

**COLOURS** 17th  
**of OSTRAVA!!!**



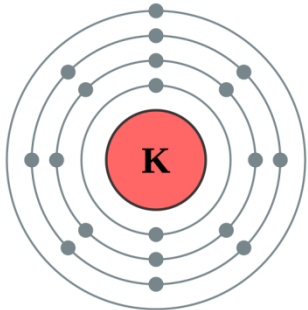
BACK TO

BASICS

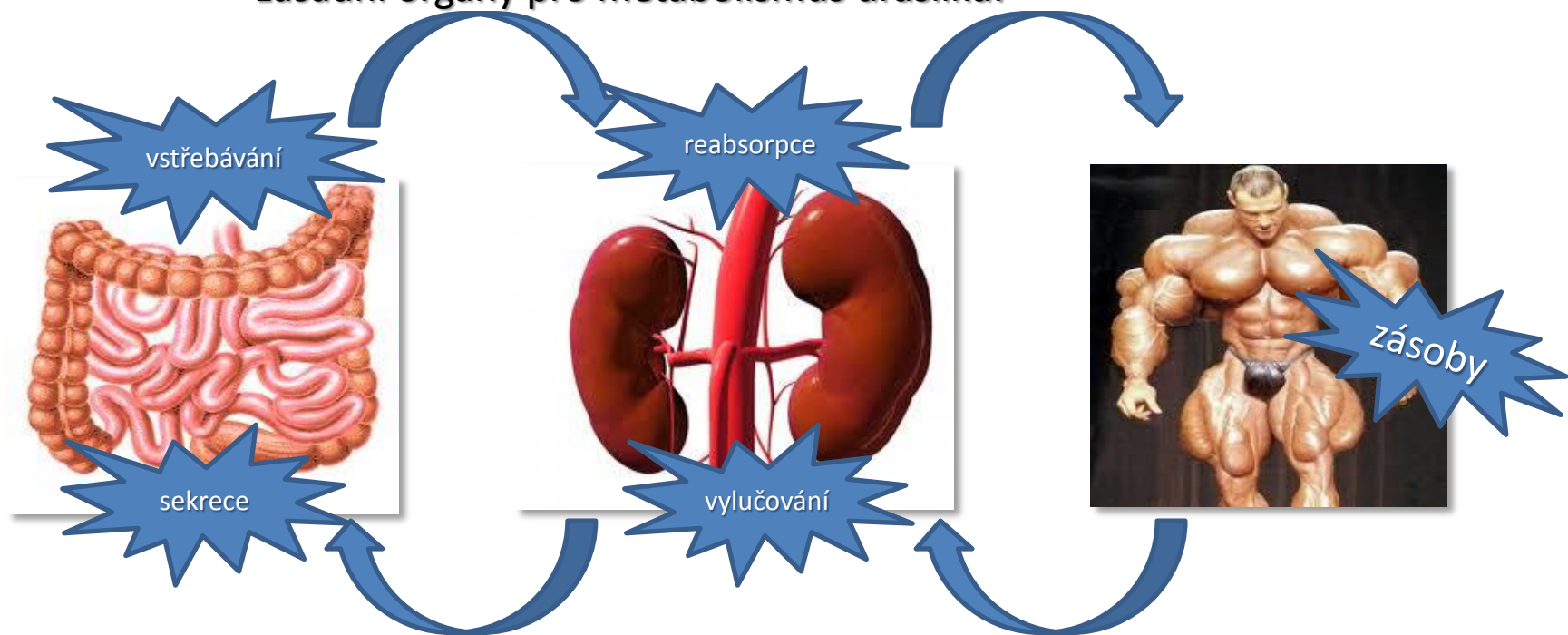
Draslík

Jiří Chvojka



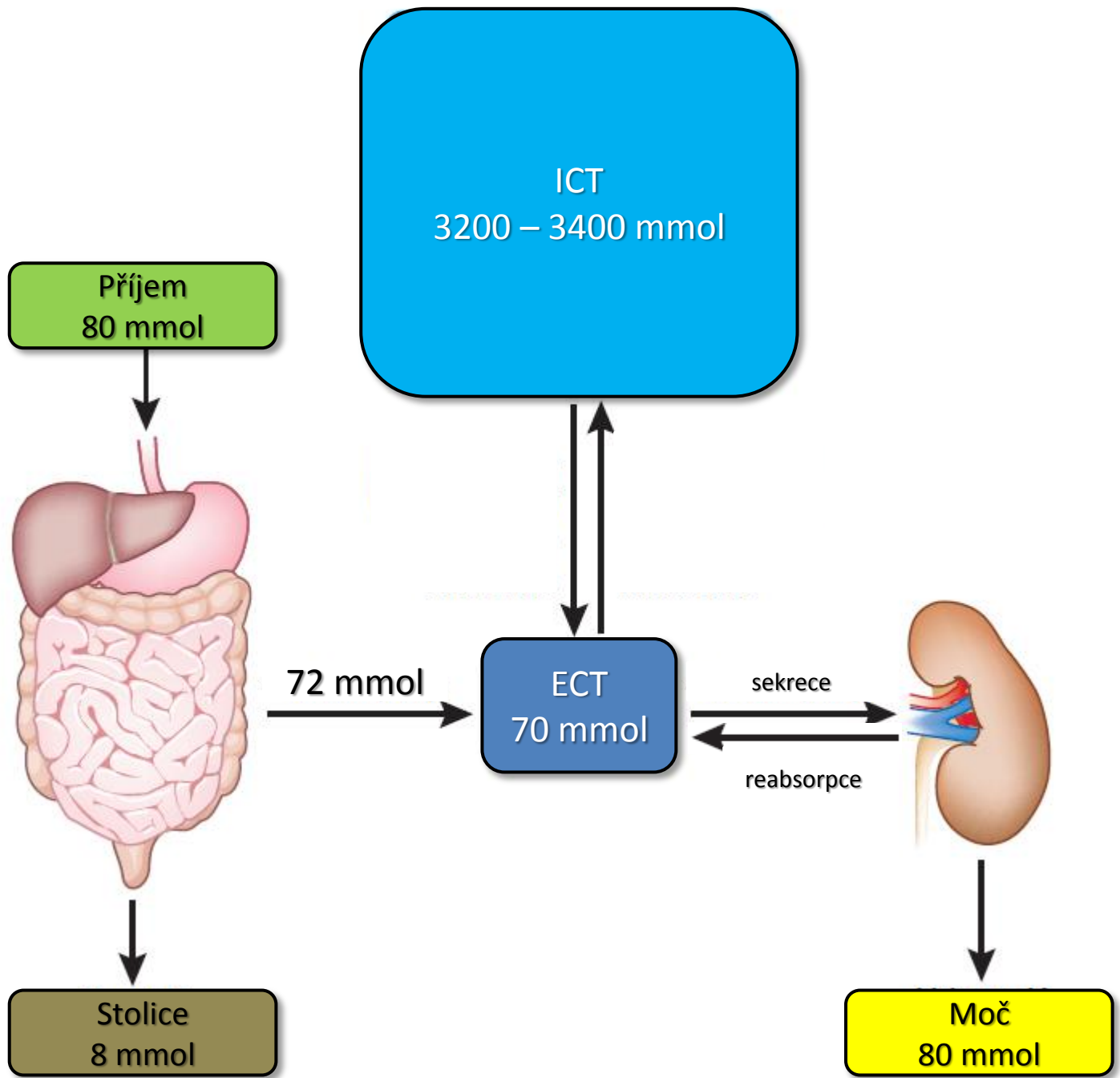


- nejvýznamnější intracelulární kationt
- 50 mmol/kg tělesné hmotnosti, 90-100g
- 98% v ICT
- průměrná koncentrace 140-150 mmol/l v ICT
- normální plazmatická hladina 3.7-5.3 mmol/l
- ovlivňuje funkci intracelulárních enzymů a excitabilitu tkání
- excitabilita ovlivněna především  $K_I/K_E$
- malé změny koncentrací vedou k významným změnám excitability
- zásadní orgány pro metabolismus draslíku:



