

Der Einsatz von nasalem High-Flow-Sauerstoff

S.M. Maggiore et al. Intensive Care Medicine 2023; doi-org/10.1007/s00134-023-07067-y

RECENT ADVANCES IN ICU

The use of high-flow nasal oxygen



Salvatore Maurizio Maggiore^{1,2*}, Domenico Luca Grieco³ and Virginie Lemiale⁴

© 2023 Springer-Verlag GmbH Germany, part of Springer Nature

In the last decade, the use of high-flow nasal oxygen (HFNO), a technique of noninvasive respiratory support, has become widespread in critically ill patients.

With HFNO, up to 60 L/min of fresh gas flow generated by an air/oxygen blender or a turbine is conditioned by a heated humidifier (temperature 31–37°C, absolute humidity 30–44 mgH₂O/L) and administered to the patient through large-bore nasal cannulas. HFNO has several beneficial physiological effects including the accurate delivery of the set FiO₂, the washout of anatomical deadspace and the reduction of breathing effort, the increase in positive airway pressure with improvement in lung aeration, in oxygenation and in respiratory mechanics, and the optimization in patients' comfort (Fig. 1) [1]. As many of the effects of HFNO are flow-dependent, maximum tolerated flows should be delivered to maximize the respiratory support, while temperature should be set according to patient's comfort and FiO₂ should be tailored on the target SpO₂.

More recently, HFNO delivered through asymmetric nasal cannulas has been proposed with the aim of further enhancing carbon dioxide washout and increasing the airway pressure generation. The physiological effects of this design are currently under investigation.

We hereby summarize the most recent evidence regarding HFNO use in the intensive care unit.

Patients with acute hypoxic respiratory failure

Recent data suggest that outcome of acute hypoxic respiratory failure is similar to that of acute respiratory distress syndrome. It has been proposed that widening

acute respiratory distress syndrome definition to include patients on HFNO may enable earlier identification of the syndrome [2]. In these patients, noninvasive respiratory support should aim to a balance between the benefit of avoiding sedation and intubation vs. the harmful effects of self-inflicted lung injury and delayed intubation. Thanks to its capability to improve oxygenation and reduce the respiratory effort, HFNO is widely applied in hypoxicemic patients and is currently recommended as the first-line intervention [1]. Several studies in patients with acute hypoxic respiratory failure, including patients affected by coronavirus disease 2019 (COVID-19), demonstrated that HFNO, as compared to conventional oxygen, reduces the rate of endotracheal intubation, although results on mortality are conflicting [3, 4]. Data from a randomized meta-trial indicate that combining HFNO with prone position sessions lasting at least 8 h per day may further improve the efficacy of the technique [5]. Whether alternating HFNO and noninvasive ventilation sessions with specific settings may provide additional benefit, especially in patients with intense respiratory effort, is under investigation in ongoing trials (NCT05089695) [6].

Similar to other noninvasive strategies, prompt detection of treatment failure is crucial during HFNO not to delay endotracheal intubation and protective ventilation. The ratio of SpO₂/FiO₂ to respiratory rate (Respiratory rate – OXygenation, ROX index) has been shown to provide excellent accuracy in early predicting the need for subsequent intubation. Whether a strategy providing early intubation based on the ROX index improves patient-centred outcomes is currently investigated in an ongoing randomized trial (NCT04707729).

Patients with acute hypercapnic respiratory failure

The first-line intervention for the management of acute hypercapnic respiratory failure is facemask noninvasive

