

Nichtinvasive Beatmung

Nichtinvasive Beatmung („non-invasive ventilation“, NIV) wurde erstmals in den 30er-Jahren des letzten Jahrhunderts bei Patienten mit akuter respiratorischer Insuffizienz durchgeführt. NIV ist ein Therapieverfahren, bei dem Beatmung ohne die Anwendung eines endotrachealen Tubus und ohne Analgosedierung des Patienten durchgeführt werden kann. Der Beatmungszugang ist in den meisten Fällen eine Maske, die druckdicht vor dem Mund bzw. der Nase des Patienten platziert wird (Abb. 1). Dieser Beitrag bietet einen kurzen Überblick über pathophysiologische Hintergründe, häufige Indikationen und die Grenzen der Methode sowie über technische Details von Masken und Beatmungsgeräten.

Pathophysiologie der respiratorischen Insuffizienz

Grundsätzlich können zwei verschiedene Formen des Atmungsversagens unterschieden werden: die *Gasaustauschstörung* (Ventilations-/Perfusionsmissverhältnis) und die *Insuffizienz der Atmungspumpe* (Ventilationsversagen).

Gasaustauschstörungen sind primär durch eine Hypoxämie gekennzeichnet, und erst im fortgeschrittenen Stadium kann eine Hyperkapnie hinzutreten. Klassische Beispiele sind das Lungenödem, die Pneumonie oder das erworbene Atemnotsyndrom des Erwachsenen (ARDS). Eine Korrektur der Hypoxämie gelingt in leichten Fällen durch die Gabe von Sauerstoff über Nasensonde. Durch zusätzliche Beatmung können die im Rahmen der Grunderkrankung kollabierten Alveolen wieder rekrutiert werden. Der Inspirationsdruck soll die Alveolen eröffnen, der

Expirationsdruck ein erneutes Kollabieren verhindern.

Die Ursache einer Ventilationsstörung ist in erster Linie die Erschöpfung der Atmungsmuskelpumpe (Zwerchfell, Interkostalmuskeln, Atemhilfsmuskulatur). Leitsymptome sind eine nur mittelgradig ausgeprägte Hypoxämie und eine deutliche Hyperkapnie. Der gesunde Mensch benötigt in Ruhe nur etwa 1% der maximal zur Verfügung stehenden Kraft der Atmungsmuskulatur, um einen durchschnittlichen Atemzug zu durchzuführen. Selbst unter Belastung steigt dieser Bedarf auf maximal 5 bis 7%. Auch bei maximaler körperlicher Anstrengung wird die Leistungsreserve der Atmungsmuskulatur nicht erreicht [14]. Liegt jedoch krankheitsbedingt eine Schwäche der Muskulatur vor, kann die maximale Belastbarkeit auch im Ruhezustand überschritten werden. Zunächst versucht der Organismus, durch Steigerung der Atmungsfrequenz die Ventilation aufrechtzuerhalten. In fortgeschrittenen Fällen kann eine komplette Erschöpfung der Atmungspumpe jedoch nicht verhindert werden. Dann werden die Atemzüge flacher, das Atemminutenvolumen fällt, und durch dauerhafte Hypoventilation steigt der CO₂-Partialdruck [13, 15].

Die Exazerbation einer chronisch obstruktiven Bronchitis (COPD) ist ein klassisches Beispiel für ein akutes Atmungspumpenversagen. Im Rahmen einer Verschlechterung der Grunderkrankung nimmt die Obstruktion in den mittleren und kleinen Atemwegen zu. Dies behindert vor allem die Ausatmung, und der intrinsische PEEP („positive end expiratory pressure“) steigt. Es kommt zur weiteren Überblähung der Lunge, und durch die Änderung der Zwerchfellposition verschlechtert sich die Effektivität der Muskulatur zusätzlich [16, 24]. Ein ähnlicher

Mechanismus kann zum Scheitern der Entwöhnung bei langzeitbeatmeten Patienten („Weaning“) oder zum respiratorischen Versagen nach Extubation führen.

Weitere Beispiele für Erkrankungen, die mit einem chronischen Atmungspumpenversagen einhergehen können, sind neurodegenerative und neuromuskuläre Erkrankungen, schwere Wirbelsäulendeformitäten sowie Erkrankungen der Thoraxwand (vgl. unten). Die Therapie dieser Störungen liegt in erster Linie in der Wiederherstellung einer ausreichenden Ventilation. Gleichzeitig soll der überlasteten Atmungsmuskelpumpe während der mechanischen Beatmung die Möglichkeit zur Erholung gegeben werden. Beide therapeutischen Ziele sind durch invasive, jedoch auch durch nichtinvasive Beatmung erreichbar [2].



Abb. 1 ▲ Nichtinvasive Beatmung. Der Beatmungszugang ist in den meisten Fällen eine Maske, die druckdicht vor dem Mund bzw. der Nase des Patienten platziert wird

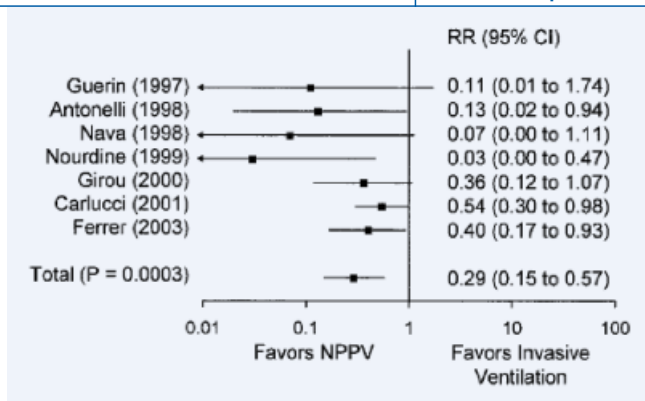


Abb. 2 ◀ Zusammenstellung der relativen Risiken für beatmungsassoziierte Pneumonie bei Patienten mit nichtinvasiver Beatmung (NPPV) bzw. invasiver Beatmung mittels endotrachealer Intubation. *RR* relatives Risiko; *CI* confidence interval. (Aus [12])

