

Dezechilibrul acido-bazic

ECHILIBRUL ACIDO-BAZIC

EAB reprezintă un raport al concentrației protonilor de hidrogen (H^+) și anionului hidroxil (OH^-) în diferite medii biologice ale organismului.

**Aportul de H^+ exogen + H^+ endogen =
eliminarea din organism a H^+**

ECHILIBRUL ACIDO-BAZIC

- Echilibrul acido-bazic este exprimat prin pH (pH- power; H- hydrogen).
- pH - logaritmul zecimal negativ al concentrației protonilor de hidrogen în mol *per* 1 L volum.
- Dacă pH=7, concentrația H=10⁻⁷ mol/L și OH=10⁻⁷ mol/L. Deci soluția are o cantitate egală de ioni și se estimează ca neutrală.

ECHILIBRUL ACIDO-BAZIC

pH sângelui arterial = 7,35–7,45

pH sângelui venos = 7,26–7,36

pH în celule și țesuturi \approx 6,9-7,2

pH lichidului cefalo-rahidian = 7,4–7,6

pH limfei = 7,35–7,4

pH lichidului articulațiilor = 7,62–7,7

IMPORTANȚA **EAB** PENTRU ORGANISM

- 1) pH determină proprietățile fizico-chimice ale structurilor coloidale;
- 2) pH influențează conformarea proteinelor și **activitatea enzimelor;**
- 3) pH influențează **activitatea receptorilor celulari;**

IMPORTANȚA **EAB** PENTRU ORGANISM

- pH determină permeabilitatea membranelor celulare;
- pH **reglează tonusul vascular;**
- pH influențează activitatea centrului respirator;
- pH reglează procesele de inhibiție și activare ale creierului.

I. Aportul H⁺ exogen:

acizii din alimente și lichidele potabile

II. Generarea acizilor în organism:

1) oxidarea glucozei, acizilor grași, acizilor aminați și formarea CO₂;



2) glicoliza anaerobă – acidul lactic;

3) condensarea AcetilCoA:

acizii β-hidroxibutiric, acetilacetic;

II. Generarea acizilor în organism:

4) Scindarea aminoacizilor cu grupul SH –

acidul sulfuric;

5) Scindarea fosfolipidelor –

acidul fosforic;

6) pierderea bicarbonaților:

(diareea, afecțiuni renale) →

predominarea relativă a ionilor de H⁺.

III. ELIMINAREA ACIZILOR DIN ORGANISM:

► Sistemele tampon:

neutralizarea acizilor și bazelor în exces.

Tamponul este o soluție din 2 sau mai multe componente, care previne variațiile de concentrație ale H, când un acid sau o bază este adăugată la această soluția.

- **Acid: donator de proton.**
- **Basă: acceptor de proton.**

III. ELIMINAREA ACIZILOR DIN ORGANISM:

- *Sistemul tampon bicarbonat:* H_2CO_3 – NaHCO_3
- *Sistemul tampon fosfat:* NaH_2PO_4 - Na_2HPO_4
- *Sistemul tampon proteic:* H-proteină și K-(Na) proteină
- *Sistemul tampon hemoglobinic:* $4\text{Hb}(\text{O}_2)_4$ și Hb

III. ELIMINAREA ACIZILOR DIN ORGANISM:

- ▶ Schimbul ionilor dintre mediile lichidiene, celule și matricea neorganică



TAMPONUL BICARBONAT:

Raportul **H₂CO₃ : NaHCO₃** este în condiții normale egal cu **1:20** (sânge arterial).

Asigură circa 10% din tamponul sanguin.

În celulă în loc de Na → K și/sau Mg.

Acest tampon este strâns asociat cu respirația externă, rinichii și țesutul osos.

Țesutul osos – stocarea bicarbonatului, de unde acesta se eliberează în sânge.

