

Nichtinvasive Beatmungsformen

Zusammenfassung

Nichtinvasive Beatmung ist ein integraler Bestandteil der Beatmungsstrategie bei respiratorischer Insuffizienz im Rahmen der intensivmedizinischen Therapie. Insbesondere das Atemmuskelversagen ist als Indikation etabliert, aber auch beim hypoxämischen Lungenversagen ist ein Therapieversuch gerechtfertigt. Unabhängig von der Indikation ist die Erfolgskontrolle ein bis zwei Stunden nach Beginn der nichtinvasiven Beatmung von entscheidender Bedeutung. Zeigt sich hier keine Besserung der klinischen Symptomatik, sollte eine invasive Beatmung eingeleitet werden. Bei Stabilisierung des Patienten soll die nichtinvasive Therapie weitergeführt werden, um die vielfältigen Risiken der invasiven Beatmung zu vermeiden. Die Vorhaltung verschiedener Hilfsmittel wie Mund-Nasenmasken, Vollgesichtsmasken und Beatmungshelme gewährleistet nicht nur eine Optimierung der Atemmechanik und eine Minimierung von Leckagen, sondern auch bestmöglichen Patientenkomfort. Insbesondere bei mangelnder Toleranz oder schwierigen anatomischen Gegebenheiten stellt die nasale High-Flow-Sauerstofftherapie eine sinnvolle Alternative zur nichtinvasiven Beatmung dar.

Summary

Non-invasive ventilation forms an integral part of mechanical ventilation strategy in acute respiratory failure in the course of critical care therapy. Respira-

Non-invasive ventilation forms

R. Dembinski

► **Zitierweise:** Dembinski R: Nichtinvasive Beatmungsformen. Anästh Intensivmed 2019;60:308–315. DOI: 10.19224/ai2019.308

tory muscle failure is a well-established indication; however, hypoxaemic lung failure also justifies a therapeutic attempt with non-invasive ventilation. Irrespective of indication, monitoring of the effectiveness within the first two hours is crucial and therefore mandatory: If no improvement of clinical symptoms can be determined within this time period invasive ventilation should be initiated immediately. In the case of improvement non-invasive ventilation should be continued to avoid the multiple risks of invasive mechanical ventilation. Provision of different ventilation devices such as oro-nasal masks, full-face masks and helmets may help to optimise respiratory mechanics, reduce air leakage and improve patient comfort. The use of nasal high flow oxygen therapy is a reasonable alternative, especially in patients with anatomical peculiarities or low tolerance towards non-invasive ventilation.

Einleitung

Die nichtinvasive Beatmung (Non-Invasive Ventilation, NIV) ist ein elementarer Bestandteil der Beatmungsstrategie in der Intensivmedizin. Ziel der NIV ist die Nutzung der positiven Effekte der maschinellen Beatmung unter Vermeidung der Nachteile der invasiven Beatmung. So belegen zahlreiche klinische Studien die Effektivität der NIV bei respiratorischer Insuffizienz und kardiogenem Lungenödem. Ziel

Zertifizierte Fortbildung

CME online

BDA- und DGAI-Mitglieder müssen sich mit ihren Zugangsdaten aus dem geschlossenen Bereich der BDA- und DGAI-Webseite unter der Domain www.cme-anesthesiologie.de anmelden, um auf das Kursangebot zugreifen zu können.

Schlüsselwörter

Maschinelle Beatmung – Atemversagen – Akutes Lungenversagen – Hyperkapnie – Hypoxämie

Keywords

Mechanical Ventilation – Respiratory Failure – Acute Respiratory Distress Syndrome – Hypercapnia – Hypoxaemia

des vorliegenden Beitrags ist es, eine Übersicht über Technik, Durchführung und Indikation der NIV im Rahmen der intensivmedizinischen Behandlung auf Grundlage der aktuellen Leitlinie „Nichtinvasive Beatmung als Therapie der akuten respiratorischen Insuffizienz“ zu geben [1]. Die Anwendung im Bereich der Heimbeatmung wird im Folgenden nicht erläutert.

Die Wirksamkeit der NIV wurde bislang meist im Vergleich zu konventioneller Sauerstoffgabe (2–12 l/min) untersucht und bewertet. Inzwischen steht mit der so genannten nasalen High-Flow (NHF)-Sauerstofftherapie, bei der 40 bis 60 l/min Sauerstoff über eine Nasenbrille appliziert werden, eine Alternative zur Verfügung, für die in einigen klinischen Studien Vorteile sowohl gegenüber der konventionellen Sauerstoffgabe als auch gegenüber der NIV belegt werden konnten. Daher wird auch diese Technik in der vorliegenden Übersicht als mögliche Alternative zur NIV dargestellt und diskutiert.

Therapieziele

Ziel der NIV ist die Nutzung der positiven Effekte maschineller Beatmung unter Vermeidung der Risiken und Nachteile der invasiven Beatmung.

So dient die NIV wie auch die invasive Beatmung zum einen der **Reduktion der Atemarbeit** bei hyperkapnischem respiratorischen Versagen und zum anderen der **Rekrutierung bzw. Stabilisierung von atelektatischen bzw. Atelektase-gefährdeten Lungenarealen** beim hypoxischen Lungenversagen. Darüber hinaus kann die NIV beim kardiogenen Lungenödem die **Hämodynamik** stabilisieren (s. u.).

