



# CAMBIOS DE IMPEDANCIA PULMONAR EVALUADA CON TOMOGRAFÍA POR IMPEDANCIA ELÉCTRICA

Gabriel Appendino <sup>(1)</sup>, Gabriel Musso <sup>(1)</sup>, Celeste Gomez <sup>(1)</sup>, Martin Managó <sup>(2)</sup>

(1) Lic. en Kinesiología y Fisioterapia

(2) Doctor en Kinesiología

Sanatorio Parque - Bv. Oroño 860, (2000) Rosario, Argentina

Correspondencia a: [appendinogabriel@hotmail.com](mailto:appendinogabriel@hotmail.com)

**Citación sugerida:** Appendino G, Musso G, Gomez C, Managó M. Evaluación de cambios de volumen pulmonar. Anuario (Fund. Dr. J. R. Villavicencio) 2023;30. Disponible en: <https://villavicencio.org.ar/anuario/30/cambios-de-impedancia.pdf>.

ARK: <http://id.caicyt.gov.ar/ark:/s2796762X/jyh2kay9r>

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de Creative Commons Attribution License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.es>), esto permite que Ud. lo use, lo distribuya y lo adapte, sin propósitos comerciales, siempre que se cite correctamente el trabajo original. Si crea un nuevo material con él, debe distribuirlo con la misma licencia.

## Resumen

La tomografía de impedancia eléctrica, es un método de monitorización no invasiva, no ionizante, la cual puede realizarse al pie de la cama del paciente. Asimismo, por su capacidad de evaluar las características regionales de la estructura pulmonar, constituye una herramienta de monitorización ideal en el pulmón heterogéneo con lesión pulmonar aguda.

El síndrome de distrés respiratorio agudo cursa con alteración del intercambio gaseoso, alteración de la mecánica pulmonar evaluado a través de complacencia estática y presión de conducción.

El empiema pleural es la colección pleural purulenta, o la invasión bacteriana de dicha cavidad, su principal causa es secundario a neumonía, pero puede tener otras etiologías.

Dicho empiema genera una reducción volumétrica del pulmón, con disminución de la complacencia pulmonar y aumento de la presión de distensión. Esta colección en la pleura puede determinar la respuesta inadecuada a la posición prona en pacientes que cursan distrés respiratorio con relación presión arterial de oxígeno/fracción inspirada de oxígeno ( $\text{PaO}_2/\text{FIO}_2$ ) menor a 150mm Hg.

Se presentan imágenes que muestran variación en la impedancia pulmonar, recogidas a través de tomografía por impedancia eléctrica, en un paciente que presenta empiema pleural paraneumónico. Estas imágenes muestran una mejoría en la distribución del

## CHANGES IN PULMONARY IMPEDANCE EVALUATED WITH ELECTRICAL IMPEDANCE TOMOGRAPHY

### Abstract

Electrical impedance tomography is a non-invasive, non-ionizing monitoring method, which can be performed at the foot of the patient's bed. Similarly, due to its ability to evaluate regional characteristics of the lung structure, it is an ideal monitoring tool in heterogeneous lung with acute lung injury.

Acute respiratory distress syndrome presents with gas exchange impairment, lung mechanics disorder assessed through static compliance and driving pressure.

Pleural empyema is the purulent pleural collection - or the bacterial invasion of said cavity- its main cause is secondary to pneumonia, but it may be related to other etiologies.

This empyema generates a volumetric reduction of the lung, with decreased lung compliance and increased distending pressure. This collection in the pleura can determine the inadequate response to the prone position in patients with respiratory distress with arterial oxygen pressure/inspired oxygen fraction ratio ( $\text{PaO}_2/\text{FIO}_2$ ) less than 150mm Hg.

Images that show variation in pulmonary impedance are presented, which were collected through electrical impedance tomography, in a patient with parapneumonic pleural empyema. These images show an



volumen posterior a la videotoroscopia terapéutica del empiema pleural.

**Palabras clave:** Tomografía de impedancia eléctrica, empiema, videotoroscopia, neumonía, ventilación mecánica.

improvement in volume distribution after therapeutic video-assisted thoracoscopy for pleural empyema.

