

# Weaning bei Langzeitbeatmung\*

## Difficult weaning after prolonged medical ventilation

**B. Schönhöfer**

Abteilung für Pneumologie und internistische Intensivmedizin, Klinikum Hannover Krankenhaus Oststadt-Heidehaus  
(Chefarzt: Prof. Dr. B. Schönhöfer)

Die Zertifizierung der Fortbildung anhand von Fortbildungsbeiträgen in unserer Zeitschrift können alle Mitglieder von DGAI und BDA nutzen. Je Fortbildungsbeitrag ist ein Satz von Multiple-choice-Fragen zu beantworten. Entsprechend den Bewertungskriterien der Bundesärztekammer erhalten Sie einen Fortbildungspunkt, wenn Sie mindestens 70% der Fragen zutreffend beantwortet haben. Ab 90% richtiger Antworten erhalten Sie zwei Fortbildungspunkte. Die richtigen Antworten werden unmittelbar nach Einsendeschluss in dieser Zeitschrift bekanntgegeben. Die Fortbildungszertifikate werden nach Ende jeden Kalenderjahres von der Landesärztekammer Westfalen-Lippe ausgestellt. Die Fortbildungspunkte werden auch von den anderen Ärztekammern, gemäß den jeweiligen Bestimmungen, anerkannt. Für Nutzer des Online-Verfahrens (<http://cme.anaesthesisten.de>) ist die Zertifizierung kostenfrei.

► **Zusammenfassung:** Die häufigste Ursache für die erfolglose Entwöhnung vom Respirator (Weaning), mit der Notwendigkeit zur invasiven Langzeitbeatmung (LZB), ist die erschöpfte Atemmuskulatur infolge massiver Überlastung und reduzierter Kapazität. Am häufigsten wird LZB durch die chronischen Atemwegs- und Lungenerkrankungen, d.h. die chronisch obstruktive Lungenerkrankung (COPD), verursacht. Das wichtigste klinische Korrelat der erschöpften Atemmuskulatur ist die schnelle, flache Atmung („rapid shallow breathing“).

Extrapulmonale Ursachen des schwierigen Weaningprozesses sind Herzinsuffizienz, neuromuskuläre Erkrankungen, die inadäquat tiefe und lange Sedierung, Mangelernährung, Mikro- bzw. Makroaspiration, Anämie und Adipositas permagna.

Die Anwendung von „Weaning-Prädiktoren“ und Protokoll-basierten Entwöhnungsstrategien ist zwar hilfreich, sie kann jedoch den erfahrenen Intensivmediziner als zentrale Figur im komplizierten Entwöhnungsprozess nicht ersetzen.

Die entscheidende therapeutische Maßnahme im Weaning nach LZB ist die Entlastung der Atemmuskulatur durch Beatmung. Auch wenn assistierte Beatmung im Weaningprozess häufig angewandt wird, lässt sich hiermit die maximale Entlastung der erschöpften Atemmuskulatur nicht erreichen, da die inspiratorische Atemarbeit signifikant erhöht bleibt. Demgegenüber führt eine individuell adaptierte, kontrollierte Beatmung (mit Druck- oder Volumenvorgabe), die auch bei klarem Bewusstsein des Patienten möglich ist, zur maximalen Entlastung der Atemmuskulatur und deren Erholung.

Weitere entlastende Maßnahmen der erschöpften Atemmuskulatur sind die Korrektur einer Anämie, die pharmakologische Reduktion des Atemantriebes (z.B. durch Morphinpräparate), die Sauerstoffgabe während der Spontanatmung, das Aufrichten des Oberkörpers (vor allem bei Adipositas) und die Über-

führung des katabolen in den anabolen Ernährungszustand.

Insbesondere bei Patienten mit broncho-pulmonalen Vorerkrankungen (z.B. COPD) hat die nichtinvasive Beatmung (NIV) während der Entwöhnung von der invasiven Beatmung, aber auch in der Postextubationsphase einen hohen Stellenwert. NIV sollte im Weaningprozess nur unter engmaschigem Monitoring der Vitalfunktionen und der permanenten Bereitschaft zur Reintubation durchgeführt werden. Sterben am Respirator in der Endphase eines chronischen Krankheitsverlaufes bleibt eine große Herausforderung für alle Beteiligten. Gelingt ein erfolgreiches „Weaning in der Terminalphase“, dann ist es manchem Patienten doch noch möglich, den letzten Lebensabschnitt außerhalb einer Intensivstation zu verbringen.

► **Schlüsselwörter:** Beatmungsformen – Beatmungseinheiten – Outcome – COPD – Tracheotomie – Weaning.

► **Summary:** Advanced intrinsic lung disease, such as COPD, is frequently a cause of weaning failure and prolonged mechanical ventilation, because of an imbalance between overloading of the respiratory muscles and their loss of sufficient strength to maintain adequate ventilation. Further reasons for difficult weaning may be heart failure, inadequate sedation, malnutrition, macro- and micro-aspiration, severe anaemia, and obesity.

In the difficult-to-wean patient, as also in the immediate post-extubation phase, monitoring of vital signs and breathing pattern is essential. Rapid shallow breathing is a major clinical sign of weaning failure. Although so-called “weaning-predictors” and protocol-based weaning strategies may be helpful in the

\* Rechte vorbehalten

► weaning process, they are no substitute for the experienced intensivist, who remains the key player when it comes to implementing the complicated process of weaning.

In the event of difficult weaning it is essential to unload the respiratory muscles, but the degree of unloading achieved by assisted mechanical ventilation may be insufficient, since the inspiratory effort remains significantly elevated. In contrast, individually adapted controlled mechanical ventilation, i.e. suppression of the spontaneous breathing pattern – which is also possible in a conscious patient – can achieve maximal unloading of the exhausted muscles and enables them to recover. Further measures aimed at unloading the respiratory muscles include treatment of anaemia by blood transfusion, medication to reduce respiratory drive (e.g. morphine), oxygen supplementation, elevation of the trunk, in particular in obese patients, and the conversion of catabolic to anabolic metabolism.

Mechanical ventilation in the end-stage of a chronic disease is a challenge for all those involved. In this situation withdrawal of mechanical ventilation may constitute a strategy. If weaning in the terminal stages of the illness proves possible, patients may be enabled to leave the ICU and spend their last days in more comfortable circumstances.

► **Keywords:** Artificial Respiration – Respiratory Care Units – Outcome – COPD – Tracheotomy – Weaning.

## Einleitung

Entwöhnung vom Respirator gelingt in der Mehrzahl der beatmeten Patienten ohne größeren Aufwand. Dennoch entfallen im Mittel etwa 40% der gesamten Beatmungszeit auf die Entwöhnung [1]. Auch wenn eine allgemein akzeptierte Definition fehlt, ist es sinnvoll, nach 14-21 Tagen kontinuierlicher Beatmung von „LZB“ zu sprechen [2, 3]. Zur LZB kommt es in etwa 10 % der Beatmungsfälle [2], wobei dabei mindestens 50 % der Ressourcen einer Intensivstation verbraucht werden [4]. Die häufigsten Ursachen für LZB sind akute und chronische Lungenerkrankungen (vor allem COPD), neuromuskuläre Erkrankungen, Herzinsuffizienz, Polytrauma, Multiorganversagen und postoperative Komplikationen [1, 5].

In den USA wurden erstmals vor ca. 30 Jahren außerhalb und innerhalb von Akutkrankenhäusern spezialisierte Weaningeinheiten zur Entlastung der Intensivstationen und zur Kostenreduktion eingerichtet [6]. Inzwischen sind Weaningzentren auch in

Europa und Deutschland etabliert [7, 8]. Im Weaningzentrum werden die Patienten häufig in Abhängigkeit vom Schweregrad der Atmungsinsuffizienz, von der Komorbidität, dem Pflegeaufwand, des Beatmungsregimes und des Beatmungszugangs in unterschiedlichen räumlichen Einheiten, d.h. der Intensivstation, der respiratorischen Intermediärstation (intermediate care unit) und der pneumologischen Normalstation mit Schwerpunkt Beatmungsmedizin betreut [9, 10].

## Pathophysiologie der Atmung bei der schwierigen Entwöhnung („Difficult Weaning“)

Die physiologische Atmung ist charakterisiert durch eine regelrechte zentrale Atmungsstimulation, unbeeinträchtigte neuromuskuläre Signalübertragung der nervalen Leitungsbahnen zur leistungsfähigen Atemmuskulatur, eine physiologische Kraftübertragung der Muskelkraft auf den regelrecht konfigurierten knöchernen Thorax, normal weite Atemwege und ein gesundes Lungenparenchym. Auf jeder der genannten Ebenen kann es krankheitsbedingt zur Beeinträchtigung der Atmung kommen.

