

Landelijk MC-symposium
Apeldoorn, 1-11-2018

Bloedgassen: zure stof?

*Jeroen Verwiel, internist-intensivist
Afdeling Intensive Care*

Radboudumc

1. Inleiding & begrippen

- zuurgraad van het bloed (extracellulair)
- zuur = H^+ en base = HCO_3^-
- pH = negatieve logaritme van de H^+ -ionen-concentratie
- “p” staat voor “-log” en “H” staat voor $[H^+]$
- PaO_2 staat voor partiële zuurstofspanning arterieel
- $PaCO_2$ staat voor partiële koolzuurspanning arterieel
- BE = base excess (+ = overschot en - = tekort aan base)
- SaO_2 staat voor arteriële zuurstofsaturatie van het Hb (verloopt volgens een dissociatiekromme - zie tekening)



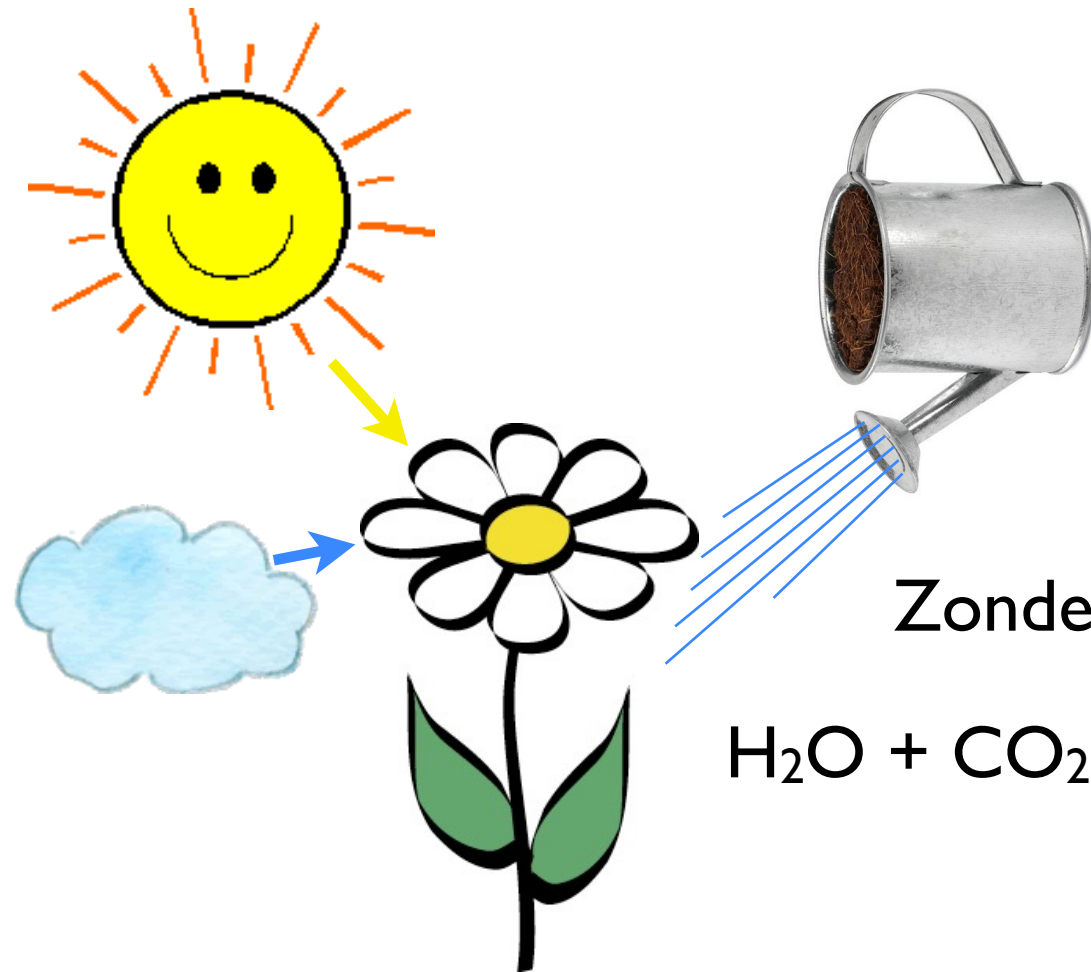
vervolg inleiding & begrippen

- de P_aO_2 geeft de hoeveelheid in bloed opgeloste O_2 weer als (partiële) spanning uitgedrukt in kPa
- de P_AO_2 is de zuurstofspanning in de alveoli, en bedraagt normaal 13,3 kPa
- in 1 liter bloed lost bij 37°C slechts 3 ml O_2 op, hetgeen bij een hartminuutvolume van 4 liter/min en een O_2 -utilisatie van 50% (= 50% onttrekking uit weefsels) neerkomt op 160 ml, terwijl in rust al 240 ml nodig is
- daarom is het systeem van haemoglobine aanwezig: bij 100% O_2 -verzadiging bindt 1 gram Hb 1,3 ml O_2 , zodat met 15 g/100 ml en HMV 4 L/min er al 800 ml O_2 /min is



Waarom hebben we zuurstof nodig?

Omdat we omgekeerde plantjes zijn!!



