

EVALUACIÓN DE LA PARÁLISIS FRÉNICA EN EL POSTOPERATORIO DE PACIENTES TRASPLANTADOS DE PULMÓN

Ana Belén Barba Arce, Eduardo Herrera Romero,
Víctor Fernández Lobo, Elena Peña Gómez, Gerardo
Blanco Rodríguez, Jose Antonio Parra Blanco

*Hospital Universitario Marqués de Valdecilla,
Santander (Cantabria).*

OBJETIVO DOCENTE

- Conocer la anatomía y fisiología del diafragma normal.
- Analizar las causas y complicaciones que conlleva la parálisis frénica en el postoperatorio de pacientes trasplantados de pulmón.
- Revisión de las técnicas de imagen radiológicas en la evaluación de la parálisis frénica y sus principales hallazgos.

REVISIÓN DEL TEMA

INTRODUCCIÓN

- La incidencia de parálisis diafragmática debido al daño del nervio frénico después de un trasplante de pulmón varía de un 3 a 30%.
- El daño del nervio frénico es más frecuente en el trasplante de corazón y pulmón (incidencia del 40%) que en el trasplante unipulmonar o el bipulmonar. En el caso de los trasplantes de pulmón, es más frecuente en el bipulmonar, con una mayor afectación del lado derecho.
- El diagnóstico de la disfunción diafragmática es importante porque aumenta el riesgo de complicaciones como neumonía, paro respiratorio y aumenta el tiempo de retirada de la ventilación mecánica.
- Para evaluar y diagnosticar la parálisis frénica disponemos de varias técnicas de imagen, como la radiografía de tórax, la fluoroscopia y la ecografía. En nuestra experiencia, la ecografía es el método más útil. Con ella, es posible evaluar la movilidad diafragmática: conservada, disminuida o ausente y la presencia de complicaciones como derrame pleural o condensación / atelectasia, muy frecuentes en el postoperatorio de pacientes con trasplante de pulmón.

ANATOMIA DEL DIAFRAGMA

- El diafragma es el músculo principal involucrado en la ventilación. Tiene su parte media aponeurótica o tendinosa llamada “centro frénico”, que tiene forma de trébol de tres hojas, una anterior, otra posterior derecha donde se encuentra el hiato para la vena cava inferior y otra menor posterior izquierda.
- Alrededor del centro frénico se encuentran la “porción muscular o periférica”, que se inserta en múltiples puntos de la caja torácica: por delante en la apófisis xifoides, los bordes laterales en las seis últimas costillas y por detrás se entrelaza con los músculos cuadrado lumbar e ileo-psoas formando los “Pilares” o “Cruras” del diafragma que van en el lado derecho hasta la vertebra L3 y en el izquierdo hasta L2, estos se entrecruzan formando un “8” creando el hiato esofágico y el aórtico.
- El engrosamiento de la fascia anterior de los músculos cuadrado lumbar y psoas-iliaco constituyen los “ligamentos Arcuatos” laterales y medial.
- El diafragma está innervado por los nervios Frénicos, que le proporcionan movilidad y sensibilidad. Se originan de la 3^a-6^a raíz cervical y descienden por el mediastino hasta llegar al diafragma donde se ramifican en su cara superior e inferior.