Eine zentralnervös bedingte Atmungsinsuffizienz kann z. B. infolge erhöhten Hirndrucks bei intrazerebraler Raumforderung, aber auch bei Infarzierung des Atmungszentrums, metabolischer Enzephalopathie oder durch zentralnervös dämpfende Pharmaka auftreten. Die Phrenicusparesis ist ein typisches Beispiel für einen Transmissionsdefekt im Bereich der peripheren Nerven, der zur Atmungsinsuffizienz infolge Zwerchfellähmung führt.

Die häufigste Ursache der LZB sind jedoch peripher der nervalen Übertragung angesiedelte Erkrankungen der Atemwege, des Lungenparenchyms und der Atmungsmuskulatur. Am Beispiel der COPD lässt sich veranschaulichen, dass im Mittelpunkt der Pathogenese einer schwierigen Entwöhnung die erschöpfte Atempumpe mit einem Ungleichgewicht zwischen der muskulären Überlastung (d.h. erhöhter Atemarbeit) und der reduzierten muskulären Kapazität (d.h. verminderter Kraft und Ausdauer der Atemmuskulatur) steht [11]. Vermehrte Atemarbeit („Work of breathing“: WOB) wird vorwiegend inspiratorisch geleistet und besteht im Wesentlichen aus einer resistiven (z.B. bei COPD) und elastischen Komponente (z.B. bei Adipositas permagna, ARDS, Lungenödem, Lungenfibrose, Torsionsskoliose oder anderen Thoraxdeformitäten). Darüber hinaus resultiert die erhöhte WOB bei COPD mit führendem Lungenemphysem aus vermehrter Volumenarbeit und dem intrinsischen PEEP (positive endexpiratory pressure), der frühinspiratorisch zu vermehrter ►

► isometrischer WOB führt. Überschreitet die Belastung der Atemmuskulatur etwa 40% der maximal möglichen Kraft, wird die so genannte „Erschöpfungsschwelle“ erreicht [12,13]. Die erschöpfte Atemmuskulatur führt binnen kurzer Zeit zur vital bedrohlichen Insuffizienz der Atempumpe (d.h. ventilatorischen Insuffizienz). Es ist festzuhalten, dass das ventilatorische Versagen mit dem Leitwert Hyperkapnie und konsekutiver respiratorischer Azidose deutlich häufiger als das hypoxämische Lungenversagen die Ursache für die erfolglose Entwöhnung vom Respirator bzw. LZB ist [11, 14].

Klinische Zeichen der erschöpften Atemmuskulatur sind neben einer schnellen und flachen Atmung („rapid shallow breathing“: RSB) [15] der vermehrte Einsatz der Atemhilfsmuskulatur und ineffektive Atemzüge mit der Folge ausbleibender inspiratorischer Triggerung des Respirators [13, 16].

Neben der erschöpften Atemmuskulatur als Resultante der Imbalance zwischen Last und Kapazität führen andere Krankheitszustände, wie genuine neuromuskuläre Erkrankungen, Critical-Illness-Polyneuropathie bzw. Medikamenten-induzierte Myopathie, Sepsis und bestimmte Beatmungsformen zu einer morphologisch nachweisbaren Schädigung des Zwerchfells und damit zur LZB [17]. Wegen ihrer Häufigkeit soll an dieser Stelle kurz auf die Critical-Illness-Polyneuropathie eingegangen werden. Die Pathogenese dieser mit Schwäche und Atrophie der Skelettmuskulatur einhergehenden Erkrankung ist bisher nicht eindeutig geklärt. Es werden jedoch u. a. Hyperglykämie, Urämie, Immobilisation, medikamentöse Relaxierung, länger dauernde parenterale Ernährung, Hypophosphatämie, Hypoxie, Azidose, Sepsis und Katecholamine als mögliche Ursachen diskutiert. Auch wenn kein allgemein anerkanntes Therapiekonzept existiert, wird angenommen, dass die konsequente Behandlung der Grunderkrankung, Vermeidung der oben genannten Co-Faktoren und Physiotherapie zur Beschleunigung des Heilungsprozesses des per se häufig komplett reversiblen Krankheitsbildes beiträgt.

## Weitere Ursachen für schwieriges Weaning

Im Folgenden werden Aspekte aufgeführt, die zwar nicht unmittelbar der Pathophysiologie von Atmung bzw. Atemmuskulatur zuzuordnen sind, aber dennoch eigenständig oder als relevante Komorbidität eine prolongierte Beatmung verursachen können.

### Linksherzinsuffizienz

Nicht selten ist die Linksherzinsuffizienz, z.B. infolge

einer koronaren Herzerkrankung, wesentliche Ursache für eine erfolglose Entwöhnung vom Respirator [18]. Die Spontanatmung des Herzensuffizienten geht atemabhängig mit hohen intrathorakalen Druckschwankungen und gesteigerte WOB mit erhöhtem O<sub>2</sub>-Bedarf der Atemmuskulatur (so genannte „Oxygen cost of breathing“) einher. Hierbei kann es im Sinne eines „Steal-Effektes“ zur kritischen Myokardischämie kommen. Umgekehrt nimmt der O<sub>2</sub>-Verbrauch der Atemmuskulatur mit Beginn der maschinellen Beatmung wieder ab und gleichzeitig nehmen der O<sub>2</sub>-Transport zum Myokard und die LV-Funktion zu. Es ließ sich mittels Einschwemm-katheter zeigen, dass es als Ausdruck der progradienten LV-Insuffizienz während der Spontanatmung im Vergleich zur Beatmung zum Anstieg des pulmonal-kapillären Verschlussdruckes kam [19]. Ein unzureichender Anstieg des Herzzeitvolumens während der Spontanatmungsphase ist Ausdruck einer reduzierten kardialen Leistungsreserve bei chronisch Herzkranken, die nicht vom Respirator entwöhnenbar sind [20].

### Malnutrition

Insbesondere bei beatmeten Patienten mit schwergradiger COPD und Emphysem vom Typ „pink puffer“ gehen Mangelernährung, reduzierte Muskelmasse („fat free mass“), geringer body mass index (BMI) < 20 kg/m<sup>2</sup> sowie erniedrigtes Serumalbumin und -natrium [21] häufig mit schwieriger Entwöhnung vom Respirator einher. Auch Phosphat-, Kalzium- und Magnesiummangel können das Weaning erschweren.

### Aspiration

Tracheotomierte Patienten mit LZB werden häufig während der Spontanatmungsphasen, aber auch während der Beatmung oral ernährt. Diese Vorgehensweise birgt die Gefahr der Makroaspiration oder der unbemerkt ablaufenden Mikroaspiration. In diesem Zusammenhang ist häufig die falsche (mechanistische) Vorstellung anzutreffen, daß mit geblockter Trachealkanüle die Aspirationsgefahr ausgeschlossen sei. Im Gegenteil behindert der geblockte Tubus häufig den physiologischen Schluckakt und kann seinerseits die Aspiration begünstigen. Der klinische Stellenwert der kontinuierlichen Absaugung von Sekret, das sich oberhalb des Cuffs befindet [22], muss in zukünftigen Studien weiter untersucht werden.

### Sedierung und neuropsychiatrische Aspekte

Es wurde gezeigt, dass eine unnötig lange oder tiefe Sedierung die Beatmungszeit verlängert [23]. In diesem Zusammenhang häufig genannte Argumente ►

► für die Sedierung sind z.B. „inakzeptable Agitation des Patienten“ oder „Dyssynchronie“ von Beatmungsgerät und Patient (auch „Fighting“ genannt). Erschreckenderweise ist der pflegerische Personalmangel nicht selten Ursache für prolongierte Sedierung [24, 25]. Nach längerer Behandlung mit Sedativa führen der Schlafentzug, ein aufgehobener Tag-Nachtrhythmus, die Geräusch- und Lichtbelästigung auf der Intensivstation oft zu deliranten Zuständen, Entzugsymptomatik und komplexen Angststörungen der Patienten [26], die nur schwer zu handhaben sind und sich negativ verstärken können.

### Anämie

Es entspricht der klinischen Erfahrung, dass es nach längerer intensivmedizinischer Behandlung kritisch kranker Patienten zur Anämie kommt [27]. Die zugrunde liegenden Ursachen hierfür sind vielgestaltig. Neben häufigen Blutabnahmen sind hierfür im Wesentlichen latente gastrointestinale Blutung und chronische Inflammation mit Suppression der Blutbildung verantwortlich.

Vor allem bei Patienten mit chronischen Lungenkrankungen, wie z.B. schwergradiger COPD, führt die mit der Anämie einhergehende Reduktion des Sauerstoff-Gehaltes bzw. der Sauerstoff-Transportkapazität sekundär zum erhöhten Ventilationsbedarf während der Spontanatmungsphasen. Letzteres führt zur weiteren Überlastung der Atemmuskulatur und kann der entscheidende Grund für die fehlende Entwöhnbarkeit vom Respirator sein [28].

