

La capnographie

Outil de surveillance clinique de l'état respiratoire du patient en soins critiques

Par **Daniel Milhomme**, inf., Ph. D., **Dominique Beaulieu**, inf., Ph. D., et **Frédéric Douville**, inf., Ph. D.



© www.hamilton-medical.com (reproduction autorisée)

Objectifs pédagogiques

- Connaître les indications courantes de la capnographie
- Décrire les phases de la courbe de capnographie et reconnaître une courbe normale
- Nommer les différentes sources de données auxquelles l'infirmière peut se référer lorsqu'elle surveille l'état respiratoire d'un patient aux soins intensifs
- Énumérer des conditions pouvant modifier les valeurs de pression artérielle en dioxyde de carbone (PaCO_2) et la valeur du CO_2 en fin d'expiration (EtCO_2)

La capnographie est utilisée depuis longtemps pour l'anesthésie générale en salle d'opération. De nos jours, on l'emploie aussi pour les patients soumis à une sédation moins profonde, aux patients à l'unité des soins intensifs, au service des urgences, et parfois même en soins préhospitaliers. Le capnographe est l'appareil qui permet de mesurer le dioxyde de carbone (CO_2) en fin d'expiration. Il affiche les résultats sous forme graphique et numérique. Le présent article décrit les principaux avantages du système de surveillance respiratoire par capnographie en vue de faciliter la détection précoce d'une modification de l'état de santé du patient.

Cas clinique : M^{me} Brisson

La patiente, M^{me} Brisson, est hospitalisée aux soins intensifs pour une difficulté respiratoire. Intubée et ventilée, elle présentait, jusqu'à tout récemment, un état généralement stable. Depuis que l'infirmière a augmenté le niveau de sédation, la patiente est calme, mais une augmentation du CO_2 expiré est observée à la capnographie. Au moniteur, une légère hypertension ainsi qu'une tachycardie ont aussi fait leur apparition. Que se passe-t-il? Comment interpréter ces changements dans l'état clinique?

Tableau 1 Conséquences des variations du CO₂ dans l'organisme

Hausse du CO ₂	Baisse du CO ₂
<ul style="list-style-type: none"> ■ Augmentation de la fréquence et de l'amplitude respiratoire (McKinley <i>et al.</i>, 2014) ■ Augmentation de la fréquence cardiaque et vasoconstriction systémique (p. ex., hausse de la tension artérielle)* (Marieb, 2015) ■ Vasodilatation cérébrale (p. ex., hausse de la pression intracrânienne) (Casey, 2015) ■ Acidose respiratoire pouvant causer une dépression du système nerveux central (p. ex., désorientation, coma) (Tortora, 2007) <p>* Certaines contradictions ont été observées dans la littérature quant à l'effet d'une hausse du CO₂ sur le système vasculaire systémique.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ■ Diminution de la fréquence et de l'amplitude respiratoire (McKinley <i>et al.</i>, 2014) ■ Vasoconstriction cérébrale pouvant réduire l'apport en oxygène au cerveau (p. ex., étourdissements, pertes de conscience, fourmillements, spasmes musculaires involontaires des mains et du visage) (McKinley <i>et al.</i>, 2014; Marieb, 2015) ■ Alcalose respiratoire pouvant provoquer une surexcitation des systèmes nerveux central et périphérique (p. ex., nervosité, spasmes musculaires, convulsions) (Tortora, 2007)

La capnographie désigne la mesure et la représentation graphique de la concentration en dioxyde de carbone (CO₂) dans l'air au moment de l'inspiration et de l'expiration du patient (Thomas *et al.*, 2014). Parfois nommée « capnogramme », elle permet d'évaluer la fonction respiratoire et, indirectement, la fonction hémodynamique de manière continue et non effractive (Jabre *et al.*, 2010).

Dans les unités de soins critiques, la capnographie est largement utilisée pour assurer le bon positionnement de la sonde d'intubation dans la trachée ou détecter précocement différents problèmes comme l'embolie pulmonaire, la crise d'asthme sévère ou la diminution du débit cardiaque (Jabre *et al.*, 2010). Son utilisation est recommandée dans les nouvelles lignes directrices de soins avancés en réanimation (Link *et al.*, 2015). Des études ont d'ailleurs démontré une sensibilité et une spécificité appropriées de la capnographie pour déterminer l'emplacement du tube endotrachéal (Link *et al.*, 2015), évaluer la diminution du taux de CO₂ expiré en cas d'arrêt cardiaque récent ou surveiller un patient sous sédation (Jabre *et al.*, 2010). Ortega *et al.* (2012) précisent pour leur part que la capnographie est utile pour collecter des informations relatives à l'état métabolique et respiratoire du patient.