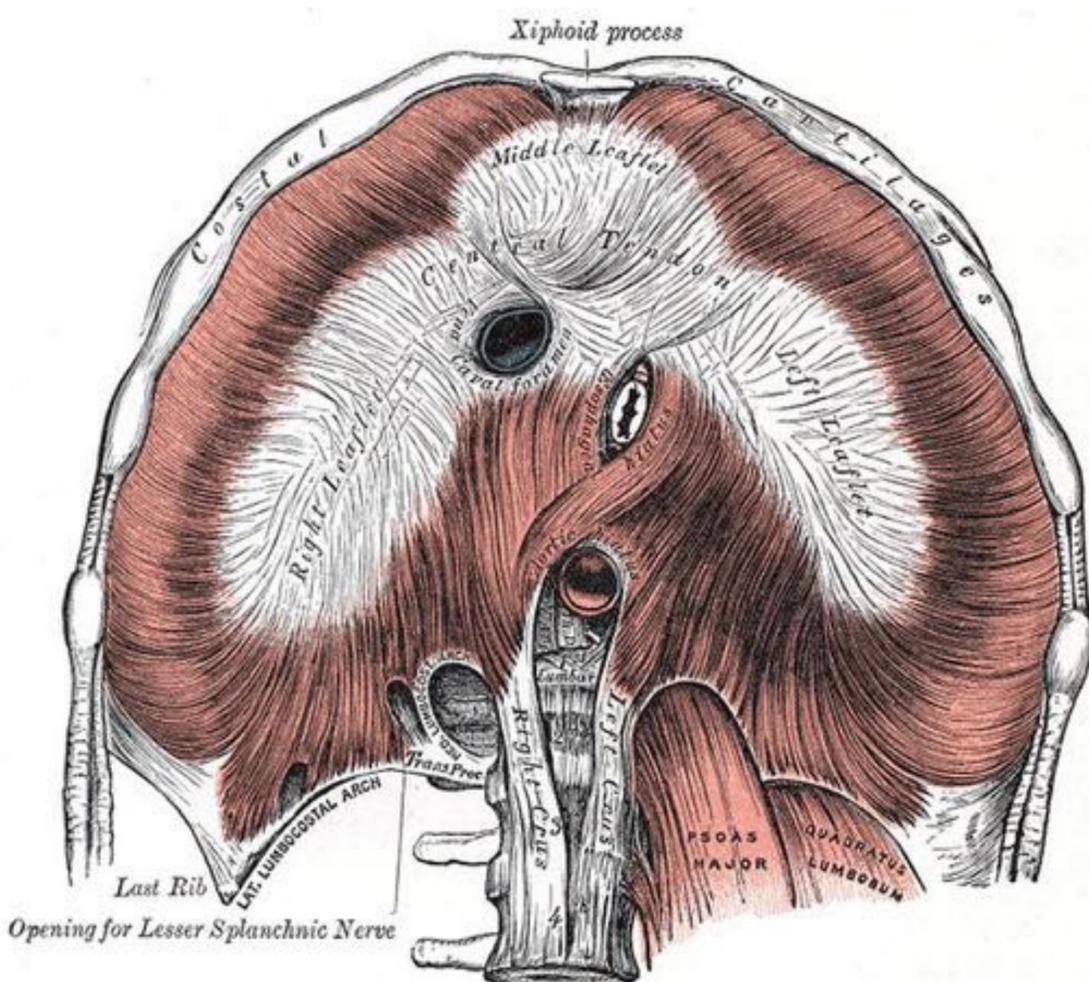


Fig.1.: Anatomía del Diafragma. Ref: Gray, Henry. Anatomy of the Human Body. Philadelphia: Edinburgh, Scotland: Churchill Livingstone, 2000

FUNCIÓN DEL DIAFRAGMA

La función principal del diafragma es la respiración. Cuando el diafragma se contrae, la cavidad torácica se expande y el aire entra en los pulmones. Cuando el diafragma se relaja, los pulmones se contraen y el aire es expulsado.

PARÁLISIS DEL NERVIIO FRÉNICICO TRAS EL TRASPLANTE PULMONAR

- La incidencia de parálisis diafragmática por daño del nervio frénico oscila entre el 3% y el 30% tras un trasplante de pulmón.
- **La lesión del nervio frénico relacionada con la operación** se debe al estiramiento durante la retracción del esternón y la manipulación del pericardio, la opresión para asegurar un campo de visión sobre un lecho quirúrgico profundo o la lesión hipotérmica en los nervios frénicos debido al uso de hielo o soluciones frías. La lesión del nervio frénico puede ocurrir durante la división del hilio pulmonar o ser causada por electrocauterio para la hemostasia.
- **La disfunción diafragmática inducida por la ventilación mecánica** se define como una disminución progresiva de la fuerza del músculo diafragmático que ocurre temprano tras el inicio de la ventilación mecánica; hay una inactividad diafragmática completa que produce una pérdida rápida y progresiva de la función.

FISIOPATOLOGÍA DE LA PARÁLISIS DIAFRAGMÁTICA

- La parálisis del diafragma puede afectar a uno o a ambos lados, siendo la afectación unilateral la más frecuente.
- Cuando el diafragma está paralizado, se elimina o disminuye su desplazamiento caudal con la contracción, lo que limita la expansión del tórax y por lo tanto, el flujo de aire durante la inspiración.
- Debido a la presión negativa intrapleural, durante la inspiración, se succiona el músculo hacia craneal (paradójicamente) comprometiendo, aún más, la insuflación pulmonar. Este movimiento paradójico se agravará en el decúbito supino y en situaciones que aumentan la presión intraabdominal (como la flexión).
- En casos de parálisis unilateral, el lado sano generará más presión negativa arrastrando aire del lado enfermo, lo que aumentará el trabajo respiratorio. Con el tiempo, el diafragma paralizado se vuelve menos flexible, disminuyendo así las consecuencias de su movimiento paradójico.

PRESENTACIÓN CLÍNICA DE LA DISFUNCIÓN DIAFRAGMÁTICA

- La parálisis diafragmática puede sospecharse inicialmente debido a que no se puede desconectar del soporte de ventilación mecánica o por un movimiento paradójico de los diafragmas en un examen clínico.
- La parálisis diafragmática se puede diagnosticar mediante la evaluación del movimiento de los hemidiafragmas mediante el examen físico de la pared torácica y el movimiento abdominal durante la inspiración.
- Los síntomas clínicos de parálisis diafragmática incluyen disnea, más evidente en posición supina, dificultad para el destete del oxígeno o ventilación mecánica, elevación del diafragma en las radiografías de tórax, dificultad respiratoria inexplicable, respiración paradójica e incluso neumonía recurrente o colapso pulmonar unilateral recurrente. El diagnóstico precoz es importante y podría modificar el tratamiento terapéutico.