### Adipositas

Proportional zur wachsenden Prävalenz in unserer Bevölkerung sind Patienten mit Adipositas permagna zunehmend intensiv- bzw. beatmungspflichtig und schwer vom Respirator entwöhnbar. Adipositas beeinträchtigt die atemmechanischen Eigenschaften der Lunge, des Zwerchfells und des knöchernen Thorax vor allem in Rückenlage, was die WOB unmittelbar erhöht [29].

## Entwöhnungsstrategie bei der schwierigen Entwöhnung

### Bedeutung der Prädiktoren

Zu Recht ist der so genannte „klinische Blick“ von Arzt und Pflegekraft bei unkomplizierter Beatmung (z.B. in der postoperativen Phase nach einem elektiven chirurgischen Eingriff) wesentlich für die Entscheidung zur Extubation. Insbesondere bei komplexen Krankheitsbildern bzw. akuter Erkrankung bei Patienten mit Komorbidität kann es jedoch aufgrund

subjektiver Fehleinschätzung durch das Behandlungsteam zur unnötigen Verzögerung der Entwöhnung vom Respirator, aber auch zur voreiligen Extubation, Reintubation mit häufig fatalen Komplikationen kommen.

Seit längerem wird die Wertigkeit von unterschiedlichen Parametern zur Vorhersage von Erfolg und Mißerfolg des Weanings (so genannte „Prädiktoren“) untersucht [30]. Hierbei stehen univariate Parameter (z.B. Atemfrequenz, Atemzugvolumen, Atemminutenvolumen, Vitalkapazität, Mundverschlussdruck „P0.1“ oder inspiratorische Muskelkraft „Pimax“) und multivariate Indices (z.B. Ratio aus Atemfrequenz und Tidalvolumen: „Rapid-shallow-breathing-Index“) zur Verfügung. Vor allem zum besseren Verständnis der zugrundeliegenden Pathophysiologie sind die Einzelparameter bzw. Indices hilfreich. Ihnen kann im schwierigen Entwöhnungsprozess als Entscheidungshilfe zur Diskonnektion eines Patienten vom Respirator eine klinische Relevanz zukommen. Vor allem in spezialisierten Abteilungen sind einige Parameter inzwischen fester Bestandteil von Weaning-Strategien, Protokollen und Computer-gestützten Konzepten. Dennoch erfassen sie die komplexe Situation des individuellen Patienten häufig nicht adäquat, so dass der erfahrene Kliniker im Entwöhnungsprozess unverzichtbar bleibt. Aufgrund des Spannungsfelds zwischen prädiktoren- und erfahrungsgeprägter Strategie bei der schwierigen Entwöhnung vom Respirator befinden wir uns hierbei weiterhin im Bereich zwischen „Kunst und Wissenschaft“ [31]. Dennoch sollte jede Intensivstation über Entwöhnungskonzepte unter Einbeziehung von Prädiktoren verfügen. Entwöhnungsstrategien, die den Verlauf einfach zu messender Parameter (z.B. Atemfrequenz und Atemzugvolumen) berücksichtigen, verkürzen die Beatmungszeit und verbessern den Entwöhnungserfolg und andere Outcome-Parameter [15, 30, 32, 33].

### T-piece trial

Im schwierigen Entwöhnungsprozess kommt der Analyse der Spontanatmung des häufig tracheotomierten Patienten am so genannten „T-Stück“ („T-piece trial“) sowohl in der klinischen Praxis als auch in wissenschaftlichen Untersuchungen eine zentrale Bedeutung zu. Während des T-piece-trials werden die oben genannten Parameter bzw. Indices qualitativ oder quantitativ ermittelt und unter Berücksichtigung weiterer klinischer Aspekte entschieden, ob die Extubation möglich ist. Da nachgewiesen wurde, dass sich eine 30-Minuten und 120-Minuten dauern-de Spontanatmungsphase bzgl. Beurteilung der ►

► Entwöhnbarkeit nicht unterscheiden, ist aus Gründen der Praktikabilität die kürzere Beobachtungsdauer zu empfehlen [34].

### Protokollbasierte Strategien

Unter bestimmten Bedingungen können protokollbasierte Strategien zu einer Verbesserung des Entwöhnungserfolges führen. In diesem Zusammenhang wurde kürzlich überzeugend gezeigt, dass ca. 30 % der zuvor in nicht spezialisierten Intensivstationen langzeitbeatmeten Patienten kurz nach Übernahme ins Weaningzentrum definitiv vom Respirator entwöhnt waren, nachdem sie dort im Rahmen des Protokoll-basierten T-piece-trials längere Spontanatmungsphasen toleriert hatten [35].

Exemplarisch werden hier zwei protokollbasierte Strategien zur Entwöhnung vom Respirator genannt. In einer Untersuchung von Ely et al. prüfte ein Physiotherapeut jeweils am Morgen anhand von fünf Parametern die Fähigkeit der Patienten, über einen längeren Zeitraum spontan zu atmen [33]. Der behandelnde Arzt wurde über das Testergebnis informiert und legte anschließend die weitere therapeutische Vorgehensweise fest. Im Vergleich zur Kontrollgruppe ohne definiertes Konzept war die Beatmungszeit in der Interventionsgruppe signifikant kürzer (4,5 Tage versus 6 Tage,  $p=0,003$ ). Außerdem führte dieses Protokoll zur Reduktion von Komplikationen, Reintubationsrate, Hospitalisationstagen und Behandlungskosten.

In einer anderen Studie führte die morgendliche Unterbrechung der Sedierung (im Vgl. zu kontinuierlicher Sedierung) zur Verkürzung der Beatmungszeit und der Aufenthaltsdauer auf der Intensivstation [36]. Auch wenn Protokoll-basierte Entwöhnungsstrategien unter bestimmten Umständen erfolgreich eingesetzt werden können, bleibt kritisch anzumerken, dass sie den erfahrenen Intensivmediziner als zentrale Größe im komplizierten Entwöhnungsprozess nicht ersetzen. So ergab der Vergleich eines Behandlungsteams in der John Hopkins University, das sich durch ein hohes Qualitätsniveau und gute personelle Ausstattung auszeichnet, aber keine Protokolle einsetzte, mit einer Protokoll-basierten Entwöhnungsstrategie bzgl. der Rate der erfolgreich entwöhnten Patienten keinen Unterschied [37].

### Beatmungsformen unter besonderer Berücksichtigung der WOB

Insbesondere im Weaningprozess besteht die wesentliche Aufgabe der maschinellen Beatmung in der Reduktion der WOB des Patienten [38]. Bei langzeitbeatmeten Patienten kommen überwiegend assistierende Beatmungsverfahren, wie z. B. pressure

support ventilation (PSV) zur Anwendung [3, 32]. Zweifelsohne wird die inspiratorische WOB durch assistierte Beatmung deutlich reduziert [39]. Es ließ sich jedoch z.B. anhand von EMG-Registrierungen des Zwerchfells bei assistierenden Beatmungsverfahren zeigen, dass relevante WOB nicht nur zum Zeitpunkt des eigentlichen Triggervorgangs, sondern auch während der sich anschließenden maschinell unterstützten Inspiration geleistet wird [40-42]. Diese bei der assistierten Beatmung vom Patienten aufzubringende WOB wird häufig unterschätzt, da sie exakt nur mit größeren technischen Aufwand invasiv (z.B. mit transdiaphragmaler Druckmessung) zu erfassen ist.

Dagegen besteht bei langzeitbeatmeten Patienten mit erschöpfter Atemmuskulatur das Ziel der Beatmung darin, eine maximale Reduktion der WOB zu erreichen. Bei der kontrollierten Beatmung ist die Reduktion des  $O_2$ -Verbrauchs der Atemmuskulatur und damit die Erholung der erschöpften Muskulatur am höchsten [43]. Es konnte gezeigt werden, dass die kontrollierte Beatmung (mit Druck- oder Volumenvorgabe, zunächst kontinuierlich, im weiteren Verlauf intermittierend adaptiert) in mehr als 50% der Fälle bei Patienten mit LZB binnen weniger Tage zur erfolgreichen Entwöhnung führt [44].

Schließlich soll nicht unerwähnt bleiben, dass Atemmuskulatur im Tierversuch bereits nach kurzer Anwendung von kontrollierter Beatmung Atrophiezeichen aufweist [45, 46]. Inzwischen liegen auch Erkenntnisse zu den molekularbiologischen Mechanismen vor, die dem Ventilator-induzierten diaphragmalen Schaden zugrunde liegen. Diese Ergebnisse beziehen sich allerdings auf initial gesunde Muskulatur und sind daher nicht auf das genannte Patientenkollektiv mit erschöpfter Atemmuskulatur übertragbar.

