

METABOLISMUL BIOXIDULUI DE CARBON ȘI CAPNOGRAFIA

Dr. Kovács Judit

Producția de CO₂

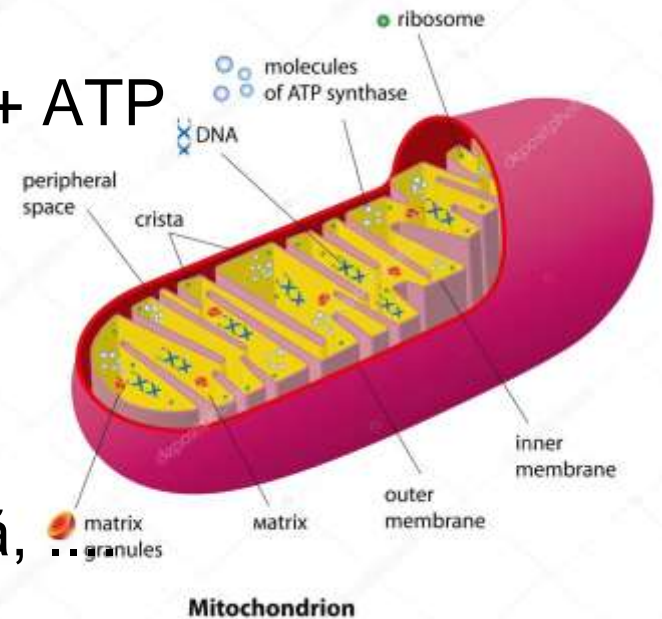
- Respirația celulară
 - Metabolism aerob și anaerob