*Correspondence: salvatore.maggiore@unich.it

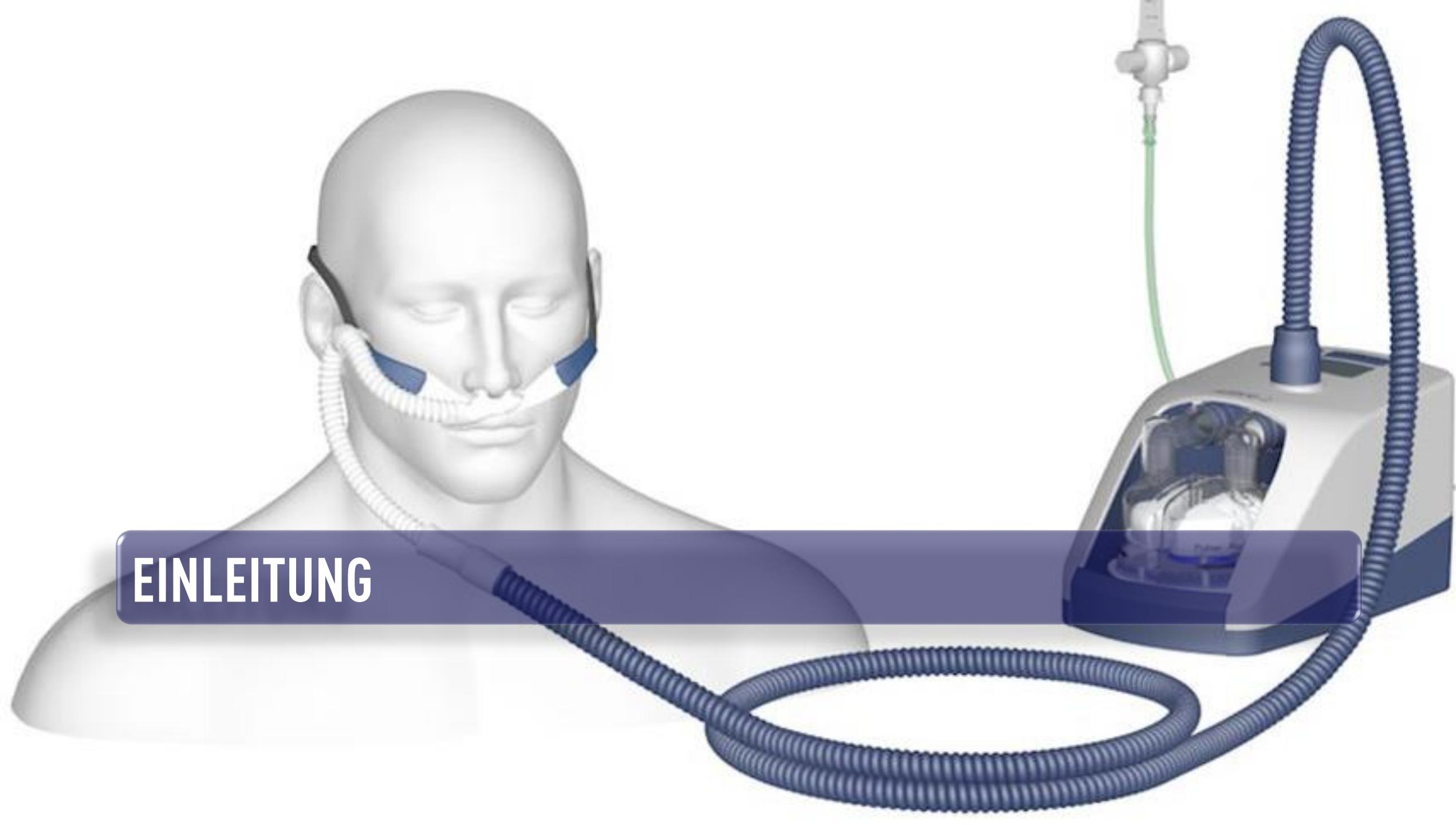
¹ Department of Anesthesiology and Intensive Care Medicine, SS.

Annunziata Hospital, Chieti, Italy

Full author information is available at the end of the article



EINLEITUNG



Einleitung (I)

In den letzten zehn Jahren hat sich der Einsatz der nasalen High-Flow-Sauerstofftherapie (High Flow Nasal Oxygen, HFNO), einer Technik der nichtinvasiven Atemunterstützung, bei kritisch kranken Patienten etabliert

Bei der HFNO wird ein Frischgasstrom von bis zu 60 l/min, der von einem Luft-Sauerstoff-Gemisch oder einer Turbine erzeugt wird, durch einen beheizten Befeuchter aufbereitet (Temperatur 31-37 °C, absolute Luftfeuchtigkeit 30-44 mgH₂O/L) und dem Patienten über großvolumige Nasenkanülen verabreicht

Einleitung (II)

HFNO hat mehrere positive physiologische Wirkungen, darunter die genaue Zufuhr des eingestellten FiO_2 , die Auswaschung des anatomischen Totraums und die Verringerung der Atemanstrengung, die Erhöhung des positiven Atemwegsdrucks mit Verbesserung der Lungenbelüftung, der Oxygenierung und der Atemmechanik sowie die Optimierung des Patientenkomforts

Da viele der Wirkungen der HFNO flussabhängig sind, sollten maximal tolerierte Flows verabreicht werden, um die Atmungsunterstützung zu maximieren, während die Temperatur entsprechend dem Komfort des Patienten eingestellt und der FiO_2 auf den Ziel- SpO_2 abgestimmt werden sollte

Einleitung (III)

In jüngerer Zeit wurde die Verabreichung von HFNO über asymmetrische Nasenkanülen vorgeschlagen, um die Kohlendioxidauswaschung weiter zu verbessern und den Druck in den Atemwegen zu erhöhen. Die physiologischen Auswirkungen dieses Designs werden derzeit untersucht.

Im Folgenden werden die neuesten Erkenntnisse über den Einsatz von HFNO auf der Intensivstation zusammengefasst



PATIENTEN MIT AKUTEM HYPOXÄMISCHEM ATEMVERSAGEN

Patienten mit akutem hypoxämischen Atemversagen (I)

Jüngste Daten deuten darauf hin, dass der Verlauf des akuten hypoxämischen Atemversagens dem des akuten Atemnotsyndroms ähnlich ist

Es wurde vorgeschlagen, dass eine Erweiterung der Definition des akuten Atemnotsyndroms auf Patienten mit HFNO eine frühere Erkennung des Syndroms ermöglichen könnte

Bei diesen Patienten sollte die nichtinvasive Atemunterstützung darauf abzielen, ein Gleichgewicht zwischen dem Nutzen der Vermeidung von Sedierung und Intubation und den schädlichen Auswirkungen einer selbst zugefügten Lungenverletzung und einer verzögerten Intubation herzustellen

