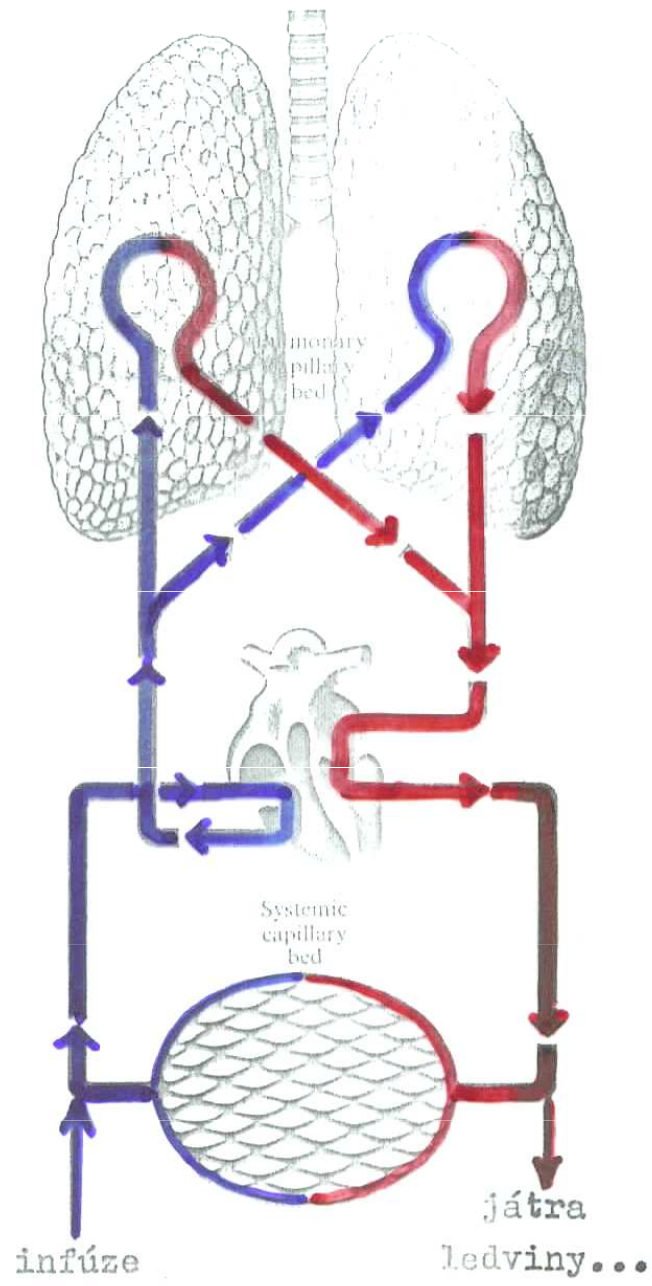


# PARENTERÁLNÍ VÝŽIVA

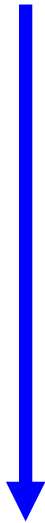
© Biochemický ústav LF MU (V.P.) 2012



~~množství~~

vs.

metabolická dostupnost  
(využitelnost)



- ztráta podaných látek
- metabolické komplikace



limity:

- normální stav
- nemoc

(rychlost podávání,  
denní množství,  
koncentrace,  
vzájemné poměry,  
.....)

## K<sup>+</sup> - limity v infúziích :

ne více než:

40 mmol K<sup>+</sup> / l

a 20 mmol K<sup>+</sup> / h

## Základní energetický výdej (Harris-Benedict, 1919)

$$\begin{aligned} \text{ZEV} = & \text{konstanta}_1 + \text{konstanta}_2 * \text{hmotnost (kg)} \\ & + \text{konstanta}_3 * \text{výška (cm)} \\ & - \text{konstanta}_4 * \text{věk (roky)} \end{aligned}$$

Konstanty jsou různé pro muže a ženu,  
s přibývajícím věkem se energetický výdej snižuje (-) !

Základní energetický výdej (ZEV) = bazální metabolismus (BM)  
Basal energy expenditure (BEE) = basal metabolic rate (BMR)

# Bazální metabolismus (BM) :

= základní energetický výdej (ZEV)

energetický součet reakcí, uvolňujících energii

bdělý stav (spící → spotřeba energie < BM)

nikoliv aktivita: fyzická (násobení faktorem aktivity: 1,2 ... 1,3)

trávicí („specificko-dynamický účinek bílkovin“:  
1 mol urey → 3 mol ATP)

emocionální

$$\mathbf{BM \text{ (kJ/d)} = \text{hmotnost (kg)} * 100}$$

$$50 \text{ kg} \rightarrow 5.000 \text{ kJ} = 5 \text{ MJ}$$

$$70 \text{ kg} \rightarrow 7.000 \text{ kJ} = 7 \text{ MJ}$$

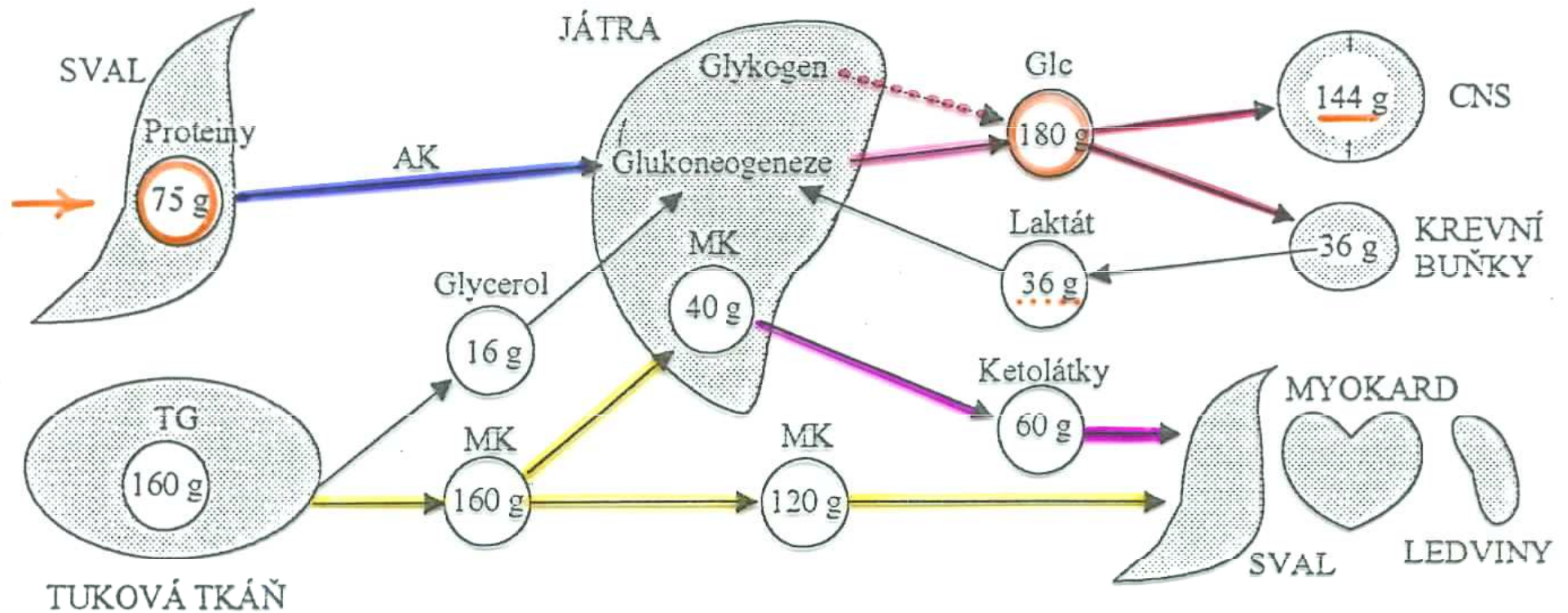
# Bazální metabolismus (BM) :

$$\text{BM (kJ/d)} = \text{hmotnost (kg)} * 100$$

- vzestup tělesné teploty o 1°C → + 15 % BM
- faktor aktivity: upoután na lůžko → 1,2  
neupoután na lůžko → 1,3
- trauma faktor: malá chirurgie → 1,2  
závažný výkon → 1,35  
sepsy → 1,6  
těžké popáleniny → 2,1

# Hladovění :

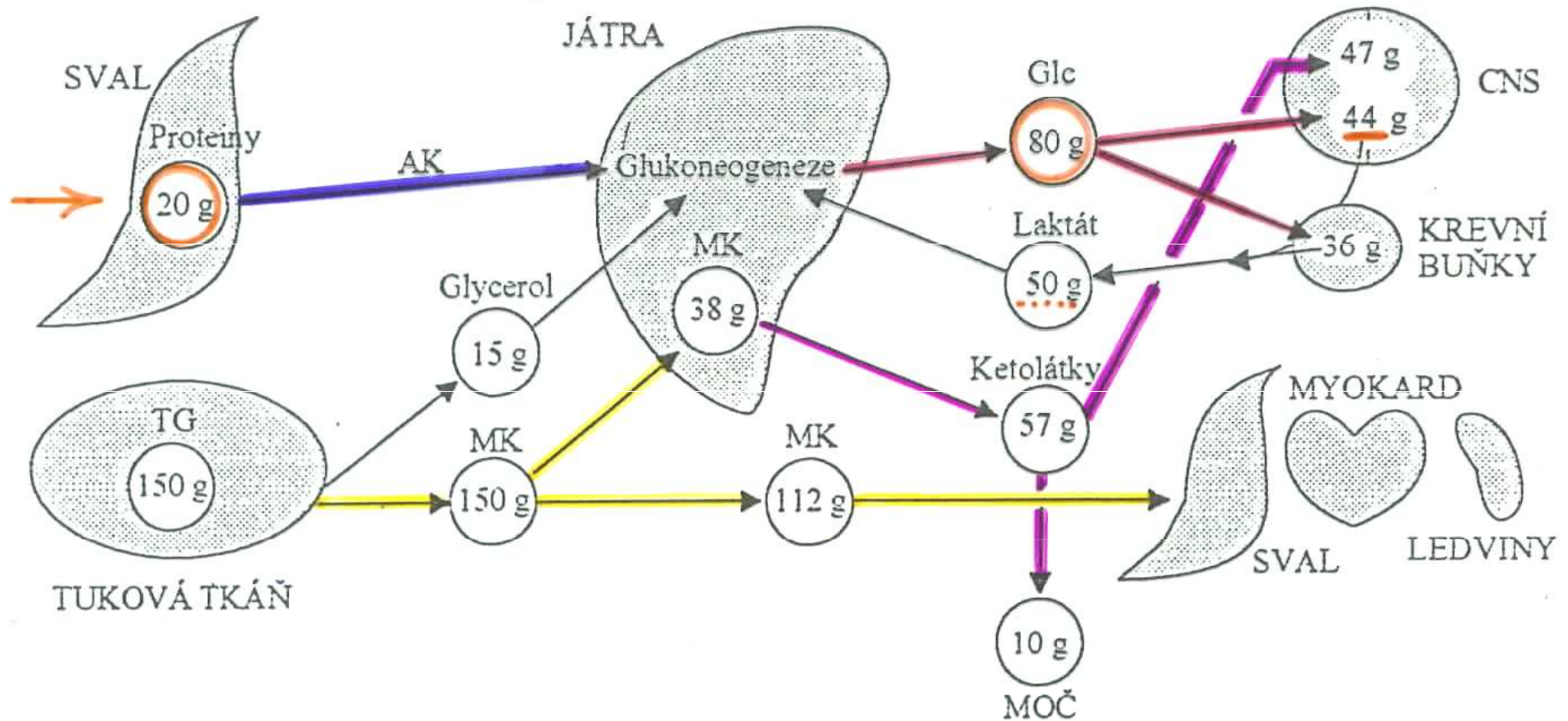
a) krátkodobé (12 h - 3 dny)





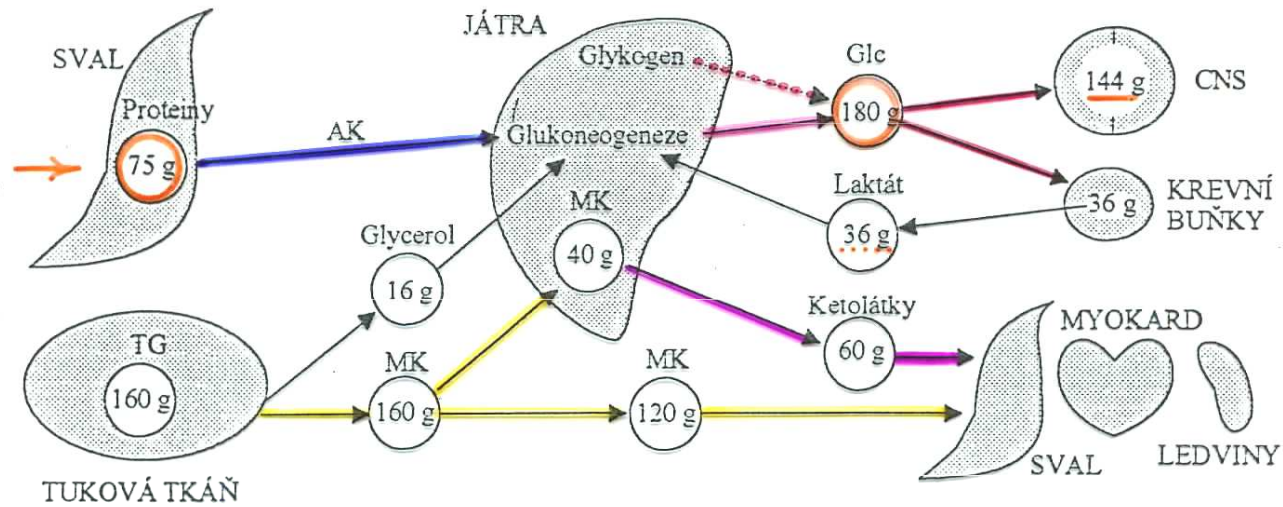
# Hladovění :

b) dlouhodobé (5 - 6 týdnů)

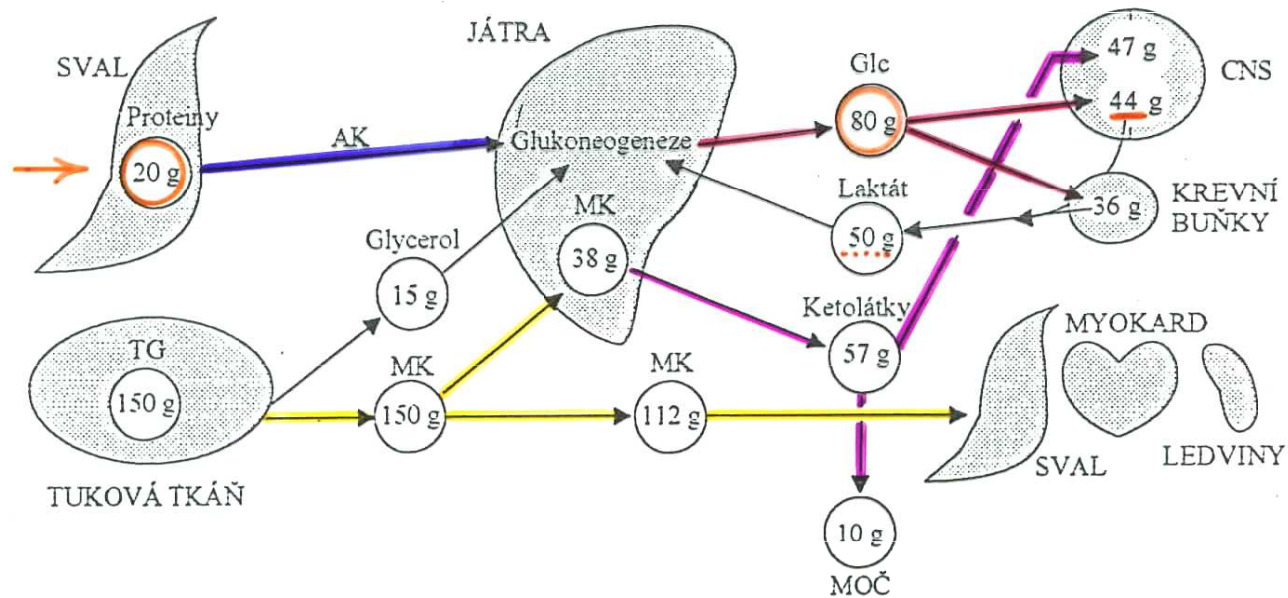


## Hlavní rysy metabolismu za hladovění (údaje v g/den)

a) krátkodobé (12 h - 3 dny)



b) dlouhodobé (5 - 6 týdnů)



## Cukr a tuk:

- 1/ glukosa je (aerobně) metabolizována na acetyl-CoA. Jeho nadbytek, neodbouraný v Krebsově cyklu, může být přeměněn na mastné kyseliny (ev. na cholesterol) a ty zabudovány do triacylglycerolů. Z cukru vzniká tuk.
- 2/ mastné kyseliny z triacylglycerolů skýtají acetyl-CoA. Ten (kromě tvorby ketolátek v játrech a syntézy cholesterolu) nemůže být metabolizován jinak než v Krebsově cyklu, kde však je zcela odbourán za vzniku CO<sub>2</sub>, redukovaných koenzymů („redukčních ekvivalentů“) a energie. Z tuku tedy nelze cukr vytvořit.
- 3/ pro tvorbu glukosy v kritických stavech má proto zásadní význam katabolismus bílkovin, poskytující glukogenní aminokyseliny.