 - Ciclul Krebs
 - Ciclul Cori
 -



– 200-220 ml/ min

– Corelație cu VO₂

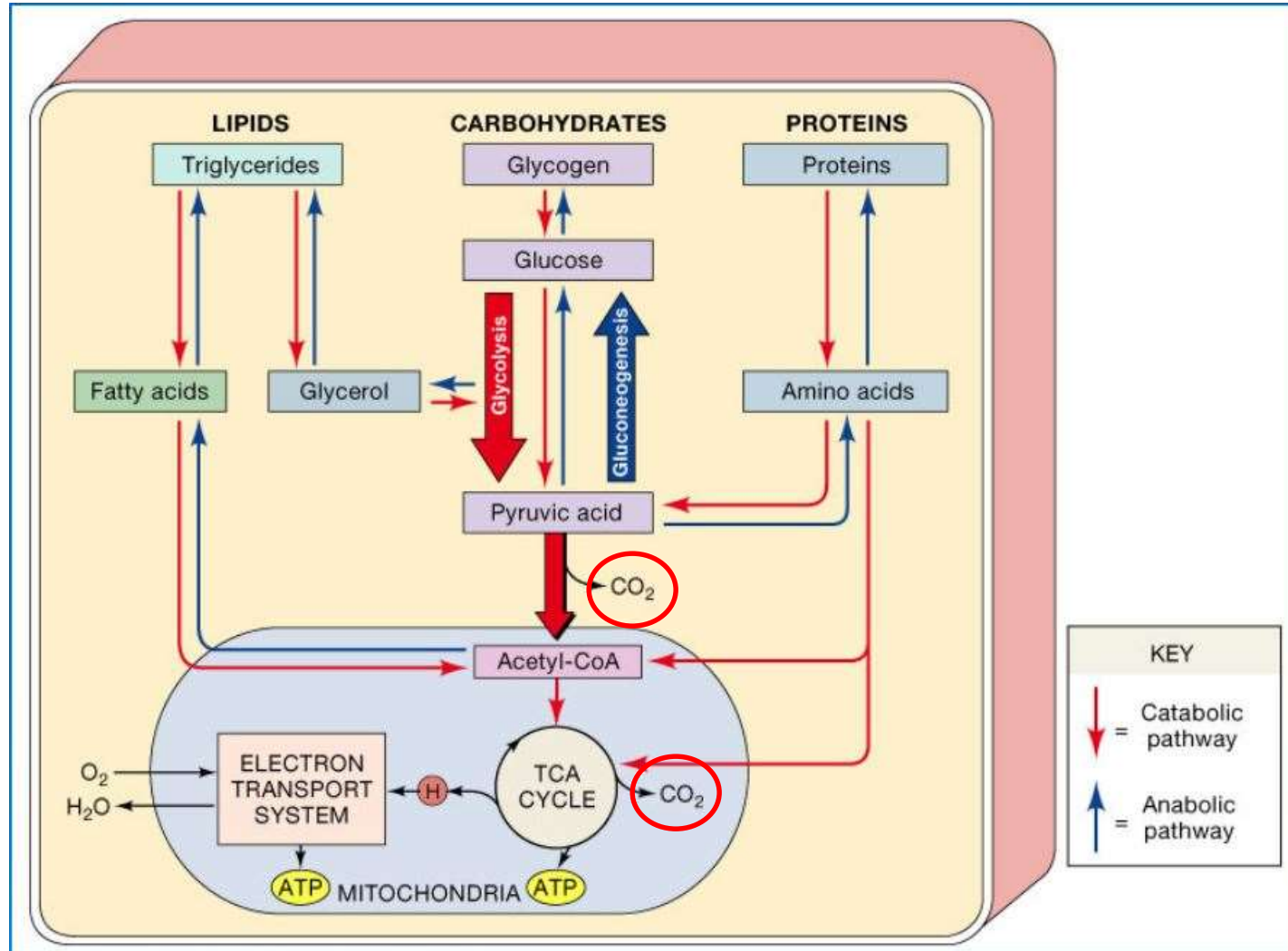
– ↑ Febră, frison, convulsii,
elib. de catecolamine, tireotxicoză,



