

Mise au point

## Monitoring de la saturation de pouls : intérêts et limites

### Pulse oximetry's monitoring: advantages and limits

J. Pottecher, G. Bouzou, A. Van de Louw \*

*Service de réanimation polyvalente, centre hospitalier Sud-Francilien-hôpital Louise-Michel, quartier du Canal, Courcouronnes, 91014 Évry, France*

---

#### Résumé

**Introduction** – Depuis son apparition dans les blocs opératoires puis les services de réanimation, l'oxymétrie de pouls s'est imposée comme un élément indispensable de la surveillance des patients. Aux yeux du personnel soignant, la SpO<sub>2</sub> mesurée par l'oxymètre est le reflet fidèle de la saturation artérielle en oxygène (SaO<sub>2</sub>), garante de la sécurité des patients.

**Actualités et points forts** – Un bénéfice de l'oxymétrie de pouls en termes de morbidité, mortalité des patients ou amélioration des coûts n'a pourtant jamais été démontré. Au contraire, certaines études ont mis en exergue le manque de précision de la SpO<sub>2</sub> dans des situations fréquentes en réanimation, comme les états de choc ou les hypoxémies sévères.

**Perspectives et projets** – Plus qu'une remise en question de l'oxymétrie de pouls, qui demeure probablement un outil précieux en réanimation, il faut aboutir à une meilleure connaissance par les cliniciens des avantages et limites de cette technologie, afin d'en tirer le meilleur parti et d'en éviter les pièges.

© 2003 Éditions scientifiques et médicales Elsevier SAS. Tous droits réservés.

#### Abstract

Pulse oximetry is a standard monitoring device in intensive care and post-anesthesia care units, currently used to guide therapeutic interventions. Nevertheless, the accuracy of pulse oximetry in critical care patients has been poorly studied, and no beneficial effect on morbidity or mortality has been demonstrated. The cost-effectiveness of oximeters has also not been demonstrated. Conversely, several studies showed that the agreement between pulse oximetry and the arterial oxygen saturation, although within the limits ensured by the manufacturers, may not be clinically sufficient, especially in the most unstable patients. Thus, the clinicians should be aware of the advantages and limits of the pulse oximetry, to use it carefully and to avoid unrecognised hypoxemia associated with low SpO<sub>2</sub> targets.

© 2003 Éditions scientifiques et médicales Elsevier SAS. All rights reserved.

*Mots clés* : Oxymétrie ; Oxygène ; Réanimation ; Ventilation mécanique

*Keywords*: Intensive care; Mechanical ventilation; Oxygen; Pulse oximetry

---

#### 1. Introduction

L'hypoxémie est une situation fréquente au cours de la période périopératoire et chez les patients hospitalisés en réanimation. Ses effets délétères sont démontrés, en terme d'augmentation de la mortalité et de la morbidité, notamment cardiovasculaire. Sa détection précoce est donc primordiale, afin d'en corriger les causes et d'en limiter les complications.

L'aptitude de l'œil humain à reconnaître l'hypoxémie étant médiocre, l'apparition dans les années 1980 d'appareils de monitoring de la saturation artérielle en oxygène a suscité un intérêt considérable, d'abord en anesthésie puis en réanimation. Ces oxymètres de pouls font actuellement partie du monitoring standard des patients au bloc opératoire et en réanimation. La saturation percutanée en oxygène (SpO<sub>2</sub>), censée refléter la saturation artérielle en oxygène (SaO<sub>2</sub>), guide parfois certaines attitudes diagnostiques ou thérapeutiques telles que l'extubation ou l'adaptation de la fraction inspirée d'oxygène en ventilation mécanique. Néanmoins, une réduction de la morbidité et/ou de la mortalité liée à

---

\* Auteur correspondant.

Adresse e-mail : [Andry.VandeLouw@ch-sud-francilien.fr](mailto:Andry.VandeLouw@ch-sud-francilien.fr) (A.V. de Louw).

l'utilisation de l'oxymétrie de pouls n'a jamais été démontrée. Plusieurs études ont par ailleurs souligné le manque de précision de la SpO<sub>2</sub> dans des situations fréquentes en réanimation telles que l'état de choc. Il apparaît donc essentiel, comme pour tout dispositif de surveillance, d'appréhender les atouts, mais aussi les limites de l'oxymétrie de pouls, afin d'en optimiser l'utilisation.

## 2. Principes théoriques

Le principe de l'oxymétrie est basé sur l'absorption spectrophotométrique de lumières de longueurs d'onde spécifiques par un échantillon sanguin. La mesure continue de la saturation du sang en oxygène utilisant deux longueurs d'onde a été décrite pour la première fois en 1935. La première longueur d'onde était sensible aux variations de l'oxygénation, alors que la seconde y était insensible et permettait donc d'éliminer du signal une composante « parasite », due à l'épaisseur des tissus ou à la lumière ambiante. Des avancées techniques ont ensuite été réalisées pendant la seconde guerre mondiale, favorisées par la nécessité de surveiller l'oxygénation des pilotes volant à haute altitude dans des habitacles non pressurisés. Mais la technique restait alors lourde et difficile à calibrer, les capteurs provoquant par ailleurs des brûlures sévères. Le premier dispositif réellement utilisable en clinique est apparu dans les années 1960, mais sa fragilité et son coût important le rendaient inutilisable en réanimation. C'est dans les années 1970 que sont apparus les dispositifs actuels grâce à un ingénieur japonais qui a permis le développement d'appareils à calibration automatique, avec un capteur simplifié. Depuis, la technologie des oxymètres a encore progressé et avec elle, probablement leur fiabilité. Plusieurs études, comparant différents oxymètres, ont en effet montré la supériorité des appareils les plus récents en terme de fiabilité des mesures.

