

Faculté des sciences de la motricité

Quels sont les effets du haut débit trachéal chez les patients trachéotomisés : Revue systématique

Auteur : Cornant Alexis - Theis Corentin
Promoteur(s) : Poncin William - Latiers Anne-Claire
Année académique 2023-2024
Master en kinésithérapie et réadaptation [60.0] - KINE2M

REMERCIEMENTS

Nous tenions à adresser quelques mots à l'ensemble des personnes qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de notre mémoire et qui ont été présentes tout au long de sa création.

Tout d'abord, nous remercions nos deux promoteurs, Anne-Claire Latiers et William Poncin, pour leur suivi, leurs nombreux conseils, leur disponibilité et surtout leur bienveillance et envie de nous aider à nous améliorer et à mener ce projet à bien.

Ensuite, nous remercions également nos parents pour leur soutien quotidien, notamment lors des moments stressants, ainsi que la marraine de Corentin, pour son aide à la relecture approfondie du mémoire.

Enfin, un immense merci à toutes les personnes de la FSM, qui nous ont encadrées et conseillées pour la réalisation de ce travail.

TABLE DES MATIERES

I.	Introduction	1
II.	Méthodes	4
II.1.	Protocole.....	4
II.2.	Stratégie de recherche	4
II.3.	Critères d'éligibilité.....	5
II.4.	Sélection des études.....	5
II.5.	Extraction des données	5
II.6.	Risques de biais et qualité méthodologique	6
III.	Résultats	7
III.1.	Sélections d'études	7
III.2.	Risque de biais et qualité des études incluses	8
III.3.	Caractéristiques des études incluses.....	9
III.3.1.	Participants	9
III.3.2.	Interventions et mesures.....	10
III.4.	Synthèse des résultats	13
III.4.1.	Effets physiologiques	13
III.4.2.	Effets cliniques	15
IV.	Discussion	25
IV.2.	Résumé des résultats	25
IV.3.	Discussion des résultats.....	27
IV.4.	Limitations	29
IV.5.	Perspectives.....	30
V.	Conclusions	31
VI.	Bibliographie	32
VII.	Annexes	43

I. Introduction

Les voies aériennes supérieures (VAS) sont tapissées d'une couche de cellules sécrétrices permettant de produire du mucus ($\geq 95\%$ eau, $\approx 2-4\%$ mucines, $\approx 1-2\%$ électrolytes) qui pourra ensuite être transporté via des cellules ciliées vers le pharynx, avant d'être évacué vers l'estomac (Gizurarson, 2015; Houtmeyers et al., 1999; Munkholm & Mortensen, 2014; Wanner et al., 1996). Ces populations cellulaires permettent à la clairance mucociliaire (CM) de jouer son rôle essentiel d'escalator mucociliaire, assurant ainsi la première ligne de défense immunitaire des voies aériennes (Jesenak et al., 2023). L'efficacité de cette CM dépend de la qualité du mucus ainsi que de la capacité des cils vibratiles à le transporter (Antunes & Cohen, 2007; Gizurarson, 2015). Afin de maintenir une bonne qualité de mucus et par conséquent une CM fonctionnelle, l'humidification, le filtrage et le réchauffement de l'air inspiré doivent être adéquats (Esendağlı et al., 2018; Jesenak et al., 2023).

L'« *American Association for Respiratory Care* » (AARC) informe qu'en situation normale, les VAS fournissent 75% du réchauffement et de l'humidité de l'air inspiré apporté aux alvéoles. Dans la trachée, l'humidité absolue a été mesurée entre 36 à 40 mg H₂O/L et à 44 mg H₂O/L sous la carina, avec une humidité relative à 100%, à une température de 37°C. L'AARC indique qu'une exposition à une humidité en-dessous de 25 mg H₂O/L pendant une heure ou 30mg H₂O/L pendant 24 heures ou plus, est associée à une dysfonction de la CM. (Restrepo & Walsh, 2012)

Dans certaines situations pathologiques ou lors d'interventions médicales, l'humidification et le maintien d'une température optimale de l'air inspiré peuvent être altérés, ce qui aura pour conséquence d'impacter des facteurs cliniques tels que la rhéologie du mucus et la fréquence des battements ciliaires (FBC), entraînant la stagnation, l'accumulation des sécrétions et de potentielles infections (Gomaa & Branson, 2019; Mall, 2008; Solomita et al., 2009; Yadav et al., 2003). Ainsi, des stratégies thérapeutiques devront être mises en place pour pallier ces modifications (Munkholm & Mortensen, 2014).

En situation aiguë, un patient avec une insuffisance respiratoire prolongée, une altération de la conscience, des altérations physiologiques dues à un traumatisme ou une maladie pourrait nécessiter une trachéotomie. D'autant que si le patient requiert une ventilation mécanique (VM) supérieure à 21 jours, la trachéotomie sera privilégiée. Celle-ci permettant de faciliter le sevrage de la VM via des essais de respiration spontanée réalisés en réduisant le débit d'air envoyé, la fraction inspirée en oxygène (FiO₂) ou encore en changeant le diamètre de la canule de trachéotomie attestant de l'état stable ou instable du patient (Gomaa & Branson, 2019; Mehta & Mehta, 2017; Ronen et al., 2019; Trouillet et al., 2018). Cette trachéotomie permet in fine de faire face au collapsus et à l'obstruction des VAS, prévient des lésions laryngées directes, facilite les soins quotidiens, permet l'amélioration du confort respiratoire, la réduction du besoin de sédation, une transition vers ou depuis les soins intensifs en permettant un sevrage progressif de la VM, réduisant également le risque de pneumonie associée à son utilisation (Durbin, 2010; Heffner & Hess, 2001; Mehta & Mehta, 2017; Trouillet et al., 2018).

Cependant, il s'agit d'un dispositif qui contourne les VAS et leurs fonctions, ne permettant plus une humidification, un filtrage et le réchauffement de l'air inspiré adéquats normalement assurés par le nez, ce qui assèche les muqueuses et le mucus, augmentant l'accumulation des sécrétions et donc le risque de formation de bouchons muqueux (John Billington, 2019; Rao et al., 2022; Trouillet et al., 2018; Yadav et al., 2003).

De ce fait, l'efficacité de la CM chez les patients trachéotomisés est amoindrie, ce qui peut compromettre la santé respiratoire des patients concernés (Antunes & Cohen, 2007; Jesenak et al., 2023). C'est dans ce sens que plusieurs systèmes d'humidification et de réchauffement de l'air inspiré ont initialement été développés pour des patients non trachéotomisés avant d'être étudiés et adaptés pour des trachéotomies. Désormais, il existe des systèmes comme les « *Heat and Moisture Exchangers* » (HME) permettant d'humidifier l'air inspiré de manière passive ($\pm 25 - 37$ mg H₂O/L), ainsi que des systèmes humidificateurs et chauffants actifs (≥ 33 mg H₂O/L), réglables, tels que le « *Heat Humidifiers* » (HH) et le « *High Flow Nasal Cannula* » (HFNC) (Chikata et al., 2013; Ebersole et al., 2020; Filippini et al., 2019; Gonzalez et al., 2017; Mehta & Mehta, 2017; Nakanishi et al., 2019).

Parmi ceux-ci, l'HFNC se distingue par sa capacité à délivrer un air humidifié et chauffé à haut débit, de manière non invasive et continue (Fisher & Paykel Healthcare, 2024). L'AARC recommande que l'humidification passive fournie par un HME atteigne minimum 30mg H₂O/L tandis que l'humidification active fournie par l'HFNC doit être entre 33 et 44mg H₂O/L, à une température entre 34 et 41°C à la pièce en Y et à une humidité relative de 100% (Restrepo & Walsh, 2012).

La mise en place de l'HFNC chez les patients non trachéotomisés présente plusieurs avantages, notamment la prévention de la sécheresse des muqueuses respiratoires permettant le maintien d'une CM fonctionnelle (Solomita et al., 2009). L'augmentation de la pression expiratoire positive, un meilleur recrutement alvéolaire et un meilleur rinçage des voies respiratoires sont aussi des effets positifs de cet appareil menant à une meilleure ventilation (Bos et al., 2016; Esteban-Zubero et al., 2022; Franke et al., 2014; Nishimura, 2016). Le dispositif HFNC permet également la réduction du travail respiratoire, l'augmentation du confort du patient, et une meilleure tolérance à l'exercice (Brand-Saberi & Schäfer, 2014; Branson, 2007; Dewan & Bell, 1994; Dieperink et al., 2008). Cependant, la question se pose de savoir si ces effets sont également obtenus chez un patient trachéotomisé. Pour le moment un nombre restreint d'études ont été conduites sur cette population.

C'est dans ce sens que cette revue systématique a été réalisée, afin de faire un état des lieux de l'ensemble des connaissances sur les effets cliniques et physiologiques de l'utilisation de l'HFNC chez des patients récemment trachéotomisés. Cela dans le but de répondre à la question de recherche suivante : « L'HFNC a-t-il des effets physiologiques et cliniques positifs, menant à l'amélioration de l'état du patient ? » L'hypothèse étant que l'HFNC aurait des effets physiologiques et cliniques positifs qui permettraient d'améliorer l'état du patient en réduisant le nombre de bouchons muqueux, le nombre d'aspirations quotidiennes et ainsi réduire le temps d'hospitalisation. Dans un premier temps, nous espérons établir les effets bénéfiques de l'utilisation d'un tel dispositif chez des patients trachéotomisés en situation aiguë comparativement à d'autres techniques, afin, dans un second temps, de permettre la réalisation de nouvelles études expérimentales permettant de renforcer les connaissances sur ce sujet.

II. Méthodes

II.1. Protocole

Cette revue systématique a été élaborée conformément aux recommandations des guidelines "PRISMA 2020", qui fournissent une liste de contrôle détaillée comprenant 27 critères (**voir Annexe 1**) ainsi qu'un diagramme de flux (**voir Figure 1**).

II.2. Stratégie de recherche

La recherche d'articles a été menée sur 4 bases de données, à savoir, Pubmed, Embase, Scopus et CINAHL, pendant la période s'étendant de février 2023 à octobre 2023. Dans un premier temps, une recherche exploratoire a été réalisée afin de mieux connaître le sujet. À la suite de cette première documentation, les critères PICO(s) (« *Population* », « *Intervention* », « *Comparaison* », « *Outcomes* ») ont été définis, avec pour population et intervention les termes « *Tracheotomy* » et « *High flow nasal cannula* », afin de guider la recherche des études pertinentes. Des équations de recherche ont été élaborées en identifiant les synonymes de ces 2 termes clés, et les opérateurs booléens « *OR* » et « *AND* » ont été utilisés pour construire des équations de recherche (**voir Annexe 2**). Compte tenu du nombre limité d'articles disponibles sur le sujet, il a été décidé de ne pas ajouter d'autres termes, notamment les « *Outcomes* », à l'équation de recherche. La question de recherche exacte était : « L'HFNC a-t-il des effets physiologiques et cliniques positifs, menant à l'amélioration de l'état du patient ? »

Tableau 1 : Mots-clés et synonymes pour les équations de recherche

Mots-clés	Synonymes
Tracheotomy	Tracheostomy, laryngectomy, laryngotracheal separation, laryngeal surgery,
High flow nasal cannula	High flow oxygen therapy, high flow nasal oxygen, high flow nasal therapy, high flow nasal oxygenation, high flow nasal oxygen therapy, high flow tracheal, HFNC, Optiflow, Airvo, high flow humidified oxygen, respiratory gas humidifier, airvo2.

II.3. Critères d'éligibilité

Les critères d'inclusion des études pour cette revue systématique ont été définis en fonction des éléments PICO(s) suivants :

- ❖ Population : Patients adultes trachéotomisés dans les 14 jours suivant la procédure
- ❖ Intervention : Utilisation d'un appareil de type HFNC.
- ❖ Comparaison : Oxygénothérapie standard (OTS), HME, solutions salines, etc.
- ❖ Résultats : /
- ❖ Conception de l'étude : Études contrôlées randomisées (ECR) et études contrôlées non randomisées (ECNR)

Seules les études rédigées en anglais ont été incluses. Les études fournissant uniquement un résumé (abstract) n'ont pas été retenues.

