

Detektion ventilatorischer Umverteilung durch Lageänderung mittels Elektrischer Impedanztomographie (EIT) unter Spontanatmung und künstlicher Beatmung

März A, Ukere A, Wodack KH, Trepte CJ, Blanc IF, Böhm SH,
Waldmann AD, Goetz AE, Haese A, Reuter DA;
16. Hauptstadtkongress für Anästhesiologie und
Intensivtherapie, Berlin, Deutschland, 18.-20. September, 2014

Detektion ventilatorischer Umverteilung durch Lageänderung mittels Elektrischer Impedanztomographie (EIT) unter Spontanatmung und künstlicher Beatmung

Alexander März¹, Asi Ukere¹, Karin H. Wodack¹, Constantin J. Trepte¹, Irmgard F. Blanc¹, Stephan H. Böhm², Andreas D. Waldmann², Alwin E. Goetz¹, Alexander Haese³, Daniel A. Reuter¹

¹ Klinik und Poliklinik für Anästhesiologie; Zentrum Anästhesiologie und Intensivmedizin; Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf

² Swisstom AG, Landquart, Schweiz; ³ Martiniklinik am Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf

Zielsetzung:

Unter maschineller Beatmung kommt es durch Bildung von Atelektasen in den dorsalen, abhängigen Bereichen der Lunge zu einer Verschiebung der Ventilation in ventrale Lungenareale (1). Besonders ausgeprägt sind diese Veränderungen bei laparoskopischen Eingriffen, wie der Roboter-assistierte Radikale Prostatektomie (RARP), bei denen außerdem ein Capnoperitoneum und eine extreme Kopftieflage benötigt werden. Unbekannt ist bisher, in welchem Umfang eine solche Umverteilung der ventilierten Areale bereits unter Spontanatmung stattfindet. Die Elektrische Impedanztomographie (EIT) ist ein nichtinvasives, bettseitiges Verfahren mit dem in Echtzeit beatmungsinduzierte Verschiebungen der ventilierten Lungenareale funktionell sichtbar gemacht werden können. Dabei werden über Elektroden abwechselnd Ströme über den Thorax appliziert und die Änderungen in der Impedanz während des Atemzyklus gemessen. Ziel der vorliegenden Studie war es, zu untersuchen, ob so bereits die durch Lageveränderungen stattfindenden Umverteilungen der Ventilation unter Spontanatmung quantitativ dargestellt werden können. Die Verschiebung der Ventilation stellten wir anhand des „Centre of Ventilation“ (CoV) dar. Weiterhin untersuchten wir die weitere Veränderung des CoV während RARP-Prozeduren unter maschineller Beatmung und extremer Kopftieflage.

Methoden:

Im Rahmen einer klinischen Studie an 200 Patienten, die sich einer RARP unterzogen (NCT 02066246), führten wir bei 40 Patienten hochauflösende, thorakale EIT-Messungen durch (Swisstom BB², Swisstom AG, Landquart, Schweiz). Die 32 Elektroden des Geräts sind in einen textilen Gürtel eingearbeitet, der am Patienten schräg entlang des sechsten Interkostalraums verläuft. Die Berechnung des CoV erfolgte wie von Frerich *et al.* beschrieben (3), die relative Impedanzänderungen pro horizontaler Pixelreihe (Zeile) über 10 Atemzyklen berechnet und als gewichtetes Histogramm dargestellt. Daraus ergibt sich ein Prozentwert, der die relative Lage des CoV bezogen auf den ventro-dorsalen Thoraxdurchmesser angibt. Dabei beschreibt 100% eine Ventilation in den dorsalen und 0% in den ventralen Bereichen der Lunge.

Das CoV wurde im Sitzen (M1) und in Rückenlage (M2) unter Spontanatmung, nach Narkoseinduktion und mechanischer Ventilation in Rückenlage (M3), 30min nach Implementierung einer 30° Kopftieflage mit Capnoperitoneum (M4) und nach Ablassen des Capnoperitoneums bei Rückenlage des beatmeten Patienten untersucht (M5).

Ergebnisse:

Wie in Abbildung 1 dargestellt, verschoben sich die ventilierten Bereiche der Lunge unter Spontanatmung nach dem Wechsel vom Sitzen in Rückenlage nach ventral, wie an der signifikanten Verschiebung des CoV von 64,8% im Sitzen (M1) auf 56,0% in Rückenlage (M2) erkennbar. Der Beginn der mechanischen Beatmung verschob das CoV weiter nach ventral auf 44,3% (M3), sowie die Kopftieflage auf 42,3% (M4). Nach Aufheben der Kopftieflage und Ablassen des Capnoperitoneums erreichte das CoV wieder den Ausgangswert von M3 mit 46,0%. Die originalen EIT Bilder eines Patienten sind exemplarisch in der Abbildung 1 ebenfalls dargestellt. Die begleitenden Veränderungen in der Beatmungsmechanik und im Gasaustausch sind in Tabelle 1 dargestellt.

