Retour d'expérience sur les transports Smur des patients Covid-19

Feedback on French Emergency Medical Transports of COVID-19 Patients

F. Morin · N. Peschanski · A. Ricard Hibon · D. Douillet · D. Savary

Reçu le 16 juin 2020 ; accepté le 24 juillet 2020
© SFMU et Lavoisier SAS 2020

Résumé Dès la fin du mois de février 2020, les urgentistes français ont été confrontés à une situation inédite et complexe dans la gestion des cas les plus sévères d'infections pulmonaires associées au nouveau coronavirus (SARS-CoV-2). Les informations en provenance de Chine et les recommandations initiales de l'Organisation mondiale de la santé ont rapidement amené à considérer l'intubation et la ventilation mécanique précoce des malades atteints par la pneumonie de la Covid-19. Or, dès la fin du mois de mars 2020, grâce aux retours d'expérience et de prise en charge, d'abord de la part des réanimateurs et urgentistes italiens, puis espagnols, les pratiques et les recommandations concernant les modalités d'oxygénation et de ventilation des patients Covid-19 ont évolué. Le caractère exceptionnel de cette pandémie et la grande adaptabilité des services de Samu/Smur de France, en l'espace de quelques semaines, pour prendre en charge ces patients oxygénodépendants, justifient que nous en fassions le retour d'expérience, et ce, d'autant plus que nous sommes exposés à un risque de recrudescence d'infections respiratoires graves associées au SARS-CoV-2 à court terme, risquant de saturer une nouvelle fois notre système de santé. Nous détaillons donc ici le retour d'expérience des prises en charge médicales préhospitalières concernant principalement les supports d'oxygénation et de ventilation mécanique.

Mots clés Covid-19 · Oxygénation · Ventilation non invasive · Syndrome de détresse respiratoire aiguë · Ventilation mécanique

Abstract At the end of February 2020, French emergency physicians were faced with a new and complex situation in the management of critical cases of SARS-CoV-2 infection. First information from China and the initial recommendations of the World Health Organization (WHO) quickly led us to consider early intubation and mechanical ventilation of patients with hypoxemic COVID-19 pneumonia. However, since the end of March 2020, feedback from Italian intensive care and emergency physicians, then Spanish, led to change in clinical practices and guidelines about oxygenation and mechanical or noninvasive ventilation of COVID-19 patients have evolved. The exceptional character of this pandemic and the great adaptability of French pre-hospital emergency medical services (Samu/Smur) in a few weeks, to manage those oxygen dependent patients, justified our feedback, especially because we are exposed to a risk of resurgence of serious short-term SARS-CoV-2-associated acute respiratory distress syndrome (ARDS), which could once again saturate our health system. We therefore detail here the feedback of pre-hospital medical care, mainly concerning the management of oxygenation and ventilation supports.

Keywords COVID-19 · Oxygenation · Non-invasive ventilation · Acute respiratory distress syndrome · Mechanical ventilation

F. Morin (✉) · D. Douillet · D. Savary
Service des urgences adultes–Samu 49,
département de médecine d'urgence,
CHU d'Angers, université d'Angers,
4, rue Larrey, F-49933 Angers cedex 09, France
e-mail : Francois.Morin@chu-angers.fr

N. Peschanski
Urgences adultes, Samu 35–Smur,
centre hospitalier universitaire, université de Rennes-I,
F-35000 Rennes, France

A. Ricard Hibon
Samu 95–Smur-Urgences GHT Novo CHRD,
F-95300 Pontoise, France

Introduction

La pandémie de la Covid-19, dont le premier cas a été reporté en Chine [1], s'est développée dans le monde depuis décembre 2019 [2]. Alors que la majorité des patients ne développe qu'une forme asymptomatique ou modérée, 4 % sont admis en réanimation ou en soins intensifs [3]. Ce virus ayant un fort tropisme respiratoire, le pronostic de ces patients les plus sévères dépend essentiellement de

l'évolution vers un syndrome de détresse respiratoire aiguë (SDRA) [4]. Une proportion importante de ces malades nécessite un support ventilatoire invasif soit d'emblée, soit dans un second temps. Dans ce contexte exceptionnel et en raison de la rapidité d'évolution de la détresse respiratoire, les Samu/Smur de France ont été particulièrement impliqués dans la gestion extra- et intrahospitalière de ces patients [5]. Ils ont dû prendre en charge des détresses respiratoires en missions primaires mais ont également dû effectuer des transferts secondaires ou tertiaires, et notamment l'évacuation sanitaire de plus de 600 patients depuis des zones en tension vers des zones moins sévèrement touchées [6]. Dans leur histoire, les Samu-Smur de France n'ont jamais eu à faire face à une crise d'une telle ampleur et à prendre en charge un nombre aussi important de patients sous ventilation mécanique dans un temps resserré. Du fait de cette situation tout à fait exceptionnelle, il est donc nécessaire que nous fassions le retour d'expérience de ce qui a été réalisé et sa critique, afin de préparer au mieux une éventuelle récurrence à court, moyen ou long terme, soit sans le cadre d'une seconde vague de syndromes de SDRA associés au SARS-CoV-2, soit face à une nouvelle maladie respiratoire émergente [7].

