Prawo zachowania stałości stężenia jonu wodorowego jest jednym z najważniejszych praw dotyczących żywego organizmu.

Od niego zależy prawidłowy przebieg większości procesów życiowych.

Równanie Hendersona-Hasselbacha

Komponent metaboliczny

$$pH = 6{,}11 + \log \frac{HCO_3}{0{,}03 \times pCO_2}$$

Komponent oddechowy

Chemistry

Carbonic anhydrase

Hydrogen

Bicarbonate

$$CO_2 + H_2O \rightleftharpoons H_2CO_3 \rightleftharpoons H^+ + HCO_3^-$$

Parametry pomiarowe

pH - ujemny logarytm ze stężenia jonów wodorowych

pCO2 - ciśnienie parcjalne dwutlenku węgla

pO2 - ciśnienie parcjalne tlenu

SaO2 - saturacja, czyli wysycenie hemoglobiny tlenem

HCO3- - aktualne stężenie wodorowęglanów.

Określa stężenie wodorowęglanów w osoczu krwi, wysyconej w temp. 37° C mieszanką gazową o pCO2 =40 mmHg, wzbogaconą w tlen dla całkowitego wysycenia Hb

BB - zasady buforowe, suma wszystkich anionów buforowych we krwi pełnej, utlenowanej

NBB - normalne zasady buforowe, to prawidłowy poziom anionów wszystkich zasad bufor określanych przy pH =7,38 i pCO2=40 mm Hg.

Zależą one od stężenia Hb: NBB=40,8+(0,36xHb g/100ml)

BE - nadmiar lub deficyt zasad, przy czym dla deficytu jest wartością ujemną

BE=BB-NBB

Parametr	Krew Tętnicza	Krew Żylna
pH	7,35 – 7,45	7,32 – 7,42
HCO_3	22 – 26mmol/l	24 - 28
pCO_2	35 – 45mmHg	41 – 51
BE	-2,5 - +2,5 mEq/l	-2,5 - +2,5
pO_2	80 – 100 mmHg	25 – 40
SaO_2	96 – 97%	40 - 70

Analizatory do gazometrii wykonują pomiary trzech parametrów (przy pomocy elektrod jonoselektywnych): pH, pCO2 i pO2. Wszystkie pozostałe parametry występujące w wyniku gazometrii są wyliczone na podstawie 3 parametrów zmierzonych

Mt. Everest Summit
29,035' / 8850m
South Summit
28,500' / 8690m
Nuptse
25,790' / 7861m
Lhotse
27,940' / 8516m
C4-South Col
26,300'
8000m
North Col
23,000'
7000m
C3
23,500'
7162m
Lhotse
Face
C2
21,000'
6400m
Western
Cwm
C1
19,500'
5943m
Khumbu
Icefall
Base Camp
17,500'
5334m
www.alanarnette.com
www.alanarnette.com

Stałość pH utrzymują:

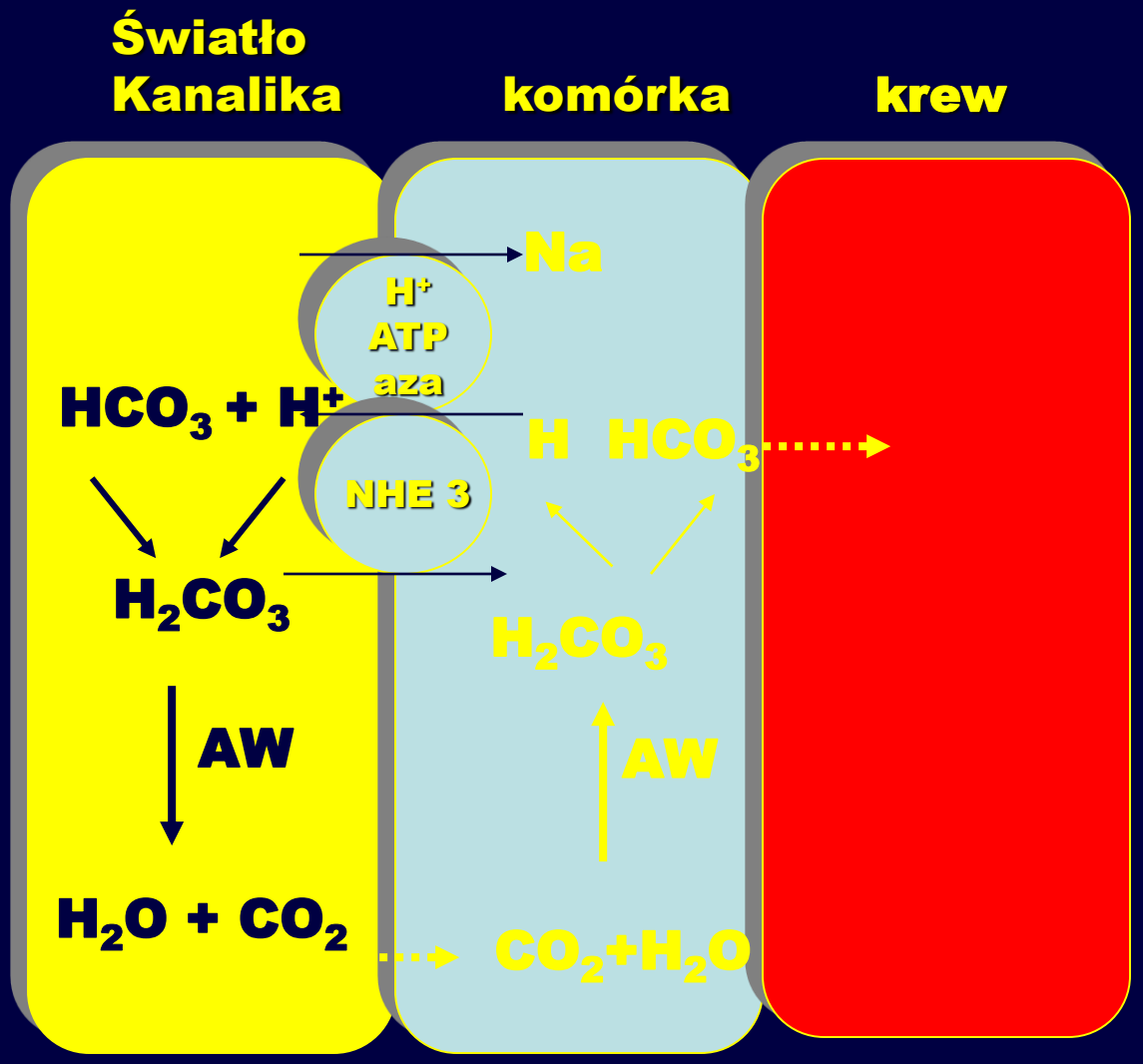
1. Bufory krwi (wodorowęglanowy, hemoglobina, fosforanowe i białczanowe)

2. Bufory i przemiany wewnątrzkomórkowe (wytwarzanie i zużywanie jonów wodorowych)

3. Płuca (wydalanie CO_2)

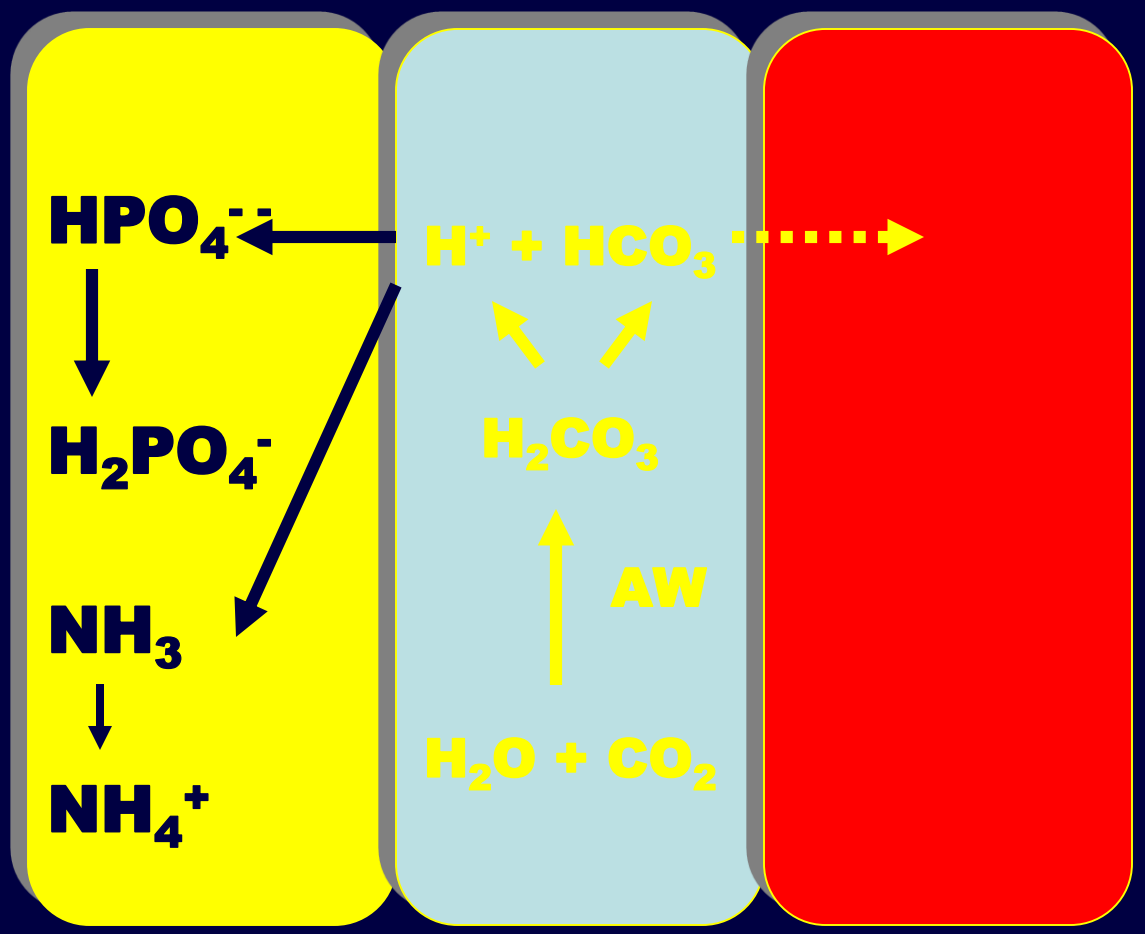
4. Nerki (wydalanie H^+ i wytwarzanie HCO_3)

