

# Význam lipidových komponent pro zachování homeostázy, zdraví a regeneraci organismu

**A. Kozubík**

Biofyzikální ústav AVČR, v.v.i., (*Oddělení cytokinetiky*)

Ústav experimentální biologie, PřF MU

(*Oddělení fyziologie a imunologie živočichů*)

**Brno**



## CÍLE PREZENTACE

- Vymezení problematiky - vybrané výsledky:
- Teoreticko praktické dopady, shrnutí a závěry

*Lipidy jako rizikové faktory:*  
význam pro zachování homeostázy  
zdraví a regeneraci organismu  
*Metabolismus ve stresu*

**POTRAVA:** Základní podmínka existence,  
(zdroj živin, základ veškerých regulací)

**Významné je**

Složení (kvalita)

Množství (kvantita)

Časové rozložení (frekvence příjmu)

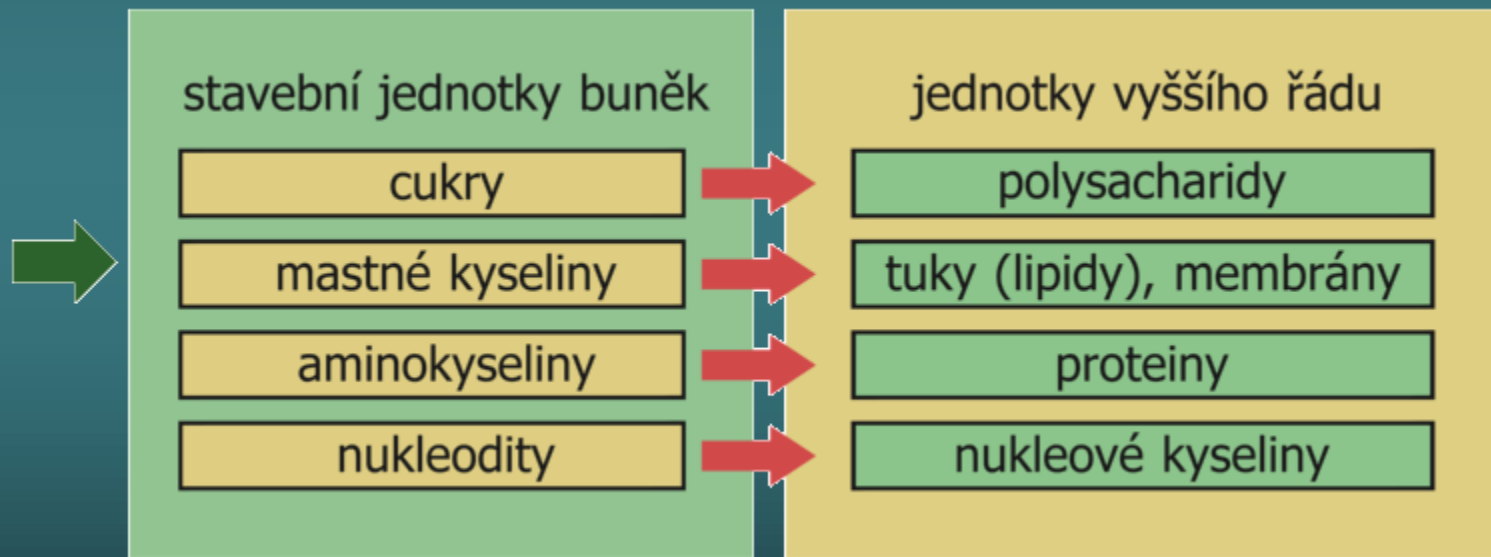
# **Deregulace cytokinetiky**

## **Rizika vyplývající ze změněné frekvence příjmu potravy**

**(důsledky a možnosti ovlivnění  
fyziologických funkcí)**

# ..proč fosfo/lipidy?...centrální téma

## Hlavní skupiny malých organických molekul v buňkách



Stimuly:

Ovlivnění funkcí celého organismu, homeostázy, regenerace

# VYBRANÉ VÝSLEDKY

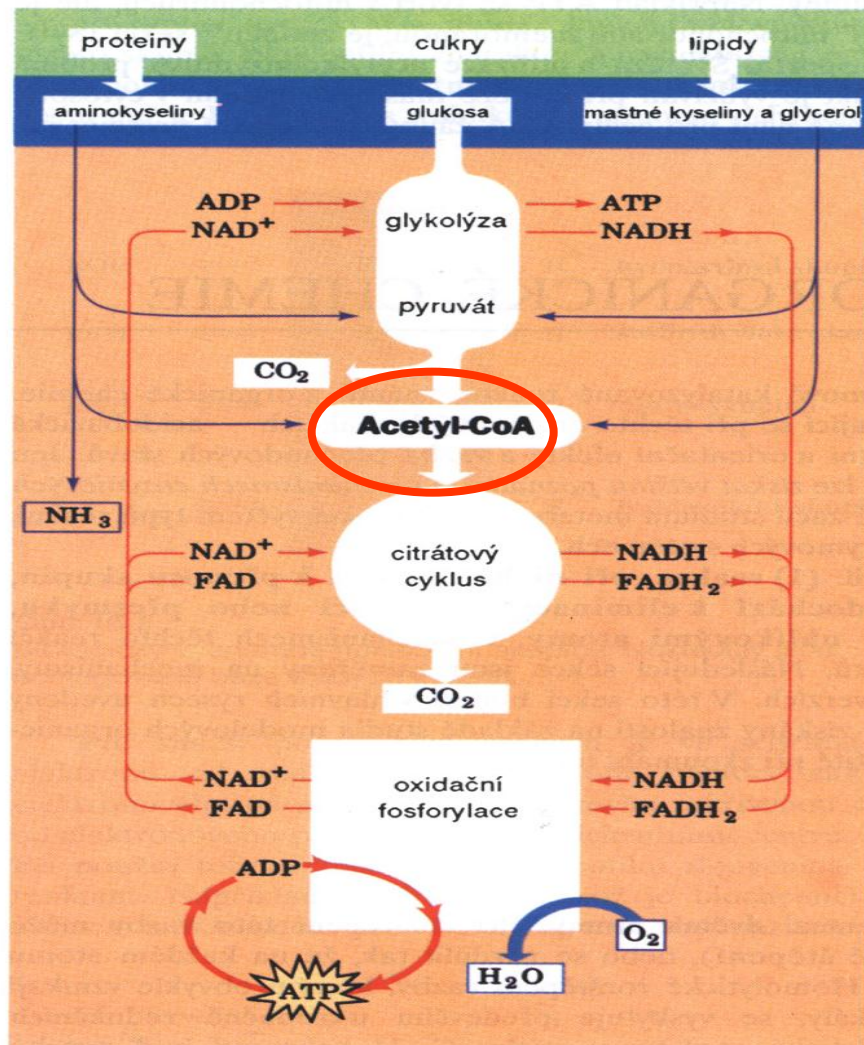
**POTRAVA:** Základní podmínka existence:  
zdroj živin (E), základ veškerých regulací.

**Významné je**

Složení (kvalita)

Množství (kvantita)

Časové rozložení (frekvence příjmu)



Obr. 15-3

Složité metabolity, jako jsou sacharidy, lipidy a proteiny, jsou nejprve degradovány na své monomerní jednotky, hlavně glukosu, mastné kyseliny a aminokyseliny, a dále na společný meziprodukt – acetyl-CoA. Acetylová skupina je poté oxidována kyslíkem na oxid uhličitý přes citrátový cyklus za současné redukce NAD<sup>+</sup> a FAD. Reoxidace těchto koenzymů přes řetězec přenosu elektronů a oxidační fosforylaci vede ke vzniku vody a ATP.