HEMOGLOBINA:

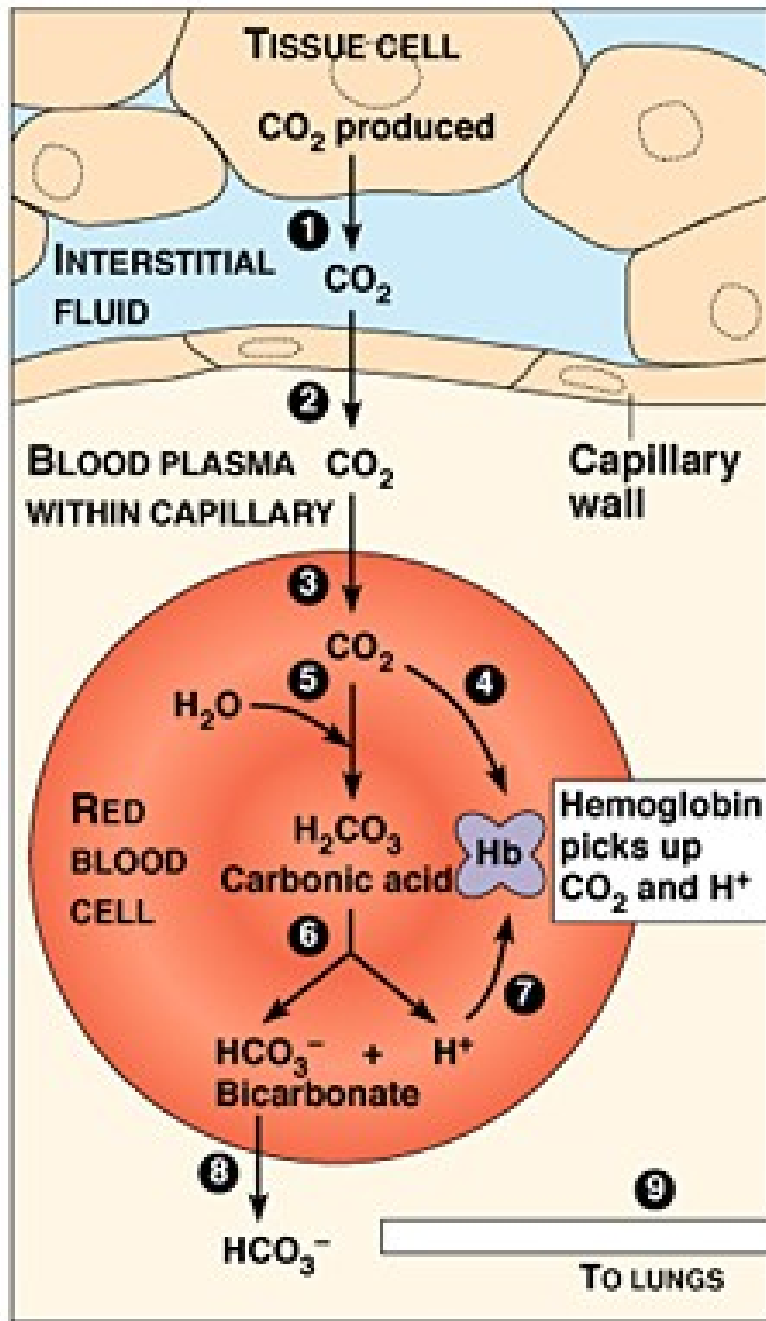
Asigură cca 75% din tamponul sângelui.

