

Der schwierig zu weanende Patient

Johannes Bickenbach

Die maschinelle Beatmung ist eine der wichtigsten intensivmedizinischen Maßnahmen, sie muss aber auf die unumgängliche Dauer beschränkt bleiben. Umso wichtiger ist es, mögliche Probleme bei der Entwöhnung rechtzeitig zu erkennen und gezielt anzugehen.

Einleitung

Generell führt das Zusammenspiel einer zunehmend technisierten, modernen Intensivtherapie und der steigenden Morbidität einer älter werdenden Gesellschaft zu einer Zunahme beatmeter Patienten auf Intensivstationen. Dies hat auch eine entscheidende Auswirkung auf die Entwöhnung von der Beatmung („Weaning“) [1], die mit einem Anteil von mehr als 50 % der gesamten Beatmungsdauer eine zentrale Rolle einnimmt. Dies ist eine zunehmende Herausforderung und bis zum Jahr 2020 ist im Vergleich zum Jahr 2000 mit einem dramatischen Anstieg der Fälle zu rechnen.

Die maschinelle Beatmung ist einer der wesentlichen Grundpfeiler der Intensivmedizin und wird zur Behandlung der akuten respiratorischen Insuffizienz (ARI) häufig eingesetzt. Gerade das frühzeitige Erkennen einer ARI sowie die Behandlung der zugrunde liegenden Ursache sind essenziell, weil sich daraus unterschiedliche Folgerungen für die Beatmungstherapie und die Beatmungsentwöhnung ergeben. Die Entwöhnung von der Beatmung muss so rasch wie möglich eingeleitet werden, um die beatmungsassoziierten Risiken und Komplikationen möglichst gering zu halten.

Aus pathophysiologischer Sicht ist die Unterteilung in eine hypoxisch bedingte und eine hyperkapnisch bedingte respiratorische Insuffizienz sinnvoll, weil sie aus Einschränkungen des gasaustauschenden Systems (Lunge) oder dem ventilierenden Organsystem (Atempumpe) hervorgehen. Während eine *Hypoxie* meist aufgrund einer Störung des Lungenparenchyms entsteht – z. B. durch Atelektasen oder pneumonische Infiltrate – ist die *Hyperkapnie* das Leitsymptom der atemmuskulären Insuffizienz. Eine exakte Zuordnung in eine primär hypoxische oder hyperkapnische Insuffizienz ist nicht immer möglich, weil sich bei protrahierter Symptomatik beide Leitsymptome ausbilden können. Meist überwiegt jedoch ein Aspekt, sodass sich hieraus unterschiedliche Beatmungstherapien ableiten lassen. Während die nicht invasive Beatmung („non invasive ventilation“, NIV) die Domäne der Behandlung einer Hyperkapnie ist, muss bei einer Hypoxie in aller Regel ein kontinuierlicher, invasiver Überdruck appliziert werden, um beispielsweise Atelektasen zu rekrutieren.

Etwa jeder zweite Patient benötigt während eines Aufenthalts auf der Intensivstation eine maschinelle Beatmung. Die Entwöhnung von der Beatmung kann bis zu 50 % der gesamten Beatmungsdauer beanspruchen.

Das Weaning ist diejenige Phase der Beatmungstherapie, in der Intensivpatienten durch Spontanatmungsversuche von der maschinellen Beatmung entwöhnt werden. Der Begriff beschreibt einen äußerst komplexen Prozess, in dem zahlreiche physiologische Determinanten berücksichtigt und nach einer Akutbehandlung wieder in ein natürliches Gleichgewicht gebracht werden müssen.

Weaning ist mehr als „nur“ die Trennung von maschineller Beatmung. Es ist ein ganzheitlicher Ansatz, der die bestmögliche Wiederherstellung der Atemmuskulatur, kognitive Funktionen, hämodynamische Stabilität, eine gute nutritive Situation und nicht zuletzt die Patientenmotivation erfordert.

Risiken maschineller Beatmung

Nicht selten ist die Beatmungstherapie für den ARI-Patienten lebensrettend – gleichzeitig kann die völlig unphysiologische Applikation von Überdruck in der Lunge mit erheblichen Risiken und schädlichen Effekten verbunden sein. Die 3 elementaren Komplikationen einer invasiven Beatmung sind Lungenschädigung, Pneumonie und diaphragmale Dysfunktion.

Beatmungsinduzierte Lungenschädigung. Trotz ihrer Notwendigkeit kann eine invasive maschinelle Beatmung die Lunge erheblich schädigen. Bei progredienter Überdehnung durch Druck und Volumen kann es zu einer Verletzung der Infrastruktur des Lungengewebes kommen (Baro-, Volutrauma). Durch die mechanosensorische Aktivierung von Zytokinen entsteht eine andauernde Entzündungsreaktion in der Lunge (Bio-trauma) [2]. Die komplexen Einflüsse an peripheren Atemwegen, Alveolarepithelzellen und Endothelzellen können bereits an der gesunden Lunge auftreten [3] und werden als beatmungsinduzierte Lungenschädigung zusammengefasst („ventilator-induced lung injury“, VILI).

Beatmungsassoziierte Pneumonie. Die beatmungsassoziierte Pneumonie („ventilator-associated pneumonia“, VAP) ist mit einer Inzidenz von bis zu 30% eine häufige Komplikation bei Patienten, die länger als 24 Stunden invasiv beatmet werden. Die Inzidenz ist bei der NIV weitaus niedriger, weil der Tubus als „Leit-schiene“ für die Ausbreitung von Bakterien im Atemweg wegfällt [4]. Vor dem Hintergrund der sich rapide entwickelnden antimikrobiellen Resistenz tritt bei der Versorgung der VAP ein zunehmendes Problem auf.

Die VAP hat oft eine längere Beatmungsdauer zur Folge und somit direkte Auswirkungen auf das Weaning.

Beatmungsinduzierte diaphragmale Dysfunktion. Die bereits nach einigen Stunden auftretende, beatmungsinduzierte diaphragmale Dysfunktion („ventilator-induced diaphragmatic dysfunction“, VIDD) führt infolge der mechanischen Beeinträchtigung während der Beatmung – vor allem aber auch durch zahlreiche Entzündungsprozesse – innerhalb kurzer Zeit zu einer ausgeprägten Kontraktionsschwäche aller Muskelfasertypen. Dieser Effekt ließ sich in klinischen Studien bestätigen, in denen Zwerchfellbiopsien langzeitbeatmeter, hirntoter Patienten mit Biopsien von Patienten nach kurzzeitiger perioperativer Beatmung verglichen wurden [5–7]. Eine signifikante Atrophie konnte bereits nach 34 Stunden [5] bzw. 80 Stunden kontrollierter Beatmung nachgewiesen werden.

Als entscheidender pathophysiologischer Mechanismus gilt hierbei eine durch oxidativen Stress unter maschineller Beatmung bedingte, verminderte Proteinsynthese auf der einen [8, 9] und eine vermehrte Proteolyse [10–12] auf der anderen Seite. Die VIDD ist folglich ein klinisch hochrelevantes Problem, welches die Beatmungsentwöhnung drastisch verlängern kann.

Warum „schwierig“? Definitionen des Weanings

Weaning-Kategorien. Bereits nach Einleitung der maschinellen Beatmung und Behebung der Ursachen, die zur akuten respiratorischen Insuffizienz geführt haben, muss besondere Aufmerksamkeit auf die Entwöhnung von der maschinellen Beatmung gerichtet werden. Hiermit wird ein Prozess eingeleitet, in dem die Atemkapazität des Patienten regelmäßig überprüft werden muss. Wichtigstes Ziel ist zunächst die Wiedererlangung und Hinzunahme des Spontanatemanteils. Je nach Verlauf und Dauer der Entwöhnung unterscheidet man 3 Gruppen von Patienten (Infobox 1):

- Das einfache Weaning (Gruppe 1) – also die abgeschlossene Beatmungsentwöhnung nach nur einem Spontanatmungsversuch und der ersten Extubation – ist derzeit bei etwa 60% der Patienten möglich. Folglich ist die zugrunde liegende Ursache hierbei rasch behoben und eine nur kurze Beatmungsdauer führt rasch zur Wiederkehr der Spontanatmung.

