

Poruchy vnitřního prostředí v *chirurgii*

L.Dadák, V. Šrámek
ARK, FN u svaté Anny v Brně

Never completely trust the laboratory

Quick	<0.10	(0.70 - 1.34)	<-()	repeated
aPTT	>150	s (20.0 - 40.0)	<=()	repeated
Fibrinogen	4.50	g/l (1.80 - 4.00)	()	->
Antitrombin III	32	% (80 - 120)	<-()	

----- same patient, 30 min later -----

Quick	0.55	(0.70 - 1.34)	<-()	
aPTT	44.7	s (20.0 - 40.0)	()	->
Aptt ratio	1.49			
Fibrinogen	5.40	g/l (1.80 - 4.00)	()	->
INR	1.59	(0.85 - 1.38)	()	->
Antitrombin III	61	% (80 - 120)	<-()	

Homeostáza

1.inzult

2.kompenzační mechanizmy + léčba

3.obnova původního stavu

Základní principy vnitřního prostředí:

- isovolémie
- isohydrie, isoionie
- isoosmie

Isoosmie

osmotický tlak plasmy (280 ± 10 mosm/l)

výpočet $2x Na^+ + \text{glykémie} + \text{urea}$

efektivní osmolalita (Na^+)

další osmoticky aktivní látky: manitol, alkohol...

Onkotický tlak

slouží k udržení náplně **cévního** řečiště

celková bílkovina (albumin 50g/l ... 15 mmHg)

koloidní roztoky (škrob, želatina, dextran)

Isovolémie

Adekvátní náplň krevního řečiště

Řízení:

- Volumoreceptory (cévy, srdce) – ECF
- Osmoreceptory (hypothalamu) - ICF

Tělesné kompartmenty

Voda = 60 % tělesné hmotnosti

ECF = IVF + ISF ICF

	←→		←→	
5%		15%		40%
Na		Na + -		Na
K		K + -		K
P		P + -		

i.v. podané ionty – rozmístěny dle svého fyziol. rozmístění

ICF (mEq/L)

ECF (mEq/L)

Cations

K⁺ (150-154)

Na⁺ (6-10)

Mg⁺² (40)

Na⁺ (142)

Ca⁺² (5)

K⁺ (4-5)

Mg⁺² (3)

Anions

Organic PO₄⁻³ (100-106)

protein (40-60)

SO₄⁻² (17)

HCO₃⁻ (10-13)

organic acids (4)

Cl⁻ (103-105)

HCO₃⁻ (24-27)

protein (15)

PO₄⁻³ (3-5), SO₄⁻² (4)

Organic acids (2-5)

Potřeba vody (dospělý)

- základní potřeba 2 ml/kg/h
- další ztráty
 - 1°C horečka = 500ml/d
 - pocení
 - průjem, píštěl ... voda s ionty [mmol/l]

	<i>Sodium</i>	<i>Potassium</i>	<i>Chloride</i>	<i>Bicarbonate</i>
Saliva	10-60	10-20	15-40	30-15
Stomach	40-100	5-15	15-20	—
Bile	130-140	4-6	95-105	30-40
Pancreas	130-140	4-6	40-60	80-100
Small intestine	130-140	4-6	40-60	80-100
Colon	80-140	25-45	80-100	30-50
Sweat	40-50	5-10	45-60	—

Dehydratace

Ztráta tekutin – H₂O z těla

Příčiny: nedostatečný příjem; zvýšený výdej

- Hypertonická = hypernatremická
horečka + perspirace (hypotonický pot)
- Isotonická = isoNa- průjmy
- Hypotonická = hypoNa (ztráty iontů + vody)
diuretika,

Přízn. hypovolemie : hypotenze, tachykardie,
oligurie, prodloužený kapil.návrat, ...

Dehydratace: porucha vědomí; snížený turgor

Priority v léčbě:

1. **Volum a perfúze tkání**
2. Korekce pH
3. K, Ca, Mg
4. Na, Cl

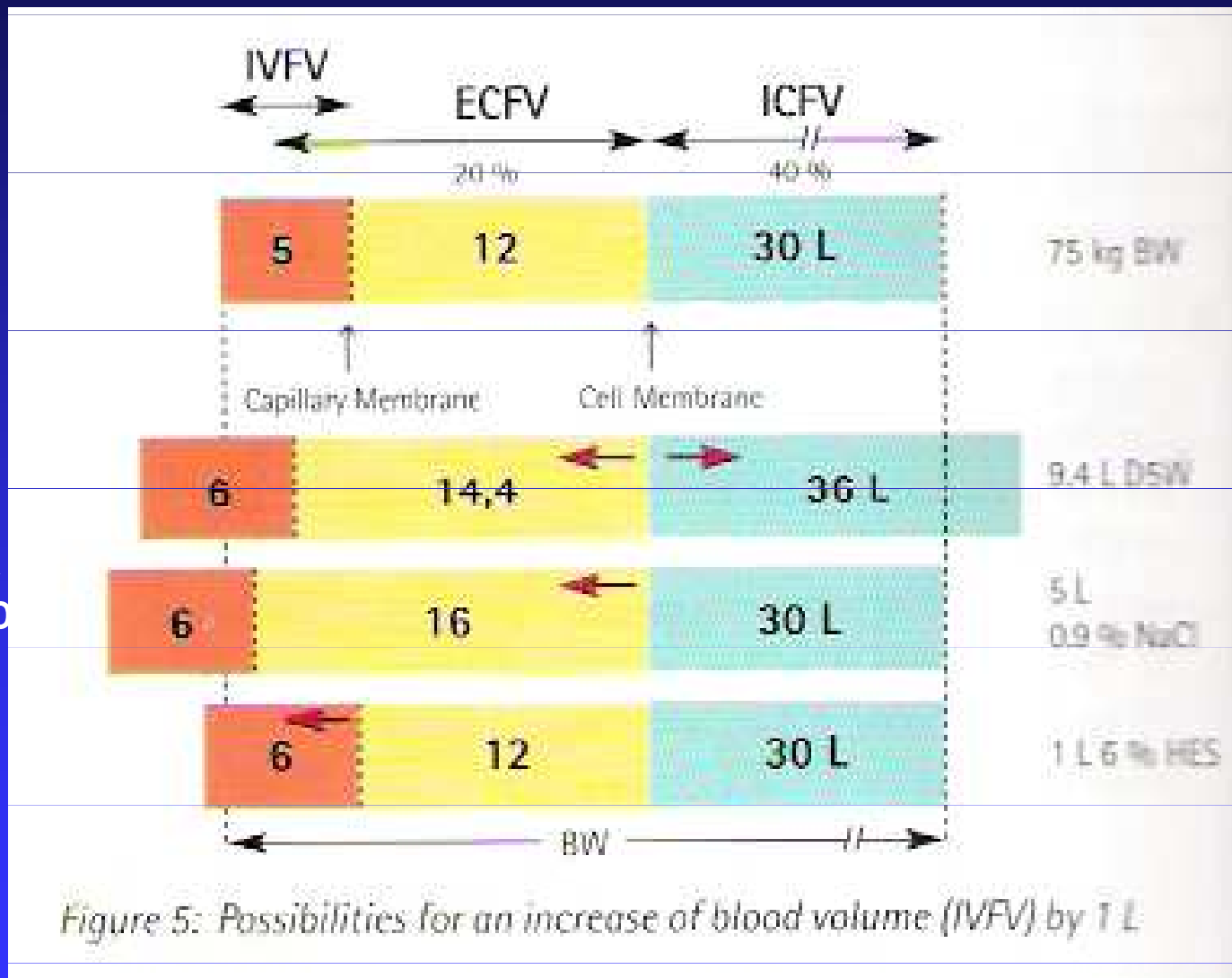
Volum = náplň cévního řečiště vs. roztok

pac. 75 kg

9,4l Glc 5%

5l NaCl 0,9%

1l HAES



Hypovolémie:

- nejčastější hemodynamická odchylka, nedostatečný intravaskulární objem (□ dehydratace)

hypovolémie absolutní nebo relativní

Th: roztoky i.v: **krystaloidy, koloidy**

(katecholaminy – zlepšení srdečního výdeje)

Tekutinová resuscitace

- **dehydratace + hypovolemie**

Crystalloids - FR, R.

množství závisí na změně těl.hmontosti,
klinickém stavu, vitálních funkcích, známkách
šoku

obecně se podá bolus 500-2000 ml krystaloidů,
sleduje se změna stavu, pak dle ztrát a potřeb
pacienta.

cíl: rychle stabilizovat a doplnit oběh

Krystaloidy:

Vyvážené roztoky elektolytů

- snadno pronikají membránami
- isotonic, hypertonic, hypotonic.
- ??Fyziologický roztok
= Normal Saline (0.9% NaCl),
- Ringer , Ringer-laktát =Hartmann
- Hypertonický NaCl (3, 5, & 7.5%) označované „plasma expanders“ - zvyšují Volum přesunem intracelulární a intersticiální tekutiny do cévního řečiště.

FR:

154 mmol Na⁺; 154 mmol/L Cl⁻; 308mOsm/L.