• plazmatické změny draslíku spojené s nárůstem mortality

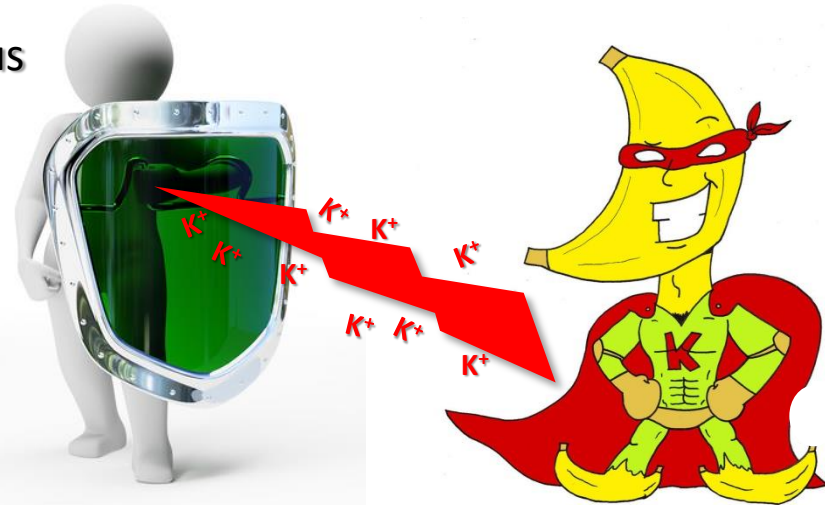
The relationship between serum potassium, potassium variability and in-hospital mortality in critically ill patients and a before-after analysis on the impact of computer-assisted potassium control  
*Critical Care*



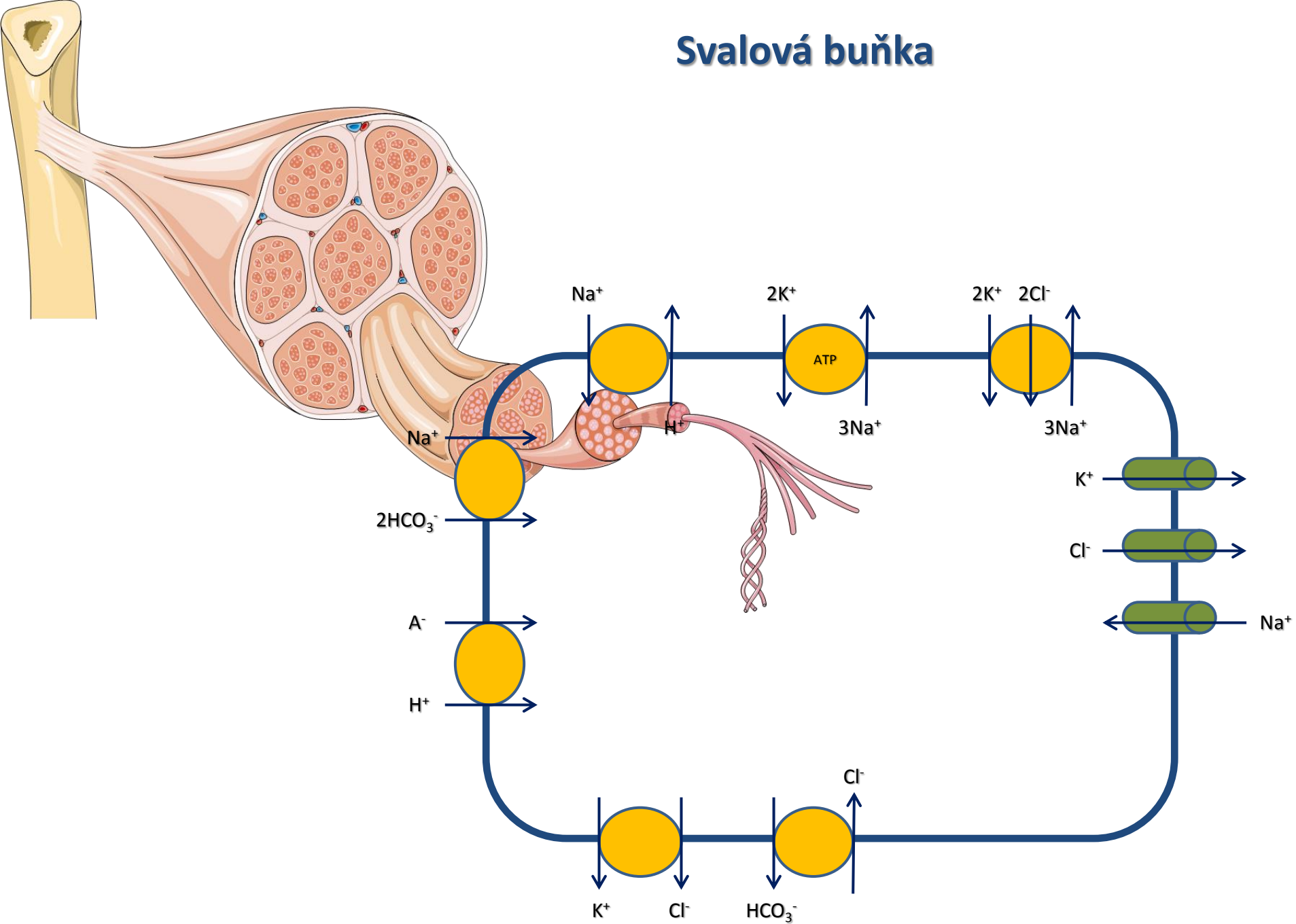


- vylučování draslíku ledvinami je poměrně pomalý regulační mechanismus
- krátkodobé udržování draslíkové homeostázy se děje převážně **transcelulárním shiftem**
- dlouhodobé hospodaření draslíkem ovlivněno příjmem a vylučováním ledvinami

- po akutní náloži draslíku potravou pouze 50% je vyloučeno v následujících 4 – 6 hodinách ledvinami
- ze zbývajících 50% je více než 80% zadrženo ve tkáních, přechod do buněk svalů, jater, zvýšené vylučování draslíku střevem
- velmi těsně hormonálně kontrolovaný mechanismus