Durch den **Verzicht auf Intubation und Sedierung** können gleichzeitig verschiedene Risiken der invasiven Beatmung effektiv reduziert werden:

- Die grundsätzlichen Vorteile eines Verzichts auf Sedierung hinsichtlich Patientenkomfort und Mobilisation

liegen auf der Hand, außerdem besteht bei NIV natürlich **keine Gefahr einer Kehlkopfverletzung**.

- Ein entscheidendes Argument für den Einsatz von NIV ist jedoch auch die **Vermeidung von Beatmungsassoziierten Pneumonien**, die bei intubierten Patienten durch die regelhafte Mikroaspiration von bakteriell kontaminiertem Oropharyngealsekret, die eingeschränkte mukoziliäre Clearance und den abgeschwächten Hustenreflex verursacht werden können. Klinische Studien belegen, dass sich mehr als 97% aller beatmungsassoziierten Pneumonien während invasiver Beatmung und nur knapp 3% unter NIV entwickeln [2].

Das **hyperkapnische respiratorische Versagen** bezeichnet ein Versagen der Atemmuskulatur bei akuter Überlastung, häufig auf dem Boden einer bereits chronisch bestehenden erhöhten Belastung, zum Beispiel bei chronisch obstruktiver Lungenerkrankung (COPD). Hier dient die NIV der Reduktion der Atemarbeit des Patienten durch maschinelle Un-

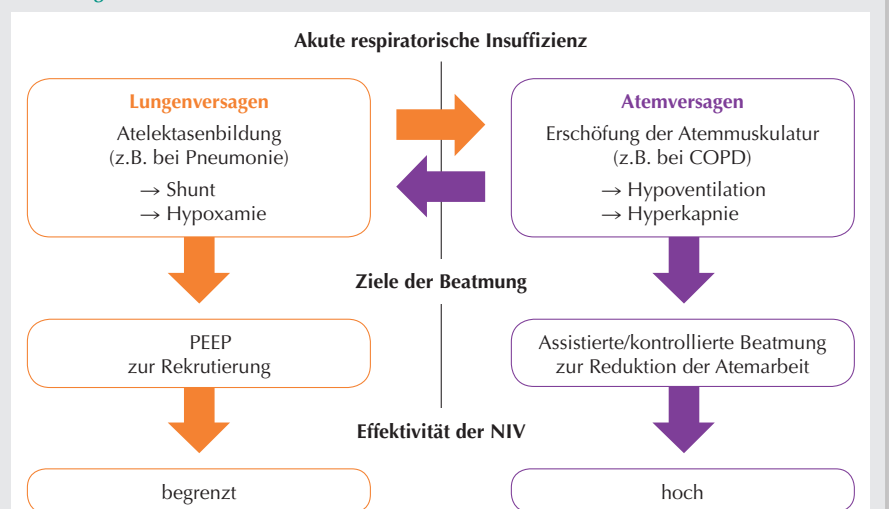
terstützung möglichst jeder Atembemühung des Patienten.

Das **primär hypoxische, eigentliche Lungenversagen** ist meist Folge einer Atelektasenbildung, weshalb hier das Ziel der NIV die Rekrutierung dieser Atelektasen durch kontinuierlichen Atemwegsdruck ist.

Bei vielen Patienten finden sich beide Phänomene, zum Beispiel wenn es im Rahmen eines hypoxischen Lungenversagens durch die kompensatorische Hyperventilation des Patienten zu einer **sekundären respiratorischen Erschöpfung** kommt. Meist lässt sich jedoch eine führende Pathologie identifizieren, an der sich die Therapie orientieren soll (Abb. 1).

Eine weitere Indikation der NIV ist das **kardiogene Lungenödem**, wobei hier die hämodynamische Stabilisierung als Therapieziel im Vordergrund steht. So lässt sich mittels NIV der intrathorakale Druck erhöhen und damit der venöse Rückstrom sowie die Vor- und Nachlast des linken Ventrikels reduzieren, was zu einer kurzfristigen Erhöhung des Schlagvolumens führen kann [3].

Abbildung 1



Differenzierung der akuten respiratorischen Insuffizienz. Entsprechend der führenden pathophysiologischen Ursachen lässt sich die akute respiratorische Insuffizienz in das führend hypoxische Lungenversagen und das führend hyperkapnische Atemversagen differenzieren. Die Effektivität der nichtinvasiven Beatmung ist vor allem bei ausgeprägter Atelektasenbildung mit Hypoxämie bei intrapulmonalem Rechts-Links-Shunt begrenzt.

Technik

Allgemeines

NIV bezeichnet die Durchführung maschineller Beatmung über eine dicht sitzende Gesichts- oder Nasenmaske oder eines Helms ohne Nutzung eines künstlichen Atemwegs wie eines Endotrachealtubus oder einer Trachealkanüle.

Interfaces

Die technischen Anforderungen an die verschiedenen Masken werden im Wesentlichen durch deren Dichtigkeit und den Tragekomfort bestimmt.

Während sich auf der einen Seite bei hoher Leckage eine effektive Beatmung mit ausreichend hohem Atemwegsdruck nicht erzielen lässt, entwickeln sich auf der anderen Seite bei zu hohem Anpressdruck ohne ausreichende Polsterung Druckulcera, die eine weitere NIV unmöglich machen können. Inzwischen werden zu diesem Zweck meist **Mund-Nasen-Masken** genutzt, die zur optimalen Druckverteilung mehrere Fixierungspunkte einschließlich einer gepolsterten Stirnstütze bieten und zudem mit speziellen Gelpolstern und auf der Haut fixierbaren Halterungen zur Vermeidung von Druckstellen angeboten werden. Weitere Optionen sind **Vollgesichtsmasken**, die trotz eines erhöhten Totraumvolumens effektiv eingesetzt werden können, wohingegen reine **Nasenmasken** auf Grund der Leckage bei Mundöffnung weniger wirksam sind und daher in der Intensivmedizin nur selten Anwendung finden.