Gestion respiratoire des patients atteints de SDRA associé au SARS-CoV-2 en préhospitalier

Les Samu ont été impliqués dès que la pandémie de la Covid-19 a touché la France, à savoir dès la fin de l'année 2019. Ainsi, les Smur ont dû prendre en charge certains de ces patients, en particulier ceux qui présentaient une détresse respiratoire et qui se présentaient comme des SDRA classiques en période d'épidémie grippale comme le précisait les recommandations de la Société de réanimation de langue française (SRLF) [8]. Ainsi, il s'agissait dans un premier temps de prendre en charge des patients fortement hypoxémiques avec une compliance (C_{RS}) supposée fortement diminuée, associée à une réduction de tous les volumes pulmonaires (*baby lung*) [9]. La prise en charge de ces malades repose essentiellement sur l'utilisation d'une ventilation dite « protectrice » associant un volume courant réduit ($V_t = 6$ ml/kg de poids idéal théorique) [10,11] ; un niveau de pression expiratoire positive (PEP) variable selon la gravité ; une pression de plateau (P_{plat}) inférieure à 30 cmH₂O [12]. La curarisation est recommandée à la phase initiale chez les patients les plus hypoxémiques, itérative, et dès le préhospitalier si nécessaire [13]. Les manœuvres de recrutement alvéolaire qui sont conseillées pour les patients les plus hypoxémiques et réfractaires ne sont pas recommandées en Smur. Le décubitus ventral, quant à lui efficace et associé à une majoration de survie dans les cas les plus sévères ($PaO_2/FiO_2 < 150$ mmHg), n'est évidemment pas réalisable en préhospitalier.

Dès la fin février 2020, les médecins des différents Smur et services d'accueil des urgences adultes (SAU), principalement de l'est de la France et de Haute-Savoie, par l'émergence de clusters locaux, ont eu à traiter simultanément un nombre important de malades atteints de pneumopathies bilatérales hypoxémiantes inhabituelles. Du fait de recommandations de l'Organisation mondiale de la santé (OMS) faisant considérer initialement l'intubation orotrachéale permettant la mise en place d'une ventilation mécanique précoce et large, dès la présence d'une oxygénodépendance supérieure à 5 l/min, un très grand nombre de patients ont ainsi été placés sous ventilation mécanique par les équipes d'urgentistes [14]. Au plus fort de la crise, les équipes de l'est de la France ont décrit le recours, dans leur service d'urgence, à une intubation orotrachéale et à la ventilation mécanique chez environ 25 à 30 patients par jour. Cette situation, d'abord locale, s'est ensuite répandue avec une inégalité des territoires et une incidence plus importante dans l'est de la France, l'Île-de-France et la Guyane française. Cette incidence importante de patients graves a conduit à une saturation des services de réanimation, avec un pic observé le 8 avril 2020 de 7 015 patients Covid-19 hospitalisés en réanimation [15].

Du fait de l'émergence rapide et du faible recul des sociétés savantes françaises et internationales sur la gestion ventilatoire de ces malades, il a été initialement préconisé de traiter les patients les plus fortement hypoxémiques comme ceux présentant un SDRA rencontrés en dehors de tout contexte pandémique [14,16], en adaptant nos thérapeutiques au niveau de sévérité régi par la classification de Berlin [17] (Tableau 1). En atteste cette large application des recommandations dans une cohorte italienne de patients sous ventilation mécanique présentant un SDRA associé à la Covid-19 [5]. Le recours préalable à l'utilisation de ventilation non invasive (VNI) ou à l'oxygénation à haut débit a été au départ non recommandé du fait du fort risque d'aérosolisation de particules virales [18].

Cependant, cette transposition à la Covid-19 des techniques ventilatoires reposait sur des données fragiles et a été remise en cause [19,20]. Gattinoni et al. ont ainsi mis récemment en évidence deux phénotypes respiratoires différents chez les patients infectés à SARS-CoV-2 [21]. Tout d'abord le phénotype « L », marqué par une faible atteinte pulmonaire à prédominance sous-pleurale cliniquement peu symptomatique (appelée hypoxémie silencieuse) [22]. Ce phénotype « L » est caractérisé par la conservation d'une compliance C_{RS} subnormale. Le rapport ventilation/perfusion est abaissé (V/Q) en lien avec un défaut de vasoconstriction pulmonaire hypoxique dans la Covid-19. Ces lésions périphériques modérées rendent le poumon peu recruté. Ces patients pourraient bénéficier initialement d'une oxygénothérapie à haut débit nasal (OHDN), d'une ventilation à pression positive continue (CPAP) ou d'une VNI, notamment en cas d'absence

Tableau 1 Critères de définition du syndrome de détresse respiratoire aiguë (SDRA) selon les critères de Berlin [17]			
Critères de Berlin	Léger	Modéré	Sévère
Délai	Symptomatologie respiratoire aiguë d'apparition depuis ≤ 7 jours depuis le facteur déclenchant (s'il est identifié)		
Imagerie thoracique (Radiothoracique ou TDM)	Opacités pulmonaires bilatérales non totalement expliquées par des épanchements pleuraux, atélectasies ou nodules		
Origine de l'œdème	Détresse respiratoire non complètement expliquée par une défaillance cardiaque		
Degré d'hypoxémie	$200 < \text{PaO}_2/\text{FiO}_2 \leq 300$ mmHg avec une PEP ou CPAP ≥ 5 cmH ₂ O	$100 < \text{PaO}_2/\text{FiO}_2 \leq 200$ mmHg avec une PEP ≥ 5 cmH ₂ O	$\text{PaO}_2/\text{FiO}_2 \leq 100$ mmHg avec une PEP ≥ 5 cmH ₂ O
$\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$: rapport entre la pression artérielle partielle en oxygène et la fraction inspirée en oxygène ; CPAP : ventilation à pression positive continue (<i>continuous positive airway pressure</i>) ; PEP : pression téléexpiratoire positive ; TDM : tomodensitométrie			