II.4. Sélection des études

La sélection des études a été effectuée en suivant un diagramme de flux PRISMA « *Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses* » par les 2 auteurs de manière indépendante. Ensuite, les résultats ont été mis en commun et discutés.

II.5. Extraction des données

Les informations suivantes des études incluses dans cette revue systématique ont été collectées et extraites :

- ❖ Données sur l'étude : Auteur principal, année de publication, conception de l'étude (croisée ou parallèle).
- ❖ Données sur les patients : Nombre de patients, âge, sexe et pathologie.
- ❖ Données sur le protocole d'intervention : Groupe interventionnel (GI), groupe contrôle (GC), phases des thérapies et durée de l'intervention.
- ❖ Données des mesures retenues : Données physiologiques et données cliniques.

II.6. Risques de biais et qualité méthodologique

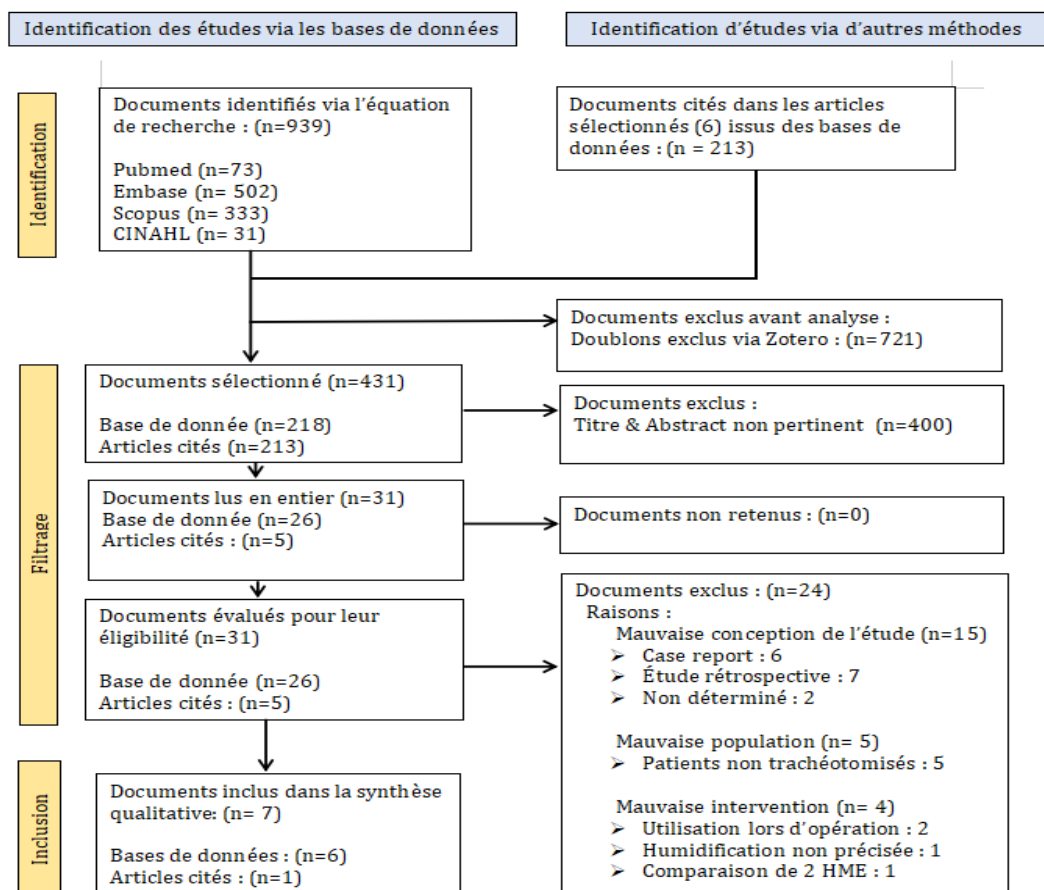
La qualité méthodologique des études sélectionnées a été évaluée en utilisant l'échelle PEDro (*PEDro_scale_french(france).pdf*, 2010). Cette méthodologie comprend 11 critères, chacun étant évalué avec une valeur de 1 ou 0 selon son respect ou non. Un score total plus élevé indique une meilleure qualité méthodologique. Le score total est sur 10, étant donné que le premier critère porte sur la validité externe et n'est pas inclus dans le calcul final. Un score inférieur à 4 est considéré comme pauvre, entre 4 et 5, comme acceptable, entre 6 et 8, le score est bon et enfin, entre 9 et 10, le score est excellent (Cashin & McAuley, 2020). Les scores ont été donnés par les auteurs de la revue systématique, ils ont analysé et attribué les points de manière indépendante, sans se concerter au préalable avant de mettre en commun leurs résultats. En cas de désaccord, les auteurs ont discuté pour expliquer leur raisonnement, et une décision finale a été prise après cette discussion. Il est à noter qu'aucun des articles inclus dans cette revue systématique n'était répertorié dans la base de données PEDro, les scores viennent donc tous de l'analyse des auteurs. L'échelle PEDro utilisée dans la revue est présentée en **Annexe 3**.

III. Résultats

III.1. Sélections d'études

Au total, 939 articles ont été recensés à travers les équations de recherche appliquées sur les 4 bases de données utilisées pour cette revue systématique. Ces documents ont été ajoutés dans Zotero, où 721 doublons ont été éliminés, réduisant ainsi le nombre à 218. Par la suite, chaque auteur a lu et classé ces documents restants en se basant sur leur titre et leur résumé. Lors de la mise en commun de leurs résultats, 192 études ont été éliminées, ainsi, 26 documents ont été identifiés comme étant éligibles pour une lecture intégrale du texte. Enfin, après une lecture plus approfondie, 6 études ont satisfait aux critères PICO(s) et d'inclusion, et ont été retenues pour la revue systématique. Dans un second temps, les titres et résumés des 213 références bibliographiques issus des 6 études incluses ont été analysés. Suite à cette étape, 208 références ont été éliminées. Cinq articles étaient donc éligibles à une analyse complète. Finalement, après lecture, 1 étude a été incluse, portant le nombre total à 7 études dans cette revue systématique. **(Figure 1)**

FIG. 1 : Diagramme de flux PRISMA.



III.2. Risque de biais et qualité des études incluses

Parmi les 7 études sélectionnées, 4 ont obtenu un score de 5/10 (Birk et al., 2017; Nakanishi et al., 2019; Stripoli et al., 2019; Twose et al., 2019) équivalent à un niveau de qualité méthodologique acceptable, une étude a un score total de 6/10 (Natalini et al., 2019) et 2 études ont un score de 7/10 (Corley et al., 2017; Hernández Martínez et al., 2020), correspondant à un bon niveau de qualité méthodologique. Les critères 5-6-7 qui concernent le caractère aveugle des sujets, des thérapeutes et des examinateurs n'étaient réalisables dans aucune étude et chacune d'elle a donc obtenu 0/3 pour l'ensemble de ces 3 critères. Le score maximal de 10 ne pouvait donc être atteint dans aucune des études. Également, il est important de constater que seule l'étude de Twose et al. (2019) ne répondait pas aux critères 10 et 11 qui portent sur la validité statistique. Les détails des scores PEDro se trouvent dans le **Tableau 2** ci-dessous.

Tableau 2 : Détails des scores PEDro des études incluses

Auteur principal	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10	Q11	Total
Nakanishi, N (2019)	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	5/10
Natalini, D (2019)	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	6/10
Stripoli, T (2019)	1	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	5/10
Corley, A (2017)	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	7/10
Birk, R (2017)	1	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	5/10
Twose, P (2019)	1	1	1	1	0	0	0	1	1	0	0	5/10
Hernandez Martinez, G (2020)	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	7/10

Légende : Q = Question ; 1 = oui ; 0 = non.

Descriptif des questions : **Annexes 3**

III.3. Caractéristiques des études incluses

Parmi les études incluses, 3 étaient à conception parallèle (Birk et al., 2017 ; Hernandez Martinez et al., 2020 ; Twose et al., 2019), comparant un GI utilisant le haut débit trachéal à un GC bénéficiant d'autres thérapies, tandis que les 4 autres études étaient à conception croisée (Corley et al., 2017 ; Nakanishi et al., 2019 ; Natalini et al., 2019 ; Stripoli et al., 2019), où chaque participant recevait différentes thérapies tour à tour, permettant une comparaison directe des effets sur chaque individu. Les détails des caractéristiques se trouvent dans le **Tableau 3**.

III.3.1. Participants

Au sein des 7 études incluses dans cette revue systématique, le nombre total de participants s'élevait à 440 patients, dont 330 provenaient d'une seule étude (Hernández Martínez et al., 2020). Parmi l'ensemble des participants, 19 cas d'abandons ont été enregistrés, dont 16 provenaient de l'étude menée par Hernández Martínez et al. (2020) et 1 provenait de l'étude de Twose et al. (2019) et 2 de l'étude de Birk et al. (2017). En ce qui concerne l'âge moyen des participants, celui-ci était de 62 ans, avec un écart-type moyen de 13 ans. Tous les participants étaient trachéotomisés, bien que les indications de cette procédure aient variées d'une étude à l'autre. Dans 5 études (Corley et al., 2017 ; Hernández Martínez et al., 2020 ; Nakanishi et al., 2019 ; Natalini et al., 2019 ; Stripoli et al., 2019), l'ensemble des participants provenaient des Unités de Soins Intensifs (USI) et ont eu recours à une trachéotomie pour des raisons médicales, chirurgicales ou traumatiques. En revanche, dans 2 études, les participants ne provenaient pas d'USI et ont subi une trachéotomie à la suite de tumeurs de la tête et du cou (Birk et al., 2017) ou d'une reconstruction microvasculaire élective de la tête et du cou (Twose et al., 2019). Dans toutes les études, à l'exception de celle de Birk et al. (2017), les patients ont été sous VM à un moment de leur prise en charge. Cependant, au moment d'inclure les participants, tous les patients des études dans lesquelles la VM était utilisée devaient en être sevrés, à l'exception des études de Stripoli et al. (2019) et de Corley et al. (2017) dans lesquelles les patients bénéficiaient encore d'une VM au moment d'être inclus.

III.3.2. Interventions et mesures

Deux systèmes de haut débit trachéal étaient utilisés, à savoir, l'AIRVO2 (système HFNC) qui fournit un gaz chauffé et humidifié à haut débit, et le MR850 (système HH) qui chauffe et humidifie le gaz et qui doit être connecté à un dispositif le délivrant à haut débit. Afin de faciliter la lecture, seul le terme « HFNC » sera utilisé par la suite, même lors de l'utilisation du MR850.

Concernant les mesures, certaines ont été sélectionnées pour répondre aux questions posées, en privilégiant celles communes à plusieurs études pour permettre leurs comparaisons, ainsi que celles jugées pertinentes pour la discussion. Ces mesures sont décrites dans le texte ci-dessous, tandis que toutes les mesures des études sont répertoriées en **Annexe 4**.

Description des interventions et mesures des études à conception croisée :

Nakanishi et al. (2019) ont comparé 2 dispositifs respiratoires (HME et HFNC), sur 10 adultes en USI respirant spontanément avec une trachéotomie, celle-ci ayant été posée sous VM à la suite d'un problème neurologique, cardiaque ou respiratoire. L'HME était utilisé avec de l'air ambiant seul ou un ajout d'oxygène à faible débit (1 L/min). L'HFNC était délivré via le MR850 et à travers l'interface trachéale « Optiflow » (40 L/min, 40°C et FiO₂ à 0,21 ou 0,25). Chaque participant a suivi un protocole de 3 phases de 60 minutes chacune suivant cet ordre : HFNC – HME – HFNC. Des données ont été collectées à la fin de chaque phase sur les paramètres physiologiques (la saturation en oxygène (SpO₂) et la fréquence respiratoire), les paramètres hémodynamiques (fréquence cardiaque, la pression artérielle systolique et moyenne), ainsi que sur le volume courant et, pendant une minute, la pression partielle finale en dioxyde de carbone (PETCO₂).

