



Disponible en ligne sur
SciVerse ScienceDirect
www.sciencedirect.com

Elsevier Masson France
EM|consulte
www.em-consulte.com



REVUE GÉNÉRALE

Monitoring nocturne de la ventilation non invasive à domicile : l'apport d'outils simples tels que l'oxymétrie de pouls, la capnographie, les logiciels intégrés des ventilateurs et les marqueurs autonomiques de fragmentation du sommeil ☆,☆☆,☆☆☆

Nocturnal monitoring of home non-invasive ventilation: Contribution of simple tools such as pulse-oximetry, capnography, built-in ventilator software and autonomic markers of sleep fragmentation ◇, ◇◇, ◇◇◇

J.-P. Janssens^{a,*}, J.-C. Borel^{b,c},
J.-L. Pépin^b, pour le groupe SomnoVNI

☆ Ce texte est la traduction française de l'article : Janssens JP, Borel JC, Pepin JL on behalf of the SomnoNIV Group. Monitoring of home non-invasive ventilation: Contribution of capnography, built-in software and autonomic markers of sleep fragmentation. Thorax 2011;66:438–45. Traduction du document original : Rouault S. Relecture et édition : Janssens JP.

☆☆ La réalisation de cette version française, sa publication dans la *Revue des Maladies Respiratoires* et sa mise en ligne ont été autorisés par le BMJ Publishing Group Ltd le 22 février 2013. Ce dernier conserve l'intégralité des droits d'auteurs. Traduction réalisée sans soutien financier.

☆☆☆ Toute référence au présent document doit être libellée « Janssens JP, Borel JC, Pepin JL pour le groupe SomnoVNI. Monitoring nocturne de la ventilation non invasive à domicile : l'apport d'outils simples tels que l'oxymétrie de pouls, la capnographie, les logiciels intégrés des ventilateurs et les marqueurs autonomiques de fragmentation du sommeil. Rev Mal Respir 2013, <http://dx.doi.org/10.1016/j.rmr.2013.08.003> ». Il est impératif de systématiquement co-citer la version originale dans le texte, sous la forme : « Janssens JP, Borel JC, Pepin JL on behalf of the SomnoNIV Group. Monitoring of home non-invasive ventilation: Contribution of capnography, built-in software and autonomic markers of sleep fragmentation. Thorax 2011;66:438–45 ».

◇ This text is the French translation of the following article: Janssens JP, Borel JC, Pepin JL on behalf of the SomnoNIV Group. Monitoring of home non-invasive ventilation: Contribution of capnography, built-in software and autonomic markers of sleep fragmentation. Thorax 2011;66:438–45. Translation: Rouault S. Reviewing and editing: Janssens JP.

◇◇ This French translation, its publication in the *Revue des Maladies Respiratoires* and on www.rev-mal-respir.com have been authorized by the BMJ Publishing Group Ltd on February 22, 2013. The BMJ Publishing Group Ltd keeps the entire copyright of this publication. This translation has been performed with no financial support.

0761-8425/\$ – see front matter © 2013 SPLF. Publié par Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.rmr.2013.08.003>

Pour citer cet article : Janssens J-P, et al. Monitoring nocturne de la ventilation non invasive à domicile : l'apport d'outils simples tels que l'oxymétrie de pouls, la capnographie, les logiciels intégrés des ventilateurs et les marqueurs autonomiques. . . . *Revue des Maladies Respiratoires* (2013), <http://dx.doi.org/10.1016/j.rmr.2013.08.003>

^a Centre antituberculeux, division of pulmonary diseases, Geneva university hospital, rue Gabrielle Perret-Gentil 4, 1211 Geneva 14, Suisse

^b Laboratoire du sommeil, CHU de Grenoble, BP 217X, 38043 Grenoble cedex, France

^c Association médico-technique Agir à dom, 29-31, boulevard des Alpes, 38240 Meylan, France

Reçu le 13 mars 2013 ; accepté le 26 mai 2013

MOTS CLÉS

Ventilation non invasive ;
Monitoring ;
Capnographie ;
Oxymétrie ;
Marqueurs autonomiques

KEYWORDS

Non-invasive ventilation;
Monitoring;
Capnography;
Pulse-oximetry;
Autonomic markers

Résumé Des événements respiratoires complexes, qui peuvent avoir un effet délétère à la fois sur la qualité du sommeil et sur le contrôle de l'hypoventilation nocturne, surviennent durant le sommeil chez des patients traités par ventilation non invasive (VNI). Parmi ces événements il y a les asynchronies patient-ventilateur, les augmentations de résistance des voies aériennes supérieures (avec ou sans augmentation de la commande ventilatoire) et les fuites. La détection de ces événements est importante afin de sélectionner les réglages et l'interface les plus appropriés. Des outils simples peuvent apporter une information importante pour le monitoring de la VNI. L'oxymétrie de pouls permet de s'assurer qu'une saturation adéquate en oxygène est obtenue et détecte des désaturations prolongées ou courtes et récurrentes. Cependant, la spécificité des tracés d'oxymétrie de pouls est basse. La capnographie transcutanée aide à différencier une hypoxémie liée à des anomalies du rapport ventilation/perfusion d'une hypoventilation. Les données fournies par le logiciel du ventilateur informent notamment sur la ventilation, le volume courant, les fuites, bien qu'une validation indépendante de ces signaux soit indiquée. Enfin, des marqueurs autonomiques tels que l'amplitude de l'onde de pouls du signal de l'oxymétrie peuvent apporter une information fiable sur la fragmentation du sommeil. © 2013 SPLF. Publié par Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés.

Summary Complex respiratory events, which may have a detrimental effect on both quality of sleep and control of nocturnal hypoventilation, occur during sleep in patients treated by non-invasive ventilation (NIV). Among these events are patient-ventilator asynchrony, increases in upper airway resistance with or without increased respiratory drive, and leaks. Detection of these events is important in order to select the most appropriate ventilator settings and interface. Simple tools can provide important information when monitoring NIV. Pulse-oximetry is important to ensure that an adequate SpO₂ is provided, and to detect either prolonged or short and recurrent desaturations. However, the specificity of pulse-oximetry tracings under NIV is low. Transcutaneous capnography discriminates between hypoxemia related to V/Q mismatch and hypoventilation, documents correction of nocturnal hypoventilation, and may detect ventilator-induced hyperventilation, a possible cause for central apnea/hypopnea and glottic closure. Data provided by ventilator software helps the clinician by estimating ventilation, tidal volume, leaks, rate of inspiratory or expiratory triggering by the patient, although further validation of these signals by independent studies is indicated. Finally, autonomic markers of sympathetic tone using signals such as pulse wave amplitude of the pulse-oximetry signal can provide reliable information of sleep fragmentation. © 2013 SPLF. Published by Elsevier Masson SAS. All rights reserved.