# Svalová buňka



# Regulace vstupu draslíku do/z buňky

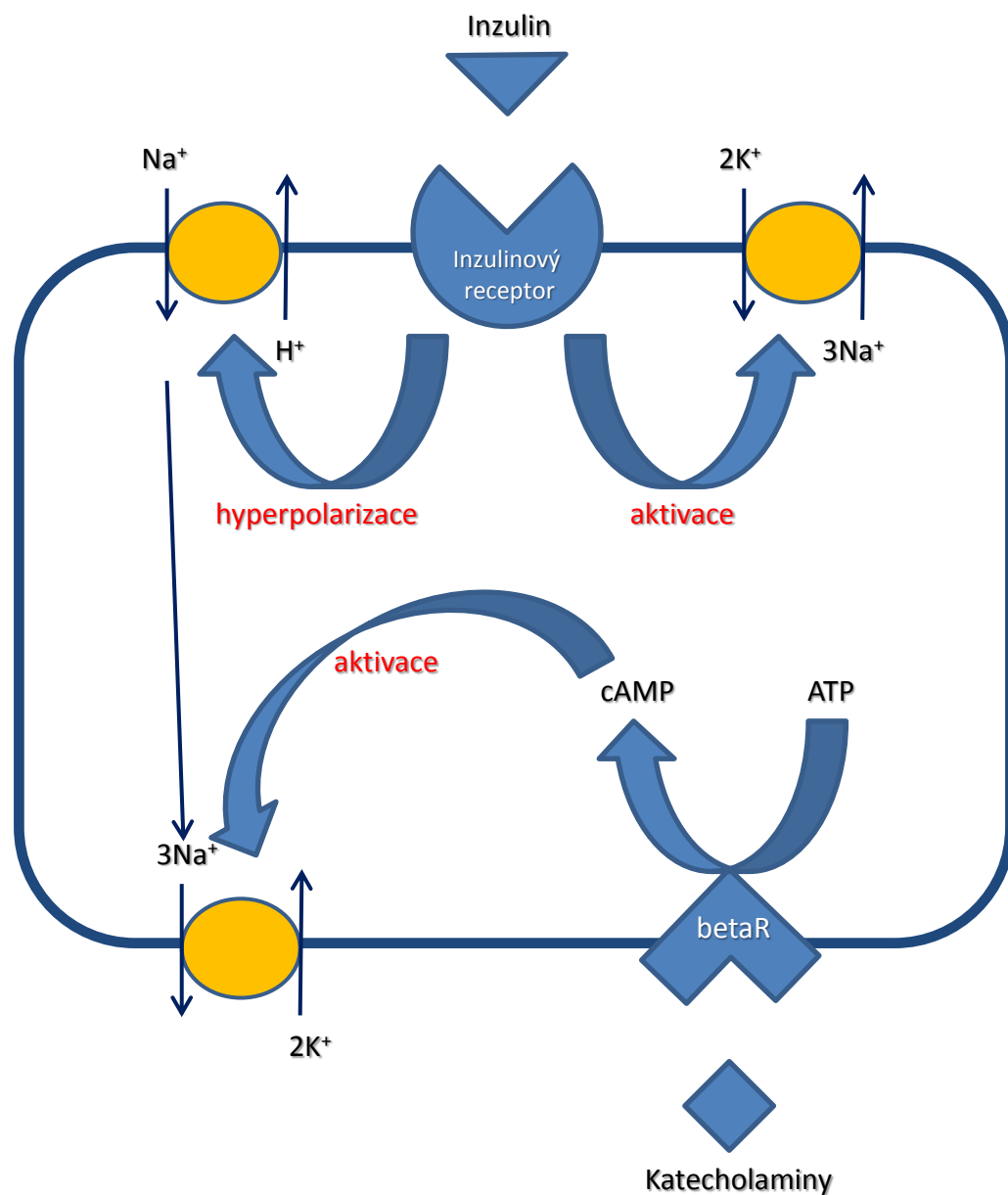
Kalémie

Inzulin

Katecholaminy

pH

Aldosteron



## Regulace vstupu draslíku do/z buňky

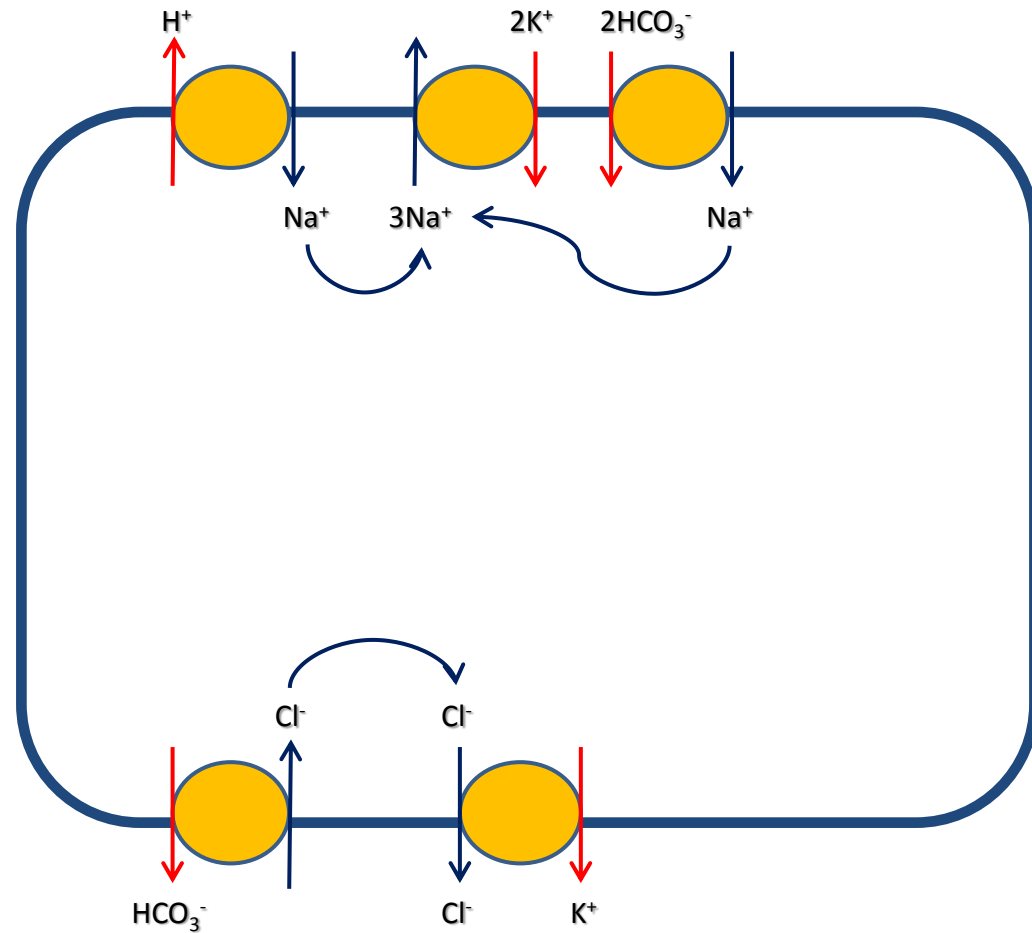
*Kalémie*

*Inzulin*

*Katecholaminy*

*pH*

*Aldosteron*





## Regulace vstupu draslíku do/z buňky

Kalémie

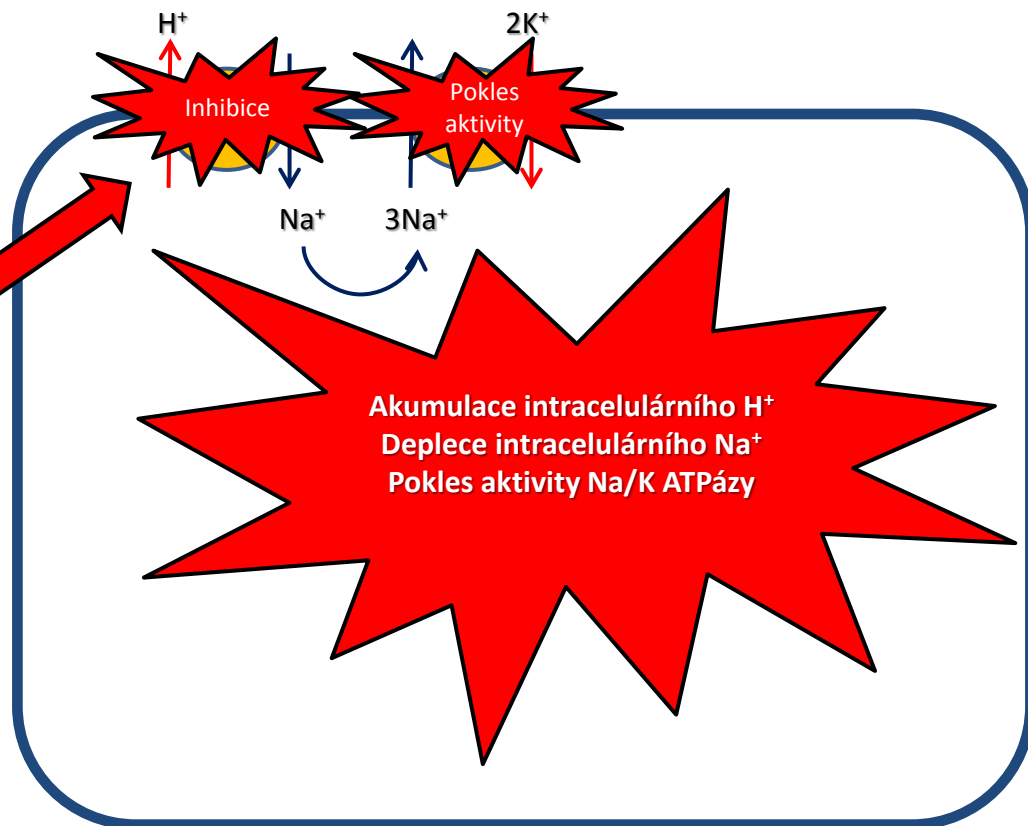
Inzulin

Katecholaminy

*pH*

Aldosteron

# Acidóza



## Regulace vstupu draslíku do/z buňky

Kalémie

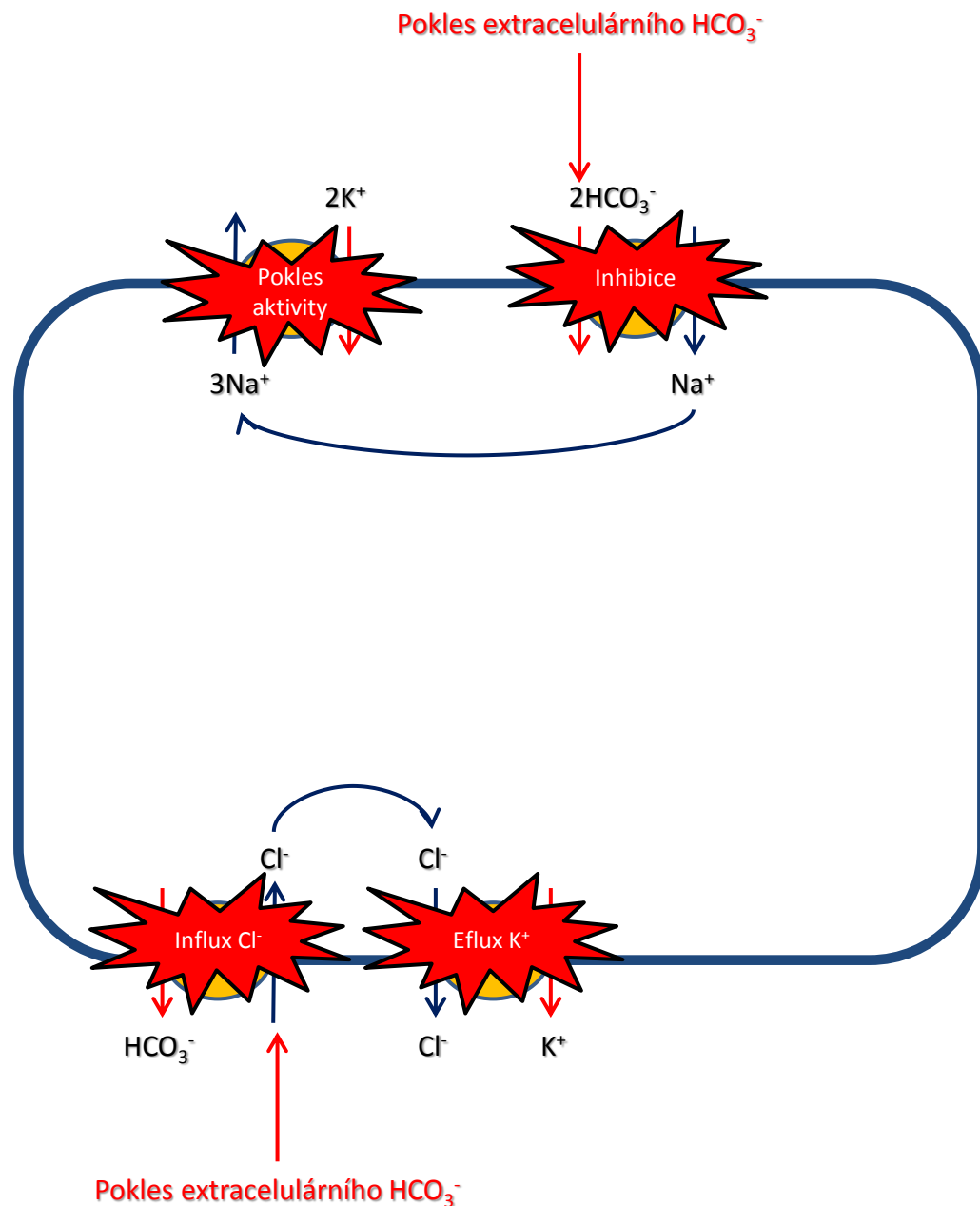
Inzulin

Katecholaminy

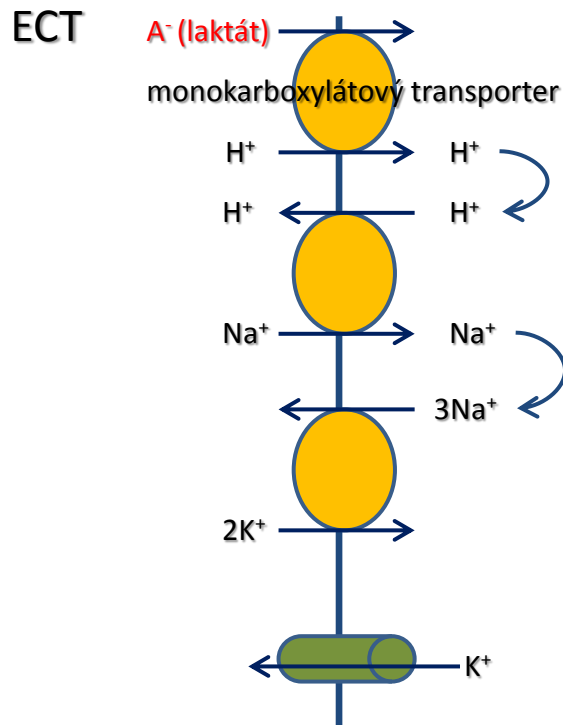
*pH*

Aldosteron

# Acidóza



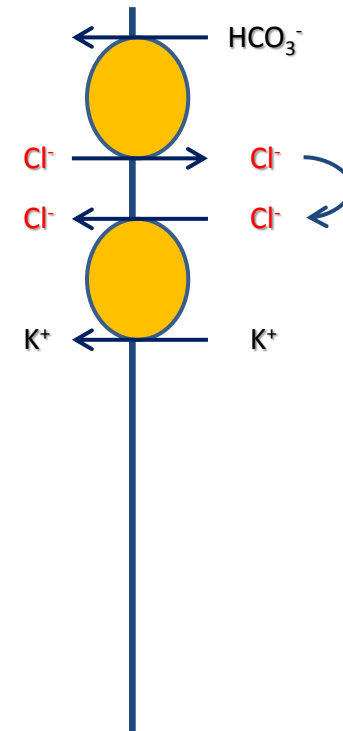