Infobox 1

Weaning-Kategorien

Einteilung nach Boles et al. [13]:

- Gruppe 1 (einfaches Weaning): nur 1 Spontanattemptsversuch notwendig
- Gruppe 2 (schwieriges Weaning): bis zu 3 Spontanattemptsversuche oder bis zu 7 Tage Entwöhnungsdauer
- Gruppe 3 (prolongiertes Weaning): mehr als 3 Spontanattemptsversuche oder mehr als 7 Tage Entwöhnungsdauer

Untergruppen des prolongierten Weanings nach der Definition der aktuellen S2k-Leitlinie [14]:

- Gruppe 3a: (prolongiertes Weaning ohne NIV): erfolgreiches Weaning ohne Zuhilfenahme der NIV
- Gruppe 3b: (prolongiertes Weaning mit NIV): erfolgreiches Weaning nur mit

Einsatz der NIV, ggf. mit Fortsetzung der NIV als außerklinische Beatmung

- Gruppe 3c: (erfolgloses Weaning): Tod oder Entlassung mit invasiver Beatmung über ein Tracheostoma

- Herausfordernd ist indes die Beatmungsentwöhnung bei Patienten der Gruppe 2 (schwieriges Weaning), bei denen aufgrund komplexerer Operationen, kritischer Schockepisoden oder schwerwiegender Begleiterkrankungen (v. a. kardiale und pulmonale Vorerkrankungen mit chronisch ventilatorischer Insuffizienz) die Indikation zur maschinellen Beatmung länger besteht und nur eine langwierige Beatmungsentwöhnung gelingt.
- Insbesondere Patienten der Gruppe 3 (prolongiertes Weaning) sind nur sehr schwer zu charakterisieren. Die aktuelle S2k-Leitlinie zum prolongierten Weaning hat die komplexen Verläufe solcher Patienten aufgegriffen und eine weitere Unterteilung vorgenommen, die insbesondere den möglicherweise auch ausbleibenden Behandlungserfolg in die Beurteilung einschließt [14].

Das schwierige und prolongierte Weaning ist sehr viel aufwendiger als „nur“ die maschinelle Beatmung zu beenden und das respiratorische Gleichgewicht wiederherzustellen. Vielmehr müssen diverse pathophysiologische Veränderungen nach einer intensivmedizinischen Akutphase normalisiert werden. Insbesondere spielt die bereits erwähnte Schwächung der Atemmuskulatur – aber auch der peripheren Muskulatur – für die Komplexität dieses Vorgangs eine zentrale Rolle.

Frühzeitiges Beatmungsende. Die Häufigkeit beatmungsbedingter Komplikationen nimmt mit der Beatmungsdauer zu. Daher muss eine invasive, maschinelle Beatmung so rasch wie möglich beendet werden. Sobald also die zugrunde liegenden Ursachen für eine respiratorische Insuffizienz behoben sind, muss man die Spontanattemptsaktivität des Patienten überprüfen. Die meisten Beatmungspatienten kann man nach kurzzeitiger Beatmungstherapie unproblematisch entwöhnen (Gruppe 1). Wichtig ist gerade bei dieser Patientengruppe, den Prozess von der beginnenden

Spontanattempts bis zur erfolgreichen Extubation durch eine stressabschirmende, aber nicht zu tiefe Analgosedierung zu kontrollieren, um das Risiko einer Selbst-Extubation zu vermindern. Selbst-Extubationen können einerseits darauf hinweisen, dass Patienten unnötig lange beatmet wurden [15]. Andererseits zeigen aber klinische Studien, dass gerade die während dieser Phase auftretende Agitation ein unabhängiger Prädiktor für eine Re-Intubation ist, die wiederum mit einem deutlich erhöhten Risiko für eine verlängerte Beatmung und Infektionen verbunden ist und somit das Outcome negativ beeinflusst [16].

Sedierungsgrad, Schmerzen und Delir. Um einerseits die risikoreiche Selbst-Extubation zu vermeiden und andererseits die Analgosedierung so zu steuern, dass die Entwöhnung rechtzeitig eingeleitet werden kann, helfen in die tägliche Routine integrierte, validierte Messinstrumente zur Erfassung von Sedierungsgrad, Schmerzen und Delir, die somit zu einer besseren Therapiesteuerung und zu einer verkürzten Beatmungsdauer beitragen. Die S3-Leitlinie „Analgesie, Sedierung und Delirmanagement in der Intensivmedizin“ (DAS-Leitlinie 2015), die federführend die Deutsche Gesellschaft Anästhesie und Intensivmedizin betreut hat, hat hierzu die aktuelle Evidenz aufgearbeitet und kürzlich veröffentlicht. Mit dem CAM-ICU liegt ein validierter Test vor, der ein Delir erfassen kann [17].

Letztlich muss man Sedierungspausen und erste Spontanattemptsversuche strategisch bündeln und eine angemessene Analgesie und Sedierungstiefe sowie die Fähigkeit der Spontanattempts täglich systematisch überprüfen. In einigen Fällen ist möglicherweise gar keine dauerhafte Analgosedierung mehr erforderlich. Dennoch sind die anhaltende Unruhe und das Delir gerade bei Langzeitbeatmeten häufig auftretende Probleme [18].

Abb. 1 Symptomorientierte, nicht-medikamentöse Maßnahmen zur Behandlung des Delirs.

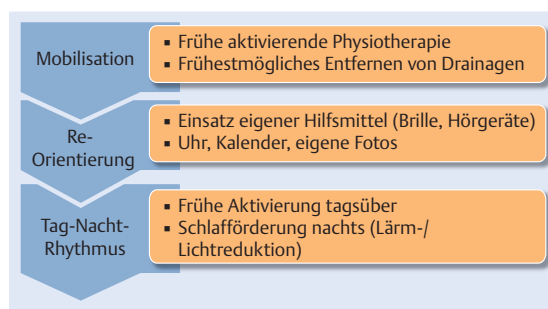


Tabelle 1

„Ready-to-wean“-Kriterien (nach [14]). RASS: Richmond Agitation and Sedation Scale; S_aO_2 : arterielle Sauerstoffsättigung; F_iO_2 : inspiratorische Sauerstofffraktion; PEEP: positiv endexpiratorischer Druck; p_aO_2 : arterieller Sauerstoffpartialdruck.

Klinische Kriterien	<ul style="list-style-type: none"> Rückbildung der zur Beatmung führenden Akutphase keine akute Infektion erfolgreicher Aufwachversuch, Patient kooperativ, nicht sediert (RASS 0/–1) ausreichende Schutzreflexe, ausreichender Hustenstoß
Hämodynamik	<ul style="list-style-type: none"> hämodynamisch stabil (keine oder nur niedrig dosierte Katecholamintherapie)
Pulmonale Funktion	<ul style="list-style-type: none"> stabile Oxygenierung ($S_aO_2 \geq 90\%$, bzw. $> 85\%$ bei chronisch respiratorischer Insuffizienz, $F_iO_2 \leq 0,4$, $PEEP \leq 8$ mbar; $p_aO_2/F_iO_2 > 150$) stabile Atemmechanik: kein „rapid shallow breathing“ (Atemfrequenz/Atemzugvolumen < 105) keine respiratorische Azidose

In der aktuellen DAS-Leitlinie 2015 wird empfohlen, ein Delir-Screening einmal pro Schicht (in der Regel alle 8 Stunden) vorzunehmen, um insbesondere die hypoaktive Verlaufsform des Delirs zu erkennen [17].

