

## Ventilation de l'induction au réveil : quelles données ?

Audrey DE JONG<sup>1</sup>, Olfa YENGUI<sup>1</sup>; Joris PENSIER<sup>1</sup>;

Mathieu CAPDEVILA<sup>1</sup>, Gérald CHANQUES<sup>1</sup>, Samir JABER<sup>1</sup>

<sup>1</sup> PhyMedExp, University of Montpellier, INSERM, CNRS, CHU Montpellier ; Département d'Anesthésie-Réanimation, Hôpital Saint-Eloi, 80 avenue Augustin Fliche, 34295 Montpellier cedex, France

Auteur correspondant : Pr Samir Jaber  
Email : s-jaber@chu-montpellier.fr

Pr. Jaber déclare des paiements pour consulting de Drager, Xenios, Medtronic et Fisher & Paykel.

Les autres auteurs ne déclarent n'avoir aucun conflit d'intérêts.

## Points Essentiels

- La réduction de la morbidité et de la mortalité postopératoire est le principal objectif dans la prise en charge des patients en médecine périopératoire par le médecin anesthésiste-réanimateur.
- Plus de 10 % des patients « non sélectionnés » opérés vont présenter au moins une complication pulmonaire postopératoire.
- Plus les patients ont des comorbidités et plus la chirurgie est « lourde et longue », plus le risque de complications pulmonaires augmente, directement corrélées au pronostic du patient.
- La gestion de la ventilation mécanique en période périopératoire reste encore inadaptée pour une large proportion de patients.
- L'anesthésie, la douleur postopératoire et la chirurgie (d'autant plus si proche du diaphragme), induisent souvent des altérations respiratoires à type d'hypoxémie, de réduction des volumes pulmonaires à l'origine de la formation d'atélectasies, associées à un syndrome restrictif et à une dysfonction diaphragmatique.
- Ainsi, lors d'une ventilation mécanique non protectrice, des zones atélectasiques se développent chez presque 90 % des patients anesthésiés, touchant 5 à 20 % du volume pulmonaire total.
- Certains patients sont particulièrement à risque de développer des atélectasies : patient obèse, femme enceinte ou sujet âgé.
- Les atélectasies développées pendant l'anesthésie persistent ensuite durant la période postopératoire.
- Le concept de « Protective Positive Preventive Peri-Operative Ventilation » (P.O.P ventilation) a été développé. Il consiste en une préoxygénation en pression positive en continue (CPAP) ou de la ventilation non invasive (VNI) associant de l'Aide Inspiratoire (5 à 10 cmH<sub>2</sub>O) et de la pression expiratoire positive (PEP, 5 à 10 cmH<sub>2</sub>O) en position semi-assise associée à un volume courant modéré (6-8 ml/kg Poids Idéal Théorique) et des manœuvres de recrutement prudentes et régulières. En post-opératoire, la VNI préventive est recommandée pour les patients à haut risque.
- Ces mesures, associées à une préparation préopératoire optimisée et à une réhabilitation postopératoire précoce, permettraient de limiter les complications respiratoires per et postopératoires.

## Introduction

La réduction de la morbidité et de la mortalité per et postopératoire est le principal objectif dans la prise en charge des patients en médecine périopératoire par le médecin anesthésiste-réanimateur. Le chirurgien n'est plus le seul médecin à influencer le pronostic des patients chirurgicaux. Selon les dernières données disponibles, plus de 10 % des patients « non sélectionnés » opérés vont présenter au moins une complication pulmonaire postopératoire [1]. Plus les patients ont des comorbidités et plus la chirurgie est « lourde et longue », et plus le risque de complications pulmonaires augmente [2]. Les patients qui survivent à ces complications pulmonaires postopératoires et quittent l'hôpital ont par la suite une dépendance fonctionnelle plus marquée et une espérance de vie à long terme plus courte. La survenue de complications pulmonaires est directement corrélée au pronostic du patient. C'est pour cela que le défi est de « protéger le poumon » dans un esprit de « vaut mieux prévenir que guérir ». Toutefois, les réglages ventilatoires périopératoires qui permettraient de prévenir ces complications pulmonaires postopératoires sont encore inadaptés pour une large proportion de patients [3].

La fonction respiratoire peut en effet être très altérée pendant la période peropératoire et postopératoire. L'anesthésie, la douleur postopératoire et la chirurgie, particulièrement lorsque le site de la chirurgie est proche du diaphragme, induisent souvent des altérations respiratoires à type d'hypoxémie, de réduction des volumes pulmonaires (capacité vitale, Capacité Résiduelle Fonctionnelle (CRF), volume courant (VT)) à l'origine de la formation d'atélectasies, associées à un syndrome restrictif et à une dysfonction diaphragmatique [4]. Ces conséquences respiratoires s'observent aussi bien pour les anesthésies avec des agents intraveineux que des agents inhalés, et ce que le patient respire spontanément ou soit ventilé mécaniquement de façon totalement contrôlée.

Ainsi, lors d'une ventilation mécanique non protectrice, des zones atelectasiques se développent chez presque 90 % des patients anesthésiés, touchant 5 à 20 % du volume pulmonaire total [5]. L'étendue des zones atelectasiques est corrélée avec la diminution de la CRF et le degré d'hypoxémie. Certains patients sont particulièrement à risque de développer des atelectasies telles que le patient obèse, la femme enceinte ou le sujet âgé. Les atelectasies développées pendant l'anesthésie persistent ensuite durant la période postopératoire. Le patient opéré est également à risque de complications respiratoires peropératoires, notamment à type de désaturation retrouvée dans 3 à 6 % des cas selon le type et le moment de la chirurgie [6].

Dans ce contexte, l'optimisation respiratoire du patient opéré est cruciale en pré, per et post-opératoire. Les objectifs de cette conférence d'actualisation sont donc de rappeler les mécanismes principaux des complications pulmonaires postopératoires et leurs implications chez le patient chirurgical, de définir les déterminants et objectifs d'une stratégie de ventilation protectrice chez le patient chirurgical et de présenter les modalités d'un support ventilatoire postopératoire.

### **Modifications physiopathologiques respiratoires liées à l'anesthésie et à la chirurgie**

La CRF diminue de 0,8 à 1 l lors du passage de la position debout à la position couchée, et on observe une diminution supplémentaire de 0,4 à 0,5 litres après l'induction anesthésique. Au cours de la ventilation mécanique, le volume pulmonaire de fin d'expiration (équivalent à la CRF en ventilation spontanée sans assistance ventilatoire) est ainsi réduit approximativement de 3,5 à 2 litres. La position de Trendelenburg entraîne une diminution supplémentaire de la

CRF par la poussée du diaphragme vers le haut par le contenu abdominal. En cas de bascule de la table tête haute, la diminution de la CRF est moins importante qu'en décubitus dorsal strict, permettant au mieux le maintien des volumes pulmonaires.

Lors du passage du décubitus dorsal en décubitus ventral, on constate une augmentation relative de la CRF [7]. La perfusion pulmonaire est en outre distribuée plus uniformément sur le ventre que sur le dos. De plus, l'effet des manœuvres de recrutement est à la fois augmenté et prolongé. Le taux d'atélectasie est ainsi diminué lors du décubitus ventral. Les billots doivent être placés correctement afin d'éviter la compression abdominale sur la table opératoire permettant ainsi une ampliation thoracique maximale.

