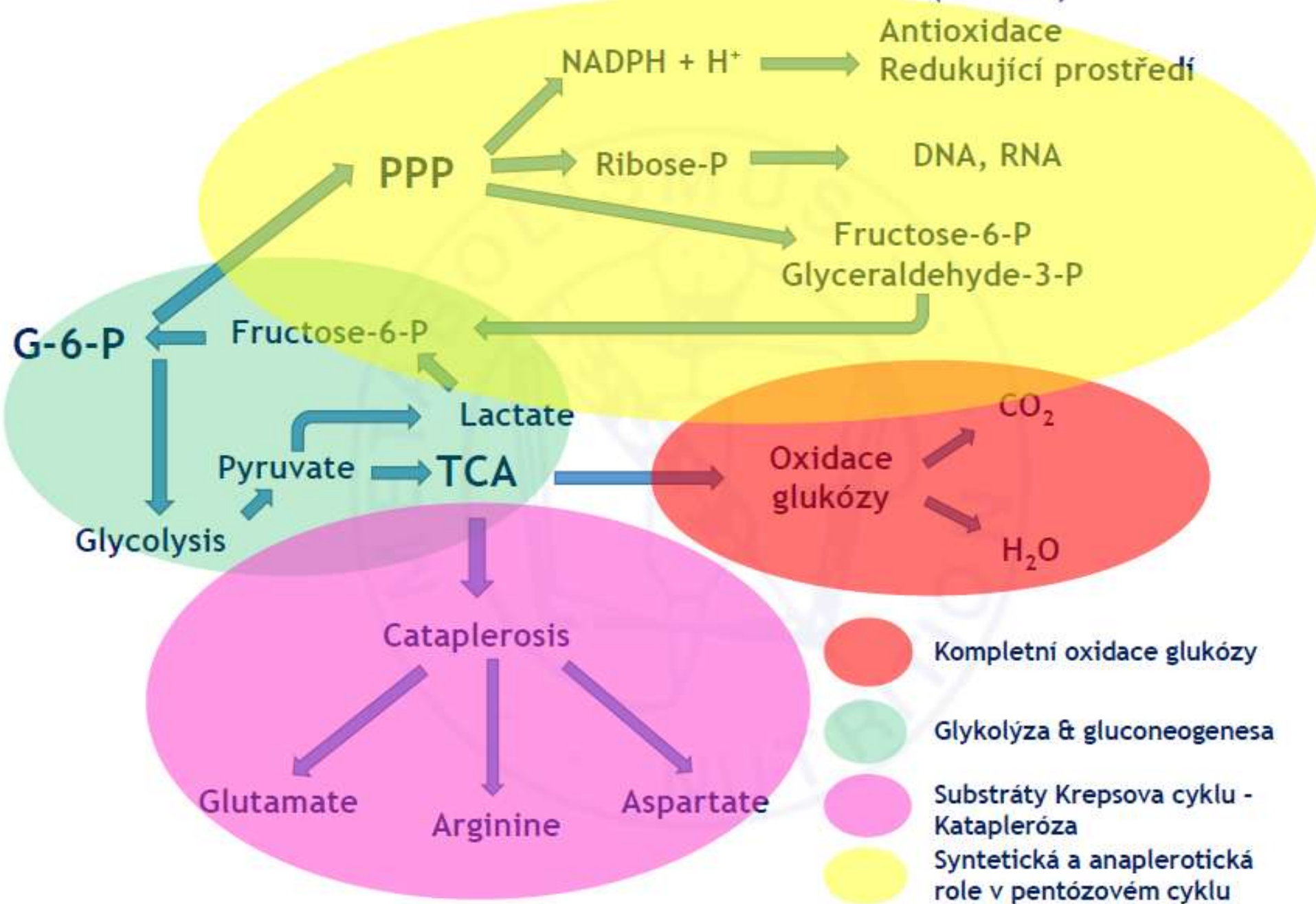


## Crabtree effect

- Popisuje stav kdy rostoucí kvasinky produkují alkohol za aerobních podmínek, a dostatečného přívodu kyslíku.
- Podobný stav byl popsán u rychle rostoucích tkání.