Hyperchloremická metabolická acidóza způsobuje větší eflux draslíku extracelulárně než high-anion gap acidóza (např. laktátová) .



**High-anion gap acidosis**

ICT

ECT



ICT

**Hyperchloremic acidosis**

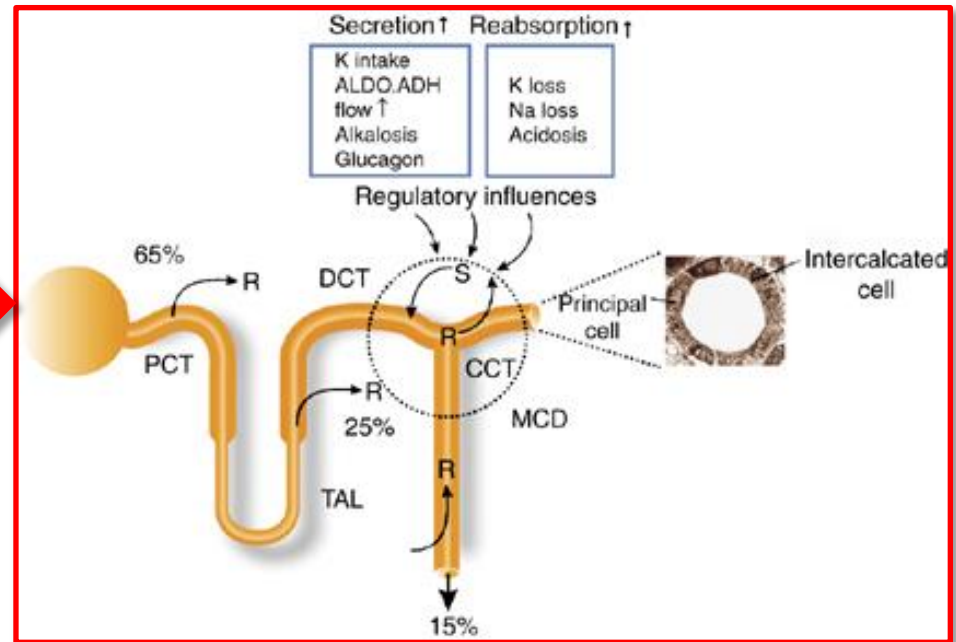
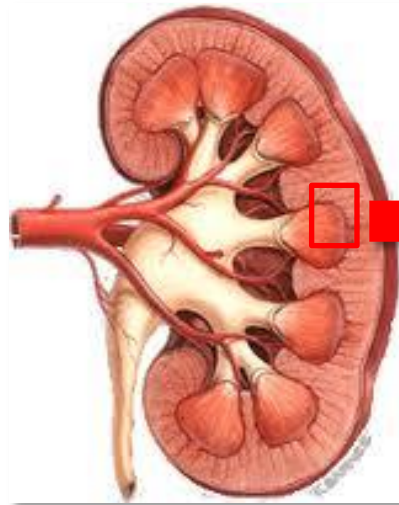
- na extracelulární koncentraci draslíku má vliv extra a intracelulární acidóza
- při organické high-anion gap acidóze stimuluje intracelulární influx sodíku aktivitu Na/K ATPázy
- Na/K ATPáza současně ovlivněna intracelulárním pH, její aktivita závisí na tíži intracelulární acidózy
- čím nižší intracelulární pH tím větší míra inhibice Na/K ATPázy