## Využitelná energie :

1 g cukru → 17 kJ (4,1 kcal)

1 g aminokyselin → 17 kJ (4,1 kcal)

1 g tuku → 37 - 39 kJ (do 9,3 kcal)

závislost na délce řetězce  
mastných kyselin

## Obvyklá výživa :

|               | kJ / g  | energie / d | minimum   |
|---------------|---------|-------------|-----------|
| proteiny (AA) | ~ 17    | ~ 20 %      | 30 g / d  |
| cukry         | ~ 17    | ~ 50 %      | 150 g / d |
| lipidy (tuk)  | ~ 37-39 | ~ 30 %      | 35 g / d  |

AA = aminokyseliny

## Zjednodušení údajů o obsahu energie :

|          | M (g / mol) | kJ / g     |
|----------|-------------|------------|
| Glu, Fru | 180,16      | } ~ „17“ ! |
| So       | 182,17      |            |
| Xy       | 152,15      |            |

So = sorbitol = glucitol

Xy = xylitol

So + Xy jsou polyoly, cukerné alkoholy

## Bílkovina a dusík :

**průměrná bílkovina**  $\longrightarrow$  **16 % dusíku**  
(nebo průměrná kombinace AA)

16 % = 16 / 100  $\rightarrow$  převrácená hodnota : 100 / 16 = 6,25

**g N**  $\xrightarrow{6,25}$  **g AA (bílkovina)**

AA = aminokyseliny

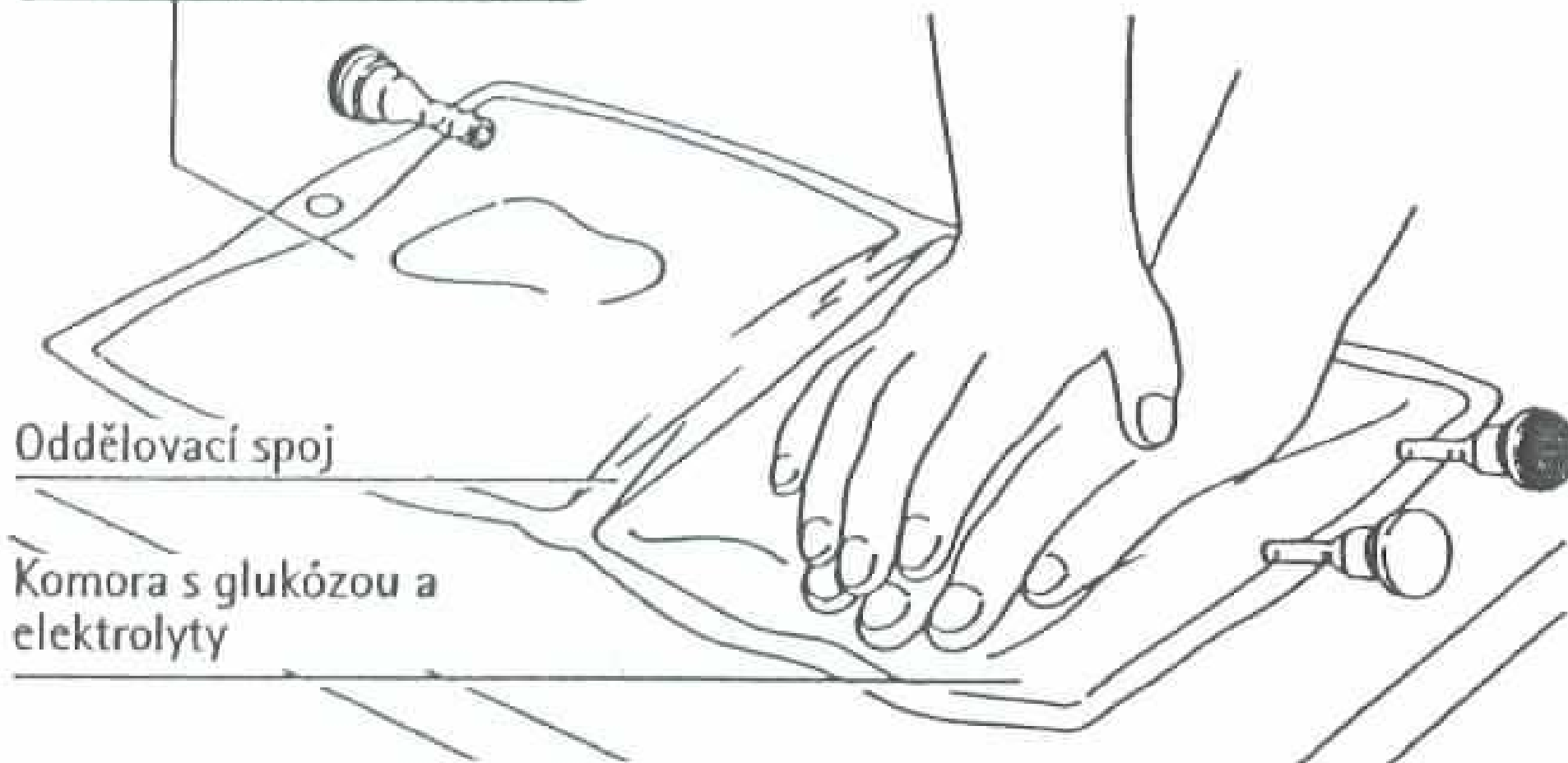
g = gram

N = dusík

S

# „all-in-one“

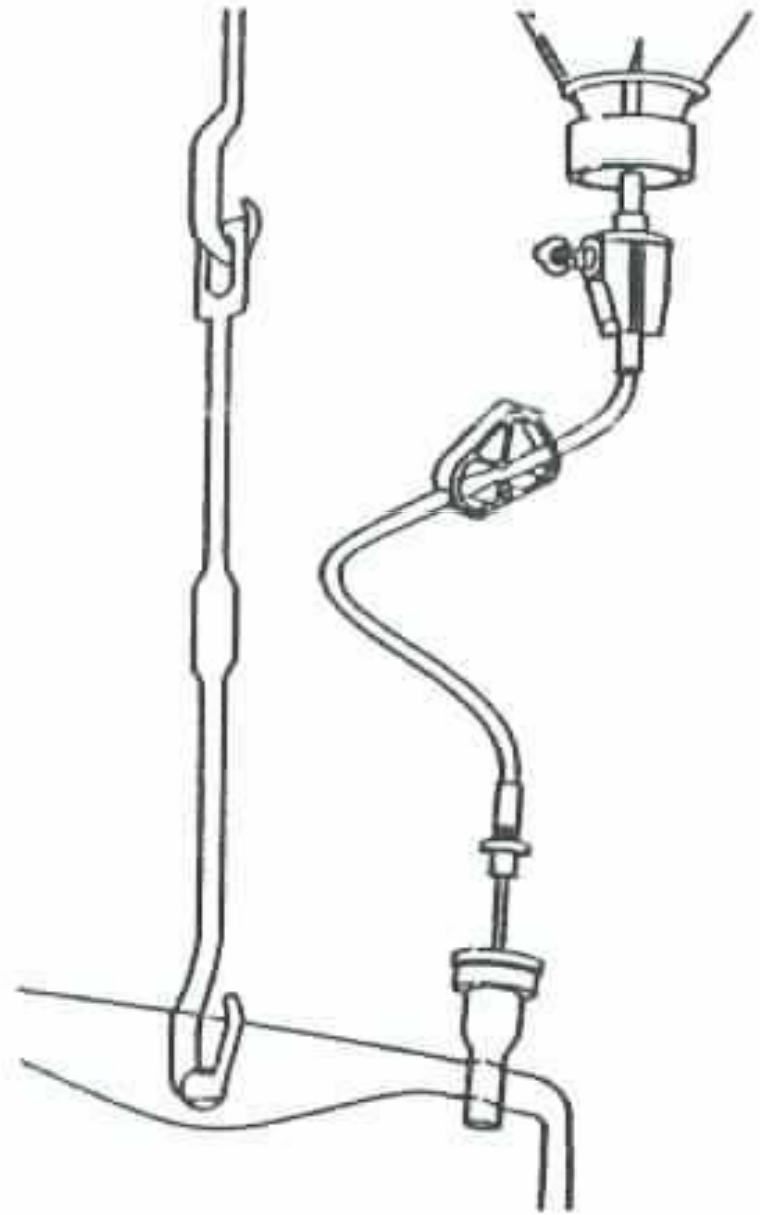
Komora s aminokyselinami  
a elektrolyty



Oddělovací spoj

Komora s glukózou a  
elektrolyty





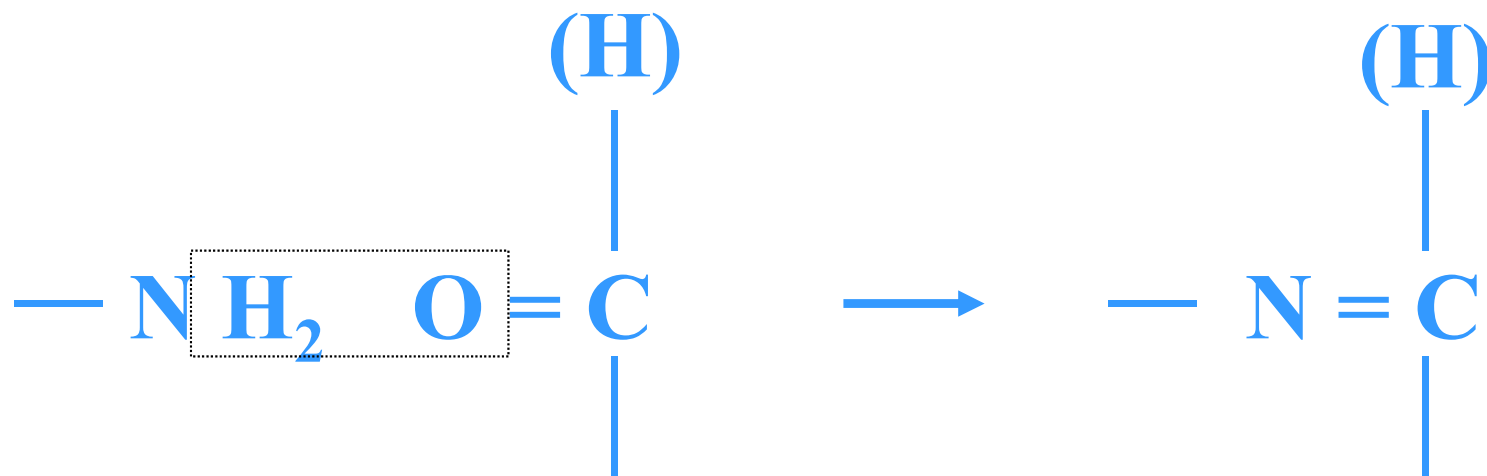


## Maillardova reakce :

aminokyselina + cukr



aldimin



Aminoskupina  $\text{—NH}_2$  z aminokyselin reaguje s karbonylovou skupinou cukrů za vzniku aldiminu, tj. „Schiffovy báze“.

Roztoky aminokyselin proto nesmí být sterilizovány ve směsi s cukry - místo cukrů jsou obvykle používány polyoly (= cukerné alkoholy) sorbitol (=glucitol) a xylitol ( $\rightarrow$  infúze značeny „SX“)

## Wretlindovo schéma parenterální výživy :

Při totální parenterální výživě podáváme  
na 1 kg tělesné hmotnosti a den  
(za „normálního“ metabolismu):

30 ml vody  
120 kJ energie :            4 g cukrů  
   1 g tuku  
do 1 g AA

Běžný **přisun iontů** lze (podle „Parenterální výživy – guidelines ...“) uvést následovně:

|   |                  |            |             |
|---|------------------|------------|-------------|
| <u>na 1 kg tělesné hmotnosti a den:</u> | Na <sup>+</sup>  | 1 – 2      | <u>mmol</u> |
|   | K <sup>+</sup>   | 1 – 1,5    | <u>mmol</u> |
|   | fosfát           | 0,2 – 0,5  | <u>mmol</u> |
|   | Mg <sup>2+</sup> | 0,1 – 0,2  | <u>mmol</u> |
|   | Ca <sup>2+</sup> | 0,05 – 0,1 | <u>mmol</u> |

Z toho je k zapamatování pouze potřeba přibližně 1 mmol Na<sup>+</sup> a 1 mmol K<sup>+</sup> na kg tělesné hmotnosti a den (mmol . kg<sup>-1</sup> . d<sup>-1</sup>) a skutečnost, že podání ostatních iontů (s výjimkou Cl<sup>-</sup>) se řádově pohybuje jen v desetinách mmol . kg<sup>-1</sup> . d<sup>-1</sup>.

Potřebu chloridů (**Cl<sup>-</sup>**) obvykle považujeme za zcela shodnou s potřebou Na<sup>+</sup>, tj. zjednodušeně 1 mmol . kg<sup>-1</sup> . d<sup>-1</sup>. Vápník je nutno podávat nemocným, kteří jsou rehabilitováni a nebo u nichž je podávána parenterální výživa dlouhodobě. (Během krátkodobé výživy není nutno vápník podávat).



# Časové uspořádání parenterální výživy :

- ~ od 3. dne: vitamíny rozpustné ve vodě
- ~ od 10. dne: tukové emulze
- ~ od 14. dne: vitamíny rozpustné v tucích  
+ stopové prvky

# Roztok „stopové prvky“ :

Rp.

|  |         |
|--|---------|
| ZnCl <sub>2</sub>                      | 0,124   |
| CuSO <sub>4</sub> • 5 H <sub>2</sub> O | 0,120   |
| MnSO <sub>4</sub> • 1 H <sub>2</sub> O | 0,040   |
| NaI                                    | 0,004   |
| solutionis physiologicae<br>(F1/1)     | ad 90,0 |

M. f. sol.

Divide in lagenas No IX (novem).

Sterilizetur !

S. Stopové prvky

3 ml / den do infúze  
(obvykle od 14. dne)

V denní dávce (3 ml)

je obsaženo:

30,7 μmol Zn

6,3 μmol Cu

36,4 μmol Mn

0,88 μmol I





## Respirační kvocient :

$$\text{RQ} = \frac{\text{CO}_2}{\text{O}_2} \quad (\text{V/V})$$



glukosa

$$\text{RQ} = \underline{6 / 6} = \underline{1,0}$$

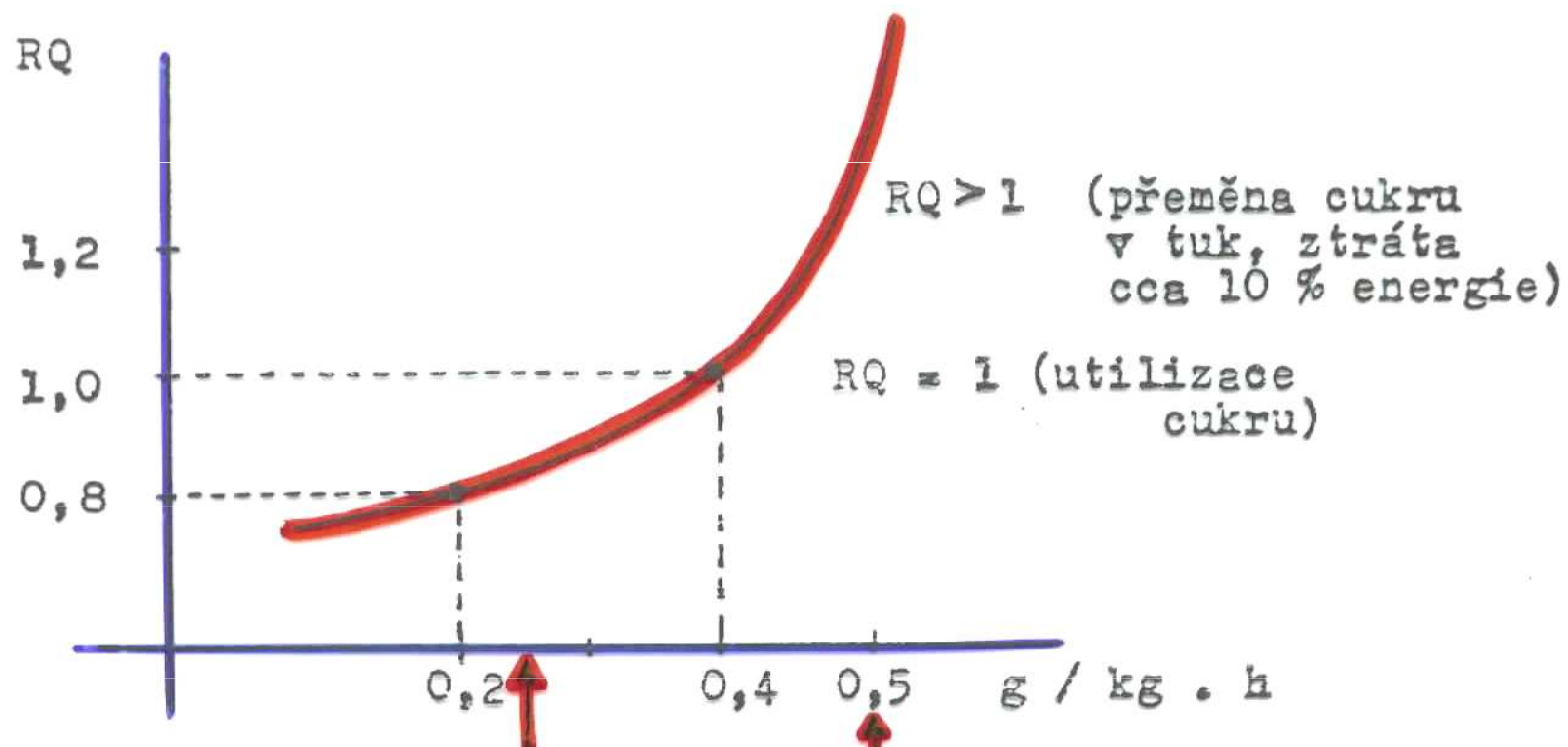


palmitová kyselina

$$\text{RQ} = \underline{16 / 23} = \underline{0,7}$$

## Rychlost podání Glc :

obvykle:  $0,5 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ ,  
při „zátěžových stavech“:  
 $0,25 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$   
(poloviční rychlost !)



# Rychlost podání :

sugars,  
polyols

cukry,  
polyoly

0,25 g / kg . h  
(jednosložkové  
infúze)

one-component  
infusion

0,4 g / kg . h  
(trojkombinace)

triple combination

amino acids  
(AA)

aminokyseliny  
(Nutramin)

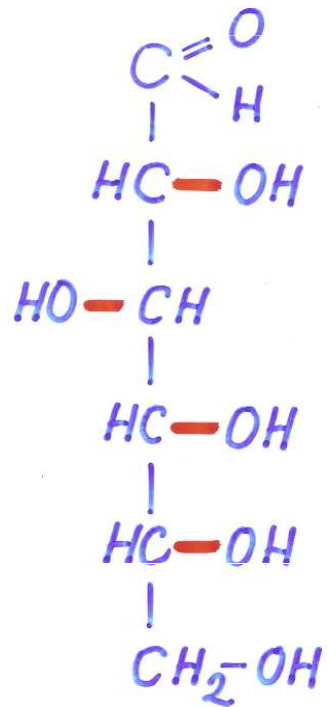
0,1 g / kg . h

fat

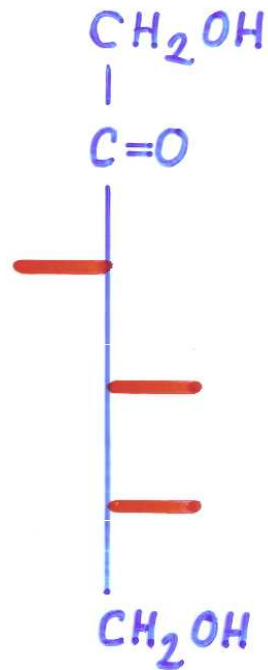
tuk  
(Neutralipid)

0,1 g / kg . h

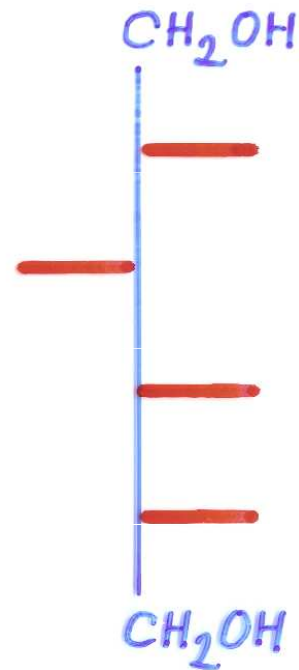
# Cukry a polyoly :



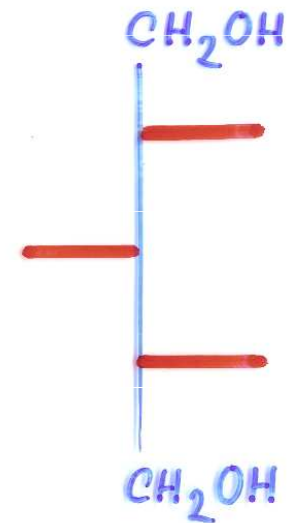
Glc



Fru

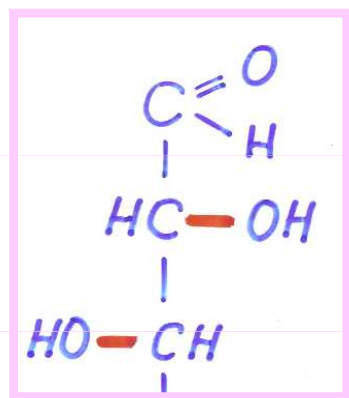


D-glucitol  
(sorbitol)