Infektiologische Aspekte

Durch NIV sollen dem Patienten die Belastung und die Komplikationen einer endotrachealen Intubation erspart werden. Wichtigste Komplikation ist der Erwerb einer beatmungsassoziierten Pneumonie mit nosokomialen Problemkeimen. Die Häufigkeit solcher Pneumonien wurde in mehreren klinischen Studien untersucht (▣ **Abb. 2**) und scheint bei NIV erheblich niedriger als bei intubierten Patienten zu liegen. Heute ist allgemein akzeptiert, dass nosokomiale Pneumonien bei intubierten Patienten hauptsächlich durch „stille“ Aspiration kontaminierter Sekrete aus dem Hypopharynx verursacht werden. Diese Art der Keimverlagerung in die Lunge findet bei NIV nicht statt. NIV erfolgt an wachen Patienten mit ausreichendem Schluck- und Würgereflex, womit die Gefahr einer chronischen Aspiration vermieden werden kann. Demgegenüber scheinen pathogene Keime, die mit den Beatmungsgasen in die Lunge transportiert werden, bei allen Beatmungsverfahren nur eine untergeordnete Rolle zu spielen [9, 10, 22].

Technik

Auch unter optimalen technischen Bedingungen geht die nichtinvasive Beatmung eines Patienten immer mit einem erheblichen Verlust an Inspirationsvolumen einher. Unerwünschte Undichtigkeiten (Luftleckagen) entstehen an der Kontaktfläche zwischen Maske und Patientenhaut und können durch Verrutschen der Maske ein erhebliches Ausmaß annehmen.

⦿ Undichte Masken können die Effektivität der nichtinvasiven Beatmung erheblich beeinträchtigen

Damit kann die Effektivität der Beatmungstherapie deutlich verschlechtert werden. Moderne Beatmungsgeräte (vgl. unten) können kleine bis mittlere Leckagen durch eine entsprechende Erhöhung des Beatmungsgasflusses ausgleichen [16].

Masken

Die Maske („Interface“) stellt die druckdichte Verbindung zwischen Beatmungsgerät und Patient her. Die Maske wird auf der Körperoberfläche vor Mund und/oder Nase platziert und mit Haltebändern gegen Verrutschen gesichert. Sie soll sich möglichst genau den Konturen des Gesichts anpassen, damit Undichtigkeiten vermieden werden können. Die Masken bestehen fast immer aus einem transparenten Maskenkörper aus Hart-PVC und weichen Auflagelippen aus Silikon. Diese Silikonlippen haben oft zusätzlich einen „Flap“, womit eine dünne Silikonmembran am inneren Rand der Maske gemeint ist, die sich durch den Beatmungsdruck auf die Haut auflegt und dadurch zusätzlich Leckagen verhindert.

Die Konzeption der meisten Beatmungsgeräte sieht ein passives, patientennahes Abströmen der Ausatemluft vor. Dazu muss die Maske entweder über ein im Maskenkörper integriertes Ausatemventil verfügen, oder es muss ein passives Ausatemventil zwischen Beatmungsschlauch und Maske eingesetzt werden (▣ **Abb. 3**).



Abb. 3 ▲ Um die Ausatemluft in die Umgebung abzugeben, muss ein zusätzliches Ausatemventil in das Beatmungssystem integriert werden

Nasenmasken. Voraussetzung für eine suffiziente Beatmung mit einer Nasenmaske (▣ **Abb. 4a**) ist die Vermeidung von Luftleckagen durch den geöffneten Mund. Dieses Phänomen kann vor allem im Schlaf auftreten und wird dann von einigen Patienten gar nicht bemerkt. Luftleckagen durch den Mund können im Schlaf Mikro-Arousal verursachen und durch den Verlust des Atemzugvolumens die Wirkung der Beatmung erheblich abschwächen [29].

Mund-Nasen-Masken. Ähnliche Charakteristika wie Nasenmasken weisen Mund-Nasen-Masken (▣ **Abb. 4b**) auf. Durch ihre größere Bauform haben sie einen größeren Totraum, was im klinischen Alltag aber vernachlässigt werden kann. Mund-Nasen-Masken bergen ein höheres Risiko für Läsionen der Gesichtshaut. Die Hautpartie im Bereich des Nasenrückens oder der Nasenwurzel ist häufig gefährdet. Dieses Problem konnte in den letzten Jahren durch ein verbessertes Maskendesign deutlich vermindert werden. Voraussetzung ist jedoch, dass die Haltebänder korrekt angelegt werden und übermäßiger Anpressdruck vermieden wird.

Full-Face-Masken (Total-Face-Masken, Tellermasken). Die Full-Face-Maske (▣ **Abb. 5**) besteht aus einem ovalen, transparenten Maskenkörper, der etwa die Größe des Patientengesichts hat. Der Mas-



Abb. 4 a, b ▲ Masken bestehen fast immer aus einem transparenten Maskenkörper aus Hart-PVC und weichen Auflagelippen aus Silikon oder so genannten Gel-Kissen. **a** Nasenmaske, **b** Mund-Nasen-Masken

kenkörper liegt mit bis zu 5 cm breiten Silikonlippen auf der Haut des Patienten auf und wird durch vier breite Haltebänder sicher fixiert. Die große Auflagefläche der Silikonlippen verhindert Luftleckagen fast vollständig. Andererseits wird die große Kontaktfläche zwischen Silikonlippen und Haut von stark schwitzenden Patienten als unangenehm empfunden. In den meisten Beatmungszentren ist die Full-Face-Maske nicht das Interface der ersten Wahl. Sie kommt bei Problemen mit Mund-Nasen-Masken oder bei eingetretenen Läsionen im Bereich der Gesichtshaut zum Einsatz, wenn damit ein vorgeschädigtes Hautareal entlastet werden kann.

