

# **METABOLISMUS**

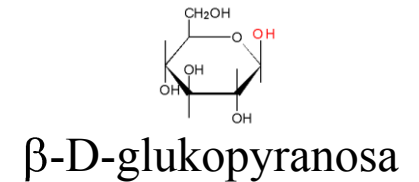
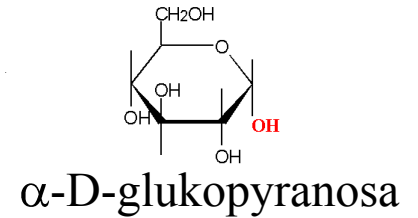
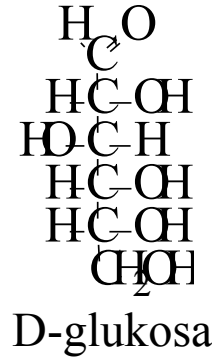
# **SACHARIDŮ**

© Biochemický ústav LF MU 2013 - (H.P.)



# Rozdělení sacharidů

**Monosacharidy:** glukosa  
fruktosa  
galaktosa



**Oligosacharidy:** 2-10 podjednotek monosacharidů  
vazba glykosidová (např.  $\alpha$ -1,4 nebo  $\beta$ -1,4)  
sacharosa (glukosa+fruktosa)  
maltosa (glukosa+glukosa),  
laktosa (glukosa+galaktosa)

**Polysacharidy**

# Polysacharidy

**Polysacharidy:** až tisíce monosacharidových podjednotek  
vazba glykosidová (např.  $\alpha$ -1,4 nebo  $\alpha$ -1,6)  
mohou obsahovat i více druhů monosacharidových  
podjednotek i necukerné složky

**glykogen** – „živočišný škrob“

syntéza ze sacharidů přijatých potravou  
glukosové jednotky (vazba  $\alpha$ -1,4 a  $\alpha$ -1,6)

**škrob** – zásobní látka rostlin

glukosové jednotky (vazba  $\alpha$ -1,4 a  $\alpha$ -1,6)  
amylosa + amylopektin

**celulosa** – stavební rostlinný polysacharid

glukosové jednotky (vazba  $\beta$ -1,4)  
nestravitelná pro člověka – vláknina potravy

# Hlavní živina pro lidský organismus

## Sacharidy

### Využitelné sacharidy

Polysacharidy

**škrob** (těstoviny, rýže, pudinky,  
brambory,...)

Oligosacharidy

**sacharosa** (sladká jídla..)

**laktosa** (mléko,..)

**maltosa** (pivo, slad..)

Monosacharidy

**glukosa** (ovoce..)

**fruktosa** (med, ovoce..)

**galaktosa**

### Nevyužitelné sacharidy

Polysacharidy

**celulosa** (ovoce, zelenina)



**VLÁKNINA**

# Obsah škrobu v potravinách

(průměrné hodnoty)

Potravina	Škrob (%)
Pudinkový prášek	80
Mouka pšeničná	75 !
Rýže	75 !
Těstoviny	70 !
Rohlík	60
Luštěniny	60
Chléb	50
Celozrnné pečivo	40
Brambory	15
Banán	15

# Obsah glukosy v potravinách

Potravina	Glukosa (%)
Glukopur	100
Rozinky	50 !
Med	30
Hrozny	6-10 !
Ovoce	1-5



! U diabetiků nutná velká opatrnost



**Nejrozšířenější sacharid**

**Glukosa**

**(volná i vázaná)**



**Sacharid tvořící největší využitelný**

**zdroj energie**

**škrob**

**Sacharid tvořící významnou složku nestravitelného**

**podílu v potravě**

**celulosa**

# Trávení sacharidů

## Schematicky

Ústa → žaludek → tenké střevo → portální žíla

Ústa:

slinná  **$\alpha$ -amylasa** (štěpení  $\alpha$ -1,4 glykosidových vazeb)

škrob  $\Rightarrow$  dextriny

Žaludek:

žádný enzym štěpící sacharidy

inaktivace slinné  $\alpha$ -amylasy



## Tenké střevo :

pankreatická  $\alpha$ -amylasa (štěpení  $\alpha$ -1,4 glykosidových vazeb)

dextriny a (škrob)  $\Rightarrow$  maltosa, isomaltosa, D-glukosa

specifické disacharidasy (štěpení na monosacharidy)

sacharosa, laktosa  $\Rightarrow$  glukosa, fruktosa,  
galaktosa

kartáčový lem enterocytů

absorpce monosacharidů  $\Rightarrow$  buňky střevní sliznice

## Portální žíla

transport monosacharidů do jater

# Proč organismus nevyužívá celulosu jako zdroj energie



Celulosa



glukosové jednotky

~~$\beta$ -1,4-glykosidová vazba~~

# Nejvýznamnější monosacharidy v metabolismu

**GLUKOSA**

**Fruktosa**

**Galaktosa**

# GLUKOSA V KRVÍ

**! Nesmí klesnout pod 3 mmol/l !**

**3,9-5,6 mmol/l plasma**

Zvyšuje  
hladinu glukosy

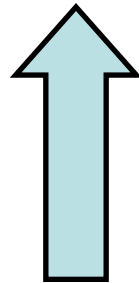
Snižuje  
hladinu glukosy

**Glukagon**

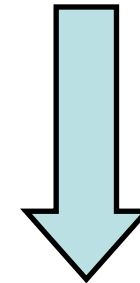
Adrenalin

Glukokortikoidy

(Kortizol)



*Regulace hormonální*



**Insulin**

# Stanovení glukosy v kapilární krvi

## GLUKOMETRY



Accu-Chek® - Performa Nano



Accutrend® GCT



Glukometr One touch Ultra

### Postup práce s glukometrem

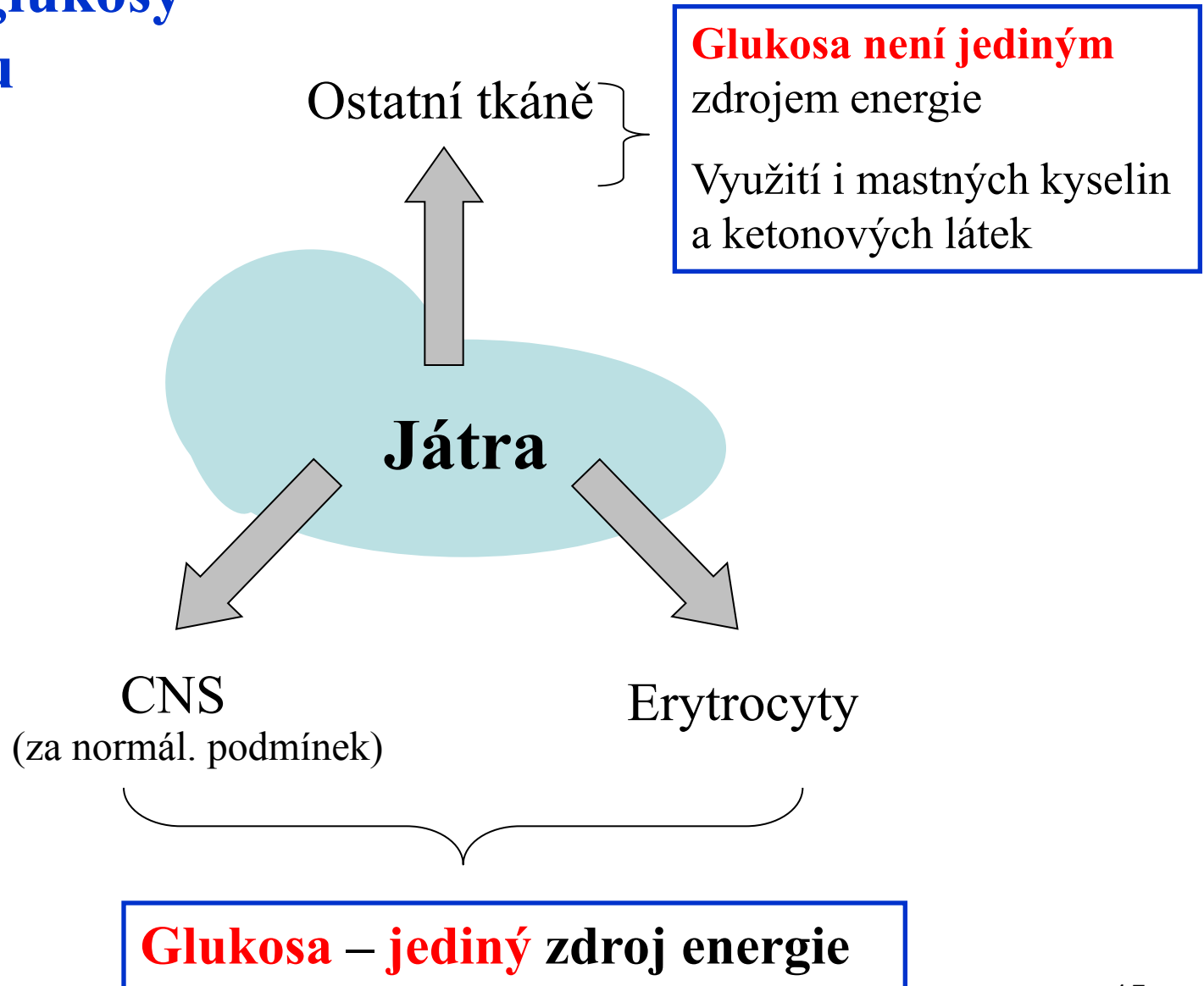


# Nejvýznamnější orgán v metabolismu sacharidů



- zásobuje ostatní tkáně glukosou
- metabolizuje glukosu - získá energii
  - prekursory pro ostatní látky
- syntéza glykogenu

# Distribuce glukosy v organismu



Který orgán bude **přednostně** zásobován glukosou v případě , že poklesne hodnota glukosy v krvi ?