de signes cliniques majeurs de détresse respiratoire, mais les sociétés savantes s'opposent encore sur ce point [14,23,24]. Ces types de support ventilatoire, sans être totalement exclus, ne font ainsi pas partie des recommandations communes d'experts portant sur la prise en charge en réanimation des patients en période d'épidémie à SARS-CoV2 éditées conjointement par la SRLF, la Société française de médecine d'urgence (SFMU) et la Société française d'anesthésie et de réanimation (SFAR) [18]. Ainsi, une fois intubés, ventilés et correctement sédatisés, les patients de type « L », par leurs mécaniques respiratoires, justifient d'un volume courant augmenté au-delà de 6 ml/kg associé (maximum : 8 ml/kg) à des niveaux plus faibles de PEP (8–10 cmH₂O). Les manœuvres de recrutement par titration de la PEP sont ici moins utiles, la PEP restant généralement entre 5 et 10 cmH₂O. Le phénotype « L » peut évoluer vers le phénotype « H », traduisant quant à lui une atteinte sévère pulmonaire bilatérale proche du SDRA classique, marqué par une élastance (E_{RS}) élevée, une C_{RS} altérée, voire effondrée, un shunt pulmonaire avec vasoconstriction pulmonaire hypoxémique, une augmentation du poids pulmonaire total (attestant de l'œdème pulmonaire lésionnel) et une bonne recrutabilité alvéolaire [25,26]. En pratique, ces patients justifient alors d'une ventilation assistée contrôlée protectrice sous couvert d'une sédation et d'une curarisation efficace, avec un V_t bas de 6 ml/kg, une fréquence ventilatoire haute initiale à 30 cpm puis adaptée au pH, une PEP inférieure à 15 cmH₂O, une P_{plat} inférieure à 30 cmH₂O et une pression motrice inférieure à 15 cmH₂O. Les manœuvres de recrutement doivent quant à elles être réalisées prudemment, en monitorant les effets hémodynamiques sur le cœur droit. Elles sont réservées aux patients ayant un R/I ratio (*recruitment-to-inflation ratio*), correspondant au ratio entre la compliance du poumon recruté et la compliance C_{RS} à un niveau de PEP de 5 cmH₂O, supérieur à 0,5 le jour de l'intubation [27]. À noter néanmoins que ce concept de phénotypes « L » et « H » développé par Gattinoni et al. ne repose pas sur des données prospectives, mais davantage sur une vision empirique et per-

sonnelle, par conséquent, les limites cliniques entre ces deux phénotypes sont à nuancer [21].

En plus de cette nécessité de gérer un grand nombre de malades atteints de SDRA atypiques, les médecins urgentistes ont également, du fait d'une saturation du système sanitaire dans certaines régions, participé par leurs missions de transfert secondaire à l'évacuation sanitaire de patients depuis des zones en tension vers des zones moins sévèrement touchées [28]. Ainsi, les équipes des Samu-Smur de France ont collaboré, ensemble et avec les équipes militaires dépêchées par le ministère de la Défense, au transfert de plus de 600 patients par trains, avions, hélicoptères sanitaires ou militaires, bateaux militaires et par voie terrestre [6]. Lors de ces transferts, nous avons dû prendre en charge des patients à l'aide de ventilateurs de transport de deux types : les ventilateurs pneumatiques et les ventilateurs à turbine (plus rarement à pistons), variant en fonction de leur système de pressurisation [29]. Les disparités de moyens entre régions et la nécessité, dans de nombreux centres hospitaliers, de réquisitionner des ventilateurs de transport afin de créer des lits de réanimation supplémentaires ont contraint les médecins urgentistes à utiliser des ventilateurs de transport auxquels ils étaient parfois moins habitués, chez des patients pourtant précaires sur le plan respiratoire. Dans le but d'homogénéiser les pratiques, la SFMU a édité le 2 avril 2020 des recommandations d'usage pour la ventilation des patients Covid-19 sur ce type d'appareils [30]. Les ventilateurs étaient alors classés en cinq niveaux : les niveaux 1, 2 et 3 correspondent aux ventilateurs de réanimation, et les niveaux 4 et 5 sont destinés à une utilisation de transport médical. Le niveau 4 pour les « transports+ », complexes, justifie l'utilisation de ventilateurs sophistiqués à turbine (Elisée 350™ [ResMed, San Diego, États-Unis] ou Monnal T60™ [Air Liquide Medical Systems (ALMS), Antony, France]). Le niveau 5 pour les transports dits « simples » utilise des ventilateurs pneumatiques (Oxylog™ [Draeger, Lübeck, Allemagne], Medumat™ [Weinmann Medical

Technology, Hambourg, Allemagne], Osiris™) ou des ventilateurs à turbine (Elisée 250™, Legendair™) (Fig. 1).

Analyse du retour d'expérience

Ce qui a bien marché

L'ensemble des structures d'urgences a rapidement mis en œuvre des procédures pour la gestion des voies aériennes des patients afin de protéger leurs personnels contre le risque important de contracter le virus. Pour l'intubation par exemple, il est nécessaire selon Cheung et al. [31] de :

- limiter au maximum le personnel nécessaire à la procédure ;
- porter un équipement de protection individuelle (EPI) complet (blouse, gants, masque FFP2, protection large des yeux avec visière faciale, au minimum lunettes avec le maximum d'étanchéité) [32] ;
- effectuer une évaluation rigoureuse des critères morphologiques d'intubation difficile aux urgences (en particulier *upper lip bite test*, faible distance hypomentale, rétrognathie) [33] ;
- préparer le respirateur en plaçant un filtre antimicrobien avant les valves de PEP [34]. Le filtre positionné au niveau du raccord annelé, avant la pièce en « Y », est

quant à lui un filtre échangeur de chaleur et d'humidité (filtre HME) ;

- assurer la disponibilité de dispositifs supraglottiques récents (exemple : masques laryngés) qui assurent une étanchéité équivalente à une sonde à ballonnet. En cas d'échec de l'intubation, ils représentent probablement une meilleure option que la ventilation au masque du ballon autoremplisseur à valve unidirectionnelle (BAVU). Ils sont faciles à placer, assurent une meilleure étanchéité et donc une réduction de l'exposition du personnel ;
- avoir à disposition une aspiration en utilisant uniquement des systèmes d'aspiration fermés et non des systèmes d'aspiration ouverts afin de minimiser l'aérosolisation.