Beatmungshelm. Die jüngste Interface-Entwicklung für die nichtinvasive Beatmung ist der Beatmungshelm (■ **Abb. 6**). Dabei handelt es sich um einen transparenten Zylinder aus Weich-PVC, der über den Kopf des Patienten gestülpt wird. Kissenartige Elemente dichten den Helm im Hals- und Schulterbereich nahezu luftdicht ab. Fixiert wird der Helm durch beidseitig unter den Achseln des Patienten straff gespannte Haltebänder. Im Vergleich zu NIV mittels Mund-Nasen-Maske scheint der Helm als Interface bei der Therapie der hypoxämischen respiratorischen Insuffizienz mindestens ebenso effektiv zu sein. Die Toleranz durch die Patienten ist bei Beatmung über den Helm tendenziell sogar besser. Komplikationen wie Hautirritationen, Magenüberblähung oder Konjunktivitis treten bei Beatmung mit dem Helm seltener auf [27]. Aufgrund seines großen Totraums besteht die Gefahr einer erhöhten CO₂-Rückatmung. Nur mit dem Einsatz von Ventilatoren der

Intensivstation, die über sehr hohe Flussstärken in der Frischluftversorgung verfügen (>100 l/min), kann eine CO₂-Rückatmung aus dem Totraum des Helms vermieden werden.

Welche Maske in welcher klinischen Situation?

Für die Auswahl von Masken bei der nichtinvasiven Beatmung gibt es nur wenige Untersuchungen, die zuverlässige Anhaltspunkte für die Praxis geben könnten. Ein Vergleich zwischen unterschiedlichen Nasen- und Mund-Nasen-Masken zeigte, dass mit allen Typen eine schnelle und relevante Besserung der Blutgase erzielt werden kann. Die Nasenmasken wurden von allen befragten Patienten am besten toleriert. Darüber hinaus führte die Anwendung von Mund-Nasen-Masken insgesamt zur besten Reduktion des CO₂-Partialdrucks, sodass bei akuter respiratorischer Insuffizienz die primäre Anwendung einer Mund-Nasen-Maske zu empfehlen ist. Nur wenn diese durch den Patienten nicht toleriert wird, ist ein Wechsel auf einen anderen Typ zu erwägen. Diese Ergebnisse scheinen unabhängig von der zugrunde liegenden Lungenerkrankung zu gelten [21].

Beatmungsgeräte

Prinzipiell kann mit jedem Beatmungsgerät nichtinvasiv beatmet werden. Herkömmliche Intensivrespiratoren haben jedoch den Nachteil, dass Luftleckagen im Beatmungssystem nicht toleriert werden, was sehr häufig zu akustischen Alarmen führt. Außerdem ist das doppelläufige Schlauchsystem der Intensivrespiratoren

so schwer, dass auch bei geringen Kopfbewegungen des Patienten Zugkräfte auftreten können, die zum Verrutschen der Masken führen. Inzwischen hat die Industrie die Bedeutung der nichtinvasiven Beatmung erkannt und versucht, durch neue Respiator-Software Sondermodi für NIV bereitzustellen, um die genannten Probleme in den Griff zu bekommen.

Sowohl für die Akutmedizin als auch für den Heimbeatmungsbereich sind Respiratoren erhältlich, die speziell für nichtinvasive Beatmung entwickelt wurden (■ **Abb. 7**). Sie zeichnen sich durch eine hohe Triggerempfindlichkeit und eine gute Leckagekompensation aus. Das Schlauchsystem ist leicht, da nur ein Inspirationsschlauch benötigt wird, während die Expirationluft über das passive, patientennahe Ausatemventil abgeleitet wird.

Beatmungsmodi

NIV kann als „continuous positive airway pressure“ (CPAP) oder mit Druck- oder Volumenvorgabe erfolgen.

CPAP als einfachste Form der Atmungsunterstützung kann bei Patienten mit akuter respiratorischer Insuffizienz als Folge eines Lungenödems in vielen Fällen erfolgreich angewendet werden. In klinischen Studien wurden eine Verbesserung der Blutgase, der Atmungsfrequenz, der Dyspnoe sowie ein geringerer Einsatz der Atmungshilfsmuskulatur beobachtet [4, 23].

Die Beatmung mit Druckvorgabe wird am häufigsten in Form von „pressure controlled ventilation“ (PCV) oder „pressure support ventilation“ (PSV bzw.

Tab. 1 Flussdiagramm: Modellpatient mit infektxazerbierter, schwerer COPD, schwerer Hypoxämie und Hyperkapnie; keine Kontraindikationen

Pressure support ventilation (PSV) Ersteinstellung: Pi 15 mbar; Pe 5 mbar, kurze Druckanstiegszeit (0,1 s) Mindestfrequenz knapp unter der Eigenatemfrequenz (also assistierte Beatmung) als Eingewöhnungsphase, Sauerstoffeinspeisung (nach Sättigung, 3–5 l/min)
↓ nach 5 bis 10 Minuten
Steigerung des Inspirationsdrucks in therapeutische Bereiche: 20 bis 25 mbar
↓ bei Abnahme der Tachypnoe
Reduktion der eingestellten Mindestfrequenz knapp unter die Eigenatemfrequenz (also Beibehaltung assistierter Beatmung)
↓
Assessment nach 15 min: Wenn keine Besserung der Oxygenierung erreichbar: Steigerung des Pe auf 6 bis 8 mbar; wenn keine Reduktion der Hyperkapnie erreichbar: Steigerung des Pi auf max. 30 mbar
↓
Weitere Assessments mit Blutgaskontrollen anfangs alle 30 Minuten, bei Konsolidierung alle 60 Minuten; ggf. Anpassung der Beatmungsparameter
↓ Stabilisierung des Patienten
Beatmungspause von 10 bis 15 min für pflegerische Maßnahmen
↓
Weitere Beatmung in 2-Stunden-Zyklen mit zunehmend langen Beatmungspausen, abhängig von der klinischen Situation des Patienten. Ggf. Umstellung auf kontrollierte Beatmung versuchen
Pi Inspirationsdruck; Pe Expirationsdruck

Tab. 2 Kontraindikationen für NIV

· Aspirationsgefahr (insuffizienter Schluck- und/oder Würgereflex) · Kardiale/zirkulatorische Insuffizienz, kardiogener Schock · Schwere Herzrhythmusstörungen · Delirante/agitierte Zustände · Läsionen der Gesichtshaut (durch Fehlbildungen bzw. durch frühere falsche Maskenapplikation)
· Nichttolerieren bzw. Ablehnung durch den Patienten