Patienten mit akutem hypoxämischem Atemversagen (II)

Dank der Fähigkeit, die Oxygenierung zu verbessern und die Inspirationsanstrengung zu verringern, wird die HFNO bei hypoxämischen Patienten in großem Umfang angewandt und wird derzeit als Intervention der ersten Wahl empfohlen

Mehrere Studien bei Patienten mit akutem hypoxämischem Atemversagen, darunter auch Patienten, die von der COVID-19 betroffen sind, haben gezeigt, dass HFNO im Vergleich zu herkömmlichem Sauerstoff die Rate der endotrachealen Intubation verringert, obwohl die Ergebnisse zur Mortalität widersprüchlich sind

Patienten mit akutem hypoxämischem Atemversagen (III)

Daten aus einer randomisierten Metastudie deuten darauf hin, dass die Kombination von HFNO mit mindestens 8-stündigen Bauchlagensitzungen pro Tag die Wirksamkeit der Technik weiter verbessern kann

Ob der Wechsel zwischen HFNO und nichtinvasiven Beatmungsanwendungen mit spezifischen Einstellungen einen zusätzlichen Nutzen bietet, insbesondere bei Patienten mit intensiver Inspirationsanstrengung, wird derzeit in einer Studie untersucht

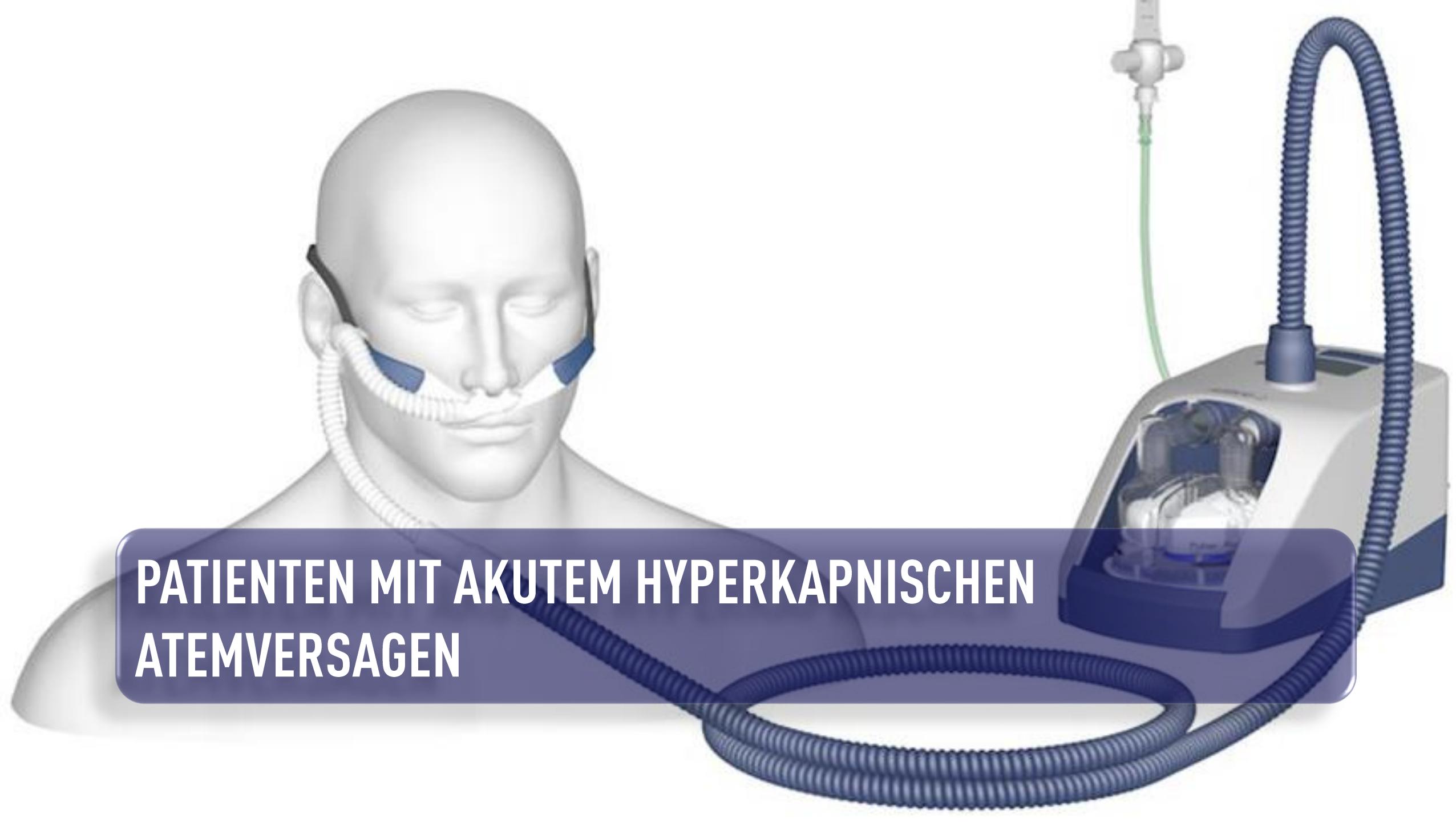
Patienten mit akutem hypoxämischen Atemversagen (IV)