L'oxymétrie mesure la saturation de l'hémoglobine en oxygène par spectrophotométrie. Cette méthode spectrophotométrique est basée sur la loi de Beer-Lambert, qui relie la concentration d'un soluté à l'intensité de la lumière transmise à travers une solution. La concentration d'une substance peut donc être déterminée en mesurant l'absorption d'une longueur d'onde spécifique avec un coefficient d'extinction connu à travers une épaisseur connue. Dans le cas de l'oxymétrie de pouls, deux longueurs d'onde sont utilisées pour déterminer les concentrations respectives de l'oxyhémoglobine et de l'hémoglobine réduite. Les premiers oxymètres de pouls étaient limités par la présence d'éléments autres que le sang artériel absorbant la lumière, comme le sang veineux, les tissus mous, l'os et les pigments cutanés. Ils soustrayaient l'absorbance de ces tissus en les comprimant, obtenant ainsi un « zéro » d'absorption reflétant les tissus vidés de leur sang. L'oxymétrie moderne, elle, part du principe que la seule absorbance pulsatile entre la source lumineuse et le photo détecteur est celle du sang artériel. La source lumineuse incorporée dans le capteur comprend deux diodes émettant une lumière à deux longueurs d'onde connues, en général

660 nm (rouge) et 940 nm (infrarouge). En effet, oxyhémoglobine et hémoglobine réduite ont à ces longueurs d'onde des spectres d'absorption différents. Dans la lumière rouge, l'oxyhémoglobine absorbe moins la lumière que l'hémoglobine réduite, et inversement dans l'infrarouge. Les diodes envoient alternativement leurs signaux de telle sorte que chaque mesure du capteur inclut la transmission de la lumière rouge, infrarouge et de la lumière ambiante. Il existe ensuite une correction de l'absorption de la lumière par les substances n'appartenant pas au sang artériel. Le composant pulsatile et alternant du signal d'absorption (AC), est séparé du composant non pulsatile (DC) qui représente l'absorption de la lumière par ces éléments non artériels, sang veineux et capillaire essentiellement. Ces mesures étant faites aux deux longueurs d'onde, un ratio R peut être calculé :

$$R = (AC_{660} / DC_{660}) / (AC_{940} / DC_{940})$$

Ce ratio est empiriquement calibré sur des SaO<sub>2</sub> mesurées directement par prélèvement artériel chez des volontaires sains par la méthode de référence. Plusieurs centaines de mesures sont effectuées chaque seconde et intégrées dans un algorithme contenu dans le microprocesseur de l'oxymètre, où elles sont comparées avec les valeurs stockées. La valeur de SpO<sub>2</sub> affichée est une moyenne sur trois à six secondes, corrigée toutes les secondes. La plupart des oxymètres affichent par ailleurs une courbe pléthysmographique permettant à l'observateur de distinguer un éventuel signal comportant des artefacts. Le nombre de cycles d'émission des diodes entre chaque signal pulsatile permet de plus le calcul de la fréquence cardiaque. Les différences observées parmi les oxymètres commercialisés en terme de fiabilité résultent du CO-oxymètre de référence utilisé et des algorithmes de traitement du signal lumineux.

La méthode de référence de mesure de la saturation de l'hémoglobine en oxygène, utilisée d'ailleurs pour calibrer tous les oxymètres de pouls, est le CO-oxymètre, utilisant in vitro des longueurs d'onde multiples. Cet appareil transmet des lumières de longueurs d'onde multiples à travers un échantillon sanguin selon le même principe que l'oxymètre de pouls excepté que l'atténuation du signal par l'échantillon sanguin entier est mesurée alors que l'oxymètre de pouls n'analyse que le volume sanguin pulsatile à l'intérieur d'un volume de tissu. Le CO-oxymètre mesure la concentration de quatre types d'hémoglobine : l'oxyhémoglobine (HbO<sub>2</sub>), l'hémoglobine réduite (Hb), la carboxyhémoglobine (COHb), et la méthémoglobine (MetHb). La SaO<sub>2</sub> est alors mesurée comme suit :

$$SaO_2 = (HbO_2 / (HbO_2 + Hb + COHb + MetHb)) \times 100$$

En revanche, l'oxymètre de pouls mesure une saturation de l'hémoglobine en oxygène ne tenant compte que de l'hémoglobine pouvant lier l'oxygène :

$$SpO_2 = (HbO_2 / (HbO_2 + Hb)) \times 100$$

Les oxymètres de pouls étant calibrés sur ces CO-oxymètres, il est important d'en connaître les limites. Il semble que leur exactitude soit de 1 %, pour des mesures de SaO<sub>2</sub> dans des échantillons de sang de pH 7,00 à 7,40 et contenant de 0 à 10 % de méthémoglobine.

