



Nichtinvasive Beatmung – ein Jahrhundert an Erfahrung

Frank van Rooyen, Krisztina Soltész

Wichtiger Hinweis

Medizinisches Fachwissen ist aufgrund von Forschungen und klinischen Erfahrungen ständigen Veränderungen unterworfen. Die Autoren dieses Buches waren darauf bedacht sicherzugehen, dass die hier dargestellten Ansichten, Meinungen und Annahmen, insbesondere diejenigen mit Bezug auf Anwendungen und Wirkungen, dem aktuellen Wissensstand entsprechen. Dies befreit allerdings den Leser nicht von der Verpflichtung, für klinische Maßnahmen selbst Verantwortung zu tragen.

Alle Rechte an diesem Handbuch, insbesondere das Recht auf Reproduktion und Kopie, liegen bei der Dräger Medical GmbH. Kein Teil dieses Handbuches darf ohne die vorherige schriftliche Genehmigung der Dräger Medical GmbH, Deutschland mechanisch, elektronisch oder fotografisch reproduziert oder gespeichert werden.

**Nichtinvasive Beatmung –
ein Jahrhundert an Erfahrung**
Frank van Rooyen, Krisztina Soltész

INHALT

Vorwort	06
1.0 Einführung	09
2.0 Grundlagen der nichtinvasiven Beatmung (NIV)	11
3.0 Vorgeschichte, Trends und Herausforderungen der NIV	13
4.0 Patientenklassifikation und Kategorien des akuten Lungenversagens	16
4.1 Patientenauswahl	16
4.2 Differenzierung des akuten Lungenversagens	17
4.3 Hypoxämisches Lungenversagen	19
4.3.1 Kardiogenes Lungenödem	19
4.3.2 Pneumonie	19
4.3.3 Akute Lungenschädigung (ALI) und akutes Atemnotsyndrom (ARDS)	20
4.3.4 Lungenversagen bei Patienten mit Immunschwäche	20
4.3.5 Dekompensierte obstruktive Schlafapnoe (OSA)	21
4.4 Hyperkapnisches Lungenversagen	21
4.4.1 Chronisch obstruktive Lungenerkrankung (COPD)	22
4.4.2 Asthma	22
4.5 Postoperatives Lungenversagen	23
4.6 Erleichtern der Entwöhnung	25
4.7 Spezielle Verfahren	25
5.0 Voraussetzungen für die NIV-Therapie – Erste Schritte	26

6.0 Die Schnittstelle	30
6.1 Wahl der Schnittstelle: belüftete Systeme im Vergleich zu nicht belüfteten Systemen	32
6.2 Hauptsächliche Herausforderungen bei Patientenschnittstellen	36
6.2.1 Minimieren von Leckagen	36
6.2.2 Maximieren des Tragekomforts	36
6.2.3 Minimieren des Totraums	38
6.2.4 Patientenschnittstellen: ClassicStar® und NovaStar® NIV-Gesichtsmasken	39
6.3 Patientenschnittstellen: ClassicStar® und NovaStar® NIV-Gesichtsmasken	40
6.4 Vollgesichtsmaske	43
6.5 Helm	44
6.6 Verwendung der Schnittstelle in chronischer Umgebung (häuslicher Bereich)	46
6.7 Nichtinvasive Beatmung in der Pädiatrie – die Schnittstelle	46
6.8 Überblick über Patientenschnittstellen	47
7.0 Befeuchtung	49
7.1 Beheizte Aktivbefeuchter	49
7.2 Wärme- und Feuchtigkeitsaustauscher – HME-Filter	49
8.0 Das medizinische Team	51
9.0 Überwachung der NIV-Therapie	52
10.0 NIV-Anwendung und -Einstellung	53
11.0 Praktische Aspekte der NIV	60
12.0 Leckagekompensation und Trigger-Anpassung	64
13.0 Zusammenfassung: Die Vorteile von NIV	70
14.0 Anhang	72
15.0 Literaturverzeichnis	77
16.0 Abkürzungen	84

Vorwort

Seit der ersten Anwendung positiver endexpiratorischer Druckbeatmung Ende der 30er- und Anfang der 40er-Jahre zur Behandlung kardiogener Lungenödeme und anderer Formen nicht-hyperkapnischen Lungenversagens hat die nichtinvasive Beatmung (NIV) sich immens weiterentwickelt. Die nichtinvasive Beatmung mit negativem Druck war während der größeren Poliomyelitis-Epidemie in den 50er-Jahren wie auch später in der häuslichen Pflege zur Behandlung chronischer Erkrankungen weit verbreitet. NIV mit positivem Druck hat sich jedoch erst in den vergangenen zwanzig Jahren zu einem akzeptierten Verfahren entwickelt [1].

Die größte Weiterentwicklung der NIV fand ab Ende der 80er- und Anfang der 90er-Jahre bis heute in den Bereichen chronisches und akutes Lungenversagen statt.

Einerseits konnte eine optimale Strategie für klinische Indikationen auf immer mehr Nachweise gestützt werden; andererseits haben zwei Begleitentwicklungen die langfristige nichtinvasive Patientenbeatmung im häuslichen Pflegebereich deutlich effizienter und benutzerfreundlicher gemacht: die Verfügbarkeit zuverlässiger, leistungsstarker, kompakter und tragbarer, zweistufiger Beatmungsgeräte mit Turbinenantrieb und die erhebliche Weiterentwicklung der NIV-Masken hinsichtlich Material, Anpassung an die Gesichtskonturen des Patienten und Gesamtkomfort.

In dieser Zeit sind ähnliche Fortschritte beim Einsatz der nichtinvasiven Beatmung zur Behandlung von akutem Lungenversagen (ARF) erzielt worden [1]. Die ersten Studien wurden an Patienten mit dekompensierter chronisch obstruktiver Lungenerkrankung (COPD) ausgeführt [2]. In der Folge wurde der Nutzen dieser Technik, bei der eine endotracheale Intubation dieser Patienten vermieden wird, vermehrt nachgewiesen. Das führte dazu, dass diese Technik als Standard bei schwerer dekompensierter COPD anerkannt wurde [3, 4]. Stu-

dien, die an Patienten ohne COPD, jedoch mit hyperkapnischem akutem Lungenversagen ausgeführt wurden, erbrachten vergleichbare Ergebnisse. Die Ergebnisse der verschiedenen Studien an Patienten mit akutem nicht-hyperkapnischem Lungenversagen sind in gewisser Weise widersprüchlich und weniger überzeugend als bei akutem hyperkapnischem Lungenversagen. Dies ist nicht verwunderlich, wenn man die große Heterogenität der Krankheitsbilder betrachtet, die sich bei nicht-hyperkapnischem Lungenversagen manifestieren. Jedoch deuten sowohl pathophysiologische Nachweise als auch dokumentierte positive Outcomes darauf hin, dass man zunehmend die potenziellen Vorteile der NIV bei ausgewählten Patientengruppen anerkennt [4, 5].

Die nichtinvasive Beatmung wird häufig mit einem unterstützten Spontanatmungsmodus, wie z. B. druckunterstützte Beatmung (PS), verabreicht, was sich als gleichermaßen wirksam und komfortabler als kontrollierte Betriebsarten erwiesen hat. Es kann jedoch schwierig sein, eine optimale Interaktion zwischen der Atmungsaktivität des Patienten und der Intensität sowie Taktung in der Reaktion des Beatmungsgeräts zu erreichen. Als Folge kann es zu Asynchronie zwischen Patient und Beatmungsgerät kommen. Diese Situation wird durch Leckagen an der Patientenmasken-Schnittstelle noch verschlechtert [6]. Darüber hinaus beeinträchtigen Leckagen einige wichtige Funktionen des Beatmungsgeräts, z. B. Triggerung und Zyklussteuerung [7], was die Asynchronie noch verstärken kann. Dies führt wiederum zu einem Anstieg der Atemarbeit, der Beschwerden und der Unverträglichkeit, wobei im letzteren Fall auch ein Versagen der nichtinvasiven Beatmung assoziiert werden kann [8].

Daher erfordert die erfolgreiche und sichere Anwendung der nichtinvasiven Beatmung bei Patienten mit akutem Lungenversagen die Begrenzung von Leckagen und ihrer Auswirkungen auf die Funktionen des Beatmungsgeräts auf ein Minimum und die Optimierung der Interaktion zwischen Patienten und Beatmungsgerät.

Diese Aufgabe ist keine leichte. Nachdem also die nichtinvasive Beatmung ein unerlässliches Hilfsmittel bei der Behandlung verschiedener Ursachen von

akutem Lungenversagen anerkannt wurde, müssen wir nun über die Grenzen unserer Technologie und unseres Know-hows hinausgehen, um unseren Patienten eine optimale nichtinvasive Beatmung bieten zu können. Einige vielversprechende Studien haben in letzter Zeit verschiedene Möglichkeiten aufgezeigt, mit denen man dieser Herausforderung begegnen kann. Sowohl Ärzte als auch Forscher haben mittlerweile bessere Kenntnisse über die Pathophysiologie bei der Beatmungssteuerung und die Mechanismen, die der Asynchronie zwischen Patient und Beatmungsgerät zugrunde liegen. Und sie verfügen über die Mittel zur Verbesserung dieses Umstands [6, 9]. Hersteller von Beatmungsgeräten haben „NIV-Betriebsarten“ entwickelt, die in vielen Fällen die schädlichen Wirkungen von Leckagen auf die Leistungsfähigkeit von Beatmungsgeräten und die Asynchronie mindern können. Schließlich wird daran gearbeitet, bestimmte Aufgaben zu automatisieren, z. B. Titration der Beatmungsunterstützung, Erkennung von Asynchronie sowie Trigger- und Zykluskorrektur. Das Konzept hat sich in klinischen Studien bereits als vielversprechend gezeigt [10, 11].

Nichtinvasive Beatmung wird voraussichtlich in den kommenden Jahren verstärkt eingesetzt. Eine enge Zusammenarbeit zwischen Ärzten, Forschern und Herstellern ist erforderlich, um noch mehr Kenntnisse und Erfahrungswerte bei der Bewältigung der zahlreichen Aufgabenstellungen zu erlangen. Wir können zwar keinen 100 %-igen Erfolg der nichtinvasiven Beatmung gewährleisten, sollten aber die beträchtlichen und beeindruckenden Fortschritte der letzten zwei Jahrzehnte weiterführen, um unseren Patienten mit unserer Technik die bestmögliche Versorgung zu bieten.



PD. Dr. Philippe Joliet
Oberarzt der Medical Intensive Care Unit (MICU)
Genfer Universitätskliniken, Schweiz

1.0 Einführung

Früher wurden Patienten mit akutem Lungenversagen herkömmlich invasiv mittels endotrachealer Intubation beatmet. Zur Unterdrückung der Spontanatmung und Erleichterung der mechanischen Beatmung wurden sowohl Sedierung als auch Muskelrelaxation eingesetzt. Heutzutage werden dank eines besseren Verständnisses der Lungenmechanik und Pathophysiologie die Vorteile offenkundig, die durch Aufrechterhaltung der Spontanatmung über einen möglichst langen Zeitraum entstehen.

Im Jahr 1989 führte Dräger mit dem Evita-Beatmungsgerät den Beatmungsmodus BIPAP* (Biphasic Positive Airway Pressure Ventilation) zur biphasischen Überdruckbeatmung ein. Dies war der erste Schritt im Rahmen eines „Room to Breathe“-Konzepts, das anschließend durch die Funktionen AutoFlow® und automatische Tubuskompensation (ATC™) von Dräger erweitert wurde. Im Jahr 1995 stellte Dräger in Reaktion auf neue Erkenntnisse über den Schutz der Lunge während der mechanischen Beatmung das innovative Beatmungsgerät Evita 4 vor. Es war das einzige und erste Gerät auf dem Markt, das Spontanatmung während des gesamten Atmungszyklus sowohl im volumen- als auch im druckkontrollierten Beatmungsmodus unterstützte und stimulierte. Ein niedriges Tidalvolumen und ein Atemwegsdruck unter 35 cm H₂O waren zu dem Zeitpunkt allgemein anerkannte Ziele bei dem Bestreben, neue effektive, protektive Beatmungsstrategien zu entwickeln. In den folgenden Studien wurden die Vorteile für Gasaustausch und Recruitment der Lunge mit Spontanatmung bei der BIPAP-Beatmung aufgezeigt.

Gleichzeitig wurde eine andere, aber ähnliche BIPAP-Form, die so genannte BiPAP™, mit großem Erfolg im häuslichen Pflegebereich bei der nichtinvasiven Therapie obstruktiver Schlafapnoe (OSA) eingesetzt. Mit der Zeit begannen Intensivmediziner, diese nichtinvasive Behandlung an schwer kranken Patienten anzuwenden, um Intubation zu vermeiden bzw. um nach der Extubation eine nichtinvasive Unterstützung anbieten zu können.

* Marke unter Lizenz verwendet.

Mehrere Studien zeigten im Anschluss, dass die NIV den Aufenthalt auf der Intensivstation verkürzen und auch die mit Intubation einhergehende Nosokomialpneumonie vermeiden könnte [12, 13, 14, 15].

In diesem Handbuch soll erläutert werden, wie das Konzept der NIV alltäglich in Intensiv-, Wach- und Notfallstationen von Krankenhäusern umgesetzt werden kann. Es gibt eine Übersicht über die verschiedenen Formen von Lungenversagen, die effektiv mit NIV behandelt werden können. Es gibt genaue Auswahlkriterien für potenzielle Patienten an und beschreibt im Einzelnen, wie die NIV auf Grundlage dieser Kriterien anzuwenden ist. Da die psychologische Wirkung der Maskenbeatmung und die Patientenmotivation entscheidende Faktoren sind, die in vielen Fällen zwischen Erfolg und Misserfolg entscheiden, werden außerdem die verschiedenen Maskentypen, ihre Anwendung und die bei der Therapie zu beachtenden Faktoren ausführlich erläutert. Zum Abschluss werden die wichtigsten Eigenschaften eines modernen Beatmungsgeräts und die potenziellen Vorteile der nichtinvasiven Beatmung erläutert.

Zu Beginn kann die NIV arbeitsintensiver als die herkömmliche invasive Beatmung sein. Die Vorteile, wie z. B. kürzerer Aufenthalt auf der Intensivstation [16], verringerte Beatmungsdauer [16] und geringere Inzidenz von Nosokomialpneumonie [17] sowie die positiven Konsequenzen hinsichtlich Kosten und Outcome machen jedoch den Aufwand wett.

Dieses Handbuch dient ausschließlich der persönlichen Weiterbildung und soll dem Leser praktische Richtlinien für den Einsatz nichtinvasiver Beatmung geben. Alle medizinischen Aussagen und Werte in diesem Handbuch sind der einschlägigen Literatur entnommen. Es würde den Rahmen dieses Handbuchs sprengen, den Inhalt und die Qualität dieser Studien zu prüfen. Für Fehler und Ungenauigkeiten kann keine Verantwortung übernommen werden.



Die Therapiephasen für einen beatmeten Patienten von der Aufnahme bis zur Entlassung

2.0 Grundlagen der nichtinvasiven Beatmung (NIV)

WAS IST NIV?

NIV, also nichtinvasive Beatmung, ist ein weit gefasster Begriff für jede Beatmungstherapie, die nichtinvasiv ausgeführt wird, z. B. mittels Masken, Nasalprongs oder Helmen. Daher wird die NIV oder NPPV (Non-invasive Positive Pressure Ventilation = Nichtinvasive Überdruckbeatmung) ebenfalls sehr häufig als „Maskenbeatmung“ bezeichnet. Dieser Beatmung gegenüber steht die „invasive Beatmung“, bei der ein endotrachealer Tubus oder eine tracheale Kanüle als invasive Schnittstelle zwischen dem Patienten und dem Beatmungsgerät dient.

WANN WIRD NIV EINGESETZT?

Die nichtinvasive Beatmung kann vor der Intubation oder nach der Extubation eingesetzt werden. Der klassische Einsatz der NIV-Therapie im klinischen Umfeld folgt auf die Extubation, insbesondere in Fällen, in denen die Spontanatmung nicht ausreicht, um adäquaten Gasaustausch zu erzielen. Hier besteht das Ziel der NIV darin, den Entwöhnungsprozess zu fördern und Reintubation [18] zu vermeiden. Die frühzeitige Anwendung von NIV auf Intensivstationen fungiert mittlerweile als First-Line-Intervention zur Vermeidung von Intubation [12]. Idealerweise kann das gesamte Spektrum der Beatmungstherapie (Vorbeugung - Stabilisierung - Entwöhnung - Genesung) mit NIV angemessen abgedeckt werden.

Eine weitere klassische Anwendung der NIV-Therapie ist die häusliche Pflege, wo sie hauptsächlich Patienten mit obstruktiver Schlafapnoe (OSA) Beatmungsunterstützung bietet.

WAS WIRD FÜR NIV BENÖTIGT?

NIV setzt drei Dinge voraus. Die erste und auch wichtigste Voraussetzung ist, dass der Patient bei Bewusstsein ist und kooperiert. Die zweite Voraussetzung ist ein NIV-fähiges Beatmungsgerät mit Leckagekompensation und intelligenten Funktionen zur Verhinderung der automatischen Triggerung. Zum Dritten ist eine gut sitzende Maske für den Erfolg der NIV-Therapie unerlässlich. Diese Voraussetzungen werden an späterer Stelle detailliert in diesem Handbuch erläutert.



„Eiserne Lunge E52“ von Dräger mit elektrischem Antrieb (1952)

3.0 Vorgeschichte, Trends und Herausforderungen der NIV

Der erste Apparat für die nichtinvasive Beatmung war ein Ganzkörper-Beatmungsgerät, bei dem der Patient bis zum Nacken in einer luftdichten Kammer eingeschlossen war. Dieses Rumpfbeatmungsgerät wurde von dem schottischen Physiker John Dalziel (1838) erfunden und basierte auf der zyklischen Anwendung von Über- und Unterdruck auf den Körper zur Unterstützung der Spontanatmung. Aufgrund seiner Größe und Kosten fand dieses manuell betriebene Beatmungsgerät keine weite Verbreitung. Auf Grundlage dieser frühen Arbeit entwickelte Philip Drinker 1929 seine erste elektrisch angetriebene „Eiserne Lunge“. Dieses Beatmungsgerät wurde später im



Der „Pulmotor“ von Dräger im Einsatz



NIV mit der Carina®.

Jahr 1931 von J.H. Emerson aus Cambridge, Massachusetts, verbessert. Er verringerte das Gewicht, senkte die Kosten und fügte für Stromausfälle ein manuelles Reserve-Antriebssystem hinzu. Dieses Beatmungsgerät wurde hauptsächlich während der Poliomyelitis-Epidemie in den 50er-Jahren eingesetzt. Einige der Geräte waren sogar noch bis Anfang dieses Jahrhunderts im Einsatz.

Aufgrund der wachsenden Nachfragen nach einem leichter tragbaren Modell der Eisernen Lunge entwickelte R. Eisenmenger das Kürass-Beatmungsgerät, das im Jahr 1928 patentiert wurde. Diese den Thorax umschließenden Beatmungsgeräte wurden anschließend von Fairchild-Huxley und Monaghan verbessert und im Jahr 1949 auf den Markt gebracht. Dieser Typ der nichtinvasiven Beatmung ist bis heute im häuslichen Pflegebereich im Einsatz.