Introduction

Le but de la ventilation non invasive (VNI) à domicile est de corriger l'hypoventilation diurne et nocturne et les symptômes associés et d'assurer une saturation nocturne adéquate en oxygène mesurée par l'oxymétrie de pouls (SpO₂). Durant le sommeil, des événements respiratoires spécifiques peuvent survenir résultant à la fois des changements physiologiques liés au sommeil et de l'utilisation de la VNI [1]. Parmi ces événements, décrits dans un autre article de cette série [2], il y a : les fuites répétées, la présence d'une instabilité des voies aériennes supérieures et d'événements obstructifs résiduels, les diminutions récurrentes de la commande ventilatoire avec ou sans fermeture de glotte et les asynchronies patient-ventilateur. Une

◇◇◇ Any reference to this document should be written as follows: Janssens JP, Borel JC, Pepin JL pour le groupe SomnoVNI. Monitoring nocturne de la ventilation non invasive à domicile : l'apport d'outils simples tels que l'oxymétrie de pouls, la capnographie, les logiciels intégrés des ventilateurs et les marqueurs autonomiques de fragmentation du sommeil. Rev Mal Respir 201X;XX:XX-XX. It is mandatory to also cite the original paper in the text as follows: Janssens JP, Borel JC, Pepin JL on behalf of the SomnoNIV Group. Monitoring of home non-invasive ventilation: Contribution of capnography, built-in software and autonomic markers of sleep fragmentation. Thorax 2011;66:438-45.

* Auteur correspondant.

Adresse e-mail : jean-paul.janssens@hcuge.ch (J.-P. Janssens).

Pour citer cet article : Janssens J-P, et al. Monitoring nocturne de la ventilation non invasive à domicile : l'apport d'outils simples tels que l'oxymétrie de pouls, la capnographie, les logiciels intégrés des ventilateurs et les marqueurs autonomiques. . . . Revue des Maladies Respiratoires (2013), <http://dx.doi.org/10.1016/j.rmr.2013.08.003>

stratégie appropriée pour monitorer ces événements est nécessaire. Les outils de monitoring peuvent se limiter à la reconnaissance de leurs conséquences: désaturation en oxygène ou augmentation de la pression transcutanée en dioxyde de carbone (PtcCO₂). La dernière génération de ventilateurs de domicile [3] est souvent équipée de logiciels sophistiqués capable d'enregistrer une large gamme de paramètres sur plusieurs mois, et donc d'offrir au clinicien une information sur des items tels que l'observance et les fuites, parmi beaucoup d'autres paramètres respiratoires.

Cette revue décrit les apports, les limites et les pièges de l'évaluation non invasive de la VNI pendant le sommeil au travers d'outils simples comme l'oxymétrie de pouls simple ou combinée à la capnographie, les logiciels intégrés des ventilateurs et les marqueurs autonomiques de la fragmentation du sommeil. Des évaluations plus complexes et plus complètes peuvent être réalisées à l'aide d'enregistrements polygraphiques ou polysomnographiques qui seront discutés dans un prochain article de cette série [2].

Oxymétrie de pouls et ventilation non invasive

La désaturation nocturne en oxygène est considérée comme un des déterminants majeurs des effets cardiovasculaires et neurocognitifs néfastes survenant au cours de l'insuffisance respiratoire chronique et du syndrome d'apnées du sommeil [4–6]. L'oxymétrie de pouls présente des avantages – simplicité, mise en place et réponse rapides (secondes) –, mais aussi des inconvénients: artefacts liés au mouvement et sensibilité à la perfusion. L'information fournie par l'oxymétrie de pouls dépend aussi du matériel utilisé et de ses réglages, en particulier le temps de moyennage du signal: l'amplitude des désaturations diminue quand le temps de moyennage augmente et cela influence la sensibilité de la technique. Dans le domaine des apnées du sommeil, il a été montré que le nombre d'hypopnées associées à des désaturations $\geq 4\%$ pouvait être significativement modifié suivant le matériel utilisé et que cela pouvait avoir un impact sur les décisions cliniques [7]. La fréquence d'échantillonnage (en moyenne 25 fois par seconde) et le temps de moyennage du signal peuvent varier considérablement entre deux appareils (des écarts de 2 à 21/s ont été rapportés). La nouvelle génération d'oxymètres de pouls moyenne généralement les signaux de SpO₂ sur une période < 10 s; un moyennage ultra rapide du signal améliore aussi la détection des artefacts liés au mouvement, qui peuvent être assez fréquents chez les sujets avec des troubles respiratoires du sommeil [8,9]. L'exactitude des mesures de SpO₂ rapportée dans les études de sommeil est de 2–6% comparée à la mesure de la saturation en hémoglobine sur du sang artériel, ceci pour des valeurs comprises entre 75 et 100%. Pour des valeurs $> 90\%$, l'exactitude des données de la SpO₂ est de $\pm 2\%$; à des valeurs $< 80\%$ cependant, l'exactitude peut diminuer considérablement avec une tendance à la sous-estimation.

La SpO₂ est évidemment un élément important pour monitorer les patients ventilés à domicile. En respiration spontanée, il a été suggéré que l'oxymétrie de pouls peut spécifiquement identifier les troubles respiratoires

survenant pendant le sommeil [10], mais les aspects des désaturations ne pourraient pas différencier spécifiquement les événements centraux des obstructifs [11]. Chez les patients en VNI nocturne, les variations de la SpO₂ devraient être interprétées plus prudemment. En effet, les tracés d'oxymétrie de pouls nocturnes en VNI peuvent montrer une large variété d'événements. La limitation principale de la technique est l'absence de spécificité des variations de SpO₂. Des désaturations récurrentes peuvent, par exemple, refléter une instabilité des voies aériennes supérieures et des événements obstructifs résiduels, des baisses de la commande ventilatoire avec ou sans fermeture glottique, ou des fuites répétées interrompues par des microéveils. Des événements centraux comme des diminutions de la commande ventilatoire avec ou sans fermeture glottique peuvent être des événements insuffisamment corrigés par la VNI chez des sujets avec un syndrome d'apnées centrales du sommeil ou induits par la ventilation elle-même (Fig. 1A) [12,13]. Pendant la respiration spontanée, des désaturations prolongées peuvent refléter un déséquilibre du rapport ventilation/perfusion (V/Q) au cours de troubles obstructifs ou restrictifs sévères, un déséquilibre V/Q position-dépendant d'une obésité sévère ou la persistance d'une hypoventilation alvéolaire. Des désaturations prolongées (10–30 min) avec une accélération simultanée de la fréquence cardiaque survenant à peu près toutes les 90–120 min pendant la nuit sont aussi typiques de l'hypoventilation du REM. Chez les patients ventilés, cependant, le même aspect peut aussi résulter de fuites prolongées ou d'une aide inspiratoire insuffisante indépendamment du stade de sommeil (Fig. 1B). De plus, chez les sujets avec une supplémentation en oxygène, l'oxymétrie de pouls n'est pas fiable pour la détection de l'hypoventilation [14]. En dépit de ces limitations, l'oxymétrie de pouls est un outil de dépistage valable pour des patients en ventilation à domicile qui n'ont pas de problème évident en rapport avec la VNI et qui ne reçoivent pas de supplémentation en oxygène. Parmi les avantages de la technique, il y a le faible coût, la facilité de l'interprétation basique, la possibilité de l'utiliser en télé-médecine et d'envoyer le matériel et les enregistrements par courrier [15].

Des microéveils sont associés à des augmentations momentanées de l'activité sympathique [16]. Une large gamme de paramètres physiologiques comme la fréquence cardiaque, la pression sanguine, le temps de transit du pouls et l'amplitude de l'onde de pouls sont liés au tonus sympathique et ont été utilisés comme des méthodes indirectes de dépistage de la fragmentation du sommeil. L'amplitude de l'onde de pouls (AOP) mesurée par photopléthysmographie peut facilement être enregistrée avec des oxymètres de pouls conventionnels (Fig. 2). Les réponses vasoconstrictrices périphériques associées aux microéveils sont identifiables visuellement par de nettes réductions de l'AOP (Fig. 2) [17]. Donc, un simple enregistrement oxymétrique pendant la VNI peut apporter une information non seulement sur les désaturations résiduelles en oxygène mais aussi sur la fragmentation du sommeil.

