



SmartCare®/PS

Das automatisierte Weaning Protokoll

Andreas Neumann

Hartmut Schmidt

SmartCare®/PS

Das automatisierte Weaning Protokoll

Andreas Neumann
Hartmut Schmidt

Wichtiger Hinweis

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

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

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	8
Einführung	12
SmartCare®/PS in Kürze	15
SmartCare®/PS in verschiedenen Weaning Phasen	16
Die Phasen des Weaning Protokolls	16
Diagnose des Beatmungsstatus mit SmartCare®/PS	20
Der Weg zurück zur Spontanatmung	24
Der Spontanatemversuch	28
Die Aufrechterhaltungsphase	30
Indikationen und Kontraindikationen	32
Postoperative Patienten	33
Erwachsene Patienten	33
Pädiatrische Patienten	33
Patienten-Kontraindikationen	34
Normaler Ablauf einer Patientensitzung	35
Vor der Patientensitzung	35
Während der Patientensitzung	35
Überwachung der Entwöhnung	37
Häufig gestellte Fragen	39
Ist SmartCare®/PS sicher, weil es den Druck selbsttätig ändert?	39
Was tun bei Atemstillstand?	39
Kann ein Anfeuchter verwendet werden?	40

Kann ich SmartCare®/PS nachts anwenden, um den Patienten weiterhin stabil zu halten, ohne ihn zu entwöhnen?	40
Was tun wenn SmartCare®/PS "Entwöhnung abgeschlossen" empfiehlt, aber kein Entscheidungsträger verfügbar ist?	41
Wird SmartCare®/PS durch Medikamentenverneblung beeinträchtigt?	41
Was passiert während der bronchialen Absaugung?	41
Kann SmartCare®/PS mit ATC™ verwendet werden?	41
Anhang I: Detaillierte Reaktion von SmartCare®/PS in speziellen Beatmungssituationen	42
Normale Ventilation	42
Hyperventilation	43
Tachypnoe	43
Schwere Tachypnoe	43
Insuffiziente Ventilation	44
Hypoventilation	44
Zentrale Hypoventilation	44
Unerklärte Hyperventilation	44
Anhang II: Fallstudien	45
Fall I	45
Fall II	50
Anhang III: Literaturangaben	52
Anhang IV: Glossar	54
Einheiten zur Druckmessung	56

Vorwort

Die mechanische Beatmung ist einer der komplexesten Prozesse auf modernen Intensivstationen. Abbildung 1 zeigt, dass es auf dem Weg von der Aufnahme bis zur Entlassung eines beatmeten Patienten mindestens sechs wichtige Entscheidungspunkte gibt. Trotz jahrzehntelanger Forschung gibt es immer noch keine evidenzbasierten Richtlinien für die Entscheidungsfindung an jedem einzelnen dieser Punkte. Und an jedem Punkt wird eine Verzögerungsschleife in Gang gesetzt, wenn der Patient die an diesem Punkt erforderlichen Kriterien nicht erfüllt. Jede Verzögerung erhöht sowohl die Pflegekosten als auch das Risiko unerwünschter Nebenwirkungen, wie z. B. einer beatmungsassoziierten Pneumonie.

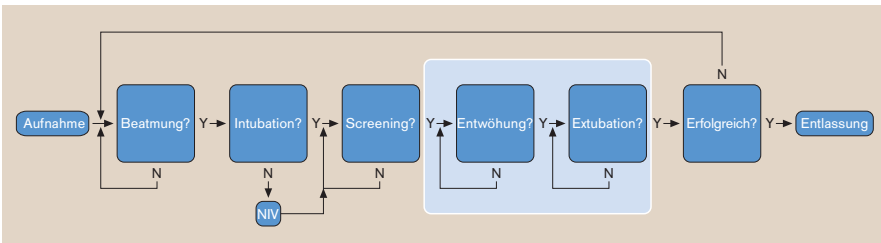


Abb. 1:
Entscheidungspunkte bei einem Patienten, der mechanische Beatmung benötigt. Y = Ja, N = Nein, NIB = nicht invasive Beatmung.

Ein genauerer Blick auf Abb. 1 offenbart eine noch höhere Komplexität und die Tatsache, dass die Entscheidungsfindung an einigen Punkten schwieriger ist als an anderen. So basiert die Entscheidung für eine Beatmung z. B. auf der Präsenz von Atemnot, die wiederum recht einfach anhand allgemein akzeptierter Blutgaswerte und klinischer Anzeichen von Dyspnoe diagnostiziert wird. Die Entscheidung zur Intubation hängt hauptsächlich davon ab, wie gut der Atemweg des Patienten geschützt werden kann. Vor der vielleicht kritischsten Entscheidung steht der Arzt, wenn Anzeichen vorhanden sind, dass der Patient entwöhnt werden könnte und somit der entsprechende Screening-Test initiiert werden muss. Eine Verzögerung an diesem Punkt kann das größte Hindernis für eine schnelle Entwöhnung sein. (1) Die Entscheidung, ob ein Entwöhnungsscreening stattfinden soll oder nicht, basiert auf der Entscheidung, ob der Patient den Screening-Test toleriert. Ein instabiler Patient mit hohem PEEP und FiO_2 wäre dafür z. B.

nicht geeignet. Der Zweck des Screening-Tests ist es, zu entscheiden, ob ein Weaning erfolgen soll oder nicht. Dabei wird eingeschätzt, ob der Patient eine Reduzierung der Beatmungsunterstützung während des Weanings tolerieren wird. Als zuverlässigster Screening-Test für diese Entscheidung gilt allgemein der Rapid Shallow Breathing Index. (2) Aber es ist die nächste Entscheidung, in der noch mehr Komplexität liegt, nämlich ob extubiert werden soll oder nicht.

Im Entscheidungsprozess für oder gegen eine Extubation liegen alle Manipulationen, die im Weaning Prozess stecken. Studien, die verschiedene Beatmungsmodi zur Entwöhnung vergleichen, kommen zu widersprüchlichen Ergebnissen. Dennoch ist allgemein akzeptiert, dass in Bezug auf die Senkung der Beatmungsdauer tägliche Spontanatemversuche (T-piece trial) oder die druckunterstützte Beatmung (PSV) der intermittierenden mandatorischen Beatmung (SIMV) vorzuziehen sind. (3) Eine Druckunterstützung, ASB, ist interessant, weil sie eine graduelle Abnahme der Unterstützung erlaubt, und nur noch die Kompensation der durch den Tubus bedingten Atemarbeit unterstützt. Aber die Bestimmung des Minimalniveaus des ASB kann kompliziert werden, je nachdem, ob ein Tracheostoma oder ein endotrachealer Tubus, ein Wärme- und Feuchtigkeitstauscher (HME) oder ein Anfeuchter verwendet wird und ob die Aktivierung der automatischen Tubuskompensation (ATC™) erfolgt (der genauere Weg zur Kompensation der beatmungsbedingten Atemarbeit).

Wenn wir davon ausgehen, dass der Punkt für die Reduzierung der Unterstützung gefunden werden kann (d. h., dass die Entscheidung zur Extubation getroffen werden kann), so ist der Weg zu diesem Punkt jedoch mit Komplikationen gepflastert. Die ganze Zeit über muss der Zustand des Patienten hinsichtlich Gasaustausch und Komfort überprüft werden.

(1) Tobin MJ, Jubran A. Weaning from mechanical ventilation. In: Tobin MJ. Principles & practice of mechanical ventilation. 2. Auflage. New York: McGraw-Hill, 2006:1185-1220.

(2) 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.

(3) Eskandar N, Apostolakos MJ. Weaning from mechanical ventilation. Crit Care Clin 2007;23(2):263-274.

Dieser Prozess verlangt nicht nur eindeutige Definitionen des Patientenstatus (z. B. Hypo- oder Hyperventilation, Tachypnoe, Normalatmung usw.), sondern auch Sorgfalt bei der Anwendung von Überwachungstechniken. Jede Verzögerung und jeder Fehler bei der ordnungsgemäßen Bewertung dieser medizinischen Zustände führt zu einer Verlängerung der maschinellen Beatmung und den damit verbundenen Kosten und Risiken. Somit ist die Weaning Phase die Achillesferse im Beatmungsmanagement. Erschwert wird die Arbeit der Ärzte durch zahlreiche Herausforderungen, sei es Informationsüberlastung, fehlende standardisierte Technologie oder Unterschiede in den Praxisansätzen. (4)

Selbst wenn ausreichend explizite Protokolle zur Verfügung stehen, ist deren Umsetzung aus vielerlei Gründen, psychologischen und praktischen, unsicher. Tatsächlich können gedruckte Versionen aller, außer den einfachsten Protokollen, für die praktische Anwendung nicht ausführlich genug sein. (5) Angemessen ausführliche elektronische Protokolle sind am detailliertesten. Wenn sie als Open-Loop-Steuer-systeme verwendet werden (d. h. nur zur Entscheidungsunterstützung), können elektronische Protokolle die größtmögliche Gleichförmigkeit in der klinischen Entscheidungsfindung herbeiführen. (6) Anders als der Mensch (oder sogar ein ganzes Team) ist ein Computer rund um die Uhr wach. Eine Studie hat gezeigt, dass ein elektronisches Weaning Protokoll 56 ASB -Anpassungen pro Tag durchführte – im Gegensatz zu einer Anpassung pro Tag durch das Personal. Aufgrund dieser erhöhten Wachsamkeit waren die Patienten für weitaus kürzere Zeit einem hohen Atemwegs-Okklusionsdruck ausgesetzt (der schwere Atmungsanstrengung bedeutet). (7)

(4) Chatburn RL, Deem S. Should Weaning Protocols Be Used With All Patients Who Receive Mechanical Ventilation? *Respir Care* 2007;52(5):609–619

(5) Morris AH. Rational use of computerized protocols in the intensive care unit. *Crit Care* 2001;5(5):249–254.

(6) Morris AH. The importance of protocol-directed patient management for research on lung-protective ventilation. In: Dreyfuss D, Saumon G, Hubmayr R, editors. *Ventilator-induced lung injury*. New York: Marcel-Dekker; 2006: 537–610.

(7) Dojat M, Harf A., Touchard D., Lemaire F., und Brochard L. Clinical evaluation of a computer-controlled Pressure Support mode. *Am J Respir Crit Care Med* 2000; 161:1161-6.

(8) Chatburn RL. Computer control of mechanical ventilation. *Respir Care* 2004;49(5):507-515.