Im Jahr 1907 erhielt Heinrich Dräger, ein Pionier in der Entwicklung von Beatmungsgeräten, ein Patent für sein nichtinvasives Beatmungsgerät „Pulmotor“. Dies war die Geburtsstunde des mobilen Notfallbeatmungsgeräts. Die ersten Modelle hatten eine feste Druckzyklusdauer und wurden durch Druck-sauerstoff angetrieben. Zur Unterstützung der Ausatmung wurde Unterdruck verwendet. Gemessen an heutigen Erkenntnissen über die protektive Beatmung war dieses Beatmungsgerät hoffnungslos unzureichend. Dennoch kann-

te es möglicherweise eine Lungendrainage erleichtern und unterstützte bei frühzeitiger Anwendung Beinahe-Ertrunkenen das Wiedereinsetzen der Spontanatmung. Diese Prototypen wurden als Einzelschlauchsystem entwickelt, das wiederum zu Problemen mit der Rückatmung von CO₂ führte.

Bei Produktionsbeginn im Jahr 1908 tauschte Bernard Dräger, der Sohn von Heinrich Dräger, das Einzelschlauchsystem gegen ein Doppelschlauchsystem aus. In den darauffolgenden 38 Jahren verließen insgesamt 12.000 Geräte die Fertigungslinie in Lübeck.

Heutzutage ist eine breite Vielfalt von nichtinvasiven Beatmungsgeräten erhältlich, die sich in zwei Gruppen einteilen lassen: hoch entwickelte Beatmungsgeräte für die Intensivpflege mit einer NIV-Option und weniger komplexe NIV-Geräte für den Einsatz im subakuten Bereich und in der häuslichen Pflege. Die Geräte der ersten Gruppe verwenden einen Hochdruckeinlass für Sauerstoff und Luft aus einer zentralen Gasversorgung, die Geräte der zweiten Gruppe verwenden dagegen nur einen Niederdruck- und/oder Hochdruck-Sauerstoffeinlass. Bei Druckluftantrieb sind diese Beatmungsgeräte entweder mit Gebläse- oder Turbinentechnologie ausgestattet. Turbinenbetriebene Beatmungsgeräte erzeugen einen höheren Inspirationsdruck und -flow als Geräte mit Gebläsebetrieb, die vorrangig bei Patienten mit obstruktiver Schlafapnoe (OSA) im häuslichen Pflegebereich eingesetzt werden.

Aktuelle Trends in Krankenhäusern zeigen, dass die nichtinvasive Beatmung heute häufiger und für weitaus mehr Krankheitsbilder eingesetzt wird als je zuvor. Patienten mit chronisch obstruktiven Lungenerkrankungen stellen einen großen Anteil der Patientenpopulation dar, die mit NIV auf Intensivstationen behandelt werden.

Dank der Einführung besserer Geräte und verbesserter Beatmungsmasken ist das Interesse an NIV stark gewachsen. Darüber haben ausgefeilte Leckage-Managementssysteme und die verringerte Inzidenz an Gesichtsverletzungen durch schlecht sitzende Masken die Popularität dieser Technik weiter vergrößert.

4.0 Patientenklassifikation und Kategorien des akuten Lungenversagens

In der Vergangenheit bestand die Standardbehandlung von Patienten mit schwerem akuten Lungenversagen auf der Intensivstation aus endotrachealer Intubation und mechanischer Beatmung. Heutzutage wird die nichtinvasive Beatmung immer häufiger als erste Option erwogen. Bei der Entscheidung, ob eine NIV-Therapie indiziert ist, ist die sorgfältige Analyse der Art und der zugrunde liegenden Ursache des Lungenversagens erforderlich. Der Erfolg der nichtinvasiven Beatmung ist von mehreren Faktoren abhängig:

- Richtige Patientenauswahl
- Korrekte Klassifizierung der Art des Lungenversagens
- Kenntnisse über die zugrunde liegende Pathologie
- Angemessene Auswahl der Patientenschnittstelle
- Fähigkeiten und Kenntnisse des Pflorgeteams
- Angemessenes Timing, d. h. Beginn und Ende der NIV
- Funktionen des Beatmungsgeräts bezüglich Leckagekompensation und automatischer Triggerung

4.1 PATIENTENAUSWAHL

Die Auswahl des richtigen Patienten, die Anwendung der geeigneten Beatmungsunterstützung mit angemessener Einstellung wie auch die Verwendung einer optimalen Patientenschnittstelle sind wesentliche Faktoren, die zwischen Erfolg und Misserfolg entscheiden.

Darüber hinaus sind Kenntnisse über die verschiedenen Ursachen von akutem Lungenversagen und die zugrunde liegende Pathologie für den Entscheidungsprozess unerlässlich. Die ersten Auswahlkriterien basieren hauptsächlich auf klinischen Indikatoren, wie z. B. Schweregrad der Dyspnoe, Tachypnoe, Recruitment der Nebennuskeln und Vorliegen paradoxer Abdominalatmung.

WENDEN SIE VOR BEGINN DER NIV FOLGENDE ZULASSUNGSKRITERIEN AN:

Indikationen für NIV*	Kontraindikationen NIV	
mäßige oder schwere Dyspnoe	Atemstillstand	
Atemfrequenz ≥ 25 Atemzüge/min	Bewusstseinsstörungen	
Einsatz von Nebenmuskeln	Hämodynamische	Kardiale Ischämie
Vorliegen paradoxer Atmung	Instabilität	Arrhythmien
$\text{PaCO}_2 > 45$ mm Hg / 6 kPa		Hypotensiver Schock
$\text{PaO}_2/\text{FiO}_2 < 300$	Übermäßige Sekretion	
$7,25 \leq \text{pH} < 7,35$	Unfähigkeit, Atemwege freizumachen	
	Erregt, nicht kooperativ	
	Gesichtsanomalien, die die Akzeptanz und den guten Sitz der Maske beeinträchtigen, z. B. Verbrennungen, OP, Anatomie	

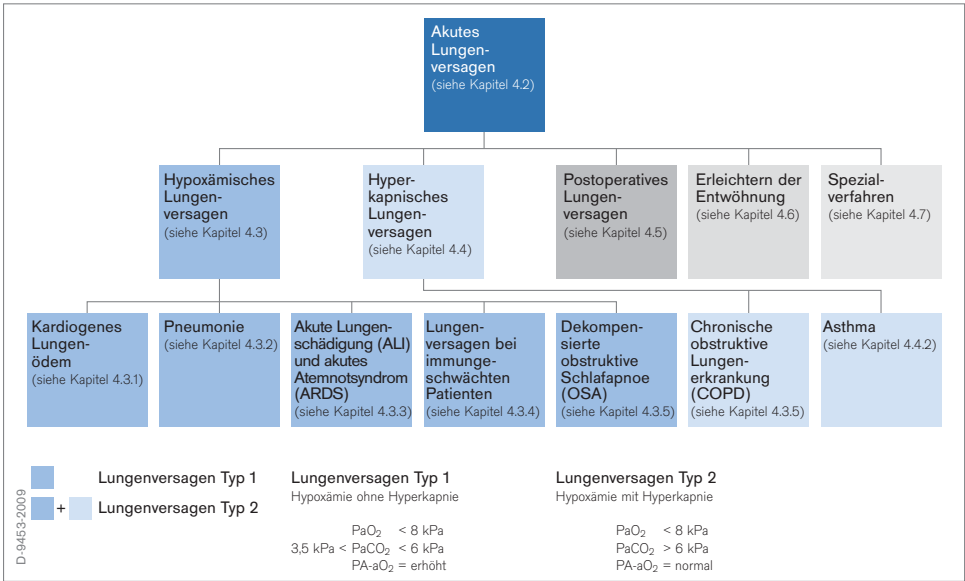
*NIV ist indiziert, wenn zwei Kriterien zutreffen.

Der Typ des für die Therapie verfügbaren Beatmungsgeräts, die Beatmungsmodus-Optionen und die vorhandenen Patientenschnittstellen sind darüber hinaus zu berücksichtigen. Dabei ist gerade der letzte Punkt von besonderer Bedeutung, da es sich herausgestellt hat, dass die Patientenschnittstelle häufig die Erfolgsrate der NIV-Therapie beeinflusst.

4.2 DIFFERENZIERUNG DES AKUTEN LUNGENVERSAGENS

Akutes Lungenversagen (ARF) ist definiert als Unfähigkeit, einen adäquaten Lungengasaustausch aufrecht zu halten und durch abnorme PaO_2 - und PaCO_2 -Werte des arteriellen Blutgaspartialdrucks gekennzeichnet. Die Bestimmung der arteriellen Blutgase ist von großer Bedeutung, da sie der Differenzierung zwischen Typ 1 und Typ 2 dient.

Ein Patient mit Lungenversagen Typ 1 ist hypoxämisch und hat einen normalen oder niedrigen PaCO_2 -Wert. Die Oxygenierung wird durch intrapulmonale venöse Beimischung beeinträchtigt, die durch Pneumonie, Emphysem oder erworbenes Atemnotsyndrom (ARDS) verursacht, das zu einem Ungleichgewicht zwischen Ventilation und Perfusion führt. In den meisten Fällen ist eine



Differenzierung des akuten Lungenversagens

Sauerstofftherapie mit oder ohne CPAP (Continuous Positive Airway Pressure)-Therapie mit kontinuierlich positivem Atemwegsdruck ausreichend, um die Lage zu verbessern.

Patienten mit Lungenversagen Typ 2 zeigen eine Kombination aus Hypoxämie und Hyperkapnie durch Atemwegsobstruktion, wie bei Asthma und COPD, sowie Verlust des Diffusionsbereichs, wie bei Emphysemen. Diese Patienten benötigen zur Wiederherstellung akzeptabler arterieller Blutgaswerte Atmungsunterstützung in Form von Beatmung im PS- oder BIPAP-Modus oder volumenkontrollierte Beatmung (VCV).

Akutes Lungenversagen kann in 5 Unterkategorien klassifiziert werden, die jeweils wiederum ein oder mehrere Untergruppen enthalten können.

4.3 HYPOXÄMISCHES LUNGENVERSAGEN

Hypoxisches Lungenversagen tritt bei Patienten mit Ruhedyspnoe, einem $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ -Wert von < 300 mmHg und einer Atemfrequenz von $> 30/\text{min}$ auf. Eine große, randomisierte Studie, die von Antonelli et al. durchgeführt wurde, kam zu dem Ergebnis, dass bei 70 % der ausgewählten Patienten eine Intubation durch den Einsatz von NIV-Therapie vermieden wurde [19].

Es gibt zahlreiche von COPD unabhängige Bedingungen, die zu hypoxischem Lungenversagen führen können. Die Definition vieler Untergruppen ist möglich; die wichtigsten werden im Folgenden aufgeführt:

4.3.1 KARDIOGENES LUNGENÖDEM

Patienten mit kardiogenem Lungenödem haben eine verringerte funktionelle Residualkapazität, die effektiv mit nichtinvasiver Beatmung behandelt werden kann [20]. Der Einsatz von kontinuierlich positivem Atemwegsdruck (CPAP) bei Druckwerten von 10-13 cm H_2O rekrutiert kollabierte Alveolen und trägt zu einer Verringerung der Atemarbeit bei. Zusätzliche Druckunterstützung erleichtert die Spontanatmung und führt zu einer Verringerung der Atemfrequenz und schnellen Linderung der Dyspnoe [21, 22].

4.3.2 PNEUMONIE

Pneumonie ist eine Infektion der Lunge, die durch Bakterien, Viren, Pilzen oder eine Kombination dieser Pathogene verursacht wird. Bei Erwachsenen ist die gängigste Form die bakterielle Streptokokken-Pneumonie, bei Kindern hingegen kommen durch Infektionen mit Mykoplasma sp. verursachte Pneumonien am häufigsten vor. Bei älteren Menschen sind insbesondere Patienten mit Dysphagie am häufigsten betroffen, die häufig nach Schlaganfällen oder bei Parkinson-Erkrankungen auftreten kann.

Ventilator-assoziierte Pneumonie (VAP) wird aufgrund der verstärkten Virulenz der in Krankenhäusern auftretenden Bakterien häufig als größeres potenzielles Risiko angesehen.

Zusätzlich zur Therapie mit Antibiotika kann NIV bei Patienten mit Pneumo-

nie, die an akutem Lungenversagen leiden, eingesetzt werden. Der oft nicht vorhersagbare Verlauf der Pneumonie erfordert eine sorgfältige Überwachung des Patienten.

In der einschlägigen Literatur bestehen gewisse Meinungsunterschiede in Bezug auf die Auswirkungen von NIV bei Patienten mit Pneumonie. In manchen Studien verbessert NIV die Therapieergebnisse, insbesondere bei Patienten mit chronisch-obstruktiver Lungenerkrankung (COPD) [23, 24, 25]. Auf der anderen Seite wurde in mehreren randomisierten, kontrollierten Studien eine höhere Fehlerquote für NIV nachgewiesen; dabei benötigten mehr Patienten eine Intubation [19, 26]. In den meisten Fällen ist eine nichtinvasive CPAP-Therapie ausreichend, bei der die Oxygenierung verbessert, die Atemfrequenz verringert und Dyspnoe gelindert wird.

4.3.3 AKUTE LUNGENSCHÄDIGUNG (ALI) UND AKUTES ATEMNOTSYNDROM (ARDS)

ALI und ARDS sind entzündliche Lungenerkrankungen. ALI wird durch eine direkte Schädigung der Lunge durch Pneumonie, Aspiration oder Trauma hervorgerufen und ist folgendermaßen charakterisiert:

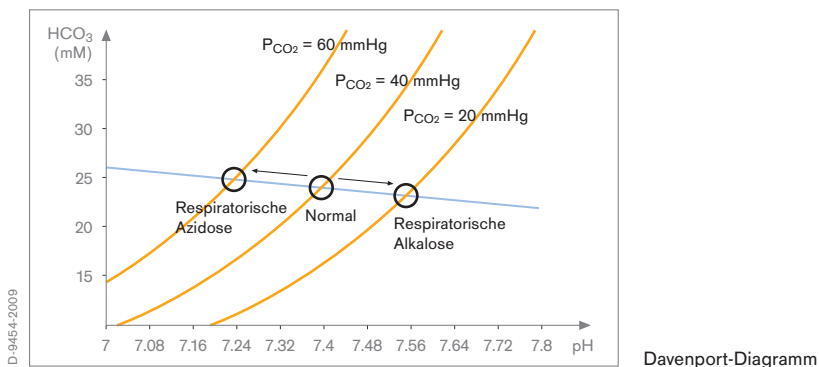
- bilaterale Lungenstauung (Röntgen)
- pulmonalkapillärer Wedgedruck ≤ 18 mmHg
- $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2 < 300$ (ALI)
- $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2 < 200$ (ARDS)

ARDS ist eine schwerwiegende Form akuter Lungenschädigung.

Die Erfolgsrate von NIV bei dieser Patientengruppe liegt bei 50 % [28]. In einer vor Kurzem durchgeführten prospektiven Multicenter-Studie wurde festgestellt, dass mit NIV als First-Line-Option bei 54 % der behandelten Patienten Intubation vermieden werden konnte [27].

4.3.4 LUNGENVERSAGEN BEI PATIENTEN MIT IMMUNSCHWÄCHE

In dieser Gruppe tritt hypoxämisches Lungenversagen als Reaktion auf eine



Organ- oder Knochenmarktransplantation auf. Die für die Patientenergebnisse relevanten Vorteile von NIV gegenüber Intubation bestehen hauptsächlich darin, dass das Risiko eines septischen Schocks, einer beatmungsassoziierten Pneumonie (VAP) oder einer Nosokomialinfektion verringert wird [28].

4.3.5 DEKOMPENSIERTE OBSTRUKTIVE SCHLAFAPNOE (OSA)

Bei Patienten mit obstruktiver Schlafapnoe (OSA) kann akutes Lungenversagen auftreten, wenn Hypoxämie und Hyperkapnie immer längere Zeiträume andauern und es letztendlich zu Herz-Kreislauf-Versagen kommt. Insbesondere bei fettleibigen Patienten mit obstruktiver Schlafapnoe kann akutes Lungenversagen entstehen, wenn das Atmen zu viel Energie kostet und Hyperkapnie mit pulmonaler Hypertonie assoziiert ist. Diese Patienten sprechen sehr gut auf eine nichtinvasive CPAP-Therapie an [26].

4.4 HYPERKAPNISCHES LUNGENVERSAGEN

Hyperkapnisches Lungenversagen gehört zum Typ 2 und wird normalerweise durch Hyperventilation verursacht. Der Klarheit halber werden in diesem Handbuch ausschließlich die Formen des hyperkapnischen Lungenversagens behandelt, die durch konkrete zugrunde liegende Lungenerkrankungen verursacht werden. Länger andauernde Hyperventilation führt zu akuter respiratorischer Azidose mit einem Anstieg der Bicarbonationen-Konzentration [HCO₃⁻] und Sinken des pH-Werts im Blut. Die Unterscheidung zwischen einer akuter

und chronischer respiratorischer Azidose ist von Bedeutung, weil die Behandlung sich unterscheidet. Bei chronischer respiratorischer Azidose ist ein erhöhter PaCO_2 -Wert, jedoch ein nahezu normaler pH-Wert zu beobachten (siehe Seite 17, Differenzierung des akuten Lungenversagens).

Dies ist möglich, da die Nieren den pH-Wert durch erhöhte Säureausscheidung kompensieren können (renale Kompensation). Die Reaktionszeit dieses Mechanismus ist niedrig ($> 48\text{h}$) – ganz im Gegensatz zu dem viel schnelleren Atemmechanismus, der innerhalb von Minuten reagieren kann. Hyperkapnisches Lungenversagen kann in folgende Untergruppen unterteilt werden:

4.4.1 CHRONISCH OBSTRUKTIVE LUNGENERKRANKUNG (COPD)

Chronisch obstruktive Lungenerkrankung (COPD) ist ein vermeidbares Krankheitsbild, das hauptsächlich bei Patienten zu beobachten ist, die rauchen oder geraucht haben. Diese Untergruppe stellt die größte Patientengruppe dar, die von NPPV profitieren. Die Inzidenz von chronisch obstruktiver Lungenerkrankung erhöht sich mit dem Alter und der Schwere des Raucherverhaltens. Weitere, weniger häufige Ursachen für chronisch obstruktive Lungenerkrankung sind virale bzw. bakterielle Infektionen und allergische Reaktionen auf inhalede Partikel. Diese Krankheit ist gekennzeichnet durch eine Entzündung der Bronchien, die zu vermehrter Sekretabsonderung und Atemwegsverengung führen kann. Zu den Symptomen gehören anhaltender Husten und Dyspnoe.

Eine allergische Reaktion kann die Verschlechterung der COPD einleiten. Basierend auf den Ergebnissen mehrerer randomisierter Studien wird empfohlen, NIV als erste Option bei Patienten mit COPD zu erwägen, die an akutem hyperkapnischem Lungenversagen mit einem PaCO_2 -Wert $> 6,0\text{ kPa}$ und einem SpO_2 -Wert $\leq 88\%$ leiden [29, 30]. Bei dieser Patientengruppe stützen zahlreiche Nachweise die Meinung, dass NIV die Intubationsrate, die Dauer des Krankenhausaufenthalts und die Inzidenz von Atemwegsinfektionen senkt [13, 31].

