



evropský  
sociální  
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

**Inovace předmětů biochemie a klinické biochemie v rámci spektra oborů lékařské fakulty a fakulty zdravotnických věd směrem k lepšímu uplatnění absolventů v oblasti vědy, výzkumu i praxe**

*Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.*



Ústav lékařské chemie a biochemie  
Lékařské fakulty  
Univerzity Palackého v Olomouci

# *Metabolismus kalia*

*Bartek Josef*



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

# Koncentrace kalia v tělních tekutinách

- Dospělí  
referenční rozmezí v séru :

3,6 - 5,4 mmol/l

# Koncentrace kalia v tělních tekutinách

- Dospělí  
referenční rozmezí v séru :

3,4 - 4,5 mmol/l

*Thomas L. Labor und Diagnose. Frankfurt: TH books Verlagsgesellschaft,  
5th edition, 1998*

# Koncentrace kalia v tělních tekutinách

- Dospělí  
referenční rozmezí v séru :

$\leq 60$  let<sup>1</sup>                    **3,3 - 5,1 mmol/l**

$> 60$  let<sup>2</sup>                    **3,7 - 5,4 mmol/l**

1 Tietz NW, Clinical guide to laboratory tests,  
Philadelphia:Saunders, 1995

2 Tietz NW, Laboratory values in fit aging individuals- sexagenarians through  
centenarians. Clin.Chem. 1992, 38: 1167-85

# Koncentrace kalia v tělních tekutinách

- Dospělí  
referenční rozmezí v séru :

serum <sup>1</sup>	(S-K)	3,7 - 5,5	mmol/l
plazma <sup>2</sup>	(P-K)	3,6 - 4,5	mmol/l

*perspektivní!*

1 Serum, COBAS INTEGRA ISE direct

2 Plasma, COBAS INTEGRA ISE direct

# Koncentrace kalia v tělních tekutinách

- Dospělí  
referenční rozmezí v séru :

3,6 - 5,4 mmol/l

# Koncentrace kalia v tělních tekutinách

- Novorozenci nedonošení
- Referenční rozmezí v krvi :

3,2 – 4,6 mmol/l

*ISE, indirect method, ROche Diagnostics, GmbH, serum*



# Koncentrace kalia v tělních tekutinách

- Novorozenci donošení
- Referenční rozmezí v krvi :

1 den – 4 týdny	3,6 - 6,1 mmol/l
1 - 12 měsíců	3,6 - 5,8 mmol/l
> 1 rok	3,1 - 5,1 mmol/l

*ISE, indirect method, ROche Diagnostics, GmbH, serum*

# Koncentrace kalia v tělních tekutinách

- referenční rozmezí v krvi :

> 6 h                    2,2 - 3,3 mmol/l

> 5 d                    2,8 - 4,4 mmol/l

odběry s protiglykolytickým prostředkem

*Witt I, Trendelenburg C. Gemeinsame Studie zur Erstellung von Richtwerten für klinisch-chemische Kenngrößen im Kindesalter. J Clin Chem Clin Biochem 1982, 20, 235-42*

# Koncentrace kalia v tělních tekutinách

- Novorozenci

referenční rozmezí v krvi :

1 - 2 r                      1,8 - 6,2 mmol/l

3 - 4 r                      2,9 - 5,4 mmol/l

5 - 6 r                      3,8 - 5,5 mmol/l

*Keller H. Klinisch-chemische Labordiagnostik für die Praxis. Stuttgart, New York,*

*Thieme 2nd edition, 1991*

# Koncentrace kalia v tělních tekutinách

- Dospělí  
referenční rozmezí v séru :

$\leq 60$  let<sup>1</sup>                    **3,3 - 5,1 mmol/l**

$> 60$  let<sup>2</sup>                    **3,7 - 5,4 mmol/l**

1 Tietz NW, Clinical guide to laboratory tests,  
Philadelphia:Saunders, 1995

2 Tietz NW, Laboratory values in fit aging individuals- sexagenarians through  
centenarians. Clin.Chem. 1992, 38: 1167-85