Dans l'étude de Natalini et al. (2019), 26 adultes gravement malades en USI, trachéotomisés sous VM pour raisons médicales, chirurgicales ou traumatiques, ont été inclus. Après avoir respiré spontanément pendant au moins 24 heures, chaque patient a d'abord reçu une OTS avec un HME (maximum 8 L/min) pendant 30 minutes. Ensuite, les patients ont été soumis à 3 débits d'air différents (10, 30 et 50 L/min), pendant 30 minutes, chacun dans un ordre aléatoire, et délivrés par le MR850 (37°C) relié à un ventilateur "EvitaXL", à travers l'interface "OPT870".

Ensuite, à la fin de chaque phase, les paramètres hémodynamiques, les gaz sanguins artériels, la SpO₂. Également, des mesures ont été prises sur le rapport de la pression partielle en oxygène dans le sang artériel (PaO₂) sur la FiO₂, ainsi que sur la fréquence respiratoire et la pression partielle en dioxyde carbone dans le sang artériel (PaCO₂).

Stripoli et al. (2019) ont mené une étude sur 14 adultes ventilés via trachéotomie en USI, avec sevrage prolongé de la VM et présentant un risque élevé d'échec de sevrage. L'intervention comportait 2 thérapies, l'HFNC délivré via l'AIRVO2 et l'interface « OPT870 » (50 L/min et 37°C) et une OTS via une T-piece (10 L/min), avec une FiO₂ commune, réglée pour atteindre une saturation artérielle en oxygène (SaO₂) entre 94-98%. La première étape de l'étude consistait à déconnecter les patients de la VM. Ensuite, chacun a suivi un protocole de 3 phases de 60 minutes, selon cet ordre : HFNC – OTS – HFNC. Les mesures prises pendant les phases portaient sur la fréquence respiratoire, la PaCO₂, la PaO₂ et le rapport PaO₂/FiO₂.

L'étude menée par Corley et al. (2017) portait sur 20 patients adultes trachéotomisés en USI suite à des problèmes cardiaques, thoraciques ou pulmonaires, et sous VM pendant plus de 96 heures. Deux thérapies étaient utilisées, à savoir, l'HFNC via MR850 et l'interface « Optiflow » (50 L/min), ainsi qu'une thérapie humidifiée (TH) via MR850 et une T-piece (15 L/min). Pour les 2 interventions, la FiO₂ était ajustée dans le but de maintenir une SaO₂ ≥ 90%. Les patients ont été soumis de manière aléatoire à 3 phases de 15 minutes chacune de la manière suivante : HFNC – Période de rinçage – TH ou TH – Période de rinçage – HFNC. Les données ont été collectées à la 5ème et 15ème minute de chaque phase pendant une période de 2 minutes. Les variables enregistrées incluaient le volume courant, la pression des voies aériennes, ainsi que les paramètres physiologiques tels que la SpO₂, la PETCO₂, la fréquence respiratoire et la fréquence cardiaque.

Description des interventions et mesures des études à conception parallèle :

Birk et al. (2017) ont recruté, dans les 24 heures suivant la chirurgie, 20 adultes trachéotomisés principalement à la suite de tumeurs de la tête et du cou. Deux groupes ont été formés. Le GC a reçu une nébulisation à l'air froid via un nébuliseur « Cirrus » connecté à l'air comprimé (8 L/min et température ambiante), et le GI a reçu un traitement HFNC via l'AIRVO2 (30 L/min et 37°C), pendant un minimum de 8 heures par jour. Les mesures prises sont la fréquence des battements ciliaires dans les cellules épithéliales trachéales, mesurée les jours 2, 4, 6, 8 et 10, ainsi que le nombre de procédures d'aspirations quotidiennes, basées sur les besoins cliniques des patients.

Dans l'étude de Twose et al. (2019), 20 adultes trachéotomisés à la suite d'une reconstruction microvasculaire élective de la tête et du cou ont été divisés en 2 groupes, dont les interventions débutaient après le sevrage de la VM. Ensuite, en unité de soins post-anesthésiques, le GI recevait l'HFNC via AIRVO2 et une interface trachéale (60 L/min, 37°C et FiO₂ ajustée pour une SaO₂ d'au moins 95%), avant d'être transférés en unité de soins où ils ont continué à recevoir l'HFNC 24h/24. Tandis que le GC recevait des soins standards postopératoires en utilisant un HME et des nébuliseurs salins. Les mesures comprenaient l'incidence des complications pulmonaires postopératoires (nombre de cas de pneumonies), ainsi que des aspects liés à la prise en charge postopératoire tels que la durée du séjour à l'hôpital et le temps nécessaire jusqu'à la décanulation de la trachéotomie.

Enfin, dans l'étude de Hernandez Martinez et al. (2020), les 330 patients trachéotomisés gravement malades, admis en USI pour des raisons médicales, chirurgicales ou traumatiques et sevrés de la VM depuis au moins 24 heures, étaient répartis en 2 groupes. Le GI bénéficiait d'une thérapie HFNC en continu jusqu'à la décanulation, via AIRVO2 et l'interface « OPT870 » (60 L/min, 37°C et une FiO₂ ajustée pour maintenir la SaO₂ entre 92 et 95%). Alors que le GC bénéficiait de l'HFNC en intermittence avec des périodes d'assistance respiratoire (mêmes réglages qu'en continu). Ils ont évalué le délai de décanulation, représentant le laps de temps entre la fin du sevrage de la VM (24 heures sans ventilation) et la décanulation effective. Les mesures ont également pris en compte le nombre de cas de pneumonies, ainsi que les durées de séjour en USI et à l'hôpital.

III.4. Synthèse des résultats

Les résultats ont été subdivisés en 2 catégories. Les études à conception croisée ont généré des mesures physiologiques, tandis que les études à conception parallèle ont fourni des données cliniques relatives aux patients. Dans le but de maintenir une cohérence lors de la comparaison des résultats, les différentes conceptions d'étude n'ont pas été mélangées. La synthèse des résultats se trouve dans le **Tableau 4**.

III.4.1. Effets physiologiques

1. Paramètres respiratoires

Trois études (Corley et al., 2017 ; Nakanishi et al., 2019 ; Stripoli et al., 2019) ont mesuré la fréquence respiratoire lors de chaque phase. Globalement, aucune différence significative ($p < 0.05$) n'a été observée concernant ce paramètre. De même, Nakanishi et al. (2019) et Corley et al. (2017) ont évalué le volume courant, sans observer de variation significative entre les différentes phases (respectivement, $p = 0,64$ et $p = 0,33$ à 5 minutes et $0,49$ à 15 minutes). Cependant, une différence significative a bien été relevée dans l'étude de Nakanishi et al. (2019) concernant la ventilation minute, plus basse lors des phases HFNC ($6,2 \pm 1,4$ et $6,0 \pm 1,2$ L/min) par rapport à la phase HME ($7,3 \pm 1,4$ L/min, $p = 0,02$). De plus, dans l'étude de Corley et al. (2017), la pression médiane des voies aériennes présentait une différence significative entre la phase HFNC et la phase TH à 15 minutes (différence de $0,65$ cm H₂O, $p = 0,01$).

2. Paramètres hémodynamiques

Trois études (Corley et al., 2017 ; Nakanishi et al., 2019 ; Natalini et al., 2019) ont évalué la fréquence cardiaque. Aucune différence significative n'a été observée dans les mesures effectuées par Nakanishi et al. (2019) et Corley et al. (2017). Dans l'étude de Natalini et al. (2019), bien qu'aucune donnée chiffrée n'ait été fournie, il est mentionné que la fréquence cardiaque est restée constante pendant les différentes phases de l'intervention. De plus, les mesures de la pression sanguine systolique et moyenne dans l'étude de Nakanishi et al. (2019) n'ont également révélé aucune différence significative ($p = 0,58$ et $p = 0,90$).

3. Oxygénation

Dans l'étude de Nakanishi et al. (2019), la PETCO₂ était plus basse à la fin des phases HFNC ($34,4 \pm 3,7$ et $34,2 \pm 3,7$ mm Hg) par rapport à la fin de la phase HME ($35,9 \pm 3,9$ mm Hg), avec une différence significative ($p = 0,01$). En revanche, dans l'étude de Corley et al. (2017), la PETCO₂ mesurée à la 5^e et 15^e minute dans la phase HFNC ($34,8 \pm 5,5$ mm Hg à 5 minutes et $35,3 \pm 6$ mm Hg à 15 minutes) et dans la phase TH ($35,5 \pm 5,8$ mm Hg à 5 minutes et $35 \pm 6,1$ mm Hg à 15 minutes) ne présentait pas de différence significative ($p = 0,07$ à 5 minutes et $p = 0,79$ à 15 minutes). Concernant la SpO₂ moyenne dans l'étude de Nakanishi et al. (2019), elle était égale à la fin de chaque phase (96%) et il n'y avait aucune différence significative ($p = 0,43$).

Pour ce qui est du ratio PaO₂/FiO₂, l'étude de Natalini et al. (2019) indique qu'avec l'utilisation de l'HFNC, plus les débits d'oxygène sont élevés, plus le ratio augmente, significativement entre 10 et 30 L/min ($p < 0,001$) et de manière non significative entre 30 et 50 L/min ($p = 0,07$). Comparativement à la phase OTS, on observe une diminution significative du ratio à 10 L/min ($p = 0,01$), une augmentation non significative à 30 L/min ($p = 0,17$) et une augmentation significative à 50 L/min ($p = 0,01$). Dans l'étude de Stripoli et al. (2019), le ratio PaO₂/FiO₂ était plus élevé mais de manière non significative ($p = 0,13$) dans les phases HFNC 1 et 2 par rapport à la phase OTS. Dans l'étude de Corley et al. (2017), le ratio SpO₂/FiO₂ était significativement plus grand dans la phase HFNC que dans la phase TH. À 5 minutes, le ratio était de 241,5 dans la phase HFNC contre 211,0 dans la phase TH ($p = 0,02$), et à 15 minutes, il était de 244,4 dans la phase HFNC contre 210,3 dans la phase TH ($p = 0,01$).

4. Gaz sanguin artériel

Enfin, l'étude de Stripoli et al. (2019) a mesuré la PaO₂ et la PaCO₂. Bien que la PaO₂ était plus élevée à la fin des phases HFNC (109 ± 27 et 111 ± 28 mm Hg) par rapport à la phase d'OTS (92 ± 17 mm Hg), aucun de ces 2 paramètres n'a présenté de changement significatif (PaO₂ : $p = 0,09$ et PaCO₂ : $p = 0,93$). L'étude de Natalini et al. (2019) ne s'est intéressée qu'à la PaCO₂, mais aucune différence n'a été constatée entre les différentes interventions (pas de données chiffrées disponibles).

III.4.2. Effets cliniques

L'étude de Hernandez Martinez et al. (2020) indique que les résultats qui concernent la durée d'hospitalisation et les complications pulmonaires ne doivent pas être utilisés pour déduire les effets du traitement. Dans le but de permettre une comparaison de ces données avec celles de l'étude de Twose et al. (2019), les auteurs de la revue systématique ont décidé de les inclure, en prenant ces éléments en compte dans les limites de l'étude.

1. Durée d'hospitalisation

Deux études (Hernandez Martinez et al., 2020 ; Twose et al., 2019) ont évalué la durée de séjour à l'hôpital des patients. Dans l'étude de Twose et al. (2019), les patients traités avec l'HFNC ont passé moins de temps à l'hôpital (médiane = 14,5 jours) que le GC recevant l'OTS (médiane = 16 jours). En revanche, aucune analyse statistique n'a été réalisée. Dans l'étude d'Hernandez Martinez et al. (2020), les séjours étaient plus courts dans le GI par rapport au GC. La différence entre les médianes de séjour en USI avant la randomisation (24 jours pour le GI et 27 jours pour le GC) n'était pas significative. Par contre, après randomisation, le GI (médiane = 23 jours) a eu un séjour (USI+ hôpital) significativement plus court que le GC (médiane = 37 jours). Après la sortie de l'USI, la durée médiane de séjour était significativement plus courte à l'hôpital pour le GI (16 jours) que pour le GC (27 jours). Enfin, une différence significative a également été observée entre les durées médianes de séjour hospitalier total (48 jours pour le GI et 62 jours pour le GC).