Ähnlich wie bei anderen nicht-invasiven Strategien ist die rechtzeitige Erkennung eines Behandlungsversagens bei der HFNO entscheidend, um die endotracheale Intubation und protektive Beatmung nicht zu verzögern

Es hat sich gezeigt, dass das Verhältnis von $\text{SpO}_2/\text{FiO}_2$ zur Atemfrequenz (Respiratory rate - O_Xygenation, ROX-Index) eine ausgezeichnete Genauigkeit bei der frühzeitigen Vorhersage der Notwendigkeit einer anschließenden Intubation bietet

Ob eine Strategie, die eine frühzeitige Intubation auf der Grundlage des ROX-Index vorsieht, die patientenzentrierten Ergebnisse verbessert, wird derzeit in einer laufenden randomisierten Studie (NCT04707729) untersucht

PATIENTEN MIT AKUTEM HYPERKAPNISCHEN ATEMVERSAGEN



Patienten mit akutem hyperkapnischen Atemversagen (I)

Die erste Wahl bei der Behandlung des akuten hyperkapnischen Atemversagens ist die nichtinvasive Gesichtsmaskenbeatmung

Dank des Auswascheffekts der oberen Atemwege und der optimalen Verträglichkeit kann die Anwendung von HFNO anstelle von herkömmlichem Sauerstoff zwischen den nichtinvasiven Beatmungssitzungen physiologische Vorteile bieten

In einer multizentrischen Studie war HFNO bei der anfänglichen Behandlung von hyperkapnischem Atemversagen ($\text{pH } 7,25\text{-}7,35$) in Bezug auf den PaCO_2 -Wert nach 2 Stunden Behandlung der nichtinvasiven Beatmung nicht unterlegen

Patienten mit akutem hyperkapnischen Atemversagen (II)

Allerdings mussten 32 % der Patienten, die HFNO erhielten, innerhalb von 6 Stunden nach Behandlungsbeginn auf nichtinvasive Beatmung umgestellt werden, um eine invasive mechanische Beatmung zu vermeiden

Diese Daten deuten darauf hin, dass, obwohl die nichtinvasive Beatmung der Eckpfeiler der Behandlung von Patienten mit akutem hyperkapnischen Atemversagen bleibt, HFNO in Kombination mit nichtinvasiver Beatmung eine vielversprechende Strategie für das Management dieser Patienten sein kann



**PATIENTEN, DIE VON DER MECHANISCHEN BEATMUNG
ENTWÖHNT WERDEN**

Patienten, die von der mechanischen Beatmung entwöhnt werden (I)

Die Entwöhnung von der mechanischen Beatmung ist entscheidend für das Atemwegsmanagement kritisch kranker Patienten

Eine erneute Intubation ist bei 10-40 % der Patienten erforderlich und wird unabhängig davon mit einer erhöhten Sterblichkeit in Verbindung gebracht

Erste Studien haben gezeigt, dass präemptive HFNO im Vergleich zu konventionellem Sauerstoff bei Patienten mit niedrigem Risiko ein Atemversagen nach der Extubation verhindern und die Zahl der Re-Intubationen verringern kann, und dass sie bei hohem Risiko für ein Atemversagen nach der Extubation ebenso gut funktioniert wie präemptive nichtinvasive Beatmung

Patienten, die von der mechanischen Beatmung entwöhnt werden (II)

Neuere Studien konzentrierten sich auf den Einsatz von HFNO in Kombination mit anderen Maßnahmen bei bestimmten Patientengruppen