# Koncentrace kalia v tělních tekutinách

- Dospělí  
referenční rozmezí v séru :

3,6 - 5,4 mmol/l

# Koncentrace kalia v tělních tekutinách

Dospělí

referenční rozmezí v séru :

3,6 - 5,4 mmol/l      platí jen při pH=7,4

při poklesu pH o 0,1 ( acidemie)

stoupá S-K: + 0,4 až 0,6 mmol/l    cca + 0,6mmol/l

při vzestupu pH o 0,1 (alkalemie)

klesá S-K: - 0,4 až 0,6 mmol/l      cca – 0,5 mmol/l

# Koncentrace K v tělních tekutinách

- Moč

referenční rozmezí pro dU- K:

35 - 80 mmol/den

při diuréze 2 litry/den je koncentrace U- K:

17,5 - 40 mmol/l

*Laboratorní manuál, OKB FN, Olomouc, 1992*



# Koncentrace K v tělních tekutinách

- Mozkomíšní mok

referenční rozmezí :

< 16 r      1,8 - 4,6 mmol/l

*Roche Diagnostics, Pack inserts, 2004*

dospělí      2,2 - 4,2 mmol/l

( CSF-glukóza = cca 60% P-glukózy )

*Rick W. Klinische Chemie und Mikroskopie. Berlin, Heidelberg, New York,  
Springer, 6th edition, 1990*



# Koncentrace K v tělních tekutinách

- Referenční rozmezí:

Erytrocyty (ICT)	95 (150) mmol/l
Plodová voda	2,5 - 4,2 mmol/l
Žluč	< 0,3 - 0,4 mmol/l
Lymfa	2,7 - 11,1 mmol/l
Pleurální tekutina	totožná s plazmou
Synoviální tekutina	totožná s plazmou
Pot	4,2 - 16,0 mmol/l

# Základní parametry K metabolismu

• Střevo	Tkáně	Moč
<i>příjem: 30-100 mmolden (1-2 mmol / kg / den )</i>	<b>ICT</b> <i>3 600 mmol 98 % koncentrace =150 mmol/l</i>	<i>ztráty: 20 – 100  koncentrace (U-K) = 5 ....20...100..200 mmol/l</i>
<i>výdej: - 5 mmol/den</i>	<b>ECT</b> <i>55 mmol 2 % koncentrace (S-K) = 4 mmol/l</i>	
	<i>0,5...1....3...3,6 - 5,5... 6,0 ...9 mmol/l</i>	

# Základní parametry K metabolismu

- *K se vylučuje hlavně ledvinami a (střevem)*
- *Denní potřeba K je cca 1-2 mmol/ kg/ den*
- *Denní odpad močí je cca 20 – 100 mmol/den a zhruba odpovídá dennímu příjmu K*
- *Ztráty K stolicí mají význam jen při profúzních průjmech*
- *Zvracení čistého žaludečního obsahu nezpůsobí ztrátu K, při silných zvraceních (duodenální obsah) jde o nejčastější ztráty K*

# Základní parametry K metabolismu

- *Hypokalemie je VŽDY příznakem nedostatku intracelulárního K (deficit lze odhadnout nomogramem)*
- *Hyperkalemie může vzniknout při zvýšené koncentraci ICT-K, v normě ICT-K i při snížené koncentraci ICT – K*
- *Hodnocení koncentrace K v séru a plazmě je nutno vždy srovnávat s výsledkem analýzy pH v krvi (ASTRUP) ze stejného odběru ( času)*
- *Při těžkém stavu ordinujeme soubor: minerály( K, Na, Cl, Ca, Mg) + ASTRUP*

# Základní parametry K metabolismu

- *Hyperkalemie i hypokalemie blokují převod vzruchů. Příznaky jsou nebezpečnější, čím rychleji porucha vznikla*
- *ICT-K poruchy se projevují především na EKG*
- *Tetanie – zvýšená neuromuskulární dráždivost –*