### Beatmungstibus

Der Trachealtubus führt proportional zur Länge, vor allem aber in der 4. Potenz und umgekehrt proportional zum Tubusdurchmesser zu erhöhter resistiver WOB [47]. Durch Sekretablagerung kommt es zu einer weiteren Steigerung des Widerstandes [48]. Bei der Wahl der Druckunterstützung muss der Widerstand des Tubus beachtet werden. Um zusätzliche Tubus-bedingte resistive WOB zu vermeiden, kann zur Kompensation je nach Innendurchmesser eine Druckunterstützung von 5-8 mbar eingestellt werden. Bei Patienten mit hohem Atemantrieb und hohen inspiratorischen Gasflüssen ist diese Druckunterstützung häufig unzureichend. Auch wenn der tubusbedingte Widerstand theoretisch durch die in manchen Beatmungsgeräten angebotene flusssteuerte automatische Tubuskompensation (ATC) ▶

► ausgeglichen wird, konnte bisher der praktische Nutzen dieser Option nicht überzeugend gezeigt werden [49].

## Weitere Maßnahmen zur Entlastung und Rekonditionierung der erschöpften Atemmuskulatur

Neben den oben beschriebenen Beatmungsprinzipien sind weitere nicht-maschinelle Therapieoptionen feste Bestandteile des Weaningkonzeptes bei LZB (Tab. 1).

### Reduktion der Atemarbeit (WOB)

Bei anämischen Patienten mit schwergradiger COPD, die langzeitbeatmet werden, sollten O<sub>2</sub>-Gehalt bzw. -Transport durch Transfusion von Erythrozytenkonzentraten verbessert werden. Es konnte für dieses Kollektiv im Vergleich zu lungengesunden Lymphompatienten mit Anämie gezeigt werden, dass Atemminutenvolumen und Atemarbeit durch Anheben des HB-Wertes von 9,5g% auf etwa 12g% um ca. 25% reduziert wurden und sich einige Patienten 1-2 Tage nach Transfusion vom Respirator entwöhnen ließen [28, 50]. Trotz der kontroversen Diskussion

zum Stellenwert der Bluttransfusion in der Intensivmedizin [51], gehört die Korrektur der Anämie in der besagten Patientengruppe zum festen Bestandteil unseres Entwöhnungskonzeptes.

Eine Entlastung der Atemmuskulatur, d.h. Reduktion der WOB, lässt sich auch durch pharmakologische Reduktion des Atemantriebes z. B. durch Morphinpräparate, Sauerstoffgabe während der Spontanatmung und aufrechte Körperposition vor allem bei adipösen Patienten erreichen [28, 52, 53].

### Verbesserung des Ernährungszustandes und Metabolismus

Multiple Faktoren, wie z.B. Mangelernährung bei vermehrtem Energiebedarf, chronische Inflammation, Hormondefizite und Immobilität führen bei langzeitbeatmeten Patienten zur Kachexie und muskulären Dekonditionierung. Zum Thema „Ernährungstherapie bei LZB“ liegen nur wenige klinisch relevante Daten vor. Eine ausreichende Gabe von Kalorien (d.h. 2400-3000 kcal/d) sowie ausgeglichene Bilanz der Elektrolyte und Mineralien sind jedoch wesentliche Voraussetzungen für eine erfolgreiche Entwöhnung [54]. Die Verteilung der Kalorienträger bei Patienten mit respiratorischer Insuffizienz sollte bei ca. 35-40% Kohlenhydraten (KH), 10-15% Eiweiß und 50-55% Fett ▶

Tab. 1: Nicht-maschinelle Therapieoptionen des Weaningkonzeptes bei Langzeitbeatmung.

Aspekt	Therapeutische Maßnahme
Anämie	Transfusion von Erythrozyten zur Erhöhung des O <sub>2</sub> -Gehaltes bzw. -Transports Ziel: Hb-Wert 12-13 g%
Hoher Atemantrieb	Reduktion des erhöhten Atemantriebes durch zentral wirksame Pharmaka, z. B. Morphinpräparate Sauerstoffgabe bei Gasaustauschstörung (z.B. Lungenemphysem)
Hohe Atemarbeit infolge Körperposition	Erhöhung des Oberkörpers zur Reduktion der Atemarbeit besonders bei Adipositas permagna
Malnutrition	Kalorienreiche Ernährung mit relativ geringem KH-Anteil (35-40%), um übermäßige CO <sub>2</sub> -Produktion zu verhindern Ausgleich der Elektrolyte (u.a. Kalium und Phosphat) Hormone und weitere Medikamente: Stellenwert aktuell unklar Wachstumshormone Anabolika Antioxidantien Antiinflammatorische Pharmaka
Delirium und Angstzustände	Antipsychotika und Anxiolytika, z.B. Clonidin, Haloperidol und Benzodiazepine Entspannungstechniken Einhalten des Tag-Nacht-Rhythmus
Immobilität und muskuläre Dekonditionierung	Physiotherapeutische Maßnahmen Mobilisation und Konditionierung der atrophierten Muskulatur
Unzureichender Hustenstoß	Techniken zur Verbesserung des Sekrettransports Perkussion Vibration und Oszillation Autogene Drainage und Lagerungsdrainage Technische Hilfsmittel für forciertes Husten

► liegen. Eine übermäßige Zufuhr von KH zur Deckung des Kalorienbedarfs sollte vermieden werden, da es hierdurch zur Steigerung der CO<sub>2</sub>-Produktion mit konsekutiver Hyperventilation, d.h. erhöhter WOB, kommt. Auch wenn die Genese der „Critical-Illness-Polyneuropathie“ multifaktoriell ist, wird das Überangebot an KH als ein wichtiger pathogenetischer Faktor diskutiert [55].

Möglicherweise haben die bisher zur Therapie der pulmonalen Kachexie untersuchten pharmakologischen Therapieansätze, wie z. B. Wachstums-hormone, Antioxidantien, antiinflammatorische Pharamaka und Anabolika in Kombination mit supplemen-tärer Ernährung [56-59] ebenfalls Einfluss auf den Entwöhnungserfolg. Deren klinische Relevanz muss in wissenschaftlichen Studien noch weiter untersucht werden.

Des Weiteren bleibt zu klären, ob es auch bei LZB günstig ist, möglichst früh von parenteraler Er-nährung auf die gastro-intestinale Nahrungszufuhr via naso-gastraler Sonde bzw. Duodenalsonde oder perkutaner Enterogastrostomie umzustellen.

### Physiotherapie

Die Physiotherapie ist inzwischen unverzichtbarer Bestandteil des Entwöhnungskonzeptes für Patien-ten mit LZB. Auch wenn es hierzu nur wenig evi-denzbasierte Erkenntnisse gibt, kommt ihr z.B. mit Techniken zur muskulären Rekonditionierung und Sekretmobilisation (Perkussion, Vibration und Oszillation), zur Verbesserung des Sekrettransports (z.B. autogene Drainage und Lagerungsdrainage) und aktiven Unterstützung des insuffizienten Husten-stoßes eine wichtige Bedeutung zu. Der hohe Stellenwert der Physiotherapie im Entwöhnungspro-zess kommt aktuell auch dadurch zum Ausdruck, dass die European Respiratory Society (ERS) eine „task force“ zum Thema „Physiotherapy for adult patients with critical illness“ und die Deutsche Gesellschaft für Pneumologie (DGP) einen Ausbil-dungsgang zum „Respiratory therapist“ mit einem Schwerpunkt „Weaning“ eingerichtet haben.

### Antipsychotische und anxiolytische Therapiekonzepte

Es ist sehr schwierig, delirante, agitierte und angst-gezeichnete Patienten, die beatmet sind, psychisch zu stabilisieren [60]. Nach LZB und längerdauernder Sedierung erleben viele Patienten eine regelrechte Entzugsymptomatik. Effektive Betreuung dieser Pa-tienten erfordert eine ausreichende personelle Be-setzung vor allem im Bereich der Pflegekräfte. Häufig ist zusätzlich eine Kombination aus initial hochdo-sierter antipsychotischer und anxiolytische Phama-kotherapie indiziert. Scores zur Erfassung der

Agitation und Steuerung der Sedierung sind hilfreich [61, 62]. Die Bedeutung der Umgebungsbedingun-gen der Intensiveinheit für die psychische Stabili-sierung des Patienten ist nicht zu unterschätzen. So ist im Weaningzentrum z.B. streng auf die Einhaltung des Tag-Nacht-Rhythmus zu achten. Entspannungs-übungen unter Anleitung von geschultem Personal sind oft hilfreich. Im Einzelfall ist die konsiliarische Mitbetreuung durch einen erfahrenen Psychiater not-wendig.