### **Comment protéger le poumon ? Appliquer de la P.O.P Ventilation**

L'optimisation respiratoire du patient opéré est cruciale en pré, per et post-opératoire. Pour cela, le concept de « Protective Positive Preventive Peri-Operative Ventilation » ou P.O.P ventilation (figure 1) a été développé [4, 8]. Ce concept consiste à éviter au maximum la fermeture des alvéoles pulmonaires, en d'autres termes prévenir le dérecrutement alvéolaire et donc limiter la survenue d'atélectasie ou minimiser leur volume. Il faut donc mettre en place des procédures qui permettent de maintenir le poumon ouvert malgré les agressions qu'il doit subir durant la chirurgie et la ventilation mécanique pendant l'anesthésie générale en décubitus dorsal. Le concept de « P.O.P » ventilation (figure 1) consiste en une préoxygénation en pression positive en continue (CPAP) ou de la ventilation non invasive (VNI) associant de l'Aide Inspiratoire (5 à 10 cmH<sub>2</sub>O) et de la pression expiratoire positive (PEP, 5 à 10 cmH<sub>2</sub>O) en position semi-assise associée à un volume courant modéré (6-8 ml/kg Poids Idéal Théorique (PIT)) et des manœuvres de recrutement prudentes et régulières. En post-opératoire, la VNI préventive (ou prophylactique) est recommandée pour les patients

à haut risque. Ces mesures, associées à une préparation préopératoire optimisée et la mise en œuvre d'une réhabilitation postopératoire précoce, permettraient de limiter les complications respiratoires per et postopératoires. Elles vont être détaillées dans les chapitres suivants.

### **Gestion des voies aériennes**

Le risque de survenue d'une ventilation au masque impossible ou difficile lors de l'induction anesthésique doit toujours être anticipé chez les patients opérés, que ce soit en situation programmée ou en situation d'urgence. Ces difficultés de ventilation ou d'intubation sont associées à la survenue d'une hypoxémie pendant la procédure d'intubation [9]. Ainsi, des moyens existent pour permettre d'éviter les désaturations en oxygène lors des procédures de sécurisation des voies aériennes, afin d'éviter les complications neurologiques et hémodynamiques de l'hypoxie sévère [10].

La préoxygénation en ventilation spontanée au masque facial est suivie d'une désaturation rapide après induction chez certains patients, comme les patients obèses, malgré l'utilisation d'une fraction inspirée en oxygène ( $F_{iO_2}$ ) élevée (3 minutes en moyenne, parfois moins d'une minute en cas d'obésité très sévère) [11, 12]. Il a en outre été montré [13] que le volume pulmonaire de fin d'expiration était diminué de 69 % par rapport à la valeur de repos après induction anesthésique en position de décubitus dorsal. Une préoxygénation de 5 minutes en VNI (aide inspiratoire + PEP) permet d'obtenir plus rapidement une fraction expirée en oxygène ( $F_{eO_2}$ ) > 90 % [14]. De plus, l'utilisation de la VNI en préoxygénation permet de limiter la diminution de volume pulmonaire et d'améliorer l'oxygénation par rapport à une préoxygénation conventionnelle au masque facial [15]. Elle sera idéalement associée à une manœuvre de recrutement suivant l'intubation, afin de diminuer la perte de volume

pulmonaire [15]. Ces résultats ont été retrouvés chez le patient hypoxémique de réanimation, montrant une efficacité de la préoxygénation par VNI en termes de saturation la plus basse durant la période d'intubation [16], mais pas en termes de défaillances d'organes à J7 [17], comparée à une préoxygénation par oxygène standard [16] ou oxygène à haut débit [18].

L'oxygénothérapie par canule nasale à haut débit (OHD), qui fournit un débit élevé, de l'air réchauffé et humidifié par une canule nasale à une FiO<sub>2</sub> de 100 % et un débit maximum de 60 L/min, peut permettre le passage du tube orotrachéal par la bouche lors de la procédure d'intubation. Chez les patients présentant une insuffisance respiratoire aiguë hypoxémique, plusieurs mécanismes d'amélioration de l'oxygénation par OHD ont été identifiés [19] : réduction de l'effort du patient et de la ventilation minute nécessaires pour obtenir un taux physiologique de dioxyde de carbone artériel, augmentation du volume pulmonaire de fin d'expiration, amélioration de la compliance dynamique, pression transpulmonaire positive et homogénéisation de la ventilation. L'oxygénation apnéique est un phénomène physiologique où la différence entre les taux alvéolaires d'élimination de l'oxygène et d'excrétion du dioxyde de carbone génère un gradient de pression négatif allant jusqu'à 20 cmH<sub>2</sub>O. Ce gradient de pression négative permet l'entrée de l'oxygène dans les poumons, à condition qu'il existe une perméabilité des voies aériennes entre les poumons et l'atmosphère. Une première étude [20] a évalué l'influence de l'administration d'oxygène par voie nasale sur la durée de maintien d'une saturation périphérique en oxygène (SpO<sub>2</sub>) ≥ 95 % lors d'une laryngoscopie difficile simulée chez des patients obèses. L'administration nasale d'O<sub>2</sub> était associée à une augmentation significative de la fréquence et de la durée de la SpO<sub>2</sub> ≥ 95 % et à une SpO<sub>2</sub> minimale plus élevée lors de laryngoscopies prolongées chez les patients obèses. Une étude prospective observationnelle [21] s'est intéressée au temps d'apnée de 25 patients avec une intubation difficile prévue et subissant une anesthésie générale pour une chirurgie hypopharyngée ou laryngotrachéale. L'OHD était administrée de façon continue, en

préoxygénation puis poursuivie après l'induction intraveineuse de l'anesthésie et du bloc neuromusculaire, jusqu'à ce que la sécurisation des voies aériennes soit assurée. Vingt-cinq patients ont été inclus, dont 12 patients obèses. Le temps médian d'apnée était de 14 (5-65) min. Aucune désaturation artérielle en oxygène n'était observée durant la période d'apnée.

Toutefois, si l'OHD peut permettre une oxygénation apnéique, les niveaux de fraction expirée en oxygène atteints à la fin de la préoxygénation sont souvent inférieurs à ceux atteints après préoxygénation par masque facial appliqué de façon étanche [22], et a fortiori à ceux atteints par préoxygénation par VNI [14].

La méthode de référence pour augmenter au maximum les réserves en oxygène reste la VNI, en particulier chez le patient obèse [23], qui peut être associée à de l'OHD pour permettre une oxygénation apnéique [24]. L'oxygénation apnéique peut aussi avoir un intérêt chez des patients non intubés pour certaines chirurgies ORL, pour des procédures d'endoscopie ou lors de séances de sismothérapie.

### **Réglage des paramètres ventilatoires peropératoires**

D'une part, l'utilisation de VT élevés s'accompagne d'une augmentation parfois importante des pressions d'insufflation, au-delà des valeurs favorisant le barotraumatisme ( $> 35$  cm d'eau). D'autre part, l'oxygénation n'est pas améliorée par l'augmentation importante du VT seul. À l'inverse, les atélectasies sont favorisées par l'utilisation de VT trop bas ( $< 4$  ml/kg de PIT), d'autant plus qu'ils sont utilisés en l'absence de PEP.

Les pressions des voies aériennes doivent ainsi être surveillées attentivement en peropératoire. Une pression des voies aériennes élevée est associée à une augmentation de complications



pulmonaires postopératoires, notamment lorsqu'elle survient dans le cadre d'une chirurgie lourde avec transfusion de produits sanguins [25].