BiPAP[®]) durchgeführt. Bei beiden Beatmungsmodi erfolgt in Abhängigkeit von der spontanen In- und Expiration ein Wechsel von einem Ausatemungsdruckniveau (PEEP oder CPAP) zu einem oberen Druckniveau. Das erzielte Atemzugvolumen schwankt von Atemzug zu Atemzug. Bei PCV kann (in Abwesenheit von Spontanatmung) die Atemfrequenz und das Inspirations-Expirations-Verhältnis vom Therapeuten festgelegt werden. PSV wird vollständig vom Patienten getriggert. Der Wechsel von der In- zur Expiration wird durch die Atemluftflussstärke des Patienten bestimmt. Die Beatmungsmodi PCV und PSV werden mit einer Mindestatemfrequenz hinterlegt. Solange die Spontanatemfrequenz des Patienten höher ist als die hinterlegte Mindestfrequenz, erfolgt assistierte Beatmung. Fällt die Spontanatemfrequenz darunter, wird der Patient mit der Mindestfrequenz und den eingestellten Beatmungsdrücken kontrolliert beatmet. Bei assistierter Beatmung soll durch sensitive Triggereinstellung versucht wer-

den, die Reaktionszeit des Beatmungsgerätes zu optimieren, um dadurch den Patientenanteil an der Atemungsarbeit möglichst gering zu halten [3, 5].

NIV kann auch mit Volumenvorgabe durchgeführt werden. Aufgrund der fast immer vorhandenen Leckagen im Beatmungssystem kann ein beträchtlicher Teil des vorgewählten Volumens verloren gehen. Maskenleckagen kommen bei volumengesteuerter Beatmung sogar häufiger vor, weil der Druck so lange vom Beatmungsgerät gesteigert wird, bis das Zielvolumen abgegeben wurde. Aus dem gleichen Grund besteht die Gefahr von Aërophagie mit Überdehnung des Magens und von Hautnekrosen durch übermäßigen Maskenanpressdruck. Andererseits ist Volumenvorgabe vorteilhaft, wenn die Compliance des Thorax-Lungen-Systems häufig wechselt [28].

Eine Sonderstellung nimmt „proportional assist ventilation“ (PAV) ein. Bei diesem Beatmungsmodus werden sowohl der Druck als auch das Volumen von Atemzug zu Atemzug an die individuellen Bedürf-

Internist 2006 · 47:917–928
DOI 10.1007/s00108-006-1684-x
© Springer Medizin Verlag 2006

T. Köhnlein · T. Welte
Nichtinvasive Beatmung

Zusammenfassung

Nichtinvasive Beatmung bezeichnet ein Beatmungsverfahren, das ohne invasiven Beatmungszugang, d. h. ohne endotracheale Intubation und ohne Analgosedierung des Patienten durchgeführt werden kann. Mit Hilfe von druckdichten Masken und anderen Interfaces können Patienten mit schwerer respiratorischer Insuffizienz beatmet werden. Nichtinvasive Beatmung ist sowohl als Kurzzeitmaßnahme bei akutem Atemversagen als auch für die langfristige, intermittierende Selbstbeatmung zu Hause geeignet. Die klassischen Anwendungsbereiche sind das hypoxämische respiratorische Versagen bei kardial bedingtem Lungenödem oder Pneumonie und das hyperkapnische ventilatorische Versagen bei chronisch obstruktiver Bronchitis, neuromuskulären Erkrankungen oder schweren Kyphoskoliosen. Dieser Beitrag diskutiert die physiologischen Grundlagen, die Technik und praktische Durchführung der nichtinvasiven Beatmung bei den wichtigsten Krankheitsbildern.

Schlüsselwörter

Nichtinvasive Beatmung · Respiratorische Insuffizienz · Ventilatorische Insuffizienz · Maske · Respirator

Non-invasive ventilation

Abstract

Non-invasive ventilation is a technique to ventilate patients without endotracheal intubation and analgosedation. Pressure tight masks allow the ventilation of patients with severe respiratory or ventilatory insufficiency. Non-invasive ventilation may be used as short-term treatment for patients with acute ventilatory decompensation, as well as for long-term therapy at home for patients with chronic respiratory diseases. The typical indications are hypoxaemic respiratory failure in pneumonia or cardiogenic pulmonary edema, and hypercapnic ventilatory insufficiency in severe chronic obstructive pulmonary disease, neuromuscular disorders, or advanced kyphoscoliosis. The physiological background, technical aspects of performing non-invasive ventilation, and typical indications are discussed.

Keywords

Non-invasive ventilation · Respiratory insufficiency · Ventilatory insufficiency · Mask · Respirator



Abb. 5 ◀ Full-Face-Maske (Total-Face-Maske, Tellermaske)



Abb. 7 ◀ Sowohl für die Akutmedizin als auch für den Heimbeatmungsbereich sind Beatmungsgeräte erhältlich, die speziell für nichtinvasive Beatmung entwickelt wurden

nisse des Patienten angepasst [32]. Abgesehen von einigen kleineren klinischen Studien ist der Stellenwert von PAV bis heute nicht eindeutig definiert worden.

Überwachung des Patienten

Die Überwachung des Patienten durch medizinisches Personal und durch technische Einrichtungen (Monitoring) richtet sich in erster Linie nach dem Schweregrad der Erkrankung. Auch unter Minimalbedingungen müssen die Parameter Atemfrequenz, kontinuierliche Messung der Sauerstoffsättigung, Blutdruck, Puls, Vigilanz und klinischer Zustand des Patienten überwacht werden. Blutgasmessungen müssen kurzfristig verfügbar sein [17]. Patienten mit schweren respiratorischen, metabolischen oder hämodynamischen Beeinträchtigungen müssen ein erweitertes Monitoring mittels zentralem Venenkatheter und arteriellem Zugang erhalten [1].

Klinische Anwendung

Die wichtigsten Indikationen zur Anwendung von nichtinvasiver Beatmung bei akuter Luftnot sind die Exazerbation der

chronisch obstruktiven Bronchitis, das akute kardiogen bedingte Lungenödem und die respiratorische Insuffizienz im Rahmen der Entwöhnung von invasiver Beatmung (vgl. **Tab. 1**).