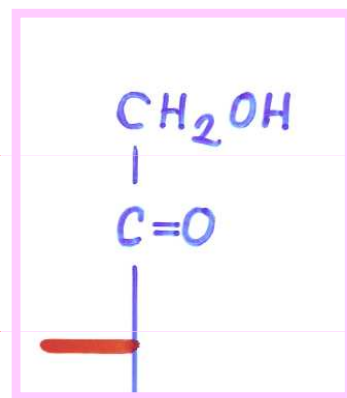


xylitol

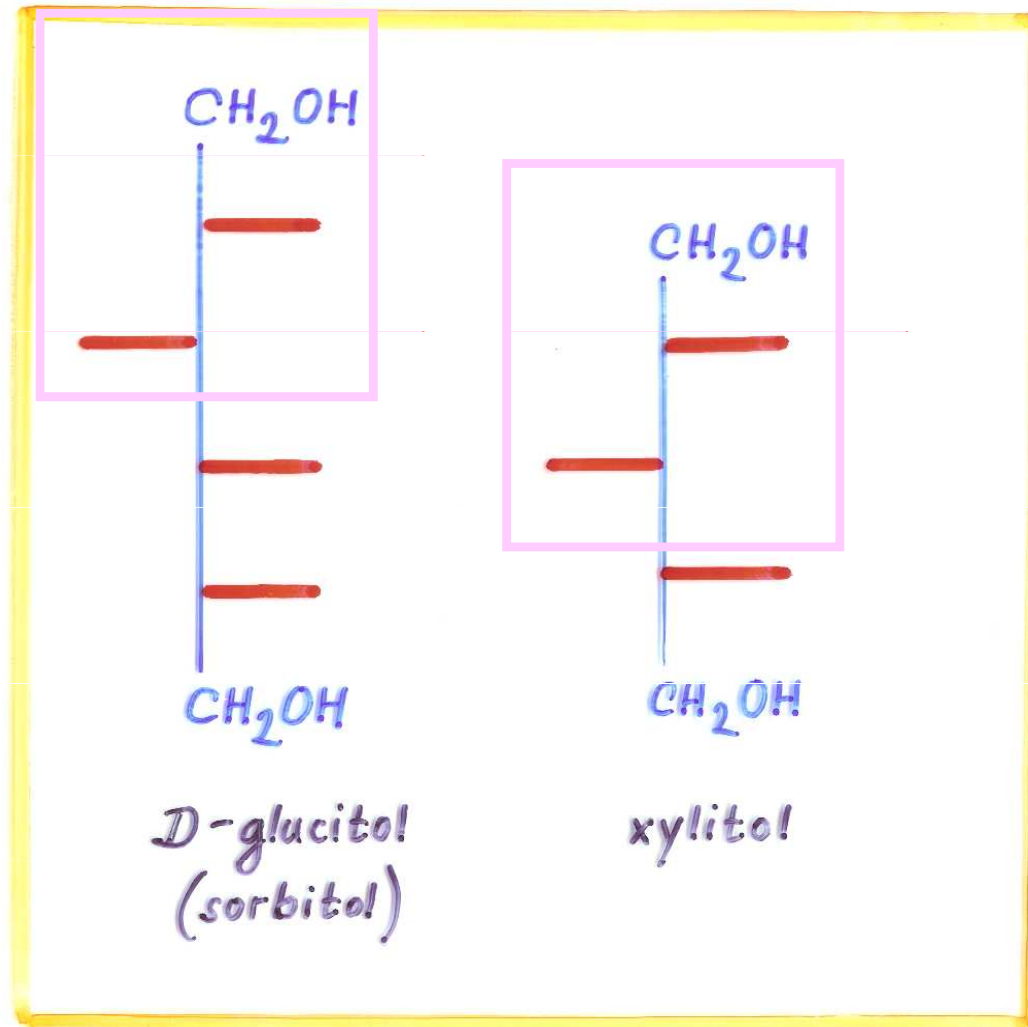
polyoly



Glc



Fru



polyoly

Man = 2-epimer Glc  
 → nemetabolizována



# Osmoticky účinné roztoky

## INFUSIO MANNITOLI 10%

## INFUSIO MANNITOLI 20%

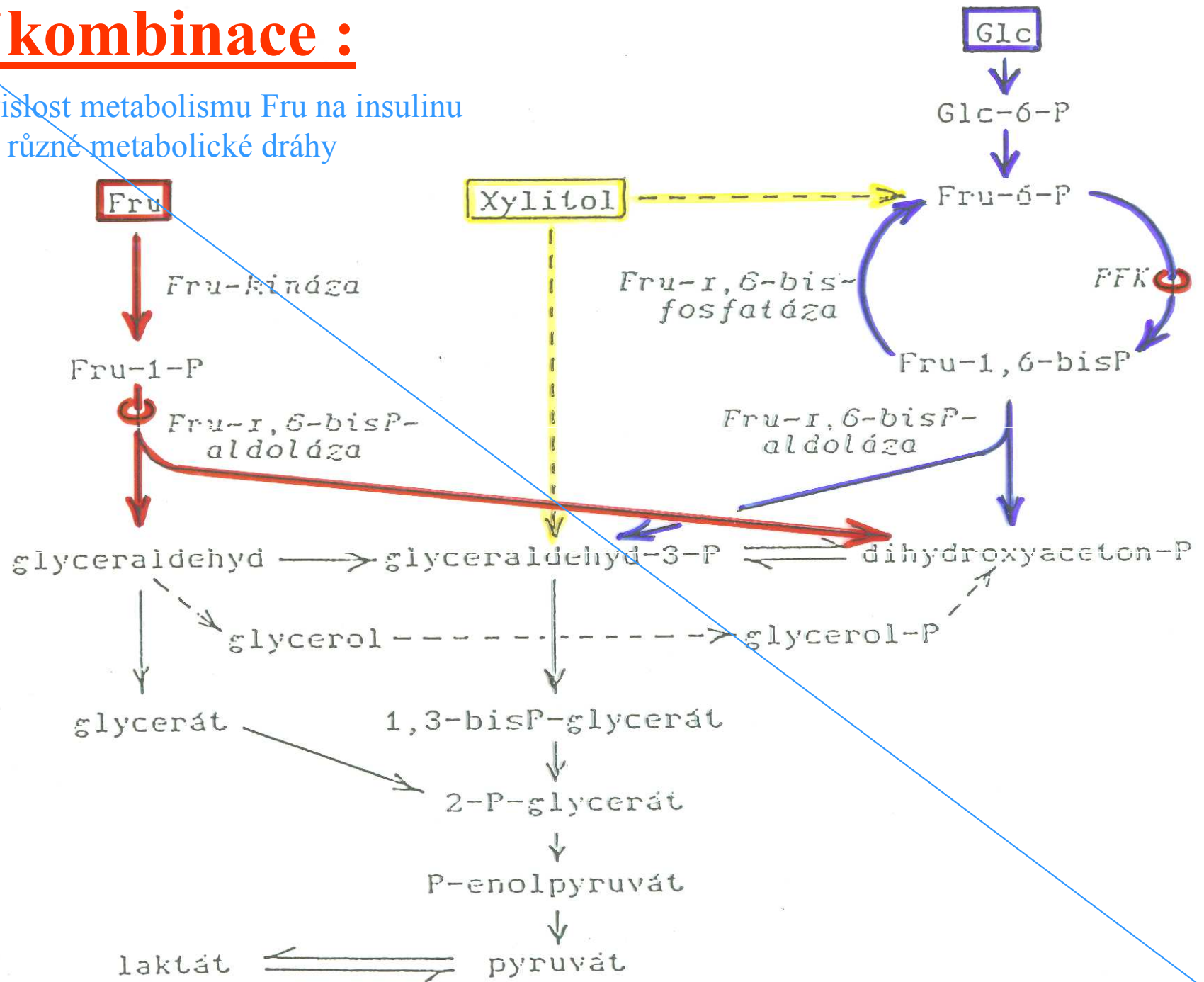
Vodné roztoky mannitolu bez přísady elektrolytů. Osmoticky aktivní infusní roztoky, po intravenózním podání působí přesun vody z extravaskulárního prostoru do cévního řečiště. Přechodně po rychlém bolusovém podání zvyšují kolující objem. Klinickým důsledkem je mírná dehydratace tkání, zejména dobře perfundovaných, a poté nárazově zvýšení diurézy. Působí jako zametače volných hydroxylových radikálů. Maximální denní dávka: 1,5g mannitolu/kg tělesné hmotnosti a hodinu.

**Balení:** skleněná láhev - 250 ml

osmotically effective solutions  
mannitol  $1,5 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$

# Trojkombinace :

- nezávislost metabolismu Fru na insulinu
- zčásti různé metabolické dráhy





# Hereditární fruktosová intolerance :

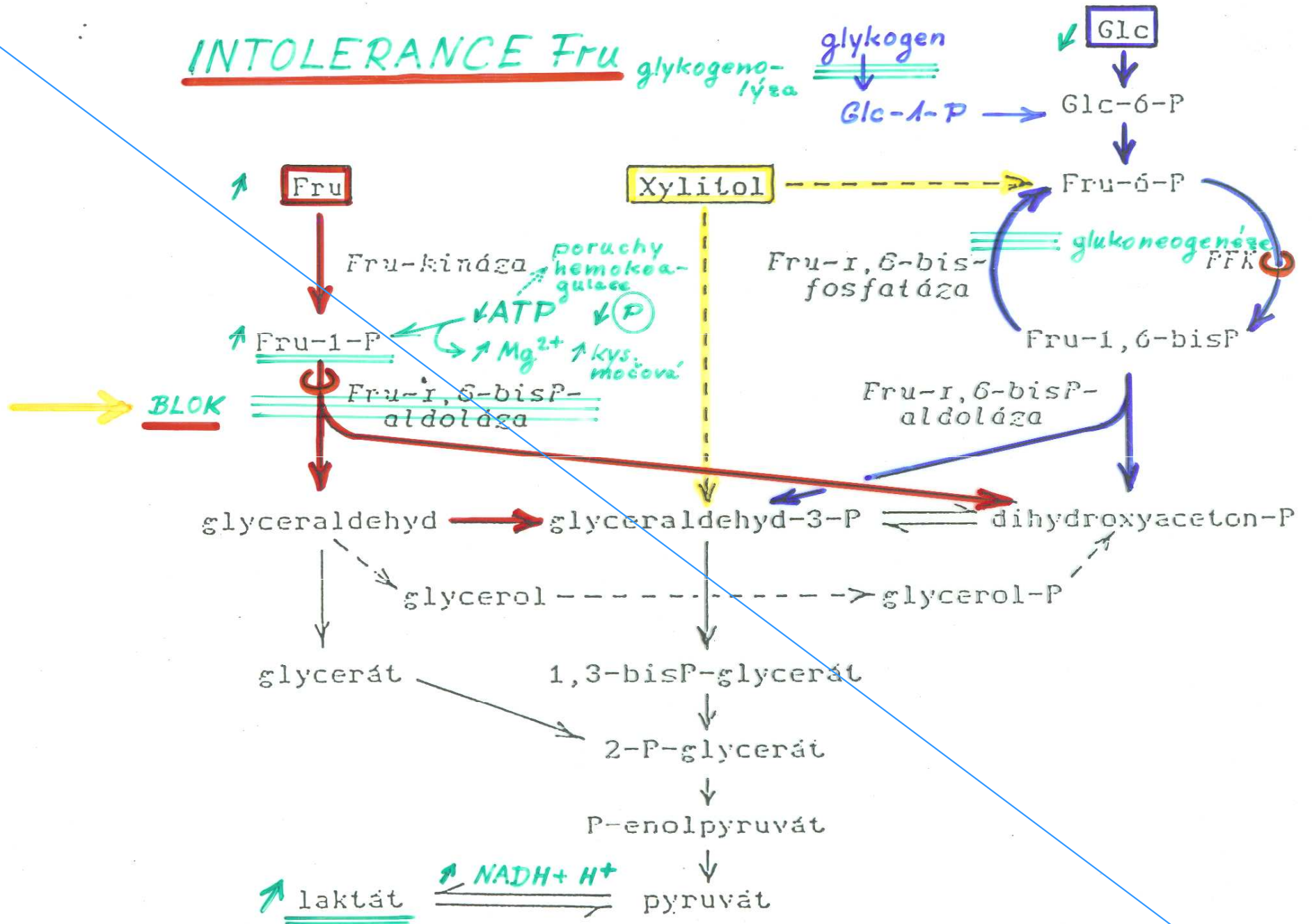
- kritická hranice: 30 – 40 g Fru / 1 h  
(~ 300-400 ml 10 % Fru \*)
- u postižených Fru intolerancí překročení tohoto kritického množství vede za 2-6 dnů k úmrtí (i přes přerušování aplikace další Fru)
- Fru-1-P je toxický, způsobí irreversibilní poškození jater a ledvin

\*) pro tělesnou hmotnost 70 kg  $\rightarrow \approx 0,5 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$

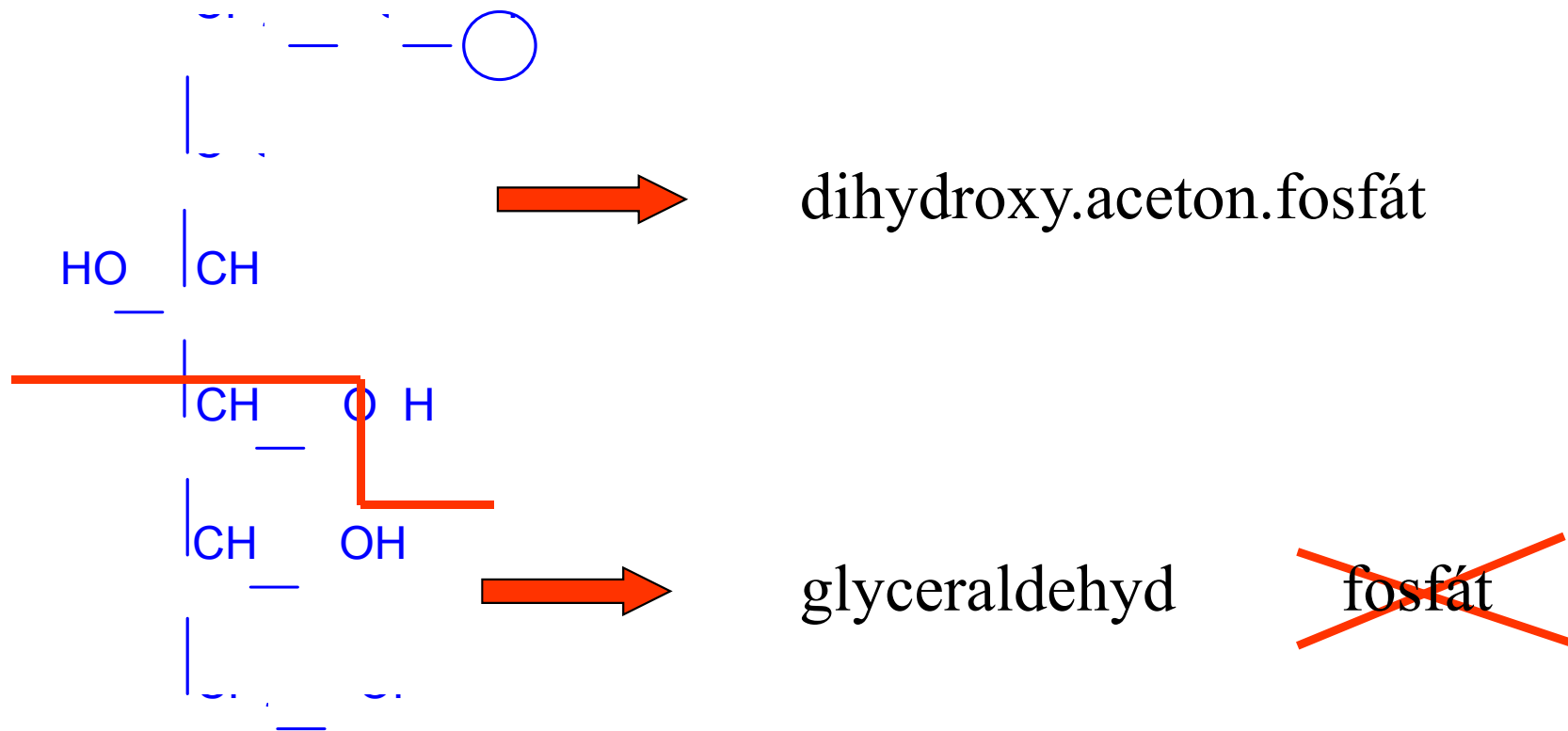
# Hereditární fruktosová intolerance ?

- normální příjem Fru v potravě  
(sacharosa z cukrové řepy, třtiny !)  
20 – 50 g / d (dospělý)
- sorbitol (= D-glucitol)  
je metabolizován na Fru
- ~~Fru, sacharosa, sorbitol !~~