Tableau 2 Indications courantes de la capnographie

<ul style="list-style-type: none"> ■ Pour assurer la surveillance de la vidange alvéolaire (p. ex., asthme) ■ Pour assurer la surveillance d'un patient sous sédation consciente ■ Pour détecter l'insertion dans l'œsophage d'un tube endotrachéal ■ Pour détecter l'insertion dans les voies aériennes d'une sonde gastrique ■ Pour déterminer le pronostic et la qualité d'une réanimation cardiorespiratoire (c.-à-d. surveillance du débit sanguin) ■ Pour réduire l'utilisation des gaz artériels et les coûts liés aux radiographies ■ Pour détecter un espace mort physiologique (p. ex., embolie pulmonaire, diminution du débit cardiaque) ■ Pour le sevrage d'un ventilateur mécanique ou pour détecter un débranchement du ventilateur mécanique
--

Source : Johnson *et al.*, 2011.

Le CO₂ : origine, transport et élimination

Avant d'interpréter la mesure et la représentation graphique de la capnographie, il convient de comprendre le mécanisme de transport et les échanges de CO₂ qui se produisent au cours du processus respiratoire. Le dioxyde de carbone est un produit du métabolisme cellulaire (Tarini, 2014a) qui est acheminé des cellules vers les capillaires sanguins.

Le dioxyde de carbone est transporté dans le sang sous trois formes (McKinley *et al.*, 2014) :

- dissous dans le plasma (environ 7 %);
- lié à l'hémoglobine sous forme de carbhémoglobine, ou HbCO₂ (environ 23 %);
- converti en ions bicarbonates (HCO₃⁻) (environ 70 %).

Indépendamment des formes qu'il adopte pendant son transport, le CO₂ est acheminé dans le sang en direction du côté droit du cœur par le réseau veineux systémique. De là, il est pompé dans la circulation artérielle pulmonaire vers les capillaires pulmonaires. Il passe par la suite à travers la membrane alvéolocapillaire jusqu'aux alvéoles grâce aux différences de pressions partielles entre les capillaires et les alvéoles. Il est ensuite éliminé dans l'atmosphère pendant l'expiration (McKinley *et al.*, 2014). L'efficacité de la diffusion du CO₂ à travers la membrane alvéolocapillaire dépend des caractéristiques de cette membrane, notamment de son épaisseur et de l'étendue de sa surface (McKinley *et al.*, 2014). L'intérêt pour le CO₂ n'est pas nouveau, car une variation de sa concentration dans le sang peut entraîner des conséquences physiologiques importantes pour le patient (**Tableau 1**).

Système aspiratif et système non aspiratif

En clinique, il existe principalement deux types de technologie servant à mesurer l'élimination du CO₂ à l'expiration, soit le système aspiratif (*side stream*) et le système non aspiratif (*main stream*). Le système aspiratif mesure le dioxyde de carbone à partir d'un échantillon de gaz aspiré dans un appareil pour être ensuite analysé. Le système non aspiratif, quant à lui, mesure directement le flux gazeux à partir d'un capteur infrarouge situé à l'extrémité du tube endotrachéal chez le patient intubé et ventilé. Chez le patient non intubé, un capteur est installé à même un masque ou une canule nasale.

Une troisième technologie de flux latéral (*microstream*) est également offerte tant pour les patients intubés que non intubés, mais elle est actuellement peu utilisée en milieu clinique au Québec. Cette technologie a l'avantage d'utiliser un faible débit d'échantillonnage dans la mesure des valeurs de CO₂ (Zwerneman, 2006).

La capnographie en soins critiques

En soins critiques, la capnographie est surtout utilisée chez les patients intubés en raison de leur instabilité, mais comme nous l'avons indiqué précédemment, on peut aussi y avoir recours pour des patients non intubés. Johnson *et al.* (2011) ont dressé une liste des indications courantes de la capnographie (**Tableau 2**).

Lorsqu'elle évalue le CO₂ expiré, l'infirmière en soins critiques s'appuie sur deux éléments importants, soit la capnographie qui trace la courbe de CO₂ expiré ainsi que la capnométrie (**Figure 1**) qui représente la valeur numérique de la concentration de CO₂ en fin d'expiration (EtCO₂ pour *End-tidal CO₂*) (Brochard *et al.*, 2008; Gravenstein, 2011).

Pour les patients non intubés

Au cours des dernières décennies, on a observé une augmentation du nombre de traitements médicaux requérant une sédation-analgésie réalisés à l'extérieur des salles d'opération (Kodali, 2013). Ces traitements sont parfois effectués sur des patients non intubés, particulièrement dans les services de soins intensifs, d'urgence, d'endoscopie, de radiologie ou d'électrophysiologie. La capnographie réalisée hors des salles d'opération, dite non effractive, permet d'obtenir un échantillonnage concomitant de CO₂ et d'O₂ (oxygène) grâce à l'emploi d'une canule nasale (Krauss et Hess, 2007).

