



- ▶ **INTRODUCCIÓN**
- ▶ **DEFINICIÓN Y TERMINOLOGÍA**
- ▶ **CAPNÓGRAFOS**
- ▶ **FISIOPATOLOGÍA RESPIRATORIA**
- ▶ **CAPNOGRAMA NORMAL**
- ▶ **APLICACIONES CLÍNICAS EN EL PACIENTE INTUBADO Y NO INTUBADO**
- ▶ **CONCLUSIONES**



# ¿QUÉ ES LA CAPNOGRAFIA?



1. Monitorización continua **NO INVASIVA** del dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) exhalado por el paciente a lo largo del tiempo
2. Complementaria a la pulsioximetría
3. Analiza la ventilación, perfusión y metabolismo en el paciente crítico
4. Mayor objetividad, fiabilidad y rapidez diagnóstica en la atención

- **Años 70**, Smallhout/Kalenda, monitorización de pacientes intubados hospitalario (Europa ) y en los 80 en EEUU
- **Desde 1991** la ASA, considera monitorización estándar en quirófanos junto a la pulsioximetría
- **En el 2000** la AHA y en el **2002** el ERC recomiendan su uso en la PCR y en el tratamiento cardiovascular urgente en el hospital y en el medio extrahospitalario
- **Desde 2005** el ERC recomienda su uso para la correcta colocación del TET en la PCR y en el **2007** se elaboran los estándares europeos que incluyen un Capnógrafo en el equipamiento de las unidades medicalizadas de emergencias
- **Recomendaciones ERC 2015**: énfasis en la utilización de la capnografía con forma de onda para confirmar y monitorizar de forma continua la posición del TET, la calidad de la RCP y para proporcionar una indicación precoz de la recuperación de la circulación espontánea

# Eventos detectados por pulsioximetría, y capnografía

Evento clínico	Pulsioximetría	Capnografía
IOT	Con retraso	si
Broncoespasmo	si	si
PCR	si	si
TEP	si	si
Hipertermia maligna	Quizás	si
Obstrucción aérea	Quizás	si
Laringoespasmo	Quizás	si
Extubación	Con retraso	si
Fuga en circuito	Con retraso	si
Dexconexión circuito	Con retraso	si

# Limitaciones de la oximetría

Bajo gasto (vasoconstricción periférica)

Ausencia de sensibilidad en  $\text{Sat O}_2 < 65\%$  y baja precisión  $\text{Sat O}_2 < 85\%$

Hipotermia

Artefactos por movimiento o agitación

Hemoglobinas  $< 8 \text{ mg/dl}$  o  $\text{Hct} < 10\%$

Retrasos en apneas o desaturación de hasta 2 seg

Fístulas arteriovenosas

Amputaciones, quemaduras

Intoxicación CO (lecturas elevadas)

No monitoriza la hipoventilación

# TERMINOLOGÍA

## Medición CO<sub>2</sub> exhalado:

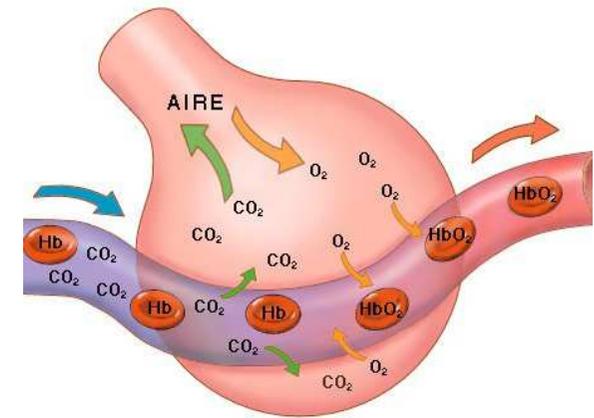
1- Volumen (quirófano)

2- Pp del gas

respecto a una  
línea de tiempo

(capnografía temporal)

**PETCO<sub>2</sub>/EtCO<sub>2</sub>**



# TERMINOLOGÍA

**Capnometría:** valor numérico  
(mmHg CO<sub>2</sub>)

**Capnómetro:** CO<sub>2</sub> + FR

**Capnografía:** CO<sub>2</sub>, FR y gráfica  
en el tiempo → **capnograma**

Monitor llamado **capnógrafo**



# Dispositivos de monitorización capnográfica

## 1. Monitores de CO<sub>2</sub> transcutáneos.

Calibraciones frecuentes, costosas, mediciones erróneas, calentamiento local, respuesta lenta

## 2. Dispositivos colorimétricos para la medición de CO<sub>2</sub> espirado

Un solo uso, 2 horas de duración, membrana de Ph que cambia de color al reaccionar con el CO<sub>2</sub>

## 3. Medidores de CO<sub>2</sub> exalado. Capnógrafos

# CAPNÓGRAFOS

- ▶ Emplean técnicas espectroscópicas de medida del CO<sub>2</sub> basada a su absorción de la radiación infrarroja a una longitud de onda determinada ( $4,26 \mu\text{m}$ ) y su emisión posterior es captada por un fotodetector
- ▶ **Problemas:** especificidad de la lectura y volumen de la muestra



# CAPNÓGRAFOS

- ▶ Los monitores actuales de los SEM realizan una lectura específica del CO<sub>2</sub>.
- ▶ No se altera con altas concentraciones de O<sub>2</sub> y requieren un volumen de muestra bajo.



