

## Anmerkungen zur Interpretation von transpulmonalem Druck unter APRV

J. M. Thorweihe<sup>1,2</sup> · S. G. Sakka<sup>2</sup>

► **Zitierweise:** Thorweihe JM, Sakka SG: Anmerkungen zur Interpretation von transpulmonalem Druck unter APRV. *Anästh Intensivmed* 2025;66:472–473. DOI: 10.19224/ai2025.472

### Für Sie gelesen

In einer aktuellen Arbeit wurden von Stoll et al. zwei intensivmedizinisch eingesetzte Beatmungsmodi – Airway Pressure Release Ventilation (APRV), hier in der inversen TCAV-Methode (Time-Controlled Adaptive Ventilation), d. h. eine inverse Beatmungsstrategie, die auf APRV basiert, und biphasische positive Atemwegsdruckbeatmung (BIPAP) – bei COVID-19-assoziiertem akutem Atemnotsyndrom (CARDS) unter Überwachung des transpulmonalen Drucks (TPP) untersucht [1].

In dieser retrospektiven, monozentrischen Kohortenstudie wurden Beatmungseinstellungen und -drücke (der TPP), hämodynamische sowie arterielle Blutgas-Parameter erfasst und zwischen den beiden Modi verglichen. Es wurden aus einem elektronischen Dokumentationssystem die Daten von 20 nicht spontan atmenden Patienten (mittleres Alter 60,5 Jahre, SOFA-Score 8) herangezogen. Der APRV-Modus wurde vom behandelnden Arzt als „Rescue-Modus“ bei refraktärer Hypoxämie indiziert. Der mediane TPP<sub>endexpiratorisch</sub> war niedriger bzw. negativ unter APRV (–1,20 mbar; IQR –4,88/+4,53) und positiv unter BIPAP (+3,4 mbar; IQR +1,95/+8,57;  $p < 0,01$ ). Der mediane TPP<sub>endinspiratorisch</sub> unterschied sich nicht. Beim APRV-Modus waren das mittlere Tidalvolumen pro Körpergewicht ( $7,05 \pm 1,28$  vs.  $5,03 \pm 0,77$  ml;  $p < 0,01$ ) und der mittlere Atemwegsdruck ( $27,08 \pm 1,67$  vs.  $22,68 \pm 2,62$  mbar;  $p < 0,01$ ) höher. Es gab keinen Unterschied in

Bezug auf PEEP, Spitzen-, Plateau- oder Antriebsdruck, Compliance, Sauerstoffversorgung und CO<sub>2</sub>-Elimination zwischen beiden Modi. Die Autoren schlussfolgerten, dass unter APRV ein erhöhtes Risiko einer okkulten Atelektase besteht, da der mediane TPP<sub>endexpiratorisch</sub> negativ war. Aus ihrer Sicht könnte die TPP-Überwachung ein nützliches Instrument zur Überwachung einer sicheren Anwendung des APRV-Modus bei CARDS sein.

Der klinische Einsatz des APRV-Modus, erstbeschrieben im Jahre 1987 [2], erlangte mit der COVID-Pandemie und den schweren ARDS-Verläufen eine zunehmende Aufmerksamkeit. Wenngleich eine Überlegenheit gegenüber der konventionellen Low-Tidal-Beatmung bezüglich Intensivüberleben, Dauer der maschinellen Beatmung und beatmungsassoziierten Komplikationen bei Patienten mit einem COVID-ARDS nicht nachzuweisen war [3], stellt der Modus eine Option in der Beatmung kritisch kranker Patienten dar [4]. Daten einer Meta-Analyse zeigen für APRV im Vergleich zu konventionellen Strategien einen Überlebensvorteil und eine effektive Verbesserung der Oxygenierung auf [5].

Unabhängig des Beatmungsmodus stellt die Messung des TPP mittels einer ösophageal platzierten Ballonsonde während der Inspiration (TPP<sub>i</sub>) und Expiration (TPP<sub>e</sub>) ein wichtiges Überwachungsinstrument dar, da sie wertvolle Informationen über die pulmonale Rekrutierung liefert [6]. Positive Werte bedeuten das Vorliegen

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

### Interessenkonflikt

Die Autorinnen und Autoren geben an, dass keine Interessenkonflikte bestehen.

### Schlüsselwörter

Airway Pressure Release Ventilation (APRV) – Time-Controlled Adaptive Ventilation (TCAV) – Transpulmonaler Druck (TPP) – Intrinsischer PEEP (PEEP<sub>i</sub>) – Endexpiratorisches Haltemanöver

### Keywords

Airway Pressure Release Ventilation (APRV) – Time-Controlled Adaptive Ventilation (TCAV) – Transpulmonary pressure (TPP) – Intrinsic PEEP (PEEP<sub>i</sub>) – Endexpiratory hold maneuver

eines von alveolär nach außen gerichteten transpulmonalen Druckgradienten, welcher eine Alveolarstabilität gewährleistet. Umgekehrt stehen negative Werte für einen nach innen gerichteten Druckgradienten, der zur Dekruterung der Lunge führt.

