

Reduktion des apparativen Totraumes mittels eines Doppelkolbensystems (Ventilution®) – ein Fallbericht

Reduction of mechanical dead space by a double piston system (Ventilution®) – a case report

P. Kassenbrock¹ · M. Hegner² · S. G. Sakka¹

► **Zitierweise:** Kassenbrock P, Hegner M, Sakka SG: Reduktion des apparativen Totraumes mittels eines Doppelkolbensystems (Ventilution®) – ein Fallbericht. Anästh Intensivmed 2026;67:289–293.
DOI: 10.19224/ai2026.289

Zusammenfassung

Die Behandlung von Patienten mit akutem Atemnotsyndrom (ARDS) umfasst eine lungenprotektive maschinelle Beatmung und, falls erforderlich, den Einsatz extrakorporaler Verfahren, wie zum Beispiel der extrakorporalen Membranoxygenierung (ECMO). Wenngleich invasive Verfahren sowohl Hyperkapnie als auch Hypoxämie suffizient behandeln können, sind sie potenziell mit lebensbedrohlichen Komplikationen verbunden. Daher erscheinen nichtinvasive Ansätze aus klinischer Sicht besonders attraktiv. Vor Kurzem wurde ein Verfahren zur CO₂-Entfernung durch ein in den Beatmungskreislauf integriertes und synchronisiertes Doppelkolbensystem (Ventilution®) klinisch eingeführt, welches den apparativen Totraum verkleinert. Bei diesem Verfahren wird endexpiratorisch die CO₂-haltige Ausatemluft synchronisiert im Verhältnis 1:1 durch Frischgas vom Beatmungsgerät ersetzt. Wir berichten hier über einen Patienten, der mit diesem Verfahren behandelt wurde. Er hatte sich ein Jahr zuvor einer Pneumonektomie unterzogen und aktuell nach einer Operation aufgrund einer Femurfraktur eine Pneumonie entwickelt. Der Patient wurde aufgrund einer respiratorischen Insuffizienz trotz nichtinvasiver Ventilationsintubationspflichtig. Unter der begonnenen antiinfektiven Therapie entwickelte er eine ausgeprägte Hyperkapnie mit Azidose sowie eine relevante Oxygenierungsstörung, sodass der Einsatz einer ECMO-Therapie in Erwägung

gezogen wurde. Durch den Einsatz der nichtinvasiven Technik in Kombination mit einer Therapie in Bauchlage über 72 Stunden erholte sich die Lungenfunktion und der Patient konnte sechs Tage nach Intubation extubiert werden. Das Ventilution®-System stellt eine klinisch vielversprechende Behandlungsoption dar. Weitere und größere klinische Studien sind erforderlich, um Indikationen und den Stellenwert der Anwendung bei kritisch kranken Patienten zu bestimmen.

Summary

The treatment of patients with acute respiratory distress syndrome (ARDS) involves lung-protective mechanical ventilation and, if necessary, the use of extracorporeal procedures, such as extracorporeal membrane oxygenation (ECMO). Although invasive procedures can adequately treat both hypercapnia and hypoxaemia, they are potentially associated with life-threatening complications. Therefore, non-invasive approaches appear particularly attractive from a clinical perspective. Most recently, a device based on double piston system (Ventilution®) synchronised with each other and integrated into the breathing circuit has been clinically introduced which does support CO₂ removal by reduction of mechanical dead space. In brief, CO₂-containing expiration gas is substituted 1:1 with fresh breathing gas from the ventilator. Here we report on a patient who was treated with this non-invasive technique. He had undergone a pneumonectomy one year earlier and

- 1 Klinik für Intensivmedizin, Gemeinschaftsklinikum Mittelrhein gGmbH, Kemperhof und Ev. Stift St. Martin, Akademisches Lehrkrankenhaus der Johannes Gutenberg-Universität Mainz, Koblenz
(Chefarzt: Prof. Dr. S. G. Sakka)
- 2 Klinik für Anästhesie, Notfall- und Schmerzmedizin, Gemeinschaftsklinikum Mittelrhein gGmbH, Kemperhof und Ev. Stift St. Martin, Akademisches Lehrkrankenhaus der Johannes Gutenberg-Universität Mainz, Koblenz
(Chefarzt: Priv.-Doz. Dr. J. Schäper)

Danksagung

Wir danken den Teams der Interdisziplinären Intensivstationen im Ev. Stift St. Martin und Kemperhof für die Unterstützung bei der Umsetzung der Einführung des apparativen Verfahrens (Ventilution®).