### 3. Intérêts théoriques de l'oxymétrie de pouls

La détection d'épisodes d'hypoxémie, ou plus précisément de diminution de la SaO<sub>2</sub>, constitue l'application principale de l'oxymétrie de pouls. L'effet sur la survie d'hypoxémies épisodiques a fait l'objet d'une étude prospective récente sur 100 patients hospitalisés dans un service de médecine générale [1]. La survenue d'une hypoxémie (SpO<sub>2</sub> < 90 % pendant cinq minutes consécutives) durant les 24 premières heures d'hospitalisation était observée chez 26 % des patients. Suivis pendant les sept mois suivants, ces patients avaient un risque relatif de décès de 3,3 par rapport aux patients n'ayant pas présenté de désaturation. Certes, les épisodes d'hypoxémie pourraient être davantage un marqueur de risque qu'une cause directe de cette surmortalité. Cependant, même après correction en fonction de la sévérité de la pathologie sous-jacente, la diminution de survie était toujours observée chez les patients ayant présenté une hypoxémie. En anesthésie, des études réalisées dans la période per- ou postopératoire d'interventions chirurgicales variées rapportent une incidence d'hypoxémie de 20 à 82 % suivant les critères retenus en terme de durée ou sévérité de l'hypoxémie. Dans la période postopératoire, les épisodes d'hypoxémies peuvent engendrer tachycardies et arythmies, favorisant l'ischémie myocardique chez certains patients. Ainsi, l'ischémie myocardique survient d'autant plus souvent, chez les patients atteints de cardiopathie ischémique et opérés de chirurgie non cardiaque, que l'hypoxémie est sévère (SpO<sub>2</sub> < 85 %) et prolongée (supérieure à cinq minutes) [2]. L'hypoxémie chronique est également grave, puisqu'une PaO<sub>2</sub> < 55 mmHg en permanence est associée à une réduction de 60 % de la survie chez les patients atteints de bronchopneumopathie chronique obstructive [3]. On pourrait donc attendre de l'oxymétrie de pouls une réduction de la mortalité et/ou de la morbidité liée à une détection plus précoce et plus large des hypoxémies et donc à leur correction plus rapide. L'intérêt est majeur particulièrement dans les situations d'instabilité respiratoire, donc pour les patients au bloc opératoire ou dans les services de réanimation.

En assurant une surveillance continue de l'oxygénation du sang artériel, l'oxymétrie de pouls pourrait par ailleurs permettre de réduire le nombre de ponctions artérielles pour mesure des gaz du sang artériels, et donc induire une diminution des coûts de laboratoire et des douleurs infligées aux patients.

### 4. Applications en anesthésie

En anesthésie, l'instabilité potentielle des patients est majeure et la détection d'une hypoxémie revêt un caractère d'urgence, car tout retard dans sa correction peut avoir des conséquences irréversibles. Or, l'aptitude de l'œil humain à détecter l'hypoxémie est faible puisqu'une étude ancienne montre que même dans des conditions d'observation idéales, 47 % des observateurs ne peuvent déceler une hypoxémie avant que la SpO<sub>2</sub> ne chute en dessous de 80 % [4]. Il est donc

logique que l'oxymétrie de pouls se soit imposée au bloc opératoire, comme moyen essentiel de surveillance des patients sous anesthésie, afin de détecter plus rapidement l'hypoxémie, donc d'en corriger plus vite la cause et d'en limiter les conséquences. L'introduction de l'oxymètre de pouls au bloc opératoire a ainsi permis de réduire le taux d'admissions non prévues en réanimation de 64 à 25 pour 10 000 patients anesthésiés [5]. La première étude prospective, randomisée sur l'effet de l'oxymétrie de pouls sur la morbidité et la mortalité périopératoires a été conduite chez 20 802 patients [6]. On notait dans le groupe surveillé par oxymétrie une augmentation significative d'hypoxémies (SpO<sub>2</sub> < 90 %) détectées, l'ischémie myocardique étant plus fréquente dans le groupe contrôle. Cependant, aucun effet sur la mortalité n'était observé. Une étude pédiatrique chez 152 patients bénéficiant d'une anesthésie générale a montré qu'une hypoxémie sévère (SpO<sub>2</sub> < 85 % pendant au moins 30 s) survenait chez 32 % des patients lorsque l'anesthésiste ne disposait pas d'un oxymètre de pouls, contre 14 % lorsqu'une surveillance continue de la SpO<sub>2</sub> était possible [7]. Aucune conséquence en terme de morbidité n'était notée, mais il est permis de penser que la détection et la correction précoces d'hypoxémies pourraient affecter la morbidité et la mortalité en anesthésie. Ainsi, l'American Society of Anesthesiologists, analysant rétrospectivement 1175 dossiers de plaintes auprès de 17 compagnies d'assurance, a estimé que 138 des 346 accidents (40 %) auraient pu être prévenus par la présence d'un oxymètre de pouls [8]. Une autre étude rétrospective sur plus d'un million d'anesthésies a retrouvé onze accidents graves liés à l'anesthésie, parmi lesquels huit auraient probablement été prévenus par une surveillance peropératoire adéquate [9]. Suivant l'adoption par l'American Society of Anesthesiologists de recommandations portant sur la surveillance peropératoire, une réduction notable des accidents majeurs a été notée (10 pour 757 000 versus 1 pour 244 000 anesthésies) [10]. Bien que non significative, cette différence souligne la difficulté de mettre en évidence l'impact d'un dispositif de surveillance sur la survenue d'événements graves, surtout lorsqu'ils sont rares. Au total, malgré l'absence de preuves formelles, l'oxymétrie de pouls a probablement amélioré la sécurité en anesthésie.