De nombreuses équipes se sont formées et équipées en vidéolaryngoscope. Cette technique est recommandée par rapport à la laryngoscopie directe pour éviter un contact rapproché de l'opérateur lors de l'intubation.

Enfin, la préoxygénation doit répondre aux obligations suivantes :

- optimiser la préoxygénation avec des moyens non générateurs d'aérosols comme procéder à l'élévation de la tête du lit ;
- lorsque la préoxygénation est assurée par une VNI mécanique à deux niveaux de pression, si la SpO₂ est inférieure à 92 %, on privilégie une interface étanche pendant trois

Fig. 1 Exemples de ventilateurs de transport Panel A. Ventilateur à turbine Monnal™ b T60 (ALMS, Antony, France). Panel B. Ventilateur à turbine Elisée™ (ResMed, San Diego, États-Unis). Panel C. Ventilateur pneumatique de première génération Oxylog 1000™ (Draeger, Telford, États-Unis). Panel D. Ventilateur pneumatique de première génération Osiris 1™ (ALMS, Antony, France)

minutes avec les réglages suivants sur l'appareil de ventilation : PEP 10 cmH₂O, aide inspiratoire (AI) 5 cmH₂O et FiO₂ 100 % [18]. Par ailleurs, le ventilateur doit être stoppé une minute après le début de l'induction en séquence rapide selon le protocole du service et systématiquement avant la réalisation de la laryngoscopie ;

- l'oxygénothérapie nasale (via la méthode standard ou OHDN) ne doit pas être utilisée pendant la préoxygénation ou pour l'oxygénation apnéique en raison du risque d'aérosolisation du virus. Si les patients reçoivent une OHDN, celle-ci doit être arrêtée avant de retirer le masque facial et les canules nasales du patient afin de minimiser l'aérosolisation ;
- la préoxygénation au BAVU avant l'intubation peut générer des aérosols et ne doit généralement pas être utilisée même si, là encore, l'utilisation d'un filtre antimicrobien HEPA entre le réservoir et le masque ou la sonde endotrachéale permet a priori de limiter ce risque. Si c'est la seule technique disponible, il est recommandé une prise à deux mains pour assurer l'étanchéité du masque associé à un filtre antimicrobien et une ventilation douce, c'est-à-dire spontanée sans insufflation manuelle au ballon. Dans certaines recommandations, il est également proposé de placer un drap/sac transparent sur le visage des patients pour minimiser l'aérosolisation [35].

La création de lits de réanimation a justifié la réquisition de ventilateurs de transport, habituellement utilisés pour une ventilation transitoire lors de la prise en charge Smur, pour réaliser la ventilation de SDRA Covid-19 sur de longues périodes. Ces ventilateurs, principalement à turbine, reposent sur une force motrice générée, comme leurs noms l'indiquent, par une turbine. Ils offrent des possibilités de réglage plus fines que leurs homologues pneumatiques. Cette technologie permet de se passer de l'admission pressurisée en air (nécessaire aux ventilateurs de réanimation) et a des performances très proches des ventilateurs de réanimation [36,37]. En France, ces respirateurs (essentiellement Elisée™, Monnal™ T60, Hamilton T1) équipent de nombreux véhicules de Smur et/ou services d'urgences. Leur technologie est particulièrement adaptée aux modes en pression, ce qui leur permet (contrairement aux ventilateurs pneumatiques) de très bonnes performances. Ces ventilateurs sont tout à fait adaptés à des transports en Smur primaires ou secondaires de patients. Ils permettent (comme cela a été le cas) de se substituer aux ventilateurs de réanimation s'il faut augmenter le nombre de lits de malades nécessitant une ventilation invasive au-delà des murs des réanimations.

Cependant, comme évoqué plus tôt, les équipes Smur ont souvent dû utiliser des ventilateurs de transport dit « pneumatiques » (faute de ventilateurs à turbine disponibles), dont le fonctionnement repose sur la « force motrice » générée par le flux d'oxygène comprimé alimentant l'appareil. Les para-

mètres réglables sont la FiO₂, le Vt, et les plus perfectionnés offrent la possibilité de régler une PEP, une AI et des niveaux d'alarmes pour détecter les pressions maximum et minimum. Ces ventilateurs sont simples d'utilisation, peu onéreux, fiables. Ces ventilateurs ont évolué ces 20 dernières années, et dans le contexte de la crise Covid-19, les équipes Smur ont bien souvent utilisé les plus récents qui proposent une PEP réglable jusqu'à 15 cmH₂O, un mode volume contrôlé et assisté contrôlé, ainsi qu'un monitoring du volume expiré. À noter que ces ventilateurs ne proposent que deux réglages de FiO₂, 100 % et position air-O₂ (60 ou 70 %) [36]. Ces ventilateurs ont permis de ventiler de façon adaptée des patients à mécanique ventilatoire pourtant très altérée.

Ce qui a bien marché, c'est également le transfert de nombreux patients ventilés sur de longues distances avec des moyens de transport inédits. Par exemple, au cours du premier transfert ferroviaire de patients Covid-19 du 26 mars 2020, 20 patients atteints de SDRA associé au SARS-CoV-2 et hospitalisés dans les centres hospitaliers de Mulhouse, Colmar et le centre hospitalo-universitaire (CHU) de Strasbourg ont été transférés vers les Pays de la Loire. Dix patients ont été transférés dans les services de réanimation du CHU d'Angers et du centre hospitalier du Mans. Ces patients, ventilés sous Elisée 250™ ou Monnal™ b T60, ont présenté une perte médiane de 44 mmHg de PaO₂/FiO₂ entre les derniers gaz du sang réalisés avant le transport et les premiers gaz du sang artériel en réanimation d'accueil. Cette modification peut paraître importante ; cependant, au regard de la durée de prise en charge ferroviaire et de ventilation mécanique sur ventilateur de transport (> 10 heures de transfert) et des relais de ventilateur pertransfert, ces différences sont conformes aux différences attendues et attestent de l'efficacité de ces techniques ventilatoires prodiguées par les Smur.