Il est intéressant de constater qu'il n'y a pas de directive sur ce qui devrait être considéré comme satisfaisant en termes d'oxygénation nocturne pendant la VNI à domicile; cependant, le maintien d'une SpO₂ nocturne adéquate diminue très probablement l'hypertension artérielle pulmonaire

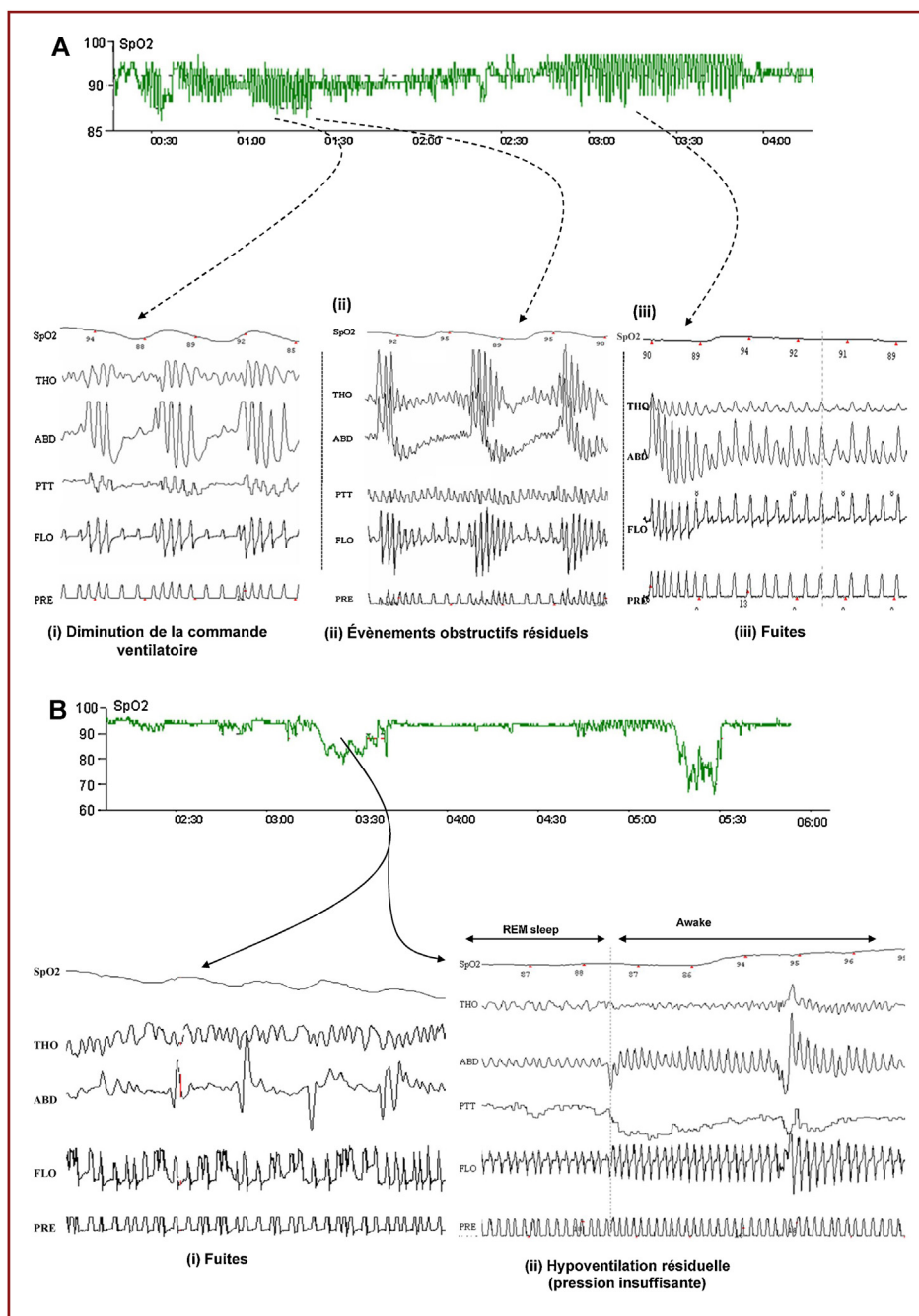


Figure 1. Interprétation des tracés de saturation en oxygène mesurée par oxymétrie de pouls (SpO₂) chez des patients sous ventilation non invasive (VNI). A. Oscillations récurrentes de la SpO₂ chez des patients traités par VNI. Cet aspect est sensible mais pas spécifique et peut être associé à (i) des événements centraux résultant d'une instabilité respiratoire sous VNI, (ii) des événements obstructifs persistants dans les voies aériennes supérieures, (iii) des fuites non intentionnelles intermittentes. B. Désaturations persistantes pendant la VNI (> 10 min). Cet aspect non spécifique peut résulter d'une hypoventilation résiduelle ou de fuites non intentionnelles prolongées.

secondaire, améliore la fonction des muscles respiratoires et, chez les patients avec une hypoxémie diurne, la survie. Comme démontré par Langevin et al. [18] la SpO₂ est un élément-clé du monitoring de la ventilation nasale ; sans au moins un contrôle adéquat de l'oxygénation, les réglages du ventilateur ne peuvent être admis comme corrects. Un but raisonnable est d'ajuster les réglages du ventilateur pour obtenir une SpO₂ moyenne nocturne $\geq 90\%$, avec < 10% du temps total d'enregistrement < 90% après correction des

fuites [19]. La supplémentation en oxygène devrait être fournie seulement en cas de déséquilibre de V/Q incomplètement traité par la VNI.

Bien que l'oxymétrie nocturne de pouls associée à la gazométrie artérielle diurne soit souvent utilisée comme la seule évaluation de la VNI à domicile, la gazométrie artérielle diurne peut mal refléter les valeurs nocturnes de la pression artérielle en gaz carbonique (PaCO₂) [20,21] et une SpO₂ moyenne acceptable peut être associée à

