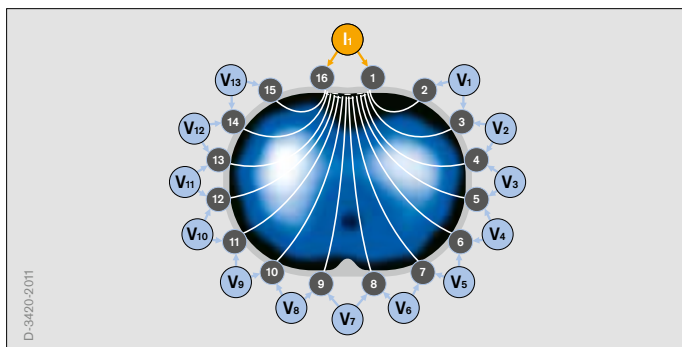




# La tomografía de impedancia eléctrica, ¿de camino a convertirse en método de referencia?

La terapia de ventilación implica diversos riesgos y puede tener como consecuencia diferentes efectos adversos. Además, el estado de ventilación de los pulmones puede evolucionar de manera muy diferente a lo largo del tiempo en distintas zonas. Las técnicas tradicionales de diagnóstico por imagen solo proporcionan una imagen momentánea de este estado. La tomografía de impedancia eléctrica (TIE), por el contrario, permite una visualización dinámica del estado de los pulmones durante la ventilación. Aunque la TIE lleva utilizándose en el ámbito clínico desde 2011, todavía hay algunos factores que impiden que se convierta en un procedimiento establecido. Sin embargo, ya ha iniciado el camino para convertirse en un nuevo método de referencia en los cuidados intensivos y el uso de anestesia, y las directrices S3 actuales sobre ventilación invasiva también mencionan la TIE.

En la década de los 80, sus resultados eran impresionantes: los primeros dispositivos de TIE ofrecían una imagen por segundo, siempre que se utilizasen en un entorno electromagnético adecuado libre de interferencias. En la actualidad, después de formar parte de la rutina clínica durante varios años, la TIE ofrece una cantidad mucho más impresionante de imágenes: 50 por segundo. Además las perturbaciones electromagnéticas suponen un impedimento mucho menor a la hora de obtener imágenes de los pulmones de gran calidad. La TIE permite visualizar eventos en el tórax mediante una corriente alterna de baja intensidad en los electrodos que giran alrededor del cuerpo. Los electrodos se aplican en la superficie corporal y funcionan sin radiación alguna.



Aplicación de corriente y mediciones de voltaje alrededor del tórax con 16 electrodos.

Los cambios en el interior del tórax producen cambios en la resistencia eléctrica, y esta puede determinarse a través de pequeños cambios de voltaje en la superficie de la piel. En resumen, una imagen de TIE es una medición de la bioimpedancia del interior del cuerpo, principalmente de los pulmones. En comparación con lo que ocurre en el caso de otras técnicas de diagnóstico por imagen que funcionan con radiación ionizante, las imágenes de TIE tienen una menor resolución espacial, pero son altamente dinámicas<sup>1</sup>.



Paciente con cinturón de electrodos

## Su principal aplicación es la medición de la ventilación pulmonar

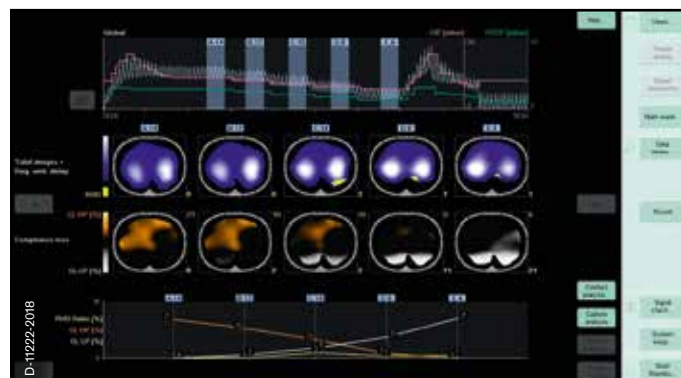
Aunque la TIE se inventó como procedimiento médico en la década de los 80, se trata todavía de un método relativamente nuevo. La TIE lleva utilizándose en el ámbito clínico desde 2011, cuando se lanzó al mercado el primer dispositivo de TIE. Hasta la fecha, este método se ha utilizado principalmente para monitorizar la función pulmonar. Aparte del uso de la TIE para el diagnóstico por imagen, se están investigando otras posibles aplicaciones:

- Diagnóstico por imagen de la función y evacuación gastrointestinal
- Visualización de ciertas funciones cerebrales
- Detección temprana del cáncer de mama<sup>2</sup>

Además de la imagen dinámica que proporciona, la TIE también ofrece otras ventajas: el análisis no implica uso de radiación en absoluto y se puede llevar a cabo en la propia cama del paciente. Permite realizar una monitorización continua de la ventilación regional y, por tanto, una visualización funcional de los pulmones. Las variables funcionales incluyen:

- distensibilidad regional
- volumen pulmonar regional (p. ej., volúmenes tidales)
- cambios regionales en el volumen pulmonar espiratorio final
- variaciones espaciales y temporales en la ventilación<sup>1</sup>

Esta información puede utilizarse para detectar indicios de hiperdistensión pulmonar o colapso de regiones pulmonares específicas. Ningún otro procedimiento de diagnóstico por imagen proporciona un nivel de información comparable directamente desde la cama del paciente y sin someterlo a radiación<sup>3</sup>.



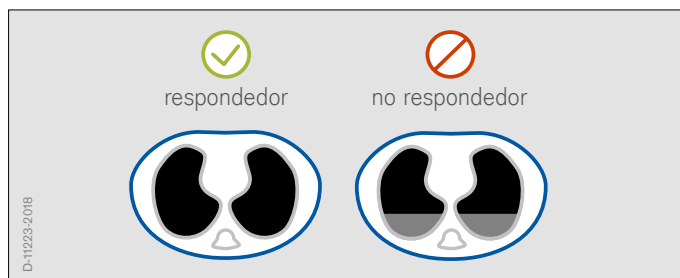
Ejemplo de imagen y datos generados por TIE

## Oxigenación mejorada y menos daños en los tejidos

La tomografía de impedancia eléctrica permite establecer individualmente diferentes parámetros del tratamiento ventilatorio para garantizar la distribución uniforme de la ventilación en las zonas ventral y dorsal de los pulmones. Al mismo tiempo, esto puede reducir el estrés al que se ven sometidos los pulmones. En los primeros datos prospectivos sobre la ventilación guiada por TIE en relación con las lesiones pulmonares en un entorno experimental, se detectó una mejora en el intercambio de gases y en la mecánica respiratoria con indicios histológicos mínimos de lesiones parenquimatosas a consecuencia de la ventilación<sup>4</sup>. Los científicos no han tardado en reconocer las importantes ventajas que ofrece la TIE en lo que respecta a la detección temprana de las deficiencias regionales, como las posibles lesiones por neumotórax o edema pulmonar.

## El reclutamiento pulmonar se puede adaptar de manera individual y ser menos perjudicial

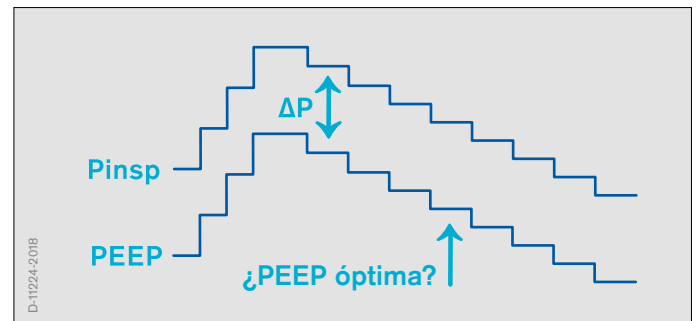
Es de sobra conocido que las maniobras de reclutamiento implican el riesgo de provocar reacciones adversas en forma de barotraumatismo, volutraumatismo y efectos hemodinámicos<sup>5</sup>. La TIE también ofrece ventajas a la hora de gestionar estas situaciones. Cuando se valoran las opciones compensatorias de restablecimiento adecuado de la oxigenación o protección del tejido pulmonar en la medida de lo posible, la TIE contribuye a alcanzar el ajuste exacto de los parámetros necesarios. Esto permite, por ejemplo, ajustar la PEEP (presión positiva al final de la espiración) en la propia cama del paciente. La evaluación precisa de las condiciones de ventilación con la TIE facilita así llevar a cabo un reclutamiento pulmonar personalizado<sup>3</sup>.