Akut exazerbierte COPD. Der frühzeitige Einsatz von NIV kann bei Patienten mit akut exazerbierter, hyperkapnischer COPD zu einer raschen Konsolidierung der klinischen Situation beitragen. NIV ist bei diesen Patienten mit einer Reduktion der Intubationsrate, der Akutmortalität, der Beatmungsdauer und der Krankenhausaufenthaltsdauer assoziiert. Voraussetzung ist die Applikation hoher Atemminutenvolumina. Atemfrequenz und Atemzugvolumen müssen daher deutlich höher als bei anderen Indikationen gewählt werden. Zudem benötigen COPD-Patienten aufgrund ihres ausgeprägten Lufthungers hohe inspiratorische Flussraten. Als Beatmungsmodus ist PSV zu bevorzugen. Ein initialer Inspirationsdruck von 15 mbar wird innerhalb weniger Minuten auf etwa 20 bis 25 mbar gesteigert. Der Ausatemungsdruck (CPAP oder PEEP) sollte zwischen 4 und 6 mbar liegen. Die Triggersensitivität ist auf „empfindlich“ einzustellen, die Zeit



Abb. 6 ▲ Beatmungshelm

vom Beginn der Inspiration bis zur Applikation des maximalen Inspirationsdrucks (als Rampe oder Druckerstiegsflanke bezeichnet) sollte kurz, z. B. auf 0,1 s, eingestellt werden [25].

Akutes hyperkapnisches Atemversagen (nicht COPD). Klassische Beispiele für neuromuskuläre Erkrankungen, die in der Regel langsam progredient voranschreiten, jedoch bei pulmonalen Infekten eine akute Verschlechterung zeigen können, sind die progressive Muskeldystrophie (M. Duchenne), das Guillain-Barré-Syndrom, die amyotrophe Lateralsklerose und Erkrankungen aus der Gruppe der Thoraxwanderkrankungen. Dazu zählen die schwere Kyphoskoliose, ein Zustand nach ausgedehnten thoraxchirurgischen Eingriffen, und das posttuberkulöse Syndrom. Bei den genannten Erkrankungen werden kontrollierte Beatmungsmodi von den Betroffenen vergleichsweise gut toleriert. Mit kontrollierter Beatmung kann eine maximale Entlastung der Atemmuskulatur erzielt werden. Wenn das Lungenparenchym selbst nicht geschädigt ist, sind moderate Beatmungsdrücke (inspiratorisch 14–16 mbar, expiratorisch 3–5 mbar) für eine suffiziente Ventilation ausreichend. Während der Beatmung soll eine Entlastung und Erholung der Atemmuskulatur erzielt werden [19].

Asthma bronchiale. Der Status asthmaticus mit akutem respiratorischen Versagen hat pathophysiologische Gemeinsamkeiten mit einer akuten Exazerbation bei COPD. Deshalb kann angenommen werden, dass NIV auch bei Patienten mit schwerem Asthma bronchiale eingesetzt

Tab. 3 Abbruchkriterien für NIV und Indikation für invasive Beatmung

<ul style="list-style-type: none"> · Keinerlei Verbesserung respiratorischer Parameter innerhalb der ersten 15 min nach Beginn der NIV · Stagnieren der Blutgaswerte auf pathologischem Niveau über 2 h hinweg · Jede neue respiratorische Verschlechterung, die unter laufender nichtinvasiver Beatmung nicht sofort korrigierbar ist
<ul style="list-style-type: none"> · Neueintreten einer Kontraindikation (vgl. Tab. 2)

werden kann. Klinische Untersuchungen, die den Erfolg von NIV bei schwerem Asthma belegen könnten, gibt es nur als Einzelfallberichte oder als kleine Kohortenstudien mit geringer Fallzahl. Insgesamt scheint NIV machbar zu sein und mit einer schnelleren Stabilisierung der respiratorischen Funktion, einem kürzeren Aufenthalt auf der Intensivstation und einer Verbesserung des Krankheitsverlaufs einherzugehen [26].

Kardiogenes Lungenödem. Beim akuten, kardial bedingten Lungenödem beruht die therapeutische Wirkung von NIV wahrscheinlich auf der oben beschriebenen Entlastung der Atmungspumpe und der beatmungsbedingten intrathorakalen Druckerhöhung. Letztere führt zu einer kombinierten Vor- und Nachlastsenkung am Herzen. Durch den erhöhten intrathorakalen Druck und der damit verbundenen Reduzierung des venösen Rückstroms kommt es wahrscheinlich zu einer schnellen Verkleinerung der dilatierten, volumenüberfrachteten Herzhöhlen. Erste Studien mit kontinuierlichem positivem Atemwegsdruck (CPAP) von 10 mbar konnten eine deutliche Verbesserung der Hämodynamik, einen Rückgang der Intubationsrate und eine reduzierte Mortalität gegenüber einer alleinigen Therapie mit Medikamenten und Sauerstoff nachweisen. Liegt neben der Hypoxie gleichzeitig eine Hyperkapnie als Ausdruck der Erschöpfung der Atmungsmuskelpumpe vor, sollte nichtinvasiv beatmet werden. Der Beatmungsmodus mit bester Akzeptanz ist PSV, weil der Patient hierbei selbst in der Lage ist, die Atemfrequenz und das Inspirations-Expirations-Verhältnis zu bestimmen. Inspiratorische Drucke von 15 bis 20 mbar und expiratorische Drucke von 5 bis 8 mbar sind in den meisten Fällen ausreichend. Die Therapie wird aufgrund der schnellen Reduktion der Dyspnoe von der überwiegenden Anzahl der Patienten gut toleriert [20, 23].

Pneumonie. Pneumonie und beginnendes ARDS sind nach heutiger Studienlage Indikationen, bei denen eine zusätzliche NIV-Therapie hilfreich sein kann, wenn ein bestimmter Schweregrad der Erkrankung nicht überschritten wurde. Begleitendes Organversagen mit der Notwendigkeit aggressiver Kreislauftherapie macht eine Intubation erforderlich, genauso wie ein hoher intrapulmonaler Rechts-Links-Shunt als Ausdruck eines fortgeschrittenen Alveolarkollapses. Beim ARDS sind fast immer in- und expiratorische Drücke erforderlich, die sich über eine Maske, also ohne Analgosedierung, nicht applizieren lassen [30].

