



HAPPE-ALUS TASAKAAL **KROONILINE NEERUDE PUUDULIKKUS**

Peeter Saadla
Eesti Sisearstide Ühendus
14. September 2007
Kuressaare



HAT füsioloogia 1

- HAT all mõsitetakse H^+ aktiivsus kehavedelikes koos seda reguleerivate mehhanismide seisundi ja nende funktsionaalse reserviga
 - Hape – H^+ doonor
 - Alus – H^+ vastuvõtja
- Homeostaasi tagamiseks vajalik rakusisese pH säilitamine väga kitsastes piirides
 - ensüümide funktsionaalsus: $pH \uparrow \rightarrow$ ensüümi struktuur muutub \rightarrow inaktiveeritakse
 - Elektrolüütide ionisatsioon
 - Ravimite seostumine retseptoriga jne.



HAT füsioloogia (2)

- Intratsellulaarne pH 6.9...7.0
- Ekstratsellulaarne pH 7.3...7.4
- Kliinilises praktikas määratav rakuväline pH
- Venoose vere pH madalam

HAT ülevaate saamiseks:

- Veregaasid (pH, pCO₂, pO₂)
- Seerumi elektrolüüdid ja HCO₃⁻
- Uriini elektrolüüdid

HAT füsioloogia (2)

- Toidust saame **valke**



- Neutraliseerimisvõime 1 mEq/kg
- Teised valgud ja rasvad – fosfoestrid
- Süsivesikute metabolismist CO₂

Organismi puhversüsteemid

Rakusisesed $\frac{1}{2}$

- vesinik/karbonaatpuhver
- valgud
- fosfaatpuhverüsteem

Rakuvälised:

Interstitsiaalne
vedelik $\frac{1}{4}$

- vesinik/karbonaatpuhver
- valgud
- fosfaatpuhverüsteem

Veri $\frac{1}{4}$

Vere puhversüsteemid

■ Plasma vesinik-karbonaatpuhver	35 %
■ Erütrotsüütide vesinik-karbonaatpuhver	18 %
■ Hgb ja oksüHgb	35 %
■ Plasmavalgud	7 %
■ Fosfaatpuhverüsteem	5 %
	<hr/>
	100%

Rakuvälise vedeliku happe-alustasakaalu hindamine toimub lähtudes pH-st ja vesinik-karbonaatpuhvri seisundist, kuna

Vesinik-karbonaatpuhverüsteem



- Vesinik-karbonaatpuhverüsteem on kvantitatiivselt tähtsaim
- Ta on olemas kõigis kehavedeliku ruumides
- Tema komponentide füsioloogiline regulatsioon toimub vastavalt happe-alustasakaalu säilitamise vajadustele
- On eriti efektiivne, kuna ainsana organismi puhversüsteemidest nõ. "lahtine" – üks tema komponentidest - CO₂ - vabaneb metabolismi käigus ja elimineeritakse pidevalt alveolaarventilatsiooni kaudu

Vesinik-karbonaatpuhverüsteem

- Ventilatsiooni muutmisega on võimalik CO₂ osarõhku kiiresti ja laiades piirides reguleerida

Täielikuks efektiks vajab vesinik-karbonaatpuhver "lahtist" süsteemi – CO₂ transporti vereringega kopsudesse ja eliminatsiooni suurenenud alveolaarventilatsiooniga!



Puhverdamine

1. Happe jaotamine ekstratsellulaarses vedelikus
 1. 20-30 minutiga
 2. Neutraliseerimine, kuid ei eritata
2. Rakuline puhverdamine
 1. Luukude
 2. Valgud – albumiin, Hgb
 3. Minutitega – tundidega
3. Respiratoorne kompensatsioon happele
4. Happe ekskretsioon neerudega



HAT regulatsioon

- Keemiline puhverdamine
 - Sekundite jooksul
- Respiratoorne kompensatsioon
 - Käivitub minutite jooksul
 - Kujuneb välja 12-24 tunniga
- Renaalne kompensatsioon
 - Aeglane
 - Käivitub tundidega
 - Kujuneb 2-5 päevaga

Arteriaalse vere HAT normid

- pH 7.35...7.45
- PaCO₂ 35...45 mmHg (4.7...6.0 kPa)
- BE¹ ± 3.0 mmol/l
- HCO₃ 18...26 mmol/l
- PaO₂ 96...100 mmHg (12.8...13.3 kPa) > 40 a 100 – (0.3 x vanus aastates)

1 BE (base excess, ingl.k. leelise liig). Happe või aluse kogus millimoolides, mis on vajalik lisada 1 liitrile hapnikuga küllastatud uuritavale verele, et 37°C ja PCO₂ 40 mmHg juures oleks pH 7,4.

