

# Monitoring d'urgence

N. Bourdaud, P. Carli

*La surveillance pré- ou intrahospitalière des malades graves doit se faire de manière continue et fiable, et concerner, pour être efficace, un certain nombre de paramètres vitaux. L'utilisation d'un électrocardioscope, permettant de détecter des troubles du rythme paroxystiques, est devenue systématique pour tout patient, mais ne suffit pas à elle seule pour une surveillance efficace. Le monitoring de la pression artérielle peut se faire de manière invasive ou non, automatisée ou manuellement. Si la méthode de référence reste la mesure invasive de la pression artérielle, elle n'est pas de réalisation aisée, en situation préhospitalière, et doit être réservée aux patients en état critique. Le monitoring de la fonction ventilatoire nécessite une mesure continue de la saturation en oxygène, évaluée de manière non invasive par l'oxymétrie de pouls. Cette dernière reflète la saturation artérielle en oxygène, mais peut être influencée par un certain nombre de paramètres qui obligent la confrontation des chiffres obtenus à l'état clinique du malade. Les autres paramètres ventilatoires fréquemment surveillés sont le volume courant, la ventilation minute, la fréquence respiratoire et les pressions d'insufflation, nécessaires pour tout patient en ventilation mécanique, pour permettre d'adapter ces paramètres aux besoins ventilatoires des patients. Le monitoring de la pression téléexpiratoire du CO<sub>2</sub> est un reflet de la ventilation, mais aussi de l'état hémodynamique du patient. L'analyse de la courbe de capnographie permet d'obtenir de nombreux renseignements tels que l'existence d'un bronchospasme, d'une défaillance hémodynamique ou l'efficacité d'un massage cardiaque externe. Enfin, un nouveau type de monitoring est en plein développement : la surveillance biologique délocalisée. Elle permet d'obtenir, au lit du malade et dans un délai rapide, des indications sur l'équilibre acidobasique, l'ionogramme sanguin ou d'autres marqueurs biologiques. Ces techniques récentes semblent pouvoir apporter une aide au diagnostic, mais doivent néanmoins être réellement validées en situation préhospitalière.*

© 2007 Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés.

**Mots clés :** Monitoring ; Saturation en oxygène ; Pression artérielle ; Pression téléexpiratoire en CO<sub>2</sub> ; Paramètres ventilatoires ; Biologie délocalisée

## Plan

■ Introduction	1	■ Caractéristiques générales des moniteurs utilisés en urgence	7
■ Monitoring de la fréquence et du rythme cardiaque	2	Pour les transports médicalisés	7
Méthode	2	Pour les services d'urgence	7
Indications	2	■ Conclusion	7
■ Monitoring de la pression artérielle	2		
Monitoring non invasif de la pression artérielle	2		
Monitoring invasif de la pression artérielle	3		
■ Monitoring de l'oxygénation par oxymétrie de pouls	3		
Méthode	3		
Utilisation clinique de l'oxymétrie de pouls	4		
■ Monitoring de la ventilation	4		
Volume et fréquence respiratoires	4		
Pression d'insufflation	4		
Monitoring du gaz carbonique téléexpiratoire	4		
■ Monitoring biologique	6		
Méthode	6		
Indications	6		
Exactitude, précision, limites	6		

## ■ Introduction

L'utilisation d'un monitoring continu des diverses fonctions vitales est devenue, depuis quelques années, systématique et indispensable dans les situations cliniques critiques. Un tel monitoring est essentiel, non seulement à l'hôpital dans les services d'accueil des urgences, mais aussi au cours des interventions médicalisées à l'extérieur de l'hôpital et des transferts interhospitaliers. Le monitoring d'urgence s'adresse donc aux patients atteints d'une ou plusieurs détresses vitales, patentes ou potentielles. Il a un intérêt diagnostique évident, mais c'est aussi une composante essentielle de la sécurité des patients en dépistant une aggravation brutale ou l'apparition d'une compli-

cation. Le monitoring d'urgence porte donc principalement sur les paramètres courants permettant d'apprécier :

- la fonction cardiocirculatoire : fréquence et rythme cardiaque, électrocardiogramme (ECG), pression artérielle, évaluation du débit cardiaque ;
- la fonction respiratoire : oxymétrie de pouls, capnométrie, équilibre acidobasique ;
- la fonction métabolique : laboratoire délocalisé (ionogramme sanguin, gaz du sang).

Ce monitoring peut être continu, surtout pour tous les paramètres de surveillance, mais aussi discontinu, lorsqu'il a un rôle d'aide au diagnostic. Il doit être d'utilisation rapide et simple, reproductible, et le moins invasif possible. Ce monitoring a peu évolué depuis ces dernières années, hormis en ce qui concerne les techniques de laboratoires délocalisés qui apportent, en urgence, des indications sur l'équilibre acidobasique, l'ionogramme sanguin ou les enzymes cardiaques.

## ■ **Monitoring de la fréquence et du rythme cardiaque**

### **Méthode**

La surveillance de la fréquence et du rythme cardiaque est réalisée par un électrocardioscope. Cependant, l'interprétation précise de l'ECG nécessite un enregistrement papier et un étalonnage précis. Les moniteurs sont souvent associés à un défibrillateur, ce qui permet non seulement le diagnostic mais également le traitement des troubles du rythme les plus graves.

### **Indications**

Le monitoring de l'ECG est extrêmement répandu pour la surveillance des patients en urgence. Bien que l'ECG de surface ne recueille directement que l'activité électrique du cœur, il fournit néanmoins des informations importantes sur la fonction pompe du cœur, car les troubles du rythme cardiaque, l'ischémie myocardique (voire la nécrose myocardique), ou certaines perturbations électrolytiques, toutes détectables par l'ECG de surface, peuvent être associés à une dysfonction cardiaque significative. Considéré comme indispensable pour le monitoring en urgence, il est à lui seul insuffisant pour surveiller efficacement les patients les plus graves, et doit être associé à d'autres méthodes de surveillance.

## ■ **Monitoring de la pression artérielle**

Les mesures rapprochées de pression artérielle (PA) font partie du monitoring des patients en état critique. Ces patients présentent parfois des variations aiguës et importantes de la PA, nécessitant l'emploi d'appareils de mesure facilement et rapidement utilisables, et dont la fiabilité demeure bonne dans une large gamme de mesure. Les techniques de mesure de la PA peuvent être divisées en deux grandes catégories : la méthode indirecte ou non invasive, et la méthode directe nécessitant une canulation artérielle.

### **Monitoring non invasif de la pression artérielle**

#### **Mesure intermittente**

La mesure non invasive intermittente de la PA, qu'elle soit manuelle ou automatique, repose sur l'utilisation d'un brassard pneumatique dont le gonflage induit l'occlusion d'une artère périphérique, et dont le dégonflage est suivi d'une séquence d'événements physiques mesurables.