# CAPNÓGRAFOS

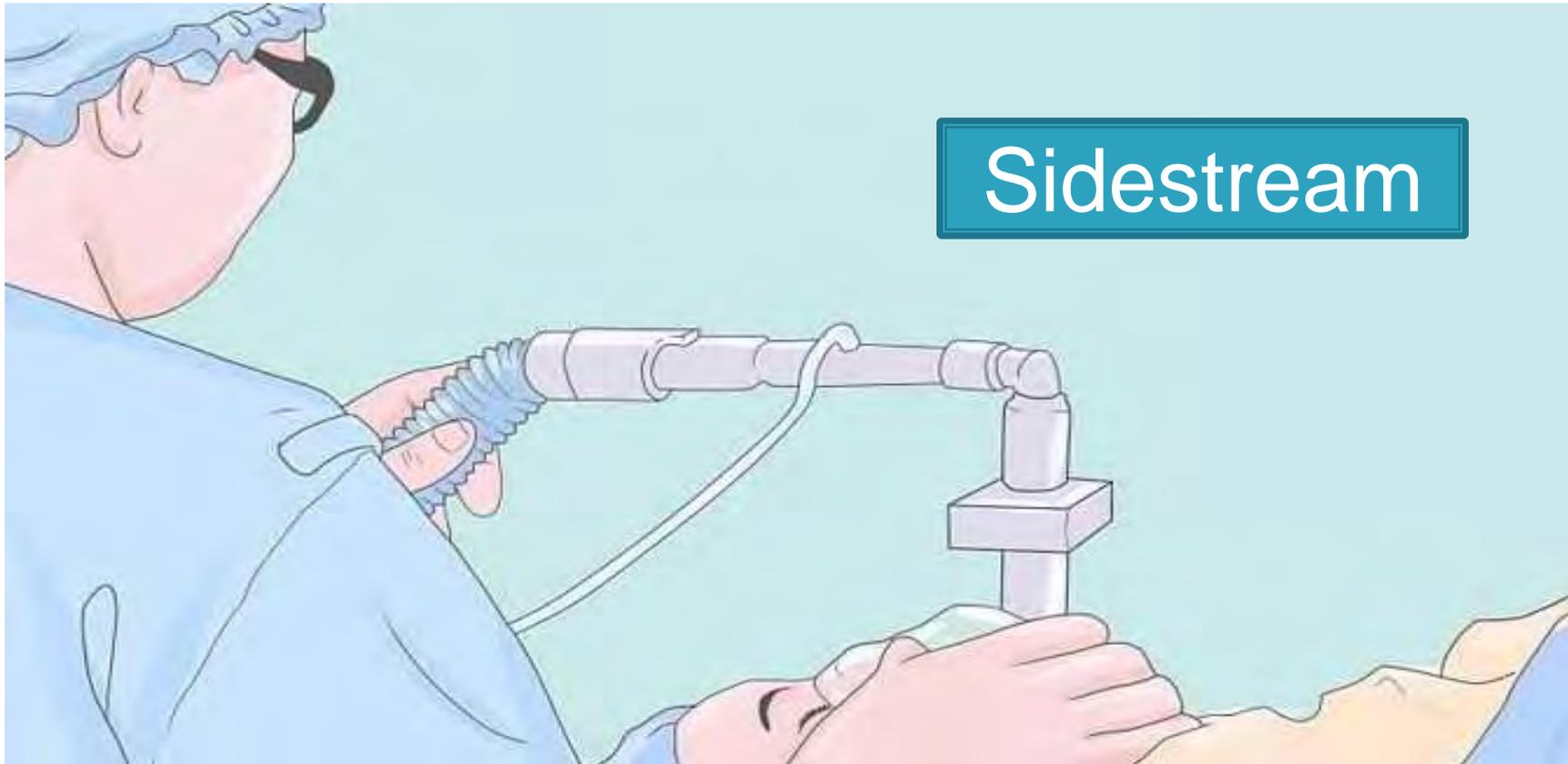
- ▶ Cápnografos de flujo principal (*mainstream*). Sensor en circuito ventilatorio.
  - ▶ Tienen una respuesta más rápida y no precisa retirar muestra de gas de la vía aérea
  - ▶ No utilizan agua
  - ▶ Válido para pacientes intubados
- 

# Tecnología Mainstream



# CAPNÓGRAFOS

- ▶ Cápnografos de flujo lateral (*sidestream*). Se aspira una muestra gaseosa que es llevada a un sensor dentro del monitor.
  - ▶ Válidos para paciente intubados y no intubados
  - ▶ Utilizan fungible desechable
  - ▶ Inconveniente: condensación de agua y secreciones (*adaptador especial*)
- 



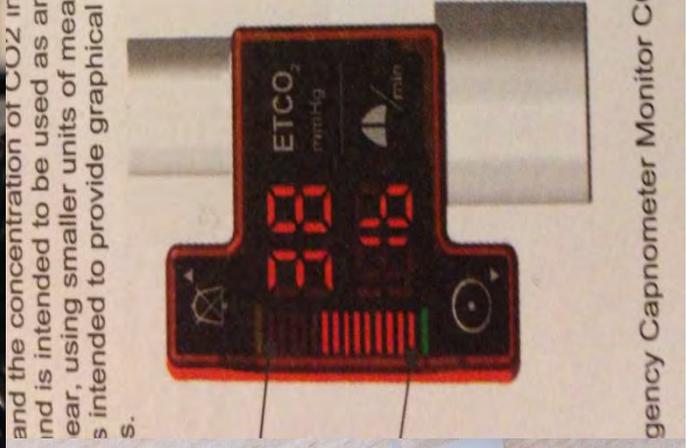
## Sidestream

La detección de CO<sub>2</sub> se realiza mediante infrarrojo en ambos métodos; la principal diferencia radica en el sitio en el cual se realiza la medición, ya que mientras en el método Sidestream esta es realizada mediante la toma de una pequeña porción del flujo en el circuito, el método Mainstream realiza la medición en el mismo circuito.