# Metabolismus Glucose-6-fosfátu (G-6-P)



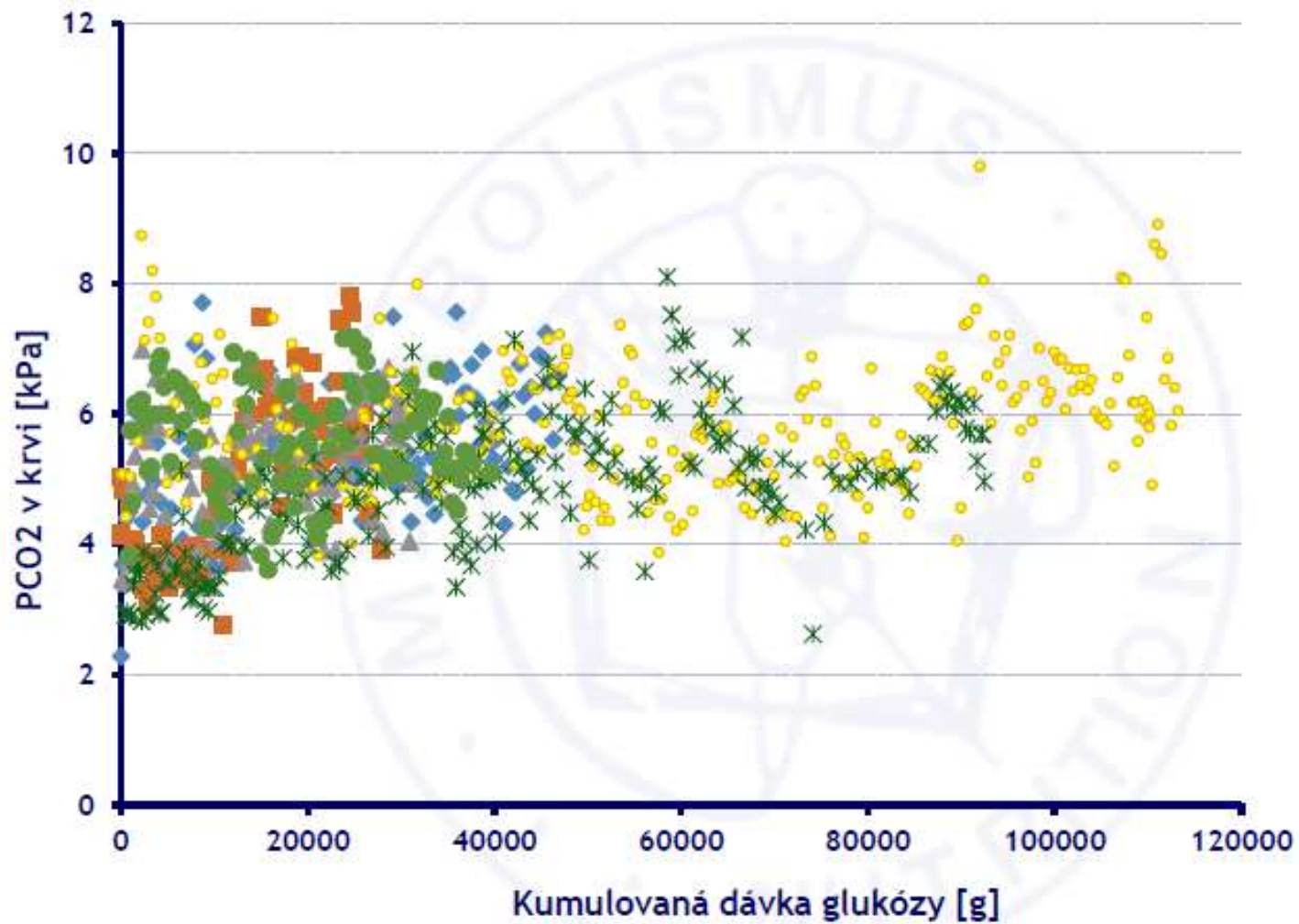