Weaning. Der Bereich der Beatmungsentwöhnung oder des respiratorischen Versagens nach Extubation ist derzeit ein umstrittenes Einsatzfeld für NIV. Für den Einsatz von NIV nach Extubation gibt es zwei prinzipiell unterschiedliche Strategien:

Bei der ersten Strategie wird NIV sofort nach der Extubation prophylaktisch eingesetzt, um ein respiratorisches Versagen zu verhindern. Bei abdominalen und gefäßchirurgischen Eingriffen kann von einer relevanten Reduktion der Reintubationsrate ausgegangen werden. Ähnlich positiv sind die Resultate nach herzchirurgischen, thoraxchirurgischen und neurochirurgischen Eingriffen. CPAP ist bei nichthyperkapnischen Patienten in vielen Fällen ausreichend, wobei der Druckbereich zwischen 7 und 12 mbar gewählt werden sollte. Patienten mit schwerer COPD, die klassische Extubationskriterien immer wieder verfehlten, wurden in mehreren Studien trotzdem extubiert und erfolgreich mit NIV weiterbeatmet. Durch eine Verkürzung der invasiven Beatmungsphase konnte ein erheblicher (und statistisch signifikanter) Rückgang der Mortalität, der Beatmungszeiten und der Intensivstationsaufenthaltsdauer erreicht werden [8, 18].

Alternativ kann der Patient nach der Extubation zunächst unter Spontanatmung engmaschig beobachtet werden. Kommt es zur Erschöpfung der Atmungsmuskulatur oder zur Verschlechterung der Blutgase, kann ein Therapieversuch mit NIV unternommen werden. In jüngerer Vergangenheit wurden jedoch Daten publiziert, die frühere positive Berichte über NIV als Krisenintervention bei den genannten klinischen Situationen nicht reproduzieren konnten [7].

Dauerhafte Beatmungsindikation – Überführung in Heimbeatmung.

Der Großteil der Patienten ist mit Hilfe von NIV innerhalb von wenigen Tagen respiratorisch rekompensierbar. Bei chronischer respiratorischer Insuffizienz besteht prinzipiell die Möglichkeit der langfristigen intermittierenden Selbstbeatmung im häuslichen Bereich. Heute gibt es eine Vielzahl von Beatmungsgeräten, die speziell für Heimbeatmungspatienten entwickelt wurden. Für eine detaillierte Beschreibung der Heimbeatmung sei auf Hein et al. [11] verwiesen.

Kontraindikationen

Sichere Kontraindikationen für eine Maskenbeatmung liegen dann vor, wenn der Patient nicht kooperationsfähig ist. Dies gilt bei agitierten Zuständen genauso wie bei soporösen oder komatösen Patienten. Die Husten- und Schluckreflexe müssen erhalten sein, um Aspiration zu vermeiden. Im Gegensatz zur invasiven Beatmung über einen geblockten Oro-Tracheal-Tubus oder eine geblockte Trachealkanüle stellt die nichtinvasive Beatmung mittels Masken keine Sicherung der oberen Atemwege dar.

Weitere Kontraindikationen für NIV sind die hämodynamische Instabilität, der kardiogene Schock sowie maligne Herzrhythmusstörungen, die kurzfristig zur Kardioversion oder Defibrillation führen können (vgl. [Tab. 2](#)).

Fehlerquellen und Grenzen

Mögliche Fehlerquellen bei der Applikation von NIV müssen bekannt sein, und feste Abbruchkriterien sollten definiert

werden (■ Tab. 3). Die Sauerstoffsättigung ist der am schnellsten zu bestimmende Parameter. Kommt es nach Beginn der NIV nicht innerhalb weniger Minuten zum Ansteigen der Sauerstoffsättigung, müssen die Indikation und die verwendete Technik kritisch überprüft werden. Weitere häufige Probleme sind große Luftleckagen und eine unzureichende Synchronisation zwischen Patient und Beatmungsgerät.

— Sind alle methodischen Fehler ausgeschlossen und bessert sich der Zustand des Patienten innerhalb der ersten 10–15 min nicht, sollte auf invasive Beatmung gewechselt werden.

Gleiches gilt bei jeder erneuten Verschlechterung im Laufe der NIV, die nicht kurzfristig durch eine Änderung der Beatmungseinstellung korrigiert werden kann [31].

Nichtinvasive Beatmung ist nicht als Ersatz, sondern als Ergänzung zu invasiven Beatmungsverfahren anzusehen. Aktuelle Untersuchungen aus ausgewählten europäischen Intensivstationen zeigen, dass bei Patienten mit Indikation zur Respiratortherapie die NIV in 16% aller Fälle als First-Line-Therapie eingesetzt wurde. Über 60% konnten erfolgreich mit NIV therapiert werden, knapp 40% wurden später intubiert. Deshalb darf nichtinvasive Beatmung als Maßnahme bei akuter respiratorischer Insuffizienz nur dort eingesetzt werden, wo auch die Möglichkeiten zur Intubation und invasiven Beatmung verfügbar sind [6].

Weiterführende Informationen

Bücher:

- Becker HF, Schönhofer B, Buchardi H (2005) Nicht-invasive Beatmung. Thieme, Stuttgart
- Schönhofer B, Kühlen R (erscheint voraussichtlich 2006) Nicht-invasive Beatmung. Uni-Med, Bremen

Internetadressen:

- [http://www.dgsm.de\(Masken\)](http://www.dgsm.de(Masken))
- <http://www.heimbeatmung.de>
- [http://www.pneumologie.de\(Physiologische Grundlagen und weiterführende Links\)](http://www.pneumologie.de(Physiologische Grundlagen und weiterführende Links))

Fazit für die Praxis

Die nichtinvasive Beatmung erfolgt am wachen Patienten ohne die Verwendung eines endotrachealen Tubus. Mit Hilfe von druckdichten Masken und ähnlichen Interfaces können ausgewählte Patienten mit respiratorischer Insuffizienz sicher beatmet werden. NIV ist sowohl als Kurzzeitmaßnahme bei akuter Verschlechterung einer vorbestehenden Lungenerkrankung als auch für die langfristige, intermittierende Selbstbeatmung zu Hause geeignet. Die klassischen Beatmungsindikationen sind das hypoxämische respiratorische Versagen bei kardial bedingtem Lungenödem und das hyperkapnische ventilatorische Versagen bei COPD, neuromuskulären Erkrankungen oder schweren Kyphoskoliosen. Für den Einsatz in der Beatmungsentwöhnung und beim respiratorischen Versagen nach Extubation liegen widersprüchliche Daten vor, sodass gegenwärtig keine eindeutige Empfehlung gegeben werden kann. Kontraindikationen für NIV sind der mitarbeitungsunfähige Patient, fehlender Husten- oder Schluckreflex, ausgeprägter Sekretverhalt, die kardio-zirkulatorische Instabilität und maligne Herzrhythmusstörungen.

