



Protocolo de estudio ecográfico y correlación clínica en pacientes adolescentes post-COVID persistente.

Marina Urbano Rodríguez, Miquel Gener González, Jose Ángel Jiménez Lasanta, Raúl Rodríguez Iniesta, Gerard Rafart Martínez, Jordi Bechini Bernard, María Méndez Hernández

Hospital Universitari Germans Trias i Pujol

Índice

1. Objetivo
2. Material y método
3. Resultados
4. Conclusión



1. OBJETIVO

- Establecer un **protocolo sistemático** de **exploración ecográfica** de los niños atendidos en la unidad creada en nuestro hospital en **COVID persistente**.

2. MATERIAL Y MÉTODO

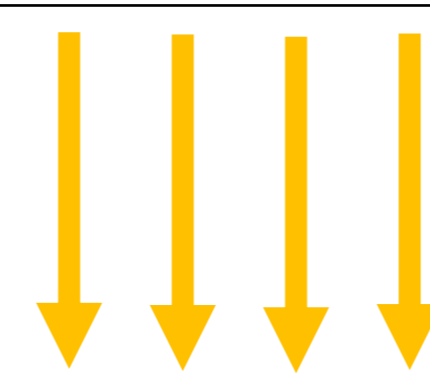
JUSTIFICACIÓN

El **COVID persistente** consiste en la **persistencia de los síntomas** del coronavirus a partir de la **tercera o cuarta semana** tras la infección inicial y afecta entre un **10** y un **20%** de los contagiados.

Se trata de una enfermedad que conlleva una **importante morbilidad** y que supone un **problema de salud pública**.

Presenta una **marcada variabilidad** en su **simptomatología** y **no se conocen** suficientemente su **curso** ni sus **opciones terapéuticas**.

Por este motivo, es de especial interés analizar las manifestaciones de la enfermedad y establecer unos **protocolos de estudio** concretos para el **manejo** de los **pacientes**.

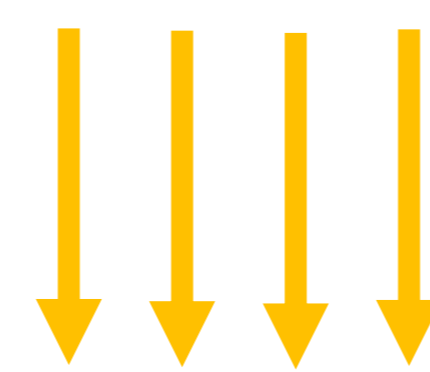


Desde el punto de vista del diagnóstico por la imagen, se han realizado ecografías tóricas en los pacientes para evaluar la movilidad diafragmática

DISEÑO Y MUESTRA (Criterios de inclusión)

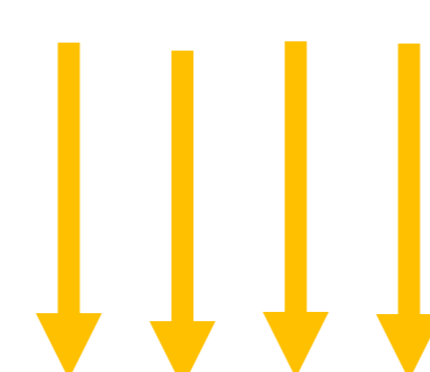
Estudio observacional prospectivo de pacientes pediátricos en la **Unidad de COVID persistente** del Hospital Universitari Germans Trias i Pujol (**HUGTiP**) de Badalona.

Los pacientes presentan sintomatología de COVID persistente



PROCEDIMIENTO

Ecografía torácica con el transductor lineal de alta frecuencia para medición del grosor muscular **diafragmático**, en la línea medioaxilar, en su área de aposición intercostal tanto en inspiración como en espiración, seguido de valoración del movimiento diafragmático en modo M en inspiración y espiración bilateral a nivel de la línea claviclar media.