# **METABOLISMUS GLUKOSY**

## **Glykolýza**

## **Syntéza a odbourání glykogenu**

**Pentosový cyklus**

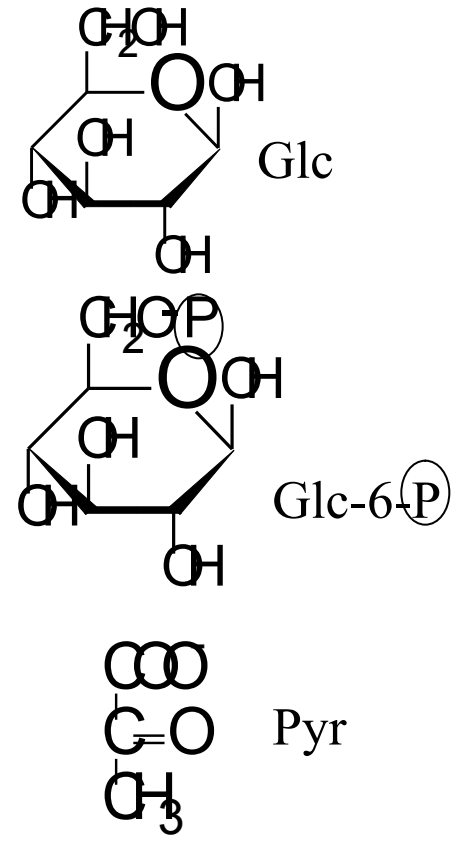
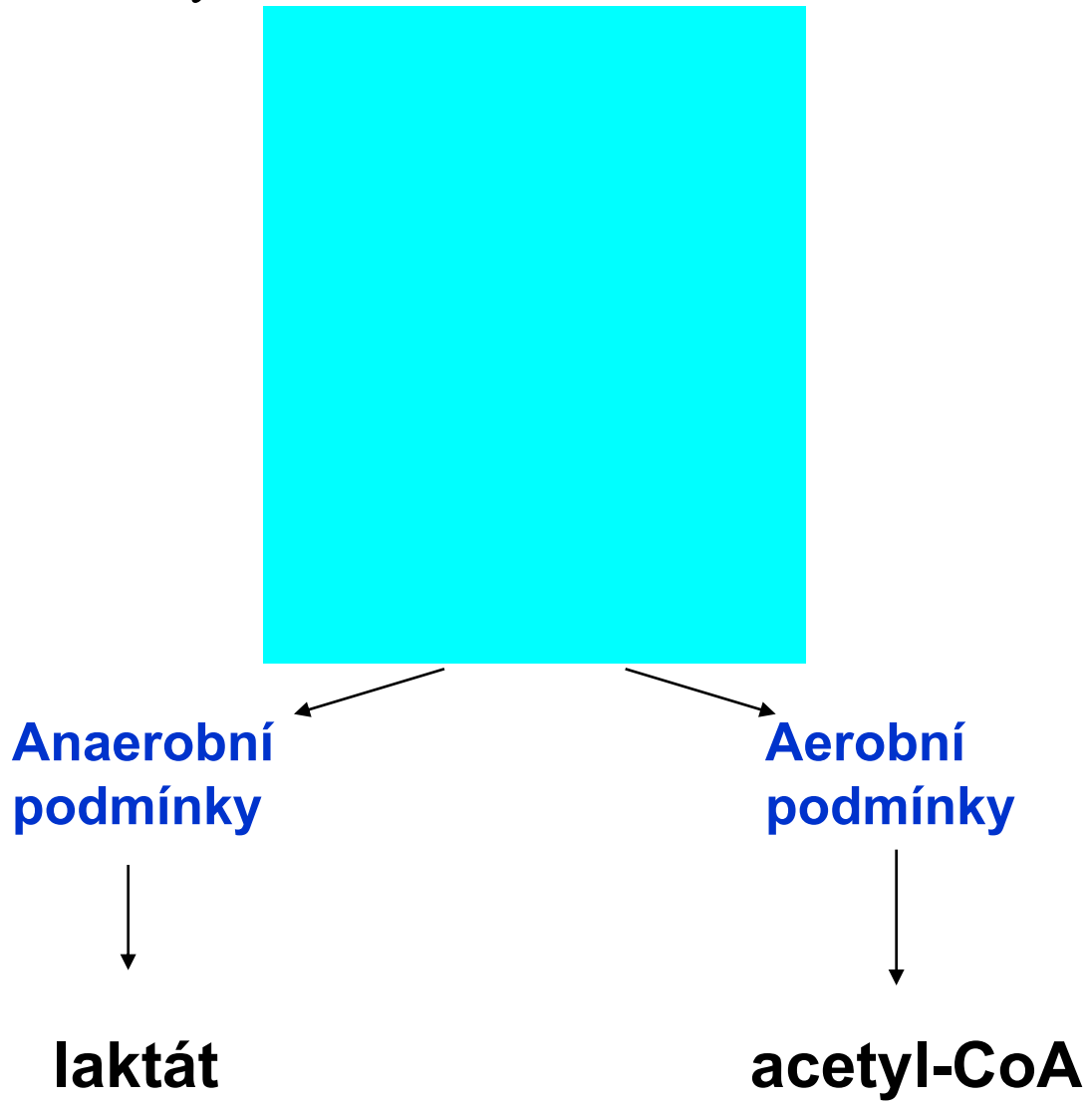
**Glukoneogeneze**

