

CARESCAPE R860

Leitfaden

SpiroDynamics



Inhalt

Vorwort	3
Einführung	3
Die INview Suite	4
Warum Trachealdruck gemessen wird	5
A. Messung mit herkömmlichen Methoden	6
B. Messung mit SpiroDynamics	8
C. Einschränkungen.....	10
D. Der intratracheale Drucksensor	11
E. Anwendungen.....	12
Vorteile der Lungenmechanikmessung mit SpiroDynamics	13
Zusammenfassung	13
Problemlösung	14
Referenzen und weitere Materialien	15

Der Sinn dieses Leitfadens ist es, die Möglichkeiten, Vorteile und Anwendungen eines einzigartigen Beatmungsmonitorings namens SpiroDynamics* als Bestandteil des CARESCAPE R860 Beatmungssystems darzulegen.

Unsere Absicht ist es, eine spezifische Herangehensweise für die Messung des Trachealdrucks sowie Informationen über mögliche Vorteile für Anwender und Patienten zu liefern.

Ein Großteil der Informationen in diesem Leitfaden ist dem Artikel „Practical Assessment of Respiratory Mechanics,“ (Br J Anaesth 2003; 91: 92-105) von Dr. Ola Stenqvist entnommen.

Dr. Stenqvist ist der Entwickler von SpiroDynamics und FRC INview*, zwei GE Healthcare Lösungen zum Messen der

Einleitung

Lungenmechanik bei beatmeten Patienten.

Es ist wichtig einen angemessen niedrigen Lungendruck bei Patienten anzulegen, insbesondere bei Patienten mit akutem Atemnotsyndrom (ARDS)^{1, 2}. Ein unangemessen hoher Beatmungsdruck kann Lungenversagen auslösen und eine systemische Infektionsreaktion begünstigen, die zu multiplem Organversagen oder zum Tod führen kann.

Einige Forschungsprojekte kamen zu dem Schluss, dass große Tidalvolumina in Verbindung mit erhöhtem angelegtem Druck zur Steigerung der Patientenmortalität beitragen kann, während „protektive“ Beatmung - niedriges Tidalvolumen, hohe Atemfrequenzen und verminderter zugeführter Druck - das Risiko eines Organversagens reduzieren kann^{1, 2}.

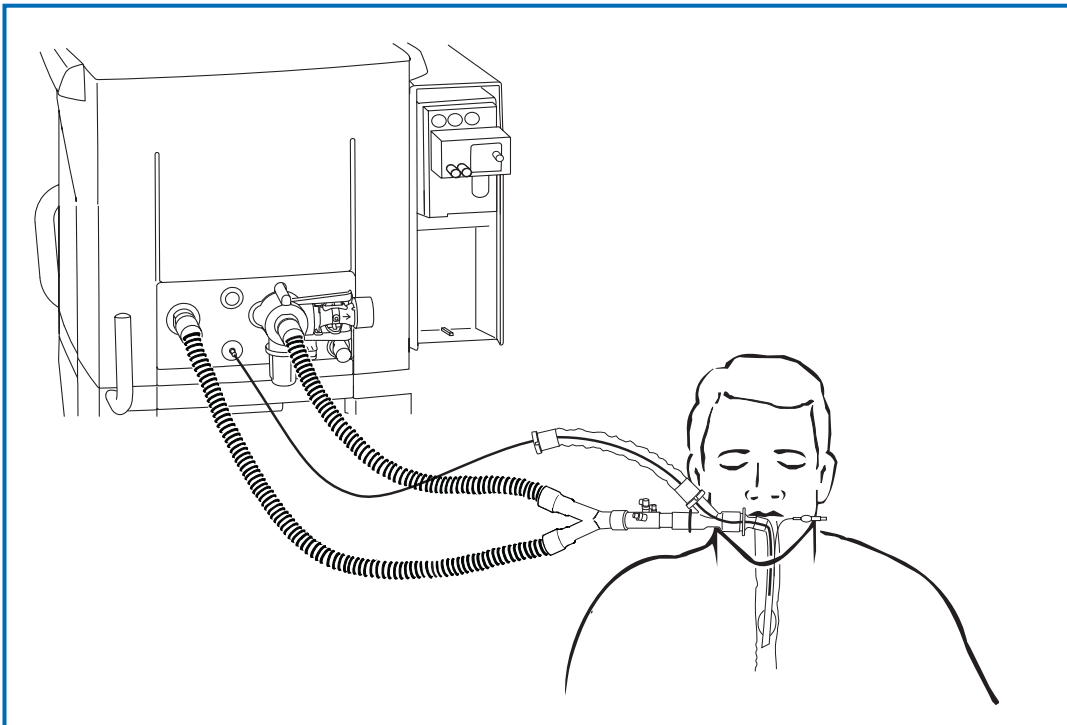
In der klinischen Praxis sind Beatmungseinstellungen häufiger an Blutgasmessungen ausgerichtet als an direkten Lungenmechanikmessungen¹. Andere Kliniker stellen Parameter ein, indem sie die Druck- und Compliance-Messungen, die am Beatmungsgerät oder am „Y“-Stück vorgenommen wurden, bewerten³. Diese Messungen berücksichtigen nicht den Einfluss des hohen Widerstands des Endotrachealtubus und den geringen Widerstand des Expirationsventils am Beatmungsgerät¹. Zudem werden Compliancemessungen typischerweise mit den Endpunkten der Inspiration und Expiration ohne Berücksichtigung der möglichen Ereignisse während des Atemzugs berechnet. Druck-Volumen-Schleifen werden möglicherweise zur Bewertung mit herangezogen, aber die Bestimmung von Details, wie z. B. die exakten Inflexionspunkte für einen bestimmten Patienten ist schwierig. Aufgrund des Mangels an

INview Suite für Lösungen zur Beatmungsüberwachung

Genauigkeit der existierenden Atmungsüberwachungsfunktionen gestaltet sich das angemessene Einstellen der Beatmungsparameter für bestimmte Patienten schwierig.