4.4.2 ASTHMA

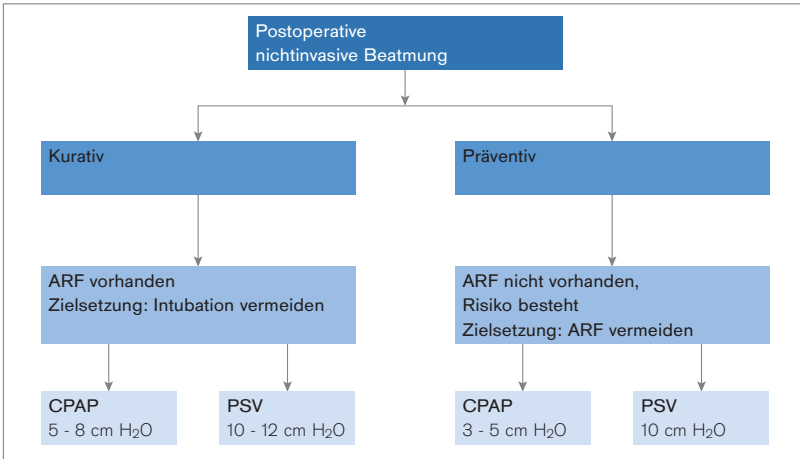
Asthma ist eine chronische Krankheit, die durch episodische Atemwegsver-

gung und -entzündung gekennzeichnet ist, in manchen Fällen begleitet von einer starken Schleimproduktion. Ein Asthmaanfall kann durch eine Vielzahl äußerer Stimuli ausgelöst werden, z. B. kalte Luft, Sport, Stress, Rauch und zahlreiche Allergene. Die Inhalationstherapie mit Bronchodilatoren ist effektiv und lindert die Atemwegsverengung. Zu den typischen Anzeichen eines akuten Asthmaanfalls gehören Stenoseatmung, längeres Ausatmen, erhöhte Herzfrequenz und extensiver Einsatz von Nebennmuskeln. Letzteres ist während des Einatmens eindeutig am Musculus sternocleidomastoideus zu erkennen, der sich aufgrund der starken Atemanstrengungen des Patienten buchstäblich einzieht.

Für Patienten mit schwerem Asthma, die an akutem Lungenversagen leiden, liegen weniger Nachweise vor, dass die nichtinvasive Beatmung immer die beste Erstbehandlung ist. In mehreren Studien an Patienten mit Status Asthmaticus ist eine Verbesserung des Gasaustauschs und eine Senkung der Intubationsrate nachgewiesen worden [32, 33]. Es wird empfohlen, diese Patienten unter sorgfältiger Überwachung zu stellen. Wenn sich der Zustand des Patienten verschlechtert oder nach zweistündiger NIV-Therapie keine Verbesserung auftritt, ist unverzüglich eine Intubation auszuführen.

4.5 POSTOPERATIVES LUNGENVERSAGEN

NIV wird häufig als vorbeugende Therapie eingesetzt, um nach einem chirurgischen Eingriff wieder ein Atmungsmuster herzustellen. Die temporäre Obstruktion der oberen Atemwege aufgrund einer Schwellung der Glottis ist ein häufiges Phänomen und kann akutes Lungenversagen verursachen. Bei diesen Patienten ist NIV mit druckunterstützter Beatmung (PSV, Pressure Support Ventilation) eine gute Alternative zur Reintubation, da sie die Lungenmechanik und den Gasaustausch in kurzer Zeit verbessern kann [34, 35]. Wenn NIV postoperativ eingesetzt wird, sind die Ergebnisse laut einschlägiger Literatur hauptsächlich positiv. Die nichtinvasive Beatmung sollte jedoch bei Patienten mit akutem Lungenversagen und chirurgischen Begleitkomplikationen, die einen erneuten größeren Eingriff erfordern, beendet werden. Diese Patientengruppe muss in jedem Fall intubiert und kontrolliert beatmet werden.



D-9455-2009

ISICEM-Jahrbuch 2008.

Herzoperation

Nach Herzoperationen weisen Patienten häufig veränderte Atemmuster auf. Dies lässt sich hauptsächlich auf Schmerzen und Zwerchfell-Dysfunktion zurückführen. Die Folge ist eine höhere Respirationsrate, um einen adäquaten Gasaustausch sicherzustellen. Dieses Verhalten verursacht wiederum alveoläre Hyperventilation und Atelektase. Als vorbeugende Behandlung kann NIV in Form einer CPAP-Therapie mit 3-5 cm H₂O und ggf. zusätzlich druckunterstützte Beatmung (PSV) mit einem Druck von 10 cm H₂O ausgeführt werden.

Thoraxchirurgie

Studien zufolge sind positive Ergebnisse bei Patienten mit Lungenversagen nach einer Lungentransplantation zu verzeichnen, bei denen die Notwendigkeit für invasive Beatmung von 50 % auf 21 % deutlich sinkt. Der prophylaktische Einsatz von NIV nach Lungen-Resektion hat zu einer viel geringeren Inzidenz an Atelektase geführt als in einer Kontrollgruppe [36].

Abdominalchirurgie

Patienten, die sich einer Gastroplastik, Cholezystotomie oder einem thorako-abdominalen Eingriff unterzogen haben, zeigen signifikante Verbesserungen, wenn sie innerhalb der ersten 24 Stunden nach dem Eingriff mit NIV in Form einer moderaten ASB-Therapie (10-12 cm H₂O) behandelt werden [60]. Bei Patienten mit erstmalig auftretender gastrointestinaler Anastomose ist hinsichtlich der Anwendung von NIV mit einem höheren PSV-Niveau in der frühpostoperativen Phase besondere Vorsicht geboten, da eine unbeabsichtigte Insufflation von Luft in den gastrointestinalen Trakt über den Nahtfaden in den Abdomen gelangen kann. Bei diesen Patienten ist nur die nichtinvasive CPAP-Therapie zu bevorzugen. Sollte PSV als erforderlich erachtet werden, muss der Druck unter 8 cm H₂O bleiben. Im Allgemeinen zeigt die NIV als kurative Therapie sehr positive Ergebnisse mit einer Senkung der Intubationsrate von bis zu 70 % [51, 52].

4.6 ERLEICHTERN DER ENTWÖHNUNG

Nach der Extubation wird die nichtinvasive Beatmung immer mehr als Folgeschritt im Entwöhnungsprozess eingesetzt. Die Ergebnisse zahlreicher randomisierter, kontrollierter Studien haben gezeigt, dass NIV die Dauer für eine erfolgreiche Entwöhnung des Patienten vom Beatmungsgerät reduziert, die Aufenthaltsdauer auf der Intensivstation und den gesamten Krankenhausaufenthalt verkürzt und die Risiken sowie Kosten verringert, die mit einer endotrachealen Intubation einhergehen [2, 27, 30].

4.7 SPEZIELLE VERFAHREN

NIV wird normalerweise bei kritisch erkrankten Patienten vor einer geplanten Intubation angewendet. Hier dient die NIV der Präoxygenierung des Patienten, wodurch hypoxisches Lungenversagen im Lauf der Intubation verhindert wird.

In diesem Zusammenhang wird NIV häufig als Vorbereitung für andere kurze Eingriffe, wie z. B. endotracheale Absaugung oder Bronchoskopie verwendet, bei denen voraussichtlich die Sauerstoffsättigung fällt.

5.0 Voraussetzungen für NIV-Therapien – Erste Schritte

DER PATIENT

Nachdem der richtige Patient für NIV ausgewählt wurde, muss der Patient über die folgenden Schritte informiert werden. Entsprechende Einweisung, Zuspruch und Motivation sind wichtige Faktoren für den Erfolg der Behandlung. Vor dem Beginn der NIV-Therapie sollte der Patient ausprobieren können, wie sich die Gesichtsmaske anfühlt. Anschließend führt der Patient 5-10 Atemzüge aus, wobei das Pflegepersonal die Maske hält, so dass sich der Patient an die Unterstützung durch ein Beatmungsgerät gewöhnen kann. Die NIV sollte mit einem sehr niedrigen PEEP- und PS-Niveau beginnen, damit der Patient die NIV akzeptieren kann. Nach einigen Atemzügen wird das PEEP- und PS-Niveau langsam auf die gewünschten Einstellungen erhöht, wobei die Reaktion und das Ansprechverhalten des Patienten sorgfältig überwacht werden.

Diese Überwachung des Patienten sollte mindestens 30 Minuten dauern. Es muss durch häufiges Nachfragen sichergestellt werden, dass sich der Patient wohl fühlt. Anschließend können die Beobachtungsintervalle schrittweise erhöht werden. Auch wenn einige Patienten angeben, sich wohl zu fühlen, kann das Gegenteil zutreffen. Daher ist es unerlässlich, die Patientenaussagen durch klinische Beobachtungen zu bestätigen. Hochmotivierte Patienten, die so gut wie möglich versuchen, spontan zu atmen, können sich zuweilen bis zur vollständigen Erschöpfung verausgaben. Dies ist eine potenziell ernsthafte Situation, die möglicherweise die Umstellung auf eine invasive Beatmung oder gar rasche Intubation erfordert.

SCHNITTSTELLE UND KOMFORT

Es wird empfohlen, eine Maske mit weichem Polster (z. B. sehr komfortable Gelkissen) in der passenden Größe auszuwählen. Vorzugsweise sollte sich die Maske weiter anpassen lassen, um einen perfekten Sitz sicherzustellen



MT-1188-2008

Evita Infinity® V500



MT-0495-2008

Evita XL



MT-1029-2008

Evita 4 Edition



MT-766-99

Evita 2 Dura



MT-0023-2008

Savina



MT-0514-2008 | 0519-2008

Carina® und Carina® home



MT-154-2001

Oxylog® 3000



MT-4300-2007

Oxylog® 2000 plus



MT-0472-2008

Babylog 8000 plus

und Leckagen zu verringern. Bei einer gut sitzenden Maske sorgt das Polster für eine gleichmäßige Druckverteilung im Gesicht. Dadurch wird die Gesichtshaut weniger gereizt oder verletzt. Die Fixierungen müssen meist nur leicht festgezogen werden. Wenn die Fixierungen übermäßig gespannt werden müssen, ist wahrscheinlich eine falsche Maskengröße oder -form ausgewählt worden (weitere Informationen über Masken erhalten Sie in Kapitel 6.0, „Die Schnittstelle“).

DAS BEATMUNGSGERÄT

NIV wird heutzutage auf Intensivstationen vermehrt als First-Line-Verfahren verwendet, um zu verhindern, dass sich die Atemfunktion so weit verschlechtert, dass eine Intubation erforderlich ist [37, 38, 39, 40]. Fast alle derzeitigen Beatmungsgeräte von Dräger, wie Evita Infinity® V500, Evita XL, Evita 4 Edition, Evita 2 Dura, Savina, Carina® wie auch die Transportbeatmungsge-



NovaStar® NIV-Gesichtsmaske mit Standard-Winkelstückadapter.



NovaStar® NIV-Gesichtsmaske mit Anti-Asphyxie-Ventil und Exhalationsanschlüssen.

räte Oxylog® 3000 und Oxylog 2000 plus eignen sich für die nichtinvasive Beatmung. Bei dem Modell Savina sowie bei Evita und Oxylog® 2000 erfordert die NIV ein optionales Software-Upgrade. Dieses Upgrade ermöglicht Leckagekompensation für Leckagen bis 180 l/min (100 l/min bei den Oxylog-Modellen) und umfasst einen intelligenten Algorithmus für die automatische Einstellung der Triggerempfindlichkeit.

Darüber hinaus sind damit verbessertes Alarm-Management sowie Daten- und Kurvenüberwachung möglich. Automatische Leckagekompensation und Triggeranpassung unterstützen die Spontanatmung der Patienten mit größtmöglichem Komfort und stellen gleichzeitig eine Triggerempfindlichkeit sicher, die normalerweise nur in einem leckagefreien Schlauchsystem möglich ist.

Evita Infinity® V500, Evita XL, Evita 4 Edition, Evita 2 Dura und Savina sind mit einem Doppelschlauchsystem ausgestattet, d. h. dass ein Inspirations-schlauch und ein Expirationsschlauch über ein Y-Stück mit der Maske verbunden sind. Alle aufgeführten Beatmungsgeräte, die ein Doppelschlauchsystem verwenden und mit einem integrierten Sicherheitsventil für den Ausfall des Beatmungsgeräts ausgestattet sind, erfordern eine NIV-Maske mit

einem so genannten Standard-Winkelstückadapter. Diese Masken werden auch als nicht belüftete NIV-Masken bezeichnet (siehe Kapitel 6.1, „Wahl der Schnittstelle: belüftete Systeme im Vergleich zu nicht belüfteten Systemen“).

Die andere Kategorie der NIV-Masken umfasst Schnittstellen mit eingebautem Anti-Asphyxie-Ventil (AAV) und Exhalationsanschlüssen. Dieser Maskentyp wird in der Regel in Kombination mit Einzelschlauchsystemen verwendet und zählt zu den belüfteten NIV-Masken.

Wenn das Einzelschlauchsystem mit einem eingebauten Leckageventil ausgestattet ist und das Beatmungsgerät, wie beim Carina®-System über ein eingebautes Sicherheitsventil für den Ausfall des Beatmungsgeräts verfügt, können in klinischen oder in anderen stationären Umgebungen nicht belüftete Masken verwendet werden.

6.0 Die Schnittstelle

Die NIV ist ein echter Fortschritt bei der Behandlung von chronischem und akutem Lungenversagen [41]. Abgesehen von Typ, Modus und Einstellungen des Beatmungsgeräts ist die Wahl der optimalen Schnittstelle ein entscheidender Faktor. Trotz des breiten Angebots an Patientenschnittstellen wird immer noch wenig darauf geachtet, wie die richtige Schnittstelle auszuwählen ist. Darüber hinaus gibt es keinen allgemein gültigen Konsens, wie Patientenschnittstellen zu handhaben sind [42]. In den folgenden Ausführungen werden die fünf Schnittstellentypen für klinische bzw. stationäre Umgebungen behandelt.

Im Allgemeinen sind im Handel fünf verschiedene Typen von Patientenschnittstellen erhältlich:



Gesichtsmaske

Die Gesichtsmaske deckt Nase und Mund ab. Daher wird dieser Typ auch häufig als Mund- und Nasenmaske bezeichnet.



Nasalmaske

Wie der Name schon sagt, deckt die Nasalmaske nur die Nase ab.



Nasalprongs

Nasalprongs bestehen normalerweise aus Silikon-gummi und werden direkt in die Nasenlöcher eingeführt.



Vollgesichtsmaske

Die Vollgesichtsmaske deckt das gesamte Gesicht ab.



Helm

Der Helm ist ein transparenter Zylinder aus weichem PVC, der den gesamten Kopf des Patienten abdeckt. Polsterähnliche Elemente stellen einen fast luftdichten Sitz im Nacken- und Schulterbereich sicher.

6.1 WAHL DER SCHNITTSTELLE: BELÜFTETE SYSTEME IM VERGLEICH ZU NICHT BELÜFTETEN SYSTEMEN

Die Wahl der Schnittstelle ist von zahlreichen Faktoren abhängig. Dazu zählen die Art des Lungenversagens, der Zustand des Patienten, die Toleranz und der Typ des Beatmungsgeräts. Nach der Wahl der Schnittstelle (Nasal-, Gesichts-, Vollgesichtsmaske usw.) muss der Typ des Schnittstellensystems (nicht belüftet oder belüftet) ausgewählt werden. Technisch gesehen wird dies durch das eingesetzte Beatmungssystem (inkl. Beatmungsgerät und Beatmungsschlauchsystem) vorgegeben. Es gibt zwei Hauptvoraussetzungen für Schnittstellen, die in der NIV verwendet werden:

- Ausreichendes CO₂-Management (Eliminierung)
- Angemessene Sicherheitsvorkehrungen für den Ausfall des Beatmungsgeräts, um eine Asphyxie/CO₂-Narkose zu vermeiden

In Tabelle 3 sind die gängigsten Kombinationen aufgeführt, die für NIV im klinischen Umfeld eingesetzt werden. Lesen Sie vor Beginn der Therapie unbedingt die Gebrauchsanweisung für das Beatmungsgerät und das entsprechende Zubehör.

Es muss zwischen nicht belüfteten und belüfteten NIV-Masken unterschieden werden. Masken sind in der Regel nicht belüftet, wenn sie mit einem so genannten Standard-Winkelstückadapter ausgestattet sind. Der Winkelstückadapter der Maske ist normalerweise blau, um den Anwender darauf aufmerksam zu machen, dass die Maske weder mit einem Anti-Asphyxie-Ventil noch mit Exhalationsanschlüssen ausgestattet ist.

Masken mit Anti-Asphyxie-Ventil und integrierten Exhalationsanschlüssen werden normalerweise als belüftet bezeichnet. Das Anti-Asphyxie-Ventil ist ein Sicherheitsventil, das sicherstellt, dass der Patient bei Ausfall des Beatmungsgeräts Umgebungsluft atmen kann (Druck < 3 cm H₂O). Die Exhalationsanschlüsse halten eine Ableitung von CO₂ während der NIV aufrecht. Der Winkelstückadapter der Maske ist in der Regel weiß oder durchsichtig, so dass der Anwender die Position des Anti-Asphyxie-Ventils beobachten kann. Die Exhalationsanschlüsse sind normalerweise im Maskenkörper oder im Winkelstückadapter der Maske integriert.

Das Beatmungssystem (Beatmungsgerät und -schlauchsystem) wird in der Regel dann als „aktiv“ eingestuft, wenn das Beatmungsgerät oder das Schlauchsystem mit einem (aktiven) Sicherheitsventil ausgestattet ist, so dass der Patient bei Ausfall des Beatmungsgeräts Umgebungsluft atmen kann (z. B. Schlauchsystem mit echtem Expirationsventil, Beatmungsgeräte mit integriertem Sicherheitsventil). Wenn kein aktives Sicherheitsventil im Beatmungsgerät oder -schlauchsystem eingebaut ist, wird das Beatmungssystem in der Regel als „passiv“ bezeichnet (z. B. Beatmungsschlauchsystem mit nur einem Leckageventil).

Obwohl in der Regel in klinischen und anderen stationären Umgebungen bei der NIV ausreichende Alarmsysteme für den Ausfall des Beatmungsgeräts und CO₂-Überwachungssysteme vorhanden sind, kann eine falsche Einrichtung des gesamten Beatmungssystems (inkl. Beatmungsgerät, -schlauchsystem und NIV-Masken) das klinische Risiko einer nicht ausreichenden Beatmung des Patienten bedeuten. Unzureichende Beatmung kann schwerwiegende klinische Folgen haben. Daher sind alle Gebrauchsanleitungen vor der Verwendung sorgfältig zu lesen. Darüber hinaus darf das gesamte Beatmungssystem nur von Ärzten installiert werden, die umfangreiche Erfahrung mit NIV haben.

Die vorstehend aufgeführten und beschriebenen Masken (nicht belüftet oder belüftet) sind im klinischen Umfeld weit verbreitet. Es sind jedoch auch Gesichtsmasken erhältlich, die nur mit einem Anti-Asphyxie-Ventil ausgestattet sind. Diese Masken werden normalerweise zusammen mit einem zusätzlichen Leckageventilsystem verwendet, das im Beatmungsschlauchsystem selbst oder zwischen dem Schlauchsystem und der Schnittstelle positioniert ist. Das CO₂-Management wird von einem Leckageventil ausgeführt, während das Anti-Asphyxie-Ventil in der Maske sicherstellt, dass der Patient bei Ausfall des Beatmungsgeräts auf die Umgebungsluft zugreifen kann. Eine modernere Lösung ist jedoch eine Gesichtsmaske mit einem Anti-Asphyxie-Ventil und integrierten Expirationsanschlüssen sowie einem einfachen Einzelschlauch-Gaszufuhrsystem. Dieses System zeichnet sich ebenfalls durch einen geringen Totraum und eine effektivere CO₂-Reduktion aus. Des Weiteren wird ein Beatmungsgerät mit einem Einzelschlauchsystem und einem Leckageventil sehr häufig in Kombination mit Nasalmasken verwendet.