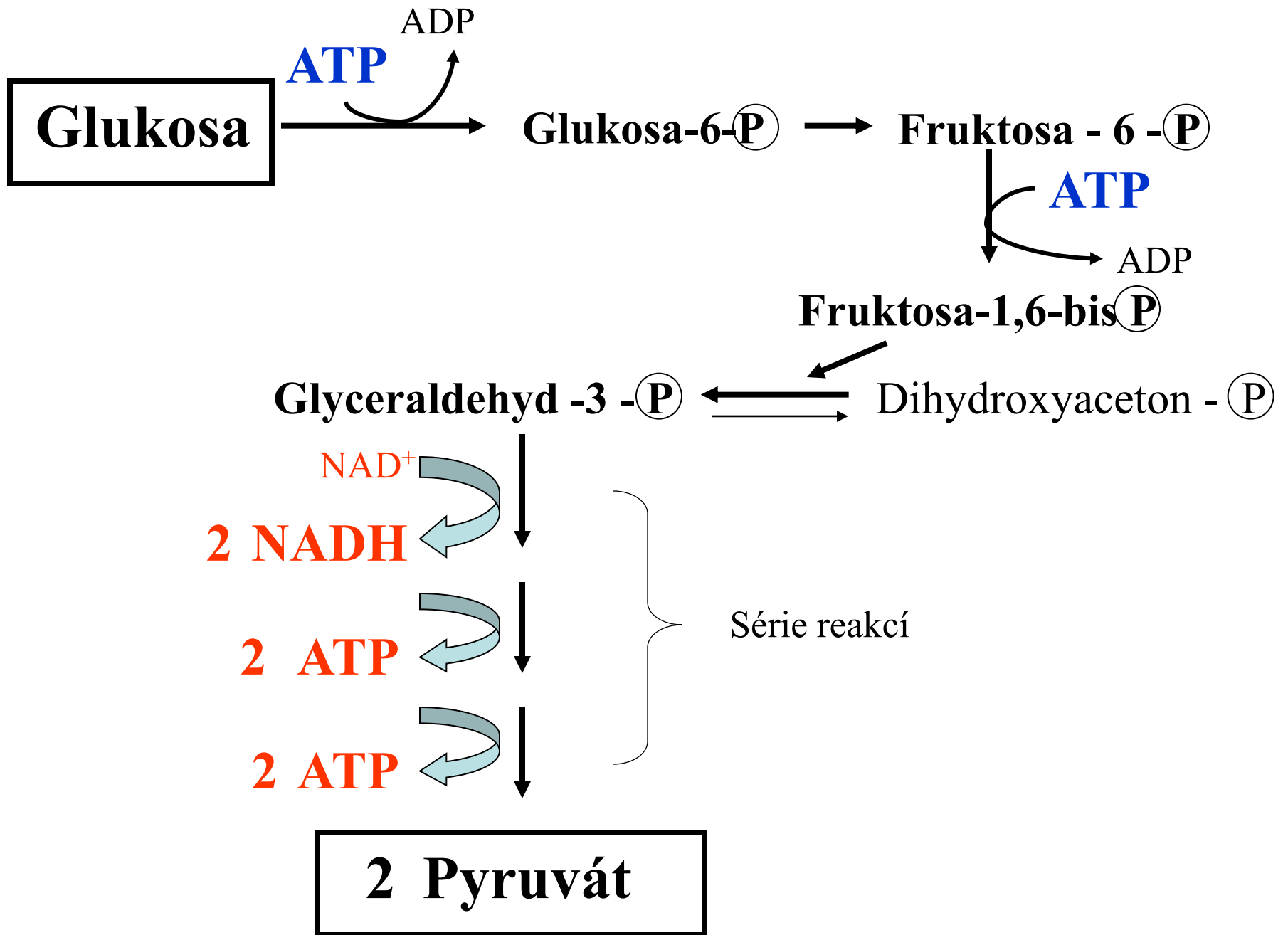
# Glykolýza

- Lokalizace: cytoplasma  
(většina buněk)
- Význam: získání energie  
tvorba dalších látek
- Rozdělení glykolýzy: aerobní glykolýza  
anaerobní glykolýza

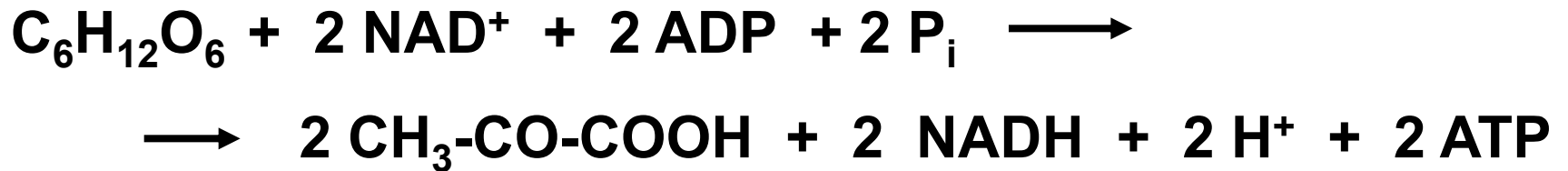
# Glykolýza

schematicky





# Sumární rovnice glykolýzy (anaerobní i aerobní)

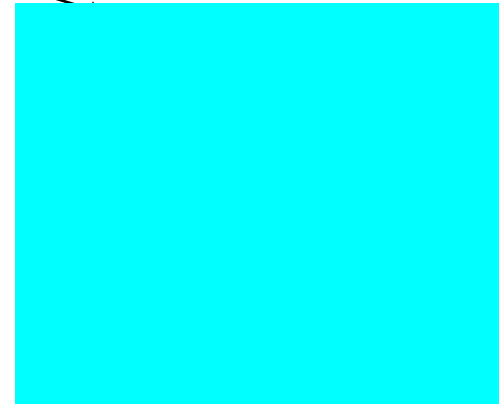
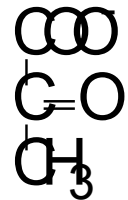
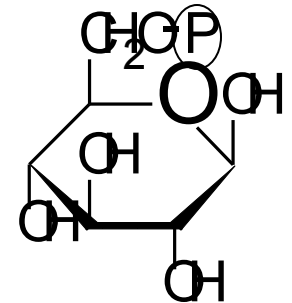
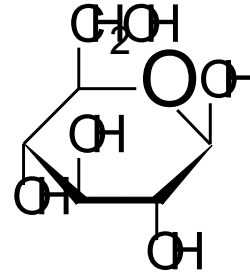
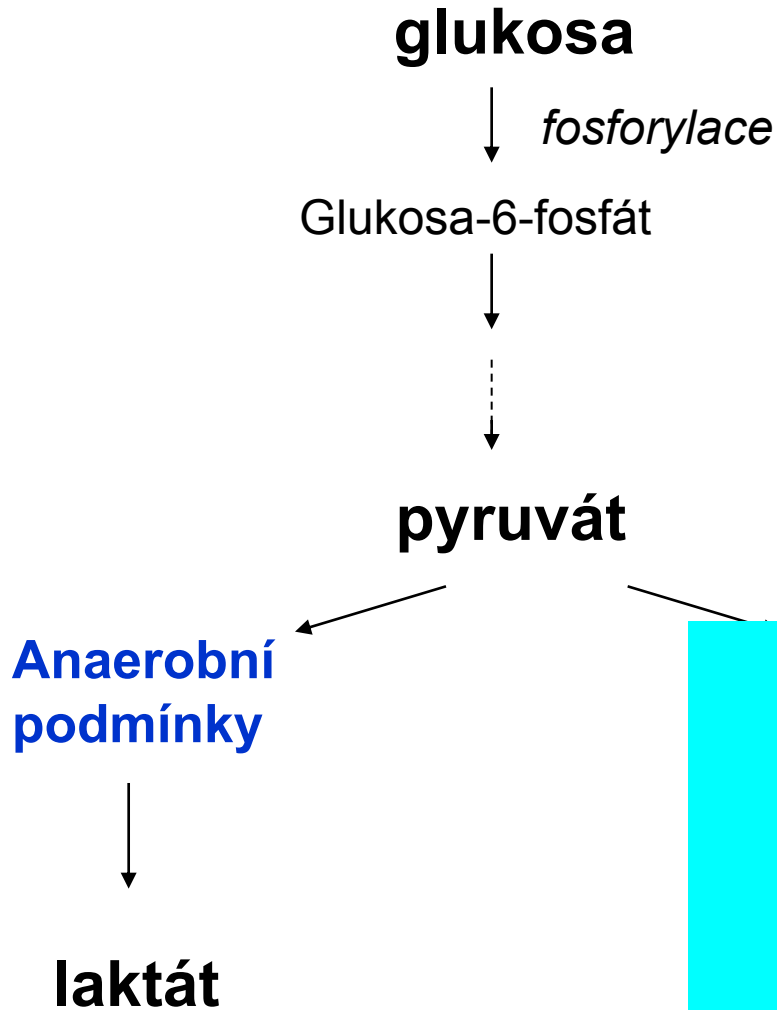


**!** Pro kontinuální průběh glykolýzy je třeba:

- Regenerace  $\text{NAD}^+$  - tedy reoxidace  $\text{NADH}$
- Dostatek  $\text{ADP}$

# Glykolýza

schematicky

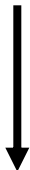


# Aerobní glykolýza

glukosa

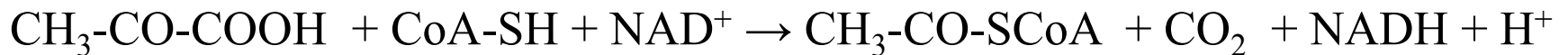


**pyruvát**



Oxidační dekarboxylace  
(multienzymový komplex: thiamindifosfát, kyselina  
lipoová, koenzym A, FAD, NAD<sup>+</sup>)