**Definición de la capacidad de reclutamiento de un paciente para personalizar la ventilación**

Puede optimizarse la monitorización con una combinación de TIE y medición rutinaria de oxígeno, como se muestra en un estudio prospectivo de 2016 (Yun y cols.). Además, también permite distinguir más rápidamente entre los pacientes que responden a las MR y los que no. Se analizó en 20 pacientes la diferencia de oxigenación antes de las MR y 2 minutos después con el método

de TIE y la medición de oxígeno. Únicamente 10 de ellos respondían<sup>6</sup>. Este innovador enfoque facilita de este modo la decisión de adoptar o no una estrategia de reclutamiento en los pacientes con SDRA (Síndrome de dificultad respiratoria aguda); también ofrece una selección de parámetros de ventilación adecuados al contexto tras un reclutamiento que se haya llevado a cabo con éxito (p. ej. PEEP posterior). Los primeros resultados prometedores para el ajuste de PEEP basado en TIE mostraban una ventilación a una presión de distensión inferior en el grupo de TIE en comparación con los pacientes que fueron ventilados según el protocolo para SDRA<sup>7</sup>. Sin embargo, se necesitan más estudios para optimizar la técnica<sup>8</sup>.



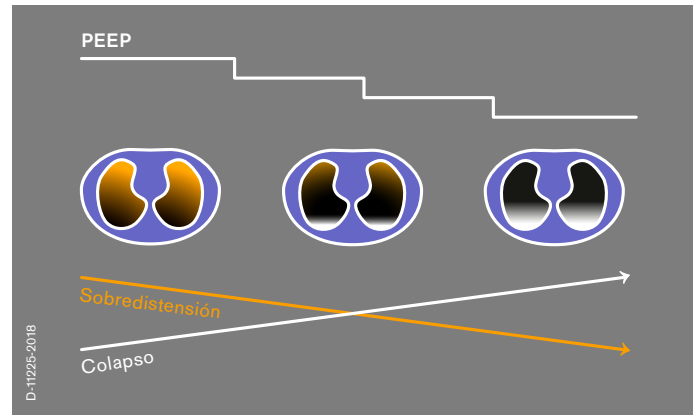
**¿Determinación de la PEEP óptima mediante una prueba de PEEP decreciente?**

## Los ajustes de PEEP individuales minimizan las presiones transpulmonares regionales

Con la medición de la presión esofágica, puede evaluarse la presión transpulmonar en lugar de la presión absoluta. Ya que la presión transpulmonar es la que el pulmón “ve”, esta es la presión relevante a la hora de, por un lado, evitar el colapso pulmonar y, por otro lado, evitar las presiones excesivamente elevadas y la hiperdistensión pulmonar. Por desgracia, hay diversas variables que influyen en la medición de la presión esofágica, y esta no tiene en cuenta las diferencias regionales en las presiones transpulmonares que provocan el gradiente hidrostático del tórax o el peso mediastínico<sup>9</sup>. Asimismo, la heterogeneidad de regiones pulmonares con zonas adyacentes que se comportan como “materia sólida” o “materia líquida”, que se sabe actúan como elementos generadores de estrés, no se tiene en cuenta, lo que puede hacer que se subestime o sobrestime el ajuste de PEEP necesario<sup>10</sup>. Por otra parte, la TIE se puede usar para visualizar los cambios en las distensibilidades regionales asociadas al colapso y la hiperdistensión en diferentes niveles de PEEP. Ahora el cuidador puede ver qué pasa con los diferentes incrementos de PEEP y, en consecuencia, puede elegir el punto medio menos perjudicial entre el colapso pulmonar y la hiperdistensión<sup>11</sup>.