PROTOCOLO DE ESTUDIO RADIOLÓGICO

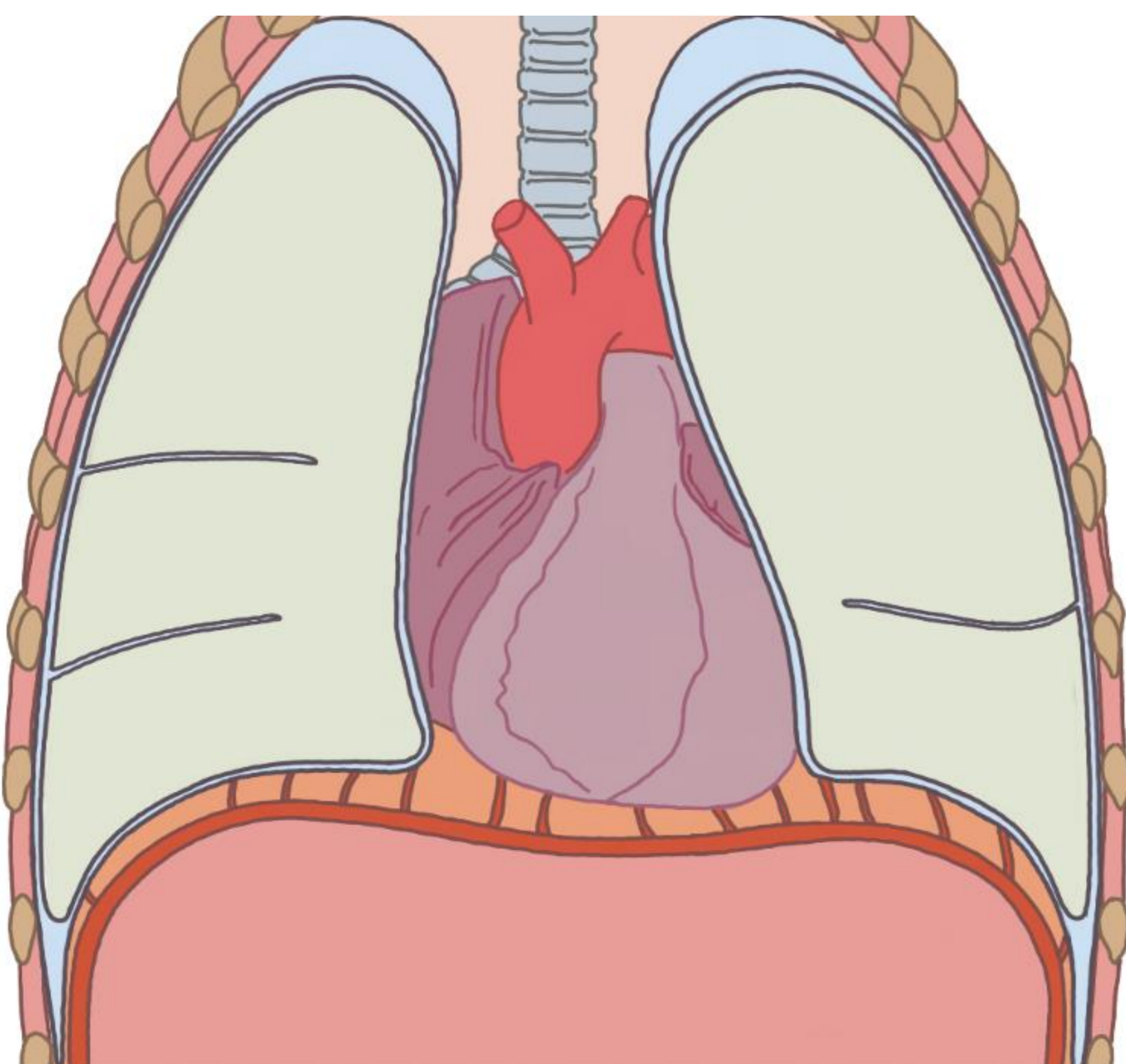
2. MATERIAL Y MÉTODO

PROCEDIMIENTO

Bases del procedimiento

- El **diafragma** es el **principal músculo** implicado en la fisiología de la **respiración**. Se localiza separando las cavidades torácica y abdominal y recibe innervación por parte de los **nervios frénicos** (C3 – C5).
- Su **disfunción** puede dar lugar a **dificultad respiratoria** en grado variable. En los casos leves cursa con síntomas como **disnea**, **fatiga**, **disminución** de la **capacidad** de realizar **ejercicio físico**, **alteraciones respiratorias durante el sueño**. Todo ello tiene una **repercusión** importante sobre la **calidad de vida** del paciente.

Figura 1. Esquema anatómico de la caja torácica y etiología de la parálisis diafragmática



Autor: Dr Giovanni Mattiello

ETIOLOGIA DE LA DISFUNCIÓN DIAFRAGMÁTICA

Neurológica	Lesiones medulares o del sistema nervioso periférico
Iatrogénica o traumática	Cirugía
Compresiva	Tumoral (tumores mediastínicos o broncogénicos)
Infecciosa	COVID-19
Muscular	Distrofias musculares, Ventilación mecánica
Enfermedades pulmonares crónicas	Enfermedad pulmonar intersticial (EPID) y Enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC).

DIAGNÓSTICO POR LA IMAGEN DE LA DISFUNCIÓN DIAFRAGMÁTICA

Radiografía de tórax	Elevación hemidiafragmática (unilateral) Pérdida del volumen de ambos campos pulmonares (bilateral)
Fluoroscopia del diafragma	Disminución de la movilidad diafragmática
Ecografía torácica	Valoración del índice de grosor diafragmático

$$I = \frac{\text{grosor inspiratorio} - \text{grosor espiratorio}}{\text{grosor espiratorio}}$$

2. MATERIAL Y MÉTODO

PROCEDIMIENTO

Bases del procedimiento

- La disfunción diafragmática en el contexto de la infección por COVID-19 es multifactorial, pudiéndose explicar por distintos mecanismos(3):

ETIOLOGIA DE LA DISFUNCIÓN DIAFRAGMÁTICA EN EL COVID-19

Disfunción diafragmática asociada a la ventilación mecánica

Miopatía en pacientes críticos

Neuropatía inflamatoria del nervio frénico

Afectación neuromuscular directa

Procedimiento: Ecografía torácica

- Se realizó una ecografía torácica a 160 **pacientes pediátricos** con síntomas de **COVID-19 persistente** para **evaluar el grosor y la movilidad diafragmática**.
- Se trata de una **técnica no invasiva, accesible e inocua** que permite evaluar de forma dinámica el diafragma.
- El **grosor diafragmático** es variable en función de la fase del ciclo respiratorio. En condiciones normales, se produce un **adelgazamiento** del mismo **durante la espiración**. Cuando el grosor diafragmático es **inferior a 2 mm en inspiración** o su incremento no supera el **20%** durante la inspiración se considera patológico. El **índice de grosor diafragmático medio** de los casos sanos evaluados fue aproximadamente de **1,3**. Los valores inferiores a dicho valor podrían ser considerados como patológicos.

