

## Más allá del Índice de Haller en el Pectus Excavatum

**María I. Martínez León<sup>1</sup>,**  
María Isabel Alaejos Pérez<sup>2</sup>,  
Marta Subires Bootello<sup>3</sup>, Alexander Siles Hinojosa<sup>4</sup>,  
Rocío Rodríguez Ortega<sup>5</sup>, Gretsya Quintana Rodríguez<sup>6</sup>, Alba Granda Salinas<sup>7</sup>

<sup>1, 5, 6</sup> Radiodiagnóstico, Hospital Materno Infantil del C.H.U. Málaga

<sup>2</sup> Radiodiagnóstico, Hospital Universitario Río Carrión, Palencia

<sup>3</sup> Radiodiagnóstico, Hospital Universitario Costa del Sol, Marbella, Málaga

<sup>4</sup> Cirugía Pediátrica, Hospital Materno Infantil del C.H.U. Málaga

<sup>7</sup> Técnico de Radiodiagnóstico, Hospital Vithas Parque San Antonio, Málaga



A. Introducción al Pectus Excavatum

B. Técnicas de Imagen: TC y RM

C. Índices y Medidas

1. INDICE DE HALLER	IH
2. INDICE DE CORRECCIÓN	IC
3. INDICE DE ASIMETRÍA TORÁCICA	IAT
4. ANGULACIÓN DEL ESTERNÓN	AE
5. INDICE TITANIC	IT
6. OTROS INDICES	
INDICE DE COMPRESIÓN CARDIACA	ICC
ANGULO DE ROTACIÓN CARDIACA	HRA
DIÁMETRO LONGITUDINAL PULMONAR	DLP

D. Ejemplos Prácticos

E. Resumen

F. Bibliografía



## A. Introducción al Pectus Excavatum

El Pectus Excavatum (PE) es la **deformidad congénita más común de la pared torácica anterior.**

Es la depresión del esternón y la caja torácica anterior en la cavidad torácica.

Es una anomalía **estética y funcional.**

Tiene efecto sobre la **funcionalidad cardíaca y pulmonar** (alteración por compresión de la función cardíaca, desarrollo de bronquiectasias, disnea...)

La deformidad puede ser:

- profunda, estrecha y pequeña en diámetro (con forma de copa)
- amplia y superficial (tipo plato)
- profunda y con forma de canal (tipo Gran Cañón)

La deformidad también puede ser:

- simétrica, afecta generalmente a la parte inferior del esternón.
- asimétrica, donde la depresión es mayor hacia un hemitórax, generalmente el derecho.

Radiológicamente se estudia mediante **TC de tórax baja dosis y con técnicas rápidas de RM.**

El diagnóstico de PE es clínico.

La imagen contribuye definiendo las medidas y los índices de la deformidad.

Al PE también se le denomina de forma clásica, **Koilosternia.**



## B. Técnicas de Imagen: TC

**TC de tórax baja dosis:** no es necesaria dosis acorde a la edad, sino menor.

La información que se requiere es la valoración ósea para caja torácica (esternón, arcos costales y columna), no es un estudio que se realice para valoración de otras lesiones. Por eso también se protocoliza **sin contraste IV**.

Dado que son valoraciones de niños mayores, puede realizarse el estudio con calidad en **TC en espiración** (la espiración potencia la visualización del PE frente a la inspiración)

Es mejor colocar los **brazos hacia abajo**, que se sitúen a lo largo del tórax (algo separados de él), dado que es la posición habitual en la que se valorará el PE clínicamente. *No hay que realizar el estudio con los brazos arriba, como habitualmente se adquiere el TC de tórax.*

El estudio **se adquiere en espiración**, que magnifica los datos del PE. Se prueba antes con el paciente la inspiración y la espiración, para realizar la adquisición lo más correctamente posible.

Realizar grabación en **ventana de partes blandas y en hueso** (bone plus: W: 3000-2500, L: 200-300) con reconstrucciones posteriores finas 0.625 (adaptar estos datos a cada equipo)

La **ventana ósea se utiliza para las reconstrucciones MIP** (máxima intensidad de proyección)

La **ventana de partes blandas se utiliza para la valoración 3D**, trabajando en Carestream las reconstrucciones 3D para la caja torácica tienen mayor calidad utilizando la ventana de partes blandas, no la de hueso.



## B. Técnicas de imagen: RM

Es un estudio **rápido**.

El protocolo tiene una duración desde la primera secuencia a la última de aproximadamente **2-3 min**. Incluyendo colocación del paciente en la mesa, colocación de la antena, comienzo y finalización de la adquisición y salida del paciente de la máquina RM, el estudio tarda algo menos de 10 minutos.

Es un estudio **sin anestesia**, los pacientes suelen ser adolescentes dado que la cirugía reparativa se realiza a esta edad, no requieren sedación/anestesia.

Estudio **sin compensación cardíaca y sin compensación respiratoria**.

En nuestro centro algunas secuencias se realizan con **adquisición en respiración libre y otras en inspiración / espiración**.

Solo el T1 VIVE se intenta realizar en inspiración y espiración, explicándole previamente al paciente cómo ha de realizarlo.

El estudio tiene imagen **en inspiración y espiración**, porque en principio en espiración forzada la deformidad empeora, (aunque hay artículos que no defienden este tipo de adquisición)

En algunos centros se realiza la **valoración cine**, que puede proporcionar información funcional sobre la cinética de la pared torácica.

Es un estudio **anatómico**.

## PROTOCOLO DE IMAGEN

El paciente se coloca en decúbito supino, entra por la cabeza, brazos abajo.

No pulsioxímetro, no compensación cardíaca, no anestesia, no contraste.

Antena Body (8-12 canales)

Se ha creado el protocolo llamado PECTUS y se ha incluido dentro de la carpeta de TORAX.