En cas d'élévation de la pression des voies aériennes peropératoire, il faudra différencier l'élévation isolée de la pression de crête (augmentation des résistances) et l'élévation concomitante de la pression de crête et de la pression de plateau (hyperinflation dynamique et/ou diminution de la compliance). Le passage en mode « volume » permettra l'identification de ces différentes pressions. Les signes de gravité (désaturation, hypotension, bradycardie) devront être absolument recherchés. Une élévation isolée de la pression de crête est le témoin d'une anomalie survenant sur les voies aériennes au sens large, incluant le circuit de la ventilation qui devra être absolument vérifié. Si le diagnostic de bronchospasme est posé, un traitement approprié sera mis en place, incluant l'arrêt de la stimulation chirurgicale le cas échéant. Une élévation de la pression de plateau est quant à elle le reflet d'une hyperinflation dynamique en cas de PEP totale élevée (reflet de la PEP intrinsèque et extrinsèque) ou d'une diminution de la compliance thoraco-pulmonaire en cas de PEP totale basse, souvent due en l'absence de modification de la compliance thoracique à une atteinte alvéolaire.

Afin de diminuer cette atteinte alvéolaire, les données de la littérature sont en faveur de l'utilisation d'une ventilation protectrice positive en périopératoire.

L'étude IMPROVE [26], étude multicentrique, française, randomisée et en double aveugle, a comparé une stratégie « optimisée » de ventilation appelée « ventilation protectrice » (VT 6-8 ml/kg de PIT), PEP 6-8 cmH<sub>2</sub>O, manœuvres de recrutement alvéolaire systématiques toutes les 30 minutes) à une stratégie traditionnelle appelée « ventilation non protectrice » (VT 10-12 ml/kg PIT sans PEP ni recrutement alvéolaire) en peropératoire de chirurgie abdominale majeure. La ventilation protectrice a permis de diminuer le taux global de complications de 27,5 à 10,5 % et de réduire de 2 jours la durée d'hospitalisation. Dans une seconde étude

randomisée [27], des patients à risque de complications pulmonaires postopératoires de chirurgie abdominale ont été randomisés en 2 groupes, un groupe avec une PEP basse ( $\leq 2$  cmH<sub>2</sub>O) sans manœuvre de recrutement, et un groupe avec une PEP haute (12 cmH<sub>2</sub>O) avec manœuvres de recrutement. Tous les patients recevaient un VT de 8 mL/kg de PIT. Le critère de jugement principal (un critère composite de complications pulmonaires postopératoires, survenant dans les 5 premiers jours suivant la chirurgie) ne montrait pas de différence entre les deux groupes, mais une défaillance hémodynamique était plus fréquente dans le groupe avec haute PEP.

Ces deux larges études randomisées sont donc complémentaires : si la première montre l'utilité d'une ventilation protectrice pour diminuer les complications pulmonaires et extra-pulmonaires postopératoires, la seconde nous met en garde contre les dangers hémodynamiques de l'application de niveaux de PEP trop élevés pour tous les patients, notamment lorsqu'ils ne sont pas associés à de faibles VT. L'intérêt de l'association d'une PEP modérée et de petits volumes courants a également été mise en évidence lors de la chirurgie pulmonaire, permettant une diminution des complications pulmonaires postopératoires par rapport à l'association de volumes courants élevés sans PEP [28].

Le VT optimal semble se situer entre 6 et 8 ml/kg de PIT en y associant une PEP pour éviter les atélectasies par fermeture des alvéoles (dérecrutement) [29]. Le réglage du VT doit être guidé par la taille du patient et non par son poids mesuré. La formule de calcul du PIT la plus simple à retenir est la suivante : PIT (en kg) = taille (en cm) -100 chez l'homme et taille (en cm) -110 chez la femme.

Toutefois, lorsque les alvéoles ont été collabées, l'application isolée d'une PEP ne permet pas toujours de les réouvrir. La PEP permet de s'opposer à la fermeture des alvéoles (dérecrutement), mais ce sont les manœuvres de recrutement qui permettent de les rouvrir

(recrutement). Il est donc conseillé d'appliquer dès le début de la ventilation mécanique et durant toute la période de ventilation une PEP d'environ 5 cmH<sub>2</sub>O associée à un VT de 6 à 8 ml/kg de PIT [15, 30, 31]. Des manœuvres de recrutement régulières pourront être ensuite idéalement réalisées, en particulier chez les patient obèses [15]. Des interrogations persistent cependant sur le type de manœuvre de recrutement à préconiser. La méthode de référence est une pause expiratoire avec une PEP de 40 cmH<sub>2</sub>O, mais plusieurs variantes ont été décrites [32]. Ces manœuvres de recrutement doivent en effet être réalisées sous réserve d'une bonne tolérance hémodynamique. Quant aux insufflations manuelles, elles ne permettent pas le plus souvent de monitorer les pressions insufflées. Il existe alors un risque d'hyperpression en l'absence de monitoring des voies aériennes, supérieur à celui des manœuvres réalisées par l'intermédiaire du respirateur. Le monitoring de la pression œsophagienne peut d'ailleurs aider à la titration de la PEP [33], en réglant la PEP minimale permettant d'obtenir une pression transpulmonaire positive, afin de limiter la survenue d'atélectasies (niveau de PEP trop bas) ou de surdistension (niveau de PEP trop élevé) [34]. La tomographie par impédance électrique pourrait également aider au réglage individualisé de la PEP, permettant d'optimiser l'oxygénation peropératoire et la pression motrice (pression de plateau – PEP) [33]. Une pression motrice plus basse est en effet associée à une diminution des complications pulmonaires postopératoires [35]. Une autre piste de recherche prometteuse est l'interprétation des lésions induites par le ventilateur comme un transfert d'énergie du ventilateur vers le système respiratoire [36]. Ce concept a été initialement conçu pour des poumons en SDRA mais pourrait être transféré au bloc opératoire, afin de déterminer par exemple les niveaux optimaux de pression, notamment de PEP [37]. Ainsi, l'énergie délivrée par minute (« mechanical power ») est proportionnelle au carré de la pression motrice (compliance) fréquence respiratoire. Cependant, des études sont nécessaires pour valider le

concept de maintien d'une pression motrice ou d'une « mechanical power » en dessous d'un certain seuil.

Il faut rester prudent et toujours évaluer les effets hémodynamiques de l'application de pressions élevées (PEP élevée et/ou manœuvres de recrutement) : risque de diminution de l'oxygénation artérielle en raison d'un retentissement sur le débit cardiaque et d'une hypotension par gêne au retour veineux [38]. Le maintien d'une pression systolique suffisante, individualisée selon la pression artérielle habituelle du patient, est en effet fondamentale pour diminuer la survenue de dysfonctions d'organes postopératoires [39].

Le choix du mode ventilatoire, pression versus volume, est également à discuter. Certaines équipes préconisent le mode pression contrôlée car le débit décélérant permettrait une meilleure distribution du flux aérien dans les alvéoles. Cependant, les études comparant les 2 modes ventilatoires rapportent des données contradictoires : les divergences peuvent s'expliquer par des critères de jugements différents entre les études et certaines limites méthodologiques [40]. En pratique, il faut connaître les avantages et inconvénients de chacun des 2 modes et utiliser le mode ventilatoire que l'on estime le plus approprié et que l'on maîtrise le mieux.

Une concentration en oxygène haute est associée avec la formation d'atélectasies, alors que l'utilisation d'une FiO<sub>2</sub> haute représentait les pratiques standards parmi la plupart des anesthésistes. Cependant, l'utilisation d'une FiO<sub>2</sub> plus basse pourrait augmenter le risque d'hypoxémie. Il a été montré que pendant la préoxygénation, une concentration en oxygène de 80 % entraîne peu d'atélectasies, mais que le temps avant désaturation est significativement plus court comparé à celui avec 100 % d'oxygène. L'utilisation d'une FiO<sub>2</sub> plus basse durant la préoxygénation n'a donc pas été recommandée dans la pratique clinique du fait du risque d'intubation difficile. En revanche, il est recommandé après l'intubation de

diminuer la FiO<sub>2</sub> au maximum, tout en évitant une désaturation. En effet, l'utilisation de hautes FiO<sub>2</sub> peropératoires serait indépendamment associée avec une augmentation des complications respiratoires postopératoires et de la mortalité [41].