# CAPNÓGRAFOS





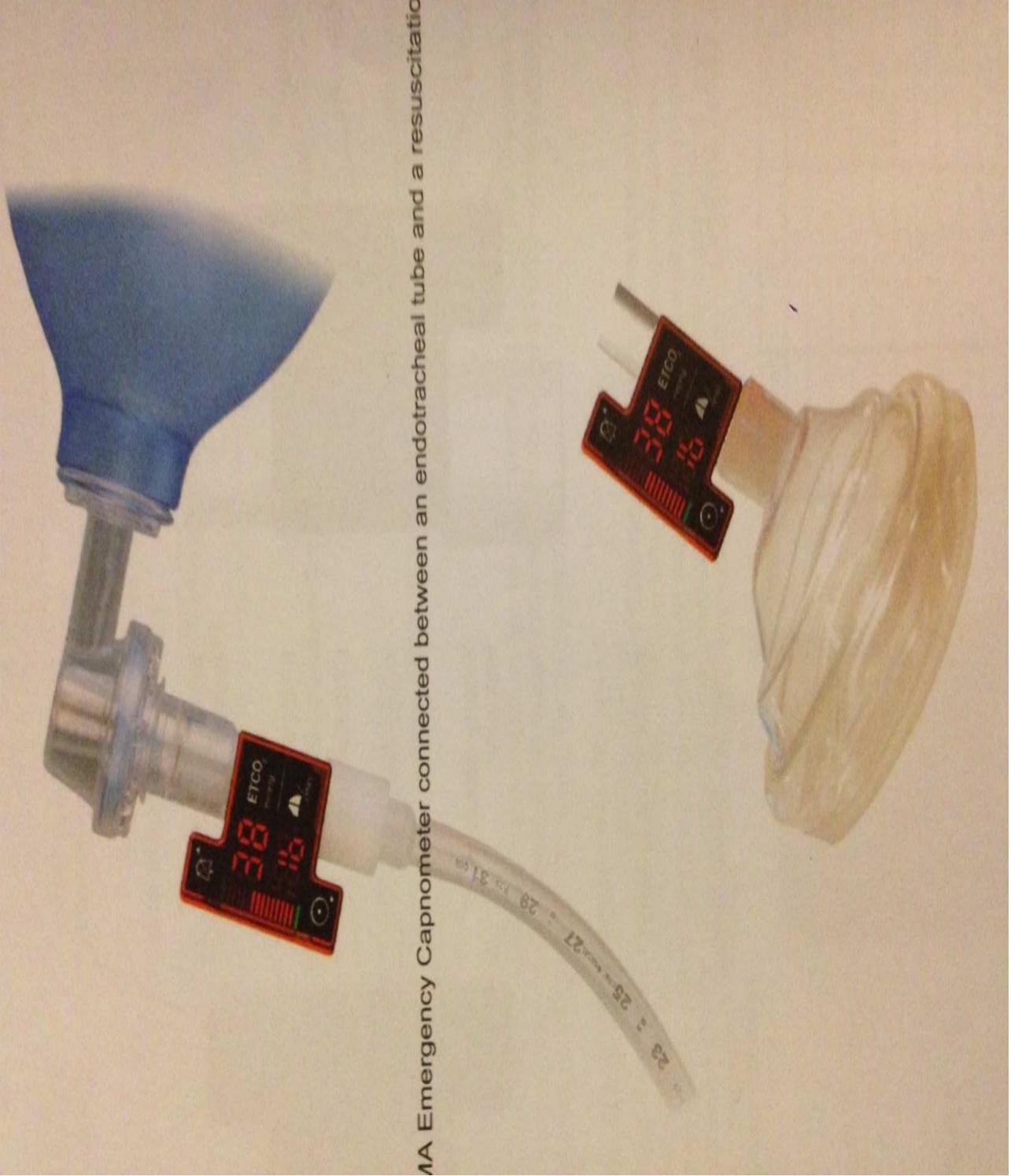


and the concentration of CO<sub>2</sub> in kPa or mmHg. The bar graph provides and is intended to be used as an adjunct to the two quantitative numeric displays. ear, using smaller units of measure at the bottom and larger units of measure at s intended to provide graphical visual communication in support of the two

Segment	kPa	mmHg
13	≥ 9.0	≥ 90
12	≥ 8.0	≥ 80
11	≥ 7.0	≥ 70
10	≥ 6.0	≥ 60
9	≥ 5.0	≥ 50
8	≥ 4.0	≥ 40
7	≥ 3.0	≥ 30
6	≥ 2.0	≥ 20
5	≥ 1.5	≥ 10
4	≥ 1.0	≥ 8
3	≥ 0.75	≥ 6
2	≥ 0.5	≥ 4
1	≥ 0.25	≥ 2
0	≥ 0.0	≥ 0