- !! [Cl⁻] normal serum 103 mEq/L
- zatíží ledviny nadbytkem Cl⁻
- **diluční** hyperchloremická acidóza

- Jedinný kompatibilní s krevními deriváty
- nedodává energii ani čistou vodu
- Napravuje NaCl deficit

Ringer – laktát

- isotonic, začátek objemové resuscitace

Složení:

- * 130 mmol of Na
- * 109 mmol of Cl
- * 28 mmol of lactate
- * 4 mmol of K
- * 3 mmol of Ca

Laktát konvertován játry na bicarbonát.

Minimální efekt na pH.

nedodává energii ani čistou vodu

Koloidy:

- Onkotický tlak (molekuly neunikají z kapilár).

Syntetické:

- HAES = HydroxyAEthylStarch
- Gelatina
- Dextran

Humánní:

- Albumin
- Plasma

"Free H₂O solutions"

- léčba dehydratace hypertonické
- po zmetabolizování obsahu zůstává v těle jen H₂O
- Glc 5%, Glc10%
- (Energie)

Cíle tekutinové resuscitace:

obnovit homeostázu

- **normalizace vitálních funkcí**
- **zajistit dodávku kyslíku do tkání**
- **prokrvit ledviny**
 - hodinová diuréza
- **obnova vědomí**

Hypervolémie

(= hyperhydratace) - renální selhání,
přestřelená léčba

Th: odstranění příčiny:

- úprava léčby (příjem/výdej), srdeční výdej,
- podpora diurézy, eliminační techniky

Priority v léčbě:

1. Volume a perfúze tkání
2. **Korekce pH**
3. K, Ca, Mg
4. Na, Cl

Blood for analysis

- arterial
- capillar
- venous, mixed venous (v.cava, a.pulmonalis)

Acido-bazická rovnováha

arteriální krev:

pH	7,35-7,45
pCO ₂	4,6-6 kPa
pO ₂	10-13 kPa
HCO ₃ ⁻	22-26mmol/L
BE	-2 .. +2 mmol/L
SpO ₂	95-98%

Metabolická složka:

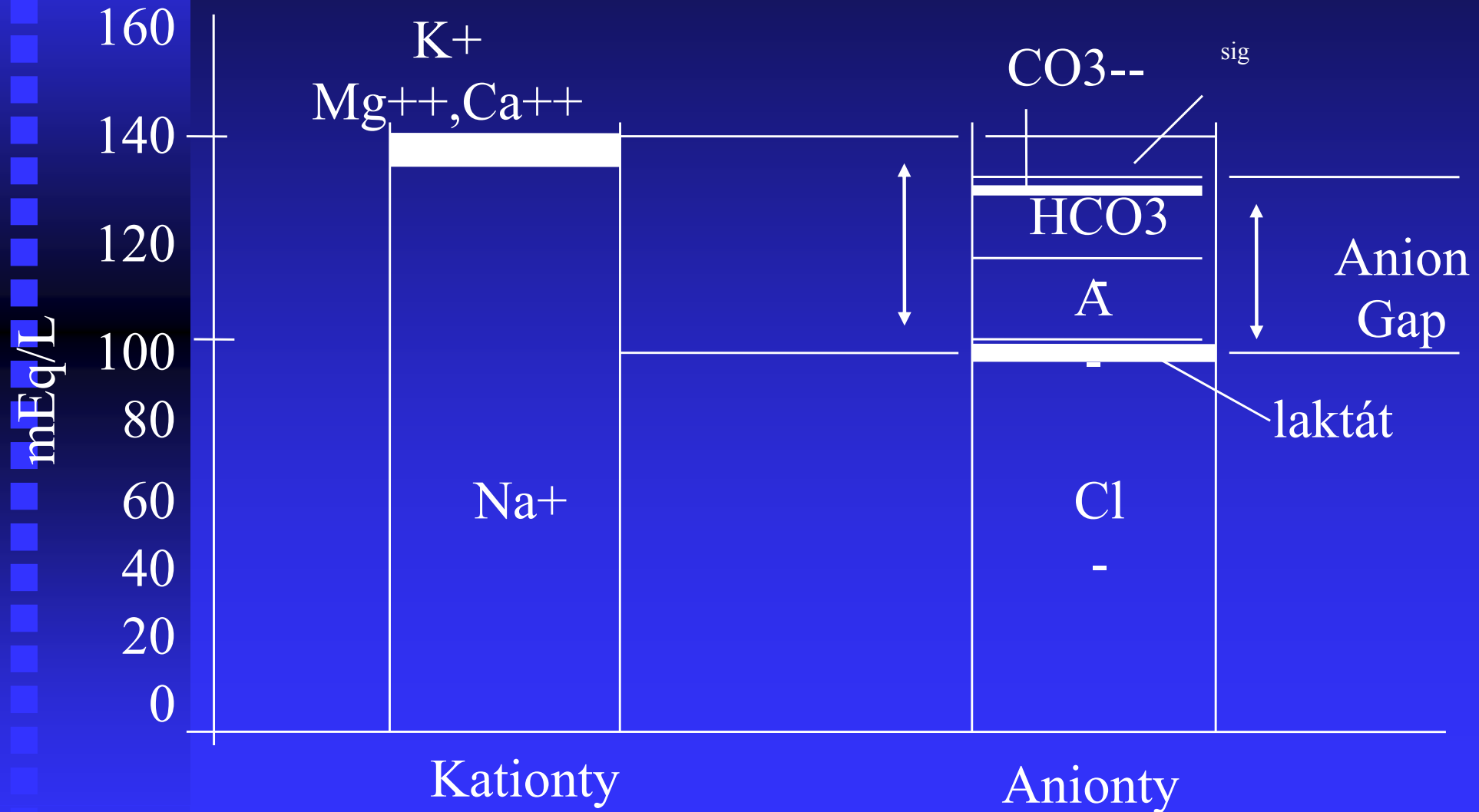
BE = vypočtené množství přebývajících bazí
do
pH 7.4 při standardním CO₂.