Das Ventilution-Gerät und die notwendigen Behandlungssets wurden von der Fa. Gründer Medical zur Verfügung gestellt. Es bestand kein Einfluss der Firma auf die Erstellung und den Inhalt des Fallberichtes.

Interessenkonflikte

Prof. Dr. med. Samir G. Sakka ist Berater der Firmen Technologie Institut Medizin (TIM), Koblenz, und Geringe, und hat von diesen Honorare für beratende Tätigkeit und wissenschaftliche Vorträge erhalten. Bei den anderen Autoren liegt kein Interessenkonflikt vor.

Schlüsselwörter

ARDS – Hyperkapnie – Apparativer Totraum – Lungenunterstützungsverfahren

Keywords

ARDS – Hypercapnia – Equipment Dead Space – Lung Assist Systems

had recently developed pneumonia after surgery for a femur fracture. The patient required tracheal intubation due to respiratory insufficiency under non-invasive ventilation. Under the anti-infective therapy that had been initiated, he developed pronounced hypercapnia with acidosis and a clinically relevant oxygenation disorder, for which reason ECMO therapy was considered. After applying non-invasive technology and therapy in the prone position for 72 hours, lung function recovered and the patient could be extubated 6 days after intubation. The Ventilution® system is a clinically promising treatment option. However, further and larger clinical studies are needed to determine the indications and the potential benefit of its use in critically ill patients.

Einleitung

Die Therapie eines Lungenversagens im Sinne eines akuten Atemnotsyndroms (engl. **acute respiratory distress syndrome**, ARDS) beinhaltet neben der lungenprotektiven maschinellen Beatmung den Einsatz extrakorporaler Verfahren [1–3]. Wenngleich Verfahren wie die extrakorporale Membranoxygenierung (ECMO) sowohl die Decarboxylierung als auch die Oxygenierung des Patienten sicherstellen können, sind sie mit einer Reihe potenziell lebensbedrohlicher Komplikationen verbunden [4–6].

Als nichtinvasive Option zur Reduktion des apparativen Totraums wurde vor Kurzem ein Verfahren für den klinischen Einsatz zugelassen, das auf einem in den Beatmungskreislauf integrierten und synchronisierten Doppelkolbensystem (Ventilution®) beruht. Bei diesem Verfahren wird endexpiratorisch die CO₂-haltige Ausatemluft im Verhältnis 1:1 durch Frischgas vom Beatmungsgerät ersetzt. Mit diesem Verfahren soll eine lungenprotektive Beatmung unterstützt oder der Einsatz invasiver Verfahren vermieden werden. Die vorteilhaften Effekte der Reduktion des Totraums auf die mechanische Leistung (engl. **mechanical power**) wurden bereits wissenschaftlich beschrieben [7,8]. Im folgenden Fallbericht wird der Nutzen

einer nichtinvasiven CO₂-Elimination mittels dieses innovativen Verfahrens dargestellt.

Fallbericht

Ein 68-jähriger Mann (180 cm, 90 kg) erlitt nach einem Sturz eine Femurfraktur, die perkutan mittels eines Femurnagels osteosynthetisch versorgt wurde. Der Patient war im Vorjahr aufgrund eines Bronchialkarzinoms linksseitig pneumonektomiert worden und stand aufgrund eines Vorhofflimmerns unter Therapie mit Rivaroxaban.

Am vierten postoperativen Tag entwickelte er auf der Normalstation eine zunehmende respiratorische Insuffizienz. Zum Ausschluss einer Lungenarterienembolie wurde eine kontrastmittelverstärkte Computertomographie des Thorax durchgeführt. Die Bildgebung (Abb. 1) konnte diese Verdachtsdiagnose ausschließen, zeigte jedoch neu aufgetretene, ausgeprägte Milchglasinfiltrate der rechten Lunge, die aufgrund des zeitlichen Verlaufs am ehesten einer infektiösen Genese (atypische Pneumonie) gewertet wurden.