3. RESULTADOS

Protocolo de estudio de la ecografía torácica

	Ventana abdominal o subdiafragmática	Ventana torácica o supradiafragmática
Transductor	<i>Sonda Convex</i> (orientación posterior y superior para visualizar la cúpula diafragmática a través del hígado o el bazo)	<i>Sonda Lineal</i> (8° - 10° espacio intercostal)
Localización	Línea medio-clavicular	Línea medio-axilar
Visualización del diafragma	Línea hiperecogénica que separa el tórax del abdomen	Estructura hipoecoica (músculo frénico) situada entre dos líneas hiperecogénicas: una de localización superior (pleura) y otra de localización inferior (peritoneo)
Hallazgos	Monitorización de la máxima excursión diafragmática por inspiración en Modo M.	Valoración del grosor diafragmático en inspiración y expiración . Cálculo índice de grosor diafragmático $I = \frac{\text{grosor inspiratorio} - \text{grosor expiratorio}}{\text{grosor expiratorio}}$

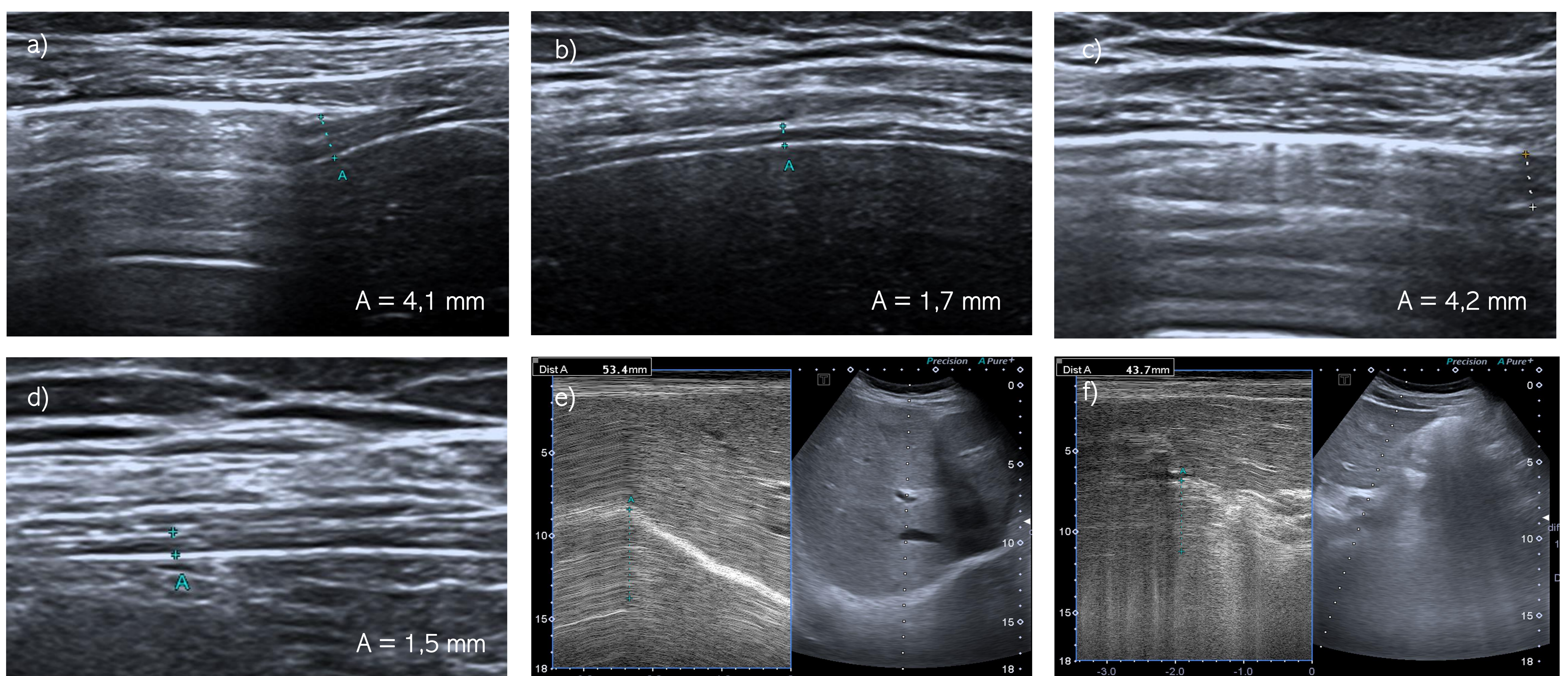


Figura 2. Ecografía torácica normal en una niña de 9 años. Se localizan ambos diafragmas mediante el transductor lineal con ventana intercostal en ambas líneas medias axilares (imágenes a – d) y se mide el grosor muscular en inspiración (a y c) y expiración (b y d). La curva respiratoria en ambos diafragmas en modo M también fue normal.