La technique de mesure la plus simple de la PA est la méthode manuelle, qui repose sur l'auscultation des bruits de

Korotkow. Avec cette méthode, des erreurs de mesure peuvent être générées par différents facteurs, tels que :

- une transmission insuffisante des sons (stéthoscope trop long...);
- une erreur de calibration du manomètre ;
- une réduction de la perfusion périphérique, pouvant être responsable d'une production retardée des bruits, d'où une sous-estimation de la PA ;
- un brassard pneumatique trop petit, entraînant une surestimation de la PA, et vice versa ;
- une vitesse de dégonflage trop rapide, responsable d'une sous-estimation des valeurs de PA.

Les appareils de mesure automatique de la PA présentent de nombreux avantages par rapport à la méthode manuelle, qui les ont rendus particulièrement utiles pour le monitoring en urgence. En effet, en dehors du fait qu'ils permettent une estimation fiable de la PA, ils présentent de nombreux intérêts :

- libération du personnel soignant pour d'autres activités de soins ;
- mesure à intervalles réguliers de la PA ;
- présence de systèmes d'alarme attirant immédiatement l'attention en cas de variations importantes de la PA ;
- mémorisation des valeurs de PA, permettant de suivre la tendance évolutive.

De rares complications ont été décrites avec ce type d'appareil, comme la survenue de compression nerveuse, de thrombophlébite superficielle, voire de syndrome des loges. Ces complications ont essentiellement été observées lorsque la fréquence de mesure de la PA était excessive, et que de nombreux artefacts se produisaient.

La technique de mesure la plus souvent utilisée par ces appareils est la méthode oscillométrique, qui consiste en la mesure des variations pulsatiles de pression dans le brassard lors de son dégonflage. L'amplitude maximale des pulsations correspond approximativement à la PA moyenne, les valeurs de PA systolique et diastolique étant ensuite calculées en utilisant des formules variées. Malgré l'existence d'une certaine approximation, liée directement au principe de mesure, de nombreuses études ont démontré qu'il existait une excellente corrélation entre la PA mesurée par méthode oscillométrique et par méthode invasive.

#### **Mesure continue**

Les progrès technologiques ont permis l'élaboration d'une technique non invasive fournissant une représentation acceptable de l'onde de pression artérielle et une mesure continue de la PA, alors qu'auparavant celle-ci nécessitait la canulation directe d'une artère. Cette mesure est réalisée à l'aide d'une petite manchette photopléthysmographique placée sur la phalange moyenne d'un doigt. Une procédure de calibration, réalisée en début de monitoring, établit la taille de l'artère pour laquelle la variation de pression oscillométrique est maximale, puis une pression extérieure variable est appliquée à la manchette de façon que la taille de l'artère digitale mesurée reste constante. De cette façon, la PA peut être mesurée pendant la totalité du cycle cardiaque et est représentée sur le moniteur sous la forme d'une onde de pression continue. Les PA systolique, moyenne et diastolique sont calculées, et la tendance évolutive peut être visualisée sur l'appareil pour de longues périodes de temps. Il existe une bonne corrélation entre la PA mesurée par cet appareil et par méthode invasive [1, 2]. Cependant, un placement adéquat de la manchette sur le doigt est indispensable pour l'obtention de chiffres fiables. L'utilisation du pouce comme site de mesure semble être celui fournissant les meilleurs résultats [2]. Il faut néanmoins noter qu'il peut exister une erreur systématique de mesure, en particulier chez les sujets hypertendus. D'autre part, en cas de vasoconstriction périphérique intense, éventualité très fréquente chez les patients en état critique, la pression enregistrée dans le doigt peut être notablement inférieure à la pression systémique, représentant donc une limitation importante de cette méthode chez les patients les plus graves [2]. De plus, la manchette induit une hypoxie modérée au niveau de l'extrémité distale du doigt qui peut devenir gênante, voire douloureuse en cas d'usage prolongé, ce qui limite la durée de son utilisation chez les sujets conscients.

## Monitoring invasif de la pression artérielle

### Méthode

Plusieurs artères périphériques peuvent être canulées, mais l'artère radiale est celle la plus souvent utilisée en raison de sa facilité d'accès et de l'existence d'une circulation collatérale au niveau de la main. Néanmoins, le monitoring direct de la PA radiale peut entraîner une baisse du flux sanguin dans l'artère canulée, et être responsable d'une ischémie distale, voire d'une thrombose artérielle. La fréquence de survenue d'un accident ischémique grave après mesure invasive de la PA est assez faible, inférieure à 5 % [3, 4]. Afin de réduire l'incidence de ces complications, un test (test d'Allen) a été proposé pour estimer la qualité de la vascularisation de la main [5]. Il consiste à comprimer l'artère avant de réaliser la ponction en observant si une ischémie ne s'installe pas en aval. Il est recommandé de le réaliser avant toute canulation de l'artère radiale mais cependant il n'apporte pas une sécurité absolue.

Il existe d'autres sites de mesure de la pression artérielle invasive, en particulier la voie d'abord fémorale. Mais celle-ci n'est pas dénuée de complications (fistule artérioveineuse, pseudoanévrisme), et semble être à plus haut risque de complications infectieuses que la voie radiale [6]. Néanmoins, lors d'un état de choc sévère, la palpation du pouls est souvent plus nette au niveau des troncs artériels de gros calibre et rend plus facile la réalisation de la ponction artérielle.

Il faut préciser que la réalisation de la canulation artérielle n'est pas toujours aisée, en particulier chez les patients en état critique, et qu'elle peut nécessiter un délai de temps non négligeable pendant lequel il est indispensable d'obtenir une mesure de la PA par un autre moyen. De plus, ce geste doit être impérativement exécuté dans des conditions d'asepsie rigoureuses. Enfin, ce type de monitoring nécessite l'utilisation d'un matériel spécifique (ligne et tête de pression, purge continue de la ligne de pression), associé à un moniteur adapté.

### Indications

La mesure invasive de la PA est la méthode de référence. Elle est très largement utilisée en réanimation pour les patients en état critique. Elle est indiquée en cas d'état de choc car elle permet de suivre avec précision l'efficacité du traitement entrepris. Elle permet aussi d'apprécier indirectement la volémie du patient par les variations de l'onde de pression [7]. Cependant, sa réalisation en préhospitalier est rarement aisée, la durée de réalisation du geste n'est pas compatible avec une prise en charge rapide du patient. Son utilisation doit être réservée à la salle de déchocage, voire aux urgences, mais ne semble pas devoir être recommandée en préhospitalier.

## ■ Monitoring de l'oxygénation par oxymétrie de pouls

En quelques années, l'oxymétrie de pouls est devenue l'un des paramètres essentiels pour la surveillance de l'anesthésie, des transports médicalisés, des patients hospitalisés dans des soins intensifs, et bien entendu, des patients vus dans le cadre de l'urgence. Son principal intérêt est qu'elle permet de surveiller, de façon simple et non invasive, l'une des principales fonctions de l'organisme qu'est l'oxygénation artérielle.