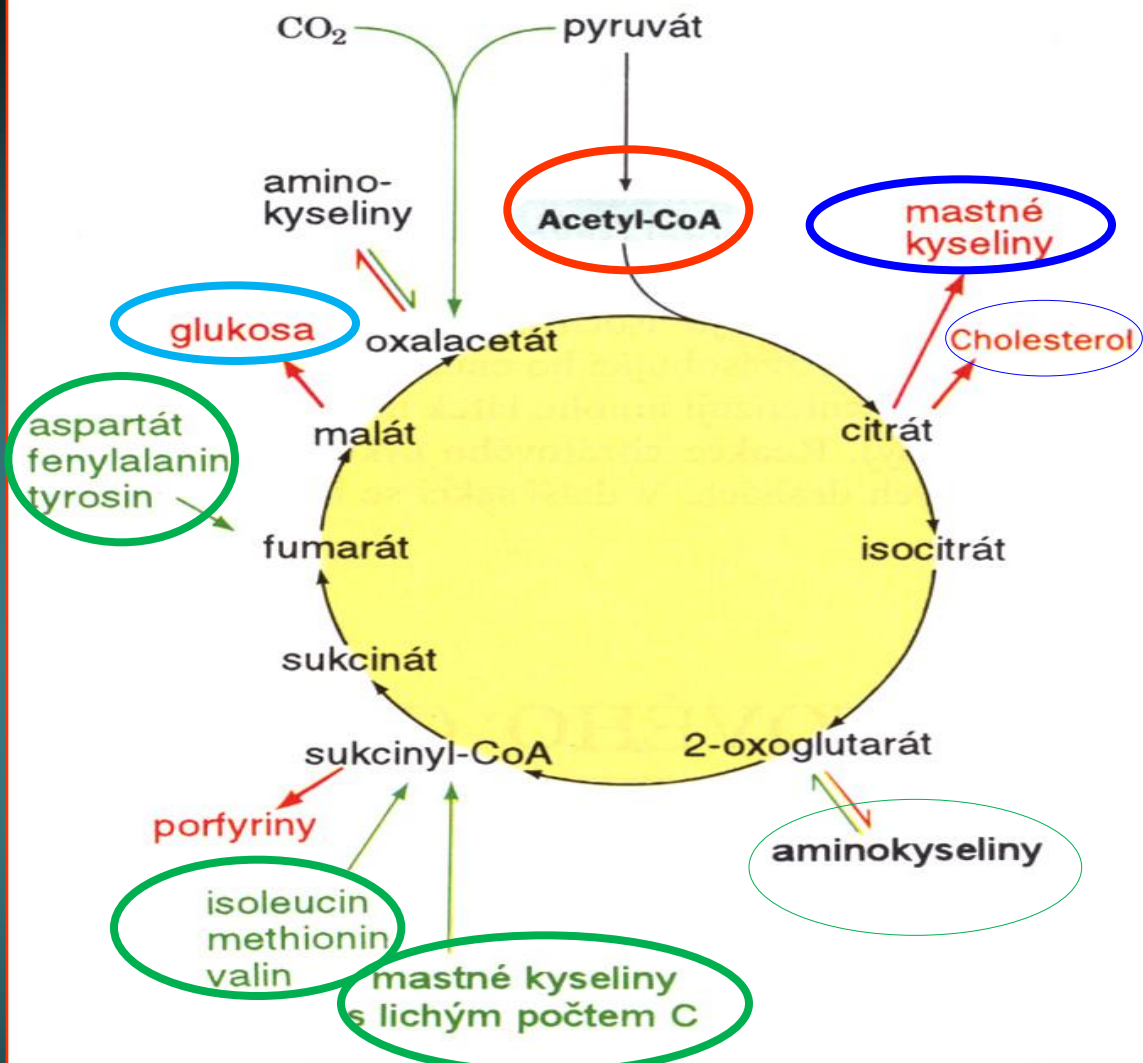
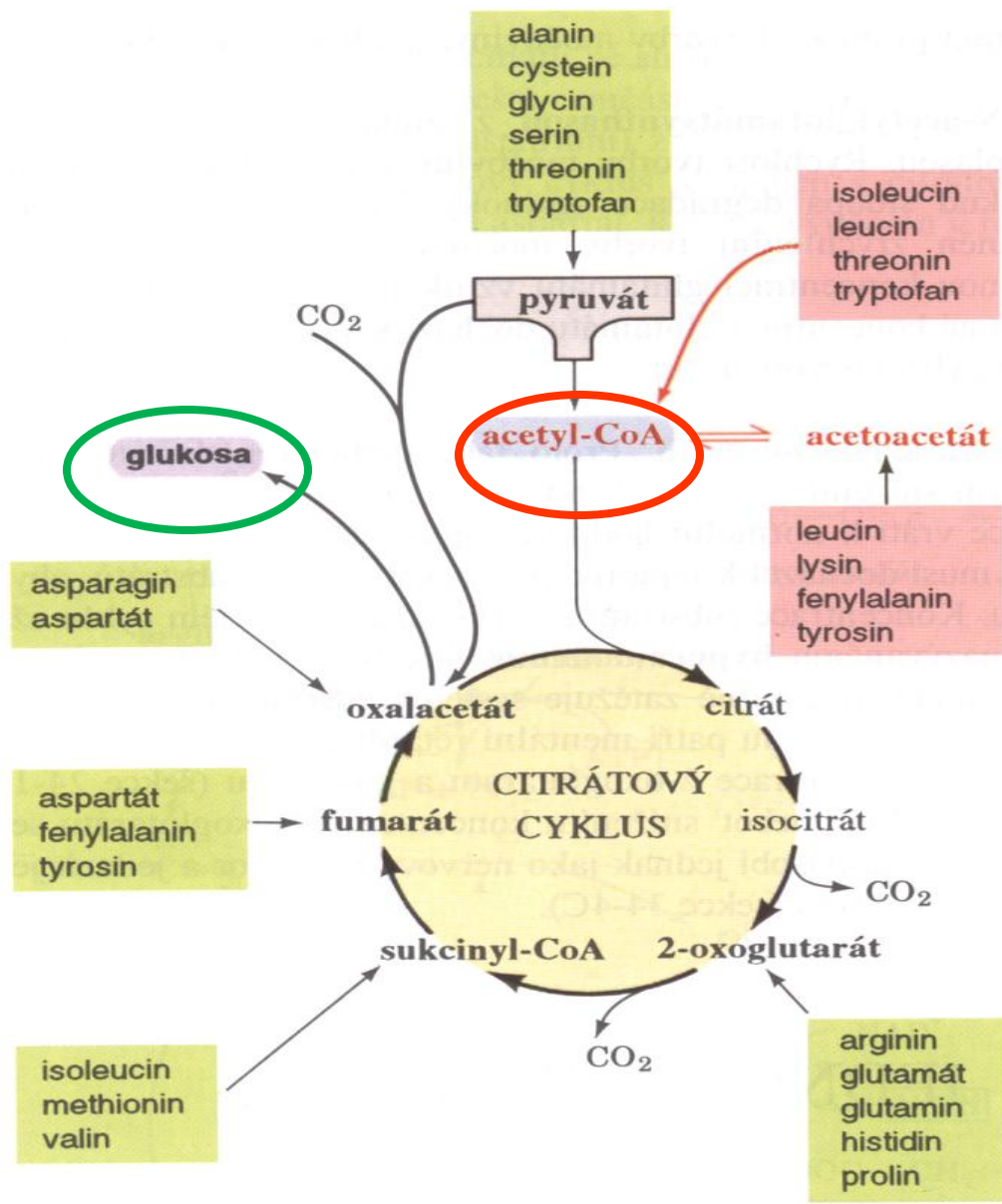
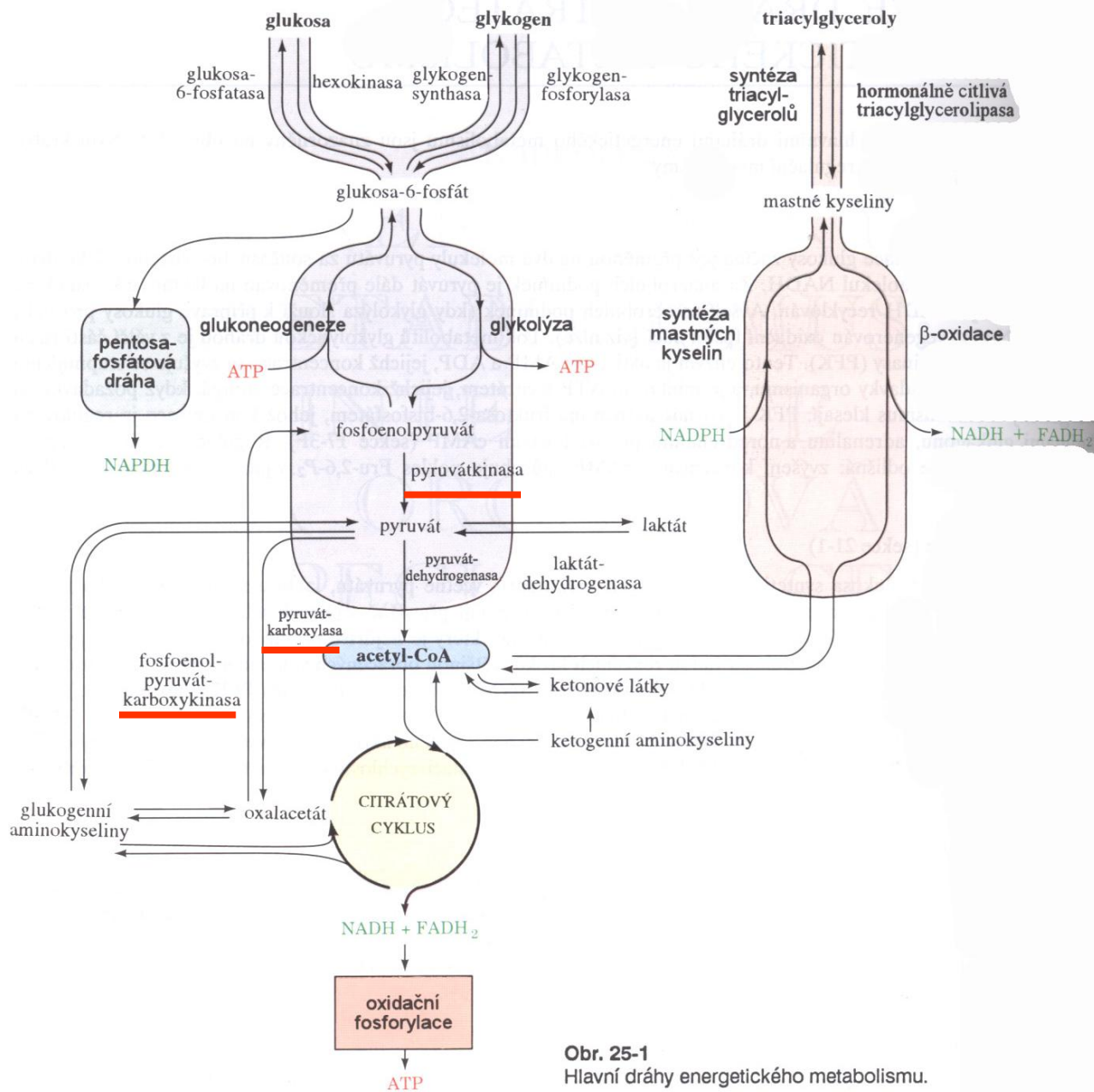


Diagram citrátového cyklu s vyznačenými místy, ze kterých jsou odčerpávány intermediáty pro využití v anabolických drahách (červené šipky), a místy, kde anaplerotické reakce nahrazují odčerpané intermedie cyklu (zelené šipky). Reakce účastníci se transaminací aminokyselin a deaminací jsou reverzibilní a jejich směr je určován metabolickou potřebou



Obr. 24-8

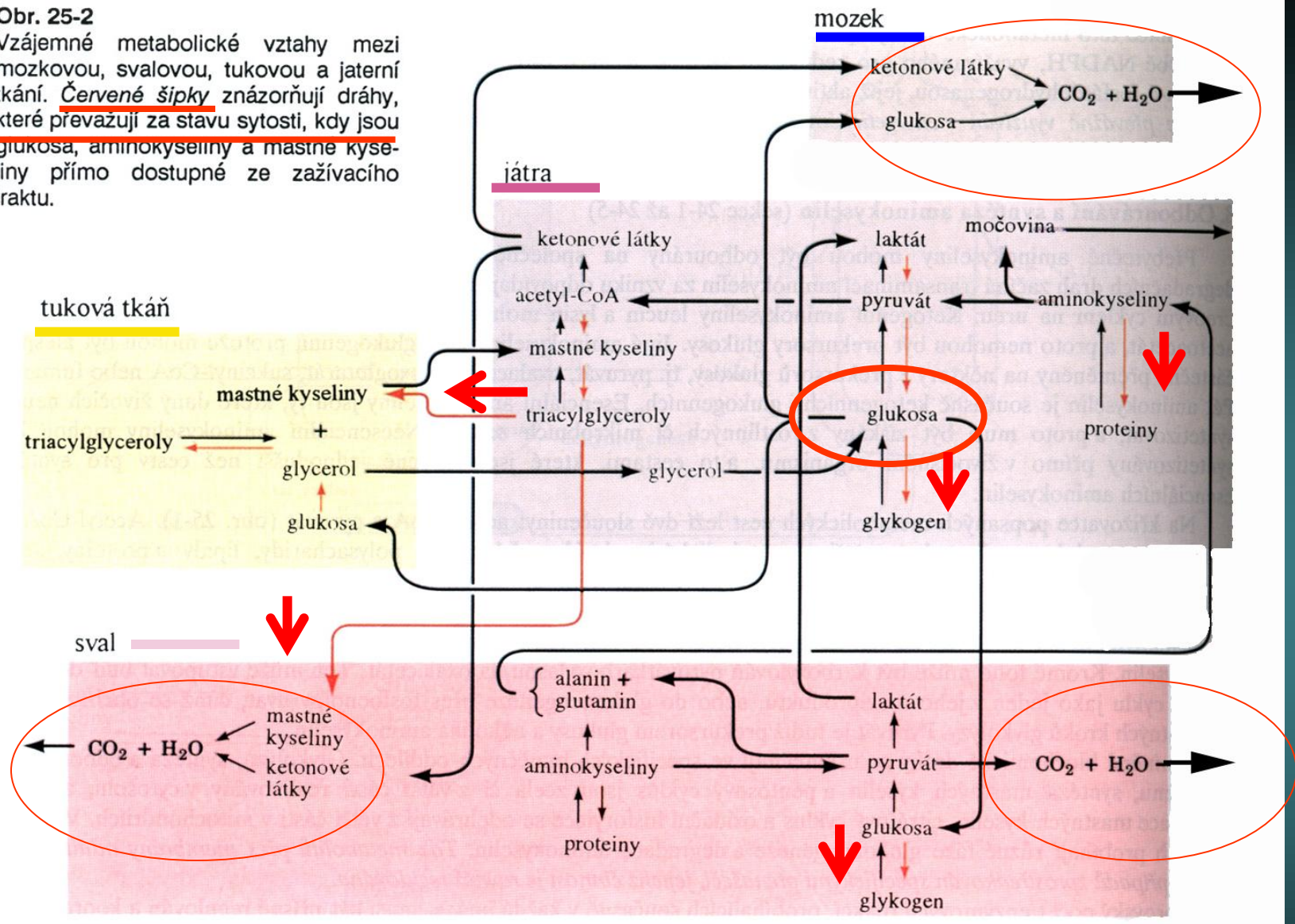
Aminokyseliny jsou degradovány na jeden ze sedmi obecných meziproductů. Glukogenní degradace je vyznačena zeleně, ketogenní červeně.