### **Anesthésie locorégionale et analgésie postopératoire**

Les techniques d'anesthésie locorégionale seules peuvent permettre d'éviter l'anesthésie générale, et donc la ventilation mécanique avec ses complications potentielles en termes d'atélectasies.

Lorsque ces techniques sont réalisées en complément d'une anesthésie générale, elles permettent de réduire les doses d'opiacés et de drogues anesthésiques en peropératoire et facilitent l'analgésie postopératoire.

Une analgésie adaptée peut diminuer la formation d'atélectasies et donc la survenue d'insuffisance respiratoire aigüe postopératoire, en permettant notamment une kinésithérapie respiratoire plus efficace et une reprise précoce de la déambulation.

Les stratégies les plus fréquemment utilisées sont soit l'analgésie contrôlée par le patient (ACP) dans le cadre d'une analgésie multimodale [42] soit l'analgésie péridurale, surtout en cas de chirurgie abdominale à ciel ouvert. Chaque méthode offre des avantages spécifiques à des patients spécifiques pour une chirurgie donnée.

La laparoscopie, moins invasive que la laparotomie, peut influencer le praticien dans le choix de l'analgésie postopératoire. L'efficacité et la sécurité de l'analgésie peuvent être améliorées par l'utilisation d'adjuvants comme les anti-inflammatoires non stéroïdiens ou l'infiltration du

site opératoire par les anesthésiques locaux dans une approche multimodale. Les recommandations permettent, dans tous les cas, d'avoir des repères pour allier analgésie efficace et diminution du risque postopératoire : analgésie péridurale, protocoles infirmiers standardisés pour le monitoring, surveillance et gestion des problèmes inhérents à l'analgésie épidurale, utilisation de l'ACP morphine associée à l'infiltration du site opératoire aux anesthésiques locaux, utilisation d'analgésiques non opioïdes en adjuvants si pas de contre-indication et éviction du débit continu dans les ACP.

L'utilisation de corticoïdes en peropératoire pourrait également réduire l'inflammation, et donc la douleur associée à la chirurgie et les complications postopératoires. L'étude en cours PACMAN [43] évalue l'efficacité de l'administration périopératoire de dexaméthasone pour réduire la morbidité postopératoire et la mortalité des patients subissant une chirurgie majeure non cardiaque.

### **Oxygénation postopératoire**

L'extubation devra être réalisée dès que possible, au mieux en salle d'opération ou sinon en salle de réveil, en évitant la ventilation mécanique prolongée [44]. Si possible, l'extubation et le réveil devraient être réalisés en position latérale ou semi-assise, et non allongée.

L'administration d'une CPAP ou VNI (avec ou sans supplémentation en oxygène) est conseillée chez les patients qui utilisaient ces modalités en préopératoire, sauf si elles sont contre-indiquées par la procédure chirurgicale [45]. Un essai randomisé contrôlé [46] a en effet montré une amélioration de la fonction ventilatoire lors du recours à la CPAP postopératoire comparé à l'absence de CPAP postopératoire. La compliance à la CPAP ou à la VNI pourrait être améliorée si les patients amènent leur propre équipement à l'hôpital. Il est essentiel que ces patients bénéficient, en pré et postopératoire, de leur traitement ventilatoire nocturne (CPAP ou VNI), notamment dans les services de chirurgie. Chez les patients obèses

hypercapniques [47], l'utilisation de VNI en post-extubation est associée à une diminution de la mortalité. En cas de comorbidités respiratoires importantes, la VNI prophylactique devra être quasi-systématique en salle de réveil puis en unité de surveillance continue.

La VNI curative peut aussi être appliquée lors d'une insuffisance respiratoire aiguë pour éviter l'intubation [48-50]. L'insuffisance respiratoire aiguë est la première complication après une chirurgie lourde, notamment abdominale ou thoracique. Elle survient dans 20 à 30 % des chirurgies majeures, et davantage chez les patients fragiles à risque (maladie pulmonaire obstructive chronique, obésité, âge avancé, insuffisance cardiaque...) [51]. La survenue d'une insuffisance respiratoire aiguë augmente la morbidité et la mortalité postopératoires [51-53]. Le traitement est généralement l'intubation suivie d'une ventilation mécanique invasive [54]. Cependant, celle-ci est associée à une mortalité élevée [51, 53, 55] ainsi qu'à une augmentation de l'utilisation du système de soins, avec une durée d'hospitalisation plus longue à la fois en réanimation et à l'hôpital [51]. Les causes de cette augmentation de mortalité incluent les complications durant la période de réintubation [10, 56-58] et les infections associées aux soins, telles que les pneumonies [57-60]. Cela suggère que l'on pourrait améliorer le pronostic de ces patients grâce à la VNI en évitant la réintubation et la mise sous ventilation mécanique [61]. La genèse de l'insuffisance respiratoire aiguë hypoxémique postopératoire est multifactorielle et en partie liée au développement d'atélectasie par hypoventilation et collapsus alvéolaire, à des sécrétions abondantes et à un dysfonctionnement diaphragmatique [62-64].

L'intérêt de la VNI par rapport à l'oxygène standard pour réduire le taux de réintubation a été démontré dans plusieurs formes d'insuffisance respiratoire aiguë de causes variables [65] : décompensation de BPCO [66], œdème pulmonaire cardiogénique [67] et récemment suivant la chirurgie abdominale [68]. Dans l'étude NIVAS, étude prospective randomisée

multicentrique menée entre mai 2013 et septembre 2014 dans 20 services de réanimation français, des patients adultes opérés d'une chirurgie abdominale réglée ou non réglée sous anesthésie générale étaient inclus s'ils présentaient, dans les 7 jours postopératoires, une insuffisance respiratoire aiguë hypoxémique définie par une  $PaO_2 < 60$  mmHg en air ambiant (ou  $< 80$  mmHg sous oxygénothérapie à 15 l/min ou une  $SpO_2 < 90$  % en air ambiant) et soit une fréquence respiratoire  $> 30$  c/min, soit des signes cliniques évocateurs d'une détresse respiratoire. Les patients relevant d'une intubation trachéale immédiate, ainsi que ceux présentant un syndrome d'apnée du sommeil et ceux relevant d'une réintervention chirurgicale urgente n'étaient pas éligibles pour inclusion. Les patients étaient ensuite randomisés (stratification sur le centre investigateur, un âge supérieur ou inférieur à 60 ans, une chirurgie sus- ou sous-mésocolique et l'utilisation ou non d'une analgésie péridurale postopératoire) en 2 groupes : groupe VNI et groupe oxygène standard. Sur les 293 patients inclus dans l'analyse en intention de traiter, une réintubation a été nécessaire dans les 7 jours après randomisation pour 49 des 148 patients (33,1 %) du groupe VNI et pour 66 des 145 patients (45,5 %) du groupe oxygénothérapie conventionnelle (différence absolue -12.4 %; intervalle de confiance [IC] 95 % CI -23,5 % à -1,3 %;  $P = 0,03$ ). Parmi les critères de jugement secondaires évalués, les patients du groupe VNI présentaient également une moindre durée de ventilation mécanique invasive, un nombre de jours sans ventilation mécanique plus important et une incidence moindre de pneumopathies à J7 et J30 après randomisation. En postextubation après intubation pour une insuffisance respiratoire aiguë hypoxémique, dans une étude [69] portant sur plus de 50 % de patients chirurgicaux, l'utilisation de VNI pourrait aussi permettre de diminuer la durée de ventilation mécanique invasive.