*Györgyův koeficient:*

$$K = \frac{K^+ \cdot HPO^{2-} \cdot HCO_3^-}{Ca^{++} \cdot Mg^{++} \cdot H^+}$$

*Prodromy: parestezie(perorálně), bolesti ve svalech, mravenčení v kůži.*

*Záchvat:pocit strachu, křeče svylů paží a noh, prsty tvoří špetku, ústa ve tvaru rybí tlamy, bolesti hlavy, vzácně laryngospasmus, angina pectoris+viscerální tetanie.*

*Trousseauův test, Chvostkův příznak.*

# Základní parametry K metabolismu

- *Hyperkalemie i hypokalemie blokují převod vzruchů. Příznaky jsou nebezpečnější, čím rychleji porucha vznikla*
- *ICT-K poruchy se projevují především na EKG*
- *Tetanie – zvýšená neuromuskulární dráždivost –*

*Györgyův koeficient:*

$$K = \frac{K^+ \cdot HPO^{2-} \cdot HCO_3^-}{Ca^{++} \cdot Mg^{++} \cdot H^+}$$

*Analýza: Trousseauův test, Chvostek, EMG*

*Laboratoř: Ca, Mg, K, P, Astrup, celková bílkovina, glukóza*

*ionizované  $Ca^{++}$  , ionizované  $Mg^{++}$*

# Hypokalemie $S-K < 3,5 \text{ mmol/l}$

## *Etiologie:*

- 1. GIT - nejčastější ztráty při zvracení, průjmy, drenáže a sondy, píštěle, ileus, akutní pankreatitida, vilózní adenom, projímadla, střevní vývody, (žaludeční sonda), nedostatek ve výživě enter. i parenterální*
- 2. LEDVINY - osmotická diuréza (DM), ASL (polyurická fáze), RTA (určité formy), alkalóza, urémie, chron. interst. nefritida, Cushingův syndrom, hyperaldosteronismus, jaterní cirhóza*
- 3. Transmineralizace - (přestup K do ICT buněk): při alkalóze, při léčbě acidozy, při inzulinoterapii (inzulin + glukóza), přechod z katabolismu do anabolismu*
- 4. Iatrogenní příčina – K-nešetřící diuretika, glukokortikoidy, amfotericin B. Beta2sympatomimetika, projímadla*

# Hypokalemie    S-K < 3,5 mmol/l

*Klinický obraz : obecně svalová slabost*

- 1. Arytmie – brady- i tachykardie, pod 2,5 mmol/l : fibrilace komor, hypotenze, při hypertenzi: M.Cushing, hyperaldosteronismus*
- 2. Toxicita DIGOXINU - i v terapeutických mezích pro digoxin  
S-digoxin: 1 - 2,5 ug/l nalačno/stady state*
- 3. Svalová slabost - poruchy polykání, snížené reflexy, parestézie, bolesti svalů, tetanus svalů, závažné: porucha dýchacích svalů, pokles motility střev: zácpa až paralytický ileus (neprůchodnost střev)*
- 4. Polyurie, polydipsie – nedostatek K (deficit) poškozuje ledviny*
- 5. Centrální příznaky - apatie, zmatenost, kóma*



# Hypokalemie $S-K < 3,5 \text{ mmol/l}$

## *Diagnostika :*

- 1. Analýza K v séru (plazmě) – včetně S-kreatininu*
- 2. Analýza K v moči - je-li U-K  $< 20$  (resp.25) mmol/l, svědčí tento nálezn pro šetření K zdravými ledvinami, tj. nesvědčí pro renální ztráty ledvinami*
- 3. Analýza odpadů K v moči – dU-K : zcela nepostradatelný nástroj pro hodnocení bilancí a správnou terapii (substituci) K*
- 4. Astrup (vyšetření acidobazické rovnováhy) – nalézáme metabolickou alkalozu ( zvýšené standardní bikarbonáty  $\text{HCO}_3^-$  , resp. zvýšený Base Exces (  $\text{BE} > + 3 \text{ mmol/l}$ ), výrazná alkalóza svědčí o chronickém procesu: očekáváme nutnost substituce K několik dnů*
- 5. EKG - ( není P, není T , ale je U .....PoTasiUm)*