REGULACJA NERKOWA RÓWNOWAGI KWASOWO-ZASADOWEJ



KANALIK PROKSYMALNY

REGULACJA NERKOWA RÓWNOWAGI KWASOWO-ZASADOWEJ



KANALIK DYSTALNY

Zmiana pH krwi może następować dwoma drogami:

1. **Drogą nieoddechową (metaboliczną)**

a. **Podaż nadmiernej ilości kwasu**

b. **Utrata zasad (z kałem lub moczem)**

c. **Podaż nadmiernej ilości zasad (z reguły z zewnątrz)**

d. **Utrata kwasów**
(wymioty, przez nerki)

e. **W wyniku przemieszczenia elektrolitów między komórkami a płynem pozakomorkowym**

2. **Drogą oddechową**

a. **spadek wentylacji pęcherzyków płucnych – CO_2 nie jest prawidłowo wydalany przez płuca**

b. **hiperwentylacja pęcherzyków płucnych – spadek stężenia kwasu węglowego w osoczu**

Postacie zaburzeń

- Kwasica-stan charakteryzujący się zwiększeniem zawartości kwasów lub utratą zasad
- Zasadowica-stan charakteryzujący się utratą kwasów lub zwiększeniem zawartości zasad
- *Kwasica metaboliczna* - stan charakteryzujący się pierwotnym (niezależnym od mechanizmu oddechowego) zmniejszeniem zawartości wodorowęglanów we krwi
- Niewyrównana - pH<7,35, pCO2 nieobniżone
- Wyrównana - pCO2 obniżone w takim stopniu, że pH osiąga wartość prawidłową
- *Zasadowica metaboliczna*-stan charakteryzujący się pierwotnym (niezależnym od oddychania) zwiększeniem zawartości wodorowęglanów we krwi
- Niewyrównana pH >7,45, pCO2
- Niepodwyższone
- Wyrównana pCO2 podwyższone w takim stopniu, że pH osiąga wartość prawidłową

Postacie zaburzeń

- *Kwasica oddechowa* - stan charakteryzujący się pierwotnym (uwarunkowanym mechanizmem oddechowym) podwyższeniem pCO_2
- Niewyrównana - pH<7,35, zawartość wodorowęglanów niezwiększona
- Wyrównana-zawartość wodorowęglanów podwyższona w takim stopniu, że pH osiąga wartość prawidłową
- *Alkaloza oddechowa* - stan charakteryzujący się pierwotnym (zależnym od mechanizmu oddechowego) obniżeniem pCO_2
- Niewyrównana pH>7,45, zawartość wodorowęglanów we krwi niezmniejszona
-
- Wyrównana zawartość wodorowęglanów obniżona w takim stopniu, że pH ulega normalizacji

KWASICA ODDECHOWA

- **Główne przyczyny:**

- **ze strony OUN - choroby ośrodka oddechowego, hamowanie ośrodka oddechowego przez guzy, zapalenia mózgu, urazy czaszki, znieczulenie ogólne stosowane w chirurgii,**

- **ze strony nerwów obwodowych - uszkodzenie nerwów mięsni oddechowych i przepony,**

- **ze strony mięśni - osłabienie lub porażenie mięśni oddechowych,**

- **ze strony dróg oddechowych - niedrożność spowodowana przez ciało obce, guz, obrzęk lub wydzielinę,**

- **ze strony płuc - napad astmy oskrzelowej, rozedma płuc, zapalenie lub obrzęk płuc.**

ZASADOWICA ODDECHOWA

- **Główne przyczyny**:
- bezpośrednie - zespół hyperwentylacyjny, np. lęk, ból, niewydolności wątroby,
- odruchowe - pobudzenie ośrodka oddechowego wskutek zapalenia opon mózgowo-rdzeniowych lub zatrucia lekami (chinina, fenol, salicylany), niedotlenienie oraz stany zapalne i gorączkowe,
- mechaniczne - nieprawidłowe stosowanie respiratorów.