Unabhängig von der Auswahl der Form ist die richtige Größe der Maske entscheidend für einen effektiven Einsatz. Daher sollten in jedem Fall verschiedene Größen auf Station vorrätig sein.

Für Patienten, die NIV mit einer Maske nicht tolerieren, kann der Einsatz eines **Beatmungshelms** erwogen werden. Allerdings kann dessen Nutzung zur

Therapie des hyperkapnischen respiratorischen Versagens auf Grund des hohen Totraums und kompressiblen Volumens und damit einhergehend reduzierter Triggerempfindlichkeit nur bedingt empfohlen werden. Insbesondere für den Einsatz bei primär hypoxischer Gasaustauschstörung bieten moderne, sicher am Patienten fixierbare Beatmungshelme jedoch inzwischen eine interessante Alternative zum Einsatz von Masken, da häufig eine längere Einsatzdauer und damit eine längerfristige und effektivere Rekrutierung von Atelektasen möglich ist [4].

Insgesamt ist der Erfolg der NIV-Therapie mit verschiedenen Interfaces jedoch in hohem Maße von der **Erfahrung des behandelnden Teams** abhängig. Dies ist im Hinblick auf die positiven Studienergebnisse im Zusammenhang mit neuen Interfaces unbedingt zu berücksichtigen. Ohne die in den entsprechenden Studienzentren vorherrschende Routine ist der Einsatz solcher Interfaces nicht erfolversprechend und stellt keine Alternative zum geübten Procedere dar.

Beatmungsgeräte

Grundsätzlich lässt sich NIV mit jedem modernen Intensiv-Beatmungsgerät durchführen.

Diese Geräte bieten heute allesamt spezielle NIV-Modi mit entsprechender Leckage-Kompensation, so dass Undichtigkeiten nicht immer zu unerwünschten Alarmmeldungen führen, sondern so kompensiert werden, dass eine ausreichende Ventilation gewährleistet wird. Spezielle turbinengetriebene NIV-Beatmungsgeräte sind meist kostengünstiger und bieten praktische Vorteile, da sie ohne Druckluft kompakt und flexibel einsetzbar und einfach zu bedienen sind. Zudem kann es sinnvoll sein, entsprechende Geräte in Vorbereitung auf eine geplante Heimbeatmung auf der Intensivstation einzusetzen, um die Einstellungen im stationären Bereich prüfen und adjustieren zu können und die Patienten mit den Geräten vertraut zu machen.

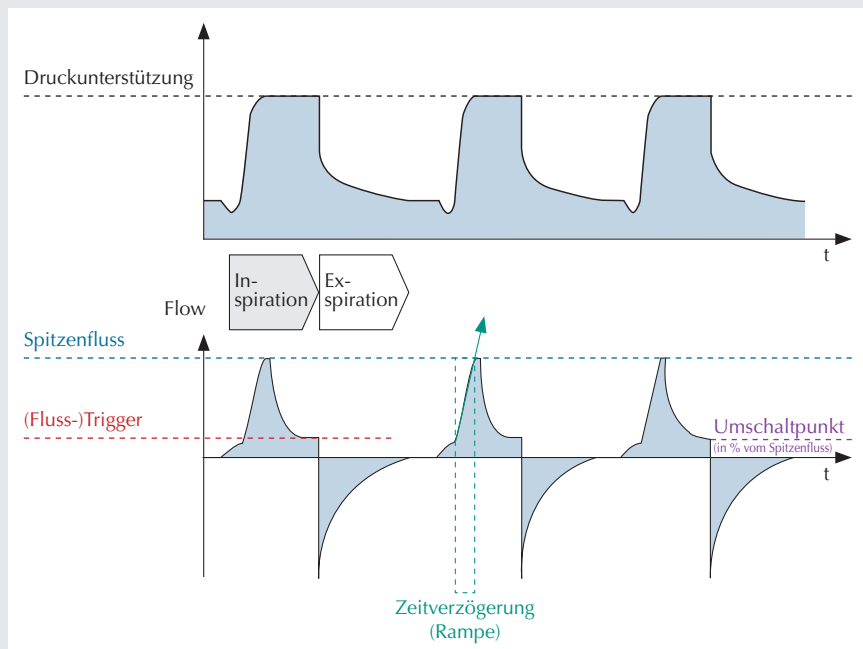
Beatmungsmodi

Im intensivmedizinischen Bereich werden zur NIV-Therapie Beatmungsmodi eingesetzt, die eine grundsätzlich erhaltene Spontanatmungsaktivität unterstützen sollen.

Meist wird dies durch eine einstellbare **Druckunterstützung** in Kombination mit einem **positiv endexpiratorischen Druck** (PEEP) erzielt.