GE Healthcare hat zusammen mit Dr. Ola Stenqvist Messtechniken für die Lungenmechanik von Patienten am CARESCAPE R860 entwickelt.

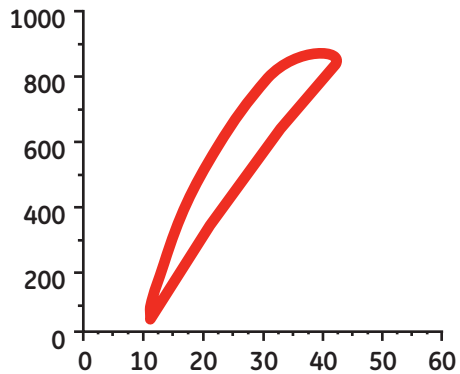
SpiroDynamics misst den Trachealdruck und liefert unabhängig von den Beatmungseinstellungen kontinuierliche mehrphasige Compliancewerte. Die Messungen erfolgen mittels eines Intratrachealkatheter, der in herkömmlichen Endotrachealtuben verwendet werden kann. Nach den Prinzipien eines geschlossenen Absaugsystems konzipiert, ist der GE Einwegsensor einfach einzusetzen und wird stetig gereinigt (Spülflow).



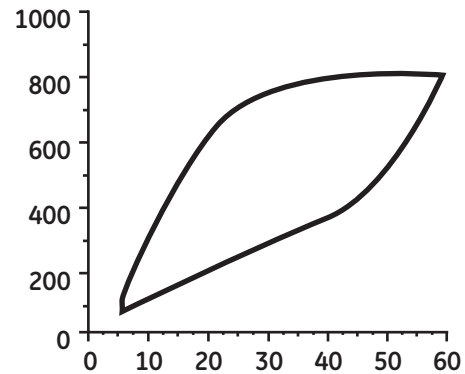
Warum wird der Trachealdruck gemessen?

In diesem System wird der Sensor nahe am „Y“-Stück in den Trachealtubus eingeführt und direkt mit dem CARESCAPE R860 Ventilator über den Zusatzdruckanschluss verbunden.

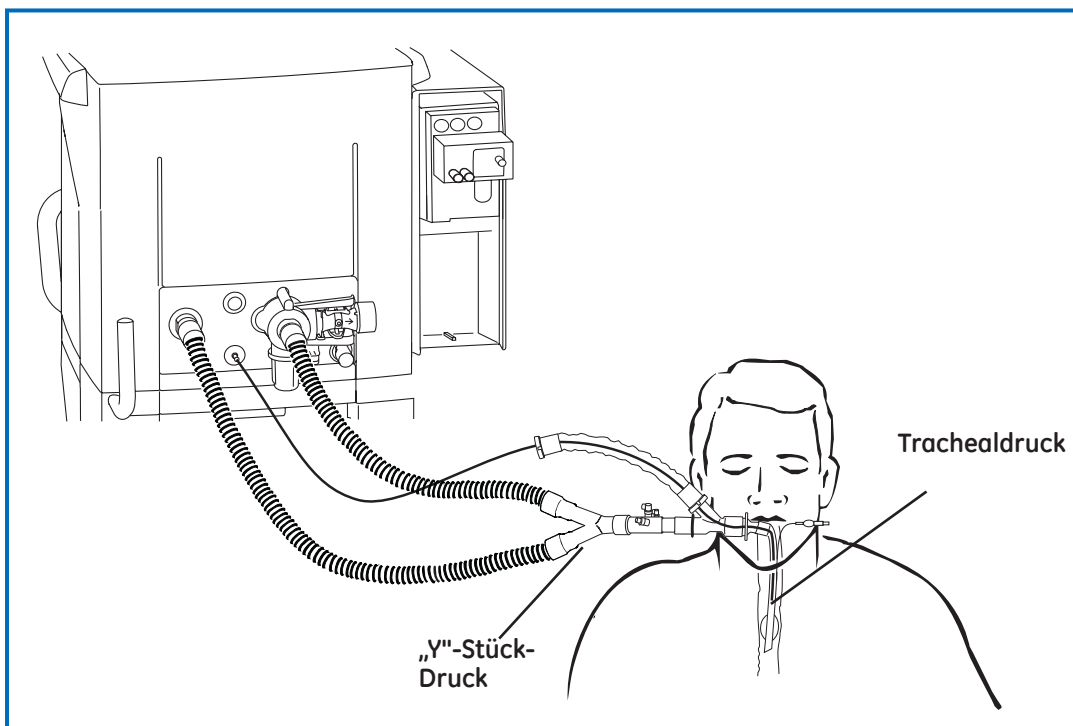
Die Positionierung des Intratrachealkatheter bietet eine genauere Messung des zugeführten Drucks in die Lunge^{1,3}. Durch die Druckmessung am Ende des Tubus wird der Endotrachealtubenwiderstand aus der Spirometrieschleife entfernt². Ein Tubus kann bis zu 70 Prozent des Widerstands zwischen „Y“ und Patientenlunge ausmachen. SpiroDynamics eliminiert den Effekt des Endotrachealtubenwiderstands auf die



SpiroDynamics-Schleife unter Verwendung des Intratrachealsensors



Druckmessung am „Y“-Stück



Druckmessungen und die Druck-Volumen-Schleifen (Atemschleifen) und erlaubt den Klinikern so eine bessere Sicht auf den tatsächlich vorherrschenden Druck, der der Patientenlunge zugeführt wird.

