

» Für eine effizientere Beatmungsentwöhnung

J. Lorenz

Abteilung für Pneumologie, Infektiologie, Intensivmedizin, Schlafmedizin, Kreiskrankenhaus Lüdenscheld

Im Folgenden soll die These dargestellt werden, dass der Umgang mit modernen Beatmungs- und Entwöhnungsmethoden im Rahmen der Langzeitbeatmung zu einer unnötigen Verlängerung der Beatmung und Intubation führen kann, die zur Morbidität des Intensivpatienten beiträgt und Ressourcen der Intensivmedizin über Gebühr verbraucht. Alternativen werden dargestellt.

Wer Anfang der 80er Jahre Patienten mit akuter Ateminsuffizienz behandelt hat, wird sich erinnern, dass die Beatmung mit einfachen elektronischen, zeitgesteuerten Geräten eine für den Patienten gleichermaßen somatisch wie psychisch traumatisierende Erfahrung war, die so früh als möglich beendet werden musste. Das dabei übliche Verfahren war die Diskonnektion vom Ventilator mit nachfolgender Spontanatmung über eine künstliche Nase, die bei Misserfolg mit zunächst kurzen, dann zunehmend längeren Spontanatmungsintervallen wiederholt wurde. Die technologische Entwicklung von Ventilatoren in den letzten 20 Jahren zielte darauf hin, die Beatmungskonfiguration der individuellen Ventilation des Patienten und vor allem der zugrundeliegenden bronchopulmonalen Störung anzupassen, um Beatmungsschäden zu minimieren und den Patientenkomfort zu erhöhen. Bei Kenntnis der individuellen Pathophysiologie des Patienten und angemessenem Einsatz geräteseitiger Optionen können heute auch bei schweren Lungenschäden die Therapieziele (optimaler Gasaustausch, Rekrutierung aller an der Ventilation beteiligten Lungenkompartimente) verfolgt und gleichzeitig auf tiefe Analgosedierung und Unterdrückung der spontanen Atemtätigkeit verzichtet werden [1,2]. Die Erweiterung des Armamentariums hat indes die Beatmung nicht einfacher gemacht. Der Neuling sieht sich heute mit zahlreichen Modi (z.B. „Assist Control Ventilation (ACV)“, „Synchronized Intermittent Mandatory Ventilation (SIMV)“, „Pressure Support Ventilation (PSV)“, „Biphasic Positive Airway Pressure (BiPAP)“, „Airway Pressure Release Ventilation (APRV)“, „Inverse Ratio Ventilation (IRV)“, „Proportional Assist Ventilation (PAV)“, „Noninvasive Ventilation (NIV)“ konfrontiert. Die modernen Verfahren bedeuten indes einen Fortschritt für die Intensivmedizin. Es konnte gezeigt werden, dass der Einsatz moderner Beatmungsstrategien und -formen in der Lage ist, die Prognose verschiedener Formen der akuten Ateminsuffizienz zu verbessern [3,4]. Durch individuelle Anpassung der Ventilationsparameter (z.B. Inspirationsfluss, Inspirations-

druck, endexpiratorischer Druck, Zeitverhältnis von In- und Expiration) und insbesondere durch den Einsatz augmentierender Beatmungsformen mit sensibler Flusstriggerung, die dem Patienten Atemfrequenz und -rhythmus überlassen, gleichzeitig aber die Atemarbeit weitgehend übernehmen, erlebt der Patient die Beatmung als Unterstützung, nicht als Belastung.

Dagegen wird, vor allem nach Langzeitbeatmung, die Entwöhnung vom Gerät oft vom Patienten, dem Pflegepersonal und dem Arzt als neue Gefährdung in einer zuvor stabilen Situation empfunden. In einer 1996 publizierten, prospektiven, randomisierten Studie wurde der Frage nachgegangen, ob ein tägliches Screening beatmeter Patienten im Hinblick auf ihr Spontanatmungsvermögen die Beatmungsdauer beeinflusst [5]. Es ergab sich, dass durch den regelmäßigen Test die Beatmungsdauer gegenüber dem konventionellen Verfahren (Einleitung der Entwöhnung ohne Spontanatmungstest) um 25 Prozent verkürzt wurde. Im gleichen Sinn ist eine jüngst erschienene Untersuchung zu interpretieren, nach der die regelmäßige tägliche Unterbrechung der Analgosedierung es erlaubt, die Beatmung zu verkürzen [6]. Alle diese Befunde zeigen, dass die Aufrechterhaltung üblicher Maßnahmen der Intensivtherapie im Verlauf einer akuten Ateminsuffizienz, insbesondere die maschinelle Ventilation mit Analgosedierung, die Gefahr der Unterschätzung der spontanen Lebensfähigkeit des Patienten in sich birgt und zu einer unnötigen Verlängerung dieser Maßnahmen führen kann. Oft wird vom Therapeuten eine Vitalitätsbeurteilung nicht für möglich gehalten, ohne lebenserhaltende Maßnahmen zu unterbrechen, und es wird vor der Möglichkeit zurückgeschreckt, die neugewonnene Stabilität der Lebensfunktionen durch eine Zurücknahme der Behandlungsintensität zu gefährden.