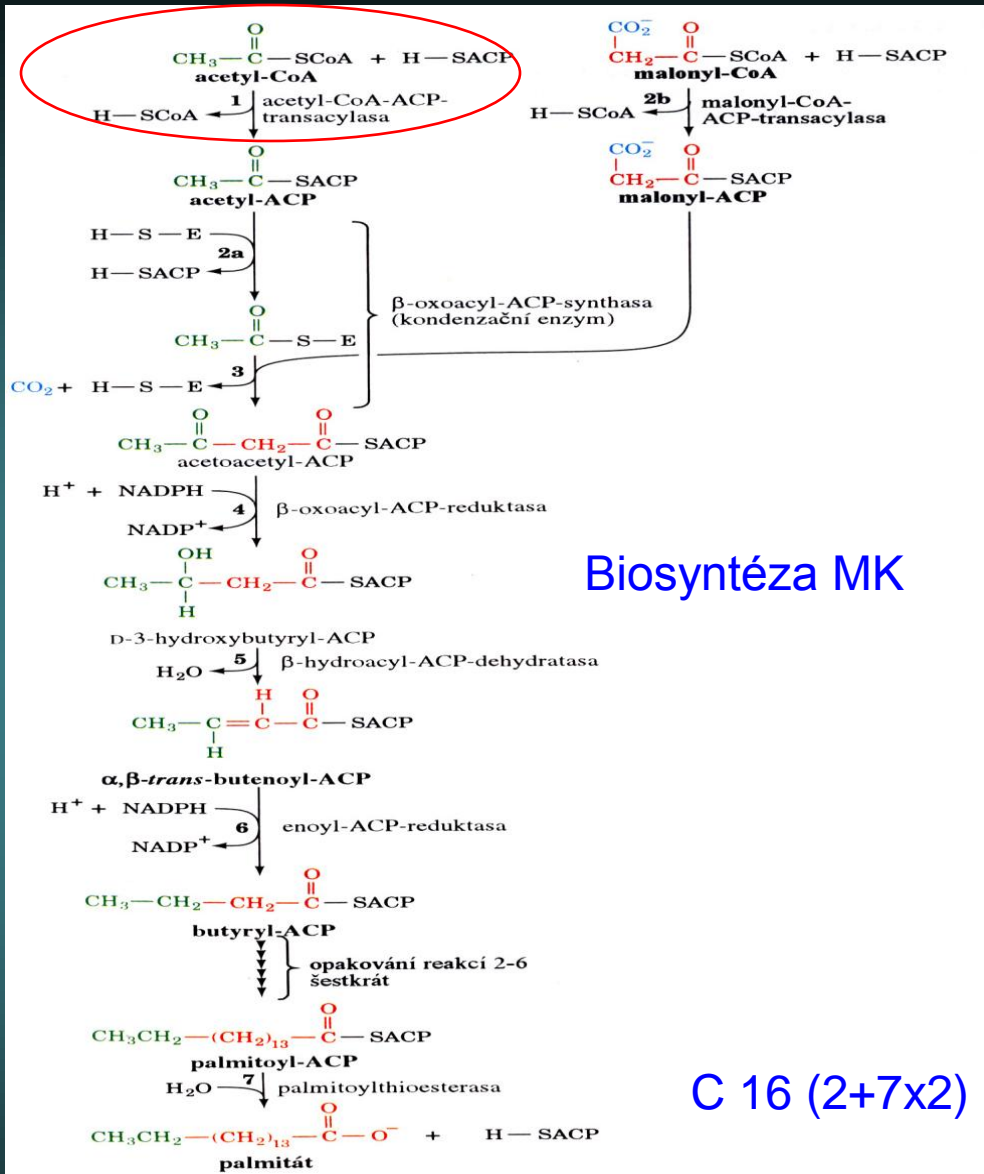


Obr. 25-1  
Hlavní dráhy energetického metabolismu.

Obr. 25-2

Vzájemné metabolické vztahy mezi mozgovou, svalovou, tukovou a jaterní tkání. Červené šipky znázorňují dráhy, které převažují za stavu sytosti, kdy jsou glukosa, aminokyseliny a mastné kyseliny přímo dostupné ze zaživacího traktu.





## Biosyntéza MK

C 16 (2+7x2)

Obr. 23-26

Pořadí reakcí při biosyntéze mastných kyselin. Při tvorbě palmitátu se opakuje sedm cyklů prodloužení řetězce o C<sub>2</sub>, načež následuje finální hydrolytický krok.

# Krasy:

## Střídání 24 h hladovění a následné realimentace

### Intermitentní krmení

(Pokusy z 50.-60. let 20.stol.)



Změny regulace CNS, aktivace nesespecifických mechanismů adaptace (osy hypofýza-nadledvinka)



Omezení pohybové aktivity

Periodická hyperfagie



Adaptace trávicího ústrojí



- Hypertrofie žaludku
- Adaptace enzymových systémů ve střevní sliznici
- Zvětšení resorpční plochy střeva

Zvýšená resorpce tuků a glycidů



Periodicky zvýšený přívod živin tkáním, včetně zvýšeného přívodu glukosy portální krvi do jater

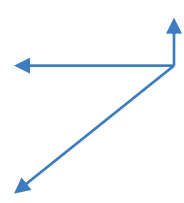


Zvýšená aktivita jaterní hexokinasy, akcentovaná fosforylace glukosy na glukosa-6-fosfát

Zvýšené vyplavování insulinu z buněk



Vysokoglycidová dieta!



Adaptace glycidového a lipidového metabolismu



Celkově zvýšená utilizace GLUKOSY  
Zvýšená syntéza GLYKOGENU  
Zvýšená konverze glycidů na TUK

- a) Zvýšená růstová a migrační aktivita explantovaných tkání in vitro
- b) Zvýšená repopulační aktivita buněk obnovných křetvorných populací u adaptovaných zvířat (in vivo)

Zvýšená metabolická aktivita tkání projevující se též vyšší tkáňovou respirací



Adaptace tkáňových systémů

Vyšší bazální metabolismus adaptovaného zvířete

Nižší celkový metabolismus adaptovaného zvířete

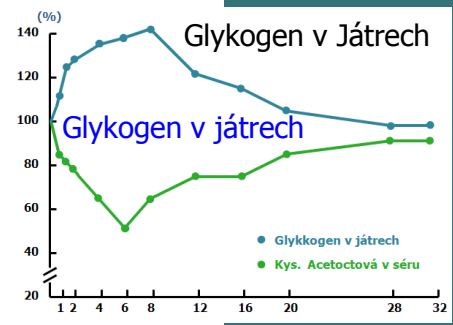
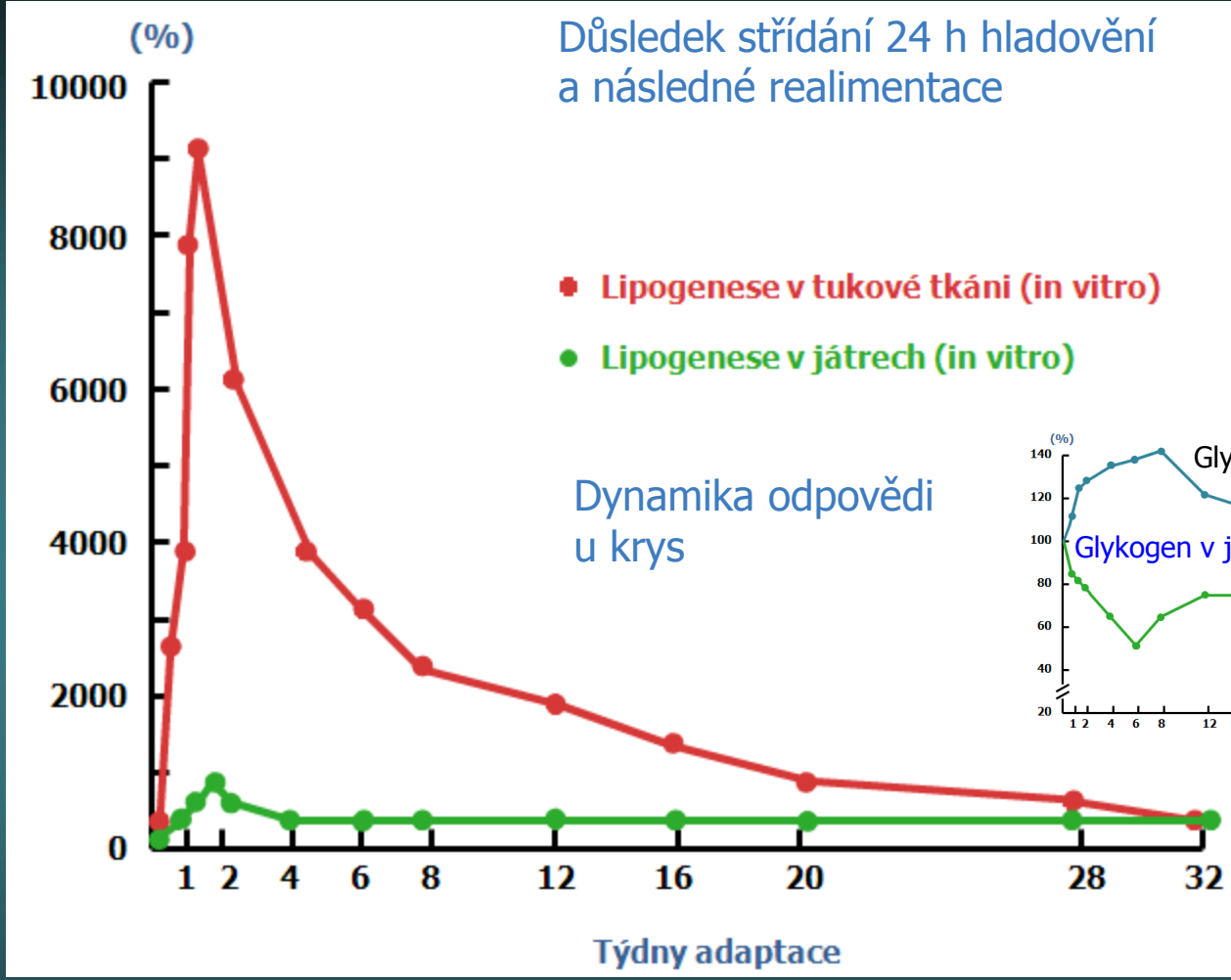
## Důsledky modulace pomocí potravního režimu

IF ?

je nutriční model spočívající ve změně frekvence příjmu potravy.

