



## PHYSIOLOGIE ET TECHNIQUE DE LA CAPNOGRAPHIE : ce qu'il faut savoir\*

Communication de M. Jean-Christophe OZENNE\*\*

### BREF HISTORIQUE

En introduction, M. OZENNE rappelle que la capnographie est utilisée par les anesthésistes depuis le début des années 1970 et qu'elle fait partie du standard de soins au bloc opératoire depuis le début des années 90 du siècle dernier. En France, son utilisation a été rendue obligatoire au bloc opératoire par décret du 5 décembre 1994<sup>(1)</sup>.

### APPLICATIONS ET DÉFINITION

Ses applications sont multiples : en préhospitalier, aux Urgences, au bloc opératoire, en salle de réveil, en pédiatrie-néonatalogie, lors d'une endoscopie digestive, en pneumologie ou en laboratoire du sommeil.

La capnographie consiste en la mesure non invasive et continue de la concentration de CO<sub>2</sub> expiré dans le temps en affichant les valeurs d'EtCO<sub>2</sub> sur le capnomètre et la courbe de concentration de CO<sub>2</sub> expiré sur le capnographe (figures 1 et 2), le cycle respiratoire comprenant 2 processus physiologiques distincts (figure 3).

Le test permettant de distinguer oxygénation et ventilation est simple : il suffit de regarder les valeurs de la SpO<sub>2</sub> et de l'EtCO<sub>2</sub> pendant une apnée. Le monitoring de la ventilation comporte donc l'EtCO<sub>2</sub> plus rapide et la SpO<sub>2</sub> plus lente. Le capnogramme permet de distinguer rapidement une hyperventilation avec chute de CO<sub>2</sub> et une hypoventilation avec augmentation de CO<sub>2</sub> (figure 4).

### 1 La capnographie c'est :

- Mesure **non invasive et continue** de la concentration de CO<sub>2</sub> expiré dans le temps

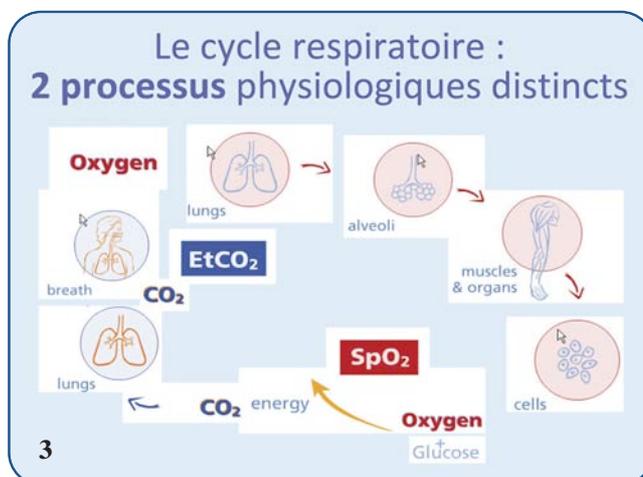
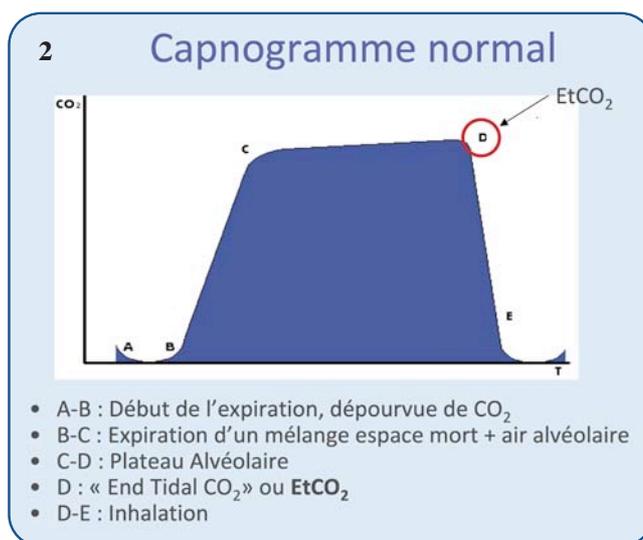
Valeur d'EtCO<sub>2</sub>