**Acetyl-CoA**



# Kde probíhá aerobní glykolýza ?

- Většina buněk - matrix mitochondrie  
Příklad: Kosterní sval

**Kosterní sval** – mírná práce nebo klid  
**dostatečný přívod O<sub>2</sub>**

glukosa ----> pyruvát



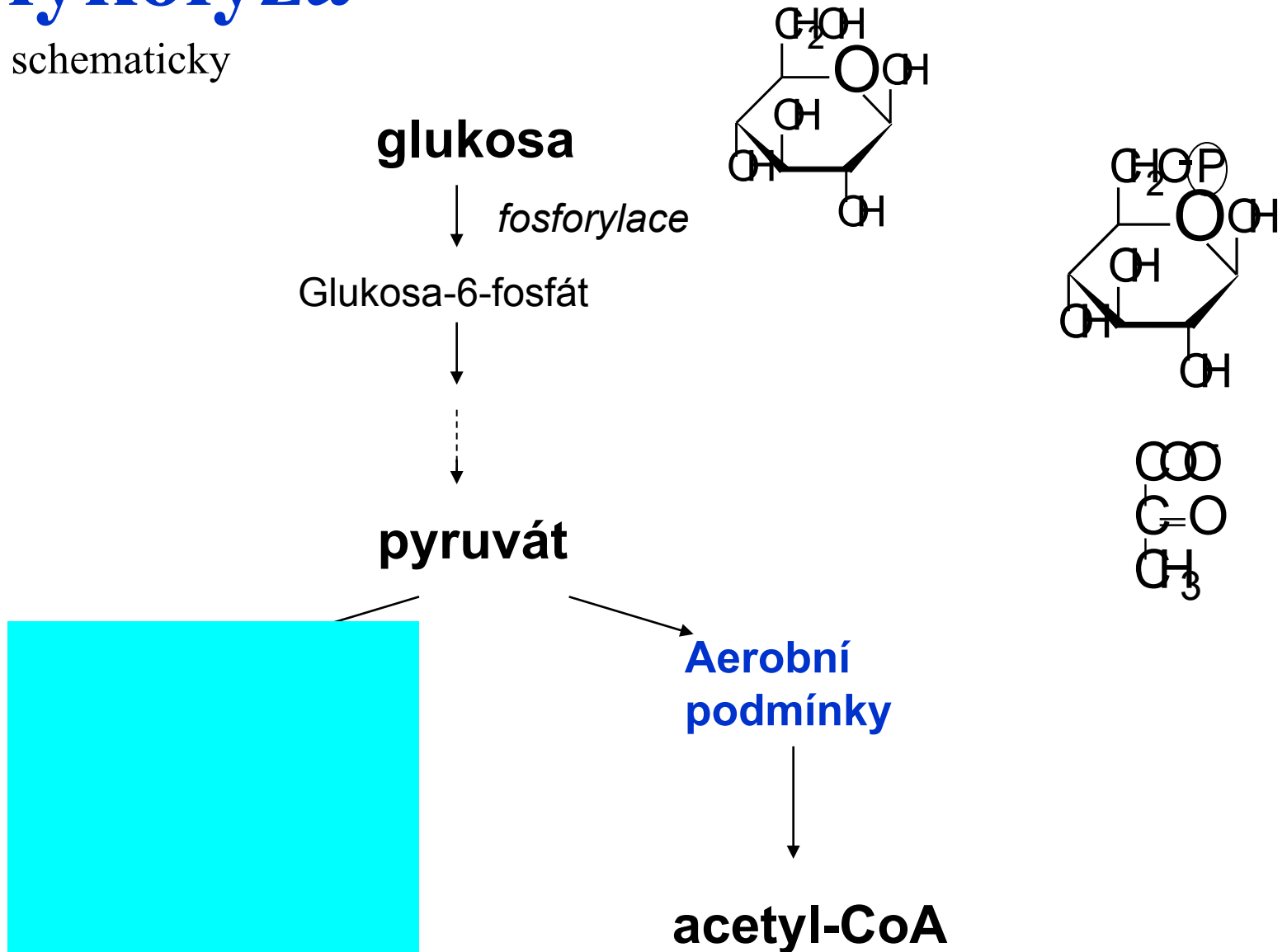
Tvorba **acetylCoA**

Reoxidace NADH – **dýchací řetězec**



# Glykolýza

schematicky



# Anaerobní glykolýza

glukosa

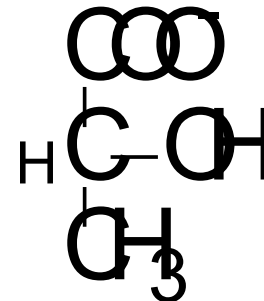
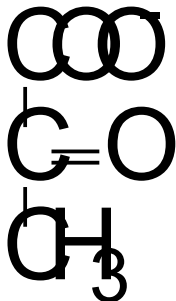
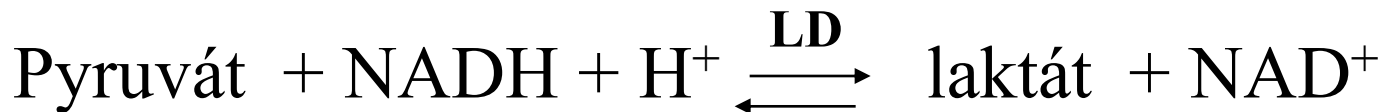


**pyruvát**



Laktátdehydrogenasa (LD)

**laktát**



# Kde probíhá anaerobní glykolýza ?

- Většina buněk je schopna anaerobní glykolýzy

Příklad: Kosterní sval (namáhaný)

Tkáně při hypoxii

Erytrocyty

**Kosterní sval** - intenzivní práce

**nedostatečný přívod O<sub>2</sub>**

glukosa  $\rightarrow$  pyruvát



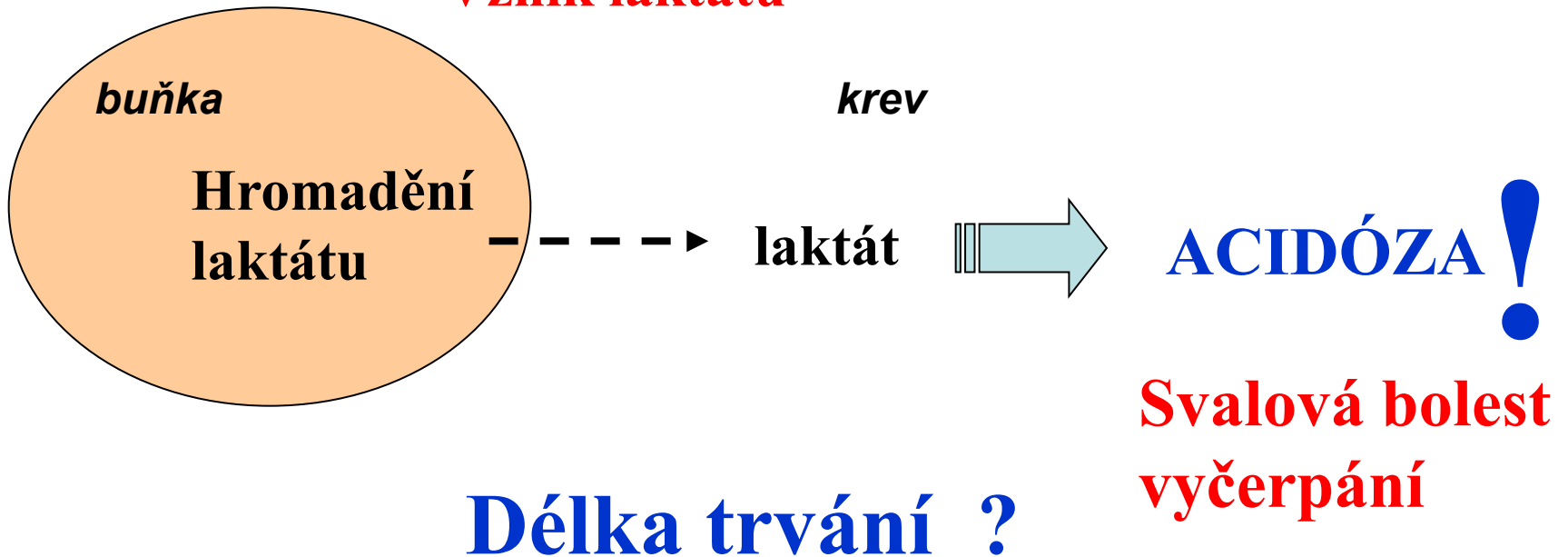
Tvorba laktátu (reakce LD)



**Práce na kyslíkový dluh**

# Práce na kyslíkový dluh

- Intenzivní svalová činnost
- Nedostatek O<sub>2</sub>
- **Vznik laktátu**



Krátký omezený časový úsek  
(např. sprint)

# Jak odstraníme následky svalové bolesti a vyčerpání ?

- ukončení svalové činnosti (zmírnění práce)
- dostatečné zásobení kyslíkem

Poté dochází k přeměně části laktátu na pyruvát a NADH se reoxiduje v dýchacím řetězci.