Es ist daher immer wieder notwendig, auf die Ambivalenz intensivmedizinischer Methoden, insbesondere der Beatmung hinzuweisen. Die maschinelle Atemhilfe durch Überdruckventilation ist ein unphysiologisches Verfahren. Durch Ausfall der Zwerchfellatmung entwickelt sich ein niedriges Ventilations-Perfusionsverhältnis zu basalen, zwerchfellnahen Lungenarealen (sogenannten Shuntarealen) mit Ausbildung von Dystelektasen/Atelektasen [7]. Der physiologischerweise gegenüber dem Umgebungsdruck negative Inspirationsdruck in den Atemwegen kehrt sich in positive Bereiche um. Bei Überschreiten kritischer Werte von etwa 30 bis 35 cm H₂O entwickeln sich druckbedingte Alveolarschäden („Barotrauma“) [8,9]. Ebenso bedingen hohe inspiratorische Scherkräfte durch Verschluss und Wiedereröffnung atelektatischer Areale gleichermaßen mechanische und entzündliche Gewebsreak-

tionen mit nachhaltigen Folgen für die Lungenarchitektur und den Gasaustausch („Volutrauma“) [8,9,10]. Der pulmonale Überdruck komprimiert das Herz und die pulmonalen Gefäße. Die Auswurfleistung des gesunden und vor allem des insuffizienten rechten Herzens fällt ab. Es entwickelt sich eine Flüssigkeitsretention, während die Perfusion und die Sauerstoffaufnahme wichtiger innerer Organe (z.B. Niere, Leber, Darm) abfallen. Mit der Beatmungsdauer erhöht sich die Wahrscheinlichkeit einer Inkompetenz der Atempumpe, einhergehend mit der Gefahr einer erfolglosen Beatmungsentwöhnung. Durch den Endotrachealtubus als Schiene der bakteriellen Besiedlung und durch die gehemmte Sekretclearance der Atemwege unter Beatmung werden nosokomiale Pneumonien gebahnt. Die Wahrscheinlichkeit einer Pneumonie steigt mit der Beatmungsdauer linear an. Nach einer maschinellen Ventilation von 2 Wochen ist kumulativ bei einem Drittel der Patienten mit einer Pneumonie zu rechnen [11]. Aus all dem folgt, dass der Endotrachealtubus und die maschinelle Beatmung nur so lange ihre Berechtigung haben, wie die akute Ateminsuffizienz fortbesteht, und dass die Beatmung danach zügig abgeschlossen werden muss.

Es liegen gültige, international akzeptierte Kriterien vor, wann das Ende einer Beatmung anzustreben ist [12,13]. Sie fordern die weitgehende Rückbildung der zur Beatmung führenden Gasaustauschstörung, eine ausreichende Funktion der Atempumpe und der Abwehrreflexe und den Ausschluss schwerer extrapulmonaler Organstörungen. In der Praxis besteht das Hauptproblem darin, mit diesen Kriterien angemessen umzugehen. Alle Versuche, die Entwöhnbarkeit unter laufender Beatmung zu extrapolieren, sind fehlgeschlagen. Weder einzelne Parameter des Gasaustausches, der Atemmuskularkraft oder der Atemarbeit, noch kombinierte Funktionsparameter sind dazu in der Lage, die Entwöhnbarkeit des einzelnen Patienten vorherzusagen [13,14,15]. Aus Vorsicht versucht daher der Arzt, optimale Bedingungen herzustellen, bevor der erste Entwöhnungsversuch begonnen wird. Neben der pulmonalen Funktion spielen dabei die kardiovaskuläre Situation, die Ernährungs- und Elektrolytbalance und andere Randbedingungen eine Rolle. Dieses zeitraubende Verfahren kommt einer kleinen Gruppe von schwierigen Patienten wahrscheinlich zu Gute, während der Mehrzahl der Patienten zu lange die Entwöhnung vorenthalten wird. Als nächster Schritt wird meist ein kontinuierliches Entwöhnungsverfahren (SIMV oder PSV) gewählt, um den Patienten graduell an die Übernahme der Atemarbeit heranzuführen. Diese Verfahren verlängern die Beatmung erheblich [16] und sind mitverantwortlich dafür, dass die Entwöhnung fast die Hälfte der Gesamtbeatmungsdauer verbraucht [17].