MÉTODOS DE EVALUACIÓN PARA EL DIAGNÓSTICO DE PARÁLISIS DIAFRAGMÁTICA

1. RADIOGRAFÍA DE TORAX EN INSPIRACIÓN Y BIPEDESTACIÓN

- Excluye los procesos pulmonares parenquimatosos que causan disnea.
- ***En condiciones normales:***
 - La cúpula del hemidiafragma derecho se proyecta anteriormente sobre la quinta o sexta costilla y posteriormente sobre la décima costilla.
 - Normalmente, la cúpula del hemidiafragma derecho tiene una posición más alta en comparación con la cúpula izquierda; si la cúpula del hemidiafragma izquierdo está elevada (> 2 cm), se debe sospechar una parálisis diafragmática.
- ***Parálisis diafragmática bilateral:***
 - Elevación de los hemidiafragmas.
 - Ángulos costofrénicos y costovertebrales más profundos y estrechos.
 - La Rx lateral confirma el contorno plano y la elevación diafragmática.
 - +/- atelectasias laminares en las bases pulmonares.
 - Disminución de la sensibilidad porque imita un pobre esfuerzo respiratorio.

- ***Parálisis diafragmática unilateral:***
 - Elevación del hemidiafragma.
 - Sensible pero no específico
- ***Diagnóstico diferencial:***
 - Derrame pleural.
 - Eventración diafragmática.
 - Adherencias pulmonares.
 - Obesidad.
 - Hernia diafragmática.
 - Proceso subdiafragmático (por ejemplo, absceso, organomegalia, ascitis).