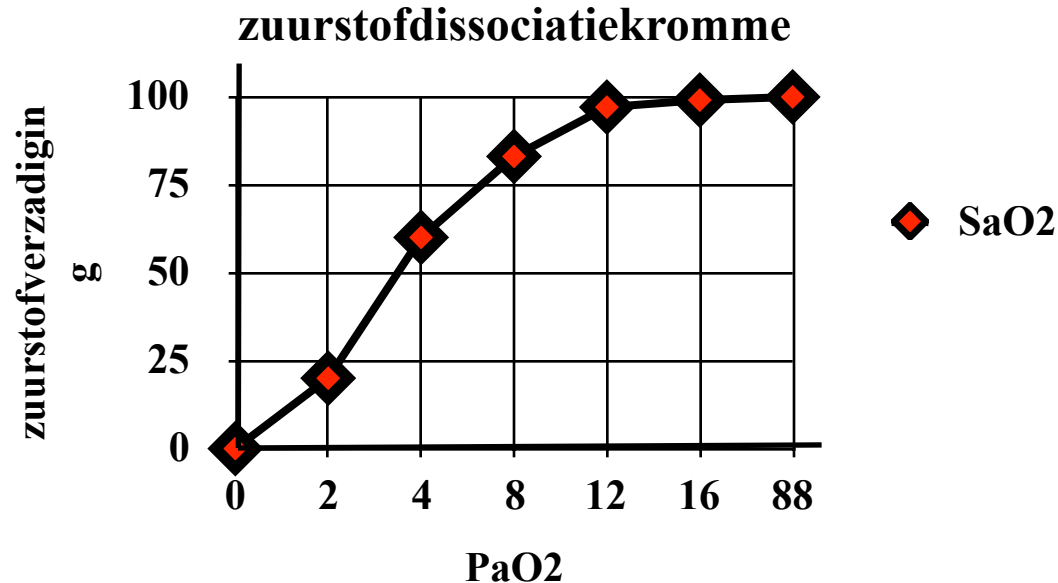
Met O₂: 36 ATP

Zonder O₂: 2 ATP + lactaat



vervolg inleiding & begrippen

De SaO_2 is afhankelijk van de PaO_2 , de hoeveelheid van het enzym 2,3 DPG (difosfoglycerinezuur), $PaCO_2$, pH, T



praktische interpretatie: definities

- zuur bloed = acidaemie en basisch bloed = alkaliaemie
- acidose = $\text{pH} < 7,35$ en alkalose = $\text{pH} > 7,45$
- “metabool” betekent: door de nieren geregeld; metabole compensatie = aanpassen van het HCO_3^- (langzaam)
- “respiratoir” betekent: door de longen geregeld; respiratoire compensatie = aanpassen van de pCO_2 (snel)
- de pO_2 en de SaO_2 staan los van de zuur-base regulatie, en worden dus ook apart beoordeeld
- een lage pO_2 = hypoxaemie (dus niet “hypoxie”!)
- SaO_2 is de zuurstofverzadiging van haemoglobine (curve)



praktische interpretatie: definities

De **base excess (BE)** is een maat voor de hoeveelheid titreerbaar zuur die in het bloed aanwezig is, waarbij gecorrigeerd is voor een normale PaCO_2 (5,3 kPa):

- uitgedrukt in mili-equivalenten
- bij een positieve (+) waarde is er echt een **base-overschot**, dus een alkalose
- bij een negatieve (-) waarde is er een **basetekort**: acidose
- de BE is een uitslag die bij bloedgasinterpretatie strikt genomen niet noodzakelijk is; de uitslag kan dus genegeerd worden!