# Jaký je průběh glykolýzy v kosterním svalu?

Mírná práce (klid)

Dostatečný přívod  $O_2$

**Aerobní glykolýza**

**Vytrvalostní běh**

červená svalová vlákna

Intenzivní práce

Nedostatečný přívod  $O_2$

**Anaerobní glykolýza**

Práce na kyslíkový dluh

**Sprint**

bílá svalová vlákna

# Jaký je průběh glykolýzy v erythrocytech?

~~Aerobní glykolýza~~

Anaerobní glykolýza

Chybí mitochondrie

Tvorba laktátu

Laktát jde do krve  $\Rightarrow$  v játrech na pyruvát

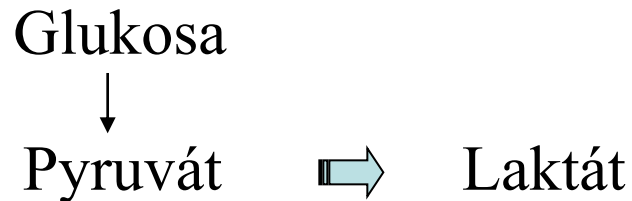
# **Vztah vitaminů k metabolismu sacharidů**



**Viz. další přednáška**



## Energetická bilance anaerobní glykolýzy: 2 ATP



## Energetická bilance aerobní glykolýzy: 38 ATP



Sumárně aerobní glykolýza:



# Glykolýza

## aerobní

**Dostatečný přívod O<sub>2</sub>**

Vysoký zisk energie: **38 ATP**

**Význam – zisk energie**

## anaerobní

**Nedostatečný přívod O<sub>2</sub>**

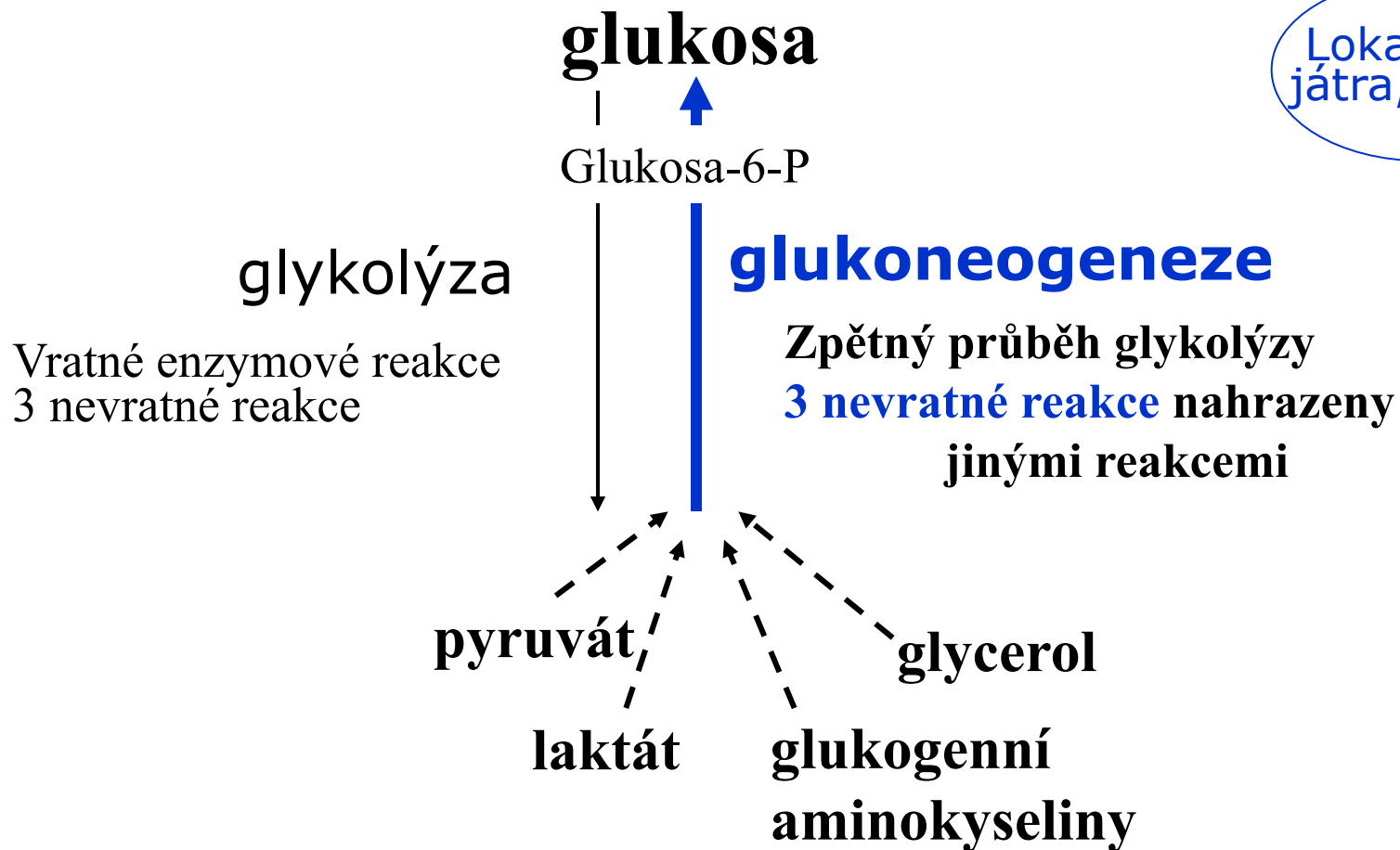
Malý zisk energie: **2 ATP**

**Význam – zisk energie**

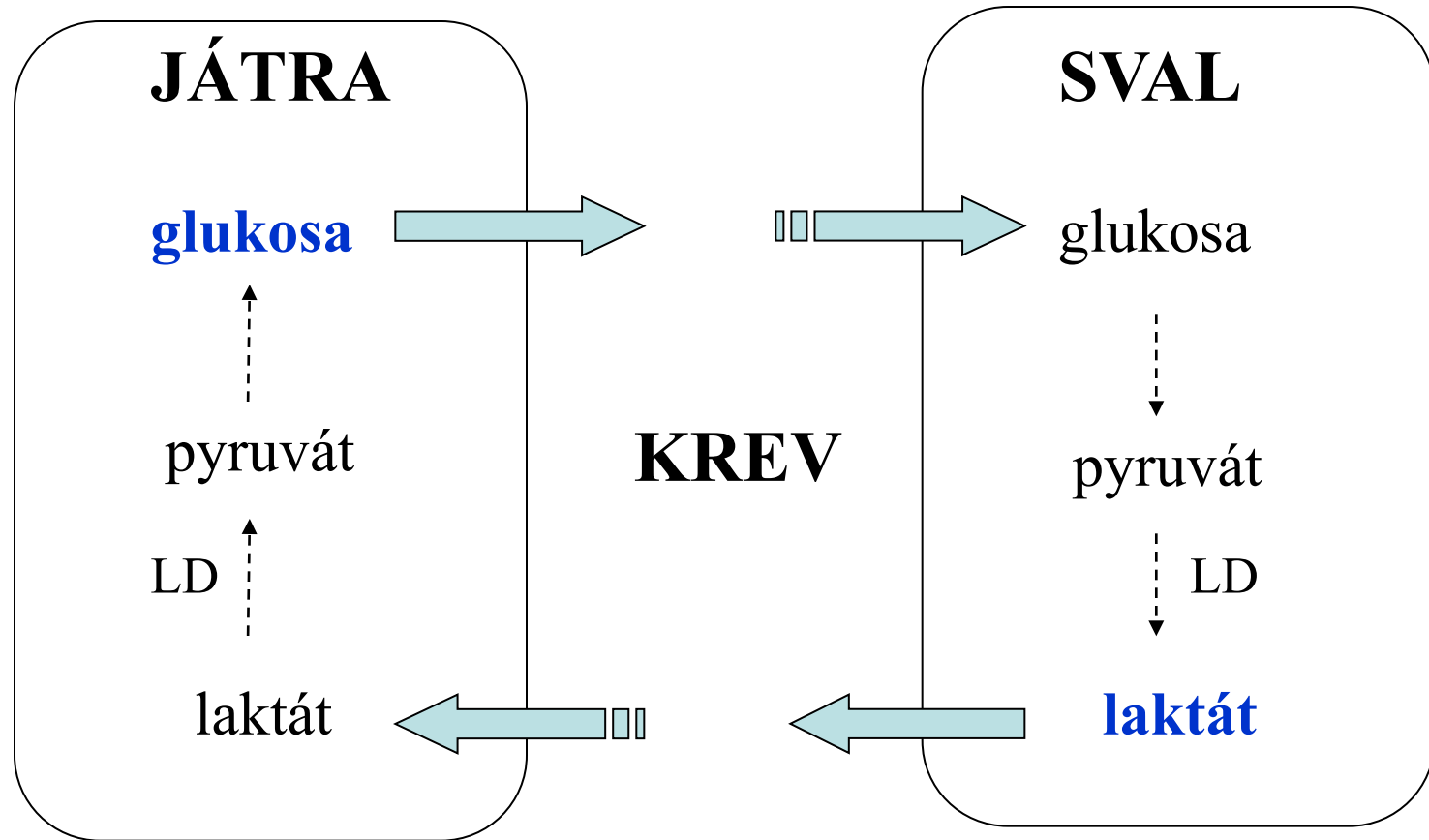
- při dějích, kdy je omezen přísun kyslíku
- tkáň nemá mitochondrie (ery, leu, ...)

