



HAL
open science

Ventilation du patient avec obésité

Audrey de Jong, Chahir Laatar, Maha Touaibia, Mathieu Capdevila, Samir Jaber

► **To cite this version:**

Audrey de Jong, Chahir Laatar, Maha Touaibia, Mathieu Capdevila, Samir Jaber. Ventilation du patient avec obésité. *Anesthésie & Réanimation*, 2022, 10.1016/j.anrea.2022.03.003 . hal-03672430

HAL Id: hal-03672430

<https://hal.science/hal-03672430>

Submitted on 19 May 2022

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Ventilation du patient avec obésité

Audrey De Jong, Chahir Laatar, Maha Touaibia, Mathieu Capdevila, Samir Jaber

University Montpellier 1, Saint Eloi Teaching Hospital, Anaesthesia and Critical Care Department, 80, avenue Augustin Fliche, 34295 Montpellier Cedex 5, France

Correspondance :

Audrey De Jong, Anaesthesia and Critical Care Department, Saint Eloi Teaching Hospital, University Montpellier 1, 80, avenue Augustin Fliche, 34295 Montpellier Cedex 5, France.

a-de_jong@chu-montpellier.fr

Mots clés

Obésité
Ventilation
Intubation
Voies aériennes

Keywords

Obesity
Ventilation
Intubation
Airway

■ Résumé

L'obésité est un facteur de risque important de complications majeures, de morbidité et de mortalité liées à la procédure d'intubation et de ventilation en réanimation. La chute de la capacité résiduelle fonctionnelle entraîne une fermeture des voies aériennes et la formation d'atélectasies. Pour optimiser la prise en charge des voies aériennes ainsi que la ventilation, qu'elle soit non invasive ou invasive, la position semi-assise ou en Trendelenburg inversé est conseillée. La préoxygénation par pression positive avant la procédure d'intubation est la méthode de référence, pouvant s'associer à une oxygénation apnéique pendant la laryngoscopie. Pour l'intubation, la vidéolaryngoscopie peut avoir un intérêt quand elle est réalisée par des opérateurs entraînés, surtout chez les patients qui ont plusieurs facteurs de risque d'intubation difficile. Concernant la ventilation mécanique chez les patients avec et sans syndrome de détresse respiratoire aiguë (SDRA), sont conseillés : un volume courant bas (6 mL/kg de poids prédit), une pression expiratoire positive (PEP) modérée à élevée en cas de présence d'un SDRA, si possible titrée de manière décrémente après une manœuvre de recrutement. Le décubitus ventral est un traitement de choix chez les patients avec obésité en SDRA sévère.

■ Summary

Ventilation of the patient with obesity

Obesity is an important risk factor for major complications, morbidity and mortality associated with the intubation and ventilation procedure in intensive care unit (ICU). The drop in functional residual capacity leads to airway closure and the formation of atelectasis. To optimise airway management, as well as ventilation, whether non-invasive or invasive, the semi-seated or reverse Trendelenburg position is recommended. Positive pressure pre-oxygenation before the intubation procedure is the gold standard, which can be combined with apnoeic oxygenation during laryngoscopy. For intubation, video laryngoscopy may be of interest when performed by trained operators, especially in patients who have several risk factors for difficult intubation. Regarding mechanical ventilation in patients with and without acute respiratory distress

syndrome (ARDS), the following are recommended: low tidal volume (6 mL/kg of predicted body weight), moderate to high positive expiratory pressure (PEEP) if present of an ARDS, if possible titrated using a decremental method after a recruitment manoeuvre. Prone position is the treatment of choice in patients with obesity and severe ARDS.

Introduction

L'obésité (définie par un indice de masse corporelle (IMC) ≥ 30 kg/m²), en particulier lorsqu'elle est abdominale (distribution des graisses androïdes) ou morbide, entraîne une altération de l'anatomie et de la physiologie respiratoires [1], et donc une prise en charge des voies aériennes et de la ventilation qui peut être complexe. L'obésité semble associée à un risque accru de syndrome de détresse respiratoire aiguë (SDRA) et d'infection pulmonaire [2], y compris à COVID-19 [3,4].

Ce chapitre vise à résumer les développements récents concernant l'impact de l'obésité sur le système respiratoire et les mesures à prendre pour optimiser la gestion des voies aériennes et la ventilation mécanique chez les patients souffrant d'obésité en réanimation.

