

Ventilation non invasive en réanimation. Choix de l'interface

Non-Invasive Ventilation in Intensive Care Unit. Choice of Interface

F. Bonnier

Reçu le 16 novembre 2014 ; accepté le 18 avril 2015
© SRLF et Lavoisier SAS 2015

Résumé Le succès de la ventilation non invasive (VNI) repose principalement sur la bonne indication de celle-ci. Trois facteurs importants entrent en jeu. Le respirateur, le masque et le patient. Le choix du matériel employé va donc se faire selon plusieurs critères. La forme du visage du malade, sa pathologie, ses comorbidités et même dans une certaine mesure la durée attendue de ventilation. De nos jours, un large éventail d'interfaces est proposé. Lorsque le choix s'est finalement porté sur un masque, des critères techniques liés à celui-ci devront impérativement être respectés. La bonne connaissance de tous ces aspects permettra à l'équipe des thérapeutes de donner les meilleures chances de succès.

Mots clés Insuffisance respiratoire · Interface · Soins intensifs · Réanimation · Ventilation non invasive

Abstract The success of non-invasive ventilation (NIV) is primarily based on good clinical indicators. Three important parameters are involved — the ventilator, the mask and the patient. The choice of the equipment used will therefore be based on several criteria, such as, patient's face profile, pathology and comorbidities, and even to some extent the expected duration of ventilation. Nowadays, a large collection of interface is available. When the choice was finally made on a mask, several technical criteria related to it must be observed. The good knowledge of all these aspects will lead to higher chances of success.

Keywords Respiratory insufficiency · Interface · Intensive care · Non-Invasive ventilation

Introduction

Depuis les premiers essais des années 1930, son développement dans les années 1970 et sa pratique courante de nos jours, le recours à la ventilation non invasive (VNI) nécessite de facto l'utilisation d'une interface entre le respirateur et le patient.

Tout au long de cette évolution, diverses sortes d'interfaces ont vu le jour : divers matériaux, diverses formes, etc. L'arsenal est aujourd'hui bien fourni. L'éventail des possibles permet de répondre à un maximum de situations, voire même d'élargir les indications de la VNI.

Lors de la mise en route d'une VNI, le thérapeute va considérer l'ensemble des paramètres, tant techniques (combinaison masque-circuit-respirateur) que liés au patient lui-même. De la combinaison réussie de ces deux variables dépend le succès de la thérapie [1,2].

Type de générateur de pression

Cet article n'a pas pour but de comparer les différents types de générateurs de pression. Ce sujet seul mérite d'être plus spécifiquement abordé. Nous pouvons néanmoins regrouper les générateurs en deux grandes familles.

La première est celle des respirateurs « lourds » de type réanimation, la seconde est celle des respirateurs « à turbine ».

Les respirateurs de réanimation, du fait de leur mécanique intrinsèque et des algorithmes complexes dont ils sont munis, ont dans l'absolu une meilleure sensibilité de déclenchement et une excellente capacité de délivrance de la ventilation. La quasi-totalité proposent, souvent en option, un « module » VNI. En réalité, ce module consiste essentiellement en des pré réglages particuliers, ainsi qu'en une capacité améliorée de compensation des fuites, plutôt qu'en des aptitudes mécaniques spécifiques.

Cette capacité de compensation de la plupart d'entre eux reste néanmoins bien inférieure à celle des générateurs de pression à turbine. Dans des études ex vivo [3,4], les

F. Bonnier (✉)

Service des soins intensifs, hôpital universitaire Erasme,
808, route de Lennik, B-1070 Bruxelles, Belgique
e-mail : frederic.bonnier@erasme.ulb.ac.be

asynchronies patient–machine sont moins fréquentes avec les respirateurs à turbine, comparés aux respirateurs de réanimation, et ce, même avec le module VNI.

La pathologie sous-jacente peut influencer elle-même ce phénomène. Ainsi, il se produit plus fréquemment chez un patient au profil obstructif de type BPCO que dans un SDRA [4].

Pour les machines à turbine, la capacité de pressurisation diminue de manière sensible lorsque la fuite excède 40 l/min [5].