2. Complications pulmonaires

Deux études ont évalué ce paramètre. Dans l'étude de Hernandez Martinez et al. (2020), 16 patients ont développé une pneumonie (9,9%) dans le GC, contre 7 patients (4,1%) dans le groupe HFNC. Ceci équivaut à une différence non significative de 5,8 % entre les 2 groupes (intervalle de confiance à 95% entre 0,2 et 11,8). Twose et al. (2019) ont mesuré que 3 patients du GC ont développé une pneumonie postopératoire, contre 0 cas dans le GI, cependant, aucune analyse statistique n'a été réalisée dans cette étude.

3. Délai de décanulation

Dans l'étude menée par Hernandez Martinez et al. (2020), il a été mesuré que le délai médian avant la décanulation était de 6 jours dans le GI (écart interquartile de 5 à 7 jours), tandis qu'il était de 13 jours dans le GC (écart interquartile de 12 à 14 jours). Cette constatation révèle une différence significative de 7 jours, avec un intervalle de confiance de 95 % situé entre 5 et 9 jours. En revanche, dans l'étude de Twose et al. (2019), le délai médian de décanulation était de 5 jours (écart interquartile de 4 à 5 jours) pour les 2 groupes, sans analyse statistique effectuée.

4. Nombre d'aspirations quotidiennes

Dans l'étude de Birk et al. (2017), le nombre d'aspirations nécessaires par jour diminuait dans les 2 groupes à partir du 5^{ème} jour. De plus, le nombre d'aspirations était plus élevé dans le GC que dans le GI sur l'ensemble des 14 jours d'intervention avec une différence significative ($p < 0.05$) les jours 9 ($p = 0.0488$), 11 ($p = 0.011$) et 14 ($p = 0.0002$). Cependant, il est mentionné dans l'étude qu'après l'utilisation de la méthode de Holm, aucune de ces différences n'étaient finalement significatives. Il est également dit dans l'étude que le nombre médian d'aspirations par jour était de 5 dans le GC contre 3 dans le GI et que les résultats indiquaient une augmentation significative ($p < 0,001$) du nombre de procédures d'aspiration nécessaires sur 14 jours dans le GC par rapport au GI.

5. Fréquence de battement des cils

Birk et al. (2017) ont mesuré une FBC plus basse dans le GC (oscillant entre 3,4 et 4,4 Hertz), par rapport au GI (oscillant entre 6 et 6,8 Hertz). Dans l'étude, il est dit que la FBC moyenne du GC était de 3.99 ± 1.39 Hz, contre 6.36 ± 1.49 Hz pour le GI, la différence entre les groupes étant significative ($p < 0.001$). Les différences inter-groupes étaient également significatives les jours 2, 4, 6 et 8 ($p < 0.05$) et non significatives le jour 10 ($p = 0.9$). Contrairement au nombre d'aspirations quotidiennes, après l'utilisation de la méthode de Holm, les différences inter-groupes étaient hautement significatives les jours 2 et 8 ($p < 0.01$), et significatives les jours 4 et 6 ($p < 0.05$).

Tableau 3 : Caractéristiques des études sélectionnées

Auteur principal (Année)	Conception de l'étude	Population (Nombre - Âge - Sexe - Pathologies)	Interventions
Nakanishi, N. (2019)	ECR croisée	N : 10 - Abandon : 0 <u>Âge moyen</u> : 72 ± 12 ans <u>Sexe</u> : H (n=5), F (n=5) <u>Pathologies</u> : Patients trachéotomisés, avec une respiration spontanée sans VM, en USI. <u>Durant le séjour en USI</u> : • Trachéotomie effectuée au jour 7 (IQR : 5-11) • Durée totale de la VM : 10 jours (IQR :10-23) <u>Problème initial</u> : • Diagnostic neurologique (n=5) • Arrêt cardiaque (n= 2) • Insuffisance respiratoire (n=3)	Chaque patient : <u>Phase 1</u> : HFNC via MR850 (HH) – Interface « Optiflow » (40 L/min, 40°C, FiO₂ à 0,21 ou 0,25) <u>Phase 2</u> : HME (1L/min ou air ambiant) <u>Phase 3</u> : HFNC via MR850 (HH) – Interface « Optiflow » (40L/min, 40°C, FiO₂ à 0,21 ou 0,25) Durée : 1 heure par phase.

Stripoli, T. (2019)	ECNR croisée	N : 14 – Abandons : 0 <u>Âge moyen</u> : 60,7 [38–80] <u>Sexe</u> : H (n=10), F (n= 4) <u>Pathologies</u> : Trachéotomies présentant un haut risque d'échec de sevrage de la VM, avec une durée prolongée de sevrage, chez des patients en USI.	Chaque patient : Déconnexion de la VM. → HFNC via AIRVO2 – Interface trachéale « OPT870 » (50 L/min, 37°C, FiO₂ pour une SaO₂ = 94-98%) → OTS via une T-pièce (10 L/min, FiO₂ pour SaO₂ = 94-98%) → HFNC via AIRVO2 – Interface trachéale « OPT870 » (50 L/min, 37°C, FiO₂ pour une SaO₂ = 94-98%) Durée : 1 heure par phase.
Natalini, D. (2019)	ECR croisée	N : 26 – Abandon : 0 <u>Âge moyen</u> : 57 ans [48–71] <u>Sexe</u> : H (n=22), F (n=4) <u>Pathologies</u> : Patients trachéotomisés gravement malades en USI. • Absence d'instabilité hémodynamique. • Respiration spontanée maintenue depuis au moins 24 heures.	Chaque patient : → OTS avec un HME (30 min) – (Débit max : 8 L/min) → HFNC via MR850 (HH) – Interface trachéale « OPT870 » (37°C et FiO₂ pour SpO₂ = 92-98%) <u>Trois débits dans un ordre aléatoire :</u> • 10 L/min (30min) • 30 L/min (30min) • 50 L/min (30min) Pas de périodes de rinçages entre les phases.

Corley, A. (2017)	ECR croisée	N : 20 – Abandon : 0 <u>Âge moyen</u> : 61.9 ± 14.7 ans <u>Sexe</u> : H (n=14), F (n=6) <u>Pathologies</u> : Patients trachéotomisés et sous VM depuis plus de 96 heures en USI. - Durée moyenne de VM : 17,2 jours (écart-type de 7,2 jours) - Durée moyenne de présence de la trachéotomie : 11,4 jours (écart-type de 5,7 jours)	- HFNC via MR850 (HH) – (50 L/min, FiO₂ pour une SaO₂ ≥ 90%) - TH via MR850 et T-piece – (15 L/min, FiO₂ pour une SaO₂ ≥ 90%) <u>Groupe 1</u> (n=10) : HFNC 15 min → période de rinçage 15 min → TH 15 min <u>Groupe 2</u> (n=10) : TH 15 min → période de rinçage 15 min → HFNC 15 min Prise de mesures à 5 et 15 min pour chaque phase.
Birk, R. (2017)	ECR parallèle	N : 20 – Abandons : 2 <u>Âge moyen</u> : 70 ± 16 <u>Sexe</u> : H (n=12), F (n=6) <u>Pathologie</u> : Patients trachéotomisés, n'ayant eu besoin de VM. Carcinome épidermoïde (n=17), lymphome (n=1), apnée obstructive du sommeil (n=1)	<u>Groupe intervention</u> (n=9) : HFNC via AIRVO2 avec air comprimé (30 L/min, 37°C) <u>Groupe contrôle</u> (n=9) : Nébulisation d'air froid via « Nébuliseur Cirrus » (8 L/min, T° ambiante) Au moins 8 heures par jour pendant 14 jours.

Twose, P. (2019)	ECR parallèle	N : 20 – Abandon : 1 <u>Âge moyen</u> : GI : 60 – SD (10.3) GC : 59.4 – SD (9.9) <u>Sexe</u> : H (n=12), F (n=8) <u>Pathologies</u> : Patients trachéotomisés suite à une RME de la tête et du cou, sevrés de la VM.	Début de l'intervention au moment où la VM s'arrêtait. <u>Groupe intervention (n=9) :</u> HFNC via AIRVO 2 – Interface trachéale (pas spécifié) (60 L/min, 37°C, FiO ₂ pour une SaO ₂ ≥ 95%) → 24h/24 <u>Groupe contrôle (n=10) :</u> Thérapie standard (HME – nébuliseur salin) Durée : Jusqu'à la décanulation.
Hernandez Martinez, G. (2020)	ECR parallèle	N : 330 - Abandons : 16 GI : 8 - GC : 8 <u>Âge moyen</u> : GI : 57.3 ± 15.4 - GC : 59.3 ± 14.8 <u>Sexe</u> : H(n=225), F(n=105) <u>Pathologies</u> : Patients trachéotomisés et sevrés de VM depuis 24h, en USI.	HFNC via AIRVO2 – Interface « OPT870 » (60 L/min, 37°C et FiO₂ pour une SaO₂ = 92-95%) <u>Groupe intervention : (n=169)</u> HFNC en continu Décanulation basée sur la fréquence d'aspiration. <u>Groupe contrôle : (n=161)</u> HFNC intermittent Décanulation basée sur le « capping trial »

Légende : ECR, étude croisée randomisée ; ECNR, étude croisée non randomisée ; F, femme ; FiO₂, fraction inspirée en oxygène ; GI, groupe intervention ; GC, groupe contrôle ; HFNC, high flow nasal canula ; HH, heat humidifier ; HME, heat and moisture exchanger ; H, homme ; IQR, écart interquartile ; L, litre ; min, minute ; N, nombre de participants ; n, nombre de ; OTS, oxygénothérapie standard ; TH, thérapie humidifiée ; USI, Unité de soin intensif ; VM, ventilation mécanique ; RME, reconstruction microvasculaire élective ; SaO₂, saturation artérielle en oxygène ; SD, déviation standard ; SpO₂, saturation pulsée en oxygène ; →, suivi de ; %, pourcentage ; °C, degré Celsius ; ≥, plus grand ou égal ; T°, température

Tableau 4 : Résultats des études sélectionnées

Auteur principal (Année)	Critères de jugement	Interventions		Différence significative	
Birk, R. (2017)	Nombre d’aspirations : (Médiane aspirations/jour)	J9 : GI (2.0) < GC (5.5)		≤ 0.05	
		J11 : GI (1.5) < GC (4.5)		≤ 0.05	
		J14 : GI (1.5) < GC (4.0)		≤ 0.05	
	Fréquence de battement des cils (SD) – Hertz	J2 : GI : 6.4 (1.2) > GC : 4.2 (0.8)		≤ 0.05	
		J4 : GI : 6.5 (1.7) > GC : 4.1 (0.9)		≤ 0.05	
		J6 : GI : 6.0 (1.5) > GC : 4.1 (1.6)		≤ 0.05	
		J8 : GI : 6.8 (1.4) > GC : 3.4 (1.7)		≤ 0.05	
		J10 : GI : 6.3 (1.8) > GC : 4.4 (2.0)		NS	
	Twose, P. (2019)	Temps médian avant la décanulation (IQR) – Jours	GI	GC	
			5 (4-5)	5 (4-5)	ND
Médiane de la durée totale du séjour hospitalier : (IQR) – Jours		14.5 (8.25-25)	16 (12-19)	ND	
		Complications pulmonaires : Cas de pneumonie	3	0	ND
Hernandez Martinez, G.	Temps médian avant la décanulation (IQR) – Jours	GI	GC		
		6 (5-7)	13 (11-14)	≤ 0.05	