Anion Gap : postihne neměřené anionty

([Na⁺]+[K⁺]) - ([Cl⁻]+[HCO₃⁻])

140 + 4 - (104 + 24) = 10 .. 20

Složení plasmy: elektroneutralita,



CO2

pCO₂ – vyrovnaný stav (příjem : výdej)



pCO₂ * Ventilace = konstanta

pCO₂ * V_T * f = konstanta

- normal arterial paCO₂ 40 mmHg \square 5.33 kPa \square 5.61 %.
- Převést p [mmHg] na [kPa]: dělit hodnotu v mmHg 7.5

Δ pH

Δ p CO₂

0.1

1,6 kPa = 12 mmHg

kyselina = dárce H^+

- laktát
- silné kyseliny (HCl, H₂SO₄)
- k. acetylsalicilová (otravy)
- ...

ΔpH

+0.1

$\Delta BE = \Delta HCO_3^-$

+6 mmol/l

Hodnocení:

- anamnéza
- klinické vyšetření
- laboratoř

Léčba:

- vyvolávající porucha a rychlost jejího vzniku
(UPV, inzulin, antiemetika, oběhová stabilizace).

Metabolická acidóza MAc

BE < 0

- A) Anion Gap pozitivní (urémie, laktátová acidóza),
(nedostatek natria)
- B) Anion Gap normální (hyperchloremická acidóza)

Léčba:

1) příčina

2)

ad A) NaHCO₃ (dle etiologie a pH < 7,2)

kontroverze

ad B) krystaloidy s fyziologický poměrem iontů

Respirační acidóza RAc

$$p\text{CO}_2 > 5,33 \text{ kPa} \\ 40 \text{ mmHg}$$

porucha produkce/eliminace CO₂

Léčba:

- snížení produkce (teplota, hyperkalorická výživa)
- zvýšení eliminace
(stimulace dech. centra, dýchací stavy, UPV,
zmenšení mrtvého prostoru)

Dekompenzovaná RAc: pH < 7,2

Respirační alkalóza

$$p\text{CO}_2 < 5,33 \text{ kPa}$$
$$40 \text{ mmHg}$$

- záměrná hyperventilace
- plicní edém, infekce, hypoxie, anemie
- energeticky nevýhodná

následek:

- pokles ionizovaného Ca^{++} (tetanie)
- horší uvolnění O_2 z Hb
- snížení stimulace dechového centra, hrozí hypoxie

MAI

$BE > 0$

$pH > 7.44$

- ztráty do moči NH_4^+
- resorbce HCO_3^- ledvinou
- ztráty Cl^- (zvracení, odsávání NG sondou)

elektroneutralita zachována díky vzestupu HCO_3^-

korekce: podání chloridů ($NaCl$, KCl , NH_3Cl ,
arginin Cl , HCl)

- **zvracení:**

ztráta H^+ a Cl^- . Narůstá AG (převaha Na^+).
alkalóza

- **diluční acidóza:**

hrazení FR ($Na^+ : Cl^- = 1:1$) snížení AG
pokles HCO_3^- acidóza

- **laktátová acidóza:**

hromadění laktátu (silný anion) acidóza

- **neměřitelné anionty:**

přítomnost AG - nevysvětlitelné acidózy
u sepse a jaterního selhání

Priority v léčbě:

1. Volume a perfúze tkání
2. korekce pH
3. **K, Ca, Mg**
4. **Na, Cl**

Ionty v těle:

- Sodík Na^+
- Draslík K^+
- Vápník Ca^{++}
- Hořčík Mg^{++}
- Fosforečnany H_2PO_4^-
- Chloridy Cl^-
-
- Glukóza Glc

Sodium Na⁺

- extracellular fluid 140 mmol/l
- intracellular fluid 10 mmol/l

- Hyponatremia
- Hypernatremia

Hyponatremia Na^+ in serum < 120 mmol/l

- hemodiluce
- ztráty:
 - zvracení
 - průjem
 - pocení
 - renální / CNS onemocnění, diuretika
 - únik do 3. prostoru (popálení, pancreatitis, peritonitis)
- zdánlivá (hyperglycemia, hyperlipidemia, manitol)
– celková osmolalita N / zvýšená

Hyponatremie - příznaky

- únava, apatie, koma, **změna kvality vědomí**
 - bolest hlavy
 - svalové křeče, slabost
 - anorexia, nevolnost, zvracení.
-
- Lehká až středně těžká hyponatremie – často asymptomatická.

Hyponatremie - th:

terapie pomalu = 1 mmol/l za 1 h
(jinak demyelinizace)

stabilní pac.:

omezení příjmu vody

vážná, akutně vzniklá, symptomatická:

3% (10%) NaCl i.v. - korekce trvá dny

Hypernatremie

- nedostatečný příjem vody
- nadměrné ztráty vody
 - průjem
 - zvracení
 - horečka
 - excesivní pocení
 - Diabetes insipidus (ADH) = hypotonická moč
- zvýšený příjem solí
- bezvědomí, bez reakce na žízeň

Th: Glc 5% i.v.

Draslík K^+

- Intracelulárně
- Sérum (2% of total) 3.8 .. 5.6 mmol/l
- elektrický potenciál na membráně (Na^+/K^+ ATPasa)
- arytmie
- extrémně citlivý ke změnám pH !

Acidosa v bb. (H^+) vyhání K^+ z bb.

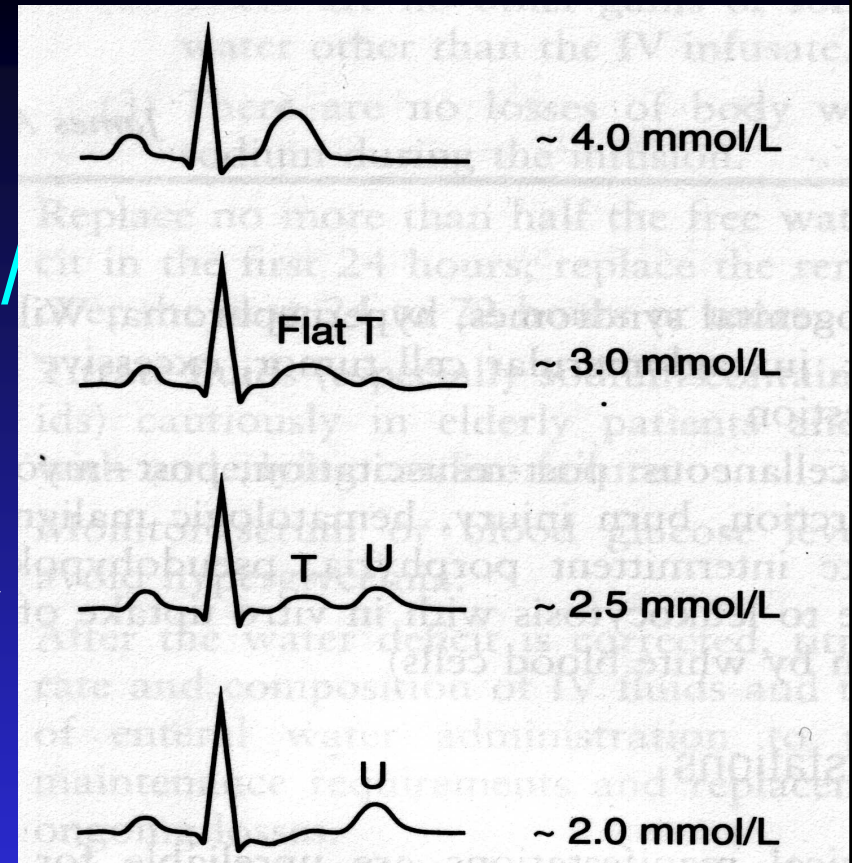
Hypokalemia $K < 4 \text{ mmol/L}$

- ztráty moči
- diuretika, průjem, zvracení
- snížený příjem
- alkalóza

Projevy: svalová slabost, asystolie

Th:

- KCl p.os; max KCl 40 mmol/h i.v.
- EKG monitoring na JIP !!!!