3. RESULTADOS

Protocolo de estudio de la ecografía torácica

GROSOR DIAFRAGMÁTICO

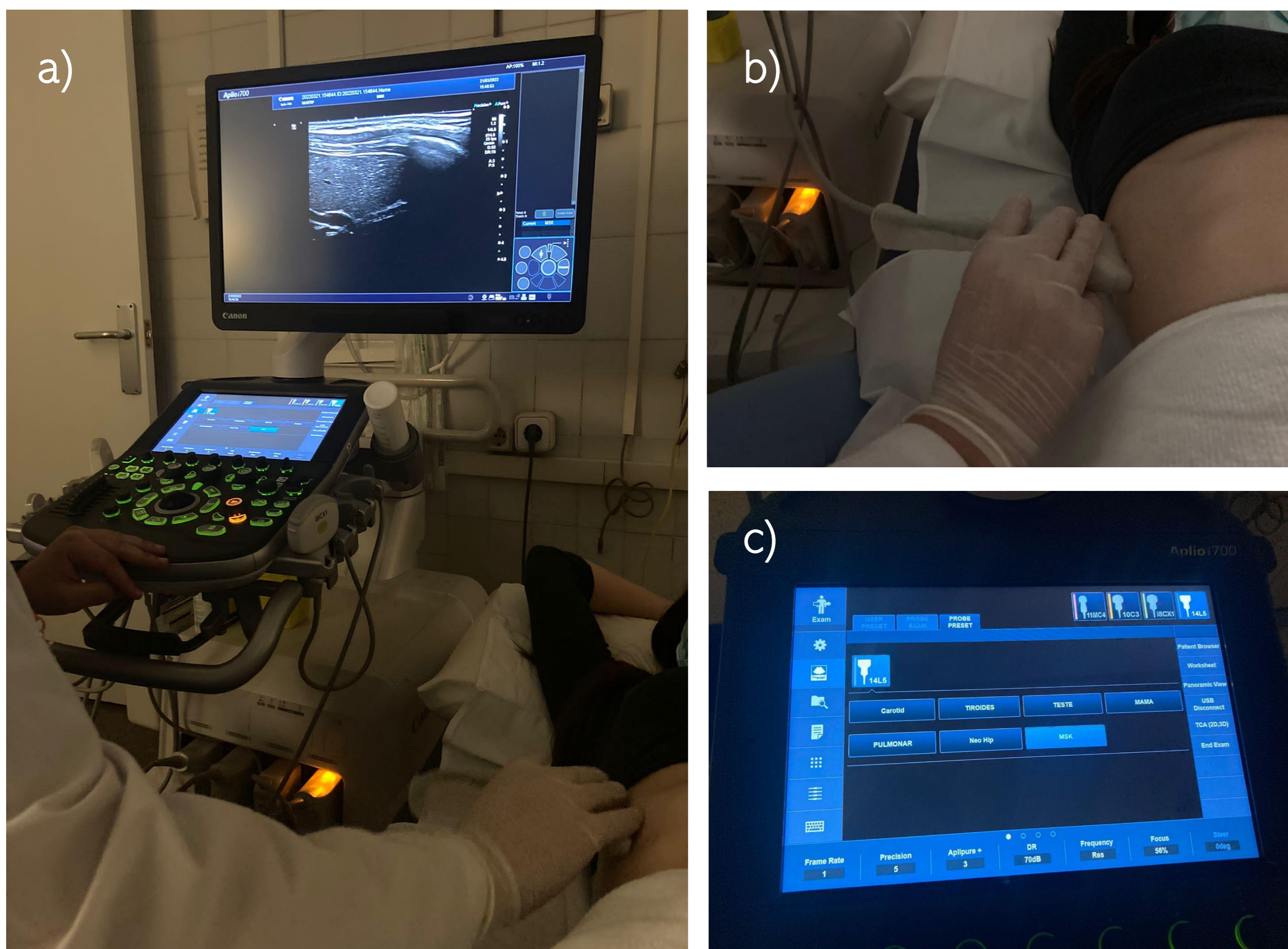


Figura 3. Exploración del **grosor diafragmático** mediante el **transductor lineal**, en la **línea medio clavicular** (9° - 10° espacio intercostal). Se selecciona el *preset* de **músculoesquelético** y se explora la **pared torácica lateral** (c) en ambos hemitórax.

Se estudia la **zona de aposición del diafragma** con las vísceras abdominales y se valoran el **grosor** y la **contractilidad** durante la **inspiración** y la **expiración**. El transductor se debe posicionar de forma **perpendicular** a la pared torácica (b), identificando así el diafragma. Se visualiza como una **estructura hipoecogénica** con **dos líneas hiperecogénicas** adyacentes: la pleura y el peritoneo.