### 5. L'oxymétrie de pouls en réanimation

#### 5.1. Études de fiabilité

Partant de l'expérience acquise au bloc opératoire, l'oxymétrie de pouls a connu un essor rapide dans les services de réanimation. La SpO<sub>2</sub> s'est rapidement imposée dans l'esprit du personnel soignant comme un reflet exact de la SaO<sub>2</sub>, à tel point que dans la pratique quotidienne comme dans les travaux scientifiques, des décisions thérapeutiques importantes (extubation, adaptation de la fraction inspirée d'oxygène en ventilation mécanique) sont prises, basées sur la SpO<sub>2</sub>.

On ne dispose pourtant pas d'études cliniques aussi larges qu'en anesthésie permettant d'affirmer la fiabilité de la  $SpO_2$ . La majorité de ces études portent sur des populations de patients ciblés, et comparent l'oxymétrie de pouls à une méthode de référence, en l'occurrence la mesure de la saturation du sang artériel en oxygène par CO-oxymétrie, par la méthode de Bland et Altman [11]. Cette méthode, décrite pour comparer une technique de mesure d'un paramètre à la technique de référence, fait appel au calcul d'un biais (moyenne des différences obtenues entre les deux techniques) et d'une précision (écart-type des différences). Plus le biais (s) et la précision (d) sont faibles, plus la méthode de mesure évaluée se rapproche de la méthode de référence. Biais et précision permettent de définir un « intervalle de fiabilité » ( $s \pm 2d$ ), dans lequel se situent 95 % des différences mesurées entre les deux techniques. Ainsi, une étude portant sur 51 patients présentant une bronchopneumopathie chronique obstructive, a évalué la fiabilité de six oxymètres différents pour des saturations artérielles en oxygène ( $SaO_2$ ) variant de 62 à 100 % [12]. Deux oxymètres étaient associés à des biais et précisions peu acceptables en pratique clinique, respectivement 3,6 et 3,1 % pour les biais, et 3,5 et 3,9 % pour les précisions. Les quatre autres appareils testés affichaient des performances meilleures, avec des biais entre 0,4 et 1,2 % et des précisions entre 2,2 et 3,0 %. La  $SpO_2$  tendait à surestimer la  $SaO_2$ , et ce d'autant plus que la valeur de  $SaO_2$  était basse. Une autre étude s'est spécifiquement intéressée à des patients sous ventilation mécanique et en état de choc [13]. Elle a inclus 24 patients, 8 pour choc cardiogénique et 16 pour choc septique. Tous ces patients recevaient des catécholamines, soit de la dopamine ( $n = 20$ ) à une posologie moyenne de 15  $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$ , soit de la dobutamine ( $n = 8$ ) à une posologie moyenne de 14  $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$ . Les résultats étaient décevants puisque le biais était de 2,49 % avec un intervalle de fiabilité ( $s + /- 2d$ ) tel que la  $SaO_2$  pouvait être 6 % plus basse ou 11 % plus élevée que la  $SpO_2$ . Les auteurs concluaient que l'oxymétrie de pouls était peu fiable pour évaluer la  $SaO_2$  chez les patients recevant des drogues vasoactives. Ces résultats sont corroborés par une publication rapportant une différence ( $SpO_2 - SaO_2$ ) supérieure à 4 % chez six patients de réanimation, normotendus, sur un groupe de 55 [14]. Plus récemment, deux oxymètres de pouls ont été utilisés pour évaluer la fiabilité de la  $SpO_2$  chez 33 patients de réanimation chirurgicale sous ventilation mécanique [15]. Le premier oxymètre (64 mesures chez 19 patients) était associé à un biais de -1,90 % et une précision de 1,87 %, représentant un intervalle de fiabilité de -5,56 à 1,76 %. Pour le second oxymètre (47 mesures chez 14 patients), le biais était de -2,49 % et la précision de 2,11 %, avec un intervalle de fiabilité de -6,62 à 1,64 %. Autrement dit, on notait une surestimation de la  $SaO_2$  par l'oxymétrie de pouls pouvant atteindre 6 %. Avec les deux oxymètres, le seuil de  $SpO_2$  à adopter pour s'assurer d'une  $SaO_2$  supérieure à 90 % était de 96 % ! Ce seuil est bien supérieur aux valeurs cibles de  $SpO_2$  recommandées dans les publications actuelles. Enfin, une étude d'observation réalisée chez 102 patients de réanima-