Während der frühen Entwöhnung kann gerade bei ersten Spontanatmungsversuchen die Atempumpe des Patienten noch so überlastet sein, dass sich die subjektiv empfundene Dyspnoe wiederum durch Angst und zunehmende Agitation äußert. Die zugrunde liegende Ursache für die Unruhe muss als solche identifiziert werden, um eine unnötige Analgosedierung, aber vor allem eine unnötig lange Überlastung der Atempumpe zu vermeiden. In dieser kritischen Phase der Entwöhnung muss das behandelnde Team systematisch solche Symptome erfassen. Pharmakologische Maßnahmen zur Anxiolyse können helfen, man sollte sie aber nicht völlig unkritisch und ohne vorherige Identifizierung der Ursachen einer Agitation verabreichen.

Darüber hinaus sollte man zur Behandlung von Agitation und Delir vor allem symptomorientierte, protokollbasierte Maßnahmen einsetzen, um den Patienten eine Re-Orientierung zu ermöglichen (Abb. 1).

Beginn der Entwöhnung. Der Begriff „ready to wean“ umschreibt eine frühzeitige, regelmäßig wiederholte Kontrolle der Entwöhnbarkeit nach akutmedizinischer Behandlung und maschineller Beatmung. Als Grundvoraussetzung sollten gewisse Kriterien erfüllt sein, die auf das Ende der Akutphase hinweisen (Tab. 1). Sind diese Kriterien erfüllt, so kann man einen Spontanatmungsversuch für 30 Minuten durchführen.

Abbruchkriterien. Bei einem Spontanatmungsversuch kann man innerhalb von 30 Minuten meist erkennen oder zumindest abschätzen, ob eine erfolgreiche Extubation möglich ist. Sieht man allerdings, dass der Patient sich innerhalb dieser Zeit der Spontanatmung erschöpft, muss man ihn weiter beatmen. Solange die erforderliche Atemarbeit aufgrund einer unzureichenden Leistungskapazität der Atemmuskulatur nicht erbracht werden kann, treten bei den Patienten beim Spontanatmungsversuch rasch eine subjektive Erschöpfung und eine zunehmende respiratorische Insuffizienz auf, die man dokumentieren sollte (Infobox 2).

Den Spontanatemversuch kann man entweder mit einem niedrigen, die Inspiration unterstützenden Druck von 5–8 cmH_2O durchführen oder auch am T-Stück ganz ohne Druckunterstützung. In einer aktuellen Metaanalyse zu möglichen Unterschieden beider Strategien war hinsichtlich Entwöhnungsdauer, Entwöhnungserfolg und Komplikationen (Re-Intubationsrate, Inzidenz von Pneumonien, Sterblichkeitsrate) keine der beiden Methoden überlegen. Eine Druckunterstützung scheint bei Patienten mit schwierigem und prolongiertem Weaning tendenziell zu einer Ver-

Infobox 2

Abbruchkriterien für den Spontanatmungsversuch

- Atemfrequenz > 35 /min
- $SaO_2 < 90\%$
- Hyperkapnie > 45 mmHg
- RSBI > 105 Atemzüge/min/L
- Herzfrequenz ≥ 140 /min, Veränderung um mehr als 20%
- $RR_{\text{sys}} > 200$ mmHg und < 80 mmHg
- Stressäußerung des Patienten

kürzung der Dauer bis zur erfolgreichen Entwöhnung zu führen. Es fehlen jedoch große klinische, randomisierte Studien mit genau dieser Fragestellung [19].

Können Weaning-Protokolle helfen?

Durch die akute, intensivmedizinische Behandlung maschinell beatmeter Patienten liegen gravierende atemmuskuläre Einschränkungen vor, die einen protrahierten Einfluss auf das Weaning haben. Nur bei ausreichend leistungsfähiger Atemmuskulatur ist letztlich eine erfolgreiche Entwöhnung möglich [20].

Es ist essenziell, frustrane Extubationsversuche und eine zu hohe Re-Intubationsrate zu vermeiden sowie zeitlich definierte, systematische Spontanatmungsversuche unter Berücksichtigung der Atemkapazität des Patienten durchzuführen.

Für eine standardisierte Durchführung können Weaning-Protokolle nützlich sein. Sie lenken den Prozess strategisch und unterstützen das gesamte Behandlungsteam bei der Identifizierung des frühestmöglichen Weaning-Beginns. Einige Studien haben gezeigt, dass mit einem protokollbasierten Weaning sowohl die Beatmungsdauer wie auch beatmungsassoziierte Komplikationen (z. B. VAP) reduziert werden können [21, 22]. Je nach individuellem Krankheitsverlauf sind jedoch oft auch angepasste Behandlungsformen erforderlich, die man täglich überprüfen sollte. Ein Protokoll kann nicht generell medizinische Entscheidungen und infrastrukturelle Gegebenheiten ersetzen.

RSBI. Der „rapid shallow breathing index“ (RSBI), der Quotient aus Atemfrequenz und Atemzugvolumen (f/TV), ist ein Prädiktor für das Weaning-Versagen [23]. Zur Beurteilung der muskulären Erschöpfung werden für den RSBI Zielwerte von maximal 105/min/l bei einer Atemfrequenz von maximal 35/min beschrieben.

IWI. Im weiteren Bestreben, Prädiktoren für das Weaning-Versagen zu analysieren, hat eine aktuelle Studie den „integrative weaning index“ (IWI) [24], das Produkt aus statischer Compliance, arterieller Sauerstoffsättigung und RSBI, untersucht. In einer prospektiven Studie wurde der IWI mit einer Kontrollgruppe verglichen, in der man den Weaning-Erfolg wie üblich klinisch einschätzte. Der Einsatz des IWI führte zu einer signifikanten Verkürzung der Beatmungsdauer und des Intensivaufenthalts [25]. Der IWI ist somit möglicher-



Abb. 2 Gebündelte Strategien zur Verbesserung des Weaning-Erfolgs.

weise ein physiologisch sinnvoller Parameter, um den Weaning-Erfolg vorherzusagen.

Software. Auch die Implementierung von Entwöhnungsprotokollen in die Software moderner Beatmungsgeräte ist möglich [26]. In der WEAN-Studie wurde ein im Beatmungsgerät hinterlegtes „Closed-loop“-Protokoll (Smart Care, Draeger Medical Inc., Lübeck) eingesetzt, das permanent Atemfrequenz, Tidalvolumen und endtidales CO_2 misst. Die Studie verglich dieses Protokoll mit einem dokumentationsbasierten, anwenderabhängigen Weaning-Protokoll. Gesamtbeatmungszeit, Intensivaufenthalt und Sterblichkeitsrate waren zwar vergleichbar, doch zumindest zeigte sich eine signifikante Zeitverkürzung bis zum ersten Spontanatmungsversuch sowie eine raschere Extubation [27] durch das softwarebasierte Protokoll. Im Gegensatz dazu zeigt eine aktuelle Studie, in der ebenfalls „Smart Care“ mit einer therapeutengesteuerten Gruppe verglichen wurde, eine signifikant kürzere Weaning-Dauer in der therapeutengesteuerten Gruppe [28]. Insgesamt genügt die Datenlage nicht, um ein automatisiertes „Closed-loop“-Weaning-Protokoll zu empfehlen [29], weil nach wie vor große, multizentrische Studien fehlen, um solche Protokolle zu validieren.

Protokolle können helfen, vor allem die strukturellen Abläufe zu lenken. Ein Weaning-Protokoll ist dabei nur ein Baustein im komplexen Prozess der Beatmungsentwöhnung, in dem innerhalb einer ganzheitlichen Strategie diverse Aspekte (z. B. Personalausstattung, strukturierte Visiten) und Algorithmen (Sedierung, NIV, Weaning) gebündelt werden müssen (Abb. 2).