Ein pragmatisches Konzept der Verkürzung der maschinellen Atemhilfe muss zwei Schritte umfassen:

1. Die systematische Identifikation von Patienten, die entwöhnbar sind, und
2. die Identifikation von Patienten, die keine Entwöhnungsstrategie benötigen.

Das erste Ziel wird mit einem täglichen Screening der respiratorischen Funktion erreicht [5]. Tab.1 gibt die dabei geprüften Parameter wieder. Sie sollten einen kurzen, diagnostischen Spontanatmungsversuch enthalten [5]. Patienten, die alle Testkriterien erfüllen, können der Entwöhnung zugeführt werden. Ist die Entwöhnbarkeit festgestellt,

Tab. 1 Algorithmus zum Beenden der maschinellen Atemhilfe

1. Ziel: Identifikation von Entwöhnungskandidaten

Methode: Tägliches Screening ($p_aO_2/F_iO_2 > 200$, PEEP < 6 cm H_2O , Atemfrequenz/Atemzugvolumen $< 106^*$, Patient erweckbar, keine Katecholamine)

2. Ziel: Identifikation einfach entwöhnbarer Patienten

Methode: Spontanatmungsversuch (PSV 5–12 cm H_2O oder ATC über 30 min)

3. Ziel: Auswahl der Entwöhnungsstrategie für schwierig entwöhnbare Patienten

Methoden:

- Trainingseinheiten am T-Stück oder nach Extubation mittels NIV mit zunehmender Dauer und Frequenz (Durchführung siehe [24])
- PSV (Beginn mit PS = 25–30 cm H_2O , PEEP 5 cm H_2O), alternativ SIMV (Beginn mit SIMV-Frequenz = 6–8/min = $1/2$ Spontanatemfrequenz)

* Der Index wird, wenn die anderen Kriterien erfüllt sind, unter Spontanatmung am Ventilator mit PEEP = 5 cm H_2O über eine Minute ermittelt.

muss geprüft werden, ob die Übernahme der Atemarbeit in einem Schritt erfolgen kann, oder ob eine Entwöhnungsstrategie mit kontinuierlichen oder diskontinuierlichen Methoden angewandt werden muss. Mehrere Arbeiten zeigen, dass etwa 80% aller Patienten nach einem Spontanatmungsversuch erfolgreich extubiert werden können [16,18]. Diese Patienten gilt es zu identifizieren. Als pragmatisches Verfahren bietet sich daher an, alle Patienten einem Spontanatmungsversuch zu unterziehen. Dabei ist es sinnvoll, die durch die viskosen Atemwegwiderstände des Endotrachealtubus bedingte Atem-Mehrarbeit durch niedrige Druckunterstützung (PSV etwa 5–12 cm H_2O , oder besser automatische Tubuskompensation [ATC]) zu kompensieren. Verläuft der Versuch über mindestens 30 Minuten erfolgreich, kann der Patient extubiert werden. Zeigt der Patient in dieser Zeit Erschöpfungssymptome (Erhöhung der Atemfrequenz, Abfall des Atemzugvolumens, vegetative Zeichen wie Unruhe und Schweißneigung oder gar zunehmende Hypoxämie oder Hyperkapnie), so muss eine Entwöhnungsstrategie implementiert werden. Ein solches Entwöhnungsprotokoll wirkt starr und scheint dem intelligenten Abwägen eines erfahrenen Intensivmediziners unterlegen zu sein. Mehrere kontrollierte Studien zeigten dennoch bessere Ergebnisse bei protokollgerechtem Vorgehen [5,19,20]. Die Untersuchungen legen nahe, dass vor allem durch Einschalten des anfänglichen Spontanatmungsversuches zahlreiche Patienten die Phase der graduellen Entwöhnung mit PSV, BiPAP oder SIMV umgehen können, da sich die Gesamtbeatmungsdauer, nicht aber die Entwöhnungsdauer zwischen den Patientengruppen unterschied. Da sich die Betreuung von Beatmungspatienten im nordamerikanischen Raum anders als in Europa gestaltet, sollten über die spanische Studie hinaus [19], weitere europäische Untersuchungen zu dieser Fragestellung durchgeführt werden. Von den etwa 20 Prozent verbleibender Patienten können erfahrungsgemäß 10 bis 15 Prozent durch ein kurzes Verfahren entwöhnt werden, während 5 bis 10 Prozent einen längeren Entwöhnungsprozess benötigen und etwa 1 Prozent ventilatorabhängig bleiben. Die Auswahl einer Entwöhnungsstrategie hängt im Einzelnen von dem vorliegenden Krankheitsbild und den Erfahrungen der jeweiligen Institution ab. Kontrollierte, randomisierte Studien zum Vergleich der ver-