Welche Verbesserungen wird die Zukunft für das automatisierte Management von Beatmungsgeräten bringen? Die wirkliche Herausforderung bei der Beatmungssteuerung ist die Definition und Messung der passenden Feedback-Signale. Wenn wir uns kurz alle Variablen ins Gedächtnis rufen, mit denen ein menschlicher Anwender rechnen muss, erscheint das Problem unüberwindlich. Ein Mensch kalkuliert nicht nur einen weiten Bereich individueller physiologischer Variablen ein, sondern berücksichtigt auch noch abstraktere Faktoren, wie z. B. metabolische, kardiovaskuläre und psychologische Zustände. Wenn wir dazu noch die verschiedenen Umgebungsfaktoren bedenken, die das Urteil des Bedieners beeinflussen können, stehen wir vor einem wirklich komplexen Steuerungsproblem. Nichtsdestotrotz kann Komplexität den menschlichen Erfindergeist nicht schrecken. Wenn die jüngsten Innovationen bei der Konzeption von Beatmungsgeräten Schlüsse zulassen (8), dann werden wir mit ziemlicher Sicherheit auch weiterhin einen Trend zu intelligenten Systemen beobachten können. Das bedeutet, dass ein hohes Maß an menschlichen Fähigkeiten erforderlich ist, um die korrekte Anwendung einer solchen Technologie zu gewährleisten. Hand in Hand mit der richtigen Anwendung bieten diese Innovationen die Chance, die therapeutische Qualität und Effizienz weiter zu verbessern.



Robert L. Chatburn, BS, RRT-NPS, FAARC
Manager Klinische Forschung
Abteilung Beatmungstherapie
Cleveland Clinic.

Einführung

Sobald die Entscheidung für die künstliche Beatmung eines Patienten gefallen ist, werden während der Behandlungsphase normalerweise die Invasivität und die Dauer der mechanischen Beatmung so weit wie möglich minimiert, um Lungenschäden und weitere Komplikationen zu vermeiden [1]. Vor allem langzeitbeatmete Patienten können sich so sehr an das Beatmungsgerät gewöhnen, dass die Entwöhnung schwierig wird. Untersuchungen zufolge werden bis zu 42 % der Beatmungszeit in Krankenhäusern allein für die Entwöhnung verwendet [10]. Da jeder beatmete Patient entwöhnt werden muss, erscheinen Weaning Protokolle als geeignetes Mittel zur Automatisierung dieses Vorgangs.



Abb. 2:
Die Therapiephasen für einen beatmeten Patienten von der Aufnahme bis zur Entlassung.

SmartCare®/PS ist ein automatisiertes Weaning System zur Steuerung eines Beatmungsgerätes. Es hilft, die Spontanatmung eines Patienten in einer „Komfortzone“ zu stabilisieren und die Atmungsunterstützung zu reduzieren, bis der Patient extubiert werden kann. Das System basiert auf der klinischen Erfahrung, dass Beatmungssituationen in verschiedene Diagnosen klassifiziert und der jeweiligen Diagnose angemessene therapeutische Maßnahmen angewendet werden können. Diese therapeutischen Maßnahmen basieren auf einem klinischen Protokoll, das in jahrelanger Entwicklung getestet und geprüft wurde.

Der Zweck dieses Buches ist es, dieses Protokoll detailliert zu vermitteln, während in der Bedienungsanleitung die sichere Anwendung von SmartCare®/PS beschrieben wird.

Es gibt viele Parallelen zwischen SmartCare®/PS und den automatischen Landesystemen, die heutzutage häufig in der

Luftfahrt verwendet werden. In der Frühzeit der Luftfahrt war das Landen eines Flugzeugs eine Herausforderung – selbst bei guter Sicht und Windstille. Schlechte Witterungsbedingungen, wie z. B. Nebel, machten Landungen erst recht extrem riskant. Deshalb wurden Systeme entwickelt, die den tatsächlichen Flugweg eines Flugzeugs überwachen. Im Laufe der Jahre lieferten Systeme wie das ILS (Instrument Landing System) dem Piloten immer genauere Informationen darüber, ob sich das Flugzeug auf dem Gleitweg befand oder nicht. Zusätzlich wurde das Fliegen eines Flugzeugs durch computerunterstützte Flugsteuerungen (Fly-by-wire) erleichtert, die die direkte mechanische Steuerung von Rudern und Klappen ersetzen. Die neueste Entwicklung bei den automatischen Landesystemen ist die automatische Orientierung an der für einen Flugplatz spezifischen Landungsprozedur. Heute kann das Landen eines Flugzeugs mit Cat IIIc auch bei schlechtem Wetter unbeeinflusst von Nebel oder Turbulenzen sicher vonstatten gehen.

Die künstliche Beatmung von Intensivpatienten nahm einen ähnlichen Verlauf. Die mechanisch und pneumatisch gesteuerten Beatmungsgeräte der Vergangenheit wurden durch computergesteuerte Geräte abgelöst. Zahlreiche Modi unterstützen die Feineinstellung eines Beatmungsgeräts auf die Bedürfnisse des Patienten. Darüber hinaus geben die erweiterten Überwachungsmöglichkeiten moderner Beatmungsgeräte detaillierte Informationen über die Beatmungssituation. Es wurden Protokolle zur Anwendung der Modi und der Änderung der Einstellungen auf der Basis von Diagnosen entwickelt, die durch manuelle Anpassung der Einstellungen der Beatmungsgeräte befolgt werden. Jetzt existiert mit SmartCare®/PS ein automatisches System, das die Einstellung der Beatmungsmodi auf der Basis eines klinischen Protokolls steuert. Damit wurde die automatische Entwöhnung eines Patienten ermöglicht.

Bei der Konzeption von SmartCare®/PS stand tatsächlich die Idee des automatischen Landesystems Pate, bei dem der Pilot während der automatischen Landeprozedur immer die Kontrolle über das Flugzeug behält. Der Pilot entscheidet nicht nur, wann er den Autopiloten einschaltet, sondern überwacht auch den automatischen Landeanflug und hat die Möglichkeit, das System jederzeit außer Kraft zu setzen. Auf der so genannten „Entscheidungshöhe“ entscheidet der Pilot, das Flugzeug zu landen oder es wieder höher zu ziehen.

Bei SmartCare®/PS ist es ähnlich: Wenn z.B. der verantwortliche Arzt den Patienten für stabil genug erklärt, um entwöhnt zu werden, wird SmartCare®/PS eingeschaltet. Das System hilft bei der Entwöhnung des Patienten nach einem definierten Plan. Es reagiert auf Änderungen im Zustand des Patienten und bringt ihn bei Bedarf wieder auf den „richtigen Weg“ zurück. Nach einem automatischen Spontanattemptsversuch zeigt SmartCare®/PS an, ob der Patient extubiert werden kann, hält aber die Beatmungsunterstützung des Patienten aufrecht, bis entschieden wird, dass der Patient „zur Landung bereit“ ist.

SmartCare®/PS in Kürze

SmartCare®/PS ist ein automatisiertes klinisches Protokoll, das konzipiert wurde, um die Spontanatmung des Patienten in einer „Komfortzone“ zu stabilisieren und die Beatmungsunterstützung automatisch zu reduzieren.

SmartCare®/PS kann zum Weaning intubierter oder tracheotomierter Patienten mit einem Körpergewicht von über 15 kg verwendet werden.

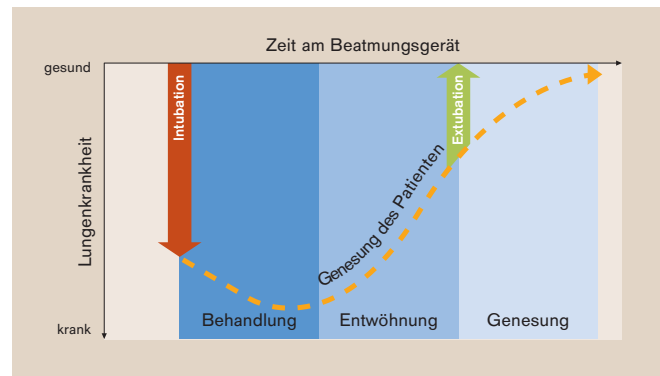
Die Patienten sollten zur Entwöhnung bereit, d. h. hämodynamisch stabil sein und eine angemessene Oxygenierung und Spontanatmung aufweisen.

SmartCare®/PS in verschiedenen Weaning Phasen

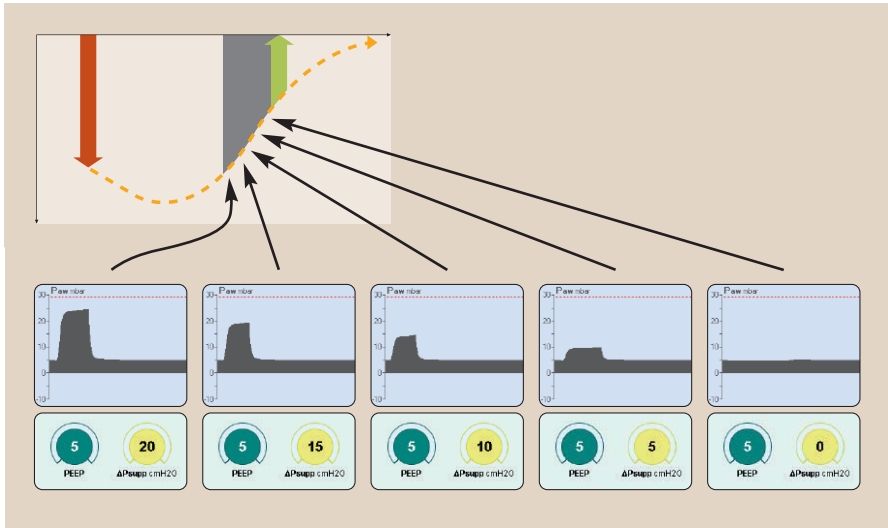
Die Phasen des Weaning Protokolls

Zum Ende der akuten Behandlungsphase eines beatmeten Patienten ändert sich die Hauptstrategie hinsichtlich der Einstellung des Beatmungsgerätes: Der Patient soll vom Beatmungsgerät entwöhnt werden. Unabhängig vom Beatmungsprotokoll folgt der Verlauf der Entwöhnung immer demselben Muster: Die Beatmungsunterstützung wird bis zu dem Punkt reduziert, an dem die Bereitschaft des Patienten zur Extubation getestet werden kann. Wurde der Test erfolgreich durchgeführt und sind bestimmte weitere Kriterien erfüllt, kann der Patient vom Beatmungsgerät getrennt und extubiert werden.

Abb. 3:
Änderung der Schwere einer Lungenkrankheit während der Phase von der Intubation bis zur Extubation.



Während eine angemessene Oxygenierung aufrechterhalten wird, wird die Atemarbeit schrittweise vom Beatmungsgerät auf den Patienten übertragen - je nach der Fähigkeit des Patienten, selbstständig zu atmen.



Einer der häufig angewendeten Weaning Ansätze ist eine Kombination aus CPAP und Druckunterstützung (ASB). Während die Oxygenierung über den Sauerstoffanteil und den mittleren Atemwegsdruck gesteuert wird, wird über die Druckunterstützung während des Weanings schrittweise mehr Arbeit vom Beatmungsgerät auf den Patienten übertragen.

Der Ansatz ist einfach: Die Beatmungsunterstützung wird geringfügig reduziert, anschließend wird nach einer bestimmten Zeit überprüft, ob der Patient die erhöhte Eigenbelastung verträgt [Abb. 4]. Wenn dies der Fall ist, wird die Unterstützung weiter reduziert, wenn nicht, wird die Änderung rückgängig gemacht. Wenn die Unterstützung auf ein minimales Druckziel reduziert worden ist, wird ein Spontanatemversuch durchgeführt und, sofern möglich, der Patient vom Beatmungsgerät getrennt und extubiert.