Dans le cas de la plupart des actes médicaux avec sédation et analgésie, le médicament prescrit est administré par une infirmière, alors que c'est un médecin qui effectue le traitement. Considérant que la sédation-analgésie peut entraîner une hypoxie et une hypercapnie, le *Guide d'exercice de l'anesthésie* (Kodali, 2013) et *La sédation-analgésie – Lignes directrices* précisent clairement ceci : « Le monitoring du CO₂ permet d'identifier précocement les complications telles la sédation excessive, l'hypoventilation et l'apnée, en plus de permettre de mieux contrôler le niveau de sédation en fonction de l'intervention diagnostique ou thérapeutique réalisée » (CMQ/OIIQ/OPIQ, 2015). À ce sujet, les résultats de l'étude de McCarter *et al.* (2008) ont montré que la capnographie était plus efficace que la saturométrie

Figure 1 Exemple de capnographie

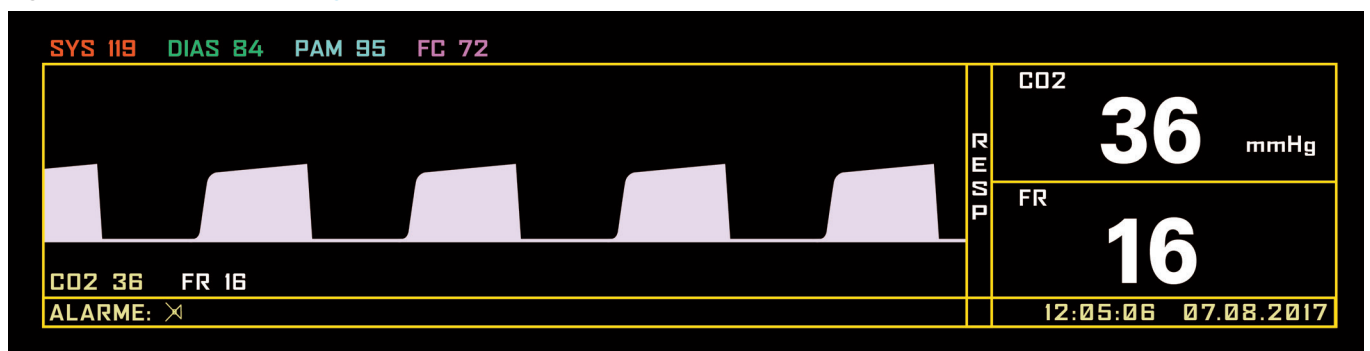


Tableau 3 Paramètres de la surveillance clinique pendant une coloscopie réalisée sous sédation-analgésie

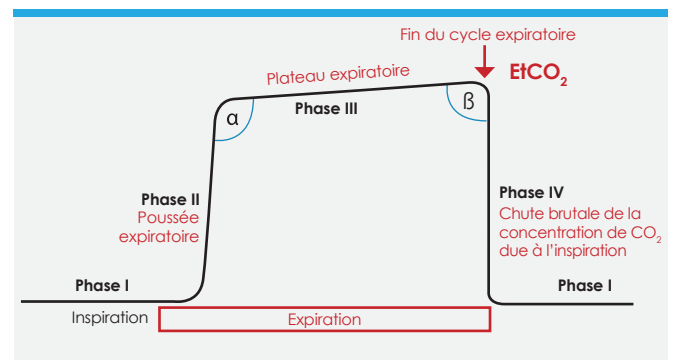
<ul style="list-style-type: none"> ■ Capnographie ■ Monitoring cardiaque ■ Niveau de sédation (état de conscience) ■ Pouls ■ Pression artérielle ■ Saturation en oxygène ■ Respiration (fréquence, amplitude et rythme) ■ Douleur

Source : OIIQ, 2016.

Tableau 4 Qu'est-ce que l'espace mort?

<p>L'espace mort correspond à l'espace des voies aériennes qui ne participe pas aux échanges gazeux. On en distingue trois types :</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ L'espace mort anatomique, qui désigne les bronches, la trachée et les voies aériennes supérieures (Stacy, 2014a). ■ L'espace mort physiologique, attribuable à une anomalie de la perfusion sanguine au niveau alvéolocapillaire comme celle pouvant se produire lors d'une embolie pulmonaire (Stacy, 2014b). ■ L'espace mort de l'appareil, dû à l'appareillage de ventilation mécanique, par exemple au tube endotrachéal ou aux canalisations du ventilateur (Schmalisch, 2011).