schiedenen Techniken haben keinen prinzipiellen Vorteil einer bestimmten Methode gezeigt [16,21–23]. Derzeit sind lediglich Trends erkennbar: Während sich BiPAP als Entwöhnungsmethode nicht etabliert hat und in allen Untersuchungen SIMV etwas schlechtere Ergebnisse erbringt, waren die inspiratorische Druckunterstützung und die traditionelle Methode des „Intervalltrainings“ mittels T-Stück insgesamt etwa gleichwertig, wenngleich die Aussagen der Studien dazu widersprüchlich blieben. Für die letztgenannten Methoden können die automatische Tubuskompensation (ATC) und die dem einzelnen Atemzug proportionale Druckunterstützung (PAV) weitere Fortschritte bedeuten, die jedoch noch empirisch geprüft werden müssen. Als neue Alternative bietet sich die frühe Extubation mit nachfolgender nichtinvasiver Intervallbeatmung an [21,22]. Sie ist bisher den Beweisen einer effizienteren Entwöhnung schuldig geblieben, während sich Vorteile durch die frühe Extubation im Hinblick auf die Prophylaxe nosokomialer Pneumonien in der Entwöhnungsphase abzeichnen [24].

Literatur

- ¹ Putensen C, Mutz NJ, Putensen-Himmer G, Zinserling J. Spontaneous breathing during ventilatory support improves ventilation-perfusion distribution in patients with acute respiratory distress syndrome. *Am J Respir Crit Care Med* 1999; 159: 1241–1248
- ² Sydow M, Burchardi H, Ephraim E, Zielman S, Crozier TA. Longterm effects of two different ventilatory modes on oxygenation in acute lung injury: comparison of airway pressure release ventilation and volume controlled inverse ratio ventilation. *Am J Respir Crit Care Med* 1994; 149: 1550–1556
- ³ Brochard L, Mancebo J, Wysocki M, Lafoso F, Conti G, Rauss A, Simmoneau G, Benito S, Gasparetto A, Lemaire F, Isabey D, Harf A. Noninvasive ventilation for acute exacerbations of chronic obstructive pulmonary disease. *N Engl J Med* 1995; 333: 817–822
- ⁴ The Acute Respiratory Distress Syndrome Network. Ventilation with lower tidal volumes as compared with traditional tidal volumes for acute lung injury and the acute respiratory distress syndrome. *N Engl J Med* 2000; 342: 1301–1308
- ⁵ Ely EW, Baker AM, Dunagan DP, Burke HL, Smith AC, Kelly PT, Johnson MM, Browder RW, Bowton DL, Haponik EF. Effect on the duration of mechanical ventilation of identifying patients capable of breathing spontaneously. *N Engl J Med* 1996; 335: 1864–1869
- ⁶ Kress JP, Pohlmann AS, O'Connor MF, Hall JB. Daily interruption of sedative infusions in critically ill patients undergoing mechanical ventilation. *N Engl J Med* 2000; 342: 1471–1477
- ⁷ Fulkerson WJ, MacIntyre NR. Complications of mechanical ventilation. *Prob Resp Care* 1991; 4: 1–135
- ⁸ Dreyfuss D, Soler P, Basset G, Saumon G. High inflation pressure pulmonary oedema. Respective effect of high airway pressure, high tidal volume, and positive end-expiratory pressure. *Am J Respir Crit Care Med* 1988; 137: 1159–1164
- ⁹ Dreyfuss D, Saumon G. Ventilator-induced lung injury. Lessons from experimental studies. *Am J Respir Crit Care Med* 1998; 157: 294–323