**Nebezpečí glukózy?**

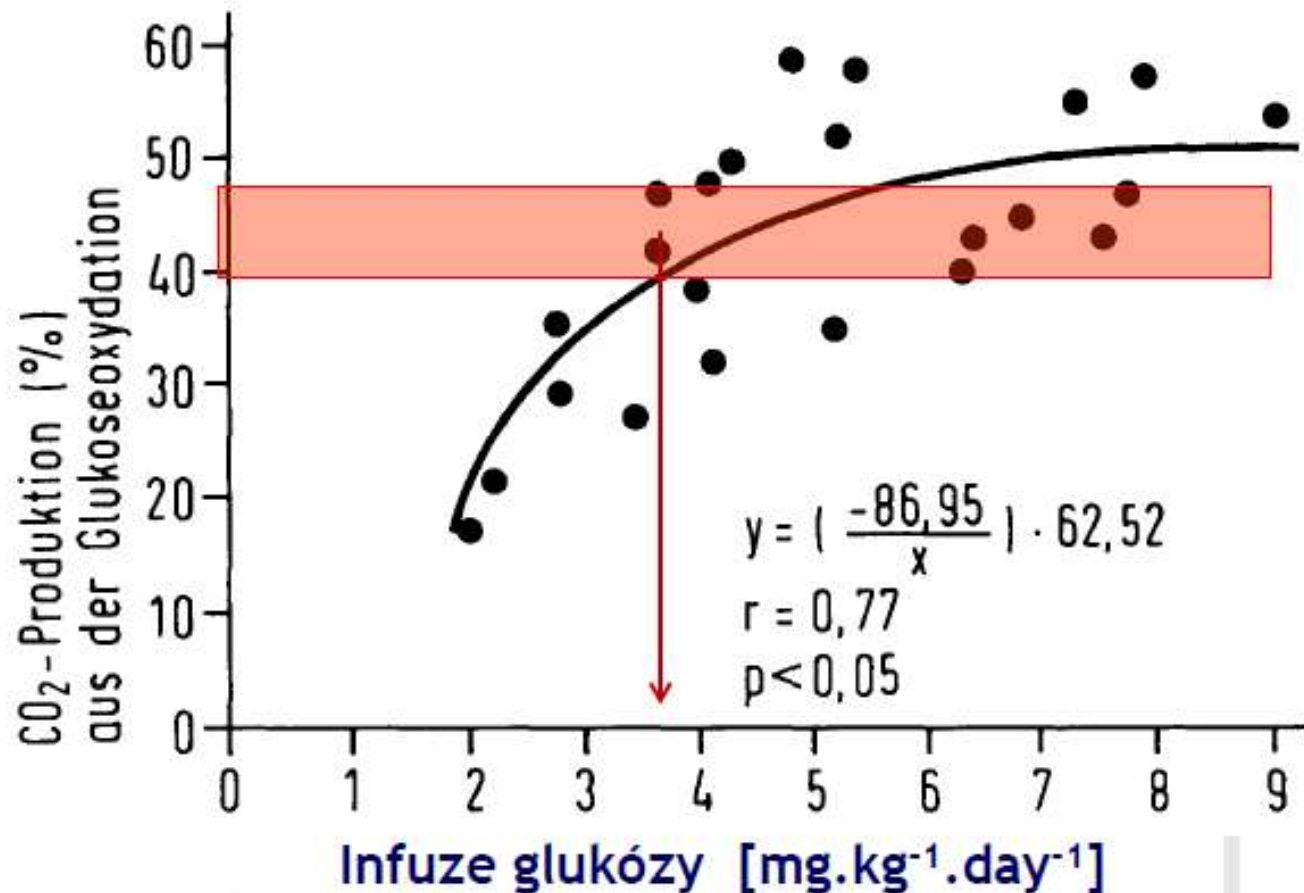