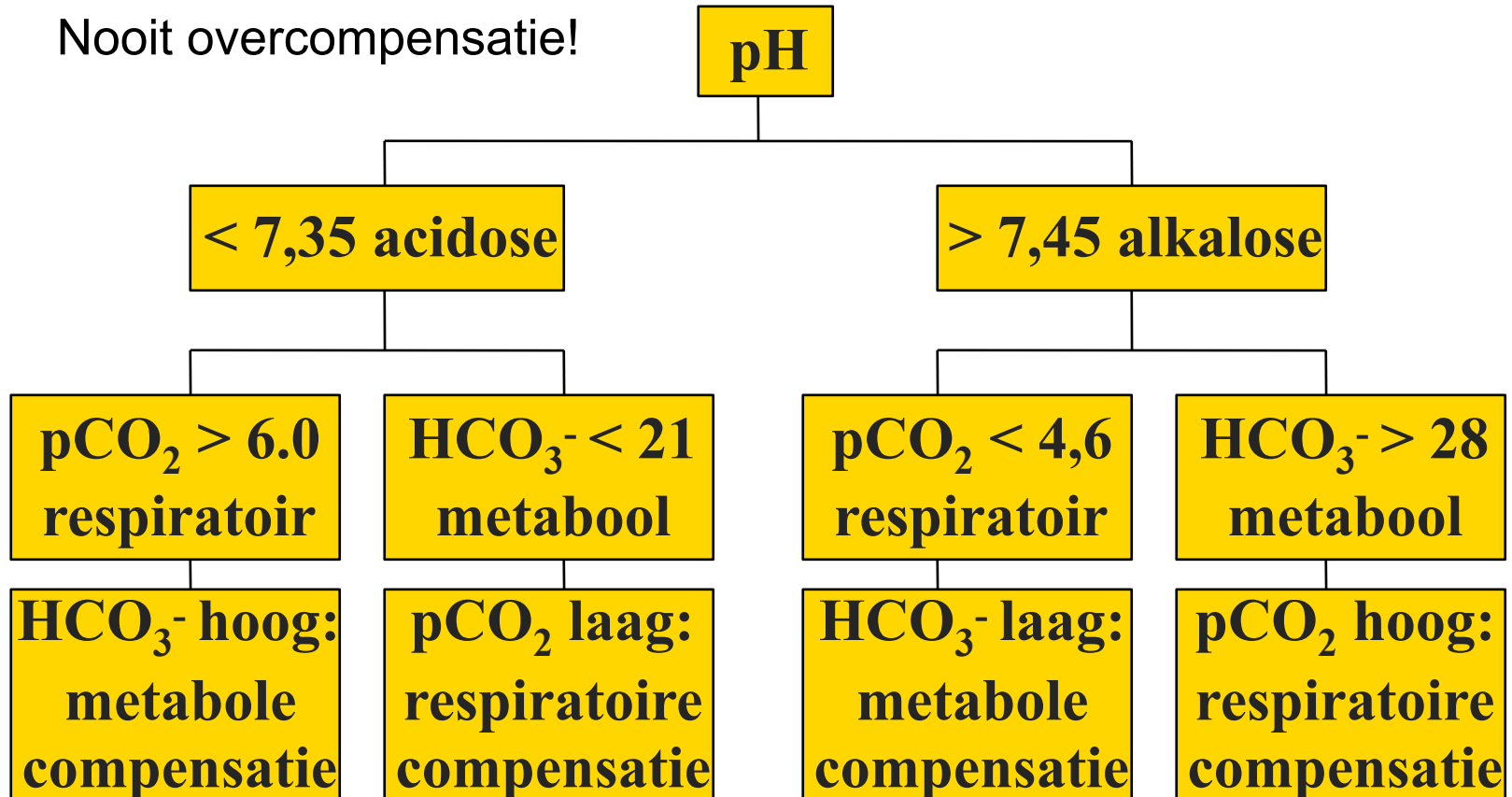
vervolg praktische interpretatie

- bij de beoordeling van een bloedgas is strikt genomen geen verdere informatie nodig over de patiënt
- bij de beoordeling van de instelling van een beademings-apparaat zijn altijd naast de beoordeling van de bloed-gassen ook de klinische toestand en de voorgeschiedenis van de patiënt van groot belang
- volgorde van interpreteren van een bloedgas:
 1. pH
 2. $p\text{CO}_2$
 3. HCO_3^-
 4. BE (eventueel helemaal negeren)
 5. $p\text{O}_2$
 6. SaO_2



interpretatie: flow-diagram

Nooit overcompensatie!