**Keywords:** Electrical impedance tomography, empyema, video-assisted thoracoscopy, pneumonia, mechanical ventilation.

### Introducción:

La tomografía de impedancia eléctrica (TIE), es un dispositivo que utiliza el principio físico de impedancia para evaluar diferentes propiedades tisulares. Se trata de una herramienta diagnóstica que utiliza las características eléctricas del tejido para dar información de manera no invasiva, continua, a pie de cama y sin radiación, las cuales representan sus principales ventajas. En el pulmón ventilado con síndrome de distrés respiratorio (SDRA) la técnica tiene particular interés al tener la capacidad de proporcionar datos importantes de lo acontecido en un corte axial del parénquima pulmonar que, por definición, es un tejido heterogéneo con diferentes características mecánicas, y constantes de tiempo dispares.<sup>1</sup>

Esto provoca que los parámetros globales de presión y volumen, tengan distinta repercusión en diferentes áreas, pudiendo combinarse unidades alveolares sobredistendidas con unidades colapsadas, tanto la sobredistensión como los ciclos repetitivos de apertura y colapso determinan lesión inducida por la ventilación mecánica (VILI, por sus siglas en inglés) con repercusión clínica significativa.<sup>2,3</sup>

Su funcionamiento requiere la colocación de múltiples electrodos en el tórax del paciente a través de un cinturón, y así es posible obtener imágenes de la bioimpedancia de una sección del cuerpo, lo que se denomina TIE. El principio de la TIE está basado en las medidas repetidas de los voltajes de superficie, resultantes de una inyección rotatoria de corriente alterna de baja intensidad entre electrodos situados en una circunferencia que rodea el objeto estudiado.<sup>3-5</sup>

El empiema pleural, es la colección pleural purulenta y a menudo presenta efusión pleural loculada o tabicada. Su principal causa es la neumonía. Determina una importante morbilidad a pesar de los avances en nuevos esquemas antibióticos, nuevos procedimientos mínimamente invasivos como la fibrinólisis y técnicas quirúrgicas como la cirugía torácica videoasistida (VATS, por sus siglas en inglés).<sup>6,7</sup>

### Objetivos:

El objetivo primario fue describir las imágenes obtenidas a través de TIE en paciente cursando internación en unidad de cuidados críticos por neumonía.

El objetivo secundario fue evaluar la ganancia de volumen pulmonar posterior a videotoroscopia por empiema pleural.

### Presentación del caso:

Paciente de sexo masculino, 44 años de edad, con antecedentes de obesidad moderada, índice de masa corporal 38 kg/m<sup>2</sup>, asistió a la guardia por disnea y dolor torácico ante respiraciones profundas, localizado en el hemitórax derecho, de 24 h de evolución. A la evaluación inicial se detectó taquipnea, taquicardia, saturación de oxígeno 78% aire ambiente, afebril. Se realizó antígeno para SARS-CoV 2, dando negativo su resultado. Por persistir sintomatológico y sin respuesta positiva a la aplicación de oxigenoterapia fue derivado a la unidad de cuidados intensivos (UCI), donde se procedió a la intubación oro traqueal (IOT) debido a hipoxemia refractaria y persistencia de disnea.

Posterior a la IOT, se vinculó a ventilatoria mecánica invasiva (VMI) realizando estrategia de ventilación protectora, se colocó balón esofágico y cinturón de TIE evaluado a través de Dräger PulmoVista® 500 SW 1.30. Posterior a esto se realizó radiografía anteroposterior de tórax (Figuras 1 y 2).