Významně moduluje metabolismus všech živin (zejména však metab. energetický a lipidový)

Současně významně moduluje růstové vlastnosti tkání



Upraveno podle: **Petrásek R.** et al., 1970



Prof. Šimek

# Vymezení vztahů mezi metabolismem, odolností a regenerací - modely

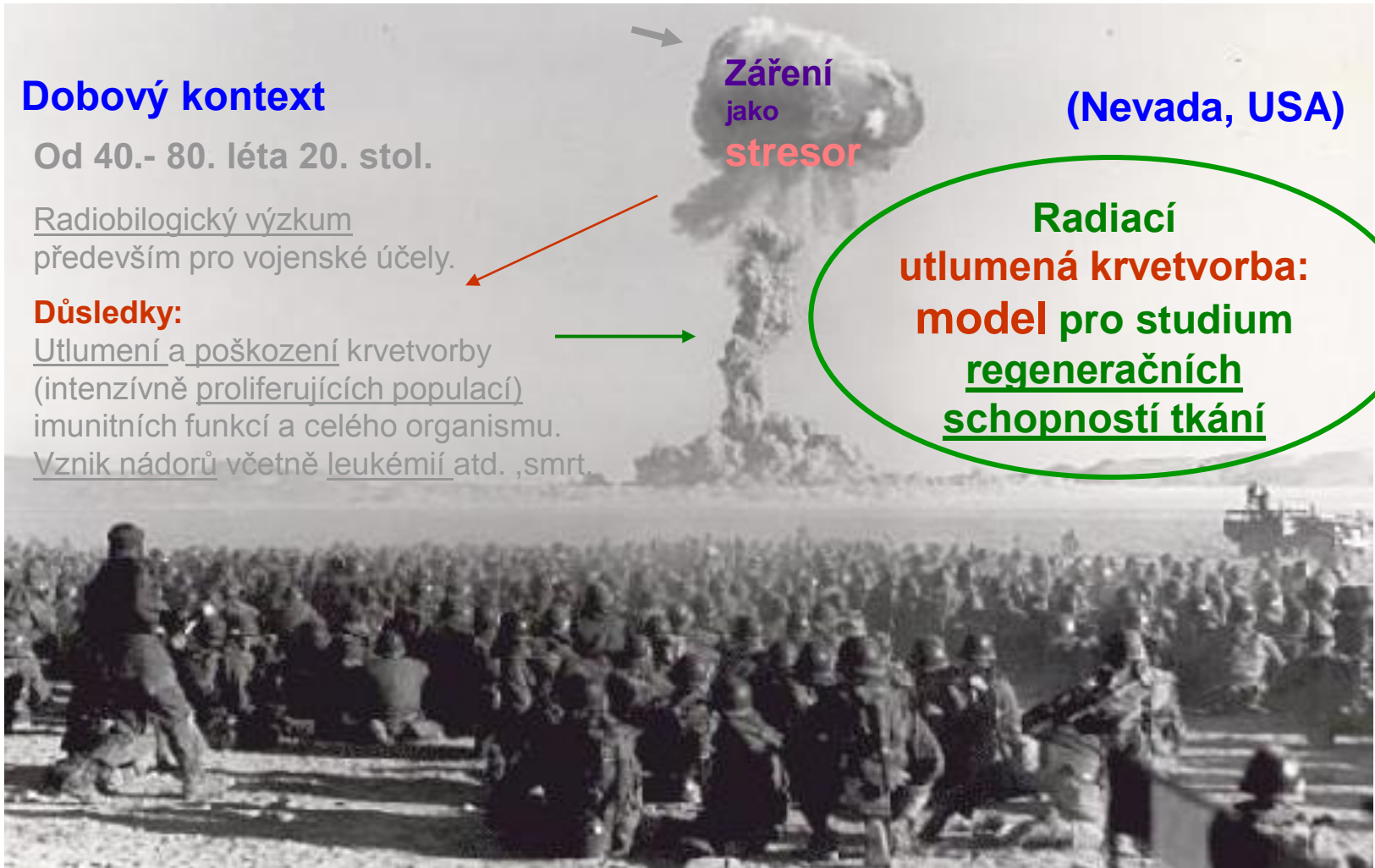
## Dobový kontext

Od 40.- 80. léta 20. stol.

Radiobiologický výzkum  
především pro vojenské účely.

### Důsledky:

- Utlumení a poškození krvinek (intenzívně proliferujících populací) imunitních funkcí a celého organismu.
- Vznik nádorů včetně leukémií atd., smrt.



Záření jako stresor (Nevada, USA)

**Radiaci utlumená krvinek: model pro studium regeneračních schopností tkání**

**Celotělové ozáření → radiační syndrom**

- Průběh nemoci závisí zejména na
  - 1) **dávce** ozáření
  - 2) na druhu a celkové „**kondici**“ organismu.





## Pronikavá radiace jako výrazný rizikový faktor


**L**aboratoř  
cytokinetiky

Biofyzikální ústav AVČR, BRNO



**Jestliže dojde k celotělové expozici organismu ionizujícím zářením, může dojít k rozvoji tzv. nemoci ozáření – manifestaci tzv. **RADIAČNÍHO SYNDROMU**. Jeho průběh závisí na dávce ozáření**

Tabulka 5

ENERGIE A DRUH ZÁŘENÍ	RBÚ
rtg	1
gama 	1
beta (1 MeV)	1
beta (0,1 MeV)	1,08
tepelné neutrony	2 - 5
protony (1 MeV)	8,5
protony (0,1 MeV)	10
rychlé neutrony (1-10 MeV)	10
alfa (5 MeV)	15
alfa (1 MeV)	20

Kataraktogenní účinek různých druhů záření vyjádřený faktory relativní biologické účinnosti (RBÚ)

# Formy nemoci z ozáření (myš)

→ Průběh nemoci závisí zejména na

- 1) dávce ozáření
- 2) na druhu a celkové „kondici“ organismu.

Forma nemoci z ozáření	Dávka	Hlavní oblasti postižení
Dřeňová (má smysl <sup>1</sup> )	0.1- 6 Gy	Kmenové buňky K.D.
Střevní	5 – 10 Gy	Epitely, zejména střeva
Centrálně nervová	100 Gy	viz výše včetně C.N.S.

1) (do 10ti Gy) zvládnutí této formy rozhoduje o přežití organismu

## Pozitiva:

- 1) výsledky uplatnitelné v radioterapii nádorů
- 2) objev kmenové buňky krvetvorby
- 3) radiací utlumená krvetvorba - **model** pro studium reg. schopností savčího org.

# Další východiska vztahující se k problematice

Prof. Milan Pospíšil – oddělení radiosenzitivity BFÚ

Dřívější náhodná pozorování *in vivo* ukázaly, že: zvířata se spontánně vyšší kapacitou lipogeneze a aktivovaným energetickým metabolismem se vyznačují celkově **vyšší radiosenzitivitou !!!!!!!!!!!**

(RQ >1)

## Otázky:

Do jaké míry a jakým způsobem může určitá metabolická orientace jedince

- ovlivnit celkovou zdatnost a **odolnost** vůči pronikavé radiaci ?
- jak lze tyto **vtahy detailněji studovat**, metodicky podchytit ?  
(výsledek: vhodné metodické propojení)

**cíl:** *podrobnější vymezení vztahů mezi*  
specifickou metabolickou orientací a  
chováním obnovných buněčných populací

# Vlastní výsledky u myši

Transplantační a radioizotopové techniky:  
IF jako faktor zvyšující proliferaci K.B.

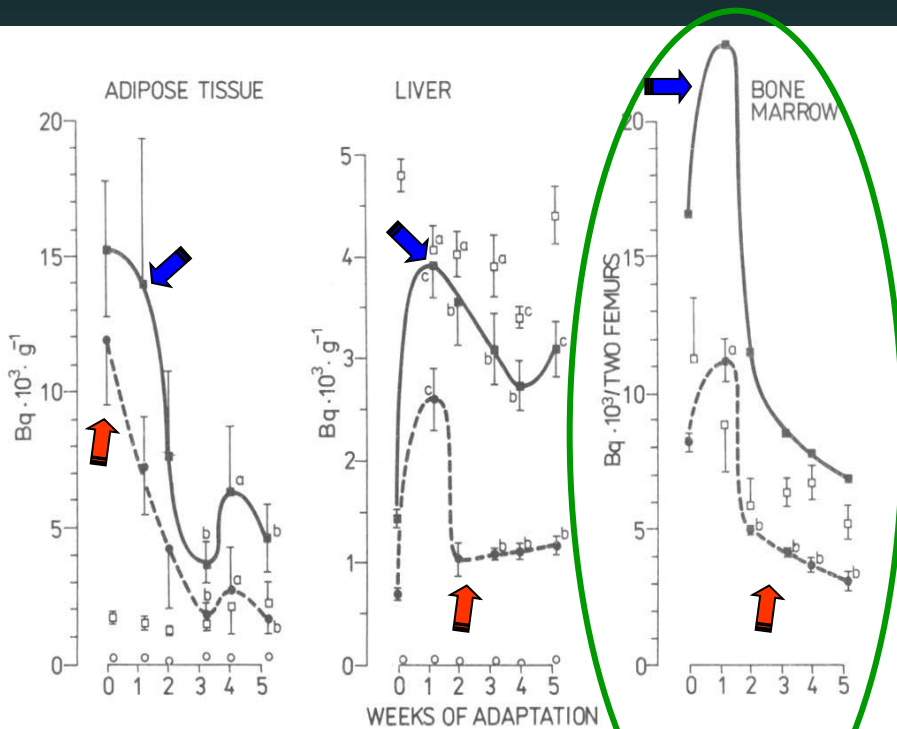


Fig. 1. Incorporation of  $U^{14}C$ -glucose into total lipids (■) and total fatty acids (●) in reallimented and fasted mice (open symbols) in the adipose tissue, liver and bone marrow of control (interval "0") and 1—5 weeks adapted animals. *a*:  $p < 0.05$ , *b*:  $p < 0.01$ , *c*:  $p < 0.001$  as compared with control values.