D'après une enquête, la majorité des praticiens hospitaliers préfèrent utiliser un respirateur de réanimation avec un module VNI, notamment dans le but de mieux mesurer la balance volume inspiré/expiré du patient, ainsi que pour un meilleur contrôle de la fraction inspiratoire en oxygène délivrée [6].

Masque à fuite/sans fuite

Une convention internationale permet de distinguer les masques sans fuite de ceux comportant une fuite intentionnelle.

Les masques sans fuite, parfois appelés « masques d'anesthésie », à coude bleu, doivent théoriquement ne s'utiliser qu'avec un circuit comportant une valve expiratoire — circuit double branche, comme un respirateur de réanimation par exemple ou avec un respirateur à valve commandée — (Fig. 1). Il est néanmoins possible d'utiliser un masque sans fuite intentionnelle en ajoutant sur le circuit une fuite calibrée (Fig. 2) ou une valve de type « Whisper Swivel » (Fig. 3). Les masques à fuite calibrée (fuite destinée à l'élimination des gaz expiratoires) présentent un coude transparent et s'utilisent avec un circuit monobranche (Fig. 4). Le choix du type de masque devra se faire en fonction du type de respirateur et de circuit utilisé [7].



Fig. 1 Circuit de respirateur à valve commandée



Fig. 2 Valve à fuite calibrée



Fig. 3 Whisper Swivel Philips-Respirionics®

Les fabricants de masques industriels proposent en général dans leur gamme le même modèle dans les deux types (coude bleu ou coude transparent). Certains permettent d'interchanger les coudes qui sont fournis tous deux dans le même lot (ex. : FlexiFit de Fischer-Paykel®, Fig. 4).

Il est important de noter qu'il existe des masques sans fuite à coude transparent, comportant une soupape de sécurité destinée à permettre au patient de continuer à respirer en cas de déconnexion accidentelle ou de panne brutale du respirateur (Fig. 5).



Fig. 4 Coudes avec et sans fuite intentionnelle



Fig. 5 Masque sans fuite avec valve antiétouffement Weinmann®

Attention, ces « faux amis » peuvent induire une confusion dangereuse !

Dans certains cas, la fuite intentionnelle se situe sur le masque lui-même. Au niveau supérieur du masque par exemple (Fig. 6). Leurs perforations multiples ont pour principal intérêt de diminuer le bruit généré par rapport à une fuite « unique » et évitent à un personnel mal formé d'être tenté de fermer un orifice unique sur un circuit.

Avec l'utilisation d'un masque à fuite, l'ajout d'une seconde fuite sur circuit n'est pas nécessaire et est même déconseillé. En effet, l'accumulation des fuites diminue la sensibilité du *trigger* et augmente ainsi le risque d'asynchronie entre le patient et le respirateur [8].

Masques industriels/sur mesure

Généralités

Pour être confortable, le masque choisi doit suivre au mieux les courbes du visage du patient. De la bonne congruence des surfaces dépendront le serrage du masque, les fuites involontaires, le confort et, donc, l'observance du patient vis-à-vis de sa ventilation.

Les masques industriels, qu'ils soient de type nasal ou nasobuccal (NB), sont de nos jours généralement composés



Fig. 6 Fuite intentionnelle sur le masque

de deux matériaux. On trouve une coque rigide ou semi-rigide en PVC transparent qui permet, via une sorte de rotule, la connexion au tuyau du respirateur.

Une partie plus souple, souvent en gel ou en silicone, vient, elle, en contact avec la peau du patient. Cette partie, appelée « jupe », doit impérativement être propre et être posée d'abord sur l'arête du nez, en terminant sur le menton. La ventilation ne sera mise en route préférentiellement qu'après avoir posé le masque sur le visage. En effet, la mise en pression du circuit avant la pose du masque va souvent provoquer le retournement de la jupe souple, l'empêchant de trouver sa bonne place sur le visage, ce qui est source de fuites et d'inconfort. Une autre façon de faire est de commencer la ventilation avec la plus basse pression possible, puis de l'incrémenter après avoir attaché le masque. Le but est toujours d'éviter une mauvaise position de la jupe sur le visage.