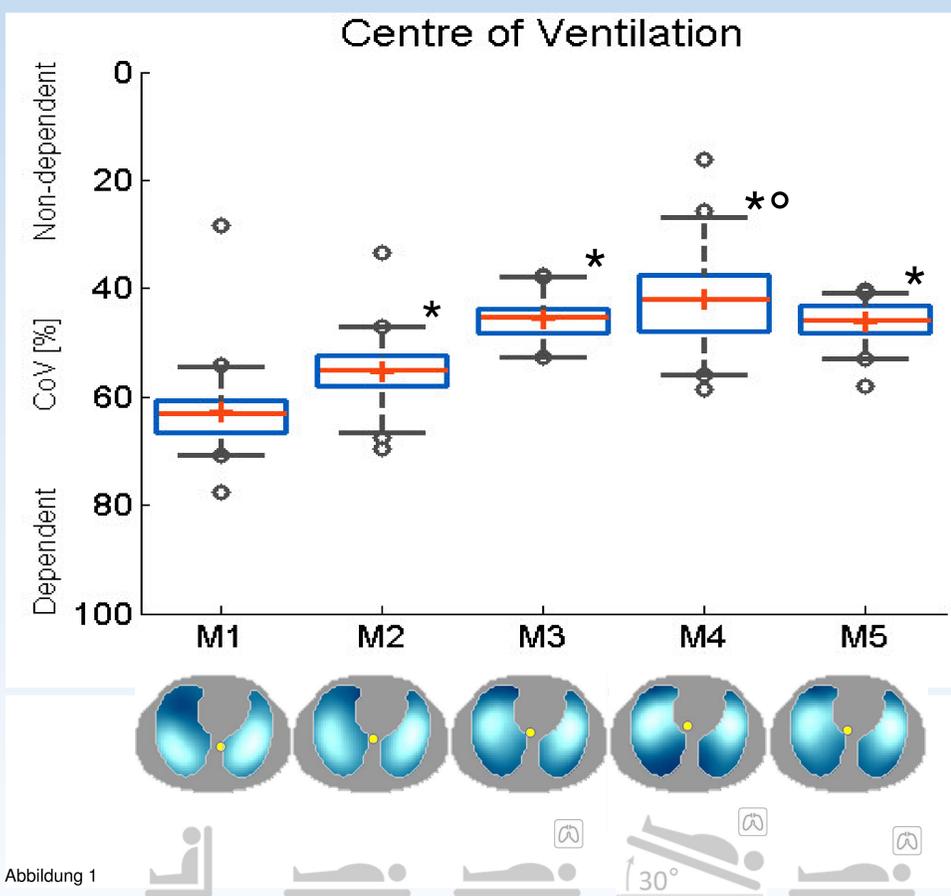


Abbildung 1

	M1	M2	M3	M4	M5
AMV (ml/min)			5,73 ± 0,7	7,05 ± 1,06 ^{*M3}	7,9 ± 1,42 ^{*M3}
AF (f/min)	16,9 ± 4,87	16,8 ± 3,84	12,1 ± 2,63	14,2 ± 3,02 ^{*M3}	16,1 ± 3,98 ^{*M3}
SpO2 (%)	96,1 ± 1,83	95,8 ± 2,15	97,8 ± 1,09 ^{*M1}	97,9 ± 0,92 ^{*M1}	98,1 ± 0,89 ^{*M1}
Pinsp (cmH2O)			13,7 ± 1,51	28,3 ± 3,32 ^{*M3}	15,9 ± 2,84
PEEP mbar			5 ± 0,0	10 ± 0,16	5,2 ± 1,13
Comp.(ml/mbar)			60,3 ± 10,5	31,0 ± 6,6 ^{*M3}	54,8 ± 10,6 ^{*M3}
PaO2/FiO2 (mmHg)			437,42 ± 103,5	400,68 ± 84,7	379,74 ± 78,9 ^{*M3}
PaO2 (mmHg)			218,7 ± 51,73	199,3 ± 43,95	189,9 ± 39,44 ^{*M3}
PaCO2 (mmHg)			41,1 ± 2,50	42,4 ± 3,39	43,2 ± 4,04

Tabelle 1: Es sind die Beatmungsparameter und Resultate aus den Blutgasanalysen zu den Messzeitpunkten M1-M5 angegeben. Die Abkürzungen bedeuten wie folgt: AMV: Atemminutenvolumen, AF: Atemfrequenz, SpO2: periphere Sauerstoffsättigung, Pinsp: Inspirationsdruck, PEEP: positive end expiratory pressure, Comp: Compliance. * bedeutet, dass der Wert statistisch signifikant (p<0,005) im Vergleich zum anschließend angegebenen Messzeitpunkt ist (z.B. M³).