1. **Localizador** en tres planos (4 cortes transversales, 3 cortes coronales, 1 corte sagital)
2. **T2 BLADE FS, transversal**, cortes de 3 x 3 mm desde supraclavicular a diafragmas.  
Es la secuencia más anatómica.
3. **T1 VIVE en inspiración y espiración**, transversal, con comando de voz activado automático.  
Tiene artefactos de movimiento, pero permite valorar diferencias entre inspiración y espiración.
4. **T2 BLADE, coronal**. Añade valoración anatómica en caso de necesitar otro plano.
5. **T2 BLADE FS, sagital**. Sirve para valorar los niveles torácicos (niveles A, B, C)



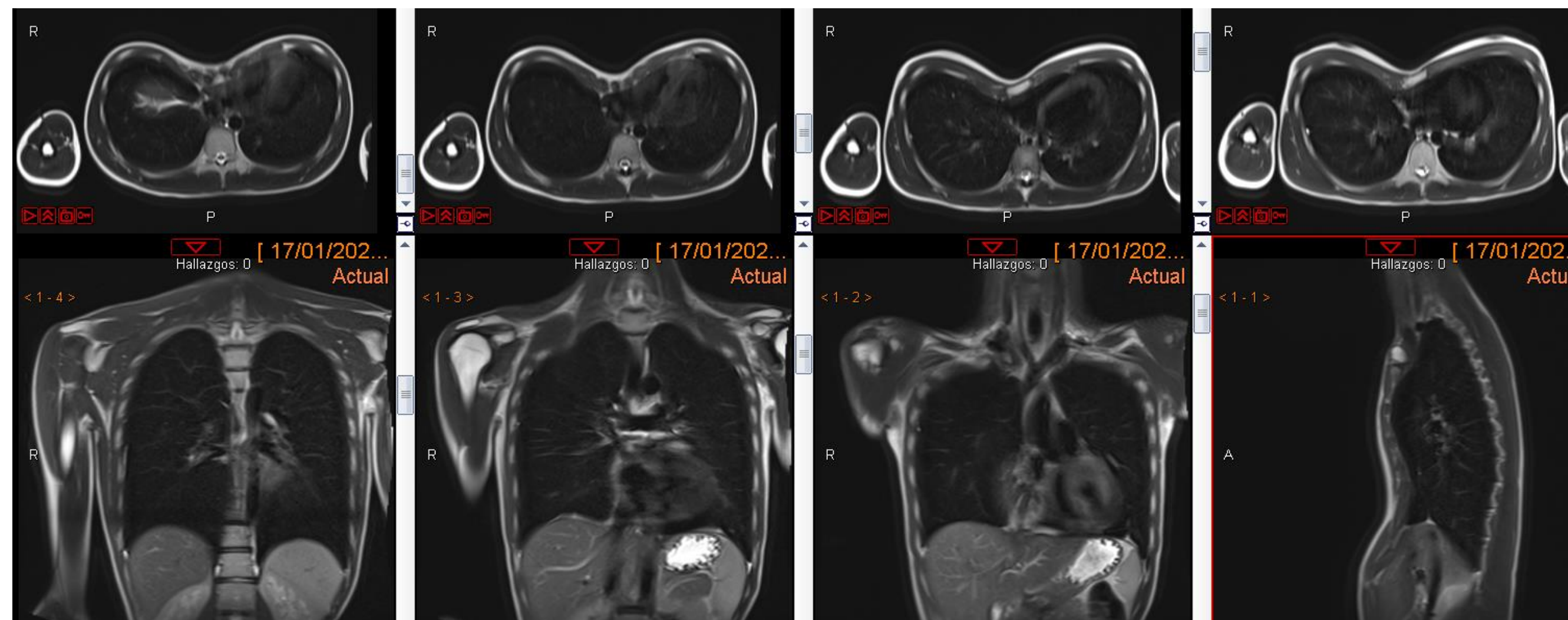
## B. Técnicas de imagen: RM

Programas	
USER	
COMPLETA	
TORAX	
RUTINA	
PEDIATRICO	
PULMON	
ADULTO	
TORAX LINFOMA	
PECTUS	
Nuevo programa	
MAMA	
MSK PEDIATRIA	

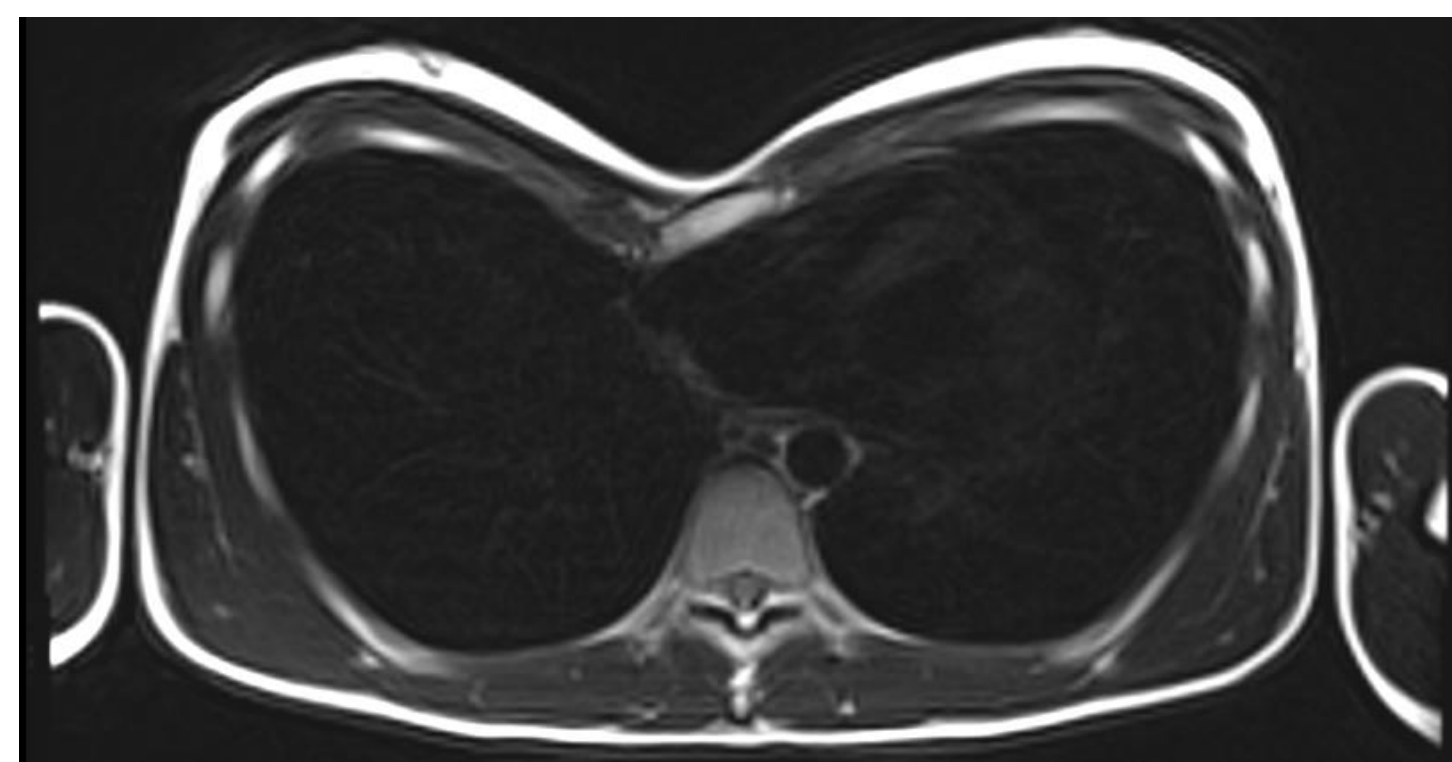
  

Programa	Duración
localizer_bh_insp	00:09
t2_blade_fs_tra	00:59
t1_vibe_tra_INSP	00:20
t1_vibe_tra_EXP	00:20
t2_blade_cor_insp	01:26
t2_blade_fs_sag	00:59