# Glukoneogeneze

Syntéza glukosy: z látek vzniklých katabolismem sacharidů  
z **necukerných zdrojů**



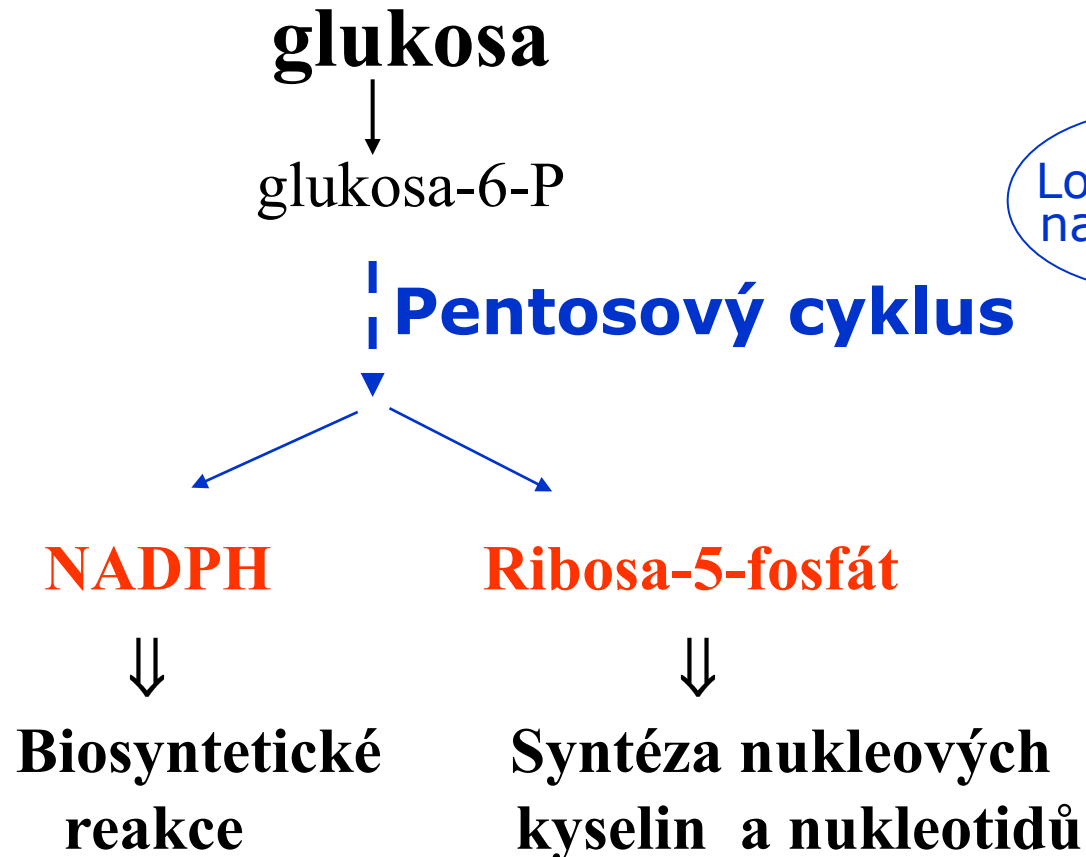
# Odstraňování laktátu z tkání do jater, kde se využívá pro tvorbu glukosy



# Pentosový cyklus

Slouží jako zdroj NADPH a pentos

~~Zdroj energie~~



# Metabolismus fruktosy

**Zdroj fruktosy:**

**Sacharosa**

**Štěpení sacharosy:**

**Tenké střevo**

**Přeměny fruktosy:**

**Játra**

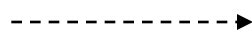
**Fruktosa**

Nezávislé na insulinu

Fruktosa-1-fosfát

*Glykolýza*

**Fruktosa**



**„Rychlý“ zdroj energie**

# Metabolismus galaktosy

Zdroj galaktosy:

**Laktosa**

Štěpení laktosy:

**Tenké střevo**

Přeměny galaktosy:

**Játra**

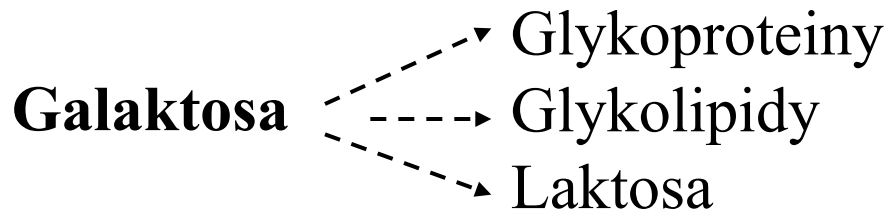
**Galaktosa**



Aktivovaná glukosa  
(UDP-glukosa)



*Metabolismus glukosy*



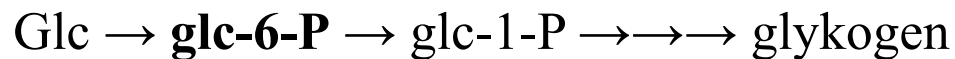
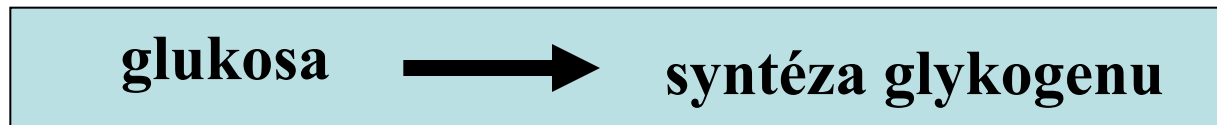
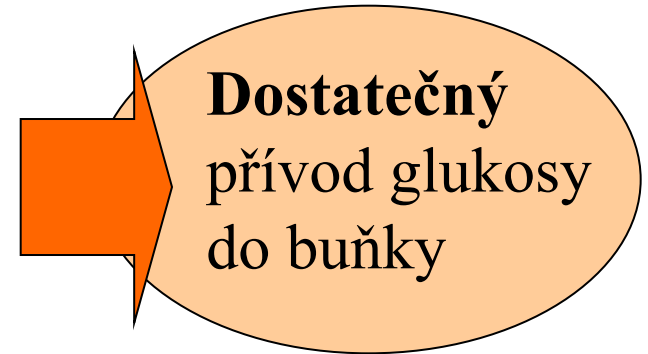
# Syntéza a odbourání glykogenu

- probíhá převážně v játrech a ve svalech
- lokalizace - cytoplasma buněk
- glykogen: zásobní forma glukosy v buňkách  
zdroj energie
- játra: 5 - 10 % hmotnosti jater po jídle  
0,1 % hmotnosti jater po 24 hodinách hladovění
- sval: 1,5 % hmotnosti svalu (odbourání až při těžké svalové práci)



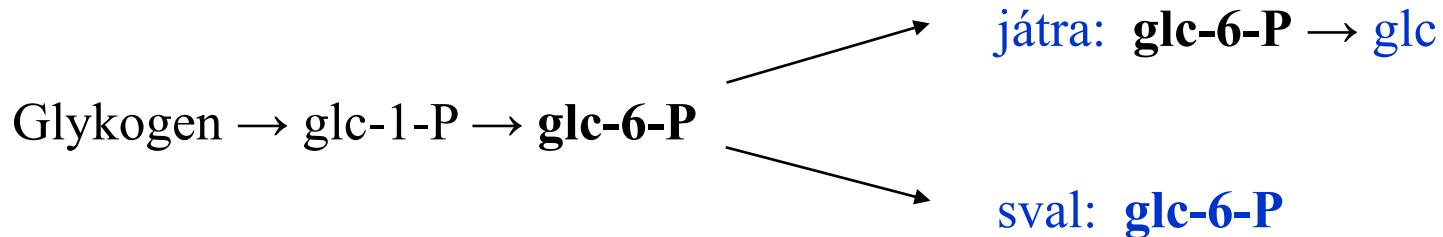
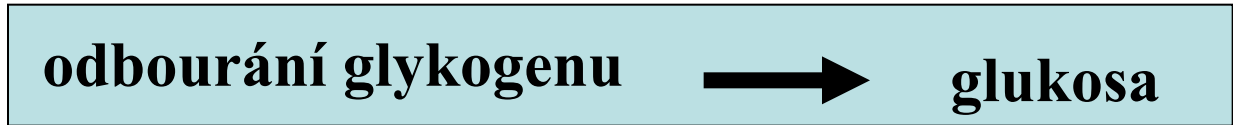
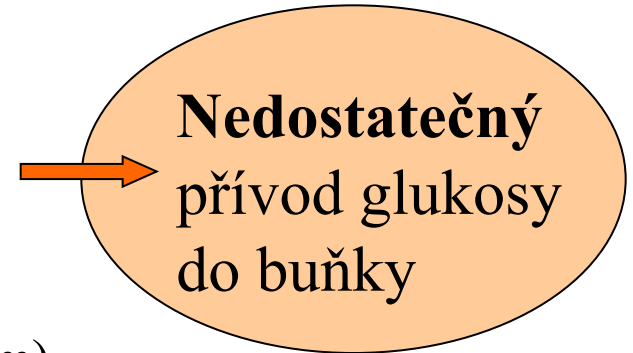
# Syntéza glykogenu