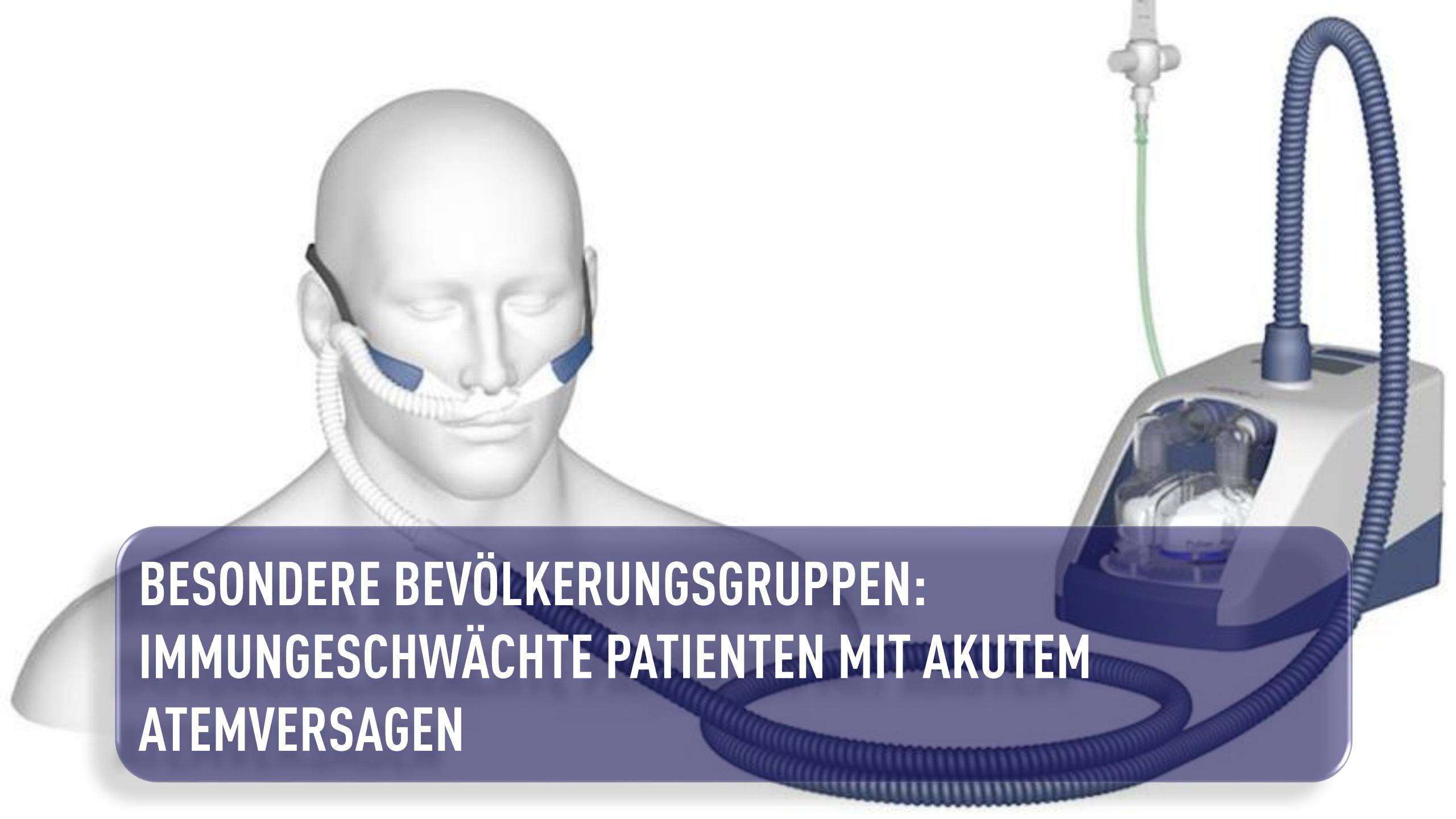
Diese Studien deuten darauf hin, dass HFNO bei Patienten mit niedrigem Risiko die Rate der endotrachealen Intubation im Vergleich zu konventionellen Oxygenierungsgeräten nicht verringert, wenn die mit konventionellem Sauerstoff behandelten Patienten vor der Reintubation eine Escalation der Atemunterstützung durch nichtinvasive Beatmung erhalten können

Bei Hochrisikopatienten (z. B. vorbestehende Atemwegs- oder Herzerkrankungen oder Alter > 65 Jahre) verbessert der Wechsel zwischen HFNO und nichtinvasiver Beatmung das Ergebnis im Vergleich zu HFNO allein, insbesondere bei Adipositas

Patienten, die von der mechanischen Beatmung entwöhnt werden (III)

Bei Patienten mit sehr hohem Risiko scheint eine kontinuierliche nichtinvasive Beatmung über 48 Stunden besser zu sein als HFNO allein

Zusammengenommen deuten diese Daten darauf hin, dass HFNO allein oder in Kombination mit nichtinvasiver Beatmung das optimale Instrument zur Unterstützung der Atmung von Patienten nach geplanter Extubation auf der Intensivstation darstellt



BESONDERE BEVÖLKERUNGSGRUPPEN: IMMUNGESCHWÄCHTE PATIENTEN MIT AKUTEM ATEMVERSAGEN

Immungeschwächte Patienten mit akutem Atemversagen (I)

Akutes hypoxämisches Atemversagen ist bei immungeschwächten Patienten nach wie vor einer der häufigsten Gründe für die Aufnahme auf die Intensivstation

Erste Studien befassten sich damit, wie wichtig es ist, bei diesen Patienten eine Intubation zu vermeiden, vor allem um die infektiösen Komplikationen im Zusammenhang mit der invasiven mechanischen Beatmung zu begrenzen

Dank der Verbesserung der Krebsbehandlung und des Managements haben sich die Ergebnisse dieser Patienten in den letzten zehn Jahren jedoch erheblich verbessert

Auch die Sterblichkeit von invasiv beatmeten immungeschwächten Patienten konnte durch Maßnahmen zur Begrenzung des Risikos beatmungsbedingter Lungenschäden und infektiöser Komplikationen verringert werden

Immungeschwächte Patienten mit akutem Atemversagen (II)

Dennoch können fast 50 % der intubierten Patienten im Krankenhaus sterben. Daher ist die Rolle nichtinvasiver Oxygenierungsstrategien in dieser Situation nach wie vor ein wichtiges Diskussionsthema