L'OHD est de plus en plus utilisée comme alternative à l'oxygénothérapie [70]. Chez les patients postopératoires présentant un risque modéré à élevé de complications pulmonaires



postopératoires ayant subi une chirurgie abdominale majeure, l'application préventive précoce d'OHD après extubation n'a pas permis de bénéfice par rapport à l'oxygénothérapie standard [71]. Cependant, les patients ne présentaient pas d'insuffisance respiratoire aiguë. Une étude est en cours pour évaluer les bénéfices d'une administration automatisée d'oxygène sur l'atteinte des cibles de SpO<sub>2</sub> prescrites dans les 3 jours postopératoires [72]. Dans l'étude de Stefan et al. [73], réalisée chez des patients en postopératoire de chirurgie thoracique (en prévention ou en traitement de l'insuffisance respiratoire aiguë), l'OHD n'était pas inférieure à la VNI pour réduire un critère composite incluant la nécessité de réintubation à 72 h ou de changement de méthode d'oxygénothérapie. Dans l'étude d'Hernandez et al. [74], parmi les patients adultes à haut risque qui ont eu une extubation (dont 40 % des patients en postopératoire), l'OHD préventive n'était pas inférieure à la VNI préventive en ce qui concerne la réduction du taux de réintubation et de l'échec respiratoire post-extubation. Encore une fois, les patients ne souffraient pas d'insuffisance respiratoire aiguë, et il y avait moins de la moitié de patients chirurgicaux.

La VNI est souvent indiquée en premier lieu lors d'une insuffisance respiratoire aiguë chez l'obèse avec syndrome d'apnées obstructives du sommeil [75]. Chez les patients obèses en hypercapnie, il faut utiliser des niveaux de PEP plus élevés sur une durée plus importante pour réduire l'hypercapnie en dessous de 50 mmHg.

## **Conclusion**

La survenue de complications respiratoires périopératoires pourrait être diminuée par une prise en charge périopératoire adaptée par le médecin anesthésiste-réanimateur. Ainsi, a été introduit ces dernières années le concept de « ventilation positive périopératoire protectrice

(POP ventilation) ». Celle-ci consiste en une préoxygénation, en position semi-assise, éventuellement par VNI, associée à l'application d'une PEP, avec un volume courant modéré (6-8 ml/kg PIT) et des manœuvres de recrutement prudentes et régulières. Ces mesures, associées à une préparation préopératoire optimisée et la mise en œuvre d'une réhabilitation postopératoire précoce, permettraient de limiter les complications respiratoires per et postopératoires.

## References

1. Neto AS, da Costa LGV, Hemmes SNT, Canet J, Hedenstierna G, Jaber S, Hiesmayr M, Hollmann MW, Mills GH, Vidal Melo MF *et al*: **The LAS VEGAS risk score for prediction of postoperative pulmonary complications: An observational study.** *Eur J Anaesthesiol* 2018, **35**(9):691-701.
2. Russotto V, Sabate S, Canet J: **Development of a prediction model for postoperative pneumonia: A multicentre prospective observational study.** *Eur J Anaesthesiol* 2019, **36**(2):93-104.
3. **Epidemiology, practice of ventilation and outcome for patients at increased risk of postoperative pulmonary complications: LAS VEGAS - an observational study in 29 countries.** *Eur J Anaesthesiol* 2017, **34**(8):492-507.
4. Futier E, Constantin JM, Jaber S: **Protective lung ventilation in operating room: a systematic review.** *Minerva Anesthesiol* 2014, **80**(6):726-735.
5. Hedenstierna G, Edmark L: **The effects of anesthesia and muscle paralysis on the respiratory system.** *Intensive Care Med* 2005, **31**(10):1327-1335.
6. Cortegiani A, Gregoretti C, Neto AS, Hemmes SNT, Ball L, Canet J, Hiesmayr M, Hollmann MW, Mills GH, Melo MFV *et al*: **Association between night-time surgery and occurrence of intraoperative adverse events and postoperative pulmonary complications.** *Br J Anaesth* 2019, **122**(3):361-369.
7. De Jong A, Molinari N, Sebbane M, Prades A, Futier E, Jung B, Chanques G, Jaber S: **Feasibility and effectiveness of prone position in morbidly obese patients with ARDS: A case-control clinical study.** *Chest* 2013, **143**(6):1554-1561.
8. Futier E, Marret E, Jaber S: **Perioperative positive pressure ventilation: an integrated approach to improve pulmonary care.** *Anesthesiology* 2014, **121**(2):400-408.
9. Baillard C, Boubaya M, Statescu E, Collet M, Solis A, Guezennec J, Levy V, Langeron O: **Incidence and risk factors of hypoxaemia after preoxygenation at induction of anaesthesia.** *Br J Anaesth* 2019, **122**(3):388-394.
10. De Jong A, Rolle A, Molinari N, Paugam-Burtz C, Constantin JM, Lefrant JY, Asehnoune K, Jung B, Futier E, Chanques G *et al*: **Cardiac Arrest and Mortality Related to Intubation Procedure in Critically Ill Adult Patients: A Multicenter Cohort Study.** *Crit Care Med* 2018, **46**(4):532-539.
11. Baraka AS, Taha SK, El-Khatib MF, Massouh FM, Jabbour DG, Alameddine MM: **Oxygenation using tidal volume breathing after maximal exhalation.** *Anesth Analg* 2003, **97**(5):1533-1535.
12. De Jong A, Futier E, Millot A, Coisel Y, Jung B, Chanques G, Baillard C, Jaber S: **How to preoxygenate in operative room: Healthy subjects and situations "at risk".** *Ann Fr Anesth Reanim* 2014, **33**(7-8):457-461.
13. Futier E, Constantin JM, Petit A, Jung B, Kwiatkowski F, Duclos M, Jaber S, Bazin JE: **Positive end-expiratory pressure improves end-expiratory lung volume but not oxygenation after induction of anaesthesia.** *Eur J Anaesthesiol* 2010, **27**(6):508-513.
14. Delay JM, Sebbane M, Jung B, Nocca D, Verzilli D, Pouzeratte Y, Kamel ME, Fabre JM, Eledjam JJ, Jaber S: **The effectiveness of noninvasive positive pressure ventilation to enhance preoxygenation in morbidly obese patients: a randomized controlled study.** *Anesth Analg* 2008, **107**(5):1707-1713.
15. Futier E, Constantin JM, Pelosi P, Chanques G, Massone A, Petit A, Kwiatkowski F, Bazin JE, Jaber S: **Noninvasive ventilation and alveolar recruitment maneuver improve respiratory function during and after intubation of morbidly obese patients: a randomized controlled study.** *Anesthesiology* 2011, **114**(6):1354-1363.