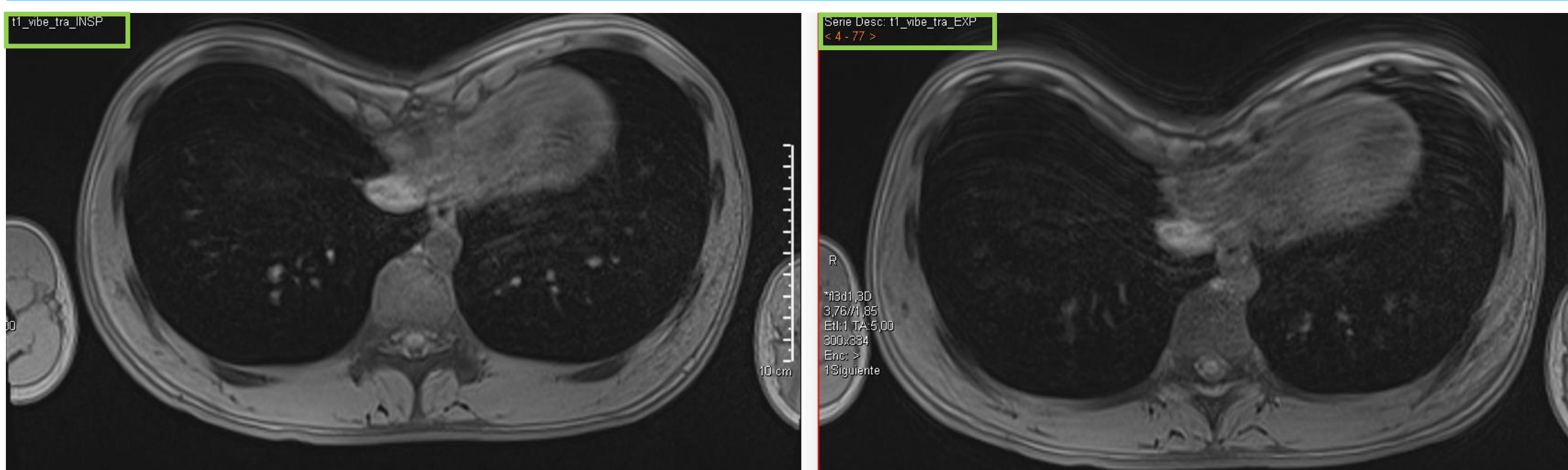
### LOCALIZADORES



### T2 BLADE FS TRANSVERSAL



### T1 VIVE TRANSVERSAL, INSPIRACIÓN Y ESPIRACIÓN



### T2 BLADE CORONAL Y SAGITAL



### Imagen del tórax del paciente



Con permiso del paciente



## C. Indices y Medidas en Pectus Excavatum

### 1. ÍNDICE DE HALLER, IH

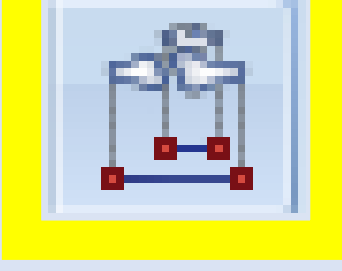
También llamado Índice de Severidad del PE.

Fue el primer índice que se describió en el PE y es, hasta el momento, el más usado.