A. Messung mit herkömmlichen Methoden

Das Messen des Atemwegdrucks (P_{aw}) und des Tidalvolumens (TV) am Beatmungsgerät oder am Verbindungsstück gehört zu den üblichsten Methoden zur Erfassung der Lungenmechanik^{1,2}. Oftmals werden diese Parameter gekoppelt, um sie grafisch oder in Spirometrieschleifen anzuzeigen. Druck/Volumen Loops können kontinuierlich den Atemzyklus aufzeichnen, um dem Kliniker die Verlaufsbewertung der Beatmung zu ermöglichen.

Der Widerstand eines Patiententubus beeinflusst den am Verbindungsstück gemessenen Druck^{1,2}. Der Spitzenwert des am Ventilator gemessenen Einatemungsdrucks ist für gewöhnlich viel höher als der tracheale oder alveoläre Druck beim Patienten. Der Unterschied zwischen den Drücken basiert auf dem Tubuswiderstand und dem Inspirationsfluss am Ende der Inspiration^{1,2}. Der Tubuswiderstand kann auch durch Sekrete und Knick beeinträchtigt werden¹. Seitdem Kliniker diese Drücke verwenden, um eine angemessene Beatmung einzustellen, ist es von größter Bedeutung, dass die Benutzer so exakte Daten wie möglich zur Verfügung haben, um die beste klinische Entscheidung zu treffen. SpiroDynamics bietet genaue Trachealdruckmessungen, die es dem Benutzer ermöglichen, das Atemgerät spezifisch auf die äußerst genau bestimmte Lungenmechanik einzustellen.

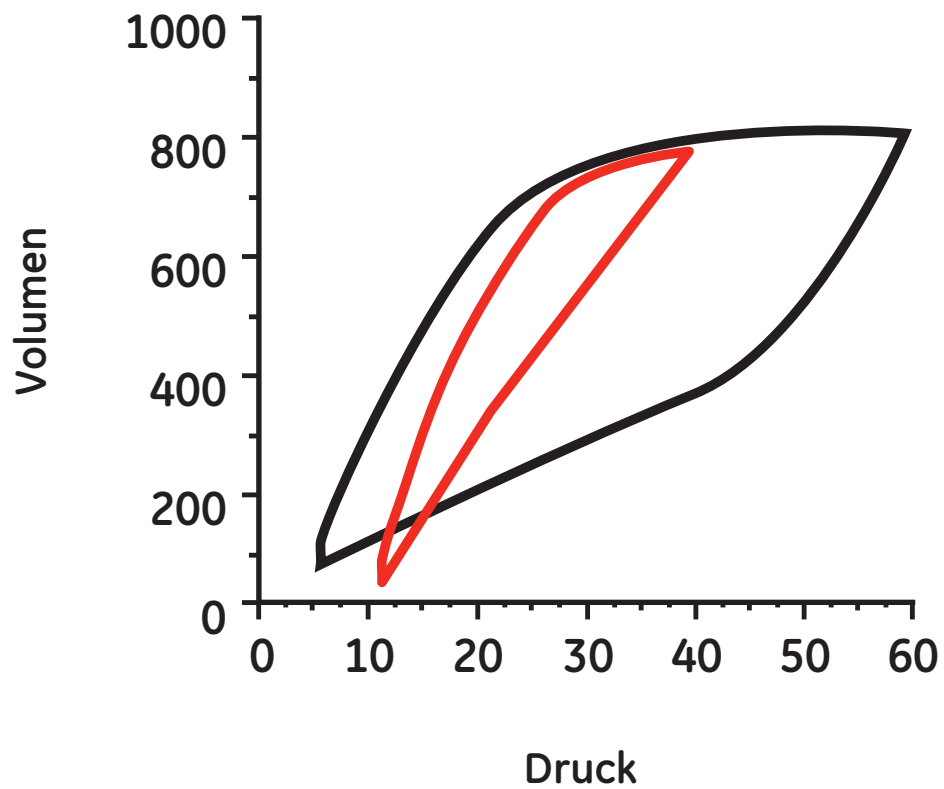
Bei einem normalem I:E-Verhältnis (< 1:2), welches ausreichende Expirationszeit erlaubt, ist das Risiko der unvollständigen Expiration gering und der proximale Druck spiegelt den korrekten endexpiratorischen Druck ($PEEP_e$) des Patienten wieder¹. Jedoch kann eingeschlossene Luft in der Lunge unter folgenden Bedingungen zu einem intrinsischen PEEP ($PEEP_i$) führen:

- Ungenügende Expirationszeit (verminderte T_{exp})
- Große TV
- Hohe Atemfrequenzen
- Hohe Compliance



- Erhöhter Expirationswiderstand
- Früher Kollaps instabiler Alveoli während der Ausatmung aufgrund einer Lungenkrankheit oder -verletzung

A. Messung mit herkömmlichen Methoden (Fortsetzung)



*Vergleich der SpiroDynamics-Schleife (in Rot)
mit der normalen Spirometrieschleife (in Schwarz)*

Obwohl die geläufige Methode Aufschluss über die dynamischen Bedingungen im Schlauchsystem gibt, kann sie ohne ein Verfahren zur Messung des intrinsischen PEEP nicht als genau genug zur kompletten PEEP-Messung angesehen werden. SpiroDynamics Schleifen und die dynostatische Kurve bieten Klinikern den kompletten PEEP in grafischer Darstellung.

B. Messung mit SpiroDynamics

SpiroDynamics basiert auf bestätigten Algorithmen, die eine tracheale Druck-Volumen-Schleife (P/V) analysieren¹. Messungen des Zusatzdrucks (Paux) werden mittels intratrachealem Katheter an der Tubusspitze aufgezeichnet und mit den Volumenmessungen zur Schleifendarstellung synchronisiert. Zum Ende des Atemzugs analysiert die SpiroDynamics-Software die Druck-Volumen-Schleife und schätzt den Druck und die Compliance in den Alveolen während des Atemzyklus.