# INTOLERANCE FRU



# Fru-1-P a aldolasa :

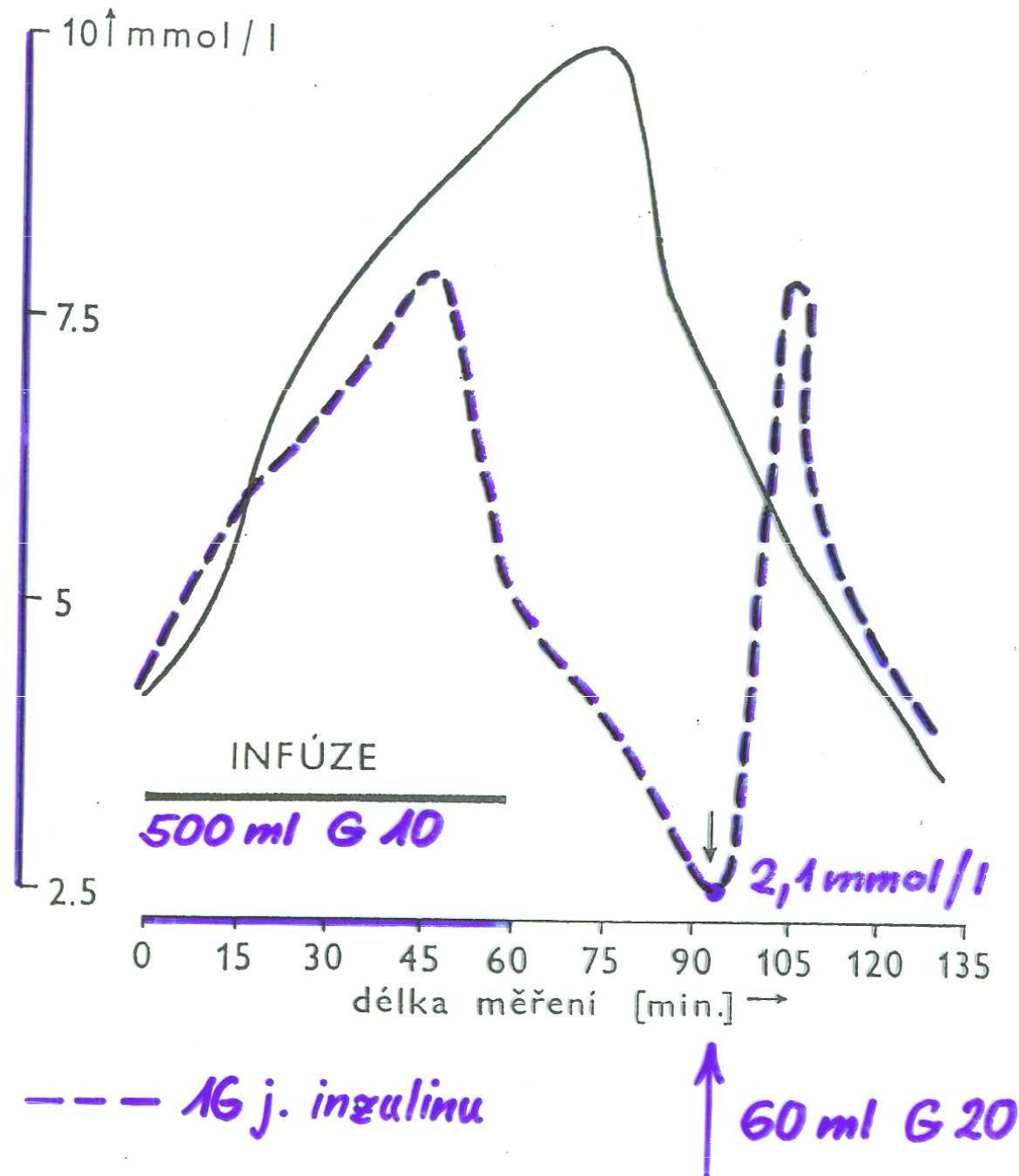


Fru-1,6-bisP-aldolasa  
EC 4.1.2.3

~~Fru-1-P-aldolasa~~

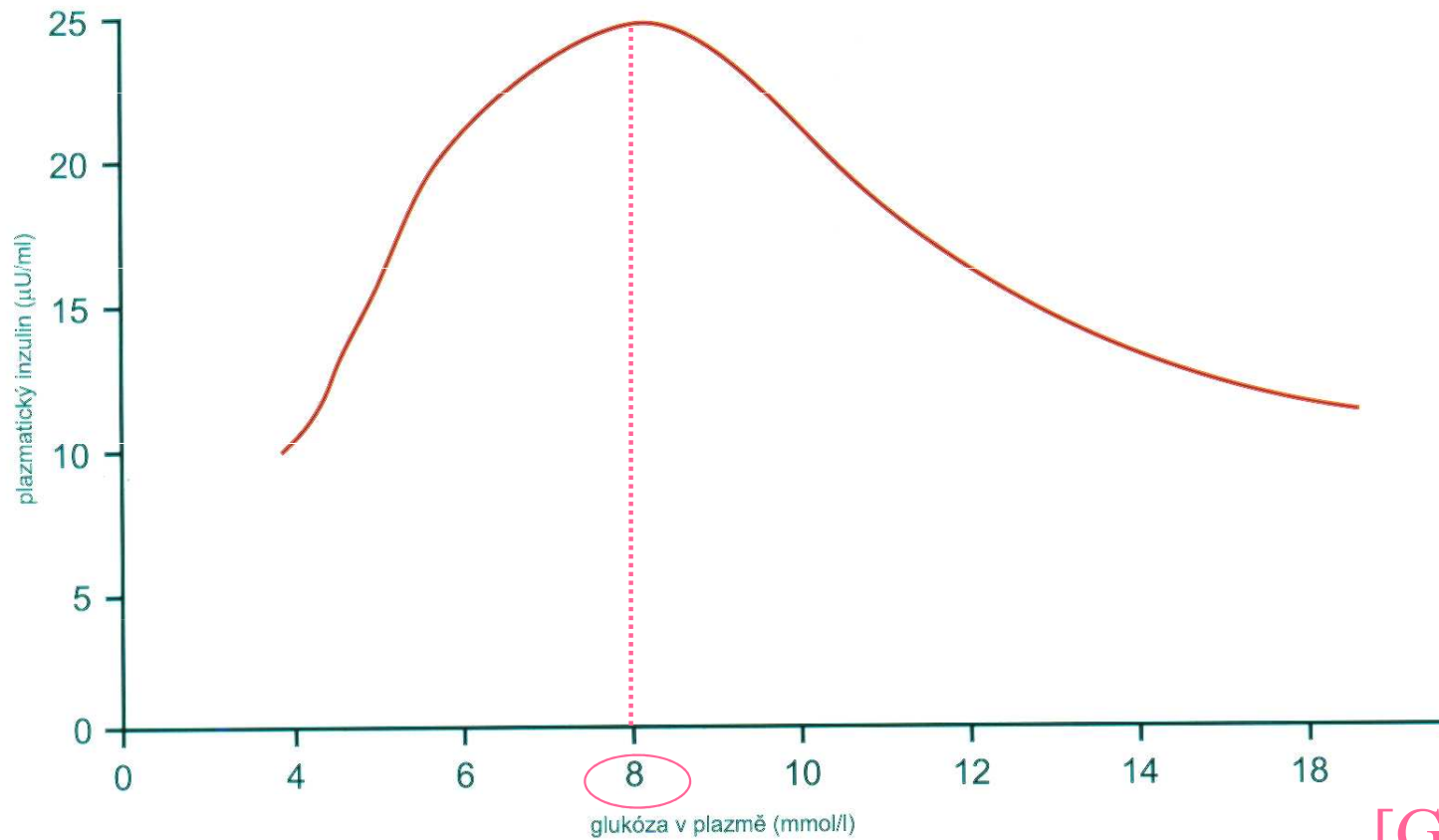
aldolasa B (játra a ledviny) také štěpí Fru-1-P

# Infúze a insulin



# Insulin a Glc v krvi :

[insulin]



[Glc]

# Osmolalita :

**G5** → 5 % Glc = 5 g Glc / 100 g roztoku

50 g Glc / 1000 g

≈ 50 g Glc / 1 L

$M_{r(\text{Glc})} \approx 180$


$$\begin{aligned} 50 / 180 &= 0,278 \text{ mol} / 1 \text{ L} \\ &= 278 \text{ mmol} / 1 \text{ L} \end{aligned}$$

osmolalita roztoku ≈ 280 mmol / kg

normální osmolalita krevní plasmy ≈ 300 mmol / kg  
(285 – 295)

infúze G5 je isotonická s krevní plasmou

# Nejvyšší osmolalita pro infúzi do periferní žíly

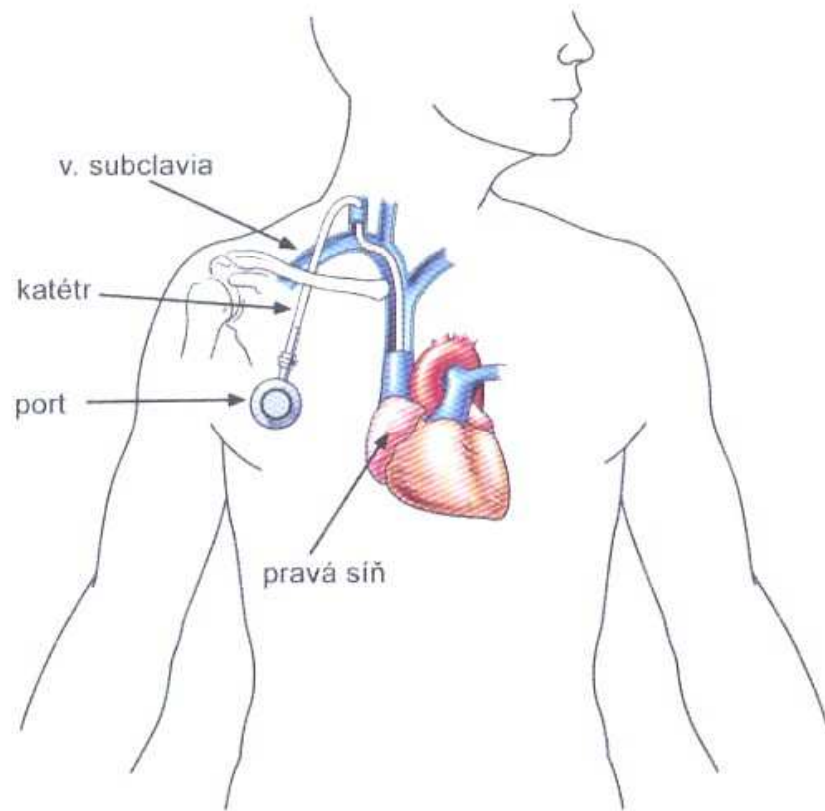
je cca 900 mmol/kg

= trojnásobek osmolality plasmy,

tj. např. 15 % roztok cukru

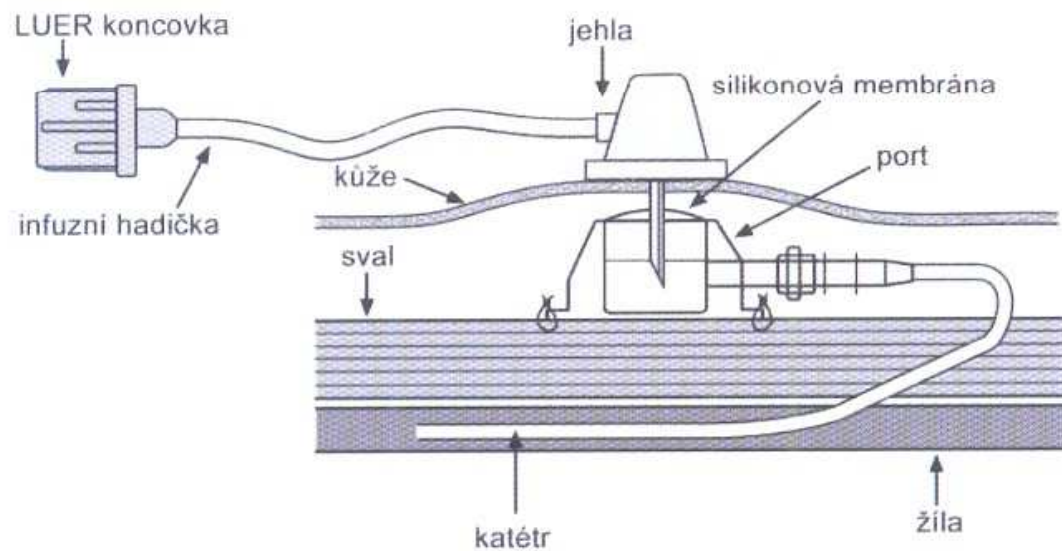
– bez jakýchkoliv dalších přísad !!!



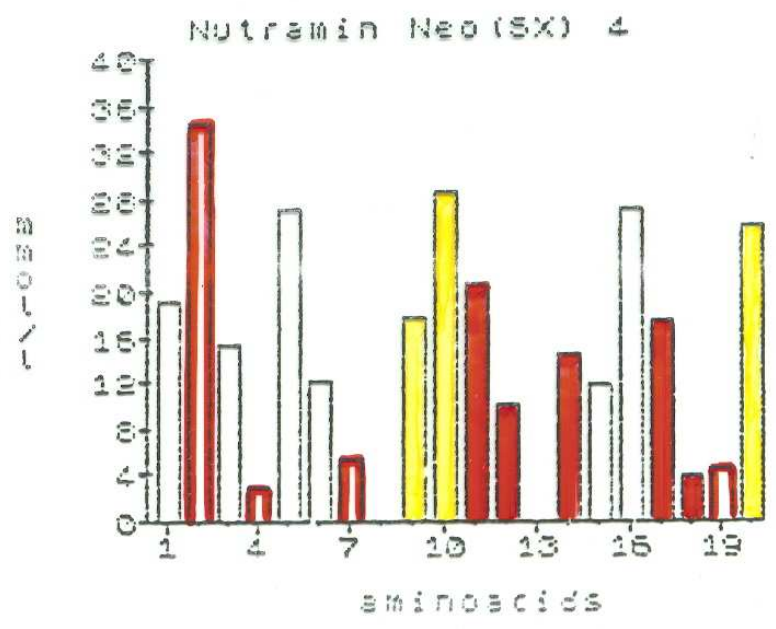
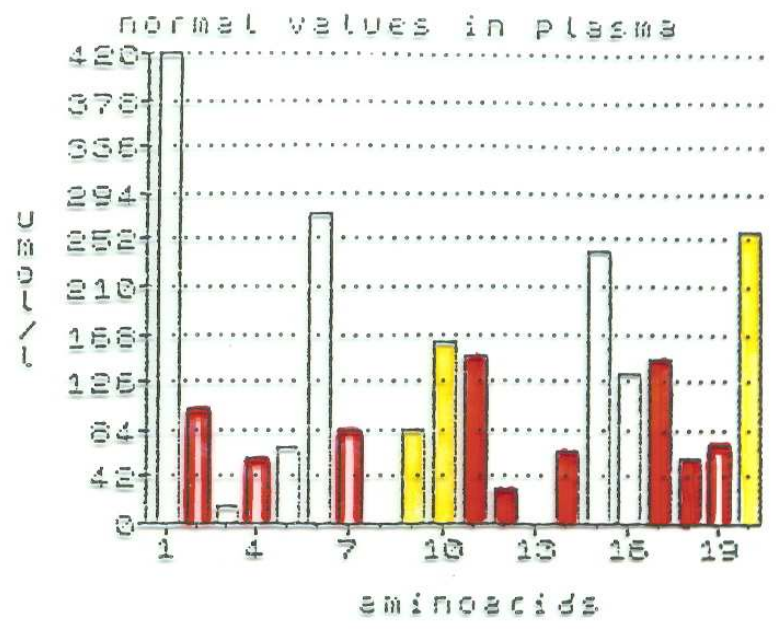


## Centrální přístup:

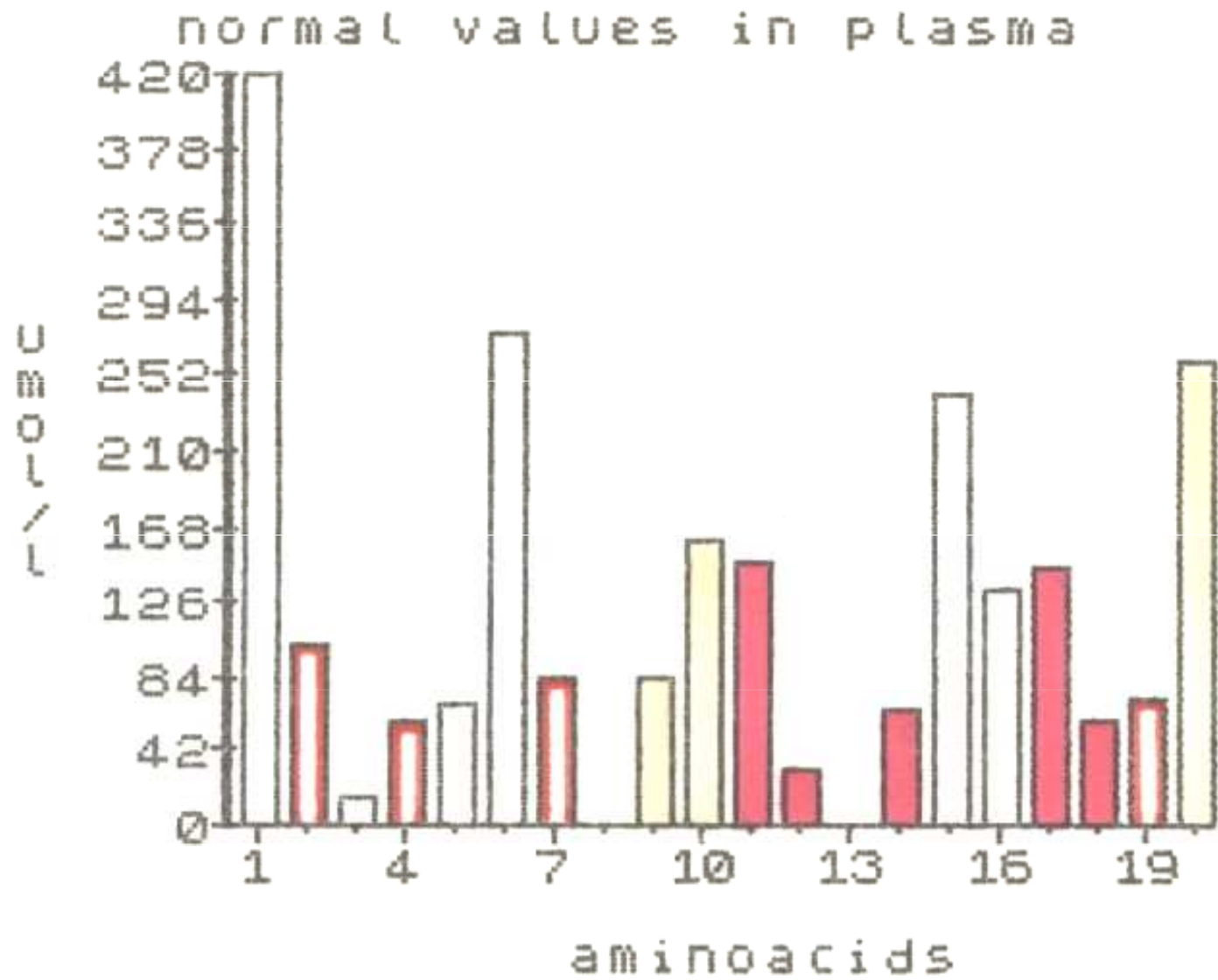
- roztoky s osmolalitou  $> 850 \text{ mmol} \cdot \text{l}^{-1}$
- nutriční intervence  $> 5 \text{ d}$
- nevhodné periferní žíly



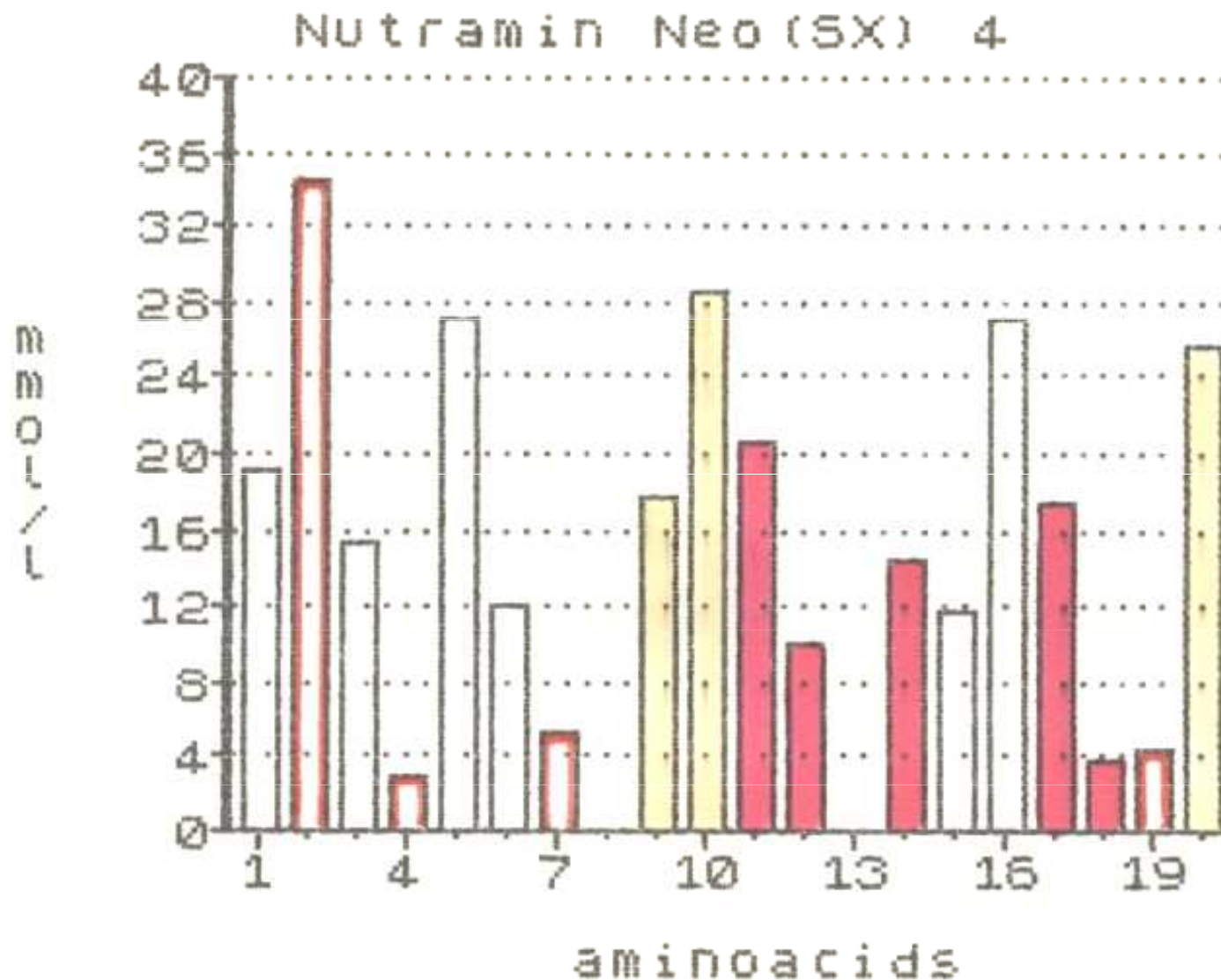
v. subclavia  
v. jugularis interna  
v. axillaris  
v. femoralis