In einer randomisierten Studie mit 374 immunsupprimierten Patienten, von denen die meisten hämatologische Malignome hatten, war die nichtinvasive Beatmung im Vergleich zur Standard-Sauerstoffversorgung nicht mit besseren Ergebnissen verbunden

In einer randomisierten Studie, in der HFNO mit Standardsauerstoff verglichen wurde, unterschieden sich die Mortalitätsraten zwischen den Gruppen nicht, obwohl in der HFNO-Gruppe ein Trend zu niedrigeren Intubationsraten festgestellt wurde

Immungeschwächte Patienten mit akutem Atemversagen (III)

In einer neueren Studie mit 299 Patienten, die entweder mit nichtinvasiver Gesichtsmaskenbeatmung und HFNO oder nur mit HFNO behandelt wurden, konnte kein Unterschied in Bezug auf die Mortalitäts- und Intubationsraten festgestellt werden

Insgesamt scheinen die neuesten Erkenntnisse darauf hinzuweisen, dass sich die Therapieprotokolle für die Atemunterstützung bei immungeschwächten Patienten nicht von denen unterscheiden sollten, die bei nicht immungeschwächten Patienten mit akutem hypoxämischem Atemversagen angewandt werden

Dank der verbesserten Prävention infektiöser Komplikationen im Zusammenhang mit invasiver mechanischer Beatmung profitieren immungeschwächte Patienten im Gegensatz zu früheren Annahmen nicht von einem Ansatz, der darauf abzielt, eine endotracheale Intubation und invasive Beatmung um jeden Preis zu vermeiden

Immungeschwächte Patienten mit akutem Atemversagen (IV)

Es sollten Studien durchgeführt werden, um zu überprüfen, ob HFNO im Wechsel mit nichtinvasiver Beatmung mit alternativen Interfaces (z. B. Helm) und spezifischen Einstellungen das klinische Ergebnis bei bestimmten Untergruppen immungeschwächter Patienten verbessern kann oder nicht

BESONDERE BEVÖLKERUNGSGRUPPEN: TRACHEOSTOMIERTE PATIENTEN



Tracheostomierte Patienten (I)

Über eine spezielle Schnittstelle mit offenem Kreislauf kann High-Flow-Sauerstoff auch über ein Tracheostoma verabreicht werden

Trachealer High-Flow-Sauerstoff mit den höchsten Flussraten (50-60 l/min) sorgt für einen geringen positiven Atemwegsdruck, verbessert die Oxygenierung geringfügig und reduziert die Atemfrequenz. Diese Effekte sind jedoch deutlich geringer als die von HFNO bei ähnlichen Flussraten

Tracheostomierte Patienten (II)

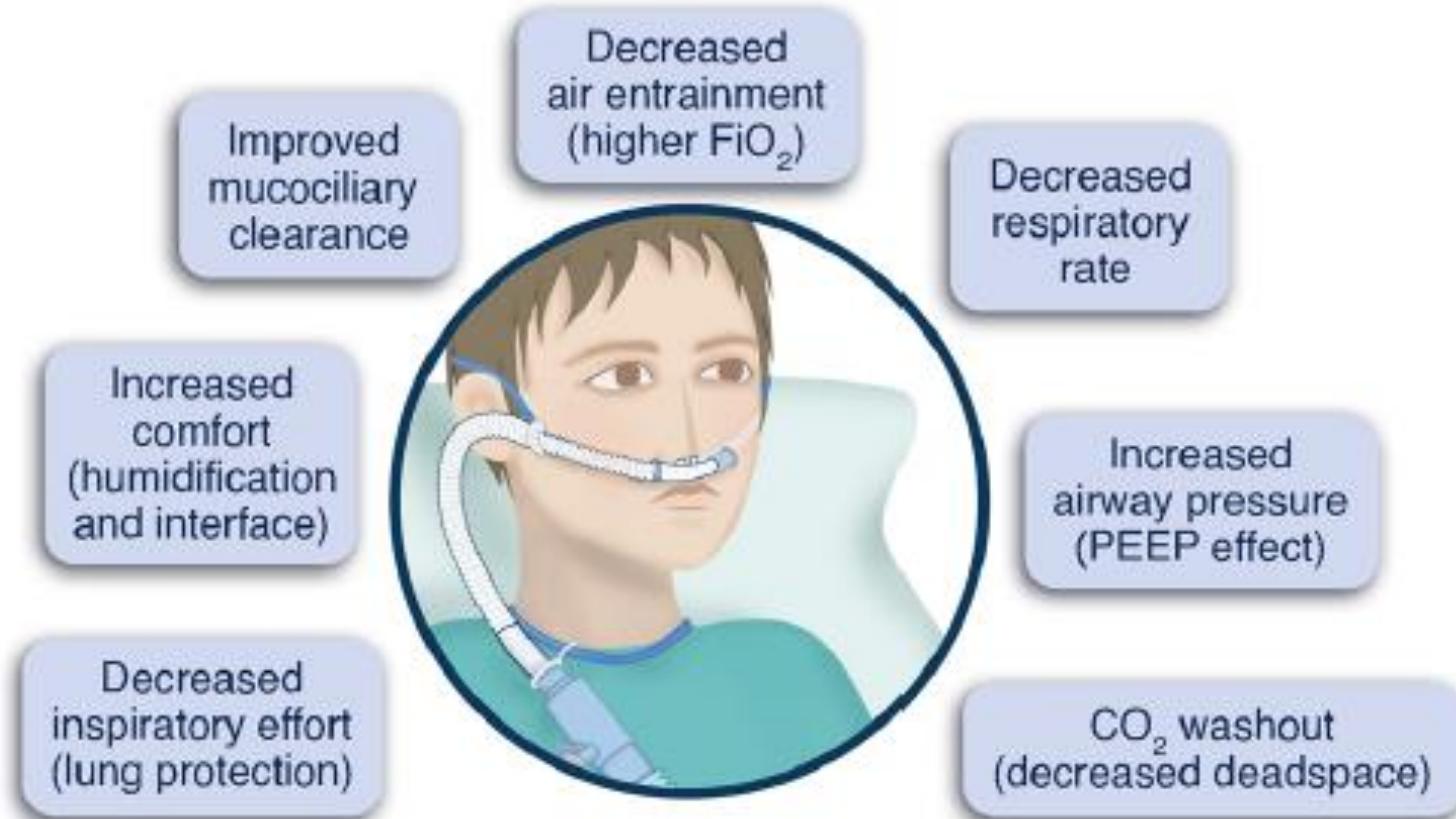
Klinisch hat eine multizentrische Studie gezeigt, dass eine Strategie, die kontinuierlichen trachealen High-Flow-Sauerstoff mit der Absaugfrequenz als Indikator für die Bereitschaft zur Dekanülierung kombiniert, die Zeit bis zur Dekanülierung verkürzen kann, verglichen mit einer Strategie, die auf der intermittierenden Anwendung von High-Flow-Sauerstoff plus Capping-Trial basiert