Ismat, www.anaesthesiakal.org/

Cereceda-Sanchez et al, Rev Latino-Am Enfermagem, 2017

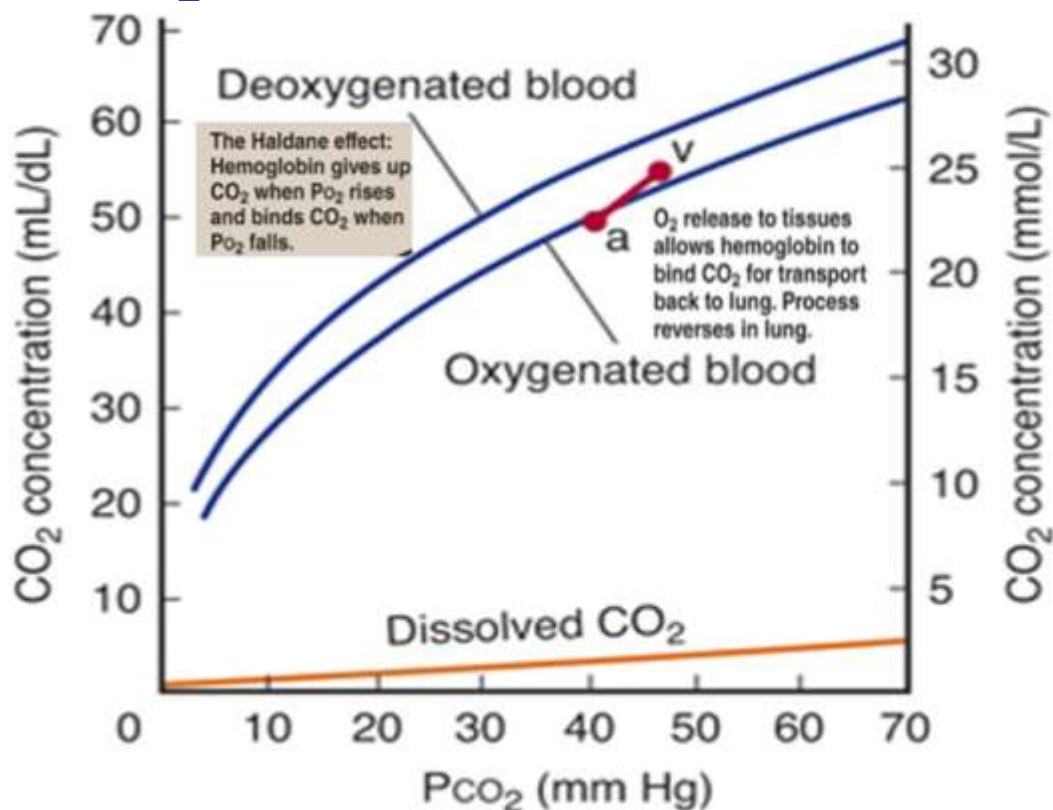
Producția de CO₂



CO₂ în sânge

Dizolvat în sânge (10%) - ↑ în hipotermie

CO₂-Hgb – pH, temp. (20-30%)



Ismat, www.anaesthesiakal.org/

Cereceda-Sanchez et al, Rev Latino-Am Enfermagem, 2017

CO₂ în sânge

Bicarbonat (90%)



$$\text{pH} = \text{pK} + \log \frac{\text{HCO}_3^-}{\text{CO}_2}$$

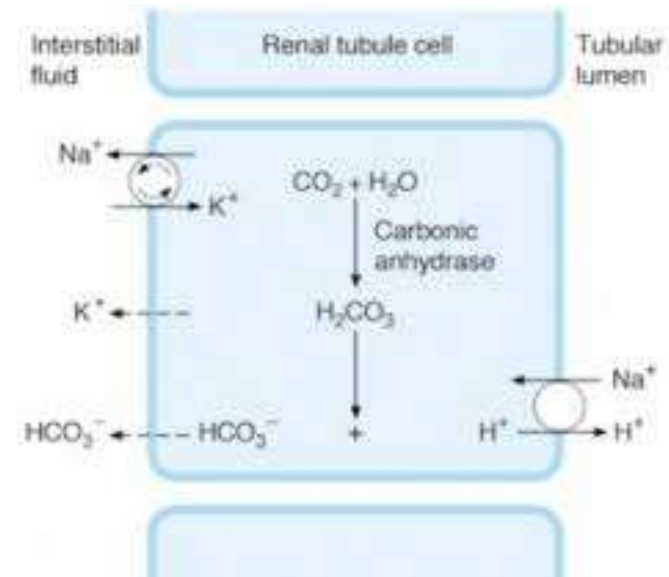
Eliminarea CO₂

- Difuziune pasivă – gradient de P
 - Amplitudinea resp.
 - Frecvența resp.
- = ventilație

- Piele, Stomac, Cavitare bucală, Rect

- HCO₃⁻ - Eliminare/ reabsorbție renală

- Carboanhidraza
- Aldosteron
- Acidoza metabolică



Monitorizarea CO₂

PCO₂ - CO₂ dizolvat

- Metodă intermitentă
- Din sângele arterial – PaCO₂
 - Metodă invazivă, dureroasă, necesită experiență și timp
 - Puncție arterială sau cateter arterial
 - NU în tulb. de coagulare, trat. anticoagulant
 - Risc de infecții, leziuni vasculare, tisulare