Patientengesteuerte Beatmungsunterstützung

„**Proportional assist ventilation**“ (PAV). Eine Druckunterstützung, bei der das Druckniveau fest vorgegeben und vom Patienten nicht beeinflusst wird, kann die inspiratorische Atemarbeit des Patienten reduzieren. Jede Atembemühung des Patienten wird hierbei aber mit der gleichen, am Beatmungsgerät zuvor eingestellten Druckunterstützung beantwortet. Eine PAV unterstützt ebenfalls die Atmung des Patienten, doch anders als bei der reinen Druckunterstützung orientiert sich die Unterstützung an der Atemarbeit des Patienten, die mit jedem Atemzug anders sein kann. Die PAV unterstützt die Inspiration jeweils proportional zur aufgebrauchten inspiratorischen Arbeit des Patienten. Hierzu werden Compliance und Resistance berechnet, da die Atemarbeit ganz wesentlich von diesen Parametern beeinflusst wird. Somit kann das Beatmungsgerät bei der PAV einen definierten Anteil der Atemarbeit sowohl gegen elastische Widerstände (Elastance, Kehrwert der Compliance) als volumen-proportionale Druckunterstützung als auch gegen resistive Widerstände (Resistance) als flow-proportionale Druckunterstützung übernehmen. In kleinen klinischen Studien wurde die Verringerung der Atemarbeit nachgewiesen [30, 31], insbesondere bei COPD-Patienten hat die flow-proportionale Druckunterstützung die Atemarbeit signifikant reduziert [32].

Nach wie vor fehlen jedoch prospektive, randomisierte Studien, die den Nutzen der PAV beim Weaning untersuchen. Eine kürzlich publizierte Studie hat bei Patienten mit schwierigem oder prolongiertem Weaning PAV mit einer reinen Druckunterstützung verglichen. Unter anderem wurde die Dyssynchronie am Beatmungsgerät gemessen, die bei der PAV tendenziell geringer war, außerdem war der Beatmungsdruck signifikant niedriger. Hinsichtlich der Dauer bis zur erfolgreichen Extubation gab es zwischen beiden Verfahren keinen signifikanten Unterschied, doch die PAV führte zumindest zu einer kürzeren Dauer bis Entlassung von der Intensivstation. Trotz dieser ersten ermutigenden Ergebnisse sind weitere große klinische Studien zu diesem Verfahren erforderlich.

„**Neurally adjusted ventilatory assist**“ (NAVA). NAVA nutzt die Messung der Zwerchfellaktivität, um die inspiratorische Druckunterstützung zu steuern und um somit eine bestmögliche Synchronisierung zwischen Patient und Beatmungsgerät zu ermöglichen. Eine mit Elektroden versehenen Magensonde misst ein Zwerchfell-EMG, das sowohl der Überwachung der Zwerch-

fellaktivität als auch der Beatmungssteuerung dient. Das Maß der maschinellen Unterstützung wird mit jeder Atembemühung vom Patienten gesteuert: Die abgeleiteten Messsignale erkennen Beginn und Ende der Inspiration. Die Druckunterstützung ist somit direkt proportional zur elektrischen Aktivität des Zwerchfells und wird kontinuierlich angepasst. Eine klinische Studie von Di Mussi et al. verglich NAVA mit einer reinen Druckunterstützung. Bei der NAVA waren die Zwerchfellaktivität und Synchronität zwischen Patient und Beatmungsgerät besser [33]. Doch es fehlen große, randomisierten Untersuchungen zu einem potenziell besseren Outcome durch NAVA.

Tracheotomie – wie, wann?

Gelingt ein einfaches Weaning mit nur einem Spontanatmungsversuch, dann ist die klinische Situation oft relativ stabil und folglich keine weitere Sicherung des Atemwegs erforderlich. In weniger günstigen Fällen ist zur respiratorischen Stabilisierung oft die Indikation zur nicht invasiven Beatmung gegeben. Beim schwierigen oder prolongierten Weaning jedoch, bei dem intermittierende Spontanatmungsversuche und tägliche Aufwachphasen die Behandlung bestimmen, besteht eine klare Indikation zur Tracheotomie. Denn eine länger bestehende *endotracheale* Intubation kann Schäden an Larynx und Trachea verursachen und wird vom Patienten weitaus schlechter toleriert [34] als ein Tracheostoma.

Perkutane Dilatationstracheotomie. Die perkutane Dilatationstracheotomie ist rasch und bettseitig vom Intensivmediziner durchführbar. Gleichzeitig liegt ein klarer Vorteil der Tracheotomie verglichen zur endotrachealen Intubation in dem höheren Patientenkomfort, der Möglichkeit zur Kommunikation sowie des oralen Kostaufbaus. Aufgrund des höheren Komforts ist zudem eine raschere Beendigung der Analgosedierung möglich.

Die Datenlage zum besten Zeitpunkt einer Tracheotomie ist nicht eindeutig und auch klinisch kaum steuerbar. Dennoch erscheint eine *frühe* Tracheotomie hinsichtlich des Patientenkomforts und der möglichen Reduktion der Analgosedierung sinnvoll [35]. Eine aktuelle Meta-Analyse belegte bei früher Tracheotomie eine höhere Rate beatmungsfreier Tage, kürzere Intensivaufenthalte, weniger Sedierungsmaßnahmen und eine niedrigere Sterblichkeit [36].

Für den Teilschritt der Gewebedilatation gibt es bei der perkutanen Dilatationstracheotomie unterschiedliche Verfahren. Allen gemeinsam ist allerdings die unter bronchoskopischer Sicht durchzuführende Punktion der Trachea in Seldinger-Technik. In einer Observationsstudie der Europäischen Gesellschaft für Intensivmedizin (ESICM) haben Vargas et al. die derzeit üblichen Praktiken und Vorgehensweisen auf internationaler Ebene erfasst. Mit einem Fragebogen wurden neben der Datenerhebung zur Technik der Tracheotomie unter anderem auch der Zeitpunkt der perkutanen Dilatationstracheotomie, Beatmungszeiten sowie Weaning- und Sedierungsprotokolle abgefragt. Die meisten Tracheotomien (54,4%) wurden 7–15 Tage nach Aufnahme auf die Intensivstation durchgeführt. Die Angaben zu Technik, Durchführung und Strategie waren völlig uneinheitlich, was letztlich in dem Aufruf mündet, das Verfahren zu standardisieren [37].

Die aktuelle Leitlinien-Empfehlung sieht bei intubierten Patienten mit vorhersehbarer prolongierter Weaning eine frühzeitige Tracheotomie nach 4–7 Tagen invasiver Beatmung vor, wenn keine Möglichkeit einer frühzeitigen Extubation mit anschließender NIV besteht [14]. Diese Zeitspanne muss man jedoch je nach Krankheitsverlauf und Prognose des Patienten individuell anpassen.

Dekanülierung. Eine Indikation zur Dekanülierung besteht, wenn folgende Voraussetzungen erfüllt sind:

- gute Oxygenierung nach 24 Stunden ohne Beatmung oder ausreichende Spontanatemkapazität und Fähigkeit zur NIV (muss vorher überprüft werden)
- keine ausgeprägte Dysphagie mit Aspirationsneigung
- ausreichender Hustenstoß

Nicht invasive Beatmung: Indikationen und Grenzen

Beim Weaning kann die nicht invasive Beatmung („non-invasive ventilation“, NIV) in allen Weaning-Gruppen von Bedeutung sein, sowohl zur pulmonalen Stabilisierung nach Extubation als auch bei schwierigem und prolongiertem Weaning. Folglich sollte man auch nach längerer Beatmungsdauer überprüfen, ob eine NIV-Fähigkeit hergestellt werden kann, um z. B. Patienten mit hyperkapnischer ARI zu extubieren bzw. dekanülieren und der NIV zuzuführen, sofern keine Indikation zur längerdauernden, kontinuierlichen Beatmungstherapie besteht. Die NIV kann den Weaning-Erfolg positiv beeinflussen und Komplikationen

Tabelle 2

Grundprinzipien zur Beatmungseinstellung der NIV bei akuter respiratorischer Insuffizienz. PEEP: positiver endexpiratorischer Druck.

Hyperkapnisches respiratorisches Versagen	Hypoxisches respiratorisches Versagen
<ul style="list-style-type: none"> ■ ausreichende Druckunterstützung (8–20 mbar) ■ bei intrinsischem PEEP zur Reduktion der Atemarbeit niedriger PEEP (5 mbar) 	<ul style="list-style-type: none"> ■ ausreichender PEEP (5–10 mbar) zur Rekrutierung ■ bei begleitender respiratorischer Erschöpfung keine oder nur niedrige Druckunterstützung

wie Re-Intubation und Re-Tracheotomie reduzieren [38–41].