2. Pathofysiologie, mechanismen

- De pH in bloed (extracellulair) beïnvloedt direct de pH in de cellen (intracellulair), en daar vindt de stofwisseling plaats (celmetabolisme)
- de plasma-pH moet constant blijven i.v.m. chemische processen gestuurd door **enzymen** (katalysatoren)
- enzymen functioneren alleen bij een **optimale pH** (7,4)
- slechts geringe afwijkingen zijn acceptabel: **7,35 - 7,45**
- met voeding komen zuren en basen binnen
- de stofwisseling maakt zure produkten
- dus is een goed beveiligd **regulatiemechanisme** nodig



vervolg pathofysiologie

- het bloed vangt een pH-verschuiving op met meerdere buffersystemen:

1. haemoglobine	8
2. eiwitten	1,7
3. bicarbonaat	18
4. fosfaat	0,3

totaal 28 mEq (milli-equivalent)

- de buffers van 1 liter bloed leveren 28 mEq H⁺-ionen als de pH van 7,4 naar 7,0 is gedaald



vervolg pathofysiologie

- Alle systemen worden gelijkelijk gebruikt, maar de capaciteit per systeem verschilt
- we kijken naar het bicarbonaatsysteem omdat:
 - eenvoudig meetbaar systeem
 - snelste systeem
 - absoluut gezien de grootste bijdrage leverend
 - intensiteit correctie pH overeenkomstig andere systemen
 - vluchtig systeem: kan door de longen als CO₂ uit het lichaam verwijderd worden
- de bicarbonaatbuffer wordt beschreven door de formule van Henderson-Hasselbalch



vervolg pathofysiologie

- Formule van Henderson-Hasselbalch:

$$\text{pH} = \text{pK} + \log \left(\frac{\text{base}}{\text{zuur}} \right)$$

pK = dissociatieconstante van bicarbonaat (6,1 bij 37°C)

base = HCO_3^-

zuur = $\text{H}_2\text{CO}_3 = \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \Rightarrow 0,225 \times \text{pCO}_2$ (in kPa)

0,225 = oplosbaarheidscoëfficiënt van CO_2 in water

(reactie: $\text{H}_2\text{CO}_3 \rightleftharpoons \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$)

- bij de bepaling van de bloedgaswaarden worden uit de gemeten pH en de gemeten pCO_2 het HCO_3^- en de BE **berekend**; de SaO_2 wordt **berekend** uit de gemeten pO_2



3. Regulatie door de nieren

- De nieren beschikken over twee trucs om zuur bloed weer normaal te krijgen: zuur kwijtraken en base vasthouden:
 - 1. Verwijderen H^+ -ionen:**
 - a. aldosteron laat in de verzamelbuizen Na^+ absorberen en behalve tegen K^+ ook tegen H^+ uitwisselen;
 - b. productie van NH_3 in de tubuluscellen (uit glutamine met glutaminase-I), waaraan dan nog een H^+ wordt gebonden: NH_4^+ (ammonia); de urine wordt dan minder zuur en bevat meer H^+ -ionen!



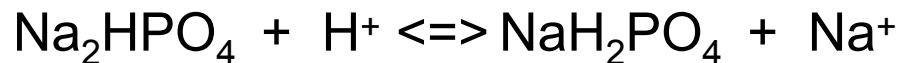
vervolg regulatie door de nieren

2. bicarbonaat vasthouden:

a. door gefiltreerd bicarbonaat te reabsorberen (proximaal);

b. de tubulusurine heeft dezelfde pH als intracellulair; het enzym carbo-anhydrase zet kooldioxide en water om in H_2CO_3 dat direkt uiteenvalt in H^+ en HCO_3^- ;

het vrijkomende H^+ wordt aan fosfaat gebonden:



Het Na^+ gaat dan met een HCO_3^- weer het bloed in.