**Componente:
redușă și oxidată.**

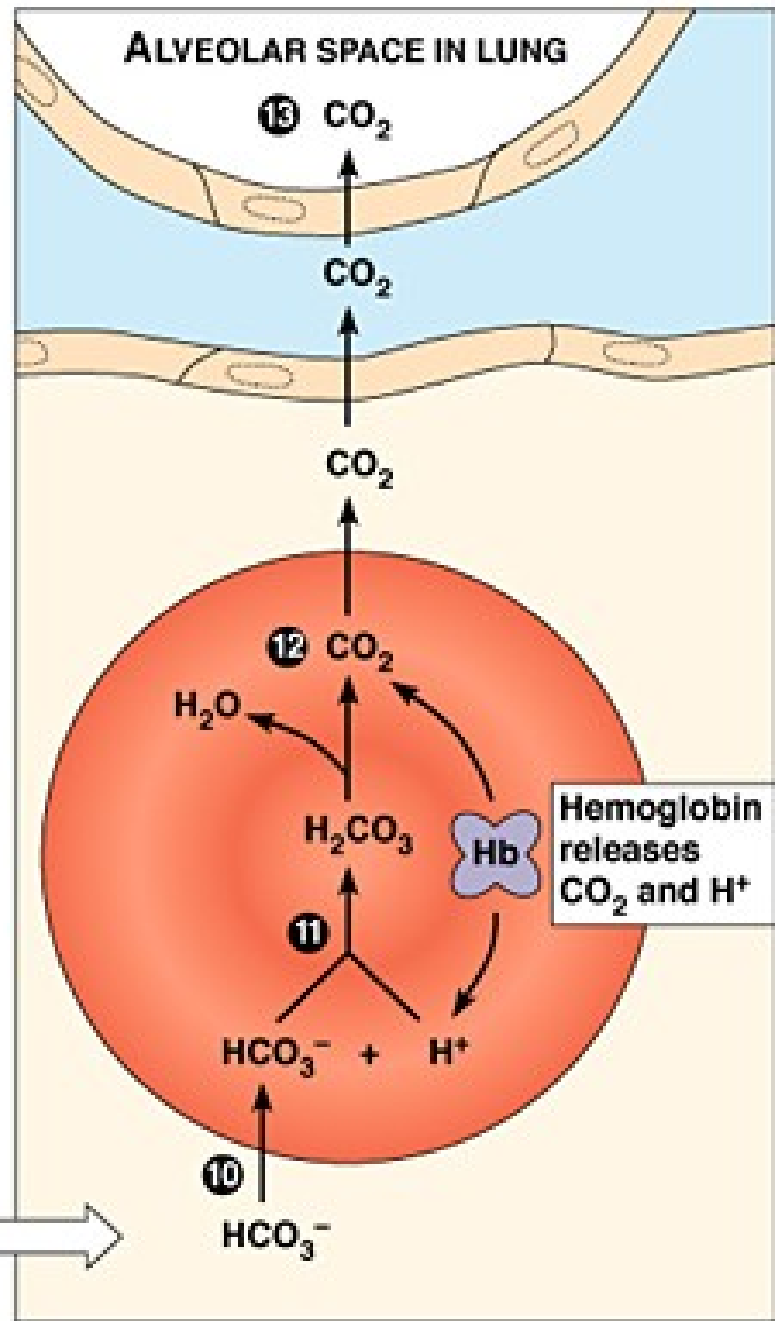
Hemoglobina redusă se comportă ca **bază**.

Hemoglobina oxidată ca **acid**.

Fenomenul John Haldane



(a) CO₂ transport from tissues



(b) CO₂ transport to lungs

Proteinele - tamponul intracelular principal

Determină 3/4 din capacitatea de tampon a lichidului intracelular.

Grupa carboxilă (RCOOH) asigură neutralizarea atât a excesului de acid, cât și de baze.

Aminogrupa (NH₂) are proprietăți bazice.



Tamponul fosfat intracelular:

$\text{NaH}_2\text{P}_04/\text{Na}_2\text{HPO}_4$ (raport=1/4).

NaH_2P_04 – componenta acidă (dihidrofosfat de sodiu);

Na_2HPO_4 – componenta bazică (hidrofosfat de sodiu).

Important:

**schimbul între Cl^- și HCO_3^- -
(e.g. hematii și plasmă).**

Procesele metabolice și sistemele de tampon:

- **Lactatul ► glucoză ► glicogen.**
- **Corpii cetonici ► acizi grași.**
- **Acizii neorganici sunt neutralizați prin sărurile de Na și K, derivate în procesul de dezaminare a aminoacizilor cu formarea sărurilor de amoniu.**
- **Bazele sunt neutralizate de lactat.**
- **Acizii și bazele se neutralizează în cadrul dizolvării lor în lipide.**

Activitatea organelor interne. PLĂMÂNUL:



- Reducerea pH stimulează centrul respirator, Hiperventilația elimină excesul CO₂, pH crește.
- Creșterea pH acționează opus ► hipercapnie.
- Sistemul de reglare a pH acționează prompt:
 - creșterea de **2** ori a ventilației pulmonare (VP) majorează pH cu **0,2**.
 - diminuarea VP cu **25%** scade pH cu **0,3**.