**Relationship between blood pH and potassium and phosphorus during acute metabolic acidosis**

J. R. Oster , G. O. Perez , C. A. Vaamonde

American Journal of Physiology - Renal Physiology Published 1 October 1978

# Ledviny



- pasivní reabsorpce v proximálním tubulu (70% filtrovaného draslíku)
- reabsorpce v tlustém raménku Henleovy kličky (25%) pomocí  $\text{Na}^+\text{-K}^+\text{-Cl}^-$  ko-transportu
- v distálním nefronu dochází k reabsorpci za účasti  $\text{K}^+/\text{H}^+$  antiportu (interkalární buňky)
- dochází zde však i k sekreci (ROMK a BK kanály)
- zásadní pro hospodaření s draslíkem v ledvinách jsou

1. kalémie
2. aldosteron

# DRASLÍK

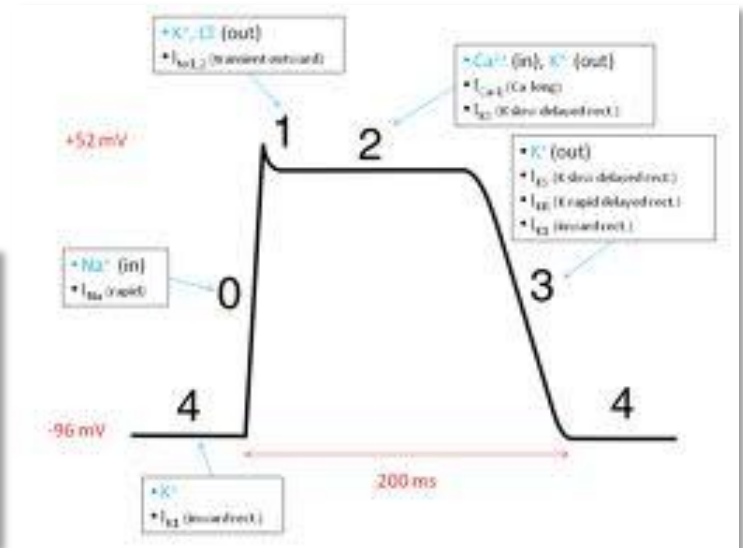
- zásadní význam pro vzrušivost nervové a svalové tkáně
- podílí se na repolarizaci a obnově KMP



## WARNING

Normální plazmatická hladina K<sup>+</sup> nevyklučuje poruchu jeho homeostázy. (není přesným odrazem zásob)

Hladinu draslíku interpretujeme vždy současně s pH.



Přesun draslíku extracelulárně zvyšuje	Přesun draslíku extracelulárně snižuje
<i>Hyperchloremická acidóza (významně)</i>	<i>Metabolická alkalóza</i>
<i>Organická acidóza (mírně)</i>	<i>Respirační alkalóza</i>
<i>Respirační acidóza (mírně)</i>	<i>Inzulin</i>
<i>Deficit inzulinu</i>	<i>Beta stimulace</i>
<i>Nedostatečná beta stimulace</i>	
<i>Hyperosmolarita</i>	
<i>Deficit aldosteronu</i>	

# HYPOKALÉMIE

- mírná 3.5-3.0mmol/l
  - střední 3.0-2.5mmol/l
  - těžká <2.5mmol/l
- 
- nejčastější minerálová dysbalance u hospitalizovaných pacientů
  - mírná u 20% pacientů, těžká u 2-5%

*Postgraduate Medical Journal* (1986) **62**, 187–191

## **Hospital Practice**

**Record linkage study of hypokalaemia in hospitalized patients**

B.J. Paice, K.R. Paterson, F. Onyanga-Omara, T. Donnelly, J.M.B. Gray and D.H. Lawson

*Postgrad Med J* 2001;77:759–764

## **Hypokalaemia and hyperkalaemia**

*Nephrol Dial Transplant* (2007) **22**: 3471–3477

doi:10.1093/ndt/gfm471

Advance Access publication 10 September 2007

## *Original Article*

**Hypokalaemia and subsequent hyperkalaemia in hospitalized patients**

**NDT**  
Nephrology Dialysis Transplantation

## Příčiny hypokalémie

Zvýšené ztráty draslíku

*Léky (diuretika, laxativa, steroidy)*

*Ztráty GIT (průjmy, zvracení, ileostomie, střevní píštěle vilózní adenom)*

*Ztráty ledvinami (Bartter, Liddle, Gitelman sy, nefrogenní DI, tubulární poruchy)*

*Endokrinní (hyperaldosteronismus, Cushing, Conn sy)*

Transcelulární shift

*Beta-adrenergní stimulace*

*Inzulin*

*Alkalóza*

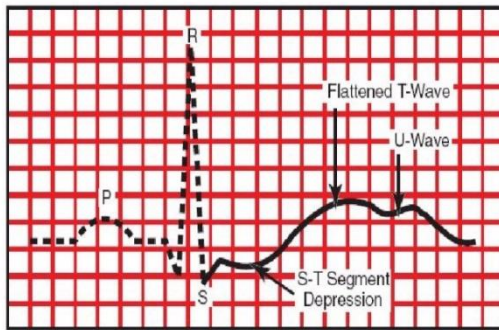
*Hypokalemická periodická paralýza*

Snížený příjem draslíku potravou

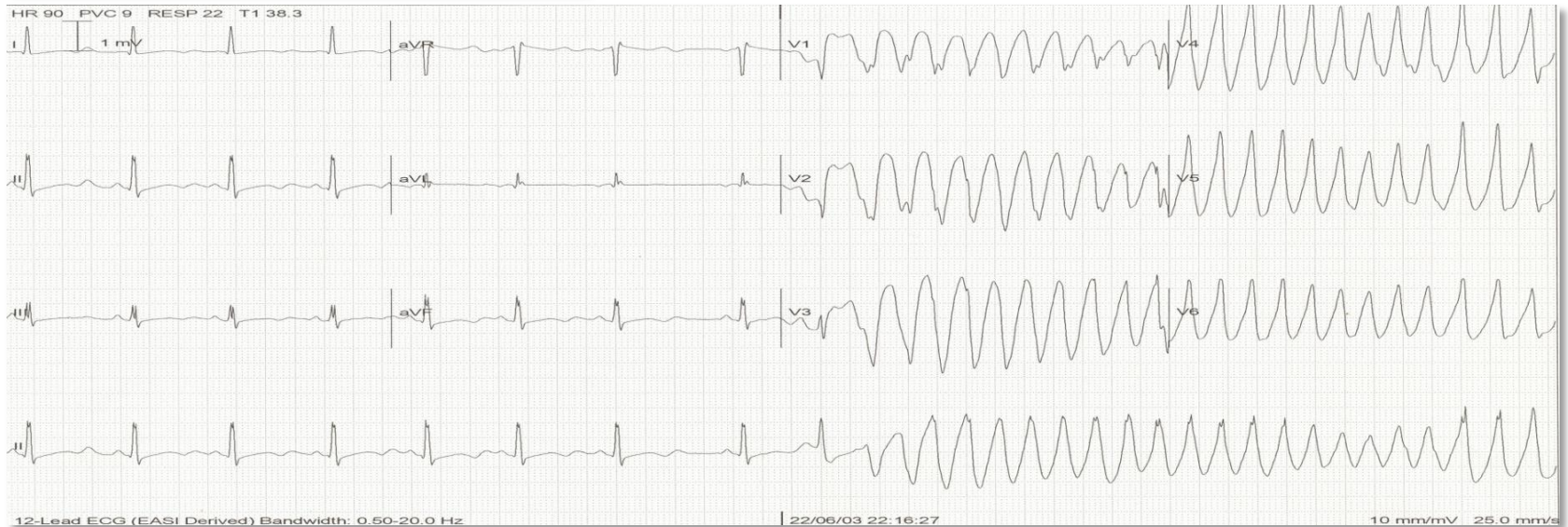
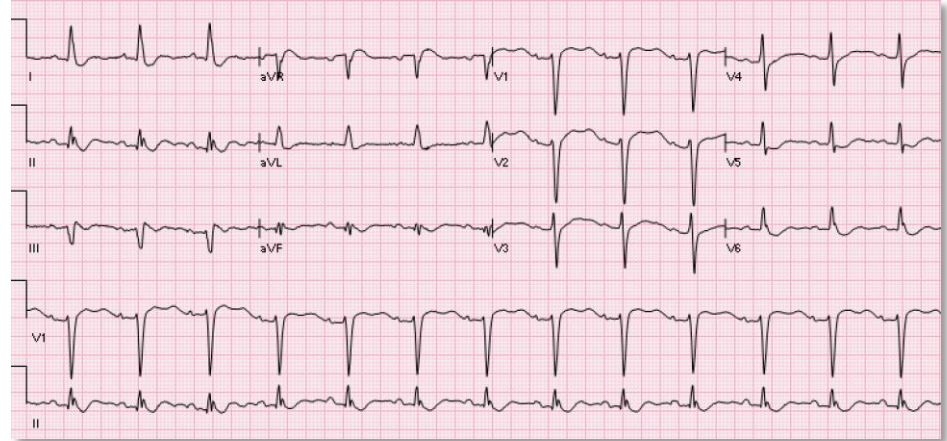
Deplece hořčíku