Der Patient wurde daraufhin auf die Intensivstation verlegt. Bei Aufnahme zeigten sich folgende Vitalparameter: Herzfrequenz 110/min, Blutdruck 109/58 mmHg, SpO₂ 81 % unter 6 l/min Sauerstoff. Der Patient war wach und adäquat orientiert und äußerte den

Wunsch nach Maximaltherapie. Es wurden eine nichtinvasive Ventilation (NIV) sowie eine antiinfektive Therapie mit Piperacillin/Tazobactam und Azithromycin begonnen.

Am Folgetag wurde aufgrund einer weiteren Zunahme der respiratorischen Insuffizienz entsprechend dem Patientenwillen die orotracheale Intubation durchgeführt. Bereits unter NIV mit einer FiO₂ von 0,55 zeigte sich eine zunehmende Hyperkapnie mit Azidose. Die maschinelle Beatmung erfolgte über ein elisa 500-Beatmungsgerät (Löwenstein Medical, Bad Ems) unter kontinuierlicher Kapnographie im BiLevel®-Modus.

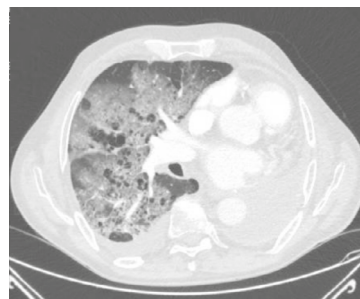
In Anbetracht der CT-Bildgebung mit unterschiedlicher ventrodorsaler Belüftungsverteilung erfolgte zunächst eine Bauchlagerung. Etwa sechs Stunden nach Beginn der invasiven Beatmung wurde zusätzlich das Doppelkolbensystem (Ventilution®) zur nichtinvasiven CO₂-Elimination in den Beatmungskreislauf integriert. Das System ist variabel einstellbar und ermöglicht eine Reduktion des Totraums von maximal 150 ml pro Atemhub (Abb. 2).

Der Patient war hämodynamisch instabil und bedurfte unter erweitertem hämodynamischem Monitoring (PiCCO®-Verfahren, Getinge, Göteborg) der kontinuierlichen Gabe von Noradrenalin und Argipressin. Die temperaturkorrigierten arteriellen Blutgase sowie die Beatmungsparameter nach Intubation sind in Tabelle 1 zusammengefasst. Eine grafische Darstellung des zeitlichen Verlaufs des arteriellen Kohlendioxidpartialdrucks (PaCO₂) in Relation zur Totraumreduktion kann der Abbildung 3 entnommen werden.

Die mikrobiologische Diagnostik ergab negative Blutkulturen; im Trachealsekret wurde lediglich **Candida albicans** nachgewiesen. Der Patient wurde über einen Zeitraum von 72 Stunden in Bauchlage behandelt. Die Umstellung in den CPAP/ASB-Modus erfolgte am fünften Tag nach der Intubation; einen Tag später konnte der Patient erfolgreich extubiert werden.

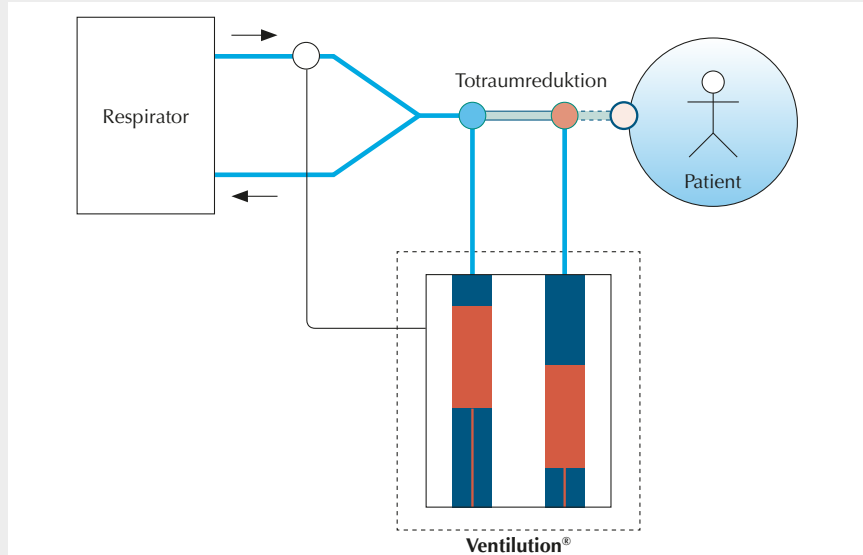
Das Ventilution®-System wurde insgesamt über eine Dauer von 111 Stunden eingesetzt, entsprechend 96.529 Kol-