### Méthode

#### Principe de mesure

L'oxymétrie de pouls associe deux techniques : la spectrophotométrie d'absorption pour la mesure de l'oxymétrie, et la photopléthysmographie pour la détection de l'onde de pouls. La spectrophotométrie d'absorption permet de mesurer les contenus relatifs en oxyhémoglobine et en hémoglobine réduite, du fait de coefficients d'absorptions différents. Les oxymètres de pouls effectuent plusieurs mesures à chaque systole et chaque diastole, ensuite moyennées sur un nombre de pulsations

variable. Ces appareils n'explorent que l'absorption liée au sang artériel pulsatile, par soustraction de l'absorption obtenue en diastole à l'absorption en systole. La saturation artérielle est ensuite déduite grâce à l'utilisation d'un algorithme empirique, construit à partir de mesures réalisées sur un grand nombre de volontaires sains et de patients. La saturation mesurée par oxymétrie de pouls s'exprime par le terme SpO<sub>2</sub>.

### Exactitude, précision, limites

Un point essentiel est de connaître l'erreur de cette méthode par rapport à la méthode de référence, c'est-à-dire la mesure de la saturation du sang en oxygène (SaO<sub>2</sub>) par un co-oxymètre. Celle-ci a été déterminée dans plusieurs études, utilisant des corrélations entre la saturation en O<sub>2</sub> mesurée par SpO<sub>2</sub> et co-oxymétrie. Une de ces études a comparé les valeurs de SaO<sub>2</sub> (mesurée par méthode de référence) et de SpO<sub>2</sub> obtenues avec 14 oxymètres de pouls différents [8]. Les résultats ont montré qu'il existait d'importantes variations d'exactitude (ou biais = SpO<sub>2</sub>-SaO<sub>2</sub>) et de précision (ou reproductibilité) entre les différents appareils : pour des saturations proches de 55 %, l'exactitude variait entre - 15,1 % et + 5,5 %, et la précision variait entre 2,4 et 14,4 %.

Dans la plupart des situations cliniques, l'information fournie par l'oxymètre de pouls (SpO<sub>2</sub>) est précise, excepté dans les cas d'hypoxémie extrême (en fait dès que la SaO<sub>2</sub> chute au-dessous de 70 %).

Un certain nombre d'autres facteurs influencent l'interprétation de la SpO<sub>2</sub>. Ainsi, une ambiance lumineuse fluorescente peut interférer avec le fonctionnement de l'appareil, et aboutir à des valeurs de SpO<sub>2</sub> faussement basses. L'agitation du patient peut également créer des artefacts de lecture ou la perte du recueil de la SpO<sub>2</sub>. Néanmoins, il existe, depuis peu, de nouveaux oxymètres de pouls plus fiables pour lesquels les mouvements du patient ne génèrent plus d'artefacts, et ce, aussi bien en normoxie qu'en situation d'hypoxie [9]. La perte de la détection du pouls, lors d'un état d'hypoperfusion périphérique (comme l'état de choc), ou en cas d'hypothermie sévère (généralement observée à partir de 33 °C) empêche toute mesure de la SpO<sub>2</sub>, et constitue une limite de cette technique, dans des circonstances où la surveillance de l'oxygénation est pourtant essentielle.

Une autre limitation importante de l'oxymétrie de pouls est la présence d'autres hémoglobines que l'hémoglobine réduite et l'oxyhémoglobine, qui peuvent interférer avec la mesure [10] de la SpO<sub>2</sub>. La carboxyhémoglobine (HbCO), la méthémoglobine (MetHb), ou la sulfhémoglobine (SulfHb) n'étant pas détectées par l'oxymètre de pouls, le risque est une surestimation, parfois très importante, de la SaO<sub>2</sub> par la mesure de la SpO<sub>2</sub>. En revanche, la présence d'hémoglobine foetale ou d'une hyperbilirubinémie ne semble pas modifier la qualité de mesure effectuée [11]. Une anémie peut également entraîner une erreur de mesure, mais dont les conséquences sont moindres, dans la mesure où l'anémie aboutit à une surestimation du degré réel de désaturation [12].

D'autres pigments (comme le vert d'indocyanine ou le bleu de méthylène) peuvent interférer avec la précision de mesure de l'oxymètre de pouls ; ils peuvent créer de fausses chutes de la SpO<sub>2</sub>. De même, certaines sous-estimations de la SaO<sub>2</sub> ont été rapportées chez les patients ayant les doigts couverts de henné, d'encre, ou de vernis à ongles (à part le rouge qui semble avoir peu d'effets) [13]. En revanche, la présence de gants en vinyle, ou de plastique transparent ne modifie pas la mesure de SpO<sub>2</sub>. La mesure de l'oxymétrie de pouls ne semble généralement pas être perturbée chez les sujets à peau noire.

Enfin, il faut préciser que les exceptionnels accidents d'utilisation rapportés avec l'oxymétrie de pouls étaient des brûlures de doigts et qu'ils étaient liés à l'utilisation de capteurs endommagés, ou à la connexion d'un capteur à un moniteur d'une autre marque.

### Influence du site de mesure sur le temps de réponse

Le site de mesure peut influencer le temps de réponse d'un oxymètre. Ainsi, après une épreuve d'hypoxie, le temps de

remontée de 50 % de la SpO<sub>2</sub> semble plus court avec le capteur d'oreille (6 secondes) qu'avec le capteur de doigt (24 secondes) [8]. Des résultats identiques sont obtenus lors de la baisse de la saturation [8]. L'explication semble être en rapport avec les différences de perfusion des lits vasculaires étudiés. Il faut également noter qu'à ce délai de réponse lié au site de mesure vient s'ajouter le temps de réponse de l'appareil, avec des temps de moyennage des mesures qui peuvent varier de 1 à 30 secondes suivant les appareils.

## Utilisation clinique de l'oxymétrie de pouls

L'oxymétrie de pouls a trouvé une place essentielle dans le monitoring de l'oxygénation et constitue un apport fondamental en urgence dans la surveillance des patients hypoxémiques ou à risque d'hypoxémie.

Une valeur de SpO<sub>2</sub> supérieure à 90-92 % peut être un signe rassurant, et aider à établir des priorités thérapeutiques pour un patient. À l'inverse, une valeur basse indique soit que l'oxygénation est inadéquate, soit qu'il existe un défaut de perfusion.

L'oxymètre de pouls peut fournir des renseignements précoces chez des patients en ventilation spontanée, avant que d'autres signes cliniques d'hypoxie ne soient évidents [14, 15]. Un autre intérêt de l'oxymétrie de pouls réside dans la surveillance des patients ventilés artificiellement, chez qui une chute brutale de la SpO<sub>2</sub> peut indiquer la survenue d'une anomalie de l'oxygénation tissulaire avant même l'apparition de son expression clinique.

Par ailleurs, l'utilisation de l'oxymètre de pouls peut aider également à la surveillance de la fonction cardiovasculaire : la disparition du message pulsatile de pléthysmographie doit alerter sur l'existence d'une éventuelle hypoperfusion des extrémités. De plus, l'étude des variations de la courbe de pléthysmographie induite par la ventilation mécanique permet de prédire l'existence ou non d'une hypovolémie ou d'une hypotension, ces variations étant corrélées aux modifications de la PA induites par la respiration [16, 17].