(2019)	Médiane de la durée du séjour (IQR) – Jours					
	- En USI avant la randomisation :	24 (17-34)	27 (17-36)	NS		
	- À l’hôpital après la randomisation :	23 (14-36)	37 (20-66)	≤ 0.05		
	- À l’hôpital après sortie d’USI :	16 (7-27)	27 (11-53)	≤ 0.05		
	- Séjour total en USI (avant + après randomisation) :	32 (25-43)	35 (27-51)	NS		
	- Séjour total à l’hôpital :	48 (33-71)	62 (38-105)	≤ 0.05		
	Complications pulmonaires : Cas de pneumonie (%)	7 (4.1)	16 (9.9)	NS		
Natalini, D. (2019)	Pas de données chiffrées dans cette étude.	PaO ₂ /FiO ₂ :				
		- 10 L/min < OTS, p = 0.01* < 30 L/min, p = 0.17 et OTS < 50 L/min, p = 0.01*				
		- 10 L/min < 30 L/min, p < 0.001* < 50 L/min, p = 0.07				
		- 10 L/min < 50 L/min, p < 0.001*				
		PaCO ₂ : Aucune différence significative observée entre l’OTS et les 3 débits HFNC.				
		Fréquence respiratoire : 50 L/min < OTS, p = 0.02*				
Stripoli, T. (2019)	Gaz sanguin artériel :		Phase 1 HFNC	Phase 2 OTS	Phase 3 HFNC	
		PaCO ₂ , mm Hg	44 ± 9	44 ± 8	43 ± 8	NS
		PaO ₂ , mm Hg	109 ± 27	92 ± 17	111 ± 28	NS
	Oxygénation :	PaO ₂ /FiO ₂	219 ± 59	187 ± 50	223 ± 45	NS
	Paramètres respiratoires :	Fréquence respiratoire, R/min	19.4 ± 3.9	20.1 ± 4.3	20.4 ± 5.4	NS

Corley, A. (2017)			Phase HFNC	Phase TH	Différence de moyenne HFNC – TH (95% IC)	
	Oxygénation :	PETCO ₂ , mm Hg (SD)				
		- 5 min	34.8 (5.5)	35.5 (5.8)	−0.7 (−0.7, 3.8)	NS
		- 15 min	35.3 (6.0)	35.0 (6.1)	0.3 (−0.8, 1.3)	NS
		SpO ₂ /FiO ₂ , ratio (SD)				
		- 5 min	241.5 (40.3)	211.0 (35.1)	30.5 (13.6, 47.6)	≤ 0.05
		- 15 min	244.4 (38.4)	210.3 (35.2)	34.1 (17.5, 50.7)	≤ 0.05
	Paramètres hémodynamiques :	Fréquence cardiaque, bpm (SD)				
		- 5 min	96.2 (15.8)	96.6 (14.7)	−0.4 (−1.9, 1.0)	NS
		- 15 min	96.4 (16.3)	96.7 (14.6)	−0.3 (−2.0, 1.4)	NS
	Paramètres respiratoires :	Fréquence respiratoire, R/min (SD)				
		- 5 min	29.5 (9.3)	28.0 (8.6)	1.5 (−0.7, 3.8)	NS
		- 15 min	28.8 (9.6)	28.7 (8.9)	0.1 (−1.5, 1.8)	NS
		Volume courant, unité d'impédance (SD)				
		- 5min	1445.8 (903.5)	1744.0 (987.0)	−231.6 (−432.8, −30.4)	NS
		- 15min	1455.2 (944.3)	1669.1 (951.1)	−257.6 (−421.1, −94.1)	NS
	Pression des voies aériennes :	Pression médiane des voies aériennes, cmH ₂ O (SD)				
		- 5 min	−0.07 (1.13)	−0.43 (0.38)	0.33 (−0.18, 0.84)	NS
		- 15 min	−0.23 (0.55)	−0.41 (0.34)	0.65 (0.36, 0.94)	≤ 0.05

Nakanishi, N. (2019)			Phase 1 HFNC	Phase 2 HME	Phase 3 HFNC	
Oxygénation :	PETCO ₂ , mm Hg		34.4 ± 3.7	35.9 ± 3.9	34.2 ± 3.7	≤ 0.05
	SpO ₂ , %		96 ± 2	96 ± 1	96 ± 1	NS
	Paramètres hémodynamiques :					
	FC, bpm		85 ± 16	87 ± 13	85 ± 14	NS
	Pression sanguine systolique, mm Hg		133 ± 21	126 ± 21	130 ± 27	NS
	Pression sanguine moyenne, mm Hg		90 ± 11	87 ± 11	88 ± 15	NS
	Paramètres respiratoires :					
	Fréquence respiratoire, R/min		24 ± 6	26 ± 5	25 ± 7	NS
	Volume courant, mL (IQR)		248 (227-276)	272 (244-333)	237 (228-283)	NS
	Ventilation minute, L/min		6.2 ± 1.4	7.3 ± 1.4	6.0 ± 1.2	≤ 0.05

Note : Moyenne ± SD

Légende : bpm, battements par minute ; cmH₂O, centimètre d'eau ; IQR, écart interquartile ; FiO₂, fraction inspirée en oxygène ; HFNC, high flow nasal canula ; HME, heat and moisture exchanger ; IC, intervalle de confiance ; IQR, écart interquartile ; J, jour ; L, litre ; min, minute ; mL, millilitre ; mm Hg, millimètre de mercure ; ND, non déterminé ; NS, non significatif ; OTS, oxygénothérapie standard ; PaCO₂, pression artérielle en dioxyde de carbone ; PaO₂, pression artérielle en oxygène ; PETCO₂, pression partielle de dioxyde de carbone expiré ; R, respiration ; SD, déviation standard ; SpO₂, saturation pulsée en oxygène ; TH, thérapie humidifiée ; USI, unité de soins intensifs ; %, pourcentage ; –, moins ; /, par ; *, p ≤ 0.05

IV. Discussion

Cette revue systématique avait pour but d'effectuer une analyse de la littérature existante sur le sujet, en comparant les études obtenues entre elles afin d'évaluer les effets du haut débit trachéal sur les patients trachéotomisés en phase aiguë. Cela dans le but de répondre à l'hypothèse selon laquelle l'utilisation de l'HFNC pourrait avoir des effets physiologiques et cliniques positifs sur un patient récemment trachéotomisé, menant à l'amélioration de son état.

IV.2. Résumé des résultats

Pour rappel, les études à conception croisée ont donné des mesures physiologiques à la suite de l'utilisation du haut débit trachéal sur des patients trachéotomisés en USI ou en postopératoire.

Premièrement, Nakanishi et al. (2019) ont su déterminer d'une part une fréquence respiratoire significativement moins importante ($p = 0,02$) entre l'HFNC ($6,2 \pm 1,4$ L/min) et l'HME ($7,3 \pm 1,4$ L/min). D'autre part, la PETCO₂ était significativement plus basse ($p = 0,01$) à la fin des phases HFNC ($34,4 \pm 3,7$ et $34,2 \pm 3,7$ mm Hg) par rapport à la fin de la phase HME ($35,9 \pm 3,9$ mm Hg). Deuxièmement, dans leur étude, Natalini et al (2019) sont arrivés aux conclusions que le ratio PaO₂/FiO₂ augmentait significativement ($p = 0,01$) via l'OTS à 10 L/min et à 50 L/min. Avec l'utilisation de l'HFNC, cette augmentation est d'autant plus significative ($p < 0,001$) que le débit augmente entre 10 et 30 L/min et dans une moindre mesure entre 30 et 50 L/min ($p = 0,07$). Troisièmement, l'étude de Corley et al (2017) a su déterminer que le ratio SpO₂/FiO₂ était significativement plus grand durant la phase HFNC à 5 minutes (241,5 contre 211 ; $p = 0,02$) et à 15 minutes (244,4 contre 210,3 ; $p = 0,01$) avec également une différence significative ($p = 0,01$) de pression des voies aériennes (0,65 cmH₂O) entre la phase HFNC et TH à 15 minutes. Tandis que Stripoli et al. (2019), quant à eux, n'ont réussi à obtenir aucun résultat significatif dans l'ensemble de leurs mesures.

Par ailleurs, les études avec une conception parallèle ont donné des mesures en lien avec la clinique du patient, telles que la durée du séjour hospitalier, le délai de temps avant la décanulation et le taux de complications pulmonaires.

Tout d'abord, Twose et al. (2019) nous informent, sans pour autant avoir fait d'analyse statistique de leurs résultats, que de manière générale, les patients traités sous HFNC ont passé moins de temps à l'hôpital, et ce sans constater aucune différence significative quant au délai médian de décanulation (5 jours pour les 2 groupes). Ensuite, Hernandez Martinez et al. (2020) nous montrent que le GI (HFNC), bénéficie d'un séjour hospitalier plus court (GI : 48 jours contre GC : 62 jours) avec un délai de décanulation également plus court (GI : 24 jours contre GC : 27 jours) sans différence significative Enfin, Birk et al. (2017) expliquent avoir obtenu une FBC moyenne significativement plus basse ($p < .001$) dans le GC comparativement au GI (GC : $3,99 \pm 1,39\text{Hz}$ contre GI : $6,36 \pm 1,49\text{Hz}$) avec également une augmentation significative ($p < 0,001$) du nombre de procédures d'aspirations nécessaires sur 14 jours dans le GC par rapport au GI.

IV.3. Discussion des résultats

Dans cette partie, nous distinguerons l'HFNC_{trachéal} pour des patients trachéotomisés, de l'HFNC_{nasal} utilisé pour des patients non-trachéotomisés. Il semble également pertinent de mentionner l'abstract de (Natalini et al., 2014) qui nous informe que l'utilisation d'un HFNC_{trachéal} par rapport à l'HFNC_{nasal} offre des effets moins marqués notamment sur l'oxygénation, le rinçage du CO₂, la fréquence respiratoire et la pression expiratoire trachéale.

En ce qui concerne les effets physiologiques, les résultats de Corley et al. (2017) montrent que l'HFNC_{trachéal} a un impact sur l'oxygénation, notamment sur le ratio SpO₂/FiO₂ tandis que dans l'étude de Natalini et al. (2019), l'impact est sur le rapport PaO₂/FiO₂. Au contraire, Stripoli et al. (2019), suggèrent dans leurs résultats que l'HFNC_{trachéal} n'a pas d'effet majeur sur la fréquence respiratoire, la PaCO₂ et la PaO₂ par rapport à l'OTS. Ce constat concernant la fréquence respiratoire se retrouve également dans l'étude de Nakanishi et al. (2019).

De plus, toujours en lien avec les aspects physiologiques, une étude menée par (Cheng et al., 2022) effectuée via un modèle artificiel de poumon ajoute que l'HFNC_{trachéal} utilisé à des débits supérieurs à 30 L/min et combiné à des valves de résistances variées permet d'augmenter de manière clinique et significative les niveaux de pression expiratoire positive et le volume pulmonaire de fin d'expiration.

Ensuite, les résultats Birk et al. (2017) s'accordent avec l'abstract de (Masood et al., 2023) dans lequel il est notifié qu'il y a une diminution des sécrétions excessives, ce qui va dans le même sens que l'hypothèse initiale, à savoir que l'HFNC_{trachéal} permettrait de réduire l'incidence de bouchons muqueux ainsi que la nécessité d'apporter de l'oxygène supplémentaire. (Chikata et al., 2013) ajoutent que lorsque de l'oxygène est nécessaire chez des patients trachéotomisés respirant spontanément via un HME, le taux d'humidité atteint est insuffisant par rapport aux recommandations de l'AARC. Cependant, ces résultats entrent en contradictions avec une étude de (Rozsasi et al., 2006) qui supporte le fait qu'un HME aide au maintien de l'humidité de l'arbre trachéobronchique et ce même après une courte utilisation et une revue Cochrane Library, de (Gillies et al., 2017) qui suggère qu'il

n'y aurait pas de différence dans les taux de bouchons muqueux, de pneumonies et de décès chez les adultes trachéotomisés qui étaient ventilés à travers un HME, comparé à ceux bénéficiant d'un HFNC_{trachéal}. Ils ajoutent également qu'en fonction du type d'HME utilisé il y aurait une réduction du risque de développer une PAV ainsi que du risque de créer des bouchons muqueux chez certains patients trachéotomisés.

Pour conclure, ces résultats suggèrent que l'HFNC_{trachéal} aurait donc bien un effet sur l'oxygénation des patients trachéotomisés mais pas d'effets majeurs sur des paramètres physiologiques tels que le volume courant, la fréquence respiratoire, les gaz sanguins et les paramètres hémodynamiques. Ainsi, malgré que l'HFNC_{trachéal} ne semble pas montrer de changements physiologiques probants, il semblerait cependant qu'il ait un impact sur la clinique des patients notamment en ce qui concerne les soins quotidiens (Masood et al., 2023). Cela pourrait s'expliquer d'une part, par le fait que les taux d'humidité absolue et relative qu'il permet d'atteindre soient supérieurs à ceux obtenus via HME en respectant les recommandations de l'AARC. Et d'autre part, le contrôle de cette humidité et température permettent de s'adapter en fonction de la rhéologie des sécrétions du patient et d'améliorer la CM dans cet objectif de réduction du nombre d'aspiration quotidienne et donc par extension, d'amélioration du confort.