Capnomètre

+

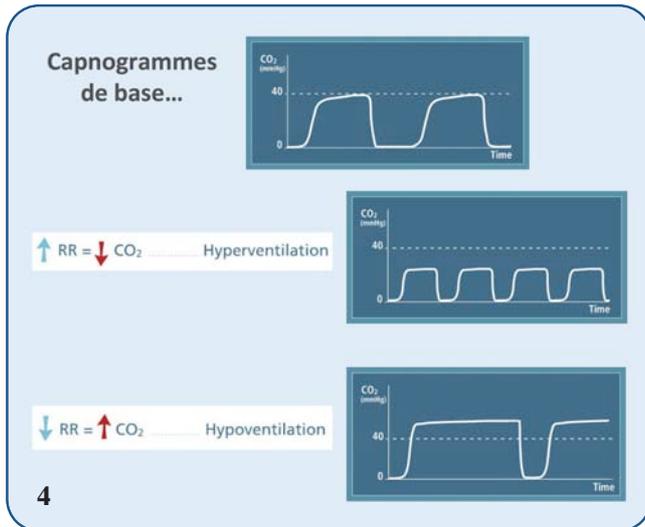
Courbe de concentration de CO<sub>2</sub> expiré

Capnogramme



Sous condition d'une ventilation pulmonaire constante, le monitoring de l'EtCO<sub>2</sub> peut être utilisé comme indicateur du débit cardiaque, c'est-à-dire comme marqueur précoce de dégradation ou d'amélioration hémodynamique. Les facteurs affectant l'EtCO<sub>2</sub> sont le métabolisme du CO<sub>2</sub>, la circulation (flux sanguin), la perfusion de la ventilation pulmonaire, mais la capnographie peut refléter ces trois facteurs. En préhospitalier, les applications cliniques permettent de veiller sur le bon placement de la sonde d'intubation et d'alerter en cas d'extubation pendant le transport ainsi que d'évaluer précocement l'efficacité des manœuvres

\* 8<sup>e</sup> Forum de l'Urgence - Lyon, 30 novembre et 1<sup>er</sup> décembre 2011  
 \*\* Consultant France Société Oridion.



de réanimation cardiorespiratoire (compressions) et d'en prédire l'issue<sup>(2)</sup>.

Lors de la prise en charge d'un traumatisé grave, l'EtCO<sub>2</sub> a permis de constater que chez des patients intubés ou non-intubés un taux de PCO<sub>2</sub> de 30-49 mmHg est un facteur de bon pronostic en termes de survie<sup>(3)</sup>.

L'EtCO<sub>2</sub> permet également en préhospitalier de déterminer le statut ventilatoire des patients atteints de maladies respiratoires comme l'asthme, les BPCO et l'insuffisance cardiaque chronique, de monitorer des patients exposés à un risque de dépression respiratoire dû à une sédation, à une analgésie ou à une overdose (figure 5).

**Applications cliniques aux Urgences**

- Vérifier le bon placement de la sonde d'intubation à l'arrivée du patient et pour les patients intubés aux Urgences
- Confirmer rapidement le statut cardiopulmonaire des patients traumatisés, y compris ceux avec traumatismes crâniens
- Déterminer rapidement le statut ventilatoire des patients atteints de maladies comme l'asthme, les BPCO, et d'insuffisance cardiaque chronique
- Évaluer précocement l'efficacité des manœuvres de réanimation cardiorespiratoires et prédire l'issue
- Fournir un monitoring continu de l'EtCO<sub>2</sub> pour:
  - Confirmer l'efficacité des interventions thérapeutiques
  - Se conformer aux standards qui recommandent le monitoring de l'EtCO<sub>2</sub> pendant les sédations interventionnelles
  - Être alerté en cas de dépression respiratoire par sédation, analgésie ou overdose

5

Aux Urgences, les applications cliniques de l'EtCO<sub>2</sub> consistent à vérifier le bon placement de la sonde d'intubation à l'arrivée du patient et pour les patients intubés dans les services des Urgences. Elle permet de confirmer rapidement le statut cardiopulmonaire des patients traumatisés, y compris ceux présentant un traumatisme crânien.

Il importe de fournir un monitoring continu de l'EtCO<sub>2</sub> pour confirmer l'efficacité des interventions thérapeutiques, et se conformer aux standards recommandant son monitoring pendant les sédations interventionnelles.

**6 Mainstream**

- Développé pour les patients intubés

**Inconvénients**

- Nécessite une calibration systématique, contraignante
- Nécessite un capteur et un câble sur les voies aériennes
- Réutilisable mais fragile et cher à remplacer
- Les sécrétions bloquent la fenêtre du capteur
- Peu ergonomique pour les patients non intubés

**La capnographie peut s'appuyer sur plusieurs techniques :**

La méthode *colorimétrique* est basée sur un détecteur à usage unique fixé sur le raccord d'intubation. Un papier spécialement traité change de couleur au contact du CO<sub>2</sub>. Elle présente les inconvénients suivants : elle n'est utilisable que sur des patients intubés ; le papier peut être facilement altéré par les sécrétions et l'humidité ; les résultats peuvent comporter des "faux négatifs" lors des arrêts cardiaques ; elle ne permet pas de mesure en continu.