- klinická manifestace hypokalémie následkem účinku na klidový membránový potenciál a aktuálního stavu acidobáze
- proarytmogenní působení
- v kardiomyocytech dochází k prodloužení repolarizace (oploštělá, bifazická vlna T, vlna U, prodloužení QT)
- pomalé vedení vzruchu (prodloužení PQ, rozšíření QRS)
- komorová extrasystolie, komorová tachykardie, torsades de pointes, komorová fibrilace



**Hypokalemia**—ECG tracing has ST-segment depression, flattened T-wave, and a U-wave.





- v myocytu svalů vede hypokalémie k hyperpolarizaci
- myocyt je tak více refrakterní k excitaci
- projevuje se svalovou slabostí, především velkých svalových skupin
- při progresi může dojít až k paralýze dýchacího svalstva
- zácpa, paralytický ileus
- rizikové pacienti: **s ICHS, srdečním selháním, léčení digoxinem**

Kdy myslím na hypokalémii?

### Hypokalémie

EKG změny (vlna U, změny ST úseku, oploštění/inverze T)

Arytmie

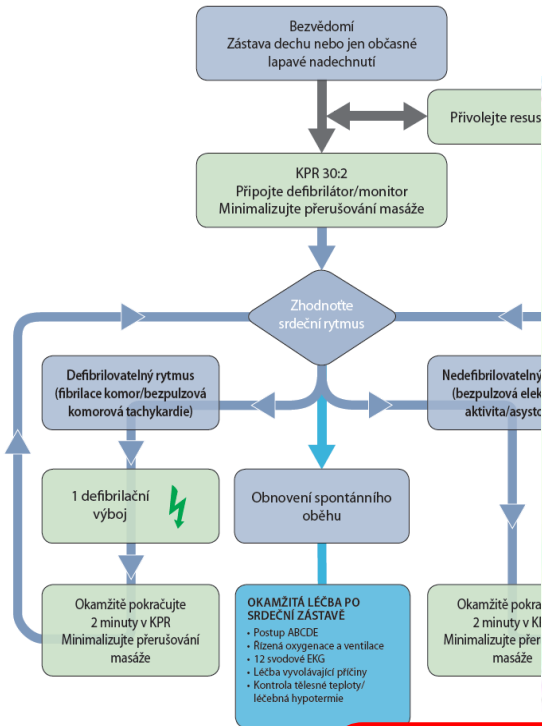
Myalgie, svalová slabost až paralýza, zácpa

Paralytický ileus





# Rozšířená neodkladná resuscitace Univerzální algoritmus



### BĚHEM KPR

- Zajištěte vysokou kvalitu KPR: správnou frekvenci a hloubku stlačování hrudníku i jeho úplné uvolňování
- Před každým přerušením KPR si dále činnost dopředu naplánujte
- Podávejte kyslík
- Zvažte definitivní způsob zajištění dýchacích cest a kapnometrii
- Po definitivním zajištění dýchacích cest nepřerušujte srdeční masáž
- Zajištěte vstup do cévního řečiště (periferní žíla nebo intraosměrní vstup)
- Podajte adrenalin každých 3-5 min
- Zajištěte léčbu reverzibilních příčin

### REVERZIBILNÍ PŘÍČINY

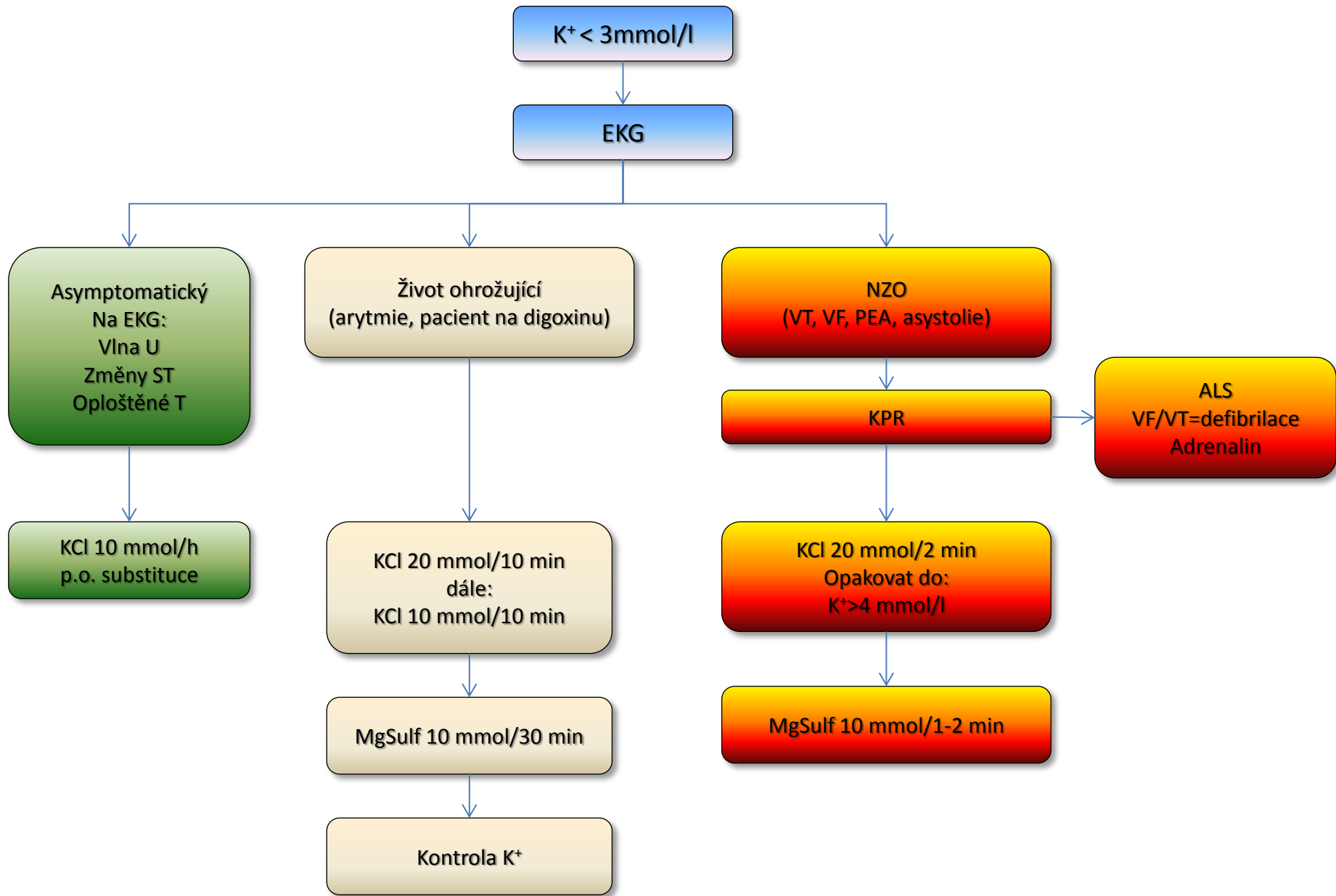
- Hypoxie
- Hypovolémie
- Hypokalémie/hyperkalémie/metabolické příčiny
- Hypotermie
- Trombóza (koronární tepny/plicní embolie)
- Tamponáda srdeční
- Toxické látky (intoxikace)
- Tenzní pneumotorax

## REVERZIBILNÍ PŘÍČINY

- Hypoxie
- Hypovolémie
- Hypokalémie/hyperkalémie/metabolické příčiny
- Hypotermie
- Trombóza (koronární tepny/plicní embolie)
- Tamponáda srdeční
- Toxické látky (intoxikace)
- Tenzní pneumotorax

Analýza  
krevních plynů  
Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>  
Laktát  
Glykémie  
Cai