Abbildung 1



Computertomographie des Thorax (mit freundlicher Zustimmung des Instituts für Diagnostische und Interventionelle Radiologie, Ev. Stift St. Martin, Koblenz, Chefarzt: Prof. Dr. med. Stephan Felber).

Abbildung 2



Prinzip des Ventilution®-Systems zur Totraumreduktion. Über ein expirations-getriggertes und synchronisiertes 2-Kolben-System wird die CO₂-haltige Expirationsluft durch Frischluft vom Beatmungsgerät von bis zu 150 ml pro Atemhub ersetzt.

benhüben. Im weiteren Verlauf benötigte der Patient intermittierend eine ventilatorische Unterstützung im CPAP/ASB-Modus über eine Maske sowie eine High-Flow-Sauerstofftherapie. Der

Vasopressorbedarf konnte schrittweise reduziert werden und die antiinfektive Therapie wurde nach insgesamt sieben Tagen beendet.

Der klinische Verlauf war durch eine transfusionspflichtige untere gastro-intestinale Blutung kompliziert, die mittels endoskopischer Versorgung durch Clipping einer Blutungsquelle im Zökum versorgt wurde. Am zwölften Tag nach Extubation wurde der Patient auf die Normalstation verlegt und von dort in eine Rehabilitationsklinik entlassen.

Diskussion

Die Behandlung des akuten Atemnotsyndroms (ARDS) umfasst in Abhängigkeit vom Schweregrad eine maschinelle Beatmung bis hin zum Einsatz extrakorporaler Verfahren zur Wiederherstellung und Aufrechterhaltung der physiologischen Lungenfunktion im Sinne der Oxygenierung und Decarboxylierung. Für den Lungenersatz unter Aufrechterhaltung beider Funktionen steht die ECMO-Therapie zur Verfügung. Sofern primär eine reduzierte CO₂-Elimination im Vordergrund steht, können weniger invasive Ansätze (rein venöse Verfahren) eine Therapieoption darstellen [8]. Diese beruhen jedoch – ebenso wie die ECMO-Therapie, wenn auch unter Verwendung

Tabelle 1

Beatmungsparameter und arterielle Blutgasanalysen im zeitlichen Verlauf.