CURVA RESPIRATORIA

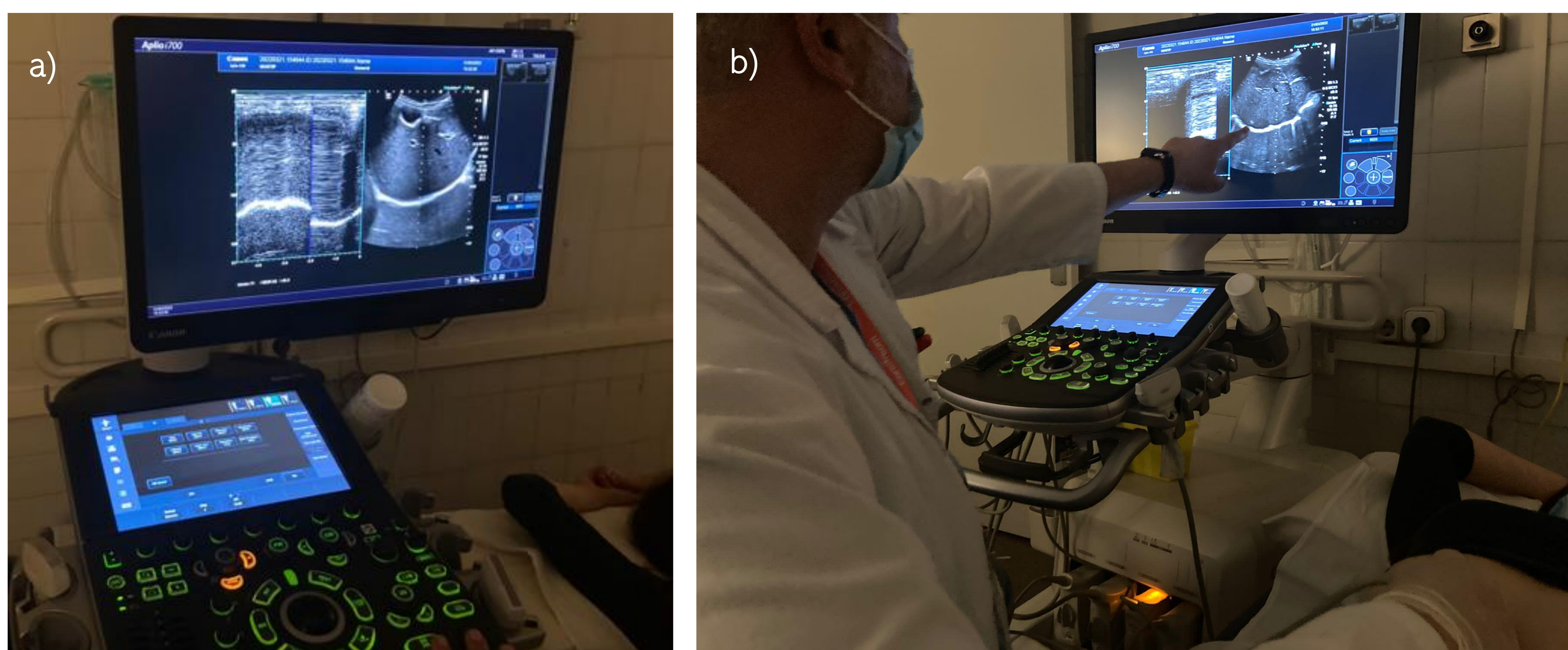


Figura 4. Exploración de la **excursión diafragmática** con el **transductor convex**, entre la **línea axilar anterior** y la **línea medioclavicular**.

Se exploran ambos hemidiafragmas mediante el **transductor convex** por **vía subcostal**, identificando el mismo como una **línea hiperecogénica** que separa el tórax del abdomen. Se usa el **modo M** para valorar la **excursión diafragmática**. En el **lado derecho** se visualiza **adyacente al hígado** y en el izquierdo adyacente al bazo. La exploración en hipocondrio izquierdo es más difícil por interposición del gas de la cámara gástrica.

3. RESULTADOS

Hallazgos por imagen

- Los **valores normales** del **grosor diafragmático** son variables en función de distintos factores como por ejemplo la **edad** y el **sexo**. Por este motivo y con la finalidad de **estandarizar los resultados**, es recomendable utilizar el **índice de grosor diafragmático** (3).