Abb. 4:
Vereinfachtes
Beispiel des
Druckunterstützungs-
Entwöhnungsansatzes.

Dieser Ansatz könnte leicht automatisiert werden – aber in der Realität ist dies nicht ganz so einfach. Patienten, denen die Freiheit gegeben wurde, spontan zu atmen, weichen oft vom geplanten Entwöhnungsweg ab und verfallen in Hypo- oder Hyperventilation, zeigen Zeichen von Tachypnoe oder werden einfach nicht angemessen beatmet. Ein klinisches Protokoll muss sicherstellen, dass der Patient kontinuierlich überwacht wird und dass angemessene therapeutische Maßnahmen ergriffen werden, um ihn wieder auf den „richtigen Weg“ zu führen, wenn solche unerwünschten Situationen eintreten.

Dies ist exakt der Punkt, an dem SmartCare®/PS einsetzt. Der Beatmungsstatus des Patienten wird in acht verschiedene Diagnosen klassifiziert und es werden definierte Maßnahmen ergriffen, um den Patienten in einen Bereich, der „normale Ventilation“ genannt wird, oder in die „Zone des respiratorischen Komforts“ zurückzusetzen. Dieses Protokoll ist während aller Phasen einer SmartCare®/PS-Sitzung aktiv. Darüber hinaus wird in einer als „Anpassen“ bezeichneten Phase das Niveau der Beatmungsunterstützung schrittweise reduziert, während kontinuierlich überprüft wird, ob der Patient das neue Niveau verträgt. Wenn dies der Fall ist, wird das Entwöhnungsniveau weiter vermindert, wenn nicht, wird es wieder auf ein für den Patienten angemessenes Niveau erhöht. Im Optimalfall erfolgt eine schrittweise Reduzierung der Druckunterstützung auf direktem Wege, bis das niedrigste Niveau erreicht ist.

SmartCare®/PS passt die Einstellungen in Intervallen bis zu fünf Minuten an. Um eine solche dichte Übereinstimmung mit einem Protokoll zu erreichen, müsste man kontinuierlich vor dem Beatmungsgerät stehen und die Einstellungen manuell ändern. Deshalb sind die Zeitintervalle zwischen manuellen Änderungen in der Praxis häufig viel länger.

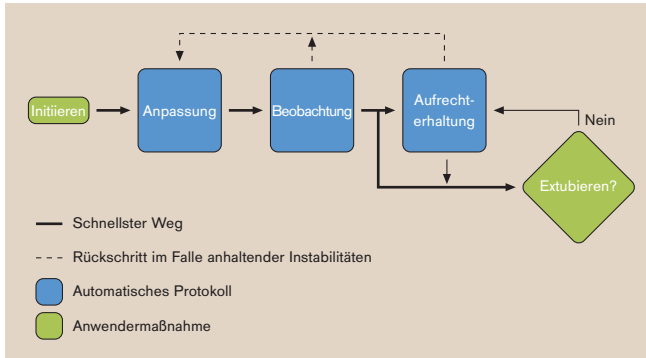


Abb. 5:

Anpassung:
Der Patient wird bis zu einem minimalen Unterstützungsniveau in eine „Komfortzone“ der Normalatmung geführt.

Beobachtung:
Überwacher Spontanatemversuch auf minimalem Druckunterstützungsniveau.

Aufrechterhaltung:
Der Patient wird unter automatischer Kontrolle gehalten, nachdem er für „SC: Entwöhnung abgeschlossen“ erklärt wurde.

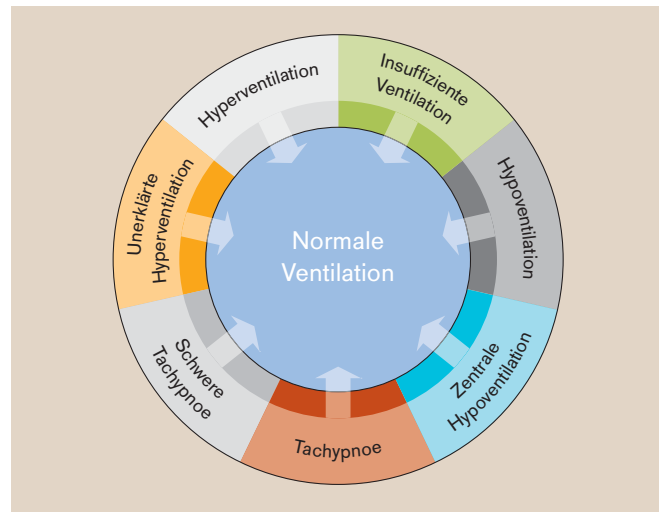
Wenn der Patient bis zu einem Unterstützungsniveau entwöhnt worden ist, das niedrig genug erscheint, wird automatisch ein Spontanatemversuch durchgeführt, in dessen Rahmen der Patient für eine definierte Zeit bei niedrigstem Unterstützungsniveau überwacht wird. Diese Phase wird „Beobachten“ genannt. Anschließend zeigt SmartCare®/PS an, ob der Patient für eine Extubation bereit ist, und fährt mit der Beatmungsunterstützung auf niedrigem Niveau fort, bis entschieden ist, dass der Patient tatsächlich vom Beatmungsgerät getrennt werden kann. Diese Phase wird als „Erhalten“ bezeichnet. In dieser Phase wird der Patient in derselben Weise beobachtet und behandelt wie zuvor, bis z.B. der Arzt entscheidet, den Patienten tatsächlich zu extubieren.

Wenn der Spontanatemversuch nicht erfolgreich verläuft oder sich der Zustand des Patienten erneut verschlechtert, tritt das Protokoll wieder in die Phase „Anpassen“ ein und passt die Beatmungsunterstützung wieder dem Bedarf an.

Diagnose des Beatmungsstatus mit SmartCare®/PS

Selbstverständlich ist für die Rückführung auf den „richtigen Weg“ mit SmartCare®/PS eine Diagnose des Beatmungsstatus des Patienten erforderlich. Diese Aufgabe wird regelmäßig ausgeführt. Auf der Grundlage des in der Datenbank von SmartCare®/PS gespeicherten klinischen Protokolls wird die aktuelle Situation in eine von acht Diagnosen klassifiziert. Anschließend kann SmartCare®/PS therapeutische Maßnahmen ergreifen, die im Protokoll hinterlegt sind, um den Patienten zurück in die "Normale Ventilation" zu führen.

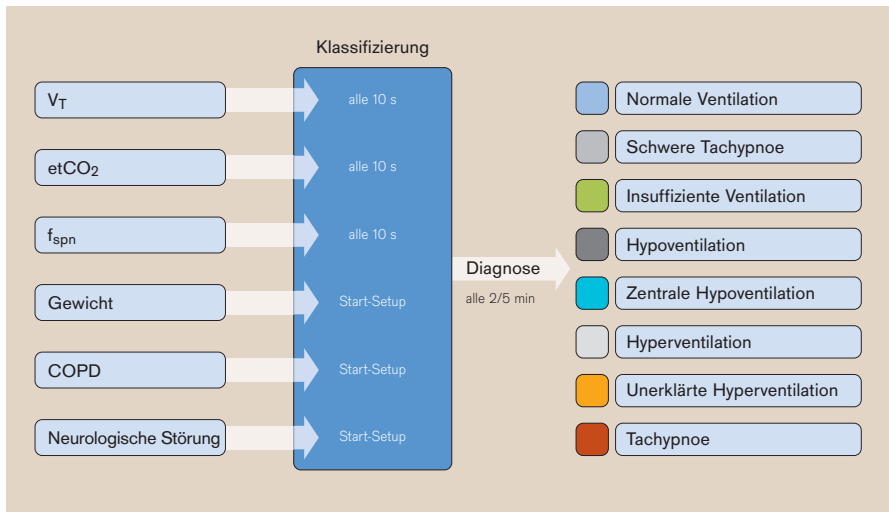
Abb. 6:
SmartCare®/PS versucht, den Patienten innerhalb der „normalen Beatmungszone“ zu halten und bringt ihn im Falle einer gegenteiligen Diagnose wieder auf den „richtigen Weg“.



Die drei zentralen Kriterien sind

- Spontanatemfrequenz (f_{spn})
- Tidalvolumen (V_T)
- Endtidales CO_2 ($etCO_2$)

Die Klassifizierung berücksichtigt auch die Anamnese. Wenn z. B. im Falle einer chronisch-obstruktiven Lungenerkrankung das etCO_2 -Niveau erhöht ist, wird mit anderen etCO_2 -Schwellenwerten gearbeitet. Im Falle neurologischer Störungen, bei denen die Atemmuster von normalen Atemmustern abweichen, werden andere Grenzwerte für die Spontanatemfrequenz verwendet. Auch das Körpergewicht ist ein entscheidender Faktor für die Atmung. Abhängig vom Körpergewicht und davon, ob es sich um Kinder, erwachsene oder alte Patienten handelt, werden verschiedene Schwellenwerte für das Tidalvolumen verwendet.



Somit basiert die komplette Klassifizierung in Wirklichkeit auf einem sechsdimensionalen Modell klinischer Erfahrung.

Abb. 7:

Die Beatmungssituation wird alle zwei Minuten auf der Basis von sechs Eingabeparametern in acht verschiedene Diagnosen klassifiziert. Nach einer Änderung des Unterstützungsdrucks erfolgt die nächste Klassifizierung nach fünf Minuten.

„Normale Ventilation“ für einen erwachsenen Patienten ohne signifikante physiologische Limitierungen wird auf der Grundlage folgender Parameter klassifiziert:

f_{spn} : 15 - 30 / min

V_T : > 300 ml

etCO₂: < 55 mmHg

Dennoch wählt das System auf der Basis der Einstellungen für Körpergewicht, COPD und neurologische Störungen verschiedene Einstellungen aus der Datenbank.

Abb. 8 zeigt einen vereinfachten zweidimensionalen Auszug aus der Diagnoselogik für Patienten mit einem Körpergewicht über 35 kg. Auf der Grundlage des etCO₂-Niveaus und des Spontanatmungsmusters wird der Atmungsstatus in eine der Diagnosen klassifiziert. Wenn wir die vier anderen Parameter für dieses Beispiel ignorieren, würde ein Patient mit einem etCO₂-Spiegel von 57 mmHg und einer Atemfrequenz von 12 bpm in die Diagnose „Hypoventilation“ klassifiziert (blauer Punkt).

Ein Patient mit einem etCO₂ von 35 mmHg und einer Atemfrequenz von 20 bpm hingegen würde in die Diagnose „Normale Ventilation“ klassifiziert (grüner Punkt).

