

CLINIQUE/CLINICS

Effet du décubitus ventral vigile chez les patients non intubés atteints d'une pneumonie hypoxémiante

Effect of awake prone positioning in non-intubated patients with community-acquired pneumonia complicated by hypoxemia

Karama BOUCHAALA, Mabrouk BAHLOUL*, Sabine BRADAI, Rania AMMAR, Chokri BEN HAMIDA

RÉSUMÉ **Introduction.** Plusieurs études ont suggéré que l'utilisation précoce du décubitus ventral vigile (DV) dans la prise en charge de l'insuffisance respiratoire aiguë due à une pneumopathie communautaire grave, stable sur le plan hémodynamique avec une vigilance normale, peut améliorer l'oxygénation et éviter le recours à une ventilation mécanique invasive. Cela peut également contribuer à réduire la létalité. Son bénéfice chez les patients oxygène-dépendants hospitalisés pour une pneumonie à Covid-19 a été évalué chez des patients non intubés souffrant d'insuffisance respiratoire aiguë. Nous avons étudié à partir des données de la littérature, si l'application du DV pouvait améliorer l'hypoxémie et les signes d'insuffisance respiratoire aiguë chez les patients avec une pneumonie communautaire Covid ou non-Covid-19, diminuer le recours à la ventilation mécanique invasive et si son application précoce pouvait réduire la létalité chez les patients Covid-19.

Matériel et méthode. Nous avons recherché sur Medline les articles publiés en français ou en anglais comportant les mots clés « acute respiratory failure » ou « acute respiratory distress » et « prone position ».

Résultats/Conclusion. Le retournement en DV est une technique simple, non coûteuse et efficace qui permet d'améliorer le pronostic vital des patients souffrant d'une détresse respiratoire secondaire à une pneumonie communautaire grave, quel que soit l'agent causal. Cette technique est applicable facilement dans les pays à revenus faibles ou intermédiaires et dans les zones tropicales, en particulier Afrique du Nord, en Afrique subsaharienne, en Asie et en Amérique du Sud.

Mots clés : Insuffisance respiratoire aiguë, Détresse respiratoire aiguë, Covid-19, Décubitus ventral vigile, Pays en développement, Service de réanimation de Sfax, Tunisie

ABSTRACT **Introduction.** Several studies have suggested that the early use of awake prone positioning (PP) in patients with acute respiratory failure due to severe community-acquired pneumonia, hemodynamically stable and alert, may improve oxygenation and avoid the need for invasive mechanical ventilation. PP may also help reduce case fatality rate (CFR). The benefits of PP for oxygen-dependent patients hospitalized with non-intubated acute respiratory failure due to SARS-CoV-2 infection have been evaluated. We reviewed the literature to determine if PP could improve hypoxemia and signs of acute respiratory failure in patients with community-acquired or non-community-acquired pneumonia, reduce the need for invasive mechanical ventilation, and reduce CFR in patients with Covid-19.

Materials and methods. We searched with Medline for articles published in French or English containing the keywords "acute respiratory failure" or "acute respiratory distress" and "prone position."

Results/Conclusion. Turning into prone position is a simple, inexpensive, and effective technique that improves the prognosis of patients with respiratory distress due to severe community-acquired pneumonia, regardless of the cause. This technique can be easily implemented in low- and middle-income countries, particularly in North Africa, sub-Saharan Africa, Asia, and South America.

Key Words: Acute Respiratory Failure, Acute Respiratory Distress, COVID-19, Awake prone positioning, Low-income country, Intensive care unit in Sfax, Tunisia

Introduction

Les pneumonies graves se manifestent par une détresse respiratoire aiguë et une hypoxémie, qui est la cause de décès la plus fréquente [2,5,6,20,27,30,34]. Ainsi, lors de la pandémie de Covid-19, les unités de soins intensifs ont fait face en 2020-2021 à l'admission d'un grand nombre de patients présentant une insuffisance respiratoire aiguë allant d'une oxygénation à haut débit jusqu'au syndrome de détresse respiratoire aiguë (SDRA) et mettant en jeu le pronostic vital [30,31,35,37]. La ventilation mécanique invasive ou non était utilisée pour les cas les plus graves d'hypoxémie.

Le décubitus ventral (DV) chez un patient vigile en ventilation spontanée est une position dans laquelle une personne est allongée sur le ventre avec la tête tournée sur le côté.

Le retournement en décubitus ventral vigile est une technique simple recommandée dans le traitement des hypoxémies sévères. Peu coûteuse, elle nécessite des équipes formées et nombreuses [6]. Il est possible de l'appliquer en cas de détresse respiratoire secondaire à une pneumonie communautaire grave, quelle que soit son étiologie, chez des patients conscients et stables sur le plan hémodynamique [12,42]. Elle peut être utilisée aux urgences, dans les services de pneumologie et les unités de soins intensifs.

Lors de la pandémie de Covid-19, l'expérience de cette technique s'est considérablement élargie. Plusieurs études ont suggéré que son utilisation précoce pouvait améliorer l'état respiratoire [6,10] et réduire la létalité [1,8,25].

En Afrique du Nord, comme dans différentes autres régions notamment dans les zones tropicales, les services de réanimation en charge des patients atteints de Covid-19 ont été ouverts aux patients graves, souffrant d'une détresse respiratoire. Dans ces services, le DV était souvent utilisé pour traiter les patients.

Il nous a paru intéressant de faire une revue de la littérature afin de voir si l'application du DV pouvait améliorer l'hypoxémie et les signes de détresse respiratoire, indépendamment de l'étiologie. D'autre part, nous avons recherché si l'application précoce du DV réduisait le recours à la ventilation mécanique invasive et la létalité, dans un contexte particulier, incluant l'afflux massif de patients et la réduction des ressources, sans perte de chance pour le patient.

Introduction

Severe pneumonia is characterized by acute respiratory distress and hypoxemia, the latter of which is the leading cause of death [2,5,6,20,27,30,34]. During the 2020-2021 Covid-19 pandemic, intensive care units admitted a large number of patients with acute respiratory failure, ranging from high-flow oxygenation to acute respiratory distress syndrome (ARDS), a life-threatening condition [30,31,35,37]. The most severe cases of hypoxemia required invasive or non-invasive mechanical ventilation.

Prone position (PP) in a conscious patient on spontaneous ventilation is a position in which a person lies on their stomach with their head turned to one side.

Turning into awake prone position is a simple technique recommended for treating severe hypoxemia. It is inexpensive but requires trained teams [6]. It can be used in cases of respiratory distress due to severe community-acquired pneumonia, regardless of etiology, in conscious and hemodynamically stable patients [12,42]. It can be used in emergency rooms, pulmonology departments, and intensive care units.

Experience with this technique has expanded considerably during the ongoing SARS-CoV-2 pandemic. Several studies have suggested that early use of PP may improve respiratory status [6,10] and reduce CFR [1,8,25].

In North Africa and various other areas, particularly in tropical regions, intensive care units were opened to treat critically ill patients with respiratory distress due to Covid-19. In these units, PP was often used to treat patients.

We decided to review the literature to determine whether PP could improve hypoxemia and signs of respiratory distress regardless of etiology. Additionally, we investigated whether the early application of PP could reduce the need for invasive mechanical ventilation and CFR in a specific context, including a massive influx of patients and limited resources, without compromising patient outcomes.

Méthodes

Nous avons recherché, sur Medline, les articles publiés en français ou en anglais comportant les mots clés suivants: «*acute respiratory failure*» ou «*acute respiratory distress*» et «*prone position**». En raison d'une forte convergence de nombreuses études en faveur de l'utilisation de cette technique et l'absence apparente d'opinion inverse, nous avons opté pour une revue narrative. Nous n'avons inclus que les publications dont le texte intégral était disponible en anglais ou en français. Toutes les études présentées sous forme de résumé, celles dont le texte intégral n'était pas accessible et tous les cas cliniques ont été exclus. Nous avons privilégié les études prospectives randomisées, les méta-analyses et les revues systématiques de la littérature.

Résultats

À partir des mots clés utilisés dans notre recherche, 1 511 articles ont été obtenus. Parmi ces derniers, le bénéfice du DV a été évalué dans la prise en charge de patients non intubés souffrant d'insuffisance respiratoire aiguë dans le cadre d'une pneumonie communautaire non-Covid-19 dans 2 études observationnelles [12,42], qui sont incluses dans notre analyse. Nous avons analysé 35 articles qui ont permis d'évaluer le bénéfice du DV dans la prise en charge de patients non intubés souffrant d'insuffisance respiratoire aiguë secondaire à une pneumonie à Covid-19. La figure 1 illustre le diagramme de flux représentant le processus d'identification et de sélection des articles [1,4,6,7-12,13-25,28,29,32,36,38,41,43-50].