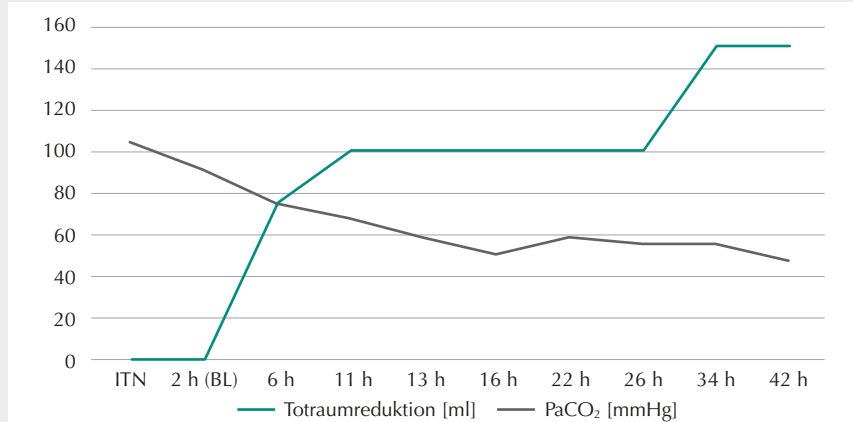
Zeitpunkt	Pinsp/PEEP [mbar]	AMV [l/min]	AF [/min]	VT [ml/kg]	FiO ₂ [%]	MP [J/min]	Totraumreduktion [ml]	pH-Wert	PaO ₂ [mmHg]	PaCO ₂ [mmHg]	Temp. [°C]	NADR [µg/kg/min]	ARG [IE/min]	Sufentanil [µg/kg/h]	Propofol [mg/kg/h]
ITN	27/14	7,7	22	4	0,80	20,4	-	7,038	49,2	104,0	37,9	0,00	0,00	1,0	2,0
2 h (BL)	27/14	8,1	22	4	0,50	21,4	-	7,060	79,0	91,0	38,1	0,23	0,01	1,0	2,0
6 h	27/13	7,7	18	5	0,50	20,4	75	7,146	98,1	75,0	38,2	0,23	0,03	1,0	2,0
11 h	27/13	8,1	18	5	0,40	21,4	100	7,218	108,0	68,0	38,5	0,17	0,03	1,0	2,0
13 h	27/13	8,0	18	5	0,35	21,2	100	7,248	101,0	59,0	38,3	0,17	0,03	1,0	2,0
16 h	27/13	7,9	18	5	0,35	20,9	100	7,312	130,0	51,0	38,1	0,17	0,03	1,0	2,0
22 h	27/13	8,6	18	5	0,35	22,8	100	7,303	96,3	59,1	38,0	0,17	0,03	1,0	2,0
26 h	27/13	8,6	17	6	0,35	22,8	100	7,345	105,0	56,0	37,8	0,17	0,03	1,0	2,0
34 h	27/13	7,8	17	5	0,35	20,6	150	7,308	96,4	56,0	38,1	0,20	0,03	1,3	2,5
42 h	26/13	8,4	14	7	0,35	21,4	150	7,434	82,6	48,0	38,0	0,15	0,01	1,3	2,5

ITN: Intubation; BL: Bauchlage; Pinsp: inspiratorischer Druck; PEEP: positiv end-expiratorischer Druck; VT: Tidalvolumen; AMV: Atemminutenvolumen; AF: Atemfrequenz; FiO₂: inspiratorischer Sauerstoffanteil; PaO₂: arterieller Sauerstoffpartialdruck; PaCO₂: arterieller Kohlendioxidpartialdruck; NADR: Noradrenalin; ARG: Argipressin; MP: mechanical power (berechnet anhand der Surrogatformel $MP = 0,098 \cdot AF \cdot VT \cdot (PEEP + \Delta P_{insp})$).

Die Angaben zum Tidalvolumen [ml/kg] beziehen sich auf das ideale Körpergewicht. Die Werte der Beatmungsparameter werden automatisiert vom Intensivrespirator (elisa 500, Löwenstein Medical, Bad Ems) in ein elektronisches Dokumentationssystem (Orbis, Dedalus) übertragen. Die Blutgasanalysen wurden stationsseitig mittels ABL90 FLEX PLUS (Radiometer, Krefeld) vorgenommen.

Die Werte der Beatmungsparameter und Blutgasanalysen wurden retrospektiv aus dem elektronischen Dokumentationssystem entnommen.

Abbildung 3



Zeitlicher Verlauf des PaCO₂ in Relation zur Totaumreduktion.

ITN: Intubation; BL: Bauchlage; PaCO₂: arterieller Kohlendioxidpartialdruck.

geringer dimensionierter Katheter – auf der Etablierung invasiver Gefäßzugänge.

Um eine Hyperkapnie nichtinvasiv zu therapieren, werden klinisch verschiedene Maßnahmen eingesetzt, um beispielsweise den apparativen Totraum zu reduzieren. Neben der Verwendung von HME-Filtern mit geringem Volumen werden unter anderem Trachealtuben gekürzt, Patienten frühzeitig tracheotomiert oder sogenannte „Gänsegurgeln“ entfernt, wodurch ebenfalls eine Reduktion des apparativen Totraums erreicht werden kann. Das jeweilige Ausmaß der Totraumverringerung durch diese Maßnahmen bestimmt den Effekt auf die Ventilation und letztlich auf die CO₂-Elimination. Aus dem Bereich der Neonatologie liegen Daten zu einem etablierten Leckfluss und dessen senkendem Einfluss auf den PaCO₂ vor [9,10].