Modifications respiratoires : physiopathologie

Le patient avec obésité présente un travail respiratoire plus important et une altération des échanges gazeux. Le volume pulmonaire est réduit, suite au déplacement crânial du diaphragme par la masse abdominale. La diminution du volume pulmonaire au repos après expiration, aussi appelé capacité résiduelle fonctionnelle (CRF), est de 5 % à 15 % par augmentation de 5 kg/m² de l'IMC. Cette diminution s'accroît pendant l'anesthésie avec la perte du tonus musculaire et l'utilisation d'hypnotiques et de curares [5]. La chute de la CRF favorise la fermeture des voies aériennes et la formation d'atélectasies [6]. L'inégalité de distribution de la ventilation causée par la fermeture des voies aériennes se produira principalement dans les régions pulmonaires dépendantes. La perfusion du poumon, d'autre part, augmente vers le bas du poumon indépendamment de l'anatomie. Les régions qui sont mal mais encore ventilées entraîneront une inadéquation entre la ventilation et la perfusion et les régions qui ne sont plus du tout ventilées, en raison de la fermeture continue des voies aériennes, entraîneront un shunt. Les deux entravent l'oxygénation et un grand shunt peut même nuire à l'élimination du dioxyde de carbone (CO₂). Si le shunt est très important, l'oxygénation est mal ou pas du tout améliorée en augmentant l'oxygène inspiré. Cependant, les patients souffrant d'obésité ne constituent pas un groupe homogène. Le degré d'obésité et la distribution des graisses (gynoïdes *versus* androïdes) sont des facteurs de confusion à prendre en compte [7].

Prise en charge du patient en insuffisance respiratoire aiguë

En cas d'insuffisance respiratoire aiguë, les stratégies non invasives commencent par optimiser la position par la position inversée de Trendelenburg, la « position de chaise de plage » ou la position assise, qui améliorent la compliance respiratoire et les échanges gazeux.

Chez les patients souffrant d'hypoxémie ou d'insuffisance respiratoire aiguë postopératoire, la ventilation non invasive (VNI) est recommandée [8,9]. Dans une analyse post-hoc d'un essai de 830 patients en post-opératoire de chirurgie thoracique [10], il a été démontré que parmi les 272 patients avec obésité (IMC moyen de 34 kg/m²), la VNI n'était pas supérieure à l'oxygène à haut débit (OHD), avec un échec de traitement se produisant dans 15 % des cas dans le groupe VNI et 13 % dans le groupe OHD. La VNI reste considérée comme une thérapie de première intention chez les patients souffrant d'obésité ayant une insuffisance respiratoire aiguë postopératoire [11], mais d'autres études sont nécessaires pour confirmer le rôle de la pression positive continue (PPC) et/ou de l'OHD dans ce contexte [12,13]. L'insuffisance respiratoire aiguë hypercapnique chez les patients obèses peut faire suite à un œdème pulmonaire cardiogénique, une pneumonie, de l'asthme ou une exacerbation d'une maladie pulmonaire chronique, mais peut également être due à une exacerbation du syndrome obésité-hypoventilation [14]. La VNI est le traitement de référence en cas d'exacerbation du syndrome obésité-hypoventilation, ou de toute autre cause d'insuffisance respiratoire aiguë hypercapnique. La place de l'OHD reste à évaluer.

Prise en charge des voies aériennes

Le *tableau 1* présente les points clés pour la ventilation mécanique des patients avec obésité. Les patients avec obésité présentent des altérations morphologiques particulières potentiellement associées à des difficultés lors de la ventilation au masque et de la gestion des voies aériennes : mobilité du cou réduite, ouverture de bouche limitée, augmentation de la circonférence du cou et diminution de la distance thyromentale. En outre, les patients souffrant d'obésité ont une incidence élevée d'apnée obstructive du sommeil. Les facteurs de risque additionnels d'intubation difficile chez les patients avec obésité [15] sont un syndrome d'apnées obstructives du sommeil, un score de Mallampati III ou IV, une mobilité du cou réduite, une ouverture de bouche limitée, et une hypoxémie sévère ou un

TABLEAU I

Points-clés pour la ventilation mécanique des patients avec obésité**Prise en charge des voies aériennes**

Risque élevé de ventilation au masque et d'intubation difficiles
Préparer le matériel pour intubation difficile comme les vidéolaryngoscopes
Préoxygénation: ventilation non invasive en position demi-assise, envisager d'ajouter de l'oxygénation apnéique
Induction séquence rapide
Manœuvre de recrutement après intubation et stabilisation hémodynamique
Réglages ventilatoires
Bas volume courant (6 ml/kg ou moins)
PEP modérée à élevée si bien tolérée hémodynamiquement, après titration décrémente
Manœuvre de recrutement: si bien tolérée hémodynamiquement, chez des patients sélectionnés
Monitoring de la pression transpulmonaire si possible
En cas de SDRA sévère, décubitus ventral dans une équipe entraînée
Ne pas contre-indiquer l'ECMO
Traiter des maladies associées
Syndrome obésité hypoventilation et/ou syndrome d'apnées obstructif du sommeil
Introduire PPC ou VNI après extubation précoce
Discuter la mise en place de PPC ou VNI au domicile