Chajjed, J Clin Diagn Res, 2016
Huttmann, Annals ATS, 2014

Monitorizarea CO₂

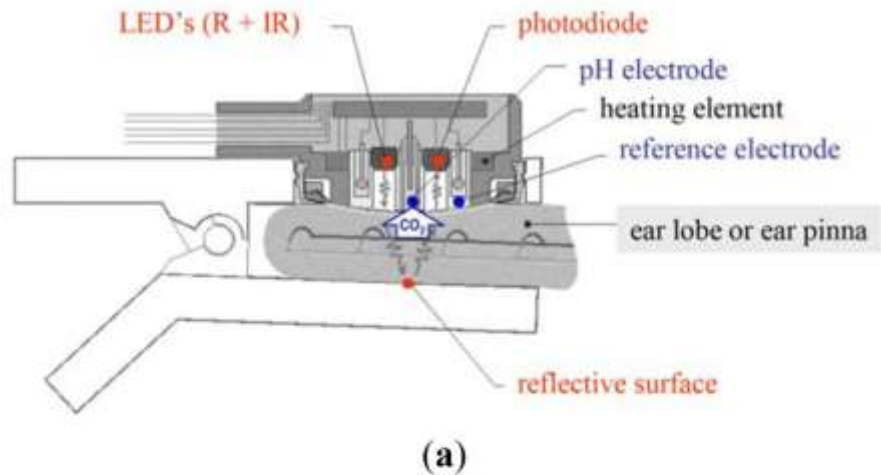
PCO₂ - CO₂ dizolvat

- Metodă intermitentă
- Din sângele capilar – P_cCO₂ ≈ P_aCO₂
 - Mai puțin invaziv
 - Puncția lobului urechii, a degetului, după încălzire prealabilă 10 min. sau adm. locală de vasodilatatoare
- Din sângele venos – P_vCO₂ – P_aCO₂ = 5,7-20 mmHg

Chajjed, J Clin Diagn Res, 2016
Huttmann, Annals ATS, 2014

TcCO₂ - CO₂ capilar

- Lobul urechii, deget
- Erori
 - Datorate senzoriului
 - Vasoconstricție
 - DC ↓, șoc → Hipoperfuzie
 - Hipotermie
 - Stază venoasă
 - Edeme
 - Grosimea pielii

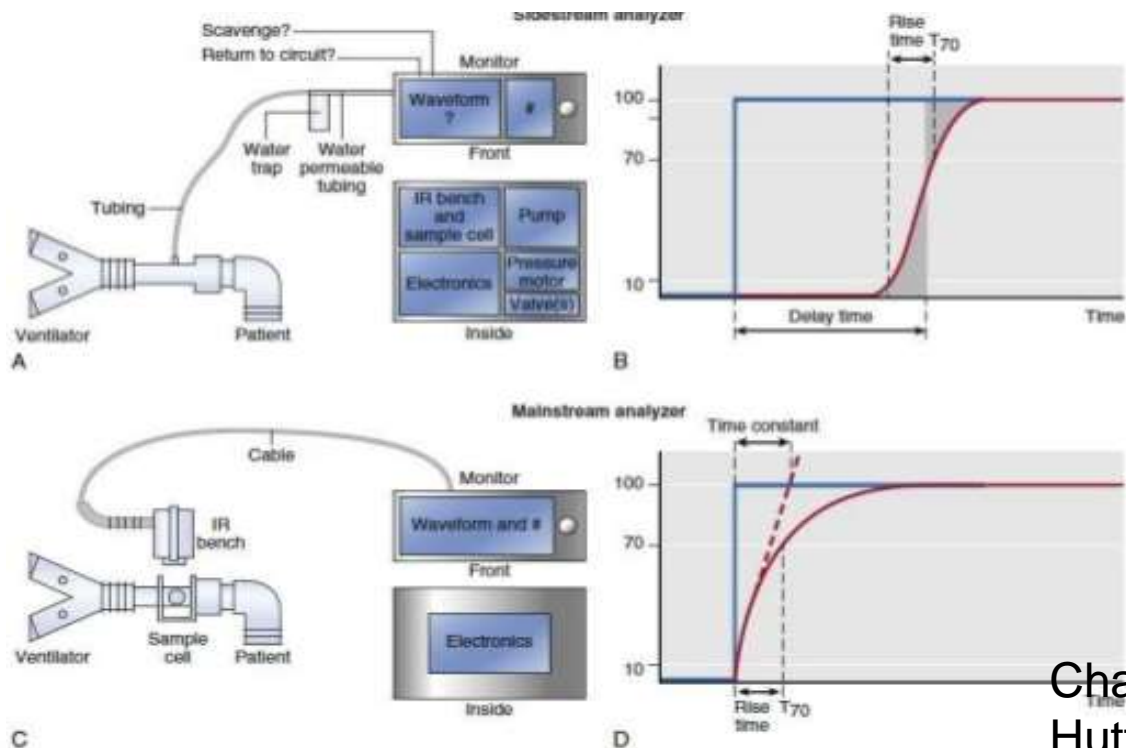


(b)