CASO 1

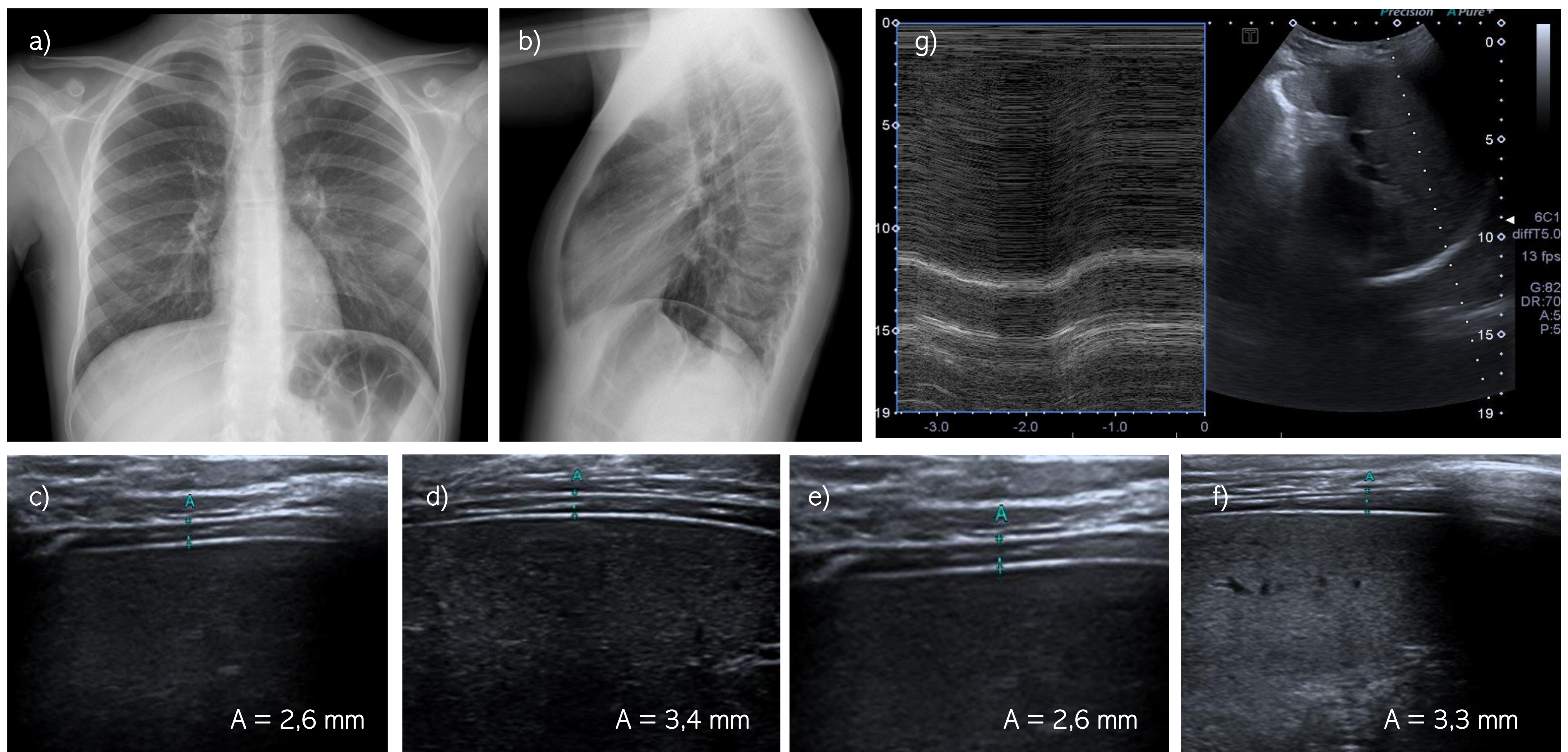


Figura 5. Paciente de 15 años con clínica de **fatiga**, **dolor abdominal** y **diarrea**, así como **alteración** de la **capacidad de concentración** y **velocidad de procesamiento** de tres meses de evolución después de la infección por COVID-19.

Se realizó una **radiografía de tórax** después de la infección en **proyecciones posteroanterior** y **lateral** que fue **normal** (a y b).

Se completó el estudio con una **ecografía** del hemidiafragma derecho en **expiración** (c) y en **inspiración** (d), así como del hemidiafragma izquierdo en **expiración** (e) y en **inspiración** (f). El **índice de grosor diafragmático** en el diafragma derecho fue de 0,3 (30%) y en el diafragma izquierdo fue de 0,27 (27%).

Los **grososres diafragmáticos** fueron **normales**. Sin embargo, los **índices de grosor diafragmático** estaban **disminuidos** y la **curva respiratoria** en modo M del hemidiafragma izquierdo se encontraba en el **límite inferior** de la **normalidad**, hallazgos probable relación con **leve paresia diafragmática**.