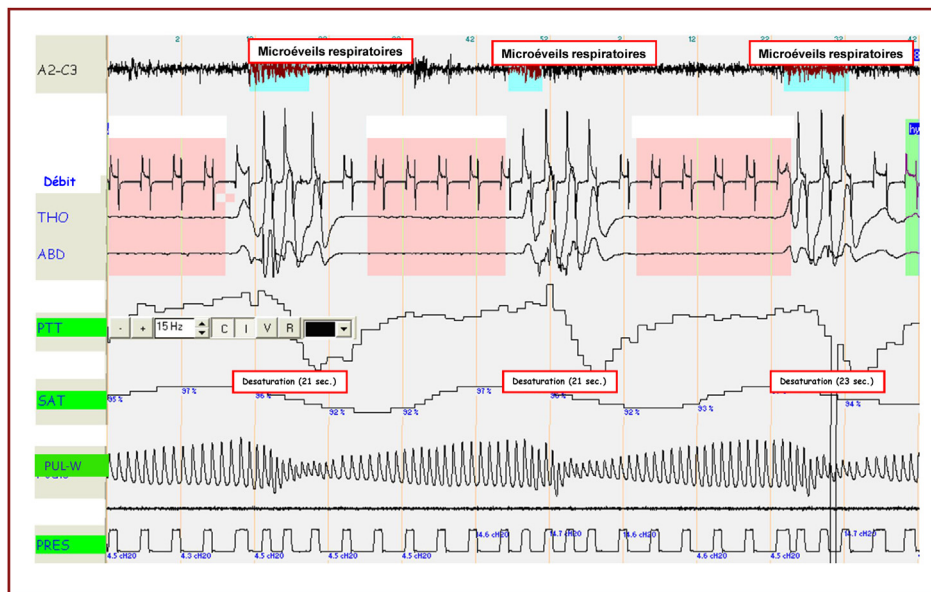


Figure 2. Évaluation indirecte de la fragmentation du sommeil sous ventilation non invasive (VNI) utilisant les variations de l'amplitude de l'onde pouls (AOP). L'AOP mesurée par photopléthysmographie peut facilement être enregistrée avec les oxymètres de pouls conventionnels. De haut en bas : EEG, débit, mouvements thoraciques (THO) et abdominaux (ABD), temps de transit du pouls (PTT), SpO₂ (SAT), AOP (PULW) et pression au masque (PRES). Le tracé montre des microéveils respiratoires terminant des épisodes récurrents de fermeture de glotte, entraînant des désaturations passagères chez un patient traité par VNI avec simultanément des réductions marquées de l'AOP.

d'importants événements respiratoires nocturnes ou à un mauvais contrôle de l'hypoventilation nocturne [22]. Donc, l'étude des tracés d'oxymétrie est importante pour la détection des événements respiratoires nocturnes. Cependant, la seule manière de déterminer si les baisses de SpO₂ moyenne ou les désaturations prolongées sont liées à un déséquilibre V/Q ou à une hypoventilation est donc la mesure du dioxyde de carbone nocturne. Pour résumer, l'oxymétrie de pouls (comprenant l'étude visuelle des tracés) devrait être utilisée comme outil de dépistage pour les patients stables ventilés à domicile sans supplémentation d'oxygène pour identifier et exclure les patients qui ne nécessitent pas d'investigations plus détaillées, coûteuses et chronophages (Fig. 3). Des études supplémentaires sont, cependant, nécessaires pour déterminer la procédure la plus rentable entre la polygraphie ou la polysomnographie systématiques ou l'utilisation de l'oxymétrie comme outil de dépistage pour éviter des procédures plus coûteuses chez des patients avec des tracés normaux de saturation artérielle en oxygène (SaO₂).

Évaluation non invasive de la pression artérielle nocturne en dioxyde de carbone

L'évaluation de la PaCO₂ est essentielle pour estimer l'efficacité de la ventilation alvéolaire au cours du monitoring des patients sous VNI. Jusqu'à présent, le prélèvement répété de sang artériel demeure « l'étalon-or » pour l'estimation de l'efficacité de l'aide ventilatoire. Cependant, des prélèvements répétés de sang artériel ne sont pas un contrôle fiable de l'hypoventilation nocturne parce que le patient sera habituellement éveillé. La cathétérisation artérielle nécessite un équipement coûteux, un personnel

entraîné et, dans la plupart des cas, l'environnement d'une unité de soins intensifs. De plus, des prélèvements artériels répétés ou une cathétérisation artérielle sont des sources supplémentaires d'inconfort pour le patient et ne sont pas appropriés à une évaluation de routine chez des patients stables. L'approche la plus simple est la mesure de la PaCO₂ par prélèvement artériel de fin de nuit pour documenter les augmentations de PaCO₂ au réveil. Cependant, le sang est le plus souvent prélevé après le réveil et donc après une courte période de ventilation adaptée. Dans ces conditions, une PaCO₂ matinale normale n'est pas en fait le reflet de l'évolution anormale de la PaCO₂ au cours de la nuit [20,21]. L'évaluation non invasive de la PaCO₂ peut être réalisée par la mesure de la pression transcutanée du dioxyde de carbone (PtcCO₂) ou par le pic de dioxyde de carbone expiré (PETCO₂).

Pic de dioxyde de carbone expiré

Des appareils portables simples sont disponibles pour la mesure du PETCO₂. Cependant, le PETCO₂ est un mauvais indice de la PaCO₂. La relation entre la PaCO₂ et le PETCO₂ dépend de l'espace mort physiologique (V_D) et du mode ventilatoire du patient (volume courant, V_C): PETCO₂ = PaCO₂ (1 - V_D/V_C). La relation entre PaCO₂ et PETCO₂ dépend donc du type et de l'étendue de l'anomalie parenchymateuse sous-jacente. Puisque le V_C diminue physiologiquement pendant le sommeil, le gradient (PaCO₂ - PETCO₂) augmente pendant les examens de sommeil en raison d'un rapport V_D/V_C plus élevé. De plus, chez la plupart des patients sous VNI, la ventilation n'est pas homogène et le CO₂ expiré n'atteint pas un plateau adéquat. Le PETCO₂ n'est donc pas fiable chez les patients avec une insuffisance respiratoire chronique, en particulier avec

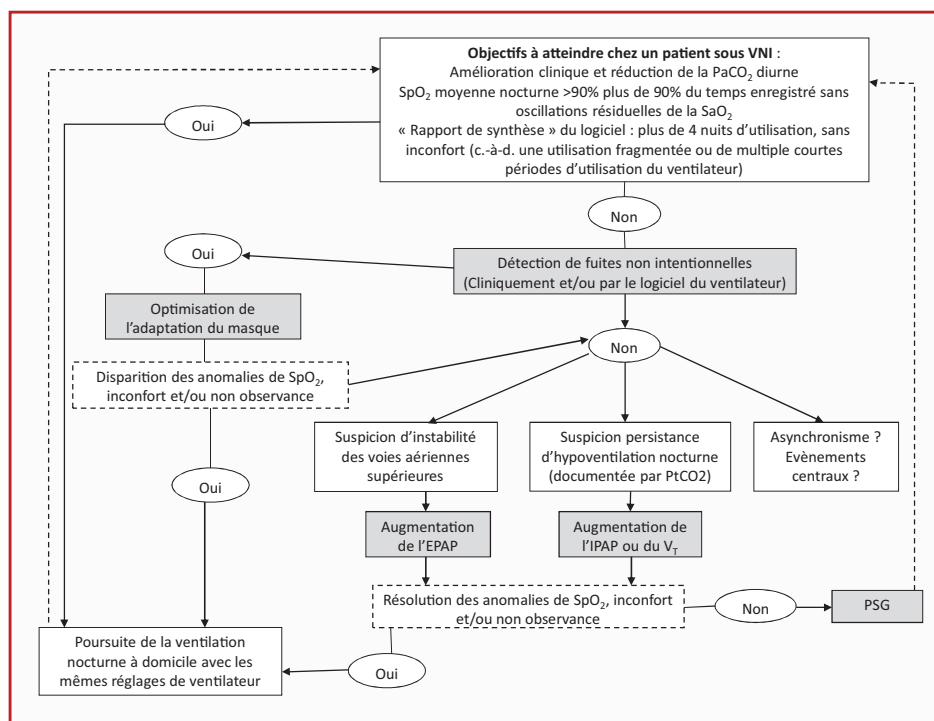


Figure 3. Proposition d’algorithme pour le monitoring de la ventilation non invasive (VNI) pendant le sommeil. IPAP : pression inspiratoire positive ; PaCO₂ : pression artérielle en dioxyde de carbone ; PtCO₂ : pression transcutanée du dioxyde de carbone ; SaO₂ : saturation artérielle en oxygène ; SpO₂ : saturation mesurée par l’oxymétrie de pouls ; Vt : volume courant.

une broncho-pneumopathie chronique obstructive (BPCO) ; il est techniquement difficile à mesurer avec le débit continu à l’intérieur du masque en rapport avec la ventilation à deux niveaux de pression.