Sobald ein vollständiger Atemzug aufgezeichnet ist, wird die Schleife in isovolumetrische Segmente eingeteilt. Jedes Segment, auch isovolumetrische Ebene genannt, hat einen inspiratorischen und expiratorischen Druck, sowie einen dazugehörigen inspiratorischen und expiratorischen Flow. Obwohl der Flow nicht explizit in der Grafik angezeigt wird, wird er zur Berechnung des Alveolardrucks herangezogen. Unter der Annahme, dass inspiratorischer und expiratorischer Widerstand in jeder isovolumetrischen Ebene gleich sind, wird der Alveolardruck mit der folgenden Gleichung berechnet¹:

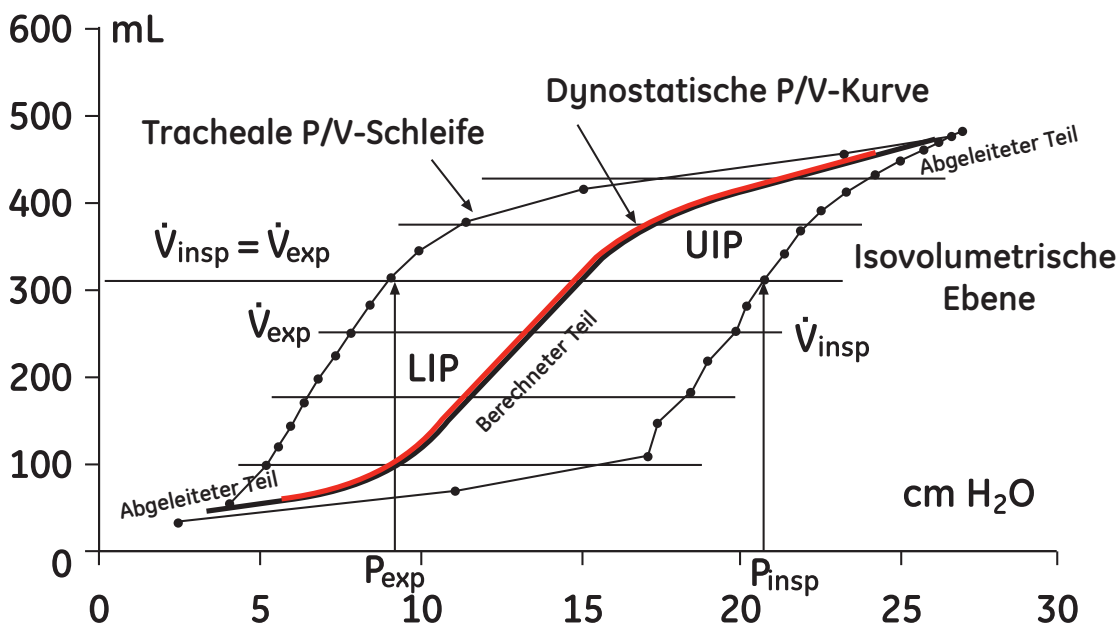
$$P_{insp} = P_{elastisch} + V_{insp} \times R_{insp}, \text{ daher ist } R_{insp} = (P_{insp} - P_{elastisch})/V_{insp}$$

$$P_{exp} = P_{elastisch} + V_{exp} \times R_{exp}, \text{ daher ist } R_{exp} = (P_{exp} - P_{elastisch})/V_{exp}$$

$$\text{Bei } R_{insp} = R_{exp},$$

$$P_{alveolar} = P_{elastisch} = (P_{exp} \times V_{insp} - P_{insp} \times V_{exp}) / (V_{insp} - V_{exp})$$

P = Druck



Reproduziert mit freundlicher Genehmigung von Acta Anaesthesiologica Scandinavica 2000; 44: 578.

V = Flow

R = Widerstand

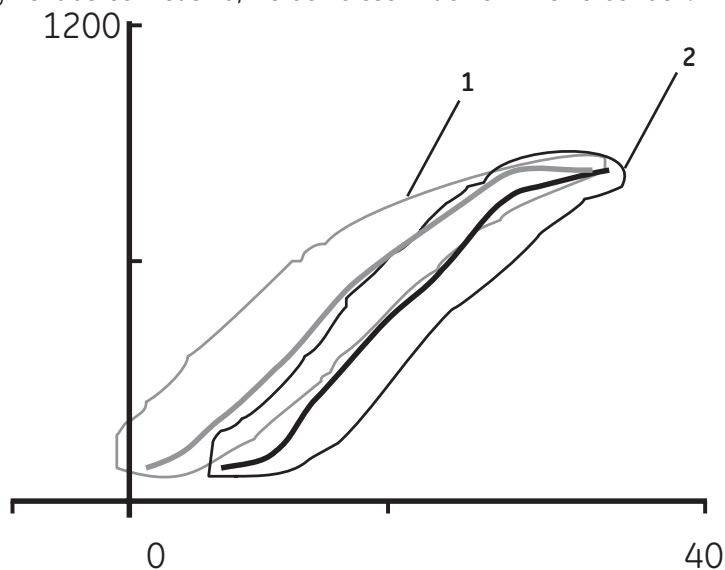
insp = inspiratorisch

exsp = expiratorisch

B. Messung mit SpiroDynamics (Fortsetzung)

Sobald die Alveolardrücke für jedes Segment berechnet sind, werden diese mit einer Linie verbunden. Diese Linie wird