La partie rigide du masque reçoit les crochets de fixation du harnais. Il existe une grande variété de formes, de matériaux et de nombre de points d'attache. Les harnais sont généralement en textile élastique (néoprène) ou en plastique extensible (caoutchouc, silicone). Lavables, ils sont munis de crochets, dont la tension est ajustable par des Velcro®. Le harnais est souvent spécifique au masque utilisé. Certains modèles présentent des sangles qui relient entre elles les quatre extrémités et qui ont pour but d'aider à stabiliser l'ensemble sur la tête du patient.

Choix de l'interface

Le choix initial judicieux de l'interface repose finalement beaucoup sur l'expérience du praticien. Le coussin narinaire et les masques moulés ne s'adressent qu'à des patients béné-

ficiant d'une ventilation chronique. Nous n'aborderons pas ici ce type de masque. Son utilisation n'a pas d'indication en réanimation.

• Masque nasal

Le masque nasal se présente sous la forme d'une coque triangulaire venant en contact respectivement avec l'arête du nez, les faces latérales de celui-ci et la lèvre supérieure. Les masques de type nasal (Fig. 7) présentent, en outre, un appui frontal dont le coussinet d'appui, en matière souple lui aussi, permet la stabilisation du masque sur le visage (Profile light gel nasal de Philips Respironics®, SleepWeaver Advance Nasal CPAP de Circadiance®, MirageFX de ResMed®). Notons que la distance entre la branche montante du masque et l'appui frontal est généralement réglable, ce qui permet de diminuer la pression exercée par le masque sur la partie supérieure de l'arête du nez. Des effets secondaires dus à l'appui cutané sont en effet fréquemment observés (rougeurs, escarres).

Nous consacrerons plus loin un chapitre à la problématique majeure de l'escarre nasale.

L'inconvénient principal du masque nasal est son inefficacité totale en cas d'ouverture de la bouche. En effet, la ventilation se distribuant préférentiellement dans les zones de moindre résistance, l'ouverture, même partielle, de la bouche induit une hypoventilation alvéolaire contraire à l'effet recherché. Chez beaucoup de sujets, l'utilisation d'une mentonnière s'avère indispensable [9].

• Masque nasobuccal (NB)

Le masque NB est le plus utilisé en milieu hospitalier dans la ventilation en phase aiguë [10]. Il se caractérise par la



Fig. 7 Masques de type nasal « Respironics® Comfort Gel » et « ResMed® Mirage »

couverture complète des voies respiratoires (Figs 5, 8). De ce fait, le patient peut indifféremment respirer par le nez ou par la bouche. La taille idéale doit couvrir l'espace compris entre l'arête du nez, les sillons nasogéniens et le bord inférieur de la lèvre inférieure.

Certains fabricants proposent un outil de mesure afin d'aider au choix de la taille du masque (Fig. 9). Les quatre tailles les plus répandues sont *small*, *medium*, *large* et *extra-large*. Le catalogue des masques disponibles en taille pédiatrique est nettement plus réduit que pour l'adulte, mais ce retard tend à se réduire [11]. Notons que la taille du masque est systématiquement indiquée sur celui-ci. Imprimée ou gravée dans le plastique, elle se trouve soit sur la face inférieure, soit à droite du coude de raccord (Fig. 10).

Si le masque NB semble plus adapté que le masque nasal pour la VNI en phase aiguë, il présente des inconvénients, comme la sensation de claustrophobie chez certaines personnes, l'impossibilité de parler ou de cracher chez les patients encombrés et même certains dangers importants comme l'inhalation de liquide gastrique en cas de vomissement.