- Das Tidalvolumen ist von der Druckunterstützung und der Inspirationsbemühung des Patienten abhängig und daher variabel.
- Bei der klassischen druckunterstützten Spontanatmung wird ein voreingestellter Druck appliziert, wenn der Patient im Rahmen einer Inspirationsbemühung einen ebenfalls voreingestellten Fluss, den so genannten **Flusstrigger**, im Schlauchsystem und damit im Beatmungsgerät überschreitet.
- Die **Zeitverzögerung**, mit der dieser Druck dann erreicht wird, hängt von dem ebenfalls adjustierbaren inspiratorischen Gasfluss ab und kann zusätzlich als **Rampe** moduliert werden.
- Insbesondere bei ausgeprägtem Lufthunger im Rahmen einer exazerbierten COPD kann es sinnvoll sein, einen hohen Fluss ohne Zeitverzögerung zu applizieren. Dementsprechend soll in diesen Situationen keine Rampe, also keine Zeitverzögerung bis zum Erreichen des inspiratorischen Maximalflusses eingestellt werden.
- Fällt der inspiratorische Fluss entsprechend einer abnehmenden Inspirationsbemühung auf einen vorgegebenen Prozentsatz des Spitzenflusses (meist 25%) ab oder kommt es zur aktiven Expirationsbemühung des Patienten, werden die Ventile im Beatmungsgerät geöffnet und so die Expiration eingeleitet. Durch Adjustierung dieses **Umschaltpunktes** erlaubt die druckunterstützte Beatmung eine Adjustierung an zu frühe oder zu späte Ausatmungsbemühungen des Patienten (Abb. 2).

Abbildung 2



Einstellung der druckunterstützten Spontanatmung. Die druckunterstützte Beatmung ist der am häufigsten eingesetzte Beatmungsmodus bei NIV. Er bietet neben der Anpassung der Druckunterstützung die Möglichkeit, den Spitzenfluss, den Flusstrigger, die Rampe und den Umschaltzeitpunkt zu adjustieren, um den Bedürfnissen des Patienten gerecht zu werden.

Bei Patienten mit exazerbierter COPD und pulmonaler Überblähung bei Emphysem kann es zum Beispiel sinnvoll sein, die Expiration durch Anheben der Prozentzahl (die Expiration beginnt nun zum Beispiel bereits bei Erreichen von 35% des maximalen inspiratorischen Flusses) früher einzuleiten. Die damit prinzipiell der Ausatembemühung des Patienten synchrone Expiration ist der wesentliche Unterschied zu anderen, so genannten **assistiert-kontrollierten Beatmungsverfahren**, bei denen nach Triggerung durch den Patienten ein druck- oder volumenkontrollierter Atemhub zeitgesteuert ohne Rücksicht auf die Ausatembemühung des Patienten durchgeführt wird. Daher können derartige Modi insbesondere bei NIV in der Akutmedizin nicht empfohlen werden.

Demgegenüber bieten modernere Beatmungsmodi, bei denen die Druckunterstützung entsprechend der Atemmechanik automatisch angepasst (**Proportional Assist Ventilation, PAV**) oder durch die elektrische Aktivität des Zwerchfells ge-

triggert (**Neurally Adjusted Ventilatory Assist, NAVA**) wird, eine Alternative, die in der klinischen Praxis allerdings bis heute nur in wenigen Kliniken etabliert ist [5]. Beim Einsatz von PAV-NIV dürfte ein wichtiger Grund hierfür die Gefahr der Übersteuerung des Systems (run away) bei Leckage sein. Der Einsatz von NAVA-NIV hingegen setzt eine hohe Patient compliance voraus, da eine spezielle Magensonde zur Ableitung der elektrischen Zwerchfellaktivität eingelegt und deren Lage regelhaft kontrolliert und ggf. angepasst werden muss [6].

Praktisches Vorgehen

Der Beginn der NIV bei respiratorischer Insuffizienz stellt für den ohnehin auf Grund der Dyspnoe gestressten Patienten eine erhebliche zusätzliche psychische Belastung dar.

Daher sollte der Therapiebeginn persönlich begleitet und bei Bedarf medikamentös unterstützt werden:

- Das geplante Vorgehen muss dem Patienten zunächst erklärt werden.
- Die Maske soll dann erst mit der Hand auf dem Gesicht fixiert werden. Dies kann der Patient unter Umständen auch selbst tun, bevor sie dann nach einer kurzen Gewöhnungszeit mittels Haltebändern fixiert wird.
- Um sowohl der Dyspnoe als auch dem zusätzlichen Stress durch die NIV-Therapie entgegenzuwirken, hat sich die fraktionierte Gabe von Morphin bewährt.
- Bei der Einstellung der druckunterstützten Beatmung bestimmt die **Höhe des Unterstützungsdrucks** die Atemarbeit, die der Patient noch selbst leisten muss. Daher muss bei respiratorischer Erschöpfung eine eher hohe Unterstützung von zum Beispiel 8 cm H₂O angestrebt werden, während bei zunehmend kräftigerer Atmung des Patienten im Verlauf eine Reduktion auf zum Beispiel 5 cm H₂O erfolgen kann.
- Eine wichtige Kontrollgröße zur Adjustierung der Druckunterstützung ist das **Tidalvolumen**, aber auch die **Atemmechanik** und die **Atembemühungen** des Patienten müssen diesbezüglich beachtet werden, um eine Überanstrengung zu vermeiden.
- Die **Einstellung des PEEP** ist in erster Linie von der Oxygenierungsstörung abhängig, da hiermit atelektatische Lungenareale rekrutiert und stabilisiert werden sollen. In der Praxis werden von den Patienten PEEP-Level von bis zu 8 cm H₂O meist gut toleriert.