3. RESULTADOS

Hallazgos por imagen

CASO 2

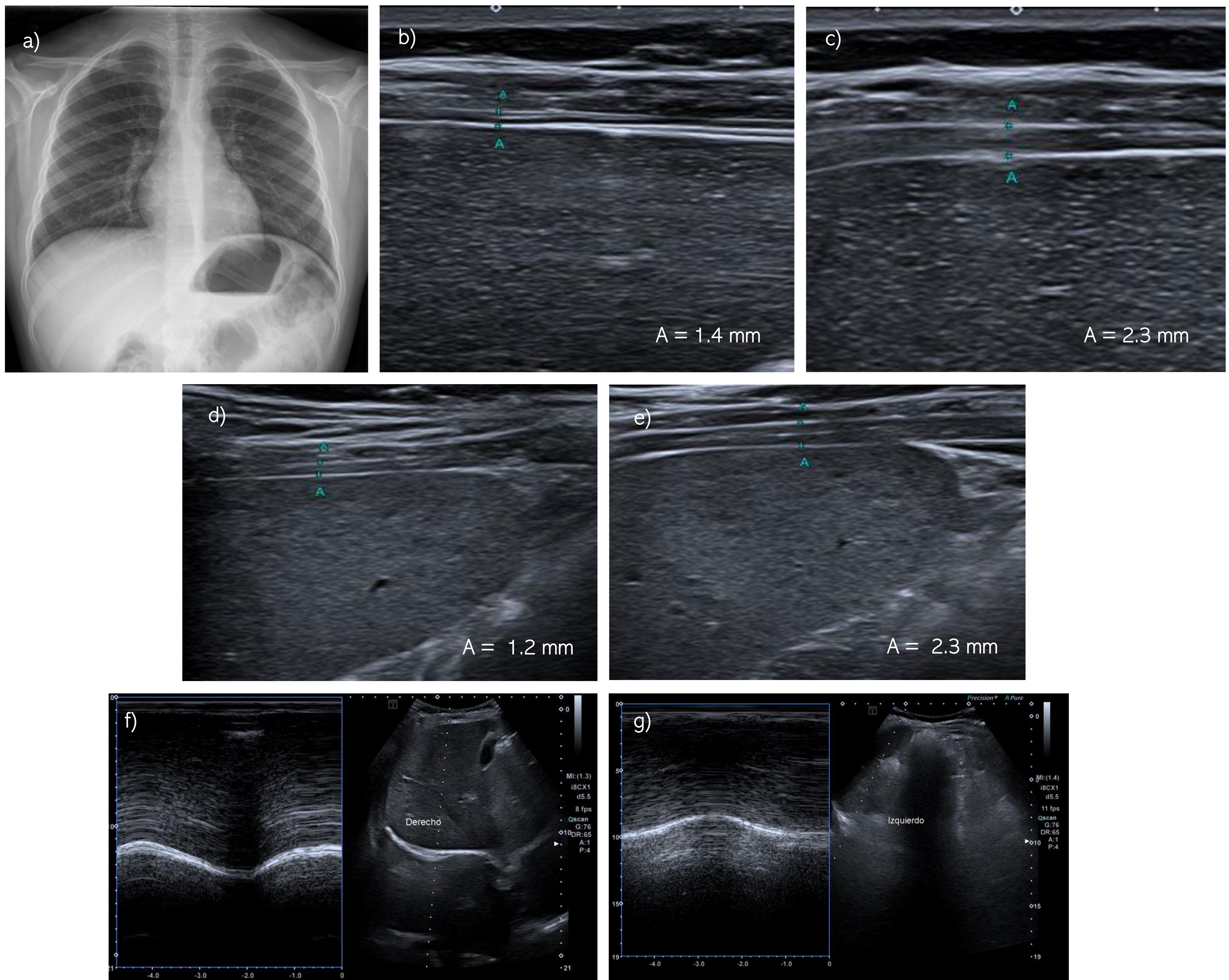


Figura 6. Paciente de 13 años que presentó disnea, tos y taquicardia después de la infección por COVID-19. La radiografía de tórax (a) fue normal.

Se completó el estudio con una **ecografía** del hemidiafragma derecho en espiración (b) y en inspiración (c), así como del hemidiafragma izquierdo en espiración (d) y en inspiración (e). El índice de grosor diafragmático en el diafragma derecho fue de 0,6 (60%) y en el diafragma izquierdo fue de 0,9 (90%).

Los **grososres diafragmáticos** fueron **normales**. Sin embargo, los **índices de grosor diafragmático** estaban **disminuidos** y las **curvas respiratorias** en **modo M** presentaron una **morfología aplanada**, de predominio en el hemidiafragma izquierdo (f y g). Los hallazgos fueron sugestivos de **leve paresia diafragmática**.