- hormonální stimulace (inzulin)



# Odbourání glykogenu

- glykogenolýza
- hormonální stimulace  
(glukagon, adrenalin)
- mechanismus glykogenolýzy:  
fosforolytické štěpení (anorganickým fosfátem)



# Hormonální regulace

## Syntéza glykogenu

- stimulace inzulinem

## Odbourání glykogenu

- játra: stimulace glukagonem  
adrenalinem
- sval: stimulace adrenalinem

# Hormonální regulace metabolismu glukosy

## INZULIN

- ↓ Snižuje glukosu v krvi
- ↑ Stimulace glykolýzy
- × Inhibice glukoneogeneze
- ↑ Zvyšuje syntézu glykogenu

*Anabolické účinky*

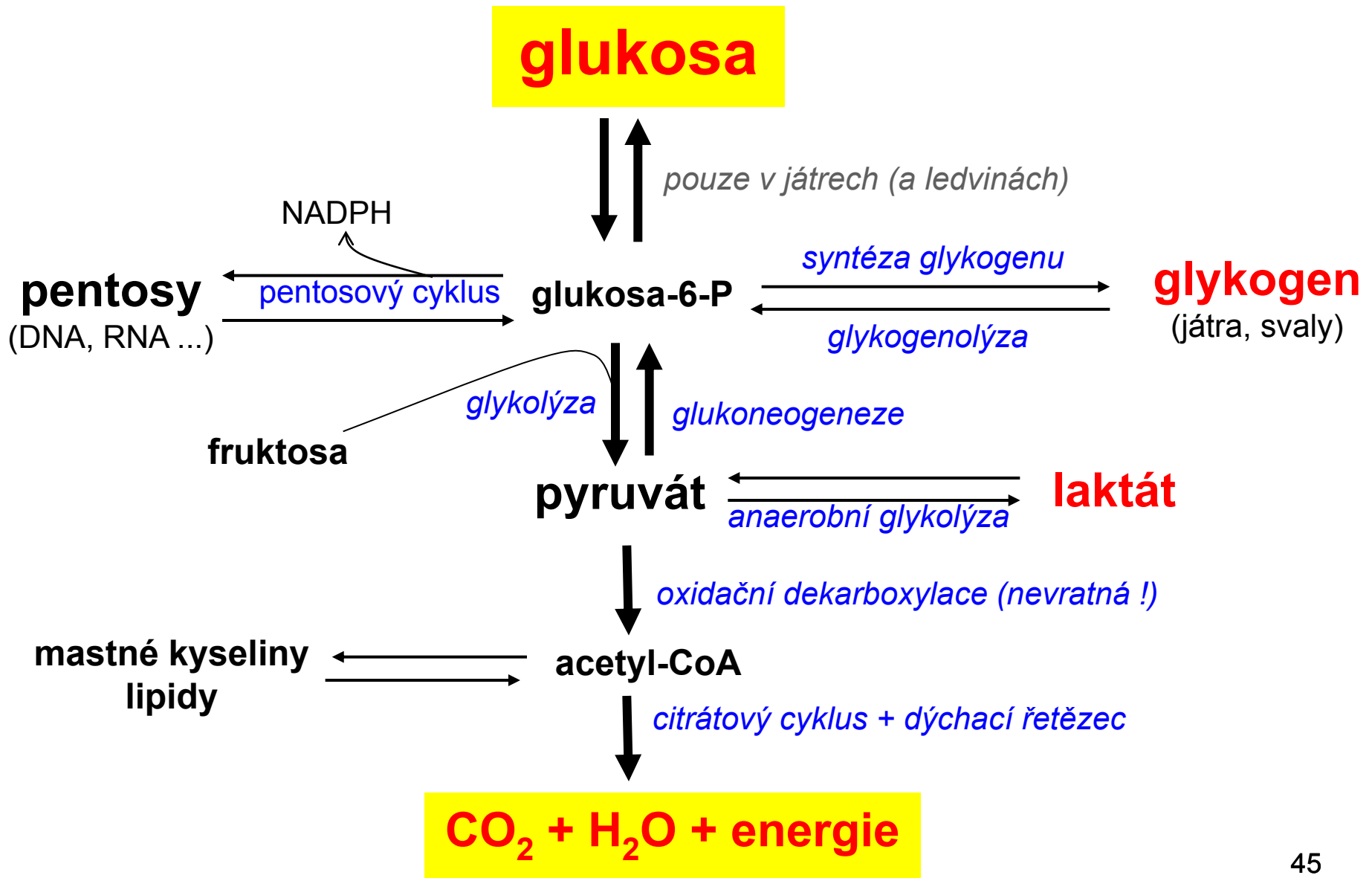
## GLUKAGON

- ↑ Zvyšuje glukosu v krvi
- ↑ Stimuluje glukoneogenezi
- ↑ Zvyšuje odbourání jaterního glykogenu

„**Stresové**“ **hormony**: Adrenalin (zvyšuje odbourání glykogenu)

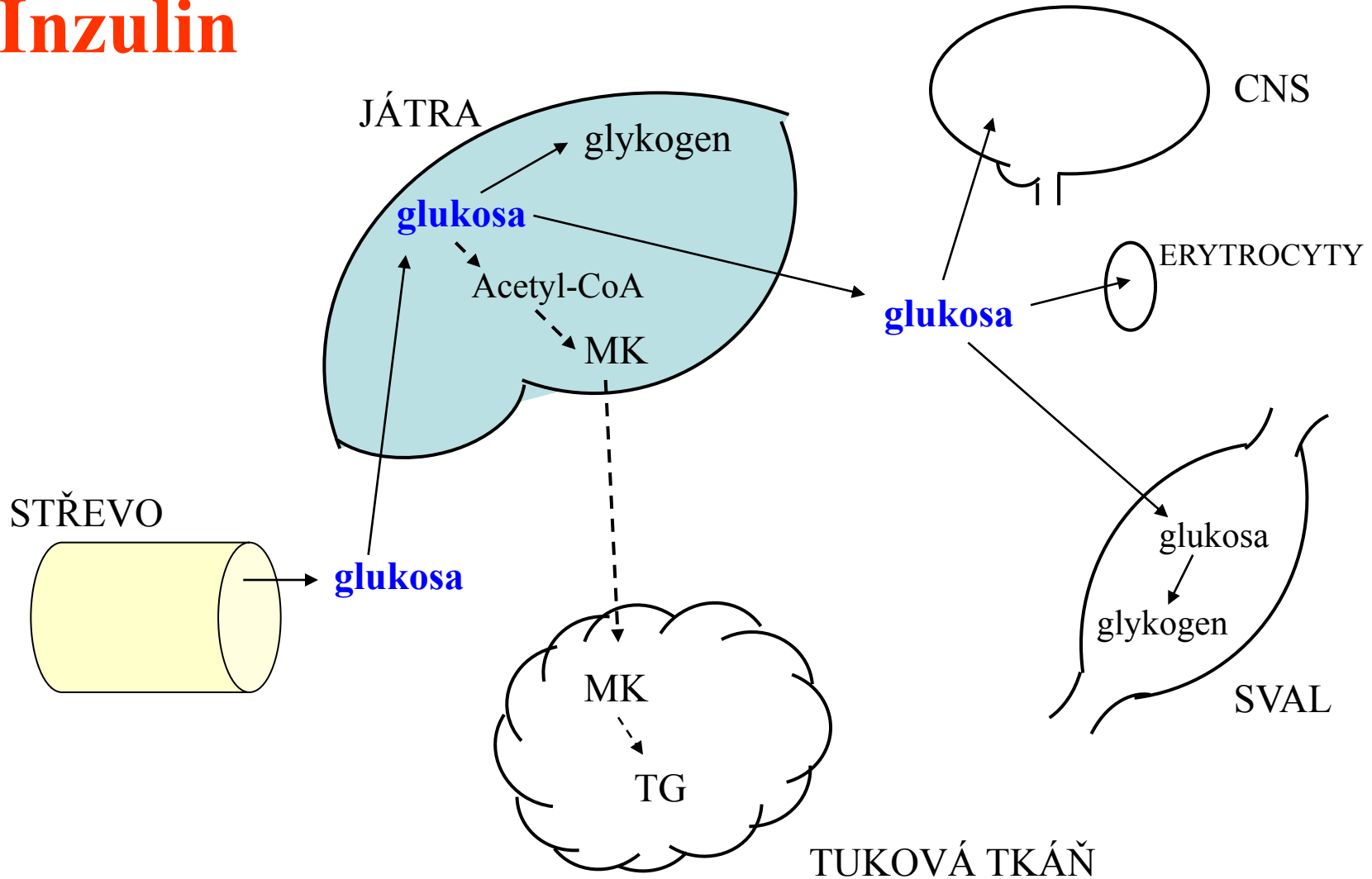
Kortizol (zvyšuje glukoneogenezi z AK)