Figure 2 Phases de la capnographie normale



Source : Manifold *et al.*, 2013.

pour détecter précocement la dépression respiratoire chez les patients recevant de l'oxygène. Malgré toute l'importance accordée à la capnographie dans la documentation scientifique, il n'en demeure pas moins que l'infirmière qui assure la surveillance clinique d'un patient sous sédation-analgésie doit également porter une attention particulière à un ensemble de paramètres (**Tableau 3**) (OIIQ, 2016).

Pour les patients intubés

L'Intensive Care Society (ICS) recommande l'utilisation de la capnographie en continu pour tous les patients intubés et ventilés dans les unités de soins intensifs (Thomas *et al.*, 2014). Dans ce cas, la capnographie est proposée afin de guider et confirmer le bon positionnement de la sonde d'intubation dans la trachée (Link *et al.*, 2015; Thomas *et al.*, 2014; Whitaker, 2011), d'assurer la gestion adéquate de la ventilation mécanique et de monitorer la réanimation cardiorespiratoire (Walsh *et al.*, 2011).

Interprétation de la capnographie et de la capnométrie

Une capnographie (capnogramme) normale montre une courbe dont la forme de l'onde est presque carrée et qui oscille au même rythme que la fréquence respiratoire du patient (Ortega *et al.*, 2012) (**Figure 2**). Cette courbe est créée en fonction du temps et varie selon l'inspiration et l'expiration. La capnographie comporte quatre phases :

Phase I

Elle correspond à l'inspiration et au début de l'expiration alors que se produit la vidange de l'espace mort anatomique ou de l'appareil, c'est-à-dire l'espace où il n'y a pas d'échange gazeux (**voir Tableau 4**).

Phase II

L'expiration entraîne une augmentation importante de la concentration de CO₂ en raison de la vidange des alvéoles. À la fin de la phase II et au début de la phase III, l'angle alpha (α) est d'environ 100 à 110 degrés (Lucangelo *et al.*, 2011). Par contre, ce dernier risque de devenir plus obtus en cas de pathologie respiratoire obstructive qui gêne l'élimination du CO₂ à l'expiration (Kirby, 2011), par exemple lors d'une crise d'asthme (Jabre *et al.*, 2010).

Phase III

Le plateau alvéolaire prend forme en raison de la vidange des alvéoles les moins bien ventilées. C'est à la fin de la phase III que l'EtCO₂ (valeur du CO₂ en fin d'expiration) est mesurée et qu'elle apparaît à la capnométrie. À ce moment, l'angle bêta (β) créé à la fin de la phase III et au début de la phase IV est d'environ 90 degrés, mais ce dernier risque d'augmenter en cas de réinhalation de CO₂ puisque la courbe descendante sera moins verticale si le patient réinhale le CO₂ expiré (Kirby, 2011).

Le regroupement de différentes données permet à l'infirmière de dresser un portrait global de la situation du patient.

Figure 3 Courbe d'hypoventilation (Manifold *et al.*, 2013).



Hypoventilation résultant de la dépression du système nerveux central. On peut observer les niveaux croissants de CO₂ en fin d'expiration (EtCO₂) et l'onde qui conserve sa morphologie normale.

Phase IV

L'inspiration provoque une chute brutale de la courbe de dioxyde de carbone étant donné la quasi-absence de CO₂ dans l'atmosphère. Une courbe qui ne revient pas à zéro à la fin de cette phase peut indiquer qu'il y a une réinhalation de CO₂ (Ortega *et al.*, 2012).

Les variations du taux de CO₂ et ses causes

Dans des conditions normales et en l'absence de pathologie pulmonaire, la capnométrie donne un bon aperçu de la valeur de la pression artérielle partielle en CO₂ (PaCO₂), inférieure de 2 à 5 mmHg à la valeur sanguine (Jabre *et al.*, 2010). Dans le cas d'une pathologie pulmonaire qui augmente l'espace mort physiologique (p. ex., emphysème pulmonaire), la capnographie et la capnométrie risquent d'être perturbées au point où une gazométrie du sang artériel est nécessaire pour obtenir une mesure fiable de la PaCO₂; dans ce dernier cas, le gradient s'accroît au fur et à mesure que l'espace mort augmente (Ortega *et al.*, 2012).