FICATUL:

- **transformarea acidului lactic în glicogen;**
- **neutralizarea și eliminarea cu bilă a acizilor neorganici: acizi nevolatili și acizi tari (sulfuric, fosforic).**

RINICHII:

- **eliminarea acizilor nevolatili: H_2SO_4 și H_3PO_4 ;**
- **acidogeneza → schimbul ionilor de H^+ cu bicarbonatul: → bicarbonatul în sânge, H^+ în urină;**

RINICHII:

- **Schimbul lui Bob Berliner:**
 - schimbul Na^+ din urina cu potasiul din sânge;
 - Na^+ se reabsoarbe și menține rezervele alcaline ale plasmei sanguine;
 - potasiul se elimină cu urina.

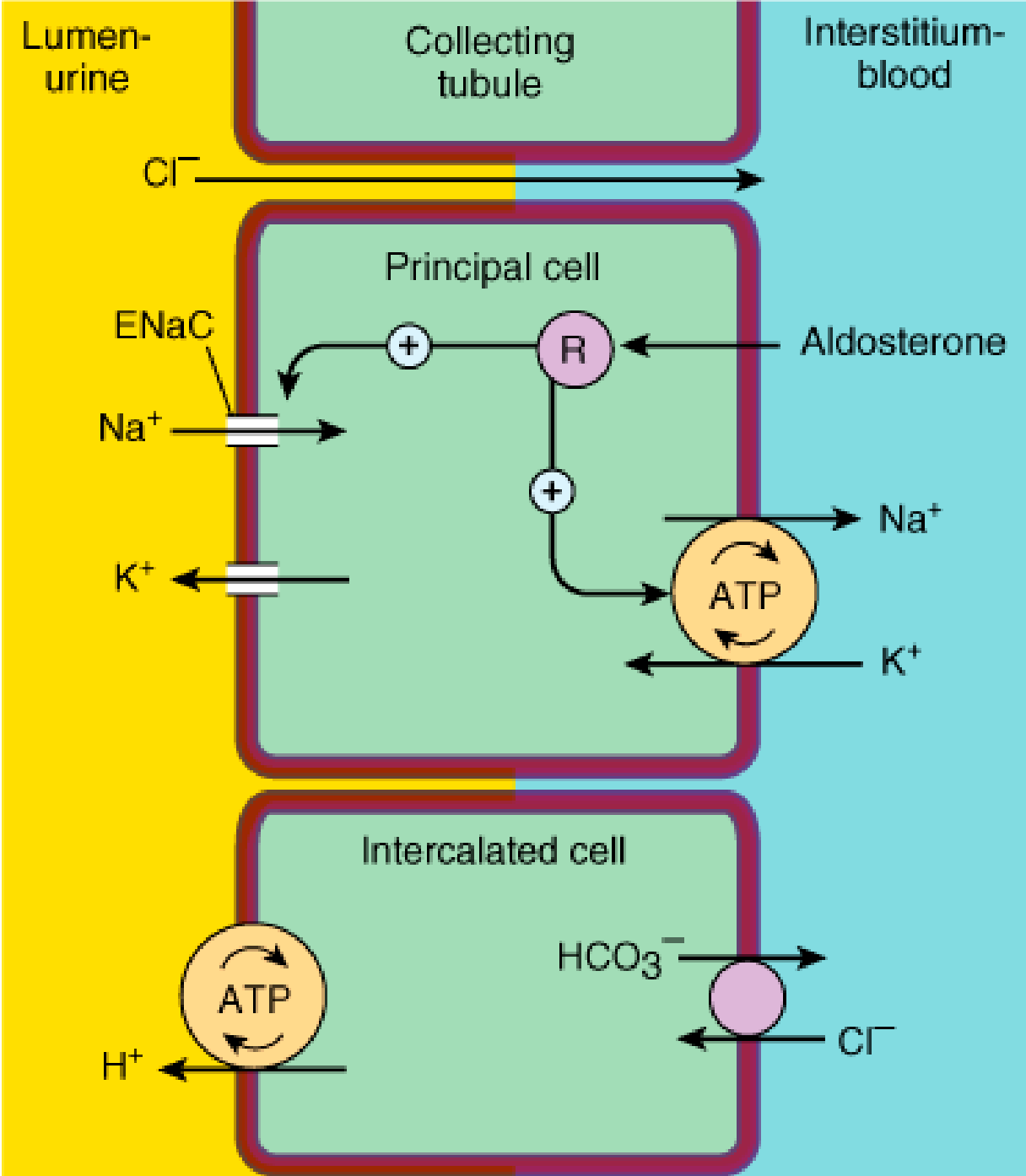
- **Amoniogeneza.**

Are la bază dezaminarea aminoacizilor (2/3 pe contul glutamatului).

Amoniacul (NH_3) din epitelocit difuzează în tub și leagă H^+ cu formarea ionilor de amoniu (NH_4^+).

NH_4^+ se elimină ca NH_4Cl și $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$.

În sânge se eliberează hidrocarbonat de sodiu, care amplifică sistemul de tampon.



TRACTUL DIGESTIV

STOMACUL este sursă principală de protoni de hidrogen.

INTESINUL:

- Secretul intestinal conține cantități mari de bicarbonat.
- Reabsorbția componentelor sistemului de tampon (Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Cl^- , HCO_3^-).

Parametrii de evaluare a EAB

În sângele arterial

- **Bicarbonatul (HCO_3^-)** → **componenta metabolică**

Concentrația lui în sângele arterial este determinată de:

- **formarea și reabsorbția renală;**
- **capacitatea intestinului de secreție și excreție.**

Norma: 22 – 28 mEq/L.

Parametrii de evaluare a EAB

- **Acidul carbonic (H_2CO_3),**
componenta respiratorie, concentrația lui
plasmatică fiind determinată de presiunea
parțială a CO_2 în sângele arterial.

Parametrii de evaluare a EAB