- Masque facial

Apparu il y a un peu plus d'une dizaine d'années sous la forme d'une variante d'un masque de pompier (Dräger®—Bacou) (Fig. 11) [aujourd'hui plus disponible], il a évolué sous deux formes : l'une, grossièrement triangulaire, dérivant



Fig. 8 Masque nasobuccal « King »



Fig. 9 Outil de mesure pour la taille du masque



Fig. 10 Indication de la taille du masque

du masque NB, mais recouvrant les yeux jusqu'au front (Fit-Life Total Face de Respirationics®, Shield®) (Fig. 12), l'autre, plus ovale et dotée d'une large lèvre de silicone fin sur le pourtour (Total Face Mask de Respirationics®, Maxshied®). L'étude de Ozsancak et al. [12] a pu montrer un temps de mise en place et un confort égal ou supérieur au masque NB. L'avantage principal est d'éviter la fuite aérienne désagréable



Fig. 11 Masque facial « Dräger® — Bacou »



Fig. 12 Masque « Performax — Respirationics® »

pouvant se produire au niveau des yeux. S'il est jugé généralement plus confortable, il provoque néanmoins une sécheresse orale et nasale, ainsi qu'une sensation de claustrophobie [13]. Par ailleurs, lors de son utilisation, si des fuites relativement importantes se présentent, il majore l'asynchronie patient-machine [14].

• *Helmet*

Le *helmet* ou casque (Fig. 13), en matière plastique transparente et semi-rigide, constitue une sorte de « bulle » englobant la tête du patient à la façon du heaume des chevaliers médiévaux. Selon la marque et le modèle, le montage est stabilisé par des courroies passant sous les creux axillaires (Dimar® *Helmet*) ou par un coussin gonflé autour du cou du patient (StarMed® *Castar*, HelmHar *Harol*®). La mise en place d'un tel dispositif est plus longue que celle d'un masque simple et requiert souvent quatre mains. Si la partie antérieure transparente permet au sujet d'interagir plus facilement avec son entourage, de parler, de porter des lunettes, de lire, etc., elle ne lui permet pas de cracher facilement, ce qui peut s'avérer problématique dans certains cas. Certaines études physiologiques tendent à démontrer que l'utilisation d'une VNI avec interface de type *helmet* favoriserait la réinhalation du CO₂ expiré, ainsi que l'asynchronie patient-machine [15]. En outre, la variation de pression ressentie au niveau des oreilles et le niveau sonore élevé supérieur à 100 dB [16] constituent une nuisance marquée pour bon nombre de patients en cas d'utilisation prolongée. Ce dispositif, s'il n'est en général pas utilisé en première intention, notamment à cause de son coût élevé, ne constitue pas moins une alternative extrêmement intéressante pour des ventilations longues chez des patients qu'il est préférable de ne pas intuber (immunodéficience, décision éthique de fin de vie) [17,18]. Il permet également d'élargir les indications de la VNI, principalement pour des patients présentant une contre-indication à l'usage d'un autre type d'interface (fractures des os du visage, épistaxis, etc.) [19,20].

Escarre faciale

En raison de la pression exercée par le masque (nasal ou NB) au niveau de l'arête du nez ou des sillons nasogéniens, il se peut que le patient développe une blessure cutanée de compression. Il n'y a, à notre connaissance, pas d'étude s'intéressant à la tension des courroies du harnais lors d'une séance de VNI, mais il est raisonnable d'estimer que plus la tension est importante, plus ce risque augmente. Le niveau de pression délivré par le respirateur (P_{max} , PEEP) et le bon choix de la forme du masque par rapport au visage du patient sont des paramètres qui vont avoir une influence sur le « serrage » du masque. La vigilance s'impose de manière encore



Fig. 13 *Helmet*

plus notable chez le sujet âgé, à cause d'une condition générale souvent altérée et d'un état immunocompromis [21]. Il en va de même en cas de peaux fragilisées par une corticothérapie au long cours comme chez le BPCO.

Dans la littérature, l'incidence d'apparition d'une escarre est extrêmement variable. Survenant chez au moins 20 % des malades, sa proportion augmente rapidement avec la durée de ventilation [22]. Soixante-dix pour cent des patients ventilés avec un masque NB en développent au-delà de 12 heures de VNI [18].