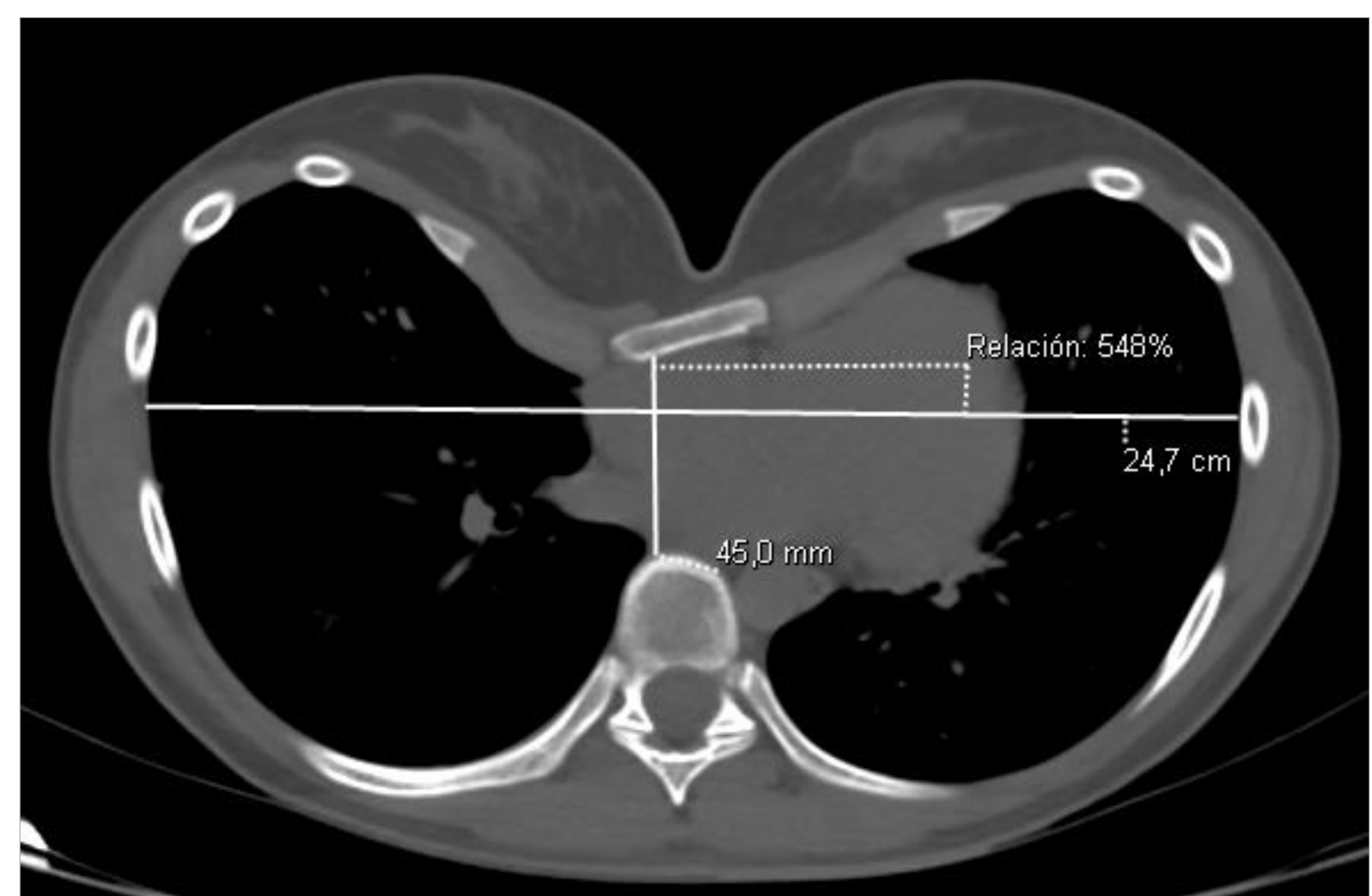
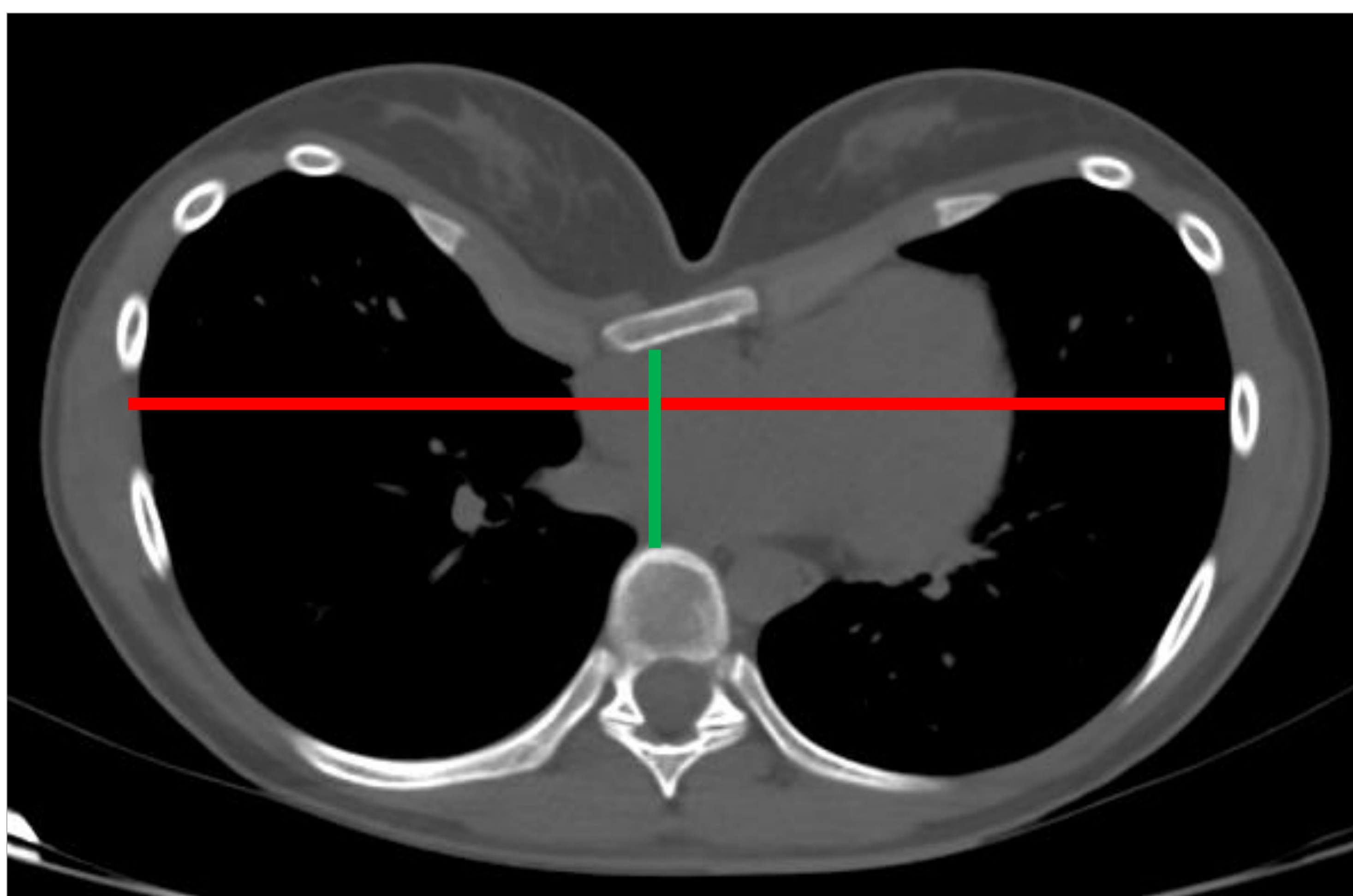
Es la división entre:

- **Línea roja, A:** la longitud transversal entre márgenes internos de la caja torácica
- **Línea verde, B:** la longitud menor anteroposterior de la caja torácica entre borde posterior del esternón y la pared anterior del cuerpo vertebral.

Una medición superior a **3.25** se considera indicación quirúrgica de PE.

Con Carestream, se utiliza la herramienta , que calcula automáticamente la relación entre el eje máximo transversal (cuidado porque es en **cm**) y el máximo anteroposterior (cuidado porque es en **mm**)

Índice de Haller  
A / B  
normal menor de 3.25



24.7 cm / 4.5 cm: **5.48**  
Clara indicación quirúrgica del PE  
(sobrepasa ampliamente 3.25)



## C. Indices y Medidas en Pectus Excavatum

### 2. INDICE DE CORRECCIÓN, IC

Este índice proporciona el % de profundidad torácica del defecto.

Dicho de otro modo, el IC representa el porcentaje de profundidad de la caja que se corregirá mediante la cirugía de colocación de la barra. Un IC **mayor del 10%** es patológico.

Las mediciones se realizan sobre una línea transversal medida donde el diámetro anteroposterior del tórax sea menor, y esa línea pasa por encima del borde anterior del cuerpo vertebral.