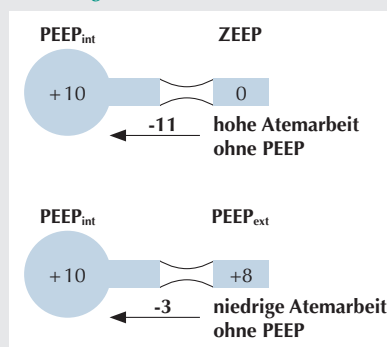
Es sollten allerdings zunächst eine niedrige Druckunterstützung und ein niedriger PEEP eingestellt werden, um den Patienten an die Therapie zu gewöhnen. So kann zum Beispiel sowohl die Druckunterstützung als auch der PEEP zunächst auf 5 cm H₂O eingestellt werden, bevor beide Parameter unter kontinuierlicher Überwachung des Patienten entsprechend Gasaustausch und subjektivem Wohlbefinden des Patienten adjustiert werden.

Grundsätzlich stehen beim hyperkapnischen respiratorischen Versagen (z.B. bei exazerbierter COPD) die Unterstützung der Atemarbeit und damit die Druckunterstützung im Vordergrund der NIV-Therapie, während beim hypoxischen respiratorischen Versagen die Rekrutierung von Atelektasen durch PEEP das wesentliche Therapieziel ist.

Die Einstellung eines PEEP wird allerdings auch bei exazerbierter COPD empfohlen, wenn bei überblähter Lunge mit intrinsischem PEEP die Inspiration erschwert ist (Abb. 3). Entsprechende Studien zeigen, dass in dieser Situation das Anlegen eines externen PEEP zu einer Angleichung an den erhöhten intrapulmonalen Druck führen und dadurch die inspiratorische Atemarbeit reduzieren kann [7].

Neben der Adjustierung von Druckunterstützung und PEEP soll insbesondere beim hyperkapnischen respiratorischen Versagen ein hoher inspiratorischer Fluss von mindestens 60 l/min ohne Rampe (s.o.) eingestellt werden. Einerseits lässt sich durch die schnelle Gasanflutung die Dyspnoe der Patienten effektiver reduzieren, andererseits geht die damit verkürzte Inspirationsdauer mit einer

Abbildung 3



Reduktion der Atemarbeit durch PEEP. Liegt zum Beispiel bei exazerbierter COPD ein hoher intrinsischer PEEP (PEEP_{int}) vor, ist die inspiratorische Atemarbeit ohne PEEP (ZEEP) durch die hohe Druckdifferenz zwischen Alveole und Atmosphäre erhöht. Bei Einsatz eines externen PEEP (PEEP_{ext}) kann die Druckdifferenz und damit die Atemarbeit effektiv reduziert werden.

Verlängerung der Expirationszeit einher, wodurch der Entstehung des intrinsischen PEEP entgegengewirkt werden kann.

Indikationen der NIV

Allgemeines

Die Vorteile der NIV können zu verschiedenen Zeitpunkten des Aufenthalts eines Patienten auf der Intensivstation genutzt werden [8]. So kann die NIV der primären **Vermeidung einer Intubation** dienen und nach Intubation zur **schnelleren Entwöhnung von der Beatmung bzw. nach Extubation zur Vermeidung einer Reintubation** eingesetzt werden.

Indikationen der NIV sind:

- Vermeidung der Intubation
- Entwöhnung von der Beatmung
- Vermeidung der Reintubation
 - zur Prophylaxe bei Risikofaktoren
 - bei Extubationsversagen (Extubation Failure)

Bis heute vorliegende Studien machen deutlich, dass NIV grundsätzlich bei allen der genannten Indikationen zu einer **Verbesserung der Prognose** von Intensivpatienten beitragen kann [8,9].

NIV zur Vermeidung der Intubation

Klinische Studien zeigen eindeutig, dass der Einsatz von NIV zur Vermeidung einer Intubation sinnvoll ist.

Insbesondere bei **exazerbierter COPD mit hyperkapnischer respiratorischer Insuffizienz bzw. hyperkapnischem kardiogenem Lungenödem** kann NIV im Vergleich zu O₂-Insufflation zu einer Verbesserung des Gasaustauschs und zu einer Reduktion der Intubations- und Komplikationsrate sowie der Aufenthaltsdauer im Krankenhaus beitragen. In einigen Untersuchungen konnte hierdurch auch die Letalität reduziert werden. Die für eine erfolgreiche Beatmungstherapie bei COPD wichtige Reduktion der Atemarbeit gelingt also offensichtlich gut, während die positiven Effekte bei kardiogenem Lungenödem

sowohl Folge der pulmonalen Effekte als auch einer kardialen Entlastung durch den positiven Atemwegsdruck sind [8,9].

Auch bei **hypoxischer respiratorischer Insuffizienz** (z.B. bei schwerer Pneumonie) kann der Gasaustausch durch NIV und den damit verbundenen positiven Atemwegsdruck verbessert werden. Diese Effekte sind allerdings im Wesentlichen von der Dauer der Therapie abhängig und sind kurz nach Unterbrechung der Beatmung oft kaum noch nachweisbar. In diesem Sinne ist der Einsatz von Beatmungshelmen möglicherweise effektiver (s.o.). Der Einsatz von NIV kann bei hypoxischer respiratorischer Insuffizienz zu einer Reduktion der Intubations- und Komplikationsrate sowie der Aufenthaltsdauer im Krankenhaus beitragen, ein deutlicher Einfluss auf die Letalität konnte jedoch bislang nicht gezeigt werden.

NIV zur Entwöhnung von der Beatmung

Patienten mit schwieriger und prolongierter Entwöhnung von der Beatmung können u. U. früher erfolgreich extubiert werden, wenn nach Extubation sofort mit NIV begonnen wird.