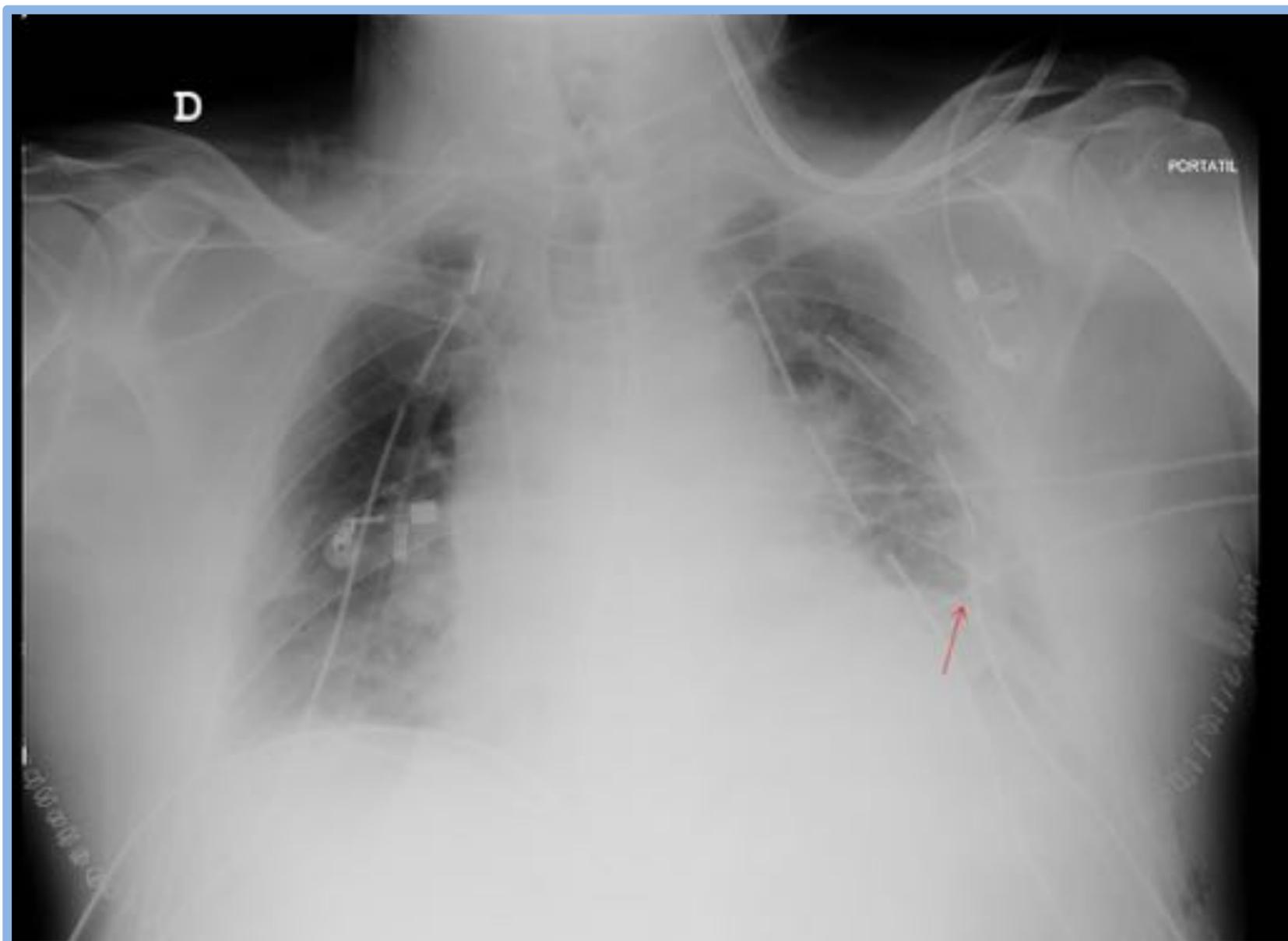


Fig. 2: Paciente en posoperatorio de trasplante bipulmonar, con elevación del diafragma izquierdo

Referencias: Servicio de Radiología, Hospital Universitario Marqués de Valdecilla



Fig. 3: Paciente con trasplante bipulmonar, en el cual se observa elevación y aplanamiento del diafragma derecho.

Referencias: Departamento de Radiología, Hospital Universitario Marqués de Valdecilla



Fig. 4: Parálisis frénica derecha, observada en Rx y TC donde se observa atelectasia basal derecha.

Referencias: Servicio de Radiología, Hospital Universitario Marqués de Valdecilla.



Fig. 5: paciente con trasplante bipulmonar hace un año con parálisis diafragmática derecha.
Referencias: Departamento de Radiología, Hospital Universitario Marqués de Valdecilla

2. FLUOROSCOPIA

El examen fluoroscópico del diafragma ("sniff test") es una evaluación rápida y sencilla en tiempo real de la función motora diafragmática (excursión). Consiste en observar el movimiento diafragmático mientras el paciente hace una inspiración forzada desde la capacidad residual funcional.

TÉCNICA:

Se sugiere la siguiente técnica:

1. Se le pide al paciente que practique el olfateo ("sniffs") antes del estudio.
2. Con el paciente de pie (preferido) o en decúbito supino, se realiza la fluoroscopia frontal con el diafragma en reposo, respirando tranquilamente con la boca abierta.
3. Se le pide al paciente que tome algunas respiraciones cortas y rápidas con la boca cerrada ('sniffs') y que inspire rápidamente.
4. Ocasionalmente, se requiere repetir (3) en la proyección lateral para evaluar el hemidiafragma posterior.

HALLAZGOS:

- ***En movimiento diafragmático normal:***
 - El diafragma se contrae durante la inspiración: se mueve hacia abajo.
 - El diafragma se relaja durante la espiración: se mueve hacia arriba.
 - Ambos hemidiafragmas se mueven juntos.
 - En pacientes sanos, 1-2.5 cm de excursión son normales en la respiración tranquila.
 - 3.6-9.2 cm de excursión es normal en la respiración profunda.
 - Se pueden ver hasta 9 cm en individuos jóvenes o atléticos en inspiración profunda.
 - La excursión en mujeres es ligeramente menor que en los hombres.
- ***En movimiento diafragmático anormal:***
 - El hemidiafragma afectado no se mueve hacia abajo durante la inspiración.
 - Puede ocurrir movimiento paradójico.