En résumé, en raison des limitations en rapport avec les pathologies sous-jacentes et des problèmes supplémentaires induits par les fuites non intentionnelles associées à la ventilation nasale, les mesures de PETCO₂ ne sont pas fiables et ne devraient pas être utilisées dans le monitoring nocturne de ces patients.

Mesure transcutanée du dioxyde de carbone

Contexte technique

La mesure transcutanée du CO₂ apparaît en théorie plus adaptée au monitoring de la PaCO₂. Cette mesure est basée sur l’observation que le CO₂ a une grande solubilité tissulaire et diffuse facilement à travers la peau. La plupart des capnomètres utilisent l’électrode de Severinghaus [23]. En bref, elle comporte une électrode de verre sensible au pH, une électrode de référence en argent/chlorure d’argent et un système de chauffage ; les électrodes baignent dans une solution électrolytique qui est recouverte d’une membrane de Teflon perméable au gaz. La collerette du capteur chauffe la peau, ce qui induit une hyperémie locale qui augmente la perméabilité de la peau à la diffusion du gaz et « artérialise » le sang capillaire pour obtenir des résultats de PETCO₂ plus proches des valeurs de la PaCO₂ sans provoquer de réactions locales cutanées ou des brûlures de peau. Le CO₂ diffuse à partir de la peau au travers de la membrane. Il réagit avec l’eau, forme H₂CO₃ qui, à son tour, se dissocie en H⁺ et HCO₃⁻ ; la production d’H⁺ modifie le pH

de la solution électrolytique. Les changements de pH sont liés à la PtcCO₂ selon l’équation d’Henderson-Hasselbach. Le signal produit est la différence de voltage entre l’électrode de pH et l’électrode de référence argent/chlorure d’argent. Les valeurs de PtcCO₂ données par le capteur reflètent les facteurs correctifs utilisés par le logiciel du système pour compenser à la fois la température du patient et celle du capteur.

Les enregistrements continus de la PtcCO₂ montrent une bonne corrélation avec les mesures artérielles même si de hauts niveaux de PaCO₂ peuvent augmenter l’écart PaCO₂/PtcCO₂ [24]. Une limitation de cette technique est la nécessité d’une recalibration périodique et le changement des membranes afin d’assurer une précision suffisante des mesures transcutanées, bien que ces limitations aient été grandement améliorées dans les appareils récents. Une dérive des capteurs a été aussi rapportée au cours des enregistrements nocturnes. Une compensation de cette dérive a été proposée en utilisant une interpolation linéaire, mais cela requiert deux mesures artérielles de PaCO₂ (au début et à la fin de l’enregistrement de PtcCO₂).

Utilisation de la pression transcutanée du dioxyde de carbone dans le monitoring de la VNI

Il est important de signaler que la bonne corrélation entre les mesures de PaCO₂ et de PtcCO₂ est préservée chez les patients traités par pression positive continue (PPC) ou aide inspiratoire (AI) [24–26]. L’enregistrement de la PtcCO₂ est aussi valable chez les sujets obèses [27]. Une étude a montré que, pendant la VNI, les enregistrements de

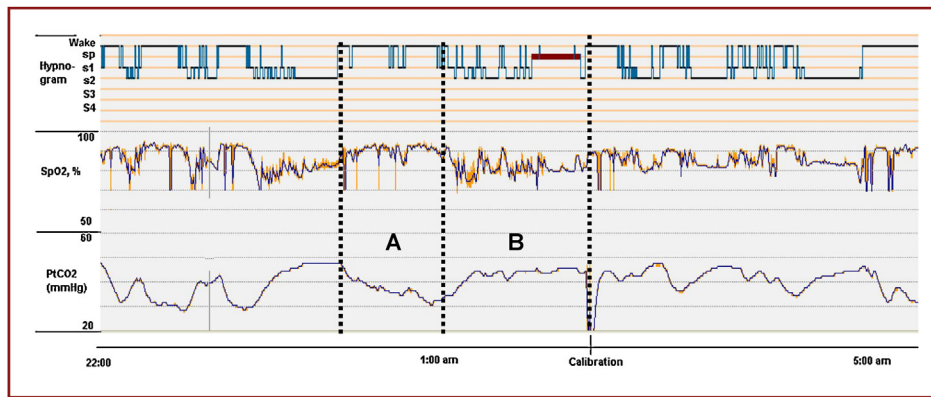


Figure 4. Mesure transcutanée du dioxyde de carbone (Pt CO₂) pendant la nuit chez un patient ventilé. Noter la normalisation de la Pt CO₂ (A) pendant les périodes d'éveil versus (B) l'hypoventilation en rapport avec des fuites continues majeures pendant le sommeil. SpO₂, saturation en oxygène mesurée par l'oxymètre de pouls.

PtcCO₂ pouvaient être réalisés en continu pendant 8 h à une température de 43 °C sans inconfort local ou dérive significative du signal [25]. Des appareils plus récents associant des capteurs de PtcCO₂ et de SpO₂ pour le lobe de l'oreille et validés en aigu et en chronique sont conçus pour des périodes d'enregistrement de plus de 8 h sans avoir besoin de recalibration et peuvent être utilisés en routine (Fig. 4) [26,28,29].

Évaluer la PtcCO₂ toute la nuit est essentiel pour estimer la correction de l'hypoventilation nocturne par la VNI ou pour identifier des périodes d'hyperventilation conduisant à une instabilité ventilatoire et, potentiellement, à des événements centraux avec ou sans fermeture glottique [12,13,30]. Cependant, tous les capteurs de PtcCO₂ ont un délai de réaction (approximativement 2 min) qui exclut le monitoring de changements rapides de PaCO₂ comme ceux qui peuvent être associés à des apnées ou des hypopnées récurrentes ou à des fuites brèves [31].

En résumé, la PtcCO₂ nocturne devrait être considérée comme un outil non invasif fiable pour monitorer la PaCO₂ nocturne des patients traités par VNI au long cours. Les limitations de cette technique sont le coût des appareils, l'augmentation des écarts entre les valeurs artérielles et transcutanées à des hauts niveaux de PaCO₂ [24] et la survenue occasionnelle de valeurs erronées inexplicables. Les appareils récents sont, malgré tout, faciles à utiliser avec des logiciels conviviaux et peuvent être connectés à des logiciels de polysomnographes. Enfin, la PtcCO₂ nocturne révèle la survenue d'épisodes d'hypoventilation mais ne donnent pas d'information sur leur cause (par ex., des réglages inappropriés, des fuites).

Données disponibles sur les machines de VNI

La plupart des concepteurs et fabricants de machine de VNI ont incorporé des capteurs de débit et de pression et la possibilité de conserver les données brutes de ces paramètres au long cours. Des logiciels spécifiques permettent aux prestataires de domicile et aux cliniciens de télécharger ces données sur un ordinateur personnel.