Néanmoins, (Hernández et al., 2016; Scala, 2014) alertent sur le fait qu'une thérapie comme l'HFNC avec l'assistance respiratoire pourrait masquer une détérioration progressive de l'état du patient en raison du débit et de la FiO₂ octroyés et de ce fait retarder l'escalade thérapeutique voir l'intubation nécessaire.

IV.4. Limitations

Cette revue systématique présente plusieurs limites, dont l'une des principales est le nombre restreint d'études disponibles dans la littérature. Notamment, en raison du caractère relativement récent du sujet de recherche, l'étude la plus ancienne incluse dans cette revue datant de 2017. De plus, les études incluses ne portaient pas toujours la même population et leurs interventions variaient, utilisant différents systèmes, le MR850 (HH) et AIRVO2 (HFNC). Ainsi, cela engendre une analyse des résultats et leur comparaison plus complexe, sans pouvoir in fine généraliser à la population trachéotomisée en général. La comparaison des résultats entre les études est donc à prendre avec précaution, en gardant à l'esprit que chaque méthodologie différait d'une étude à l'autre.

Une deuxième limite concerne les résultats des effets cliniques pour la durée d'hospitalisation et les complications pulmonaires. L'étude de Twose et al. (2019) n'a pas effectué d'analyse statistique de ces mesures et celle d'Hernandez Martinez et al. (2019) indique que les résultats obtenus ne doivent pas être utilisés pour déduire les effets du traitement.

Toutes les études présentaient une taille d'échantillon restreinte, totalisant seulement 110 participants, répartis dans 6 études. Seule l'étude de Hernandez Martinez et al. (2019) se distinguait par un échantillon plus important, comptant 330 participants. Cette limitation peut rendre les résultats parfois non significatifs ou moins robustes, ce qui constitue une autre contrainte pour cette revue.

Une autre limite concerne la qualité méthodologique des études incluses. Quatre des 7 études ont été jugées acceptables, mais aucune d'entre elles n'a répondu aux critères d'aveuglement des interventions, ce qui pourrait introduire des biais potentiels dans les résultats. De plus, l'étude de Twose et al. (2019) n'a pas effectué d'analyse statistique des données. Par conséquent, les résultats et les conclusions de cette étude doivent être interprétés avec précaution.

Pour terminer, chaque étude incluse dans cette revue systématique présente ses propres limites. Celles-ci ont été répertoriées et résumées dans un tableau, disponible en **Annexe 5**.

IV.5. Perspectives

Les 7 études analysées ne répondent pas à toutes les questions et les différents effets de l'HFNC_{trachéal} ne sont pas tous vérifiés. Des perspectives peuvent être établies, notamment en se basant sur d'autres études réalisées avec l'HFNC_{nasal}, ayant des résultats qui n'ont pas encore été vérifiés sur la population trachéotomisée.

Certaines études sur le haut débit nasal rapportent des effets pas encore étudiés avec l'HFNC_{trachéal}. Par exemple, Cuquemelle et al. (2012) montrent que l'HFNC_{nasal} réduit significativement la sécheresse nasale par rapport à l'OTS. Maggiore et al. (2014) et Nedel et al. (2017) indiquent que l'HFNC_{nasal} facilite la respiration par rapport à l'OTS, réduisant ainsi le besoin de VM. Ils soulignent également un meilleur confort, confirmé par Cortegiani et al. (2019) et Scala (2014), qui notent également une meilleure tolérance au traitement avec l'HFNC_{nasal}.

Ensuite, la durée de séjour hospitalier et les complications pulmonaires mentionnés dans les études de Twose et al. (2019) et Hernandez Martinez (2019) pourraient être étudiés spécifiquement. Car ces résultats malgré leurs limites semblent s'accorder avec les conclusions de l'étude de (Gaunt et al., 2015) à savoir que l'utilisation précoce d'un HFNC_{nasal} était associée à une durée de séjour en USI ou en hôpital significativement plus courte, ainsi qu'à un risque moins élevé de développer des complications.

Enfin, afin de pallier aux limites de cette revue systématique, une étude expérimentale comparant l'utilisation de l'HFNC à une thérapie classique chez des patients trachéotomisés endéans les 14 jours pourrait être mise en place. Cela permettrait d'offrir une évaluation directe et précise des effets physiologiques et cliniques de l'HFNC, affinant ainsi les questions et hypothèses spécifiques à cette population et à cette intervention. Un échantillon plus vaste permettrait de détecter des différences plus subtiles et d'obtenir des résultats plus fiables.

Ainsi, mesurer la sécheresse de la muqueuse, la qualité des sécrétions, l'incidence de bouchons muqueux et évaluer le confort subjectif des patients trachéotomisés via différentes échelles (EVA, échelle de Borg, Dyspnea-12) (Béraud et al., 2023; Borg, 1982; Williams et al., 2022) pourrait compléter nos connaissances des effets de l'HFNC_{trachéal}.

V. Conclusions

Cette revue systématique avait pour objectif d'observer et de comparer les effets physiologiques et cliniques du haut débit trachéal chauffé et humidifié sur des patients trachéotomisés en phase aiguë de traitement.

En ce qui concerne les effets physiologiques, aucune étude n'a rapporté de mesures statistiquement significatives en termes de paramètres hémodynamiques, respiratoires, ou de gaz sanguin artériel. La seule différence significative observée en termes d'effet physiologique concerne le ratio SpO_2/FiO_2 , relevé dans une seule étude. En revanche, les effets cliniques observés dans les 3 études à conception parallèle semblent plus nombreux.

L'HFNC pourrait réduire le délai avant la décanulation, le nombre d'aspirations trachéales, et améliorer la clairance mucociliaire en augmentant la fréquence des battements des cils. Cependant, en ce qui concerne les effets sur la durée d'hospitalisation et le taux de pneumonies acquises, d'autres études doivent encore évaluer ces effets.

Toutefois, tous ces résultats doivent être interprétés avec prudence, de par les limites identifiées plus tôt. C'est pourquoi, les perspectives pour mener de futures études sont vastes. Cette revue systématique visait à dresser un état des lieux de la littérature existante pour ouvrir la voie à de nouvelles interrogations et possibilités de recherche, notamment à travers des recherches expérimentales sur le sujet.

VI. Bibliographie

- Antunes, M. B., & Cohen, N. A. (2007). Mucociliary clearance—A critical upper airway host defense mechanism and methods of assessment. *Current Opinion in Allergy and Clinical Immunology*, 7(1), 5-10.
<https://doi.org/10.1097/ACI.0b013e3280114eef>
- Béraud, B. L., Nicolo, P., & Bruyneel, A.-V. (2023). Mesure de l'intensité de la douleur par l'échelle visuelle analogique. *Kinésithérapie, la Revue*, 23(262), 50-54. <https://doi.org/10.1016/j.kine.2023.07.001>
- Birk, R., Händel, A., Wenzel, A., Kramer, B., Aderhold, C., Hörmann, K., Stuck, B. A., & Sommer, J. U. (2017). Heated air humidification versus cold air nebulization in newly tracheostomized patients. *Head & Neck*, 39(12), 2481-2487. <https://doi.org/10.1002/hed.24917>
- Borg, G. A. V. (1982). *Psychophysical_bases_of_perceived_exertion.12.pdf*.
- Bos, L., Schouten, L., van Vught, L., Wiewel, M., Ong, D., Cremer, O., Artigas, A., Martin-Loeches, I., Hoogendijk, A., van der Poll, T., Horn, J., Juffermans, N., Schultz, M., de Prost, N., Pham, T., Carteaux, G., Dessap, A. M., Brun-Buisson, C., Fan, E., ... The RAPIT Group. (2016). ESICM 2016 : Part one. *Intensive Care Medicine Experimental*, 4(1), 27.
<https://doi.org/10.1186/s40635-016-0098-x>
- Brand-Saberi, B. E. M., & Schäfer, T. (2014). Trachea : Anatomy and physiology. *Thoracic Surgery Clinics*, 24(1), 1-5.
<https://doi.org/10.1016/j.thorsurg.2013.09.004>

Branson, R. D. (2007). Secretion management in the mechanically ventilated patient. *Respiratory Care*, 52(10), 1328-1342; discussion 1342-1347.

Cashin, A. G., & McAuley, J. H. (2020). *Clinimetrics : Physiotherapy Evidence Database (PEDro) Scale—ScienceDirect*.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S183695531930092X?via%3Dihub>

Cheng, T., Lee, R. A., & Gribben, W. B. (2022). Noninvasive Ventilation and Mechanical Ventilation to Treat COVID-19-Induced Respiratory Failure. In A. A. Hakimi, T. E. Milner, G. R. Rajan, & B. J.-F. Wong (Éds.), *Mechanical Ventilation Amid the COVID-19 Pandemic : A Guide for Physicians and Engineers* (p. 79-87). Springer International Publishing.
https://doi.org/10.1007/978-3-030-87978-5_7

Chikata, Y., Oto, J., Onodera, M., & Nishimura, M. (2013). Humidification Performance of Humidifying Devices for Tracheostomized Patients With Spontaneous Breathing : A Bench Study. *Respiratory Care*, 58(9), 1442-1448. <https://doi.org/10.4187/respcare.02093>

Corley, A., Edwards, M., Spooner, A. J., Dunster, K. R., Anstey, C., & Fraser, J. F. (2017). High-flow oxygen via tracheostomy improves oxygenation in patients weaning from mechanical ventilation : A randomised crossover study. *Intensive Care Medicine*, 43(3), 465-467.
<https://doi.org/10.1007/s00134-016-4634-7>

- Dewan, N. A., & Bell, C. W. (1994). Effect of Low Flow and High Flow Oxygen Delivery on Exercise Tolerance and Sensation of Dyspnea : A Study Comparing the Transtracheal Catheter and Nasal Prongs. *Chest*, 105(4), 1061-1065. <https://doi.org/10.1378/chest.105.4.1061>
- Dieperink, W., Aarts, L. P. H. J., Rodgers, M. G. G., Delwig, H., & Nijsten, M. W. N. (2008). Boussignac continuous positive airway pressure for weaning with tracheostomy tubes. *Respiration; International Review of Thoracic Diseases*, 75(4), 427-431. <https://doi.org/10.1159/000106551>
- Durbin, C. G. (2010). Tracheostomy : Why, When, and How? *Respiratory Care*, 55(8), 1056-1068.
- Ebersole, B., Moran, K., Gou, J., Ridge, J., Schiech, L., Liu, J. C., & Lango, M. (2020). Heat and moisture exchanger cassettes : Results of a quality/safety initiative to reduce postoperative mucus plugging after total laryngectomy. *Head & Neck*, 42(9), 2453-2459. <https://doi.org/10.1002/hed.26267>
- Esendağlı, D., Sarınc Ulaşlı, S., & Esquinas, A. (2018). Humidification therapy; long-term effects in COPD and OSAS patients. *Tuberkuloz Ve Toraks*, 66(1), 57-63. <https://doi.org/10.5578/tt.66532>

Esteban-Zubero, E., García-Muro, C., Alatorre-Jiménez, M. A., Johal, V., López-García, C. A., & Marín-Medina, A. (2022). High Flow Nasal Cannula Therapy in the Emergency Department : Main Benefits in Adults, Pediatric Population and against COVID-19: A Narrative Review. *Acta Medica (Hradec Kralove)*, 65(2), 45-52.
<https://doi.org/10.14712/18059694.2022.17>

Filippini, M., Serpelloni, M., Quaranta, V., Bellitti, P., Sardini, E., & Latronico, N. (2019). A New Method for *In Vivo* Analysis of the Performances of a Heat and Moisture Exchanger (HME) in Mechanically Ventilated Patients. *Pulmonary Medicine*, 2019, 1-6.
<https://doi.org/10.1155/2019/9270615>