Prinzipiell ist eine NIV immer dann möglich, wenn der Patient für diese Form der Beatmungstherapie kooperativ genug ist, keine Aspirationsgefahr besteht (z. B. bei Dysphagie) und keine invasive Sekretmobilisierung mehr erforderlich ist.

Patienten mit respiratorischer Insuffizienz sind oft ängstlich und agitiert, weshalb die Einleitung der NIV sehr engmaschig durch geschultes Pflegepersonal begleitet werden sollte. Vor dem Beginn erläutert man dem Patienten zunächst die Maßnahme. Oft hilft es zudem, das Ansatzstück zunächst manuell zu fixieren, bis die Gewöhnung an die NIV eine Fixierung mit Halteband erlaubt. In dieser Phase muss man die Einstellung des Beatmungsgeräts dem klinischen Verlauf anpassen (Tab. 2). Wird unter der NIV eine stärkere Druckunterstützung eingesetzt, sollte man eine Magensonde legen, um eine Aerophagie zu vermeiden.

Rein strategisch ist die NIV bei chronischer respiratorischer Insuffizienz ein oft komplexer Prozess, in dem insbesondere die zunehmende Selbstbestimmung des Patienten berücksichtigt werden muss. Beispielsweise muss man je nach dem Umgang des Patienten mit der Situation einen passenden Atemwegszugang wählen. Den Stellenwert der NIV bei der akuten respiratorischen Insuffizienz definiert seit dem Jahr 2015 die Revision der Leitlinie „Nichtinvasive Beatmung als Therapie der akuten respiratorischen Insuffizienz“ [42].

Pathophysiologie des prolongierten Weanings und Behandlungsstrategien

Bei allen Patienten, die einer prolongierten Entwöhnung von der maschinellen Beatmung bedürfen, steht die Pathophysiologie der Atemmuskelpumpe im Fokus der therapeutischen Bestrebungen. Die wesentliche Voraussetzung für eine erfolgreiche Entwöhnung ist eine bestmögliche Balance zwischen der notwendigen und der möglichen Atemarbeit [26]. Überschreitet die notwendige Atemarbeit die Leistungskapazität der Atemmuskulatur, wird sich der Patient respiratorisch rasch erschöpfen. Zahlreiche pathophysiologische Vorgänge können bei kritisch kranken Intensivpatienten die Muskulatur beeinträchtigen. Hervorzuheben ist neben der nach einigen Stunden auftretenden VIDD auch die Dekonditionierung der peripheren Muskulatur, wie sie infolge schwerster inflammatorischer Mechanismen beispielsweise bei einer Sepsis oder anderen Schockformen als „ICU-acquired weakness“ zu beobachten ist und die erheblichen Einfluss auf die Beatmungsentwöhnung hat.

Muskuläre Schwäche. „ICU-acquired weakness“ ist zunächst nur ein Oberbegriff für eine generelle muskuläre Schwäche nach protrazierter Intensivbehandlung, für die es keine andere (neuromuskulär bedingte) Ursache gibt. Eine solche Muskelschwäche kann man mit elektrophysiologischen Untersuchungen differenzialdiagnostisch untersuchen und zwischen einer „Critical-illness“-Polyneuropathie (CIP) und einer „Critical-illness“-Myopathie (CIM) unterscheiden.

Frühe neuromuskuläre Rehabilitation. Zur Diagnose einer CIM ist eine Biopsie erforderlich, die jedoch in der Praxis fast nie durchgeführt wird, weil sich hieraus keine therapeutische Konsequenz ergibt. Letztlich stellt die „ICU-acquired weakness“ bei anhaltend hoher – wenn nicht gar künftig zunehmender – Inzidenz der Sepsis [43] nicht nur in puncto Verlängerung der Beatmungsentwöhnung und der Krankenhausaufenthaltsdauer ein Problem dar, sondern auch im Langzeitverlauf hinsichtlich Rehabilitationsmaßnahmen und Einschränkungen der Lebensqualität. Umso wichtiger erscheint eine neuromuskuläre Rehabilitation, die bereits bei maschinell beatmeten Patienten auf der Intensivstation beginnen sollte.

In der MoVe-ICU-Studie wurde ein bettseitiges Ergometer eingesetzt und dessen Einfluss auf die Muskelkraft und -morphologie verglichen mit konventionel-

len physiotherapeutischen Maßnahmen. Die ergometrische Übungsbehandlung wurde bei beatmeten Patienten passiv über täglich 20 Minuten durchgeführt. Die Ergebnisse der Studie werden mit großem Interesse erwartet [44]. Bei den meisten Patienten kommt es durch eine rehabilitative, physiotherapeutische Therapie zu einer guten muskulären Erholung, wie sie in der GymNAST-Studie untersucht wurde. 150 Patienten mit schwerer „ICU-acquired weakness“ wurden hierbei eingeschlossen. Nach im Mittel 28,5 Tagen nach einer Rehabilitationsmaßnahme wurde wieder eine normale Lauffunktion erreicht [45].

Ernährung. Die Kraft der Atemmuskulatur kann bei längerem Intensivaufenthalt durch viele weitere Ursachen eingeschränkt sein. Daher muss man insbesondere nutritiv-metabolische und endokrinologische Dysregulationen (u. a. Kortisolmangel, Hypothyreose) nach einem Langzeitverlauf wieder ausgleichen. Viele Patienten weisen nach anhaltender Intensivtherapie eine schwere Mangelernährung auf, was neben diversen anderen Gründen eine der Ursachen für ein Weaning-Versagen sein kann [13]. Ein entsprechender Kalorien- und Proteinausgleich ist zur Verbesserung der Atemarbeit obligat [46].

Flüssigkeitshaushalt. Manche Elektrolytstörungen können den Weaning-Prozess negativ beeinflussen. Eine Hypophosphatämie ist nachweislich häufig mit einem Weaning-Versagen verbunden [47]. Störungen im Flüssigkeitshaushalt nach Schockbehandlungen o. Ä. können den Weaning-Prozess zusätzlich verlängern. Oft sind eine konsequente Flüssigkeitsrestriktion sowie eine forcierte diuretische Therapie erforderlich, um die Atemmechanik zu verbessern. Idealerweise sollte man mit diesen Maßnahmen bereits vor dem Beginn des Weanings beginnen, weil gerade die Volumenüberladung einen erheblichen negativen Einfluss auf den Weaning-Erfolg haben kann [48].

Herzinsuffizienz. Die Herzinsuffizienz ist eine wichtige Differenzialdiagnose bei prolongiertem Weaning und beim Weaning-Versagen.

Besteht bei einem prolongierten Weaning gleichzeitig eine kardiale Insuffizienz, kann die Wegnahme der Überdruckbeatmung bei ersten Spontanattempts durch eine Steigerung der linksventrikulären Nachlast und Vorlast zu einer kardialen Dekompensation führen [49].

Daher muss man stets kardiorespiratorische Wechselwirkungen berücksichtigen und die linksventrikuläre Funktion – insbesondere bei kardial vorerkrankten Patienten – regelmäßig untersuchen. Zudem sollte man regelmäßig eine Sonografie der Pleuren durchführen und begleitende Pleuraergüsse zur Verbesserung der Atemmechanik ggf. punktieren.

Transfusionen. Da die Patienten bei prolongiertem Weaning einerseits eine überlastete Atempumpe und somit einen erhöhten Sauerstoffbedarf haben und andererseits nach einem längeren Aufenthalt auf der Intensivstation in aller Regel eine sekundäre Anämie aufweisen, ist die Transfusion von Erythrozytenkonzentraten nach wie vor Gegenstand der Diskussion. Bisher gibt es keine ausreichende Evidenz zur Anhebung des Hämoglobinwerts bei prolongiertem Weaning. Letztlich gelten beim jetzigen Stand der Forschung die üblichen Transfusionstrigger der Bundesärztekammer [50].