So können möglicherweise auch die Patienten extubiert werden, bei denen ein Spontanattemptsversuch nicht erfolgreich war. In den besonders erfolgreichen klinischen Studien, die für dieses Procedere neben anderen positiven Effekten auch eine höhere Überlebensrate nachweisen konnten, wurden allerdings auch zum großen Teil COPD-Patienten untersucht [9,10].

NIV zur Vermeidung der Reintubation

Gelingt eine Extubation nach schwieriger Entwöhnung von der Beatmung, kann durch den prophylaktischen Einsatz der NIV die Rate an Reintubationen verringert werden.

Auch hier sind jedoch die positiven Effekte v.a. bei COPD-Patienten nachweisbar, wohingegen der Effekt bei vorwiegend hypoxischer respiratorischer Insuffizienz innerhalb von 48 h nach Extubation fraglich ist.

Ein Therapieversuch mit NIV ist also immer gerechtfertigt, solange keine Kontraindikationen vorliegen.

Allerdings sind die positiven Effekte v.a. dann deutlich ausgeprägt, wenn NIV zur **Übernahme der Atemarbeit** eingesetzt wird, also die Ventilation im eigentlichen Sinne unterstützt werden soll. Ist das Ziel der NIV hingegen die **Rekrutierung und Stabilisierung von Alveolarbezirken** beim primär hypoxischen Lungenversagen, ist die Effektivität von NIV deutlich geringer. Hier scheinen Faktoren wie Undichtigkeiten an Maske oder Helm und die intermittierende Unterbrechung der Therapie einer dauerhaften Stabilisierung der Alveolarbezirke entgegenzustehen. Weiterhin muss berücksichtigt werden, dass positiver Atemwegsdruck bei konsolidierten Atelektasen kaum zu einer raschen Rekrutierung beiträgt.

Es ist wichtig, diese Grenzen der NIV zu kennen und bei Versagen der NIV rechtzeitig eine Intubation durchzuführen.

Im Allgemeinen wird hierfür ein **Zeitraum von 1–2 Stunden** empfohlen. Kommt es in diesem Zeitraum nicht zu einer deutlichen Verbesserung des Gasaustauschs bzw. der klinischen Situation, darf der Entschluss zur Intubation nicht verzögert werden.

Prädiktoren für ein **Gelingen der NIV** sind:

- gute Synchronisation zwischen Ventilator und Patient
- intakter Zahnstatus
- niedriger APACHE-Score (Krankheitsschweregrad)
- niedrige Leckage
- ausreichende Sekretmobilisation
- adäquate Neurologie/Compliance

- Erfahrung des behandelnden Teams
- ausreichendes Equipment (z.B. Masken unterschiedlicher Größe),
- engmaschige Überwachung.

Neben der Leitlinie „Nichtinvasive Beatmung als Therapie der akuten respiratorischen Insuffizienz“ liegt seit Dezember 2017 die erste S3-Leitlinie „Invasive Beatmung und Einsatz extrakorporaler Verfahren bei akuter respiratorischer Insuffizienz“ vor, die in ihrem zweiten Kapitel „Indikationen zur invasiven Beatmung“ auch auf die NIV als Alternative zur Intubation eingeht [11]. In Ergänzung zu den hier bereits beschriebenen Aspekten schlagen die Autoren nach aktueller Literaturanalyse bezüglich des Einsatzes von NIV vor,

- Patienten mit **schwerem akutem Lungenversagen** ($\text{PaO}_2/\text{F}_i\text{O}_2 \leq 100$ mmHg) primär invasiv zu beatmen und
- nur bei Patienten mit **mildem akutem Lungenversagen** ($\text{PaO}_2/\text{F}_i\text{O}_2 = 201\text{--}300$ mmHg) in spezialisierten Zentren und unter kontinuierlicher Überwachung und ständiger Intubationsbereitschaft einen Therapieversuch mit NIV zu erwägen.

Mit einem starken Empfehlungsgrad wird zudem empfohlen,

- bei akuter hypoxämischer respiratorischer Insuffizienz nach **chirurgischen Eingriffen** (Herz-, Thorax-, Abdominalchirurgie),
- bei akuter hypoxämischer respiratorischer Insuffizienz aufgrund eines **kardiogenen Lungenödems** und
- beim akuten hyperkapnischen Versagen aufgrund einer **COPD-Exazerbation** mit arteriellen pH-Werten von unter 7,35

einen Therapieversuch mit NIV durchzuführen.

Da insbesondere **immunsupprimierte Patienten** durch die Tubus-assoziierten Infektionsrisiken bei invasiver Beatmung gefährdet sind, wird der NIV bei solchen Patienten mit respiratorischer Insuffizienz ein höherer Stellenwert zugeschrieben. Daher schlägt auch die Leitliniengruppe vor,

- bei immunsupprimierten Patienten mit akuter hypoxämischer respiratorischer Insuffizienz einen Therapieversuch mit NIV durchzuführen.