## ■ Monitoring de la ventilation

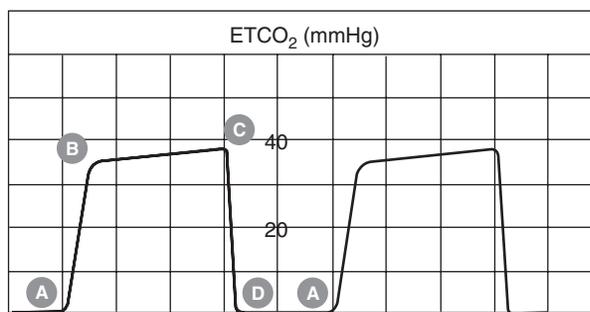
### Volume et fréquence respiratoires

La mesure de paramètres respiratoires simples tels que le volume courant, la ventilation minute et la fréquence respiratoire est obtenue facilement par des spiromètres de transport intégrés ou non à un ventilateur mécanique. Ces éléments permettent un réglage initial et surtout une adaptation des paramètres de ventilation pour s'adapter au mieux aux besoins du patient. Ils permettent, en outre, de détecter rapidement, avant qu'il n'existe de signe clinique, tout problème ventilatoire, aussi bien pathologique (bronchospasme...) que mécanique (fuite sur le circuit, débranchement...).

### Pression d'insufflation

La ventilation artificielle pendant le transport est en général réalisée par un respirateur automatique. Ce respirateur doit obligatoirement être muni d'une alarme de débranchement et d'une alarme de surpression. La surveillance de la pression d'insufflation permet ainsi de détecter une surpression pulmonaire causée par un pneumothorax sous tension apparu au cours de la ventilation mécanique. Cette complication redoutable est cependant de diagnostic facile. Elle impose une décompression de sauvetage à l'aiguille avant de réaliser un drainage pleural.

La surveillance des différents paramètres ventilatoires (fréquence respiratoire, volume courant, pression d'insufflation) permet également de détecter une désadaptation du patient à son respirateur, avec une ventilation spontanée épuisante à contretemps du respirateur, nécessitant un changement de mode ventilatoire (VS-AI) ou un approfondissement de la sédation pour récupérer une ventilation synchrone.



**Figure 1.** Capnogramme normal (d'après [18]).

## Monitoring du gaz carbonique téléexpiratoire

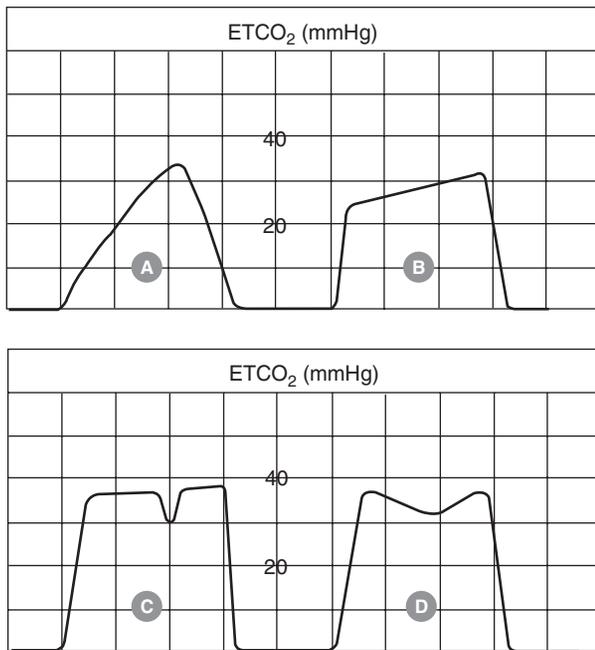
### Méthode

La possibilité depuis quelques années de disposer de matériels portables de capnométrie, et de capnographie a considérablement modifié l'utilisation de cette méthode dans le contexte de l'urgence. En particulier, les capnomètres ou les capnographes à infrarouges sont adaptés à ce contexte. Ils analysent soit un échantillon de l'air expiré prélevé par une pompe, soit directement le flux expiré. Ces matériels sont précis et fiables. Récemment, des indicateurs colorimétriques du gaz carbonique (CO<sub>2</sub>) expiré ou des analyseurs semi-quantitatifs ont été spécifiquement créés pour répondre aux besoins des urgences à l'extérieur de l'hôpital.

### Indications

Transporté dans le sang sous différentes formes, le CO<sub>2</sub> produit par le métabolisme est éliminé via la ventilation alvéolaire. Au niveau pulmonaire, il existe très rapidement un équilibre entre les pressions capillaires (PaCO<sub>2</sub>) et les pressions alvéolaires en CO<sub>2</sub> (PACO<sub>2</sub>). En fin d'expiration, la pression partielle en CO<sub>2</sub> dans le circuit ventilatoire ou au niveau des fosses nasales est un reflet direct et proportionnel de la pression capillaire en CO<sub>2</sub>. Néanmoins, il existe un gradient entre la PaCO<sub>2</sub> et le CO<sub>2</sub> expiré téléexpiratoire (EtCO<sub>2</sub>) de l'ordre de 2-3 mmHg (en situation stable), du fait de l'espace mort physiologique, qui peut se modifier, voire s'inverser (lors d'anomalies du rapport ventilation/perfusion, de l'administration de certains médicaments, d'instabilité hémodynamique ou de troubles ventilatoires obstructifs) [18]. Cependant, l'EtCO<sub>2</sub> est un paramètre particulièrement intéressant en urgence car il dépend des deux grandes fonctions vitales de l'organisme : la ventilation et la circulation. Par ailleurs, dans les états critiques, ses variations sont rapides et sensibles. L'influence du métabolisme, qui est aussi un déterminant de l'EtCO<sub>2</sub>, est moins importante dans ce contexte. La capnographie a été utilisée pour monitorer la réanimation des arrêts cardiorespiratoires, l'intubation endotrachéale en urgence, le monitoring de patients en état critique ou dans certains cas en ventilation spontanée. Ainsi, en urgence, les indications de la capnométrie, qui étaient initialement limitées à la surveillance des patients au bloc opératoire ou en réanimation, sont devenues multiples. La mesure de l'EtCO<sub>2</sub> n'est plus une technique d'exception mais un mode de monitoring simple et tout à fait adapté aux urgences.

La courbe capnographique normale est représentée sur la Figure 1. Le point A correspond à l'expiration initiale d'une partie des gaz qui n'ont pas participé aux échanges gazeux (espace mort absolu). L'apparition de CO<sub>2</sub> dans les gaz expirés se traduit par la partie ascendante de la courbe (A-B). Une phase de plateau (légèrement ascendante) (B-C) fait suite à cette augmentation rapide du CO<sub>2</sub> expiré, plateau qui traduit l'expiration de gaz provenant uniquement des alvéoles. Le CO<sub>2</sub> expiré télé-expiratoire correspond au point C. Le début de la phase inspiratoire est marqué par une décroissance brutale et rapide de la courbe (C-D) qui revient, en dehors de terrain pathologique, au niveau initial égal à zéro [18].



**Figure 2.** Exemples de capnogrammes pathologiques (d'après [18]).  
**A.** Bronchospasme.  
**B.** Bronchopathie chronique obstructive (augmentation de la pente du plateau expiratoire).  
**C.** Reprise d'une ventilation spontanée.  
**D.** Plateau diphasique lors d'une ventilation asynchrone des deux poumons.