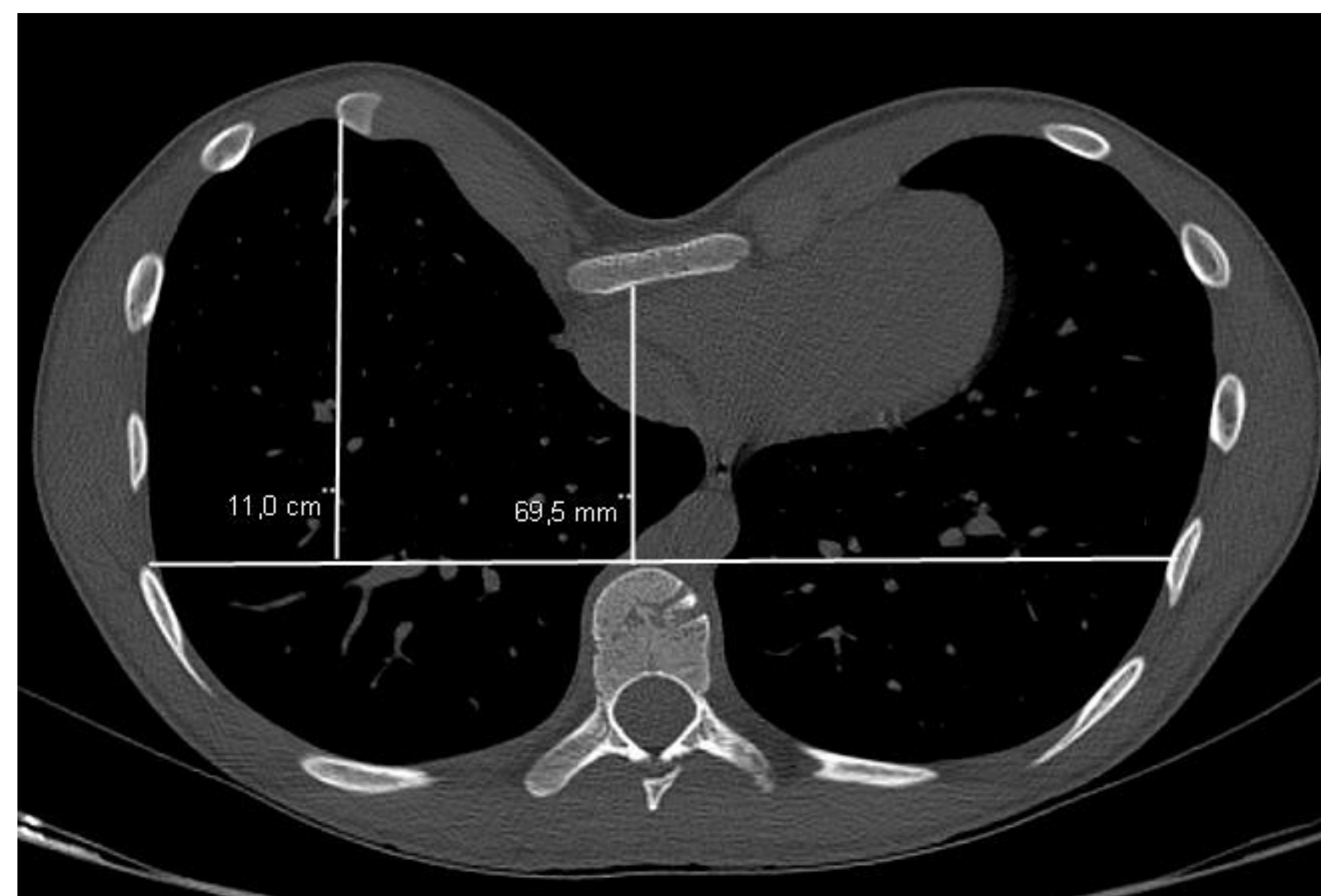
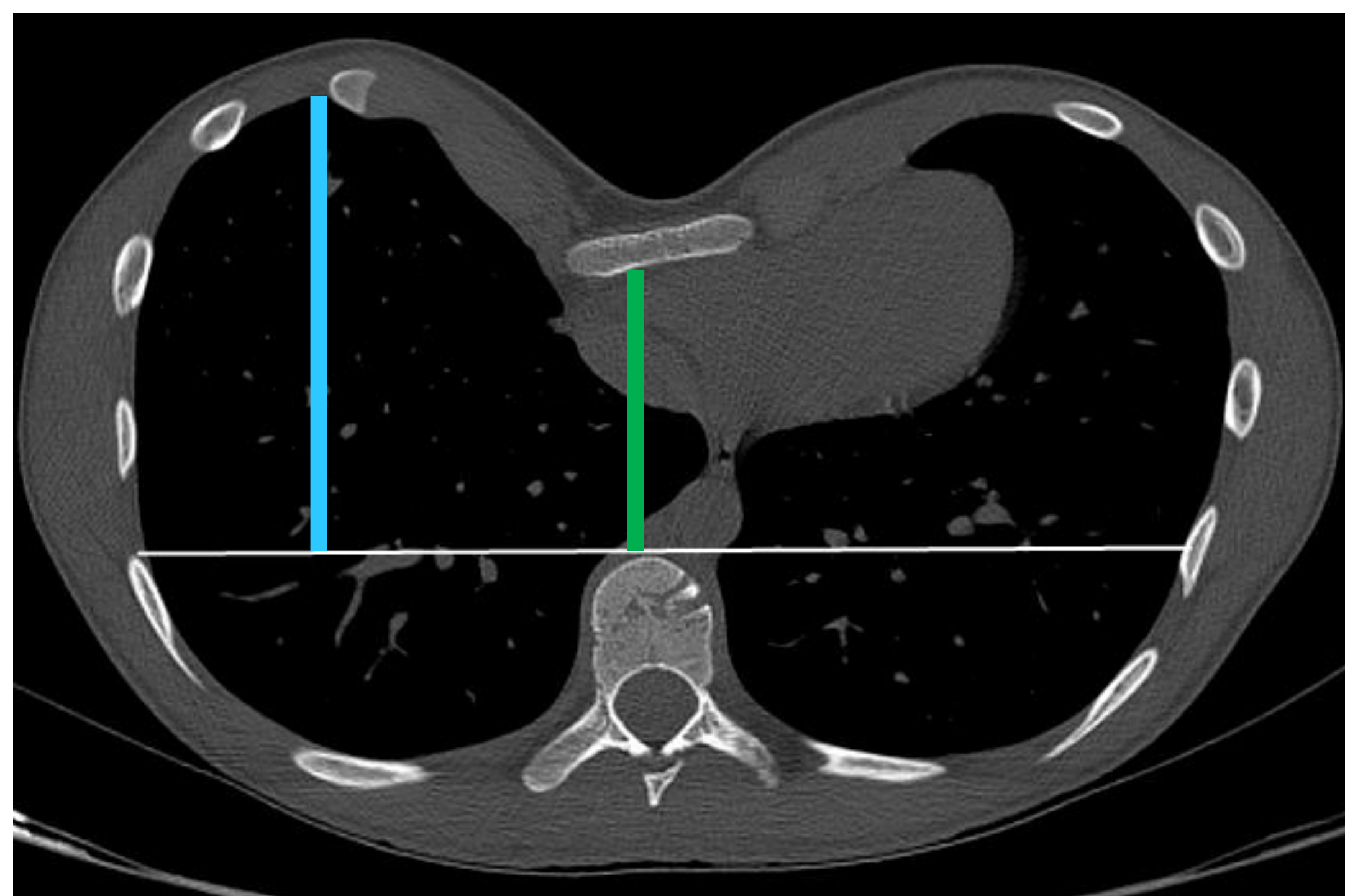
- **Línea verde, A:** distancia mínima entre la parte posterior del esternón y la parte anterior del cuerpo vertebral.
- **Línea azul, B:** distancia máxima entre la parte anterior del cuerpo vertebral y porción más anterior de cada hemitórax.