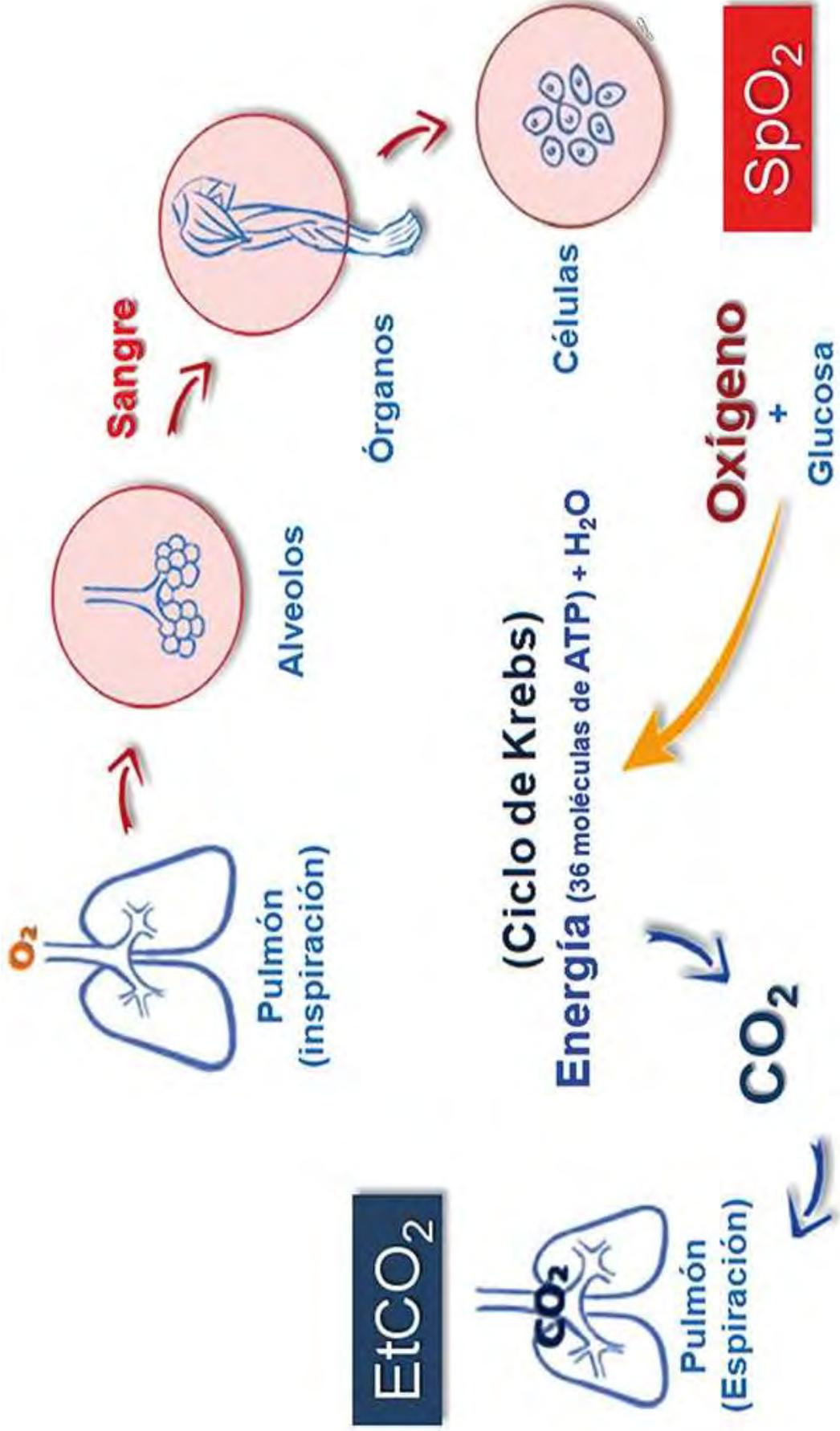
gency Capnometer Monitor CO<sub>2</sub> Bar Graph





MA Emergency Capnometer connected between an endotracheal tube and a resuscitator

# FISIOPATOLOGIA DEL CICLO RESPIRATORIO.



# MONITORIZACIÓN DE LA FUNCIÓN RESPIRATORIA

**Oxigenación**  **SpO2 + EtCO2**  **Ventilación**

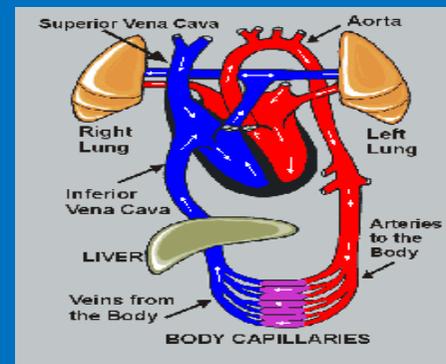


# LA CAPNOGRAFÍA

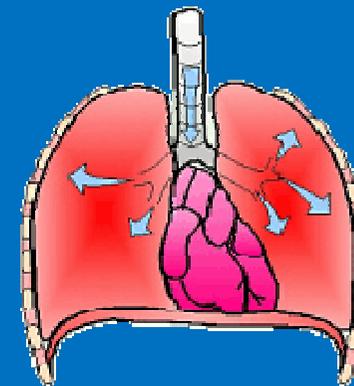
Metabolismo



Perfusión



Ventilación



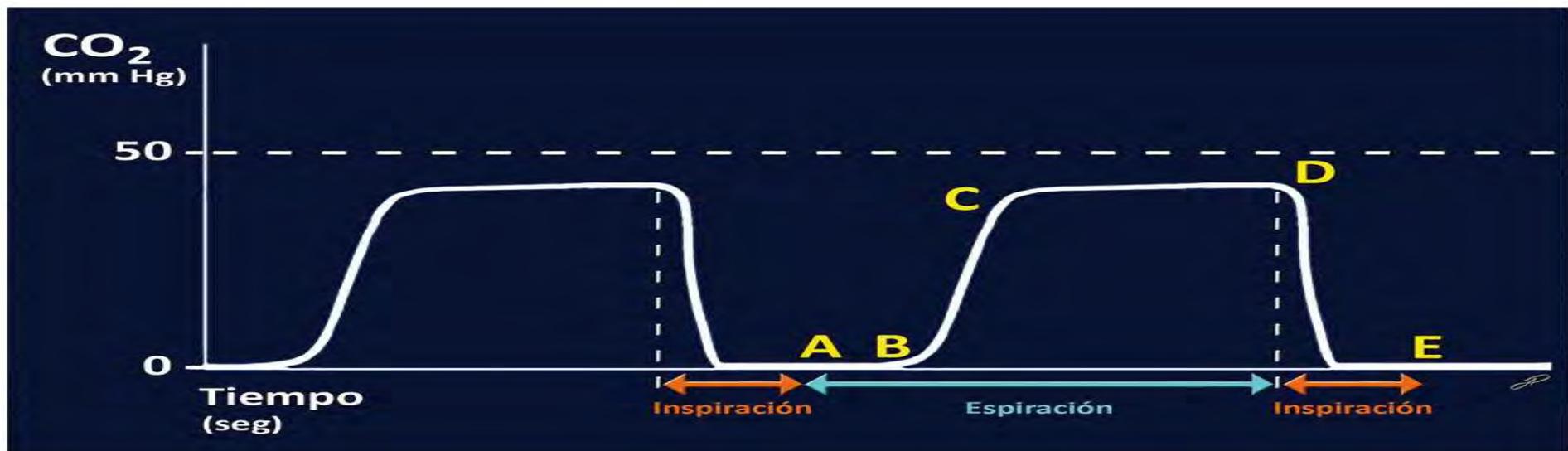
- ▶ **EtCO<sub>2</sub> (End Tidal CO<sub>2</sub>):**  
Pp de CO<sub>2</sub> al final del volumen corriente espirado
- ▶ **Grad PaCO<sub>2</sub>- EtCO<sub>2</sub>**  
(Persona sana)