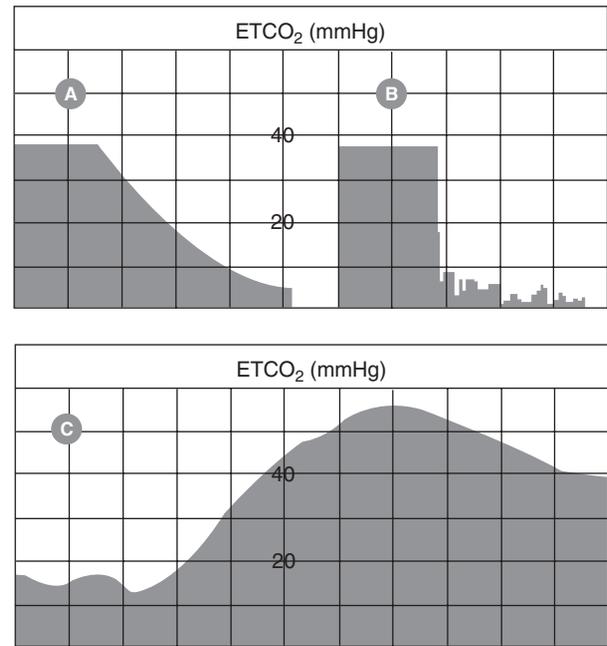
## Intubation d'urgence

L'intérêt de l'utilisation de la capnométrie pour l'intubation trachéale est reconnu depuis de nombreuses années. L'utilisation d'un indicateur colorimétrique trouve ici une indication tout à fait originale. Une sensibilité et une spécificité très élevées dans la prédiction de la position endotrachéale de la sonde ont déjà été observées en préhospitalier [19]. Une modification colorimétrique du détecteur est obtenue même en cas de très bas débit cardiaque ; ainsi la couleur qui signe l'absence d' $\text{EtCO}_2$  (violet) indique que le patient est depuis longtemps en arrêt cardiaque, ou qu'il a été intubé accidentellement dans l'œsophage. Il est clair que la possibilité de disposer d'un capnogramme instantané permet une interprétation beaucoup plus rapide des anomalies observées. En l'absence de capnogramme, les indicateurs colorimétriques ou les indicateurs électroniques semi-quantitatifs récemment proposés peuvent trouver ici une indication simple pour améliorer la sécurité des patients et la détection rapide d'une intubation œsophagienne.

## Monitoring des patients en état critique

L' $\text{EtCO}_2$  a été très largement utilisé pour monitorer les patients en état critique aussi bien au bloc opératoire, en réanimation, qu'à l'extérieur de l'hôpital ou au cours des transports. En effet, l'origine circulatoire et respiratoire de ce paramètre en fait un outil particulièrement sensible au problème qui pourrait survenir en urgence chez les patients instables. De la même manière, son aspect non invasif est très important dans ces circonstances. L' $\text{EtCO}_2$  est particulièrement performant pour reconnaître les anomalies de la ventilation (hypoventilation, phénomène de « *rebreathing* », obstruction, débranchement intempestif, extubation accidentelle). Là encore, la possibilité de disposer d'un capnogramme permet une analyse plus fine que la simple interprétation de données numériques. La Figure 2 montre des exemples de capnogrammes pathologiques.

Le monitoring de l' $\text{EtCO}_2$  est très intéressant au cours des transports médicalisés, car il permet notamment de mettre en évidence des accidents tels qu'un débranchement ou une extubation accidentelle, qui sont des éventualités particulièrement graves au cours de ces transports. L'affichage de la



**Figure 3.** Affichage du capnogramme en mode tendance (d'après [18]).  
**A.** Diminution progressive de l' $\text{EtCO}_2$  au cours d'une défaillance hémodynamique.  
**B.** Débranchement ou occlusion accidentelle du circuit respiratoire.  
**C.** Reprise d'une circulation efficace après arrêt cardiaque (élévation importante et prolongée de l' $\text{EtCO}_2$ ).

surveillance de l' $\text{EtCO}_2$  en mode tendance peut aider au diagnostic de certains événements (Fig. 3). Il se révèle dans ce contexte plus performant que d'autres techniques de surveillance plus classiquement admises, telles que la mesure de la  $\text{SpO}_2$ , de la pression artérielle ou de la fréquence cardiaque [20].

## Réanimations des arrêts cardiorespiratoires

Le monitoring de l' $\text{EtCO}_2$  au cours des arrêts cardiorespiratoires a pris une importance capitale depuis quelques années. En effet, ce paramètre simple, non invasif, facile à obtenir chez les patients intubés, ce qui est la règle au cours de la réanimation des arrêts cardiaques, permet d'apprécier plusieurs points fondamentaux de la réanimation cardiopulmonaire (RCP).

L' $\text{EtCO}_2$  constitue en effet un monitoring simple de l'efficacité du massage cardiaque externe. Il a été démontré que le débit cardiaque au cours de la RCP était directement corrélé à l' $\text{EtCO}_2$  et que, de la même façon, l' $\text{EtCO}_2$  était proportionnel à la circulation pulmonaire [21, 22]. Ainsi, l' $\text{EtCO}_2$  est un reflet simple de l'efficacité du massage cardiaque externe [23, 24].

Il faut cependant noter que si l' $\text{EtCO}_2$  et le débit cardiaque semblent bien corrélés lors des bas débits, il n'est, en revanche, pas sûr que l' $\text{EtCO}_2$  évalue correctement le débit sanguin cérébral [25, 26].

L'utilisation de l' $\text{EtCO}_2$  comme indicateur pronostique au cours de la RCP a été très discutée. Il a été montré que, lors de la réanimation d'un arrêt cardiaque (avec activité électrique), tous les patients dont l' $\text{EtCO}_2$  restait constamment inférieur à 10 mmHg décédaient [27]. Comme chez l'animal, l' $\text{EtCO}_2$  baisse progressivement au cours de la réanimation des patients qui ne récupéreront pas une circulation spontanée, alors qu'à l'inverse l' $\text{EtCO}_2$  augmente chez les patients qui seront réanimés avec succès. Ces constatations peuvent faire penser que l' $\text{EtCO}_2$  a une valeur pronostique au cours de la réanimation des arrêts cardiorespiratoires à l'hôpital. Au cours de la réanimation préhospitalière, des résultats comparables ont été obtenus [28]. La Figure 3 montre l'évolution de l' $\text{EtCO}_2$  après récupération d'une activité cardiaque efficace.

L'utilisation de l' $\text{EtCO}_2$  comme indicateur pronostique au cours des arrêts cardiaques est intéressante, mais doit rester d'une interprétation prudente, c'est avant tout l'absence de détection de  $\text{CO}_2$  qui a une signification, d'autant plus que la valeur exacte de la limite inférieure d' $\text{EtCO}_2$  n'est pas bien

précisée, elle semble se situer vers 10 mmHg [29]. Cependant, de très nombreux facteurs peuvent venir modifier la valeur absolue de l'EtCO<sub>2</sub>, et en conséquence il faut être très prudent dans l'interprétation d'un chiffre isolé, car les différents agents administrés ou certaines situations peuvent modifier transitoirement les valeurs de l'EtCO<sub>2</sub> (injection de bicarbonates, sonde d'intubation obstruée ou coudée...).