La technique dite du "Mainstream" a été développée pour les patients intubés (figure 6). Elle présente les inconvénients suivants : elle nécessite une calibration systématique contraignante, un capteur et un câble sur les voies aériennes ; les sécrétions peuvent bloquer la fenêtre du capteur qui est réutilisable mais coûteux à remplacer ; le système est peu ergonomique pour des patients non-intubés.

La méthode "Sidestream conventionnel" est adaptée aux patients intubés et non-intubés. Elle repose sur un échantillon d'air expiré qui est prélevé par aspiration à raison de 150 mL/min. Le capteur est intégré dans l'appareil et ne provoque pas de poids additionnel sur les voies aériennes du patient. Elle présente les inconvénients suivants : elle nécessite un prélèvement élevé, elle est inadaptée en néonatalogie, chez les nourrissons et les jeunes enfants ; la ligne est fréquemment occluse par des sécrétions et par l'humidité ; une calibration fréquente est nécessaire.

La technique "Microstream<sup>®</sup>" est basée sur le principe que les molécules de CO<sub>2</sub> absorbent la radiation infrarouge à une longueur d'onde spécifique. La radiation infrarouge des capnographes conventionnels est générée par un émetteur de "corps noir" et produit un large spectre infrarouge. Le "Microstream<sup>®</sup>" produit un micro-rayon infrarouge correspondant précisément à la longueur d'onde du CO<sub>2</sub> et permet une mesure précise de l'absorption du rayonnement IR par les molécules de CO<sub>2</sub> en évitant le parasitage par d'autres gaz. L'échantillonnage est plus faible (50 mL/min) et nécessite moins d'air prélevé pour obtenir une mesure précise.

Les avantages de la technologie "Microstream<sup>®</sup>" sont d'être adaptée à la néonatalogie et à la pédiatrie ainsi qu'à de

## Consommable Microstream®

### Adaptés à tous les cas

- Patient intubé
- Patient non-intubé
- Adaptés à une respiration alternée bouche/nez
- Apport d'O<sub>2</sub> (solutions pour Bas débit d'O<sub>2</sub>; solutions pour Haut débit d'O<sub>2</sub>)
- Adulte, pédiatrique, et néonatal



7

## Moniteurs

9



Préhospitalier/Urgences

PHYSIO CONTROL LIFEPAK 15



Lignes patient intubé



Lignes patient non intubé



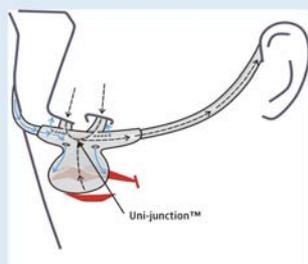
8

## Microstream®

### Une solution unique pour les patients non-intubés

#### Échantillonnage de CO<sub>2</sub> et apport d'O<sub>2</sub> pour patients non-intubés

- Petites perforations pour l'O<sub>2</sub>
- Uni-junction™
- Surface élargie



Animation vidéo unijunction.wmv

nombreux services (préhospitalier, bloc, IRM, endoscopie) et utilisable pour le patient intubé et en VS. Les lignes ne sont pas encombrées par l'humidité et les sécrétions. Les courbes obtenues sont nettes. Il n'y a pas de capteurs coûteux à remplacer. L'application ne nécessite ni calibration ni RAZ (calibration annuelle ou toutes les 4 000 h en 5 min). Le préchauffage dure 15 s entre la mise en route et l'apparition de la première courbe et de la première valeur. Le "plug and play" est d'une seule pièce.

Le consommable est adapté à tous les cas (figure 7) et il s'agit d'une solution unique pour les patients non-intubés (figure 8) présente sur le Lifepak 15® de Physio-Control (figure 9).

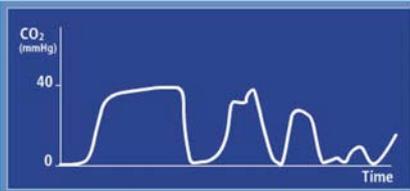
Finalement, la technique "Microstream®" peut être utilisée avec les dispositifs de CRAP et de BIPAP<sup>(4)</sup>.

Le Dr MAIGNAN a ensuite présenté sa communication sur les nouvelles indications de la capnographie, puis M. OZENNE a proposé une série de capnogrammes sous forme de quizz (figures 10 à 20 page 76).