tion médicale présentant des pathologies et des défaillances d'organe variées a évalué trois oxymètres de pouls, totalisant 323 couples de mesures  $SpO_2/SaO_2$  [16]. Le biais était de -0,02 % et la précision de 2,1 %, résultats en accord avec les études précédentes. Là encore, de larges écarts entre  $SpO_2$  et  $SaO_2$  étaient observés et une  $SpO_2$  supérieure à 94 % était nécessaire pour s'assurer d'une  $SaO_2$  supérieure à 90 %. Une analyse de sous-groupes semblait montrer que la fiabilité de l'oxymétrie de pouls dépendait du type d'oxymètre (meilleure pour les oxymètres de nouvelle génération), de la présence d'une hypoxémie, et de la nécessité d'un support vasoactif. De plus, l'analyse des différents couples de valeurs ( $SpO_2 ; SaO_2$ ) pour un même patient montrait que la différence ( $SpO_2 - SaO_2$ ) était très fluctuante et que donc, la  $SaO_2$  ne pouvait être prédite à partir de la  $SpO_2$  après un seul prélèvement de gaz du sang artériel. Au regard de l'ensemble des études publiées, il faut donc probablement garder à l'esprit qu'un écart de plus ou moins quatre pour cent peut exister entre la  $SpO_2$  et la  $SaO_2$ , que cet écart n'est ni prévisible ni constant pour un patient donné, et qu'un seuil de  $SpO_2$  au moins égal à 94 % doit être respecté pour détecter toutes les  $SaO_2$  inférieures à 90 %, valeur qui constitue la limite inférieure de  $SaO_2$  admise dans beaucoup d'études cliniques.

## 5.2. Facteurs affectant les performances de l'oxymétrie de pouls

### 5.2.1. Courbe de dissociation de l'hémoglobine

L'oxymétrie de pouls mesure la  $SpO_2$ , reflet de la  $SaO_2$ . La  $PaO_2$  est reliée à la  $SaO_2$  par la courbe de dissociation de l'hémoglobine qui réalise une sigmoïde. Les facteurs déplaçant cette courbe, comme la température, le pH ou la  $PaCO_2$ , vont modifier la relation  $PaO_2/SaO_2$ . Néanmoins, aucun argument ne permet d'affirmer qu'ils modifient la précision de l'oxymétrie de pouls. La forme sigmoïde de la courbe explique que l'oxymétrie de pouls est peu sensible aux variations de  $PaO_2$  aux forts niveaux d'oxygénation. Ainsi, prenant en compte un écart de plus ou moins 4 % entre  $SaO_2$  et  $SpO_2$ , une  $SpO_2$  à 95 % correspondrait à une  $PaO_2$  variant entre 60 mmHg ( $SaO_2 = 91$  %) et 160 mmHg ( $SaO_2 = 99$  %).

### 5.2.2. Carboxyhémoglobine (HbCO) et méthémoglobine (MetHb)

Toutes deux ont des caractéristiques d'absorption voisines de celles de l'hémoglobine réduite et de l'oxyhémoglobine ( $HbO_2$ ). Présentes en quantité significative, elles affectent donc la précision de la  $SpO_2$ . La  $SpO_2$  surestime la  $SaO_2$  en présence de carboxyhémoglobine, car l'oxymètre de pouls détecte HbCO comme étant de l'oxyhémoglobine, en raison d'un coefficient d'absorption voisin. Dans certaines études, la  $SpO_2$  lue réalise ainsi la somme de l'oxyhémoglobine et de la carboxyhémoglobine [17]. De même, l'oxymétrie de pouls surestime la  $SaO_2$  en présence de méthémoglobine, sans qu'une relation d'addition aussi simple existe. À l'inverse, le

bleu de méthylène, qui constitue le traitement de la méthémoglobinémie, induit une mesure de SpO<sub>2</sub> faussement basse.

### 5.2.3. Anémie

Le fonctionnement de l'oxymétrie de pouls reposant sur l'absorption de la lumière par l'hémoglobine, l'existence d'une anémie peut théoriquement affecter la précision de la SpO<sub>2</sub>. En pratique, peu d'études se sont intéressées à l'effet de l'anémie seule sur la fiabilité de la SpO<sub>2</sub>. Si l'association d'une anémie et d'une hypoxémie diminue probablement la précision de la SpO<sub>2</sub> [18], l'anémie isolée ne semble pas diminuer les performances des oxymètres de pouls, y compris pour des taux d'hémoglobine très bas. Une étude chez 17 patients non hypoxémiques ayant des taux d'hémoglobine variant de 2,3 à 8,7 g/dl retrouve une différence (SpO<sub>2</sub> – SaO<sub>2</sub>) de 0,53 %, comparable aux biais observés chez des patients non anémiques [19].

### 5.2.4. Hyperbilirubinémie

Bien qu'une sous-estimation de la SaO<sub>2</sub> ait été rapportée avec les premiers oxymètres en cas d'hyperbilirubinémie, ceci ne semble plus être le cas avec les appareils actuels, car la bilirubine absorbe la lumière à des longueurs d'onde différentes de celles utilisées par les oxymètres récents. Deux études cliniques évaluant la précision de la SpO<sub>2</sub> chez des patients ictériques retrouvent en effet des biais comparables à ceux des patients non ictériques [20,21].