De nombreuses limites à l'utilisation de l'EtCO<sub>2</sub> peuvent survenir chez tout patient intubé et ventilé. Ces limites sont principalement la conséquence des déterminants de ce paramètre. Ainsi, les anomalies des rapports ventilation-perfusion observées au cours des embolies pulmonaires massives modifient l'EtCO<sub>2</sub>. De la même façon, une ventilation inefficace (panne du respirateur ou obstruction des voies aériennes) peut augmenter l'EtCO<sub>2</sub> sans modification du débit cardiaque. L'existence d'un pneumothorax ou d'une tamponnade cardiaque sont des facteurs de baisse du débit cardiaque, qui influent sensiblement sur l'EtCO<sub>2</sub>. Enfin, une perturbation du métabolisme peut également interférer : l'hypo- ou l'hyperthermie peuvent être respectivement responsables d'une baisse ou d'une augmentation de l'EtCO<sub>2</sub>.

Malgré les limites et les difficultés d'interprétation que l'on peut observer pour ce paramètre, il s'agit cependant d'une méthode particulièrement simple et efficace à utiliser. Il faut noter que pour les cas difficiles l'analyse du capnogramme est nécessaire car les informations fournies par la seule capnométrie sont insuffisantes. Enfin, la possibilité de disposer d'un paramètre évaluant, même de façon imprécise, le débit cardiaque est fondamentale, car le but de toute réanimation est d'augmenter ce facteur pour faciliter la reprise d'une activité cardiaque spontanée.

## ■ **Monitoring biologique**

Depuis quelques années, des appareils de laboratoires délocalisés sont apparus sur le marché pour permettre un monitoring rapide, et au lit du patient, de divers paramètres biologiques tels que les gaz du sang (pH, PO<sub>2</sub>, PCO<sub>2</sub>), l'ionogramme sanguin ou l'hémoglobine. Il existe actuellement plusieurs appareils disponibles : i-STAT® (i-STAT, Princeton, NJ, États-Unis ; distribué en France par Abbott Diagnostics Division, Rungis), AVL OPTI™ (Roche/AVL Corp. Roswell, Ga. États-Unis), IRMA™ (Diametrics St. Paul, Mn, États-Unis).

### **Méthode**

Ces différents systèmes sont constitués d'un boîtier de petite taille permettant un transport aisé au lit du malade (d'où la dénomination anglaise *bed-side hand-held unit*), dans lequel on introduit une cassette avec l'échantillon de sang à tester. Les données mesurées obtenues par ces systèmes regroupent l'ionogramme sanguin (Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup>, Ca<sup>2+</sup> i), l'urée et la créatinine sanguine, la glycémie, les gaz du sang (pH, PO<sub>2</sub>, PCO<sub>2</sub>), les lactates et l'hématocrite. Les autres valeurs obtenues sont, en réalité, calculées à partir des diverses valeurs mesurées : bicarbonates, CO<sub>2</sub> total, excès de base, saturation en O<sub>2</sub>, trou anionique et hémoglobine. Ces mesures sont réalisées au moyen d'électrodes miniatures ion-sélectives, par conductimétrie et ampérométrie associées à des catalyses enzymatiques [30]. Selon les modèles, le calibrage des détecteurs de O<sub>2</sub> et CO<sub>2</sub> est effectué, soit par une solution aqueuse interne tonométrée à une PCO<sub>2</sub> de 30 mmHg et une PO<sub>2</sub> de 160 mmHg, soit par un gaz provenant d'une bouteille incorporée de composition connue. Un baromètre intégré dans le système permet une correction du calibrage en fonction de la pression barométrique. Le fonctionnement des appareils se fait selon un cycle comportant deux phases : une phase de thermostatisation et calibrage (pour amener l'échantillon et la solution de calibrage à une température fixée à 37 °C) suivie d'une phase de mesure proprement dite. Les systèmes sont pourvus de microprocesseurs internes relevant de nombreux paramètres dynamiques (évolution de la température, du signal des détecteurs en fonction du temps...) pour permettre des contrôles multiples au cours du cycle. Ainsi, les systèmes sont capables de rejeter la cassette ou

d'annuler les résultats après la mesure s'il apparaît des anomalies dans les valeurs observées ou dans leur évolution temporelle [31]. Pour le système i-STAT®, la mesure de la PO<sub>2</sub> se fait par ampérométrie, du pH et de la PCO<sub>2</sub> par potentiomètre, et celle de l'hématocrite par conductimétrie [32].

### **Indications**

L'intérêt de tels appareils est de limiter au maximum le délai entre le prélèvement sanguin et l'analyse biologique et donc les erreurs de conservation et transport, ainsi que d'éviter les erreurs préanalytiques (défaut d'identification du patient, mauvaise température de conservation de l'échantillon, non-acheminement jusqu'au laboratoire...). En situation préhospitalière, ces appareils permettent de disposer d'informations biologiques, auparavant inaccessibles, qui peuvent nécessiter un traitement urgent spécifique ou une prise en charge thérapeutique particulière. L'utilisation de tels systèmes est simple et rapide, et ne demande pas de formation particulière, hormis le respect des règles d'usage éditées par le fabricant. Il a d'ailleurs été démontré que la qualité des résultats obtenus ne variait pas en fonction de l'utilisateur [33]. Ainsi, lors d'intervention préhospitalière, les mesures peuvent être réalisées par toute personne (infirmière, externe...) pendant que le médecin termine l'examen du patient.

### **Exactitude, précision, limites**

De nombreuses études expérimentales ont montré la fiabilité, la précision et la reproductibilité des résultats obtenus pour les valeurs de l'ionogramme sanguin [34, 35]. Elles mettent en évidence une bonne corrélation entre les valeurs obtenues avec i-STAT® et celles obtenues en laboratoire avec un appareil de paillasse (servant de référence). Néanmoins, certaines études soulignent quelques biais de mesure, notamment pour les valeurs de la kaliémie qui est constamment surévaluée avec l'i-STAT® [35]. L'obtention de résultats fiables et comparables à ceux des laboratoires hospitaliers nécessite cependant quelques précautions d'utilisation et de conservation. Les cassettes i-STAT® doivent, en effet, être conservées au frais. Par ailleurs, l'échantillon sanguin à tester, bien que de faible volume, doit être au moins égal à 65 ml pour pouvoir obtenir un résultat lors de la mesure.