Ce que nous pourrions améliorer ?

La saturation du système de soins et la carence patente en ventilateurs mécaniques ont contraint les médecins urgentistes, dans de nombreux centres hospitaliers, à utiliser des ventilateurs mécaniques de transport de moindres performances afin de libérer les ventilateurs armant habituellement leurs vecteurs préhospitaliers. Ainsi, les ventilateurs de transport très souvent à turbine ont été remplacés par des ventilateurs pneumatiques. Il est primordial que dès maintenant l'ensemble des médecins urgentistes, forts de cette première expérience Covid-19, sachent paramétrer de façon optimale ces ventilateurs. Dans des conditions de mécanique respiratoire altérée (C = 20 ml/cmH₂O et R = 15 cmH₂O/L/s) simulées sur banc d'essai, l'Osiris 3™ et l'Oxylog 3000™ permettent d'obtenir un Vt proche du Vt de consigne (correspondant à moins de 0,5 ml de poids idéal prédit [taille, sexe]), dès lors que les débits inspiratoires réglés sont supérieurs à 40 l/min

(Savary et al., résultats non publiés). Pour ce faire, il suffit de prendre soin de régler le rapport I/E à 1/3 et la fréquence respiratoire au-dessus de 20/min. Des débits inspiratoires insuffisants peuvent entraîner des erreurs de V_t pour des résistances élevées [38]. Le monitoring du V_t expiré disponible sur ces ventilateurs facilite beaucoup le réglage. Enfin, si nous avons vu que la technologie de ces ventilateurs permet d'assurer de bonnes performances en mode volumétrique dans ce contexte, les performances dans les modes en pression ne sont pas suffisantes pour la ventilation en aide inspiratoire en VNI. D'un point de vue pragmatique, en cas de nécessité de recours à ce type de ventilateurs pneumatiques monitorant le V_t expiré pour la prise en charge des SDRA à SARS-CoV-2 en mode volume contrôlé ou assisté contrôlé, le point essentiel est de régler les paramètres ventilatoires selon une séquence définie afin d'assurer un débit ventilatoire suffisant (supérieur à 40 l/min) :

- choisir la position O_2 100 % ou air- O_2 ;
- régler le rapport I/E à 1/3 (valeur minimale disponible) ;
- régler une fréquence ventilatoire supérieure ou égale à 20/min ;
- régler le V_t de consigne comme indiqué sur le ventilateur ;
- régler la PEP.

Au-delà d'optimiser la ventilation mécanique de ces patients, il apparaît clairement, à quelques mois du début de l'épidémie, que le concept d'intubation orotrachéale large a sans doute participé à la saturation des services de réanimation. Ainsi, les patients à compliance C_{RS} subnormale, de phénotype « L » tel que décrit par Gattinoni et al. [21], sans hypoxémie profonde, auraient pu être ventilés de manière non invasive, sous OHDN, CPAP ou VNI. L'utilisation optimale des modes d'oxygénation non invasifs dans la Covid-19 reste actuellement en cours d'investigation, mais dans le contexte de l'infection Covid-19, la CPAP pourrait être le mode de choix comme support d'oxygénation non invasif pour certains des patients aux urgences et en préhospitalier. En effet, c'est la modalité non invasive qui permet le recrutement pulmonaire le plus puissant et qui présente également l'avantage d'éviter des volumes courants importants préjudiciables. L'OHDN est une alternative qui semble intéressante chez les patients fortement hypoxémiques ; cependant, ces dispositifs ne sont pas présents en préhospitalier. La nécessité de sécuriser des transports parfois longs et dans des conditions ne permettant pas de réaliser des techniques complexes impose le recours à une ventilation mécanique plus précocement.

Quelles innovations ont été mises en place ?

Cette crise sanitaire a amené plusieurs innovations, et notamment l'organisation de la ventilation mécanique dans des vecteurs de transport tout à fait inhabituels. Ainsi, réussir à réali-

ser une prise en charge ventilatoire optimale de plusieurs dizaines de patients en même temps dans un TGV relevait jusqu'alors de la simulation, la crise sanitaire l'a mis en application. Cette adaptabilité s'est également vue dans la modification des pratiques ventilatoires, avec la capacité à ventiler nos malades sur des appareils pneumatiques de moindre qualité auxquels nous sommes moins ou pas habitués. Nous avons également su, alors que les dispositifs non invasifs de type CPAP ou VNI sont réservés à l'œdème aigu du poumon et à l'exacerbation acide de bronchopneumopathie chronique obstructive, nous positionner en faveur d'une utilisation plus large de ces dispositifs, pourtant très controversés jusqu'alors dans la prise en charge des pneumopathies hypoxémiantes. Ce positionnement a été rendu possible grâce à la constitution d'un groupe d'experts « Ventilation » mandaté par le ministère des Solidarités et de la Santé et à la publication d'une doctrine d'usage des dispositifs de ventilation et respirateurs pour les patients Covid-19 [30].

Autres innovations, ce sont les dispositifs servant à limiter l'aérosolisation des patients oxygénés ou ventilés. Les équipes grenobloises ont ainsi participé à la conception d'une bulle de confinement pour le transport des patients (Fig. 2). Il s'agit d'une toile PVC avec des armatures en inox, qui est ensuite connectée à un dispositif composé d'un tuyau de respirateur, d'un filtre, d'une pompe et d'une batterie de transport, afin d'aspirer l'air entourant le patient. Cette sorte de cloche aspirante permet de protéger les soignants et l'environnement de patients atteints de Covid-19.