Die prognostische Bedeutung des Totraumes konnte von Nuckton et al. bei Patienten mit einem ARDS und Hypoxie aufgezeigt werden [11]. Diese Autoren beschrieben, dass ein erhöhter Totraumanteil mit einer erhöhten Sterblichkeit verbunden ist. Aktuelle Leitlinien [4,12] empfehlen daher im Hinblick auf eine Senkung der Sterblichkeit durch eine weniger schädigend wirkende Beatmung eine geringere mechanische Belastung [13], wie z. B. durch Reduktion des apparativen Totraumes.

Da – unabhängig von einer Änderung des apparativen Totraums – eine Vielzahl weiterer Faktoren die CO₂-Bilanz und damit den PaCO₂ beeinflussen können, lässt sich bei unserem Patienten nicht belegen, dass die Abnahme des PaCO₂ ausschließlich dem Einsatz des beschriebenen Verfahrens zuzuordnen ist. Körpertemperatur, Analgosedierung sowie thermo- und CO₂-generierende Medikation (z. B. Dobutamin, Ketamin) blieben im Beobachtungszeitraum ohne wesentliche Änderung. Dobutamin oder Ketamin wurden nicht verabreicht. Die Analgosedierung mit Propofol und Sufentanil erfolgte ohne relevante Dosisänderungen. Die nach der Intubation auf 38,5 °C angestiegene Körpertemperatur dürfte vielmehr dazu beigetragen haben, dass vermehrt CO₂ anfiel und eliminiert werden musste. Im Sinne einer Reaktion auf diese Veränderung kann die Anpassung der Geräteeinstellungen mit einer Erhöhung des Kolbenhubvolumens auf 150 ml interpretiert werden. Wenngleich das Ventilution®-System potenziell eine Reduktion der mechanischen Leistung ermöglicht hätte, wurde die Intensität der Beatmung in unserem Falle allerdings nicht angepasst, um aufgrund der Azidose eine CO₂-Elimination zu erzielen.

Ob und in welchem Ausmaß die Rekrutierung von Lungenarealen durch die nach der Intubation durchgeführte

Bauchlagerung zur Abnahme des PaCO₂ beigetragen hat, muss offenbleiben. Bei Respondern, bei denen es zu einem Recruitment von zuvor nicht belüfteten Lungenabschnitten kommt, kann dies – bei unveränderter Beatmungsintensität – mit einer Abnahme des PaCO₂ einhergehen [14]. Diese Konstellation wird z. T. klinisch als Indiz für ein positives Recruitment genutzt. Bettseitige Verfahren zur Überwachung der pulmonalen Belüftung (wie z. B. die elektrische Impedanztomographie) [15] kamen bei unserem Patienten nicht zum Einsatz. Mit Hilfe entsprechender Verfahren wäre eine differenzierte Bewertung der Effekte möglich gewesen.

Fazit

Wie dieser Fallbericht zeigt, hat das nichtinvasive Verfahren zur Reduktion des apparativen Totraums in Kombination mit z. B. der Bauchlagerung dazu beigetragen, dass der Einsatz invasiver Lungenersatzverfahren vermieden werden konnte. Weitere, größere und prospektive klinische Studien sind erforderlich, um die Indikationen und den Stellenwert dieses Verfahrens bei kritisch kranken Patienten zu definieren.

Funding

Das Ventilution®-Gerät sowie die Verbrauchsmaterialien wurden von der Fa. Gründler Medical, Freudenstadt, zur Verfügung gestellt.

Ethische Aspekte

Die Daten wurden aus der klinischen Routine gewonnen. Den Autoren liegt das schriftliche Einverständnis des juristischen Vormundes des Patienten zur Publikation des Berichtes nach Depersonalisierung der Daten vor.

Literatur

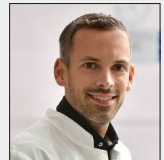
1. Deutsche Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin e.V. (DGAI): S3-Leitlinie Invasive Beatmung und Einsatz extrakorporaler Verfahren bei akuter respiratorischer Insuffizienz.