Dit alles speelt zich af in de proximale tubulus in de nier



vervolg regulatie door de nieren

- wat met fosfaat gedaan werd kan ook met andere zuren gedaan worden (b.v. organische zuren);
- al deze zuren kun je meten (“titreren met loog”): ze geven samen 10 - 30 mEq zuur per dag;
- tel je daar ammonia bij op (20 mEq/dag), dan is dat totaal 30 - 50 mEq bufferreserve per dag;
- in zure urine zit dus veel zuur, NH_4^+ , weinig K^+ en HCO_3^-
- omdat in de formule van Henderson en Hasselbalch het deel ($\frac{\text{base}}{\text{zuur}}$) een breuk is, kunnen de absolute getallen variëren: 54/2,7 of 20/1 geeft een normale pH (gecomp.)



4. bloedgas-differentiaaldiagnoses

- Belangrijk: overcompensatie bestaat niet!
- Bij de metabole acidose kan nog een tweedeling worden gemaakt die de oorzaken opsplijst in twee groepen: de anion gap:
- **$([Na^+] + [K^+]) - ([HCO_3^-] + [Cl^-])$**
normaal 9-14 mEq/l; de waarde is normaal of verhoogd;
voorbeeld: $(136 + 4) - (25 + 102) = 13$
- metabole acidose met normale anion gap:
 1. Gastro-intestinaal HCO_3^- verlies: diarree
 2. Renaal HCO_3^- verlies: renale tubulaire acidose
 3. Nierfunctiestoornissen
 4. Inname van ammoniumchloride of veel vocht



vervolg differentiaaldiagnoses

- Metabole acidose met verhoogde anion gap:
 1. Lactatacidose (b.v. bij septische shock)
 2. Keto-acidose (bij ontregelde diabetes mellitus)
 3. Nierinsufficiëntie (sulfaat, fosfaat, uraat)
 4. Intoxicaties (salicylaten, methanol, ethyleenglycol, toluen)
 5. Massale rhabdomyolyse (insulten, bijna-verdrinking)
- Metabole alkalose:
 1. Verlies van H^+ : gastro-intestinaal (HCl), renaal (diuretica) of shift
 2. Retentie van bicarbonaat (transfusie, toedienen HCO_3^-)
 3. Contractie-alkalose (diuretica, zweten bij Cystic Fibrosis)



vervolg differentiaaldiagnoses

- Respiratoire acidose:

1. Remming medullaire ademcentrum (morfinomimetica)
2. Ziekten ademspieren en borstkas (myasthenia gravis, scoliose)
3. Bovenste luchtwegobstructie
4. Gaswisselingsstoornissen
5. Mechanische beademing!

- Respiratoire alkalose:

1. Hypoxaemie (pneumonie, longoedeem, hypotensie)
2. Longziekten
3. Stimulatie medullaire ademcentrum (psychogeen, leverfalen, graviditeit)
4. Mechanische beademing!



5. casus oefenen

pH 7,58	BE +9,4
pCO₂ 4,8	pO₂ 12,8
HCO₃⁻ 32,6	SaO₂ 98%

pH 7,1	BE -19,8
pCO₂ 2,1	pO₂ 15,6
HCO₃⁻ 4,7	SaO₂ 99%

pH 7,11	BE +10,5
pCO₂ 9,9	pO₂ 8,8
HCO₃⁻ 32	SaO₂ 89%

pH 7,56	BE +2,2
pCO₂ 1,8	pO₂ 16,8
HCO₃⁻ 25	SaO₂ 99%

vervolg casus oefenen

metabole alkalose als gevolg van braken bij jonge man met gastro-enteritis

metabole acidose met poging tot respiratoire compensatie bij sepsis

respiratoire acidose met hypoxaemie; hoog HCO_3^- t.g.v. bicarbonaatinfuus

acute respiratoire alkalose (klassieke hyperventilatie) door pijn na trauma

6. Enkele praktische wenken

- Afnemen bloedgas; transport bloedgas (< 15 minuten!)
- Temperatuurcorrectie bij koorts of onderkoeling? Nee.
- Verschil arteriële en capillaire/veneuze bloedgassen: capillair/veneus alleen pH en HCO_3^- betrouwbaar
- niet te snel bicarbonaat geven bij metabole acidose: pas bij een pH < 7,1 te verantwoorden; pas op: bicarbonaat 8,4% bevat 1000 mmol natrium per liter
- toedienen zuurstof in toenemende effectiviteit: zuurstofbril, neussonde, zuurstofmasker, met Aquapak, via machine
- pulsoximetingen zijn kwetsbaar (koude acra, vetemulsies)