Réglages ventilatoires**Traiter des maladies associées**

PEP : pression expiratoire positive; SDRA : syndrome de détresse respiratoire aiguë; ECMO : oxygénation par membrane extracorporelle ; PPC : pression positive continue ; VNI : ventilation non invasive

coma avant intubation, facteurs présents dans le score de MACOCHA [16].

Plusieurs études ont confirmé qu'une préoxygénation par pression positive continue ou VNI améliore les réserves pulmonaires en oxygène, permettant ainsi un temps plus long d'intubation sans désaturation [7]. L'OHD peut avoir un intérêt pour une éventuelle oxygénation apnéique, mais ne peut pas remplacer une préoxygénation en pression positive [17,18]. Une méta-analyse chez les patients opérés avec obésité a suggéré une augmentation du succès d'intubation à la première tentative lorsque la vidéolaryngoscopie était utilisée, par rapport à la laryngoscopie directe [19]. Chez les patients avec obésité intubés en réanimation, il semble raisonnable de considérer l'utilisation de vidéolaryngoscopes par des réanimateurs entraînés à leur usage, surtout si ces patients avec obésité présentent des facteurs de risque additionnels d'intubation difficile.

Ventilation mécanique

Le concept de normalisation du volume courant par rapport au poids prédit est basé sur le volume pulmonaire attendu (en fonction de la taille et du sexe du patient) [20].

Des niveaux de pression expiratoire positive (PEP) plus élevés sont souvent nécessaires par rapport à ceux appliqués chez un

patient sans obésité. Cependant, un large essai portant sur le réglage de la PEP chez des patients avec obésité anesthésiés pour chirurgie majeure n'a pas démontré de différence sur les complications pulmonaires postopératoires entre le groupe avec un niveau de PEP à 4 cmH₂O et le groupe avec un niveau de PEP à 12 cmH₂O [21].

Pourtant, en raison de la pression pleurale souvent plus élevée chez les patients avec obésité que chez les patients sans obésité, l'application de pressions plus élevées lors des manœuvres de recrutement est souvent nécessaire pour entraîner un recrutement pulmonaire complet [7]. Les effets secondaires potentiels de l'application de telles pressions comprennent une diminution du retour veineux et donc de la précharge cardiaque avec une baisse du débit cardiaque et de la pression sanguine systémique. De plus, un barotraumatisme tel qu'un pneumothorax ou un pneumomédiastin, en particulier chez les patients présentant des lésions pulmonaires structurelles préexistantes telles qu'un emphysème, ainsi que l'aggravation d'une inflammation pulmonaire préexistante peuvent survenir [7].

Étant donné que les réglages de la ventilation mécanique (volume courant, PEP) et les indicateurs de lésion pulmonaire induite par le ventilateur (pression de plateau, pression motrice, puissance mécanique) dépendent de manière cruciale de

l'élastance pulmonaire, et non de l'élastance thoracique, il est difficile de proposer des réglages universels chez les patients avec obésité. Une individualisation du niveau de PEP et des manœuvres de recrutement selon le monitoring de la pression transpulmonaire ou de l'élastance pulmonaire semble requise. Ainsi, lors de la comparaison de la pression motrice entre survivants et non survivants de SDRA, nous n'avons pas trouvé de différences entre patients avec obésité et patients sans obésité [22]. Fumagalli et al. [23] ont rapporté une amélioration de l'oxygénation et de l'élastance pulmonaire en utilisant une PEP élevée (22 cmH₂O) par rapport à une PEP plus basse (13 cmH₂O). La PEP élevée était titrée selon la pression transpulmonaire alors que la PEP plus basse était réglée selon la table PEP/FiO₂. La pression abdominale n'était pas mesurée (ou rapportée). Les mêmes auteurs, dans une étude rétrospective de patients en SDRA sévère, ont rapporté de meilleurs échanges gazeux, une meilleure mécanique respiratoire et une amélioration de la survie chez 50 patients traités par une approche personnalisée (basée sur la pression transpulmonaire) comparés à 70 patients traités par un protocole standard [24]. À nouveau, l'approche personnalisée a résulté en des niveaux de PEP beaucoup plus élevés, de 20 cmH₂O par rapport à 9 cmH₂O lors de l'approche standard.