Eine Klassifizierung der Atmung durch SmartCare®/PS erfolgt alle zwei Minuten, wenn sich das Niveau der Druckunterstützung nicht geändert hat, und alle fünf Minuten, wenn es sich geändert hat. Die Klassifizierung basiert auf Durchschnitts-

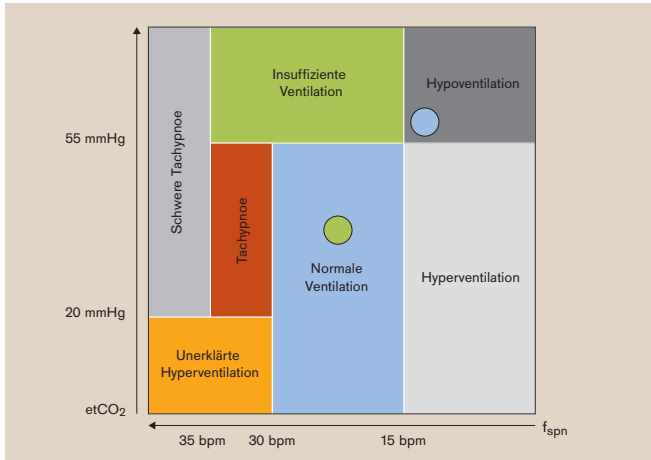


Abb. 8:
Vereinfachtes
Modell der Klassi-
fizierung durch
SmartCare®/PS für
Patienten mit einem
Körpergewicht über
36 kg.

werten der Atemfrequenz, des Tidalvolumens und des etCO_2 -Niveaus (die alle 10 Sekunden gemessen werden) sowie der eingegebenen Parameter für Körpergewicht und Anamnese.

Die aktuelle Diagnose wird auf dem Bildschirm angezeigt und in einer speziellen Trendgraphik dargestellt.

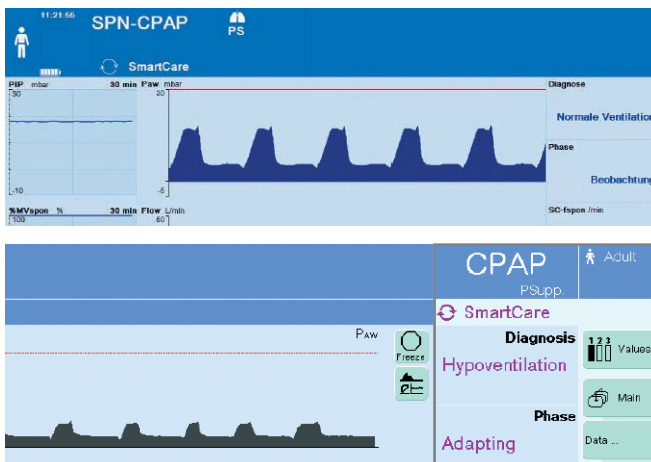


Abb. 9:
Evita Infinity® V500
(oben) und
EvitaXL (unten)
Anzeige des Staus
und der Diagnose.

Der Weg zurück zu einer normalen Atmung

SmartCare®/PS wendet verschiedene therapeutische Maßnahmen an, um die Druckunterstützung an die aktuelle Diagnose anzupassen.

Da das Endziel die Entwöhnung des Patienten ist, werden die Diagnosen „Normale Ventilation“ und „Hyperventilation“ als normale Situationen für einen Patienten während des Weanings betrachtet, wohingegen alle anderen Diagnosen ein bestimmtes Niveau von Instabilität bedeuten. Die generelle Reaktion auf Instabilitäten ist die Erhöhung der Beatmungsunterstützung und/oder die Aufforderung an z.B. den Arzt, den Zustand des Patienten zu überprüfen. In den zwei normalen Situationen wird die Druckunterstützung weiter reduziert, wobei Dauer und Zeitintervalle an die Beatmungssituation angepasst werden.

Tabelle 1:
Überblick über die verschiedenen therapeutischen Maßnahmen von SmartCare®/PS. Weitere Details finden Sie in Anhang I.

Diagnose	f_{spn}	V_T	etCO ₂	PS
Hypoventilation	$f_{spn} < \text{tief } f_{spn}$	$V_T \leq V_T$	etCO ₂ hoch \leq etCO ₂	wird erhöht
Schwere Tachypnoe	Max. $f_{spn} \leq f_{spn}$ tief	$V_T \leq V_T$	20 mmHg \leq etCO ₂	wird erhöht
Insuffiziente Ventilation	f_{spn} tief $\leq f_{spn} < \text{max. } f_{spn}$	–	etCO ₂ hoch \leq etCO ₂	wird erhöht
Tachypnoe	f_{spn} hoch $\leq f_{spn} < \text{max. } f_{spn}$	V_T tief $\leq V_T$	20 mmHg \leq etCO ₂ < etCO ₂ hoch	wird erhöht
Zentrale Hypoventilation	$f_{spn} < \text{tief } f_{spn}$	$V_T < \text{tief } V_T$	etCO ₂ hoch \leq etCO ₂	keine Änderung
Nicht erklärbare Hypoventilation	f_{spn} hoch $\leq f_{spn}$	V_T tief $\leq V_T$	etCO ₂ < 20 mmHg	keine Änderung
Normale Ventilation	f_{spn} tief $\leq f_{spn} < \text{hoch } f_{spn}$	V_T tief $\leq V_T$	etCO ₂ < hoch etCO ₂	wird reduziert, Entwöhnung
Hyperventilation	$f_{spn} < \text{tief } f_{spn}$	–	etCO ₂ < hoch etCO ₂	wird reduziert

Instabilitäten sind Situationen, in denen der Patient nicht in die Diagnose „Normale Ventilation“ oder „Hyperventilation“ klassifiziert wird.

Eine spezielle Trend-Anzeige zeigt die klassifizierte Diagnose im Verlauf an, damit der Verlauf der Entwöhnung des Patienten überprüft werden kann. Darüber hinaus zeigt ein farbiges Balkendiagramm die vom Protokoll gewählte Strategie an:

Orange = Die Atemunterstützung wird aufrechterhalten oder erhöht.

Grün = Der Patient wird schrittweise entwöhnt.

Hellgrün = Der Patient ist hyperventiliert, die Beatmungsunterstützung wird reduziert.

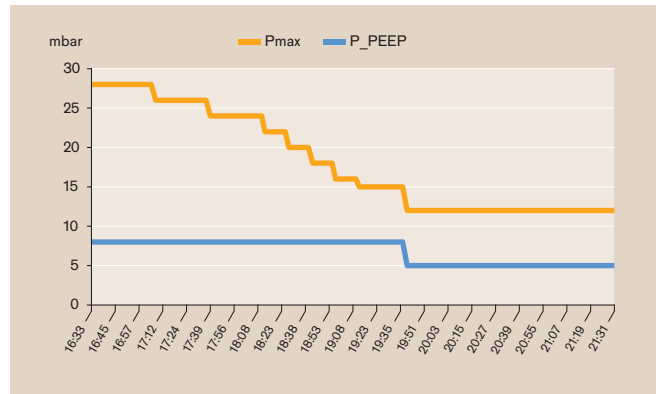


Abb. 10:
Ein typischer Entwöhnungsverlauf; Trendaufzeichnung von Diagnose und ASB (EvitaXL) / Psupp (Evita Infinity® V500).



Abb. 11 zeigt eine Aufzeichnung eines mit SmartCare®/PS entwöhnten Patienten. Innerhalb von fünf Stunden wurde die Druckunterstützung erfolgreich reduziert. Der PEEP wurde nach einer Meldung von SmartCare®/PS zu Beginn der Beobachtungsphase manuell auf 5 mbar geändert.

Abb. 11:
Typischer Verlauf
einer
SmartCare®/PS-
Patientensitzung mit
einem leicht zu
entwöhnenden
Patienten ohne
Instabilitäten.



Wie ermittelt SmartCare®/PS die richtige Druckunterstützung?

Zunächst wird im Rahmen der Entwöhnung die Druckunterstützung um 4 mbar oder 2 mbar gesenkt. Wie in der Analogie mit dem Flugzeug, wo während der Landephase die Sinkgeschwindigkeit in großer Flughöhe größer und in niedriger Flughöhe geringer ist, senkt SmartCare®/PS die Druckunterstützung bei hohem Unterstützungsdruck um 4 mbar und bei niedrigem Unterstützungsdruck um 2 mbar. Die tatsächliche Unterscheidung zwischen hohem und niedrigem Unterstützungsdruck erfolgt auf der Grundlage folgender Variablen: Art der Befeuchtung, Verwendung automatische Tubuskompensation und Art der Intubation zu Beginn der Patientensitzung. Die Verwendung einer künstlichen Nase (Wärme- und Feuchtigkeitstauscher, HME) anstelle eines aktiven Anfeuchters, einer Tracheostomie oder einer endotrachealen Intubation oder die Anwendung der automatischen Tubuskompensation (ATC™) ändert z.B. den inspiratorischen Widerstand. Dies wirkt sich wiederum darauf aus, wieviel inspiratorische Unterstützung geleistet werden muss, um diesen Widerstand zu überwinden. Außerdem müssen Änderungen im Totraum, die durch verschiedene Befeuchtungsmethoden hervorgerufen werden, kompensiert werden.

Bei normaler Atmung wird die Druckunterstützung stabil gehalten oder es erfolgt eine schrittweise Entwöhnung. Wenn Hyperventilation festgestellt wird, reduziert SmartCare®/PS den Unterstützungsdruck sofort um 4 mbar. Entsprechend der Wissensdatenbank erhält ein in die Diagnose „Hyperventilation“ klassifizierter Patient zuviel Beatmungsunterstützung (d. h. Druckunterstützung) und zeigt infolge dessen eine Atemfrequenz.

Bei den Diagnosen „Unerklärte Hyperventilation“ und „Zentrale Hypoventilation“ behält SmartCare®/PS den aktuellen Druck bei und meldet z.B. dem Arzt, dass der Patient überprüft werden muss. Im Falle der „Unerklärten Hyperventilation“ kann der Patient ein anderes Problem haben, z. B. Schmerz. Der Diagnose „Zentrale Hyperventilation“ können ebenfalls verborgene Probleme zugrunde liegen, z. B. erhöhter intrazerebraler Druck infolge einer Gehirnblutung. Normalerweise bestimmt der paCO_2 (der sich im etCO_2 widerspiegelt) den Atemantrieb. Wenn ein hohes CO_2 -Level die Atmungsaktivität nicht steigert, ist eine Überprüfung des Patienten erforderlich.

Bei allen anderen Diagnosen wird die Druckunterstützung erhöht. Die Erhöhung ist für jede Diagnose unterschiedlich. Die stufenweise Erhöhung der Druckunterstützung bei ungenügender Atmung und Tachypnoe hängt vom aktuellen Niveau der Druckunterstützung ab, „schwere Tachypnoe“ und „Hypoventilation“ bewirken eine Erhöhung des Unterstützungsdrucks um 4 mbar.