16. Baillard C, Fosse JP, Sebbane M, Chanques G, Vincent F, Courouble P, Cohen Y, Eledjam JJ, Adnet F, Jaber S: **Noninvasive ventilation improves preoxygenation before intubation of hypoxic patients.** *Am J Respir Crit Care Med* 2006, **174**(2):171-177.
17. Baillard C, Prat G, Jung B, Futier E, Lefrant JY, Vincent F, Hamdi A, Vicaut E, Jaber S: **Effect of preoxygenation using non-invasive ventilation before intubation on subsequent organ failures in hypoxaemic patients: a randomised clinical trial.** *Br J Anaesth* 2018, **120**(2):361-367.
18. Frat JP, Ricard JD, Quenot JP, Pichon N, Demoule A, Forel JM, Mira JP, Coudroy R, Berquier G, Voisin B *et al*: **Non-invasive ventilation versus high-flow nasal cannula oxygen therapy with apnoeic oxygenation for preoxygenation before intubation of patients with acute hypoxaemic respiratory failure: a randomised, multicentre, open-label trial.** *The Lancet Respiratory medicine* 2019, **7**(4):303-312.
19. Mauri T, Turrini C, Eronia N, Grasselli G, Volta CA, Bellani G, Pesenti A: **Physiologic Effects of High-Flow Nasal Cannula in Acute Hypoxemic Respiratory Failure.** *Am J Respir Crit Care Med* 2017, **195**(9):1207-1215.
20. Ramachandran SK, Cosnowski A, Shanks A, Turner CR: **Apneic oxygenation during prolonged laryngoscopy in obese patients: a randomized, controlled trial of nasal oxygen administration.** *J Clin Anesth* 2010, **22**(3):164-168.
21. Patel A, Nouraei SA: **Transnasal Humidified Rapid-Insufflation Ventilatory Exchange (THRIVE): a physiological method of increasing apnoea time in patients with difficult airways.** *Anaesthesia* 2015, **70**(3):323-329.
22. Hanouz J-L, Lhermitte D, Guérard J-L, Fischer MO: **Comparison of pre-oxygenation using spontaneous breathing through face mask and high-flow nasal oxygen: A prospective randomised crossover controlled study in healthy volunteers.** *European Journal of Anaesthesiology (EJA)* 2019, **Publish Ahead of Print**.
23. Vourc'h M, Baud G, Feuillet F, Blanchard C, Mirallie E, Guitton C, Jaber S, Asehnoune K: **High-flow Nasal Cannulae Versus Non-invasive Ventilation for Preoxygenation of Obese Patients: The PREOPTIPOP Randomized Trial.** *EClinicalMedicine* 2019.
24. Jaber S, Monnin M, Girard M, Conseil M, Cisse M, Carr J, Mahul M, Delay JM, Belafia F, Chanques G *et al*: **Apnoeic oxygenation via high-flow nasal cannula oxygen combined with non-invasive ventilation preoxygenation for intubation in hypoxaemic patients in the intensive care unit: the single-centre, blinded, randomised controlled OPTINIV trial.** *Intensive Care Med* 2016, **42**(12):1877-1887.
25. Serpa Neto A, Juffermans NP, Hemmes SNT, Barbas CSV, Beiderlinden M, Biehl M, Fernandez-Bustamante A, Futier E, Gajic O, Jaber S *et al*: **Interaction between peri-operative blood transfusion, tidal volume, airway pressure and postoperative ARDS: an individual patient data meta-analysis.** *Annals of translational medicine* 2018, **6**(2):23.
26. Futier E, Constantin JM, Paugam-Burtz C, Pascal J, Eurin M, Neuschwander A, Marret E, Beaussier M, Gutton C, Lefrant JY *et al*: **A trial of intraoperative low-tidal-volume ventilation in abdominal surgery.** *N Engl J Med* 2013, **369**(5):428-437.
27. Hemmes SN, Gama de Abreu M, Pelosi P, Schultz MJ: **High versus low positive end-expiratory pressure during general anaesthesia for open abdominal surgery (PROVHILO trial): a multicentre randomised controlled trial.** *Lancet* 2014, **384**(9942):495-503.
28. Marret E, Cinotti R, Berard L, Piriou V, Jobard J, Barrucand B, Radu D, Jaber S, Bonnet F: **Protective ventilation during anaesthesia reduces major postoperative complications after lung cancer surgery: A double-blind randomised controlled trial.** *Eur J Anaesthesiol* 2018, **35**(10):727-735.
29. Ostberg E, Thorisson A, Enlund M, Zetterstrom H, Hedenstierna G, Edmark L: **Positive End-expiratory Pressure Alone Minimizes Atelectasis Formation in Nonabdominal Surgery: A Randomized Controlled Trial.** *Anesthesiology* 2018, **128**(6):1117-1124.
30. Talab HF, Zabani IA, Abdelrahman HS, Bukhari WL, Mamoun I, Ashour MA, Sadeq BB, El Sayed SI: **Intraoperative ventilatory strategies for prevention of pulmonary atelectasis in obese patients undergoing laparoscopic bariatric surgery.** *Anesth Analg* 2009, **109**(5):1511-1516.