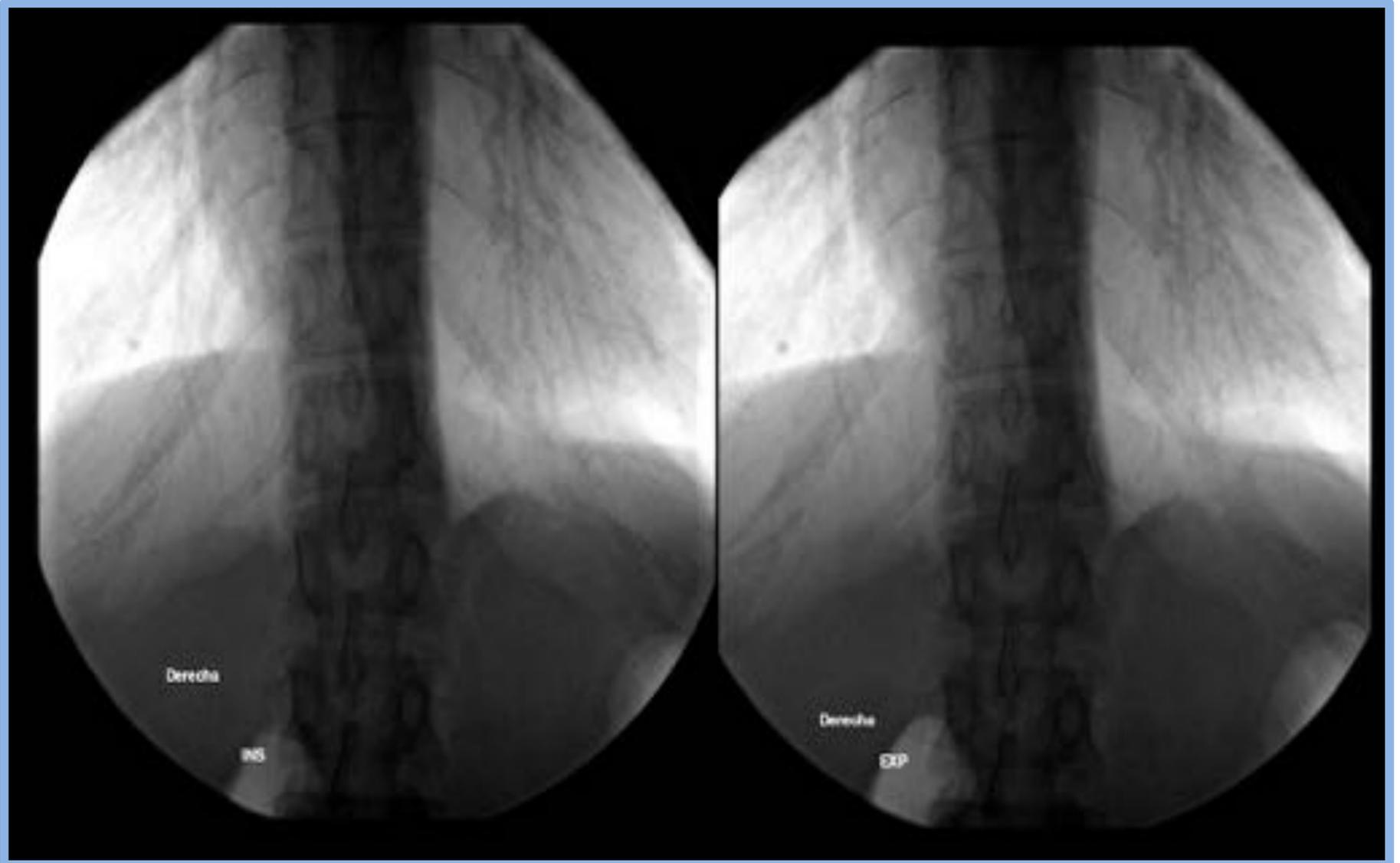


Fig. 7: Evaluación del movimiento diafragmático de forma dinámica con fluoroscopia en inspiración y espiración.

Referencias: Departamento de Radiología, Hospital Universitario Marqués de Valdecilla