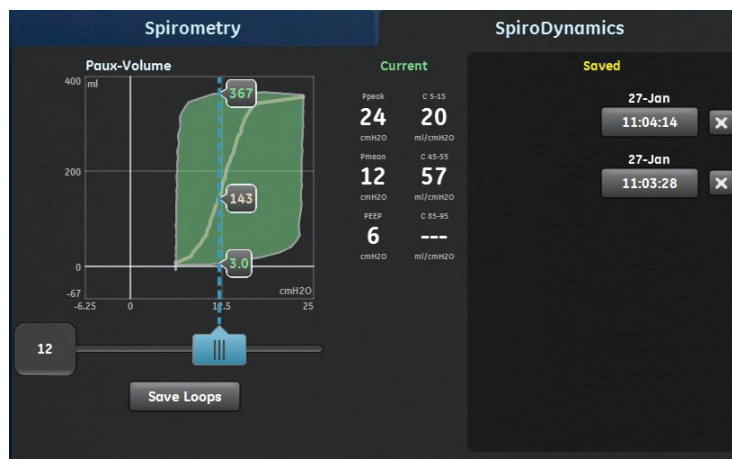
1. Referenzschleife und -kurve
2. Echtzeitschleife und -kurve



dynostatische Kurve genannt und repräsentiert die geschätzte alveoläre Compliance (Volumen pro Druck) während eines Atemzyklus.

In der CARESCAPE R860-Anzeige wird die tracheale P/V-Schleife zusammen mit drei Compliance-Messungen angezeigt: Spitzenzusatzdruck, PEEPe und Tubuswiderstand für jeden Atemzug. Compliance-Werte werden an drei Punkten der dynostatischen Kurve berechnet: Bei 5-15 %, 45-55 %, und 85-95 % des Atemzugs. Sollte die Compliance während des Atemzugs signifikant fluktuieren, sind die oberen und/oder unteren Inflexionspunkte in der dynostatischen Kurve deutlich sichtbar.

Die SpiroDynamics-Schleife, numerische Daten und die Dynostatische Kurve werden mit jedem dritten Atemzug angezeigt, wenn die Atemfrequenz 15 oder weniger pro Minute beträgt. Sobald die Atemfrequenz auf über 15 steigt, wird die SpiroDynamics-Schleife bei jedem fünften Atemzug angezeigt.



Es können bis zu sechs Schleifen- und Kurvenreihen gespeichert werden. Sobald sechs Reihen gespeichert sind, wird beim nächsten Speichern die zweitälteste gelöscht. Die älteste gespeicherte Schleifen- und Kurvenreihe wird stets im Speicher behalten, bis der Benutzer sie explizit löscht. Sobald eine Schleifen- und Kurvenreihe gespeichert wurde, kann sie zusammen mit der aktuellen Schleifen- und Kurvenreihe angezeigt werden, um aktuelle mit vergangenen Messungen zu vergleichen. Bis zu zwei gespeicherte Reihen können mit der aktuellen Reihe zusammen angezeigt werden.

C. Einschränkungen

SpiroDynamics-Berechnungen unterliegen Einschränkungen und können in den folgenden Fällen nicht durchgeführt werden:

- CPAP-Modus mit Psupport < 5 cm H₂O
Unter diesen Bedingungen ist der Algorithmus ungültig.
- Wenn Paux konstant ist

Die Änderung im Zusatzdruck muss über > 4,5 cm H₂O liegen, um als Atemzug erkannt zu werden

- Wenn die gemessene Atemfrequenz unter 3/Minute liegt
- Tidalvolumen = 0 während des gesamten Atemzugs
Der Atemzug kann nicht in seine isovolumetrische Ebenen eingeteilt werden.
- Spontanatmung im Bilevel-Betrieb
Atemzüge bei Phigh können die Messung der Beatmungszeiten beeinflussen.



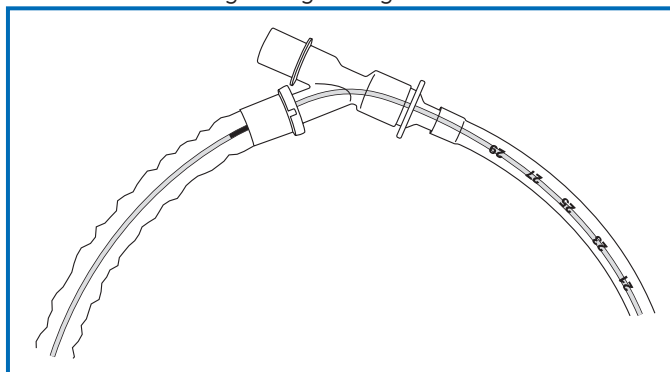
D. Der intratracheale Drucksensor

Ein intratrachealer Drucksensor wurde für den Gebrauch mit der SpiroDynamics-Software zur Messung des Trachealdrucks

bei beatmeten Patienten entwickelt. Dieses Zubehör wird zwischen Tubus und „Y“-Stück eingesetzt und mit dem Zusatzdruckanschluss am CARESCAPE R860 verbunden. Sollten sich andere Zubehörartikel wie eine geschlossene Absaugung oder ein D-lite-Sensor in Gebrauch befinden, so ist der intratracheale Drucksensor proximal zu ihnen einzusetzen.

Der Sensor hat eine druckempfindliche Leitung, die mit einer Katheter-umfassenden Hülle verbunden ist. Der Katheter hat einen Außendurchmesser von 2,0 mm und wird manuell in den Tubus eingeführt. Die Zahlen auf dem Katheter entsprechen den Zahlen auf dem Tubus und bieten eine Platzierungshilfe. Um beste Messergebnisse zu erzielen, sollte die Spitze des Katheters innerhalb von 2 cm an die Spitze des Trachealtubus oder die Tracheostomiekanüle platziert werden.