**Pa CO<sub>2</sub> - EtCO<sub>2</sub> = 2-5 mmHg**

**Et CO<sub>2</sub> = 30-43 mmHg**

# DESCRIPCIÓN DEL CAPNOGRAMA.

- ▶ A-B: ventilación del espacio muerto (EMA)
- ▶ B-C: incremento rápido del CO<sub>2</sub>
- ▶ C-D: meseta alveolar
- ▶ D: EtCO<sub>2</sub> ( CO<sub>2</sub> teleespiratorio)
- ▶ D-E: inspiración



# DESCRIPCIÓN DE FASES.

- FASE 1: A-B** Final inspiración e Inicio de la espiración
- ▶ Se ventila el espacio muerto alveolar (EMA)
  - ▶ La PCO<sub>2</sub> es la ambiental
  - ▶ Al conectar el cápnografo reconoce esta PCO<sub>2</sub> ambiental y la asimila al valor cero
  - ▶ Línea isoelectrónica



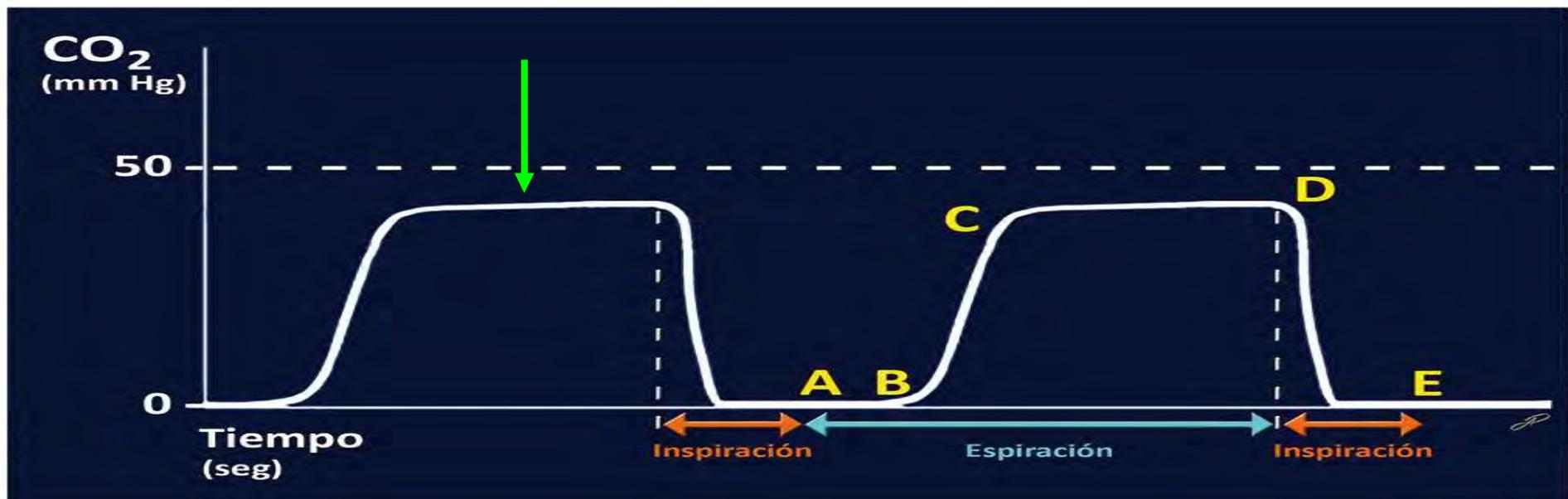
# DESCRIPCIÓN DE FASES.

**FASE 2: B-C** Ascenso rápido del CO<sub>2</sub> por salida del gas alveolar mezclado con el gas del EMA (tráquea y bronquios)