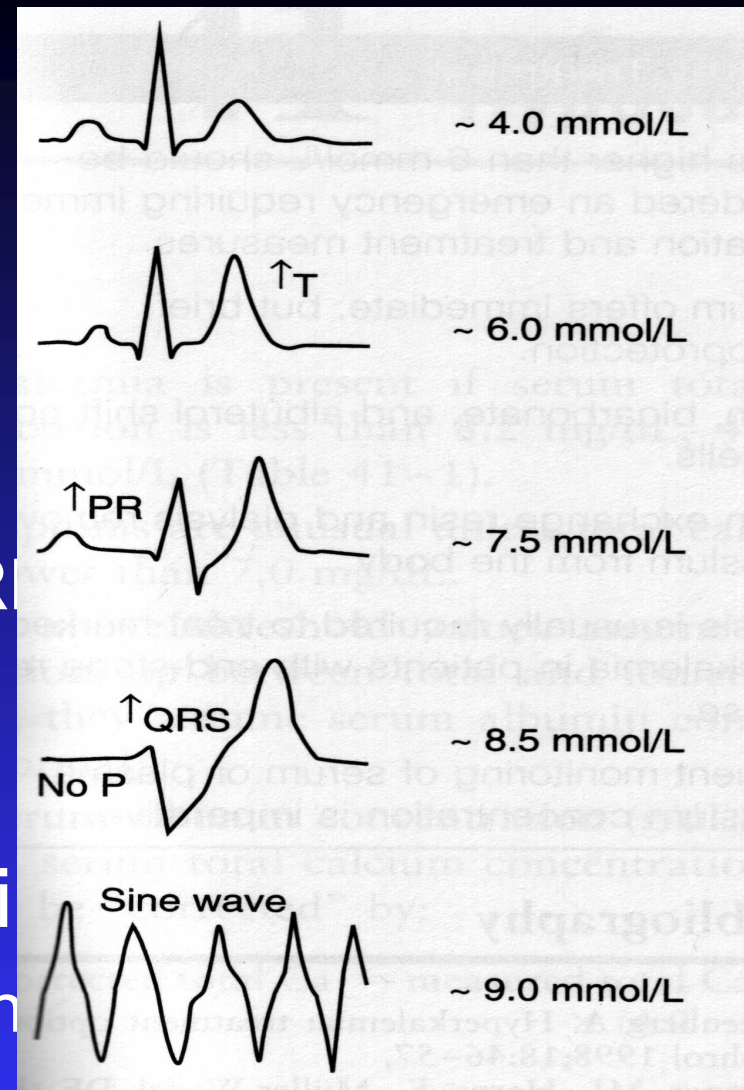


Hyperkalemia

- hemolýza
- rabdomyolýza
- anurie, akutní renální selhání (AR)
- Acidóza
- CAVE intrakardiální blokáda (diastolic arrest) / komorová fibrilace
- svalová slabost – ventilační selhání

Th:

- zastavit příjem
- Glc + HMR i.v., loop diuretic (furosemide)
- Calcium i.v., NaHCO₃ i.v
- resonium p.os
- dialýza



Kalcium Ca^{++}

- nejvíce zastoupený minerál v těle 2kg
- Parathormone PTH
 - stimuluje osteoklasty
 - stimuluje resorpci -střevo, ledvina
- Calcitonin
 - inhibuje osteoklasty
- Vitamine D
 - potencuje uchování Ca^{++}