Vor dem Einsatz am Patienten muss der Sensor gereinigt und genullt werden. Beides kann durch die Benutzeroberfläche

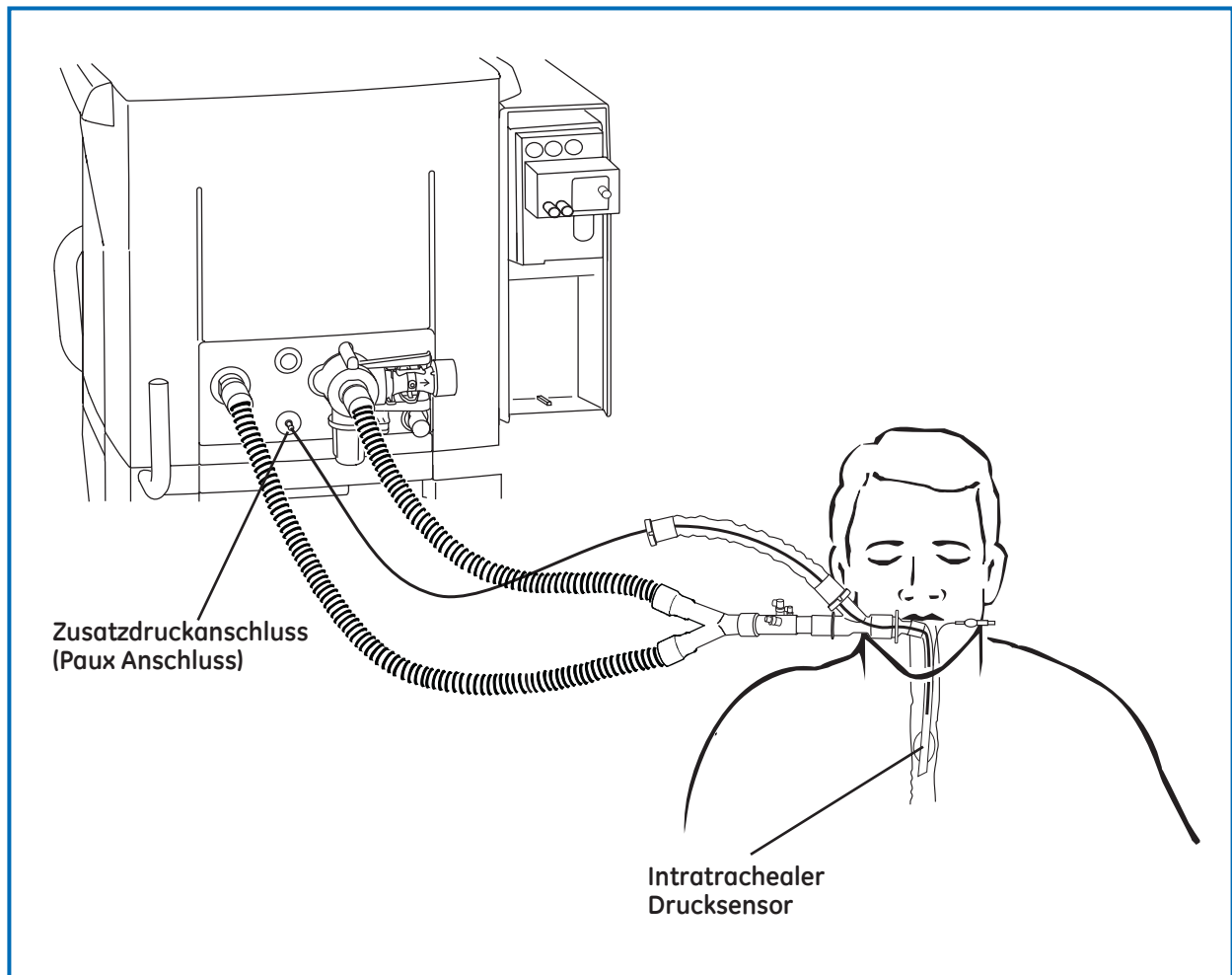


am CARESCAPE R860 ausgeführt werden. Durch Aktivierung des Reinigungsflusses startet ein kontinuierlicher Fluss von 33 ml/min zur Vermeidung von Schleimverlegung im Katheter, was die Messungen beeinträchtigen oder verhindern könnte. Das Nullen des Paux-Sensors nach Beginn des Reinigungsflusses, aber vor Einsetzen des Katheters in das Schlauchsystem, generiert eine Baseline für die Paux-Messungen zur genauen Wertermittlung.

Der intratracheale Drucksensor wurde derart konzipiert, dass er direkt mit einem Standardtubus verwendet werden kann. Eine kleine Führung ist in die Katheter-Buchse eingebaut, die beim Einsetzen in den Tubus hilft und verhindert, dass der Katheter am Ende des Tubus festhakt.

D. Der intratracheale Drucksensor (Fortsetzung)

Einige Endotrachealtuben reichen nicht vollständig bis in die Katheterbuchse, was zu einer Lücke führt, an der der Katheter beim Einsetzen hängenbleiben kann. In solchen Fällen ist es ratsam, dass der Benutzer den Katheter leicht außerhalb der Buchse vorschiebt und danach den Katheter in den Tubus einführt, bevor der Sensor



angeschlossen wird.

Der Gebrauch des Sensors sollte die üblichen Beatmungsmaßnahmen nicht behindern. Der Sensor kann während Therapien, Verneblung und anderen Maßnahmen eingesetzt bleiben. Der Sensor kann im System verweilen, sollte aber aus dem Tubus gezogen werden, bevor ein Absaugschlauch eingeführt wird.