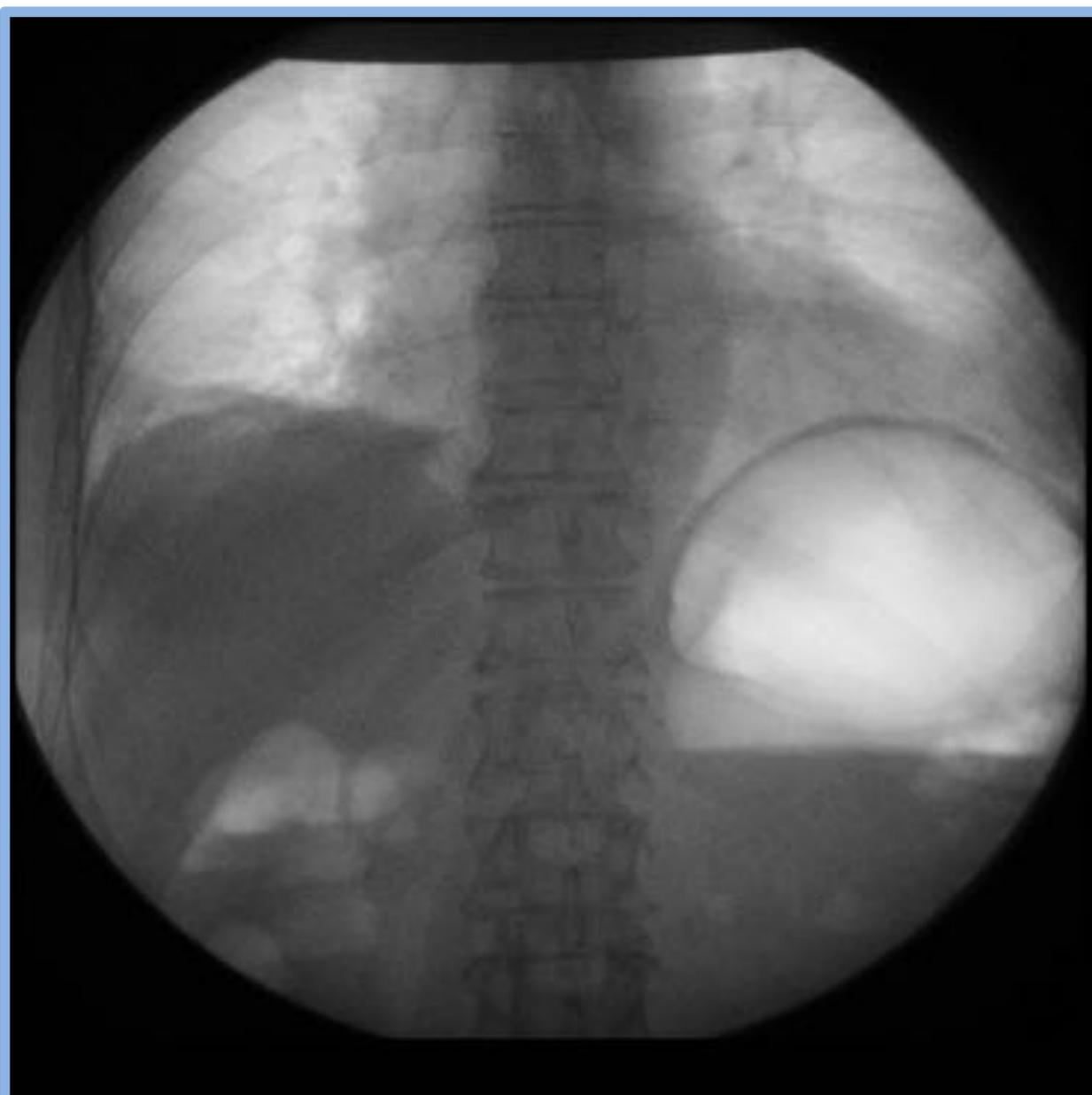


Fig. 8: Fluoroscopia. Podemos ver los diafragmas normales.

Referencias: Departamento de Radiología, Hospital Universitario Marqués de Valdecilla

3. ECOGRAFÍA

- La ecografía es una técnica rápida, barata, de fácil acceso, sin radiación ionizante y que se puede hacer a la cabecera del paciente, proporcionando imágenes en tiempo real, lo que la hace ideal para evaluar el espesor diafragmático y la excursión con diferentes maniobras.
- Se ha demostrado que tiene una baja variabilidad intra e interobservador.
- Permite una mejor evaluación de las partes musculares más móviles, laterales y posteriores del diafragma.
- Un problema es que la excursión en el esfuerzo inspiratorio máximo y el olfateo (“sniffing”) dependen de la colaboración del paciente, lo que limita la interpretación de los valores en grupos heterogéneos.
- El uso de Mode-B permite la evaluación de la estructura y el grosor del diafragma, pero también puede revelar patologías que pueden influir en su cinética, como el derrame pleural o peritoneal.



Fig. 9: Evaluación del movimiento diafragmático con ultrasonidos en un paciente recientemente trasplantado, donde se observa derrame pleural bilateral.

Referencias: Departamento de Radiología, Hospital Universitario Marqués de Valdecilla

TÉCNICA:

- Típicamente, el paciente se estudia en posición semisupina.
- Con el transductor se identifica el hemidiafragma en el plano longitudinal en la línea axilar media.
- El diafragma derecho debe verse a través de la ventana del hígado, mientras que el diafragma izquierdo suele ser más difícil de visualizar debido a la ventana acústica más pequeña que crea el bazo. El examinador puede inclinar el haz de ultrasonido a través del hígado o el bazo para obtener imágenes del diafragma en su totalidad. Las condiciones tales como esplenomegalia o hepatomegalia con un gran lóbulo izquierdo pueden facilitar la evaluación del diafragma izquierdo.
- El diafragma aparece como una estructura delgada, curvilínea, ecogénica y que normalmente se mueve en dirección caudal con la inspiración.

EXCURSIÓN DIAFRAGMÁTICA

- La excursión diafragmática debe medirse con una sonda cónvex de frecuencia más baja (3.5-5 MHz) en una visión subcostal anterior.
- El transductor debe colocarse entre las líneas axilar media y clavicular anterior, dirigidas medialmente, craneal y dorsalmente para visualizar el tercio posterior del diafragma derecho, aproximadamente a 5 cm lateralmente del foramen de la vena cava inferior.
- La medición se puede hacer en el modo B, desde el punto de máxima excursión hasta la línea base, en la respiración normal y el olfateo (sniffing).
- Con la respiración profunda, la medición se debe realizar desde el punto de excursión máximo al más bajo. En pacientes sanos suele ser asimétrica, con una mayor excursión del lado izquierdo.
- Un rango normal de variabilidad de lado a lado es menor del 50%.
- Valores normales (cm):
 - Respiración silenciosa: 1.5-2 cm.
 - Respiración profunda: 5 - 7 cm.
 - Sniffing: 2.5 -3 cm.
- Según los hallazgos, clasificaremos la movilidad como conservada, disminuida o ausente.
- En la parálisis hemidiafragmática se observa un movimiento ausente o paradójico del hemidiafragma, mientras que en la paresia se muestra un movimiento reducido durante la inspiración.