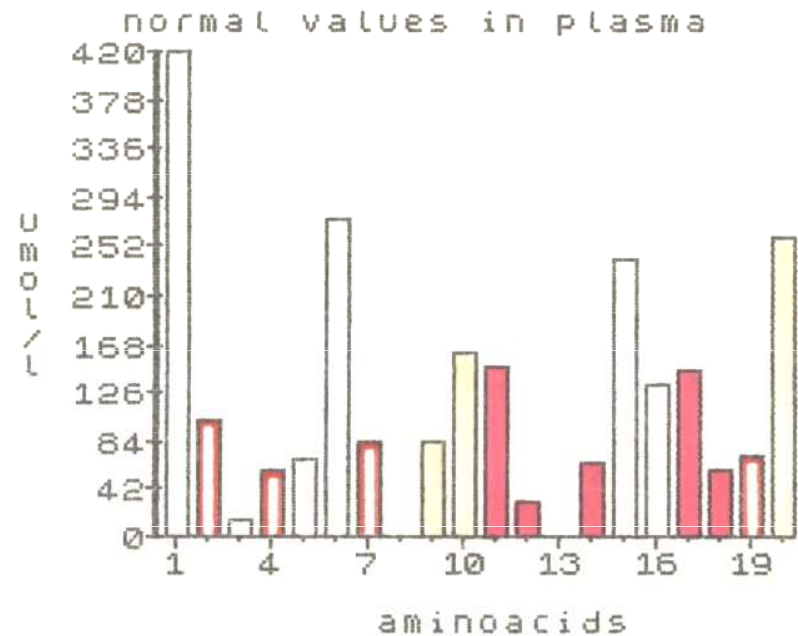
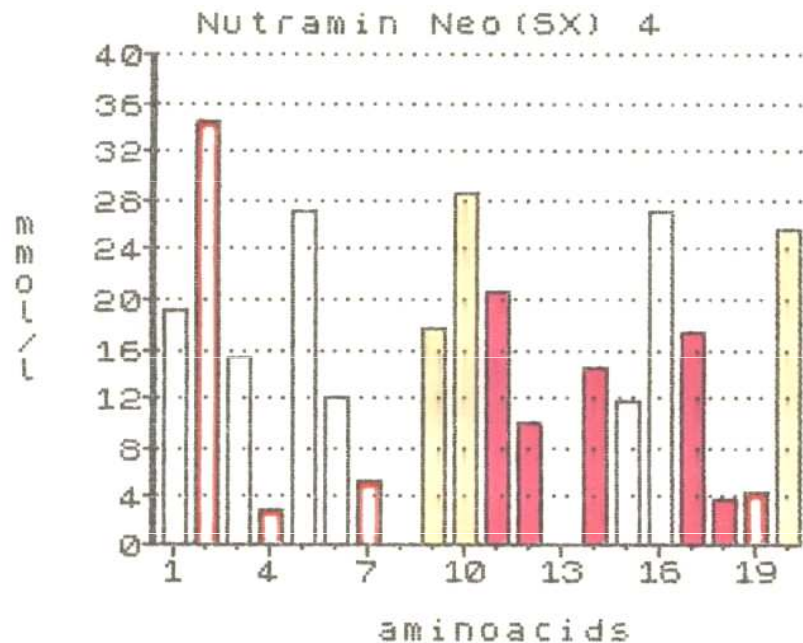


# Aminogram krevní plasmy



# Vyvážený roztok aminokyselin pro parenterální výživu





## Udržování homeostázy metabolitů

Koncentrace a vzájemné poměry aminokyselin v infúzním roztoku jsou zvoleny podle metabolické aktivity jater pro jednotlivé aminokyseliny (i jejich skupiny) a tedy jsou zcela odlišné od aminogramu krevní plasmy.

Po průchodu směsi podaných aminokyselin játry je dosaženo stavu, odpovídajícímu normálnímu aminogramu.

# Aminokyselinové infúzní roztoky:

„Nutramin“

„Neonutrin“

od r. 2006: Fresenius Kabi

[www.fresenius-kabi.cz](http://www.fresenius-kabi.cz)

- 1/ vyvážené aminokyselinové roztoky
- 2/ specializované
- 3/ kombinační

# 1/ vyvážené aminokyselinové roztoky

Nutramin Neo (SX) 4 neb 8 %

↓

(dospělí)

sorbitol + xylitol

Nutramin N (nedonošené děti)

Nutramin P (novorozenci, kojenci)

....

→ „Neonutrin“

## 2/ specializované aminokyselinové roztoky

Nutramin C      coma hepaticum

Nutramin U      uremia

...



# NEONUTRIN®C

pro pacienty s onemocněním jater  
roztok aminokyselin bez obsahu cukru



## Složení kvalitativní a kvantitativní

### Účinné látky

|                               |            |
|-------------------------------|------------|
| Isoleucinum                   | 0,45 g     |
| Leucinum                      | 0,71 g     |
| Lysini hydrochloridum         | 5,12 g     |
| Methioninum                   | 0,60 g     |
| Threoninum                    | 0,28 g     |
| Valinum                       | 0,67 g     |
| Acidum asparticum             | 1,00 g     |
| Acidum glutamicum             | 7,10 g     |
| Argininum                     | 12,50 g    |
| Ornithini hydrochloridum      | 1,25 g     |
| Acidum malicum                | 3,50 g     |
| Magnesii sulfas heptahydricus | 0,62 g     |
| Aqua pro injectione           | ad 1000 ml |

|                               |                  |
|-------------------------------|------------------|
| Celkové aminokyseliny         | 28,4 g/l         |
| Celkový dusík                 | 6 g/l            |
| Energetická hodnota           | cca 470 kJ/l     |
| Teoretická osmolarita         | cca 310 mosmol/l |
| <b>Elektrolyty</b>            |                  |
| Na <sup>+</sup>               | 35 mmol/l        |
| Mg <sup>2+</sup>              | 2,5 mmol/l       |
| Cl <sup>-</sup>               | 35 mmol/l        |
| SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> | 2,5 mmol/l       |
| malát                         | 26 mmol/l        |
| pH                            | 4,5 - 7,0        |



# NEONUTRIN® U

**pro pacienty s renální insuficiencí  
roztok aminokyselin bez obsahu cukru**

## **Složení kvalitativní a kvantitativní**

### Účinné látky

|                               |         |
|-------------------------------|---------|
| Isoleucinum .....             | 7,00 g  |
| Leucinum .....                | 11,00 g |
| Lysin acetat .....            | 9,00 g  |
| Methioninum .....             | 9,00 g  |
| Phenylalaninum .....          | 9,00 g  |
| Threoninum .....              | 5,00 g  |
| Tryptophanum .....            | 2,50 g  |
| Valinum .....                 | 7,00 g  |
| Acetyltirosinum .....         | 0,70 g  |
| Arginini hydrochloridum ..... | 3,00 g  |
| Histidinum .....              | 3,96 g  |
| Prolinum .....                | 1,00 g  |
| Aqua pro injectione ad .....  | 1000 ml |

|  |                  |
|--|------------------|
| <b>Celkové aminokyseliny</b> .....       | 65 g/l           |
| <b>Celkový dusík</b> .....               | 8,54 g/l         |
| <b>Energetická hodnota</b> .....         | 1090 kJ/l        |
| <b>Teoretická osmolarita</b> .....       | cca 520 mosmol/l |
| <b>Elektrolyty</b> Cl <sup>-</sup> ..... | 14 mmol/l        |
| acetát .....                             | 44 mmol/l        |
| <b>pH</b> .....                          | 5,0 - 7,2        |





# Nutriční roztoky

## 1. Nové standardní aminoroztoky

**NEONUTRIN 5%**

**NEONUTRIN 10%**

**NEONUTRIN 15%**

Neonutrin je nejmodernější roztok aminokyselin III. generace pro parenterální výživu. Receptura Neonutrinu byla sestavena tak, aby byla zajištěna optimální stimulace proteosyntézy a tím i příznivá dusíková bilance. Obsahuje 20 % větvených, 44 % esenciálních a vyvážené spektrum asistujících aminokyselin.

Obsahuje asparagin (trofické efekty podobné glutaminu), tyrosin je ve formě biologicky dostupnějšího dipeptidu-glycyltyrosinu. Vyšší je zastoupení cysteinu/cystinu (význam pro udržení buněčné antioxidační aktivity), histidinu a prolinu. Jaterní index je 3. Neobsahuje elektrolyty, je ideální pro přípravu směsí all-in-one pro parenterální výživu. Lze použít i v pediatrii u dětí od 2 let věku.

**Balení:** skleněná láhev – 500 ml





### 3. Inovované orgánově specifické aminoroztoky

#### **NEONUTRIN C**

Neonutrin C je roztok aminokyselin, kyseliny jablečné a elektrolytů, určený k léčení a prevenci encefalopatie při jaterním selhání a k úpravě metabolismu dusíku a amoniaku při jaterní nedostatečnosti. Neobsahuje cukernou složku. Možno podávat dětem i dospělým, lze použít samostatně i do all-in-one směsí pro parenterální výživu.

**Balení:** skleněná láhev - 500 ml

#### **NEONUTRIN U**

Neonutrin U je 6,5% roztok aminokyselin (poměr esenciálních a celkových aminokyselin 0,92). U renální insuficience jsou v plazmě i ve tkáních sníženy hladiny esenciálních aminokyselin, zejména větvených, a lysinu, z neesenciálních prolinu. Neonutrin U tuto depleci suplementuje. Při renální insuficienci je snížena tvorba argininu a histidinu. Arginin je klíčovou detoxikační aminokyselinou v metabolismu amoniaku, histidin je při renální insuficienci semiesenciální aminokyselinou nutnou k syntéze hemoglobinu a albuminu. Obě tyto aminokyseliny tvoří 10 % z celkového množství aminokyselin v přípravku. Pro blok enzymatické přeměny fenylalaninu je výhodná přítomnost tyrosinu (ve formě acetyltyrosinu). Neobsahuje cukernou složku. Možno použít samostatně i do all-in-one systémů pro parenterální výživu.

**Balení:** skleněná láhev - 500 ml



**INFUSIA**

výrobní program firmy INFUSIA byl v ČR ukončen, od r. 2006 jej pokrývá firma **FRESENIUS KABI**.

Výroba některých roztoků u nás vyvinutých zůstala zachována.

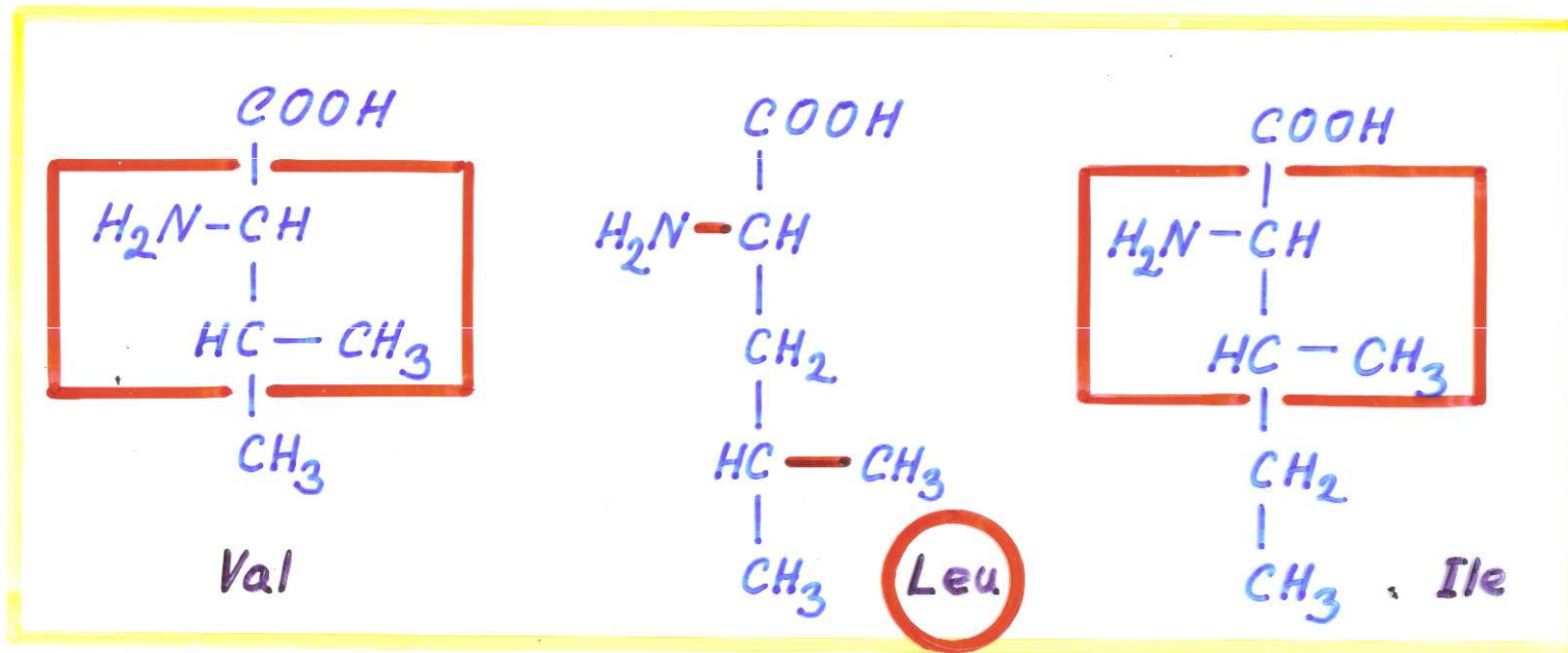
[Věnujte, prosím, pozornost obecné skladbě roztoků a jejímu zdůvodnění](#)

# **3/ kombinální aminokyselinové roztoky**

**trvale nikoliv samostatná aplikace,  
ale v kombinaci s vyváženými neb  
specializovanými roztoky**

**Nutramin VLI** „zátěžové stavy“

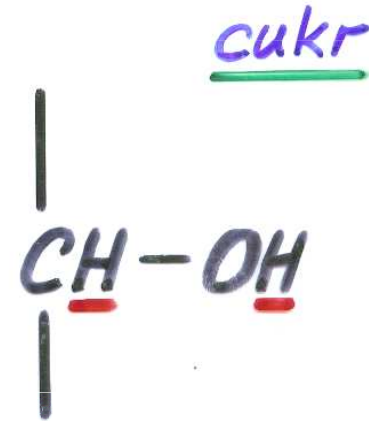
# Aminokyseliny s rozvětveným uhlíkatým řetězcem („VLI“)



“BCAA”  
= branched  
chain  
amino  
acids

# Triacylglyceroly (triglyceridy) :

triacylglyceroly v plasmě před podáním tukové emulze nesmí překročit 1,7 mmol / l (= horní hranice normy)



$$2/14 = \underline{14,28\%}$$

$$2/30 = \underline{6,66\%}$$

$$14,28/6,66 = 2,14$$

$$\underline{38,94 \text{ kJ/g}}$$

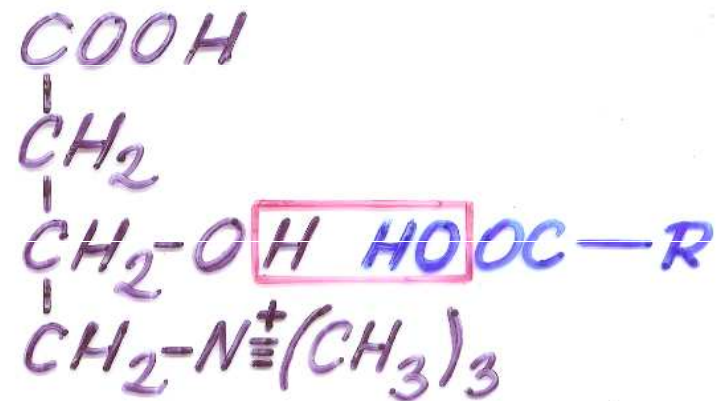
$$\underline{17,16 \text{ kJ/g}}$$

$$38,94/17,16 = 2,27$$



**LCT**

long chain triglycerides  
triacylglyceroly s dlouhým řetězcem  
C > 12



karnitin

**MCT**

*medium ....*

*tag se středním řetězcem*

*C ~ 6-12*

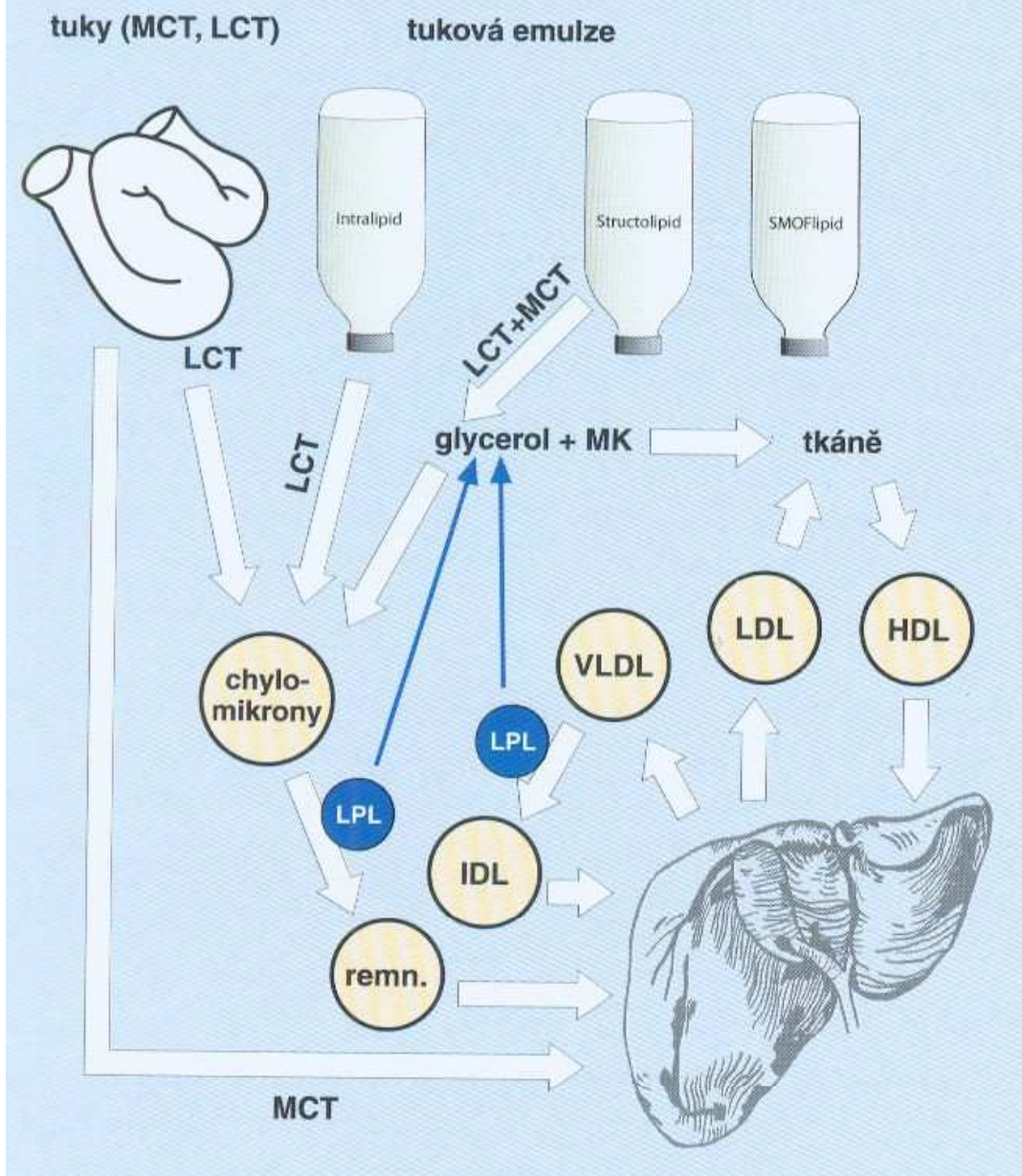
sojový olej, olivový olej  
(viz dále Intralipid)

**MCT/LCT**

MCT → kokosový olej

„strukturované lipidy“ - vyvážený poměr obou typů,  
= syntetické triacylglyceroly

## Metabolismus tuků



## Intralipid 20 %

(100, 250 a 500 ml  
izotonická emulze)

- sojový olej (triacylglycerol, typ LCT)
- vaječný lecitin (emulgátor)
- glycerol (osmotická složka)

existuje od 60. let !!!