Sobald SmartCare®/PS den Patienten bis zu einem bestimmten Zieldruck entwöhnt hat (dieser hängt wieder von den oben aufgeführten Variablen ab), entscheidet SmartCare®/PS, dass der Patient für einen Spontanatemversuch bereit ist. Deshalb schaltet SmartCare®/PS entsprechend dem klinischen Protokoll von der Phase „Anpassen“ in die Phase „Beobachten“.

Der Spontanatemversuch

Die folgende Phase – „Beobachten“ – besteht aus einem überwachten Spontanatemversuch (SBT, Spontaneous Breathing Trial). Innerhalb dieser Phase kontrolliert SmartCare®/PS den Patienten auf dieselbe Weise wie während der Anpassungsphase - mit dem Unterschied, dass der Unterstützungsdruck nicht mehr weiter gesenkt wird. Der Patient wird nun über einen festgelegten Zeitraum beobachtet, um seine Fähigkeit zu testen, auf dem untersten Druckunterstützungsniveau normal zu atmen. Die Dauer der Beobachtungsphase richtet sich nach der Höhe der Druckunterstützung zu Beginn der SmartCare®/PS-Sitzung. Wieder werden die Variablen HME, ATC™ und Intubationsart verwendet, um den inspiratorischen Widerstand und den Totraum zu kompensieren. Dabei gilt als Faustregel: Ein hohes ASB-Niveau zu Beginn einer SmartCare®/PS-Sitzung führt zu einer Beobachtungsphase von zwei Stunden, während diese bei einem niedrigen Niveau nur eine Stunde dauert.

Zu Anfang der Beobachtungsphase ist ein PEEP von 5 mbar oder niedriger erforderlich, der vom Anwender eingestellt werden muss. Wenn der aktuell eingestellte PEEP höher ist als 5 mbar, wird dies dem Anwender mitgeteilt.

Wenn der Patient während des Spontanatemversuchs Anzeichen von Instabilität zeigt, reagiert SmartCare®/PS entsprechend mit den oben beschriebenen therapeutischen Maßnahmen.

The screenshot displays the SmartCare®/PS interface on a monitor. At the top, a yellow banner reads "SC: Consider separation !". Below it, a blue bar contains the text "Patient can probably be separated from ventilator". The interface also shows "CPAP PSupp." and "Adult" settings. A "SmartCare" logo is visible. Below this, a blue bar shows "SPN-CPAP PS" and a green bar reads "SC: Spontanatemversuch erfolgreich!". A bottom blue bar contains "SmartCare" and "SC: Spontanatemversuch erfolgreich!". The device name "EvitaXL" and "Evita Infinity® V500" are also visible.

Die automatisierte Entwöhnung wurde erfolgreich durchgeführt, d. h., das Therapieziel wurde erreicht. Überprüfen Sie den klinischen Zustand des Patienten und erwägen Sie eine Extubation des Patienten.

Solange Instabilitäten nicht mehr als 20 % der Beobachtungszeit überschreitet, werden sie akzeptiert. Wenn z. B. 30 Minuten vergangen sind, toleriert SmartCare®/PS Instabilitäten von bis zu sechs Minuten. Sollte die Zeit, in der Instabilitäten auftreten, länger sein als die erwähnten 20 %, wird der Spontanatemversuch abgebrochen und die Anpassungsphase erneut gestartet.

Wenn der Patient die Beobachtungsphase erfolgreich durchlaufen hat, informiert SmartCare®/PS den Anwender mit der Meldung: „SC: Entwöhnung abgeschlossen“. Dies ist der Start der letzten Phase – „Erhalten“.

Die Phase „Erhalten“

In der Phase „Erhalten“ wird der Patient in derselben Weise beobachtet und behandelt wie zuvor: SmartCare®/PS klassifiziert den Patienten alle zwei Minuten, da keine Änderungen im Niveau der Druckunterstützung erwartet werden, bis der Arzt den Patienten vom Beatmungsgerät trennt. Möglicherweise folgt noch eine Extubation.

Hat der Patient die Beobachtungsphase erfolgreich durchlaufen, gilt die Entwöhnung als vollzogen und der Arzt kann eine Extubation erwägen. Nichtsdestotrotz wird in der klinischen Praxis speziell beim Weaning langzeitbeatmeter Patienten eine Extubation sofort nach einem erfolgreichen Spontanatemversuch nicht empfohlen. Bei den Patienten, die wahrscheinlich weitere Beatmungsunterstützung benötigen, wendet das Protokoll SmartCare®/PS verschiedene therapeutische Maßnahmen an, um den Patienten selbst dann stabil zu halten, wenn bei einer temporären Erhöhung der Druckunterstützung Instabilitäten auftreten.

Abb. 14 zeigt die Druckkurve bei einem Patienten, der erfolgreich entwöhnt wurde, sowie die Kurven für Frequenz, Tidalvolumen und endtidales CO₂. Während einiger Perioden der Instabilität im Laufe der Erhaltungsphase hat SmartCare®/PS den ASB-Druck zeitweise erhöht, aber anschließend das Weaning fortgesetzt.

Wenn die Instabilitäten länger andauern oder zu häufig auftreten, ist der Patient wahrscheinlich nicht stabil genug, um extubiert zu werden. Infolgedessen wird die Meldung „SC: Entwöhnung abgeschlossen“ zurückgezogen und der Patient muss erneut die Phasen „Anpassen“ und „Beobachten“ durchlaufen. Im Wesentlichen bedeutet dies, dass ein neuer Weaning Prozess gestartet wird.

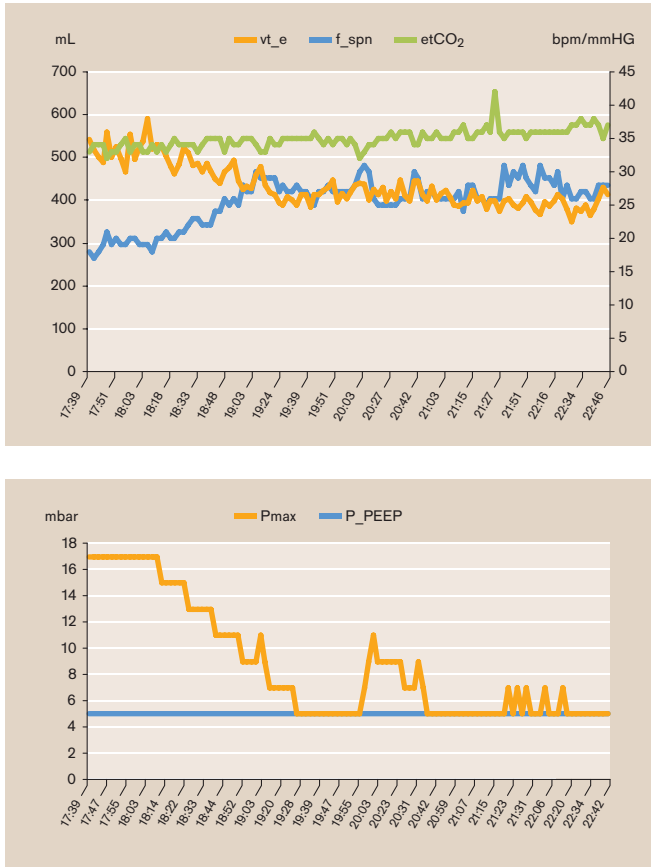


Abb. 13 & 14:
Kurven eines mit SmartCare®/PS entwöhnten Patienten. SmartCare®/PS reagiert auf Instabilitäten während der Phase „Erhalten“ mit Anpassung der Druckunterstützung.

Der Patient muss erneut das gesamte Protokoll durchlaufen, bis das unterste Druckunterstützungsniveau wieder erreicht wird. Selbstverständlich muss der Patient auch den Spontanatemversuch in der Beobachtungsphase erfolgreich beenden, damit die Meldung „Consider Separation“ („Entwöhnung abgeschlossen“) erneut angezeigt werden kann.

Indikationen und Kontraindikationen

Die Verwendung von SmartCare®/PS erfordert, dass der Patient und der klinische Befund bestimmte Bedingungen erfüllen müssen, damit ein Patient, der lange an ein Beatmungsgerät angeschlossen war, erfolgreich und ohne größere Komplikationen entwöhnt werden kann. Die Entscheidung, ob SmartCare®/PS verwendet werden soll, liegt in der Verantwortung des behandelnden Arztes.

Wie bei allen anderen therapeutischen Maßnahmen im Rahmen des Weaning muss der Patient zur Entwöhnung vom Beatmungsgerät bereit sein. Allgemein sollte der Patient hämodynamisch stabil sein und eine angemessene Oxygenierung und Spontanatmung aufweisen. SmartCare®/PS ist für eine Beatmung von Patienten mit einem Körpergewicht zwischen 15 kg und 200 kg konzipiert.

- Der Patient muss in CPAP/ASB invasiv beatmet (intubiert oder tracheotomisiert) sein.
- Der Patient muss hämodynamisch stabil sein.
- Der Patient muss eine gesicherte Spontanatmung aufweisen; er muss fähig sein, einen Atemzug auszulösen.
- Das Sedierungsniveau des Patienten muss niedrig genug sein, um eine spontane Atmung zu ermöglichen.
- Der Patient darf keine sich verschlimmernde chronisch-obstruktive Lungenerkrankung haben.
- Der Patient darf keine schweren neurologischen Störungen aufweisen, die sich auf das Spontanatmungsmuster auswirken, d. h. Atemfrequenzen über 34 bpm verursachen.

Außerdem sollten dieselben Kriterien angewendet werden, die für den Start des Entwöhnungsprozesses gelten – selbstverständlich individuell auf den Patienten zugeschnitten [1]:

- Der Patient sollte eine ausreichende Oxygenierung aufweisen, z. B. $\text{paO}_2 \geq 60 \text{ mmHg}$ bei $\text{FiO}_2 = 0,4$
- Der Patient sollte kein ausgeprägtes V/Q-Missverhältnis (Ventilation/Perfusion), wie z. B. eine Lungenembolie, aufweisen.
- Der Säure-Basen-Status sollte ausgeglichen sein.
- Der Patient sollte kein Fieber haben.

Weitere Bedingungen, insbesondere zur Einstellung des Beatmungsgerätes, finden Sie in der Bedienungsanleitung des Gerätes.

Postoperative Patienten

Das klinische Protokoll SmartCare®/PS wurde für die Entwöhnung langzeitbeatmeter Patienten konzipiert. Die Schrittgröße der Unterstützungsänderung, als auch z.B. die Anzahl der möglichen Reduzierung der Unterstützung pro Stunde sowie die Dauer der Beobachtungsphase sind speziell auf diese Patienten zugeschnitten. Deshalb können kurzzeitbeatmete Patienten nach einer Operation wahrscheinlich schneller mit manuellen Protokollen und erweiterten Modi wie MMV beatmet werden [1].

Erwachsene Patienten

SmartCare®/PS ist für eine Entwöhnung erwachsener Patienten mit einem Körpergewicht zwischen 35 kg und 200 kg konzipiert. Die Patienten können endotracheal intubiert oder tracheotomiert werden. Aktive Anfeuchtung oder ein Wärme- und Feuchtigkeitstauscher (HME) können angewendet werden.