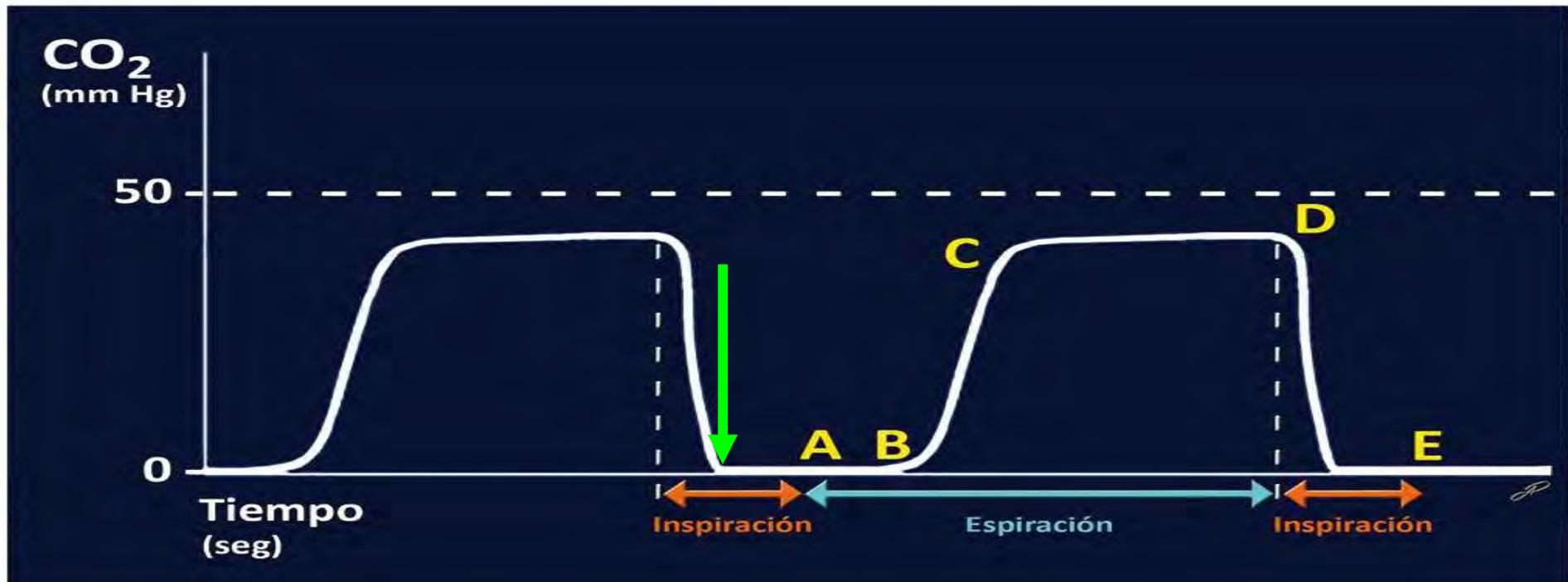
# DESCRIPCIÓN DE FASES.

**FASE 3: C-D** Eliminación del CO<sub>2</sub> desde los alveolos. Progresivo y lento ascenso del CO<sub>2</sub> por el vaciamiento de los alveolos. EtCO<sub>2</sub> (*end tidal CO<sub>2</sub>*) es el punto mas alto de la fase 3. **MESETA ALVEOLAR**



# DESCRIPCIÓN DE FASES.

**FASE 4:D-E** Descenso rápido de  $P_p\text{CO}_2$  Fase inspiratoria



# FACTORES QUE MODIFICAN LAS DIFERENTES FASES

<b>FASE I</b> (Reinhalación CO <sub>2</sub> )	<ul style="list-style-type: none"><li>-Fallo válvula inspiratoria</li><li>-Sonda acodada</li></ul>
<b>FASE II</b> (Prolongaciones o inclinaciones)	<ul style="list-style-type: none"><li>-Broncoespasmo</li><li>-Tubo acodado</li><li>-Fugas del circuito</li></ul>
<b>Fase III</b> (Fisiología ventilatoria y mecánica)	<ul style="list-style-type: none"><li>-Alteraciones del gasto cardiaco</li><li>-Alteración ventilación/perfusión</li><li>-Esfuerzos respiratorios espontáneos</li></ul>
<b>FASE IV</b> (Pendiente)	<ul style="list-style-type: none"><li>-Obstrucción flujo aéreo</li><li>-Flujos bajos</li></ul>

# Alteraciones en la medición EtCO<sub>2</sub>

<b>Aumento EtCO<sub>2</sub></b>	<b>Disminución EtCO<sub>2</sub></b>
<b>Aumento Metabolismo</b> Fiebre, infecciones/sepsis, hipertermia, dolor, convulsiones,	<b>Disminución Metabolismo</b> Cetoacidosis Hipotermia
<b>Perfusión.</b> Aumento del gasto cardíaco y PA, HIC	<b>Perfusión .</b> Disminución del gasto cardíaco y PA, hipovolemia, TEP, PCR
<b>Ventilación.</b> Depresión respiratoria, intoxicaciones, sedación, EPOC, reinhalación	<b>Ventilación.</b> Hiperventilación, obstrucción VA, apnea, secreciones, extubación
<b>Fallos equipo.</b> Tubuladuras muy largas, válvulas defectuosas, fugas	<b>Fallos equipo.</b> Fugas, colocación inadecuada TET, desconexión respirador

# Aumento del EtCO<sub>2</sub> a lo largo del tiempo:



# La disminución de la EtCO<sub>2</sub> a lo largo del tiempo



# **Aplicaciones clínicas**

## **PACIENTE INTUBADO**

- 1- Colocación adecuada del TET
- 2- Controlar la VM en pacientes con oscilaciones de CO<sub>2</sub> (neonatos e HIC) evitando la hiper e hipoventilación
- 3-Durante la RCP

## Tubo endotraqueal en el esófago



La aparición de un **CAPNOGRAMA NORMAL** es la mejor evidencia de que el **TUBO ENDOTRAQUEAL** está bien colocado en la tráquea.

## Capnógrafo normal



## Sello inadecuado en turno de tubo endotraqueal



La **PERDIDA DE AIRE POR FALLO DEL TET**, la pendiente descendente de la meseta se mezcla con la parte descendente del capnograma.

# Reinspiración



Una elevación de la línea basal de CO<sub>2</sub> indica habitualmente **reinhalaación**

- Defecto en la válvula espiratoria del respirador o equipo de anestesia
- Flujo inspiratorio inadecuado
- Tiempo espiratorios insuficientemente cortos

## Válvula del circuito del ventilador defectuosa



- Línea basal elevada
- Extremo descendente del capnograma anormal
- Permite al paciente reinhalar el gas exhalado.