Korrespondierender Autor

Dr. T. Köhnlein

Medizinische Hochschule Hannover, Abteilung Pneumologie
Carl-Neuberg-Straße 1, 30625 Hannover
thomas.koehnlein@web.de

Interessenkonflikt. Es besteht kein Interessenkonflikt. Der korrespondierende Autor versichert, dass keine Verbindungen mit einer Firma, deren Produkt in dem Artikel genannt ist, oder einer Firma, die ein Konkurrenzprodukt vertreibt, bestehen. Die Präsentation des Themas ist unabhängig und die Darstellung der Inhalte produktneutral.

Literatur

1. American Thoracic Society (2001) International consensus conferences in intensive care medicine: noninvasive positive pressure ventilation in acute respiratory failure. *Am J Respir Crit Care Med* 163: 283–291
2. Antonelli M, Conti G, Rocco M et al. (1998) A comparison of noninvasive positive-pressure ventilation and conventional mechanical ventilation in patients with acute respiratory failure. *N Engl J Med* 339: 429–435

3. Aslanian P, El Atrous S, Isabey D et al. (1998) Effects of flow triggering on breathing effort during partial ventilatory support. *Am J Respir Crit Care Med* 157: 135–143
4. Bersten AD, Holt AW, Vedig AE et al. (1991) Treatment of severe cardiogenic pulmonary edema with continuous positive airway pressure delivered by face mask. *N Engl J Med* 325: 1825–1830
5. Calderini E, Confalonieri M, Puccio PG et al. (1999) Patient-ventilator asynchrony during noninvasive ventilation: the role of expiratory trigger. *Intensive Care Med* 25: 662–667
6. Carlucci A, Richard JC, Wysocki M et al., SRLP Collaborative Group on Mechanical Ventilation (2001) Noninvasive versus conventional mechanical ventilation: an epidemiologic survey. *Am J Respir Crit Care Med* 163: 874–880
7. Esteban A, Frutos-Vivar F, Ferguson ND et al. (2004) Noninvasive positive-pressure ventilation for respiratory failure after extubation. *N Engl J Med* 350: 2452–2460
8. Ferrer M, Esquinas A, Arancibia F et al. (2003) Noninvasive ventilation during persistent weaning failure: a randomized controlled trial. *Am J Respir Crit Care Med* 168: 70–76
9. Girou E, Schortgen F, Delclaux C et al. (2000) Association of noninvasive ventilation with nosocomial infections and survival in critically ill patients. *JAMA* 284: 2361–2367
10. Guerin C, Girard R, Chemorin C et al. (1997) Facial mask noninvasive mechanical ventilation reduces the incidence of nosocomial pneumonia: a prospective epidemiological survey from a single ICU. *Intensive Care Med* 23: 1024–1032
11. Hein H, Rasche K, Wiebel M et al., Arbeitsgemeinschaft Heimbeatmung und Respiratorentwöhnung e. V. (2006) Empfehlungen für Heim- und Langzeitbeatmung. *Med Klin* 101: 148–152
12. Hess DR (2004). The evidence for noninvasive positive-pressure ventilation in the care of patients in acute respiratory failure: a systematic review of the literature. *Respir Care* 49: 810–829
13. Juan G, Calverley P, Talamo C et al. (1984) Effect of carbon dioxide on diaphragmatic function in human beings. *N Engl J Med* 310: 874–879
14. Laier-Groeneveld G, Criée HP (1995) Die Atempumpe. Thieme, Stuttgart New York
15. Laier-Groeneveld G (2005) Pathophysiologie. In: Becker HF, Schönhofer B, Buchardi H (Hrsg) Nicht-invasive Beatmung. Thieme, Stuttgart, 535–49.
16. Mehta S, Hill NS (2001) Noninvasive ventilation: state of the art. *Am J Respir Crit Care Med* 163: 540–577
17. Nava S, Evangelisti I, Rampulla C et al. (1997) Human and financial costs of noninvasive mechanical ventilation in patients affected by COPD and acute respiratory failure. *Chest* 111: 1631–1638
18. Nava S, Ambrosino N, Cini E et al. (1998) Noninvasive mechanical ventilation in the weaning of patients with respiratory failure due to chronic obstructive pulmonary disease: a randomized, controlled trial. *Ann Intern Med* 128: 721–728
19. Nava S, Compagnoni ML (2000) Noninvasive mechanical ventilation in hypercapnic respiratory failure: evidence-based medicine. *Monaldi Arch Chest Dis* 55: 345–347
20. Nava S, Carbone G, DiBattista N et al. (2003) Noninvasive ventilation in cardiogenic pulmonary edema: a multicenter randomized trial. *Am J Respir Crit Care Med* 168: 1432–1437