– BE happe liig e. atsidoos
+ BE happe defitsiit e. alkaloos

HAT kompensatsiooni aste

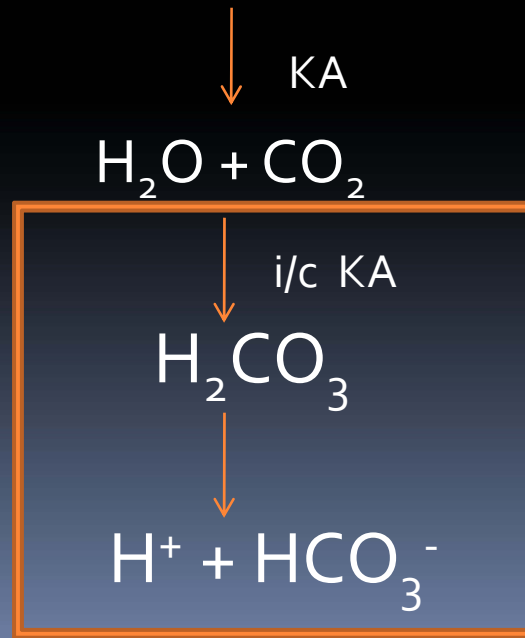
Respiratoorne atsidoos	pH	pCO₂	HCO₃⁻
1. Dekompenseeritud	↓	↑	N või ↑
2. Kompenseeritud	N	↑	↑
Metaboolne atsidoos	pH	pCO₂	HCO₃⁻
1. Dekompenseeritud	↓	N või ↓	↓
2. Kompenseeritud	N	↓	↓
Respiratoorne alkaloois	pH	pCO₂	HCO₃⁻
1. Dekompenseeritud	↑	↓	N või ↓
2. Kompenseeritud	N	↓	↓
Metaboolne alkaloois	pH	pCO₂	HCO₃⁻
1. Dekompenseeritud	↑	N või ↑	↑
2. Kompenseeritud	N	↑	↑

H⁺ ekskretsioon neerudest

- Neerud – ainus viis H⁺ erituseks
 - Ammooniumiooni NH₄⁺ ekskretsioon
 - Uriini puhversüsteemid
 - H₃PO₄
 - Sulfaadid
- Mida siis neerud teevad happe eritamiseks?

H⁺ ekskretsioon neerudest 2

- Proksimaalne neerutuubul
 - Bikarbonaadi tagasiimendumine
 - Na⁺-H⁺ antiporter
 - H⁺ + HCO₃⁻ = H₂CO₃





H⁺ ekskretsioon neerudest 3

- Distaalne neerutuubul – nefroni viimane osa
 - Na-K ATPaas
 - Rakud, millel on prooton-ATPaas
 - H-K ATPaas
- KNP = pole H⁺ eritamiseks kohta = metaboolne atsidoos



H⁺ ekskretsioon neerudest 4

H⁺ lõplik eliminatsioon

- Ammooniaak
 - Varud piiratud
 - Kust saame?
 - NH₄ → luumenisse → Henle lingu

maksa



uureaks

kontsentreeritakse



Dissotseeritakse

H⁺ ja NH₃⁻

NH_3 - difundeerub $\Leftrightarrow \text{NH}_4 \Leftrightarrow \text{H}^+$ ja NH_3 - jne.

Distaalne tuubul. Mis seal toimus?
 H^+ ioonide sekretsioon

Rakusein NH_3 + suhtes mitteläbilaskev

H^+ lõplik sekretsioon



Tagasi reaalsesse ellu



Patsiendi voodi juures:

- **Andmed, mida vajame:**
 - ASTRUP: pH, pCO₂, HCO₃⁻
 - Elektrolüüdid
 - Anioonide vahe arvutamine
- **1. Samm:** Atsidoos/alkaloos (peamine muutus)
- **2. Kompensatsioon**
- **3. Anioonide vahe**