Discussion

Dans notre service de réanimation de Sfax (Tunisie) lors de la pandémie de Covid-19, nous avons opté pour la mise en DV de tous les patients conscients ayant une insuffisance respiratoire, à condition qu'ils soient vigiles, stables sur le plan hémodynamique, et adhérent à la stratégie proposée.

La mise en décubitus ventral est perçue comme une technique complexe qui alourdit la charge de travail et comporte un risque élevé de complications. Cette technique est recommandée (grade IA) chez les patients atteints de SDRA avec hypoxémie sévère (rapport $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2 < 150$) et nécessitant une ventilation mécanique [29]. Cependant, avant la pandémie de Covid-19, il

Methods

We searched Medline for articles published in French or English that contained the following keywords: “acute respiratory failure” or “acute respiratory distress” and “prone position”. Due to the strong consensus in favor of this technique and the apparent absence of opposing opinions, we opted for a narrative review. We only included publications whose full text was available in English or French. We excluded all studies presented in abstract form, those whose full text was inaccessible, and all clinical cases. We prioritized prospective randomized studies, meta-analyses, and systematic reviews of the literature.

Results

Using the keywords in our search, we found 1,511 articles. Among these, two observational studies [12,42] evaluated the benefit of PP in the management of non-intubated patients with acute respiratory failure due to non-Covid-19 community-acquired pneumonia, and these studies are included in our analysis. We analyzed 35 articles evaluating the benefits of PP in managing non-intubated patients with acute respiratory failure due to Covid-19 community-acquired pneumonia. Figure 1 shows the flowchart representing the process of identifying and selecting articles [1,4,6,7-12,13-25,28,29,32,36,38,41,43-50].

Discussion

During the Covid-19 pandemic in our intensive care unit in Sfax, Tunisia, we opted to place all conscious patients with respiratory failure in PP, provided they were alert, hemodynamically stable, and adhered to the proposed strategy.

Prone positioning can be perceived as a complex technique that increases the workload and carries a high risk of complications. It is recommended (grade IA) for patients with acute respiratory distress syndrome (ARDS) and severe hypoxemia ($\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ ratio < 150) who require mechanical ventilation [29]. Prior to the pandemic, however, there were no recommendations for using PP with conscious patients who were spontaneously breathing and experiencing respiratory distress.

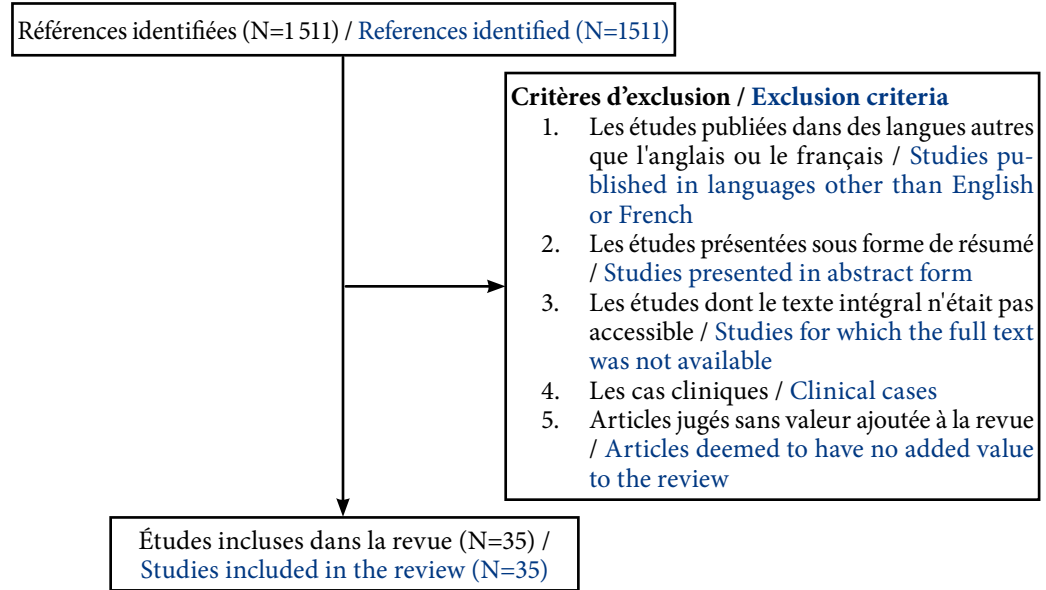


Figure 1 : Diagramme de flux représentant le processus d'identification et de sélection des articles
Figure 1: Flow-chart of the articles identification and selection process

n'existait aucune recommandation sur l'application du DV vigile chez les patients en détresse respiratoire conscients et en ventilation spontanée. Lors de cette pandémie, l'application du DV vigile a été utilisée en se basant sur des arguments physiologiques, physiopathologiques et par analogie au DV chez les patients atteints de SDRA sous ventilation mécanique [39].

Avant la pandémie de Covid-19, le DV chez les patients non intubés en insuffisance respiratoire aiguë a été appliqué uniquement dans 2 études observationnelles de 15 et 20 patients [12,42] qui rapportaient une amélioration de l'oxygénation et de la compliance du système respiratoire.

Plus récemment, des études chez les patients atteints de Covid-19 ont confirmé l'amélioration des échanges gazeux, la diminution du recours à la ventilation mécanique, de la mortalité et de la durée de séjour en réanimation et à l'hôpital [4,11,18,19,29, 33,46-52].

Le DV au cours du SRDA est utilisé pour améliorer la ventilation et l'oxygénation [39]. Lors du décubitus dorsal, ce sont les zones postérieures comprimées (atélectasies) qui sont les mieux perfusées, ce qui aggrave le *shunt*. En position ventrale, les forces gravitationnelles exercées sur le parenchyme pulmonaire entraînent un meilleur recrutement des zones postérieures et permettent à une plus grande proportion d'alvéoles de participer aux échanges gazeux. De même, le DV a l'avantage de libérer le diaphragme postérieur contrairement au décubitus dorsal où il est déplacé vers le haut par les organes abdominaux, ce qui aggrave le collapsus pulmonaire postérieur [49]. Du point de vue mécanique, au cours du DV, l'expansion de la paroi thoracique

During the pandemic, PP has been used based on physiological and pathophysiological arguments, as well as by analogy with its use in ARDS patients on mechanical ventilation [39].

Before the pandemic, PP in non-intubated patients with acute respiratory failure had only been studied in two observational trials involving 15 and 20 patients, respectively, which reported improved oxygenation and respiratory system compliance [12,42].

More recently, studies of patients with SARS-CoV-2 have confirmed improved gas exchange, reduced need for mechanical ventilation, lower lethality rates, and shorter intensive care and hospital stays [4,11,18,19,29, 33,46-52].

PP is used during ARDS to improve ventilation and oxygenation [39]. In the supine position, the posterior areas are best perfused (atelectasis), which aggravates the shunt. In the prone position, gravitational forces act on the lung parenchyma, leading to better recruitment of the posterior areas and enabling a greater proportion of alveoli to participate in gas exchange. Similarly, PP frees the posterior diaphragm while in the supine position, the posterior diaphragm is displaced upward by the abdominal organs, which aggravates posterior lung collapse [49]. From a mechanical point of view, PP limits the expansion of the anterior chest wall, allowing for greater and more homogeneous thoraco-pulmonary compliance and improving ventilation of both lung bases (Fig. 2). PP improves the perfusion of well-aerated lung areas, increasing oxygenation by reducing the imbalance in the ventilation/perfusion (V/Q) ratio [49]. PP reduces the patient's respiratory effort by

antérieure se trouve limitée, ce qui permet une compliance thoraco-pulmonaire plus homogène et plus importante améliorant la ventilation des deux bases pulmonaires (Fig. 2). Le DV améliore la perfusion des zones pulmonaires bien aérées, ce qui augmente l'oxygénation en réduisant le déséquilibre du rapport ventilation/perfusion (V/Q) [49]. En améliorant la ventilation et l'oxygénation, le DV réduit le travail respiratoire du patient, ce qui peut être crucial en cas de troubles respiratoires sévères.

Le DV contribue à maintenir les voies aériennes postérieures ouvertes et favorise le drainage des sécrétions respiratoires. Enfin, en décubitus dorsal, le cœur comprime les deux bases pulmonaires, surtout à gauche, ce que le DV permet d'éviter [49]. Dans une étude locale, chez les patients pour lesquels nous avons obtenu un scanner thoracique en décubitus dorsal puis en DV, nous avons constaté une nette amélioration de la ventilation des deux bases pulmonaires [4].