Diese Daten deuten darauf hin, dass bei tracheotomierten Patienten die Verabreichung von High-Flow-Sauerstoff über eine spezielle Schnittstelle zu positiven physiologischen Effekten führen und die Zeit bis zur erfolgreichen Dekanülierung verkürzen kann



PATIENTS WITH HYPOXEMIC ARF	PHYSIOLOGICAL EFFECTS	CLINICAL EFFECTS	INDICATIONS
PATIENTS WITH HYPERCAPNIC ARF	<ul style="list-style-type: none"> • PEEP effect → ↑ recruitment, ↑ oxygenation, ↑ respiratory mechanics • ↓ dead space → ↓ breathing effort, ↓ P-SILI • Humidification and interface → ↑ comfort • Accurate delivery of set FiO_2 	<ul style="list-style-type: none"> • Decreased intubation rate compared to standard oxygen and facemask noninvasive ventilation • No effect on mortality 	+++ recommended as first line treatment
PATIENTS UNDERGOING WEANING FROM MECHANICAL VENTILATION	<ul style="list-style-type: none"> • ↓ dead space → ↑ CO_2 washout • Humidification and interface → ↑ comfort 	<ul style="list-style-type: none"> • May facilitate interruption of noninvasive ventilation in case of mild hypercapnia ($\text{pH} > 7.30$) 	+ may be used between noninvasive ventilation sessions
PATIENTS WITH TRACHEOSTOMY	<ul style="list-style-type: none"> • Slight PEEP effect → slight ↑ oxygenation • Slight ↓ dead space → slight ↓ respiratory rate 	<ul style="list-style-type: none"> • Decreased time to decannulation in patients with adequate consciousness 	++ may be used to facilitate decannulation





Die wichtigsten physiologischen Wirkungen von nasalem High-Flow-Sauerstoff sind dargestellt. Es ist zu beachten, dass einige dieser Wirkungen potenziell mit anderen verbunden sein können

So könnte beispielsweise die Höhe des in den Atemwegen erzeugten Drucks die Kohlendioxidausschwemmung beeinflussen (z. B. je höher der Druck, desto größer die Kohlendioxidausschwemmung)

Auch die Erzeugung von positivem Atemwegsdruck und die Kohlendioxidausschwemmung durch das System könnten beide die Inspirationsanstrengung beeinflussen