1. samm: peamine muutus

- pH

- Alkaloos

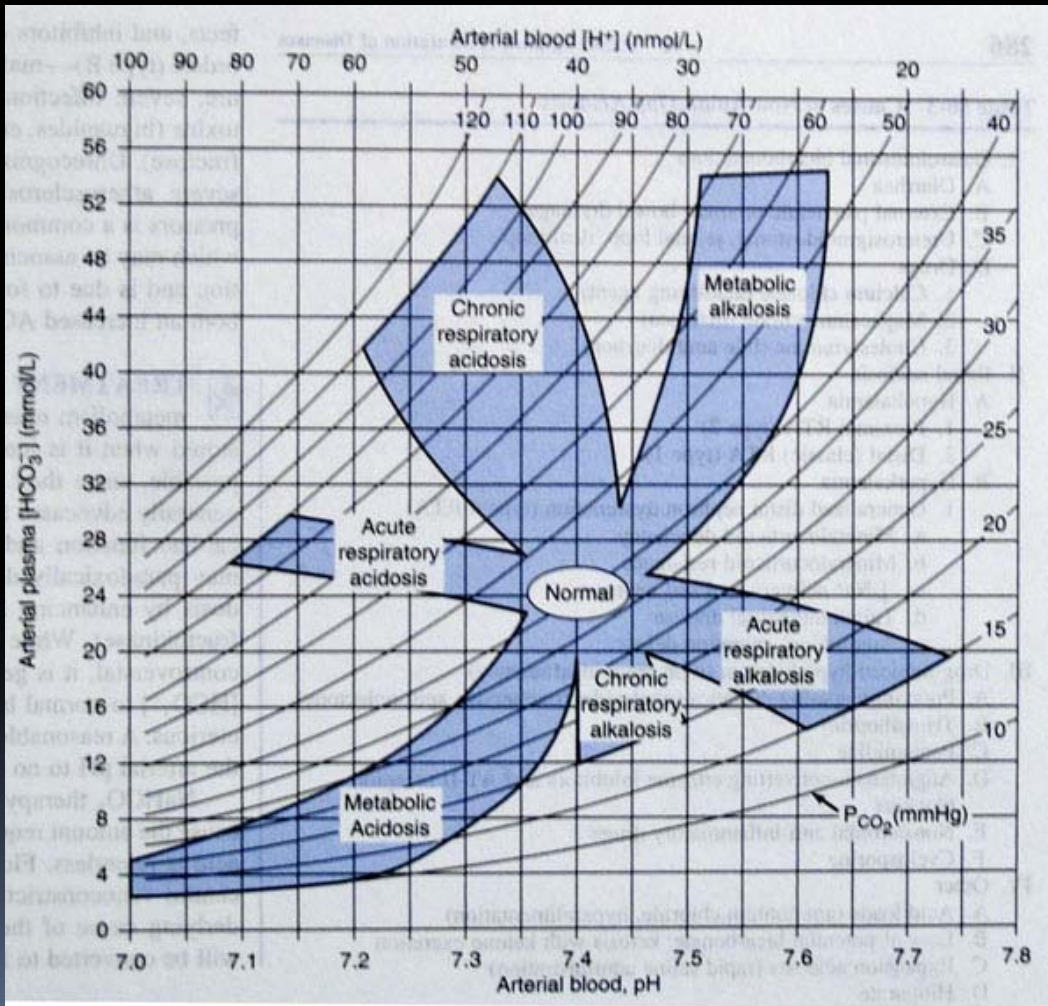
- Metaboolne alkaloos ($\uparrow \text{HCO}_3^-$)
 - Respiratoorne alkaloos ($\downarrow \text{pCO}_2$)

- Atsidoos

- Metaboolne atsidoos ($\downarrow \text{HCO}_3^-$)
 - Respiratoorne atsidoos ($\uparrow \text{pCO}_2$)

- Normaalne pH samaaegselt muutunud väärtustega teistes HAT komponentides viitab alati segatüüpi patoloogiale

2. samm: kompensatsioon



Kompensatsiooni
piirnormid:

- Metab. alkalosis
 - $p\text{CO}_2 < 55$ mmHg
- Resp. alkalosis
 - $\text{HCO}_3 > 12$ mmol/l
- Resp. atsidoos
 - $\text{HCO}_3 < 45$ mmol/l
- Metab. atsidoos
 - $p\text{CO}_2 > 10$ mmHg

3. samm: anioonide vahe

- $\text{Na}^+ - [(\text{HCO}_3^- + \text{Cl}^-)]$
- Norm: $\sim 12 \pm 2$
- **Anioonide vahe** = Mittemõõdetud anioonid – mittemõõdetud katioonid

Madal anioonide vahe:

- Müeloomtõbi (Ig-id)
- Nefrootiline sündroom (alb ↓)
- Liitiumi intoksikatsioon
- Hüperlipideemia (Na ja Cl valed)

Suur anioonide vahe

(>20):

- ↓ Ca, Mg, K
- Laktatsidoos
- Ketoatsidoos
- Aspiriin üledoos



Kinnistame teadmisi 1

- 80 a. mees DOA-ga, koomas
- Laialdased hematoomid
- Analüüsid:
 - $\text{pH} = 7,45$ $\text{pCO}_2 = 15$ $\text{pO}_2 = 85$
 - Seerumis HCO_3^- 10, anioonide vahe=20
 - $\text{BE} = ?$
 - Glükoos = N, Ketokehad=1+
 - 1. Samm: Atsidoos/alkaloos (peamine muutus)
 - 2. Kompensatsioon
 - 3. Anioonide vahe