Au total, beaucoup d'arguments physiopathologiques prédisent que l'application du DV vigile pourrait être bénéfique chez les patients en détresse respiratoire [7,8,13,17,18]. Plusieurs études ont confirmé l'amélioration des échanges gazeux, la diminution du recours à la ventilation mécanique, et l'amélioration de la mécanique respiratoire suite à l'utilisation de cette technique [4,11,18,19,29,33,46].

Ces effets bénéfiques sur l'oxygénation ont été constatés dans plusieurs études [4,32,46-52].

Dans une étude locale, le DV a été associé à une amélioration du rapport $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ durant les premières 24 heures [4]. Cependant, les jours suivants, cette amélioration ne s'était pas confirmée. Ceci pourrait être expliqué par les horaires des prélèvements sanguins qui coïncidaient avec le changement de position des patients pendant lequel les patients présentent souvent une désaturation artérielle en oxygène.

Dans une méta-analyse ayant recensé 16 études prospectives et rétrospectives et incluant 243 patients, Tan *et al.* ont montré l'efficacité du DV sur le rapport $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ [47]. Ce rapport a été amélioré en moyenne de 47,9 (95 % CI: 28,1-67,7; $p < 0,001$). Cet effet bénéfique a été observé chez les patients ayant un SDRA secondaire à une infection par le virus SARS-CoV2 mais également due à d'autres étiologies [12,18,42]. Ce résultat a été retrouvé dans une méta-analyse plus récente incluant 14 études et 2 352 patients [18].

De même, l'amélioration de l'oxygénation a été confirmée par des études qui ont évalué la saturation pulsée en oxygène (SpO_2) avant et après DV.

improving ventilation and oxygenation, which can be crucial in cases of severe respiratory disorders. PP helps keep posterior airways open and promotes drainage of respiratory secretions. In the supine position, the heart compresses both lung bases, especially the left. PP helps avoid this compression [49]. In a local study in which we obtained chest CT scans of patients in both the supine and PP positions, we observed a clear improvement in ventilation of both lung bases [4]. Overall, many pathophysiological arguments suggest that awake prone positioning could benefit patients with respiratory distress [7,8,13,17,18]. Several studies have confirmed improved gas exchange, reduced mechanical ventilation use, and improved respiratory mechanics following this technique's use [4,11,18,19,29,33,46].

These beneficial effects on oxygenation have been observed in several studies [4,32,46-52].

In a local study, PP was associated with an improvement in the $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ ratio during the first 24 hours [4]. However, this improvement was not confirmed in subsequent days. This could be explained by the timing of blood sampling, which coincided with repositioning patients. During this process, patients often experience arterial oxygen desaturation.

Tan *et al.* demonstrated the effectiveness of PP on the $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ ratio in a meta-analysis of 16 prospective and retrospective studies involving 243 patients [47]. The ratio improved by an average of 47.9 (95% CI: 28.1–67.7; $p < 0.001$). This beneficial effect was observed in patients with ARDS due to SARS-CoV2 infection as well as in patients with other etiologies [12,18,42]. A more recent meta-analysis including 14 studies and 2,352 patients found the same result [18].

Similarly, studies that assessed pulse oxygen saturation (SpO_2) before and after PP confirmed the improvement in oxygenation. In our study, PP application was associated with a significant increase in SpO_2 , rising from $82 \pm 11\%$ to $96 \pm 3\%$ ($p < 0.001$) [4]. Several studies and meta-analyses have demonstrated an increase in SpO_2 values during PP [7,46]. A meta-analysis by Tan *et al.* [47] included 16 studies and 243 patients and found that SpO_2 values increased significantly after PP ($\Delta\text{SpO}_2 = 4.58$; 95% CI: 1.35–7.80; $p = 0.005$).

Tachypnea reflects the severity of respiratory distress and the workload imposed on the respiratory system. The positive effects of PP on gas exchange and oxygenation suggest that it reduces respiratory workload and rate [25,46]. In our study, we found that PP use resulted in a

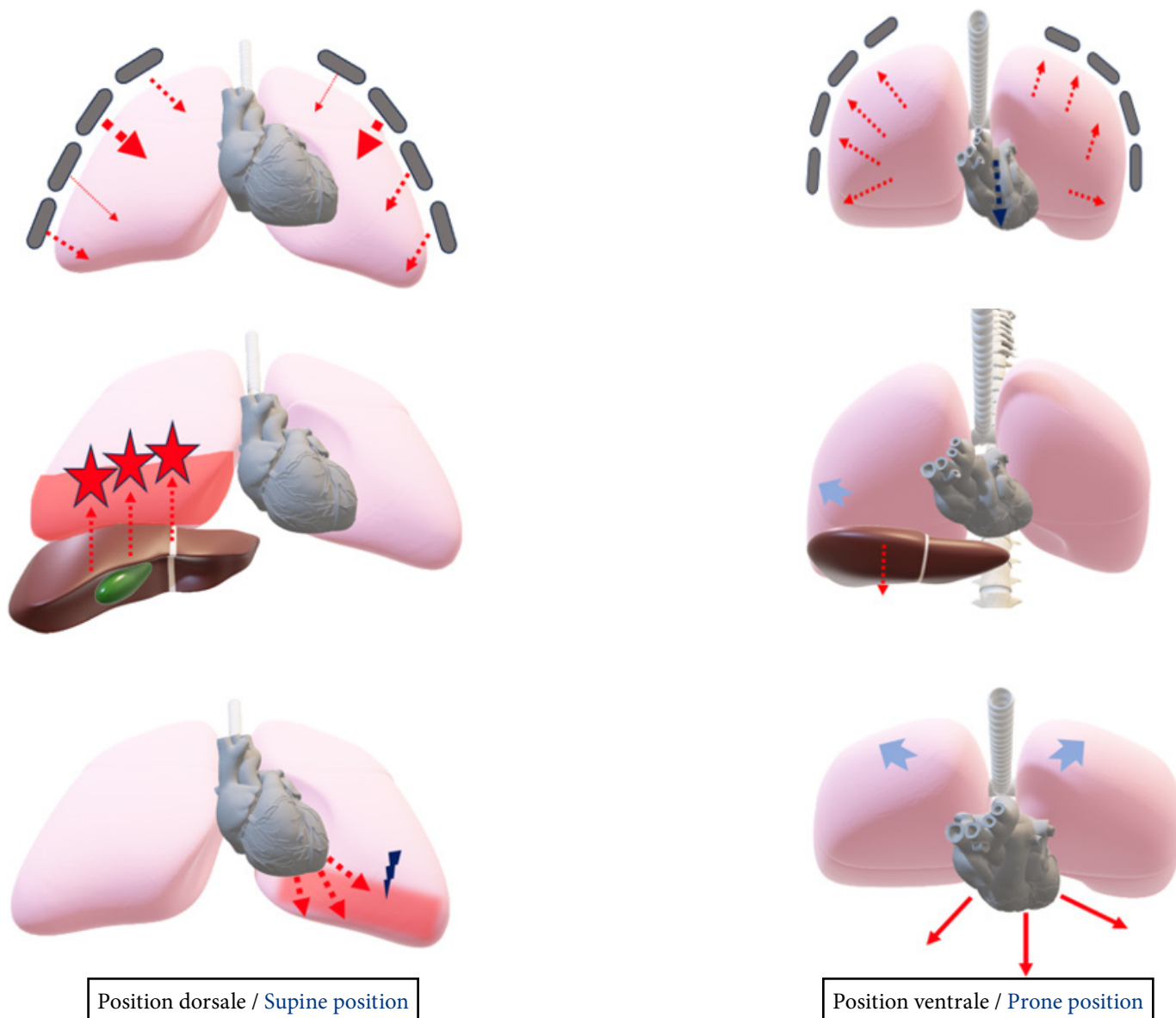


Figure 2 : Comparaison de certains effets physiologiques du décubitus dorsal (gauche) et du décubitus ventral (droite)

En décubitus ventral, les autres organes exercent moins de pression sur les poumons, ce qui améliore la compliance pulmonaire et le rapport ventilation-perfusion. En décubitus dorsal les flèches indiquent la direction de la pression exercée sur les poumons par la paroi thoracique, par le cœur et par les organes abdominaux. Le décubitus ventral a l'avantage de libérer le diaphragme postérieur contrairement au décubitus dorsal, ce qui améliore la compliance pulmonaire en réduisant l'effort nécessaire pour prendre de l'expansion et s'opposer à ces pressions. De plus, en décubitus dorsal le cœur va exercer une pression sur les deux bases pulmonaires qui sont déjà atteintes et va majorer les lésions préexistantes. De ce fait, l'application du DV va permettre d'éviter ce type d'aggravation secondaire à l'effet de masse qui s'exerce sur les deux poumons.