## RÉFÉRENCES

1. Journal officiel : Décret n° 94-1050 du 5 décembre 1994 relatif aux conditions techniques de fonctionnement des établissements de santé en ce qui concerne la pratique de l'anesthésie et modifiant le code de la santé publique.
2. WAYNE MA, LAVINE RL, MILLER CC. Use of end-tidal carbon dioxide to predict outcome in pre-hospital cardiac arrest. Ann Emerg Med 1995;25(6):762-7.
3. DAVIS DP, IDRIS AH, SISE MJ, et al. Early ventilation and outcome in patients with moderate to severe traumatic brain injury. Crit Care Med 2006;34(4):1202-8.
4. NUCIO P, HOCHSTETLER G, JACKSON M. End Tidal CO<sub>2</sub> measurements in the non-invasively ventilated patient. A laboratory study. Technical considerations. (white paper, Brigham and women's Hospital, Boston).

\*\*\*

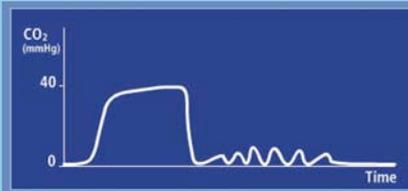


Absence de plateau alvéolaire

► Obstruction partielle des voies aériennes

- Sécrétions
- Fuite dans le système respiratoire artificiel
- La sonde d'intubation est dans l'hypopharynx
- Langue/position de la tête

10

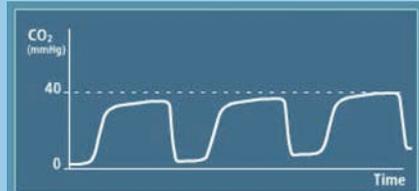


Perte soudaine de courbe et EtCO<sub>2</sub> à zéro ou proche de zéro

► Pas de respiration détectée

- Apnée
- Obstruction totale des voies aériennes
- Sonde d'intubation déplacée ou coudeée
- Déconnection du respirateur
- Dysfonctionnement du respirateur

11



Augmentation de ligne de base du capnogramme

► Réinhalation ("Rebreathing")

- Respiration superficielle – ne purge pas l'espace †
- Mauvais réglage du respirateur

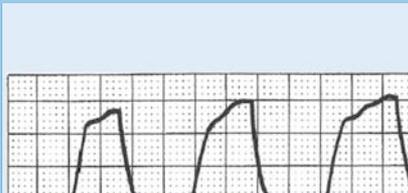
12



- Absence temporaire de plateau alvéolaire
- puis EtCO<sub>2</sub> élevée

- Hypoventilation avec respiration superficielle/ reprise du cycle expiratoire avec hypercapnie

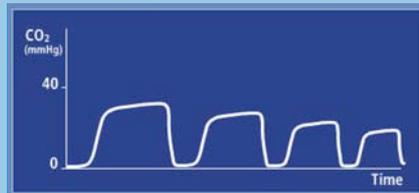
13



Plateau alvéolaire biphasique

► Asymétrie de ventilation entre les deux poumons

14



Baisse graduelle d'EtCO<sub>2</sub> avec tracé normal

► Baisse de production de CO<sub>2</sub> ou baisse perfusion pulmonaire

- Baisse débit cardiaque
- Hyperventilation
- Hypovolémie
- Hypothermie (métabolisme ralenti)

15



Oscillations sur phase IV

► Oscillations cardiogéniques

- Changements de volume thoracique par interaction avec les battements du cœur
- Habituellement :
  - Patients à faible volume respiratoire
  - Respiration lente
- Conséquences physiologiques limitées

16

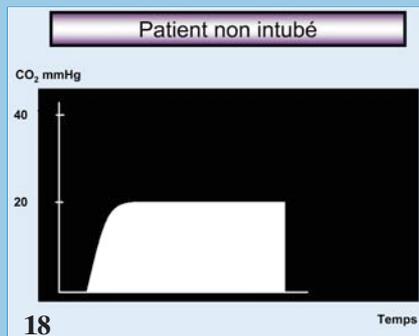


Déformation du capnogramme

► Ventilation spontanée pendant ventilation mécanique

- diminution plus ou moins progressive de la proportion du travail respiratoire fourni par le respirateur
- Permet de vérifier la capacité d'un patient à respirer par lui-même : indicateur pour le sevrage

17



18

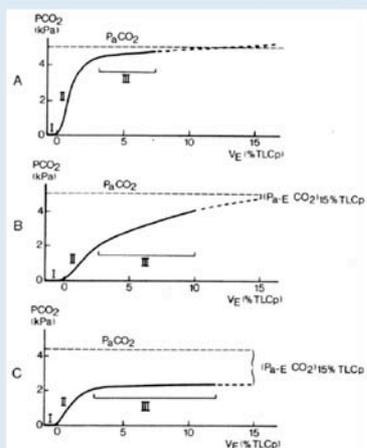
Embolie pulmonaire

■ A = Normal

■ B = BPCO

■ C = EP

19



20

"Faux positifs": boissons gazeuses