Les données téléchargées peuvent être réparties en trois catégories. La première est un rapport de synthèse (c'est-à-dire, la tendance de chaque paramètre enregistrée pendant une période donnée). En fonction des fabricants et des machines (Tableau 1), la compliance, les réglages, les estimations (pas les valeurs absolues) des fuites, le volume courant, la fréquence respiratoire, la ventilation minute et les cycles respiratoires déclenchés par le patient sont fournis. La seconde catégorie est une analyse des données détaillées dans laquelle les données brutes d'un paramètre donné peuvent être analysées cycle par cycle, et la troisième catégorie est une analyse polygraphique des données. Dans ce cas, en ajoutant un module externe connecté à la machine, des paramètres physiologiques comme la saturation en oxygène, la fréquence cardiaque et l'effort respiratoire peuvent être enregistrés et affichés en plus des signaux déjà conservés par l'appareil.

Il y a de grandes différences dans les paramètres fournis par les divers logiciels. Cela reflète le fait que les paramètres pertinents pour monitorer la VNI n'ont pas encore été clairement définis par les cliniciens et que les recommandations dans ce domaine devraient être proposées par les sociétés scientifiques. Deuxièmement, la validité de plusieurs paramètres estimés par les appareils de VNI (ventilation minute, Vc, index d'apnées-hypopnées) doit être davantage confirmée par des études indépendantes cliniques et/ou des tests sur banc. En l'absence d'une telle validation, les informations fournies devraient seulement être considérées comme des indicateurs de tendances sans aucune garantie quant à la linéarité des estimations produites.

Compliance et profil d'utilisation quotidienne du ventilateur

Le dossier médical est souvent peu fiable dans l'évaluation de la compliance sous VNI et les données enregistrées dans le ventilateur sont donc utiles pour estimer l'utilisation moyenne quotidienne et aussi pour documenter des aspects spéciaux de l'utilisation du ventilateur qui peuvent suggérer des réglages inappropriés et un inconfort du patient (par ex.,

Tableau 1 Résumé des données disponibles à partir des logiciels intégrés des ventilateurs de domicile.

Appareil	Logiciel	Données de synthèse	Données détaillées	Données polygraphiques
VPAP III ST (A) VPAP IV ST <i>ResMed</i>	ResScan 3.10	Compliance, réglages du ventilateur, V _E , V _c , FR, fuites, IAH résiduel	V _E , FR, fuites, IAH résiduel et débit cycle par cycle pour VPAP IV	Enregistrement simultané de la SpO ₂ et de la fréquence cardiaque (disponible avec un module additionnel : Reslink)
HARMONY SYNCHRONY <i>Philips/ Respironics</i>	Encore Pro 2	Compliance, réglages du ventilateur, V _E , V _c , FR, fuites, débit, nombre total d'apnées, alarmes	V _E , V _c , FR, fuites, débit (affichage cycle par cycle possible avec module additionnel Alice PDX)	Enregistrement simultané de la SpO ₂ , de la fréquence cardiaque et de l'effort respiratoire (disponible avec module additionnel Alice PDX)
Trilogy <i>Philips/ Respironics</i>	Direct view	Compliance, réglages du ventilateur, V _E , V _c , FR, fuites, débit, nombre total d'apnées, alarmes	V _E , V _c , FR, fuites, pression, débit (affichage cycle par cycle) et alarmes	
VENTIMOTION <i>Weinmann</i>	Ventisupport	Compliance, réglages du ventilateur, V _E , V _c , FR, fuites, débit, temps inspiratoire/temps total, alarmes	Pression, débit, niveau de fuites	Pression, débit et fuites peuvent être transférés sur n'importe quel polygraphe avec l'« Analogbox-Weinmann »
GK425 <i>Tycohealthcare</i>	Silverlining 3	Compliance, réglages du ventilateur, FR, pression	ND	
SMARTAIR, SMARTAIR+ LEGENDAIR, SUPPORTAIR <i>Airox-Covidien</i>	Airox Com 3.5.1	Compliance, réglages du ventilateur, alarmes techniques et alarmes de ventilation	V _c , FR, temps inspiratoire/temps total, fuites, courbes pression/temps et débit/temps (l'affichage direct ou différé cycle par cycle requiert une connexion à un PC pendant que le patient est sous VNI)	Enregistrement simultané de la SpO ₂ disponible avec le monitoring SUPPORTAIR de la SpO ₂
Monnal T30 ALMS	Bora Soft V.6	Compliance, réglages du ventilateur, V _E , V _c , FR, fuites	ND	
VS III, VS INTEGRA <i>ResMed</i>	Easydiag 2	Compliance, réglages du ventilateur, V _E , V _c , FR, fuites	V _E , V _c , FR, fuites (affichage possible direct ou différé cycle par cycle)	

Pour citer cet article : Janssens J-P, et al. Monitoring nocturne de la ventilation non invasive à domicile : l'apport d'outils simples tels que l'oxymétrie de pouls, la capnographie, les logiciels intégrés des ventilateurs et les marqueurs autonomiques. . . . Revue des Maladies Respiratoires (2013), <http://dx.doi.org/10.1016/j.rmr.2013.08.003>

Tableau 1 (Suite)

Appareil	Logiciel	Données de synthèse	Données détaillées	Données polygraphiques
ELISÉE 150 <i>ResMed</i>	Easyview 150 (2.11)	Compliance, réglages du ventilateur, V_E , V_C , FR, fuites	V_E , V_C , FR, fuites (affichage direct possible cycle par cycle quand le patient est sous VNI)	
VIVO 30–40 <i>Breas</i>	Vivo PS software 3	Compliance, réglages du ventilateur, V_E , V_C , FR, fuites, débit, alarmes	Pression, débit, V_C , fuites (affichage possible direct ou différé cycle par cycle)	
VIVO 50 <i>Breas</i>	VIVO 50 PC software	Compliance, réglages du ventilateur, V_E , V_C , FR, fuites, débit, alarmes	Pression, débit, V_C , fuites (affichage possible direct ou différé cycle par cycle)	

IAH : estimation de l'index d'apnées-hypopnées sous VNI (IAH résiduel) ; ND : non disponible ; VNI : ventilation non invasive ; FR : fréquence respiratoire mesurée par le ventilateur ; V_E : estimation de la ventilation minute ; V_C : estimation du volume courant.

Pour citer cet article : Janssens J-P, et al. Monitoring nocturne de la ventilation non invasive à domicile : l'apport d'outils simples tels que l'oxymétrie de pouls, la capnographie, les logiciels intégrés des ventilateurs et les marqueurs autonomiques. . . . Revue des Maladies Respiratoires (2013), <http://dx.doi.org/10.1016/j.rmr.2013.08.003>

une utilisation nocturne fragmentée, de multiples courtes périodes d'utilisation du ventilateur).

Volume courant

Le Vc rapporté par le logiciel du ventilateur est un indicateur de l'efficacité de la ventilation bien que d'une précision variable en raison des fuites. En moyenne, la cible pour le Vc est ≈ 10 mL/kg, en prenant en compte le poids corporel idéal [32]. Une grande variabilité du Vc peut suggérer des fuites ou une respiration périodique, spontanée ou induite par le ventilateur.