# Hypokalemie $S-K < 3,5 \text{ mmol/l}$

*Diagnostika :*

*EKG - změny nastupují při:  $S-K < 3,0$  až  $2,5 \text{ mmol/l}$*

- *Extrasystoly*
- *Zkrácení PQ*
- *Prodloužení QT,*
- *Oploštění, mizení až negativita T-vlny ( deprese ST )*
- *Přítomnost nové U-vlny (až splynutí s T-vlnou)*

# Hypokalemie $S-K < 3,5 \text{ mmol/l}$

## *Terapie :*

- 1. Často stačí p.o.substituce-banány, pomerančová šťáva,sušené ovoce, tbl.KCl – pozor na vředy v tenkém střevě (!),proto nutný zvýšený přívod tekutin*
- 2. Při metabolické acidoze místo  $\text{NaHCO}_3$  lze podat  $\text{KHCO}_3$  ( ale dráždí žaludek)*
- 3. Základní pravidlo pro substituci  
ke zvýšení o 1 mmol/l sérové koncentrace K potřebují:  
při hypokalémii  $< 3 \text{ mmol/l}$  .....nejméně 200 mmol K  
při hypokalémii  $3 - 3,5 \text{ mmol/l}$ ....nejméně 100 mmol K  
pozor: při anurii je kontraindikace podávání K*

# Hypokalemie $S-K < 3,5 \text{ mmol/l}$

*Terapie :*

*Základní pravidlo pro substituci*

*ke zvýšení o 1 mmol/l sérové koncentrace K potřebují:*

*při hypokalémii  $< 3 \text{ mmol/l}$  .....nejméně 200 mmol K*

*při hypokalémii  $3 - 3,5 \text{ mmol/l}$ ....nejméně 100 mmol K*

*pozor: při anurii je kontraindikace podávání K*

***1M KCl = 7,45 % KCl***

***1 ml = 1 mmol***

*Pozor na maximální rychlost 10-20-40 mmol K /hod, maximální koncentraci K 40 mmol/l do vena cubiti a maximální denní dávka 100 – 200 mmol K / den !!!*

# Hyperkalemie $S-K > 5,6 \text{ mmol/l}$

## *ETIOLOGIE :*

- 1. Renální insuficience s oligurií/anurií , snížené vylučování*
- 2. Acidoza, přechod K z ICT buněk do ECT (sérum) hyperosmolalita*
- 3. Uvolňování K ze tkání:úraz-crush sy, operace, popáleniny, hematomy, hemolýza, terapie cytostatiky, masivní transfuze-velmi často!, krvácení do GIT*
- 4. Insuficience kůry nadledvin ( m .Addison ), snížené vylučování*
- 5. Iatrogenní: při terapii šetřícími diuretiky, inadequateční infuze*

# Hyperkalemie $S-K > 5,6 \text{ mmol/l}$

## *ETIOLOGIE :*

5. *Iatrogenní: léky působící hyperkalemii- K šetřící diuretika (amidaron, spiroolakton), beta-blokátory, nesteroidní antirevmatika, ACEEI, statiny, sukcinylcholin. Výrazná hyperkalemie při kombinacích: ACEI a antagonisté aldosteronu, statiny a některé beta.blokátory.*

*dále preparáty obsahující K – staré krevní konservy, K-penicilin, KCl*

6. *Pseudohyperkalemie: falešné zvýšení v důsledku hemolýzy při centrifugaci, při trombolýze a leukémii je rychlý rozpad buněk po odběru*