Figure 2: Comparison of the physiological effects of the supine (left) and prone positions (right)

In the prone position, other organs exert less pressure on the lungs. This improves lung compliance and the ventilation-perfusion ratio. The arrows in the supine position indicate the direction of pressure exerted on the lungs by the chest wall, heart, and abdominal organs. Unlike the supine position, the prone position frees the posterior diaphragm, which improves lung compliance by reducing the effort required to expand and resist these pressures. Additionally, in the supine position, the heart exerts pressure on both lung bases, which are already affected, thereby increasing pre-existing lesions. Therefore, using PP will prevent this type of secondary aggravation due to the mass effect exerted on both lungs.

Dans notre étude, l'application du DV a été associée à une augmentation significative de la SpO₂ qui est passée de 82 ± 11 % à 96 ± 3 % (p<0,001) [4]. Une élévation des chiffres de SpO₂ lors du DV a été démontrée dans plusieurs études et méta-analyses [7,46]. Dans une méta-analyse, publiée par Tan *et al.* [47], regroupant 16 études et englobant 243 patients, la valeur de la SpO₂ a significativement augmenté après la mise en DV (Δ SpO₂ = 4,58; 95 % CI: 1,35-7,80; p=0,005).

La tachypnée reflète la gravité de la détresse respiratoire et le travail imposé à l'appareil respiratoire. Les effets positifs du DV sur les échanges gazeux et l'amélioration de l'oxygénation suggèrent que le DV vigile permet une diminution du travail et de la fréquence respiratoires [25,46]. Dans notre étude, nous avons constaté que l'application de DV a permis une baisse significative de la fréquence respiratoire de 31±10 à 21±4 cycles/min (p<0,001), avec une nette régression des signes de lutte respiratoire [4]. La méta-analyse de Tan *et al.* confirmait une baisse significative de la fréquence respiratoire (Δ FR=-5,01; 95 % CI: 8,49 -1,52; p=0,005) [47].

L'amélioration de l'oxygénation et la réduction du travail respiratoire au cours du DV évitent l'épuisement respiratoire du patient, retardent le recours à l'intubation et permettent parfois de l'éviter.

Dans une méta-analyse portant sur 5 530 patients recensés dans 32 études, le DV a diminué significativement le recours à la ventilation mécanique dans le groupe DV (+) comparativement au groupe DV (-) dans 6 études randomisées (n = 2 156; risque relatif (RR) = 0,81; 95 % CI 0,72-0,90; p=0,0002) et 18 études non randomisées (n=3 374; RR=0,65; 95 % CI 0,50-0,85; p=0,002) [28]. Cependant, dans une autre méta-analyse, publiée par Chua *et al.*, ayant regroupé 1 712 patients de 35 études différentes, les investigateurs n'ont pas constaté de différence significative concernant le recours à la ventilation mécanique (OR=1,20; 95 % CI 0,77-1,86; p=0,42) [8], et ceci malgré l'amélioration significative de l'oxygénation dans le groupe DV (+). Cette différence pourrait être expliquée par la différence entre le nombre d'études et de patients inclus dans les deux méta-analyses.

En dehors de ses effets bénéfiques sur la fonction respiratoire, le DV entraîne une amélioration de l'état hémodynamique, de l'oxygénation cellulaire et cérébrale:

- Sur le plan hémodynamique, il est bien établi que la position ventrale améliore la fonction cardiaque [3,26]. Elle entraîne une

significant respiratory rate decrease from 31 ± 10 to 21 ± 4 cycles per minute (p < 0.001) and a clear regression of respiratory distress signs [4]. A meta-analysis by Tan *et al.* confirmed a significant decrease in respiratory rate (Δ RR = -5.01; 95% CI: 8.49, -1.52; p = 0.005) [47].

Improved oxygenation and reduced respiratory effort during PP prevent respiratory exhaustion, delay the need for intubation, and sometimes render it unnecessary.

A meta-analysis of 5,530 patients from 32 studies revealed that PP significantly reduced the need for mechanical ventilation [28] in the PP (+) group compared to the PP (-) group. This reduction was observed in six randomized studies (n = 2,156; relative risk (RR) = 0.81; 95% confidence interval (CI): 0.72-0.90; p = 0.0002) and 18 non-randomized studies (n = 3,374; RR = 0.65; 95% CI: 0.50-0.85; p = 0.002) [28]. However, another meta-analysis by Chua *et al.* including 1,712 patients from 35 studies found no significant difference in mechanical ventilation use (OR = 1.20; 95% CI 0.77-1.86; p = 0.42) [8], despite significant oxygenation improvement in the PP (+) group. This discrepancy may be explained by the difference in the number of studies and patients included in the two meta-analyses.

In addition to its beneficial effects on respiratory function, PP improves hemodynamic status, as well as cellular and cerebral oxygenation:

- In terms of hemodynamics, it is well established that the prone position improves cardiac function [3,26]. It increases cardiac preload by enhancing venous return, reduces hypoxic pulmonary vasoconstriction, and decreases right ventricular afterload in patients with ARDS [3,26]. These changes result in an increase in cardiac output in patients with preload reserve and have beneficial macro-circulatory effects on vital organs. However, excessive intra-abdominal pressure can cause complete collapse of the inferior vena cava, especially in cases of hypovolemia. This explains the frequency of arterial hypotension observed when patients are turned over.
- PP prevents endothelial dysfunction and thrombosis caused by severe hypoxemia [26]. Improved oxygenation through PP prevents this phenomenon and consequently reduces the risk of thromboembolic complications. These beneficial effects may contribute to an improved prognosis for these patients (Fig. 3).

During the Covid-19, deaths are primarily due to respiratory causes, such as ARDS, or

augmentation de la précharge cardiaque par augmentation du retour veineux, favorise la réduction de la vasoconstriction pulmonaire hypoxique et diminue la postcharge ventriculaire droite chez les patients atteints de SDRA [3,26]. Cela se traduit par une augmentation du débit cardiaque chez les patients disposant d'une réserve de précharge, avec des effets macro-circulatoires bénéfiques pour les organes nobles. Toutefois, en cas de pression intra-abdominale excessive, la survenue d'un collapsus complet de la veine cave inférieure, en particulier en cas d'hypovolémie, explique la fréquence de l'hypotension artérielle observée lors du retournement des patients.

- Le DV permet de prévenir la dysfonction endothéliale et la formation de thromboses entraînées par l'hypoxémie profonde [26]. L'amélioration de l'oxygénation grâce à l'application du DV permet de prévenir ce phénomène et, par conséquent, les complications thrombo-emboliques. Ces effets bénéfiques peuvent participer à l'amélioration pronostique de ces patients (Fig. 3).

Au cours de la Covid-19, le décès est essentiellement dû à une cause respiratoire (SDRA grave) ou aux complications de la ventilation mécanique [7,8,13]. Les effets positifs du DV sur le plan gazométrique, la mécanique ventilatoire et le recours à l'intubation, réduisent la létalité [1,8,16,40]. Dans notre étude [4], après 20 jours d'évolution, les patients en DV ont présenté un taux de survie estimé à 60 % contre 20 % chez les patients sans DV ($p=0,59$). Dans leur méta-analyse, Chua *et al.* ont montré que le groupe en DV avait présenté une létalité significativement inférieure au groupe avec décubitus dorsal (rapport de cotes (OR)=0,44; 95 % CI 0,24-0,80; $p=0,007$) [8].

Cette diminution de la létalité a été confirmée dans une méta-analyse plus récente incluant 14 études et 2352 patients [18]. La létalité a été significativement plus faible dans le groupe DV (+) Vs DV (-): 19,4 % vs 26,8 %; OR = 0.51; 95 % CI 0,32-0,80; $p=0,003$).

Notre analyse confirme que le DV a rarement été utilisé avant la pandémie de Covid-19 chez les patients ayant une insuffisance respiratoire aiguë due à une pneumopathie communautaire grave non intubés. Cette technique a été adoptée dès la première vague épidémique dans de nombreux pays sous-équipés et en situation de crise fortement consommatrice de moyens (lits et respirateurs de réanimation). Simple, peu coûteuse et efficace, elle peut être utilisée dans les pays à revenu faible et intermédiaire disposant

de complications from mechanical ventilation [7,8,13]. Positive effects of PP on blood gas levels, ventilatory mechanics, and the need for intubation, reduce CFR [1,8,16,40]. In our study [4], after 20 days of follow-up, the estimated survival rate was 60% for patients on PP compared to 20% for patients not on PP ($p=0.59$). In their meta-analysis, Chua *et al.* demonstrated that the PP group had a significantly lower CFR than the supine group (OR = 0.44; 95% CI= 0.24–0.80; $p = 0.007$) [8].