# Kombinovaná porucha ABR

## Mixed disorder of ABE

těhotenství / pregnancy

**MAc**

**0**

**MAIk**

zdánlivě normální stav  
seemingly normal state

**hlad / starvation**



**ketoacidóza / ketoacidosis**

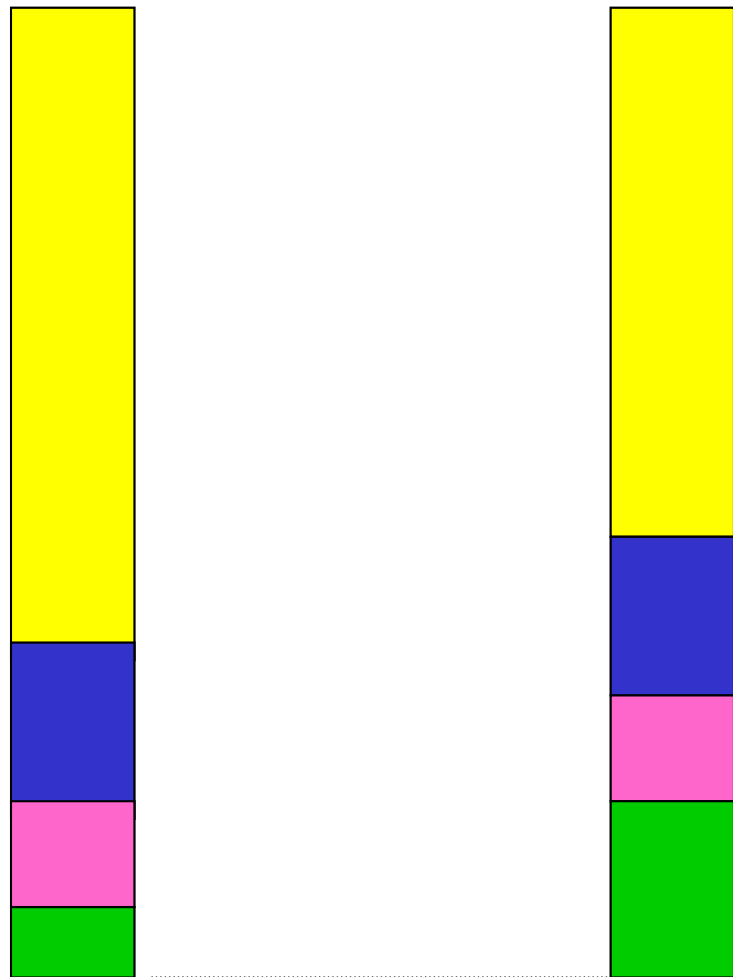
**zvracení / vomiting**



**hypochlor(id)emic/ká MAIk**

**$\uparrow [RA] \approx \downarrow [Cl^-]$**

# Kombinovaná porucha (MAIk + MAc):



normální stav

porucha

úbytek chloridů (žlutě)  
může být kompenzován  
odpovídajícím zvýšením  
reziduálních aniontů  
(zeleně), ostatní anionty  
nezměněny → normální  
parametry ABR ;  
(jindy jedna z poruch  
převládá ...)

( např. zvracení v těhotenství →  
hypochloremická alkalóza + hladová  
ketoacidóza )

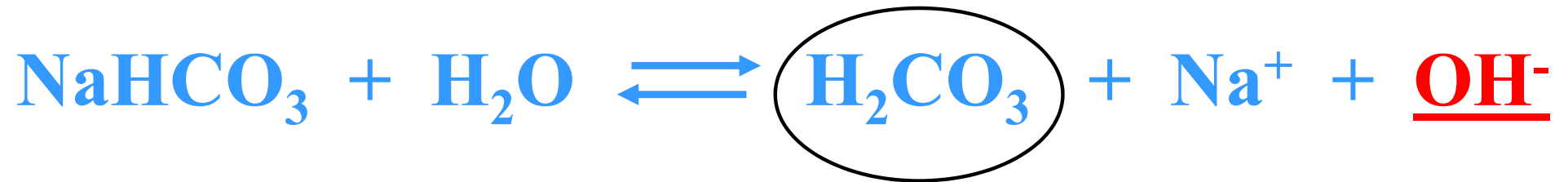
# Parametry ABR a ionty

Stanovení parametrů ABR zpravidla vždy doplňujeme stanovením koncentrace iontů:

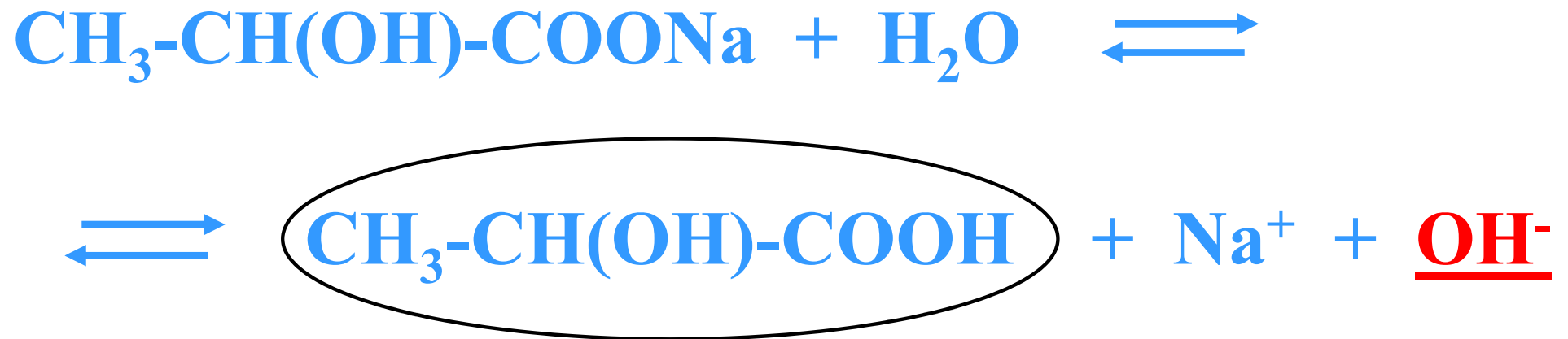
|                 |   |
|-----------------|---|
| $[\text{Na}^+]$ | ( $\sim 140 \text{ mmol} \cdot \text{l}^{-1}$ ) |
| $[\text{K}^+]$  | ( $\sim 4,4 \text{ mmol} \cdot \text{l}^{-1}$ ) |
| $[\text{Cl}^-]$ | ( $\sim 100 \text{ mmol} \cdot \text{l}^{-1}$ ) |

Odchylka chloridů od normy má základní význam pro rozpoznání typu kombinované poruchy ABR.

## Hydrogenuhlíčan („bikarbonát“):



## Natrii lactas (mléčnan sodný):



vs. laktátová acidóza !

v důsledku hydrolýzy obě látky reagují zásaditě



# Elektrolytové infúzní roztoky

## - okyselující

| Roztok<br>(1000 ml) | Na <sup>+</sup><br>(mmol) | K <sup>+</sup><br>(mmol) | Cl <sup>-</sup><br>(mmol) | HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup><br>(mmol) | Ca <sup>2+</sup><br>(mmol) | Mg <sup>2+</sup><br>(mmol) |
|---------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------------|---|----------------------------|----------------------------|
| <b>F</b> 1/1        | 154                       |                          | 154 (zv)                  |   |                            |                            |
| <b>R</b> 1/1        | 147                       | 4,0                      | 156 (zv)                  |   | 2,3                        |                            |

F = infusio natrii chloridi isotonica, infusio “fysiologica”

R = infusio Ringeri

zv = zvýšen (ve srovnání s krevní plasmou)

poměr [Cl<sup>-</sup>] / [Na<sup>+</sup>]: plasma krevní    100 / 140 = 0,71  
F 1/1    154 / 154 = 1    (zv)  
R 1/1    156 / 147 = 1,06 (zv)

# Elektrolytové infúzní roztoky

## - alkalizující

| Roztok<br>(1000 ml) | Na <sup>+</sup><br>(mmol) | K <sup>+</sup><br>(mmol) | Cl <sup>-</sup><br>(mmol) | HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup><br>(mmol) | Ca <sup>2+</sup><br>(mmol) | Mg <sup>2+</sup><br>(mmol) |
|---------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------------|---|----------------------------|----------------------------|
| <b>RL</b> 1/1       | 130                       | 4,0                      | 110                       | (27,6)                                  | 1,8                        |                            |
| <b>H</b> 1/1        | 130                       | 5,4                      | 112                       | (27)                                    | 0,9                        | 1,0                        |
| <b>D</b> 1/1        | 121                       | <b>36 (zv !)</b>         | 104                       | <b>(53 !)</b>                           |                            |                            |
| <b>EL</b> 1/1       | 140                       | 4,0                      | 103                       | <b>(48 !)</b>                           |                            |                            |

RL = infusio Ringeri cum natrii lactate

H = infusio Hartmanni

D = infusio Darrowi

EL = infusio electrolytica cum natrii lactate

1/1 = neředěný roztok, (existují roztoky např. s poloviční koncentrací "1/2")

# Roztoky zabezpečující dodávku plných elektrolytů

## **INFUSIO NATRII CHLORATI ISOTONICA**

Základní infusní roztok s obsahem sodíkových a chloridových iontů.

**Balení:** skleněná láhev - 100 ml, 250 ml, 400 ml, 500 ml

PE láhev - 500 ml, 500 ml k oplachům

PVC vak - 100 ml, 250 ml, 500 ml, 1000 ml, 2000 ml

## **INFUSIO HARTMANNI**

Standardní přibližně izosmotický infusní roztok s obsahem základních kationtů a laktátu. Vzhledem k vyváženému poměru koncentrací chloridového a laktátového aniontu, který se v organismu mění na bikarbonát, nemá podání roztoku významný vliv na acidobazickou rovnováhu, působí jen velmi mírně alkalizačně. Laktát je energetickým zdrojem při nepoškozených jaterních funkcích.

**Balení:** skleněná láhev - 500 ml

## **INFUSIO DARROWI**

Základní izosmotický elektrolytový roztok se zvýšeným obsahem kalia a laktátu. Laktát se v organismu metabolizuje na bikarbonát, takže podání roztoku působí mírně alkalizačně. Laktát přispívá k energetické bilanci, doplnění ztrát tělesných tekutin u stavů s hypokalemií a acidózou nebo se sklonem k acidóze.

**Balení:** skleněná láhev - 500 ml

## **INFUSIO RINGERI**

Základní izosmotický infusní roztok, který po podání působí mírně acidifikačně. Pro doplnění vody a elektrolytů při dehydrataci se zvýšenými ztrátami natria, při hypovolémii z vazodilatace. Iontová rovnováha je závislá na vylučování jednotlivých iontů ledvinami a podléhá zejména mineralokortikoidní regulaci. Vodní homeostáza je řízena antidiuretickým hormonem.

**Balení:** skleněná láhev - 500 ml

## **INFUSIO RINGERI - laktát**

Základní přibližně isoosmotický infusní roztok s obsahem základních iontů a laktátu. Vzhledem k vyváženému poměru koncentrací chloridového a laktátového aniontu působí jen velmi mírně alkalizačně, nemá významný vliv na acidobazickou rovnováhu.

**Balení:** skleněná láhev - 500 ml

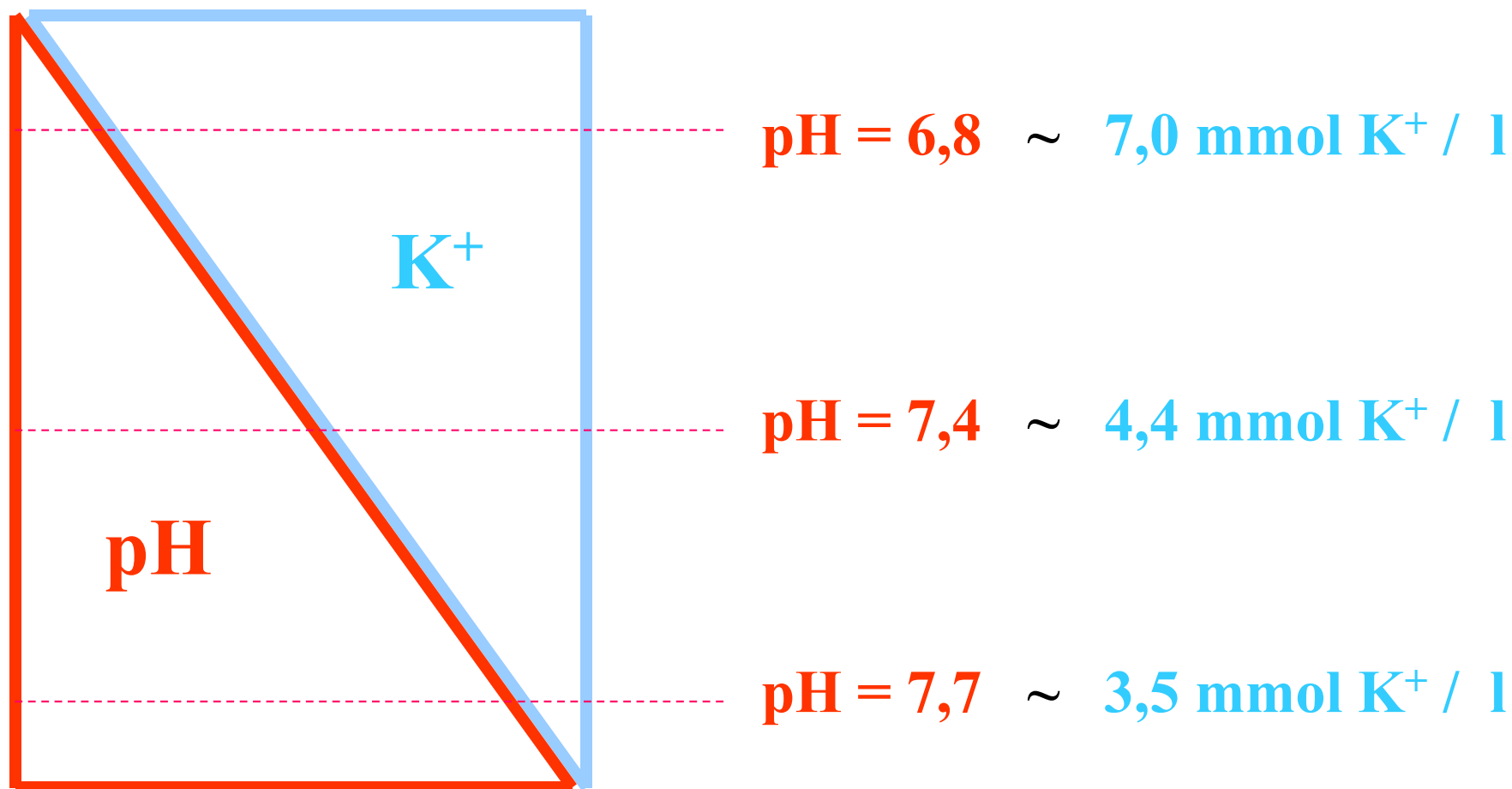




# Koncentrace elektrolytů v plasmě :

| Krevní plasma | Na <sup>+</sup><br>mmol . l <sup>-1</sup> | K <sup>+</sup><br>mmol . l <sup>-1</sup> | Cl <sup>-</sup><br>mmol . l <sup>-1</sup> | HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup><br>mmol . l <sup>-1</sup> | Ca <sub>total</sub><br>mmol . l <sup>-1</sup> | Mg <sup>2+</sup><br>mmol . l <sup>-1</sup> |
|---------------|---|--|---|---|---|--|
| rozpětí       | 130 – 143                                 | 4,0 – 5,5                                | 95 -107                                   | 21 – 27   | 2 – 3   | 0,7 – 1                                    |
| průměr        | 137 (140)                                 | 4,4                                      | 101 (100)                                 | 24  | 2,5   | „1“  |

# Koncentraci $K^+$ lze hodnotit jen se znalostí pH :

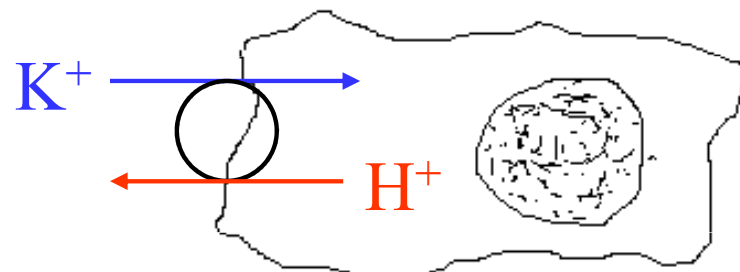


Uvedeny jsou krajní dosažitelné hodnoty pH a jeho normální hodnota. Zásoba  $K^+$  v těle při změně pH zůstává zpočátku shodná, mění se však distribuce  $K^+$  v kompartmentech.

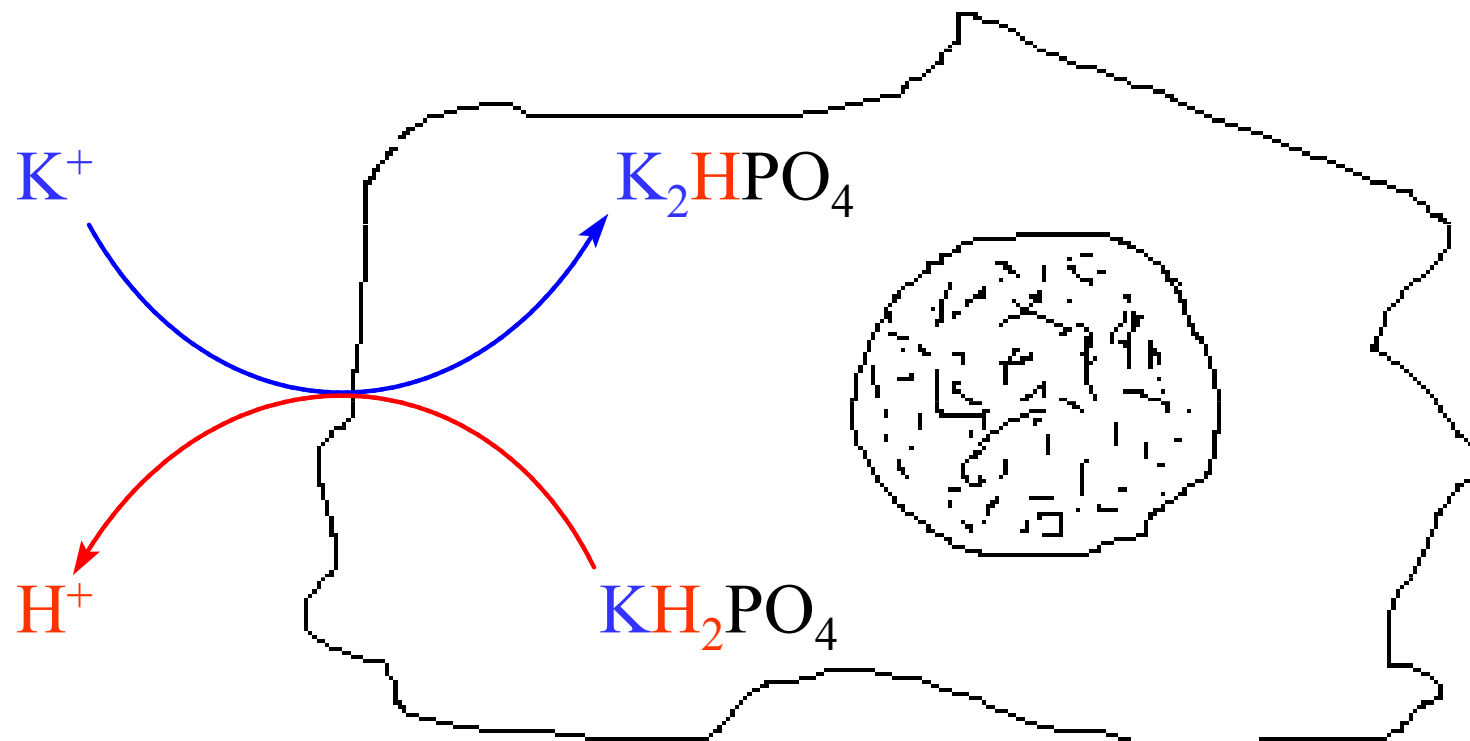
Hyperkalemie při acidóze později vede k renálním ztrátám  $K^+$ .