### Tracheotomie bei LZB

Häufig ist die Tracheotomie der Beatmungszugang des langzeitbeatmeten Patienten. Bezuglich Indika-tion, Zeitpunkt und Technik der Tracheotomie exi-stiert eine große Varianz von möglichen Vor-gehensweisen. Wesentliche Vorteile der Tracheotomie im Vergleich zum oral oder nasal applizierten Tubus bestehen, neben der möglichen Einsparung von Sedativa oder der Beendigung der Sedierung, in der Reduktion der resistiven WOB [63]. Generell las-sen sich zwei Tracheotomietechniken, die chirurgisch angelegte und die Punktionsstracheotomie, unter-scheiden. Vor allem aufgrund der einfachen techni-schen Handhabung und geringeren Komplikations-rate hat sich die Punktionsstracheotomie gegenüber dem chirurgisch angelegten Tracheostoma zuneh-mend durchsetzt [64-66].

Wenn sich nach der initialen Beatmungsphase via orotrachealem Tubus eine LZB abzeichnet, war es lange klinische Praxis, den Patienten nach einer Be-atmungsdauer von etwa 14 Tagen zu tracheotomieren [67]. Mit der Etablierung der Punktionsstracheo-tomie und dem ökonomischen Anreiz durch das DRG (Diagnose-related groups) – Abrechnungssystem verkürzt sich der Zeitraum zwischen Intubation und Tracheotomie [68]. Hier soll darauf hingewiesen wer-den, dass mit der Frühtracheotomie allerdings die Vorteile der „Nicht-invasive Beatmung“ (NIV, siehe nächstes Abschnitt) als Entwöhnungsmaßnahme unmittelbar nach Extubation ungenutzt bleiben.

Bereits während der Planung eines Tracheostomas ist die Option des späteren Verschlusses zu beden-ken. Die immer noch häufig angelegten so genannten „definitiven“ Tracheostomata erweisen sich unter dem Aspekt des Spontanverschlusses oft als pro-blematisch, da sie im Gegensatz zur Punktionsstracheo-tomie kaum Schrumpfungstendenz aufweisen.

Bei tracheotomierten Patienten, bei denen nach erfolgreichem Weaning die pulmonale Situation kri-tisch bleibt oder infolge weiter bestehender ventila-torischer Insuffizienz sogar die Indikation zur Heim-beatmung (siehe folgendes Kapitel) über Maske ▶

► besteht, kann die Übergangszeit mittels „Platzhalter“ (international „Button“ genannt) überbrückt werden [69]. Dieses Hilfsmittel reicht nur bis zur ventralen Trachealwand, verschließt den Tracheotomiekanal, ermöglicht das Sprechen, einen effektiven Hustenstoß und die Maskenbeatmung. Der Vorteil des regelrecht eingebrachten Platzhalters besteht darin, dass der Tracheostomakanal zwar verschlossen ist, aber nicht schrumpft und als Beatmungszugang im Falle einer erneuten Indikation zur invasiven Beatmung weiterhin zur Verfügung steht. Bei tracheotomierten Patienten mit Indikation zur häuslichen Beatmung nach erfolgreichem Weaning, bei denen es nicht zum spontanen Verschluss des Tracheostomas kommt, sondern eine plastisch-chirurgische Deckung notwendig ist, muss geprüft werden, ob postoperativ eine mehrtägige NIV-Pause ohne bedrohliche ventilatorische Insuffizienz möglich ist. Das Ziel dieser Therapiepause ist, potentielle NIV-bedingte Komplikationen, wie z.B. Nahtdehiszenz, Mediastinal- oder Hautemphysem, zu verhindern.

### NIV bei Entwöhnung vom Respirator und in der Post-Extubationsphase

Bei invasiv beatmeten Patienten mit schwergradiger COPD lässt sich die Erfolgsrate der Respiratorentwöhnung durch frühzeitige Extubation und unmittelbar anschließende NIV, verglichen mit einer invasiv beatmeten Kontrollgruppe, signifikant verbessern. Zusätzlich kommt es hierdurch zur Reduktion der Letalitäts- sowie Reintubations- und Tracheotomierate [70, 71].

Demgegenüber kann der frühzeitige Einsatz von NIV im Weaning von Patienten mit hypoxämischem Atmungsversagen bei zur Zeit unzureichender Studienlage nicht generell empfohlen werden, auch wenn die Ergebnisse einer unkontrollierten Studie mit kleiner Fallzahl zur Frühextubation und anschließender NIV bei Nicht-COPD-Patienten günstige Effekte auf physiologische Parameter wie Blutgase, Atemmuster, Atemarbeit und Shuntfraktion zeigte [72].

In der Post-Extubationsphase hat die NIV in der Prävention, aber auch Therapie einer erneuten akut respiratorischen Insuffizienz ihren Stellenwert. Das Dilemma der Reintubation infolge erneuter ventilatorischer Insuffizienz besteht darin, dass sie mit einer hohen Komplikations- und Letalitätsrate verbunden ist [73]. Vor allem bei Risikopatienten mit COPD und Hypersekretion, die nach Extubation eine hyperkapnische Atmungsinsuffizienz entwickeln, führt der frühzeitige Einsatz von NIV zur Reduktion der Reintubations- und Letalitätsrate [74, 75].

Besteht bei Patienten nach erfolgreichem Weaning vom Respirator weiterhin eine chronisch ventilatori-

sche (d.h. hyperkapnische) Insuffizienz, dann profitieren sie von NIV in Form der intermittierenden Selbstbeatmung (sog. „häusliche Beatmung“) [44]. Gegen einen unselektierten Einsatz der NIV bei akuter respiratorischer Insuffizienz (ARI) in der Postextubationsphase sprechen aktuelle Ergebnisse randomisierter und kontrollierter Studien, in denen sich entweder kein Unterschied zwischen der NIV und der Standardtherapie zeigte [76] oder das NIV-Kollektiv sogar eine signifikant erhöhte Reintubations- und Letalitätsrate aufwies [77]. In beiden Studien wurden vorwiegend Patienten mit hypoxämischer ARI und deutlich weniger Patienten mit COPD eingeschlossen. Trotz der methodischen Mängel der Studien (wie z.B. verzögerter Beginn der NIV, unzureichender Beatmungseffekt, geringe Beatmungsdrücke unzureichende Erfahrung des Teams und hohe Reintubationsrate) sind diese Ergebnisse ernst zu nehmen, weil sie in gewisser Weise den klinischen Alltag widerspiegeln. Sie lassen die Schlussfolgerung zu, dass eine langjährige Erfahrung des Teams, ein frühzeitiger Beginn der NIV, ein engmaschiges Monitoring der Vitalfunktionen und Blutgasanalyse und die unverzügliche Reintubation bei Hinweisen auf Atmungsinsuffizienz unverzichtbare Voraussetzungen für den Einsatz von NIV in der Postextubationsphase sind.

### Definitiv nicht entwöhnbare Patienten im Finalstadium

Ein gewisser Anteil langzeitbeatmeter Patienten ist auch im Beatmungszentrum trotz konsequenter Anwendung der genannten Strategien und Konzepte nicht entwöhnbar [78]. In einer Untersuchung unseres Patientenkollektives über einen Zeitraum von 10 Jahren misslang bei 32 % der Patienten die Entwöhnung definitiv [44]. Bei bleibender Respiratorabhängigkeit in dieser Lebensphase werden die meisten Patienten abhängig von den örtlichen Gegebenheiten in heimathnahen Krankenhäusern oder sonstigen, meistens nicht spezialisierten Einrichtungen (wie z.B. Pflegeheime) untergebracht. Nur selten gelingt eine Betreuung der Patienten in ihrer häuslichen Umgebung. Unter besonderer Berücksichtigung des Patientenwillens ist es in dieser Situation ethisch vertretbar, die Therapiemaßnahmen zu begrenzen. Therapieabbruch (engl. „Withdrawal“) bedeutet im Zusammenhang mit diesem Artikel, dass die Beatmung in der Intensität reduziert und schließlich beendet wird.

Mit der Diskonnektion vom Beatmungsgerät ist jedoch nicht zwanghaft das unmittelbar eintretende Sterben des Patienten verbunden. Bei einer ►

► Minderheit dieser Patienten kommt es nach Therapieabbruch wider Erwarten sogar zur längerfristigen klinischen Stabilisierung.

Manchmal gelingt es, einem im Finalstadium befindlichen Langzeitbeatmeten das spontane Atmen und Sprechen ohne starke Dyspnoeempfindung zu ermöglichen (d.h. „Weaning in der Terminalphase“). Patienten sind so häufiger in der Lage, den letzten Lebensabschnitt auf Normalstation, in pflegerischen Einrichtungen oder im Idealfall in häuslicher Umgebung zu verbringen [44].