This reduction in CFR was confirmed in a more recent meta-analysis that included 14 studies and 2,352 patients [18]. CFR was significantly lower in the PP (+) group than in the PP (-) group (19.4% vs. 26.8%; OR = 0.51; 95% CI: 0.32–0.80; $p = 0.003$).

Our analysis confirms that the PP technique was rarely used before the start of the pandemic of Covid-19 on patients with acute respiratory failure due to severe community-acquired pneumonia and not intubated. However, from the first vague of the epidemic, many under-equipped countries adopted this technique. Simple, inexpensive, and effective, PP can be used in low- and middle-income countries with limited health infrastructures. It can improve oxygenation, avoid the need for invasive mechanical ventilation, and reduce CFR in patients with acute respiratory failure of infectious origin. However, this technique increases the workload and carries a high risk of complications for patients. Consequently, it requires large teams of trained personnel.

Compared to a systematic review, a narrative review may present a methodological limitation due to its less rigorous approach. However, our synthetic approach was based on a small number of references, mainly consisting of randomized prospective studies, meta-analyses, and systematic reviews of literature whose conclusions are robust.

We did not use the term "Covid" in our literature search in order to apply our conclusions to all patients with acute respiratory failure. Our review aimed to determine whether PP application could improve hypoxemia and signs of respiratory distress regardless of the patient's Covid-19 status. Nevertheless, we found that adding the term "Covid" to the keywords in our literature review did not affect the number of references obtained. In fact, most of the studies were published during the Covid-19 pandemic.

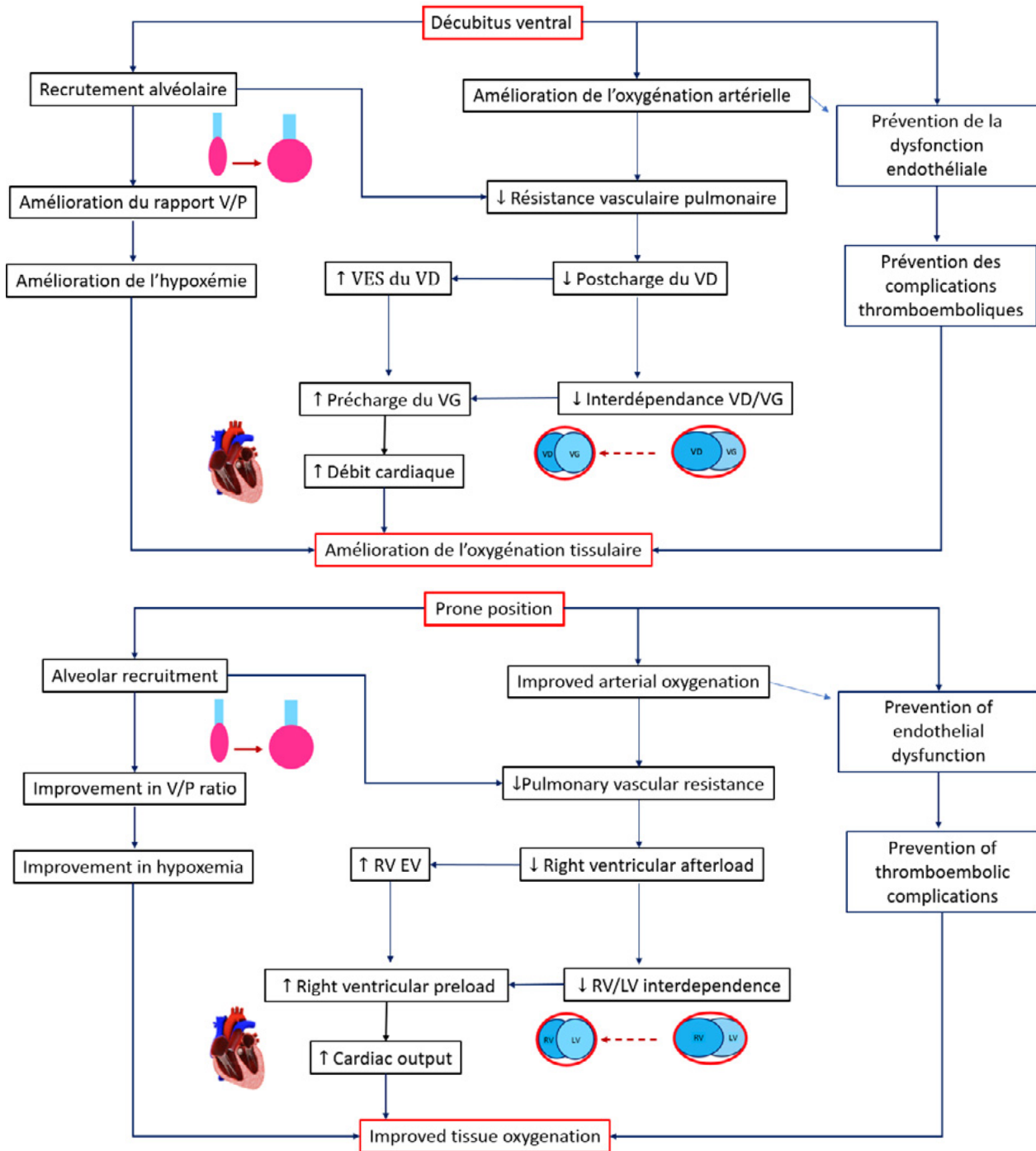


Figure 3 : Effets hémodynamique et respiratoire du décubitus ventral (DV)

L'application de la position ventrale entraîne un recrutement alvéolaire avec amélioration du rapport ventilation/perfusion (V/P). La conséquence est une amélioration de l'oxygénation artérielle avec baisse de la postcharge ventriculaire droite chez les patients atteints de SDRA, aboutissant à une amélioration de la fonction biventriculaire, et donc du débit cardiaque et de l'oxygénation cellulaire. Par ailleurs, l'amélioration de l'hypoxémie grâce à l'application du DV, permet de prévenir le dysfonctionnement endothélial et, par conséquent, des complications thrombo-emboliques.

VES: volume d'éjection; VD: ventricule droit; VG: ventricule gauche

Figure 3: Hemodynamic and respiratory effects of prone position (PP)

The application of the prone position leads to alveolar recruitment with improvement in the ventilation/perfusion (V/P) ratio. The result is improved arterial oxygenation with a decrease in right ventricular afterload in patients with ARDS, leading to improved biventricular function and, therefore, cardiac output and cellular oxygenation. In addition, the improvement in hypoxemia achieved by applying PP helps prevent endothelial dysfunction and, consequently, thromboembolic complications.

EV: ejection volume; RV: right ventricle, LV: left ventricle

d'infrastructures de santé limitées. Son application peut améliorer l'oxygénation, éviter le recours à une ventilation mécanique invasive et contribuer à réduire la létalité chez les patients ayant une insuffisance respiratoire aiguë d'origine infectieuse. Cependant, cette technique alourdit la charge de travail et comporte un risque élevé de complications pour les patients. En conséquence, elle nécessite des équipes formées et nombreuses. Une revue narrative peut présenter une limite méthodologique par rapport à une revue systématique, dont la démarche est plus rigoureuse. Cependant, notre approche synthétique était fondée sur un nombre réduit de références constituées principalement par des études prospectives randomisées, des méta-analyses et des revues systématiques de la littérature dont les conclusions sont robustes.

Le mot « Covid » n'a pas été utilisé dans notre recherche documentaire afin d'élargir nos conclusions à l'ensemble des patients souffrant d'insuffisance respiratoire aiguë. L'objectif de notre revue était de voir si l'application du DV pouvait améliorer l'hypoxémie et les signes de détresse respiratoire, indépendamment du statut Covid-19. Nous avons, toutefois, vérifié que l'ajout du mot « Covid » aux mots clés utilisés dans notre revue de la littérature, n'impactait pas le nombre des références obtenues. En effet, la majorité des études ont été publiées pendant la pandémie de Covid-19.

Conclusion

Plusieurs études et méta-analyses ont démontré que l'utilisation précoce du DV dans la prise en charge de l'insuffisance respiratoire aiguë peut améliorer l'oxygénation, éviter le recours à une ventilation mécanique invasive et contribuer à réduire la létalité. Il s'agit d'une technique peu coûteuse et efficace que l'on recommande dans le traitement des hypoxémies profondes chez des patients atteints de SDRA d'origine infectieuse, stables sur le plan hémodynamique avec une conscience normale. Il s'agit d'une technique qui peut être appliquée facilement dans les pays à revenus faibles ou intermédiaires, en particulier dans les zones tropicales.