La surveillance clinique de M^{me} Brisson

L'infirmière, attentive aux données de la capnographie de cette patiente, note une modification de la courbe. L'hypoventilation montre une légère modification de l'amplitude de la courbe avec une ligne de base constante (**Figure 3**). Pourtant, la valeur de saturométrie montre une saturation pulsatile en oxygène (SpO₂) à 96 %, ce qui semble adéquat compte tenu de la situation. Au moniteur, un rythme cardiaque sinusal à 92 battements/min et une pression artérielle de 160/80 mmHg sont observés, ce qui montre une légère modification des paramètres cliniques habituellement observés chez M^{me} Brisson. En plus de lui permettre de constater des modifications de sa fréquence cardiaque et de sa pression artérielle, la vigilance de l'infirmière l'amène à ausculter les plages pulmonaires de la patiente, ainsi qu'à vérifier la fréquence, l'amplitude et le rythme de sa respiration. Constatant l'ensemble de la situation, l'infirmière en avise le médecin qui lui demande alors de faire un prélèvement à la canule artérielle afin de confirmer l'augmentation de la valeur de PaCO₂ ainsi qu'une perturbation du pH sanguin. Dans le cas de M^{me} Brisson, la capnographie en combinaison avec d'autres observations cliniques a permis de détecter précocement l'hypoventilation alvéolaire, fort probablement liée à l'augmentation du niveau de sédation de la patiente et à un réglage inapproprié des paramètres de ventilation mécanique.

Bien que les appareils soient utiles pour détecter précocement une modification de l'état de santé d'un patient, il reste que la vigilance de l'infirmière à l'égard de toute modification demeure la clé de voûte pour assurer la sécurité du patient.

Plusieurs facteurs influencent la valeur de la PaCO₂ et conséquemment celle de l'EtCO₂. Ces facteurs sont le métabolisme, la perfusion, la ventilation, l'arbre trachéobronchique et le circuit respiratoire (Jabre *et al.*, 2010; Johnson *et al.*, 2011).

Le **Tableau 5** présente des exemples de situations liées à des modifications de ces facteurs et leur impact à la fois sur le CO₂ au niveau artériel (PaCO₂) et sur le CO₂ expiré (EtCO₂).

Miser sur le regroupement des données cliniques

La combinaison des différentes données permet à l'infirmière de dresser un portrait global de la situation du patient. Outre les différentes manifestations physiologiques que peut présenter ce dernier et auxquelles l'infirmière doit rester vigilante par l'utilisation de ses sens (vue, ouïe, toucher et odorat), il reste que l'infirmière en soins critiques a tout avantage à utiliser les données technologiques, dont celles liées à la capnographie si elles sont disponibles.

Prises seules, les données liées à la capnographie donnent un aperçu de la ventilation et de la perfusion pulmonaire d'un patient, mais l'infirmière a tout intérêt à regrouper plusieurs observations pour expliquer physiologiquement la variation observée à la capnographie. Par exemple, la capnographie peut se révéler utile pour confirmer l'intubation endotrachéale, mais n'informe pas sur le positionnement adéquat du tube endotrachéal par rapport à la carène, comme peut le faire une radiographie pulmonaire (Ortega *et al.*, 2012).

Contrairement à la saturométrie, la capnographie ne donne pas d'information précise sur l'oxygénation du patient. Alors que la saturométrie mesure en continu la valeur de l'oxyhémoglobine dans le sang, la capnographie s'intéresse à celle du dioxyde de carbone. Par conséquent, une hypoxémie peut survenir même en présence d'une capnographie normale (Ortega *et al.*, 2012), d'où l'intérêt de combiner la saturométrie et la capnographie.

Tableau 5 Exemples de facteurs qui agissent sur la quantité de CO₂ sanguin et expiré