- **PaCO₂,**
reprezintă presiunea parțială a dioxidului de carbon în sângele arterial.

Valorile normale: 38-42 mm Hg

Valoarea medie a PaCVO₂ = 40 mm Hg

Parametrii de evaluare a EAB

- **CO2 total,**
reprezintă concentrația totală de dioxid de carbon liber și sub formă de HCO₃⁻.

$$\text{CO2 total} = \text{HCO}_3^- + \text{H}_2\text{CO}_3$$

(unde $\text{H}_2\text{CO}_3 = 0,03 \times \text{CO}_2$).

Parametrii de evaluare a EAB

- **Bazele tampon,**

reprezintă suma tuturor anionilor tampon capabili să accepte protoni (bicarbonat, hemoglobină redusă, proteina-NH₂, fosfat) prezenți într-un litru de sânge arterial.

Norma: 40-50 mEq/l.

Media se consideră 48 mEq/l.

Parametrii de evaluare a EAB

- **Bazele în exces sau deficit (BE)**, reprezintă concentrația bazelor din sânge în cazul titrării cu un acid puternic sau bază puternică la $PCO_2=40$ mm Hg (sângele arterial).
Valori normale: ± 2 mEq/l.

Bazele în exces (BE)

Exemplul 1:

Bazele estimate = 54 mEq/L.

Bazele tampon normale = 48 mEq/L.

$BE = 54 - 48 = +6$ mEq/L.

Concluzie: exces de baze → deficit de acid!!!

Exemplul 2:

Bazele estimate = 40 mEq/L.

Bazele tampon normale = 48 mEq/L.

$BE = 40 - 48 = -8$ mEq/L.

Concluzie: deficit de baze → exces de acid!!!

Parametrii de evaluare a EAB

- **REZERVA ALCALINĂ,**

se obține prin titrarea sângelui cu un acid, proces prin care bicarbonatul este transformat în dioxid de carbon, care este apoi captat și exprimat în volume CO₂ pentru a menține

valoarea pH în sânge: 7,35-7,45.

Valori normale: 25 - 30 mEq/l.

DISHOMEOSTAZIILE EAB

- ***Acidoza*** - **excesul de acizi sau deficitul de baze** în organism.
- ***Alcaloza*** – **excesul bazelor sau deficitul de H⁺** în organism.