Die automatische Tubuskompensation (ATC™) kann angewendet und muss auf 100 % eingestellt werden. Dies ist z.B. für den Spontanatemversuch besonders geeignet.

Pädiatrische Patienten

Für Patienten im Kindesalter mit einem Körpergewicht zwischen 15 kg und 35 kg gelten besondere Regeln. SmartCare®/PS kann nur bei endotracheal intubierten Patienten angewendet werden. Außerdem sollten keine HMEs oder Filter, die den Widerstand erhöhen, verwendet werden. Die Anfeuchtung muss durch einen aktiven Anfeuchter erfolgen.

Für pädiatrische Patienten muß ATC™ deaktiviert werden.

Patienten-Kontraindikationen

- Patient ohne Spontanatmung
- Patienten mit respiratorischer Instabilität
- Patienten mit einem Körpergewicht unter 15 kg oder über 200 kg
- Neugeborene
- Patienten mit ausgeprägtem Shunt- oder V/Q-Missverhältnis
- Patienten mit PEEP > 20 mbar

Normaler Ablauf einer Patientensitzung

Der Zeitraum, in dem SmartCare®/PS aktiviert ist und den Unterstützungsdruck automatisch anpasst, wird „Patientensitzung“ genannt. Der typische Ablauf einer Patientensitzung sieht folgendermaßen aus:

Vor der Patientensitzung

1. Der Anwender hat überprüft, ob der Patient zu einer Entwöhnung bereit ist.
2. Beatmungsparameter und Alarmgrenzen wurden in Übereinstimmung mit den Bedürfnissen des Patienten eingestellt; der Beatmungsmodus ist CPAP/ASB.
3. Die Parameter für Körpergewicht, Intubationsmodus und Anfeuchtung sowie für COPD und neurologische Störungen wurden eingestellt.

Während der Patientensitzung

1. SmartCare®/PS ist aktiviert und versucht zuerst, durch Anpassung der Druckunterstützung die Spontanatmung des Patienten zu stabilisieren.
2. Die Druckunterstützung wird regelmäßig an das Respirationsprofil des Patienten angepasst - dieses wird bestimmt durch die Spontanatemfrequenz, das Tidalvolumen und die endexpiratorische CO₂-Konzentration.
3. Auf der Grundlage dieser Werte wird die Atmung alle zwei bis fünf Minuten durch SmartCare®/PS klassifiziert.
4. Wenn die Druckunterstützung einen Minimalwert erreicht (definiert durch „Intubation“, „Anfeuchtung“ und „ATC™ Ein/Aus“), startet SmartCare®/PS einen Test, der dem Spontanatemversuch (SBT) äquivalent ist.

5. Wenn dieser Test erfolgreich abgeschlossen wurde, zeigt das System die Empfehlung an, den Patienten von der Beatmung zu trennen.
6. Der Patient wird in normaler Atmung gehalten, bis z.B. der Arzt entscheidet, den Patienten vom Beatmungsgerät zu trennen.

Überwachung der Entwöhnung

Da es sich bei SmartCare®/PS um ein automatisches Protokoll handelt, das auf der Beatmungsplattform EvitaXL und Evita Infinity® V500 ausgeführt wird, können alle erweiterten Überwachungsmöglichkeiten genutzt werden, um den Ablauf der Patientensitzung zu verfolgen.

Von besonderem Interesse sind während der Entwöhnung Parameter, die den Anwender bei der Entscheidung unterstützen, ob die Beatmungsunterstützung des Patienten auf einem niedrigen Niveau gehalten werden soll oder nach der Durchführung des Spontanatemversuchs eine Extubation versucht werden soll. Studien zufolge besteht bei Patienten, die den SBT 30-120 Minuten tolerieren, eine 77 % Chance auf erfolgreiche Extubation. Die Gefahr einer Reintubation liegt zwischen 4 und 23 % [1]. Somit kann bereits nach der ein- oder zweistündigen SmartCare®/PS-Beobachtungsphase der Extubationserfolg gut eingeschätzt werden.

In Kombination mit den anderen Parametern kann diese Wahrscheinlichkeit noch weiter erhöht werden. Entwöhnungsindizes wie der Rapid Shallow Breathing-Index (RSBI oder f_{spn}/V_T -Verhältnis) und $P_{0,1}$ sind in diesem Kontext erwiesenermaßen hilfreich, speziell wenn der Verlauf (Trend) aufgezeichnet wird. [5].

Neben anderen Standardparametern sind die folgenden Parameter besonders aussagekräftig für die Einschätzung des Extubationserfolges [5, 8]:

- $P_{0,1}$ < 3 bis 6 mbar
- RSBi < 105
- Erfolgreicher SBT (Spontanatemversuch)

“... Außer dem Rapid Shallow Breathing-Index sind nur wenige Prädiktoren zuverlässig. Möglicherweise hat der Arzt solche Informationen während der Untersuchung am Krankenbett bereits berücksichtigt.“ [5]

Selbstverständlich ist nicht nur der SBT automatisiert, sondern RSBI und $P_{0,1}$ stehen als Trendparameter in der EvitaXL und der Evita Infinity V500 zur Verfügung.

Hilfreiche Trends:

- SmartCare®/PS-Werte: SC f_{spn} , SC V_T und SC $etCO_2$
- f_{spn} , V_T , $etCO_2$, Atemminutenvolumen
- $P_{0,1}$ (n = 3 - 6)
- RSBI (n < 105)
- CO_2 -Produktion (n = 200 mL/min)

Außerdem bietet SmartCare®/PS für z.B. klinische Studien oder bei Remote-Zugang die Möglichkeit, über einen eingebauten Webserver in der EvitaXL Online-Berichte über den aktuellen Status des Patienten abzurufen.

Häufig gestellte Fragen

Ist SmartCare®/PS sicher, weil es den Druck selbsttätig ändert?

SmartCare®/PS ist eine unabhängige Erweiterung der Evita XL und Evita Infinity® V500 und ändert die in die Geräte eingebauten Sicherheitsmechanismen nicht. Alle Alarmgrenzen und von ihnen abhängige Reaktionen bleiben unberührt. Deshalb empfehlen wir, vor dem Start einer Patientensitzung folgende Alarmgrenzen einzustellen:

Parameter	Alarmgrenze
MV \downarrow	- 25 % des aktuellen MV
MV \uparrow	+ 25 % des aktuellen MV
f _{spn} \uparrow	40 Atemzüge/min für Patienten mit einem Körpergewicht über 35 kg Atemzüge/min für Patienten mit einem Körpergewicht ≤ 35 kg
V _{Ti} \uparrow	12 mL/kg KG
P _{AW} \uparrow	42 mbar
etCO ₂ \downarrow	18 mmHg
etCO ₂ \uparrow	57 mmHg (ohne COPD)
etCO ₂ \uparrow	67 mmHg (mit COPD)
T _{Apnea}	60 Sekunden

Was tun bei Atemstillstand?

Die Apnoe-Ventilation der EvitaXL und der Evita Infinity® V500 schaltet sich ein, wenn ein Atemstillstand festgestellt wird. In diesem Falle wird der Anwender benachrichtigt und die Patientensitzung beendet.

Kann ein Anfeuchter verwendet werden?

Für Patienten mit einem Körpergewicht über 35 kg kann jeder aktive Anfeuchter oder passive Wärme- und Feuchtigkeitstauscher (HME) verwendet werden.

Bei Patienten mit einem Körpergewicht von 35 kg oder weniger sollte nur aktive Anfeuchtung angewendet werden.

Kann ich SmartCare®/PS nachts anwenden, um den Patienten weiterhin stabil zu halten, ohne ihn zu entwöhnen?

SmartCare®/PS enthält auch die Funktion „Nachruhe“. Sie können einen Zeitraum einstellen, innerhalb dessen der Patient vom System in einer „Komfortzone“ normaler Atmung stabil gehalten wird, ohne dass eine Entwöhnung von der Beatmungsunterstützung stattfindet. Falls erforderlich, erhöht das System die Druckunterstützung während der Nachruhe. Die Entwöhnung wird automatisch wieder gestartet, wenn der Nachruhezeitraum beendet ist.

EvitaXL

Ventilator Settings

Overview | Airway Access | Medical History | **Night Rest** | Patient Session

Night Rest: Yes No

Begin: 22:00

End: 06:00

Basic settings | Add settings | SmartCare

Evita Infinity® V500

Beatmungseinstellungen

VC/AC | PC-BIPAP | VC-SIMV | **SPH-CPAP/PS** | VC-CMV | Weiten Mod.

Überblick | Patient | Atemwegs-zugang | Anamnese | **Nachruhe** | Patientens-Session

Nachruhe: Ja Nein

Beginn: 22:00

Ende: 6:00

Basiseinstell. | Erweiterte Einstell. | SmartCare

Was tun wenn SmartCare®/PS "Entwöhnung abgeschlossen" empfiehlt, aber kein Entscheidungsträger verfügbar ist?

SmartCare®/PS tritt in die Phase „Erhalten“ ein und hält die Beatmung des Patienten auf dem niedrigsten Niveau der Druckunterstützung aufrecht. Wenn der Patient Instabilitäten entwickelt und eine höhere Druckunterstützung erforderlich ist, stabilisiert SmartCare®/PS den Patienten entsprechend dem Protokoll. Dauern die Instabilitäten an, schaltet SmartCare®/PS zurück in die Phase „Anpassen“.

Wird Smart/Care durch Medikamentenvernebelung beeinträchtigt?

Solange der etCO₂-Sensor und der Flowsensor nicht durch große Mengen vernebelter Medikamente betriebsunfähig gemacht werden, ist SmartCare®/PS in keiner Weise beeinträchtigt.

Was passiert während der bronchialen Absaugung?

Die endotracheale Absaugung kann so oft durchgeführt werden, wie es nötig ist, ohne dass ein spezielles Verfahren aktiviert werden muss. Allerdings wird empfohlen, die Absaugungsfunktion der EvitaXL oder Evita Infinity® V500 mit Prä- und Post-Oxygenierung anzuwenden. Dadurch kann SmartCare®/PS Reaktionen auf die Absaugung erkennen, so dass Änderungen in der Atmung nicht als Instabilitäten mit Folgeaktionen entsprechend dem Protokoll betrachtet werden.

Kann SmartCare®/PS mit ATC™ verwendet werden ?

ATC™ kann mit SmartCare®/PS angewendet werden. Hierfür muss ATC™ vor dem Start der Patientensitzung aktiviert werden. Für Patienten mit einem Körpergewicht über 35 kg muss die Kompensation auf 100 % eingestellt werden.