- KCl 7,45% 1 mmol=1 ml
- Magnesium sulfuricum 10% 4,06 mmol=10 ml

# HYPERKALÉMIE

- mírná 5.3-6.0mmol/l
- střední 6.0-6.5mmol/l
- těžká >6.5mmol/l

## CAVE – Pseudohyperkalémie:

- špatný odběr
- hemolýza vzorku
- výrazná leukocytóza,
- trombocytémie



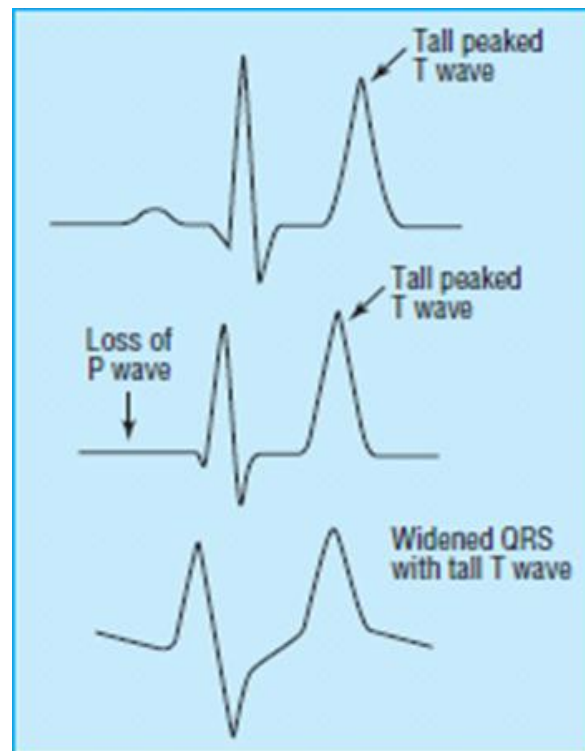
Příčiny hyperkalémie
Léky
<i>ACEi, ARB</i>
<i>Draslíkové doplňky</i>
<i>K+ šetřící diuretika</i>
<i>ATB</i>
<i>Suxamethonium</i>
<i>Thiopental?</i>
Ledvinné a metabolické choroby
<i>Akutní a chronické poškození ledvin</i>
<i>Typ 4 RTA</i>
<i>MAC</i>
Příjem potravy
Endokrinní poruchy
<i>Addison sy</i>
<i>Deficit inzulínu/hyperglykémie</i>
Hematologické choroby/rozpad buněk
<i>Tumor lysis syndrom</i>
<i>Masivní hemolýza</i>
<i>Četné krevní převody</i>
<i>Rabdomyolýza</i>
Hyperkalemická periodická paralýza

# HYPERKALÉMIE

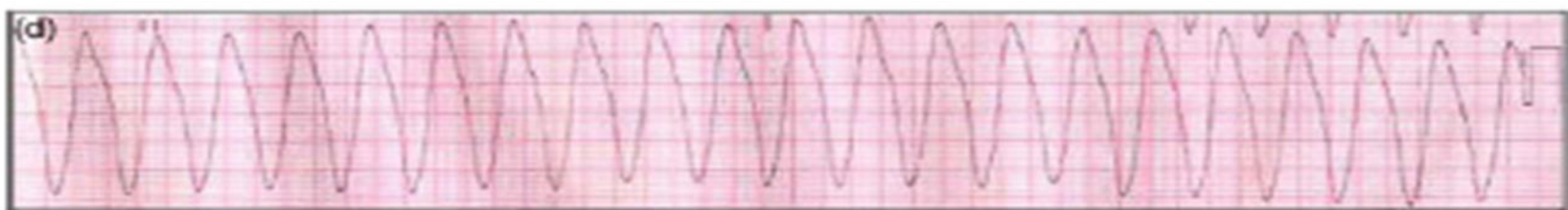
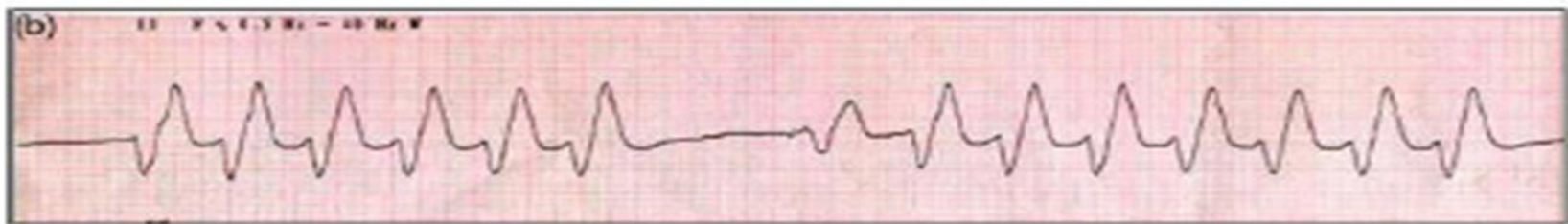
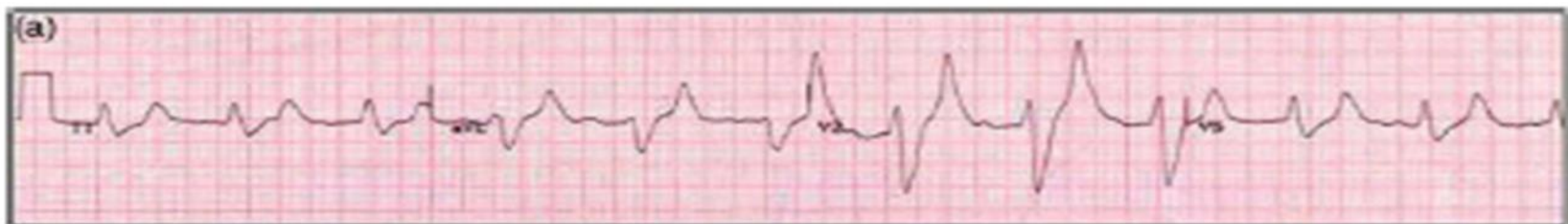
- proarytmogenní úsobení

6 mmol/l

- zkrácení repolarizace komor – zkrácené vysoké hrotnaté T, zkrácení QT, deprese ST úseků
- rozšíření QRS, prodloužení PQ
- rozšíření QRS, vymizení vlny P, AV blok
- bizarní široké QRS, junkční rytmus, bradykardie
- VF, asystolie