À notre connaissance, l'application d'une CPAP au moyen d'un casque « Helmet » comme cela a été fait en Italie et dans des services de réanimation n'a pas été mise en œuvre par les équipes d'urgences françaises.

Que faut-il en déduire pour une prochaine crise sanitaire Covid-19 ou non ?

Dans l'hypothèse où une nouvelle crise d'ampleur surviendrait, sous la forme d'une « seconde vague Covid-19 » ou d'une autre pandémie à fort tropisme respiratoire jusqu'à ce jour inconnue (ou contrôlée) ; forts de cette expérience, nous devons être rapidement efficaces et opérationnels. Cela devra passer par le redéploiement rapide de l'arsenal de ventilateurs pour rouvrir, de nouveau, des lits de réanimation. Cependant, il serait bénéfique que la médecine d'urgence puisse davantage conserver ses ventilateurs de transport à turbine aux caractéristiques proches de celles des ventilateurs de réanimation [36,37]. Cela justifie certainement que les hôpitaux se dotent de davantage d'appareils de réanimation (de type 1, 2 ou 3 [30]), recommandés pour l'ouverture de lits [40], pour ne pas avoir à utiliser les appareils préhospitaliers des Samu/Smur de France pour créer ces lits de soins critiques.

Fig. 2 Exemple de bulle de confinement mise au point pour les patients suspects d'infection par le SARS-CoV-2 — Dispositif Protekt'Air [39] *Autorisation de droit à l'image auprès de la patiente* Bulle hermétique innovante et en aspiration filtrée portable mise au point par les équipes du Samu 38 et de l'université Grenoble-Alpes afin de restreindre la dispersion des flux respiratoires des patients suspects d'infection à SARS-CoV-2. Elle permet un isolement tout au long de sa prise en charge, y compris lors des transports (ambulance, transport en hélicoptère) tout en permettant la poursuite des soins

Une des caractéristiques de cette crise sanitaire est la faible pathogénicité du SARS-CoV-2 dans la population pédiatrique. Ainsi, nous n'avons pas eu à prendre en charge (ou très peu) de jeunes patients pour SDRA. La plupart de nos prises en charge pédiatriques se sont concentrées sur la gestion de syndromes de Kawasaki ou apparentés [41]. À ce jour, le taux de recours à une ventilation mécanique en cas d'infection sévère à SARS-CoV-2 chez l'enfant (2 à 13 % [42,43]) est similaire au taux chez l'adulte (2 à 12 % [3,44]) ; cependant, l'incidence de cas graves est extrêmement inférieure dans la population pédiatrique. Dans l'hypothèse où nous aurions à prendre en charge simultanément un grand nombre de patients pédiatriques (hors nouveau-nés) en SDRA sous ventilation mécanique, les Smur seraient là encore en première ligne. Comment faire dans ce cas ? Les différentes modalités d'assistance ventilatoire conventionnelle utilisées chez l'enfant n'ont pas fait l'objet d'essais comparatifs spécifiques (cyclés en temps–pression limitée [débit continu], en volume [débit constant] ou en pression

[débit variable ou décélérant]). En termes de surveillance, il n'existe pas de données spécifiquement pédiatriques permettant de recommander le choix du V_t et de la pression de plateau téléinspiratoire qui doivent donc, par défaut, être extrapolés à partir des résultats obtenus chez l'adulte [45]. Ce qui apparaît crucial est, comme chez l'adulte, l'utilisation d'une stratégie protectrice [46]. Dans ses recommandations d'experts de prise en charge du SDRA, la SRLF préconise l'utilisation d'un ventilateur corrigeant la mesure du V_t pour la compression des gaz dans le circuit ou mesurant ce volume à l'aide d'un capteur proximal, cette dernière est particulièrement recommandée chez l'enfant [47]. L'utilisation de ventilateurs de transport de dernière génération, c'est-à-dire à turbine, voire dans le pire des cas pneumatiques de troisième génération, est donc comme chez l'adulte à privilégier. Devant utiliser les mêmes types de ventilateurs, la survenue d'une grande volumétrie de patients sévères pédiatriques nous exposerait donc, comme chez l'adulte, à une pénurie d'appareils utilisables, et ce d'autant plus que l'utilisation de ventilateurs pneumatiques de deuxième et première générations semble encore moins adaptée chez l'enfant.

Conclusion

Dans le contexte de pandémie Covid-19, les Samu/Smur ont joué et jouent encore un rôle essentiel, car en première ligne par ses missions primaires de soins à la personne et de transferts intra- et interhospitaliers. Dans ces circonstances tout à fait exceptionnelles, si nos équipes ont montré qu'elles étaient en mesure de maîtriser les subtilités de la ventilation protectrice extrahospitalière au moyen de ventilateurs de transport, elles ont bien souvent dû le faire avec des ressources limitées (ventilateurs de transport à turbine limités en nombre). Les résultats ont pourtant été au rendez-vous. Un des axes de prévention secondaire et d'enseignement de cette crise serait donc d'augmenter l'arsenal en ventilateurs de réanimation afin de conserver ces ventilateurs à turbine pour les soins aigus préhospitaliers. La médecine d'urgence a également su mettre en place des innovations telles des bulles de confinement et organiser le transport ferroviaire ou aéronautique de centaines de patients sous ventilation mécanique. Cependant, cette réussite a été en grande partie conditionnée par le fait que l'ensemble du territoire n'a pas été impacté avec la même intensité. Une récurrence sous la forme d'une seconde vague du Covid-19 ou l'émergence d'une nouvelle pathologie à tropisme respiratoire à plus long terme, impactant de façon plus diffuse les populations, accentuerait les risques de tension logistique.