Fréquence respiratoire et pourcentage de cycles respiratoires spontanés versus imposés

L'analyse de la fréquence respiratoire (FR) permet une estimation de la différence entre FR spontanée et la FR de rattrapage réglée. En effet, le ventilateur détecte les respirations déclenchées soit par le patient soit par le ventilateur (les efforts inspiratoires non récompensés ne sont pas reportés bien que certains puissent être détectés au travers de l'analyse des courbes détaillées de débit si elles sont disponibles). Si une FR de rattrapage élevée ou basse est préférable est sujet à débat. Restricks et al. [33] n'ont pas trouvé de différence en termes d'efficacité de ventilation (évaluée par la SpO₂ et la PtcCO₂) entre un mode spontané et une fréquence de rattrapage à 10/min. Inversement, Parreira et al. [34] ont trouvé qu'un mode contrôlé (FR de rattrapage à 17 ou 25/min) était plus efficace que le mode S. Dans beaucoup de centres la fréquence de rattrapage est habituellement réglée à approximativement deux respirations en dessous de la FR spontanée ; ceci peut facilement être ajusté en utilisant le monitoring de la FR par le ventilateur. Cependant, pour les patients avec des maladies neuromusculaires, « capturer » la fréquence respiratoire spontanée du patient est aussi une pratique commune. Le pourcentage de cycles respiratoires déclenchés par le patient est aussi une estimation qui devrait être interprétée avec précaution ; un faible pourcentage de cycles (spontanés) déclenchés peut être interprété soit par la « capture de la fréquence respiratoire du patient par le ventilateur » soit « par la non détection par le ventilateur des efforts inspiratoires du patient ».

Fuites : valeur moyenne et 95^e percentile

L'impact majeur des fuites sur l'efficacité de la ventilation et la qualité du sommeil et la fréquence avec laquelle des fuites importantes surviennent pendant la ventilation nasale chez des patients stables a bien été décrit [35–38]. Donc, la mesure des fuites est potentiellement un apport très utile à l'information recueillie par le logiciel du ventilateur, bien que les résultats doivent encore être validés de façon indépendante pour la plupart des appareils commercialisés.

Les valeurs sont données soit comme une estimation totale des fuites (dont les fuites intentionnelles à travers le masque doivent être soustraites) soit elles prennent en compte les fuites intentionnelles en enregistrant dans l'appareil le type de masque utilisé. Le seuil des valeurs considérées comme acceptables par les fabricants varie donc en fonction de la prise en compte ou non des fuites

intentionnelles. L'ajustement de l'interface et les réglages du ventilateur visent à maintenir les valeurs de fuite du 95^e percentile sous une valeur seuil prédéterminée. Rabec et al. ont récemment comparé les données fournies par un système commercialisé à celles enregistrées sur un banc test avec un pneumotachographe et ont créé des fuites ; les résultats étaient corrélés de façon hautement significative avec une déviation et des limites d'agrément basses [39].

Index d'apnées-hypopnées

Bien que donnés par le logiciel de plusieurs appareils différents, la signification réelle et la fiabilité de ces index d'apnées-hypopnées restent à déterminer. Dans la plupart des cas, les fabricants utilisent les mêmes algorithmes pour définir et reconnaître les événements que ceux développés pour leurs auto-PPC. Ceci est inapproprié et probablement grandement inexact pour les patients sous VNI.

Modules à canaux multiples intégrés

Certains ventilateurs à deux niveaux de pression peuvent être couplés à des modules à canaux multiples qui donnent des tendances de données sur la ventilation minute, la fréquence respiratoire, les fuites, la SpO₂ et la fréquence cardiaque. De tels modules obtiennent cette information à partir des signaux reçus dans le circuit respiratoire et demandent des connections supplémentaires à un oxymètre de pouls avec ou sans détecteur des mouvements respiratoires. Les données peuvent être stockées sur une carte mémoire et transférées à un ordinateur pour visualisation simultanée sur écran. Rabec et al. [39] ont utilisé un module commercialisé pour évaluer chez des patients cliniquement stables, ventilés à domicile si la ventilation était ou non efficace. Leurs critères pour définir l'échec de la ventilation étaient :

- une fuite > 24l/min pendant > 20% de la durée du tracé ;
- des désaturations prolongées (> 30% du tracé avec une SpO₂ < 90%), accompagnées ou non d'une réduction simultanée de la ventilation minute (réduction > 10% par rapport à la ligne de base) en l'absence de fuites significatives ;
- une durée totale des chutes de saturation (> 3%) pendant > 10% de la durée du tracé.

Chez les patients sous VNI au long cours, 53% des tracés étaient anormaux, l'anomalie la plus fréquemment retrouvée étant des fuites. De façon intéressante, ni le pH, ni la PaCO₂ n'étaient prédictifs d'enregistrements anormaux chez ces patients.

Conclusions

Des outils simples sont disponibles pour monitorer l'efficacité de la VNI au long cours. L'oxymétrie de pouls est l'approche la plus simple. C'est un indicateur rudimentaire des problèmes majeurs liés à la VNI mais il perd sa sensibilité chez les sujets avec supplémentation en oxygène. Les anomalies sur les tracés d'oxymétries de pouls ne sont pas spécifiques et ne permettent pas de distinguer, par exemple, un déséquilibre V/Q d'une hypoventilation alvéolaire. Cependant l'oxymétrie de pouls est un outil très utile de

dépistage chez les patients stables recevant une ventilation à domicile. En utilisant l'analyse de l'amplitude de l'onde de pouls, les enregistrements d'oxymétrie peuvent aussi fournir une évaluation indirecte de la fragmentation du sommeil sous VNI. La capnographie transcutanée est devenue une approche de routine dans de nombreux centres : c'est la seule méthode non invasive permettant d'évaluer la correction de l'hypoventilation nocturne. Les inconvénients sont le prix de l'équipement, des valeurs fausses occasionnelles inexplicables et un décalage de temps de plusieurs minutes ce qui rend l'analyse de très courts événements respiratoires impossible. Les logiciels intégrés des ventilateurs de domicile procurent des données très précieuses (fuites, mode ventilatoire, pourcentage d'inspirations et d'expirations spontanées, index d'apnées et d'hypopnées résiduels), bien que certains de ces signaux soient des estimations et doivent être validés de façon indépendante ; de plus la pertinence de certains signaux n'a pas encore été déterminée. Des approches combinées telles que des modules intégrés permettant l'enregistrement de multiples paramètres offre une voie très utile pour détecter les problèmes fréquents comme les fuites ou leur impact sur la SpO₂.

Déclaration d'intérêts

Les auteurs déclarent ne pas avoir de conflits d'intérêts en relation avec cet article.