Une titration de PEP décrémenteille précédée par une manœuvre de recrutement pourrait diminuer la surdistension pulmonaire et le collapsus chez des patients avec obésité en SDRA [25]. Chez 21 patients en SDRA avec obésité sévère (IMC = 57 ± 12 kg/m²) [26], une manœuvre de recrutement était réalisée pendant une ventilation en pression contrôlée avec une pression d'insufflation à 10 cmH₂O, la PEP étant augmentée jusqu'à une

pression de plateau de 50 cmH₂O pendant 1 minute. Ensuite, le mode ventilatoire était passé en mode volume contrôlé (5 ml/kg de poids prédit), et la PEP diminuée de 2 cmH₂O chaque 30 secondes. La PEP optimale était déterminée par la PEP avec la meilleure compliance du système respiratoire + 2 cmH₂O. La PEP requise était augmentée de 8 [7,10] cmH₂O au-dessus des traditionnels réglages selon les tables de l'ARDS network avec une amélioration de la fonction pulmonaire, de l'oxygénation et du rapport ventilation/perfusion, sans altération de l'hémodynamique ou de la fonction cardiaque.

Le positionnement des patients avec obésité demi-assis ainsi qu'une mobilisation précoce peuvent faciliter la décharge du diaphragme face à une pression abdominale accrue et ainsi améliorer l'aération des zones pulmonaires dépendantes. De même, la mise en œuvre précoce d'une activité respiratoire spontanée peut préserver la fonction diaphragmatique, redistribuer la ventilation vers les zones pulmonaires dépendantes et réduire la durée de la ventilation mécanique [27].

La position en décubitus ventral est une thérapeutique de choix chez les patients atteints de SDRA et d'obésité [28]. Les mécanismes d'action et les effets cliniques sont détaillés dans la *figure 1*.

En cas de SDRA sévère après échec ou incapacité à utiliser le décubitus ventral et curarisation, l'oxygénation par membrane extracorporelle veineuse (ECMO) peut également être utilisée chez les patients avec obésité en SDRA [7].

Sevrage et extubation

Une étude physiologique a spécifiquement évalué l'effort inspiratoire pendant le sevrage de la ventilation mécanique chez

DECUBITUS VENTRAL CHEZ LE PATIENT AVEC OBESITE

MECANISME D'ACTION

- Recrutement de plus de poumon en région dorsale que celui dérecruté en région ventrale
- L'inflation pulmonaire est distribuée de façon plus homogène sur l'axe dorso-ventral du poumon avec une diminution des anomalies du rapport ventilation perfusion



EFFETS CLINIQUES

- Permet l'amélioration du rapport PaO₂/FiO₂
- Faisable et sûr sans augmenter les complications par rapport aux patients non obèses quand réalisé par une équipe entraînée
- Pourrait réduire la mortalité chez les patients obèses en SDRA

ATTENTION

- Positionnement abdominal soigneux pour éviter l'augmentation de la pression intra-abdominale et la compression d'organes
- Utiliser la position de Trendelenburg inversée si possible

FIGURE 1

Décubitus ventral chez le patient avec obésité

TABLEAU II

Spécificités du sevrage chez les patients avec obésité

Relargage prolongé des médicaments : arrêter la sédation aussi tôt que possible et éviter les benzodiazépines

Niveau de PEP plus élevé lors du sevrage

Monitoring individualisé conseillé

Décubitus ventral très efficace pour lever les atélectasies et accélérer le sevrage

Épreuve de ventilation spontanée : préférer tube en T ou aide inspiratoire 0 avec PEP 0

Rebrancher le patient au respirateur après l'épreuve de tube en T

Extubation dès que possible

Envisager VNI et OHD préventive/curative

PEP : pression de fin d'expiration positive ; VNI : ventilation non invasive ; OHD : oxygène nasal à haut débit

des patients de réanimation souffrant d'obésité morbide [29]. Le principal résultat de cette étude était que pour les patients obèses, la ventilation par pièce en T et par aide inspiratoire 0 + PEP 0 cmH₂O étaient les tests de sevrage prédisant le plus précisément l'effort inspiratoire post-extubation et le travail respiratoire. Toutefois, afin de limiter la survenue d'atélectasies avant l'extubation, le patient obèse doit être reconnecté à la ventilation mécanique après une épreuve de sevrage, et remis en mode aide inspiratoire avec une PEP et une aide inspiratoire suffisantes, comme montré chez des patients sans obésité [30]. De même, après l'extubation, la prévention de l'atélectasie doit commencer le plus tôt possible, en utilisant la PPC ou la VNI, une étude récente avec analyse post-hoc chez des patients atteints d'obésité suggérant que la VNI associée à l'OHD était plus efficace que l'OHD seule pour prévenir la réintubation à 7 jours [31]. Un essai contrôlé randomisé multicentrique en cours évalue l'utilisation de la VNI par rapport à l'oxygène (oxygène standard ou OHD) pour prévenir la réintubation dans la population spécifique de patients avec obésité [32].