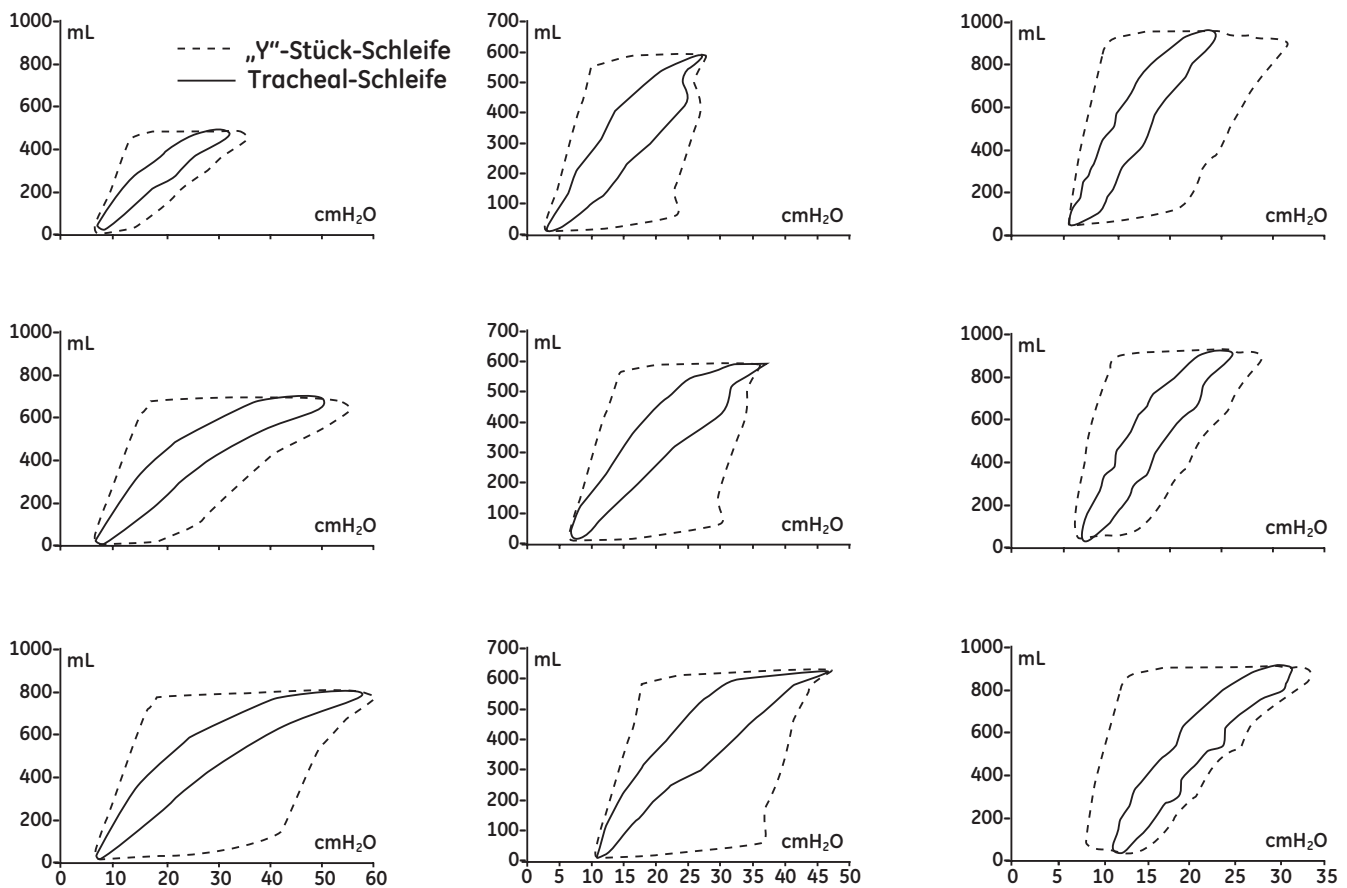
Der Sensor darf nur für die Druckmessung verwendet werden. Er darf nicht für das Absaugen oder Gasansaugen verwendet werden. Der Sensor wurde für den Gebrauch in Endotrachealtuben mit einem inneren Durchmesser von 6,5 mm oder größer konzipiert.

E. Anwendungen

Die untenstehenden Druck-Volumen-Schleifen wurden bei drei verschiedenen Patienten mit unterschiedlichen Beatmungseinstellungen erstellt. Tracheale Druck-Volumen-Schleifen sind innerhalb von herkömmlichen Druck-Volumen-Schleifen dargestellt².

Linke Spalte: Zeigt an, wie eine Zunahme im Tidalvolumen während volumenkontrollierter Beatmung die Schleife beeinflusst (von oben nach unten)².

Mittlere Spalte: Zeigt an, wie eine Zunahme des PEEP während druckkontrollierter Beatmung die Schleife beeinflusst



Reproduziert mit freundlicher Genehmigung von Acta Anaesthesiologica Scandinavica

(von oben nach unten)².

Rechte Spalte: Zeigt an, wie eine Zunahme der Inspirationszeit während volumenkontrollierter Beatmung die Schleife beeinflusst (von oben nach unten)².

Bei all diesen Beispielen wird deutlich, dass die tracheale Druck-Volumen-Schleife mehr Aussagekraft durch die detaillierte grafische Anzeige bietet, indem die Beeinflussung durch Schlauchsystem und Tubus entfernt wurde. Eigenschaften der Schleifen, wie die Endpunkte der Inspiration und Expiration, Entwicklung von Überdehnung und die Identifikation der Inflexionspunkte lassen sich im Detail betrachten. Zudem stellen die Schleifen rechts eine offensichtliche Ausbildung von intrinsischem PEEP im Patienten dar, sobald die Inspirationszeit verändert wird. Diese Ereignisse sind nicht in einer herkömmlichen Spirometrieschleife ersichtlich, werden aber in einer SpiroDynamics Druck-Volumen-Schleife deutlich.