Einige klinische Untersuchungen weisen auf einen günstigen Effekt eines Hämoglobin-Zielwerts von 11–12 g/dl auf die Atemarbeit bei prolongiertem Weaning und bei COPD-Patienten hin [51, 52]. Allerdings gibt es bisher keine verlässlichen und belastbaren Daten aus randomisierten klinischen Studien. In den erwähnten monozentrischen Studien mit geringer Fallzahl gab es keine Kontrollgruppen. Die verbesserte Atemarbeit könnte auch durch andere, strukturelle Zentrumseffekte im Rahmen der Behandlung erklärbar sein.

Nach dem aktuellen Stand der Forschung überwiegen möglicherweise die ungünstigen, transfusionsassoziierten Nebenwirkungen (u. a. Infektionen, transfusionsassoziierte Lungenschädigung, hämolytische Reaktionen), sodass abschließend nur festzuhalten bleibt, dass trotz vorliegender Leitlinie beim prolongierten Weaning der Nutzen von Bluttransfusionen eine wichtige offene Frage bleibt.

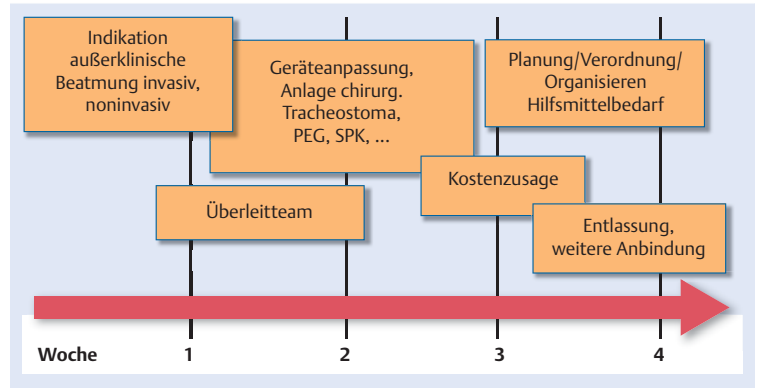


Abb. 3 Überleitung in die außerklinische Beatmung.

Nicht invasive und invasive außerklinische Beatmung

Trotz aller Bemühungen eines oft multidisziplinären Teams besteht bei einem Teil der Patienten nach akutem respiratorischen Versagen die Notwendigkeit einer außerklinischen Beatmungstherapie. Vor allem eine *invasive* außerklinische Beatmung ist eine besonders personalaufwendige und logistische Herausforderung.

Am Beginn einer invasiven Beatmung sollte man nicht nur ein dauerhaftes chirurgisches Tracheostoma anlegen, sondern auch prüfen, ob ein langfristiger Ernährungszugang (PEG) oder eine künstliche Harnableitung erforderlich ist. Die Indikation zur außerklinischen Beatmung sollte ein spezialisiertes Weaning-Zentrum stellen. Der zeitintensive Prozess der Überleitung ist in Abb. 3 vereinfacht schematisch dargestellt.

Wichtig ist zudem eine weitere Anbindung solcher Patienten an ein Weaning-Zentrum. Vor der Entlassung muss man einen Termin zur Wiedervorstellung festlegen – erstmalig nach 4–8 Wochen. Die Behandlungsziele werden in Nachuntersuchungen erneut bewertet und entweder bestätigt oder je nach Verlauf revidiert. Auch nach längerer außerklinischer Beatmung sollte man bei jeder Kontrolluntersuchung die Möglichkeit zur Entwöhnung neu einschätzen, um evtl. doch noch eine Beendigung der Beatmung zu erreichen.

Interessenkonflikt: Der Autor gibt an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Kernaussagen

- Das frühzeitige Erkennen einer akuten respiratorischen Insuffizienz sowie die Behandlung der Ursache sind essenziell, weil sich daraus unterschiedliche Folgerungen für die Beatmungstherapie und die Beatmungsentwöhnung ergeben.
- Die maschinelle Beatmung ist einer der wesentlichen Grundpfeiler der Intensivmedizin und dient der Behandlung der akuten respiratorischen Insuffizienz. Gerade die invasive maschinelle Beatmung ist mit substantiellen Risiken verbunden und sollte so rasch wie möglich wieder beendet werden.
- So bald als möglich muss man die Spontanatmungsaktivität des Patienten überprüfen.
- Weaning-Protokolle, aber vor allem gebündelte Strategien können helfen, den Prozess des Weanings zu lenken. Hierzu zählen auch die patientengesteuerte Beatmungsunterstützung, eine frühzeitige Tracheotomie und die nicht invasive Beatmung.
- Das prolongierte Weaning ist vor allem von der ausgeprägten muskulären Schwäche geprägt. Die muskuläre Rehabilitation ist aufwendig und erfordert systematische physiotherapeutische und logopädische Maßnahmen.
- Substantielle Begleiterkrankungen wie die Herzinsuffizienz muss man differenzialdiagnostisch berücksichtigen.
- Die Indikation zur außerklinischen Beatmung sollte nur ein spezialisiertes Weaning-Zentrum stellen. Die Überleitung ist komplex und erfordert ein erfahrenes Behandlungsteam.

Über die Autoren**Johannes Bickenbach**

Priv.-Doz. Dr. med. Jahrgang 1975. 1994–2001 Studium der Humanmedizin an der RWTH Aachen. 2001–2006 Facharztausbildung Anästhesiologie am Universitätsklinikum RWTH Aachen. Seit 2008 Oberarzt in der Klinik für Operative Intensivmedizin und Intermediate Care. Forschungsschwerpunkte:

ARDS, maschinelle Beatmung, Weaning, neue Bildgebungsverfahren.

Korrespondenzadresse

Priv.-Doz. Dr. med. Johannes Bickenbach
Klinik für Operative Intensivmedizin und Intermediate Care
Uniklinik RWTH Aachen
Pauwelsstr. 30
52074 Aachen
E-Mail: jbickenbach@ukaachen.de
www.operative-intensivmedizin.de

Literatur

- 1 Zilberberg MD, de Wit M, Pirone JR et al. Growth in adult prolonged acute mechanical ventilation: Implications for health-care delivery. *Crit Care Med* 2008; 36: 1451–1455
- 2 Halbertsma FJ, Vaneker M, Scheffer GJ et al. Cytokines and bio-trauma in ventilator-induced lung injury: a critical review of the literature. *Neth J Med* 2005; 63: 382–392
- 3 Silva PL, Negrini D, Macêdo Rocco PR. Mechanisms of ventilator-induced lung injury in healthy lungs. *Best Pract Res Clin Anaesthesiol* 2015; 29: 301–313
- 4 Hunter JD. Ventilator associated pneumonia. *Postgrad Med J* 2006; 82: 172–178
- 5 Jaber S, Petrof BJ, Jung B et al. Rapidly progressive diaphragmatic weakness and injury during mechanical ventilation in humans. *Am J Respir Crit Care Med* 2011; 183: 364–371
- 6 Levine S, Nguyen T, Taylor N et al. Rapid disuse atrophy of diaphragm fibers in mechanically ventilated humans. *N Engl J Med* 2008; 358: 1327–1335
- 7 Hudson MB, Smuder AJ, Nelson WB et al. Both high level pressure support ventilation and controlled mechanical ventilation induce diaphragm dysfunction and atrophy. *Crit Care Med* 2012; 40: 1254–1260
- 8 McClung JM, Van GD, Whidden MA et al. Apocynin attenuates diaphragm oxidative stress and protease activation during prolonged mechanical ventilation. *Crit Care Med* 2009; 37: 1373–1379
- 9 Shanely RA, Zergeroglu MA, Lennon SL et al. Mechanical ventilation-induced diaphragmatic atrophy is associated with oxidative injury and increased proteolytic activity. *Am J Respir Crit Care Med* 2002; 166: 1369–1374
- 10 Deruisseau KC, Kavazis AN, Deering MA et al. Mechanical ventilation induces alterations of the ubiquitin-proteasome pathway in the diaphragm. *J Appl Physiol* 2005; 98: 1314–1321
- 11 Maes K, Testelmans D, Powers S et al. Leupeptin inhibits ventilator-induced diaphragm dysfunction in rats. *Am J Respir Crit Care Med* 2007; 175: 1134–1138
- 12 McClung JM, Kavazis AN, Deruisseau KC et al. Caspase-3 regulation of diaphragm myonuclear domain during mechanical ventilation-induced atrophy. *Am J Respir Crit Care Med* 2007; 175: 150–159
- 13 Boles JM, Bion J, Connors A et al. Weaning from mechanical ventilation. *Eur Respir J* 2007; 29: 1033–1056
- 14 Schönhofer B, Geiseler J, Dellweg D et al. S2k-guideline published by the German Respiratory Society. *Pneumologie* 2014; 68: 19–75
- 15 Boulain T. Unplanned extubations in the adult intensive care unit: a prospective multicenter study. *Association des Reanimateurs du Centre-Ouest. Am J Respir Crit Care Med* 1998; 157: 1131–1137
- 16 Fontenot AM, Malizia RA, Chopko MS et al. Revisiting endotracheal self-extubation in the surgical and trauma intensive care unit: Are they all fine? *J Crit Care* 2015; pii: S0883-9441(15)00380-9; DOI 10.1016/j.jcrrc.2015.07.013
- 17 Im Internet: http://www.awmf.org/uploads/tx_szleitlinien/001012l_S3_Analgesie_Sedierung_Delirmanagement_Intensivmedizin_2015-08_01.pdf
- 18 Ely EW, Margolin R, Francis J et al. Evaluation of delirium in critically ill patients: validation of the Confusion Assessment