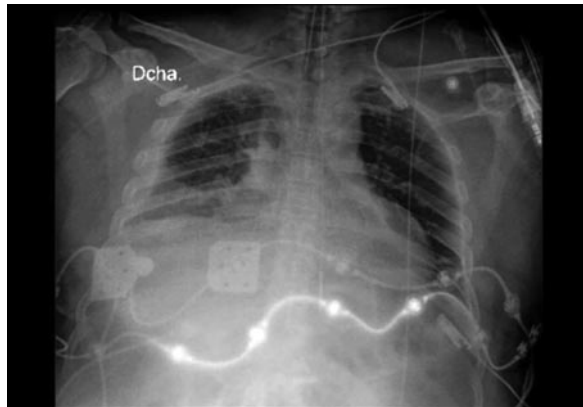
A las 6 h de instaurada la VMI, se decidió infusión de agentes bloqueantes neuromusculares (BNM) debido a la grave hipoxemia del paciente definido por la relación presión arterial de oxígeno/fracción inspirada de oxígeno (PaO<sub>2</sub>/ FIO<sub>2</sub>). A las 18 h del inicio VMI se decidió colocar al paciente en posición prona (PP) debido a PaO<sub>2</sub>/ FIO<sub>2</sub> de 136, asociado a alteración en la mecánica pulmonar, complacencia 26 ml/cm H<sub>2</sub>O, presión de conducción 17 cm H<sub>2</sub>O. El paciente permaneció en dicha posición un total de 24 h con leve mejoría en índice PaO<sub>2</sub>/ FIO<sub>2</sub>:165, complacencia: 30 ml/cm H<sub>2</sub>O y presión de conducción: 15 cm H<sub>2</sub>O. Al colocarse en posición supina el paciente volvió a registrar un descenso en su ín-

dice de oxigenación y se determinó la realización de una tomografía axial de tórax computada (TAC) (Figura 3). Por detección de empiema pleural a través de TAC se interconsultó al servicio de cirugía torácica, que decidió realizar VATS (Figura 4). Una vez finalizada la VATS, el paciente retornó a la unidad de cuidados intensivos y se conectó el TIE, visualizándose ganancia de volumen en regiones previamente no ventiladas (Figura 5), acompa-

ñadas de mejora en la complacencia: 40 ml/cm H<sub>2</sub>O y presión de conducción: 12 cm H<sub>2</sub>O. La relación PaO<sub>2</sub>/FIO<sub>2</sub> posterior al procedimiento quirúrgico se mantuvo por encima de los 150, sin necesidad de volver a colocar al paciente en posición prona.

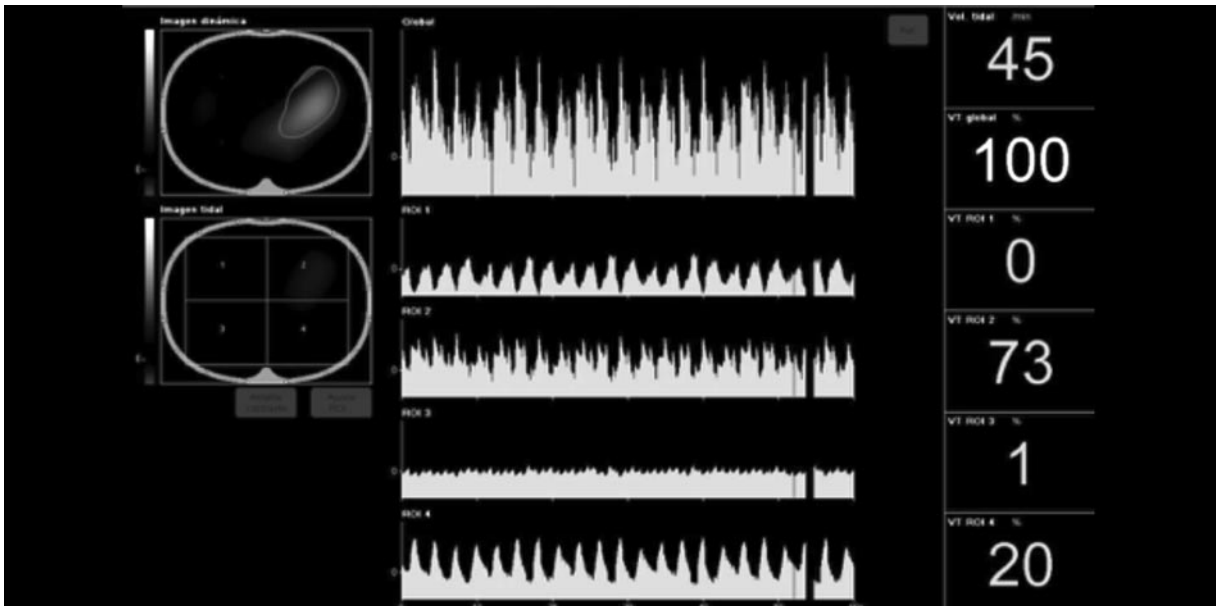
El paciente presentó mejoría tanto en índice de oxigenación como en variables de monitoreo ventilatorio ajustado a estrategia de VMI protectora. Se realiza una