# Hyperkalemie $S-K > 5,6 \text{ mmol/l}$

*Klinický obraz:*

- 1. Poruchy srdečního rytmu*
- 2. Parestezie, hypo- až areflexie*
- 3. Svalová slabost, zácpa*
- 4. Acidoza*

*Při nízkém S-Na a nebo S-Ca zvýraznění příznaků*

# Základní parametry K metabolismu

- *Hyperkalemie i hypokalemie blokují převod vzruchů. Příznaky jsou nebezpečnější, čím rychleji porucha vznikla*
- *ICT-K poruchy se projevují především na EKG*
- *Tetanie – zvýšená neuromuskulární dráždivost –*  
*Györgyův koeficient:  $K^+ \cdot HPO^{2-} \cdot HCO_3^-$*

$$K = \frac{\text{-----}}{\text{-----}}$$

$$Ca^{++} \cdot Mg^{++} \cdot H^+$$

- *Při K nad 8,00 : komorová fibrilace*  
*Analýza: Trousseauův test, Chvostek, EMG*  
*Laboratoř: Ca, Mg, K, P, Astrup, celková bílkovina*

*ionizované  $Ca^{++}$  , ionizované  $Mg^{++}$*



# Hyperkalemie $S-K > 5,6 \text{ mmol/l}$

## *DIAGNOSTIKA:*

- 1. Laboratoř- elektrolyty v séru: Na, K, Cl (Mg, Ca)  
S-kreatinin (fn. ledvin ?)  
CK, myoglobin (rozpad bb/svalů?)  
elektrolyty v moči  
ASTRUP (ABR)*
- 2. EKG - ploché P  
A-V blokáda (rozšíření QRS)  
vysoké T (gotické)*

# Hyperkalemie $S-K > 5,6 \text{ mmol/l}$

*DIAGNOSTIKA:*

*EKG - ploché P*

*A-V blokáda (rozšíření QRS)*

*vysoké T (gotické), hlavně v hrudních svodech*

*arytmie komor až flutter nebo fibrilace komor*

*bradykardie*

*zástava srdeční*

*$S - K > 6 \text{ mmol/l}$     $S - K > 8 \text{ mmol/l}$  : komorová  
fibrilace*

# Hyperkalemie S-K > 5,6 mmol/l

## TERAPIE:

### 1. Chronická hyperkalemie

- *léčba příčiny (acidoza), změna léků např. diuretik*
- *dietní omezení (snížit příjem ovoce, zelenin, ovocných šťáv, masa)*
- *Iontoměniče ( např. Ca – resonium – 4x 15g/den )  
Negativní účinky: zácpa (proto: + sorbit apod.)*

# Hyperkalemie S-K > 5,6 mmol/l

## TERAPIE:

### 1. *Akutní hyperkalemie v intenzivní péči*

- *forzírovat diurézu*
- *Glukoza + inzulin*
- *Ca-glukonicum*
- *NaCl*
- *Beta2-sympatomimetika*
- *NaHCO<sub>3</sub>*
- *DIALÝZA*

# Hyperkalemie – modelová situace

## *Ukázkový model:*

Muž, 57 let, automobilová nehoda-polytrauma,  
hyperventilace, puls 130/min, TK 60/40 mmHg  
Sérové hodnoty v mmol/l: Na 141, K 8,1,  
Cl 108, NaHCO<sub>3</sub> 9, urea 16,9, kreatinin 111

Priority resuscitace: ABC Airway-dýchací cesty, Breathing-  
dýchání, Circulation-krevní oběh

Vysoké K (+ Astrup)....Ca glukonicum, inzulin+glukoza  
dialýza

Acidoza ( laktátová ?)

# Hypokalemie - modelová situace

- Modelová situace: viz slide

Etiologie stavu:

Nasazení vysokých dávek K-nešetřícího diuretika (furosemid)

- Furosemid ex
- Nasazení K-šetřícího diuretika: Amidaronu
- + evn. substituce 1M KCl

*Děkuji za pozornost*