La sédation doit être arrêtée le plus tôt possible lors du sevrage de la ventilation mécanique et les benzodiazépines évitées, encore plus que chez les patients sans obésité en raison du risque de relargage accru chez les patients obèses.

Les spécificités du sevrage et de l'extubation chez les patients de réanimation sont synthétisées dans la *tableau II*.

Spécificités du patient avec COVID-19

L'obésité est un facteur de risque de COVID-19 [33]. Une étude récente a également suggéré que le syndrome métabolique était associé à des risques accrus de SDRA et de décès chez les patients hospitalisés avec COVID-19 [34]. De plus, le risque de ventilation mécanique invasive est progressivement augmenté avec les catégories de masse corporelle, atteignant près de 90 % chez les patients ayant un IMC > 35 kg/m² [33]. L'association

inverse entre l'IMC et la mortalité chez les patients de réanimation (appelée « paradoxe de l'obésité ») n'est pas présente chez les patients COVID-19 [35].

Dans la population générale, la physiopathologie du SDRA induit par le COVID-19 semble similaire au SDRA habituel [36]. L'histopathologie pulmonaire du SDRA du COVID-19 est également comparable au SDRA d'autres causes [37]. Cependant, les SDRA COVID-19 sont plus souvent modérés ou sévères que les SDRA d'autres causes [36,38], avec des pronostics similaires pour une même sévérité.

Au fil du temps lors des différentes vagues de la pandémie, l'OHD et la VNI ont été de plus en plus utilisés [38]. L'utilisation de l'OHD était associée à moins de recours à la ventilation mécanique invasive, sans différence de mortalité [39,40]. Dans les deux études, l'IMC médian était assez élevé (29 kg/m²). Une étude récente [41] a évalué une stratégie initiale de pression positive continue (PPC). La PPC a significativement réduit le risque d'intubation trachéale ou de mortalité par rapport à l'oxygénothérapie standard, mais il n'y avait pas de différence significative entre une stratégie initiale d'OHD par rapport à l'oxygénothérapie standard [41]. Il n'y avait aucune interaction entre la méthode d'oxygénation et l'obésité, indiquant des résultats similaires chez les patients avec et sans obésité. Pour résumer, la stratégie d'oxygénation initiale devrait probablement associer VNI et OHD chez les patients avec obésité. Pour les patients sous OHD, une étude a montré que la mise en décubitus ventral vigile était associée à moins d'échec de traitement et d'intubation [42]. L'IMC moyen était de 30, indiquant un bénéfice potentiel chez les patients avec obésité.

Après intubation, la capacité de recrutement est probablement encore plus élevée chez les patients avec obésité, ainsi que le niveau de PEP nécessaire [7,43,44]. L'évaluation de la mécanique respiratoire des patients atteints de SDRA COVID-19 avec surveillance de la pression transpulmonaire pourrait être utile

pour définir la meilleure PEP [45]. Pendant la pandémie de COVID-19, le décubitus ventral a été largement adopté pour traiter les patients en SDRA [46]. Dans cette étude multicentrique rétrospective [46], le décubitus ventral était appliqué chez 61 % des patients, l'IMC médian était 28 kg/m², et 25 % des patients avaient un IMC supérieur à 31 kg/m². La majorité des patients ont amélioré leur oxygénation en décubitus ventral. En cas d'échec du positionnement sur le ventre, l'ECMO peut être utilisée [47]. De plus, dans une cohorte observationnelle de SDRA COVID-19 soutenue par l'ECMO, l'obésité était un facteur indépendant d'amélioration de la survie à 90 jours [48].

Pour résumer, le SDRA à COVID-19 est comparable à un SDRA « classique ». L'histopathologie et le pronostic sont similaires. Les caractéristiques et traitements ventilatoires (décubitus ventral, curares, ECMO, stéroïdes [49]) sont ceux d'un SDRA modéré à sévère [50]. La thromboprophylaxie semble encore plus conseillée même si le niveau de preuve est faible.