Concernant les gaz du sang, les résultats de ces appareils semblent notablement moins fiables, même lors d'une utilisation bien standardisée en milieu hospitalier. La mesure du pH avec l'i-STAT® est, dans la plupart des études, fiable et superposable aux techniques de référence [36, 37]. Du fait d'un risque de contamination de l'échantillon par l'air ambiant, et de ce fait d'une modification de la PO<sub>2</sub>, une marge de + ou -5 mmHg entre les valeurs obtenues par i-STAT® et les valeurs de référence est communément admise comme acceptable, alors qu'elle n'est que de + ou -3 mmHg pour la PCO<sub>2</sub>. Les études testant la précision de l'i-STAT® pour la mesure des gaz du sang sont assez divergentes : un certain nombre d'études récentes mettent en évidence une discordance plus importante que celle annoncée par le fabricant [38]. Des discordances ont également été rapportées au sujet de la PCO<sub>2</sub> qui ont même abouti à l'arrêt de l'utilisation de l'i-STAT® dans certains hôpitaux américains pour la mesure des gaz du sang en urgence [32, 39]. Néanmoins, ces mêmes auteurs s'accordent à dire qu'en situation critique (accident de la voie publique, catastrophes...) il est préférable de disposer d'un résultat de gaz du sang avec i-STAT® que pas de résultat du tout, à condition de confronter les valeurs trouvées à l'état clinique du patient.

Les résultats obtenus pour la mesure de l'hématocrite ne sont pas non plus suffisamment satisfaisants pour recommander l'usage de l'i-STAT® pour diagnostiquer une anémie, et encore moins pour la valeur de l'hémoglobine, qui est calculée d'après la valeur d'hématocrite mesurée.

## ■ Caractéristiques générales des moniteurs utilisés en urgence

### Pour les transports médicalisés

Les moniteurs portables adaptés aux transports médicalisés présentent les caractéristiques suivantes :

- ils ont une autonomie suffisante en énergie grâce à des batteries rechargeables ;
- leur poids et leur encombrement sont compatibles avec le transport ; ils peuvent être disposés ou fixés sur le brancard de transport du patient ;
- ils sont spécialement connus pour résister aux chocs ;
- l'écran, ou l'affichage des données, est particulièrement clair et reste stable pendant le transport ;
- enfin, les alarmes sont simples à régler et d'interprétation facile lorsqu'elles se déclenchent ; les recommandations de la société française d'anesthésie-réanimation concernant les transports médicalisés interhospitaliers donnent la liste du matériel de monitoring nécessaire dans ces conditions [40] (Tableau 1).

### Pour les services d'urgence

Les moniteurs à poste fixe sont voisins de ceux utilisés en réanimation. Cependant, une simplicité d'utilisation et une clarté d'affichage maximales sont indispensables en urgence.

### Monitoring miniaturisé

La surveillance du patient en urgence peut s'effectuer grâce à un seul moniteur miniaturisé, analysant plusieurs paramètres ou à l'inverse en utilisant plusieurs moniteurs, chacun analysant un paramètre différent. Certains moniteurs miniaturisés peuvent analyser simultanément jusqu'à sept paramètres (ECG, fréquence cardiaque, fréquence respiratoire, SaO<sub>2</sub>, pression artérielle [non invasive ou invasive], capnométrie, température). Ces

#### Tableau 1.

Matériel nécessaire au transfert interhospitalier médicalisé (d'après la SFAR [40]).

##### Dotation minimale

###### Au plan respiratoire :

- oxygène en bouteille
- un respirateur automatique de transport
- un insufflateur manuel de secours
- un aspirateur électrique de mucosités
- un oxymètre de pouls

###### Au plan circulatoire :

- un électrocardioscope avec enregistreur du tracé électrocardiographique et un défibrillateur
- un appareil de mesure automatique non invasive de la pression artérielle
- un dispositif de perfusion à débit continu

###### Au plan locomoteur :

- un matelas à dépression (« coquille ») et un dispositif spécifique d'immobilisation du rachis cervical
- un brancard adapté au transport du malade, à sa contention, à son monitoring

##### Matériels complémentaires

- un dispositif d'entraînement électrosystolique
- un pantalon antichocs
- un dispositif d'immobilisation et/ou de traction du fémur
- un accélérateur de perfusion
- un spiromètre adaptable au respirateur
- un moniteur du gaz carbonique expiré
- un appareil de mesure du microhématocrite et/ou de l'hémoglobine ainsi que de la glycémie
- un appareil électrique de mesure de la température
- un moyen de prévention de l'hypothermie

moniteurs miniaturisés sont particulièrement utiles pour surveiller les patients en état critique au cours d'un transport. Cependant, ils sont souvent d'utilisation complexe, et particulièrement onéreux. À l'inverse, des moniteurs analysant un nombre plus limité de paramètres (comme par exemple la SaO<sub>2</sub> et la fréquence cardiaque) sont d'emploi très simple et peuvent être utiles pour surveiller un patient n'ayant pas de détresse vitale patente.

## ■ Conclusion

Les progrès technologiques réalisés ces dernières années ont rendu possible la surveillance, qu'elle soit continue ou intermittente (mais le plus souvent automatisée), de certains paramètres physiologiques, en particulier hémodynamiques et respiratoires. Ceci était devenu indispensable pour mieux évaluer en urgence la gravité initiale, apprécier l'évolution sous traitement, guider la thérapeutique, et enfin dépister le plus tôt possible l'apparition de complications, permettant leur traitement précoce et peut-être ainsi l'amélioration du pronostic des patients.

Cet article a été publié pour la première fois en 2004 dans le traité d'Urgences.

## ■ Références

- [1] Boehmer RD. Continuous, real-time, noninvasive monitor of blood pressure: Penaz methodology applied to the finger. *J Clin Monit* 1987; **3**:282-7.
- [2] Kurki T, Smith NT, Head N, Dec-Silver H, Quinn A. Noninvasive continuous blood pressure measurement from the finger: optimal measurement conditions and factors affecting reliability. *J Clin Monit* 1987; **3**:6-13.
- [3] Russell JA, Joel M, Hudson RJ, Mangano DT, Schlobohm RM. Prospective evaluation of radial and femoral artery catheterization sites in critically ill adults. *Crit Care Med* 1983; **11**:936-9.
- [4] Wilkins RG. Radial artery cannulation and ischaemic damage: a review. *Anaesthesia* 1985; **40**:896-9.
- [5] Allen E. Thromboangiitis obliterans: method of diagnosis of chronic lesions distal to the wrist with illustrative cases. *Am J Med Sci* 1929; **178**:237-9.
- [6] Van de Borne P, Degaute J. In: *Monitoring non invasif de la pression artérielle en unité de soins intensifs. Monitoring non invasif de réanimation*. Paris: Masson; 1992. p. 3-10.
- [7] Perel A, Pizov R, Cotev S. Systolic blood pressure variation is a sensitive indicator of hypovolemia in ventilated dogs subjected to graded hemorrhage. *Anesthesiology* 1987; **67**:498-502.
- [8] Severinghaus JW, Koh SO. Effect of anemia on pulse oximeter accuracy at low saturation. *J Clin Monit* 1990; **6**:85-8.
- [9] Barker SJ. Motion-resistant pulse oxymetry: a comparison of new and old models. *Anesth Analg* 2002; **95**:967-72.
- [10] Barker SJ, Tremper KK. The effect of carbon monoxide inhalation on pulse oxymetry and transcutaneous PO<sub>2</sub>. *Anesthesiology* 1987; **66**:677-9.
- [11] Carbajal R. L'oxymétrie de pouls en pédiatrie. *Arch Pediatr* 1996; **3**:1129-35.
- [12] Severinghaus JW, Naifeh KH, Koh SO. Errors in 14 pulse oximeters during profound hypoxia. *J Clin Monit* 1989; **5**:72-81.
- [13] Clergue F, Orliaguet G. Supporting and monitoring gas exchanges during anaesthesia. *Curr Opin Anaesthesiol* 1991; **4**:827-31.
- [14] McGuire TJ, Pointer JE. Evaluation of a pulse oximeter in the prehospital setting. *Ann Emerg Med* 1988; **17**:1058-62.
- [15] McKay WP, Noble WH. Critical incidents detected by pulse oximetry during anaesthesia. *Can J Anaesth* 1988; **35**:265-9.
- [16] Forget AP, Garrigue D. In: *Surveillance et monitoring des états de choc aux urgences. Médecine d'urgence 2001*. Paris: SFAR-Elsevier; 2001. p. 61-77.
- [17] Golparvar M, Naddafnia H, Saghaei M. Evaluating the relationship between arterial blood pressure changes and indices of pulse oximetric plethysmography. *Anesth Analg* 2002; **95**:1686-90.
- [18] Nouette K, Sztark F. In: *La capnographie, au-delà des chiffres. Conférences d'actualisation 2000*. Paris: SFAR-Elsevier; 2000. p. 293-306.
- [19] Ornato JP, Shipley JB, Racht EM, Slovis CM, Wrenn KD, Pepe PE, et al. Multicenter study of a portable, hand-size, colorimetric end-tidal carbon dioxide detection device. *Ann Emerg Med* 1992; **21**:518-23.