En el caso de que los hemitórax sean asimétricos, se mide en el que tenga mayor diámetro ap.

#### Índice de Corrección

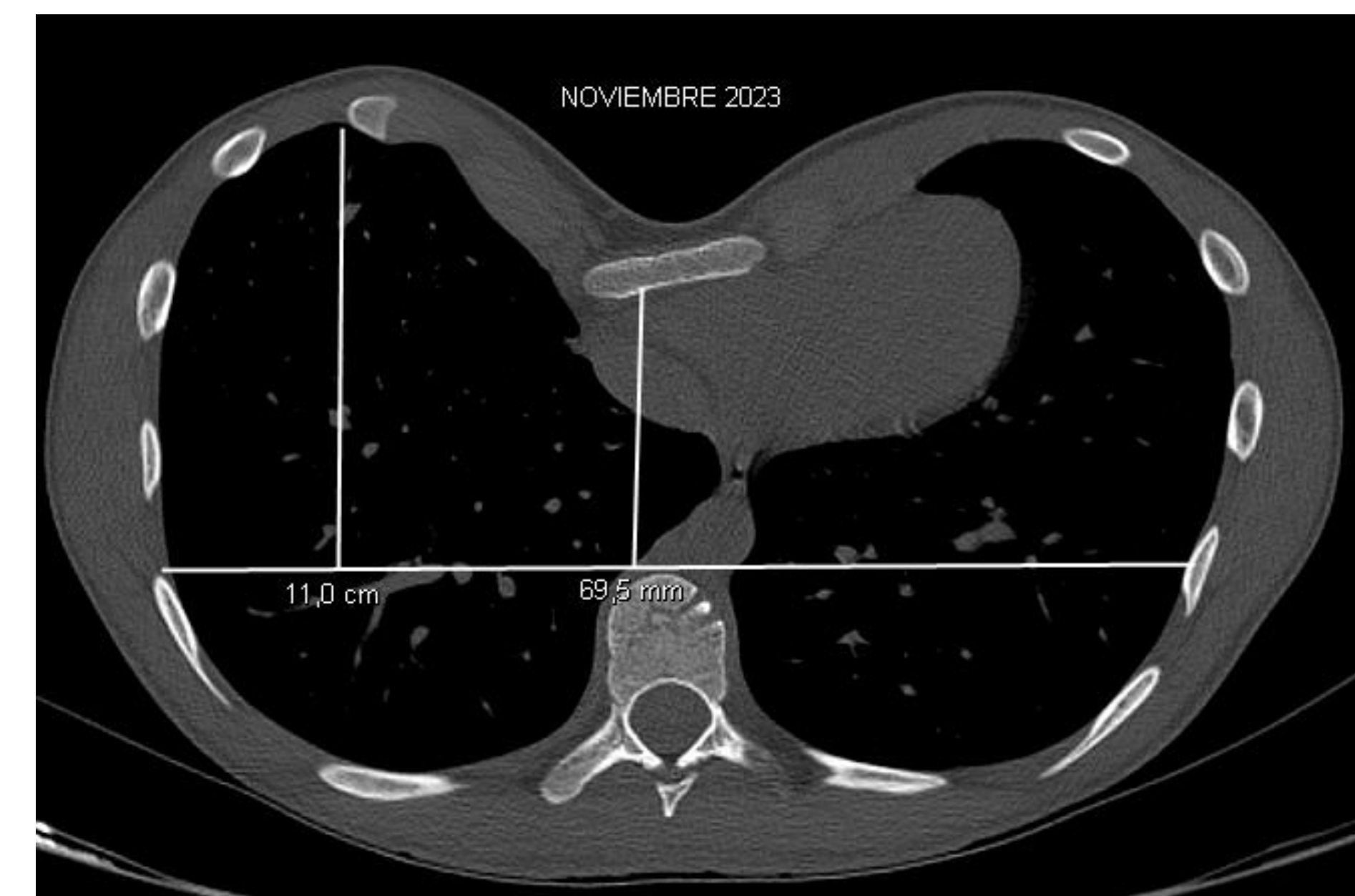
$$B-A / B \times 100$$

normal <10%



11 cm – 6.95 cm: 4.05  
4.05 / 11 x 100: **36.8 %**  
% patológico, sobrepasa ampliamente  
10% del límite normal

Evolución de la morfología torácica a lo largo de los años 2015, 2020 y finales de 2023.  
El índice de corrección va en aumento y es respectivamente: 16.7 %, 31.8 %, 36.8 %





## C. Indices y Medidas en Pectus Excavatum

### 3. INDICE DE ASIMETRÍA TORÁCICA, IAT

El significado que tiene este índice es mostrar el porcentaje de asimetría entre ambos hemitórax, porque la reparación quirúrgica de un tórax asimétrico es más difícil que la de un tórax simétrico, además, el resultado estético es menos favorable en un tórax asimétrico.

Se mide en relación con la localización del IH.

En cada hemitórax se trazan líneas perpendiculares al eje horizontal mayor del tórax (**línea roja**) donde se encuentra la mínima distancia entre el esternón y la columna.

El IAT se calcula dividiendo el diámetro ap mayor del hemitórax derecho (**línea púrpura, D**) del izquierdo (**línea naranja, I**) y restándolo a 1.

El IAT normal oscila entre (-0.05 y + 0.05), con resultado por encima o debajo indicando que un hemitórax es significativamente mayor que el otro.