În ambele cazuri excesul poate fi absolut sau relativ.

Clasificarea acidozelor și alcalozelor:

▶ Conform valorii pH:

- ***Acidoze compensate*** –
menținerea pH-ului constant,
dar cu **deficit de baze.**

- **Alcaloze compensate** –
menținerea pH-ului constant,
dar cu **exces de baze.**

Clasificarea acidozelor și alcalozelor:

- **Acidoze decompensate** –
epuizarea mecanismelor compensatorii
cu mărirea concentrației ionilor de H^+ și
micșorarea pH.
- **Alcaloze decompensate** –
epuizarea mecanismelor compensatorii
cu micșorarea concentrației
ionilor de H^+ și creșterea pH.

Conform etiologiei și patogeniei:

**Acidoze și alcaloze respiratorii
sau gazoase**

**Acidoze și alcaloze nerespiratorii
sau negazoase**

Conform etiologiei și patogeniei:

**Acidoze și alcaloze respiratorii
(gazoase) –**

**consecințe ale modificărilor
respirației externe:**

**acumularea sau eliminarea excesivă
a CO₂ din componența H₂CO₃.**

Acidoza – acumulare de CO₂.

Alcaloza – deficit de CO₂.

Conform etiologiei și patogeniei:

- **Acidoze și alcaloze *nerespiratorii* (negazoase) -**
 - 1. formele metabolice - tulburările metabolismului cu formarea excesivă de acizi/baze;**
 - 2. formele exogene –
ingerarea acizilor sau bazelor exogene**
 - 3. formele excretorii -
eliminarea excesivă a acizilor sau bazelor din organism**

ACIDOZA GAZOASĂ

Hipoventilație pulmonară =

acumularea excesivă în sânge a CO₂:



→ CAUZE: →

- atelectazie, pneumonie, asfixie;
- dereglări de difuzie a gazelor în plămâni (edem pulmonar, pneumoscleroză, etc.).
- ventilația artificială neadecvată a plămânilor;
- concentrația mărită de CO₂ în atmosferă (încăperi închise, mine etc.).

ACIDOZELE NERESPIRATORII

- **cetoacidoză /metabolică/:**
sinteza corpilor cetonici în ficat
din acizi grași:
diabet zaharat, inaniție, dereglări
hormonale, etc.

Corpii cetonici:

acetona, acidul acetic și
acidul beta-hidroxi-butiric.

ACIDOZELE NERESPIRATORII

- **lactat-acidoză /metabolică/:**
intensificarea glicolizei anaerobe
sau diminuarea sintezei glucozei
din acid lactic:
hipoxie, infecții,
dereglări funcționale ale ficatului.

Se impune prin cumulara de acid lactic.

ACIDOZELE NERESPIRATORII

- ***acidoză excretorie renală:***
 - **reținerea în organism a acizilor (glomerulonefrită difuză, uremie);**
 - **pierderile de baze prin rinichi (acidoză tubulară renală);**

ACIDOZELE NERESPIRATORII

- ***acidoza excretorie gastrointestinală:***
diaree;
- ***acidoză exogenă:***
consumul excesiv de acizi cu alimentele,
acidului ascorbic (carnea conduce la
acidoză).

Acidozele nerrespiratorii /alte cauze/:

- **hipoaldosteronismul (scăderea reabsorbției sodiului și bicarbonatului la nivelul nefronului distal).**
- **perfuzii cu cantități crescute de soluție de NaCl isotonică (HCO_3^- - extracelular va fi astfel „diluat”).**
- **intoxicații medicamentoase (salicilați) sau substanțe chimice (metanol).**

MANIFESTĂRILE ACIDOZEI.

1. Afectarea SNC:

vertije, somnolență, somn, comă acidotică (pH < 7,2).

2. Circulația cerebrală:

dilatarea vaselor encefalului, intensificarea producerii lichidului cefalo-rahidian, edem cerebral, hipertensiune intracraniană.

MANIFESTĂRILE ACIDOZEI

3. Dereglările cardiovasculare:

vasodilatație, hipotensiune arterială,
insuficiență circulatorie.