Monitorizarea CO₂

ETCO₂ – CO₂ alveolar

- reflectă ventilația, perfuzia și statusul metabolic
- la pacientul intubat sau cu respirație spontană
- din fluxul principal sau lateral



Chajjed, J Clin Diagn Res, 2016
 Huttmann, Annals ATS, 2014.

PaCO₂ - ETCO₂

- CO₂ - de 6 ori mai difuzibil ca O₂ → **ETCO₂ ≈ PaCO₂**
- Gradient PaCO₂ - ETCO₂ - 2-5 mmHg
 - ↑ în ARDS (alterarea V/Q)
 - BPOC, emfizem pulm. (golire alveolară incompletă)
 - embolie pulmonară
 - spațiul mort fiziologic (↑ cu vârsta)
 - pierdere de aer în sistem/ lângă canula IOT
 - DC ↓
 - ventilație cu VT mari, frecvențe mici

Satoh et al., Journal of Anesthesiology, 2015

McSwain et al., Respiratory Care, 2010

Taghizadieh et al., J Cardiovasc Thorac Res, 2016

Factorii care modifică ETCO_2

- Factori, care alterează producția de CO_2
 - hipertermia/ hipertermia malignă, frisonul, convulsiile hipertiroidia, sepsisul $\rightarrow \uparrow$ rata metabolică $\rightarrow \uparrow \text{ETCO}_2$
 - hipotermia și hipotiroidia $\rightarrow \downarrow$ producția de $\text{CO}_2 \rightarrow \downarrow \text{ETCO}_2$
 - Adm. de NaHCO_3 – carboanhidraza \rightarrow eliberare $\text{CO}_2 \rightarrow \uparrow \text{ETCO}_2$
 - După insuflări de CO_2 în intervențiile chirurgicale laparoscopice $\rightarrow \uparrow \text{ETCO}_2$

Factorii care modifică ETCO_2

- Factori, care modifică rata de eliminare a CO_2
 - Hiperventilație $\rightarrow \downarrow \text{ETCO}_2$
 - Hipoventilație $\rightarrow \uparrow \text{ETCO}_2$
 - Reinhalare $\text{CO}_2 \rightarrow \uparrow \text{ETCO}_2$
- Tulb. ale circulației pulmonare
 - Hipoperfuzie (DC \downarrow , stare de șoc)
 - embolie pulmonară
 - stop cardiac