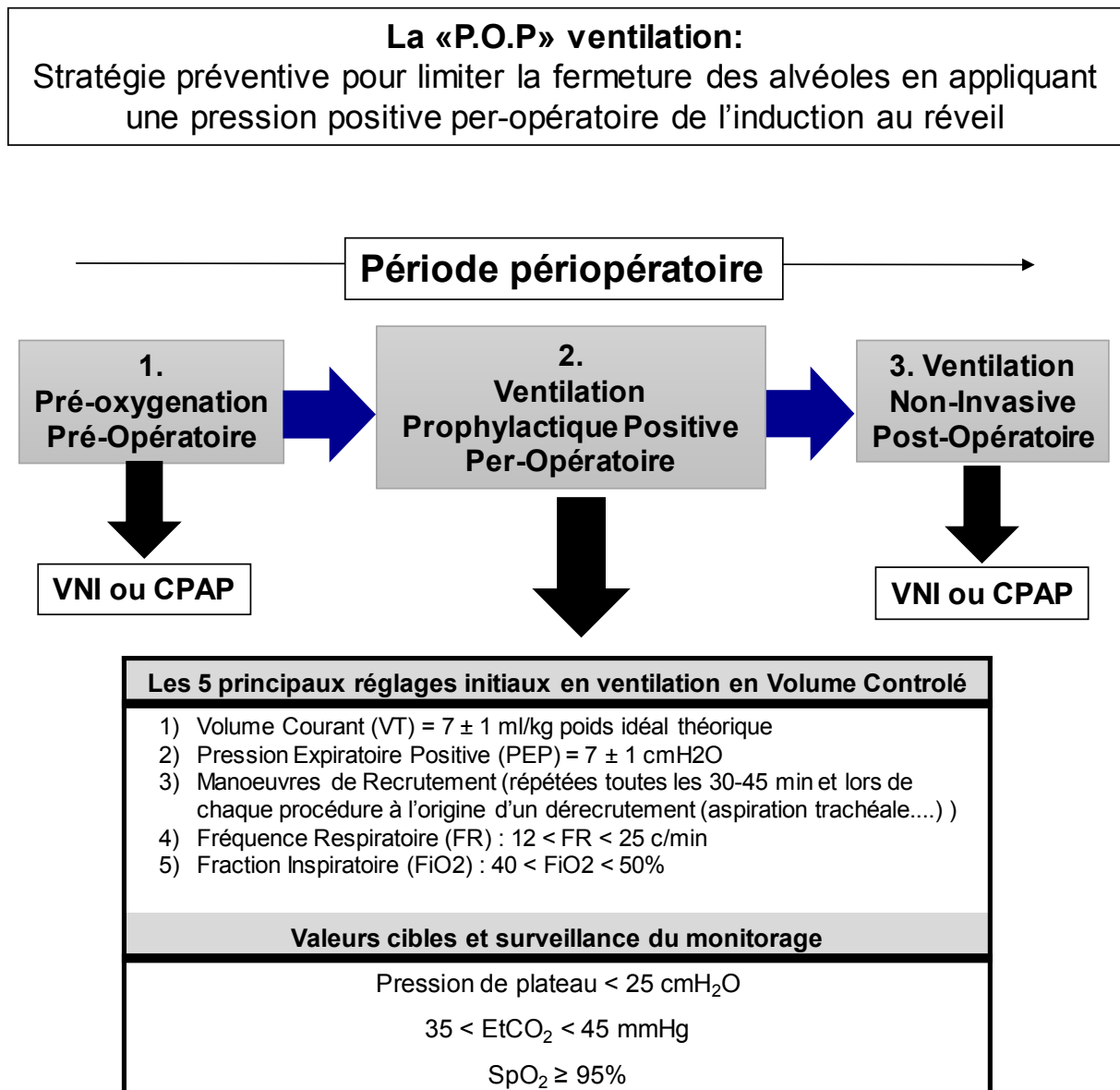
31. Bluth T, Serpa Neto A, Schultz MJ, Pelosi P, Gama de Abreu M: **Effect of Intraoperative High Positive End-Expiratory Pressure (PEEP) With Recruitment Maneuvers vs Low PEEP on Postoperative Pulmonary Complications in Obese Patients: A Randomized Clinical Trial.** *Jama* 2019.
32. Constantin J-M, Jaber S, Futier E, Cayot-Constantin S, Verny-Pic M, Jung B, Bailly A, Guerin R, Bazin J-E: **Respiratory effects of different recruitment maneuvers in acute respiratory distress syndrome.** *Critical care (London, England)* 2008, **12**(2).
33. Pereira SM, Tucci MR, Morais CCA, Simoes CM, Tonelotto BFF, Pompeo MS, Kay FU, Pelosi P, Vieira JE, Amato MBP: **Individual Positive End-expiratory Pressure Settings Optimize Intraoperative Mechanical Ventilation and Reduce Postoperative Atelectasis.** *Anesthesiology* 2018, **129**(6):1070-1081.
34. Eichler L, Truskowska K, Dupree A, Busch P, Goetz AE, Zollner C: **Intraoperative Ventilation of Morbidly Obese Patients Guided by Transpulmonary Pressure.** *Obes Surg* 2018, **28**(1):122-129.
35. Neto AS, Hemmes SN, Barbas CS, Beiderlinden M, Fernandez-Bustamante A, Futier E, Gajic O, El-Tahan MR, Ghamdi AA, Gunay E *et al*: **Association between driving pressure and development of postoperative pulmonary complications in patients undergoing mechanical ventilation for general anaesthesia: a meta-analysis of individual patient data.** *The Lancet Respiratory medicine* 2016, **4**(4):272-280.
36. Gattinoni L, Tonetti T, Cressoni M, Cadringer P, Herrmann P, Moerer O, Protti A, Gotti M, Chiurazzi C, Carlesso E *et al*: **Ventilator-related causes of lung injury: the mechanical power.** *Intensive Care Med* 2016, **42**(10):1567-1575.
37. Collino F, Rapetti F, Vasques F, Maiolo G, Tonetti T, Romitti F, Niewenhuys J, Behnemann T, Camporota L, Hahn G *et al*: **Positive End-expiratory Pressure and Mechanical Power.** *Anesthesiology* 2019, **130**(1):119-130.
38. Nestler C, Simon P, Petroff D, Hammermuller S, Kamrath D, Wolf S, Dietrich A, Camilo LM, Beda A, Carvalho AR *et al*: **Individualized positive end-expiratory pressure in obese patients during general anaesthesia: a randomized controlled clinical trial using electrical impedance tomography.** *Br J Anaesth* 2017, **119**(6):1194-1205.
39. Futier E, Lefrant JY, Guinot PG, Godet T, Lorne E, Cuvillon P, Bertran S, Leone M, Pastene B, Piriou V *et al*: **Effect of Individualized vs Standard Blood Pressure Management Strategies on Postoperative Organ Dysfunction Among High-Risk Patients Undergoing Major Surgery: A Randomized Clinical Trial.** *JAMA* 2017, **318**(14):1346-1357.
40. Aldenkortt M, Lysakowski C, Elia N, Brochard L, Tramer MR: **Ventilation strategies in obese patients undergoing surgery: a quantitative systematic review and meta-analysis.** *Br J Anaesth* 2012, **109**(4):493-502.
41. Staehr-Rye AK, Meyhoff CS, Scheffenbichler FT, Vidal Melo MF, Gatke MR, Walsh JL, Ladha KS, Grabitz SD, Nikolov MI, Kurth T *et al*: **High intraoperative inspiratory oxygen fraction and risk of major respiratory complications.** *Br J Anaesth* 2017, **119**(1):140-149.
42. Beloeil H, Albaladejo P, Sion A, Durand M, Martinez V, Lasocki S, Futier E, Verzili D, Minville V, Fessenmeyer C *et al*: **Multicentre, prospective, double-blind, randomised controlled clinical trial comparing different non-opioid analgesic combinations with morphine for postoperative analgesia: the OCTOPUS study.** *Br J Anaesth* 2019, **122**(6):e98-e106.
43. Asehnoune K, Futier E, Feuillet F, Roquilly A: **PACMAN trial protocol, Perioperative Administration of Corticotherapy on Morbidity and mortality After Non-cardiac major surgery: a randomised, multicentre, double-blind, superiority study.** *BMJ Open* 2019, **9**(3):e021262.
44. Jaber S, Petrof BJ, Jung B, Chanques G, Berthet J-P, Rabuel C, Bouyabrine H, Courouble P, Koechlin-Ramonatxo C, Sebbane M *et al*: **Rapidly progressive diaphragmatic weakness and injury during mechanical ventilation in humans.** *Am J Respir Crit Care Med* 2011, **183**(3):364-371.
45. Jabaudon M, Audard J, Charvin M, Godet T, Futier E: **Ventilation non invasive en postopératoire.** *Le Praticien en Anesthésie Réanimation* 2019.