neozářené

ozářené

Kozubík A., et al.: Gen. Physiol. Biophys. 7, 293-302, 1988

IF x Model r. utlumené hemopoézy:  
Detailnější vymezení vztahů

RQ > 1

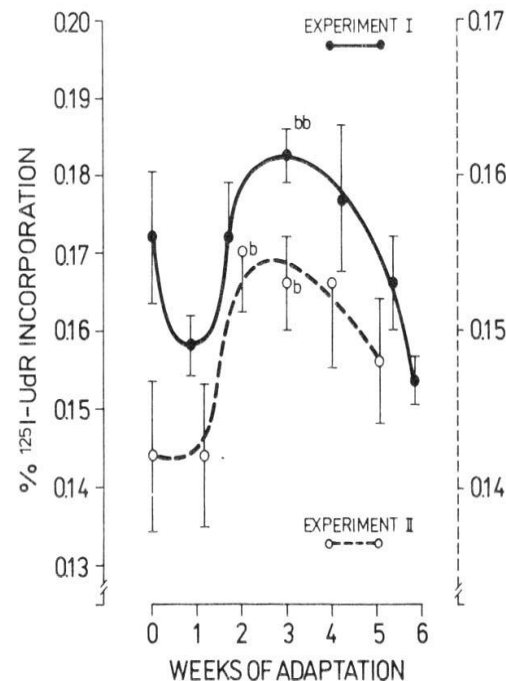
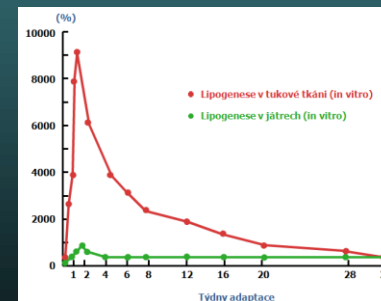


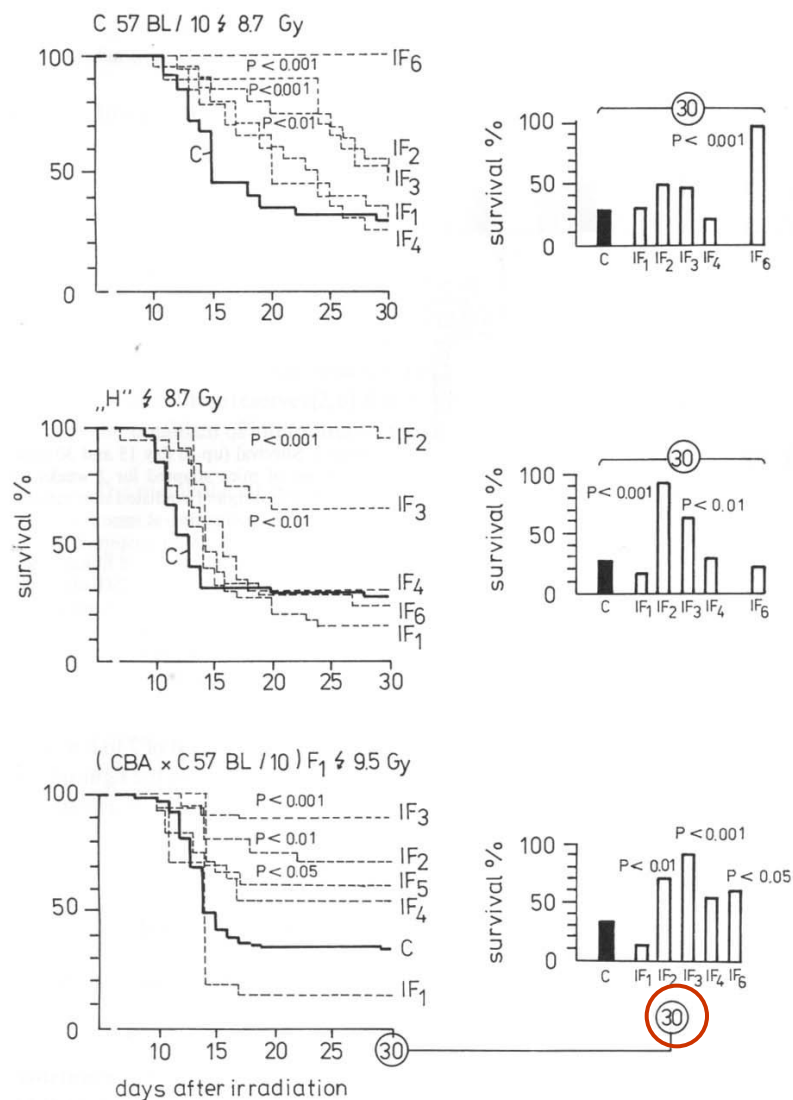
Fig. 2. Incorporation of  $^{125}I$ -UdR into DNA synthesising bone marrow cells of control (interval "0") and 1—6 weeks adapted mice measured on day 10 after sublethal (5 Gy) whole-body irradiation; two independent experiments. *b*:  $p < 0.01$  vs. control animals (experiment II); *bb*:  $p < 0.01$  vs. animals adapted for 1 week to intermittent feeding (experiment I).



upraveno podle: Petrásek R. et al., 1970

# Přežívání C a IF myši po ozáření

(3 kmeny)

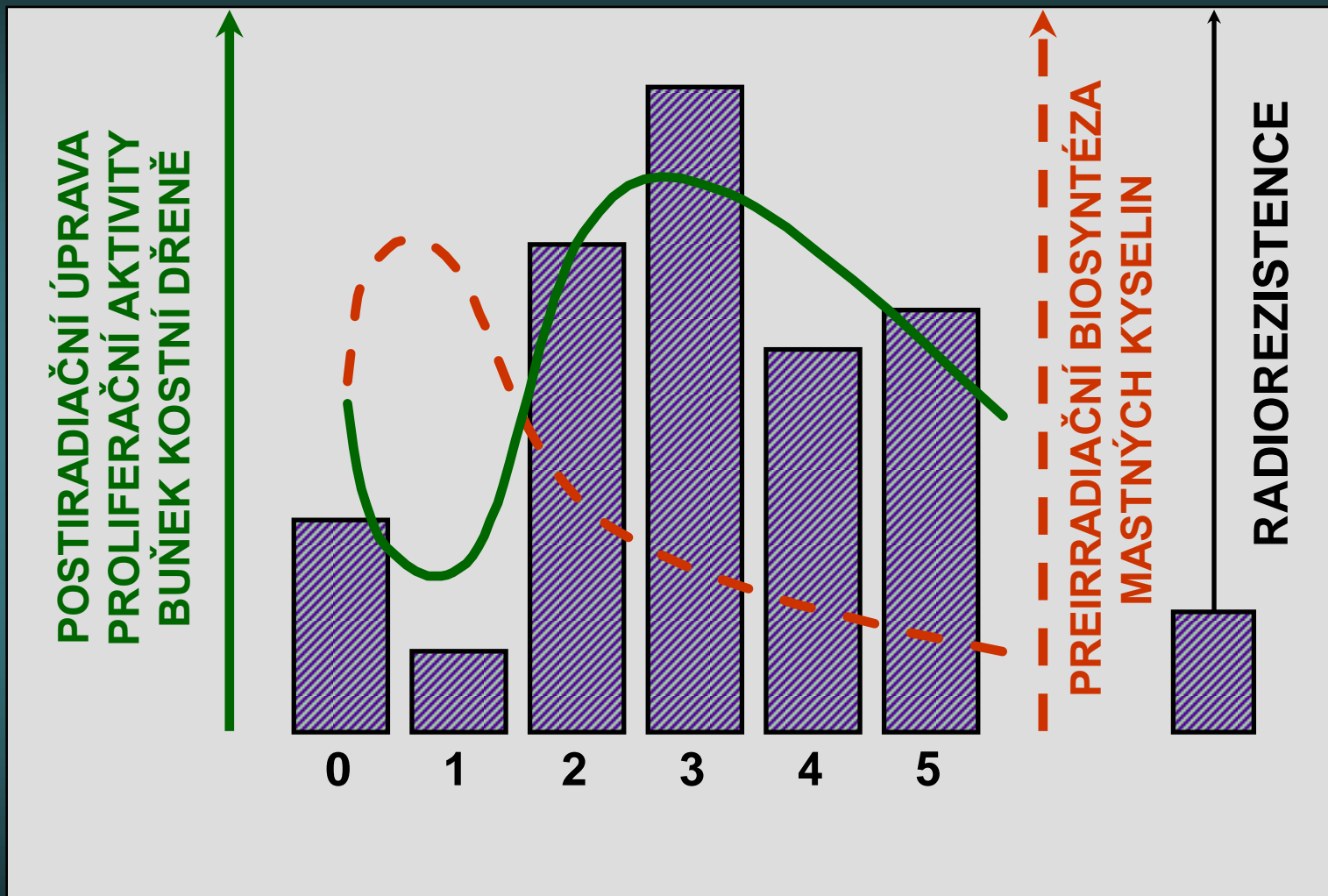


Dynamika vyjadřující  
vliv délky adaptace  
na celkové radiorezistenci  
ke 30. dni po ozáření

Figure 1. Influence of the extent of intermittent feeding regimen on the survival of mice irradiated after 24 h realimentation. C = controls, IF<sub>1</sub> - IF<sub>6</sub> = animals adapted to intermittent fasting for a period of 1 to 6 weeks. 20 to 40 animals per group were used. The informations on statistical significance refer to differences between control and experimental groups.

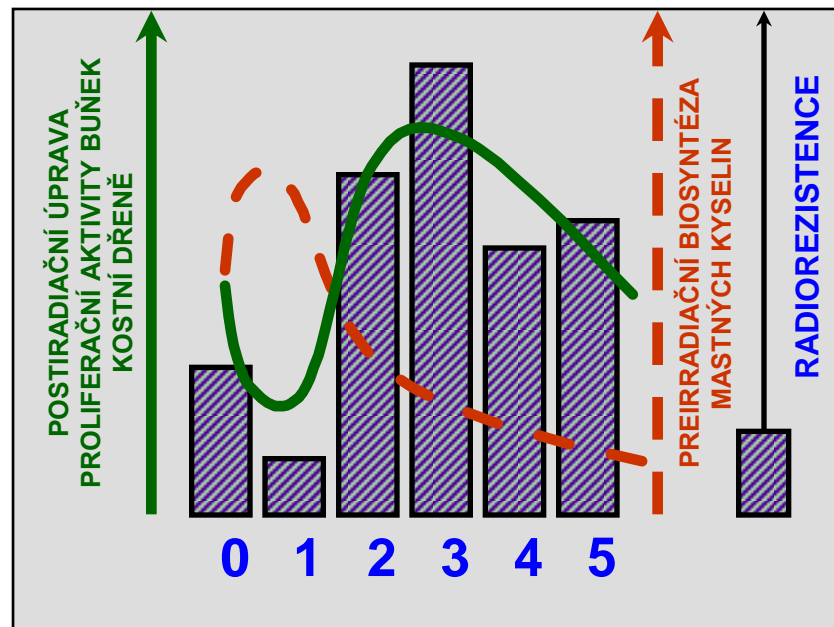
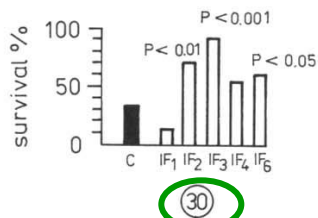
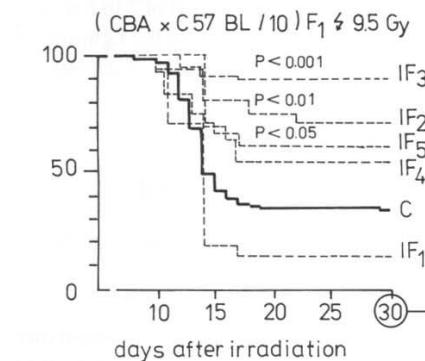
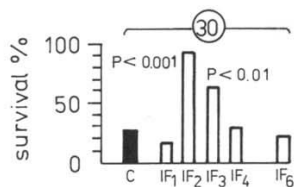
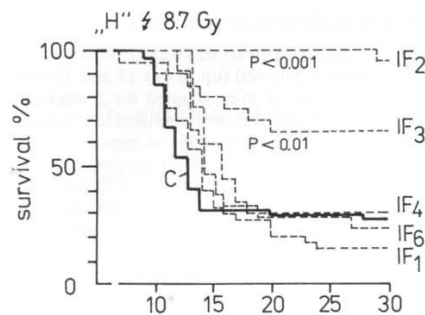
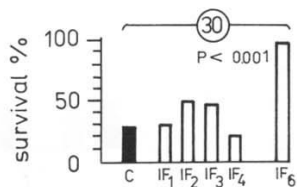
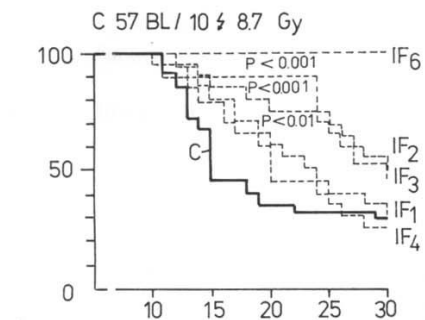
# Dílčí shrnutí:

IF ovlivňuje lipidový metabolismus, proliferaci b. krvetvorby a odolnost





# Přežívání po ozáření (3 kmeny C a IF myši)

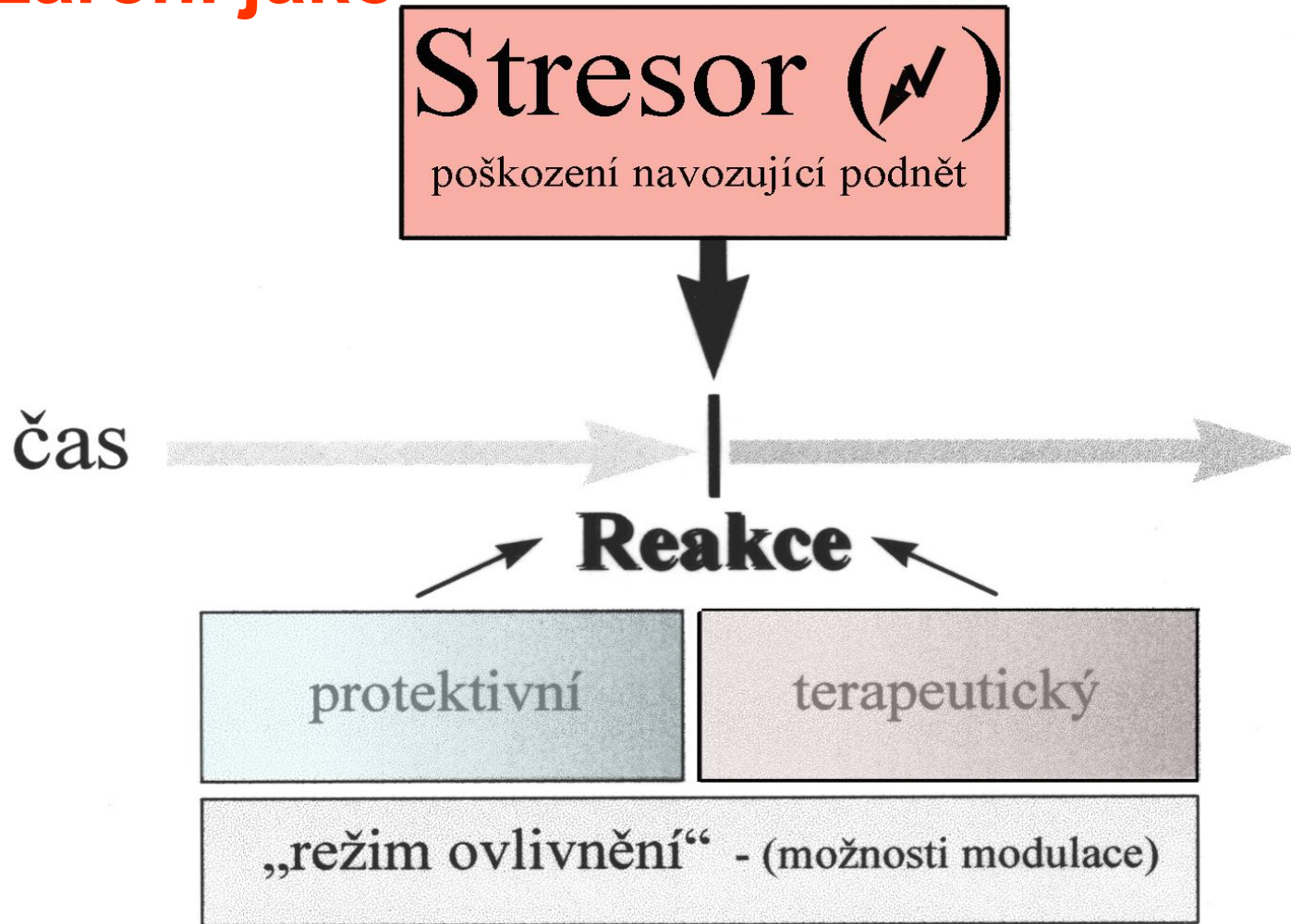


Stejná potrava (přístup nepřetržitě/nárazově)

**IF - faktor** ovlivňující  
lipidový metabolismus,  
proliferaci buněk,  
odolnost organismu  
(zhoršení/ zlepšení)

**Vliv délky adaptace na celkovou radiorezistenci ke 30. dni po ozáření**

# Záření jako



## Rychlá metabolická odpověď na akutní stres

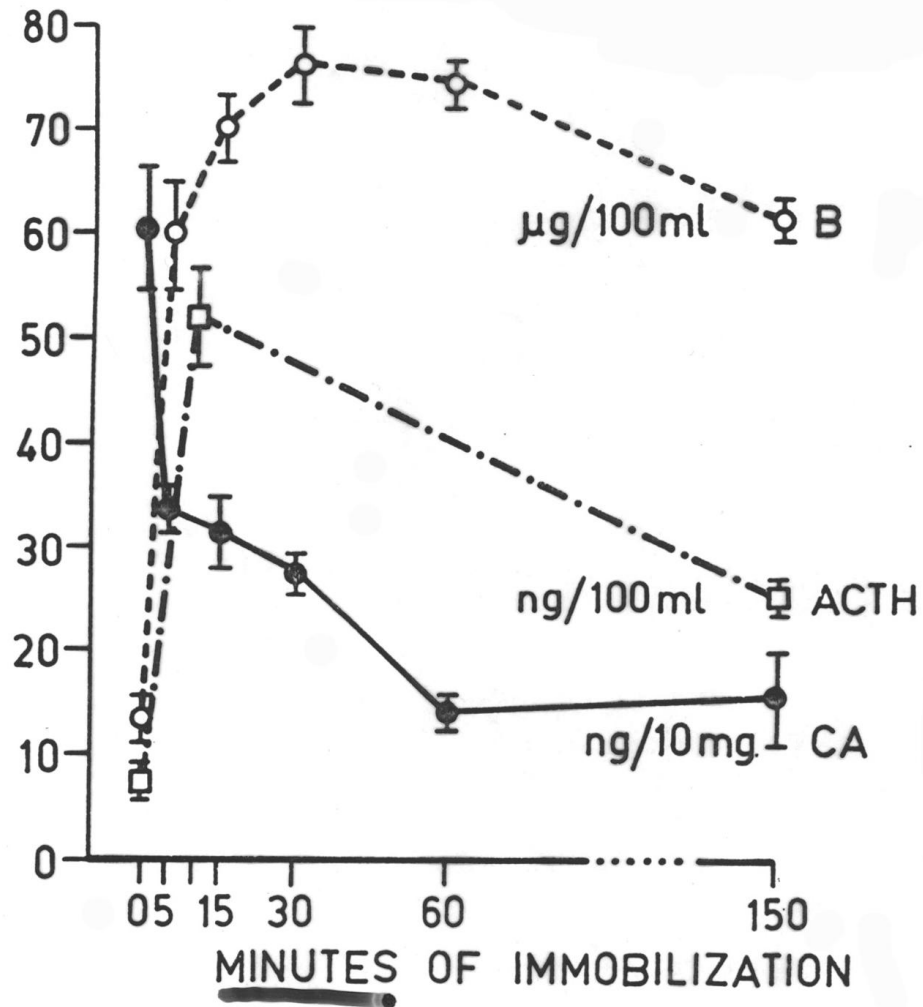
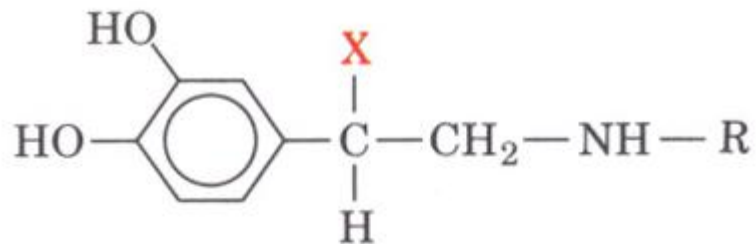


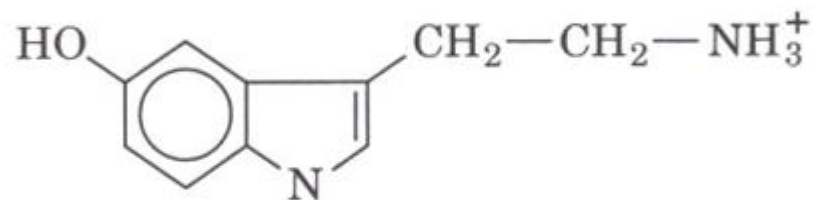
Fig.1. Effect of the first immobilization on hypothalamic catecholamine concentration (CA) and plasma ACTH and corticosterone ( B ) levels.



$\text{X} = \text{OH}, \quad \text{R} = \text{CH}_3$  adrenalin

$\text{X} = \text{OH}, \quad \text{R} = \text{H}$  noradrenalin

$\text{X} = \text{H}, \quad \text{R} = \text{H}$  dopamin

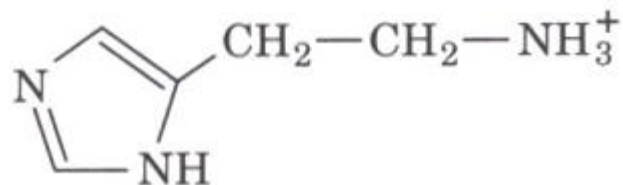


serotonin

(5-hydroxytryptamin)



4-aminomáselná kyselina (GABA)



histamin

# GLYKOLÝZA



glukosa

$2\text{ADP} + 2\text{P}_i$

$2\text{NAD}^+$

fruktosa-1,6-  
bisfosfát

$2\text{ATP}$

$2\text{NADH}$

2 pyruvát

anaerobní  
mléčné  
kvašení

aerobní  
oxidace

anaerobní  
alkoholové  
kvašení

CITRÁTOVÝ  
CYKLUS

$2\text{NADH}$

$6\text{O}_2$

oxidační  
fosforylace

$2\text{NADH}$

$2\text{NADH}$

$2\text{NAD}^+$

$2\text{NAD}^+$

$2\text{NAD}^+$

2 laktát

$6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$

$2\text{CO}_2 + 2\text{ethanol}$

Glykolýza přeměňuje glukosu na pyruvát při současné tvorbě dvou molekul ATP. Za anaerobních podmínek probíhá další degradace pyruvátu jako alkoholové kvašení u kvasinek nebo redukce na mléčnou kyselinu ve svalu. Za anaerobních podmínek je pyruvát oxidován na vodu a oxid uhličitý přes citrátový cyklus a oxidační fosforylaci.