Da die Mehrheit der Patienten jedoch im unmittelbaren zeitlichen Zusammenhang mit dem Therapieabbruch auf der Intensivstation oder assoziierten Stationen stirbt, sollte hier im Idealfall ein gesonderter Bereich vorhanden sein, wo dem Patienten im Beisein seiner Angehörigen ein würdiges Sterben ermöglicht wird.

Es existieren abhängig vom kulturellen Umfeld in der Literatur unterschiedliche Empfehlungen zum pharmakologischen Management des „terminalen Weaning“ [79]. In den USA werden teilweise konkrete Anweisungen zum Umgang mit Opiaten, Sedativa und Barbiturataten umgesetzt. Auch wenn vergleichbare Protokolle im europäischen Raum nicht weit verbreitet sind, gilt auch hier, dass Dyspnoe, Agitation und Schmerzen durch Gabe von potenteren Analogosedativa konsequent zu therapieren sind. Es ist zu empfehlen, dass die Beatmung nicht abrupt „abgeschaltet“, sondern der Grad der maschinellen Unterstützung im Sinne der Deeskalation allmählich reduziert wird. In Kombination mit der genannten Medikation kommt es dann präfinal häufig zur Hyperkapnie und Azidose und einer Art „intrinsischen Sedierung“.

#### Literatur

1. **Esteban A, Alia I, Ibanez J, et al.** Modes of mechanical ventilation and weaning. A national survey of Spanish hospitals. The Spanish Lung Failure Collaborative Group. *Chest* 1994; 106:1188-1193
2. **Epstein SK, Vuong V.** Lack of influence of gender on outcomes of mechanically ventilated medical ICU patients. *Chest* 1999; 116:732-739
3. **Esteban A, Frutos F, Tobin MJ, et al.** A comparison of four methods of weaning patients from mechanical ventilation. Spanish Lung Failure Collaborative Group. *N Engl J Med* 1995; 332:345-350
4. **Cohen IL, Booth FW.** Cost containment and mechanical ventilation in the United States. *New Horiz* 1994; 2:283-290
5. **Gillespie DJ, Marsh HM, Divertie MB, et al.** Clinical outcome of respiratory failure in patients requiring prolonged (greater than 24 hours) mechanical ventilation. *Chest* 1986; 90:364-369
6. **Indihar FJ, Forsberg DP.** Experience with a prolonged respiratory care unit. *Chest* 1982; 81:189-192
7. **Pilcher DV, Bailey MJ, Treacher DF, et al.** Outcomes, cost and long term survival of patients referred to a regional weaning centre. *Thorax* 2005; 60:187-192
8. **Schönhof B, Haidl P, Kemper P, et al.** Entwöhnung vom Respirator ("Weaning") bei Langzeitbeatmung. *Dt. Med Wochenschr* 1999; 124:1022-1028
9. **Corrado A, Roussos C, Ambrosino N, et al.** Respiratory intermediate care units: a European survey. *Eur Respir J* 2002; 20:1343-1350
10. **Schönhof B.** Respiratory high-dependency units in Germany. *Monaldi Arch Chest Dis* 1999; 54:448-451
11. **Vassilakopoulos T, Zakynthinos S, Roussos C.** Respiratory muscles and weaning failure. *Eur Respir J* 1996; 9:2383-2400
12. **Vassilakopoulos T, Zakynthinos S, Roussos C.** The tension-time index and the frequency/tidal volume ratio are the major pathophysiologic determinants of weaning failure and success. *Am J Respir Crit Care Med* 1998; 158:378-385
13. **Purro A, Appendini L, De Gaetano A, et al.** Physiologic determinants of ventilator dependence in long-term mechanically ventilated patients. *Am J Respir Crit Care Med* 2000; 161:1115-1123
14. **Jubran A, Tobin MJ.** Passive mechanics of lung and chest wall in patients who failed or succeeded in trials of weaning. *Am J Respir Crit Care Med* 1997; 155:916-921
15. **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
16. **Chao DC, Scheinhorn DJ, Stearn-Hassenpflug M.** Patient-ventilator trigger asynchrony in prolonged mechanical ventilation. *Chest* 1997; 112:1592-1599
17. **Laghi F, Tobin MJ.** Disorders of the respiratory muscles. *Am J Respir Crit Care Med* 2003; 168:10-48
18. **Srivastava S, Chatila W, Amoateng-Adjepong Y, et al.** Myocardial ischemia and weaning failure in patients with coronary artery disease: an update. *Crit Care Med* 1999; 27:2109-2112
19. **Lemaire F, Teboul JL, Cinotti L, et al.** Acute left ventricular dysfunction during unsuccessful weaning from mechanical ventilation. *Anesthesiology* 1988; 69:171-179
20. **Jubran A, Mathru M, Dries D, et al.** Continuous recordings of mixed venous oxygen saturation during weaning from mechanical ventilation and the ramifications thereof. *Am J Respir Crit Care Med* 1998; 158:1763-1769
21. **Cano N, Roth H, Court-Ortune I, et al.** Nutritional depletion in patients on long-term oxygen therapy and/or home mechanical ventilation. *Eur Respir J* 2002; 20:30-37
22. **Berra L, De Marchi L, Panigada M, et al.** Evaluation of continuous aspiration of subglottic secretion in an in vivo study. *Crit Care Med* 2004; 32:2071-2078
23. **Kollef MH, Levy NT, Ahrens TS, et al.** The use of continuous i.v. sedation is associated with prolongation of mechanical ventilation. *Chest* 1998; 114:541-548
24. **Burns AM, Shelly MP, Park GR.** The use of sedative agents in critically ill patients. *Drugs* 1992; 43:507-515
25. **Shelly MP.** Sedation, where are we now? *Intensive Care Med* 1999; 25:137-139
26. **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
27. **Corwin HL, Parsonnet KC, Gettinger A.** RBC transfusion in the ICU. Is there a reason? *Chest* 1995; 108:767-771
28. **Schönhof 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
29. **Kress JP, Pohlman AS, Alverdy J, et al.** The impact of morbid obesity on oxygen cost of breathing (VO(2RESP)) at rest. *Am J Respir Crit Care Med* 1999; 160:883-886
30. **Schönhof B.** Predictors of weanability. *Monaldi Arch Chest Dis* 2000; 55:339-344
31. **Milic-Emili J.** Is weaning an art or a science? *Am Rev Respir Dis* 1986; 134:1107-1108
32. **Brochard L, Rauss A, Benito S, et al.** Comparison of three methods of gradual withdrawal from ventilatory support during weaning from mechanical ventilation. *Am J Respir Crit Care Med* 1994; 150:896-903
33. **Ely EW, Baker AM, Dunagan DP, et al.** Effect on the dura-