4. Dereglările respiratorii:

hiperventilație compensatorie, respirația
Kussmaul, spasmul bronhiolelor.

MANIFESTĂRILE ACIDOZEI

5. Transportul de oxigen:

scade afinitatea Hb față de oxigen și asocierea oxigenului la Hb în capilarele pulmonare;

crește disocierea oxihemoglobinei în capilarele circuitului mare → curba de disociere a oxihemoglobinei se deplasează spre dreapta.

MANIFESTĂRILE ACIDOZEI

6. Dereglările echilibrului hidro-salin:

- hiperkaliemie –
captarea H^+ în schimbul K^+ → aritmii
cardiace (extrasistole, fibrilație).
- hipernatriemie și hipercloremie -
captarea H^+ în schimbul Na și Cl^- .

MANIFESTĂRILE ACIDOZEI

6. Dereglările echilibrului hidro-salin:

- hiperosmolaritate → edeme interstițiale → dehidratarea celulelor.
- hipercalcemie -
captarea H^+ în schimbul Ca din oase → osteoporoză → hipercalcemie → diminuarea excitabilității neuro-musculare.

MANIFESTĂRILE ACIDOZEI

**Diminuarea sensibilității
adrenoreceptorilor:**

**dereglarea funcției cordului și diminuarea
tonusului vaselor sanguine - hipotensiune.**

**Pe fondul hipotensiunii poate fi
declanșată tahicardia.**

ALCALOZELE

1. *alcaloză gazoasă* –

hiperventilație pulmonară - eliminarea excesivă a CO₂ din componența acidului carbonic.

2. *alcaloză metabolică* –

reabsorbția intensă în rinichi a bazelor și acumularea lor (hiperaldosteronism**).**

ALCALOZELE

3) *alcaloză excretorie* –

**vomă, hipoaciditate gastrică,
terapie îndelungată cu diuretice.**

4) *alcaloză exogenă* -

**consumul produselor alimentare (legume)
și apei minerale alcaline,
administrarea medicamentelor
(bicarbonatul).**

MANIFESTĂRILE ALCALOZELOR

- **Hipocapnia,**
spasmul arterelor cerebrale – ischemia creierului – vertije
– parestezii – sincope.
- **Hipotonia venelor periferice,**
scăderea returului venos spre cord → insuficiență
circulatorie.

Alcaloza crește în vene (predilect venele pulmonare)
concentrația de NO.

Blocarea formării cGMP reduce efectul alcalozei.

N.B. Alterarea endoteliului poate sista
efectul de hipotonie a venelor.

MANIFESTĂRILE ALCALOZELOR

- **Pierderea cationilor (K) cu urina** – hipokaliemie – reducerea sensibilității receptorilor față de vasopresină → → → → → → → → deshidratare
- **Hipokaliemie** - tahicardie – TA sistolică scade – colaps ortostatic.
- **Hipocalciemie** – convulsii.

Forme combinate de acidoză și alcaloză:

- 1. Alcaloza gazoasă + acidoza metabolică
(hemoragie acută, boala de munte).**
- 2. Alcaloza gazoasă + acidoză renală
(excretorie → micșorarea acidogenezei
și/sau amoniogenezei).**

Analiză de laborator (Nr.1)

- **pH = 7,36**
- **PCO₂ = 49 mm Hg**
- **Bicarbonat = 21 mEq/L**

Concluzie:

**Acidoză compensată
Acidoză respiratorie**

Analiză de laborator (Nr.2)

- **pH = 7,31**
- **PCO₂ = 49 mm Hg**
- **Bicarbonat = 19 mEq/L**

Concluzie:

**Acidoză decompensată
Acidoză respiratorie**

Analiză de laborator (Nr.3)

- **pH = 7,43**
- **PCO₂ = 33 mm Hg**
- **Bicarbonat = 29 mEq/L**

Concluzie:

Alcaloză compensată

Alcaloză respiratorie

Analiză de laborator (Nr.4)

- **pH = 7,49**
- **PCO₂ = 33 mm Hg**
- **Bicarbonat = 33 mEq/L**

Concluzie:

Alcaloză decompensată

Alcaloză respiratorie

Analiză de laborator (Nr.5)

- **pH = 7,33**
- **PCO₂ = 26 mm Hg**
- **Bicarbonat = 17 mEq/L**

Concluzie:

**Acidoză metabolică decompensată
Alcaloză respiratorie**

Reacții compensatorii

- **Acidoză metabolică**

începe în prima oră prin reducerea PCO₂ cu 1.2 mmHg pentru fiecare micșorare a bicarbonatului cu 1 meq/L.