Anhang I: Detaillierte Reaktion von SmartCare®/PS in speziellen Beatmungssituationen

Normale Ventilation

Alle Werte sind akzeptabel

Im Falle eines Körpergewichts ≥ 35 kg

f_{spn}	zwischen 15 bpm und 30 bpm, wenn keine neurologische Störung vorliegt
f_{spn}	zwischen 15 bpm und 34 bpm, wenn neurologische Störung vorliegt
V_t	über 300 ml, wenn das Körpergewicht über 55 kg liegt
V_t	über 250 ml, wenn das Körpergewicht zwischen 35 und 55 kg liegt
etCO ₂	unter 55 mmHg, wenn keine COPD vorliegt
etCO ₂	unter 65 mmHg, wenn eine COPD vorliegt

Im Falle eines Körpergewichts zwischen 15 und 35 kg

f_{spn}	zwischen 18/min und 40/min
V_t	über 6 ml/kg Körpergewicht – z. B. $V_t = 180$ ml bei 30 kg Körpergewicht etCO ₂ unter 55 mmHg

Therapeutische Maßnahmen

Entwöhnung fortsetzen, Beatmungsunterstützung je nach aktuellem Druckniveau reduzieren.

Hyperventilation

Sie ist normalerweise ein Zeichen dafür, dass der Patient zuviel Unterstützung erhält.

Klassifiziert durch

akzeptables etCO_2 und Tidalvolumen, aber niedrige Atemfrequenz. Der Patient erhält zuviel Unterstützung

Therapeutische Maßnahmen

Druckunterstützung direkt nach Klassifizierung reduzieren

Tachypnoe

Klassifiziert durch

akzeptables etCO_2 und Tidalvolumen, aber hohe Atemfrequenz

Therapeutische Maßnahmen

Druckunterstützung nach Klassifikation je nach aktuellem Druckunterstützungsniveau erhöhen
Alarm !!! - (SC: Anhaltende Tachypnoe), wenn dreimal in Folge „Tachypnoe“ klassifiziert wurde

Schwere Tachypnoe

Klassifiziert durch

akzeptables etCO_2 und Tidalvolumen, aber sehr hohe Atemfrequenz

Therapeutische Maßnahmen

Druckunterstützung direkt nach Klassifizierung erhöhen
Alarm !!! - „SC: Anhaltende Tachypnoe“, wenn dreimal in Folge „Schwere Tachypnoe“ klassifiziert wurde

Insuffiziente Ventilation

Klassifiziert durch

akzeptable Frequenz, aber zu hohes etCO_2 oder zu niedriges Tidalvolumen

Therapeutische Maßnahmen

Druckunterstützung nach Klassifizierung je nach aktuellem Druckunterstützungsniveau erhöhen

Hypoventilation

Klassifiziert durch

akzeptables Tidalvolumen, aber niedrige Frequenz und hohes etCO_2

Therapeutische Maßnahmen

Druckunterstützung direkt nach Klassifizierung erhöhen

Zentrale Hypoventilation

Klassifiziert durch

niedriges Tidalvolumen, niedrige Frequenz und hohes etCO_2

Therapeutische Maßnahmen

Keine Reaktion auf Druckunterstützung
Alarm !!! – „SC: Zentrale Hypoventilation“

Unerklärte Hyperventilation

Klassifiziert durch

akzeptables Tidalvolumen, aber hohe Frequenz und niedriges etCO_2

Therapeutische Maßnahmen

Keine Reaktion auf Druckunterstützung
Alarm !!! – „SC: Unerklärte Hyperventilation“

Anhang II: Fallstudien

Fall I

von Andreas Möhlendick, Skaraborg Hospital, Skövde, Schweden

Ein 15 Jahre altes Mädchen, das keine Vorerkrankungen aufwies, verbrachte einen Urlaub in Thailand. Hier litt sie an Bauchschmerzen und Erbrechen und wurde zunächst erfolgreich vor Ort behandelt. Nach ihrer Rückkehr nach Schweden wurde die Patientin aufgrund einer erneuten, über zwei Tage anhalten Übelkeit, Erbrechen und Diarrhoe in der Notfallaufnahme des Krankenhauses in Skövde vorstellig. Das Ergebnis der ersten Diagnose zeigte bei der Patienten einen instabilen Kreislauf mit gleichzeitig respiratorischer Insuffizienz. Massive Zeichen einer Sepsis erforderten ihre Verlegung auf die Intensivstation.

Aufgrund einer zunehmenden respiratorischen Insuffizienz wurde die Patientin beatmungspflichtig und nach erfolgreicher Intubation die Beatmung mithilfe einer lungenprotektiven Beatmungsstrategie optimiert. So wurde unter anderem ein PEEP von bis zu 20 mbar appliziert.

Der Gesamtzustand der Patientin besserte sich in den nächsten Tagen, so dass die Invasivität der Beatmung Schritt für Schritt reduziert wurde. Am fünften Tag begann man bei einem PEEP von 10 mbar und F_iO_2 0,35 mit der SmartCare®/PS-Option der EvitaXL und konnte unter Spontanatmung den PEEP weiter bis auf 5 mbar reduzieren. Nach zehn Stunden empfahl SmartCare®/PS schließlich die Extubation. Da es später Abend war, wurde die Patientin erst am folgenden Morgen extubiert. Sie war zu diesem Zeitpunkt extrem schwach und erschöpft, so dass sicherheitshalber mit einer Maskenbeatmung und der EvitaXL NIV Option die Beatmung fortgesetzt wurde. Diese wurde nach weiteren fünf Stunden beendet und mit intermittierender CPAP-Therapie fortgesetzt.

Diskussion

Diese sehr schnelle und positive Wendung im Krankheitsverlauf ist sicherlich auf eine konsequente und aggressive Therapie der Sepsis zurückzuführen. Gleichzeitig kam es durch Anwendung von hohem PEEP in Kombination mit beibehaltener Spontanatmung zu einer schnellen Rekrutierung mit Verbesserung der respiratorischen Situation. Ohne die Extubationsempfehlung von SmartCare®/PS hätte man es, so Andreas Möhlendick, nicht gewagt, in einer so frühen Phase nach einem Lungenversagen die Patientin zu extubieren. Eher hätte man wohl noch weitere zwei bis vier Tage gewartet.

Im Skaraborgs Sjukhus ist die Option SmartCare®/PS seit dem Sommer 2005 auf den EvitaXL-Beatmungsgeräten installiert und wird bei allen Entwöhnungspatienten angewandt, die bereits mehrere Tage beatmet worden sind. Obwohl das Krankenhaus über eine recht gute Personalstärke mit mindestens einer Krankenschwester für jedes Bett verfügt, verändert sich die Einstellung des ASB-Druckes mit SmartCare®/PS deutlich schneller, als es manuell zu leisten ist. Dies gilt sowohl für die Senkung der ASB-Unterstützung als auch für ihre Erhöhung, wenn der Patient Anzeichen von Erschöpfung zeigt.

Abb. 15:
Andreas Möhlendick



„Seit wir SmartCare®/PS verwenden, habe ich die Erfahrung gemacht, dass wir die ASB-Unterstützung zu Beginn der Beatmung zu hoch eingestellt haben“, berichtet Möhlendick.

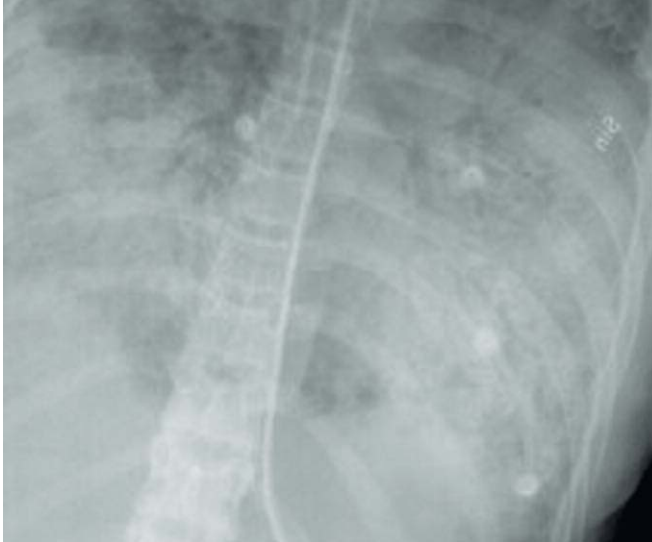


Abb. 16 und 17:
Beide Lungen
weisen ein
konfluentes Infiltrat
im Sinne eines
ARDS-Bildes auf.

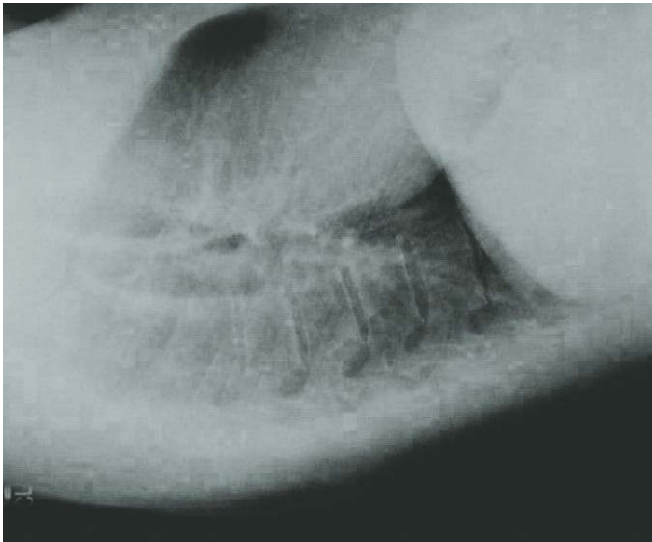
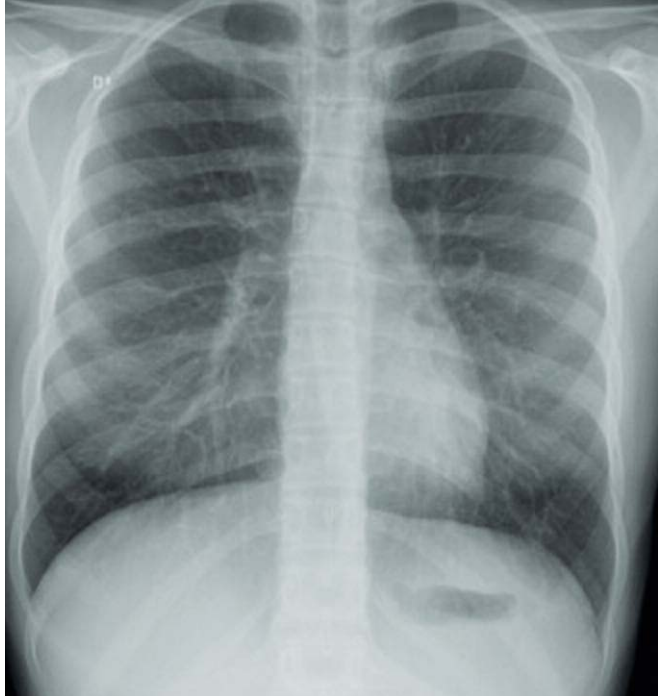


Abb. 18:
Zwei Wochen nach
dem ersten
Lungenröntgen sieht
man nun normale
Verhältnisse.