- tion of mechanical ventilation of identifying patients capable of breathing spontaneously. *N Engl J Med* 1996; 335:1864-1869
- 34. Esteban A, Alia I, Tobin MJ, et al.** Effect of spontaneous breathing trial duration on outcome of attempts to discontinue mechanical ventilation. Spanish Lung Failure Collaborative Group. *Am J Respir Crit Care Med* 1999; 159:512-518
- 35. Vitacca M, Vianello A, Colombo D, et al.** Comparison of two methods for weaning patients with chronic obstructive pulmonary disease requiring mechanical ventilation for more than 15 days. *Am J Respir Crit Care Med* 2001; 164:225-230
- 36. Kress JP, Pohlman AS, O'Connor MF, et al.** Daily interruption of sedative infusion in critically ill patients undergoing mechanical ventilation. *N Engl J Med* 2000; 342:1471-1477
- 37. Krishnan JA, Moore D, Robeson C, et al.** A prospective, controlled trial of a protocol-based strategy to discontinue mechanical ventilation. *Am J Respir Crit Care Med* 2004; 169:673-678
- 38. Tobin MJ.** Advances in mechanical ventilation. *N Engl J Med* 2001; 344:1986-1996
- 39. Brochard L, Harf A, Lorino H, et al.** Inspiratory pressure support prevents diaphragmatic fatigue during weaning from mechanical ventilation. *Am Rev Respir Dis* 1989; 139:513-521
- 40. Flick GR, Bellamy PE, Simmons DH.** Diaphragmatic contraction during assisted mechanical ventilation. *Chest* 1989; 96:130-135
- 41. Imsand C, Feihl F, Perret C, et al.** Regulation of inspiratory neuromuscular output during synchronized intermittent mechanical ventilation. *Anesthesiology* 1994; 80:13-22
- 42. Marini JJ, Capps JS, Culver BH.** The inspiratory work of breathing during assisted mechanical ventilation. *Chest* 1985; 87:612-618
- 43. Laier-Groeneveld G, Rasche K, Weyland W, et al.** The oxygen cost of breathing in patients with chronic ventilatory failure. *Am Rev Respir Dis* 1992; 145:A155
- 44. Schönhöfer B, Euteneuer S, Nava S, et al.** Survival of mechanically ventilated patients admitted to a specialised weaning centre. *Intensive Care Med* 2002; 28:908-916
- 45. Sassoon CS, Caiozzo VJ, Manka A, et al.** Altered diaphragm contractile properties with controlled mechanical ventilation. *J Appl Physiol* 2002; 92:2585-2595
- 46. Vassilakopoulos T, Petrof BJ.** Ventilator-induced diaphragmatic dysfunction. *Am J Respir Crit Care Med* 2004; 169:336-341
- 47. Shapiro M, Wilson RK, Casar G, et al.** Work of breathing through different sized endotracheal tubes. *Crit Care Med* 1986; 14:1028-1031
- 48. Boque MC, Gualis B, Sandiumenge A, et al.** Endotracheal tube intraluminal diameter narrowing after mechanical ventilation: use of acoustic reflectometry. *Intensive Care Med* 2004; 30:2204-2209
- 49. Maeda Y, Fujino Y, Uchiyama A, et al.** Does the tube-compensation function of two modern mechanical ventilators provide effective work of breathing relief? *Crit Care* 2003; 7:R92-97
- 50. Schönhöfer B, Böhrer H, Köhler D.** Blood transfusion facilitating difficult weaning from the ventilator. *Anaesthesia* 1998; 53:181-184
- 51. Hebert PC, Wells G, Blajchman MA, et al.** A multicenter, randomized, controlled clinical trial of transfusion requirements in critical care. Transfusion Requirements in Critical Care Investigators, Canadian Critical Care Trials Group. *N Engl J Med* 1999; 340:409-417
- 52. Schönhöfer B, Geibel M, Stickeler P, et al.** Endoscopic placement of a tracheal oxygen catheter: a new technique. *Intensive Care Med* 1997; 23:445-449
- 53. Schönhöfer B, Suchi S, Haidl P, et al.** Eine Epidemiologie zum Stellenwert von oral appliziertem Morphin als Therapieform des schwergradigen Lungenemphysems vom Pink-Puffer-Typ. *Med Klin* 2001; 96:325-330
- 54. Bassili HR, Deitel M.** Nutritional support in long term intensive care with special reference to ventilator patients: a review. *Can Anaesth Soc* 1991; 28:17-21
- 55. Bolton CF, Breuer AC.** Critical illness polyneuropathy. *Muscle Nerve* 1999; 22:419-424
- 56. Burdett L, de Muralt B, Schutz Y, et al.** Administration of growth hormone to underweight patients with chronic obstructive pulmonary disease. A prospective randomized controlled study. *Am J Respir Crit Care Med* 1997; 156:1800-1806
- 57. Ferreira I, Verreschi I, Nery L, et al.** The influence of 6 months of oral anabolic steroids on body mass and respiratory muscles in undernourished COPD patients. *Chest* 1998; 114:19-28
- 58. Schols AMW, Soeters PB, Mostert R, et al.** Physiologic effects of nutritional support and anabolic steroids in patients with chronic obstructive pulmonary disease. A placebo-controlled randomized trial. *Am J Respir Crit Care Med* 1995; 152:1268-1274
- 59. Barr J, Hecht M, Flavin KE, et al.** Outcomes in Critically Ill Patients Before and After the Implementation of an Evidence-Based Nutritional Management Protocol. *Chest* 2004; 125:1446-1457
- 60. Granberg Axell AI, Malmros CW, Bergbom IL, et al.** Intensive care unit syndrome/delirium is associated with anemia, drug therapy and duration of ventilation treatment. *Acta Anaesthesiol Scand* 2002; 46:726-731
- 61. Ramsay MA, Sargeve TM, Simpson BR, et al.** Controlled sedation with alphaxalone-alphadolone. *Br Med J* 1974; 2:656-659
- 62. Ely EW, Inouye SK, Bernard GR, et al.** Delirium in mechanically ventilated patients: validity and reliability of the confusion assessment method for the intensive care unit (CAM-ICU). *JAMA* 2001; 286:2703-2710
- 63. Epstein SK.** Anatomy and physiology of tracheostomy. *Respir Care* 2005; 50:476-482
- 64. Dulguerov P, Gysin C, Perneger TV, et al.** Percutaneous or surgical tracheostomy: a meta-analysis. *Crit Care Med* 1999; 27:1617-1625
- 65. Rumbak MJ, Newton M, Truncale T, et al.** A prospective, randomized, study comparing early percutaneous dilatational tracheotomy to prolonged translaryngeal intubation (delayed tracheotomy) in critically ill medical patients. *Crit Care Med* 2004; 32:1689-1694
- 66. Antonelli M, Michetti V, Di Palma A, et al.** Percutaneous translaryngeal versus surgical tracheostomy: A randomized trial with 1-yr double-blind follow-up. *Crit Care Med* 2005; 33:1015-1020
- 67. Heffner JE, Hess D.** Tracheostomy management in the chronically ventilated patient. *Clin Chest Med* 2001; 22:55-69
- 68. Cox CE, Carson SS, Holmes GM, et al.** Increase in tracheostomy for prolonged mechanical ventilation in North Carolina, 1993-2002. *Crit Care Med* 2004; 32:2219-2226
- 69. Rosenblüh J, Schönhöfer B, Kemper P, et al.** Bedeutung von Platzhaltern tracheotomierter Patienten während der Entwöhnungsphase nach Langzeitbeatmung. *Med Klin* 1994; 89:S61-63
- 70. Nava S, Ambrosino N, Clini E, et al.** Noninvasive mechanical ventilation in the weaning of patients with respiratory failure due to chronic obstructive pulmonary disease. A randomized, controlled trial. *Ann Intern Med* 1998; 128:721-728
- 71. 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
- 72. Kilger E, Briegel J, Haller M, et al.** Effects of noninvasive positive pressure ventilatory support in non- COPD patients with acute respiratory insufficiency after early extubation. *Intensive Care Med* 1999; 25:1374-1380
- 73. Epstein SK, Ciubotaru RL.** Independent effects of etiology of failure and time to reintubation on outcome for patients failing extubation. *Am J Respir Crit Care Med* 1998; 158:489-493
- 74. Carlucci A, Gregoretti C, Squadroni V, et al.** Preventive use of non-invasive mechanical ventilation to avoid post-Extubation respiratory failure: a randomised controlled study. *Eur Respir J* 2001; 18 suppl 33:306
- 75. Hilbert G, Gruson D, Portel L, et al.** Noninvasive pressure support ventilation in COPD patients with postextubation hypercapnic respiratory insufficiency. *Eur Respir J* 1998; 11:1349-1353
- 76. Keenan SP, Powers C, McCormack DG, et al.** Noninvasive positive-pressure ventilation for postextubation respiratory distress: a randomized controlled trial. *JAMA* 2002; 287:3238-3244
- 77. Esteban A, Frutos-Vivar F, Ferguson ND, et al.**

- Noninvasive positive-pressure ventilation for respiratory failure after extubation. *N Engl J Med* 2004; 350:2452-2460
- 78. **Stoller JK.** Establishing Clinical Unweanability. *Respir Care* 1991; 36:186-198
- 79. **Gianakos D.** Terminal weaning. *Chest* 1995; 108:1405-1406.