Gemäß der Studie von Stoll et al. [1] scheint APRV aufgrund des negativen TPP während der Expiration mit einer Abnahme des Lungenvolumens einherzugehen; ein Befund, der im Widerspruch zu unseren klinischen Erfahrungen und den veröffentlichten Daten zur Anwendung von APRV steht [7]. Aufgrund der Konzeption wird der extrinsische PEEP ( $PEEP_e$ ) unter TCAV deaktiviert, sodass der Druck im Beatmungssystem während der Expiration auf nahezu null fällt. Trotz „Null-PEEP“ im System führt die kurze Expirationsphase (regelmäßig zwischen 0,45 bis 0,7 sec) zu einem kontrollierten Abbruch des Expirationsflusses. Dieses beabsichtigte Air-Trapping führt zur Erzeugung eines intrinsischen PEEP ( $PEEP_i$ ). Dieser  $PEEP_i$  übersteigt in der Regel den Pleuradruck und sorgt somit (im Gegensatz zu den Ergebnissen der Studie) für alveoläre Stabilität während der Expiration. Selbst in den Fällen, in denen es zu einer Unterschreitung des  $PEEP_i$  unterhalb des Pleuradruckes kommt, tritt diese erst zu einem Zeitpunkt nach Beendigung des Expirationszeitfensters auf. Somit ist nicht von einer effektiven Dekruterung auszugehen. Unsere Beobachtungen weisen auf ein deutlich höheres Rekrutierungspotential der TCAV-Methode im Vergleich zu BIPAP bei gleichem Plateau-Druck hin.

In der Arbeit von Stoll et al. [1] wurde im Abschnitt zur Methodik von den Autoren davon ausgegangen, dass  $TPP_e$  anhand von extrinsischem PEEP – Ösophagusdruck während Expiration ( $PEEP_e - P_{eso\_expiratorisch}$ ) berechnet wird. Dies führte methodisch bedingt zu falsch-negativen Werten für  $TPP_e$  und damit zu der irreführenden Annahme, dass die Alveolen während der Expiration kollabieren. Tatsächlich wird  $TPP_e$  allerdings anhand von  $PEEP_i - P_{eso\_expiratorisch}$  berechnet.

Das entscheidende Detail ist, dass  $PEEP_i$  während des dynamischen Luftstroms nicht gemessen werden kann, da es aufgrund des Expirationsabbruchs nicht zu einem Druckausgleich zwischen Lunge und Respiratorsystem kommt. Für eine adäquate Messung ist ein Expirationshaltemanöver erforderlich. Nur hierdurch kann der erforderliche Druckausgleich zwischen Alveolar- und Schlauchsystem hergestellt werden, um die Messung von  $PEEP_i$  zu ermöglichen.

Wenngleich die Studie einen beachtlichen Beitrag zum Verständnis der Beatmungsstrategien unter Verwendung von APRV liefert und wir den Autoren für diese Arbeit danken möchten, ist es unsere Absicht zu verhindern, dass infolge einer irrtümlichen Annahme einer expiratorischen Dekruterung der Einsatz von APRV in Zukunft ungerechtfertigt ausbleibt.

Wir stimmen mit Stoll et al. [1] und weiteren Autoren [8] überein, dass es geeigneter prospektiver klinischer Studien bedarf, um den Stellenwert der Beatmung mittels APRV und Überwachung des TTP zu definieren.

## Literatur

1. Stoll SE, Leupold T, Drinhaus H, Dusse F, Böttiger BW, Mathes A: Comparison of airway pressure release ventilation (APRV) versus biphasic positive airway pressure (BIPAP) ventilation in COVID-19 associated ARDS using transpulmonary pressure monitoring. BMC Anesthesiol 2025;25:52
2. Jain SV, Kollisch-Singule M, Sadowitz B, Dombert L, Satalin J, Andrews P, et al: The 30-year evolution of airway pressure release ventilation (APRV). Intensive Care Med Exp 2016;4:11
3. Naendrup J-H, Steinke J, Garcia Borrega J, Stoll SE, Michelsen PO, Assion Y, et al: Airway pressure release ventilation in COVID-19-associated Acute Respiratory Distress Syndrome – A multicenter propensity score matched analysis. J Intensive Care Med 2024;39:84–93
4. S3-Leitlinie Invasive Beatmung und Einsatz extrakorporaler Verfahren bei akuter respiratorischer Insuffizienz. AWMF-Registernummer 001-021, Version 2.0, Stand 01.08.2025. www.awmf.org/assets/guidelines/001-021\_S3\_Invasive-Beatmung-Einsatz-extrakorporaler-Verfahren-akute-respiratorische-Insuffizienz\_2025-08\_01.pdf (Zugriffsdatum: 30.09.2025)

5. Lim J, Litton E: Airway pressure release ventilation in adult patients with acute hypoxemic respiratory failure: A systematic review and meta-analysis. Crit Care Med 2019;47:1794–1799
6. Talmor D, Fessler H: Are esophageal pressure measurements important in clinical decision-making in mechanically ventilated patients? Respir Care 2010;55:162–172
7. Swindin J, Sampson C, Howatson A: Airway pressure release ventilation. BJA Educ 2020;20:80–88
8. Fredericks AS, Bunker MP, Gluga LA, Ebeling CG, Ringqvist JR, Heravi H, et al: A review of the evidence, theoretical benefits, and alternative titration strategies. Clin Med Insights Circ Respir Pulm Med 2020;14:1179548420903297

## Korrespondenz- adresse

**Dr. med.  
José-Manuel  
Thorweihe, DESAIC**



Klinik für Anästhesie, Notfall-  
und Schmerzmedizin  
Klinik für Intensivmedizin  
Gemeinschaftsklinikum Mittelrhein  
gGmbH, Kemperhof  
Akademisches Lehrkrankenhaus  
der Johannes Gutenberg-Universität  
Mainz  
Koblenzer Straße 115 – 155  
56073 Koblenz, Deutschland  
E-Mail:  
jose-manuel.thorweihe@gk.de  
ORCID-ID: 0009-0000-4843-9459