Je to *deplece*  $K^+$  při současné *hyperkalemii* (!!!)

# Směna $K^+$ / $H^+$ mezi buňkou a ECT (1) :



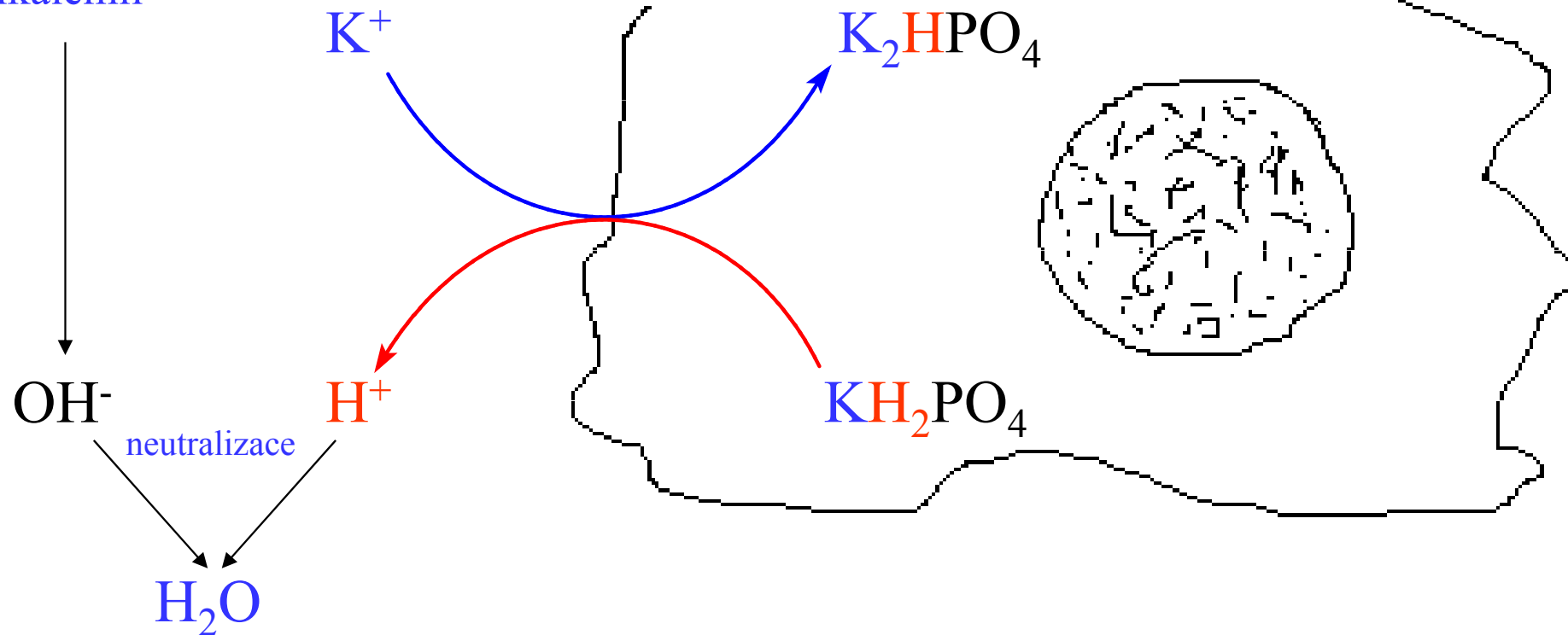
- formálně antiport v buněčné membráně
- zachování elektroneutality
- homeostasa pH v ECT (viz dále)



# Směna $K^+$ / $H^+$ mezi buňkou a ECT (2) :

① znázorněná směna je podporována alkalémií

② důsledek bude hypokalemie



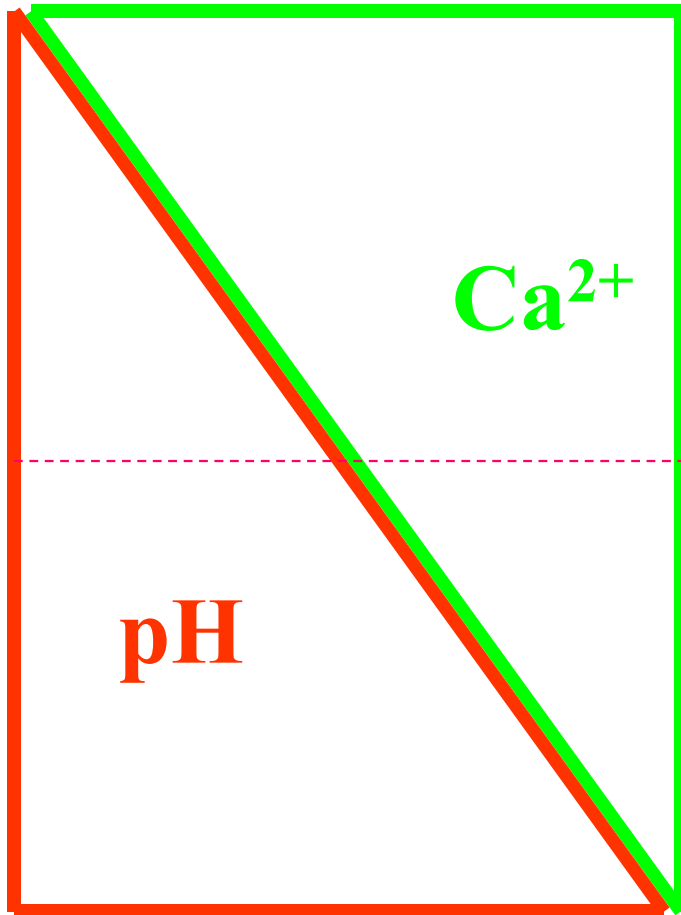
③ porucha je „hypokalemická alkalóza“

④ opačně: za acidémie/acidózy bude hyperkalemie

(viz následující přednášky)

$$\frac{[HPO_4^{2-}]}{[H_2PO_4^-]} = \frac{4}{1} \quad (\text{pro pH} = 7,40)$$

# Ionizovaný vápník a pH (1) :

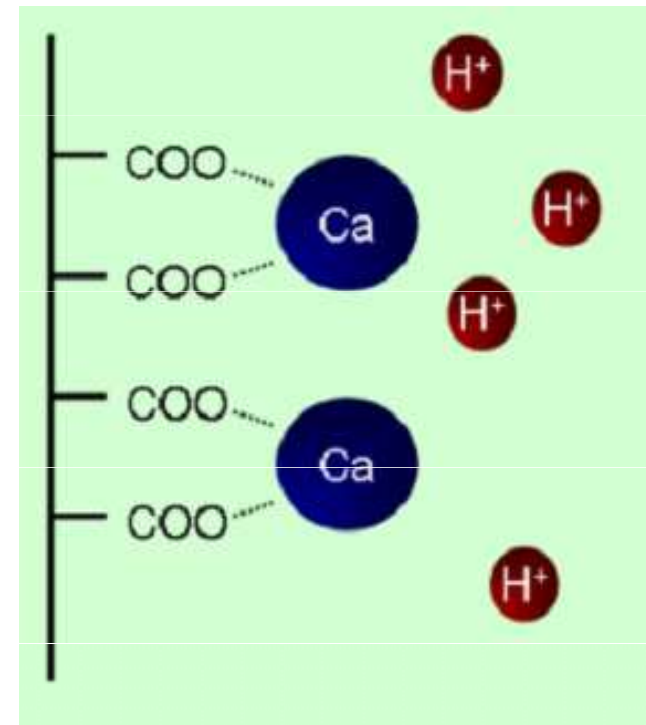
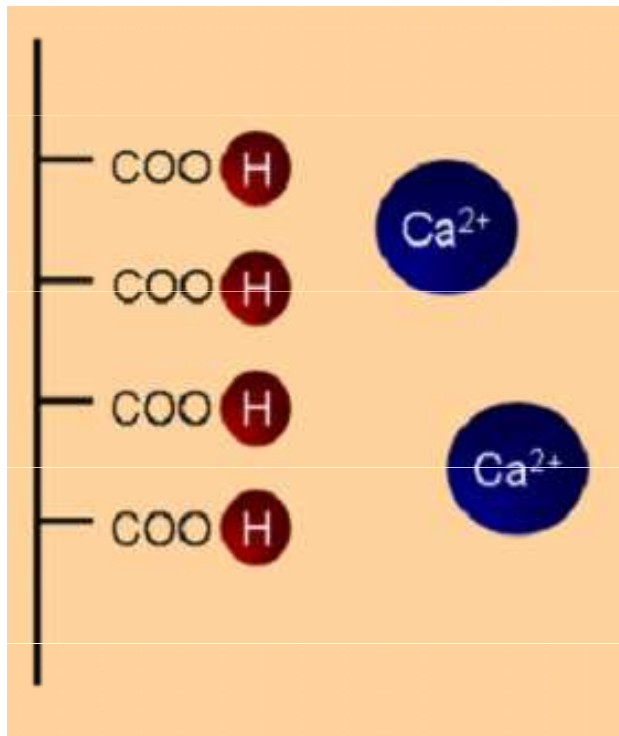


$$\text{pH} = 7,4 \sim 1,25 \text{ mmol Ca}^{2+} / \text{l}$$

$$[\text{Ca}^{2+}] \approx 1/2 [\text{Ca}_{\text{total}}]$$



# Ionizovaný vápník a pH (2) :



## kyselé prostředí

(„nadbytek“ H<sup>+</sup> iontů) :

H<sup>+</sup> se váží na všechny funkční skupiny, kde je to dle rovnovážných konstant možné → nedostává se vazebných míst pro Ca<sup>2+</sup> → [Ca<sup>2+</sup>] je vysoká .

## zásadité prostředí

(„nedostatek“ H<sup>+</sup> iontů) :

H<sup>+</sup> disociují z funkčních skupin, kde byly navázány → na takto uvolněná vazebná místa se váží Ca<sup>2+</sup> → [Ca<sup>2+</sup>] je nízká .

*Při stanovení ionizovaného vápníku se proto často provádějí korekce na pH a na koncentraci albuminu v plasmě .*

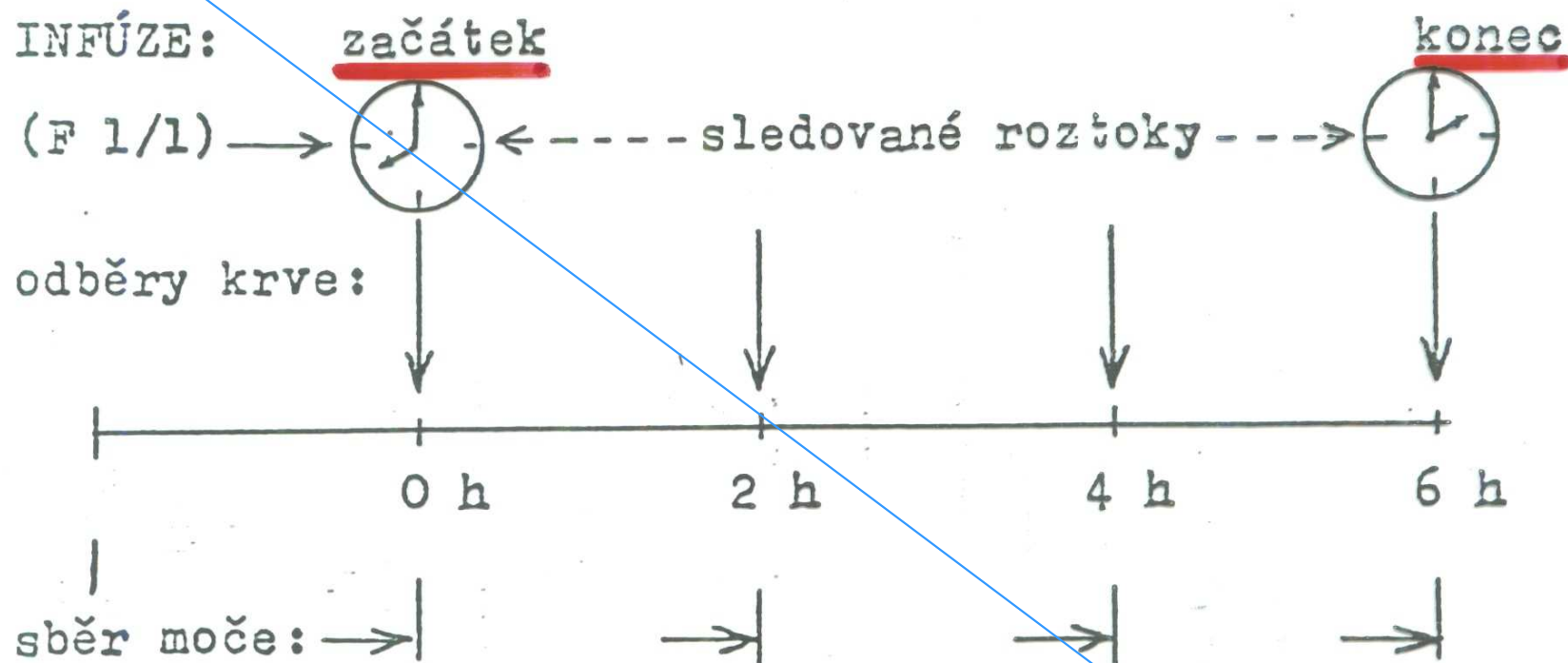
**Příklad metabolické studie**  
vhodnosti skladby infúzních roztoků  
pro úplnou parenterální výživu,  
zátěžový stav

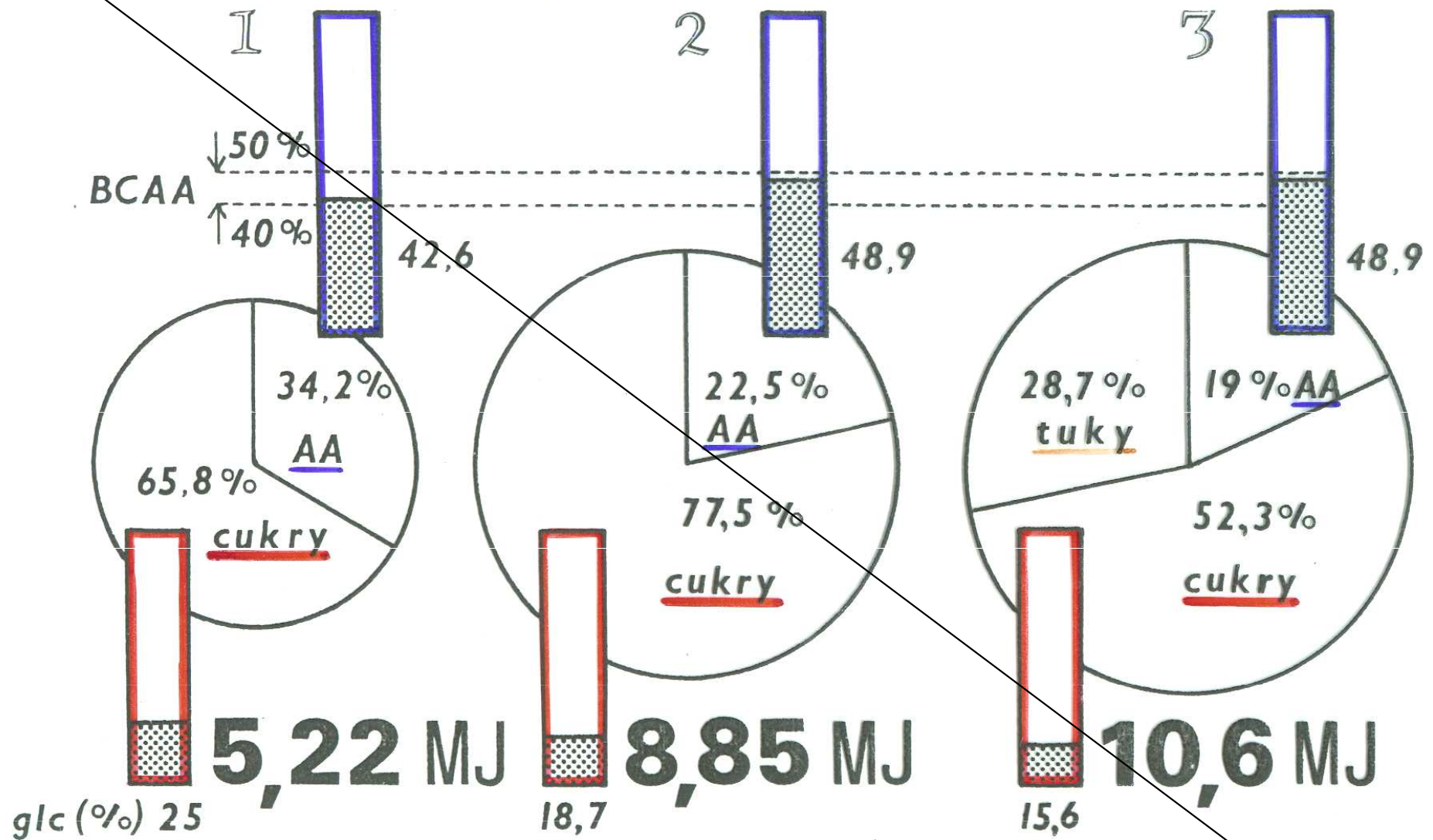
(obr. 74– 82)

Zvolené podmínky studia infúzí:

- 1/ isoenergetické (kJ)
- 2/ isovolumové (ml)
- 3/ isonitrické (g N)
- 4/ isoiontové (mmol iontů)
- 5/ isofazické (fáze odpovědi po traumatu)
- 6/ isochronické (denní doba)