# Schema metabolických drah glukosy



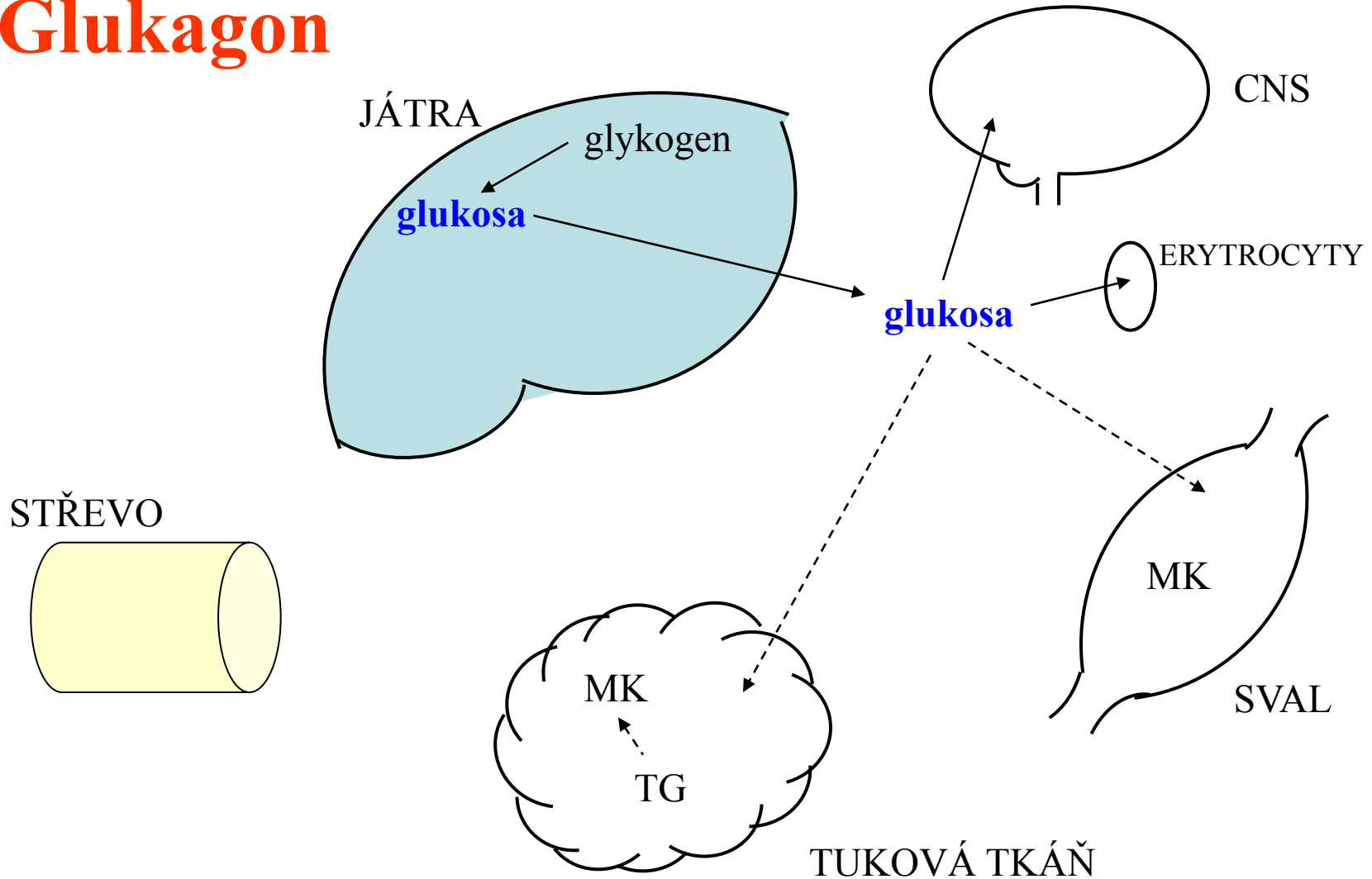
# Metabolismus glukosy po jídle

## Inzulin



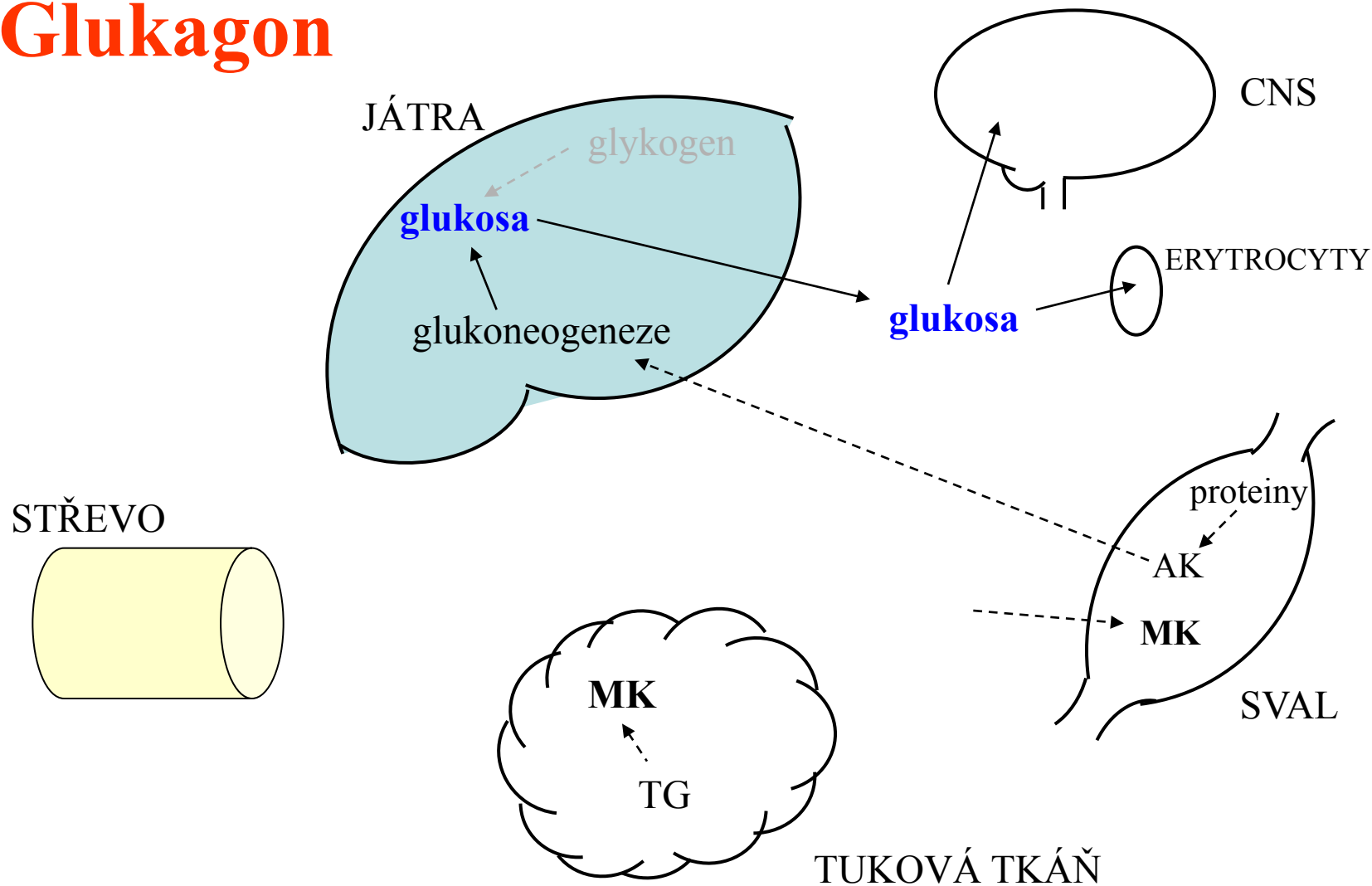
# Metabolismus glukosy v postresorpční fázi

## Glukagon



# Metabolismus glukosy při hladovění

## Glukagon





# **Patologické stavy při poruše metabolismu sacharidů**

## **Diabetes mellitus**

(viz – další přednáška)

## **Jiné poruchy v metabolismu sacharidů**

(např. deficit enzymů – disacharidas)

# Jiné poruchy v metabolismu sacharidů

**Disacharidasy** – porucha či úplný nedostatek enzymů

nerozložené disacharidy



Strhávají vodu

tlusté střevo



Bakteriální rozklad disacharidů  
na  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$  a  $\text{H}_2$

**Intolerance laktosy**