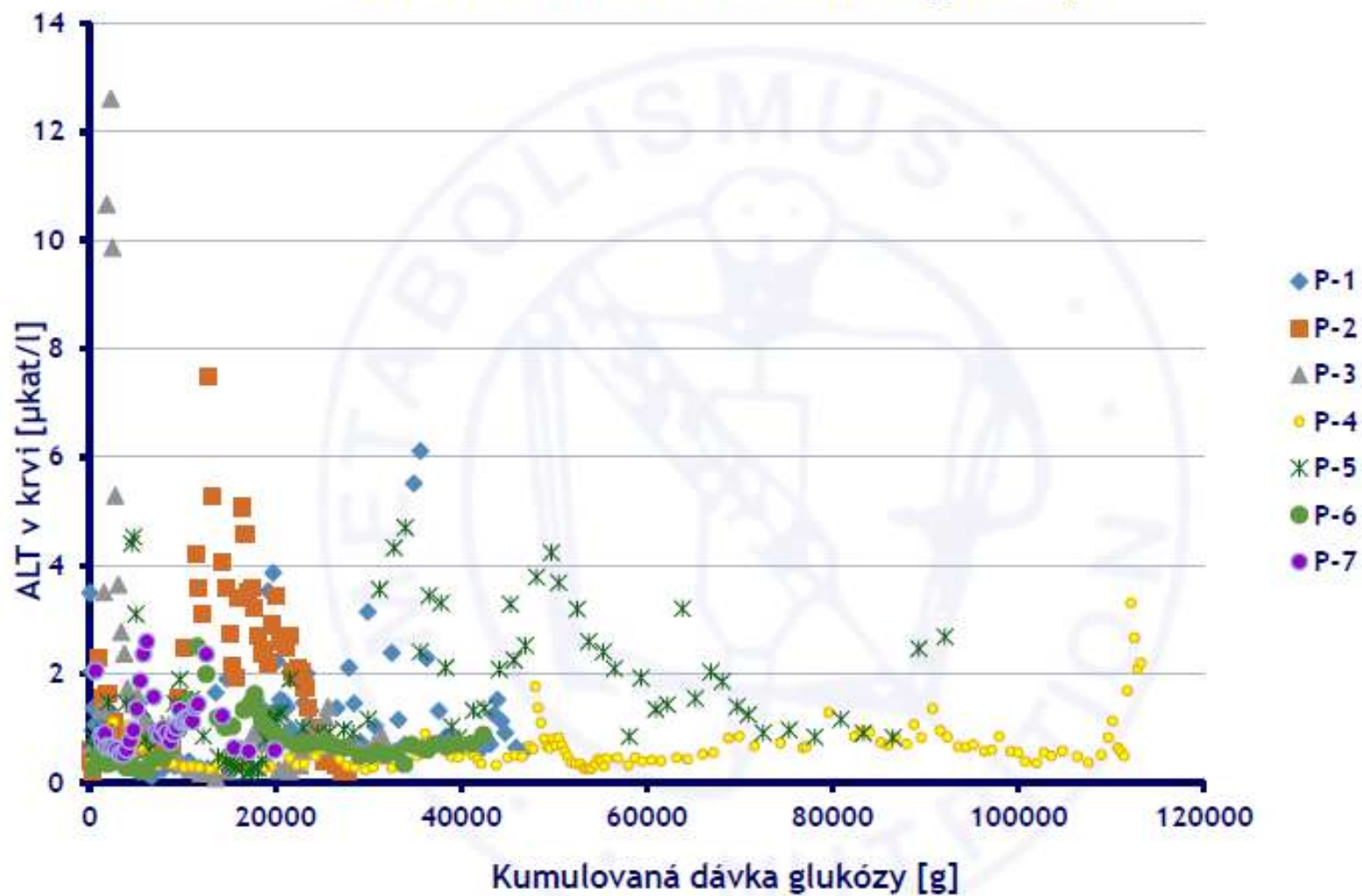
## PCO<sub>2</sub> vs. kumulovaná dávka glukózy