Conclusion

En conclusion, les patients avec obésité sont plus susceptibles de développer des complications respiratoires. La gestion des voies

aériennes chez les patients atteints d'obésité pose des défis spécifiques, et une évaluation adéquate des patients, une pré-oxygénation en pression positive et un choix approprié des dispositifs d'intubation dont le vidéolaryngoscope entre des mains expertes sont conseillés. Lors de la ventilation mécanique invasive, les patients avec obésité sont plus à risque de survenue d'un collapsus pulmonaire et une PEP plus élevée est souvent nécessaire pour l'éviter, après manœuvre de recrutement puis titration décrémente. Un faible volume courant réglé selon le poids prédit doit être utilisé à la fois chez les patients sans et avec SDRA. Le décubitus ventral est une thérapeutique de choix chez les patients atteints de SDRA sévère avec obésité.

Déclaration de liens d'intérêts : Pr. Jaber rapporte recevoir des paiements de Dräger, Medtronic, Fresenius, Baxter, Mindray and Fisher & Paykel. Dr De Jong rapporte recevoir des paiements de Dräger, Medtronic and Fisher & Paykel.

Les autres auteurs déclarent ne pas avoir de liens d'intérêts.

Références

- [1] Petersen A, Bressen K, Albrecht J, Thieß HM, Vahldiek J, Hamm B, et al. The role of visceral adiposity in the severity of COVID-19: Highlights from a unicenter cross-sectional pilot study in Germany. *Metabol Clin Experiment* 2020;110:154317.
- [2] Schetz M, De Jong A, Deane AM, Druml W, Hemelaar P, Pelosi P, et al. Obesity in the critically ill: a narrative review. *Intensive Care Med* 2019;45(6):757-69.
- [3] Zhou Y, Yang Q, Chi J, Dong B, Lv W, Shen L, et al. Comorbidities and the risk of severe or fatal outcomes associated with coronavirus disease 2019: a systematic review and meta-analysis. *Int J Infect Dis* 2020;99:47-56.
- [4] Lemyze M, Courageux N, Maladobry T, Arumadura C, Pauquet P, Orfi A, et al. Implications of obesity for the management of severe Coronavirus Disease 2019 Pneumonia. *Crit Care Med* 2020;48(9):e761-7.
- [5] Grieco DL, Anzellotti GM, Russo A, Bongiovanni F, Costantini B, D'Indinosante M, et al. Airway closure during surgical pneumoperitoneum in obese patients. *Anesthesiology* 2019;131(1):58-73.
- [6] Nestler C, Simon P, Petroff D, Hammermuller S, Kamrath D, Wolf S, 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):1194-205.
- [7] De Jong A, Wrigge H, Hedenstierna G, Gattinoni L, Chiumello D, Frat JP, et al. How to ventilate obese patients in the ICU. *Intensive Care Med* 2020;46(12):2423-35.
- [8] Rochwerf B, Brochard L, Elliott MW, Hess D, Hill NS, Nava S, et al. Official ERS/ATS clinical practice guidelines: noninvasive ventilation for acute respiratory failure. *Eur Respir J* 2017;50(2).
- [9] Jaber S, Lescot T, Futier E, Paugam-Burtz C, Seguin P, Ferrandiere M, 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):1345-53.
- [10] Stephan F, Berard L, Rezaiguia-Delclaux S, Amaru P. High-Flow nasal cannula therapy versus intermittent noninvasive ventilation in obese subjects after cardiothoracic surgery. *Respir Care* 2017;62(9):1193-202.
- [11] Leone M, Einav S, Chiumello D, Constantin JM, De Robertis E, De Abreu MG, et al. Noninvasive respiratory support in the hypoxaemic peri-operative/periprocedural patient: a joint ESA/ESICM guideline. *Intensive Care Med* 2020;46(4):697-713.
- [12] Ricard JD, Roca O, Lemiale V, Corley A, Braunlich J, Jones P, et al. Use of nasal high flow oxygen during acute respiratory failure. *Intensive Care Med* 2020.
- [13] Pepin JL, Timsit JF, Tamisier R, Borel JC, Levy P, Jaber S. Prevention and care of respiratory failure in obese patients. *Lancet Respir Med* 2016;4(5):407-18.
- [14] Mokhlesi B, Masa JF, Brozek JL, Gurubhagavatula I, Murphy PB, Piper AJ, et al. Evaluation and management of obesity hypoventilation syndrome. *Offi Am Thorac Soc Clin* 2019;200(3):e6-24.
- [15] De Jong A, Molinari N, Pouzeratte Y, Verzilli D, Chanques G, Jung B, 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.
- [16] De Jong A, Molinari N, Terzi N, Mongardon N, Arnal J-M, Guitton C, et al. Early identification of patients at risk for difficult intubation in ICU: development and validation of the MACOCHA Score in a Multicenter Cohort Study. *Am J Respir Crit Care Med* 2013;187(8):832-9.
- [17] De Jong A, Casey JD, Myatra SN. Focus on noninvasive respiratory support before and after mechanical ventilation in patients with acute respiratory failure. *Intens Care Med* 2020;46(7):1460-3.
- [18] Yourc'h M, Baud G, Feuillet F, Blanchard C, Mirallie E, Guitton C, et al. High-flow nasal cannulae versus non-invasive ventilation for preoxygenation of obese patients: The PREOPTIPOP Randomized Trial. *Eclin Med* 2019.