> 9 - 10 mmol/l

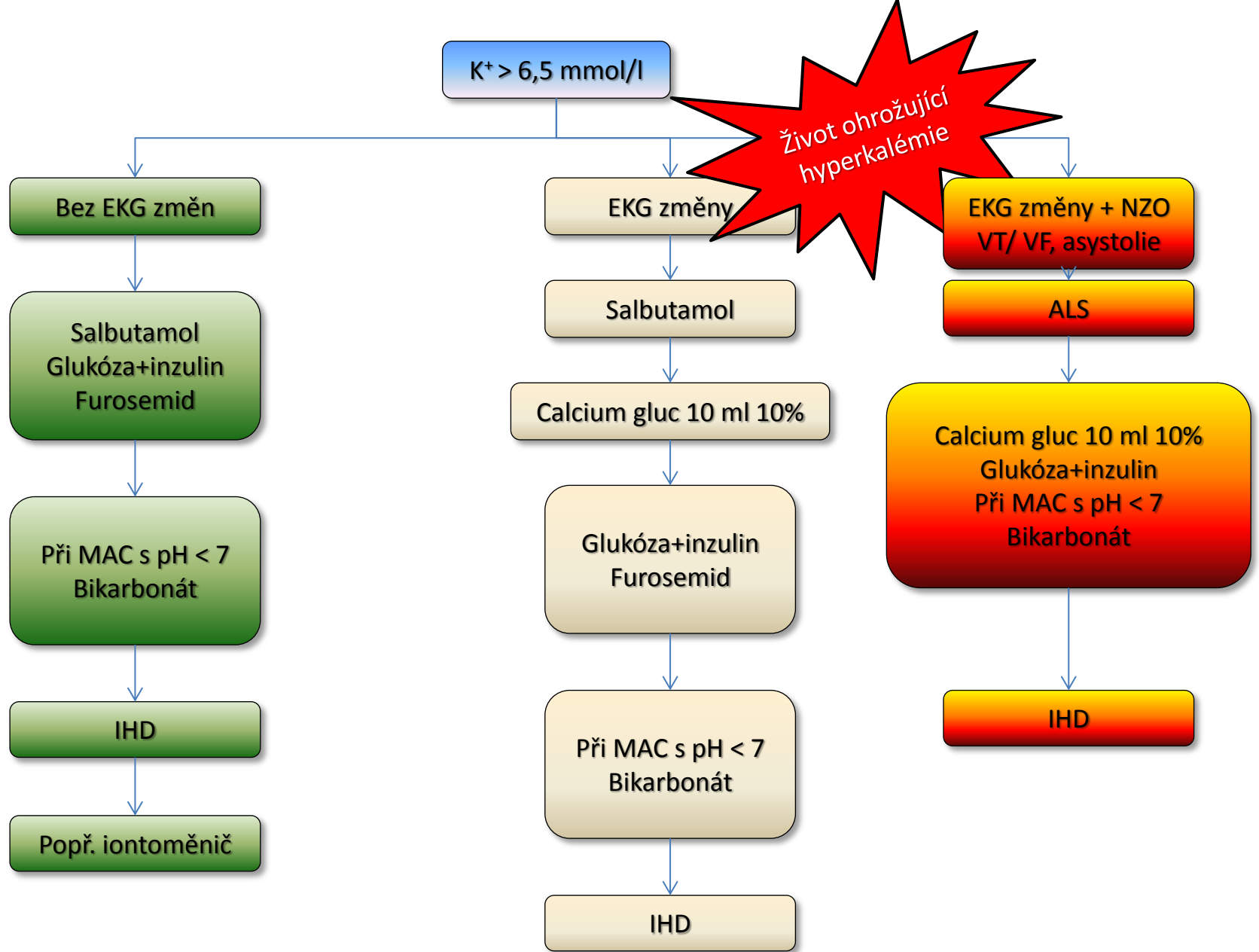


Léčba



Stop veškeré hyperkalemizující  
medikaci!







## Calcium gluconicum

- prevence arytmií
- stabilizace kardiomyocytu
- antagonizace efektu  $K^+$  na membráně
- snižuje hladinu  $K^+$
- CAVE při digoxinu (30min)



## Salbutamol/albuterol

- redukce  $K^+$  o 1-1,4 mmol/l
- i.v. vs nebulizovaná forma
- dávka 10 – 40 mg inhalačně/nebulizací
- dávka 0,5 – 1 mg i.v.
- efekt za 1-2 min
- vrchol za 40-80 min
- CAVE betablokátory
- tachykardie



## Glukóza a inzulín

- redukce  $K^+$  o max 1mmol/l/h
- krátkodobý inzulín
- CAVE hypoglykémie
- nutná monitorace



## IHD/CRRT

- nejúčinnější metoda odstranění  $K^+$
- i během KPR
- BF 150-200ml/min
- IHD, CVVHD, CVVHDF, PD



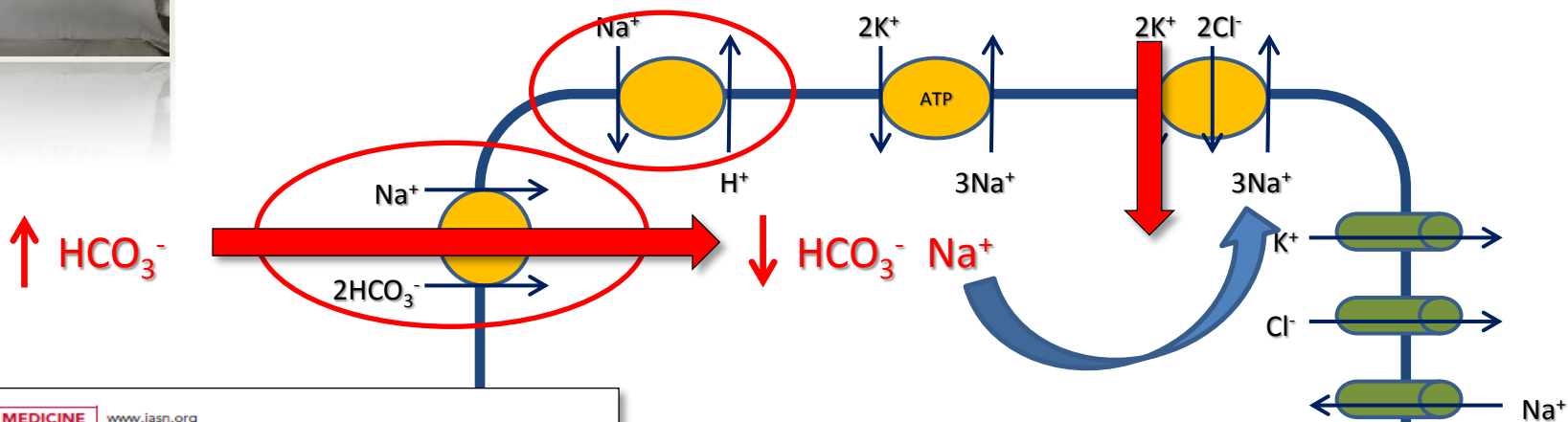
*J Accid Emerg Med 2000;17:188-191*

The management of hyperkalaemia in the emergency department

**Hyperkalemia Revisited** *(Tex Heart Inst J 2006;33:40-7)*

# Bikarbonát sodný

- nesnižuje  $K^+$  při absenci acidózy
- největší reakce u pacientů s těžkou acidózou (nízkým intracelulárním pH)
- $Na^+/HCO_3^-$  kontrast,  $Na^+/H^+$  antiport tím aktivnější, čím pH uvnitř buňky nižší
- nelze podat současně s Ca
- CAVE hypernatrémie



SCIENCE IN RENAL MEDICINE [www.jasn.org](http://www.jasn.org)  
**Effects of pH on Potassium: New Explanations for Old Observations**  
J Am Soc Nephrol 22: 1981-1989, 2011.

**Controversial issues in the treatment of hyperkalaemia**  
Kamel S. Kamel<sup>1</sup> and Charles Wei<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Renal Division, St Michael's Hospital, University of Toronto, Toronto and <sup>2</sup>Renal Division, Lakeridge Health Corporation, Oshawa, Canada

**RUTINNĚ NEPODÁVAT**

OPEN

## Should chloride-rich crystalloids remain the mainstay of fluid resuscitation to prevent 'pre-renal' acute kidney injury?: con

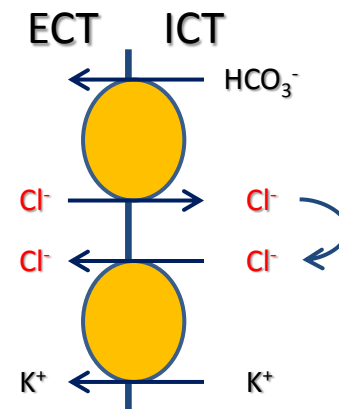
### A Comparative Study of Impact of Infusion of Ringer's Lactate Solution Versus Normal Saline on Acid-Base Balance and Serum Electrolytes During Live Related Renal Transplantation

Saudi J Kidney Dis Transpl 2012;23(1):135-137

### A Randomized Clinical Trial Comparing the Effect of Rapidly Infused Crystalloids on Acid-Base Status in Dehydrated Patients in the Emergency Department

Int. J. Med. Sci. 2012, 9

- není racionální důvod volit „fyzilogický“ roztok
- hyperchloremická MAC je škodlivá
- balancované krystaloidní roztoky



**Hyperchloremic acidosis**

# CAVE AT v intenzivní péči



- literárně dobře doložená přítomnost dyskalmie v průběhu barbiturátového komatu
- obvykle hypokalémie s nutností agresivní substituce
- příčina nejasná (inhibice fosfofruktokinázy, vliv na neuronální napěťově-řízené draslíkové kanály)
- po ukončení barbiturátů možná fatální hyperkalémie

Intensive Care Med (2002) 28:1357–1360  
DOI 10.1007/s00134-002-1399-y

BRIEF REPORT

Christopher J. S. Cairns  
Benjamin Thomas  
Stephen Fletcher  
Michael J. A. Parr  
Simon R. Finfer

**Life-threatening hyperkalaemia following therapeutic barbiturate coma**

Case Reports in Clinical Medicine, 2014, 3, 304-308  
Published Online May 2014 in SciRes. <http://www.scirp.org/journal/crcm>  
<http://dx.doi.org/10.4236/crcm.2014.35067>

Scientific  
Research

**Barbiturate Coma: Rebound and Refractory Hyperkalemia**

# A New Era for the Treatment of Hyperkalemia?

*The* NEW ENGLAND  
JOURNAL *of* MEDICINE

ESTABLISHED IN 1812

JANUARY 15, 2015

VOL. 372 NO. 3

Patiromer in Patients with Kidney Disease and Hyperkalemia  
Receiving RAAS Inhibitors

ORIGINAL ARTICLE

Sodium Zirconium Cyclosilicate  
in Hyperkalemia



Chceme-li porozumět složitým dějům u kriticky nemocných, musíme rozumět základům.



We're a little concerned  
about your potassium levels.

**DĚKUJI ZA POZORNOST**