# Koncepce stresu: klasické pojetí (H. Selye)

4 stadia

Metabolické důsledky kortikoidů a katecholaminů

## Adaptace na stres

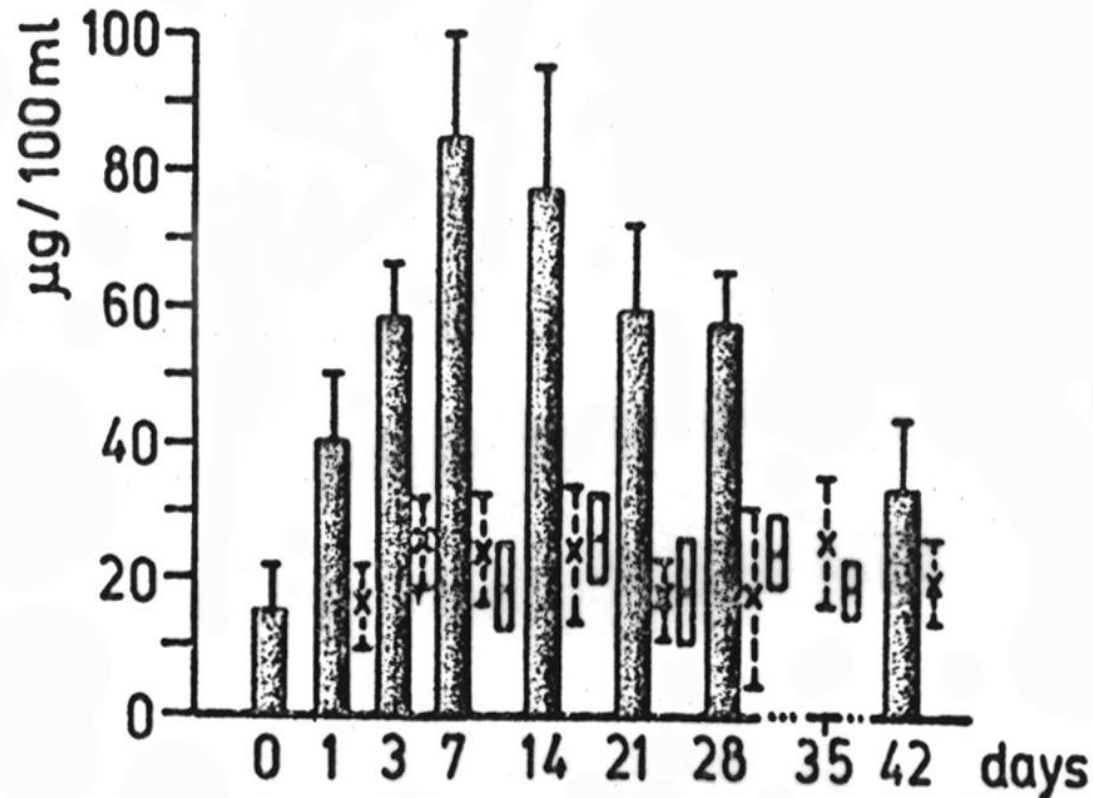


Fig. 3. Corticosterone in plasma of rats during the 42 days repeated 150 min daily immobilization stress ( $\pm$ SD). --x-- = Values in rats killed without immobilization on the given day. == Controls, nonstressed rats.

# Some signaling molecules that bind to nuclear receptors

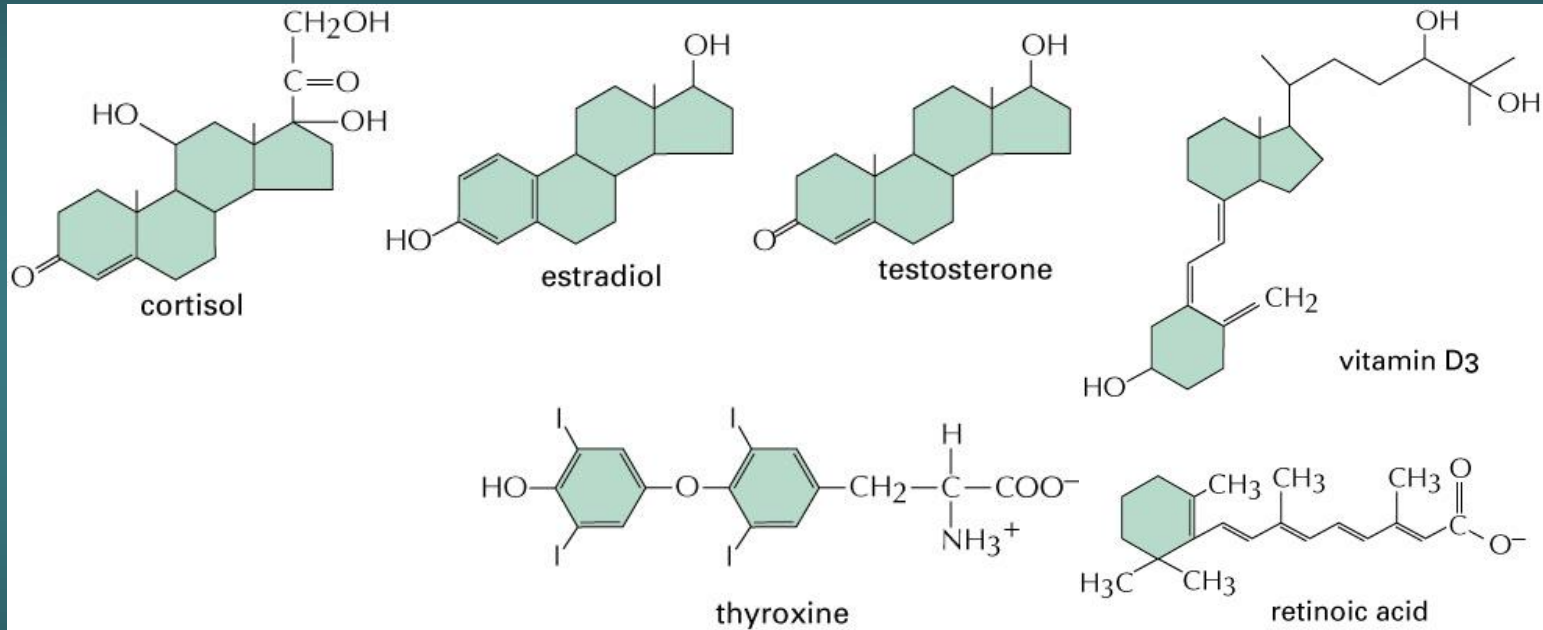
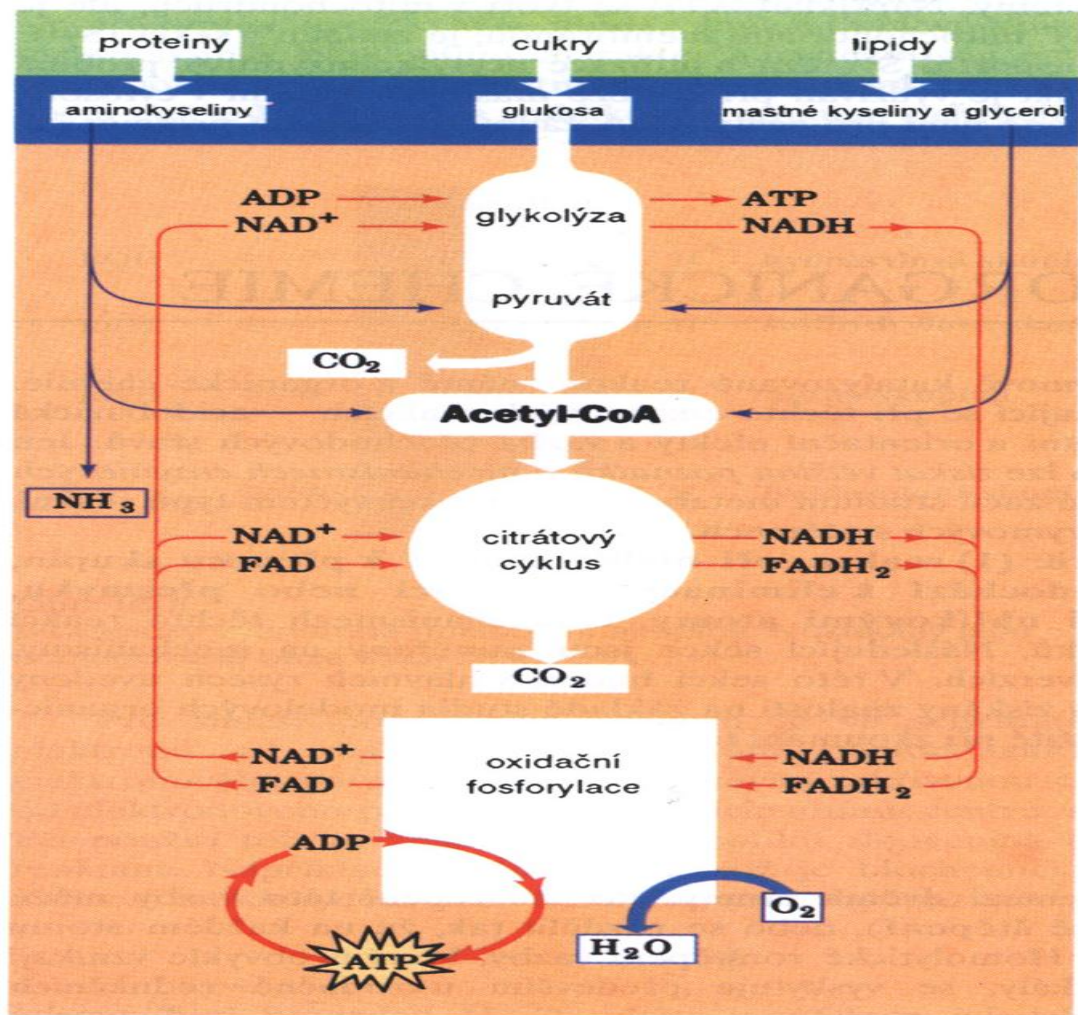