Fisher & Paykel Healthcare. (2024). *Airvo™ 2 Humidification System*.
<https://www.fphcare.com/fr-fr/hospital/adult-respiratory/optiflow/airvo-2-system/>

Franke, K.-J., Ruhle, K.-H., Domanski, U., Schroeder, M., Feng, S., Tatkov, S., & Nilius, G. (2014). Endotracheal pressure during nasal high flow in patients after long-term mechanical ventilation. *European Respiratory Journal*, 44(Suppl 58).
https://erj.ersjournals.com/content/44/Suppl_58/4871

Gillies, D., Todd, D. A., Foster, J. P., & Batuwitage, B. T. (2017). Heat and moisture exchangers versus heated humidifiers for mechanically ventilated adults and children. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 9. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD004711.pub3>

- Gizurarson, S. (2015). The effect of cilia and the mucociliary clearance on successful drug delivery. *Biological & Pharmaceutical Bulletin*, 38(4), 497-506. <https://doi.org/10.1248/bpb.b14-00398>
- Gomaa, D., & Branson, R. D. (2019). Conditioning Inspired Gases for Tracheostomy. *Respiratory Care*, 64(2), 233-234. <https://doi.org/10.4187/respcare.06893>
- Gonzalez, I., Jimenez, P., Valdivia, J., & Esquinas, A. (2017). Effectiveness of Humidification with Heat and Moisture Exchanger-booster in Tracheostomized Patients. *Indian Journal of Critical Care Medicine : Peer-reviewed, Official Publication of Indian Society of Critical Care Medicine*, 21(8), 528-530. https://doi.org/10.4103/ijccm.IJCCM_117_17
- Heffner, J. E., & Hess, D. (2001). Tracheostomy management in the chronically ventilated patient. *Clinics in Chest Medicine*, 22(1), 55-69. [https://doi.org/10.1016/s0272-5231\(05\)70025-3](https://doi.org/10.1016/s0272-5231(05)70025-3)
- Hernández, G., Vaquero, C., Colinas, L., Cuenca, R., González, P., Canabal, A., Sanchez, S., Rodriguez, M. L., Villasclaras, A., & Fernández, R. (2016). Effect of Postextubation High-Flow Nasal Cannula vs Noninvasive Ventilation on Reintubation and Postextubation Respiratory Failure in High-Risk Patients : A Randomized Clinical Trial. *JAMA*, 316(15), 1565-1574. <https://doi.org/10.1001/jama.2016.14194>

Hernández Martínez, G., Rodríguez, M.-L., Vaquero, M.-C., Ortiz, R., Masclans, J.-R., Roca, O., Colinas, L., De Pablo, R., Espinosa, M.-C., Garcia-de-Acilu, M., Climent, C., & Cuenca-Boy, R. (2020). High-Flow Oxygen with Capping or Suctioning for Tracheostomy Decannulation. *New England Journal of Medicine*, 383(11), 1009-1017.
<https://doi.org/10.1056/NEJMoa2010834>

Houtmeyers, E., Gosselink, R., Gayan-Ramirez, G., & Decramer, M. (1999). Regulation of mucociliary clearance in health and disease. *The European Respiratory Journal*, 13(5), 1177-1188.
<https://doi.org/10.1034/j.1399-3003.1999.13e39.x>

Jesenak, M., Durdik, P., Oppova, D., Franova, S., Diamant, Z., Golebski, K., Banovcin, P., Vojtkova, J., & Novakova, E. (2023). Dysfunctional mucociliary clearance in asthma and airway remodeling—New insights into an old topic. *Respiratory Medicine*, 218, 107372.
<https://doi.org/10.1016/j.rmed.2023.107372>

John Billington, A. L. (2019). *Care of the critically ill patient with a tracheostomy* [Text]. Nursing Standard.
<https://journals.rcni.com/nursing-standard/cpd/care-of-the-critically-ill-patient-with-a-tracheostomy-ns.2019.e11297/abs>

Mall, M. A. (2008). Role of Cilia, Mucus, and Airway Surface Liquid in Mucociliary Dysfunction : Lessons from Mouse Models. *Journal of Aerosol Medicine and Pulmonary Drug Delivery*, 21(1), 13-24.
<https://doi.org/10.1089/jamp.2007.0659>

- Masood, M. M., Yu, K., & Shnayder, Y. (2023). *Implementation of AIRVO™ System for Postoperative Tracheostomy Care in Head and Neck Free Flaps—Maheer M. Masood, Katherine Yu, Denice Penn, Janine Ramirez, Amanda Michaels, Yelizaveta Shnayder, 2023.*
<https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/00034894231179013>
- Mehta, C., & Mehta, Y. (2017). Percutaneous tracheostomy. *Annals of Cardiac Anaesthesia*, 20(Supplement), S19-S25.
<https://doi.org/10.4103/0971-9784.197793>
- Munkholm, M., & Mortensen, J. (2014). Mucociliary clearance : Pathophysiological aspects. *Clinical Physiology and Functional Imaging*, 34(3), 171-177. <https://doi.org/10.1111/cpf.12085>
- Nakanishi, N., Oto, J., Itagaki, T., Nakataki, E., Onodera, M., & Nishimura, M. (2019). Humidification Performance of Passive and Active Humidification Devices Within a Spontaneously Breathing Tracheostomized Cohort. *Respiratory Care*, 64(2), 130-135.
<https://doi.org/10.4187/respcare.06294>
- Natalini, D., Grieco, D. L., Santantonio, M. T., Mincione, L., Toni, F., Anzellotti, G. M., Eleuteri, D., Di Giannatale, P., Antonelli, M., & Maggiore, S. M. (2019). Physiological effects of high-flow oxygen in tracheostomized patients. *Annals of Intensive Care*, 9(1), 114.
<https://doi.org/10.1186/s13613-019-0591-y>

Natalini, D., Idone, F., Grieco, D., Spaziani, L., Santantonio, M., Toni, F., Antonelli, M., & Maggiore, S. (2014). Impact of high-flow oxygen therapy delivered through a tracheostomy on arterial blood gases and endotracheal pressure. *Critical Care*, 18(1), P321.
<https://doi.org/10.1186/cc13511>

Nishimura, M. (2016). High-Flow Nasal Cannula Oxygen Therapy in Adults : Physiological Benefits, Indication, Clinical Benefits, and Adverse Effects. *Respiratory Care*, 61(4), 529-541.
<https://doi.org/10.4187/respcare.04577>

PEDro_scale_french(france).pdf. (2010, juillet 1).
[https://www.pedro.org.au/wp-content/uploads/PEDro_scale_french\(france\).pdf](https://www.pedro.org.au/wp-content/uploads/PEDro_scale_french(france).pdf)

Rao, P., Singh, R., Balakrishnan, R., & Nayak, D. R. (2022). Nasal Mucociliary Clearance in Prolonged Tracheostomy Patients : A Prospective Case-Control Study. *Indian Journal of Otolaryngology and Head and Neck Surgery: Official Publication of the Association of Otolaryngologists of India*, 74(Suppl 2), 1552-1555. <https://doi.org/10.1007/s12070-021-02625-6>

Restrepo, R. D., & Walsh, B. K. (2012). Humidification During Invasive and Noninvasive Mechanical Ventilation : 2012. *Respiratory Care*, 57(5), 782-788. <https://doi.org/10.4187/respcare.01766>

Ronen, O., Gurevich, A., Ivry, S., Altman, E., & Kukuev, E. (2019). Percutaneous Dilatational Tracheostomy Using Tube Exchanger. *Anesthesia & Analgesia*, 129(2), e45.
<https://doi.org/10.1213/ANE.0000000000003321>

Rozsasi, A., Leiacker, R., Fischer, Y., & Keck, T. (2006). Influence of passive humidification on respiratory heat loss in tracheotomized patients. *Head & Neck*, 28(7), 609-613. <https://doi.org/10.1002/hed.20376>

Scala, R. (2014). High-Flow Nasal Oxygen Therapy : One More Chance for Extubation? *Respiratory Care*, 59(4), 609-612.
<https://doi.org/10.4187/respcare.03157>

Solomita, M., Palmer, L. B., Daroowalla, F., Liu, J., Miller, D., LeBlanc, D. S., & Smaldone, G. C. (2009). Humidification and Secretion Volume in Mechanically Ventilated Patients. *Respiratory Care*, 54(10), 1329-1335.

Stripoli, T., Spadaro, S., Di mussi, R., Volta, C. A., Trerotoli, P., De Carlo, F., Iannuzziello, R., Sechi, F., Pierucci, P., Staffieri, F., Bruno, F., Camporota, L., & Grasso, S. (2019). High-flow oxygen therapy in tracheostomized patients at high risk of weaning failure. *Annals of Intensive Care*, 9(1), 4. <https://doi.org/10.1186/s13613-019-0482-2>

Trouillet, J.-L., Collange, O., Belafia, F., Blot, F., Capellier, G., Cesareo, E.,
Constantin, J.-M., Demoule, A., Diehl, J.-L., Guinot, P.-G., Jegoux, F.,
L'Her, E., Luyt, C.-E., Mahjoub, Y., Mayaux, J., Quintard, H., Ravat, F.,
Vergez, S., Amour, J., & Guillot, M. (2018). Trachéotomie en
réanimation. *Anesthésie & Réanimation*, 4(6), 508-522.
<https://doi.org/10.1016/j.anrea.2018.08.003>

Twose, P., Thomas, C., Morgan, M., & Broad, M.-A. (2019). Comparison of
high-flow oxygen therapy with standard oxygen therapy for
prevention of postoperative pulmonary complications after major
head and neck surgery involving insertion of a tracheostomy : A
feasibility study. *British Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*,
57(10), 1014-1018. <https://doi.org/10.1016/j.bjoms.2019.08.021>

Wanner, A., Salathé, M., & O'Riordan, T. G. (1996). Mucociliary clearance in
the airways. *American Journal of Respiratory and Critical Care
Medicine*, 154(6 Pt 1), 1868-1902.
<https://doi.org/10.1164/ajrccm.154.6.8970383>

Williams, M. T., Lewthwaite, H., Paquet, C., Johnston, K., Olsson, M., Belo, L. F.,
Pitta, F., Morelot-Panzini, C., & Ekström, M. (2022). Dyspnoea-12 and
Multidimensional Dyspnea Profile : Systematic Review of Use and
Properties. *Journal of Pain and Symptom Management*, 63(1), e75-e87.
<https://doi.org/10.1016/j.jpainsymman.2021.06.023>

Yadav, S. P. S., Janab, K. S., Singh, J., & Ranga, R. K. (2003). Nasal mucociliary clearance in patients with tracheostomy. *Indian Journal of Otolaryngology and Head and Neck Surgery: Official Publication of the Association of Otolaryngologists of India*, 55(2), 73-75.
<https://doi.org/10.1007/BF02974606>

VII. Annexes

Annexe 1 : PRISMA 2020 CHECKLIST



PRISMA 2020 Checklist

Section and Topic	Item #	Checklist item	Location where item is reported
TITLE			
Title	1	Identify the report as a systematic review.	
ABSTRACT			
Abstract	2	See the PRISMA 2020 for Abstracts checklist.	
INTRODUCTION			
Rationale	3	Describe the rationale for the review in the context of existing knowledge.	
Objectives	4	Provide an explicit statement of the objective(s) or question(s) the review addresses.	
METHODS			
Eligibility criteria	5	Specify the inclusion and exclusion criteria for the review and how studies were grouped for the syntheses.	
Information sources	6	Specify all databases, registers, websites, organisations, reference lists and other sources searched or consulted to identify studies. Specify the date when each source was last searched or consulted.	
Search strategy	7	Present the full search strategies for all databases, registers and websites, including any filters and limits used.	
Selection process	8	Specify the methods used to decide whether a study met the inclusion criteria of the review, including how many reviewers screened each record and each report retrieved, whether they worked independently, and if applicable, details of automation tools used in the process.	
Data collection process	9	Specify the methods used to collect data from reports, including how many reviewers collected data from each report, whether they worked independently, any processes for obtaining or confirming data from study investigators, and if applicable, details of automation tools used in the process.	
Data items	10a	List and define all outcomes for which data were sought. Specify whether all results that were compatible with each outcome domain in each study were sought (e.g. for all measures, time points, analyses), and if not, the methods used to decide which results to collect.	
	10b	List and define all other variables for which data were sought (e.g. participant and intervention characteristics, funding sources). Describe any assumptions made about any missing or unclear information.	
Study risk of bias assessment	11	Specify the methods used to assess risk of bias in the included studies, including details of the tool(s) used, how many reviewers assessed each study and whether they worked independently, and if applicable, details of automation tools used in the process.	
Effect measures	12	Specify for each outcome the effect measure(s) (e.g. risk ratio, mean difference) used in the synthesis or presentation of results.	
Synthesis methods	13a	Describe the processes used to decide which studies were eligible for each synthesis (e.g. tabulating the study intervention characteristics and comparing against the planned groups for each synthesis (item #5)).	
	13b	Describe any methods required to prepare the data for presentation or synthesis, such as handling of missing summary statistics, or data conversions.	
	13c	Describe any methods used to tabulate or visually display results of individual studies and syntheses.	
	13d	Describe any methods used to synthesize results and provide a rationale for the choice(s). If meta-analysis was performed, describe the model(s), method(s) to identify the presence and extent of statistical heterogeneity, and software package(s) used.	
	13e	Describe any methods used to explore possible causes of heterogeneity among study results (e.g. subgroup analysis, meta-regression).	
Reporting bias assessment	13f	Describe any sensitivity analyses conducted to assess robustness of the synthesized results.	
	14	Describe any methods used to assess risk of bias due to missing results in a synthesis (arising from reporting biases).	
Certainty assessment	15	Describe any methods used to assess certainty (or confidence) in the body of evidence for an outcome.	