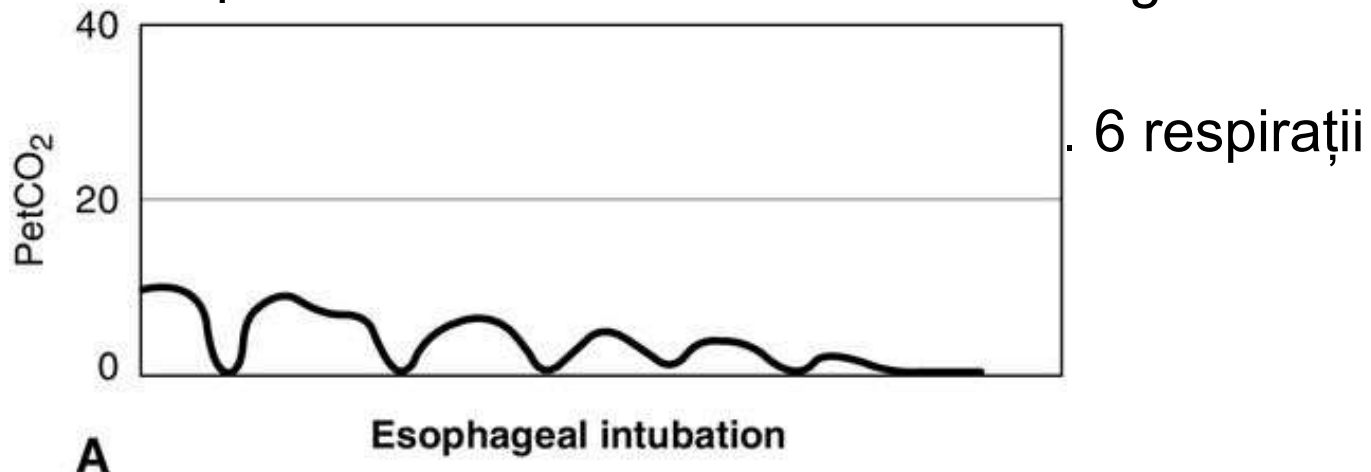
$\rightarrow \downarrow$ tulburări ale V/Q $\rightarrow \downarrow \text{ETCO}_2$ (cu $\text{PaCO}_2 \uparrow$)

Capnografia

- **Stopul cardio-respirator**
 - Calitatea compresiilor toracice
 - Dacă $< 10 \text{ mmHg} > 20 \text{ min.}$ → prognostic nefavorabil (100%)
- **Sedare/ analgezie/ anestezie**
 - Depresie resp.
 - cu 5-240 sec. mai repede decât SpO_2
- **Politraumă**
 - $\text{ETCO}_2 \downarrow \rightarrow$ stare de șoc
 - $\text{ETCO}_2 \uparrow \rightarrow$ probleme respiratorii

Capnografia

- **Confirmarea corectitudinii intubației traheale**
 - Apariția curbelor de ETCO₂
 - ! ETCO₂ = 0 în SCR
 - ! Intubație esofagiană
 - Mai ales dacă se insuflă stomacul în timpul ventilației pe mască
 - Dacă pacientul a consumat băuturi carbogazoase sau



Capnografia

- **Boli pulmonare**

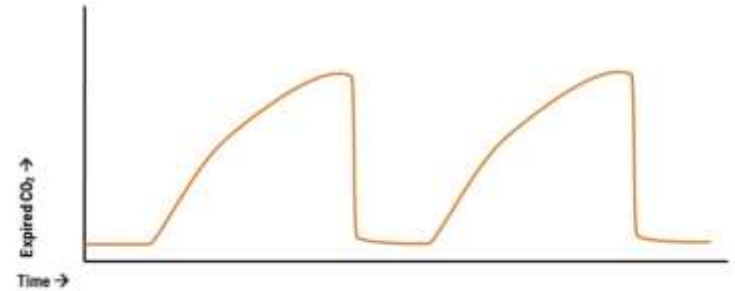
- BPOC/ bronchospasm

- **Embolia pulmonară**

- ↓ perf. pulm., ↑ sp. mort alveolar → ↓ ETCO₂ cu > 25%

- **Insuficiența cardiacă**

- proBNP
- ETCO₂ > 37 mmHg
 - NU în insuf. Card.
 - DA în BPOC/ astm br.