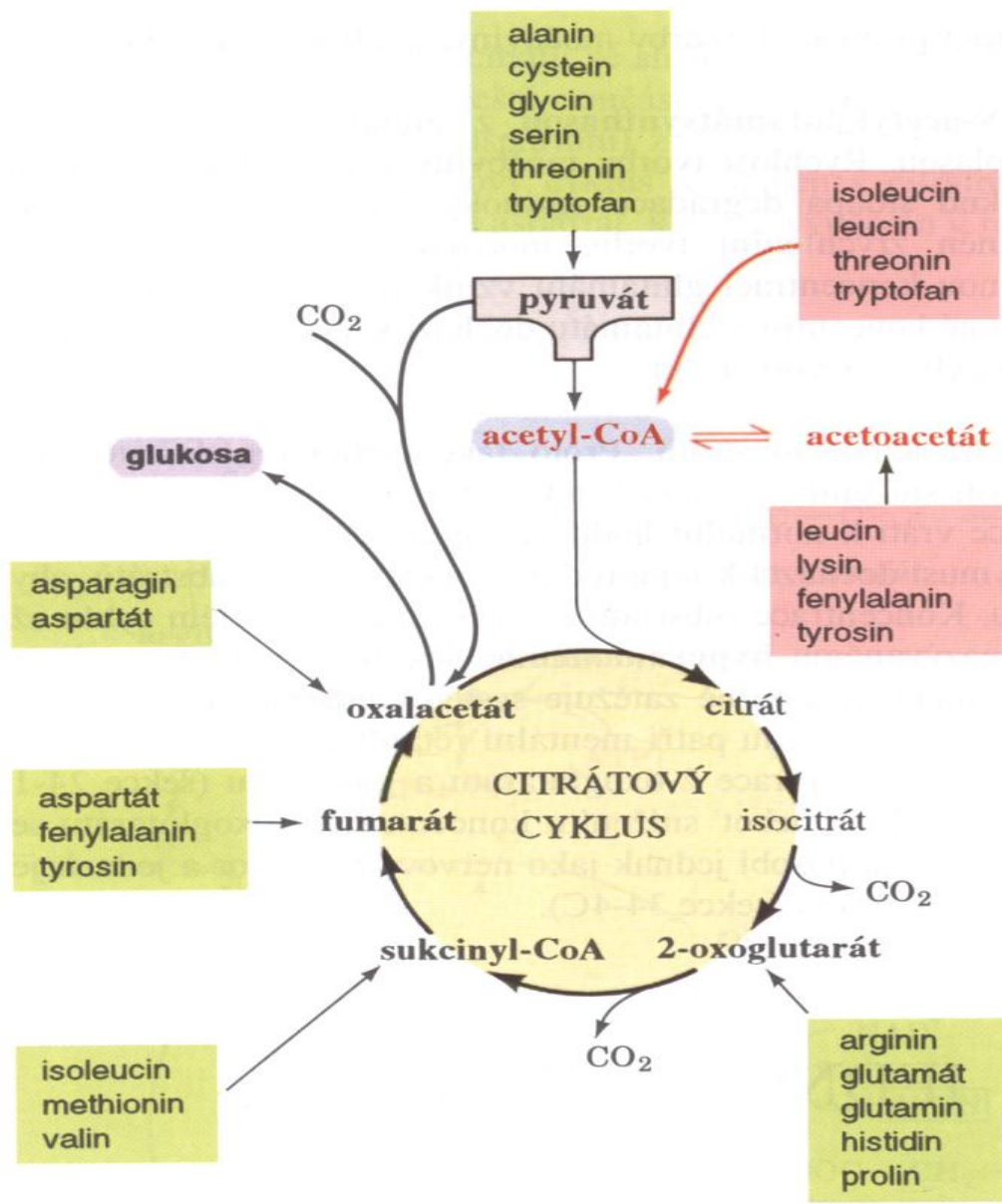
Figure 15-12 part 1 of 2. Molecular Biology of the Cell, 4th Edition.





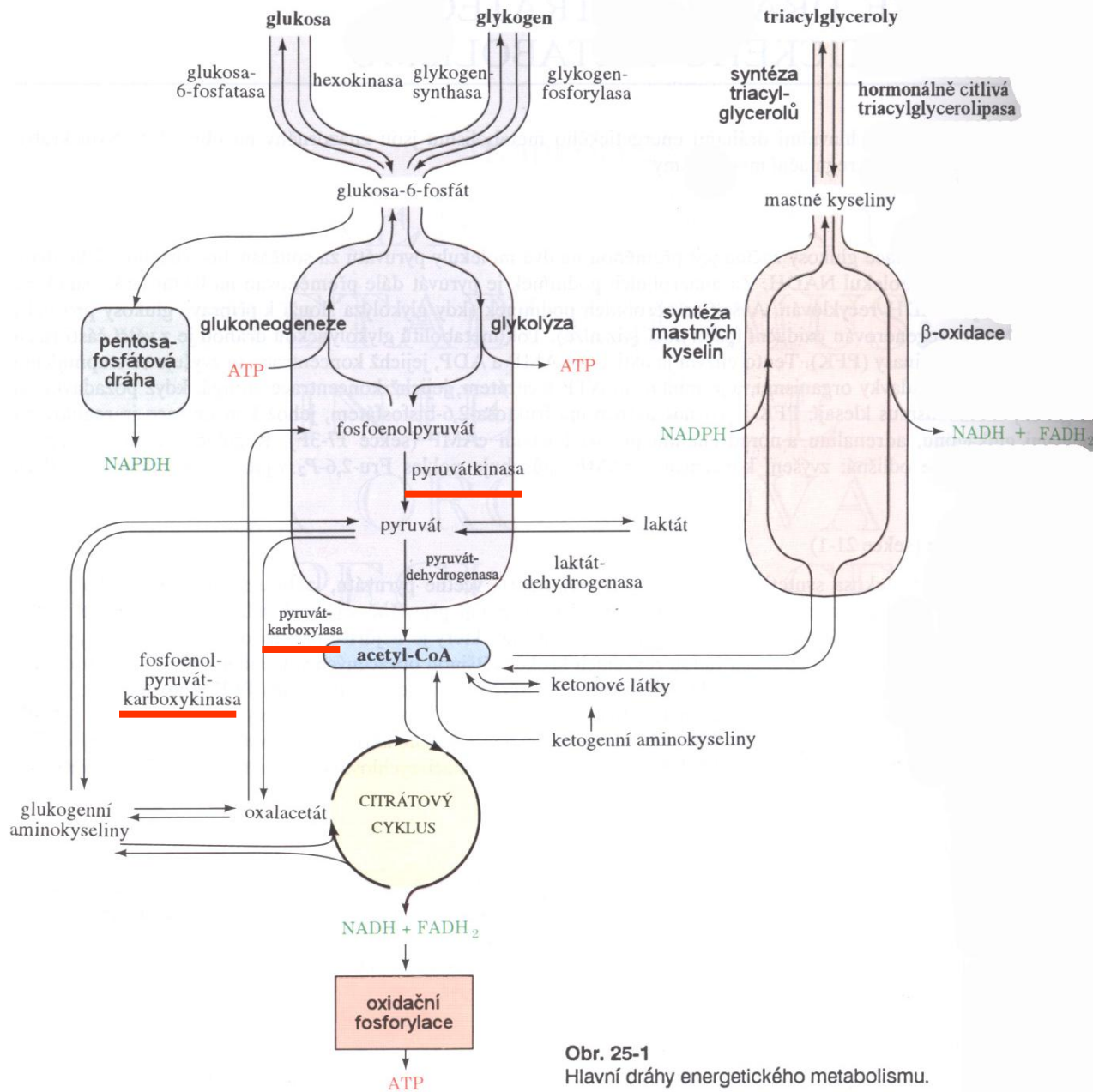
**Obr. 15-3**

Složité metabolity, jako jsou sacharidy, lipidy a proteiny, jsou nejprve degradovány na své monomerní jednotky, hlavně glukosu, mastné kyseliny a aminokyseliny, a dále na společný meziprodukt – acetyl-CoA. Acetylová skupina je poté oxidována kyslíkem na oxid uhličitý přes citrátový cyklus za současné redukce  $\text{NAD}^+$  a  $\text{FAD}$ . Reoxidace těchto koenzymů přes řetězec přenosu elektronů a oxidační fosforylaci vede ke vzniku vody a ATP.



Obr. 24-8

Aminokyseliny jsou degradovány na jeden ze sedmi obecných meziproductů. Glukogenní degradace je vyznačena zeleně, ketogenní červeně.



Obr. 25-1  
Hlavní dráhy energetického metabolismu.

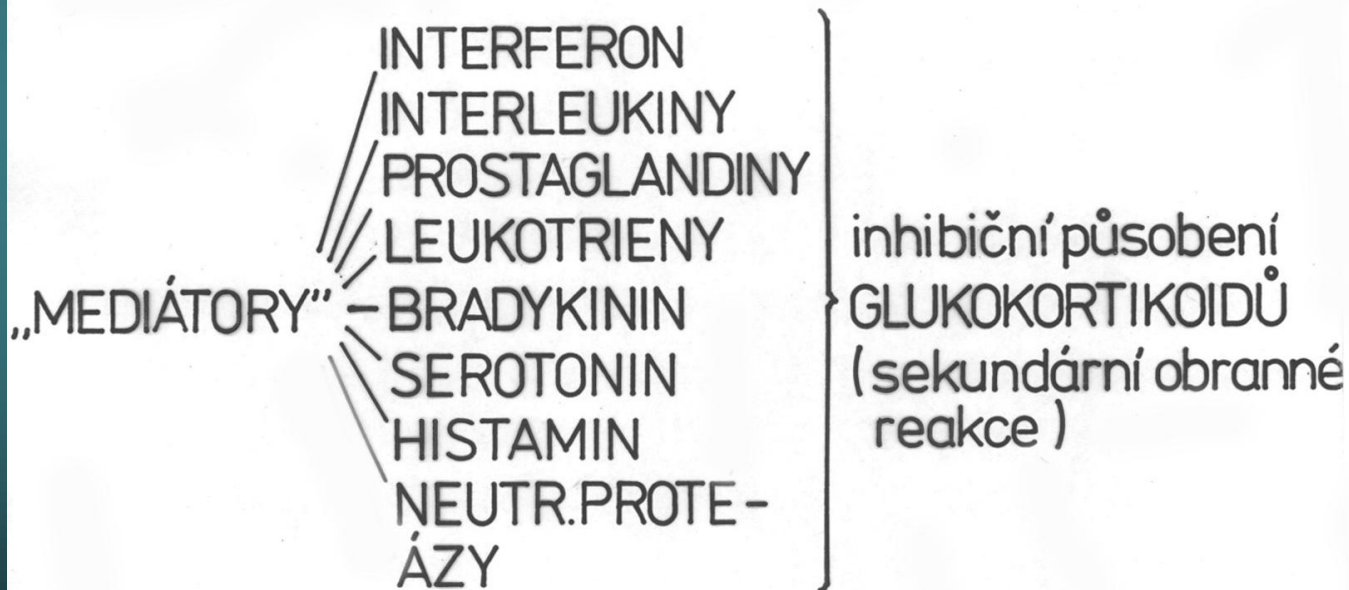
**Koncepce stresu:**

**Nové pojetí (Munck, Pospíšil)**

# STRES



poškození tkání - zánět  
( primární obranná reakce )



## NOVÁ : STARÁ KONCEPCE

- NESPORNÉ 1. METABOLICKÉ EFEKTY  
2. PROTIZÁNĚTLIVÉ PŮSOBENÍ "B"