### 5.2.5. Colorants

L'administration intraveineuse de colorants tels le bleu de méthylène ou le vert d'indocyanine provoque une chute de la SpO<sub>2</sub>, sans chute de la SaO<sub>2</sub>, réalisant une « fausse » SpO<sub>2</sub> basse [22]. Ceci est dû à leur absorption de la lumière à la même longueur d'onde que celle employée par les oxymètres, ce phénomène n'est toutefois que de courte durée.

### 5.2.6. Vernis à ongles

Bien que l'explication n'en soit pas univoque puisque les oxymètres ne détectent théoriquement que l'absorbance pulsatile, certains vernis à ongles pourraient interférer avec la mesure de la SpO<sub>2</sub>, la rendant faussement basse.

### 5.2.7. Troubles du rythme cardiaque

Une étude regroupant 163 patients de réanimation chirurgicale a évalué la fiabilité de la SpO<sub>2</sub> chez les patients arythmiques et n'a retrouvé aucune différence de biais entre les patients ayant un rythme sinusal et ceux avec un rythme ectopique [23].

### 5.2.8. Pigmentation cutanée

Chez les patients de réanimation, une étude a observé un biais et une précision plus élevés chez les patients de couleur par rapport aux patients de race blanche (3,3 ± 2,7 % versus 2,2 ± 1,8 %) [14]. D'autres travaux, concernant des patients hors de la réanimation, retrouvent cette diminution de la précision, qui s'expliquerait par une interférence de la peau

pigmentée avec l'absorption de la lumière aux longueurs d'onde utilisées par les oxymètres de pouls.

### 5.2.9. Artefacts liés aux mouvements

Les artefacts de lecture de la SpO<sub>2</sub> liés aux mouvements des patients sont source de nombreuses fausses alarmes. Ce problème est particulièrement aigu dans la période postopératoire, puisqu'une étude réalisée en salle de surveillance postinterventionnelle sur près de 10 000 patients a montré que les artefacts de SpO<sub>2</sub> liés aux mouvements des patients étaient responsables de 56 % des 106 cas dans lesquels la surveillance par oxymétrie de pouls avait été abandonnée [6]. Peu de données sur ces artefacts sont disponibles en réanimation, mais même si la sédation de certains patients en limite le retentissement, ces fausses alarmes sont probablement à l'origine d'une charge de soins significative pour le personnel soignant.

### 5.2.10. États de bas débits

Le fonctionnement de l'oxymétrie de pouls repose une perfusion cutanée artérielle satisfaisante. Les états de bas débit sanguin, d'hypothermie et/ou de vasoconstriction cutanée majeure pourraient donc rendre difficile la mesure de la SpO<sub>2</sub>. Les données de la littérature à ce sujet sont contradictoires. La précision de l'oxymétrie de pouls n'était pas diminuée dans des états de bas débit cardiaque ou d'hypothermie dans un travail réalisé chez des patients de chirurgie cardiaque [24], alors qu'une autre révélait que seuls deux oxymètres sur vingt retrouvaient une différence entre SpO<sub>2</sub> et SaO<sub>2</sub> inférieure à 4 %, en chirurgie cardiaque également [25]. Sur 24 patients sous ventilation mécanique et nécessitant des drogues vasoactives, l'écart entre SpO<sub>2</sub> et SaO<sub>2</sub> était de même supérieur à 4 % [13]. Enfin, une étude chez 102 patients de réanimation médicale totalisant 323 couples de mesures (SpO<sub>2</sub> ; SaO<sub>2</sub>) retrouvait un biais de 0,70 % pour les 36 mesures réalisées en présence de catécholamines contre 0,11 % pour les 287 mesures sans catécholamines, la différence étant statistiquement significative [16]. Au total, il semble bien que les désordres hémodynamiques puissent altérer les performances de l'oxymétrie de pouls, même si on ne peut caractériser davantage ces altérations.

### 5.3. Complications de l'oxymétrie de pouls

Celles-ci sont rares, et principalement décrites chez les enfants. Il s'agit surtout de brûlures et de lésions de nécrose cutanée d'origine ischémique liées à la pression du capteur [26].

En revanche, et même s'il ne s'agit pas d'une complication à proprement parler, la sensation de sécurité faussement rassurante que procure l'oxymétrie de pouls au personnel soignant ne doit pas faire oublier qu'elle n'est qu'un des éléments de la surveillance des patients, et que des complications graves peuvent survenir alors même que la SpO<sub>2</sub> reste inchangée. Un patient recevant de l'oxygène en ventilation spontanée peut par exemple développer une acidose respiratoire sévère associée à un coma en gardant une SpO<sub>2</sub> identi-

que. Il ne faut donc pas attendre de l'oxymétrie de pouls plus qu'elle ne peut apporter.