La gravité de l'escarre peut motiver l'arrêt de la ventilation [20] ou le changement du type de masque [19]. Lors de la mise en route d'une VNI, il est prudent d'anticiper cet effet indésirable en essayant de détecter les patients les plus fragiles et en protégeant préventivement la peau avec un pansement de type hydrocolloïde [23,24] ou en gel de silicone repositionnable (Gecko ResMed®, Fig. 14).

La protection de la peau n'est pas la seule parade à la formation d'une escarre. Lors d'une ventilation prolongée, l'utilisation alternée de plusieurs masques permet de soulager et/ou



Fig. 14 Protection cutanée ResMed® Gecko

de faire varier les zones de pression. Le recours à un masque facial ou à un *helmet* est une option intéressante [19,25].

Problématique de la sonde nasogastrique

La mise en place d'une sonde gastrique avant la mise en route d'une VNI est parfois indiquée, afin de limiter l'ingestion d'air [26]. La ventilation avec des pressions élevées augmente le risque de distension gastrique, qui peut même aller jusqu'à la rupture [27].

L'utilisation du mode « NAVA » (*neurally adjusted ventilatory assist*) requiert également le placement d'une telle sonde. Rappelons que le signal EMG diaphragmatique (Edi), utilisé pour le déclenchement du respirateur (c'est le principe de base de ce mode), est enregistré à partir d'une sonde nasogastrique munie d'un capteur.

La présence de la sonde nasogastrique présente une problématique toute particulière. En effet, le passage de la sonde sous la jupe empêche celle-ci de remplir parfaitement son office et entraîne des fuites qui peuvent être importantes. Plus le diamètre du tube sera grand, plus la fuite risque d'être importante. L'utilisation de petites lames souples en silicone, creusées d'un sillon destiné au passage de la sonde, peut être une option intéressante, à la fois pour protéger la peau du patient du contact et pour améliorer l'étanchéité du masque. Ces petits accessoires peuvent être assez difficiles à trouver. Il existe quelques modèles de masques présentant un passage pour la sonde gastrique (Dräger ClassicStar®). Dans la littérature, certaines équipes rapportent la réalisation d'adaptations « maison » [28]. Les *helmets* ont tous l'avantage de présenter au niveau de l'anneau de leur base (collier) de petites « portes » d'entrée étanches, prévues pour le passage de diverses tubulures, dont la sonde gastrique.

Différents masques, différents volumes...

Les différentes formes de masque impliquent qu'ils aient chacun un volume d'espace mort différent, pouvant aller d'un volume faible comme pour un masque nasal à un volume très important pour le casque/*helmet*. De nombreuses études se sont intéressées à la fois au CO₂ réinhalé et au *triggering* selon les types de masques [29–31]. Lors d'une ventilation par *helmet*, le CO₂ expiré peut être en partie diminué par l'adjonction d'un flux supplémentaire ou en majorant la fuite intentionnelle [32]. Dans cette étude réalisée chez dix volontaires sains, la synchronisation patient-machine n'a pas été observée. La problématique du CO₂ à l'intérieur du *helmet* est double. Elle dépend de la production de celui-ci par le patient (quantité de gaz expiré) et de la capacité du respirateur à générer un flux important (de 40 à 60 l/min) [33,34]. Ce flux permet un « lavage » efficace de

l'espace mort que constitue le volume du casque. Il en ressort néanmoins que les masques de plus grand volume majoritairement généralement le décalage entre l'effort inspiratoire du patient et la mise en pression du circuit par le respirateur. Les publications les plus récentes tendent à modérer l'importance de ce paramètre, en soulignant surtout l'efficacité clinique, comparable pour l'essentiel des interfaces [35,36]. Si pour certains auteurs le déclenchement du respirateur avec un *helmet* reste le problème majeur de la technique, l'utilisation du mode NAVA (déclenchement du cycle respiratoire à partir de l'activité électromyographie du diaphragme) permet d'améliorer grandement cette situation [37].

Approche pratique

Le choix du masque va donc se faire sur plusieurs critères.

Nous pouvons proposer une sorte d'algorithme décisionnel (Annexe A).