**Korrespondenzadresse:**

Prof. Dr. med. Bernd Schönhofer  
 Abteilung für Pneumologie und internistische  
 Intensivmedizin  
 Klinikum Region Hannover  
 Krankenhaus Oststadt-Heidehaus  
 D-30659 Hannover  
 Tel.: 0511 906-3347  
 Fax: 0511 906-3779  
 E-Mail: Bernd.Schoenhofer@t-online.de



**ANTWORTEN CME**

**7/8 | 05**      **HEFT 7/8/2005**

Frage 1: <b>d</b>	Frage 6: <b>c</b>
Frage 2: <b>a</b>	Frage 7: <b>b</b>
Frage 3: <b>c</b>	Frage 8: <b>d</b>
Frage 4: <b>d</b>	Frage 9: <b>c</b>
Frage 5: <b>e</b>	Frage 10: <b>b</b>

## MULTIPLE-CHOICE-FRAGEN (CME 12/05)

1. Welchen prozentualen Anteil hat der Weaningprozess in Bezug auf den gesamten Beatmungszeitraum?
  - a) ca. 10%
  - b) ca. 20%
  - c) ca. 40%
  - d) ca. 60%
2. Klinisches Korrelat für die erschöpfte Atemmuskulatur bei Spontanatmung ist nicht
  - a) Paradoxe Atmung
  - b) Agitation
  - c) Einsatz der Atemhilfsmuskulatur
  - d) Geringe Atemfrequenz und hohes Tidalvolumen
  - e) Hohe Atemfrequenz und geringes Tidalvolumen
3. Der Leitwert der ventilatorischen Insuffizienz in der Blutgasanalyse ist
  - a) Hypoxämie
  - b) Hyperkapnie
  - c) Alkalose
  - d) Hypokapnie
4. Kofaktoren für schwieriges Weaning können sein
  - a) Mangelernährung
  - b) Anämie
  - c) Zu lange und zu tiefe Sedierung
  - d) Rezidivierende Mikro- und Makroaspirationen
  - e) Flachlagerung adipöser Patienten
  - f) Dekompensierte Linksherzinsuffizienz
  - g) Alle Antworten richtig
5. Prädiktoren und Indices zur Vorhersage des Entwöhnungserfolges sind
  - a) im Weaningprozess unverzichtbar
  - b) nur in Verbindung mit Entwöhnungsprotokollen zulässig
  - c) nur am Ende eines 120-minütigen T-piece trials zu ermitteln
  - d) erlauben Rückschlüsse zum Ressourcenverbrauch der Intensivstation
  - e) für den erfahrenen Intensivmediziner ohne Relevanz
  - f) Alle Antworten sind falsch
6. Die optimale Entlastung der erschöpften Atemmuskulatur bei Langzeitbeatmung wird durch assistierte Beatmungsformen erreicht, da bei erschöpfter Atemmuskulatur die inspiratorische Atemarbeit deutlich erhöht ist.
  - a) Aussage 1 ist richtig, Aussage 2 ist richtig, Verknüpfung ist falsch
  - b) Aussage 1 ist richtig, Aussage 2 ist richtig, Verknüpfung ist falsch
  - c) Aussage 1 ist falsch, Aussage 2 ist richtig, Verknüpfung ist falsch
  - d) Aussage 1 ist richtig, Aussage 2 ist falsch, Verknüpfung ist falsch
  - e) Aussagen 1 und 2 sind falsch
7. Da kontrollierte Beatmung schon früh zur strukturellen Schädigung des Diaphragmas führen kann, ist kontrollierte Beatmung bei Patienten mit erschöpfter Atemmuskulatur obsolet.
  - a) Aussage 1 ist richtig, Aussage 2 ist richtig, Verknüpfung ist richtig
  - b) Aussage 1 ist richtig, Aussage 2 ist richtig, Verknüpfung ist falsch
  - c) Aussage 1 ist falsch, Aussage 2 ist richtig, Verknüpfung ist falsch
  - d) Aussage 1 ist richtig, Aussage 2 ist falsch, Verknüpfung ist falsch
  - e) Aussagen 1 und 2 sind falsch
8. Welche Rationale liegt dem Einsatz der nicht-invasiven Beatmung in der Weaningphase alternativ zur invasiven Beatmung zugrunde ?
  - a) Entlastung der Pflegekräfte
  - b) Verbesserung der Oxygenierung
  - c) Prolongierte invasive Beatmung verschlechtert die Prognose
  - d) Optimale Auslastung der Intensivventilatoren
  - e) Erfüllung der Vorgaben des Ausbildungskataloges zum Intensivmediziner
9. Bei welcher Indikation erleichtert die nicht-invasive Beatmung die Respiratorenentwöhnung?
  - a) Septisches Multiorganversagen
  - b) Schwergradige Pneumonie
  - c) Thoraxtrauma
  - d) COPD mit hyperkapnicher Atmungsinsuffizienz
  - e) Invasive Beatmung bei zerebraler Massenblutung
10. Welche Aussage ist falsch? Die Frühtracheotomie bei absehbarer Langzeitbeatmung
  - a) bildet sich augenblicklich im DRG-Entgeltsystem recht gut ab
  - b) wird in Form der Punktionstracheotomie der chirurgisch angelegten Tracheotomie vorgezogen
  - c) ist in Form der Punktionstracheotomie komplikationsarm
  - d) sollte - wenn möglich - der nicht invasiven Beatmung vorgezogen werden
  - e) kann bei Umstellung auf nicht-invasive Beatmung durch Hilfsmittel (wie z.B. den sog. „Platzhalter“) vorübergehend geschlossen werden.

# AUSWERTUNGSBOGEN (CME aus Heft 11/2005)

- ▼ An dieser Auswertung können alle Mitglieder der DGAI und/oder des BDA teilnehmen.

Name:
PLZ, Ort:

- ▼ Eine korrekte Auswertung ist jedoch nur bei Angabe der Mitgliedsnummer möglich.

Tragen Sie hier Ihre Mitgliedsnummer ein:

--	--	--	--	--	--

- ▼ Diese finden Sie auf Ihrer Mitgliedskarte oder auf dem Adressaufkleber Ihrer Zeitschrift, in der Mitte der 3. Zeile. Hier eine Beispieldarstellung des Aufklebers:

DIOmed Verlags GmbH	Obere Schmiedgasse 11	DE-90403 Nürnberg
PvSt. DPAG	B2330	Entgeld bezahlt
01 / 02	012345	000

Der Fragebogen bezieht sich auf den vorstehenden Fortbildungsbetrag. Die richtigen Antworten werden in der „Anästhesiologie & Intensivmedizin“ publiziert.

Tragen Sie hier Ihre Lösung ein:

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
a										
b										
c										
d										
e										
f										
g										

Die Teilnahme an dieser Auswertung wird Ihnen Anfang des 2. Quartals des Folgejahres attestiert. Sie erhalten einen Fortbildungspunkt je Beitrag, wenn mindestens 70% der Fragen richtig beantwortet wurden. Ab 90% richtiger Antworten erhalten Sie zwei Punkte.

Pro Fragebogen wird eine Bearbeitungsgebühr von 2,50 € berechnet. Nach Zahlungseingang wird Ihnen das Fortbildungszertifikat zugesandt.

Die Bearbeitung erfolgt für Sie kostenlos, falls Sie Ihre Antworten online unter folgender Adresse einreichen:  
<http://cme.anaesthesisten.de>

Fortbildungszertifikate werden durch die Landesärztekammer Westfalen-Lippe ausgestellt. Sie werden auch von den anderen Ärztekammern im Rahmen der jeweiligen Bestimmungen anerkannt.

**Einsendeschluss: 31.01.2006**



Bitte senden Sie uns den Fragebogen online <http://cme.anaesthesisten.de> oder per Fax 0911 3938195 zurück.

#### DGAI / BDA - Geschäftsstelle

Roritzerstraße 27  
D-90419 Nürnberg  
Tel.: 0911 933780  
Fax: 0911 3938195,  
E-Mail: dgai@dgai-ev.de  
http://www.dgai.de  
E-Mail: bda@dgai-ev.de  
http://www.dgai.de

#### Geschäftsführung

Dr. med. Alexander Schleppers  
Dipl.-Sozw. Holger Sorgatz

#### Sekretariat:

Monika Gugel	0911 9337811
Alexandra Hisom, M.A.	0911 9337812
E-Mail: dgai@dgai-ev.de	
E-Mail: bda@dgai-ev.de	

#### Rechtsabteilung

Dr. iur. Elmar Biermann  
Ass. iur. Evelyn Weis

#### Sekretariat:

Ingeborg Pschorr (L - Z)	0911 9337817
Gabriele Schneider-Trautmann (A - K)	0911 9337827
E-Mail: BDA.Justitiare@dgai-ev.de	

#### Mitgliederverwaltung / Buchhaltung

Kathrin Barbian / Karin Rauscher	0911 9337816
E-Mail: DGAI.Mitgliederverw@dgai-ev.de	
E-Mail: BDA.Mitgliederverw@dgai-ev.de	

#### BDA - Referate:

**Referat für Versicherungsfragen**  
Ass. iur. Evelyn Weis  
Roritzerstraße 27  
D-90419 Nürnberg  
Tel.: 0911 9337817 oder 27, Fax: 0911 3938195  
E-Mail: BDA.Versicherungsref@dgai-ev.de

#### Referat für Krankenhausmanagement und -ökonomie

Dr. med. Alexander Schleppers  
Keitenweg 9c  
D-65843 Sulzbach  
Tel.: 06196 580441, Fax: 06196 580442  
E-Mail: Aschleppers@t-online.de

#### Referat für den vertragsärztlichen Bereich

Elmar Mertens  
Niedergelassener Anästhesist  
Trierer Straße 766  
D-52078 Aachen  
Tel.: 0241 4018533, Fax: 0241 4018534  
E-Mail: bda-Mertens@T-Online.de  
Bürozeiten: 9.00 - 13.00 Uhr (Mo. - Fr.)