Financement

Aucun

Conclusion

Several studies and meta-analyses have shown that early use of PP in the management of acute respiratory failure can improve oxygenation, avoid the need for invasive mechanical ventilation, and help reduce CFR. It is an inexpensive and effective technique that is recommended for the treatment of severe hypoxemia in patients with infectious ARDS, hemodynamically stable and with normal consciousness. It is a technique that can be easily applied in low- and middle-income countries, particularly in tropical areas.

Funding

None

Contribution des auteurs et autrices

Conceptualisation : MB, KB
Bibliographie : MB, KB
Supervision : MB, CBH
Validation : MB, SB, KB, RA, CBH
Rédaction : MB, KB
Révision : MB, KB

Authors' contributions

Conceptualization: MB, KB
Bibliography: MB, KB
Supervision: MB, CBH
Validation: MB, SB, KB, RA, CBH
Writing: MB, KB
Revision: MB, KB

Déclaration de liens d'intérêt

Aucun lien d'intérêt n'a été déclaré.

Conflicts of interest

The authors declare that they have no conflicts of interest.

Auteurs et autrices / Authors

Karama BOUCHAALA (karamamnif@gmail.com), Mabrouk BAHLOUL* (ORCID: 0000-0002-6488-8294, Sabrina BRADAI (sabrine.bradaï2@gmail.com), Rania AMMAR (rania.ammazayani@gmail.com), Chokri BEN HAMIDA (chokribenhamida@yahoo.fr)

Service de réanimation médicale du Centre hospitalier universitaire (CHU) Habib Bourguiba, route EL Ain km 1. Code postal 3029. Sfax, Tunisie

Auteur correspondant: bahloulmab@yahoo.fr

Références / References

- Astua AJ, Michaels EK, Michaels AJ. Prone during pandemic: development and implementation of a quality-based protocol for proning severe COVID-19 hypoxic lung failure patients in situationally or historically low resource hospitals. *BMC Pulm Med.* 2021 Jan 12;21(1):25. doi: 10.1186/s12890-021-01401-0.
- Bahloul M, Ketata W, Lahyeni D, Mayoufi H, Kotti A, Smaoui F, Kallel N, Daoud E, Bouaziz M, Kammoun S. Pulmonary capillary leak syndrome following COVID-19 virus infection. *J Med Virol.* 2021 Jan;93(1):94-96. doi: 10.1002/jmv.26152.
- Bahloul M, Kharrat S, Chtara K, Chelly H, Hamida CB, Bouaziz M. Gravity-induced ischemia in the brain and prone positioning for COVID-19 patients breathing spontaneously: still far from the truth! *Acute Crit Care.* 2022 Feb;37(1):134-136. doi: 10.4266/acc.2022.00199.
- Bahloul M, Kharrat S, Hafidhi M, Maalla A, Turki O, Chtara K, Ammar R, Suissi B, Hamida CB, Chelly H, Mahfoudh KB, Bouaziz M. Impact of prone position on outcomes of COVID-19 patients with spontaneous breathing. *Acute Crit Care.* 2021 Aug;36(3):208-214. doi: 10.4266/acc.2021.00500.
- Brochard L, Slutsky A, Pesenti A. Mechanical Ventilation to Minimize Progression of Lung Injury in Acute Respiratory Failure. *Am J Respir Crit Care Med.* 2017 Feb 15;195(4):438-442. doi: 10.1164/rccm.201605-1081CP.
- Caputo ND, Strayer RJ, Levitan R. Early Self-Prone in Awake, Non-intubated Patients in the Emergency Department: A Single ED's Experience During the COVID-19 Pandemic. *Acad Emerg Med.* 2020 May;27(5):375-378. doi: 10.1111/acem.13994.
- Chilkoti GT, Mohta M, Saxena AK, Ahmad Z, Sharma CS. Awake Prone Positioning in the Management of COVID-19 Pneumonia: A Systematic Review. *Indian J Crit Care Med.* 2021 Aug;25(8):896-905. doi: 10.5005/jip-journals-10071-23932.
- Chua EX, Zahir SMISM, Ng KT, Teoh WY, Hasan MS, Ruslan SRB, Abosamak MF. Effect of prone versus supine position in COVID-19 patients: A systematic review and meta-analysis. *J Clin Anesth.* 2021 Nov;74:110406. doi: 10.1016/j.jclinane.2021.110406.
- Clarke J, Geoghegan P, McEvoy N, Boylan M, Ní Choileáin O, Mulligan M, Hogan G, Keogh A, McElvaney OJ, McElvaney OF, Bourke J, McNicholas B, Laffey JG, McElvaney NG, Curley GF. Prone positioning improves oxygenation and lung recruitment in patients with SARS-CoV-2 acute respiratory distress syndrome: a single centre cohort study of 20 consecutive patients. *BMC Res Notes.* 2021 Jan 9;14(1):20. doi: 10.1186/s13104-020-05426-2.
- Coppo A, Bellani G, Winterton D, Di Pierro M, Soria A, Faverio P, Cairo M, Mori S, Messinesi G, Contro E, Bonfanti P, Benini A, Valsecchi MG, Antolini L, Foti G. Feasibility and physiological effects of prone positioning in non-intubated patients with acute respiratory failure due to COVID-19 (PRON-COVID): a prospective cohort study. *Lancet Respir Med.* 2020 Aug;8(8):765-774. doi: 10.1016/S2213-2660(20)30268-X.
- Coppo A, Winterton D, Benini A, Monzani A, Aletti G, Cadore B, Igrò S, Pizzagalli J, Bellani G, Foti G. Rodin's Thinker: An Alternative Position in Awake Patients with COVID-19. *Am J Respir Crit Care Med.* 2021 Sep 15;204(6):728-730. doi: 10.1164/rccm.202104-0915LE.
- Ding L, Wang L, Ma W, He H. Efficacy and safety of early prone positioning combined with HFNC or NIV in moderate to severe ARDS: a multi-center prospective cohort study. *Crit Care.* 2020 Jan 30;24(1):28. doi: 10.1186/s13054-020-2738-5.
- Douglas IS, Rosenthal CA, Swanson DD, Hiller T, Oakes J, Bach J, Whelchel C, Pickering J, George T, Kearns M, Hanley M, Mould K, Roark S, Mansoori J, Mehta A, Schmidt EP, Neumeier A. Safety and Outcomes of Prolonged Usual Care Prone Position Mechanical Ventilation to Treat Acute Coronavirus Disease 2019 Hypoxemic Respiratory Failure. *Crit Care Med.* 2021 Mar 1;49(3):490-502. doi: 10.1097/CCM.0000000000004818.
- Douma MJ, MacKenzie E, Loch T, Tan MC, Anderson D, Picard C, Milovanovic L, O'Dochartaigh D, Brindley PG. Prone cardiopulmonary resuscitation: A scoping and expanded grey literature review for the COVID-19 pandemic. *Resuscitation.* 2020 Oct;155:103-111.
- Elharrar X, Trigui Y, Dols AM, Touchon F, Martinez S, Prud'homme E, Papazian L. Use of Prone Positioning in Nonintubated Patients With COVID-19 and Hypoxemic Acute Respiratory Failure. *JAMA.* 2020 Jun 9;323(22):2336-2338. doi: 10.1001/jama.2020.8255.
- Esperatti M, Busico M, Fuentes NA, Gallardo A, Osatnik J, Vitali A, Wasinger EG, Olmos M, Quintana J, Saavedra SN, Lagazio AI, Andrada FJ, Kakisu H, Romano NE, Matarrese A, Mogadouro MA, Mast G, Moreno CN, Niquin GDR, Barbaresi V, Bruhn Cruz A, Ferreyro BL, Torres A; Argentine Collaborative Group on High Flow and Prone Positioning. Impact of exposure time in awake prone positioning on clinical outcomes of patients with COVID-19-related acute respiratory failure treated with high-flow nasal oxygen: a multicenter cohort study. *Crit Care.* 2022 Jan 7;26(1):16. doi: 10.1186/s13054-021-03881-2.
- Fazzini B, Battagliani D, Carenzo L, Pelosi P, Cecconi M, Puthucherry Z. Physical and psychological impairment in survivors of acute respiratory distress syndrome: a systematic review and meta-analysis. *Br J Anaesth.* 2022 Nov;129(5):801-814. doi: 10.1016/j.bja.2022.08.013. Epub 2022 Aug 26. PMID: 36116979.
- Fazzini B, Page A, Pearce R, Puthucherry Z. Prone positioning for non-intubated spontaneously breathing patients with acute hypoxaemic respiratory failure: a systematic review and meta-analysis. *Br J Anaesth.* 2022 Feb;128(2):352-362. doi: 10.1016/j.bja.2021.09.031.