Ionizované Ca^{++} = 1.1 mmol/l // efekt

vázané na proteiny

poruchy Ca⁺⁺

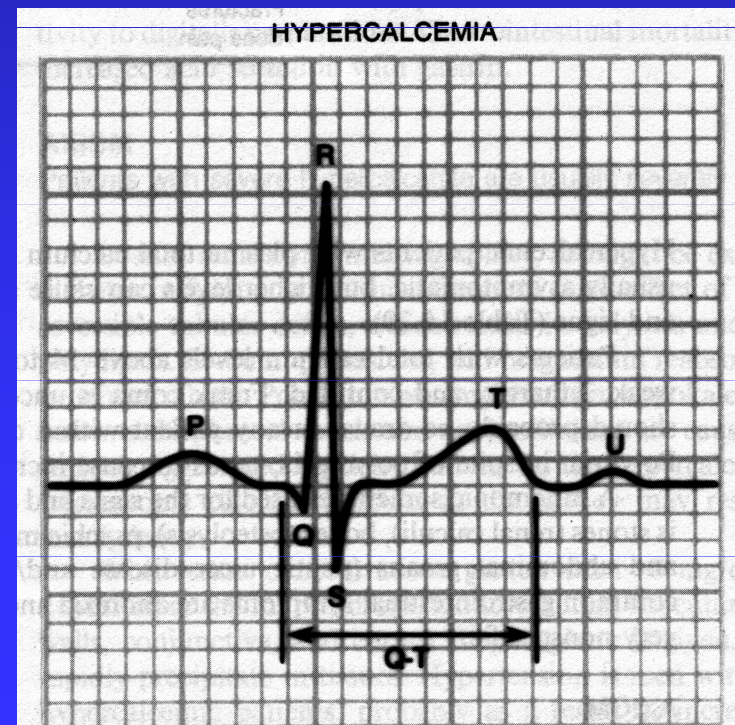
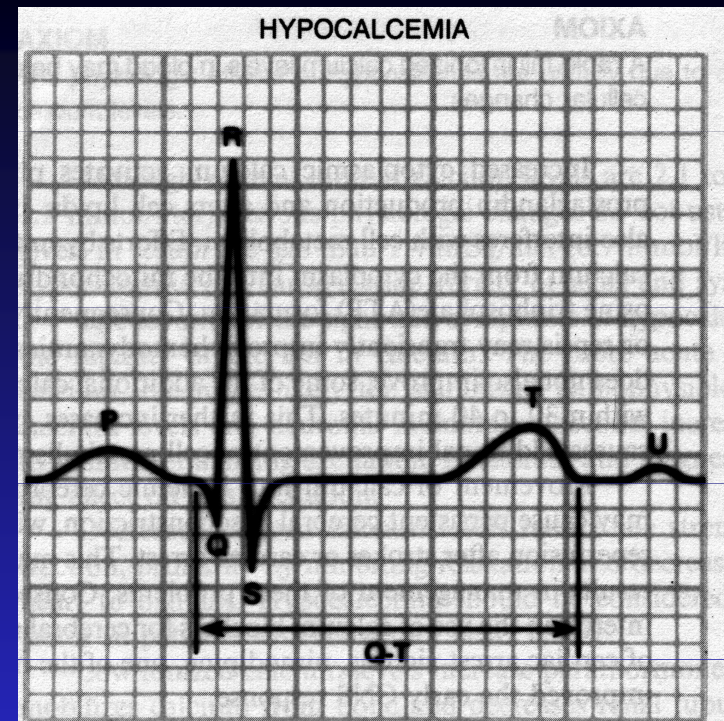
- Hypocalcemia

- Respiratory Alkalosis, hypoPTH,
- šok, sepse, pancreatitis
- četné krevní převody
- provází hypomagnesémii

Tetanie

- Hypercalcemia

- rabdomyolýza
- malignity



Chloridy Cl-

- ECF
- hyperchloremická acidóza (při nadužití FR Na:Cl = 1:1)
- hypochloremická alkalóza (ztráta Cl- zvracením), přebývá bikarbonát.

Isoionie, stopové prvky

Fosfor (P 0,65 - 1,60 mmol/l)

hypofosfatémie (svalová slabost, chybí fosfor pro ATP)

hyperfosfatémie (chronické selhání ledvin)

Magnézium (Mg 0.78 - 1,03 mmol/l)

hypomagnesémie (s kaliem)

arytmie, poruchy excitability

hypermagnesémie (chronické selhání ledvin)

Vápník (Ca^{++} - 1 mmol/l)

hypokalcémie při hypoalbuminémii - nehradit

hyperkalcémie - rozpad svalů...

Stopové (Fe, Se, Cu, Zn, Mn.....)

How to:

- Co je špatně?
- Co to způsobilo?
- Co s tím udělám?

1) Co je špatně?

Odpověď je v měřených a vypočtených veličinách:
pH, PaCO₂ a HCO₃⁻ (BE)

- všechny jsou v normě - vše je OK, nedělej nic
- pH norma, acidóza nebo alkalóza?
- pH v normě ale PaCO₂ nebo HCO₃⁻ v nepořádku - plně kompenzovaná porucha

2) Čím to? Kdo za to může?

- Metabolismus = bikarbonát (BE) může za odchylku od pH 7,4
- respirace = CO₂ může za odchylku od pH 7,4

2) Kdo za to může?

- bikarbonát
vyšší HCO_3^- = vyšší pH (MAI),
nižší HCO_3^- = nižší pH (MAc)
- CO_2
vyšší CO_2 působí acidózu = snižuje pH
- Pokud je CO_2 normální nebo vyšší a přitom pH je vyšší -
problém je v metabolismu.

ΔpH	$\Delta \text{BE} = \text{HCO}_3^-$	$\Delta p \text{ CO}_2$	
0.1	6 mmol/l	1,6 kPa	= 12 mmHg

3) Kompenzace = co s tím tělo dělá?