Winter's equation:

$$- p\text{CO}_2 = 1.5 \times (\text{HCO}_3) + 8 \pm 2$$

- **Alcaloza metabolică**

creșterea PCO₂ cu 0.6 mmHg pCO₂ pentru fiecare majorare a HCO₃ cu 1 meq/L.

Reacții compensatorii

- **Acidoză metabolică EXEMPLU:**

$$\text{pH}=7,27$$

$$\text{HCO}_3 = 18$$

Cu cât trebuie pCO_2 să scadă?

Rezolvare:

- $22-18 = 4$ (reculul de bicarbonat)
- $4 \times 1.2 = 4.8$ (necesitatea în ↓ pCO_2)
 - Dacă pCO_2 este < 33.2 mmHg ($38-4.8=33.2$) → **începe compensarea acidozei**

Reacții compensatorii

- **Alcaloză metabolică EXEMPLU:**

pH=7,56

HCO₃ = 35

Cu cât trebuie pCO₂ să crească?

Rezolvare:

- $35 - 28 = 7$ (excesul de bicarbonat)
- $7 \times 0.6 = 4.2$ (necesitatea în pCO₂)
- Dacă pCO₂ este > 46.2 mmHg ($42 + 4.2 = 46.2$)

→ începe compensarea alcalozei

Compensarea devierilor pH respiratorii

	pCO ₂	pH	HCO ₃
Acidoză respir. acută	↑ 10	↓ 0.08	↑ 1
Acidoză respir. cronică	↑ 10	↓ 0.03	↑ 3
	pCO ₂	pH	HCO ₃
Alcaloză respir. acută	↓ 10	↑ 0.08	↓ 2
Alcaloză respir. cronică	↓ 10	↑ 0.03	↓ 5

Exemplu

pH – 7.29

Acidoză sau alcaloză?

Răspuns: acidoză

pCO₂ – 62

Tipul?

Răspuns: respiratorie

pO₂ – 57

HCO₃ – 34

Acută sau cronică?

62-42=20 mmHg → exces de pCO₂

pH s-a redus cu 0,06 (0,03 pentru 10 mmHg CO₂)

HCO₃: 34-28=6 (creșterea cu 3 pentru 10 mmHg CO₂)

Răspuns: Acidoză respiratorie cronică

Compensarea acidozei și alcalozei:

- Linia 1 de defensivă este reprezentată de sistemele de tampon din lichide.
Se acționează în câteva secunde.
- Linia 2 de defensivă este reprezentată de pulmon.
Se acționează în câteva minute.
- Linia 3 de defensivă este reprezentată de rinichi.
Se acționează în câteva ore, dar impune o capacitate mare.

Compensarea urgentă a alcalozei respiratorii

- **Reducerea ventilației pulmonare pentru a reduce deficitul de CO₂.**
- **Activarea sistemelor tampon intracelulare (proteic), fapt ce conduce la eliberarea ionilor de H⁺ din celulă în schimb cu ionii de Na și K.**
- **Activarea glicolizei în scopul formării lactatului și piruvatului, ce va diminua pH.**
- **leșirea Cl⁻ din celulă în schimb cu HC0₃⁻.
Se obține reducerea bicarbonatului în interstițiu și sânge și reducerea pH.**

Compensarea de durată a alcalozei respiratorii

Predilect prin intermediul rinichilor:

- **Reducerea acidogenezei în legătură cu majorarea HCO_3^- în epiteliul tubului distal al nefronului.**
- **Reducerea eliminării potasiului.**
- **Creșterea eliminării a tamponului Na_2HPO_4 .**
- **Reducerea amoniogenezei grație inhibiției glutaminazei ce participă în procesul de dezaminare.**