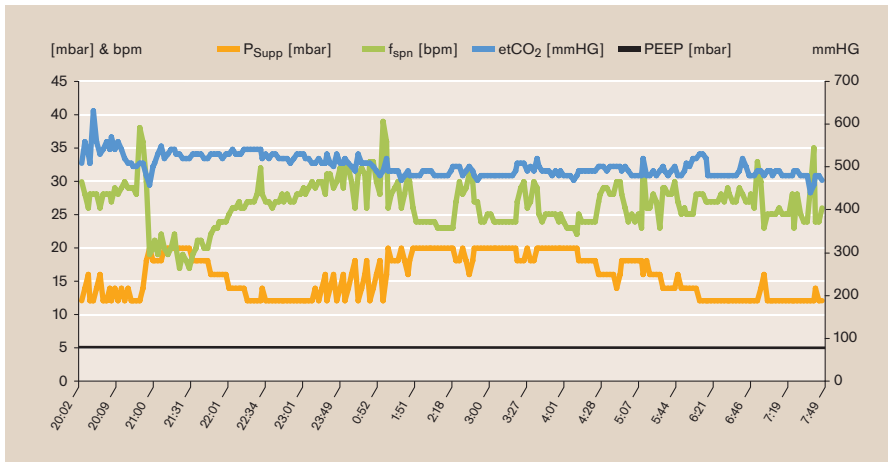


Abb. 19:

Auf den Verlaufskurven zum Ende der Beatmung kann man deutlich sehen, wie schnell und effektiv SmartCare®/PS auf den unterschiedlichen Unterstützungsbedarf der Patientin reagiert. Zu Beginn erhöht SmartCare®/PS den ASB- Druck relativ schnell wegen einer zu hohen Atemfrequenz und versucht dann, die Druckunterstützung wieder zu reduzieren. Bei einer erneuten Erhöhung der Atemfrequenz sieht man den gleichen Verlauf. Die CO₂-Kurve zeigt in diesem Fall einen recht geradlinigen Verlauf.

Fall II

von Phillip Thaut, RRT-NPS, RPFT, Utah Valley Regional Medical Center, Provo, Utah, USA



Eine 83 Jahre alte Frau wurde mit Verdacht auf eine wahrscheinliche Myokarditis mit möglicher Aspiration und schwerer Ösophagitis behandelt. Zusätzlich litt sie an einer chronisch-obstruktiven Lungenerkrankung mit chronischer CO₂-Retention.

Gesamtzeit der invasiven mechanischen Beatmung: 8 Tage

Nach initialer Intubation und Stabilisierung zeigte eine Herzkatheterisierung relativ freie Koronararterien mit einer Ejektionsfraktion von ca. 22 %, wahrscheinlich aufgrund akuter Myokarditis.

Nach der hämodynamischen Stabilisierung mit verbesserter Ejektionsfraktion durch mit inotropischer Unterstützung wurde die Entwöhnung von der Beatmung mittels CPAP/ASB anhand eines Protokolls gestartet.

Sechs Tage maschinelle Beatmung mit eingeschränkter Toleranz von CPAP/ASB; Entwöhnung oder Aufrechterhaltung der Druckunterstützung < 18 mbar ohne signifikante Tachypnoe nicht möglich; zunehmende Ateminsuffizienz erforderte > 24 Stunden A/C-Modus zur Erholung; angesichts des Risikos einer Abhängigkeit vom Beatmungsgerät und eines wiederholten Scheiterns von Entwöhnungsversuchen wurde die Patientin an eine mit der SmartCare®/PS-Option ausgerüstete Dräger EvitaXL angeschlossen.

Mit SmartCare®/PS tolerierte die Patientin CPAP/ASB. Die Druckunterstützung konnte in weniger als 48 Stunden von 18 auf 10 mbar reduziert werden. Es schloß sich die erfolgreiche Extubation an. Die Patientin wurde bis zur Entlassung mit intermittierender nicht invasiver Maskenbeatmung unterstützt.

„Die wichtigste Erkenntnis ist die Tatsache, dass der Entwöhnungsprozess durch SmartCare®/PS kontinuierlich ist und nicht notwendigerweise davon abhängt, dass während des Weaning Prozesses permanent Klinikpersonal am Bett des Patienten anwesend ist“, sagt Thaut.

Anhang III: Literaturangaben

- [1] MacIntyre NR and the writing committee and Task force of the American College of Chest Physicians. Evidence-Based Guidelines for weaning and discontinuing Ventilatory support. *Chest* 2001;120:375S-395S.
- [2] Cook D, Meade M, Guyatt G, et al. Evidence report on criteria for weaning from mechanical ventilation. Agency for Health Care Policy and Research 1999.
- [3] Esteban A, Frutos F, Tobin MJ, et al. A comparison of four methods of weaning patients from mechanical ventilation: The Spanish Lung Failure Collaborative Group. *NEJM* 1995;332:345-350.
- [4] Ely EW, Baker AM, Dunagan DP, et al. Effect on the duration of mechanical ventilation of identifying patients capable of breathing spontaneously. *NEJM* 1996;335:1864-1869
- [5] Meade M, Guyatt G, Cook D, Griffith L, Sinuff GT, Kergl C, Macao J, Esteban A, Epsgtein S. Predicting success in weaning from mechanical ventilation. *Chest* 2001;120(suppl 6):400S-24S.
- [6] Brochard L, Rauss A, Benito S, Conti G, Mancebo J, Frekiik 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.
- [7] MacIntyre NR, Epstein SK, Hess DR, u. a. The evidence based weaning project: a clinical practice guideline for weaning from mechanical ventilation. Paper presented at: *Chest* 2000. October 26,2000; San Francisco.

-
- [8] Yang KL, Tobin MJ. A prospective study of indexes predicting the outcome of trials of weaning from mechanical ventilation. *NEJM* 1991;325:1442-4.
- [9] Lellouche F et al. A Multicenter Randomized Trial of Computer-driven Protocolized Weaning from Mechanical Ventilation. *Am J Respir Crit Care Med* Vol 174. pp 894-900, 2006
- [10] 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

Anhang IV: Glossar

Anwender	SmartCare®/PS-Anwender, der einen Patienten behandelt
ASB	Druckunterstützung
vt ASB	Tidalvolumen während der Druckunterstützung
ASB-Ziel	Für den Patienten festgelegte minimale Atemdruckunterstützung
ASB-Start	Atemdruckunterstützung zu Beginn einer Patientensitzung
ATC™	Automatische Tubuskompensation
bpm	Atemzüge pro Minute
COPD	Chronisch-obstruktive Lungenerkrankung (Chronic Obstructed Pulmonary Disease), chronische Bronchitis
CPAP / ASB	Beatmung mit kontinuierlich positivem Atemwegsdruck (Continuous Positive Airway Pressure) und Druckunterstützung (Pressure Support) für einzelne Atemzüge
Dauer	Dauer der Patientensitzung
Diagnose	Klassifizierung der Atmung durch SmartCare®/PS in eine von acht verschiedenen Diagnosen: schwere Tachypnoe, Tachypnoe, zentrale Hypoventilation, unerklärte Hyperventilation, insuffiziente Ventilation, Hypoventilation, normale Ventilation, Hyperventilation
Entwöhnung	Schrittweise Reduzierung der Atmungsunterstützung mit dem Ziel, diese überflüssig zu machen
etCO ₂	Endexpiratorische CO ₂ -Konzentration
f _{spn}	Spontanatemfrequenz
HME/Filter	Wärme- und Feuchtigkeitstauscher

KG	Körpergewicht
„Komfortzone“	Respirationsparameter-Bereich, der durch die spontane Atemfrequenz, das Tidalvolumen und die endexpiratorische CO ₂ -Konzentration definiert wird
MV	Minutenvolumen, das in einer Minute gemessene Atemvolumen
Patientensitzung	Zeit, in der die Druckunterstützung automatisch angepasst wird
Patientensitzungs-Protokoll	Aufzeichnung der Patientensitzung
P _{AW}	Atemwegsdruck
PEEP	Positiver endexpiratorischer Druck
Phase	Entwöhnungsphase (Anpassen, Beobachten, Erhalten)
SBT	Spontanatemversuch
SC-ASB	ASB wird automatisch durch SmartCare®/PS eingestellt, aber kann jederzeit vom Benutzer geändert werden
SC-etCO ₂	Durch SmartCare®/PS berechnete endexpiratorische CO ₂ -Konzentration
SC-f _{spn}	Durch SmartCare®/PS berechnete Spontanatmungsrate
SC-V _T	Durch SmartCare®/PS berechnete Tidalvolumen
T _{Apnea}	Dauer einer Apnoe
Therapierechte	Recht des medizinischen oder assistierenden Personals, die Behandlung festzulegen oder durchzuführen
vt ASB	Tidalvolumen während der Druckunterstützung
V _{Te}	Expiratorisches Tidalvolumen
V _{Ti}	Inspiratorisches Tidalvolumen
WAS	Webbasierter Anwendungsdienst

Einheiten zur Druckmessung

Das in ISO 31 und ISO 80000 definierte Internationale Größensystem (International System of Quantities, ISQ) definiert Pascal (Pa) als die Standardeinheit für die Druckmessung. Dennoch werden in der medizinischen Literatur und in der allgemeinen Praxis andere Einheiten für Atemwegsdruck und etCO_2 verwendet. Im Rahmen dieses Buches verwenden wir „mbar“ für den Atemwegsdruck und „mmHg“ für das etCO_2 . EvitaXL kann im Hinblick auf die Einheiten für Atemwegsdruck (angezeigte Einstellungen und Messungen), Temperatur und den gemessenen und angezeigten etCO_2 -Wert konfiguriert werden.

Im Folgenden finden Sie die Umrechnungen der hier verwendeten Einheiten.

- $1 \text{ cmH}_2\text{O} = 0,980665 \text{ mbar}$ ($1 \text{ cmH}_2\text{O} \sim 1 \text{ mbar}$)
- $1 \text{ mmHg} = 0,13332237 \text{ kPa}$
- Hier verwendete etCO_2 -Werte von mmHg in kPa umgerechnet:
 $20 \text{ mmHg} = 2,66 \text{ kPa}$, $35 \text{ mmHg} = 4,66 \text{ kPa}$, $55 \text{ mmHg} = 7,33 \text{ kPa}$
 $57 \text{ mmHg} = 7,60 \text{ kPa}$, $60 \text{ mmHg} = 7,99 \text{ kPa}$, $65 \text{ mmHg} = 8,66 \text{ kPa}$

HAUPTSITZ

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

www.draeger.com

DEUTSCHLAND

Dräger Medical Deutschland GmbH
Moislinger Allee 53–55
23558 Lübeck
Tel +49 180 52 41 318*
Fax +49 451 88 27 20 02
dsc@draeger.com
* Inland: EUR 0,14/min

SCHWEIZ

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

ÖSTERREICH

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

Hersteller:

Dräger Medical GmbH
23542 Lübeck, Deutschland
Das Qualitätsmanagementsystem
der Dräger Medical GmbH
ist zertifiziert nach den Normen
ISO 13485, ISO 9001 und nach
Anhang II.3 der Richtlinie
93/42/EWG (Medizinprodukte).