**Figura 1:** Radiografía de tórax anteroposterior



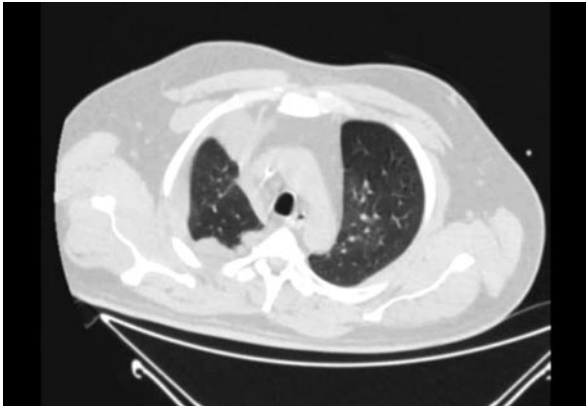
Radiografía anteroposterior de tórax realizada el día previo a la videotoracoscopia.

**Figura 2:** Tomografía por impedancia eléctrica previo a videotoracoscopia

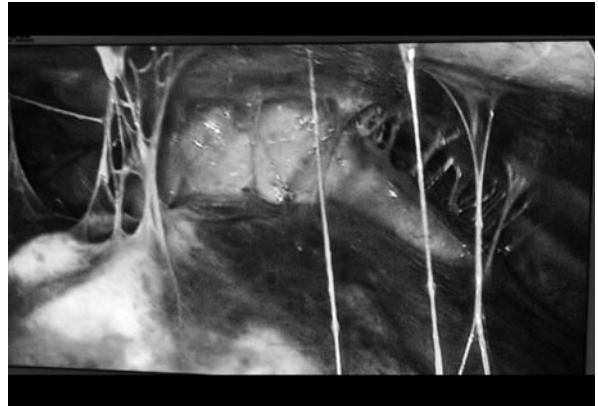


Imágenes evaluadas a través de tomografía por impedancia eléctrica previo a realizar la videotoracoscopia.