- [19] Hoshijima H, Denawa Y, Tominaga A, Nakamura C, Shiga T, Nagasaka H. Videolaryngoscope versus Macintosh laryngoscope for tracheal intubation in adults with obesity: a systematic review and meta-analysis. *J Clin Anesth* 2018;44:69–75.
- [20] Ball L, Hemmes SNT, Serpa Neto A, Bluth T, Canet J, Hiesmayr M, et al. Intraoperative ventilation settings and their associations with postoperative pulmonary complications in obese patients. *Br J Anaesth* 2018;121(4):899–908.
- [21] 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.
- [22] De Jong A, Cossic J, Verzilli D, Monet C, Carr J, Conseil M, et al. Impact of the driving pressure on mortality in obese and non-obese ARDS patients: a retrospective study of 362 cases. *Intens Care Med* 2018;44(7):1106–14.
- [23] Fumagalli J, Berra L, Zhang C, Pirrone M, Santiago RRS, Gomes S, et al. Transpulmonary pressure describes lung morphology during decremental positive end-expiratory pressure trials in obesity. *Crit Care Med* 2017;45(8):1374–81.
- [24] Florio G, Ferrari M, Bittner EA, De Santis Santiago R, Pirrone M, Fumagalli J, et al. A lung rescue team improves survival in obesity with acute respiratory distress syndrome. *Crit Care* 2020;24(1):4.
- [25] Fumagalli J, Santiago RRS, Teggia Droghi M, Zhang C, Fintelmann FJ, Troschel FM, et al. Lung recruitment in obese patients with acute respiratory distress syndrome. *Anesthesiology* 2019;130(5):791–803.
- [26] De Santis Santiago R, Teggia Droghi M, Fumagalli J, Marrazzo F, Florio G, Grassi LG, et al. High pleural pressure prevents alveolar overdistension and hemodynamic collapse in ARDS with Class III Obesity. *Am J Respir Crit Care Med* 2020.
- [27] Kacmarek RM, Villar J, Parrilla D, Alba F, Solano R, Liu S, et al. Neurally adjusted ventilatory assist in acute respiratory failure: a randomized controlled trial. *Intensive Care Med* 2020;1–11.
- [28] De Jong A, Molinari N, Sebbane M, Prades A, Futier E, Jung B, et al. Feasibility and effectiveness of prone position in morbidly obese patients with ARDS: a case-control clinical study. *Chest* 2013;143(6):1554–61.
- [29] Mahul M, Jung B, Galia F, Molinari N, de Jong A, Coisel Y, et al. Spontaneous breathing trial and post-extubation work of breathing in morbidly obese critically ill patients. *Crit Care* 2016;20(1):346.
- [30] Fernandez MM, Gonzalez-Castro A, Magret M, Bouza MT, Ibanez M, Garcia C, et al. Reconnection to mechanical ventilation for 1h after a successful spontaneous breathing trial reduces reintubation in critically ill patients: a multicenter randomized controlled trial. *Intensive Care Med* 2017;43(11):1660–7.
- [31] Thille AW, Coudroy R, Nay MA, Gacouin A, Decavèle M, Sonnevile R, et al. Beneficial effects of noninvasive ventilation after extubation in obese or overweight patients: a post hoc analysis of a randomized clinical trial. *Am J Respir Crit Care Med* 2022;205(4):440–9.
- [32] De Jong A, Huguet H, Molinari N, Jaber S. Non-invasive ventilation versus oxygen therapy after extubation in patients with obesity in intensive care units: the multicentre randomised EXTUB-OBESE study protocol. *BMJ Open* 2022;12(1):e052712.
- [33] Simonnet A, Chetboun M, Poissy J, Raverdy V, Noulette J, Duhamel A, et al. High prevalence of obesity in severe acute respiratory syndrome Coronavirus-2 (SARS-CoV-2) requiring invasive mechanical ventilation. *Obesity (Silver Spring)* 2020;28(7):1195–9.
- [34] Denson JL, Gillet AS, Zu Y, Brown N, Pham T, Yoshida Y, et al. Metabolic syndrome and acute respiratory distress syndrome in hospitalized patients with COVID-19. *JAMA network open* 2021;4(12):e2140568.