19. Fazzini B, Fowler AJ, Zolfaghari P. Effectiveness of prone position in spontaneously breathing patients with COVID-19: A prospective cohort study. *J Intensive Care Soc.* 2022 Aug;23(3):362-365. doi: 10.1177/1751143721996542.
20. Ferrando C, Mellado-Artigas R, Gea A, Arruti E, Aldecoa C, Adalia R, Ramasco F, Monedero P, Maseda E, Tamayo G, Hernández-Sanz ML, Mercadal J, Martín-Grande A, Kacmarek RM, Villar J, Suárez-Sipmann F; COVID-19 Spanish ICU Network. Awake prone positioning does not reduce the risk of intubation in COVID-19 treated with high-flow nasal oxygen therapy: a multicenter, adjusted cohort study. *Crit Care.* 2020 Oct 6;24(1):597. doi: 10.1186/s13054-020-03314-6.
21. Goligher EC, Bradbury CA, McVerry BJ, Lawler PR, Berger JS, Gong MN, Carrier M, Reynolds HR, Kumar A, Turgeon AF, Kornblith L, Kahn SR, Marshall JC, Kim KS, Houston BL, Derde LPG, Cushman M, Tritschler T, Angus DC, Godoy LC, McQuilten Z, Kirwan BA, Farkouh ME, Brooks MM, Lewis RJ, Berry LR, Lorenzi E, Gordon AC, Ahuja T, Al-Beidh F, Annane D, Arabi YM, Aryal D, Baumann Kreuziger L, Beane A, Bhimani Z, Bihari S, Billett HH, Bond L, Bonten M, Brunkhorst F, Buxton M, Buzgau A, Castellucci LA, Chekuri S, Chen JT, Cheng AC, Chkhikvadze T, Coiffard B, Contreras A, Costantini TW, de Brouwer S, Detry MA, Duggal A, Džavik V, Efron MB, Eng HF, Escobedo J, Estcourt LJ, Everett BM, Fergusson DA, Fitzgerald M, Fowler RA, Froess JD, Fu Z, Galanaud JP, Galen BT, Gandotra S, Girard TD, Goodman AL, Goossens H, Green C, Greenstein YY, Gross PL, Haniffa R, Hegde SM, Hendrickson CM, Higgins AM, Hindenburg AA, Hope AA, Horowitz JM, Horvat CM, Huang DT, Hudock K, Hunt BJ, Husain M, Hyzy RC, Jacobson JR, Jayakumar D, Keller NM, Khan A, Kim Y, Kindzelski A, King AJ, Knudson MM, Kornblith AE, Kutcher ME, Laffan MA, Lamontagne F, Le Gal G, Leeper CM, Leifer ES, Lim G, Gallego Lima F, Linstrom K, Litton E, Lopez-Sendon J, Lother SA, Marten N, Saud Martinez A, Martinez M, Mateos Garcia E, Mavromichalis S, McAuley DF, McDonald EG, McGlothlin A, McGuinness SP, Middeldorp S, Montgomery SK, Mouncey PR, Murthy S, Nair GB, Nair R, Nichol AD, Nicolau JG, Nunez-Garcia B, Park JJ, Park PK, Parke RL, Parker JC, Parnia S, Paul JD, Pompilio M, Quigley JG, Rosenson RS, Rost NS, Rowan K, Santos FO, Santos M, Santos MO, Satterwhite L, Saunders CT, Schreiber J, Schutgens REG, Seymour CW, Siegal DM, Silva DG Jr, Singhal AB, Slutsky AS, Solvason D, Stanworth SJ, Turner AM, van Bentum-Puijk W, van de Veerdonk FL, van Diepen S, Vazquez-Grande G, Wahid L, Wareham V, Widmer RJ, Wilson JG, Yuriditsky E, Zhong Y, Berry SM, McArthur CJ, Neal MD, Hochman JS, Webb SA, Zarychanski R. Therapeutic Anticoagulation with Heparin in Critically Ill Patients with Covid-19. *N Engl J Med.* 2021 Aug 26;385(9):777-789. doi: 10.1056/NEJMoa2103417.
22. Grasselli G, Zangrillo A, Zanella A, Antonelli M, Cabrini L, Castelli A, Cereda D, Coluccello A, Foti G, Fumagalli R, Iotti G, Latronico N, Lorini L, Merler S, Natalini G, Piatti A, Ranieri MV, Scandroglio AM, Storti E, Cecconi M, Pesenti A; COVID-19 Lombardy ICU Network. Baseline Characteristics and Outcomes of 1591 Patients Infected With SARS-CoV-2 Admitted to ICUs of the Lombardy Region, Italy. *JAMA.* 2020 Apr 28;323(16):1574-1581. doi: 10.1001/jama.2020.5394. Erratum in: *JAMA.* 2021 May 25;325(20):2120. doi: 10.1001/jama.2021.5060.
23. Grieco DL, Menga LS, Eleuteri D, Antonelli M. Patient self-inflicted lung injury: implications for acute hypoxemic respiratory failure and ARDS patients on non-invasive support. *Minerva Anestesiol.* 2019 Sep;85(9):1014-1023. doi: 10.23736/S0375-9393.19.13418-9.
24. Horby P, Lim WS, Emberson JR, Mafham M, Bell JL, Linsell L, Staplin N, Brightling C, Ustianowski A, Elmahi E, Prudon B, Green C, Felton T, Chadwick D, Rege K, Fegan C, Chappell LC, Faust SN, Jaki T, Jeffery K, Montgomery A, Rowan K, Juszczak E, Baillie JK, Haynes R, Landray MJ. Dexamethasone in Hospitalized Patients with Covid-19. *N Engl J Med.* 2021 Feb 25;384(8):693-704. doi: 10.1056/NEJMoa2021436.
25. Jagan N, Morrow LE, Walters RW, Klein LP, Wallen TJ, Chung J, Plambeck RW. The POSITIONED Study: Prone Positioning in Nonventilated Coronavirus Disease 2019 Patients-A Retrospective Analysis. *Crit Care Explor.* 2020 Oct 1;2(10):e0229. doi: 10.1097/CCE.0000000000000229.
26. Jozwiak M, Monnet X, Teboul JL. Optimizing the circulation in the prone patient. *Curr Opin Crit Care.* 2016 Jun;22(3):239-45. doi: 10.1097/MCC.0000000000000308.
27. Kabbaha S, Al-Azzam S, Karasneh RA, Khassawneh BY, Al-Mistarehi AH, Lattayak WJ, Aldiab M, Hassan SS, Conway BR, Aldeyab MA. Predictors of invasive mechanical ventilation in hospitalized COVID-19 patients: a retrospective study from Jordan. *Expert Rev Respir Med.* 2022 Aug;16(8):945-952. doi: 10.1080/17476348.2022.2108796.
28. Lee HJ, Kim J, Choi M, Choi WI, Joh J, Park J, Kim J. Efficacy and safety of prone position in COVID-19 patients with respiratory failure: a systematic review and meta-analysis. *Eur J Med Res.* 2022 Dec 27;27(1):310. doi: 10.1186/s40001-022-00953-z.
29. Lehingue S, Allardet-Servent J, Ferdani A, Hraïch S, Forel JM, Arnal JM, Prud'homme E, Penaranda G, Bourenne J, Monnet O, Gainnier M, Cantais E. Physiologic Effects of the Awake Prone Position Combined With High-Flow Nasal Oxygen on Gas Exchange and Work of Breathing in Patients With Severe COVID-19 Pneumonia: A Randomized Crossover Trial. *Crit Care Explor.* 2022 Dec 14;4(12):e0805. doi: 10.1097/CCE.0000000000000805.
30. Lellou S, Bouhadda M, Sahnoun L, Dali YN, Bouatam S. Place des corticoïdes dans la prise en charge du COVID-19. A propos de 25 cas. *Rev Mal Respir Actual.* 2021;13(1):141. doi: 10.1016/j.rmra.2020.11.297.
31. National Institutes of Health. COVID-19 Treatment Guidelines Panel. Coronavirus Disease 2019 (COVID-19) Treatment Guidelines. 2024;469 p.
32. Ng Z, Tay WC, Ho CHB. Awake prone positioning for non-intubated oxygen dependent COVID-19 pneumonia patients. *Eur Respir J.* 2020 Jul 23;56(1):2001198. doi: 10.1183/13993003.01198-2020.
33. Nyrén S, Radell P, Lindahl SG, Mure M, Petersson J, Larsson SA, Jacobsson H, Sánchez-Crespo A. Lung ventilation and perfusion in prone and supine postures with reference to anesthetized and mechanically ventilated healthy volunteers. *Anesthesiology.* 2010 Mar;112(3):682-7. doi: 10.1097/ALN.0b013e3181c4f0c8.
34. Ni Z, Wang K, Wang T, Ni Y, Huang W, Zhu P, Fan T, Wang Y, Wang B, Deng J, Qian Z, Liu J, Cai W, Xu S, Du Y, Wang G, Liang Z, Li W, Luo J, Luo F, Liu D. Efficacy of early prone or lateral positioning in patients with severe COVID-19: a single-center prospective cohort. *Precis Clin Med.* 2020 Sep 28;3(4):260-271. doi: 10.1093/pcmedi/pbaa034.
35. OMS. COVID - Coronavirus Statistics - Worldometer. Nov 2023:1-17.
36. Ochani R, Asad A, Yasmin F, Shaikh S, Khalid H, Batra S, Sohail MR, Mahmood SF, Ochani R, Hussam Arshad M, Kumar A, Surani S. COVID-19 pandemic: from origins to outcomes. A comprehensive review of viral pathogenesis, clinical manifestations, diagnostic evaluation, and management. *Infez Med.* 2021 Mar 1;29(1):20-36. PMID: 33664170.
37. Ospina-Tascón GA, Calderón-Tapia LE, García AF, Zarama V, Gómez-Álvarez F, Álvarez-Saa T, Pardo-Otálvaro S, Bautista-Rincón DF, Vargas MP, Aldana-Díaz JL, Marulanda Á, Gutiérrez A, Varón J, Gómez M, Ochoa ME, Escobar E, Umaña M, Díez J, Tobón GJ, Albornoz LL, Celemín Flórez CA, Ruiz GO, Cáceres EL, Reyes LF, Damiani LP, Cavalcanti AB; HiFlo-Covid Investigators. Effect of High-Flow Oxygen Therapy vs Conventional Oxygen Therapy on Invasive Mechanical Ventilation and Clinical Recovery in Patients With Severe COVID-19: A Randomized Clinical Trial. *JAMA.* 2021 Dec 7;326(21):2161-2171. doi: 10.1001/jama.2021.20714. Erratum in: *JAMA.* 2022 Mar 15;327(11):1093. doi: 10.1001/jama.2022.1908.
38. Othman SY, El-Menshaway AM, Mohamed AM. Effects of awake-prone positioning on oxygenation and physiological outcomes in non-intubated patients with COVID-19: A randomized controlled trial. *Nurs Crit Care.* 2023 Nov;28(6):1078-1086. doi: 10.1111/nicc.12833.
39. Papazian L, Aubron C, Brochard L, Chiche JD, Combes A, Dreyfuss D, Forel JM, Guérin C, Jaber S, Mekontso-Dessap A, Mercat A, Richard JC, Roux D, Vieillard-Baron A, Faure H. Formal guidelines: management of acute respiratory distress syndrome. *Ann Intensive Care.* 2019 Jun 13;9(1):69. doi: 10.1186/s13613-019-0540-9.
40. Perkins GD, Ji C, Connolly BA, Couper K, Lall R, Baillie JK, Bradley JM, Dark P, Dave C, De Soyza A, Dennis AV, Devrell A, Fairbairn S, Ghani H, Gorman EA, Green CA, Hart N, Hee SW, Kimble Z, Madathil S, McGowan N, Messer B, Naisbitt J, Norman C, Parekh D, Parkin EM, Patel J, Regan SE, Ross C, Rostrom AJ, Saim M, Simonds AK, Skilton E, Stallard N, Steiner M, Vancheeswaran R, Yeung J, McAuley DF; RECOVERY-RS Collaborators. Effect of Noninvasive Respiratory Strategies on Intubation or Mortality Among Patients With Acute Hypoxemic Respiratory Failure and COVID-19: The RECOVERY-RS Randomized Clinical Trial. *JAMA.* 2022 Feb 8;327(6):546-558. doi: 10.1001/jama.2022.0028.