Grundsätzlich kann auch bei **polytraumatisierten Patienten mit Thoraxtrauma** bei moderater Hypoxie ($\text{SpO}_2 \geq 90\%$) trotz adäquater Analgesie und suffizienter O_2 -Insufflation nach Ausschluss von Kontraindikationen auf der Intensivstation ein Therapieversuch mit NIV erwogen werden. Außerhalb der Klinik bietet allerdings die invasive Beatmung gegenüber der NIV für Traumapatienten mit schwerer respiratorischer Insuffizienz auch im Hinblick auf eine adäquate Schmerz- und Stressabschirmung viele Vorteile, solange dafür qualifiziertes Personal vor Ort ist. Entsprechend wird in der Leitlinie empfohlen, bei

- polytraumatisierten Patienten mit Apnoe oder Schnappatmung (Atemfrequenz < 6),
- Hypoxie ($\text{SpO}_2 < 90\%$) trotz Sauerstoffgabe und nach Ausschluss eines Spannungspneumothorax, schwerem Schädel-Hirn-Trauma (Glasgow Coma Scale < 9),
- traumaassoziiertes hämodynamischer Instabilität (systolischer Blutdruck < 90 mmHg, altersadaptiert bei Kindern) und
- schwerem Thoraxtrauma

präklinisch eine Notfallnarkose, eine endotracheale Intubation und eine invasive Beatmung durchzuführen.

Kontraindikationen der NIV

Grundlegende Voraussetzungen für den Einsatz von NIV in der Intensivmedizin sind die ausreichende Toleranz und Mitarbeit sowie ein ausreichender Atemtrieb und suffiziente Schutzreflexe des Patienten. Zudem darf das Aspirationsrisiko nicht relevant erhöht sein.

Als **absolute Kontraindikationen** werden in der aktuellen S3-Leitlinie [1] entsprechend eine

- fehlende Spontanatmung oder Schnappatmung,
 - eine fixierte oder funktionelle Verlegung der Atemwege,
 - gastrointestinale Blutungen sowie
 - das Vorliegen eines Ileus und
 - das nicht hyperkapnisch bedingte Koma
- aufgeführt.

Als **relative Kontraindikationen** gelten

- das hyperkapnisch bedingte Koma,
- massive Agitation,
- massiver Sekretverhalt trotz Bronchoskopie,
- eine schwergradige Hypoxämie oder Azidose mit einem $\text{pH} < 7,1$,
- hämodynamische Instabilität (kardiogener Schock und Myokardinfarkt) sowie
- eine anatomische bzw. subjektive Interface-Inkompatibilität.

Nasale High-Flow (NHF)-Sauerstofftherapie

Die NHF-Sauerstofftherapie ist keine maschinelle Beatmung im eigentlichen Sinne, stellt aber inzwischen in ausgewählten klinischen Situationen eine relevante Alternative sowohl zur konventionellen Sauerstoffgabe als auch zur NIV-Therapie dar [12].

Technisch gesehen werden bis zu 60 l/min eines angewärmten und befeuchteten Gasegemisches mit variablem Sauerstoffanteil über spezielle Nasenbrillen verabreicht. Es lässt sich leicht nachvollziehen, dass die NHF-Sauerstofftherapie damit ein für den Patienten sehr komfortables und angenehmes Verfahren darstellt.

Welche Mechanismen allerdings für die klinisch häufig beobachtete Verbesserung der Gasaustauschfunktion entscheidend sind, bleibt allerdings bis heute unklar:

- So ist für die kurzfristigen positiven Effekte auf die Oxygenierung möglicherweise allein schon die zumindest im Vergleich zur konventionellen Sauerstofftherapie **effektivere Erhöhung der inspiratorischen Sauerstofffraktion** von Bedeutung.

- Gleichzeitig kommt es wahrscheinlich durch **Auswaschen des anatomischen Totraums** zu einer effektiveren CO_2 -Elimination.
- Zudem wird spekuliert, ob der hohe inspiratorische Fluss einen zumindest minimalen **kontinuierlichen Atemwegsdruck** aufbaut, der im Sinne einer Rekrutierung atelektatischer Lungenareale wirkt.
- Langfristig positiv wirkt sich schließlich mit Sicherheit eine **Verbesserung und Aufrechterhaltung der mukoziliären Clearance** durch die effektive Erwärmung und Befeuchtung des Atemgases aus.

Für die Einstellung der Therapie wird empfohlen, zunächst eine FiO_2 von 1,0 und den vom Patienten maximal tolerierten inspiratorischen Fluss wählen [12]. Die FiO_2 soll dann entsprechend der arteriellen Sauerstoffsättigung angepasst werden, während sich die Einstellung des Inspirationsflusses weiter vor allem am subjektiven Befinden des Patienten und dem Ausmaß der Reduktion der Dyspnoe orientieren soll. Bei Stabilisierung des Patienten wird zunächst eine Reduktion der FiO_2 auf bis zu 0,5 und danach eine Reduktion des Flusses auf bis zu 20 l/min empfohlen. Bei Erreichend dieser Grenzwerte kann die Therapie beendet werden.

Für den Einsatz der NHF-Sauerstofftherapie liegen klinische Studienergebnisse bislang vor allem für das hypoxische Lungenversagen in der postoperativen Phase vor, weshalb hier ein entsprechender Therapieversuch empfohlen werden kann [13].

Dies gilt insbesondere, wenn sich NIV auf Grund anatomischer Gegebenheiten oder auf Grund unzureichender Toleranz des Patienten nicht einsetzen lässt. Da eine relevante Reduktion der Atemarbeit im Rahmen der NHF-Sauerstofftherapie nicht zu erwarten ist, kann der Einsatz bei primär hyperkapnischem respiratorischen Versagen hingegen bislang nicht empfohlen werden.