TABELLE 3 –TYPEN VON BEATMUNGSSYSTEMEN

Typ des Systems	Im Beatmungsgerät integriertes Sicherheitsventil	Art des Schlauchsystems	Bauform der Schnittstelle
Aktiv	Verfügbar	Doppelschlauchsystem	Nicht belüftet
	Nicht verfügbar	Einschlauchsystem mit „echtem“ Expirationsventil	Nicht belüftet
Passiv	Nicht verfügbar	Einschlauchsystem mit Leckageventil	Nicht belüftet
	Nicht verfügbar	Einschlauchsystem mit Leckageventil	Nicht belüftet
	Nicht verfügbar	Einschlauchsystem mit Leckageventil	Belüftet
	Nicht verfügbar	Einfaches Einschlauchsystem	Belüftet

Typ des Systems-	Typ der Schnittstelle	Ausreichendes CO ₂ -Management	Adäquate Sicherheitsvorkehrungen bei Ausfall des Beatmungsgeräts (Asphyxie/CO ₂ -Narkose)
Aktiv	Schnittstelle (Nasal-, Gesichts-, Vollgesichtsmasken) mit Standard-Winkelstückadapter	Weniger relevant, da Inspiration/Expiration separat erfolgen	Im Beatmungsgerät integriertes Sicherheitsventil stellt sicher, dass der Patient bei Ausfall des Beatmungsgeräts Zugriff auf Umgebungsluft erhält
	Schnittstelle (Nasal-, Gesichts-, Vollgesichtsmasken) mit Standard-Winkelstückadapter	Durch Expirationsventil gesichert	Das Expirationsventil stellt sicher, dass der Patient bei Ausfall des Beatmungsgeräts Zugriff auf Umgebungsluft erhält (Druckabfall)
Passiv	Nasalmaske mit Standard-Winkelstückadapter	Weniger relevant, da die Eliminierung von CO ₂ über das Leckageventil erfolgt	Patient kann bei Ausfall des Beatmungsgeräts über den Mund atmen
	Gesichtsmaske mit Standard-Winkelstückadapter	Durch Leckageventil gesichert	Nur für Krankenhausumfeld! Adäquates Alarm-Management muss bei Ausfall des Beatmungsgeräts sichergestellt sein! Medizinische Mitarbeiter müssen dafür sorgen, dass der Patient bei Ausfall des Beatmungsgeräts unverzüglich Zugriff auf Umgebungsluft erhält.
	Gesichtsmaske mit Anti-Asphyxie-Ventil (kein Exhalationsanschluss)	Durch Leckageventil gesichert	Anti-Asphyxie-Ventil stellt Zugriff auf Umgebungsluft bei Ausfall des Beatmungsgeräts sicher (Druck < 3cm H ₂ O)
	Gesichts-/Vollgesichtsmaske mit Anti-Asphyxie-Ventil UND in der Maske integrierte Exhalationsanschlüsse	Durch die in der Maske integrierten Exhalationsanschlüsse sichergestellt	Anti-Asphyxie-Ventil stellt bei Ausfall des Beatmungsgeräts Zugriff auf Umgebungsluft sicher (Druck < 3cm H ₂ O)

6.2 HAUPTSÄCHLICHE HERAUSFORDERUNGEN BEI PATIENTEN-SCHNITTSTELLEN

In den folgenden Abschnitten werden die hauptsächlichen Herausforderungen beschrieben, die sich im Zusammenhang mit NIV-Schnittstellen ergeben.

6.2.1 MINIMIEREN VON LECKAGEN

Das Minimieren von Leckagen ist die größte Herausforderung bei der NIV. Leckagen entstehen durch eine mangelnde Dichtigkeit zwischen Maske und Haut bzw. durch den geöffneten Mund; dadurch wird die alveoläre Beatmung und Synchronität zwischen Patienten und Beatmungsgerät verringert [41]. Das Ausmaß der Leckagen ist zu überwachen und beeinflusst die Wahl des Maskentyps.

Bei Verwendung von Nasalmasken oder Nasalprongs kann ein geöffneter Mund den Abfall des Inspirationsvolumens bewirken. Wenn die Leckage über den Mund länger anhält, kann es zum kritischen Anschwellen der Nasenschleimhäute kommen, falls die Luftzufuhr verstärkt nasal erfolgt. In diesem Fall ist die Verwendung einer Gesichtsmaske eine besser geeignete Lösung.

Bei der Verabreichung von Sauerstoff führen Leckagen automatisch zu einem Verlust an Sauerstoff im Luftstrom. Daher ist bei der Verabreichung von Sauerstoff aus einer externen Zufuhr mit einer festgelegten Durchflussrate über ein T-Stück sorgfältig darauf zu achten, dass die resultierende Sauerstoffkonzentration für den Patienten ausreicht. Das Problem kann ggf. durch Verbesserung der Maskendichtung und/oder eine erhöhte Sauerstoffzufuhr gelöst werden.

Zusätzlich ist sicherzustellen, dass die schnell strömende Luft nicht über die Maske nach oben in Richtung der Augen des Patienten entweicht, was zu Augenreizung und Konjunktivitis führen kann [45].

6.2.2 MAXIMIEREN DES TRAGEKOMFORTS

Die nächste größere Herausforderung besteht darin, eine Schnittstelle zu finden, die komfortabel ist und keine unerwünschten Nebenwirkungen mit sich

bringt. Auch wenn NIV von Patienten im Allgemeinen als komfortabler empfunden wird als die invasive Beatmung, bleibt die Maskenintoleranz einer der Hauptgründe für das Scheitern von NIV. Die Fehlerquoten liegen trotz größter Bemühungen gut ausgebildeter Pflegekräfte zwischen knapp 10 % und über 40 % [46].

Maskenbedingte Druckblasen, die normalerweise oberhalb der Nasenwurzel auftreten, werden meist durch zu festes Anziehen der Kopfbänder verursacht. Druckblasen sind ein erheblicher Nachteil können zu einer verringerten Toleranz führen [41]. Die unterschiedlichen Arten von Hautverletzungen können von leichten Rötungen an der Nasenwurzel bis hin zu offenen Geschwüren reichen. Zwar ist die Nasenwurzel die empfindlichste Stelle, doch können Risse in der Haut ebenfalls im Gesicht des Patienten auftreten, insbesondere oberhalb des Jochbeins.

Sicherlich hat bei einer kurzzeitigen NIV-Therapie das Ergebnis Vorrang vor dem Komfort, doch ist man sich einig, dass eine gut sitzende und komfortable Maske sowohl für den therapeutischen Erfolg als auch für das Vermeiden von Hautverletzungen unerlässlich ist.

Unterschiedliche Auflagen sind auf ihre Fähigkeit geprüft worden, insbesondere bei akutem Lungenversagen Verletzungen an der Nasenwurzel zu vermeiden. Der Sitz und der Komfort der Maske können durch Luftpolster und Dichtungs-/Halteringe verbessert werden. Varianten sind Masken mit aufblasbaren Polstern, Gelmasken und auf den Patienten zugeschnittene Masken, die an die individuellen Gesichtskontur angepasst werden können [42]. Neuere, kompaktere Masken und Gelmasken werden von Patienten besser angenommen und immer beliebter. Ihre Effizienz bei NIV muss noch in klinischen Studien evaluiert werden.

Unabhängig von der ausgewählten Maske ist ein guter Sitz für optimalen Patientenkomfort von größter Bedeutung. Größenschablonen helfen bei der Wahl der Größe und der richtigen Einstellung und verhindern ein zu straffes

Anziehen der Befestigungsbänder. Zur Verbesserung des Patientenkomforts müssen Pflegekräfte bereit sein, mit dem Patienten unterschiedliche Typen und Größen ausprobieren [43].

6.2.3 MINIMIEREN DES TOTRAUMS

Die dritte Herausforderung ist der Totraum, der bei größeren, nichtinvasiven Patientenschnittstellen im Vergleich zum Endotrachealtubus ein Problem darstellt. Rückatmung von Kohlenstoffdioxid kann bei Beatmungsgeräten mit einem Einzelschlauchsystem ohne echtes Exhalationsventil vorkommen. Auch bei Nasalmasken oder Nasalprongs stellt sich das Problem der Rückatmung von CO₂, allerdings in einem geringeren Umfang. Am problematischsten ist dieser Umstand bei Gesichts-, Vollgesichtsmasken und Helmen.

Die Rückatmung von CO₂ kann durch Berücksichtigung einiger weniger Hauptfaktoren verringert werden. Es ist nachgewiesen worden, dass ein kontinuierlicher Flow während der gesamten Expirationsphase bei den meisten Gesichtsmasken den gesamten dynamischen Totraum auf fast physiologisches Niveau reduziert. Wenn der positive Druck während der Expiration nicht aufrecht gehalten wird, so ist der dynamische Totraum während der nichtinvasiven Beatmung zwar reduziert worden, jedoch in geringerem Umfang [47]. Darüber hinaus hat die Lage des Exhalationsanschlusses Einfluss auf den dynamischen Totraum: Der in der Gesichtsmaske integrierte Exhalationsanschluss konnte das CO₂ effektiver aus der Gesichtsmaske und dem Schlauchsystem entfernen als der Exhalationsanschluss mit Leckageventil innerhalb des Schlauchsystems. Es gibt bisher allerdings noch keine allgemein gültigen Daten, wie sich die Lage des Exhalationsanschlusses und das Innenvolumen der Maske auf die Rückatmung von CO₂ auswirken [44].

Die klinischen Auswirkungen des mit Masken einhergehenden Totraums in Schlauchsystemen mit kontinuierlichem Flow durch absichtliche Leckage zur Eliminierung von CO₂ im Vergleich zu Schlauchsystemen mit Ventilen, in denen sich Toträume möglicherweise stärker auswirken, sind noch nicht vollständig erforscht. Verschiedene Typen von Gesichtsmasken, z. B. Masken mit Anti-Asphyxie-Ventil (AAV) und Exhalationsanschlüssen, sind heutzutage erhält-



ClassicStar® NIV-Gesichtsmaske



NovaStar® NIV-Gesichtsmaske

lich. Einige dieser Masken berücksichtigen die Problematik des Totraums und verfügen über erhöhte Leckageraten, was die Qualität der NIV verbessern kann [42]. Dennoch sind zusätzliche Laborversuche und klinische Studien erforderlich, um die vorstehenden Beobachtungen zu bestätigen.

6.2.4 PATIENTENSCHNITTSTELLEN: CLASSICSTAR® UND NOVASTAR® NIV-GESICHTSMASKEN

Mit seiner neuesten Produktlinie an Patientenschnittstellen verfolgt Dräger das Ziel, die Maske an den Patienten und nicht den Patienten an die Maske anzupassen: die ClassicStar® und NovaStar® NIV-Gesichtsmasken.

Durch Auf- und Abpumpen kann sich das ClassicStar® Maskenkissen an die Gesichtskonturen des Patienten anpassen und so einen verbesserten anatomischen Sitz sicherstellen. Die NovaStar®-Maske verfügt über ein schmales mit Silikongel gefülltes Kissen, das in die flexible, transparente Maskenhülle integriert ist und maximalen Patientenkomfort bietet. Dieser biegsame Ring ermöglicht eine Anpassung der NovaStar®-Maske an die jeweiligen Gesichtskonturen des Patienten und ermöglicht so einen wirklich individuell angepassten Sitz.

Zusatzfunktionen, wie z. B. ein vorgesehener Zugang für eine nasogastrale Sonde und eine einstellbare Stirnstütze tragen zur weiteren Funktionsverbesserung der NIV-Gesichtsmasken ClassicStar® und NovaStar® bei.



Nasalmaske



Nasalprong

6.3 GESICHTSMASKEN IM VERGLEICH ZU NASALMASKEN UND NASALPRONGS

Die Durchsicht veröffentlichter Studien gibt Aufschluss über die in Akutumgebungen am häufigsten eingesetzten Schnittstellen: [41]

- Gesichtsmasken 63 %
- Nasalmasken 31 %
- Nasalprongs 6 %

Diese Ergebnisse stützen die allgemeine Ansicht, dass in der Intensivmedizin Gesichtsmasken gegenüber Nasalmasken bevorzugt werden. Dies lässt sich ggf. darauf zurückführen, dass dyspnoische Patienten hauptsächlich durch den Mund atmen und aus diesem Grund größere Luftleckagen sowie eine verminderte Effektivität während der Nasalmaskenbeatmung wahrscheinlicher sind [43]. Die Verwendung einer Gesichtsmaske verbessert in der Regel die alveoläre Beatmung. Die Nasalmaske wird jedoch möglicherweise vom Patienten besser toleriert [48].

Nasalmasken haben einen kleineren Totraum auf und tragen dazu bei, das Gefühl von Klaustrophobie zu vermindern. Essen/Trinken und Expektoration

sind möglich. In manchen Fällen können Kinnbänder bei Nasalmasken Leckagen durch den Mund reduzieren. Diese Kombination ist jedoch nur selten effektiv. Die Verbesserung des arteriellen Blutgaspartialdrucks findet einigen Studien zufolge mit Nasalmasken langsamer statt als mit Gesichtsmasken.

Nasalprongs sind Alternativen zu Nasalmasken; hierbei werden Röhrchen aus Weichgummi oder Silikon direkt in die Nasenlöcher eingeführt [43]. Nasalprongs können weniger Klaustrophobie hervorrufen als Nasalmasken. Sie weisen gegenüber Gesichtsmasken ähnliche Vor- und Nachteile wie Nasalmasken auf.

Gesichtsmasken ermöglichen einen höheren Beatmungsdruck bei geringerer Leckage. Außerdem muss der Patient in geringem Umfang kooperieren und kann durch den Mund atmen. Verglichen mit Nasalmasken begründet sich die häufigere Anwendung von Gesichtsmasken bei akutem Lungenversagen durch die bessere Qualität der Beatmung (zumindest in der Anfangsphase des Eingriffs), und zwar in Hinblick auf das Minutenvolumen und verbesserte Blutgaswerte [42].

6.4 VOLLGESICHTSMASKE

Um die Leistungsfähigkeit der Schnittstelle zu verbessern, wurden Vollgesichtsmasken mit Gesichtsmasken und Nasalmasken verglichen [49]. Die Ergebnisse zeigten, dass die Vollgesichtsmaske die Beatmung möglicherweise verbessern kann: Bei NIV mit Vollgesichtsmaske war die Reduzierung des PaCO₂-Wertes nachweislich am größten. Auch der mangelnde Patientenkomfort, das Ausmaß von Masken-/Mundleckagen und Dyspnoe wurden bei NIV mit Vollgesichtsmaske effektiv verringert. Dies lässt sich möglicherweise wie folgt erklären:

- Uneingeschränktes Blickfeld des Patienten
- Möglichkeit zur verbalen Kommunikation
- Weniger Unbehagen aufgrund des direkt in die Augen führenden Luftstroms, falls bei einer Gesichtsmaske Leckagen auftreten



Gesichtsmaske NovaStar®



Vollgesichtsmaske

- Gefühl eines Luftstroms über das gesamte Gesicht (was wiederum den Eindruck von Dyspnoe abmildert) [49]

Das Totraumvolumen der in der Studie verwendeten Vollgesichtsmaske betrug ca. 1.500 ml, was verglichen mit der Nasalmaske (105 ml) und der Gesichtsmaske (250 ml) relativ hoch ist (die betreffenden Masken waren alle nicht identisch mit den Masken auf den Abbildungen oben) [51].*

Komplikationen im Zusammenhang mit dem Totraum (z. B. verstärktes Gefühl von Dyspnoe bzw. negative Auswirkungen auf den Blutgaspartialdruck) wurden nicht beobachtet. Bei einer nichtinvasiven Beatmung mit Vollgesichtsmaske könnte man erwarten, dass Komplikationen wie Augenreizungen und Magendistension häufiger vorkommen. Dies wurde jedoch nicht beobachtet [49].

Ähnliche Ergebnisse sind in einer weiteren Studie vorgestellt worden [50]. Trotz des größeren Totraumvolumens als bei anderen Masken (Gesichts- und Nasalmaske) zeigte keiner der Patienten beim Einsatz einer Vollgesichtsmaske erhöhte PaCO₂-Werte oder eine schwerfällige Atmung.

* Toträume von Nasal-, Gesichts- und Vollgesichtsmasken können je nach Hersteller, Ausführung und Maskengröße variieren. Die Totraumreduzierung aufgrund der Gesichtskonturen des Patienten beim Tragen der Maske wurde nicht berücksichtigt.

Andererseits ist Folgendes zu berücksichtigen: Zur Minimierung der potenziell negativen Auswirkungen des größeren Totraums wurde allen Patienten ein kontinuierlicher Grundflow einer Sauerstoff-/Luftmischung (gemäß den FiO_2 -Anforderungen des Patienten) zugeführt, um den Totraum auszuwaschen. Darüber hinaus ist möglicherweise ein zusätzlicher Sauerstoff-Flow direkt an die Maskenanschlüsse an sich abgegeben worden. Um die Rückatmung von CO_2 weiter zu verhindern, wurden alle Patienten mit Beatmungsgeräten behandelt, die über ein Doppelschlauchsystem verfügen (separate Inspirations- und Expirationsschläuche) [50].

Die Ergebnisse lassen darauf schließen, dass sich bei Patienten mit akutem hyperkapnischen Lungenversagen, die NIV mit Nasal- bzw. Gesichtsmasken nicht tolerieren, durch die Vollgesichtsmaske die Akzeptanz der NIV-Therapie und möglicherweise der Gasaustausch und die Atemmechanik verbessert, so dass keine Notwendigkeit mehr für endotracheale Intubation und mechanische Beatmung besteht. Die Vollgesichtsmaske könnte ergänzend zu den in klinischen Umgebungen meist verwendeten Gesichtsmasken eingesetzt werden.

6.5 HELM

Der Helm ist eine neue Schnittstelle, die das Potenzial hat, die Erfolgsrate der nichtinvasiven Beatmung durch Verbesserung der Toleranz zu erhöhen.

Theoretisch bietet der Helm erhebliche Vorteile:

- Verbesserte Toleranz (zufriedenstellende Interaktion des Patienten mit der Umgebung)
- Befestigungssystem (kann das Risiko von Hautläsionen herabsetzen)
- Universelle Anpassungsform (kann unabhängig von der Gesichtsanatomie angewendet werden) [48]



Helm

Der Helm hatte beträchtliche Begeisterung ausgelöst, nachdem in mehreren Publikationen die erfolgreiche NPPV-Behandlung von Patienten mit akutem hypoxischem Lungenversagen vermeldet wurde. In diesen Studien wurde der Einsatz des Helms mit besserer Toleranz und weniger Komplikationen in Verbindung gebracht als mit einer Vollgesichtsmaske. In einer Pilotstudie wurde berichtet, dass durch Anwendung des Helms die Häufigkeit von Hautläsionen verringert wurde. Er ermöglicht völlig uneingeschränkte Kopfbewegungen, verbale Kommunikation, Lesen und normale Ernährung. Der Helm wurde besser toleriert als die Vollgesichtsmaske und kann sogar die Kooperation zwischen Patient und Pflegepersonal und damit die gesamte Pflegequalität verbessern [51].

Die Ergebnisse einer späteren Studie haben gezeigt, dass sowohl der Helm als auch die Vollgesichtsmaske die $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ -Quotienten verbessern und den PaCO_2 -Gehalt signifikant reduzieren. Die Reduzierung des PaCO_2 war in der Gruppe der Patienten, die mit dem Helm beatmet wurden, weniger ausgeprägt als bei den Patienten, die mit der Vollgesichtsmaske beatmet wurden. In der Studie war NPPV über Helm weniger effektiv bei Hyperkapnie als NPPV über Vollgesichtsmaske. Dieses Ergebnis kann von zwei möglichen Faktoren beeinflusst worden sein: erstens Kohlendioxid-Rückatmung und zweitens inspiratorische Atemarbeit [52].