**Figura 3:** Tomografía de Tórax previo a la videotoroscopia

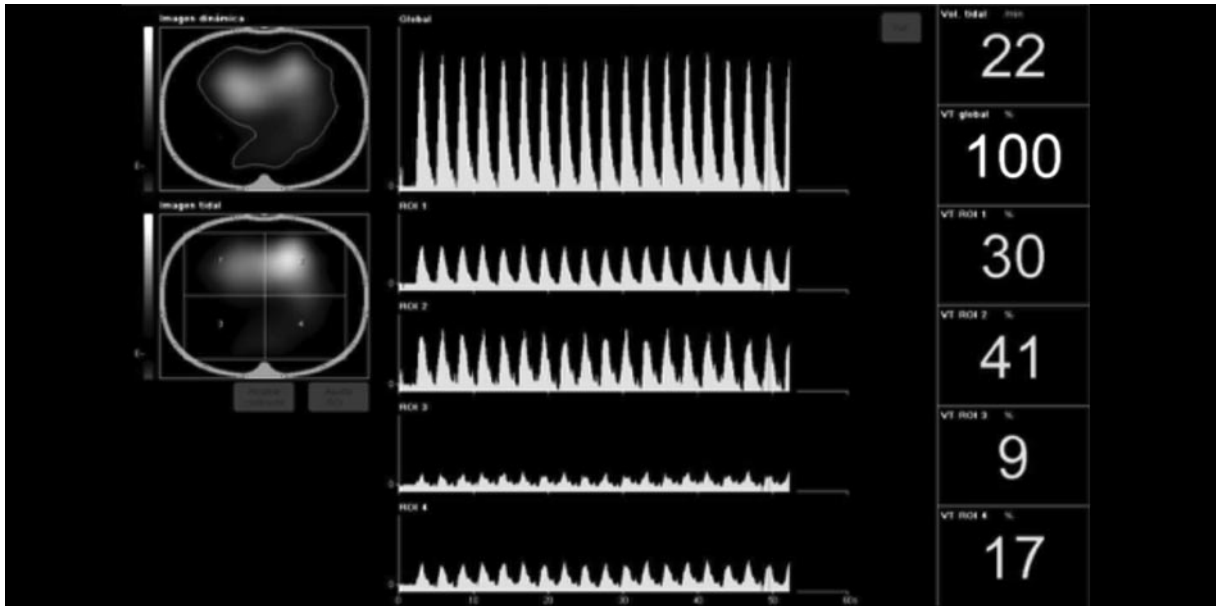


**Figura 4:** Cirugía toracoscópica asistida por video



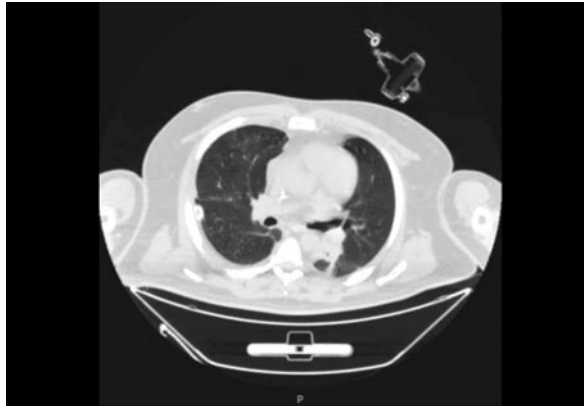
Cirugía toracoscópica asistida por video por empiema paraneumónico.

**Figura 5:** Tomografía por impedancia eléctrica posterior a videotoroscopia



Imágenes evaluadas a través de tomografía por impedancia eléctrica, evidenciando ganancia de volumen posterior a videotoroscopia.

**Figura 6:** Tomografía de tórax realizada posterior a intervención



Tomografía de tórax realizada 2 días posteriores a la videotoracoscopia.

nueva TAC a las 48 h posteriores a la VATS (Figura 6). La evolución del paciente fue tórpida debido a falla multiorgánica, con sepsis sistémica y rescate de bacteria multirresistente a antibióticos, presente en secreción bronquial y retro cultivos.

#### **Discusión:**

Se debe tener en cuenta que al utilizar TIE solo se obtienen imágenes de impedancia en un corte axial del tórax, sin evaluar el resto del parénquima pulmonar. Por otra parte, la resolución espacial de la técnica en lo referente a la ventilación (cada píxel contiene la información de la impedancia de varias unidades alveolares) es todavía baja.

Un punto clave a la hora de la lectura e interpretación es que la TIE ofrece imágenes de función y no imágenes anatómicas.<sup>8-10</sup>

Es fundamental asociar los cambios objetivados por TIE con los cambios clínicos del paciente, hecho que no es exclusivo de esta técnica de monitorización. Es decir, si se observan cambios positivos en distribución de volumen objetivados por TIE pero no se logra una mejora de la mecánica pulmonar objetivada por complacencia y presión de conducción, como así también aumento de la oxigenación objetivado por relación  $PaO_2/FIO_2$ , la evolución del paciente será tórpida.<sup>11</sup> En este caso se observaron los cambios de volumen pulmonar a través de TIE con las variables de mecánica pulmonar y oxigenación.

El paciente presentado fue colocado en PP debido a hipoxemia grave refractaria al tratamiento, definida por una  $PaO_2/FIO_2$  menor a 150, la respuesta a esta posición no fue satisfactoria, y puede explicarse a través del empiema pleural el cual no permite el efecto de pulmón de esponja, descrito por Gattinoni. Al no poder lograr dicho efecto, las variables de mecánica pulmonar no van a lograr una mejora significativa. Es sabido que aquellos pacientes con SDRA y presión de conducción mayor a 15 cm H<sub>2</sub>O se asocian a peores resultados clínicos.<sup>12-14</sup>

#### **Conclusiones:**

La TIE brindó ventajas evidentes a la hora de observar lo que las maniobras terapéuticas aplicadas, fundamentalmente relacionadas con la VMI, provocan en el pulmón afecto de SDRA. La capacidad de lectura regional, su aplicabilidad a pie de cama, el ser una técnica segura, y su relación directa con las variables de mecánica pulmonar y oxigenación permitió a la TIE un papel importante para tomar decisiones y mayor comprensión de la clínica del paciente.