Facteur d'influence	PaCO ₂	Exemples	EtCO ₂
Métabolisme (ensemble des réactions chimiques qui se déroulent à l'intérieur des cellules) (Marieb <i>et al.</i> , 2015)	↑	Une augmentation de l'activité métabolique accroît le taux de CO ₂ sanguin (p. ex., lors d'une activité physique, d'une fièvre, d'une infection, de convulsions) (Casey, 2015; Willner et Weissman, 2011).	↑ ¹⁻²
Perfusion (circulation sanguine dans les capillaires pulmonaires)	↑	Certaines maladies ou pathologies qui réduisent la circulation sanguine au niveau pulmonaire peuvent nuire ou empêcher les échanges gazeux provoquant ainsi une augmentation du CO ₂ emprisonné dans le sang : p. ex., l'embolie pulmonaire, (McKinley <i>et al.</i> , 2014; Casey, 2015), l'hypovolémie, l'hémorragie (Johnson <i>et al.</i> , 2011), l'hypotension, la diminution du débit cardiaque, l'insuffisance cardiaque et l'arrêt cardiaque (Casey, 2015).	↓ ³⁻⁵
Ventilation (processus d'inspiration et d'expiration) (Eisel, 2016)	↑	L' hypoventilation favorise l'accumulation du CO ₂ sanguin. Les causes possibles sont la restriction de l'amplitude respiratoire : p. ex., l'obésité (Jabre <i>et al.</i> , 2010), l'ascite, les fractures de côtes (Mathers, 2016), l'altération de la commande nerveuse causée par un traumatisme crânien, un accident vasculaire du tronc cérébral ou une myasthénie (Jabre <i>et al.</i> , 2010), la surdose d'opiacés (Pattinson, 2008), ou des paramètres de ventilation mécanique insuffisants (c.-à-d. volume courant ou fréquence respiratoire trop faibles) (Fox, 2009).	↑ ³
	↓	L' hyperventilation : des conditions telles que l'anxiété, la peur, la douleur, des paramètres de ventilation mécanique trop élevés (Johnson <i>et al.</i> , 2011), la surdose d'acideacétylsalicylique qui stimule le centre respiratoire, l'hypoxémie causée par l'anémie ou l'ascension en haute montagne (Tarini, 2014b) auront pour effet de réduire la quantité de CO ₂ sanguin.	↓ ³⁻⁵
Arbre trachéobronchique incluant la membrane alvéolocapillaire	↑	Certaines conditions ou pathologies affectant l'arbre trachéobronchique peuvent nuire à l'efficacité des échanges gazeux et entraîner une augmentation du CO ₂ emprisonné dans l'organisme et conséquemment une baisse du CO ₂ expiré (McKinley <i>et al.</i> , 2014).	↓ ⁵⁻⁶
Circuit respiratoire (désigne le circuit de ventilation mécanique)	↑	Un circuit ventilatoire défaillant peut nuire à l'élimination du CO ₂ et donc en augmenter la valeur sanguine (p. ex., débranchement du circuit ventilatoire, tube endotrachéal coudé, intubation endobronchique) (Thompson et Craig, 2011).	↓ ⁴⁻⁷

1 Maiden, 2014; 2 Willner et Weissman, 2011; 3 Casey, 2015; 4 Jabre *et al.*, 2010; 5 Johnson *et al.*, 2011; 6 Scherer *et al.*, 2011; 7 Thompson et Craig, 2011.

En soins critiques, la capnographie est surtout utilisée chez les patients intubés, en raison de leur instabilité, mais on peut aussi y avoir recours pour les patients non intubés.

D'autres instruments, comme le stéthoscope, peuvent aussi être utiles pour évaluer la présence et la qualité du mouvement de l'air dans l'arbre bronchique, bien que celui-ci fournisse peu d'information sur la relation entre la ventilation et la perfusion (Johnson *et al.*, 2011). Il y a donc des avantages à regrouper les différentes sources de données pour assurer une surveillance clinique appropriée du patient en phase critique, comme l'a fait l'infirmière responsable de M^{me} Brisson (voir « La surveillance clinique de M^{me} Brisson » en page 56).

L'infirmière qui assure la surveillance clinique de l'état respiratoire du patient veillera donc à utiliser l'auscultation pulmonaire, la saturométrie, la capnographie et la gazométrie du sang artériel pour avoir une vue d'ensemble adéquate de l'état respiratoire du patient. Elle portera aussi une attention particulière aux alarmes qu'elle règle sur les appareils de monitoring afin d'être avisée rapidement de l'apparition d'une valeur anormale, notamment d'une donnée qui peut apparaître à la capnographie.

Bibliographie

Brochard, L., A. Mercat et J.C.M. Richard. *Ventilation artificielle : de la physiologie à la pratique*, Paris, Elsevier Masson, 2008, 336 p.

Casey, G. « Capnography: monitoring CO₂ », *Nursing New Zealand*, vol. 21, n° 9, oct. 2015, p. 20-24.

Collège des médecins du Québec (CMQ), Ordre des infirmières et infirmiers du Québec (OIQ) et Ordre professionnel des inhalothérapeutes du Québec (OPIQ). *La sédation – analgésie. Lignes directrices*, Montréal, CMQ/OIQ/OPIQ, 2015, 70 p. [En ligne : https://www.oiq.org/sites/default/files/2440-sedation-analgésie_0.pdf]

Eisel, S.J. « Système respiratoire », in: S.L. Lewis, S.R. Dirksen, M.M. Heitkemper, L. Bucher et I.M. Camera (ss la dir. de), *Soins infirmiers. Médecine–Chirurgie* (2^e éd.), Montréal, Chenelière Education, 2016, p. 180-215.

Fox, L.K., M.C. Flegal et S.M. Kuhlman. « Principles of anesthesia monitoring—capnography », *Journal of Investigative Surgery*, vol. 22, n° 6, nov./déc. 2009, p. 452-454.

Gravenstein, J.S. « Clinical perspectives », in J.S. Gravenstein, M.B. Jaffe, N. Gravenstein et D.A. Paulus (ss la dir. de), *Capnography* (2^e éd.), Cambridge (UK), Cambridge University Press, 2011, p. 1-8.