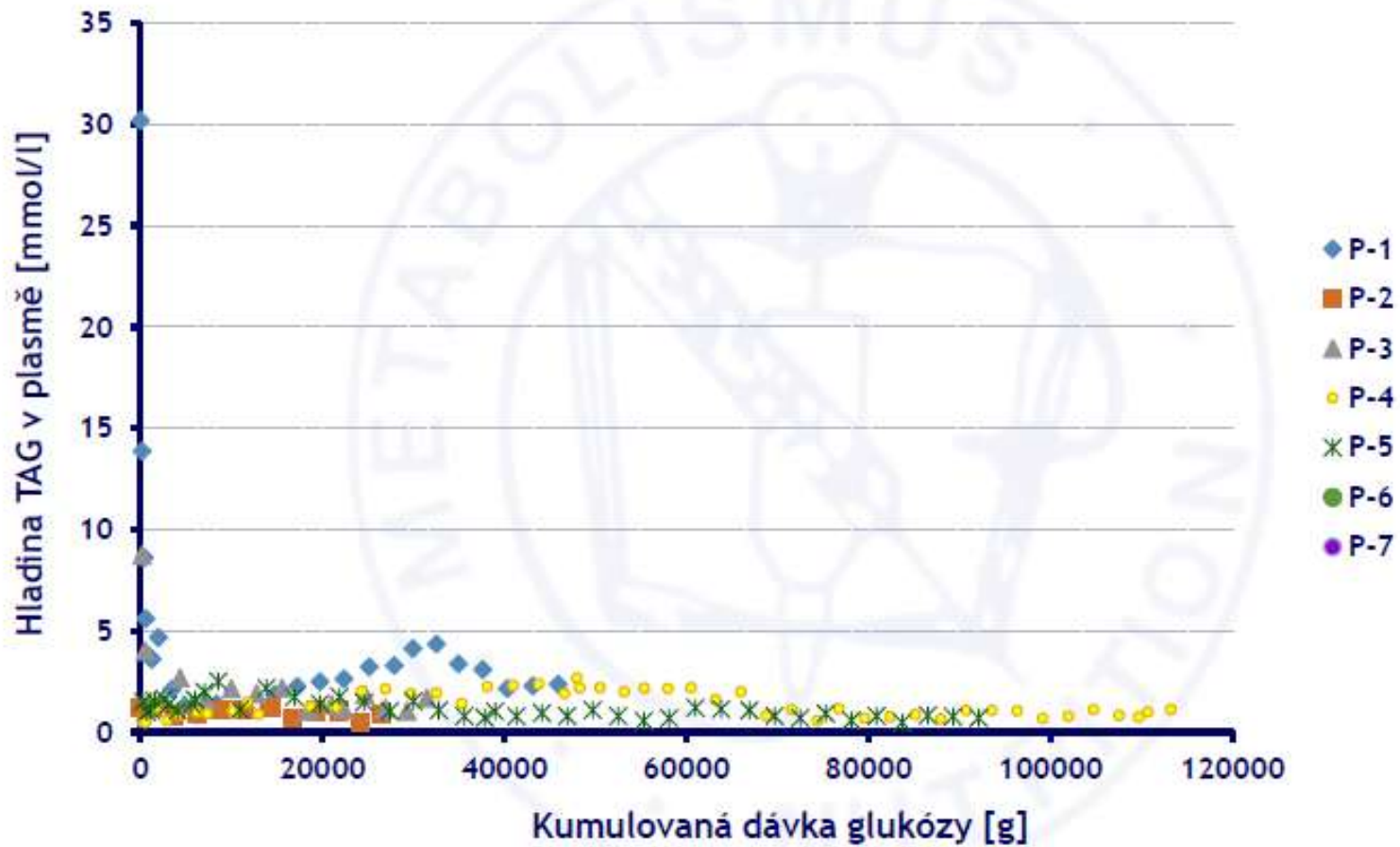
# Oxidace glukózy v sepsi



## ALT vs. kumulovaná dávka glukózy



## Hladina TAG vs. kumulovaná dávka glukózy





**Co dělat?**



# Jaký je cíl nutriční podpory?

## ✓ Krátkodobé cíle



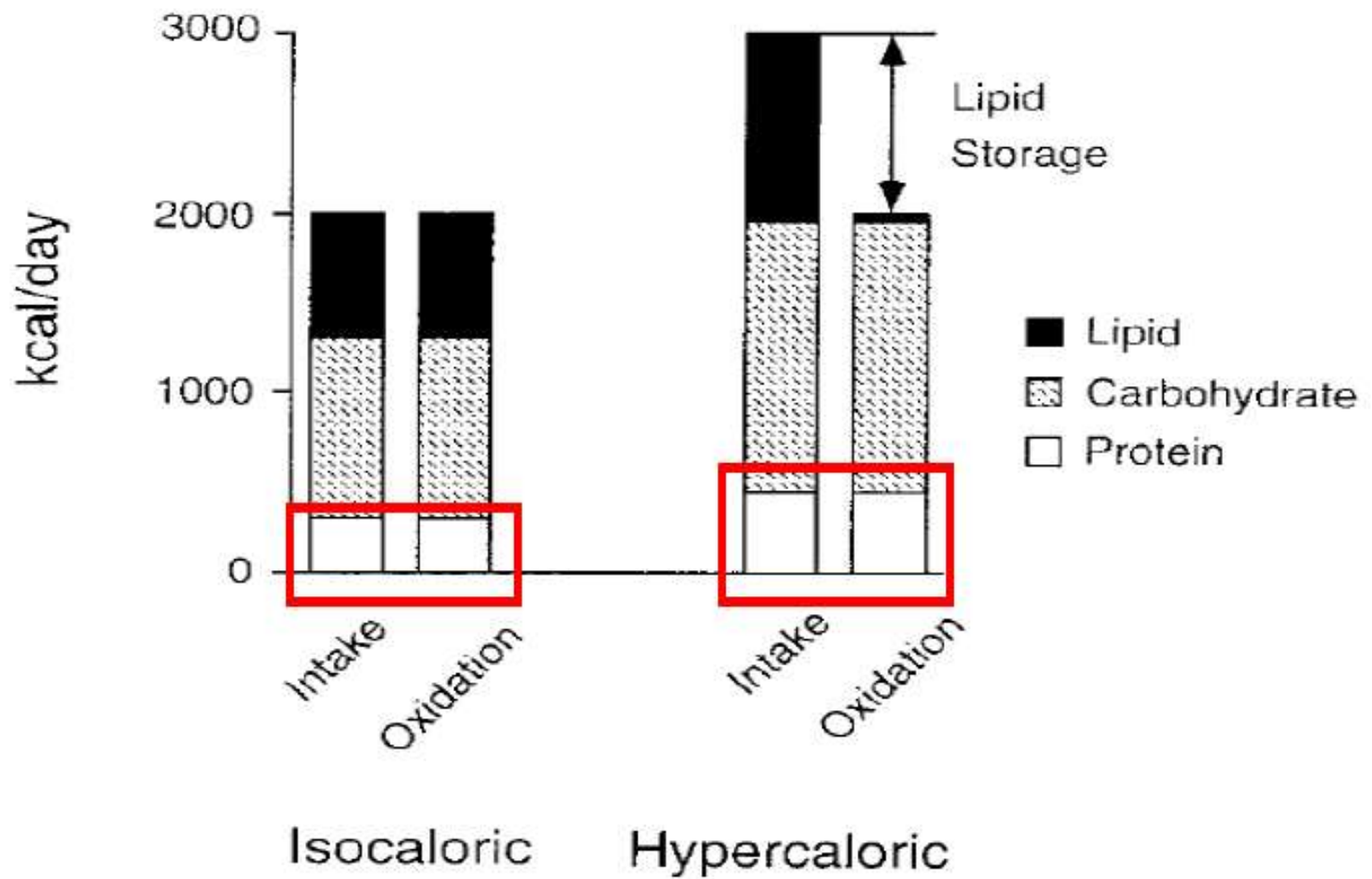
## ✓ Dlouhodobé cíle



# Jaký je cíl nutriční podpory?

Rehabilitace a opuštění  
nemocnice po  
vlastních nohou



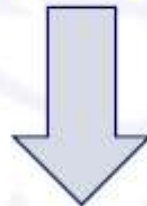




## Nárůst svaloviny



Cvičení 4 x týdně + 200 g bílkovin denně

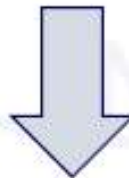


4 kg svalové tkáně za 4 týdny

## Nárůst svaloviny



Cvičení 1 - 2 x denně + 100-200 g bílkovin



Nárůst svalové hmoty

# Závěry:

- ✓ Potřeba a zastoupení substrátů se mění během pobytu na JIP
- ✓ Indirektní kalorimetrie má velké limity pro rozpis výživy
- ✓ Při rozpisu výživy je třeba brát v úvahu především cíle nutriční podpory
- ✓ Pečlivé a pravidelné sledování nemocného je nezbytné
- ✓ Riziko tzv. „overfeedingu“ je asi přeceňováno
- ✓ Glukóza není pouze energetický substrát



**Děkuji za  
pozornost**