- Method for the Intensive Care Unit (CAM-ICU). *Crit Care Med* 2001; 29: 1370–1379
- 19 Ladeira MT, Vital FM, Andriolo RB et al. Pressure support versus T-tube for weaning from mechanical ventilation in adults. *Cochrane Database Syst Rev* 2014; 5: CD006056.pub2; DOI 10.1002/14651858
 - 20 Goldstone J. The pulmonary physician in critical care. 10: difficult weaning. *Thorax* 2002; 57: 986–991
 - 21 Marelich GP, Murin S, Battistella F et al. Protocol weaning of mechanical ventilation in medical and surgical patients by respiratory care practitioners and nurses: effect on weaning time and incidence of ventilator-associated pneumonia. *Chest* 2000; 118: 459–467
 - 22 Gupta P, Giehler K, Walters RW et al. The Effect of a Mechanical Ventilation Discontinuation Protocol in Patients with Simple and Difficult Weaning: Impact on Clinical Outcomes. *Respir Care* 2014; 59: 170–177
 - 23 Yang KL, Tobin MJ. A prospective study of indexes predicting the outcome of trials of weaning from mechanical ventilation. *N Engl J Med* 1991; 324: 1445–1450
 - 24 Nemer SN, Barbas CS, Caldeira JB et al. A new integrative weaning index of discontinuation from mechanical ventilation. *Crit Care* 2009; 13: R152
 - 25 El-Baradei GF, El-Shmaa NS, Ganna SA. Can integrative weaning index be a routine predictor for weaning success? *Indian J Crit Care Med* 2015; 19: 703–707
 - 26 Lellouche F, Mancebo J, Jolliet P et al. A multicenter randomized trial of computer-driven protocolized weaning from mechanical ventilation. *Am J Respir Crit Care Med* 2006; 174: 894–900
 - 27 Burns KE, Meade MO, Lessard MR et al. Wean earlier and automatically with new technology (the WEAN study). A multicenter, pilot randomized controlled trial. *Am J Respir Crit Care Med* 2013; 187: 1203–1211
 - 28 Taniguchi C, Victor ES, Pieri T et al. Smart Care™ versus respiratory physiotherapy-driven manual weaning for critically ill adult patients: a randomized controlled trial. *Crit Care* 2015; 19: 246
 - 29 Blackwood B, Burns KE, Cardwell CR et al. Protocolized versus non-protocolized weaning for reducing the duration of mechanical ventilation in critically ill adult patients. *Cochrane Database Syst Rev* 2014; 11: CD006904
 - 30 Murias G, Villagra A, Blanch L. Patient-ventilator dyssynchrony during assisted invasive mechanical ventilation. *Minerva Anesthesiol* 2013; 79: 434–444
 - 31 Clavieras N, Wysocki M, Coisel Y et al. Prospective Randomized Crossover Study of a New Closed-loop Control System versus Pressure Support during Weaning from Mechanical Ventilation. *Anesthesiology* 2013; 119: 631–641
 - 32 Ranieri M. Effects of proportional assist ventilation on inspiratory muscle effort in patients with chronic obstructive pulmonary disease and acute respiratory failure. *Anesthesiology* 1997; 86: 79–91
 - 33 Di Mussi R, Spadaro S, Mirabella L et al. Impact of prolonged assisted ventilation on diaphragmatic efficiency: NAVA versus PSV. *Crit Care* 2016; 20: 1
 - 34 Li Bassi G, Luque N, Martí JD et al. Endotracheal tubes for critically ill patients: an in vivo analysis of associated tracheal injury, mucociliary clearance, and sealing efficacy. *Chest* 2015; 147: 1327–1335
 - 35 Bickenbach J, Fries M, Offermanns V et al. Impact of early vs. late tracheostomy on weaning: a retrospective analysis. *Minerva Anesthesiol* 2011; 77: 1176–1183
 - 36 Hosokawa K, Nishimura M, Egi M et al. Timing of tracheotomy in ICU patients: a systematic review of randomized controlled trials. *Crit Care* 2015; 19: 424
 - 37 Vargas M, Sutherasan Y, Antonelli M et al. Tracheostomy procedures in the intensive care unit: an international survey. *Crit Care* 2015; 19: 291
 - 38 Ferrer M, Esquinas A, Arancibia F et al. Noninvasive ventilation during persistent weaning failure: a randomized controlled trial. *Am J Respir Crit Care Med* 2003; 168: 70–76
 - 39 Girault C, Daudenthun I, Chevron V et al. Noninvasive ventilation as a systematic extubation and weaning technique in acute-on-chronic respiratory failure: a prospective, randomized controlled study. *Am J Respir Crit Care Med* 1999; 160: 86–92
 - 40 Ferrer M, Sellarés J, Valencia M et al. Non-invasive ventilation after extubation in hypercapnic patients with chronic respiratory disorders: randomised controlled trial. *Lancet* 2009; 374: 1082–1088
 - 41 Ferrer M, Sellares J, Torres A. Noninvasive ventilation in withdrawal from mechanical ventilation. *Semin Respir Crit Care Med* 2014; 35: 507–518
 - 42 Im Internet: <http://www.awmf.org/leitlinien/detail/ll/020-004.html>
 - 43 Vincent JL, Marshall JC, Namendys-Silva SA et al. Assessment of the worldwide burden of critical illness: the intensive care over nations (ICON) audit. *Lancet Respir Med* 2014; 2: 380–386
 - 44 Dos Santos LJ, de Aguiar Lemos F, Bianchi T et al. Early rehabilitation using a passive cycle ergometer on muscle morphology in mechanically ventilated critically ill patients in the Intensive Care Unit (MoVe-ICU study): study protocol for a randomized controlled trial. *Trials* 2015; 16: 383
 - 45 Mehrholz J, Mückel S, Oehmichen F et al. First results about recovery of walking function in patients with intensive care unit-acquired muscle weakness from the General Weakness Syndrome Therapy (GymNAST) cohort study. *BMJ Open* 2015; 5: e008828
 - 46 Hill GL. Impact of nutritional support on the clinical outcome of the surgical patient. *Clin Nutr* 1994; 13: 331–340
 - 47 Alsumrain MH, Jawad SA, Imran NB et al. Association of hypophosphatemia with failure-to-wean from mechanical ventilation. *Ann Clin Lab Sci* 2010; 40: 144–148
 - 48 Frutos-Vivar F, Ferguson ND, Esteban A et al. Risk factors for extubation failure in patients following a successful spontaneous breathing trial. *Chest* 2006; 130: 1664–1671
 - 49 Pinsky MR. The hemodynamic consequences of mechanical ventilation: an evolving story. *Intensive Care Med* 1997; 23: 493–503
 - 50 Querschnitts-Leitlinien (BÄK) zur Therapie mit Blutkomponenten und Plasmaderivaten. 2014; 4. Auflage. Im Internet: http://www.bundesaerztekammer.de/downloads/QLL_Haemotherapie_2014.pdf
 - 51 Schönhofer B, Wenzel M, Geibel M et al. Blood transfusion and lung function in chronically anemic patients with severe chronic obstructive pulmonary disease. *Crit Care Med* 1998; 26: 1824–1828
 - 52 Schönhofer B, Böhler H, Köhler D. Blood transfusion facilitating difficult weaning from the ventilator. *Anaesthesia* 1998; 53: 181–184