Jabre, P., X. Combes et F. Adnet. « Place de la surveillance de la capnographie dans les détresses respiratoires aiguës », *Réanimation*, vol. 19, n° 7, nov. 2010, p. 633-639.

Johnson, A., D. Schweitzer et T. Ahrens. « Time to throw away your stethoscope?—Capnography: evidence-based patient monitoring technology », *Journal of Radiology Nursing*, vol. 30, n° 1, mars 2011, p. 25-34.

Kirby, R.R. « Capnography and respiratory assessment outside of the operating room », in J.S. Gravenstein, M.B. Jaffe, N. Gravenstein et D.A. Paulus (ss la dir. de), *Capnography* (2^e éd.), Cambridge (UK), Cambridge University Press, 2011, p. 11-18.

Kodali, B.S. « Capnography outside the operating rooms », *Anesthesiology*, vol. 118, n° 1, janv. 2013, p. 192-201.

Krauss, B. et D.R. Hess. « Capnography for procedural sedation and analgesia in the emergency department », *Annals of Emergency Medicine*, vol. 50, n° 2, août 2007, p. 172-181.

Link, M., L. Berkow, P. Kudenchuk, H. Halperin, E. Hess, V. Moitra *et al.* « Part 7: Adult advanced cardiac life support—2015 AHA Guidelines Update for cardiopulmonary resuscitation and emergency cardiovascular care », *Circulation*, vol. 132, n° 18, suppl. 2, 3 nov. 2015, p. S444-S464. [En ligne : http://circ.ahajournals.org/content/132/18_suppl_2/S444.full.pdf?download=true]

Lucangelo, U., A. Gullo, F. Bernabè et L. Blanch. « Capnographic measures », in J.S. Gravenstein, M.B. Jaffe, N. Gravenstein et D.A. Paulus (ss la dir. de), *Capnography* (2^e éd.), Cambridge (UK), Cambridge University Press, 2011, p. 329-339.

Maiden, J.M. « Examens paracliniques du système respiratoire », in L.D. Urden, K.M. Stacy et M.E. Lough (ss la dir. de), *Soins infirmiers. Soins critiques*, Montréal, Chenelière Education, 2014, p. 572-587.

Manifold, C.A., N. Davids, L.C. Villers et D.A. Wampler. « Capnography for the nonintubate patient in the emergency setting », *Journal of Emergency Medicine*, vol. 45, n° 4, oct. 2013, p. 626-632.

Marieb, E.N., K. Hoehn, L. Moussakova et R. Lachaine. « Anatomie et physiologie humaines » (5^e éd.), Éditions du Nouveau pédagogique, Saint-Laurent (QC), 2015, 1470 p.

Mathers, D.M. « Troubles des voies respiratoires inférieures », in S.L. Lewis, S.R. Dirksen, M.M. Heitkemper, L. Bucher et I.M. Camera (ss la dir. de), *Soins infirmiers. Médecine–Chirurgie* (2^e éd.), Montréal, Chenelière Education, 2016, p. 256-319.

McCarter, T., Z. Shaik, K. Scarfo et L.J. Thompson. « Capnography monitoring enhances safety of postoperative patient-controlled analgesia », *American Health and Drug Benefits*, vol. 1, n° 5, juin 2008, p. 28-35.

En conclusion

La capnographie est l'une des sources importantes de données qui peut aider l'infirmière à assurer une surveillance clinique adéquate de l'état respiratoire d'un patient en phase critique. Bien que l'appareillage soit utile pour déceler précocement une modification de l'état de santé d'un patient, il reste que la vigilance de l'infirmière à l'égard de toute modification demeure la clé de voûte pour assurer la sécurité du patient. ■

Cet article est accompagné d'un post-test en ligne donnant droit à des heures admissibles dans la catégorie formation accréditée. Il est en ligne sur la plateforme de téléapprentissage Mistral.



Les auteurs



Daniel Milhomme est directeur du Département des sciences infirmières de l'Université du Québec à Rimouski (UQAR) et professeur en soins critiques à l'UQAR, campus de Lévis. Il est titulaire d'un doctorat en sciences infirmières de l'Université Laval.



Dominique Beaulieu est professeure en soins critiques au Département des sciences infirmières de l'UQAR, campus de Lévis. Elle est titulaire d'une maîtrise en sciences infirmières et d'un doctorat en santé communautaire de l'Université Laval.



Frédéric Douville est professeur adjoint à la Faculté des sciences infirmières de l'Université Laval. Il est titulaire d'une maîtrise en sciences infirmières et d'un doctorat en santé communautaire de l'Université Laval.