- ¹⁰ Tremblay J, Valenza F, Ribeiro SP, Li J, Slutsky AS. Injurious ventilatory strategies increase cytokines and c-fos mRNA expression in an isolated rat lung model. *J Clin Invest* 1997; 99: 944–952
- ¹¹ Ruiz-Santana S, Garcia A, Esteban A, Guerra L, Alvarez B, Corcia S, Gudin J, Martinez A, Quintana E, Armengol S, Gregori J, Arenzana A, Rosado L, Sanmartin A. ICU pneumonias: A multinational study. *Crit Care Med* 1987; 15: 1930–1932
- ¹² ACCP Consensus Conference. Mechanical Ventilation. *Chest* 1993; 104: 1833–1859
- ¹³ Tobin MJ, Allen CG. Discontinuation of mechanical ventilation. In: Tobin MJ (Hrsg.) *Mechanical Ventilation*. New York: McGraw-Hill, 1994: 1177–1224
- ¹⁴ Esteban A, Alia I. Clinical management of weaning from mechanical ventilation. *Intensive Care Med* 1998; 24: 999–1008
- ¹⁵ Vassakajopoulos T, Zakhyntinos S, Roussos C. The conventional approach to weaning from mechanical ventilation. *Eur Respir Mon* 1998; 8: 266–298
- ¹⁶ Brochard L, Rauss A, Benito S, Conti G, Mancebo J, Rekik N, Gasparetto A, Lemaire F. 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
- ¹⁷ Esteban A, Alia I, Ibanez J, Benito S, Tobin MJ and the Spanish Lung Failure Collaborative Group. Modes of mechanical ventilation and weaning. A national survey of Spanish hospitals. *Chest* 1994; 106: 1188–1193
- ¹⁸ The Spanish Lung Failure Collaborative Group. Extubation outcome after spontaneous breathing trials with T-tube or pressure support ventilation. *Am J Respir Crit Care Med* 1997; 156: 459–465
- ¹⁹ Saura P, Blanch L, Mestre J, Valles J, Artigas A, Fernandez R. Clinical consequences of the implementation of a weaning protocol. *Intensive Care Med* 1996; 22: 1052–1056
- ²⁰ Kollef MH, Shapiro SD, Silver P, John RE, Prentice D, Sauer R, Ahrens TS, Shannon W, Baker-Clinksdale D. A randomized, controlled trial of protocol-directed versus physician-directed weaning from mechanical ventilation. *Crit Care Med* 1997; 25: 567–574
- ²¹ Esteban A, Frutos F, Tobin MJ, Alia I, Solsona JF, Valverde I, Fernandez R, De la Cal MA, Benito S, Tomas R, Carriedo D, Macias S, Blanco J for the Spanish Lung Failure Collaborative Group. A comparison of four methods of weaning patients from mechanical ventilation. *N Engl J Med* 1995; 332: 345–350
- ²² Nava S, Ambrosino N, Clini E, Prato M, Orlando G, Vitacca M, Brigada P, Frachia C, Rubini F. Noninvasive mechanical ventilation in the weaning of patients with respiratory failure due to chronic obstructive pulmonary disease. *Ann Intern Med* 1998; 128: 721–728
- ²³ Girault C, Daudenthun I, Chevron V, Tamion F, Leroy J, Bonmarchand G. Noninvasive ventilation as a systemic 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
- ²⁴ Lorenz J, Friessecke S, Huntemann M, Kelbel C. Die nichtinvasive Beatmung in der Beatmungsentwöhnung. *Pneumologie* 2000; 54: 10–15

Prof. Dr. med. J. Lorenz

Abteilung für Pneumologie, Infektiologie, Intensivmedizin
und Schlafmedizin
Kreiskrankenhaus Lüdenscheid
Akademisches Lehrkrankenhaus der Universität Bonn
Postfach
58505 Lüdenscheid

E-mail: j.s.lorenz@t-online.de