KWASICA METABOLICZNA

- **Najczęstsze przyczyny:**

- **typ addycyjny - cukrzyca, głodzenie, stany gorączkowe, zatrucie salicylanami, zatrucie alkoholem -gromadzenie kwasów,**

- **typ subtrakcyjny - utrata zasad - głównie w biegunkach i niedrożności jelit,**

- **typ subdystrybucyjny - nierównomierne rozmieszczenie jonów wodorowych pomiędzy komórką a płynem pozakomórkowym, po dożylnym podaniu dużych objętości np. izotonicznego roztworu NaCl (tzw. kwasica z rozcieńczenia).**

ZASADOWICA METABOLICZNA

- **Główne przyczyny:**

- **typ addycyjny - spowodowany nadmierną podażą zasad - zwykle pochodzenia jatrogennego - podawanie soli zasadowych, leków moczopędnych, środków przeczyszczających, nadmierne podawanie NaCl i glukozy bez potasu**

- **typ subtrakcyjny - spowodowany utratą jonu H+ - występuje przy wymiotach, odsysaniu tresci żołądkowej lub płukaniu żołądka**

- **typ dystrybucyjny - spowodowany przemieszczeniem jonów wodorowych - w hipokaliemii wywołanej niedostateczną podażą potasu podczas biegunki lub obfitej diurezy**

Zaburzenie	pH	HCO_3^-	pCO_2
Kwasica metaboliczna	↓	↓P	↓W
Kwasica Oddechowa	↓	↑W	↑P
Zasadowica metaboliczna	↑	↑P	↑W
Zasadowica oddechowa	↑	↓W	↓P

P – zaburzenie pierwotne

W – zaburzenie wtórne (wyrównawcze)

After a pulse is found, a blood sample is taken from the artery
A.D.A.M.

POBIERANIE MATERIAŁU

- Podstawą laboratoryjnej oceny równowagi kwasowo-zasadowej jest prawidłowo wykonane badanie gazometryczne, uzupełnione oznaczeniem elektrolitów.

- Krew do badania gazometrycznego - krew tętnicza lub arterializowana krew włośniczkowa - musi być pobrana na antykoagulant, bez dostępu powietrza. Oznaczenie musi być wykonane najpóźniej w ciągu godziny od pobrania (przy przechowywaniu próbki w temp. 4-8 ^{o}C, po ciemku).

ZABURZENIA METABOLICZNE

ZASADOWICA

- ↑ ZASAD BUFOROWYCH
- NIEDOBÓR CHLORKÓW
- HIPOKALEMIA
- HIPOALBUMINEMIA
- ZAGĘSZCZENIE

KWASICA

- ↓ ZASAD BUFOROWYCH
- HIPERCHLOREMIA
- HIPERKALEMIA
- HIPERALBUMINEMIA
- ROZCIEŃCZENIE

K

↑ w kwasicy

↓ w zasadowicy

Zmiana pH o 0,1

to

zmiana kaliemii
o około 0,6 mmol/l
głównie w
zaburzeniach
metabolicznych

Cl

⬇ zasadowica metaboliczna

⬆ kwasica metaboliczna

LUKA ANIONOWA
(ANION GAP)

$$c\ Na^{+} - (c\ Cl^{-} + cHCO_3^{-}) = \sum NK - \sum NA$$

$$12 \pm 4\ mmol/l$$

KWASICE METABOLICZNE

prawidłowa LA

z hiperchloremią

- **biegunki**
- **nerkowe kanalikowe**
- **z rozcieńczenia 0,9 NaCl**

zwiększona LA

- **ketonowa cukrzycowa, głodowa**
- **mleczanowa**
- **glikol etylenowy**
- **metanol**
- **salicylany**

Przykłady

Wyniki					Wartości referencyjne
pH	7.48	7.29	7.15	7.26	7.35-7.45
pCO_2	6.0	8.6	5.0	4.9	4.7-6.0 kPa
pO_2	11.6	8.5	14.0	9.0	11.3-14 kPa
HCO_3	48	33	12	19	22-26 mmol/L
BE	+17	+10	-14	-9	+/-2 mmol/L
SaO_2	98%	95%	95%	92%	95-100%

Przykłady

Wyniki						Wartosci referencyjne
pH	7.5	7.5	7.15	7.31	6.95	7.35-7.45
pCO_2	2.95	5.8	7.2	9.12	7.3	4.7-6.0 kPa
pO_2	13.8	13.5	12.1	8.3	12.1	11.3-14 kPa
HCO_3	24.1	32	15.2	34.9	13.2	22-26 mmol/L
BE	-9	+10	-9	+8	-19	+/-2 mmol/L