**El resultado positivo indica que el hemitórax derecho es el mayor, el negativo indica mayor tamaño del izquierdo.**

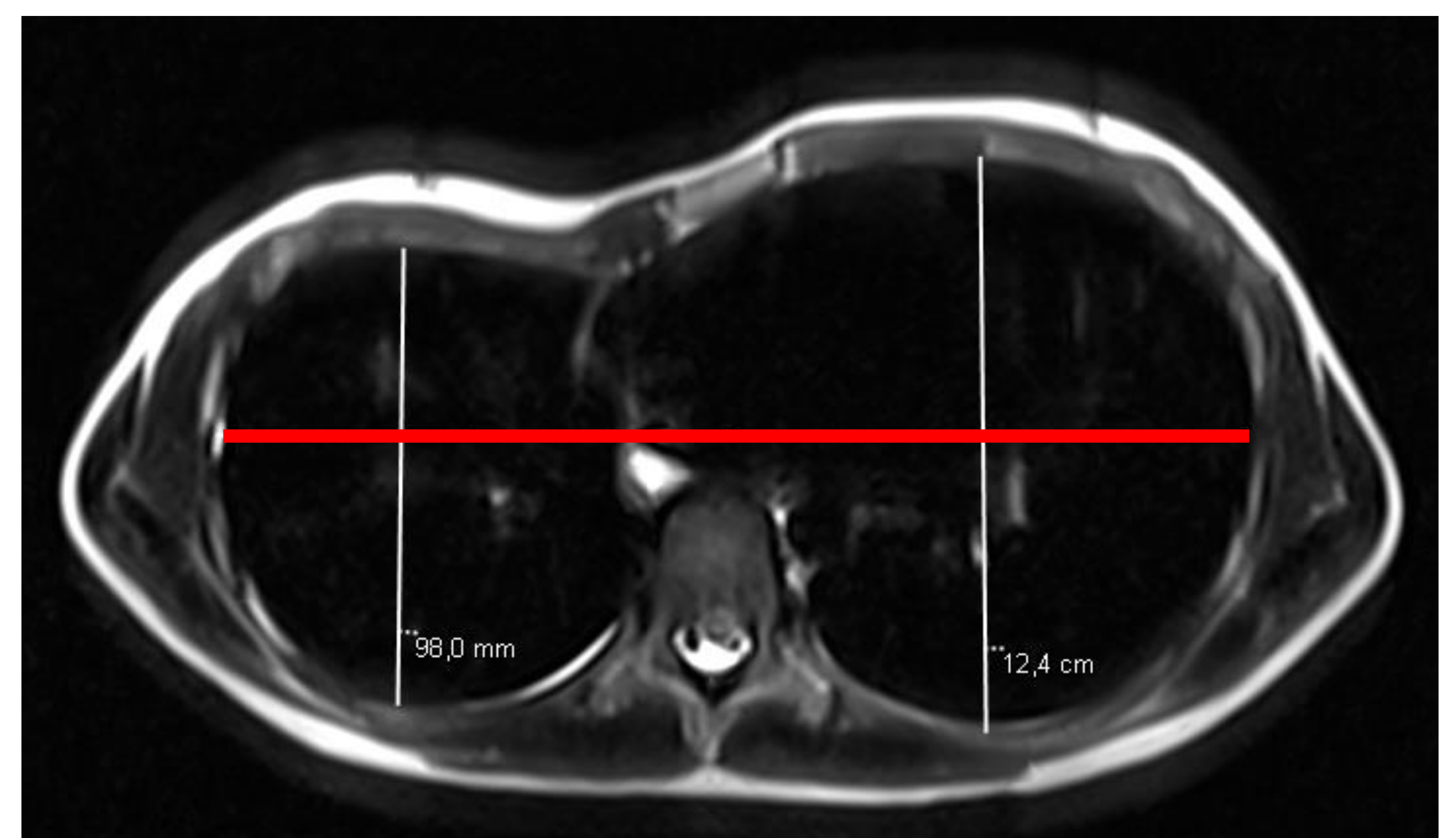
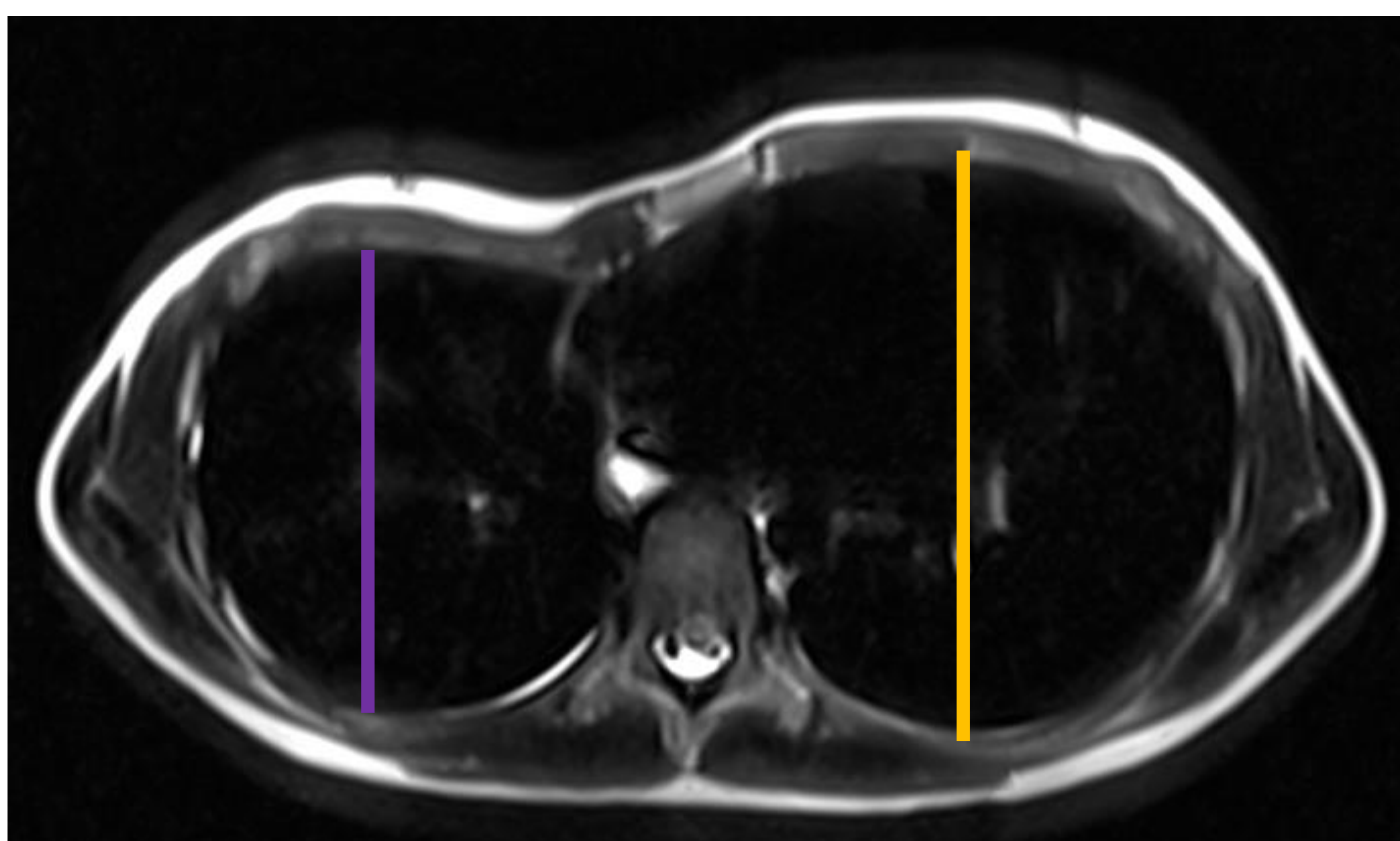
Normalmente el hemitórax izquierdo suele ser más ancho en diámetro ap que el contralateral (porque el esternón generalmente se angula abierto hacia la izquierda)