Section and Topic	Item #	Checklist item	Location where item is reported
RESULTS			
Study selection	16a	Describe the results of the search and selection process, from the number of records identified in the search to the number of studies included in the review, ideally using a flow diagram.	
	16b	Cite studies that might appear to meet the inclusion criteria, but which were excluded, and explain why they were excluded.	
Study characteristics	17	Cite each included study and present its characteristics.	
Risk of bias in studies	18	Present assessments of risk of bias for each included study.	
Results of individual studies	19	For all outcomes, present, for each study: (a) summary statistics for each group (where appropriate) and (b) an effect estimate and its precision (e.g. confidence/credible interval), ideally using structured tables or plots.	
Results of syntheses	20a	For each synthesis, briefly summarise the characteristics and risk of bias among contributing studies.	
	20b	Present results of all statistical syntheses conducted. If meta-analysis was done, present for each the summary estimate and its precision (e.g. confidence/credible interval) and measures of statistical heterogeneity. If comparing groups, describe the direction of the effect.	
	20c	Present results of all investigations of possible causes of heterogeneity among study results.	
	20d	Present results of all sensitivity analyses conducted to assess the robustness of the synthesized results.	
Reporting biases	21	Present assessments of risk of bias due to missing results (arising from reporting biases) for each synthesis assessed.	
Certainty of evidence	22	Present assessments of certainty (or confidence) in the body of evidence for each outcome assessed.	
DISCUSSION			
Discussion	23a	Provide a general interpretation of the results in the context of other evidence.	
	23b	Discuss any limitations of the evidence included in the review.	
	23c	Discuss any limitations of the review processes used.	
	23d	Discuss implications of the results for practice, policy, and future research.	
OTHER INFORMATION			
Registration and protocol	24a	Provide registration information for the review, including register name and registration number, or state that the review was not registered.	
	24b	Indicate where the review protocol can be accessed, or state that a protocol was not prepared.	
	24c	Describe and explain any amendments to information provided at registration or in the protocol.	
Support	25	Describe sources of financial or non-financial support for the review, and the role of the funders or sponsors in the review.	
Competing interests	26	Declare any competing interests of review authors.	
Availability of data, code and other materials	27	Report which of the following are publicly available and where they can be found: template data collection forms; data extracted from included studies; data used for all analyses; analytic code; any other materials used in the review.	

From: Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD, et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ* 2021;372:n71. doi: 10.1136/bmj.n71

For more information, visit: <http://www.prisma-statement.org/>

Annexe 2 : Equations de recherches

Pubmed version 05-10-23 (version avec “airvo”) :

#1 ((tracheotomy) OR (tracheostomy)) OR (laryngectomy) OR (“laryngotracheal separation”) → 40 263 résultats

#2 "high flow nasal cannula" OR "high flow oxygen therapy" OR "high flow nasal oxygen" OR "high flow nasal therapy" OR "high flow nasal oxygenation" OR "high flow nasal oxygen therapy" OR "high flow tracheal" OR HFNC OR Optiflow OR Airvo OR “high flow humidified oxygen” → 3 430 résultats

#1 AND #2 → 73 résultats

Embase version 05-10-23 :

#1 tracheotomy OR tracheostomy OR laryngectomy OR “laryngeal surgery” OR “laryngotracheal separation” → 74 267 résultats

#2 'high flow nasal cannula' OR 'high-flow oxygen therapy' OR 'high-flow nasal oxygen' OR 'high-flow nasal therapy' OR 'high-flow nasal oxygenation' OR 'high-flow nasal oxygen therapy' OR ‘high flow tracheal’ OR hfnc OR ‘optiflow’ OR ‘airvo’ OR ‘respiratory gas humidifier’ OR ‘airvo2’ → 9 548 résultats

Nb : “respiratory gas humidifier” = candidate terme de Airvo 2 sur Embase

#1 AND #2 → 502 résultats

Scopus version 05-10-23 :

#1 tracheotomy OR tracheostomy OR laryngectomy OR “laryngeal surgery” OR “laryngotracheal separation” → 64 068 résultats

#2 “High flow nasal cannula therapy” OR "High flow nasal cannula" OR "High-Flow Oxygen Therapy" OR "High-Flow Nasal Oxygen" OR "High-Flow Nasal Therapy" OR "High-Flow Nasal Oxygenation" OR "High-Flow Nasal Oxygen Therapy" OR "High flow tracheal therapy" OR “HFNC “ OR Highflow OR Optiflow OR Airvo → 6,772 résultats

#1AND #2 → 333 résultats

CINAHL (pas de changement avec Airvo)

#1 Tracheotomy OR Tracheostomy OR Laryngectomy OR "laryngotracheal separation" OR "laryngeal surgery" → 10 719 résultats

#2 high flow nasal cannula therapy OR high flow nasal cannula OR high flow oxygen therapy OR high flow nasal oxygen OR high flow nasal therapy OR high flow nasal oxygenation OR high flow nasal oxygen therapy OR HFNC OR Optiflow OR High flow tracheal therapy → 1585 résultats

#1 AND #2 → 31 résultats

Annexe 3 : Echelle PEDro

Échelle PEDro – Français

1. les critères d'éligibilité ont été précisés	non ☐ oui ☐ où:
2. les sujets ont été répartis aléatoirement dans les groupes (pour un essai croisé, l'ordre des traitements reçus par les sujets a été attribué aléatoirement)	non ☐ oui ☐ où:
3. la répartition a respecté une assignation secrète	non ☐ oui ☐ où:
4. les groupes étaient similaires au début de l'étude au regard des indicateurs pronostiques les plus importants	non ☐ oui ☐ où:
5. tous les sujets étaient "en aveugle"	non ☐ oui ☐ où:
6. tous les thérapeutes ayant administré le traitement étaient "en aveugle"	non ☐ oui ☐ où:
7. tous les examinateurs étaient "en aveugle" pour au moins un des critères de jugement essentiels	non ☐ oui ☐ où:
8. les mesures, pour au moins un des critères de jugement essentiels, ont été obtenues pour plus de 85% des sujets initialement répartis dans les groupes	non ☐ oui ☐ où:
9. tous les sujets pour lesquels les résultats étaient disponibles ont reçu le traitement ou ont suivi l'intervention contrôle conformément à leur répartition ou, quand cela n'a pas été le cas, les données d'au moins un des critères de jugement essentiels ont été analysées "en intention de traiter"	non ☐ oui ☐ où:
10. les résultats des comparaisons statistiques intergroupes sont indiqués pour au moins un des critères de jugement essentiels	non ☐ oui ☐ où:
11. pour au moins un des critères de jugement essentiels, l'étude indique à la fois l'estimation des effets et l'estimation de leur variabilité	non ☐ oui ☐ où:

Annexe 4 : Mesures des études

Paramètres étudiés / Auteurs	Nakanishi et al, (2019)	Natalini et al (2019)	Stripoli et al (2019)	Corley et al, (2017)	Birk et al, (2017)	Twose et al, (2019)	Hernandez et al (2020)
Oxygénation : SpO2/FiO2, SpO2	X	X		X			
Paramètres hémodynamiques : Fréquence cardiaque, pression sanguine systolique et pression sanguine	X	X		X			
Gaz du sang artériel		X	X				
Fréquence respiratoire	X		X	X			
Volumes pulmonaires : volume courant,...	X			X			
Pression des voies aériennes		X		X			
Durée d'hospitalisation : Post-opératoire, USI						X	X
Délai de décanulation						X	X
Complications pulmonaires : Infections (pneumonie)						X	X
Activité ciliaire : Fréquence de battement des cils					X		
Nombre d'aspirations quotidiennes					X		
Gaz inspiré : T°, humidité relative, humidité absolue	X						
Délai de dégonflage du ballonnet						X	
Nécessité d'une kinésithérapie						X	
Echec de décanulation							X
Echec de sevrage de la trachéotomie							X
Décès : Hopital, USI,							X
Médication : Antibiotiques administrés						X	
Dyspnée				X			

Légende :	Design croisé	Design parallèle
-----------	---------------	------------------

Annexe 5 : Limites des études

Auteur principal	Population	Intervention	Autres
Nakanishi, N	Faible échantillon	- MR850 à un mécanisme de contrôle de la température différent de l’Airvo - Impossibilité d’effectuer l’étude en double aveugle. - Patients avec sécrétions abondantes exclus	
Natalini, D	Faible échantillon	- MR850 à un mécanisme de contrôle de la température différent de l’Airvo - Impossibilité d’effectuer l’étude en double aveugle.	
Stripoli, T	Faible échantillon	- Impossibilité d’effectuer l’étude en double aveugle. - Etude non randomisée	
Corley, A	Faible échantillon	- Le traitement réalisé n’était que de 15 minutes par phase. - Impossibilité d’effectuer l’étude en double aveugle.	
Birk, R	Faible échantillon	- Groupes non randomisés - Impossibilité d’effectuer l’étude en double aveugle.	
Twose, P	Faible échantillon	Impossibilité d’effectuer l’étude en double aveugle.	Pas d’analyse statistique réalisée
Hernandez Martinez, G	/	Impossibilité d’effectuer l’étude en double aveugle.	

Résumé

Introduction : La clairance mucociliaire dans les voies aériennes supérieures est essentielle pour la santé respiratoire. La trachéotomie peut compromettre cette fonction naturelle en outrepassant les fonctions nasales. Des recherches récentes explorent l'utilisation d'appareils à haut débit chauffés et humidifiés chez les patients trachéotomisés, offrant potentiellement un meilleur confort respiratoire et réduisant les complications tout en améliorant la clairance mucociliaire.

Objectif : Analyser la littérature existante pour évaluer les effets de l'utilisation de l'HFNC sur les patients récemment trachéotomisés, afin de vérifier si cela pourrait avoir des effets physiologiques et cliniques sur les patients.

Méthodes : Une revue de la littérature a permis de récolter 7 études afin d'observer les effets physiologiques et cliniques de différentes interventions.

Résultats : Les aspects physiologiques, la fréquence respiratoire, la PaCO_2 et la PaO_2 ne semblent pas montrer d'effets significatifs. A contrario, la clinique du patient semble améliorée pour le délai avant la décanulation et le nombre d'aspirations quotidiennes.

Conclusion : Cette revue systématique ne décèle pas d'effets physiologiques de l'HFNC, mais des avantages cliniques potentiels. Les conclusions sont restreintes par la diversité des études et la taille des échantillons. Des recherches supplémentaires sont nécessaires pour confirmer ces résultats et mieux comprendre les bénéfices de cette approche.