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

Les éléments remarquables

- Avoir été capable de transférer de nombreux patients ventilés en SDRA sévère
- Avoir mis en œuvre rapidement des procédures et des recommandations pour gérer les voies aériennes en contexte épidémique
- Avoir conçu des dispositifs de confinement pour le transport des patients potentiellement contaminants

Les pistes d'amélioration

- Éviter de dépouiller les Smur de leurs respirateurs de transport performants
- Équiper les unités préhospitalières de matériel de protection (vidéolaryngoscope à usage unique, dispositifs de confinement...)
- Organiser la réponse pédiatrique à une situation similaire

Références

1. Ye Q, Wang B, Mao J, et al (2020) Epidemiological analysis of Covid-19 and practical experience from China. *J Med Virol* 92:755–69
2. Wu Z, McGoogan JM (2020) Characteristics of and important lessons from the coronavirus disease 2019 (Covid-19) outbreak in China: summary of a report of 72,314 cases from the Chinese Center for Disease Control and Prevention. *JAMA* 323:1239–42
3. Guan WJ, Ni ZY, Hu Y, et al (2020) Clinical characteristics of coronavirus disease 2019 in China. *N Engl J Med* 382:1708–20
4. Berlin DA, Gulick RM, Martinez FJ (2020) Severe Covid-19. *N Engl J Med*. <https://doi.org/10.1056/NEJMc2009575>
5. Grasselli G, Zangrillo A, Zanella A, et al (2020) Baseline characteristics and outcomes of 1,591 patients infected with SARS-CoV-2 admitted to ICUs of the Lombardy region, Italy. *JAMA* 323:1574–81
6. Ministère des Solidarités et de la Santé (2020) Transferts de patients atteints de Covid-19. <https://www.data.gouv.fr/en/datasets/transferts-de-patients-atteints-de-covid-19/> (Dernier accès le 25 juin 2020)
7. Direction générale de la Santé, département des situations d'urgence sanitaire (DESUS) (2007) Méthodologie de retour d'expérience pour les événements sanitaires ou à impact sanitaire. https://solidarites-sante.gouv.fr/IMG/pdf/retour_experience.pdf (Dernier accès le 15 juin 2020)
8. Société de réanimation de langue française (SRLF) (2020) Recommandations formalisées d'experts — Prise en charge du syndrome de détresse respiratoire aiguë (SDRA). <https://www.srlf.org/rfe-srlf-prise-en-charge-du-syndrome-de-detresse-respiratoire-aigue-sdra-de-ladulte-a-la-phase-initiale/> (Dernier accès le 6 juillet 2020)
9. Gattinoni L, Marini JJ, Pesenti A, et al (2016) The “baby lung” became an adult. *Intensive Care Med* 42:663–73
10. Fan E, Brodie D, Slutsky AS (2018) Acute respiratory distress syndrome: advances in diagnosis and treatment. *JAMA* 319:698–710
11. Acute Respiratory Distress Syndrome Network; Brower RG, Matthay MA, et al (2000) Ventilation with lower tidal volumes as compared with traditional tidal volumes for acute lung injury and the acute respiratory distress syndrome. *N Engl J Med* 342:1301–8
12. Kumar A, Pontoppidan H, Falke KJ, et al (1973) Pulmonary barotrauma during mechanical ventilation. *Crit Care Med* 1:181–6
13. Ho ATN, Patolia S, Guervilly C (2020) Neuromuscular blockade in acute respiratory distress syndrome: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *J Intensive Care* 8:12
14. World Health Organization (2020) Clinical management of severe acute respiratory infection (SARI) when Covid-19 is suspected. <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/331446/WHO-2019-nCoV-clinical-2020-4-eng.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (Dernier accès le 24 juin 2020)
15. Géodes — Santé publique France (2020) Indicateurs : cartes, données et graphiques. https://geodes.santepubliquefrance.fr/#c=indicateur&f=0&i=covid_hospit_clage10.rea&s=2020-07-03&selcod-geo=24&t=a01&view=map1 (Dernier accès le 6 juillet 2020)
16. Alhazzani W, Møller MH, Arabi YM, et al (2020) Surviving sepsis campaign: guidelines on the management of critically ill adults with coronavirus disease 2019 (Covid-19). *Intensive Care Med* 46:854–87
17. ARDS Definition Task Force; Ranieri VM, Rubenfeld GD, et al (2012) Acute respiratory distress syndrome: the Berlin definition. *JAMA* 307:2526–33
18. SRLF, SFAR, SFMU, et al (2020) Recommandations d'experts portant sur la prise en charge en réanimation des patients en période d'épidémie à SARS-CoV2 — Version 4 du 7 avril 2020. https://www.srlf.org/wp-content/uploads/2020/04/RFE-COVID_V4.pdf (Dernier accès le 27 juin 2020)
19. Mauri T, Spinelli E, Scotti E, et al (2020) Potential for lung recruitment and ventilation-perfusion mismatch in patients with the acute respiratory distress syndrome from coronavirus disease 2019. *Crit Care Med* 48: 1129–34
20. Gattinoni L, Coppola S, Cressoni M, et al (2020) Covid-19 does not lead to a “typical” acute respiratory distress syndrome. *Am J Respir Crit Care Med* 201:1299–300
21. Gattinoni L, Chiumello D, Caironi P, et al (2020) Covid-19 pneumonia: different respiratory treatments for different phenotypes? *Intensive Care Med* 46:1099–102
22. Bernheim A, Mei X, Huang M, et al (2020) Chest CT findings in coronavirus disease-19 (Covid-19): relationship to duration of infection. *Radiology* 295:691–5
23. Poston JT, Patel BK, Davis AM (2020) Management of critically ill adults with Covid-19. *JAMA* 323:1839–41
24. United Kingdom National Health Service (2020) Clinical guide for the management of critical care patients during the coronavirus pandemic. Specialty guides for patient management during the coronavirus pandemic — Version 1 (16 March 2020). <https://www.england.nhs.uk/coronavirus/wp-content/uploads/sites/52/2020/03/specialty-guide-itu-and-coronavirus-v1-16-march-2020.pdf> (Dernier accès le 24 juin 2020)
25. Maiolo G, Collino F, Vasques F, et al (2018) Reclassifying acute respiratory distress syndrome. *Am J Respir Crit Care Med* 197: 1586–95
26. Gattinoni L, Caironi P, Cressoni M, et al (2006) Lung recruitment in patients with the acute respiratory distress syndrome. *N Engl J Med* 354:1775–86
27. Beloncle FM, Pavlovsky B, Desprez C, et al (2020) Recruitability and effect of PEEP in SARS-Cov-2-associated acute respiratory distress syndrome. *Ann Intensive Care* 10:55
28. République française (2006) Code de la santé publique — Article R6123-15. <https://www.legifrance.gouv.fr/affichCodeArticle.do?idArticle=LEGIARTI000006916768&cidTexte=LEGITEXT000006072665&dateTexte=20090709&oldAction=rechCodeArticle> (Dernier accès le 6 juillet 2020)