3. RESULTADOS

Hallazgos por imagen

CASO 3

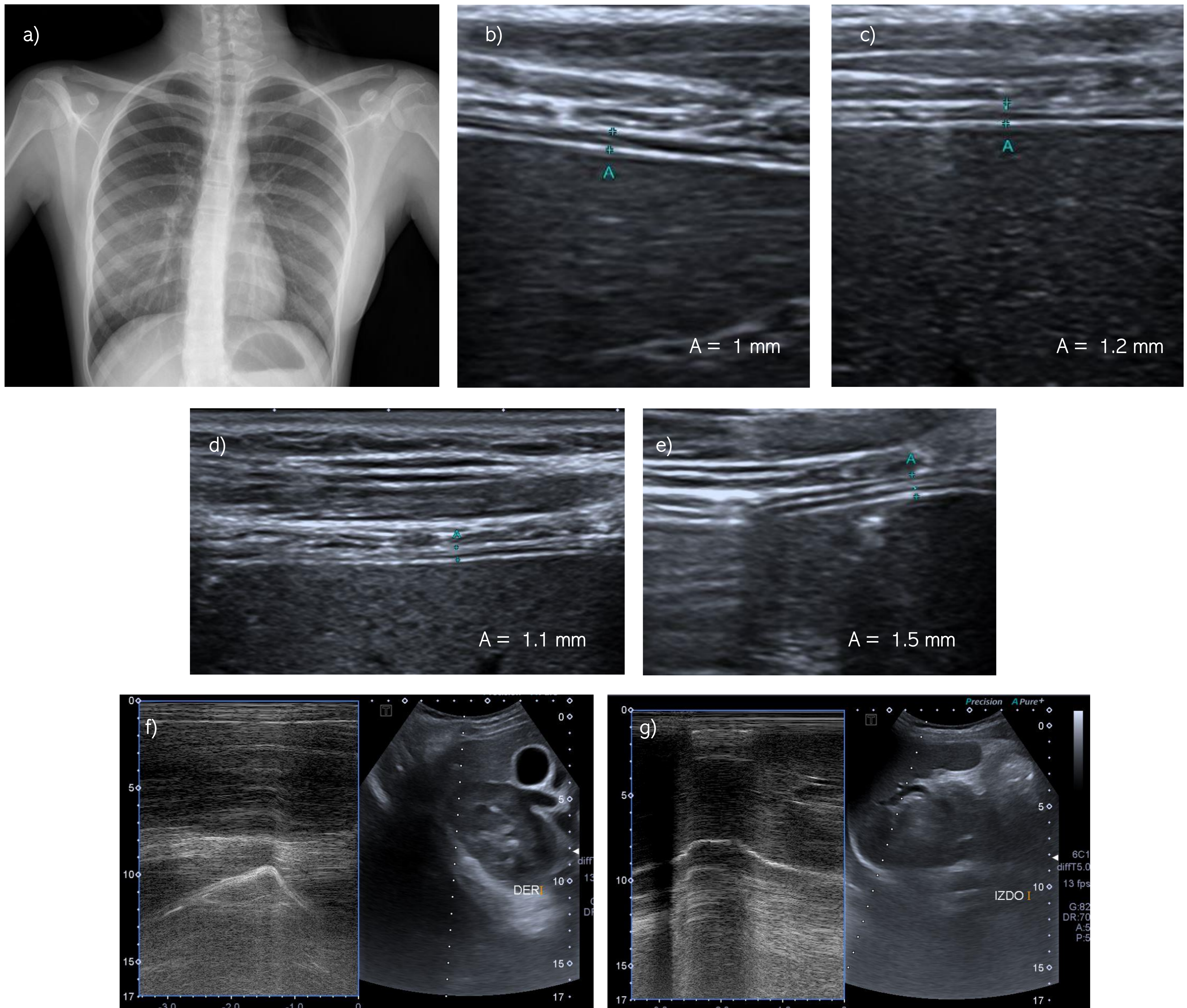


Figura 6. Paciente de 14 años que presentó **fatiga**, **cefalea** y **artromialgias**. En la **espirometría** presentó un **patrón restrictivo leve**. La **radiografía de tórax** (a) fue **normal**, a excepción de una leve escoliosis dorsolumbar.

Se completó el estudio con una **ecografía** del hemidiafragma derecho en espiración (b) y en inspiración (c), así como del hemidiafragma izquierdo en espiración (d) y en inspiración (e). El índice de grosor diafragmático en el diafragma derecho fue de 0,3 (30%) y en el diafragma izquierdo fue de 0,36 (36%).

Los **grosos diafragmáticos** estaban **disminuidos** (eran inferiores a 2 mm en inspiración) y los **índices de grosor diafragmático** también se encontraban **por debajo del valor normal**. Las **curvas respiratorias** de ambos diafragmas presentaron una **morfología más aplanada** respecto a la normalidad.

4. CONCLUSIÓN

- El **diafragma** es el **principal músculo** implicado en la **respiración** y su **disfunción** puede conllevar síntomas como **disnea**, **dolor torácico** y **dificultad para el ejercicio**. Su **grosor aumenta** durante la **inspiración**, generando una diferencia de presiones que permite llenar de aire los pulmones. Si existe **disfunción diafragmática**, se utilizará más la **musculatura respiratoria accesoria** y el paciente presentará dificultad respiratoria.
- Para **valorar la función diafragmática** se pueden utilizar distintas técnicas de diagnóstico por la imagen que, junto con los **datos clínicos** y de **otras pruebas funcionales** como por ejemplo la **espirometría**, nos darán la información necesaria.
- La **ecografía** es una técnica **útil**, **no invasiva** e **inocua** que permite evaluar el diafragma de forma dinámica. Permite medir el **grosor diafragmático** y el **índice del grosor diafragmático**, que se relaciona con la **función diafragmática**, y la **movilidad diafragmática**.
- En este estudio se plantea el uso de la **ecografía** para evaluar los pacientes con **sintomatología de COVID-19 persistente**. Para ello, es necesario disponer de un protocolo de realización de la técnica que permita un **estudio estandarizado** y que nos permita obtener **resultados comparables**.
- A parte de **diagnosticar** la disfunción diafragmática, la ecografía permite **evaluar la gravedad** de la misma y valorar su **evolución**.
- Es necesario realizar un **protocolo estandarizado** de ecografía diafragmática que permita estudiar de forma adecuada estos pacientes y así obtener datos que permitan orientar mejor su tratamiento.

4. BIBLIOGRAFIA

- (1) McCool F., Tzelepis G., Dysfunction of the Diaphragm. *New England Journal of Medicine*. 2012 [14 Mar 2022]; 366 : 932-42. Available on: [10.1056/NEJMra1007236](https://doi.org/10.1056/NEJMra1007236).
- (2) Vazquez JL., Coca A., Sánchez M., Protocolo de ecografía de la función diafragmática. 2020. [14 Mar 2022] Sociedad y fundación española de cuidados intensivos pediátricos.
- (3) Patel Z., Franz C., Bharat A., Walter J., Wolfe L., Koralnik I., Deshmukh S. Diaphragm and Phrenic Nerve Ultrasound in COVID-19 Patients and Beyond. Imaging Technique, Findings, and Clinical Applications. *J Ultrasound Med* 2021[18 Mar 2022]; 9999: 1–16. Available on: [doi:10.1002/jum.15706](https://doi.org/10.1002/jum.15706).
- (4) Glau C., Conlon T., Himebauch A., Yehya N., Weiss S., Berg R., Nishisaki A., Progressive Diaphragm Atrophy in Pediatric Acute Respiratory Failure. *Pediatr Crit Care Med*. 2018 [21 Mar 2022]; 19(5): 406 - 411. Available on: [doi:10.1097/PCC.0000000000001485](https://doi.org/10.1097/PCC.0000000000001485).
- (5) Harper C., Shahgholi L., Cieslak K., Hellyer N., Strommen J., Boon A., Variability in Diaphragm Motion During Normal Breathing, Assessed With B-Mode Ultrasound. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2013. 43(12): 927 – 931. Available on: [doi:10.2519/jospt.2013.4931](https://doi.org/10.2519/jospt.2013.4931).