	PHYSIOLOGICAL EFFECTS	CLINICAL EFFECTS	INDICATIONS
PATIENTS WITH HYPOXEMIC ARF	<ul style="list-style-type: none"> • PEEP effect → ↑ recruitment, ↑ oxygenation, ↑ respiratory mechanics • ↓ dead space → ↓ breathing effort, ↓ P-SILI • Humidification and interface → ↑ comfort • Accurate delivery of set FiO_2 	<ul style="list-style-type: none"> • Decreased intubation rate compared to standard oxygen and facemask noninvasive ventilation • No effect on mortality 	+++ recommended as first line treatment
PATIENTS WITH HYPERCAPNIC ARF	<ul style="list-style-type: none"> • ↓ dead space → ↑ CO_2 washout • Humidification and interface → ↑ comfort 	<ul style="list-style-type: none"> • May facilitate interruption of noninvasive ventilation in case of mild hypercapnia ($\text{pH} > 7.30$) 	+ may be used between noninvasive ventilation sessions
PATIENTS UNDERGOING WEANING FROM MECHANICAL VENTILATION	<ul style="list-style-type: none"> • PEEP effect → ↑ oxygenation, ↑ recruitment, ↑ respiratory mechanics • ↓ dead space → ↓ breathing effort, ↓ P-SILI, ↑ CO_2 washout • Humidification and interface → ↑ comfort 	<ul style="list-style-type: none"> • In low-risk patients: better than standard oxygen in preventing post-extubation respiratory failure • In high-risk patients: when alternated with noninvasive ventilation, decreased reintubation rate 	++ in low-risk patients, suggested to prevent escalation of respiratory support ++ in high-risk and obese patients, suggested when combined with noninvasive ventilation to prevent reintubation
PATIENTS WITH TRACHEOSTOMY	<ul style="list-style-type: none"> • Slight PEEP effect → slight ↑ oxygenation • Slight ↓ dead space → slight ↓ respiratory rate 	<ul style="list-style-type: none"> • Decreased time to decannulation in patients with adequate consciousness 	++ may be used to facilitate decannulation

P-SILI = patient self-inflicted lung injury

S.M. Maggiore et al. Intensive Care Medicine 2023; doi-org/10.1007/s00134-023-07067-y

Weitere Informationen und Ergebnisse

S.M. Maggiore et al. Intensive Care Medicine 2023; doi-org/10.1007/s00134-023-07067-y

RECENT ADVANCES IN ICU

The use of high-flow nasal oxygen



Salvatore Maurizio Maggiore^{1,2*}, Domenico Luca Grieco³ and Virginie Lemiale⁴

© 2023 Springer-Verlag GmbH Germany, part of Springer Nature

In the last decade, the use of high-flow nasal oxygen (HFNO), a technique of noninvasive respiratory support, has become widespread in critically ill patients.

With HFNO, up to 60 L/min of fresh gas flow generated by an air/oxygen blender or a turbine is conditioned by heated humidifier (temperature 31–37°C, absolute humidity 30–44 mgH₂O/L) and administered to the patient through large-bore nasal cannulas. HFNO has several beneficial physiological effects including the accurate delivery of the set FiO₂, the washout of anatomical deadspace and the reduction of breathing effort, the increase in positive airway pressure with improvement in lung aeration, in oxygenation and in respiratory mechanics, and the optimization in patients' comfort (Fig. 1) [1]. As many of the effects of HFNO are flow-dependent, maximum tolerated flows should be delivered to maximize the respiratory support, while temperature should be set according to patient's comfort and FiO₂ should be tailored on the target SpO₂.

More recently, HFNO delivered through asymmetric nasal cannulas has been proposed with the aim of further enhancing carbon dioxide washout and increasing the airway pressure generation. The physiological effects of this design are currently under investigation.

We hereby summarize the most recent evidence regarding HFNO use in the intensive care unit.

Patients with acute hypoxic respiratory failure

Recent data suggest that outcome of acute hypoxic respiratory failure is similar to that of acute respiratory distress syndrome. It has been proposed that widening

acute respiratory distress syndrome definition to include patients on HFNO may enable earlier identification of the syndrome [2]. In these patients, noninvasive respiratory support should aim to a balance between the benefit of avoiding sedation and intubation vs. the harmful effects of self-inflicted lung injury and delayed intubation. Thanks to its capability to improve oxygenation and reduce the inspiratory effort, HFNO is widely applied in hypoxicemic patients and is currently recommended as the first-line intervention [1]. Several studies in patients with acute hypoxicemic respiratory failure, including patients affected by coronavirus disease 2019 (COVID-19), demonstrated that HFNO, as compared to conventional oxygen, reduces the rate of endotracheal intubation, although results on mortality are conflicting [3, 4]. Data from a randomized meta-trial indicate that combining HFNO with prone position sessions lasting at least 8 h per day may further improve the efficacy of the technique [5]. Whether alternating HFNO and noninvasive ventilation sessions with specific settings may provide additional benefit, especially in patients with intense inspiratory effort, is under investigation in ongoing trials (NCT05089695) [6].

Similar to other noninvasive strategies, prompt detection of treatment failure is crucial during HFNO not to delay endotracheal intubation and protective ventilation. The ratio of SpO₂/FiO₂ to respiratory rate (Respiratory rate – OXygenation, ROX index) has been shown to provide excellent accuracy in early predicting the need for subsequent intubation. Whether a strategy providing early intubation based on the ROX index improves patient-centred outcomes is currently investigated in an ongoing randomized trial (NCT04707729).

Patients with acute hypercapnic respiratory failure

The first-line intervention for the management of acute hypercapnic respiratory failure is facemask noninvasive

*Correspondence: salvatore.maggiore@unich.it

² Department of Anesthesiology and Intensive Care Medicine, SS. Annunziata Hospital, Chieti, Italy

Full author information is available at the end of the article