Conclusion

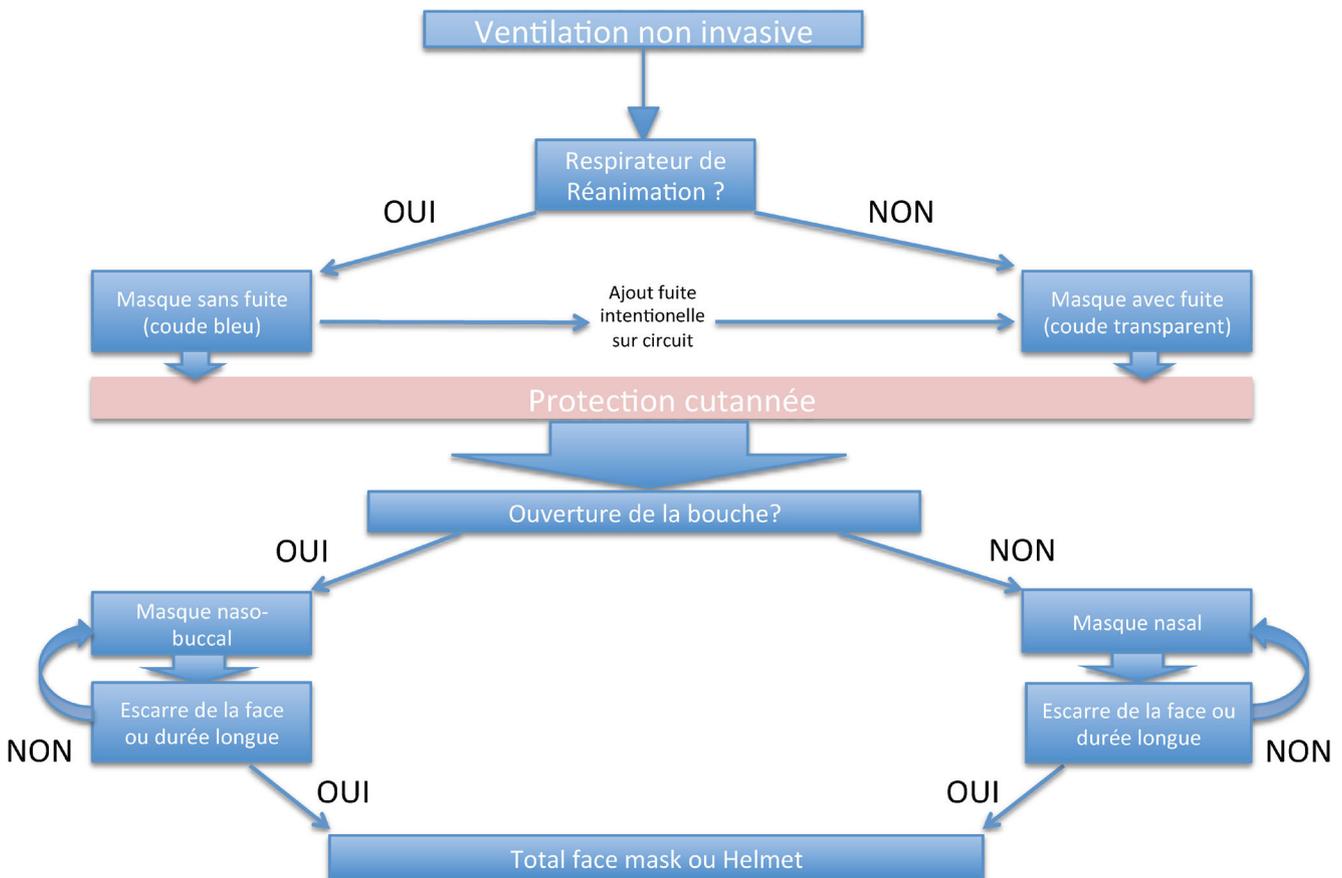
Si le temps que le patient va passer en VNI est difficile à estimer, ce facteur revêt pourtant une grande importance.