Effet du décubitus ventral vigile chez les patients non intubés atteints d'une pneumonie hypoxémiante
 Effect of awake prone positioning in non-intubated patients with community-acquired pneumonia complicated by hypoxemia

41. Sartini C, Tresoldi M, Scarpellini P, Tettamanti A, Carcò F, Landoni G, Zangrillo A. Respiratory Parameters in Patients With COVID-19 After Using Noninvasive Ventilation in the Prone Position Outside the Intensive Care Unit. *JAMA*. 2020 Jun 9;323(22):2338-2340. doi: 10.1001/jama.2020.7861.
42. Scaravilli V, Grasselli G, Castagna L, Zanella A, Isgrò S, Lucchini A, Patroniti N, Bellani G, Pesenti A. Prone positioning improves oxygenation in spontaneously breathing nonintubated patients with hypoxemic acute respiratory failure: A retrospective study. *J Crit Care*. 2015 Dec;30(6):1390-4. doi: 10.1016/j.jcrc.2015.07.008.
43. Sharp T, Al-Faham Z, Brown M, Martin-Lazaro J, Cevallos Morales J. Prone position in covid-19: Can we tackle rising dead space? *J Intensive Care Soc*. 2022 May;23(2):240-243. doi: 10.1177/1751143720975317.
44. Shelhamer MC, Wesson PD, Solari IL, Jensen DL, Steele WA, Dimitrov VG, Kelly JD, Aziz S, Gutierrez VP, Vittinghoff E, Chung KK, Menon VP, Ambris HA, Baxi SM. Prone Positioning in Moderate to Severe Acute Respiratory Distress Syndrome Due to COVID-19: A Cohort Study and Analysis of Physiology. *J Intensive Care Med*. 2021 Feb;36(2):241-252. doi: 10.1177/0885066620980399.
45. Solverson K, Weatherald J, Parhar KKS. Tolerability and safety of awake prone positioning COVID-19 patients with severe hypoxemic respiratory failure. *Can J Anaesth*. 2021 Jan;68(1):64-70. doi: 10.1007/s12630-020-01787-1.
46. Taboada M, González M, Álvarez A, González I, García J, Eiras M, Vieito MD, Naveira A, Otero P, Campaña O, Muniategui I, Tubio A, Costa J, Selas S, Cariñena A, Martínez A, Veiras S, Aneiros F, Caruezo V, Baluja A, Alvarez J. Effectiveness of Prone Positioning in Nonintubated Intensive Care Unit Patients With Moderate to Severe Acute Respiratory Distress Syndrome by Coronavirus Disease 2019. *Anesth Analg*. 2021 Jan;132(1):25-30. doi: 10.1213/ANE.0000000000005239.
47. Tan W, Xu DY, Xu MJ, Wang ZF, Dai B, Li LL, Zhao HW, Wang W, Kang J. The efficacy and tolerance of prone positioning in non-intubation patients with acute hypoxemic respiratory failure and ARDS: a meta-analysis. *Ther Adv Respir Dis*. 2021 Jan-Dec;15:17534666211009407. doi: 10.1177/17534666211009407.
48. Taylor SP, Bundy H, Smith WM, Skavronck S, Taylor B, Kowalkowski MA. Awake Prone Positioning Strategy for Nonintubated Hypoxic Patients with COVID-19: A Pilot Trial with Embedded Implementation Evaluation. *Ann Am Thorac Soc*. 2021 Aug;18(8):1360-1368. doi: 10.1513/AnnalsATS.202009-1164OC.
49. Telias I, Katira BH, Brochard L. Is the Prone Position Helpful During Spontaneous Breathing in Patients With COVID-19? *JAMA*. 2020 Jun 9;323(22):2265-2267. doi: 10.1001/jama.2020.8539.
50. Venus K, Munshi L, Fralick M. Décubitus ventral dans les cas d'insuffisance respiratoire hypoxémique liés à la COVID-19. *CMAJ*. 2021 Feb 1;193(5):E186-E192. French. doi: 10.1503/cmaj.201201-f.
51. Xu DY, Dai B, Tan W, Zhao HW, Wang W, Kang J. Effectiveness of the use of a high-flow nasal cannula to treat COVID-19 patients and risk factors for failure: a meta-analysis. *Ther Adv Respir Dis*. 2022 Jan-Dec;16:17534666221091931. doi: 10.1177/17534666221091931.
52. Zang X, Wang Q, Zhou H, Liu S, Xue X; COVID-19 Early Prone Position Study Group. Efficacy of early prone position for COVID-19 patients with severe hypoxia: a single-center prospective cohort study. *Intensive Care Med*. 2020 Oct;46(10):1927-1929. doi: 10.1007/s00134-020-06182-4.