## ¿Qué es lo que falta para que se reconozca la TIE como técnica estándar?

El principal obstáculo para el reconocimiento de la TIE como un procedimiento estándar ha sido y continúa siendo la falta de definición de sus parámetros esenciales y su relevancia para la toma de decisiones rápidas a la hora de aplicar un tratamiento. Como ocurre en el caso de la ecografía, aquí también es necesario contar con un procedimiento estandarizado de análisis. Antes de que podamos hablar de un nuevo método de referencia, debe desarrollarse una clasificación concreta de los resultados de la medición y las recomendaciones y los diagnósticos de tratamiento. Asimismo, deben llevarse a cabo en primer término ensayos clínicos de mayor tamaño con una interpretación y una presentación de resultados normalizadas. El proceso de incluir la TIE como parte de la rutina clínica ya lleva algún tiempo desarrollándose, y se está volviendo un método recomendado para la gestión de la ventilación<sup>12</sup>; según Heikes y cols., "La TIE [...] es una herramienta prometedora que tiene un gran potencial para convertirse en método de referencia para lograr la ventilación adecuada en cada paciente"<sup>13</sup>.



Vista esquemática del desarrollo de la sobredistensión y el colapso durante la prueba de PEEP.

## REFERENCIAS:

1. Kluge S y cols., "DIVI Jahrbuch 2013/2014: Fortbildung und Wissenschaft in der interdisziplinären Intensivmedizin und Notfallmedizin", Medizinisch-wissenschaftliche Verlagsgesellschaft Berlin, 2014
2. Kaufmann S, "Instrumentierung der Bioimpedanzmessung: Optimierung mit Fokus auf die Elektroimpedanztomographie (EIT)", Springer Fachmedien Wiesbaden, 2015
3. Marx G y cols., "Die Intensivmedizin. 12. Auflage", Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2015
4. Wolf GK y cols., "Mechanical ventilation guided by electrical impedance tomography in experimental acute lung injury", Crit Care Med., 2013
5. Striemen HW, "Operative Intensivmedizin: Sicherheit in der klinischen Praxis", Schattauer GmbH, 2008
6. Yun L y cols., "Assessment of Lung Recruitment by Electrical Impedance Tomography and Oxygenation in ARDS Patients", Medicine (Baltimore), 2016
7. Eronia N y cols., "Bedside selection of positive end-expiratory pressure by electrical impedance tomography in hypoxemic patients: a feasibility study", Ann. Intensive Care, 2017.
8. Rosa RG y cols., "Use of thoracic electrical impedance tomography as an auxiliary tool for alveolar recruitment maneuvers in acute respiratory distress syndrome: case report and brief literature review", Rev Bras Ter Intensiva, 2015
9. Sahetya SK y Brower RG, "The promises and problems of transpulmonary pressure measurements in acute respiratory distress syndrome", Curr. Opin. Crit. Care, 2016.
10. Yoshida T y cols., "Fifty Years of Research in ARDS. Spontaneous Breathing during Mechanical Ventilation. Risks, Mechanisms, and Management", Am. J. Respir. Crit. Care Med., 2017.
11. Roldan R y cols., "PEEP Titration In Severe Acute Respiratory Distress Syndrome: Different Physiological Consequences When Guided By Electrical Impedance Tomography Versus Esophageal Pressure", Am J Respir Crit Care Med, 2017
12. Amado-Rodríguez L y cols., "Mechanical ventilation in acute respiratory distress syndrome: The open lung revisited", Med. Intensiva, 2017.
13. Heines SJH y cols., "Clinical implementation of electric impedance tomography in the treatment of ARDS: a single centre experience", J. Clin. Monit. Comput., 2018.

### IMPRESO

EN ALEMANIA  
Drägerwerk AG & Co. KGaA  
Moislinger Allee 53–55  
23542 Lübeck

www.draeger.com