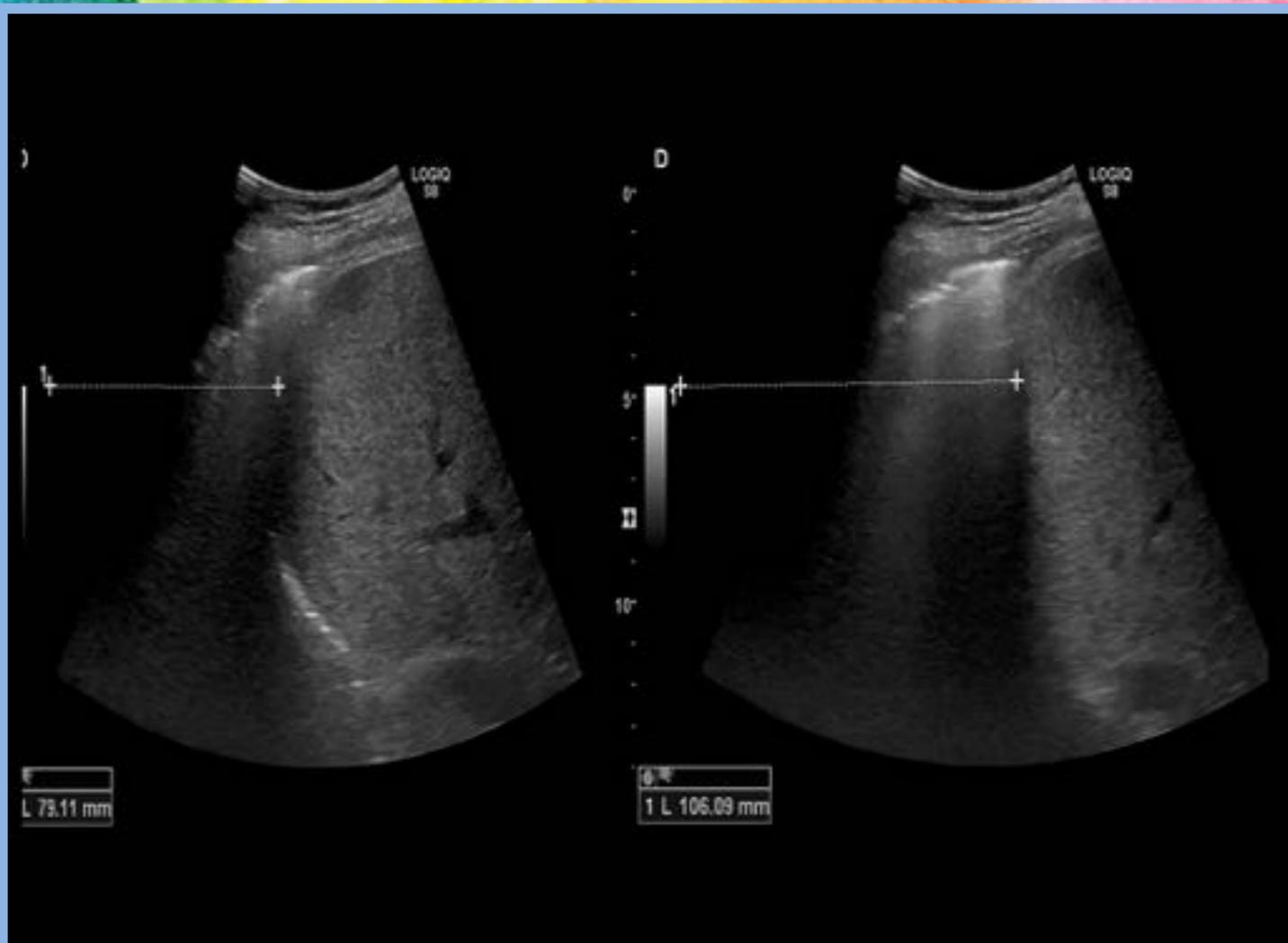


Fig. 10: Imágenes longitudinales paralelas al eje del cuerpo en la línea axilar media **derecha**, obtenidas al final de una espiración normal (imagen izquierda) y al final de una inspiración máxima (imagen derecha), en el mismo punto anatómico. Tomamos como referencia una medida externa, como la barra de escala de grises de la izquierda de la pantalla para ubicarnos al realizar la medición en el mismo punto tanto en la inspiración como en la espiración. Una vez obtenidos los valores hacemos la diferencia de ellos y obtendremos el máximo desplazamiento diafragmático. Se observa movilidad del diafragma superior a 25 mm y por lo tanto, se puede descartar la disfunción diafragmática.

Referencias: Departamento de Radiología, Hospital Universitario Marqués de Valdecilla.



Fig. 11: Imágenes longitudinales paralelas al eje del cuerpo en la línea axilar media **izquierda**, obtenidas al final de una espiración normal (imagen izquierda) y al final de una inspiración máxima (imagen derecha), en el mismo punto anatómico. Se observa movilidad del diafragma mayor de 25 mm y, por lo tanto, se puede excluir la disfunción diafragmática.