## Relajantes musculares



**LA NO ACCION DE LOS RELAJANTES MUSCULARES** se manifiesta con una melladura o hendidura en la meseta alveolar.

Se localiza de forma constante en cada paciente pero no necesariamente debe aparecer en cada respiración

# Oscilaciones cardiogénicas



- ▶ Las **OSCILACIONES CARDIACAS** aparecen al final de la meseta durante el extremo descendente, se producen por la pequeña compresión, que los latidos cardiacos causan al chocar con el pulmón.
- ▶ Sus características son:
  - Son rítmicas y sincronizadas con la frecuencia cardiaca
  - En pacientes pediátricos bajo ventilación mecánica se observan durante frecuencias respiratorias bajas y/o tiempos espiratorios prolongados, cardiomegalia

# En SVA durante la RCP

- ▶ Asegurar la colocación del tubo endotraqueal
- ▶ Monitorización ventilatoria (hiperventilación-hipoventilación)
- ▶ Monitorización de la calidad de las compresiones torácicas.
- ▶ Identificación de la RCE , evitar dosis innecesarias de adrenalina
- ▶ Valor pronóstico



# **Aplicaciones clínicas**

## **PACIENTE NO INTUBADO**

- 1- Monitorización diagnóstica y terapéutica del **brocoespasmo** .  
Aumento de la fase III  
(aleta de tiburón)

## Obstrucción del circuito o de la vía aérea



- ▶ **Broncoespasmo**
- ▶ Obstrucción del extremo espiratorio del circuito
- ▶ Un cuerpo extraño en la vía aérea superior

# Aplicaciones clínicas

## PACIENTE NO INTUBADO

2-Monitorización de los estados de hipoventilación (sedación analgesia, intoxicaciones, ictus, convulsiones)



# Aplicaciones clínicas

## PACIENTE NO INTUBADO

3-Monitorización de los estados de hiperventilación, shock, obstrucción vía aérea



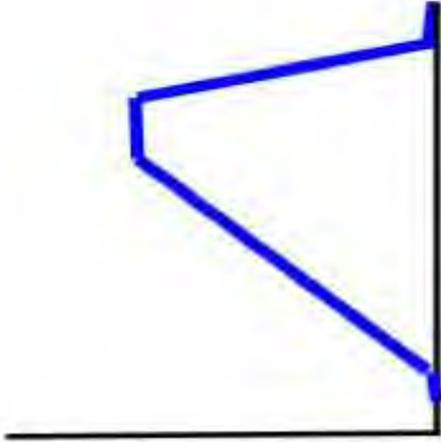


Fig. 1. Resistencia aumentada a la espiración (obstrucción vías aéreas o rama espiratoria sistema).

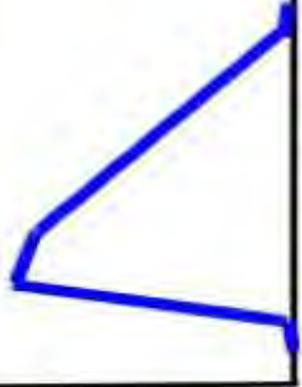


Fig. 2. Posible fuga de gases o dilución de  $\text{CO}_2$  (comprobar el globo del tubo endotraqueal). Normal en pediátricos.

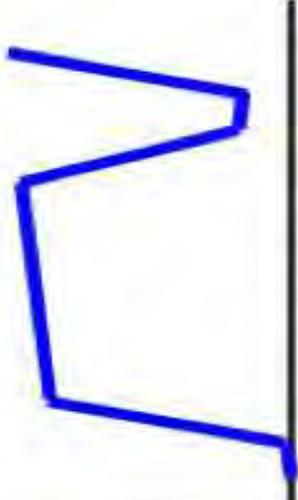


Fig. 3. Reinhalación de  $\text{CO}_2$  (la curva no toca la línea basal):  
Cal sodada exhausta (sistemas con reinhalación)  
Flujo de gas fresco inadecuado (reinhalación).



Fig. 4. Oscilaciones cardiogénicas (causadas por el latido cardiaco).



Fig. 5. Respiración muy superficial (ventilación del espacio muerto) Flujo de gas fresco inadecuado (sistema sin cal sodada).

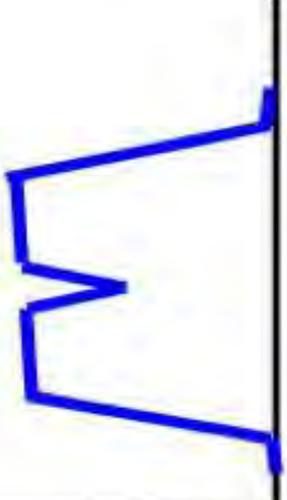


Fig. 6. Respiración espontánea durante ventilación mecánica.