McKinley, M.P., V.D. O'Loughlin et T.S. Bidle. « Le système respiratoire », in M.P. McKinley, V.D. O'Loughlin et T.S. Bidle (ss la dir. de), *Anatomie et physiologie. Une approche intégrée*, Montréal, Chenelière Education, 2014, p. 1052-1118.

Merchant, R., D. Chartrand, S. Dain, G. Dobson, M.M. Kurrek, A. Lagacé *et al.* « Guidelines to the practice of anesthesia—Revised edition 2016 », *Canadian Journal of Anaesthesia*, vol. 63, n° 1, janv. 2016, p. 86-112.

Ordre des infirmières et infirmiers du Québec (OIQ). *Lignes directrices sur les soins infirmiers en coloscopie chez l'adulte* (2^e éd.), Montréal, OIQ, 2016. [En ligne : <http://www.oiq.org/sites/default/files/2465-lignes-directrices-coloscopie-web.pdf>]

Ortega, R., C. Connor, S. Kim, R. Djang et K. Patel. « Monitoring ventilation with capnography », *New England Journal of Medicine*, vol. 367, n° 19, 8 nov. 2012, p. e27.

Pattinson, K.T. « Opioids and the control of respiration », *British Journal of Anaesthesia*, vol. 100, n° 6, juin 2008, p. 747-758.

Scherer, P.W., J.W. Huang et K. Zhao. « Capnography and the single-path model applied to cardiac output recovery and airway structure and function », in J.S. Gravenstein, M.B. Jaffe, N. Gravenstein et D.A. Paulus (ss la dir. de), *Capnography* (2^e éd.), Cambridge (UK), Cambridge University Press, 2011, p. 347-359.

Schmalisch, G. « Neonatal monitoring », in J.S. Gravenstein, M.B. Jaffe, N. Gravenstein et D.A. Paulus (ss la dir. de), *Capnography* (2^e éd.), Cambridge (UK), Cambridge University Press, 2011, p. 80-95.

Stacy, K.M. « Anatomie et physiologie du système respiratoire », in L.D. Urden, K.M. Stacy et M.E. Lough (ss la dir. de), *Soins infirmiers. Soins critiques*, Montréal, Chenelière Education, 2014a, p. 534-555.

Stacy, K.M. « Troubles respiratoires », in L.D. Urden, K.M. Stacy et M.E. Lough (ss la dir. de), *Soins infirmiers. Soins critiques*, Montréal, Chenelière Education, 2014b, p. 588-630.

Tarini, L. « L'énergie, les réactions chimiques et la respiration cellulaire », in M.P. McKinley, V.D. O'Loughlin et T.S. Bidle (ss la dir. de), *Anatomie et physiologie. Une approche intégrée*, Montréal, Chenelière Education, 2014a, p. 83-120.

Tarini, L. « Les liquides, les électrolytes et l'équilibre acidobasique », in M.P. McKinley, V.D. O'Loughlin et T.S. Bidle (ss la dir. de), *Anatomie et physiologie. Une approche intégrée*, Montréal, Chenelière Education, 2014b, p. 1172-1210.

Thomas, A.N., D.J.R. Harvey et T. Hurst. *Standards for Capnography in Critical Care*, Londres (UK), Intensive Care Society, 2014, 32 p. [En ligne : https://www.medacx.co.uk/sites/default/files/product-pdfs/capnography_standards_for_critical_care_1.pdf]

Thompson, J. et N. Craig. « Monitoring during mechanical ventilation », in J.S. Gravenstein, M.B. Jaffe, N. Gravenstein et D.A. Paulus (ss la dir. de), *Capnography* (2^e éd.), Cambridge (UK), Cambridge University Press, 2011, p. 54-62.

Tortora, G.J. et B. Derrickson. *Principes d'anatomie et de physiologie* (2^e éd.), Saint-Laurent, Éditions du Nouveau pédagogique, 2007, 1121 p.

Walsh, B.K., D.N. Crittwell et R.D. Restrepo. « Capnography/Capnometry during mechanical ventilation: 2011 », *Respiratory Care*, vol. 56, n° 4, avril 2011, p. 503-509.

Willner, D. et C. Weissman. « Carbon dioxide production, metabolism and anesthesia », in J.S. Gravenstein, M.B. Jaffe, N. Gravenstein et D.A. Paulus (ss la dir. de), *Capnography* (2^e éd.), Cambridge (UK), Cambridge University Press, 2011, p. 239-249.

Whitaker, D.K. « Time for capnography—everywhere », *Anaesthesia*, vol. 66, n° 7, juill. 2011, p. 544-549.

Zwernekan, K. « End-tidal carbon dioxide monitoring: a VITAL sign worth watching », *Critical Care Nursing Clinics of North America*, vol. 18, n° 2, juin 2006, p. 217-225.