



## Algorithmenbasiertes Monitoring der Intensivbeatmung mittels elektrischer Impedanztomografie

<b>Vorwort</b>	<b>4</b>
<b>Mögliche Kontraindikationen bewerten</b>	<b>7</b>
Schritt <b>1</b> : Mögliche Kontraindikationen bewerten	7
<b>Patient für EIT-Monitoring vorbereiten</b>	<b>8</b>
Schritt <b>2</b> : Maßband anlegen	8
Schritt <b>3</b> : Patient ausmessen	9
Schritt <b>4</b> : Ermitteln der Größe des SensorBelts	10
Schritt <b>5</b> : Auswahl SensorBelt	11
Schritt <b>6</b> : Vorbereiten des Schaumes (ContactAgent)	12
Schritt <b>7</b> : Auftragen des Schaumes	13
Schritt <b>8</b> : Positionierung des SensorBelts	14
Schritt <b>9</b> : Anlegen des SensorBelts (1)	15
Schritt <b>10</b> : Anlegen des SensorBelts (2)	16
Schritt <b>11</b> : Fixierung des SensorBelts	17
Schritt <b>12</b> : Befestigung des SensorBelts (1)	18
Schritt <b>13</b> : Befestigung des SensorBelts (2)	19
Schritt <b>14</b> : Inbetriebnahme des SensorBelts	20
Schritt <b>15</b> : Kontrollleuchte des SensorBelts	21
<b>Intensivventilator elisa 800<sup>VIT</sup> konfigurieren</b>	<b>22</b>
Schritt <b>16</b> : EIT aufrufen	22
Schritt <b>17</b> : Patientendaten eingeben	23
Schritt <b>18</b> : Störquellen minimieren	24
Schritt <b>19</b> : Einstellungen und SensorBelt überprüfen	25
<b>Ergebnisse beurteilen</b>	<b>26</b>
Schritt <b>20</b> : Regionale Ventilationsverteilung beurteilen	26
Schritt <b>21</b> : Ungleiche Verteilung der Ventilation zwischen beiden Lungen beurteilen	27
Schritt <b>22</b> : Anzeige „Stretch“ analysieren	28

Schritt <b>23</b> : Abweichende Stretch-Verteilung bewerten: U-förmig, oder sind alle Ausprägungen ungefähr gleich hoch?	29
Schritt <b>24</b> : Abweichende Stretch-Verteilung bewerten: Akzelerierend	30
Schritt <b>25</b> : Abweichende Stretch-Verteilung bewerten: Dezelerierend	31
Schritt <b>26</b> : SilentSpaces analysieren: Schwerkraftunabhängige Ausprägung	32
Schritt <b>27</b> : SilentSpaces analysieren: Schwerkraftabhängige Ausprägung	33
Schritt <b>28</b> : SilentSpaces analysieren: Beidseitige Ausprägung	34
<b>EIT-Monitoring beenden</b>	<b>35</b>
<b>Letzter</b> Schritt: EIT-Monitoring beenden	35
<b>FAQ: Fragen und Antworten aus der Praxis</b>	<b>36</b>
Kontraindikationen	36
Potentielle Komplikationen und Fehlerquellen	36
SensorBelt	38
Interpretation	39
<b>Ausgewählte Studien</b>	<b>41</b>
Grundlagen	41
Optimierung der Beatmungseinstellungen	41
Darstellung der regionalen Lungenfunktion	42
Lagepositionierung	42
EIT-Validierung	43

Die Ursachen des akuten Lungenversagens sind vielschichtig und führen oft zu strukturellen Beeinträchtigungen der Lunge, die eine Beatmungstherapie lebensnotwendig machen. Dabei kommt es, bedingt durch Gravitationseffekte, regionale Surfactant-Defekte und eine ungleichmäßige Atelektasenverteilung, zu einer inhomogenen regionalen Ventilationsverteilung.

Die Anpassung der Beatmung an die individuelle regionale Lungenfunktion des Patienten ist ausgesprochen komplex und muss regelmäßig evaluiert werden. Sie ist jedoch unabdingbar, da eine „lungenschonende“ Beatmung die Mortalität von Patienten mit ALI reduziert.

Eine zentrale Größe bei der Optimierung der Beatmung ist die individuelle Anpassung des positiven endexpiratorischen Druckes (PEEP). Es ist eine ausgesprochene Herausforderung, bei Patienten mit akutem Lungenversagen das Niveau des besten PEEP zu finden, um Atelektasen und alveolare Überdehnung zu vermeiden. Hinzu kommt, dass sich die Höhe des optimal eingestellten PEEPs kontinuierlich mit der sich durch Erkrankung und Therapie verändernden Lungenfunktion ändert, sodass das PEEP-Niveau regelmäßig reevaluiert werden muss.

Ein optimal eingestellter PEEP ist jedoch eine zentrale Grundvoraussetzung für eine lungenprotektive Beatmung. Er reduziert das atemsynchrone Eröffnen und Kollabieren von Lungenarealen und führt zu einer homogenen Verteilung von Ventilation und Perfusion in der Lunge. Bei zu niedrigen PEEP-Werten werden die Lungenareale durch Atelektasenbildung, und bei zu hohen PEEP-Werten durch Überdehnung geschädigt.

---

Für die Optimierung der PEEP-Einstellung können verschiedene Methoden bettseitig verwendet werden. Die Low-Flow Druck-Volumen Kurve, der Stress Index, der PEEP Trial und die PEEP/FIO<sub>2</sub> Tabelle sind die geläufigsten Verfahren. Sie alle haben die Einschränkung, dass sie die regional inhomogene Ventilationsverteilung nicht abbilden können. Radiologische Techniken wie Röntgenthoraxuntersuchung, Computertomografie, Sonografie der Lunge und seltener die Magnetresonanztomografie werden ebenfalls genutzt, bilden jedoch den Zustand der Lunge nur zu einem einzigen Zeitpunkt ab.

Die am Patientenbett durchzuführende Röntgenuntersuchung des Thorax hat von diesen Methoden die geringste Aussagekraft. Hiermit sind teilweise nur massive pulmonale Einschränkungen zu erkennen. Der Aufwand einer CT- oder MRT-Untersuchung bei beatmeten Intensivpatienten ist jedoch enorm und bei respiratorisch instabilen Patienten ohne größeres Risiko nicht durchführbar. Darüber hinaus besteht insbesondere bei der CT-Untersuchung eine erhebliche Strahlenbelastung für den Patienten. Trotz all dieser Limitationen in der Anwendung bei beatmeten Intensivpatienten ist die CT derzeit das einzige Verfahren, welches eine Optimierung der Beatmungseinstellungen im Bezug auf die regionale Lungenfunktion ermöglicht, sodass Patienten mit schwerem Lungenversagen zur Optimierung der Respiratoreinstellungen einer CT-Untersuchung unterzogen werden.

Mit der elektrischen Impedanztomografie (EIT) steht erstmalig eine bettseitige Methode zur Verfügung, mit der die regionale Lungenfunktion nichtinvasiv, kontinuierlich und ohne Strahlenbelastung zuverlässig bestimmt werden kann. Im Gegensatz zu anderen medizinischen Bildgebungsverfahren werden bei der EIT Körperfunktionen anstelle