Eine kürzlich durchgeführte Studie zeigte ähnliche Ergebnisse. Unabhängig von der verwendeten Schnittstelle wurde durch nichtinvasive Beatmung der Gasaustausch verbessert und die inspiratorische Atemarbeit reduziert. Der Helm konnte jedoch die inspiratorische Atemarbeit weniger effizient reduzieren als die Vollgesichtsmaske und hatte eine gewisse negative Auswirkung auf die Synchronität zwischen Patient und Beatmungsgerät, was sich anhand einer verlangsamten Triggerung und Abschaltung der mechanischen Unterstützung sowie anhand der Anzahl an ineffektiven Atemzüge zeigte [53].

Hinsichtlich des Patientenkomforts wurden zwischen den beiden Schnittstellen keine Unterschiede empfunden. Helm und Vollgesichtsmaske wurden gleichermaßen gut getragen und verbesserten beide den Gasaustausch auf effektive Weise [53].

Trotz aller Begeisterung für den Helm ist eine gewisse Zurückhaltung geboten.

- Wenn NPPV mit dem Helm angewendet wird, sind sowohl das äußere Ohr als auch das Mittelohr direkt dem positivem inspiratorischem Druck ausgesetzt. Dadurch besteht für Mittel- und Innenohr theoretisch das Risiko einer mechanischen Schädigung. Außerdem kann der Geräuschpegel für manche Patienten störend sein.
- Ein weiterer wichtiger Punkt ist das Risiko der Rückatmung, das durch den großen Totraum im Helm verursacht wird.
- Zudem könnten Probleme mit der Triggerung und Zyklussteuerung des Beatmungsgeräts entstehen, die durch das große komprimierbare Volumen im Kreislauf verursacht werden.

Bis diese Probleme behoben sind, sollte der Helm für die Behandlung von hyperkapnischem Lungenversagen mit NPPV nicht empfohlen werden [39].

Obwohl die Verwendung des Helms kontrovers bleibt und mehrere Studien keine deutliche Empfehlung für Patienten mit akutem hyperkapnischem

Lungenversagen ausgesprochen haben, sollten die positiven Errungenschaften dieser neuen Schnittstelle bei Patienten mit akutem hypoxischem Lungenversagen erwogen werden.

6.6 VERWENDUNG DER SCHNITTSTELLE IN CHRONISCHER UMGEBUNG (HÄUSLICHER BEREICH)

Die hauptsächlich bei chronischen Indikationen verwendeten Schnittstellen gliedern sich wie folgt:

- Gesichtsmasken	6 %
- Nasalmasken	73 %
- Nasalprongs	11 %
- Mundstück	5 % [41]

Die Merkmale und Vorteile dieser Schnittstellen wurden weiter oben erläutert. Patienten bewerten Nasalmasken für (chronische) Langzeitanwendungen im Allgemeinen als komfortabler [54].

6.7 NICHTINVASIVE BEATMUNG IN DER PÄDIATRIE – DIE SCHNITTSTELLE

Die NIV in der pädiatrischen Umgebung hat sich in den letzten Jahren ebenfalls zu einer Option entwickelt und wird immer häufiger angewendet.

Im Gegensatz zu Studien an Erwachsenen scheinen Nasalmasken sowohl bei akuten als auch chronischen Indikationen bevorzugt zu werden, und zwar unabhängig von der Tatsache, dass die Kinder in diesen Studien häufig die Altersgrenze für obligatorische Nasenbeatmung überschritten hatten. Die Verwendung von Gesichtsmasken birgt das Risiko, dass der Unterkiefer nach hinten gedrückt wird, was zu einer Blockierung der Atemwege führen kann. Des Weiteren könnte die häufigere Wahl von Nasalmasken mit Faktoren wie Aspirationsrisiko, Schwierigkeiten mit dem richtigen Anpassen von Gesichtsmasken, Probleme mit der Kooperation und größerer Totraum erklärt werden [55]. In einer neueren Studie wurde bei 15 Kindern mit ARF kontinuierlich positiver Atemwegsdruck mit einem modifizierten Helm angewendet. Die

Ergebnisse haben gezeigt, dass der modifizierte Helm gut toleriert wurde und die Oxygenierung der Kinder (1 Monat bis 5 Jahre) verbesserte. Diese Studie war innovativ und führte eine neue NIV-Schnittstelle in die Pädiatrie ein. Da es sich bei der Studie jedoch um eine Anwendungsbeobachtung handelte, wurden mehrere wichtige Punkte nicht berücksichtigt [56].

Die Maske sollte möglichst so ausgeführt sein, dass der geringste, mit einer effektiven Beatmung vereinbare Hautkontaktdruck angewendet wird. Es sollte auf Druckstellen geachtet und negative Auswirkungen auf den Kieferknochen sollten überwacht werden. Um Gesichtsläsionen auf ein Mindestmaß zu reduzieren, kann das Ändern der Maskenposition und/oder -form eine Möglichkeit sein. Das Anziehen der Maskenbänder zur Vermeidung von Leckagen in dem Maß, dass Hautverletzungen und Schädeldeformationen auftreten, muss vermieden werden. Der Auswahl der kleinstmöglichen Maske sollte hohe Priorität gegeben werden, um Totraum zu minimieren und die Triggerfunktion zu unterstützen [55].

Vergleichsdaten über nichtinvasive Schnittstellen in der pädiatrischen Population wären entscheidend, sind jedoch praktisch nicht vorhanden. Außerdem stehen nur wenige Schnittstellen für die pädiatrische Verwendung zur Verfügung (gegenüber den für Erwachsene verfügbaren Optionen). Weitergehende Forschungs- und Entwicklungsarbeit in diesem Bereich ist dringend erforderlich [55].

6.8 ÜBERBLICK ÜBER PATIENTENSCHNITTSTELLEN

Seit in den 80er-Jahren die ersten spezialgefertigten Masken auf den Markt gebracht wurden, hat sich die Auswahl der Schnittstellen für NPPV deutlich geändert. Heutzutage sind zahlreiche Größen und Formen verfügbar. Häufig kommen neue und innovative Schnittstellen auf den Markt [57]. Aufgrund der vorliegenden Nachweise kann nicht behauptet werden, dass eine Schnittstelle in Bezug auf wichtige Ergebnisse, z. B. Intubationsrate oder Mortalität, einer anderen deutlich überlegen ist.

Die Gesichtsmaske kann für erwachsene ARF-Patienten effektiver sein als die Nasalschnittstelle [39]. Diese scheinen in der Regel die erste Wahl zu sein. Die Ergebnisse lassen darauf schließen, dass bei Patienten mit akutem hyperkapnischem Lungenversagen, die NPPV mit Gesichts- oder Nasalmasken nicht tolerierten, die Anwendung der Vollgesichtsmaske die Patientenakzeptanz steigern könnte. Obwohl der Helm als relativ neue Patientenschnittstelle für die NPPV-Behandlung von Patienten mit hyperkapnischem Lungenversagen nicht empfohlen werden kann, sollten seine positiven Ergebnisse bei Patienten mit akutem hypoxischem Lungenversagen bedacht werden.

Die Maskenausführung kann für das Risiko von Schäden in der Gesichtshaut bestimmend sein. Basierend auf Einzelfallberichten sind die Verwendung der richtigen Größe, das nicht zu feste Anziehen des Kopfbands und das Anbringen von Wundpflastern auf dem Nasenrücken (Gesichts-, Nasenmasken) allesamt wichtige Erwägungen, um Schäden der Gesichtshaut zu vermeiden [39]. Neuere, formbare Masken mit Gelabdichtungen werden von Patienten gut toleriert und gewinnen an Popularität. Ihre Effizienz bei der NPPV wurde jedoch bisher nicht in klinischen Studien evaluiert.

Verschiedene Aspekte der Schnittstellen wurden in zahlreichen Studien miteinander verglichen. Die Forschungsergebnisse können als Indikator dafür dienen, welche Art Schnittstelle geeignet sein kann, unter welchen Umständen die Schnittstelle geändert werden sollte, und ob Schnittstellen die Atemstörung auf die gleiche Weise behandeln [57].

7.0 Befeuchtung

Obwohl die NIV die oberen Atemwege nicht umgeht und die Befeuchtung der inhalieren Luft auf natürliche Weise stattfindet, wird dennoch die Verwendung eines Befeuchtungssystems empfohlen. Besonders bei Patienten, die durch den Mund atmen, ist eine künstliche Befeuchtung erforderlich. Je nach Menge und Viskosität der Sekretionen kann ein Aktivbefeuchter oder ein Wärme- und Feuchtigkeitstauscher gewählt werden.

7.1 BEHEIZTE AKTIVBEFEUCHTER

Bei Patienten mit großen Leckagen um die Maske, hohem inspiratorischen Flow und O₂-Konzentrationen über 40 % wird ein Aktivbefeuchter wegen seiner großen Kapazität zur Produktion erwärmter und angefeuchteter Luft bevorzugt (58). Viele Patienten, die an ARF leiden, sind dehydriert und haben Schwierigkeiten bei der Sekretableitung. Gut befeuchtete Luft bei einer Temperatur zwischen 25-30 °C trägt wesentlich zum Erfolg der NIV-Therapie bei, da sie sowohl die Sekretionsbeseitigung als auch die Toleranz der NIV-Therapie verbessert [20].

7.2 WÄRME- UND FEUCHTIGKEITSAUSTAUSCHER – HME-FILTER

Ein Wärme- und Feuchtigkeitstauscher (Heated Moisture Exchanger, HME) ist eine praktische Lösung zur Befeuchtung inhalierter Luft. Die Geräte sind leistungsfähig und produzieren wenig Widerstand, aber die notwendige Erweiterung des Atmungskreislaufs vergrößert das Totraumvolumen um 50-100 ml. Dies kommt zum Totraum der Maske hinzu, der gewöhnlich ungefähr 200-300 ml bei einer Gesichtsmaske beträgt (siehe Fußnote Seite 40). Bei Verwendung eines Doppelschlauchsystems sind weitere 20-30 ml hinzuzurechnen, um dem kurzen Verbindungsrohr zwischen Y-Stück und Maske Rechnung zu tragen. Im schlimmsten Fall kann der Totraum im Schlauchsystem den physiologischen Totraum verdoppeln oder gar verdreifachen, was ungefähr 150 ml entspricht.

Der Patient wird versuchen, diesen zusätzlichen Totraum dadurch zu kompensieren, dass er das Minutenvolumen erhöht und damit die Atemarbeit (Work of Breathing, WOB) im Vergleich zur Atmung mit einem beheizten Befeuchter bei vergleichbaren PaCO₂-Werten steigert [59, 60].

Der nachteilige Effekt des vergrößerten Totraums kann dadurch verringert werden, dass ein Beatmungsgerät benutzt wird, das eine belüftete Maske (AAV) erfordert (siehe Kapitel 6.1, „Wahl der Schnittstelle“).

Das Einzelschlauchsystem macht die kleine Verbindung zur Maske in den meisten Situationen überflüssig.

8.0 Das medizinische Team

Der Erfolg der NIV-Therapie hängt wesentlich von den Fähigkeiten und der Erfahrung des medizinischen Teams ab. Ein Facharzt entscheidet in aller Regel, welche Patienten mit NIV behandelt werden, und ist für die Patientenüberwachung verantwortlich. Der Spezialist wählt den Modus der Unterstützung und erteilt Anweisungen für die Einstellungen des Beatmungsgerätes. Dem Arzt sollten ausgebildete Pflegekräfte oder Fachkraft für Atemtherapie assistieren, die mit der NIV-Therapie vertraut sind.

Das gesamte Personal, das mit NIV arbeitet, muss entsprechend geschult sein. Intensivstationen sind normalerweise mit interdisziplinären Teams besetzt. Das Ziel des Teams muss es sein, das gleiche Niveau an Fähigkeiten zu erreichen.

Zusätzlich zur soliden Erfahrungen in der intensivmedizinischen Beatmung sind zusätzliche Schulungen in folgenden Bereichen erforderlich:

- Auswahlkriterien für NIV
- Auswahlkriterien für Schnittstellen
- Funktion, Bedienung und Einstellung der NIV-Geräte
- Einschätzung der Patientenreaktion auf NIV und Reaktion, falls die Behandlung fehlschlägt
- Verständnis der Beatmungsfunktionen im Hinblick auf Leckagekompensation, Triggerung und freie Durchatembarkeit

9.0 Überwachung der NIV-Therapie

Das erforderliche Maß der Überwachung hängt von mehreren Faktoren ab, darunter Zustand des Patienten, Schweregrad der ARF und Behandlungsumgebung, z. B. Intensivstation, Notaufnahme oder Intermediate Care-Station.

Standardüberwachung

- ABG
- SpO₂
- Atemwegsdruck
- Minutenvolumen
- Apnoezeit mit Backup-Beatmung

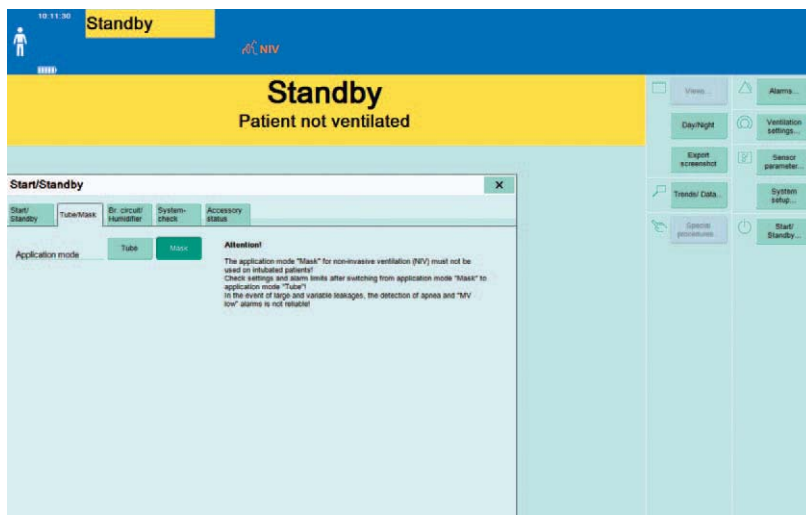
Erweiterte Überwachung

- ABG
- SpO₂
- Atemwegsdruck
- Minutenvolumen
- Apnoezeit mit Backup-Beatmung
- Frequenz
- FiO₂
- Form der Flow- und Druckkurven
- EKG
- NIBP (nicht invasiver Blutdruck)
- Temperatur

Sollwerte für die meisten erwachsenen Personen:

- SpO₂ ≥ 92 %, für COPD SpO₂ ≥ 88 %
- 7,35 ≤ pH ≤ 7,45
- 14 ≤ AF ≤ 25 Atemzüge/min
- 4,6 kPa ≤ PaCO₂ ≤ 6,0 kPa
- 6 ml/kg ≤ Vt ≤ 8 ml/kg

Falls die NIV fehlschlägt, sollte die erweiterte Überwachung angewendet werden, da der Zustand von Patienten mit akutem Lungenversagen sich sehr schnell verschlechtern kann. Ein Intensivbeatmungsgerät sollte bereitstehen, um den Wechsel zur invasiven Beatmung schnell vornehmen zu können.



D-9180-2009

Evita Infinity® V500: Wählen und Bestätigen des NIV-Modus im Standby-Menü

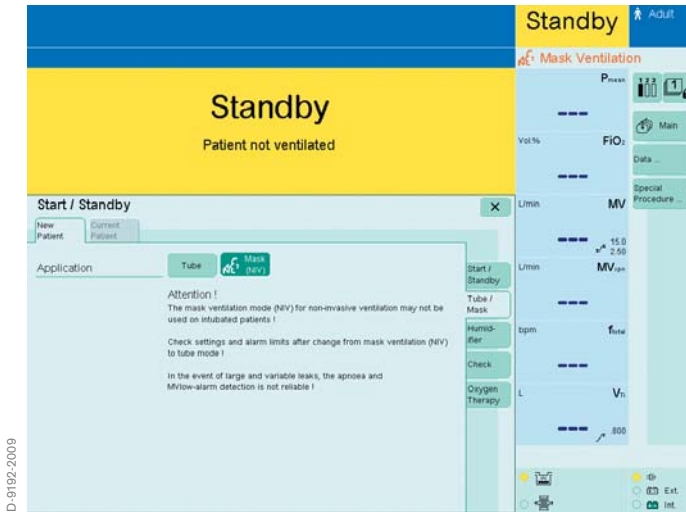
10.0 NIV-Anwendung und -Einstellung

Nachdem der Patient ausgewählt (Kapitel 4) und über das weitere Vorgehen informiert wurde, sich an die Maske gewöhnt hat und so entspannt wie möglich ist, kann das Beatmungsgerät eingeschaltet werden.

EINRICHTEN DES BEATMUNGSGERÄTES

Bei allen Dräger-Beatmungsgeräten ist NIV eine Option, mit Ausnahme von Carina®, bei dem es eine Standardfunktion ist.

Richten Sie das Beatmungsgerät ein und überprüfen Sie es entsprechend der Bedienungsanleitung. Bei Verwendung des Dräger Evita-Beatmungsgerätes für die NIV-Therapie wählen und bestätigen Sie den NIV-Modus im Standby-Menü. Der Wechsel von invasiver zu nichtinvasiver Beatmung und umgekehrt ist nur



D-9192-2009

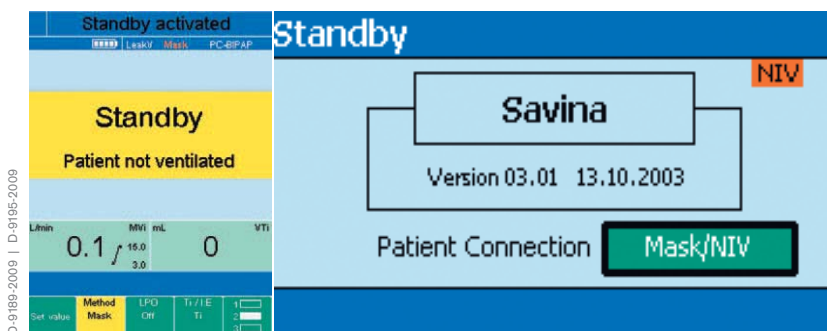
Evita XL: Wählen und Bestätigen des NIV-Modus im Standby-Menü

von hier aus möglich. Je nach Typ des Evita-Beatmungsgerätes zeigt ein Symbol, das einen Patienten mit Maske darstellt, dass NIV eingeschaltet ist.

Beim Dräger Savina-Beatmungsgerät wird NIV ebenfalls über das Standby-Menü eingeschaltet. Wählen Sie dann im Menü für den Patientenanschluss die Option für Maske/NIV.

Beim Dräger Carina®-Beatmungsgerät müssen Sie zunächst sicherstellen, dass der Wählschalter für Leckageventil oder Exhalationsventil im Schlauchsystem, der sich unten am Beatmungsgerät befindet, auf die Position des Leckageventils eingestellt ist. Anschließend kann NIV im Standby-Menü ausgewählt werden. Mit den Schaltflächen für Konfiguration und Methode kann der NIV-Modus eingeschaltet werden.

Im NIV-Standby können die Moduseinstellungen vorbereitet und mit einer Demonstrationslunge getestet werden. Nach Überprüfung der gesamten Einrichtung muss das Beatmungsgerät wieder in Standby geschaltet werden. Es ist jetzt einsatzbereit.