21. Navalesi P, Fanfulla F, Frigerio P et al. (2000) Physiologic evaluation of noninvasive mechanical ventilation delivered with three types of masks in patients with chronic hypercapnic respiratory failure. *Crit Care Med* 28: 1785–1790
22. Nouridine K, Combes P, Carton MJ et al. (1999) Does noninvasive ventilation reduce the ICU nosocomial infection risk? A prospective clinical survey. *Intensive Care Med* 25: 567–573
23. Pang D, Keenan SP, Cook DJ et al. (1998) The effect of positive pressure airway support on mortality and the need for intubation in cardiogenic pulmonary edema: a systematic review. *Chest* 114: 1185–1192
24. Pauwels RA, Buist AS, Calverley PM et al., GOLD Scientific Committee (2001) Global strategy for the diagnosis, management, and prevention of chronic obstructive pulmonary disease. NHLBI/WHO Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease (GOLD) Workshop summary. *Am J Respir Crit Care Med* 163: 1256–1276 und <http://www.goldcopd.com>
25. Ram FS, Picot J, Lightowler J et al. (2004) Non-invasive positive pressure ventilation for treatment of respiratory failure due to exacerbations of chronic obstructive pulmonary disease. *Cochrane Database Syst Rev* CD004104
26. Ram F, Wellington S, Rowe B et al. (2005) Non-invasive positive pressure ventilation for treatment of respiratory failure due to severe acute exacerbations of asthma. *Cochrane Database Syst Rev* CD004360
27. Rocco M, Dell'Utri D, Morelli A et al. (2004) Noninvasive ventilation by helmet or face mask in immunocompromised patients: a case-control study. *Chest* 126: 1508–1515
28. Schönhofer B, Sonneborn M, Haidl P et al. (1997) Comparison of two different modes for noninvasive mechanical ventilation in chronic respiratory failure: volume versus pressure controlled device. *Eur Respir J* 10: 184–191
29. Teschler H, Stampa J, Ragette R et al. (1999) Effect of mouth leak on effectiveness of nasal bilevel ventilatory assistance and sleep architecture. *Eur Respir J* 14: 1251–1257
30. Welte T, Hoffmann B (1999). Nicht-invasive Beatmung bei kritisch Kranken. *Dtsch Med Wschr* 124: 1385–1388
31. Welte T (2000) Nichtinvasive Beatmung bei der akuten respiratorischen Insuffizienz. *Pneumologie* 54: 5–9
32. Younes M, Puddy A, Roberts D et al. (1992) Proportional assist ventilation: results of an initial clinical trial. *Am Rev Respir Dis* 145: 121–129

J. Norman, I. Greer (Hrsg.)

Preterm Labour Managing Risk in Clinical Practice

Cambridge: University Press 2005, 428 S., (ISBN 0-5218-2186-X), Hardcover, 70.00 USD

Die Herausgeber/-in und 27 britische Autoren haben sich dem Thema Preterm Labour mit diesem Buch zugewandt mit der Absicht, evidence basierte Regeln für die Prävention und die Behandlung der vorzeitigen Wehentätigkeit und ihrer Folgen darzustellen. Die praktische Erfahrung der Autoren und eine solide wissenschaftlichen Basis stellen die Leitschnur für die up to date–Texte dar. Daher gehen die Themen von der Epidemiologie, den wehenassoziierten Genen, dem outcome der Kinder nach Frühgeburtlichkeit, der Voraussage der vorzeitigen Wehentätigkeit, der Prävention von vorzeitiger Wehentätigkeit, das Management bei vorzeitigem Blasensprung und Frühgeburtlichkeit, das Management und Behandlung vorzeitiger Wehentätigkeit, der Anästhesieprobleme bei vorzeitiger Wehentätigkeit bis hin zur Organisation einer high risk – geburtshilflichen Departments sowie die juristischen Implikationen. Alle Themen sind umfangreich dargestellt, mit englischsprachiger Literatur umfassend und ausführlich belegt. Dabei wird besonderer Wert auf clinical trials und prospektive Studien gelegt.

Auffallend ist die präzise Beschreibung der Ergebnisse ohne ausführliche historische oder feuilletonistische Abwege. Beispielsweise wird bei der transvaginalen Zervixmessung klar formuliert, daß die transvaginale Zervixmessung mit Ultraschall der digitalen Untersuchung überlegen ist, daß der wesentliche Parameter bei dieser Methode die zervikale Länge ist und nicht viele andere Parameter, die beschrieben und bewertet worden sind. Dabei finden mit Literaturbelegen Wertungen der verschiedenen Parameter statt. Es werden die Gesichtspunkte Mehrlingsschwangerschaft oder Schwangerschaftsalter und der Wert der Voraussage artikuliert, es wird Stellung genommen zu der schwierigen cut off – Wahl für den prädektiven Wert. Es ist wichtig festzuhalten, daß man auf wenigen Seiten den Stand des Wissens des Jahres 2005/2006 zusammengefaßt bekommt. Andererseits wird aber auch deutlich ausgeführt, wenn die Daten nicht ausreichen, um eine endgültige Meinung zu formulieren. In solchen Fällen wird dann aufgefordert, kontrollierte randomisierte Studien zu betreiben, so zum Beispiel bei der Amnioinfusion bei sehr frühem vorzeitigem Blasensprung. Hier gibt es Anhaltspunkte dafür, daß die Amnioinfusion bessere Ergebnisse hat als das Abwarten bei Anhydramnie, andererseits sind die Daten aber nicht so überzeugend, daß das

Vorgehen empfohlen werden kann. Die Datenlage beruht auf sehr kleinen Gruppen und es ist zu empfehlen, hier weitere Studien durchzuführen. Das wird auch im Text klar und deutlich.

Erfreulich klar und präzise ist auch das Kapitel über die Tokolyse und die verschiedenen Substanzen, die heute als Tokolytika verwandt werden. Allerdings werden natürlich als Betasympathomimetika vor allem Ausführungen zum Thema Retrodrine gefunden, da dies das (!) Sympathomimetikum im englischsprachigen Raum ist bzw. war. Natürlich findet die Langzeittokolyse keine weitere Beachtung, da sie im Bereich der Autoren nicht üblich ist und war. Die Ratschläge entsprechen im wesentlichen den Ratschlägen der Royal College of Obstetricians and Gynecologists, die Nifedipin-Tokolyse als first line–Therapie empfehlen.

Bei diesem Thema und den Erwartungen sucht der Leser betont nach der Cerlage und findet ausschließlich die Notfallcerlage mit sehr vorsichtigen und abgewogenen Bewertungen und der Empfehlung, daß die Entscheidung über eine Notfallcerlage nach individuellen Umständen und den Methoden gegebenen Risiken zu bewerten sei.

Es finden sich auf vielen Seiten praktische und wissenschaftliche Anregungen und Regeln, die dem Leser im täglichen Alltag und bei der wissenschaftlichen Beschäftigung mit der vorzeitigen Wehentätigkeit nutzen und anregend sind. Das Buch ist jedem in der Geburtshilfe Tätigen und wissenschaftlich Interessierten zum Studium und zum Nachschlagen empfohlen.

J. W. Dudenhausen (Berlin)