## 6. Implications économiques

Peu d'auteurs ont évalué l'impact de l'oxymétrie de pouls en réanimation en terme économique. Concernant une réduction éventuelle des prélèvements artériels pour mesure des gaz du sang, les quelques études publiées divergent quant à leurs conclusions. Chez 24 patients en postopératoire de chirurgie cardiaque, une réduction du nombre de gaz du sang a été retrouvée chez les patients surveillés par oxymétrie de pouls, mais sans modification de la durée de ventilation mécanique [27]. De même, chez 35 patients de chirurgie cardiaque, une réduction significative des ponctions artérielles était observée dans le groupe oxymétrie [28]. À l'inverse, une étude comparant une période pré-oxymétrie et une période après introduction de l'oxymétrie de pouls en réanimation polyvalente, ne retrouve qu'une réduction marginale des prélèvements, et seulement chez les patients chirurgicaux [29]. Dans toutes ces études, l'utilisation de l'oxymétrie de pouls n'était pas codifiée et en particulier aucun algorithme n'était appliqué pour la prescription des gaz du sang artériels. L'oxymétrie de pouls était donc considérée comme un simple complément à la gazométrie artérielle ; peut-être la démonstration d'un gain en terme de ponctions artérielles passe-t-elle par l'application de recommandations pour l'interprétation de la SpO<sub>2</sub> et la prescription des gaz du sang artériels.

Un auteur a comparé, dans un service de réanimation médicochirurgicale, le nombre de mesures des gaz du sang artériels entre une période contrôle où seuls deux oxymètres de pouls étaient disponibles et une période d'intervention où 12 oxymètres existaient pour le même nombre de lits [30]. Une légère diminution du nombre de gaz du sang était notée, en revanche le recours à la ventilation mécanique était moins fréquent au cours de la période d'intervention, suggérant que la SpO<sub>2</sub> pourrait être un moyen d'alerter plus rapidement les médecins sur l'état de gravité d'un patient, conduisant parfois à des mesures thérapeutiques plus promptes, de nature à éviter le recours à la ventilation mécanique.

En termes financiers, une des rares études ayant calculé les coûts relatifs des oxymètres de pouls versus la réduction des prélèvements pour gaz du sang artériels a montré que cette réduction était trop faible pour induire une diminution des coûts [31].

## 7. Conclusion

Fruit d'avancées technologiques récentes, l'oxymétrie de pouls a probablement amélioré la sécurité dans la pratique de l'anesthésie. Son intérêt pour le dépistage précoce des hypoxémies, permettant leur correction plus rapide, explique son utilisation généralisée dans les services de réanimation. Pourtant, les patients de réanimation sont très différents de

ceux rencontrés au bloc opératoire, et leur instabilité implique la recherche d'une grande fiabilité des techniques de surveillance continue. Or, si l'oxymétrie de pouls s'est imposée dans l'esprit du personnel soignant comme un « substitut » à la mesure de la SaO<sub>2</sub> par les gaz du sang artériels, aucune étude à large échelle en réanimation n'étaye cette approche. Au contraire, il existe dans la littérature plusieurs études émettant des réserves sur la fiabilité de la SpO<sub>2</sub> dans des situations fréquentes comme les hypoxémies profondes ou les défaillances hémodynamiques sévères requérant des catécholamines. Des écarts supérieurs à 4 % peuvent être observés dans de telles conditions entre SpO<sub>2</sub> et SaO<sub>2</sub>. Ces écarts sont susceptibles de conduire à la méconnaissance d'épisodes d'hypoxémie significative si l'on se fixe pour objectif de surveillance des seuils de SpO<sub>2</sub> trop bas. Aucun gain en termes de morbidité, mortalité, voire en termes économiques ou d'épargne des prélèvements sanguins n'a par ailleurs pu être démontré par l'utilisation de l'oxymétrie de pouls en réanimation. Il importe donc pour les cliniciens d'être prudent dans l'interprétation des données de l'oxymétrie de pouls. Celles-ci doivent être confrontées à l'examen clinique et corroborées par une mesure des gaz du sang artériels avant de déboucher sur des décisions diagnostiques ou thérapeutiques majeures. Malgré tout, l'oxymétrie de pouls reste un outil précieux dont les performances se sont améliorées depuis deux décennies et s'amélioreront probablement encore au fil des progrès technologiques.