Références

- [1] Elliott MW. Non-invasive ventilation during sleep: time to define new tools in the systematic evaluation of the technique. *Thorax* 2011;66:82–4.
- [2] Gonzalez-Bermejo J, Perrin C, Janssens JP, et al. Proposal for a systematic analysis of polygraphy or polysomnography for identifying and scoring abnormal events occurring during non-invasive ventilation. *Thorax* 2012;67:546–52.
- [3] Rabec C, Rodenstein D, Leger P, et al. Ventilator modes and settings during non-invasive ventilation: effects on respiratory events and implications for their identification. *Thorax* 2011;66:170–8.
- [4] Carroll N, Bain RJ, Smith PE, et al. Domiciliary investigation of sleep-related hypoxaemia in Duchenne muscular dystrophy. *Eur Respir J* 1991;4:434–40.
- [5] Punjabi NM, Newman AB, Young TB, et al. Sleep-disordered breathing and cardiovascular disease: an outcome-based definition of hypopneas. *Am J Respir Crit Care Med* 2008;177:1150–5.
- [6] Santos C, Braghiroli A, Mazzini L, et al. Sleep-related breathing disorders in amyotrophic lateral sclerosis. *Monaldi Arch Chest Dis* 2003;59:160–5.
- [7] Zafar S, Ayappa I, Norman RG, et al. Choice of oximeter affects apnea-hypopnea index. *Chest* 2005;127:80–8.
- [8] Giuliano KK, Higgins TL. New-generation pulse-oximetry in the care of critically ill patients. *Am J Crit Care* 2005;14:26–37.
- [9] McMorrow RC, Mythen MG. Pulse-oximetry. *Curr Opin Crit Care* 2006;12:269–71.
- [10] Pepin JL, Levy P, Lepaulle B, et al. Does oximetry contribute to the detection of apneic events? Mathematical processing of the SaO₂ signal. *Chest* 1991;99:1151–7.
- [11] Series F, Kimoff RJ, Morrison D, et al. Prospective evaluation of nocturnal oximetry for detection of sleep-related breathing disturbances in patients with chronic heart failure. *Chest* 2005;127:1507–14.
- [12] Parreira VF, Delguste P, Jounieaux V, et al. Glottic aperture and effective minute ventilation during nasal two-level positive pressure ventilation in spontaneous mode. *Am J Respir Crit Care Med* 1996;154:1857–63.
- [13] Parreira VF, Jounieaux V, Aubert G, et al. Nasal two-level positive pressure ventilation in normal subjects. Effects of the glottis and ventilation. *Am J Respir Crit Care Med* 1996;153:1616–23.
- [14] Fu ES, Downs JB, Schweiger JW, et al. Supplemental oxygen impairs detection of hypoventilation by pulse-oximetry. *Chest* 2004;126:1552–8.
- [15] Vitacca M, Bianchi L, Guerra A, et al. Tele-assistance in chronic respiratory failure patients: a randomised clinical trial. *Eur Respir J* 2009;33:411–8.
- [16] Pepin JL, Tamisier R, Borel JC, et al. A critical review of peripheral arterial tone and pulse transit time as indirect diagnostic methods for detecting sleep-disordered breathing and characterizing sleep structure. *Curr Opin Pulm Med* 2009;15:550–8.
- [17] Haba-Rubio J, Darbellay G, Herrmann FR, et al. Obstructive sleep apnea syndrome: effect of respiratory events and arousal on pulse wave amplitude measured by photoplethysmography in NREM sleep. *Sleep Breath* 2005;9:73–81.
- [18] Langevin B. Monitoring nasal ventilation. *Eur Respir Rev* 1993;3:260–5.
- [19] Gonzalez C, Ferris G, Diaz J, et al. Kyphoscoliotic ventilatory insufficiency: effects of long-term intermittent positive pressure ventilation. *Chest* 2003;124:857–62.
- [20] Janssens J, Héritier-Praz A, Staneczek O. Agreement between daytime measurement of arterial blood gases (ABG), nocturnal pulse-oximetry, and transcutaneous capnography in home mechanical ventilation. *Eur Respir J* 2002;20:1555.
- [21] Paiva R, Krivec U, Aubertin G, et al. Carbon dioxide monitoring during long-term non-invasive respiratory support in children. *Intensive Care Med* 2009;35:1068–74.
- [22] Guo YF, Sforza E, Janssens JP. Respiratory patterns during sleep in obesity-hypoventilation patients treated with nocturnal pressure support: a preliminary report. *Chest* 2007;131:1090–9.
- [23] Severinghaus J. Transcutaneous blood gas analysis. *Respir Care* 1982;27:152–9.
- [24] Cuvelier A, Grigoriu B, Molano LC, et al. Limitations of transcutaneous carbon dioxide measurements for assessing long-term mechanical ventilation. *Chest* 2005;127:1744–8.
- [25] Janssens JP, Perrin E, Bennani I, et al. Is continuous transcutaneous monitoring of PCO₂ (TcPCO₂) over 8 h reliable in adults? *Respir Med* 2001;95:331–5.
- [26] Senn O, Clarenbach CF, Kaplan V, et al. Monitoring carbon dioxide tension and arterial oxygen saturation by a single ear-lobe sensor in patients with critical illness or sleep apnea. *Chest* 2005;128:1291–6.
- [27] Maniscalco M, Zedda A, Faraone S, et al. Evaluation of a transcutaneous carbon dioxide monitor in severe obesity. *Intensive Care Med* 2008;34:1340–4.
- [28] Bendjelid K, Schutz N, Stotz M, et al. Transcutaneous PCO₂ monitoring in critically ill adults: clinical evaluation of a new sensor. *Crit Care Med* 2005;33:2203–6.
- [29] Parker SM, Gibson GJ. Evaluation of a transcutaneous carbon dioxide monitor ("TOSCA") in adult patients in routine respiratory practice. *Respir Med* 2007;101:261–4.
- [30] Jounieaux V, Aubert G, Dury M, et al. Effects of nasal positive pressure hyperventilation on the glottis in normal awake subjects. *J Appl Physiol* 1995;79:176–85.
- [31] Janssens JP, Howarth-Frey C, Chevrolet JC, et al. Transcutaneous PCO₂ to monitor non-invasive mechanical ventilation in adults: assessment of a new transcutaneous PCO₂ device. *Chest* 1998;113:768–73.

Pour citer cet article : Janssens J-P, et al. Monitoring nocturne de la ventilation non invasive à domicile : l'apport d'outils simples tels que l'oxymétrie de pouls, la capnographie, les logiciels intégrés des ventilateurs et les marqueurs autonomes. . . . *Revue des Maladies Respiratoires* (2013), <http://dx.doi.org/10.1016/j.rmr.2013.08.003>

- [32] Janssens JP, Derivaz S, Breitenstein E, et al. Changing patterns in long-term non-invasive ventilation: a 7-year prospective study in the Geneva Lake area. *Chest* 2003;123:67–79.
- [33] Restrick LJ, Fox NC, Braid G, et al. Comparison of nasal pressure support ventilation with nasal intermittent positive pressure ventilation in patients with nocturnal hypoventilation. *Eur Respir J* 1993;6:364–70.
- [34] Parreira VF, Delguste P, Jounieaux V, et al. Effectiveness of controlled and spontaneous modes in nasal two-level positive pressure ventilation in awake and asleep normal subjects. *Chest* 1997;112:1267–77.
- [35] Bach JR, Robert D, Leger P, et al. Sleep fragmentation in kyphoscoliotic individuals with alveolar hypoventilation treated by NIPPV. *Chest* 1995;107:1552–8.
- [36] Meyer TJ, Pressman MR, Benditt J, et al. Air leaking through the mouth during nocturnal nasal ventilation: effect on sleep quality. *Sleep* 1997;20:561–9.
- [37] Rabec CA, Reybet-Degat O, Bonniaud P, et al. [Leak monitoring in non-invasive ventilation]. *Arch Bronconeumol* 2004;40:508–17.
- [38] Teschler H, Stampa J, Ragette R, et al. Effect of mouth leak on effectiveness of nasal bilevel ventilatory assistance and sleep architecture. *Eur Respir J* 1999;14:1251–7.
- [39] Rabec C, Georges M, Kabeya NK, et al. Evaluating non-invasive ventilation using a monitoring system coupled to a ventilator: a bench-to-bedside study. *Eur Respir J* 2009;34:902–13.