29. Damm C, Clabault K, Lamia B, Richard J (2003) Caractéristiques d'un bon ventilateur de transport. *Reanimation* 12:502–9
30. Société française de médecine d'urgence (SFMU) (2020) Doctrine d'usage des dispositifs de ventilation et respirateurs pour les patients Covid-19, préconisations du groupe d'experts « Ventilation » mandaté par le ministère des Solidarités et de la Santé. https://www.sfmnu.org/fr/publications/recommandations-de-la-sfmnu/doctrine-d-usage-des-dispositifs-de-ventilation-et-respirateurs-pour-les-patients-covi-19/con_id/517 (Dernier accès le 30 juin 2020)
31. Cheung JCH, Ho LT, Cheng JV, et al (2020) Staff safety during emergency airway management for Covid-19 in Hong Kong. *Lancet Respir Med* 8:e19
32. Tran K, Cimon K, Severn M, et al (2012) Aerosol generating procedures and risk of transmission of acute respiratory infections to healthcare workers: a systematic review. *PLoS One* 7:e35797
33. Detsky ME, Jivraj N, Adhikari NK, et al (2019) Will this patient be difficult to intubate? The rational clinical examination systematic review. *JAMA* 321:493–503
34. Bouadma L, Lescure FX, Lucet JC, et al (2020) Severe SARS-CoV-2 infections: practical considerations and management strategy for intensivists. *Intensive Care Med* 46:579–82
35. Brewster DJ, Chrimes N, Do TB, et al (2020) Consensus statement: safe airway society principles of airway management and tracheal intubation specific to the Covid-19 adult patient group. *Med J Aust* 212:472–81
36. Zanetta G, Robert D, Guérin C (2002) Evaluation of ventilators used during transport of ICU patients — a bench study. *Intensive Care Med* 28:443–51
37. Richard JC, Carlucci A, Breton L, et al (2002) Bench testing of pressure support ventilation with three different generations of ventilators. *Intensive Care Med* 28:1049–57
38. L'Her E, Roy A, Marjanovic N (2014) Bench-test comparison of 26 emergency and transport ventilators. *Crit Care* 18:506
39. Limousin M (2020) Protect'Air — Confining bubble for patients infected with airborne viruses (i.e. Covid-19). <https://gitlab.com/bip-covid/bip-covid/-/wikis/home> (Dernier accès le 20 juillet 2020)
40. Conseil national professionnel d'anesthésie-réanimation et médecine périopératoire (CNP-ARMPO) (2020) Guide d'aide à la mise en place et à la gestion d'une « réanimation éphémère ». <https://sfar.org/guide-daide-a-la-mise-en-place-et-a-la-gestion-dune-reanimation-ephemere/> (Dernier accès le 19 juillet 2020)
41. Toubiana J, Poirault C, Corsia A, et al (2020) Kawasaki-like multisystem inflammatory syndrome in children during the Covid-19 pandemic in Paris, France: prospective observational study. *BMJ* 369:m2094
42. Tagarro A, Epalza C, Santos M, et al (2020) Screening and severity of coronavirus-disease 2019 (Covid-19) in children in Madrid, Spain. *JAMA Pediatr* (in press)
43. Chao JY, Derespina KR, Herold BC, et al (2020) Clinical characteristics and outcomes of hospitalized and critically ill children and adolescents with coronavirus disease-2019 at a tertiary care medical center in New York City. *J Pediatr* 223:14-9.e2
44. Wang D, Hu B, Hu C, et al (2020) Clinical characteristics of 138 hospitalized patients with 2019 novel coronavirus-infected pneumonia in Wuhan, China. *JAMA* 323:1061–9
45. Dager S, Durand P, Javouhey E (2005) Particularités pédiatriques de la prise en charge ventilatoire du syndrome de détresse respiratoire aiguë de l'enfant (nouveau-né exclu). *Reanimation* 14:400–10
46. Stüber F, Wrigge H, Schroeder S, et al (2002) Kinetic and reversibility of mechanical ventilation-associated pulmonary and systemic inflammatory response in patients with acute lung injury. *Intensive Care Med* 28:834–41
47. Richard JC, Girault C, Leteurtre S, Leclerc F (2005) Prise en charge ventilatoire du syndrome de détresse respiratoire aiguë de l'adulte et de l'enfant (nouveau-né exclu) — Recommandations d'experts de la Société de réanimation de langue française. https://www.srlf.org/wp-content/uploads/2015/11/0509-Reanimation-Vol14-N5-p313_322.pdf (Dernier accès le 7 juillet 2020)