Die klinischen Implikationen der Trachealdruck-Messung mit SpiroDynamics beinhaltet:

Zusammenfassung

- Die Trachealdruck-Messung reduziert den Einfluss des künstlichen Tubuswiderstands auf die SpiroDynamics Druck-Volumen-Schleife
- 3-Punkt-Compliance-Messung
- Monitoring des Trachealdrucks unabhängig von den Einstellungen/Modi am Ventilator
- Dynostatische Kurve zur Anzeige des geschätzten Alveolardrucks
- Bietet dem Kliniker erweiterte Informationen zur Bewertung der Lungenfunktion durch Anfang-, Mittel- und End-Compliancewerte
- Verbesserte Erkennung des intrinsischen PEEP

SpiroDynamics verwendet Trachealdruck-Messungen in Kombination mit der Volumenzufuhr, um eine verbesserte

Problembhebung

Symptom	Problem	Lösung
SpiroDynamics-Daten sind gestrichelt.	Datenerfassung wurde unterbrochen.	Prüfen Sie, ob der Intratrachealkatheter korrekt eingesetzt ist.
Die SpiroDynamics Echtzeitschleife und -kurve wird nicht angezeigt.	Die Katheterwerte sind nicht korrekt.	Prüfen Sie, ob der Intratrachealkatheter korrekt eingesetzt und mit dem System verbunden ist.
Die SpiroDynamics-Schleife und -Daten sind in einem Intervall mit mehr als drei Atemzügen dargestellt	SpiroDynamics wird mit jedem dritten Atemzug angezeigt, wenn die Atemfrequenz 15 oder weniger beträgt.	SpiroDynamics-Daten werden mit jedem fünften Atemzug angezeigt, wenn die Atemfrequenz mehr als 15 Atemzüge pro Minute beträgt.

Literaturverweis

1. Stenqvist O., „Practical Assessment of Respiratory Mechanics.“
British Journal of Anaesthesiology. 2003;91(1):92-105.
2. Karason S., Stenqvist O; „Pressure/Volume Curves in ARDS: Old and New Aspects.“ Auffrischkurs: Europäische Gesellschaft für Anästhesiologie. 2001,
Zugriff über www.euroanesthesia.org.
3. Sondergaard S, Karason S, Wiklund J, Lundin S, Stenqvist O.
„Alveolar pressure monitoring: an evaluation in a lung model and in patients with acute lung injury.“ Intensive Care Med. 2003 Juni; 29(6):955-62 Epub 2003 Apr 11.

Weitere Materialien

- Olegard C, Sondergaard S, Houltz E, Lundin S, Stenqvist O. „Estimation of functional residual capacity at the bedside using standard monitoring equipment: a modified nitrogen washout/washin technique requiring a small change of the inspired oxygen fraction.“ Anesth Analg. 2005 Juli;101(1):206-12, Inhaltsverzeichnis.
- Stenqvist O, Olegard C, Sondergaard S, Odenstedt H, Karason S, Lundin S. „Monitoring functional residual capacity (FRC) by quantifying oxygen/ carbon dioxide fluxes during a short apnea.“ Acta Anaesthesiol Scand. 2002 Juli;46(6):732-9.
- Sondergaard S, Karason S, Hanson A, Nilsson K, Hojer S, Lundin S, Stenqvist O. „Direct measurement of intratracheal pressure in pediatric respiratory monitoring.“ Pediatr Res. 2002 Mar;51(3):339-45.
- Karason S, Sondergaard S, Lundin S, Stenqvist O. „Continuous on-line measurements of respiratory system, lung and chest wall mechanics during mechanic ventilation.“ Intensive Care Med. 2001 Aug;27(8):1328-39.
- Karason S, Sondergaard S, Lundin S, Wiklund J, Stenqvist O. „Direct tracheal airway pressure measurements are essential for safe and accurate dynamic monitoring of respiratory mechanics. A laboratory study.“ Acta Anaesthesiol Scand. 2001 Feb;45(2):173-9.



Über GE Healthcare

GE Healthcare entwickelt medizintechnische Lösungen und Dienstleistungen, um der Nachfrage nach einem leichteren Zugang zu medizinischen Leistungen, einer verbesserten Qualität der Patientenversorgung und Kostensenkung im Gesundheitswesen weltweit nachzukommen. GE (NYSE: GE) arbeitet an Themen, die die Welt bewegen – mit den klügsten Köpfen und den besten Technologien stellen wir uns den schwierigsten Herausforderungen. Das Unternehmen verfügt über umfassendes Know-how in den Bereichen medizinische Bildung, Software und IT, Patientenmonitoring und Diagnostik, Arzneimittelforschung und biopharmazeutische Fertigungstechnologien. Zudem bietet der Medizintechnikhersteller unterschiedlichste Dienstleistungen zur Effizienzsteigerung im Gesundheitswesen und unterstützt Mediziner weltweit, Patienten eine hochwertige medizinische Versorgung zuteilwerden zu lassen.

GE Healthcare
P.O. Box 7550
Madison, WI 53707-7550
www.gehealthcare.com

Nicht in allen Märkten kommerziell verfügbar
Von der FDA der Vereinigten Staaten nicht freigegeben oder zugelassen

© 2014 General Electric Company – Alle Rechte vorbehalten.

General Electric Company behält sich das Recht vor, die genannten Spezifikationen und Funktionen zu einem beliebigen Zeitpunkt und ohne vorherige Ankündigung oder Verpflichtung zu ändern oder die Herstellung des Produkts einzustellen. Aktuelle Informationen erhalten Sie von Ihrem GE-Vertriebsrepräsentanten.

*Marke der General Electric Company.

Alle anderen in diesem Dokument erwähnten Gesellschafts-, Produkt- oder Softwarenamen können Marken oder eingetragene Marken der jeweiligen Firmen, Organisationen oder Einrichtungen sein und werden hiermit anerkannt.

GE Healthcare, ein Geschäftsbereich der General Electric Company.

JB24735US