46. Neligan PJ, Malhotra G, Fraser M, Williams N, Greenblatt EP, Cereda M, Ochroch EA: **Continuous positive airway pressure via the Boussignac system immediately after extubation improves lung function in morbidly obese patients with obstructive sleep apnea undergoing laparoscopic bariatric surgery.** *Anesthesiology* 2009, **110**(4):878-884.
47. Jaber S, De Jong A, Castagnoli A, Futier E, Chanques G: **Non-invasive ventilation after surgery.** *Ann Fr Anesth Reanim* 2014, **33**(7-8):487-491.
48. Azoulay E, Kouatchet A, Jaber S, Lambert J, Meziani F, Schmidt M, Schnell D, Mortaza S, Conseil M, Tchenio X *et al*: **Noninvasive mechanical ventilation in patients having declined tracheal intubation.** *Intensive care medicine* 2013, **39**(2):292-301.
49. Jaber S, Michelet P, Chanques G: **Role of non-invasive ventilation (NIV) in the perioperative period.** *Best practice & research Clinical anaesthesiology* 2010, **24**(2):253-265.
50. Jaber S, Chanques G, Jung B: **Postoperative noninvasive ventilation.** *Anesthesiology* 2010, **112**(2):453-461.
51. Serpa Neto A, Hemmes SN, Barbas CS, Beiderlinden M, Fernandez-Bustamante A, Futier E, Hollmann MW, Jaber S, Kozian A, Licker M *et al*: **Incidence of mortality and morbidity related to postoperative lung injury in patients who have undergone abdominal or thoracic surgery: a systematic review and meta-analysis.** *The Lancet Respiratory medicine* 2014, **2**(12):1007-1015.
52. Chiumello D, Chevillard G, Gregoretti C: **Non-invasive ventilation in postoperative patients: a systematic review.** *Intensive care medicine* 2011, **37**(6):918-929.
53. Pearse RM, Moreno RP, Bauer P, Pelosi P, Metnitz P, Spies C, Vallet B, Vincent JL, Hoeft A, Rhodes A: **Mortality after surgery in Europe: a 7 day cohort study.** *Lancet* 2012, **380**(9847):1059-1065.
54. Ghaferi AA, Birkmeyer JD, Dimick JB: **Variation in hospital mortality associated with inpatient surgery.** *N Engl J Med* 2009, **361**(14):1368-1375.
55. Kelly CR, Higgins AR, Chandra S: **Videos in clinical medicine. Noninvasive positive-pressure ventilation.** *N Engl J Med* 2015, **372**(23):e30.
56. De Jong A, Molinari N, Pouzeratte Y, Verzilli D, Chanques G, Jung B, Futier E, Perrigault PF, Colson P, Capdevila X *et al*: **Difficult intubation in obese patients: incidence, risk factors, and complications in the operating theatre and in intensive care units.** *Br J Anaesth* 2015, **114**(2):297-306.
57. Jaber S, Jung B, Corne P, Sebbane M, Muller L, Chanques G, Verzilli D, Jonquet O, Eledjam JJ, Lefrant JY: **An intervention to decrease complications related to endotracheal intubation in the intensive care unit: a prospective, multiple-center study.** *Intensive care medicine* 2010, **36**(2):248-255.
58. Jaber S, Amraoui J, Lefrant JY, Arich C, Cohendy R, Landreau L, Calvet Y, Capdevila X, Mahamat A, Eledjam JJ: **Clinical practice and risk factors for immediate complications of endotracheal intubation in the intensive care unit: a prospective, multiple-center study.** *Crit Care Med* 2006, **34**(9):2355-2361.
59. Thille AW, Richard JC, Brochard L: **The decision to extubate in the intensive care unit.** *Am J Respir Crit Care Med* 2013, **187**(12):1294-1302.
60. Epstein SK: **Extubation failure: an outcome to be avoided.** *Crit Care* 2004, **8**(5):310-312.
61. Jaber S, Delay JM, Chanques G, Sebbane M, Jacquet E, Souche B, Perrigault PF, Eledjam JJ: **Outcomes of patients with acute respiratory failure after abdominal surgery treated with noninvasive positive pressure ventilation.** *Chest* 2005, **128**(4):2688-2695.
62. Jaber S, Petrof BJ, Jung B, Chanques G, Berthet JP, Rabuel C, Bouyabrine H, Courouble P, Koechlin C, Sebbane M *et al*: **Rapidly Progressive Diaphragmatic Weakness and Injury during Mechanical Ventilation in Humans.** *Am J Respir Crit Care Med* 2010.
63. Jung B, Moury PH, Mahul M, de Jong A, Galia F, Prades A, Albaladejo P, Chanques G, Molinari N, Jaber S: **Diaphragmatic dysfunction in patients with ICU-acquired weakness and its impact on extubation failure.** *Intensive Care Med* 2016, **42**(5):853-861.
64. Demoule A, Jung B, Prodanovic H, Molinari N, Chanques G, Coirault C, Matecki S, Duguet A, Similowski T, Jaber S: **Diaphragm dysfunction on admission to the intensive care unit.**

- Prevalence, risk factors, and prognostic impact-a prospective study.** *Am J Respir Crit Care Med* 2013, **188**(2):213-219.
65. De Jong A, Hernandez G, Chiumello D: **Is there still a place for noninvasive ventilation in acute hypoxemic respiratory failure?** *Intensive Care Med* 2018, **44**(12):2248-2250.
66. Brochard L, Mancebo J, Wysocki M, Lofaso F, Conti G, Rauss A, Simonneau G, Benito S, Gasparetto A, Lemaire F *et al*: **Noninvasive ventilation for acute exacerbations of chronic obstructive pulmonary disease.** *N Engl J Med* 1995, **333**(13):817-822.
67. Masip J, Roque M, Sanchez B, Fernandez R, Subirana M, Exposito JA: **Noninvasive ventilation in acute cardiogenic pulmonary edema: systematic review and meta-analysis.** *Jama* 2005, **294**(24):3124-3130.
68. Jaber S, Lescot T, Futier E, Paugam-Burtz C, Seguin P, Ferrandiere M, Lasocki S, Mimoz O, Hengy B, Sannini A *et al*: **Effect of Noninvasive Ventilation on Tracheal Reintubation Among Patients With Hypoxemic Respiratory Failure Following Abdominal Surgery: A Randomized Clinical Trial.** *Jama* 2016, **315**(13):1345-1353.
69. Vaschetto R, Longhini F, Persona P, Ori C, Stefani G, Liu S, Yi Y, Lu W, Yu T, Luo X *et al*: **Early extubation followed by immediate noninvasive ventilation vs. standard extubation in hypoxemic patients: a randomized clinical trial.** *Intensive Care Med* 2019, **45**(1):62-71.
70. Papazian L, Corley A, Hess D, Fraser JF, Frat JP, Guitton C, Jaber S, Maggiore SM, Nava S, Rello J *et al*: **Use of high-flow nasal cannula oxygenation in ICU adults: a narrative review.** *Intensive Care Med* 2016, **42**(9):1336-1349.
71. Futier E, Paugam-Burtz C, Godet T, Khoy-Ear L, Rozenchwajg S, Delay JM, Verzilli D, Dupuis J, Chanques G, Bazin JE *et al*: **Effect of early postextubation high-flow nasal cannula vs conventional oxygen therapy on hypoxaemia in patients after major abdominal surgery: a French multicentre randomised controlled trial (OPERA).** *Intensive Care Med* 2016, **42**(12):1888-1898.
72. L'Her E, Jaber S, Verzilli D, Jacob C, Huiban B, Futier E, Kerforne T, Pateau V, Bouchard PA, Gouillou M *et al*: **Automated oxygen administration versus conventional oxygen therapy after major abdominal or thoracic surgery: study protocol for an international multicentre randomised controlled study.** *BMJ Open* 2019, **9**(1):e023833.
73. Stephan F, Barrucand B, Petit P, Rezaiguia-Delclaux S, Medard A, Delannoy B, Cosserant B, Flicoteaux G, Imbert A, Pilorge C *et al*: **High-Flow Nasal Oxygen vs Noninvasive Positive Airway Pressure in Hypoxemic Patients After Cardiothoracic Surgery: A Randomized Clinical Trial.** *Jama* 2015, **313**(23):2331-2339.
74. Hernandez G, Vaquero C, Colinas L, Cuena R, Gonzalez P, Canabal A, Sanchez S, Rodriguez ML, Villasclaras A, Fernandez R: **Effect of Postextubation High-Flow Nasal Cannula vs Noninvasive Ventilation on Reintubation and Postextubation Respiratory Failure in High-Risk Patients: A Randomized Clinical Trial.** *Jama* 2016, **316**(15):1565-1574.
75. Bahammam AS, Al-Jawder SE: **Managing acute respiratory decompensation in the morbidly obese.** *Respirology* 2012, **17**(5):759-771.

Figures, tableaux et légendes :

Figure 1. Ventilation protectrice positive périopératoire (POP ventilation)



Légende de la figure :

VNI = Ventilation Non Invasive ; CPAP = continuous positive airway pressure ; EtCO<sub>2</sub> = end tidal CO<sub>2</sub> ; SpO<sub>2</sub> = Saturation en oxygène mesurée par l'oxymétrie de pouls.