- [20] Carli P, Rozenberg A, Bousquet M. Colorimetric end-tidal CO<sub>2</sub> monitoring during interhospital transport of critically ill patients. *Anesthesiology* 1990;**73**:A426 [abstract].
- [21] Gudipati CV, Weil MH, Bisera J, Deshmukh HG, Rackow EC. Expired carbon dioxide: a noninvasive monitor of cardiopulmonary resuscitation. *Circulation* 1988;**77**:234-9.
- [22] Weil MH, Bisera J, Trevino RP, Rackow EC. Cardiac output and end-tidal carbon dioxide. *Crit Care Med* 1985;**13**:907-9.
- [23] Ornato JP, Gonzalez ER, Garnett AR, Levine RL, McClung BK. Effect of cardiopulmonary resuscitation compression rate on end-tidal carbon dioxide concentration and arterial pressure in man. *Crit Care Med* 1988;**16**:241-5.
- [24] Ornato JP, Levine RL, Young DS, Racht EM, Garnett AR, Gonzalez ER. The effect of applied chest compression force on systemic arterial pressure and end-tidal carbon dioxide concentration during CPR in human beings. *Ann Emerg Med* 1989;**18**:732-7.
- [25] Lewis LM, Stothert J, Standeven J, Chandel B, Kurtz M, Fortney J. Correlation of end-tidal CO<sub>2</sub> to cerebral perfusion during CPR. *Ann Emerg Med* 1992;**21**:1131-4.
- [26] Ornato JP, Garnett AR, Glauser FL. Relationship between cardiac output and the end-tidal carbon dioxide tension. *Ann Emerg Med* 1990;**19**:1104-6.
- [27] Levine RL, Wayne MA, Miller CC. End-tidal carbon dioxide and outcome of out-of-hospital cardiac arrest. *N Engl J Med* 1997;**337**:301-6.
- [28] Rozenberg A, Carli P, Bousquet M. End-tidal carbon dioxide monitoring during perhospital cardiopulmonary resuscitation. *Anesthesiology* 1990;**73**:A531 [abstract].
- [29] Wayne MA, Levine RL, Miller CC. Use of end-tidal carbon dioxide to predict outcome in prehospital cardiac arrest. *Ann Emerg Med* 1995;**25**:762-7.
- [30] Alpert NL. i-STAT point of care testing system. *Clin Instr Syst* 1994;**13**:3-15.
- [31] Sachs C, Finetti P, Abdoulaye F, Mollard JF. Facteurs de limitation des performances des appareils à cassettes à usage unique pour la mesure de la PO<sub>2</sub> et de la PCO<sub>2</sub> du sang total. *Ann Biol Clin (Paris)* 2002;**60**:385-90.
- [32] Feuillu A, Morel I, Mollard JF. Évaluation d'un analyseur de sang portable: l'i-STAT. Bilan de 7000 analyses. *Ann Biol Clin (Paris)* 2002;**60**:153-64.
- [33] Jacobs E, Vadasdi E, Sarkozi L, Colman N. Analytical evaluation of i-STAT Portable Clinical Analyzer and use by nonlaboratory health-care professionals. *Clin Chem* 1993;**39**:1069-74.
- [34] Erickson KA, Wilding P. Evaluation of a novel point-of-care system, the i-STAT portable clinical analyzer. *Clin Chem* 1993;**39**:283-7.
- [35] Mock T, Morrison D, Yatscoff R. Evaluation of the i-STAT system: a portable chemistry analyzer for the measurement of sodium, potassium, chloride, urea, glucose, and hematocrit. *Clin Biochem* 1995;**28**:187-92.
- [36] Papadea C, Foster J, Grant S, Ballard SA, Cate JCT, Southgate WM, et al. Evaluation of the i-STAT Portable Clinical Analyzer for point-of-care blood testing in the intensive care units of a university children's hospital. *Ann Clin Lab Sci* 2002;**32**:231-43.
- [37] Sediame S, Zerah-Lancner F, d'Ortho MP, Adnot S, Harf A. Accuracy of the i-STAT bedside blood gas analyser. *Eur Respir J* 1999;**14**:214-7.
- [38] Sachs C, Finetti P, Rabouine P, Abdoulaye F. Évaluation des performances analytiques du i-STAT portable clinical analyzer pour la détermination des pressions partielles d'oxygène et de gaz carbonique dans le sang total. *Ann Biol Clin (Paris)* 2002;**60**:411-20.
- [39] Ng VL, Kraemer R, Hogan C, Eckman D, Siobal M. The rise and fall of i-STAT point-of-care blood gas testing in an acute care hospital. *Am J Clin Pathol* 2000;**114**:128-38.
- [40] Société française d'anesthésie réanimation. *Recommandations concernant les transferts interhospitaliers médicalisés*. Paris: SFAR; 1974.

N. Bourdaud, Chef de clinique-assistant des Hôpitaux.

P. Carli, Professeur des Universités, praticien hospitalier, chef de service du SAMU de Paris et du département d'anesthésie-réanimation (vfouquet.samu@invivo.edu).

Hôpital Necker-Enfants Malades, 149 rue de Sèvres, 75743 Paris cedex 15, France.

Toute référence à cet article doit porter la mention : Bourdaud N., Carli P. Monitoring d'urgence. EMC (Elsevier Masson SAS, Paris), Médecine d'urgence, 25-010-C-10, 2007.

**Disponibles sur [www.emc-consulte.com](http://www.emc-consulte.com)**



Arbres  
décisionnels



Iconographies  
supplémentaires



Vidéos /  
Animations



Documents  
légaux



Information  
au patient



Informations  
supplémentaires



Auto-  
évaluations