CME-Fragen

CME-Teilnahme

- ▶ Viel Erfolg bei Ihrer CME-Teilnahme unter <http://cme.thieme.de>
- ▶ Diese Fortbildungseinheit ist 12 Monate online für eine CME-Teilnahme verfügbar.
- ▶ Sollten Sie Fragen zur Online-Teilnahme haben, unter <http://cme.thieme.de/hilfe> finden Sie eine ausführliche Anleitung.

1

Welche Aussage zu den Weaning-Kategorien ist *richtig*?

- A Der Begriff „einfaches Weaning“ definiert die Erfordernis von mehr als 2 Spontanatmungsversuchen vor einer möglichen Extubation.
- B Das schwierige Weaning trifft immer auf Langzeitbeatmete zu.
- C Der Anteil von Patienten mit schwierigem Weaning liegt bei 50 %.
- D Das „prolongierte“ Weaning ist definiert als die erfolgreiche Beatmungsentwöhnung erst nach dem dritten Spontanatmungsversuch und nach einer Beatmung von mehr als 7 Tagen nach dem ersten Spontanatmungsversuch.
- E In den Definitionen der Weaning-Kategorien wird nur die Dauer der Langzeitbeatmung berücksichtigt.

2

Welche Aussage zur akuten respiratorischen Insuffizienz ist *richtig*?

- A Wenn eine respiratorische Erschöpfung vorliegt, muss man immer umgehend endotracheal intubieren.
- B Die Behandlung der zugrunde liegenden Ursache hat keine Bedeutung für die Beatmungstherapie.
- C Die nicht invasive Beatmung ist die Domäne der Behandlung einer Hyperkapnie.
- D Fast immer tritt bei akuter respiratorischer Insuffizienz eine schwere Hypoxie auf.
- E Beim Leitsymptom „Hyperkapnie“ muss man einen invasiven Überdruck applizieren.

3

Welche Aussage zu den Risiken der maschinellen Beatmung ist *richtig*?

- A Komplikationen treten erst nach mehr als 72 Stunden Beatmungsdauer auf.
- B Komplikationen während der maschinellen Beatmung haben nur einen geringen Effekt auf den Entwöhnungsverlauf.
- C Komplikationen können durch eine komplette Zwerchfellentlastung minimiert werden.
- D Komplikationen können durch prophylaktische Gabe von Antibiotika reduziert werden.
- E Komplikationen können die Beatmungsentwöhnung erheblich verlängern, insbesondere dann, wenn eine beatmungsinduzierte diaphragmale Dysfunktion auftritt.

4

Welche Aussage ist *falsch*?

- A Wenn eine akute respiratorische Insuffizienz zur maschinellen Beatmung geführt hat, sollte die zugrunde liegende Ursache so schnell wie möglich behandelt werden.
- B Ein einfaches Weaning ist derzeit bei etwa 60 % der Patienten möglich.
- C Definitionsgemäß muss für ein prolongiertes Weaning eine COPD vorliegen.
- D In der Gruppe 3c der Weaning-Klassifikation wird auch der ausbleibende Behandlungserfolg berücksichtigt.
- E Nicht invasive Beatmung ist eine therapeutische Option in der Gruppe 3.

5

Was beschreibt der Begriff „ready to wean“?

- A Er beschreibt die Durchführung eines Spontanatmungsversuchs frühestens nach 14 Tagen.
- B Er impliziert die frühzeitige und regelmäßige Kontrolle der Entwöhnbarkeit nach akutmedizinischer Behandlung bzw. maschineller Beatmung.
- C Er umschreibt die ausschließlich ärztliche Kontrolle nach maschineller Beatmung.
- D Er definiert die Spontanatmungsaktivität des Patienten nur am T-Stück.
- E Er gilt nur für Weaning-Patienten mit hyperkapnischer Insuffizienz.

CME-Fragen

Der schwierig zu weanende Patient

6

Welche Aussage zum Entwöhnungsprozess ist *richtig*?

- A Selbst-Extubationen haben keinen Einfluss auf das Outcome von Weaning-Patienten.
- B Ist ein Spontanatmungsversuch für 30 Minuten möglich, deutet dies darauf hin, dass eine erfolgreiche Extubation möglich sein kann.
- C Ein erster Spontanatemversuch kann nur mit einem niedrigen, die Inspiration unterstützenden Druck von 5 – 15 cmH₂O durchgeführt werden.
- D Eine Druckunterstützung scheint nur beim einfachen Weaning zu einer Verkürzung der Dauer bis zur erfolgreichen Entwöhnung zu führen.
- E Der „rapid shallow breathing index“ (RSBI) sollte größer als 105 sein, bevor man einen Spontanatemversuch unternimmt.

7

Welche Aussage zum Entwöhnungsprozess ist *falsch*?

- A Entwöhnungsprotokolle können den Prozess strategisch lenken und dem gesamten Behandlungsteam bei der Identifizierung des frühesten Zeitpunkts für den Beginn der Entwöhnung helfen.
- B „Proportional assist ventilation“ (PAV) kann jeden einzelnen Spontanatemzug des Patienten unterstützen.
- C „Neurally adjusted ventilatory assist“ (NAVA) ist nur unter kontrollierter Beatmung möglich.
- D Bei der PAV werden zyklisch Compliance und Resistance berechnet.
- E Bei der NAVA wird ein Zwerchfell-EMG abgeleitet.

8

Welche Aussage zur Tracheotomie ist *richtig*?

- A Bei Patienten mit prolongiertem Weaning sollte man stets eine chirurgische Tracheotomie anlegen.
- B Die perkutane Dilatationstracheotomie kann man bettseitig durchführen, sie benötigt keine Bronchoskopie während der Punktion.
- C Bei zu erwartender verlängerter Beatmungsdauer sollte man eine frühzeitige Tracheotomie anstreben.
- D Eine Tracheotomie verhindert Kommunikation und oralen Kostenaufbau.
- E Zur Dekanülierung sind immer Platzhalter zu verwenden.

9

Welche Aussage zur nicht invasiven Beatmung (NIV) ist *richtig*?

- A Eine NIV ist nur in Weaning-Kategorie 3 von Bedeutung.
- B Die NIV kann die Re-Intubationsrate vermindern.
- C Bei einer Hyperkapnie ist die NIV kontraindiziert.
- D Eine NIV ist nur ohne Druckunterstützung möglich.
- E Die NIV verbessert eine bestehende Dysphagie.

10

Welche Aussage zur „ICU-acquired weakness“ ist *falsch*?

- A „ICU-acquired weakness“ beschreibt eine generelle muskuläre Schwäche nach protrahierter Intensivbehandlung, für die es keine andere (neuromuskulär bedingte) Ursache gibt.
- B Sie erfordert eine physiotherapeutische Behandlung.
- C Die „ICU-acquired weakness“ ist oft Ausdruck schwerster inflammatorischer Syndrome.
- D Die Diagnose kann nur mit einer Biopsie gesichert werden.
- E Sie hat erheblichen Einfluss auf die Beatmungsentwöhnung und die Krankenhausaufenthaltsdauer.