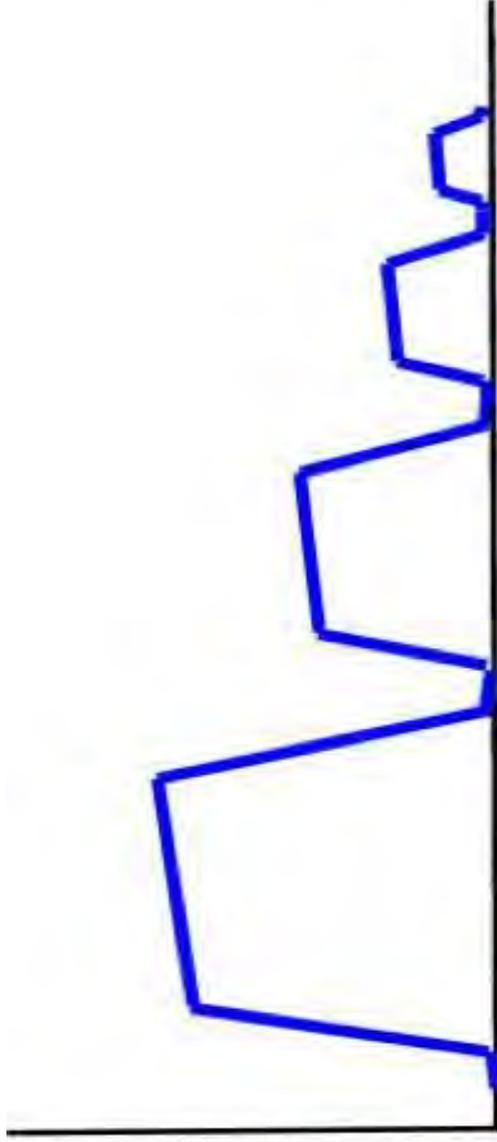


Fig. 7. Gradual disminución del EtCO<sub>2</sub> (p.ej. paro cardiaco).



Fig. 8. Ausencia de curva (p.ej. intubación esofágica, desconexión del sistema respiratorio, calentamiento equipo)

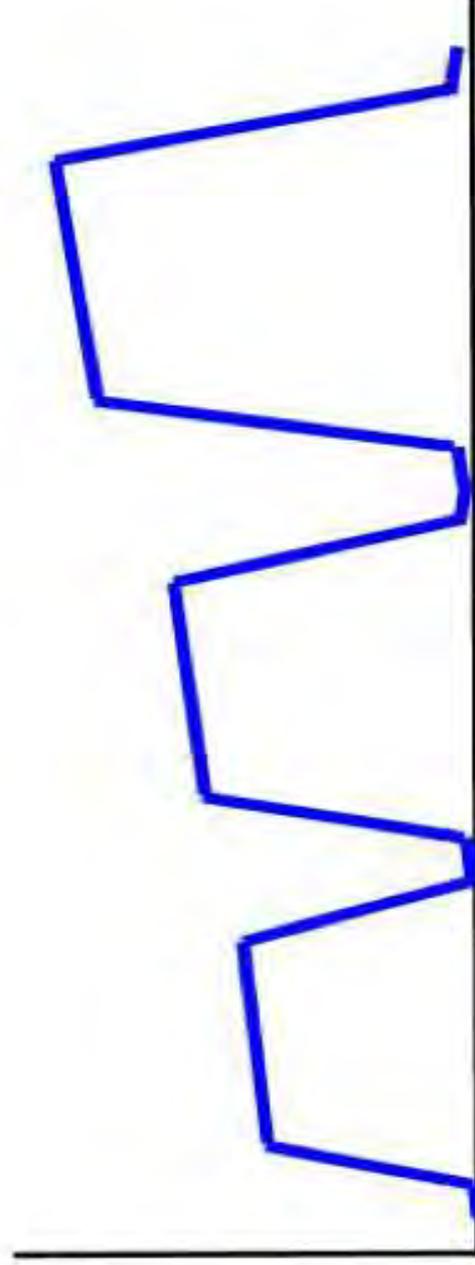


Fig. 9. Progresivo aumento del EtCO<sub>2</sub> (p.ej. hipertermia maligna).

**NORMAL**

**A**



**EXTUBACIÓN**

**C**



**INTUBACIÓN ESOFÁGICA**

**B**



**OBSTRUCCIÓN TUBO ENDOTRAQUEAL**

**D**



**HIPERVENTILACIÓN**

**E**



**HIPOVENTILACIÓN**

**F**



**REINHALACIÓN o REBREATHING**

**G**



**BRONCOESPASMO**

**H**



# CONCLUSIONES

- ▶ **1.MONITORIZACION NO INVASIVA** que puede emplearse en todo tipo de pacientes en los SEM.
- ▶ **2.CAPNOGRAFIA + PULSIOXIMETRIA.**
- ▶ **3. VENTILACION, METABOLISMO Y PERFUSION.**
- ▶ **4.COLOCACION TET Y EXTUBACION.**
- ▶ **5.CONTROL DE LA VENTILACION** en pacientes con fluctuaciones de la PCO<sub>2</sub>.
- ▶ **6.PACIENTES NO INTUBADOS**  
**BRONCOESPASMO**

**El mejor monitor es el profesional  
capaz de integrar todos los  
parámetros del paciente con la  
fisiología de su enfermedad  
y**

**SER CAPAZ DE INTEGRARLOS**

# BIBLIOGRAFÍA

- ▶ Cereceda-Sánchez FJ, Molina-Mula J. Capnography as a tool to detect metabolic changes in patients cared for in the emergency setting. Rev. Latino-Am. Enfermagem. 2017;25:e2885. Available in: DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1518-8345.1756.2885>.
- ▶ L.D. Díez-Picazo, L. Barrado-Muñoz, P. Blanco-Hermo, S. Barroso-Matilla y S. Espinosa Ramírez. La capnografía en los servicios de emergencia médica. Emergencias. 2010;22(5):345-48
- ▶ Morales Carbonell MA. Uso de la capnografía en urgencias. Monitorización en el paciente crítico. Universidad Internacional de Andalucía 2015.
- ▶ Luis Barrado Muñoz, Santiago Barroso Matilla, Gregorio Patón Morales y Jorge Sánchez Carro. Capnografía, la evolución en la monitorización del paciente crítico. Zona TES. Número 1-2013
- ▶ Christopher L Hunter, Salvatore Silvestri, George Ralls, Linda Papa. Prehospital end-tidal carbon dioxide differentiates between cardiac and obstructive causes of dyspnea. Hunter CL, et al. Emerg Med J 2015;32:453–456. doi:10.1136/emmermed-2013-203405



Gracias