- [35] Kooistra EJ, Brinkman S, van der Voort PHJ, de Keizer NF, Dongelmanns DA, Kox M, et al. Body mass index and mortality in Coronavirus Disease 2019 and other diseases: a cohort study in 35,506 ICU patients. *Crit Care Med* 2022;50(1):e1–0.
- [36] Grasselli G, Tonetti T, Protti A, Langer T, Girardis M, Bellani G, et al. Pathophysiology of COVID-19-associated acute respiratory distress syndrome: a multicentre prospective observational study. *Lancet Respirat Med* 2020;8(12):1201–8.
- [37] Hariri LP, North CM, Shih AR, Israel RA, Maley JH, Villalba JA, et al. Lung histopathology in Coronavirus Disease 2019 as compared with severe acute respiratory syndrome and H1N1 influenza: a systematic review. *Chest* 2021;159(1):73–84.
- [38] Ferrando C, Suarez-Sipmann F, Mellado-Artigas R, Hernandez M, Gea A, Arruti E, et al. Clinical features, ventilatory management, and outcome of ARDS caused by COVID-19 are similar to other causes of ARDS. *Intensive Care Med* 2020.
- [39] Mellado-Artigas R, Ferreyro BL, Angriman F, Hernández-Sanz M, Arruti E, Torres A, et al. High-flow nasal oxygen in patients with COVID-19-associated acute respiratory failure. *Crit Care* 2021;25(1):58.
- [40] Bonnet N, Martin O, Boubaya M, Levy V, Ebstein N, Karoubi P, et al. High flow nasal oxygen therapy to avoid invasive mechanical ventilation in SARS-CoV-2 pneumonia: a retrospective study. *Ann Intens Care* 2021;11(1):37.
- [41] Perkins GD, Ji C, Connolly BA, Couper K, Lall R, Baillie JK, et al. Effect of noninvasive respiratory strategies on intubation or mortality among patients with acute hypoxaemic respiratory failure and COVID-19: The RECOVERY-RS randomized clinical trial. *JAMA* 2022;327(6):546–58.
- [42] Ehrmann S, Li J, Ibarra-Estrada M, Perez Y, Pavlov I, McNicholas B, et al. Awake prone positioning for COVID-19 acute hypoxaemic respiratory failure: a randomised, controlled, multinational, open-label meta-trial. *Lancet Respirat Med* 2021;9(12):1387–95.
- [43] De Jong A, Chanques G, Jaber S. Mechanical ventilation in obese ICU patients: from intubation to extubation. *Crit Care* 2017;21(1):63.
- [44] De Santis Santiago R, Teggia Droghi M, Fumagalli J, Marrazzo F, Florio G, Grassi LG, et al. High pleural pressure prevents alveolar overdistension and hemodynamic collapse in ARDS with class III obesity. *Am J Respir Crit Care Med* 2020;203(5):575–84.
- [45] Mezidi M, Daviet F, Chabert P, Hraiech S, Bitker L, Forel JM, et al. Transpulmonary pressures in obese and non-obese COVID-19 ARDS. *Ann Intens Care* 2020;10(1):129.
- [46] Langer T, Brioni M, Guzzardella A, Carlesso E, Cabrini L, Castelli G, et al. Prone position in intubated, mechanically ventilated patients with COVID-19: a multi-centric study of more than 1000 patients. *Crit Care* 2021;25(1):128.
- [47] Mongero LB, Stammers AH, Tesdahl EA, Petersen C, Patel K, Jacobs JP. The use of extracorporeal membrane oxygenation in COVID-19 patients with severe cardiorespiratory failure: the influence of obesity on outcomes. *J Extra-Corporeal Technol* 2021;53(4):293–8.
- [48] Daviet F, Guilloux P, Hraiech S, Tonon D, Velly L, Bourenne J, et al. Impact of obesity on survival in COVID-19 ARDS patients receiving ECMO: results from an ambispective observational cohort. *Ann Intens Care* 2021;11(1):157.
- [49] van Paassen J, Vos JS, Hoekstra EM, Neumann KMI, Boot PC, Arbous SM. Corticosteroid use in COVID-19 patients: a systematic review and meta-analysis on clinical outcomes. *Crit Care* 2020;24(1):696.
- [50] Ferguson ND, Pham T, Gong MN. How severe COVID-19 infection is changing ARDS management. *Intens Care Med* 2020;46(12):2184–6.