Referencias: Departamento de Radiología, Hospital Universitario Marqués de Valdecilla

ESPESOR DEL DIAFRAGMA

- El diafragma se ve comúnmente como una estructura de tres capas, con dos capas externas ecogénicas de pleura y peritoneo que recubren una capa interna hipoecoica de músculo.
- Se debe utilizar una sonda lineal de alta frecuencia (12 MHz) en la línea axilar anterior, entre el 7º y el 9º espacio intercostal para medir el grosor del diafragma. La medición debe realizarse en la zona de aposición, inferior al ángulo costofrénico, donde el diafragma entra en contacto con la cara interna de la pared del tórax.
- La medición del espesor debe realizarse con la visualización de las membranas pleural y peritoneal con un ángulo de incidencia del haz de ultrasonido cercano a 90 grados.
- Se ha establecido que 0.2 cm es el punto de corte por debajo del cual se define la atrofia del diafragma. El aumento del grosor durante la inspiración también se ha utilizado como una medida de la contracción de la fibra muscular.
- Un diafragma paralizado crónicamente es delgado, atrófico y no se engruesa durante la inspiración.

- El valor más utilizado es la fracción de espesor del diafragma (DTF), calculada a partir de la fórmula:
(espesor al final de la inspiración - espesor al final de la espiración) / espesor al final de la espiración x 100.
Un DTF inferior al 20% es compatible con parálisis.
- En pacientes con parálisis del diafragma, un aumento en su grosor durante la inspiración es un buen factor pronóstico ya que se ha demostrado que se correlaciona con la mejora de la función inspiratoria y el aumento de la capacidad vital secundario a la re-inervación.



Fig. 12: Ecografía diafragmática con sonda lineal de alta frecuencia en un paciente trasplantado recientemente de pulmón. Vemos el engrosamiento de la pleura (línea roja) y el derrame pleural con atelectasia asociada (estrella azul).

Referencias: Departamento de Radiología, Hospital Universitario Marqués de Valdecilla

CONCLUSIONES

- La parálisis o la disfunción frénica es una complicación a tener en cuenta en el postoperatorio de pacientes trasplantados de pulmón, ya que produce comorbilidades a corto plazo.
- La parálisis frénica es junto con la disfunción primaria del injerto, el rechazo agudo y la neumonía, una de las causas que se asocian a un retraso de la retirada de la ventilación mecánica, por lo que su diagnóstico es importante para un correcto manejo del paciente.

REFERENCIAS

1. Gerscovich E, Cronan M, McGahan J.P, Jain K, Jones C, McDonald C. Ultrasonographic evaluation of diaphragmatic motion. *J Ultrasound Med* (2001) 20(6):597-604.
2. Matamis D, Soulemezim E, Tzagourias M, Akoumianaki E, Dimassi S, Boroli F. Sonographic evaluation of the diaphragm in critically ill patients. Technique and clinical applications. *Intensive Care Med* 2013 May;39(5):801-10.
3. Nason L, Walker C, McNeeley M, Burivong W, Fligner C, Godwin D. Imaging of the Diaphragm: Anatomy and Function- *RadioGraphics* 2012; 32:E51-E70.
4. Boussuges A, Gole Y, Blanc P. Diaphragmatic motion studied by M mode ultrasonography: Methods, reproducibility and normal values. *Chest* (2009); 135(2):391-400.
5. Ferdinande P, Bruynickx F, Van Raemdonck D, Daenen W, Verleden G. Phrenic nerve dysfunction after heart-lung and lung transplantation. *J Heart Lung Transplant* 2004; 23(1):105–109.
6. Koenig S, Narasimhan M, Mayo P. Thoracic Ultrasonography for the Pulmonary Specialist. *CHEST* 2011; 140(5):1332–1341.
7. Dot I, Pérez-Terán P, Samper MA, Masclans JR. Disfunción diafragmática: una realidad en el paciente ventilado mecánicamente. *Arch Bronconeumol*. 2017;53(3):150–156.
8. Mogayzel P, Colombani P, Crawford T, Yang S. Bilateral Diaphragm Paralysis Following Lung Transplantation and Cardiac Surgery in a 17-Year-Old. *J Heart Lung Transplant* 2002;21:710 –712.
9. Maziak D, Maurer J, Kesten S. Diaphragmatic Paralysis: A Complication of Lung Transplantation. *Ann Thorac Surg* 1996;61:170.
10. Goligher EC, Laghi F, Detsky ME, Farias P, Murray A, Brace D, Brochard LJ, Bolz SS, Rubenfeld GD, Kavanagh BP, Ferguson ND. Measuring diaphragm thickness with ultrasound in mechanically ventilated patients: feasibility, reproducibility and validity. *Intensive Care Med*. 2015 Apr;41(4):642-9.