In der S3-Leitlinie [1] finden sich in diesem Kontext die Empfehlungen,

- bei Patienten mit **mildem oder moderatem akutem Lungenversagen** ($\text{PaO}_2/\text{FiO}_2 = 100\text{--}300$ mmHg) unter kontinuierlichem Monitoring und ständiger Intubationsbereitschaft einen Therapieversuch mit High-Flow-Sauerstofftherapie durchzuführen,
- alternativ zur NIV bei **akuter hypoxämischer respiratorischer Insuffizienz nach kardiochirurgischen Eingriffen** einen Therapieversuch mit High-Flow-Sauerstofftherapie durchzuführen,
- und alternativ zur NIV bei **immunsupprimierten Patienten mit akuter hypoxämischer respiratorischer Insuffizienz** einen Therapieversuch mit High-Flow-Sauerstofftherapie durchzuführen.

Fazit für die Praxis

In der klinischen Praxis gehört der Einsatz von NIV bei Vorliegen einer hyperkapnischen respiratorischen Insuffizienz und bei kardiogenem Lungenödem zur Standardtherapie. Auch bei hypoxischem Lungenversagen kann ein Therapieversuch erwogen werden, allerdings ist die Effektivität begrenzt. Die Stärke der NIV liegt hier weniger in der aktiven Rekrutierung, sondern eher in der Vermeidung einer Atelektasenbildung im Sinne einer Prophylaxe bei Risikopatienten, zum Beispiel bei Adipositas.

Unter Berücksichtigung der Kontraindikationen wird im intensivmedizinischen Bereich meist druckunterstützte Spontanatmung eingesetzt, neuere Spontanatmungsverfahren sind klinisch nicht etabliert. Entscheidend für den Erfolg der Behandlungsstrategie ist der frühzeitige Beginn und rechtzeitige Abbruch nach spätestens 2 Stunden ohne Verbesserung der klinischen Symptomatik.

Die NHF-Sauerstofftherapie stellt bei moderatem hypoxischen Lungenversagen eine mögliche Alternative zur NIV dar. Insbesondere bei unzureichender Toleranz für die NIV und Problemen der Anpassung einer NIV-Maske mit hoher Leckage ist das Verfahren inzwischen eine wertvolle Ergänzung der Therapieoptionen.

Literatur

1. Nichtinvasive Beatmung als Therapie der akuten respiratorischen Insuffizienz. AWMF online 2015, <http://www.awmf.org/leitlinien/detail/II/020-004.html>
2. Kohlenberg A, Schwab F, Behnke M, Geffers C, Gastmeier P: Pneumonia associated with invasive and noninvasive ventilation: an analysis of the German nosocomial infection surveillance system database. *Intensive Care Med* 2010;36:971–978
3. Kuhn BT, Bradley LA, Dempsey TM, Puro AC, Adams JY: Management of Mechanical Ventilation in Decompensated Heart Failure. *J Cardiovasc Dev Dis* 2016;3(4). DOI: 10.3390/jcdd3040033
4. Patel BK, Wolfe KS, Pohlman AS, Hall JB, Kress JP: Effect of Noninvasive Ventilation Delivered by Helmet vs Face Mask on the Rate of Endotracheal Intubation in Patients With Acute Respiratory Distress Syndrome: A Randomized Clinical Trial. *JAMA* 2016;315:2435–2441
5. Schmidt M, Kindler F, Cecchini J, et al: Neurally adjusted ventilatory assist and proportional assist ventilation both improve patient-ventilator interaction. *Crit Care* 2015;19:56
6. Longhini F, Pan C, Xie J, et al: New setting of neurally adjusted ventilatory assist for noninvasive ventilation by facial mask: a physiologic study. *Crit Care* 2017;21:170
7. Petrof BJ, Legare M, Goldberg P, Milic-Emili J, Gottfried SB: Continuous positive airway pressure reduces work of breathing and dyspnea during weaning from mechanical ventilation in severe chronic obstructive pulmonary disease. *Am Rev Resp Dis* 1990;141:281–289
8. Gregoretti C, Pisani L, Cortegiani A, Ranieri VM: Noninvasive ventilation in critically ill patients. *Crit Care Clin* 2015;31:435–457
9. Ferrer M, Esquinas A, Arancibia F, et al: Noninvasive ventilation during persistent weaning failure: a randomized controlled trial. *Am J Resp Crit Care Med* 2003;168:70–76
10. Girault C, Bubenheim M, Abroug F, et al: Noninvasive ventilation and weaning in patients with chronic hypercapnic respiratory failure: a randomized multicenter trial. *Am J Resp Crit Care Med* 2011;184:672–679
11. S3-Leitlinie Invasive Beatmung und Einsatz extrakorporaler Verfahren bei akuter respiratorischer Insuffizienz. AWMF online 2017, <http://www.awmf.org/leitlinien/detail/II/001-021.html>
12. Roca O, Hernandez G, Diaz-Lobato S, Carratala JM, Gutierrez RM, Masclans JR: Current evidence for the effectiveness of heated and humidified high flow nasal cannula supportive therapy in adult patients with respiratory failure. *Crit Care* 2016;20:109
13. Frat JP, Thille AW, Mercat A, et al: High-flow oxygen through nasal cannula in acute hypoxemic respiratory failure. *The N Engl J Med* 2015; 372(23):2185-2196.

Korrespondenzadresse

Prof. Dr. med. Rolf Dembinski

Klinik für Intensivmedizin und
Notfallmedizin

Klinikum Bremen Mitte
St. Jürgen-Straße 1
28177 Bremen, Deutschland

Tel.: 0421 497-5316

Fax: 0421 497-3325

E-Mail: rolf.dembinski@klinikum-bremen-mitte.de