Plus longue sera la durée de ventilation, plus le moindre détail, d'apparence pourtant insignifiante au départ, va s'avérer essentiel, et plus le masque devra être parfaitement adapté et confortable pour le malade. Sur la durée, une fuite mineure peut vite devenir obsédante pour le patient et peut véritablement mener à l'échec de la thérapie. Nous l'avons dit, l'adhésion du patient est essentielle pour le succès. Enfin, si le facteur coût du matériel n'est pas le critère premier de choix, il n'en est pas moins réel. L'utilisation en première intention d'un onéreux *helmet* peut sembler dans certains cas disproportionnée.

Nous l'avons vu, l'éventail d'interfaces est extrêmement large. Si proposer dans une institution tous les modèles de masques est irréalisable, le choix judicieux de quelques-uns suffit en général pour couvrir le champ des possibles. L'expérience du personnel chargé de sa mise en place sera également déterminante.

Liens d'intérêts : les auteurs déclarent ne pas avoir de lien d'intérêt.

Annexe A. Algorithme décisionnel



Références

- Nava S, Navalesi P, Gregoretti C (2009) Interfaces and humidification for noninvasive mechanical ventilation. *Respir Care* 54:71–84
- Mas A, Masip J (2014) Noninvasive ventilation in acute respiratory failure. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis* 9:837–82
- Carteaux G, Lyazidi A, Cordoba-Izquierdo A, et al (2012) Patient-ventilator asynchrony during noninvasive ventilation: a bench and clinical study. *Chest* 142:367–76
- Oto J, Chenelle CT, Marchese AD, Kacmarek RM (2013) A comparison of leak compensation in acute care ventilators during noninvasive and invasive ventilation: a lung model study. *Respir Care* 58:2027–37
- Borel JC, Sabil A, Janssens JP, et al (2009) Intentional leaks in industrial masks have a significant impact on efficacy of bilevel noninvasive ventilation: a bench test study. *Chest* 135:669–77
- Crimi C, Noto A, Princi P, et al (2010) A European survey of noninvasive ventilation practices. *Eur Respir J* 36:362–95
- Stieglitz S, George S, Priegnitz C, et al (2013) Life-threatening events in respiratory medicine: misconnections of invasive and non-invasive ventilators and interfaces. *Pneumologie* 67:228–32
- Girault C, Briel A, Benichou J, et al (2009) Interface strategy during noninvasive positive pressure ventilation for hypercapnic acute respiratory failure. *Crit Care Med* 37:124–31
- Willson GN, Piper AJ, Norman M, et al (2011) Nasal versus full face mask for noninvasive ventilation in chronic respiratory failure. *Eur Respir J* 23:605–9
- Salvadè I, Domenighetti G, Jolliet P, et al (2012) Perception of non-invasive ventilation in adult Swiss intensive care units. *Swiss Med Wkly* 142:w13551
- Hagenmacher C, Vermeulen F (2014) Ventilation non invasive en réanimation pédiatrique : aspects pratiques. *Réanimation* 23:706–13
- Ozsancak A, Sidhom SS, Liesching TN, et al (2011) Evaluation of the total face mask for noninvasive ventilation to treat acute respiratory failure. *Chest* 139:1034–41
- Holanda MA, Reis RC, Winkeler GF, et al (2009) Influence of total face, facial and nasal masks on short-term adverse effects during noninvasive ventilation. *J Bras Pneumol* 35:164–73
- Nakamura MA, Costa EL, Carvalho CR, Tucci MR (2014) Performance of ICU ventilators during noninvasive ventilation with large leaks in a total face mask: a bench study. *J Bras Pneumol* 40:294–303
- Esquinas Rodriguez AM, Papadakos PJ, Carron M, et al (2013) Helmet and non-invasive mechanical ventilation in critically ill patients. *Crit Care* 17:223
- Cavaliere F, Conti G, Costa R, et al (2004) Noise exposure during noninvasive ventilation with a helmet, a nasal mask, and a facial mask. *Intensive Care Med* 30:1755–60