#### **Conflicto de intereses:**

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

#### **Agradecimientos:**

Se agradece a los doctores Facundo Piatti, Carlos Capitaine Funes, y Carlos Lovesio.

**Bibliografía:**

1. ARDS Definition Task Force, Ranieri VM, Rubenfeld GD, et al. Acute respiratory distress syndrome: The Berlin Definition. *JAMA*. 2012[citado 26/07/2022];307:2526-2533. Disponible en: <https://jamanetwork.com/journals/jama/article-abstract/1160659>
2. Albaiceta GM. Curvas presión-volumen en la lesión pulmonar aguda. *Med. Intensiva*. 2009[citado 01/07/2022];33:243-250. Disponible en: [http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0210-56912009000500005&Ing=es&nrm=iso](http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0210-56912009000500005&Ing=es&nrm=iso)
3. Balleza M, Fornos J, Calaf N, y col. Seguimiento del patrón ventilatorio en reposo mediante tomografía por impedancia eléctrica. *Arch Bronconeumol*. 2007[citado 30/06/2022];43:300-303. Disponible en: <https://www.archbronconeumol.org/es-seguimiento-del-patron-ventilatorio-reposo-articulo-13106559>
4. Marquis F, Coulombe N, Costa R, et al. Electrical impedance tomography's correlation to lung volume is not influenced by anthropometric parameters. *J Clin Monit Comput*. 2006[citado 01/07/2022];20:201-207. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10877-006-9021-4>
5. Richard JC, Pouzot C, Gros A, et al. Electrical impedance tomography compared to positron emission tomography for the measurement of regional lung ventilation: an experimental study. *Crit Care*. 2009[citado 01/07/2022];13:1-9. Disponible en: <https://ccforum.biomedcentral.com/articles/10.1186/cc7900>
6. Rocco G. One-port (uniportal) video-assisted thoracic surgical resections-a clear advance. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2012[citado 01/07/2022];144:27-31. Disponible en: [https://www.jtcvs.org/article/S0022-5223\(12\)00677-0/fulltext](https://www.jtcvs.org/article/S0022-5223(12)00677-0/fulltext)
7. Salgero J, Cardemil G, Molina JC, y col. Empiema pleural: Etiología, tratamiento y complicaciones. *Rev Chilena de Cirugía*. 2009[citado 01/07/2022];61:223-228. Disponible en: [https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-40262009000300003](https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-40262009000300003)
8. Bikker IG, Leonhardt S, Bakker J, et al. Lung volume calculated from electrical impedance tomography in ICU patients at different PEEP levels. *Intensive Care Med*. 2009[citado 01/07/2022];35:1362-1367. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00134-009-1512-6>
9. Serrano RE, Lema BD, Casas O, et al. Use of electrical impedance tomography (EIT) for the assessment of unilateral pulmonary function. *Physiol Meas*. 2002[citado 01/07/2022];23:211-220. Disponible en: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/0967-3334/23/1/322>
10. Hinz J, Moerer O, Neumann P, et al. Effect of positive end-expiratory-pressure on regional ventilation in patients with acute lung injury evaluated by electrical impedance tomography. *Eur J Anaesthesiol*. 2005[citado 01/07/2022];22:817-825. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16225714/>
11. Amato MB, Meade MO, Slutsky AS, et al. Driving pressure and survival in the acute respiratory distress syndrome. *N Engl J Med*. 2015[citado 01/07/2022];372:747-755. Disponible en: <https://www.nejm.org/doi/full/10.1056/nejmsa1410639>
12. Gattinoni L, Pesenti A, Carlesso E. Body position changes redistribute lung computed-tomographic density in patients with acute respiratory failure: impact and clinical fallout through the following 20 years. *Intensive Care Med*. 2013[citado 22/07/2022];39:1909-1915. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00134-013-3066-x>
13. Guérin C, Reignier J, Richard JC, et al. Prone positioning in severe acute respiratory distress syndrome. *N Engl J Med*. 2013[citado 22/07/2022];368:2159-2168. Disponible en: <https://www.nejm.org/doi/full/10.1056/nejmoa1214103>
14. Gattinoni L, Pesenti A. The concept of "baby lung". *Intensive Care Med*. 2005[citado 22/07/2022];31:776-784. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00134-005-2627-z>