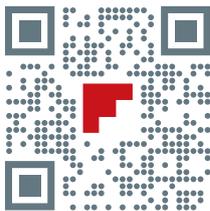
Zu Abbildung 1: Dargestellt ist die Veränderung des CoV in Bezug auf den ventrodorsalen Thoraxdurchmesser zu den einzelnen Messzeitpunkten (M1-M5). Die Boxes markieren die 25ste bzw. 75ste Perzentile, der rote Balken jeweils den Median und das rote Kreuz den Mittelwert. Die Whiskers zeigen das 5% bzw. 95% Konfidenzintervall. Unterhalb der X-Achse sind exemplarisch EIT Bilder dargestellt, die die Verschiebung des CoV illustrieren. Statistisch signifikante Veränderungen (p>0,005) im Vergleich zu M1 sind durch *, signifikante Veränderungen zu M3 mit einem ° gekennzeichnet. Unter dem Diagramm sind exemplarisch EIT-Bilder eines Patienten dargestellt. Belüftete Bereiche sind hell und minderbelüftete Bereiche sind dunkel dargestellt. Der gelbe Punkt gibt das CoV an. Zur Orientierung ist die Lagerung des Patienten in der letzten Spalte als Piktogramm gezeigt. Hier bedeutet das Lungensymbol, dass der Patient beatmet wurde.

Schlussfolgerung:

Radke *et al.* konnten mittels EIT zeigen, dass mechanische Ventilation zu einer Verschiebung des CoV nach ventral führt, was einer Bildung von Atelektasen in den abhängigen Lungenarealen entspricht (4). Unsere Daten, erhoben unter Einsatz eines 32-Elektroden-Gürtels zeigen erstmalig in pulmonal gesunden Patienten, dass diese Verschiebung des CoV bereits unter Spontanatmung durch Rückenlagerung induziert wird und dies sich mittels EIT bettseitig nachweisen lässt. Induktion mechanischer Ventilation verstärkt diese Verschiebung. Weiter konnten wir erstmalig zeigen, dass intraoperative Kopftieflage unter mechanischer Beatmung zu weiterer, reversibler Verschiebung des CoV führt. Die hochauflösende EIT scheint daher ein sehr sensibles Instrument zur differenzierten Steuerung der intraoperativen mechanischen Ventilation bei Eingriffen, die spezielle Lagerungen erfordern, zu sein.

Referenzen:

- 1) Hedenstierna G, Edmark L; The effects of anesthesia and muscle paralysis on the respiratory system. Intensive Care Med 2005;31:1327-35
- 2) Andersson, L, et al.; Effect of carbon dioxide pneumoperitoneum on development of atelectasis during anesthesia, examined by spiral computed tomography. Anesthesiology 2005; 102(2): 293-299.
- 3) Frerichs I, et al.; Lung volume recruitment after surfactant administration modifies spatial distribution of ventilation. Am J Respir Crit Care Med 2006, 174:772-779.
- 4) Radke O, et al.; Spontaneous breathing during general anesthesia prevents the ventral redistribution of ventilation as detected by electrical impedance tomography: a randomized trial. Anesthesiology 2012; 116(6):1227-34.



Contact us!

call: + 41 (0) 81 330 09 72
mail: info@swisstom.com
visit: www.swisstom.com

Swisstom AG
Schulstrasse 1, CH-7302
Landquart, Switzerland

Swisstom AG

Swisstom AG, located in Landquart, Switzerland, develops and manufactures innovative medical devices. Our new lung function monitor enables life-saving treatments for patients in intensive care and during general anesthesia.

Unlike traditional tomography, Swisstom's bedside imaging is based on non-radiating principles: Electrical Impedance Tomography (EIT). To date, no comparable devices can show such regional organ function continuously and in real-time at the patient's bedside.

Swisstom creates its competitive edge by passionate leadership in non-invasive tomography with the goal to improve individual lives and therapies.

Content: Dr. Stephan Böhm; Concept & Design: Zweizeit Brand Development