- Version 2.0. <https://register.awmf.org/de/leitlinien/detail/001-021> (Zugriffsdatum: 04.02.2026)
2. Müller T, Bein T, Philipp A, Graf B, Schmid C, Riegger G: Extracorporeal pulmonary support in severe pulmonary failure in adults- a treatment rediscovered. *Dtsch Arztebl Int* 2013;110:159–166
 3. Lotz C, Muellenbach RM: Extrakorporale Membranoxygenierung. *Anästh Intensivmed* 2018;59:316–325
 4. Grasselli G, Calfee CS, Camporota L, Poole D, Amato MBP, Antonelli M, et al: ESICM guidelines on acute respiratory distress syndrome: definition, phenotyping and respiratory support strategies. *Intensive Care Med* 2023;49:727–759
 5. Deutsche Gesellschaft für Thorax-, Herz- und Gefäßchirurgie e.V. (DGTHG): S3-Leitlinie Extrakorporale Zirkulation (ECLS/ECMO), Einsatz bei Herz- und Kreislaufversagen. Version 1.0. <https://register.awmf.org/de/leitlinien/detail/011-021> (Zugriffsdatum: 04.02.2026)
 6. Lellouche F, Delorme M, Brochard L: Impact of respiratory rate and dead space in the current era of lung protective mechanical ventilation. *Chest* 2020;158:45–47
 7. Pellet PL, Stevic N, Degivry F, Louis B, Argaud L, Guérin C, et al: Effects on mechanical power of different devices used for inhaled sedation in a bench model of protective ventilation in ICU. *Ann Intensive Care* 2024;14:18
 8. Parrilla-Gómez FJ, Castelli A, Colombo R, do Vale-Fernandes A, Nalesso F, Pestaña-Lagunas D, et al: The role of extracorporeal CO₂ removal from pathophysiology to clinical applications with focus on potential combination with RRT: an expert opinion document. *Front Med* 2025;12:1651213
 9. Claure N, D'Ugard C, Bancalari E: Elimination of ventilator dead space during synchronized ventilation in premature infants. *J Pediatr* 2003;143:315–320
 10. Schöber M, Bohnhorst B, Annon-Eberharter N, Wald M: Dead space washout by intentional leakage flow during conventional ventilation of premature infants – an experimental study. *Pediatric Pulmonology* 2022;57:1998–2002
 11. Nuckton TJ, Alonso JA, Kallet RH, Daniel BM, Pittet J-F, Eisner MD, Matthay MA: Pulmonary dead-space fraction as a risk factor for death in the acute respiratory distress syndrome. *N Engl J Med* 2002;346:1281–1286
 12. Deutsche Gesellschaft für Pneumologie und Beatmungsmedizin e.V. (DGP): S2k-Leitlinie Prolongiertes Weaning. Version 2.0. <https://register.awmf.org/de/leitlinien/detail/020-015> (Zugriffsdatum: 04.02.2026)
 13. Chiumello D, Gotti M, Guanzirolì M, Formenti P, Umbrello M, Pasticci I, et al: Bedside calculation of mechanical power during volume- and pressure-controlled mechanical ventilation. *Crit Care* 2020;24:417
 14. Gattinoni L, Vagginelli F, Carlesso E, Taccone P, Conte V, Chiumello D, et al: Decrease in PaCO₂ with prone position

is predictive of improved outcome in acute respiratory distress syndrome. *Crit Care Med* 2003;31:2727–2733

15. Pierrakos C, Smit MR, Hagens LA, Heijnen NFL, Hollmann MW, Schultz MJ, et al: Assessment of the effect of recruitment maneuver on lung aeration through imaging analysis in invasively ventilated patients: a systematic review. *Front Physiol* 2021;12:666941.

Korrespondenz- adresse



Patrick Kassenbrock

Klinik für Intensivmedizin
Gemeinschaftsklinikum Mittelrhein
Kemperhof
Akademisches Lehrkrankenhaus
der Johannes Gutenberg-Universität
Mainz
Koblenzer Straße 115–155
56073 Koblenz, Deutschland
Tel.: 0261 499-1706
Fax: 0261 499-2200
E-Mail: Patrick.Kassenbrock@gk.de
ORCID: 0000-0003-4303-2531