Kinnistame teadmisi 2

- 25 a. diabeetik (1. tüüp) toodud haiglasse šokis, elustatud. Peale elustamist:
 - $\text{pH} = 7,23$ $\text{pCO}_2 = 23$ $\text{pO}_2 = 100$ (ruumiõhk)
 - $\text{Na} = 125$ $\text{HCO}_3 = 20$
 - Anioonide vahe = 25
 - Glükoos = 16 mmol/l Ketoonid = 3+
 - 1. Samm: Atsidoos/alkaloos (peamine muutus)
 - 2. Kompensatsioon
 - 3. Anioonide vahe



Metaboolne atsidoos

Normaalne anioonide vahe:

- Renaalne HCO_3 kadu
- GI-traktist HCO_3 kadu
- HCl produktsioon
 - Parenteraalne toitmine

Suur anioonide vahe (teised happed):

- Laktaat
- Ketokehad
- Muud happed (kr. neerupuudulikkus)
- Mürgistused:
 - Metanool
 - Etüleenglükool
 - Aspiriin

Kinnistame teadmisi 3

Kas kasutada bikarbonaati?

- 50 a. mees, elustatakse üle kardiaalse äkksurma (MI).
 - $\text{pH} = 7,10$ $\text{pCO}_2 = 40$ $\text{pO}_2 = 300$
 - Seerumis $\text{HCO}_3 = 10$
 - $\text{BE} = -14$

Kas manustaksid NaBiC?



Bikarbonaadi vastuolulisus

Vastu argumendid ÄGEDA
metaboolse atsidoosi korral

- Rakusisese laktaadi teke
- Paradoksaalne i/c atsidoos
- O₂ dissotsiatsioonikõvera nihkumine vasakule
- Kui CO₂ elimineerimine pole tagatud
- Na-liig

Ravi siis kui pH <7,15

Poolt argumendid KROONILISE
metaboolse atsidoosi korral

VÄHENEV:

- Kasvus mahajäämus
- Negatiivne lämmastiku bilanss
- Neeruhaiguse progressioon

PARANEV:

- Luukoe funktsioon

Bikarbonaadi defitsiit

- Defitsiit liitri kohta
- Kogu keha vesi (50% kehamassist) liitrites
- Vajalik NaBic

$$\text{vajalik NaHCO}_3 = \text{defitsiit} \times \text{keha vee hulk}$$

Ehk: et tõsta seerumi HCO_3^- 10 → 20 mmol/L 70 kg haigel:

$$\text{defitsiit} \times \text{keha vesi} = \text{vajalik kogus}$$

$$10 \times 35 = 350 \text{ mmol}$$

(350 ml 8,4 % NaBic)



Normaalse anioonide vahega metaboolne atsidoos

- HCO_3 kadu GI –trakti kaudu
 - Diarröa
 - Fistlid
 - Lahtistite kuritarvitamine
- HCO_3 **kaod** neerude kaudu või **võimetus** HCO_3 toota
 - RTA
 - I, II, IV tüüp
- HCl liig (söök)
 - Totaalne parenteraalne toitmine

Kinnistame ja uuendame teadmisi 4

- 27 a. krooniline alkohoolik, soporoosne.
Mõõdukas hüповoleemia
 - pH= 7,30 pCO₂= 30 pO₂= 100 (ruumiõhk)
 - Na=116 HCO₃=15 Kreat=495
 - K= 6,9
 - Anioonide vahe= 35
 - Glükoos =5 mmol/l Ketoamid=1+
 - Laktaat=4

Arvutatud Osm = 156

Mõõdetud Osm =350

Osmolaalsuste vahe

- Arvutuslik osmolaalsus =
 - $2 \times \text{Na}^+$ (mmol/l) + Glc (mmol/l)
+ Urea (mmol/l)
- Mõõdetud osmolaalsus
 - Laboris mõõdetakse
- OSMOLAALSUSTE VAHE
 - (mõõdetud – arvutuslik)
 - ≤ 10

↑ OSMOLAALSUSTE VAHE

- Kaasnev atsidoos
 - Metanool
 - Etüleenglükool
 - Neerupuudulikkus
 - Ketoatsidoos
- Kaasneva atsidoosita
 - Etanool
 - Mannitool



Kokkuvõtteks

- HAT on keeruline
- Kroonilisel neeruhaigel määrata ASTRUP
- HAT häire korral mõtle ka neeruhaiguse võimalusele
- Anioonide vahe ja osmolaalsuse vahe

TÄNAN!