Carina®: Wählen von NIV
im Standby-Menü

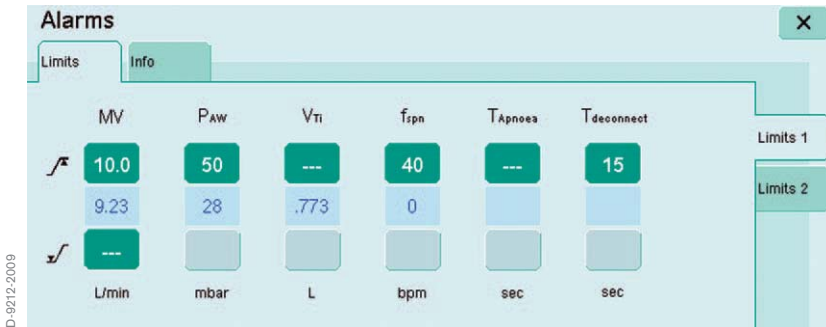
Savina: Wählen und Bestätigen des NIV-Modus im Standby-Menü

VOLUMENKONTROLLIERTE EINSTELLUNGEN

In Abhängigkeit von der Klassifizierung und dem Schweregrad des akuten Lungenversagens kann ein volumen- oder druckkontrollierter Modus gewählt werden. Es gibt keinen klaren Nachweis, welcher Modus zu einem besseren Outcome führt. Für beide gilt, dass der Druck nicht mehr als 20-25 cm H₂O überschreiten darf, da anderenfalls die Gefahr einer Mageninsufflation besteht. Deshalb gilt für eine volumenkontrollierte Strategie, dass der gesamte Atemwegsdruck einschließlich PEEP 25 cm H₂O nicht überschreiten sollte. Wie bei der invasiven Beatmung sollten bei der NIV-Therapie ebenfalls protektive Beatmungsstrategien mit einer Sollvolumen-Einstellung von 6-8 ml/kg für erwachsene Patienten und 4-6 ml/kg für Kinder angewendet werden.

Bei der Evita kann die Einstellung des Körpergewichts im Standby-Menü als Ausgangspunkt für die Beatmungseinstellungen verwendet werden; auch die automatische Anpassung der Alarmgrenzen ist hier möglich.

In druckkontrollierten Beatmungsmodi, wie z. B. SIMVAutoFlow, PCV+, BIPAP, oder bei der druckunterstützten Beatmung (PS) sollte der Inspirationsdruck 20-25 cm H₂O einschließlich PEEP nicht überschreiten. Überprüfen Sie bei der druckkontrollierten Beatmung, dass das resultierende Tidalvolumen den



D-9212-2009

Alarmanpassung bei der Evita XL

Erwartungen entspricht. Beginnen Sie mit einem PEEP oder CPAP von 4-5 cm H₂O und einem P_{insp} oder P_{asb}/PS von 8-12 cm H₂O [61].

ALARMANPASSUNG

Legen Sie die Alarmgrenzen für Druck, Minutenvolumen, Tidalvolumen und Frequenz entsprechend den Beatmungseinstellungen und der Patientenkategorie fest. Bei Evita-Beatmungsgeräten mit NIV plus ist es möglich, die Alarmgrenzen für MV niedrig, Vt hoch und Tapnea abzuschalten, um Fehlalarme zu vermeiden. Zusätzlich kann eine Verzögerungszeit für Paw low (Atemwegsdruck niedrig) niedrig gesetzt werden, um kurze Unterbrechungen zwecks Hautpflege, Nahrungsgabe oder Verständigung zu ermöglichen, ohne einen Dekonnektionsalarm auszulösen.

BACKUP- ODER APNOE-BEATMUNG

Legen Sie die Apnoe-Zeit und minimale Minutenvolumen-Einstellung Vt sowie die Frequenz als Backup fest, falls der Patient aufhört, spontan zu atmen.

LAGE DES PATIENTEN

Der Patient sollte sich in einer halbliegenden Position von ungefähr 45° befinden. Diese Position ist für die Spontanatmung förderlich, da der Ab-

dominaldruck verringert und die FRC entsprechend erhöht ist. Damit besteht ein geringeres Risiko der Obstruktion oberen Atemwege und das Husten wird erleichtert, was die Atemwege freimacht.

WAHL DER MASKE

Siehe Kapitel „Schnittstellen“. Für NIV sind 5 Typen von Schnittstellen im Handel erhältlich, die meisten in verschiedenen Größen:

- Nasalprong
- Nasalmaske
- Gesichtsmaske
- Vollgesichtsmaske
- Helm

Jeder Typ bietet Vor- und Nachteile. Die folgenden Kriterien sind bei Anwendung jeder Schnittstelle wichtig:

- Die Maske passt sich den Gesichtskonturen des Patienten gut an und so ist so angenehm und gut verträglich.
- Optimales Verhältnis zwischen Leckage und Anziehen der Kopfbänder
- Vorsichtsmaßnahmen gegen die Entwicklung von Druckblasen und Hautschäden werden ergriffen.
- Angemessene Vorsichtsmaßnahmen bei Ausfall des Beatmungsgerätes (d. h. integriertes Sicherheitsventil im Beatmungsgerät, Anti-Asphyxie-Ventil in der Maske), die es dem Patienten ermöglichen, bei Ausfall des Beatmungsgerätes frei zu atmen
- Ausreichendes CO₂-Management während der NIV

Wenn die Dräger NovaStar® NIV-Gesichtsmaske verwendet wird, kann der Sitz der Maske durch Anpassen der Maske an die Form des Patientengesichts auf einzigartige Weise verbessert werden. Bei Verwendung der Dräger ClassicStar® NIV-Gesichtsmaske kann das Maskenkissen der Gesichtsförm des Patienten

angepasst werden, was zu einem besseren anatomischen Sitz führt. Bei Einsatz von Dräger-Beatmungsgeräten müssen NIV-Masken (Gesichtsmasken) mit Standard-Winkelstückadapter (nicht belüftet) verwendet werden.

INSTALLATION – VORBEREITUNG

Vor jedem Einsatz: Stellen Sie sicher, dass das Beatmungsgerät, einschließlich der Alarm- und Sicherheitssysteme, vor jedem Einsatz validiert worden ist. Richten Sie das Beatmungsgerät für den Einsatz und im Standby- oder Standby Plus-Modus (Evita XL mit NIV- Option) ein. Die Maske muss vor jeder Verwendung kontrolliert werden.

Für eine erfolgreiche nichtinvasive Beatmungstherapie ist das ordnungsgemäße Anpassen der Maske ausschlaggebend. Die Dräger-Größenschablone (Schablone zur Maskenanpassung) hilft, die geeignete Maskengröße für den Patienten zu wählen.

Die Maske wird auf dem Gesicht des Patienten platziert und in Position gehalten. Evita Infinity® V500, Evita XL und Carina® mit NIV plus unterstützen die Beatmung sofort mit dem ersten Einatmen (Auto wake up).

Bei allen anderen Beatmungsgeräten aktivieren Sie die Beatmung sofort nach dem Platzieren der Maske auf dem Gesicht des Patienten. Eine zweite Person kann benötigt werden, um die Aktivierung des Beatmungsgerätes zeitgleich mit dem ersten Atemzug des Patienten auszuführen.

Die Länge des Bandes muss in etwas auf die Breite des Gesichtes angepasst werden. Ziehen Sie das obere Band mit der Hand über den Kopf des Patienten oder legen Sie es um den Kopf herum, und befestigen Sie es. Dann ziehen Sie das zweite Band um den Kopf herum und befestigen es an der Maske, während Sie die Maske mit der anderen Hand in Position halten.

Anpassen der Dräger NovaStar® NIV-Gesichtsmaske:

Der biegsame Ring und das Maskenmaterial ermöglichen es, die Maske der



Maskenbeatmung mit Carina® und
NovaStar® NIV-Gesichtsmaske



NovaStar® NIV-Gesichtsmaske mit
Standard-Winkelstückadapter

Gesichtsform des Patienten entsprechend zu biegen und formen, um möglichst komfortablen Sitz zu erreichen.

Anpassen der Dräger ClassicStar® NIV-Gesichtsmaske: Zur Veränderung des Kissendrucks wird die Dräger-Ballonpumpe (oder eine Spritze) in das Kissenventil eingeführt, um so die Luftmenge im Kissen zu erhöhen oder zu verringern und die Maske den Gesichtskonturen des Patienten anzupassen.

Verändern Sie bei Bedarf die Position der Stirnstütze und -polster so, dass Leckagen am Nasenrücken vermieden werden. Nasenrücken-Leckagen dürfen nicht durch ein Überspannen der Kopfbänder reduziert werden.

Überprüfen Sie die Maske sorgfältig auf Leckagen, und passen Sie die Form nochmals an, falls erforderlich. Kontrollieren Sie die Kopfbänder auf gleichmäßige Spannung, und sorgen Sie dafür, dass sie nicht zu stramm anliegen.

Das gleiche Verfahren gilt für Nasalmasken. Hierbei ist eine Synchronisation mit dem ersten Atemzug nicht so wichtig, da der Patient durch den Mund einatmen kann. Zu den Voraussetzungen für eine erfolgreiche Nasalmasken-Therapie gehört die Atmung durch die Nase bei geschlossenem Mund.

11.0 Praktische Aspekte der NIV

ÜBERWACHUNG DES THERAPIEVERLAUFS

- Beginnen Sie mit einem geringen Druckunterstützungsniveau von ungefähr 4-6 cm H₂O, das Sie in Schritten von 2-3 cm H₂O steigern, bis das gewünschte Unterstützungsniveau erreicht ist. Dadurch kann sich der Patient an die Beatmungsunterstützung gewöhnen.
- Beginnen Sie mit einem niedrigen PEEP von 2-3 cm H₂O, den Sie dann in Schritten von 1-2 cm H₂O in Intervallen von ungefähr 10 Minuten steigern, um dem Patienten die Gewöhnung zu erleichtern. Erhöhen Sie den PEEP, bis jeder Atemzug getriggert wird und/oder das gewünschte Niveau erreicht ist.
- Überprüfen Sie Maske die auf Leckagen und reduzieren Sie diese bei Bedarf durch Neupositionierung der Maske, Einsatz weiterer Polster oder Formen der Maske, um eine bessere Anpassung an die Gesichtskonturen des Patienten zu erreichen (nur NovaStar®).
- Ermutigen Sie den Patienten, durch die Maske zu atmen, und geben Sie ihm Feedback. Sagen Sie dem Patienten, dass er es richtig macht, und ermutigen und loben Sie ihn. Aufgrund der Lernkurve bei unterstützter Atmung ist es sehr wichtig, mit dem Patienten über seine Mitwirkung zu sprechen, besonders während der ersten Stunde.
- Überprüfen Sie in der Anfangsphase das Profil der Atemzüge, indem Sie die Parameter Ti, Anstiegszeit, Beendigungskriterien und Trigger-Empfindlichkeit verändern. Fragen Sie den Patienten nach jeder Veränderung, was für ihn angenehmer ist.
- Bei größeren Toleranzproblemen, die nicht innerhalb der ersten 15-30 Minuten gelöst werden können, sollten Sie die NIV abbrechen und zur invasiven Beatmung wechseln.

Das Einrichten der NIV ist etwas arbeitsintensiver, aber die Fortführung der NIV-Therapie bedeutet für das Pflegepersonal nicht mehr Zeitaufwand als die invasive Beatmung.

- Führen Sie vor Beginn der NIV eine arterielle Blutgasanalyse durch, und notieren Sie die Ausgangswerte für pH, PaO₂ und PaCO₂.
- Überprüfen Sie die Oxygenierung mit SpO₂-Monitoring und passen Sie den % O₂ und/oder PEEP an, um die Oxygenierung zu verbessern.
- Beobachten Sie, wie der Patient atmet, und achten Sie darauf, ob Nebenerkrankungen betätigt werden. Wenn ja, beschleunigen Sie die Insufflation oder erhöhen Sie das Unterstützungsniveau, jedoch stets im Rahmen der normalen Sicherheitsgrenzen für die Beatmung.
- Führen Sie nach einer Stunde eine arterielle Blutgasanalyse (ABG) durch und kontrollieren Sie die SpO₂, PaO₂, PaCO₂ und pH-Werte. Die arterielle Blutgasanalyse ist bei Bedarf oder nach Änderung wichtiger Einstellungen zu wiederholen.
- Achten Sie darauf, dass Tidalvolumen und Atemfrequenz den klinischen Erwartungen entsprechen.
- Beobachten Sie die Flow-Kurve, und überprüfen Sie, ob der Expirationsflow gleichmäßig auf Null zurückfällt, bevor der nächste Atemzug beginnt. Falls nicht, verringern Sie die Werte für Ti, PASB oder P_{insp}.

Wenn der Expirationsflow nicht gleichmäßig auf Null zurückgeht, wird bei jedem Atemzug Luft eingeschlossen, was zur Erhöhung des intrinsischem PEEP führt. Dies kann später zu Trigger- und Synchronisationsproblemen führen. Ohne exakte Justierung kann die NIV wegen Erschöpfung des Patienten fehlschlagen.

Es ist zu beachten, dass bei Patienten mit schwerer COPD ein PEEP_i von manchmal bis zu 10-15 cm H₂O auftreten kann. Bei solchen Patienten kann die Atemarbeit durch Erhöhung des PEEP-Niveaus reduziert werden.

Verbesserung der Patiententoleranz:

- Überprüfen Sie, ob die Maske nicht zu stramm sitzt und sie keine übermäßigen Leckagen aufweist (vorzugsweise $Mvleak < 20$ l/min für Erwachsene, < 10 l/min für Kinder, $< 30\%$ Minutenvolumen für Neugeborene). Suchen Sie einen Kompromiss zwischen Leckage und Kopfbandspannung.
- Überprüfen Sie das Gesicht des Patienten auf Veränderungen der Hautfarbe oder auf Druckblasen.

Wenn der Sitz der Maske nicht verbessert werden kann und das Risiko für Hautläsionen unannehmbar hoch erscheint, verwenden Sie zusätzliche Polster, einen anderen Masken- und/oder Kissentyp, oder brechen Sie die nichtinvasive Beatmung ab und wechseln Sie zur invasiven Beatmung.

Wenn der Patient nach einer Stunde nicht auf die Therapie angesprochen hat und der PaO_2 -Wert immer noch zu niedrig ist, erwägen Sie folgende Maßnahmen:

1. FiO_2 erhöhen
2. PEEP erhöhen
3. Ti , Tpause oder Flow erhöhen, um ein längeres Pplateau (BIPAP) zu erreichen

Optionen 2 und 3 führen zu einem erhöhten durchschnittlichen Atemwegsdruck, wodurch die Oxygenierung verbessert werden müsste; allerdings kann auch die Hämodynamik beeinträchtigt werden.

Wenn der $PaCO_2$ -Wert aufgrund von respiratorischer Hyperkapnie zu hoch ist, erhöhen Sie das Minutenvolumen auf folgende Weise:

- Atemfrequenz erhöhen
und/oder
- V_t erhöhen

Falls sich nach einer Stunde der nichtinvasiven Beatmung keine Besserung zeigt, sollten Sie je nach Zustand des Patienten einen Abbruch der NIV-Therapie in Betracht ziehen und zur invasiven Beatmung übergehen.

Leider haben viele Patienten nicht nur entweder ein Problem mit der Oxygenierung oder der Beatmung. Im Allgemeinen liegt eine Kombination diese Probleme vor. Deshalb ist es wichtig, die Ursachen für beide Zustände und die wechselseitigen Abhängigkeiten zu kennen und zu wissen, wie die Situation am effektivsten verbessert werden kann.

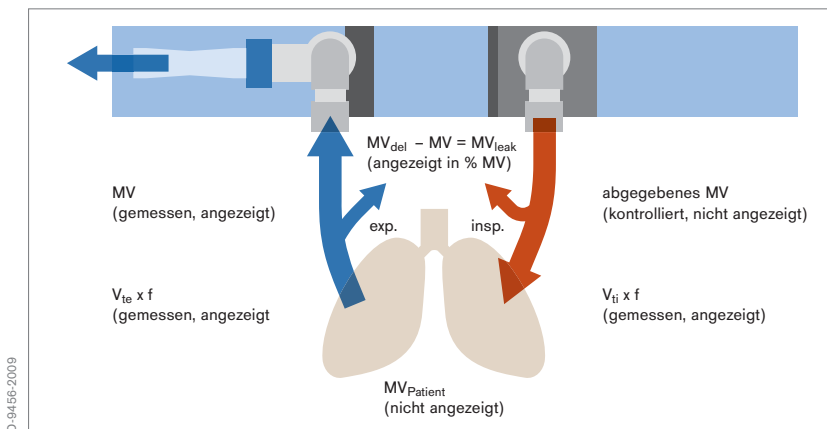
12.0 Leckagekompensation und Trigger-Anpassung

Eine der technischen Herausforderungen jedes NIV-Beatmungsgerätes besteht darin, Methoden zur Reduzierung von Leckagen zu entwickeln. Neben der Tatsache, dass Leckagen eine gewisse Form der Kompensation erfordern, um den PEEP aufrechtzuerhalten, sind sie auch Ursache für Überwachungs- und Trigger-Probleme. Insbesondere werden die Mechanismen zur Leckage-Kompensation am Beatmungsgerät während jeglicher Art von volumenkontrollierter Beatmung getestet (CMVassist oder A/C) [38].

VOLUMENKOMPENSATION

Zur Lösung dieser speziellen Probleme arbeiten Dräger-Intensivbeatmungsgeräte mit einem SMAR-Algorithmus, der Probleme mit Leckagen und Triggerung beseitigt. Wie alle anderen Beatmungsgeräte messen Dräger-Beatmungsgeräte Volumina außerhalb der Lunge. Folglich darf man nicht davon ausgehen, dass die Differenz zwischen einem gesetzten Inspirationsvolumen (V_t) und einem gemessenen Exhalationsvolumen (V_{Te}) dem Leckagevolumen entspricht. Gleichmaßen kann das Exhalationsvolumen nicht automatisch mit dem Volumen gleichgesetzt werden, das die Lunge beatmet hat (alveoläre Beatmung). Bei diesen Annahmen werden weder Druck- noch Zeiteffekte berücksichtigt. Während der Einatmung ist der Druck generell höher als während der Ausatmung, was zu einer erhöhten Leckage um die Maske herum führt als bei der Ausatmung. Zeit hat eine ähnliche Wirkung, denn das Leckagevolumen ist gleich $\text{Zeit (s)} \times \text{Leckage-Flow (l/s)}$.

Das folgende Beispiel dient der Vereinfachung des Problems. Ein Patient wird mit einem Inspirationsvolumen von (V_t) 700 ml beatmet, wobei ein gewisses Maß an Leckage um die Maske herum stattfindet. Von diesem durch das Beatmungsgerät verabreichten Volumen ist eine gewisse Menge entwichen, die die Lunge nicht erreicht. Wenn der Patient ausatmet, wird ein Volumen von beispielsweise $V_{Te} = 500$ ml gemessen und es könnte fälschlicherweise angenommen werden, dass dies das Volumen war, das in die Lunge gelangt ist. Das ist in der Tat dann der Fall, wenn die Leckage nur während der Einatmung auf-



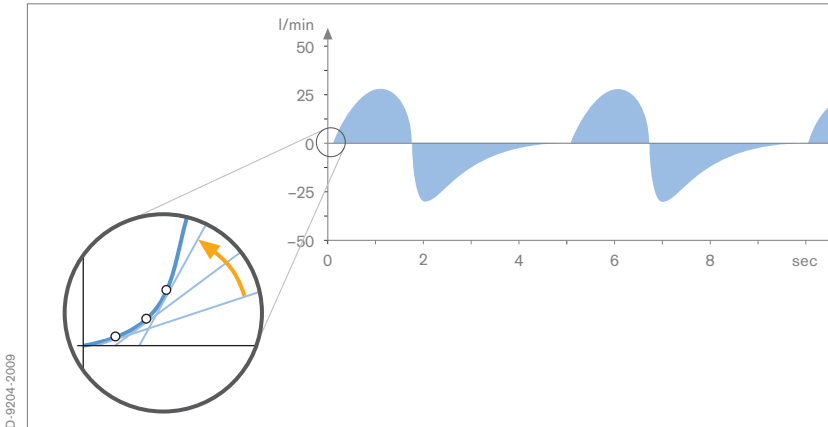
Automatische Trigger-Anpassung an Leckagen

tritt. Das in die Lunge gelangte Volumen war tatsächlich höher, vielleicht 550 ml, aber ein Teil ist während der Ausatmung entwichen und hat damit den Flow-Sensor nicht passiert. Das erklärt, warum der Leckage-Flow nicht einfach der Differenz $f \times (V_t \text{ gesetzt} - V_{te})$ entspricht. Deshalb muss bei Anwendung der volumenkontrollierten Beatmung mit 6-8 ml/kg das Beatmungsgerät mehrere Messungen und Korrekturen vornehmen, um eine korrekte alveoläre Beatmung zu gewährleisten. Das Beatmungsgerät wendet ein größeres Volumen (nicht sichtbar) als gesetzt an, um Leckagen bei der Einatmung zu korrigieren. Dies gilt sowohl für invasive als auch für nichtinvasive volumenkontrollierte Beatmungsmodi.