- Tělo má jen 2 mechanismy jak měnit pH: respirační (CO_2) a metabolický (HCO_3^-)
- Jedna z veličin je na vině, ale druhá upravuje pH k normě, pak se jedná o kompenzaci
- pokud oba HCO_3^- i CO_2 vedou ke stejnému posunu pH, o kompenzaci nejedná.

Rychlost nástupu kompenzačních mechanismů:

- respirace se mění během minut (hodinu)
- metabolická kompenzace nastupuje během hodin (den), ledviny se zapojí jak při chronické respirační acidóze tak při metabolických poruchách.

Př:

- pac s IM, ventrikulární fibrilace - resuscitace, defibrilace - vzniká respirační i metabolická acidóza. Po rychlé defibrilaci přichází k vědomí, zjišťuje, že se bude muset vzdát svých cholesterolových pochoutek, hyperventiluje.
- ABR: pH=7,44; PaCO₂= 28 mmHg; HCO₃⁻= 18,6 (BE = -6 mmol/l)
- plně kompenzovaná (chronická) RAI ?? Nikoli!!
- na terénu MAc vzniká akutní RAI

!! Vždy se ohlížet na klinickou historii!!

př:

- Otrava k. acetylsalicylovou působí metabolickou acidózu + respirační alkalózu.
- Podle pH by se mohlo jednat o
 - „kompenzovanou metabolickou acidózu“
 - „kompenzovanou metabolickou alkalózu“.

Lze odlišit kompenzaci a souběh dvou abnormalit??
Jen dle anamnézy.

Léčba metabolické acidozy při dostatečné ventilaci:

- Dose (mEq) = $0.3 \times Wt \text{ (kg)} \times BE \text{ (mEq/L)}$
- Dávka bikarbonátu upraví pH k normě 7,4;
!!!pro obavu z přestřelení a metabol. alkalózy se podá jen $\frac{1}{2}$ vypočteného bikarbonátu.
- dokud **pH < 7.1** :
 - i.v. bikarbonát 80ml (1 lag)= 80 mmol, za 15 min po vykapání odebrat nový arteriální astrup a opět...
- 100 mmol $\text{NaHCO}_3 = 2.24 \text{ l CO}_2$
(10 minut normální produkce CO_2)
- !! Vzniklý CO_2 volně difunduje do buněk a horší MAc.

OR / AAA, 5 000ml, hemor. šok, NA i.v.

<i>pH akt.</i>	7.083	(7.350 - 7.450)	<=()
pCO2	6.36 kPa	(4.80 - 5.90)	()->
pO2	30.78 kPa	(10.66 - 13.30)	()=>
BE	-15.8 mmol/l	(-2.6 - 2.6)	<= ()
BB	32.1 mmol/l	(40.0 - 44.0)	<= ()
HCO3 akt.	13.9 mmol/l	(22.0 - 26.0)	<= ()
O2 sat.	99.3	(95.0 - 98.0)	()=>

OR / AAA, 6 500ml, hemor. šok, NA i.v.

<i>pH akt.</i>	7.1	(7.350 - 7.450)	<=()
pCO ₂	5.0 kPa	(4.80 - 5.90)	(*)
BE	-18 mmol/l	(-2.6 - 2.6)	<=()
lactate	13 mmol/l	(1 - 2.5)	()=>

Try it yourself

pH = 7.21

pCO₂ = 14.0

BE = 20

pH 7,35-7,45

pCO₂ 4,6-6 kPa

pO₂ 10-13 kPa

HCO₃⁻ 22-26mmol/L

BE -2 .. +2 mmol/L

SpO₂ 95-98%

pac. přijata s COPD intermitentně porucha vědomí,

Try it yourself

pH = 7.452

pCO₂ = 6.6

BE = 7.6

pH 7,35-7,45

pCO₂ 4,6-6 kPa

pO₂ 10-13 kPa

HCO₃⁻ 22-26mmol/L

BE -2 .. +2 mmol/L

SpO₂ 95-98%

pac. hospitalizovaný týden na ARK,
dlouhodobě potíže s ventilací
- COPD – hypekapnie postupně klesala,
... přetrvává metabolická kompenzace

SUMMARY

- Abnormality mají být léčeny stejně rychle/pomalou jako vznikly
- DO NOT:
Rychlá korekce chronické asymptomatické abnormality

Priority v léčbě:

1. Volume a perfúze tkání
2. korekce pH
3. K, Ca, Mg
4. Na, Cl

Závěr: Kdy vyšetřovat elektrolyty?

- nízký perorální příjem
- zvracení
- chronická hypertenze
- diuretika
- křeče, svalová slabost
- age over 65
- alkoholismus
- OA + : electrolytové abnormality

Akutní změna vědomí:

příčiny:

- hypoxémie
- hypoglykémie
- hyponatrémie
- sepse