## Références

- [1] Bowton DL, Scuderi PE, Haponik EF. The incidence and effect on outcome of hypoxemia in hospitalized medical patients. *Am J Med* 1994;97:38–46.
- [2] Gil NP, Wright B, Reilly CS. Relationship between hypoxaemic and cardiac ischaemic events in the perioperative period. *Br J Anaesth* 1992;68:471–3.
- [3] Groupe NOTT. Continuous or nocturnal oxygen therapy in hypoxemic chronic obstructive lung disease: a clinical trial. *Ann Intern Med* 1980;93:391–8.
- [4] Comroe JH, Bothello S. The unreliability of cyanosis in the recognition of arterial anoxemia. *Am J Med Sci* 1947;214:1–9.
- [5] Cullen DJ, Nemeskal AR, Cooper JB. Effect of pulse oximetry, age, ASA physical status on the frequency of patients admitted unexpectedly to a postoperative intensive care unit and the severity of their anesthesia-related complications. *Anesth Analg* 1992;74:181–4.
- [6] Moller JT, Johannessen NW, Espersen K. Randomized evaluation of pulse oximetry in 20,802 patients: II. Perioperative events and postoperative complications. *Anesthesiology* 1993;78:445–53.
- [7] Cote JB, Goldstein EA, Cote MA. A single blind study of pulse oximetry in children. *Anesthesiology* 1988;68:184–8.
- [8] Tinker JH, Dull DL, Caplan RA. Role of monitoring devices in prevention of anesthetic mishaps: a closed claims analysis. *Anesthesiology* 1989;71:541–6.
- [9] Eichhorn JH. Prevention of intraoperative anesthesia accidents and related severe injury through safety monitoring. *Anesthesiology* 1989;70:572–7.
- [10] Eichhorn JH. Effect of monitoring standards on anesthesia outcome. *Int Anesth Clin* 1993;31:181–90.
- [11] Bland MJ, Altman DG. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet* 1986;307–10.

- [12] Hannhart B, Michalski H, Delorme N, Chapparo G, Polu JM. Reliability of six pulse oximeters in chronic obstructive pulmonary disease. *Chest* 1991;99:842–6.
- [13] Ibanez J, Velasco J, Raurich JM. The accuracy of the Biox 3700 pulse oximeter in patients receiving vasoactive therapy. *Intensive Care Med* 1991;17:484–6.
- [14] Jubran A, Tobin MJ. Reliability of pulse oximetry in titrating supplemental oxygen therapy in ventilator dependent patients. *Chest* 1990;97:1420–5.
- [15] Seguin P, Le Rouzo A, Tanguy M, Guillou YM, Feuillu A, Malledant Y. Evidence for the need of bedside accuracy of pulse oximetry in an intensive care unit. *Crit Care Med* 2000;28:703–6.
- [16] Van de Louw A, Cracco C, Cerf C, Harf A, Duvaldestin P, Lemaire F, et al. Accuracy of pulse oximetry in the intensive care unit. *Intensive Care Med* 2001;27:1606–13.
- [17] Buckley RG, Aks SE, Eshom JL, Rydman R, Schaidler J, Shayne P. The pulse oximeter gap in carbon monoxide intoxication. *Ann Emerg Med* 1994;24:252–5.
- [18] Severinghaus JW, Koh SO. Effect of anemia on pulse oximeter accuracy at low saturation. *J Clin Monit* 1990;6:85–8.
- [19] Jay GD, Hughes L, Renzi FP. Pulse oximetry is accurate in acute anemia from hemorrhage. *Ann Emerg Med* 1994;24:32–5.
- [20] Veyckemans F, Baelle P, Guillaume JE, Willems E, Robert A, Clerbaux T. Hyperbilirubinemia does not interfere with hemoglobin saturation measured by pulse oximetry. *Anesthesiology* 1989;70:118–22.
- [21] Chelluri L, Snyder JV, Bird JR. Accuracy of pulse oximetry in patients with hyperbilirubinemia. *Respir Care* 1991;36:1383–6.
- [22] Scheller MS, Unger RJ, Kelner MJ. Effects of intravenously administered dyes on pulse oximetry readings. *Anesthesiology* 1986;65:550–2.
- [23] Wong DH, Tremper KK, Davidson J, Zaccari J, Weidoff P, Wilbur S, et al. Pulse oximetry is accurate in patients with dysrhythmias and a pulse deficit. *Anesthesiology* 1989;70:1024–5.
- [24] Palve H, Vuori A. Pulse oximetry during low cardiac output and hypothermia states immediately after open heart surgery. *Crit Care Med* 1989;17:66–9.
- [25] Clayton D, Webb RK, Ralston AC, Duthie D, Runciman WB. A comparison of the performance of 20 pulse oximeters under conditions of poor perfusion. *Anaesthesia* 1991;46:3–10.
- [26] Farber NE, McNeely J, Rosner D. Skin burn associated with pulse oximetry during perioperative photodynamic therapy. *Anesthesiology* 1996;84:983–6.
- [27] Niehoff J, DelGuercio C, LaMorte W, Hughes-Grasberger SL, Heard S, Dennis R, et al. Efficacy of pulse oximetry and capnometry in postoperative ventilatory weaning. *Crit Care Med* 1988;16:701–5.
- [28] Bierman MI, Stein KL, Snyder JV. Pulse oximetry in the postoperative care of cardiac surgical patients. *Chest* 1992;102:1367–70.
- [29] Inman KJ, Sibbald WJ, Rutledge FS, Speechley M, Martin CM, Clark BJ. Does implementing pulse oximetry in a critical care unit result in substantial arterial blood gas savings?. *Chest* 1993;104:542–6.
- [30] Solsona JF, Marrugat J, Vasquez A, Masdeu G, Alvarez F, Nolla J. Effect of pulse oximetry on clinical practice in the intensive care unit. *Lancet* 1993;342:311–2.
- [31] Dhawan R, Inman KJ, Keenan SP, Sibbald WJ. Does pulse oximetry makes economic sense in the intensive care unit? [abstract]. *Crit Care Med* 1997;25:A97.