Eine ausführliche Erläuterung der vorgenommenen Korrekturen, die der Kompensierung von Feuchtigkeit und Temperatur zwischen den vom Beatmungsgerät abgegebenen V_{ti} und dem vom Patienten ausgeatmetem gemessenen Volumen (V_{te}) dienen, würde den Umfang dieses Dokuments sprengen.

CPAP/PEEP-KOMPENSATION

Leckagen stellen nicht nur bei volumenkontrollierter Beatmung ein Problem dar, sondern können auch während der druckkontrollierten Beatmung



D-9204-2009

SyncPlus®: Flow-Gradient-Triggerung

auftreten, da bei beiden Beatmungstypen die Leckage eine Auswirkung auf die festgelegten PEEP/CPAP-Werte hat, die eigentlich konstant bleiben sollten. Das bedeutet, dass das Beatmungsgerät mit einem Algorithmus ausgestattet werden muss, um ein CPAP/PEEP-Absinken im Fall einer Leckage sofort zu kompensieren. Wenn ein solcher Mechanismus nicht vorhanden ist, kann nach jedem Ausatmen Derecruitment auftreten [38].

KOMPENSATION DER AUTOMATISCHEN TRIGGERUNG

Die Herausforderung für alle Beatmungsgeräte besteht darin, korrekt zwischen einem durch Leckage oder inspiratorische Atemarbeit verursachten PEEP/CPAP-Abfall zu unterscheiden. Da beide einen Flow generieren, wird dieser unmittelbar vom Flow-Sensor erfasst, der Unterstützung durch das Beatmungsgerät auslöst.

In dieser Situation ist es allgemein empfehlenswert, die Trigger-Empfindlichkeit auf ein niedrigeres Niveau zu setzen als den Leckage-Flow, um automatische Triggerung zu vermeiden. Solange die Leckage konstant ist, müsste diese Maßnahme eigentlich ausreichen. In der täglichen Praxis ist dies jedoch nie-

mals der Fall. Stattdessen kann die Leckage beinahe von Atemzug zu Atemzug variieren und erfordert so jedes Mal eine Anpassung, ohne sie auf einen Wert zu setzen, der unter der erwarteten Maximum-Leckage ist. Dies würde jedoch den Aufwand für die Auslösung der Unterstützung auf ein unannehmbar hohes Maß steigern.

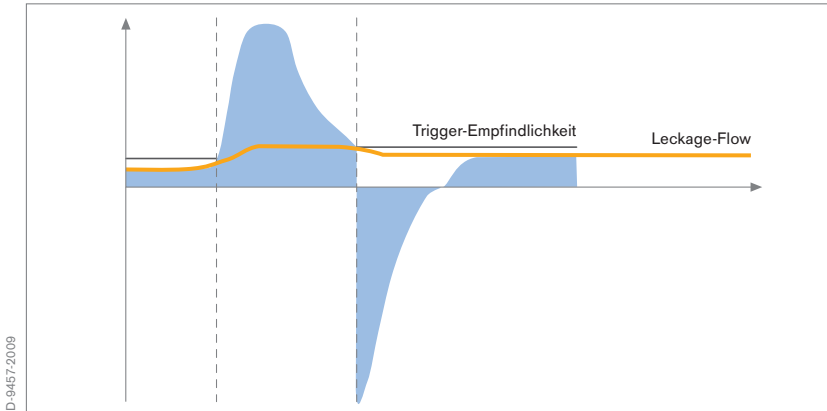
Gegenwärtig bieten alle Dräger-Beatmungsgeräte eine intelligente Lösung, die eine manuelle Neuanpassung des Flow-Triggers überflüssig macht. Die automatische Leckage- und Trigger-Anpassung nutzt die Leckage-Flow-Messung und passt die Trigger-Empfindlichkeit kontinuierlich an ein Niveau an, das den Leckage-Flow genau aufhebt.

Ein Beispiel erläutert, was das bedeutet: Angenommen, es wird eine druckunterstützte Beatmung mit einem Flow-Trigger von 1 l/min durchgeführt. Wenn keine Leckage vorliegt, muss der Patient mindestens einen Flow von 1 l/min aufweisen, um die Unterstützung auszulösen.

Wenn jetzt eine Leckage festgestellt wird, wird sie in diesem Fall als 15 l/min gemessen; damit wird die Flow-Trigger-Empfindlichkeit automatisch auf 16 l/min angehoben. In der Folge wird die automatische Triggerung unterbunden und der Patient fühlt die gleiche Trigger-Empfindlichkeit wie zuvor.

Mit anderen Worten: Wenn die Leckage zu- oder abnimmt, folgt die Trigger-Empfindlichkeit mit der gleichen, festgelegten Differenz.

Das Carina®-Beatmungsgerät verfügt über den einzigartigen zusätzlichen Triggeralgorithmus SyncPlus®, der parallel zum Flow-Trigger-System arbeitet. Dieser zusätzliche Trigger-Algorithmus wurde für notwendig erachtet, weil die Carina® mit einem Leckageventil in einem Einzelschlauchsystem und auch mit einem Exhalationsventil verwendet werden kann. SyncPlus® kombiniert eine Vielzahl von Detektionskriterien und integriert Flow, Druck und Flow-Gradient zu einem ausgewogenen Trigger-Erkennungsalgorithmus. Dieser intelligente Algorithmus passt sich schnell an die Bedürfnisse des Patienten an



D-9457-2009

Automatische Anpassung von Leckage- und Trigger-Empfindlichkeit

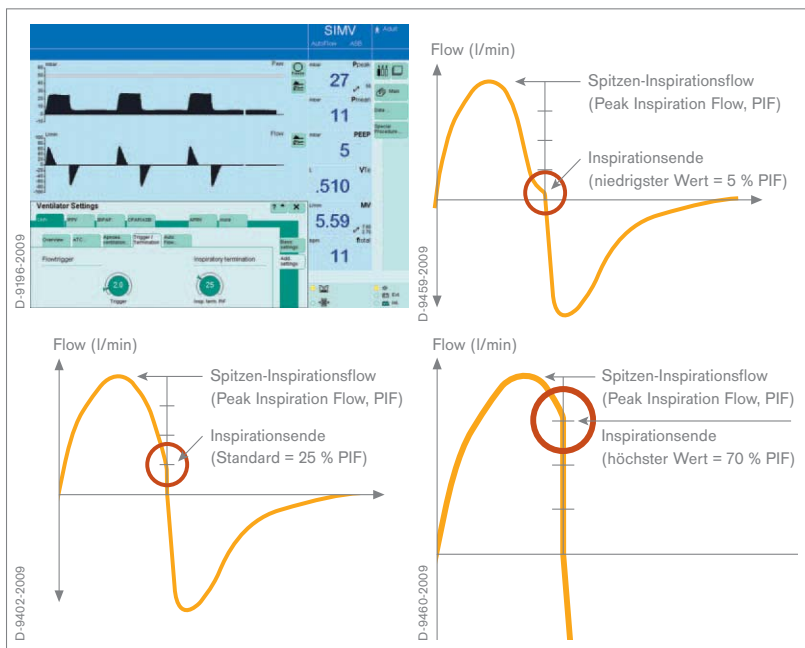
und kann zwischen Artefakten und der geringsten Spontanatmarbeit unterscheiden. SyncPlus® trägt zu einer besseren Therapieansprache bei, während das Eingreifen des Pflegepersonals auf ein Mindestmaß reduziert wird.

BEENDIGUNG DER EINATMUNG

Leckagen verursachen nicht nur während der Einatmung Probleme, sondern stören auch den Abschluss von druckunterstützten Atemzügen. Es könnte passieren, dass aufgrund von Leckage die Flow-Abbruchkriterien nie erfüllt werden und das Beatmungsgerät in der Insufflationsphase bleibt.

Die meisten Beatmungsgeräte beenden einen druckunterstützten Atemzug beispielsweise, wenn der Inspirations-Flow auf 25 % des anfänglichen Spitzen-Flows gesenkt wird. Wenn die Leckage größer ist, setzt das Beatmungsgerät die Insufflation fort. Deshalb muss ein Inspirationstrigger festgelegt werden, der auf 5-70 % des maximalen Inspirations-Flows geregelt werden kann.

Zusätzlich zu seiner Funktion bei der Leckagekompensation ist dieser Trigger für das Inspirationsende auch bei Lungenerkrankungen wie Asthma erforderlich. Diese Patienten ziehen eine schnelle und hohe Flow-Unterstützung vor,



Anpassbares Inspirationsende bei Druckunterstützung

die zum Zeitpunkt ihrer natürlichen Ausatemungszeit endet und gewöhnlich kürzer ist als die Standard-Abbruchkriterien von 25 % des Spitzen-Flows. Eine verlängerte Einatmung verkürzt die natürliche Ausatemungsdauer und führt zu Hyperinflation und verstärkter Atemarbeit des Patienten [62].

SANFTER ÜBERGANG VON EIN- ZU AUSATMUNG

Damit bei der nichtinvasiven Beatmung die Spontanatmung erleichtert wird, muss die Flow-Beschleunigung bei der Einatmung durch die Anstiegseinstellung dem Spontanatmungsmuster des Patienten angepasst werden. Der Übergang vom Ein- zum Ausatmen wird mit der NIV plus-Option optimiert, um den Komfort der Spontanatmung zu erhöhen.

13.0 Zusammenfassung: Die Vorteile von NIV

NIV wird auf Intensivstationen im Fall von akutem Lungenversagen immer häufiger als First-Line-Therapie eingesetzt. In der Literatur gibt es viele Nachweise, dass NIV bei vielen Patienten mit unterschiedlichen Arten von Lungenversagen erfolgreich eingesetzt werden kann, sofern eine ordnungsgemäße Auswahl stattgefunden hat und die zugrunde liegende Erkrankung bekannt ist.

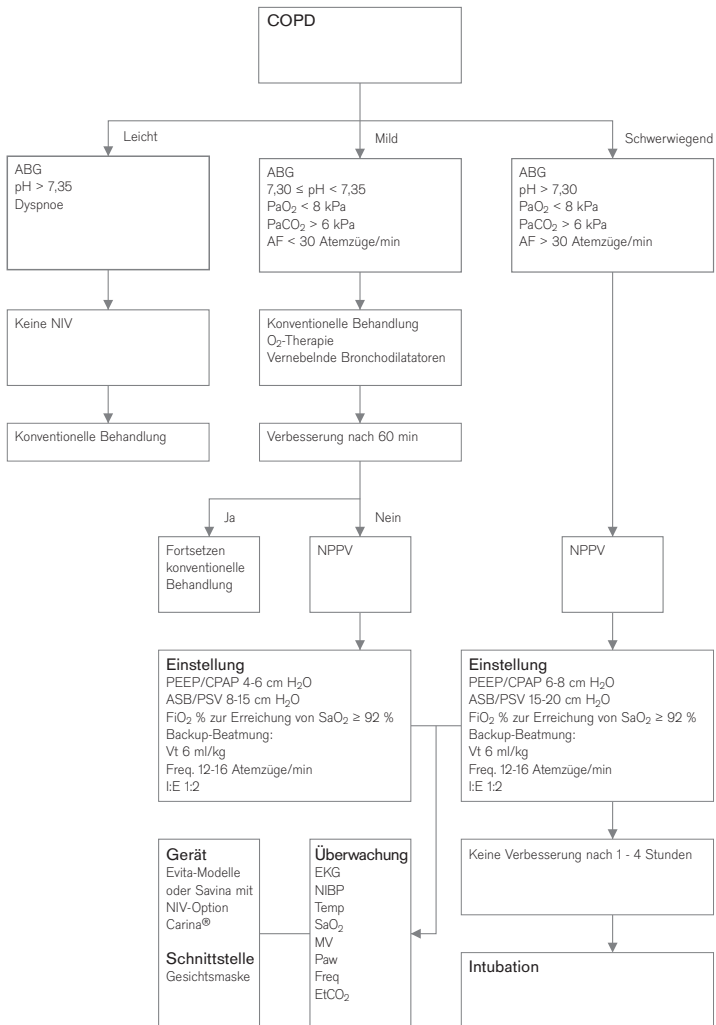
Wichtige Voraussetzungen für den Erfolg einer NIV-Therapie sind ein kooperativer und gut informierter Patient, ein Beatmungsgerät mit gutem Leckage-Management in Kombination mit automatischer Anpassung der Trigger-Empfindlichkeit sowie geschultes medizinisches Personal.

Es gibt es deutliche Nachweise, dass NIV zu einer Verminderung infektiöser Komplikationen führt, die Entwöhnungszeit und die Verweildauer auf der Intensivstation verkürzt sowie die Intubationsrate reduziert [16]. Diese Vorteile gehen mit Kostensenkungen einher.

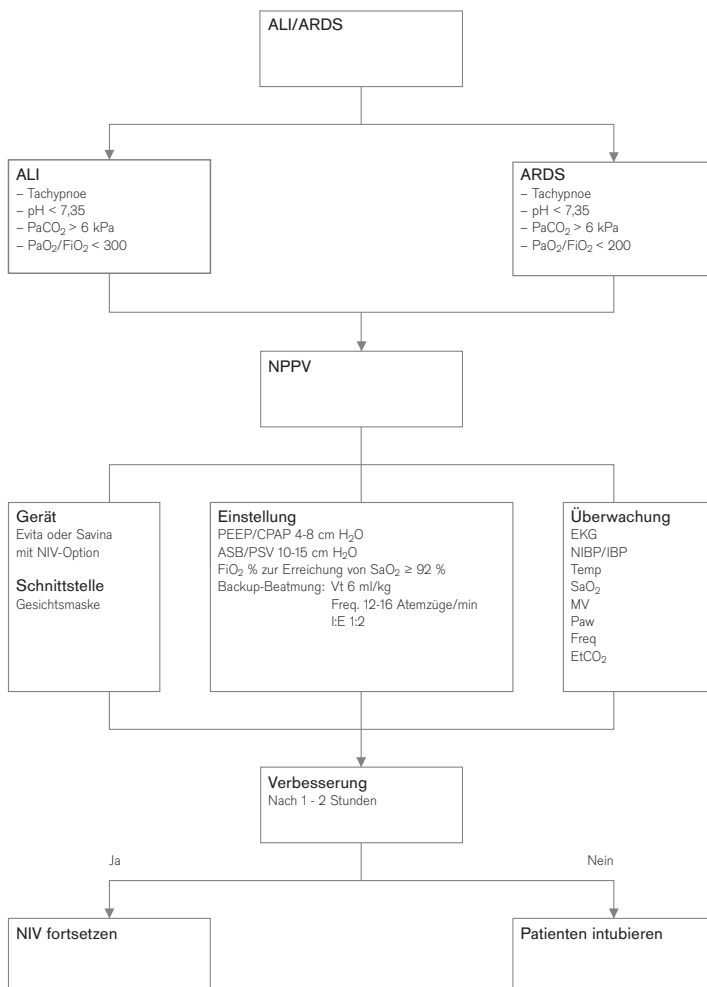
Die Auswahl der Schnittstellen ist ein entscheidender Faktor bei der NIV. Es gibt keine allgemeine Empfehlung, welcher Schnittstellentyp für welche Art Lungenversagen oder für welchen Patiententyp zu verwenden ist. Jeder Schnittstellentyp hat ein spezifisches Anwendungsgebiet in der NIV-Therapie und weist bestimmte Vor- und Nachteile auf. Für alle Maskentypen ist es wichtig, verschiedene Größen auszuprobieren, wenn Probleme mit Leckagen oder der Patiententoleranz auftreten. Es sollten weiche Kissen (vorzugsweise Gel) eingesetzt werden, und die Kopfbänder dürfen nicht zu stramm angezogen werden. Achten Sie ständig auf Rückatmung und zusätzlichen Totraum. Außerdem sollten Sie sicherstellen, dass die richtige Kombination aus Maske (SE, AAV, belüftet oder nicht belüftet), Beatmungsschlauch und Beatmungsgerät ausgewählt wurde.

Die letzte Voraussetzung für den Erfolg ist ein Beatmungsgerät, das in der Lage ist, eine optimale Synchronisierung bei verschiedenen Leckage-Situationen zu gewährleisten. Die korrekte Auswahl und Einstellung des Beatmungsmodus und eine adäquate Befeuchtung sind Kleinigkeiten, die jedoch einen großen Unterschied in der Erfolgsrate der NIV ausmachen können.