## uspořádání infúzních pokusů

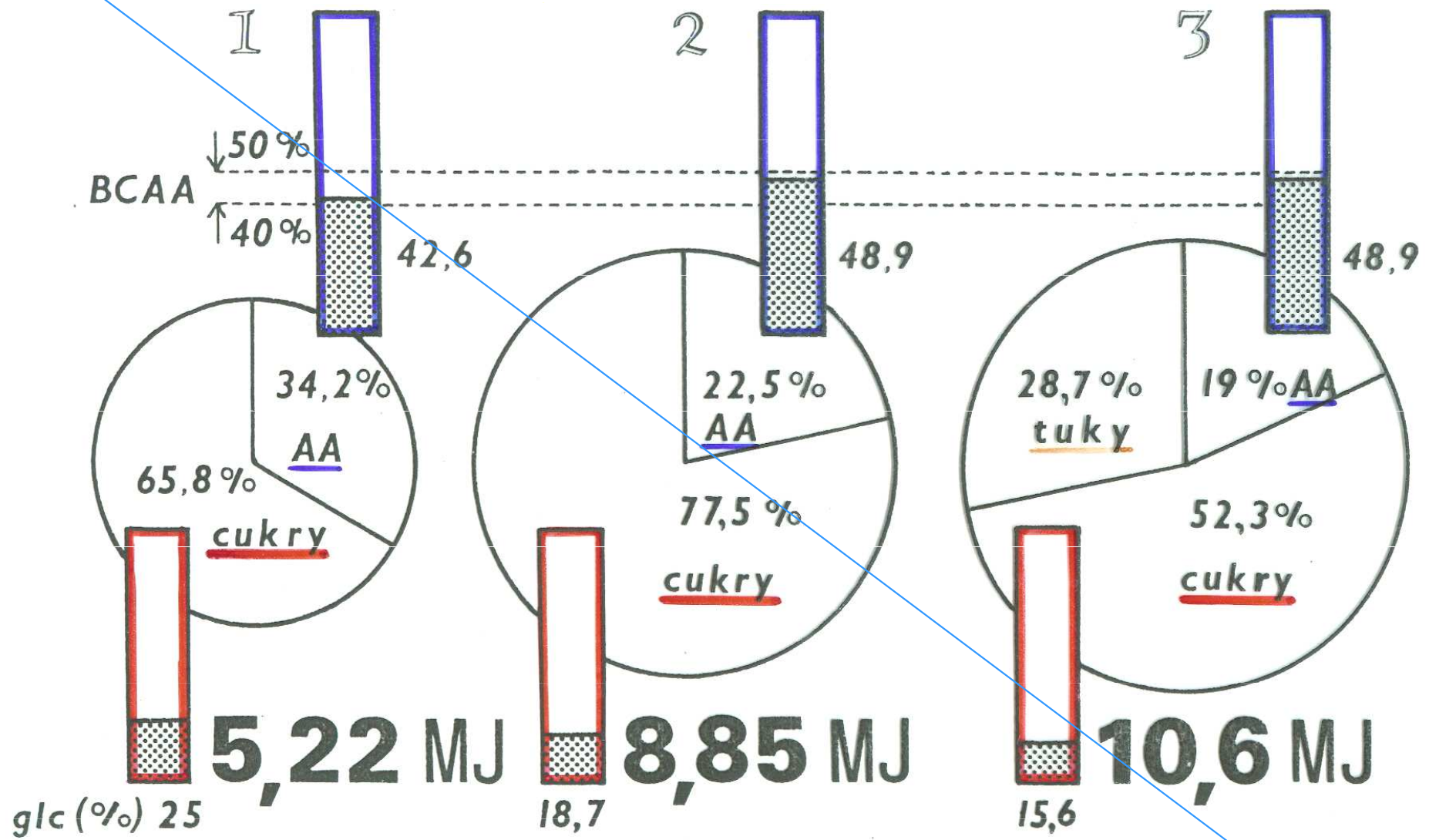






# 1. etapa / 1st stage :

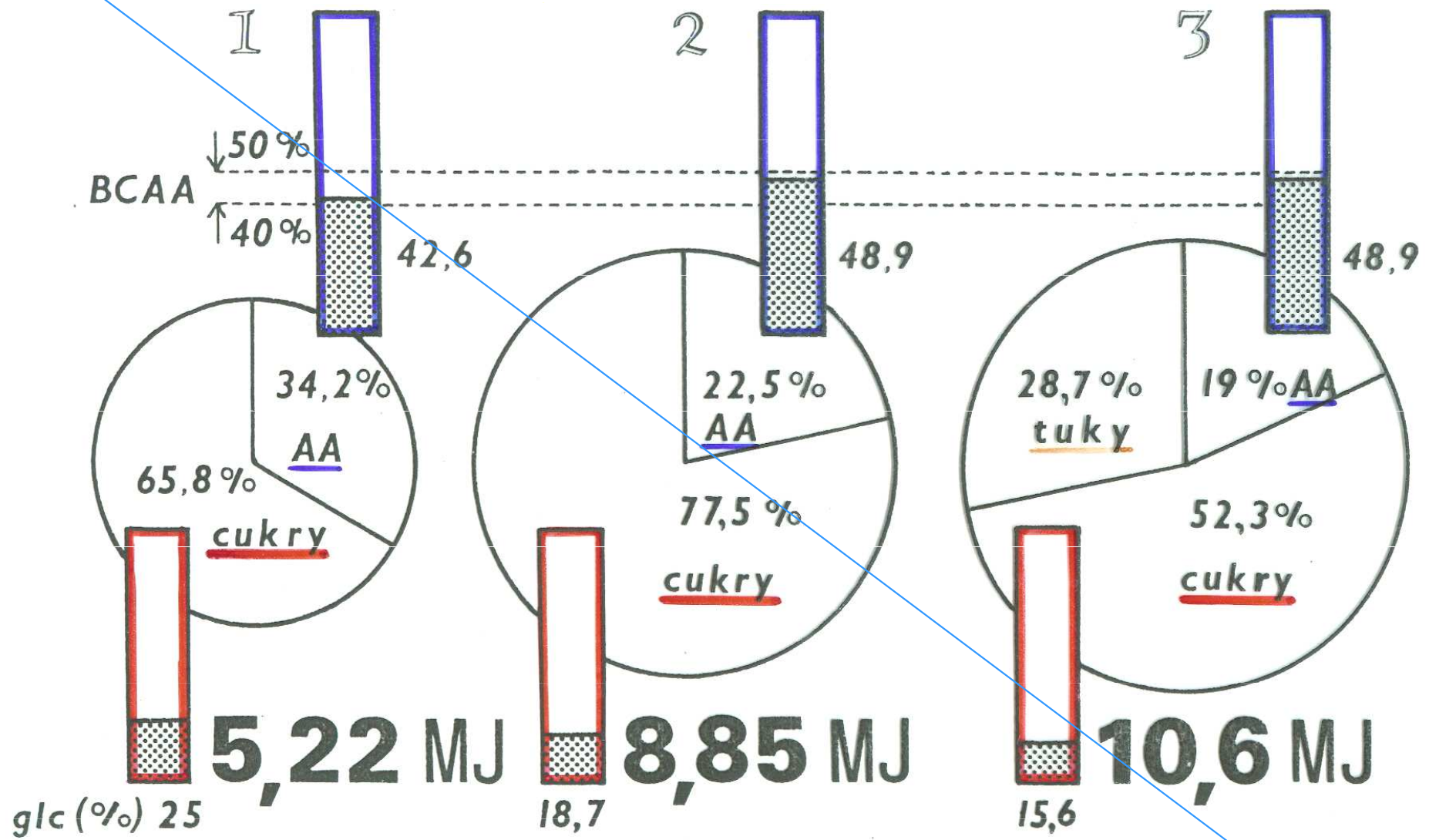






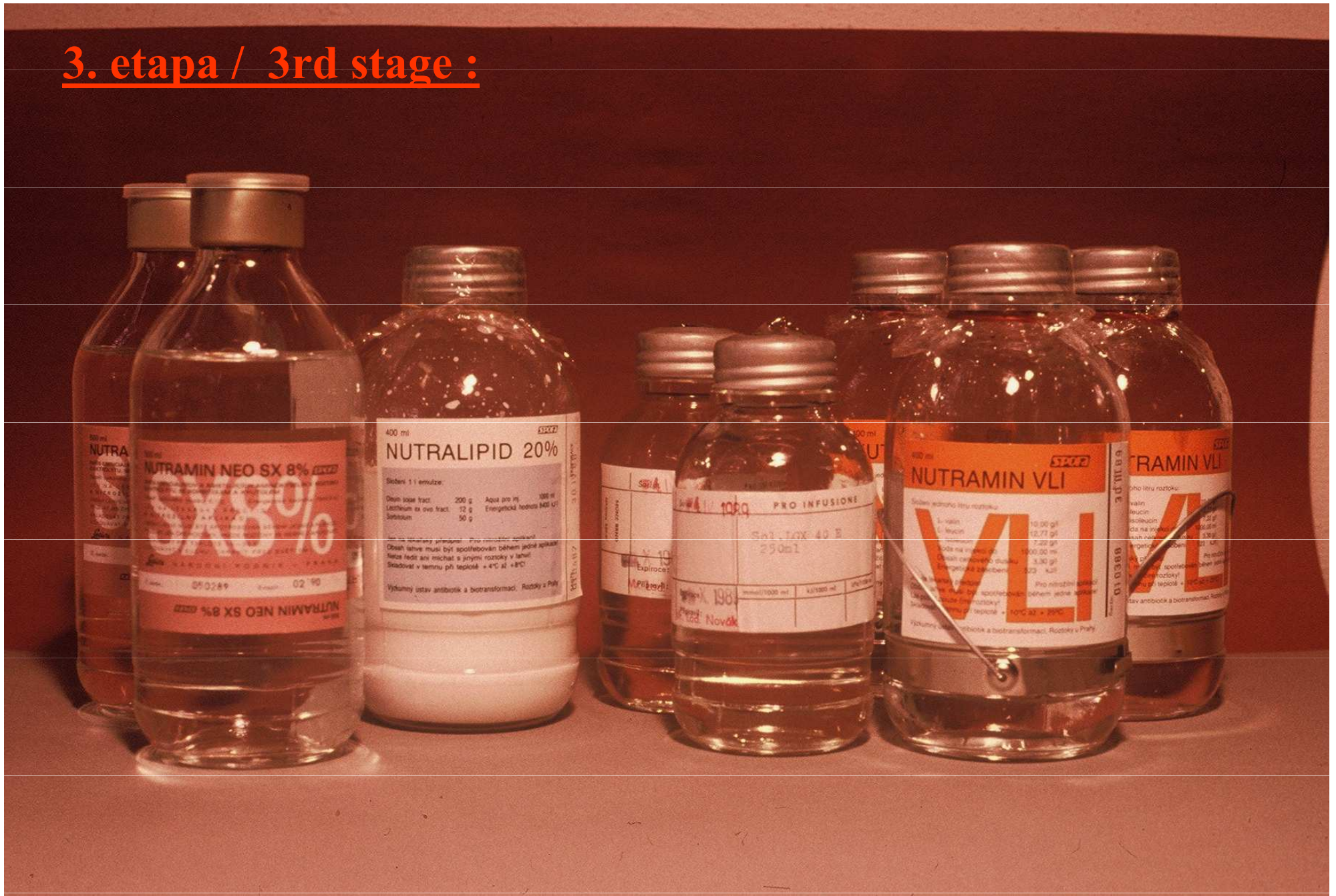
## 2. etapa / 2nd stage :





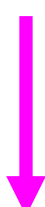


### 3. etapa / 3rd stage :



# Korekční vzorec pro úhradu vody za hypernatremie

$$\text{H}_2\text{O (litry)} = \frac{[\text{Na}^+] - 140}{140} \cdot \text{CTV}$$

  
**60 %  
hmotnosti**

(empirický vzorec)



# Roztoky zabezpečující dodávku volné vody

## **INFUSIO GLUCOSI 5%**

## **INFUSIO GLUCOSI 10%**

Infusní roztoky glukózy, určené k doplnění ztrát vody v organismu, jako nosné roztoky pro léčiva (5%, 10%). Zajištění nutriční potřeby organismu společně s roztoky aminokyselin, případně i tukových emulzí v systémech parenterální výživy.

**Balení:** 5% a 10% roztoky - skleněná láhev - 100 ml, 250 ml, 400 ml, 500 ml

- PE láhev - 500 ml

- PVC vak - 250 ml, 500 ml, 1000 ml

20% roztok - skleněná láhev - 500 ml

40% roztok - skleněná láhev - 500 ml

## **INFUSIO SORBITOLI 5%**

## **INFUSIO SORBITOLI 10%**

Vodné roztoky sorbitolu bez přísady elektrolytů. Sorbitol je alkoholický cukr, po intravenózním podání se metabolizuje převážně v játrech na fruktózu, jako zdroj energie lze použít ve výjimečných indikacích.

**Balení:** skleněná láhev - 500 ml



# Korekční vzorce: deficit chloridů

$$Cl^-_{(mmol)} \rightarrow 0,3 \cdot BE_{STD} \cdot hmotnost (kg)$$

(empirický vzorec)

## Korekční vzorce:

deficit hydrogenuhličitanu  
(„bikarbonátu“)

$$\text{HCO}_3^- (\text{mmol}) \rightarrow \frac{1}{8} \cdot \text{deficit HCO}_3^- \cdot \text{hmotnost (kg)}$$

↓  
(24 - HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>)

(empirický vzorec)



# Korekční vzorce: deficit draselných iontů

$K^+$   
(mmol)

1)  $\rightarrow ECT \cdot (4,4 - K^+) \cdot 3 + \text{substituce}$   
denních ztrát

2)  $\rightarrow ECT \cdot (4,4 - K^+)$   
~pH!

|              |         |
|--------------|---------|
| katabolismus | diureza |
| ABR          |         |
| <del>x</del> | n       |

|   |   |                        |
|---|---|------------------------|
| + | + | ↓ jen ně-<br>kolik hod |
|---|---|------------------------|

pH = 7,4  $\rightarrow$   $K^+ = 4,4 \text{ mmol/l}$   
pH = 7,5  $\rightarrow$   $K^+ = 3,8 \text{ mmol/l}$

(empirický vzorec)

# Roztoky ovlivňující a udržující krevní objem

## **DEXTRAN 6% ve fyziologickém roztoku**

6% roztok vysokomolekulárního polysacharidu dextransu o průměrné molekulové hmotnosti  $M_r$  70 000 v izotonickém roztoku chloridu sodného. Podstatou jeho účinku je schopnost vázat velké množství vody, která spočívá v koloidně osmotickém a onkotickém efektu dextransu podobně jako u plazmy. Dextran 6% je dočasná náhrada krevní plazmy u stavů, kde došlo ke ztrátám krevní tekutiny.

**Balení:** skleněná láhev - 500 ml  
PE láhev - 500 ml

## **RHEODEXTRAN 10% ve fyziologickém roztoku**

### **RHEODEXTRAN 10% v glukózovém roztoku**

10% roztok polysacharidu dextransu o průměrné molekulové hmotnosti  $M_r$  40 000 v izotonickém roztoku chloridu sodného nebo v 5% roztoku glukózy. Koloidní náhražka krevní plazmy se střednědobým plazmaexpanzivním účinkem, objem cirkulující krve zvyšuje až o 150 % podaného objemu. Má vyšší koloidně osmotický tlak než plazma, což vede k přesunu tekutiny do cévního řečiště také z vlastních zdrojů tělesných tekutin. Má specifický vliv na kapilární cirkulaci, zlepšuje rheologické vlastnosti krve, snižuje viskozitu krve a usnadňuje tkáňovou perfusi.

**Balení:** skleněná láhev - 500 ml

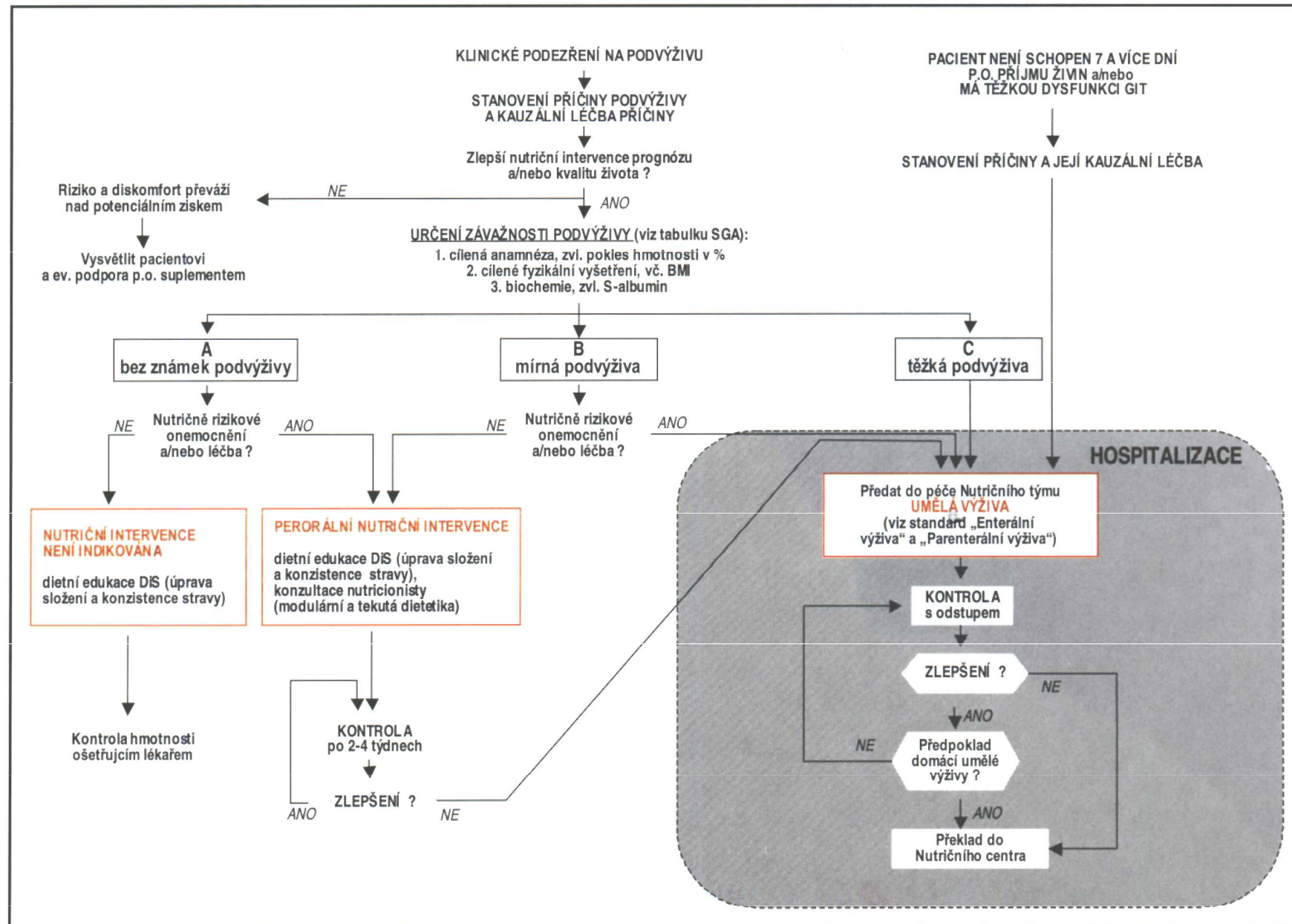
## **TENSITON**

Tensiton představuje kombinaci vysoce osmoticky účinného hypertonického roztoku chloridu sodného s lehce hyperonkoticky účinným roztokem vysokomolekulárního polysacharidu dextransu 70. Je určen pro rychlou resuscitaci oběhu malými dávkami ("small volume resuscitation"). Jedná se o postup, který představuje moderní trend v intenzivní péči o nemocné vyžadující agresivní resuscitaci a úpravou volumu v bezprostřední poagresivní fázi zabraňuje hypoperfusi tkání a orgánů.

**Balení:** PE láhev - 500 ml







**MALNUTRICE A JEJÍ LÉČBA** Česká spol. pro klinickou výživu a intenzivní metabolickou péči (Standard „Podvýživa“ 2002)

| tíže podvýživy               | typická kritéria  |
|------------------------------|---|
| A - klinicky nevýznamná      | <ul style="list-style-type: none"> <li>- pokles váhy do 10 %, s recentním váhovým vzestupem, -</li> <li>gastrointestinální symptomy řídké (méně než 2 týdny),</li> <li>- bez somatických a zcela bez funkčních známek podvýživy</li> </ul>                    |
| B - mírná až středně závažná | <ul style="list-style-type: none"> <li>- pokles váhy kolem 10 %, malý příjem živin,</li> <li>- denně gastrointestinální symptomy,</li> <li>- lehká deplece podkožního tuku, bez funkčních projevů</li> </ul>  |
| C - těžká podvýživa          | <ul style="list-style-type: none"> <li>- pokles váhy přes 15 %, pokračující, minimální příjem živin,</li> <li>- těžké časté gastrointestinální symptomy trvající přes 2 týdny,</li> <li>- deplece tuku a svalů, případně otoky, s funkční alterací</li> </ul> |