- Piastra M, Antonelli M, Chiaretti A, et al (2004) Treatment of acute respiratory failure by helmet-delivered non-invasive pressure support ventilation in children with acute leukemia: a pilot study. *Intensive Care Med* 30:472–6
- Lemyze M, Mallat J, Nigeon O, et al (2013) Rescue therapy by switching to total face mask after failure of face mask-delivered noninvasive ventilation in do-not-intubate patients in acute respiratory failure. *Crit Care Med* 41:481–8
- Racca F, Appendini L, Berta G, et al (2009) Helmet ventilation for acute respiratory failure and nasal skin breakdown in neuromuscular disorders. *Anesth Analg* 109:164–7
- Belchior I, Gonçalves MR, Winck JC (2012) Continuous noninvasive ventilation delivered by a novel total face mask: a case series report. *Respir Care* 57:449–53
- Maruccia M, Ruggieri M, Onesti MG (2015) Facial skin breakdown in patients with non-invasive ventilation devices: report of two cases and indications for treatment and prevention. *Int Wound J* [in press]
- Yamaguti WP, Moderno EV, Yamashita SY, et al (2014) Treatment-related risk factors for development of skin breakdown in subjects with acute respiratory failure undergoing noninvasive ventilation or CPAP. *Respir Care* 59:1530–6
- Strumpf DA, Millman RP, Carlisle CC, et al (1991) Nocturnal positive-pressure ventilation via nasal mask in patients with severe chronic obstructive pulmonary disease. *Am Rev Respir Dis* 144:1234–9
- Weng MH (2008) The effect of protective treatment in reducing pressure ulcers for non-invasive ventilation patients. *Intensive Crit Care Nurs* 24:295–9
- Belchior I, Gonçalves MR, Winck JC (2012) Continuous noninvasive ventilation delivered by a novel total face mask: a case series report. *Respir Care* 57:449–53
- Solomon AW, Bramall JC, Ball J (2011) Underwater-seal nasogastric tube drainage to relieve gastric distension caused by air swallowing. *Anaesthesia* 66:124–6
- Jarry J, Hournau M, Rault A, Collet D (2009) Gastric rupture secondary to non invasive ventilation. *Gastroenterol Clin Biol* 33:492–3
- Duprez F, Marcovitch O, Vermeersch F (1999) Ventilation non invasive en présence d'une sonde gastrique. *Actualité en kinésithérapie de réanimation*. Elsevier 135–6
- Holanda MA, Reis RC, Winkeler GF, et al (2009) Influence of total face, facial and nasal masks on short-term adverse effects during noninvasive ventilation. *J Bras Pneumol* 35:164–73
- Vignaux L, Tassaux D, Jolliet P (2006) Should a helmet be used to deliver noninvasive ventilation? *Rev Med Suisse* 2:2860–5
- Vaschetto R, De Jong A, Conseil M, et al (2014) Comparative evaluation of three interfaces for non-invasive ventilation: a randomized cross-over design physiologic study on healthy volunteers. *Crit Care* 18:R2
- Racca F, Appendini L, Gregoretti C, et al (2008) Helmet ventilation and carbon dioxide rebreathing: effects of adding a leak at the helmet ports. *Intensive Care Med* 34:1461–8
- Patroniti N, Foti G, Manfio A, et al (2003) Head helmet versus face mask for non-invasive continuous positive airway pressure: a physiological study. *Intensive Care Med* 29:1680–7
- Taccone P, Hess D, Caironi P, Bigatello LM (2004) Continuous positive airway pressure delivered with a “helmet”: effects on carbon dioxide rebreathing. *Crit Care Med* 32:2090–6
- Fraticelli AT, Lellouche F, L'her E, et al (2009) Physiological effects of different interfaces during noninvasive ventilation for acute respiratory failure. *Crit Care Med* 37:939–45
- Sferrazza Papa GF, Di Marco F, Akoumianaki E, Brochard L (2012) Recent advances in interfaces for non-invasive ventilation: from bench studies to practical issues. *Minerva Anestesiol* 78:1146–53
- Cammarota G, Olivieri C, Costa R, et al (2011) Noninvasive ventilation through a helmet in postextubation hypoxemic patients: physiologic comparison between neurally adjusted ventilatory assist and pressure support ventilation. *Intensive Care Med* 37:1943–50