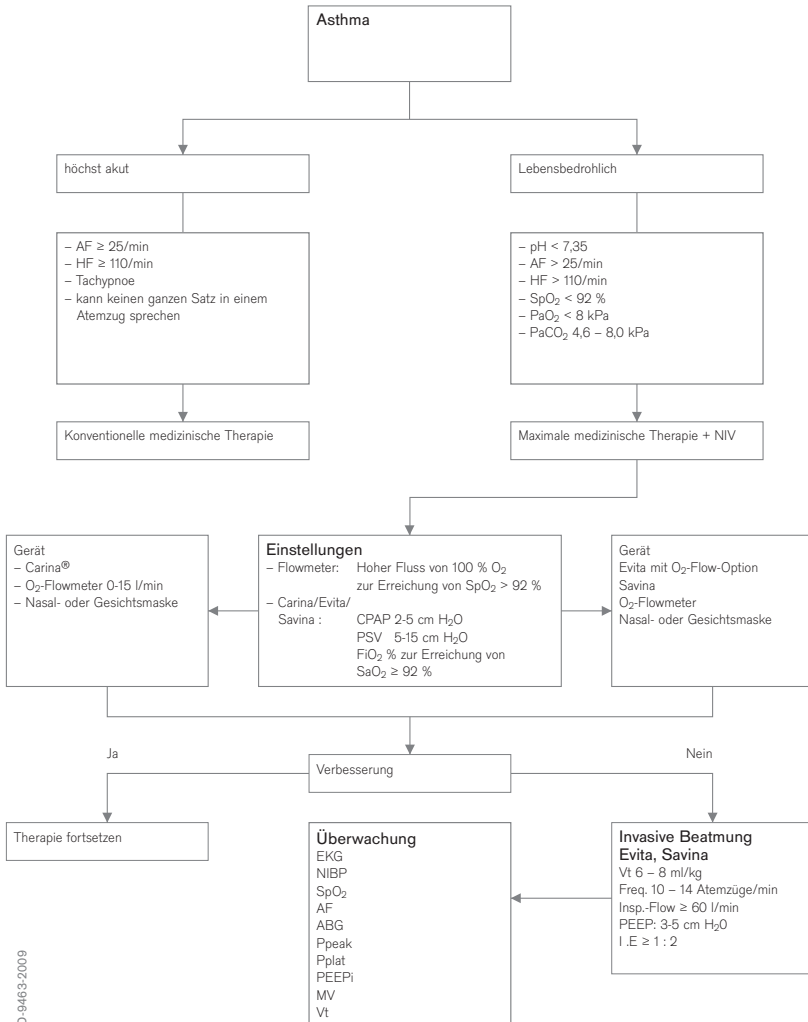
1. Anhang I – Hyperkapnisches Lungenversagen



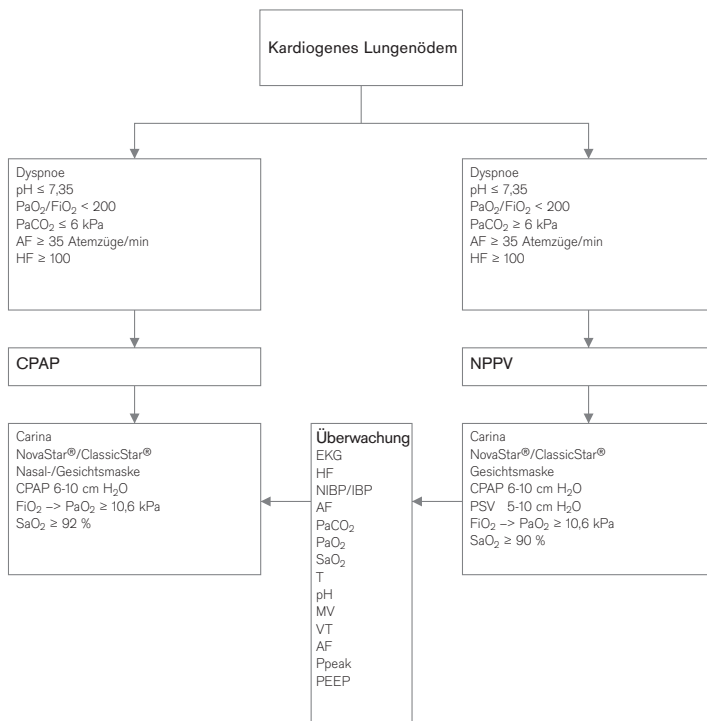
2. Anhang II - Hypoxämisches Lungenversagen



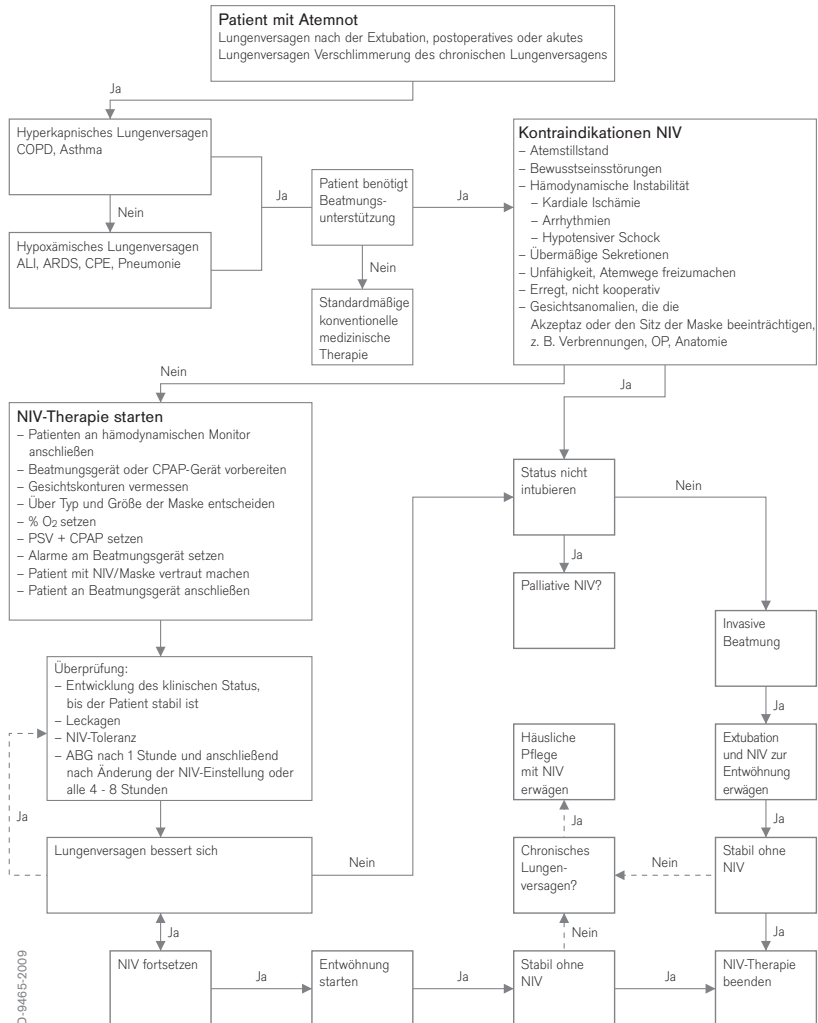
3. Anhang III – Hyperkapnisches Lungenversagen



4. Anhang IV – Kardiogenes Lungenödem



5. Anhang V – Arbeitsablauf NIV



15.0 Literaturverzeichnis

1. Mehta S, Hill N (2001) non-invasive ventilation. *Am J Respir Crit Care Med* 163:540-577
2. Brochard L, Mancebo J, Wysocki M, Lofaso F, Conti G, Rauss A, Simonneau G, Benito S, Gasparetto A, Lemaire F, Isabey D, Harf A (1995) non-invasive ventilation for acute exacerbations of chronic obstructive pulmonary disease. *N Engl J Med* 333:817-822
3. Liesching T, Kwok H, Hill N (2003) Acute applications of non-invasive positive pressure ventilation. *Chest* 124:699-713
4. Ambrosino N, Vaghegghini G (2008) non-invasive positive pressure ventilation in the acute care setting: where are we? *Eur Respir J* 31:874-886
5. Keenan S, Sinuff T, Cook D, Hill N (2004) Does non-invasive positive pressure ventilation improve outcome in acute hypoxemic respiratory failure? A systematic review. *Crit Care Med* 32(12):2516-23
6. Tobin M, Jubran A, Laghi F (2001) Patient-ventilator interaction. *Am J Respir Crit Care Med* 163:1059-1063
7. Vignaux L, Tassaux D, Jolliet P (2007) Performance of non-invasive ventilation modes on ICU ventilators during pressure support: a bench model study. *Intensive Care Med* 33:1444-1451
8. Carlucci A, Richard J, Wysocki M, Lepage E, Brochard L (2001) non-invasive versus conventional mechanical ventilation. An epidemiologic survey. *Am J Respir Crit Care Med* 163:874-80
9. Kondili E, Prinianakis G, Georgopoulos D (2003) Patient-ventilator interaction. *Br J Anaesth* 91:106-119
10. Battisti A, Roeseler J, Tassaux D, Jolliet P (2006) Automatic adjustment of pressure support by a computer-driven knowledge based system during non-invasive ventilation: a feasibility study. *Intensive Care Med* 33:632-638

11. Mulqueeny Q, Ceriana P, Carlucci A, Fanfulla F, Delmastro M, Nava S (2007) Automatic detection of ineffective triggering and double triggering during mechanical ventilation. *Intensive Care Med* 33(11):2014-8
12. Ram FSF et al; Non-invasive positive pressure ventilation for treatment of respiratory failure due to severe acute exacerbations of asthma. *The Cochrane Library* 2005, Issue 4
13. Lightowler J, Wedzicha JA et al; Non-invasive positive pressure ventilation to treat respiratory failure resulting from exacerbations of chronic obstructive pulmonary disease: Cochrane systematic review and meta-analysis. *BMJ* 2003; 326;18
14. Guidelines for the Management of Adults with Hospital-acquired, Ventilator-associated, and Healthcare-associated Pneumonia. *Am J Respir Crit Care Med* Vol. 171.pp 388-416, 2005
15. Noninvasive Ventilation in Severe Hypoxemic Respiratory Failure. Ferrer M, Esquinas A, Leon M, Gonzalez G, Alarcon A, and Torres A; *Am J Respir Crit Care Med* Vol. 171.pp 388-416, 2005
16. Lellouche F et al; A multicenter randomized trial of computer-driven protocolized weaning from mechanical ventilation. *Am J Respir Crit Care Med* Vol 174. pp 894 -900, 2006
17. Hunter J D; Ventilator associated pneumonia. *Postgrad. Med. J.* 2006; 82, 172-178
18. Ferrer M, et al; Noninvasive ventilation after intubation and mechanical ventilation. *Eur Respir J* 2002; 19: 959–965
19. Antonelli M, Conti G, Moro ML et al; Predictors of failures of noninvasive positive pressure ventilation in patients with acute hypoxemic respiratory failure. A multi center study. *ICM* 2001; 27: 1718-1728
20. Crane SD, Elliot MW, Gilligan P, et al; Noninvasive ventilation in cardiogenic pulmonary edema: A multicenter randomized trial; *Am Journal Respir Crit Care Med* 2003; 168: 1432-1437

21. Crane SD, Elliot MW, Gilligan P, et al; Randomised controlled comparison of CPAP, BiPAP and standard treatment in emergency department patients with acute cardiogenic pulmonary edema; *Emergency Medicine Journal* 2004 ; 21 : 155-161
22. Mehta S, Jay GD, Woolard RH, et al; Randomized, prospective trial bilevel versus CPAP in acute pulmonary edema; *CCM* 1997; 25: 620-628
23. Jolliet P, Blanca A, Pasquina P, Chevrolet JC; Non-invasive pressure support ventilation in severe community-acquired pneumonia; *Intensive Care Med* 2001; 27: 812-821
24. Confalonieri M, Potena A, Carbone G; Acute respiratory failure in patients with severe community-acquired; *Am J Respir Crit Care Med* 1999; 160: 1585-
25. Ferrer M, Esquinas A, Leon M et al; Noninvasive ventilation in severe hypoxemic respiratory failure. A randomized clinical trial; *Am J Resp Crit Care Med* 2003; 168: 1438-1444
26. T. Honrubia, FJ Garcia Lopez, N. Franco, et al; Noninvasive vs. conventional mechanical ventilation for acute respiratory failure; *Chest* 2005;128: 3916-3924
27. Massimo Antonelli; A multiple center survey on the use in clinical practice of noninvasive ventilation as a first-line intervention for acute respiratory distress syndrom; *Critical Care Medicine* 2007; 35: 18-25
28. Nouridine K, Combes P, Carton MJ, et al; Does noninvasive ventilation reduce the ICU nosocomial infection risk; *Intensive Care Med* 1999 ; 25 :567-573
29. Plant PK, Owen JL, Elliot MW; Early use of non-invasive ventilation for acute exacerbations of chronic obstructive pulmonary disease on general respiratory wards: a multicentre randomised controlled trial.; *Lancet*, 2000; 355: 1931-1935
30. Brochard L, Mancebo J, Wysocki M, et al; Noninvasive ventilation for acute exacerbations of chronic obstructive pulmonary disease.; *New Eng J Med* 1995 ; 333 : 817-822

31. Keenan SP, Sinuff T, Cook DJ, et al; Which patients with acute exacerbations of chronic obstructive pulmonary disease benefit from noninvasive positive pressure ventilation? A systematic review of the literature.; *Annals of Internal Medicine*, 2003; 138: 861-870
32. Laurence Vigneaux; Performance of non-invasive modes on ICU ventilators during pressure support: a bench model study.; *ICM* 23007, 33
33. Juliana C. Ferreira Robert M. Kacmarek; Trigger performance of mid-level ICU mechanical ventilators during assisted ventilation: a bench study.; *ICM* 2008
34. Pennock BE, Crawshaw I, Kaplan PD; Noninvasive nasal mask ventilation for acute respiratory failure. *Chest* 1994; 105: 441-444
35. Joris JL, Sottiaux TM, Chiche JD, Desaive CJ, Lamy ML; Effect of bi-level positive airway pressure (BiPAP) nasal ventilation on the post-operative pulmonary restrictive syndrome in obese patients undergoing gastroplasty. *Chest* 1997; 111: 665-670
36. Robert M. Kacmarek; Non-invasive Positive Pressure Ventilation: The little things do make the difference! *Respiratory Care* 2003;48: 919-921
37. Demoule A, Girou E, Richard JC, Taillé, Brochard L; Increased use of non-invasive ventilation in French intensive care units. *ICM* 2006; 32: 1747-1755
38. Etienne Javouhy; Non-invasive ventilation as primary ventilation support for infants with severe bronchiolitis. *ICM* 2008
39. Hess D; The evidence for noninvasive positive pressure ventilation in the care of patients in acute respiratory failure; A systematic review of the literature. *Respiratory Care*, 2004; 49: 810-828
40. Antonelli M, Conti G, Esquinas MD, Montini L, Maggiore SM, Gonzalez-Diaz G, et al, A multi-center survey on the use in clinical practice of noninvasive ventilation as a first-line intervention for acute respiratory distress syndrome. *Crit Care Med*, 2007;35: 18-25
41. Elliott, M. W.: The interface: crucial for successful non-invasive ventilation in: *Eur Respir J* 2004; 23: 7-8

42. Schönhofer, B., Sortor-Leger, S.: Equipment needs for non-invasive mechanical ventilation in: *Eur Respir J*, 2002, 20: 1029-36
43. Hill, N. S., Mehta, S.: State of the Art non-invasive Ventilation in: *A J Respir Crit Care Med* 2001; 163: 540-577
44. Guilherme P., Schettino P., Chatmongkolchart, S., Hess D. R., Kacmarek R. M.: Position of exhalation port and mask design affect CO₂ rebreathing during non-invasive positive pressure ventilation in: *Crit Care Med*, 2003, 31:8: 2178-2182
45. Schönhofer, B.: Nicht-invasive Beatmung Grundlagen und moderne Praxis, 2006, UNI-MED, Bremen, P. 59-60
46. Hill, N. S.: Saving face: better interface for non-invasive ventilation in: *Intensive Care Med*, 2002, 28: 227-229
47. Staatci, E., Miller, D. M., Stell, I. M., Lee, K. C., Moxham J.: Dynamic dead space in face masks used with non-invasive ventilators a lung model study in: *Eur Respir J*, 2004, 23: 129-135
48. Antonelli M., Pennisi, M., A., Conti, G.: New advances in the use of non-invasive ventilation for acute hypoxemic respiratory failure in.... *Eur Respir J*, 2003, 22 : Suppl. 42, 65s-71s
49. Criner, G. J., Travaline, J. M., Brennan K. J., Kreimer, D. T. : Efficacy of a New Full-face Mask for non-invasive Positive Pressure Ventilation in: *Chest*, 1994, 106: 1109-1115
50. Roy, B., Cordova, F. C., Travaline, J. M., D'Alonzo G. E., Criner G. J.: Full-face Mask for non-invasive Positive Pressure Ventilation in Patients with Acute Respiratory Failure in: *JAOA*, 2007, 4: 148-156
51. Antonelli, M., Conti, G., Pelosi, P., Gregoretti, C., Pennisi, M., A., Costa, R., Severgnini, P., Chiaranda, M., Proietti, R. : New treatment of acute hypoxemic respiratory failure : non-invasive pressure support ventilation delivered by helmet – A pilot controlled trial in : *Crit Care Med*, 2002, 30:3: 602-608

52. Antonelli, M., Pennisi, M. A., † Pelosi, P., ‡ Gregoretti, C., Squadrone, V., Rocco, M., Cecchini, L., Chiumello, D., †† Severgnini, P., ‡‡ Proietti, R., Navalesi, P., Conti, G.: non-invasive Positive Pressure Ventilation Using a Helmet in Patients with Acute Exacerbation of Chronic Obstructive Pulmonary Disease in *Anesthesiology*, 2004, 100: 16-24
53. Navalesi, P., Costa, R., Ceriana, P., Carlucci, A., Prinianakis, G., Antonelli, M., Conti, G., Nava, S.: non-invasive ventilation in chronic obstructive pulmonary disease patients: helmet versus facial mask in: *Intensive Care Medicine*, 2007, 33:1: 74-81(8)
54. Hill, N., S.: non-invasive Ventilation for Chronic Obstructive Pulmonary Disease in: *Respiratory Care*, 2004, 49:1: 72-89
55. Norregaard, O.: non-invasive ventilation in children in: *Eur Respir J*, 2002, 20: 1332-1342
56. Brunow, W., Johnston, C.: The fundamental role of interface in non-invasive positive pressure ventilation in: *Pediatr Crit Care Med*, 2006, 7:5: 495
57. Buchanan, F., Gibson, R.: You only need one type of mask – if only it were so easy in: *The buyers' Guide to Respiratory Care Products*, 2007, P. 110-139
58. François Lellouche Laurent Brochard, Effect of the humidification device on the work of breathing during non-invasive ventilation. *ICM* 2002, 28
59. Le Bourdelles G, Le Mière E, Fiquet B, Djedaïni K, Suamon G, Coste F, Dreyfuss D; Comparison of the effects of heat and moisture exchangers and heated humidifiers on ventilation and gas exchange during weaning trials from mechanical ventilation. *Chest* 1996; vol 110: 1294-1298
60. Iotti GA, Olivei MC, Palo A, Galbusera C, Veronesi R, Comelli A, Brunner JX, Braschi A; Unfavorable mechanical effects of heat and moisture exchangers in ventilated patients. *Intensive Care Medicine* 1997; 23: 399-405

61. B.R: Celli, W. MacNee; Standards for the diagnosis and treatment of patients with COPD: a summary of the ATS/ERS position paper. ERS 2004; 23
62. Davide Chiumello et al.; Effect of different cycling-off criteria and PEEP during pressure support ventilation in patient with chronic obstructive disease. Critical care Medicine, 2007,Vol 35, No 11
63. Jaber S., Chanques G., Jung B.: Postoperative non-invasive Ventilation. Yearbook of Intensive Care and Emergency Medicine, 2008; 310-319
64. Varon J., Walsh G., Fromm R. J.: Feasability Of noninvasive mechanical ventilation in the treatment of acute respiratory failure in postoperative cancer patients. J Crit Care, 1998; 13: 55-57
65. Squadrone V., Coxa M., Cerutti E.: Contineous positive airway pressure for treatment of postoperative hypoxemia: a randomized controlled. JAMA, 2005; 293:589-595
66. The use of non-invasive ventilation in the management of patients with chronic obstructive pulmonary disease admitted to hospital with acute type II respiratory failure. British Thorax Society, October 2008

16.0 Abkürzungen

AAV	Anti-Asphyxia Valve
ALI	Acute Lung Injury
ARDS	Acute Respiratory Distress Syndrome
ARF	Acute Respiratory Failure
ATCTM	Automatic Tube Compensation
BIPAP	Biphasic Positive Airway Pressure Ventilation
COPD	Chronic Obstructive Pulmonary Disease
CPAP	Continuous Positive Pressure Ventilation
EP	Exhalation Ports
GI	Gastrointestinal anastomosis
HME	Heated Moisture Exchanger (Filter)
NIV	Non-invasive Ventilation
NPPV	Non-invasive Positive Pressure Ventilation
OSA	Obstructive Sleep Apnea
PSV	Pressure Support Ventilation

SE	Standard Elbow
VAP	Ventilator Associated Pneumonia
WOB	Work of breathing

HAUPTSITZ

Drägerwerk AG & Co. KGaA
Moislinger Allee 53–55
23558 Lübeck, Deutschland

www.draeger.com

DEUTSCHLAND

Dräger Medical Deutschland GmbH
Moislinger Allee 53–55
23558 Lübeck
Tel +49 180 52 41 318*
Fax +49 451 88 27 20 02
dsc@draeger.com

* Inland: EUR 0,14/min

SCHWEIZ

Dräger Medical Schweiz AG
Waldeggstrasse 38
3097 Liebefeld-Bern
Tel +41 31 978 74 74
Fax +41 31 978 74 01
info.ch.md@draeger.com

ÖSTERREICH

Dräger Medical Austria GmbH
Perfektastrasse 67
1230 Wien
Tel +43 1 609 04
Fax +43 1 699 38 01
info-austria@draeger.com