- În stările de șoc

- Poate estima severitatea șocului
- Se corelează cu
 - TA
 - nivelul de lactat
 - HCO_3
- \downarrow DC \rightarrow \downarrow perf. pulmonară \rightarrow \downarrow ETCO_2
- Șuntul pulm. \rightarrow \downarrow ETCO_2
 \rightarrow \uparrow PaCO_2

**\uparrow Gradientul
 PaCO_2 - ETCO_2**

- În stările de șoc
 - Sepsis
 - corelații moderate între ETCO_2 și HCO_3^- ($r = 0,506$)
 - corelații puternice între ETCO_2 și lactat ($r = -0,35$, $p < 0,01$)
 - ETCO_2 și SOFA ($r = -0,35$, $p < 0,01$)
 - ETCO_2 și mortalitatea

Cereceda-Sanchez et al, Rev Latino-Am Enfermagem, 2017

Kartal M, et al., Am J Emerg Med 2011

McGillicuddy et al. Intern Emerg Med, 2016

Tulburări metabolice

$$\text{pH} \approx \frac{\text{HCO}_3^-}{\text{CO}_2}$$

- CO_2 expirat → reflectă starea metabolică a organismului
- ETCO_2 – indicator rapid și neinvaziv pentru evaluarea echilibrului acido-bazic la pacienții cu respirație spontană

Cereceda-Sanchez et al, Rev Latino-Am Enfermagem, 2017
Aminiahidashti et al, Emergency, 2016, Kartal M, et al., Am J Emerg Med 2011
Gilhotra et al. J Paediatr Child Health. 2007

- Predictor al severității acidozei metabolice
- Pacienți cu respirație spontană
 - Corelațiile puternice – relație directă, liniară
 - între ETCO₂ și HCO₃
 - Sensibilitate 83,8%
 - Corelații slabe
 - între ETCO₂ și pH
 - între ETCO₂ și excesul de baze

Cereceda-Sanchez et al, Rev Latino-Am Enfermagem, 2017
Aminiahidashti et al, Emergency, 2016, Kartal M, et al., Am J Emerg Med 2011
Gilhotra et al. J Paediatr Child Health. 2007

- **Cetoacidoza diabetică**
- Dacă $G > 550$ mg/dl
 - Dg. diff. între coma diabetică și cetoacidoza diabetică (CAD)
 - $\downarrow\downarrow \text{HCO}_3 \rightarrow \downarrow\downarrow \text{ETCO}_2$
 - Dacă $\text{ETCO}_2 > 36$ mmHg \rightarrow NU este CAD
 - Specificitate 100%
 - Dacă $\text{ETCO}_2 < 29$ mmHg \rightarrow este CAD
 - Sensibilitate 83%, specificitate 100%

ETCO₂ - La copii

- copiii cu gastroenterită acută
 - grețuri, vărsături, diaree
 - acidoză metabolică
- ETCO₂ a corelat cu concentrația serică de HCO₃
- ETCO₂ - indice non-invaziv pentru măsurarea severității acidozei la pacienții cu gastroenterită
- Poate estima HCO₃ în situații de urgență

García et al., An Pediatr (Barc) 2008

Nagler et al, Pediatrics, 2006

- Alte studii, efectuate la pacienții adulți
 - NU au putut demonstra o corelație și / sau concordanță între ETCO₂ și PaCO₂, respectiv HCO₃⁻
 - Pacienți cu multiple comorbidități (respiratorii, cardiace), care puteau influența direct producția și eliminarea de CO₂

Cereceda-Sanchez et al, Rev Latino-Am Enfermagem, 2017

- corelații puternice între
 - ETCO_2 și HCO_3^-
 - ETCO_2 și cetoacidoza diabetică
 - ETCO_2 și PaCO_2
 - nivelul ETCO_2 poate indica severitatea acidozei metabolice și a mortalității

Concluzii

- Valorile ETCO_2 sunt influențate de diferiți factori fiziologici
 - metabolismul tisular
 - eliberarea sau administrare de catecolamine
 - circulația venoasă
 - debitul cardiac
 - perfuzia alveolară
 - ventilația alveolară pe minut
- Orice modificare va afecta în mod direct valorile ETCO_2

Concluzii

- capnografia - ca biomarker nou pentru identificarea pacienților cu acidoză severă
 - studii suplimentare
 - Capnografia poate fi ușor implementată la pacienții cu respirație spontană
 - în situații critice determinarea ABG rămâne standardul de aur

Mulțumesc pentru atenție !