Puede haber casos en que la asimetría del tórax sea mayor en un nivel diferente al medido en el IH. En estos casos, se mide donde la asimetría sea mayor y se hace constar en el informe. Este nivel suele ser el de unión entre manubrio y cuerpo del esternón (nivel A)

#### Indice de Asimetría Torácica

1- I / D

Normal entre -0.05 y +0.05



12.4 / 9.8: 1.26  
1 - 1.26: -0.26

El hemitórax izquierdo, resultado en negativo, es 0.26 veces más ancho que el derecho



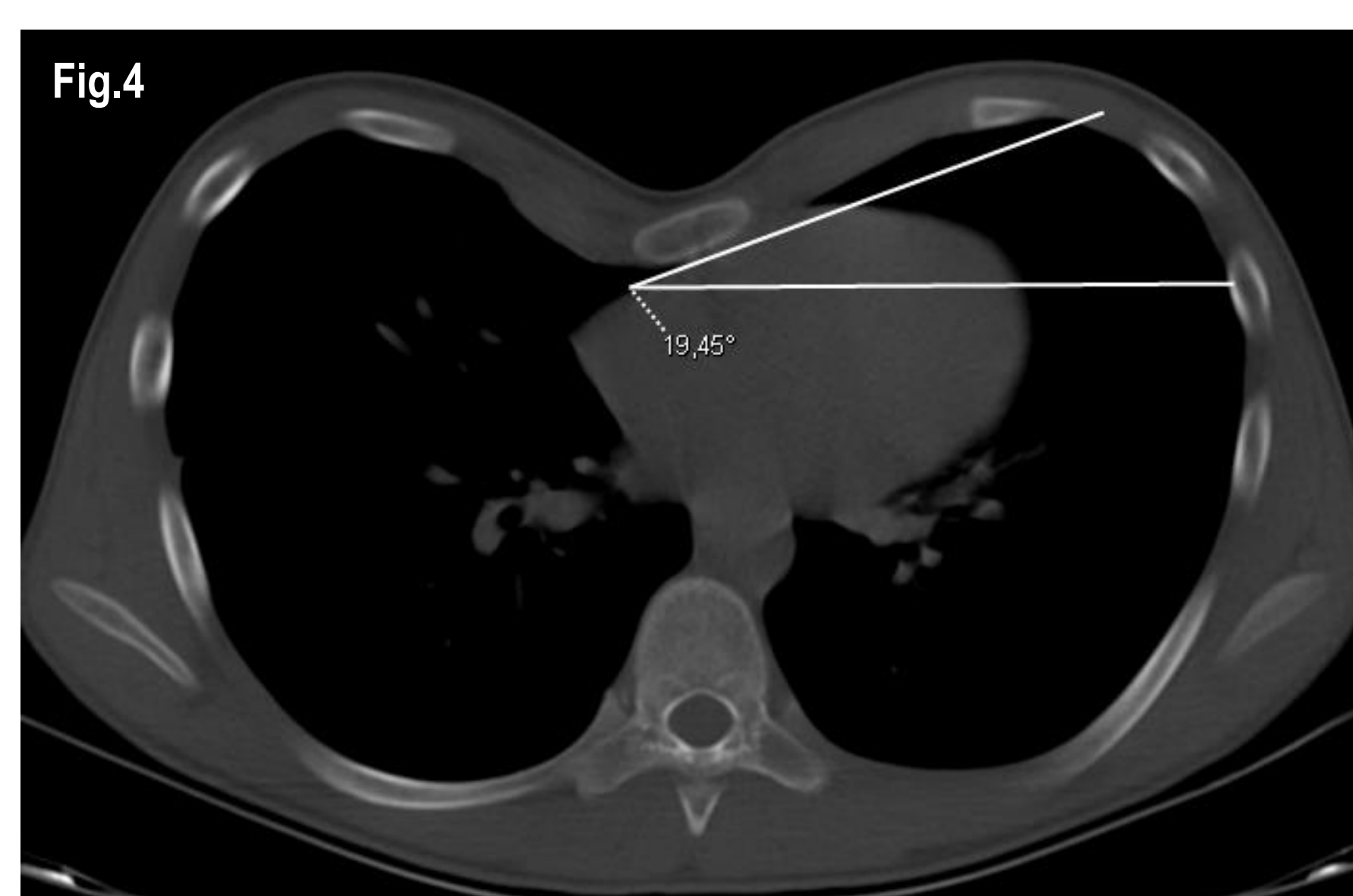
## C. Indices y Medidas en Pectus Excavatum

### 4. ANGULACIÓN DEL ESTERNÓN, AE

La medición se realiza trazando un ángulo paralelo al borde interno del esternón y la otra línea paralela a un eje transverso del tórax.

Esta medida está muy en relación con la asimetría torácica.

Generalmente el ángulo se abre hacia el hemitórax izquierdo, de modo que este hemitórax suele tener más volumen que el derecho. La presencia del corazón en el hemitórax izquierdo juega un papel en esta forma de angularse. La angulación alta del esternón provoca más asimetría torácica que la angulación baja a nivel cardiaco.



Diferentes grados de angulación esternal, desde los mínimos en PE de hombre y mujer, 3.17° y 4.14° respectivamente (fig.1, 2), a los grados medios con 9.83° y 19.45° (fig.3, 4) hasta un esternón muy angulado que provoca gran asimetría torácica, con 27.28° (fig.5)



## C. Indices y Medidas en Pectus Excavatum

### 5. ÍNDICE TITANIC, IT

Evalúa el alcance céfalo-caudal de la excavación del PE.

Se denomina "Titanic" porque mide el porcentaje de esternón que yace por detrás de la línea costal anterior.

El IT ayuda a planear previamente el número de implantes necesarios en la remodelación quirúrgica torácica.

El IT **mayor de 66.5%** tiene sensibilidad del 93% y especificidad del 92% para predecir la necesidad de utilizar más de 2 implantes en la cirugía mínimamente invasiva de reparación del PE.

Las mediciones se realizan a tres niveles:

**Nivel A:** Borde superior del manubrio esternal

**Nivel B:** Hundimiento esternal

**Nivel C:** Unión xifoesternal

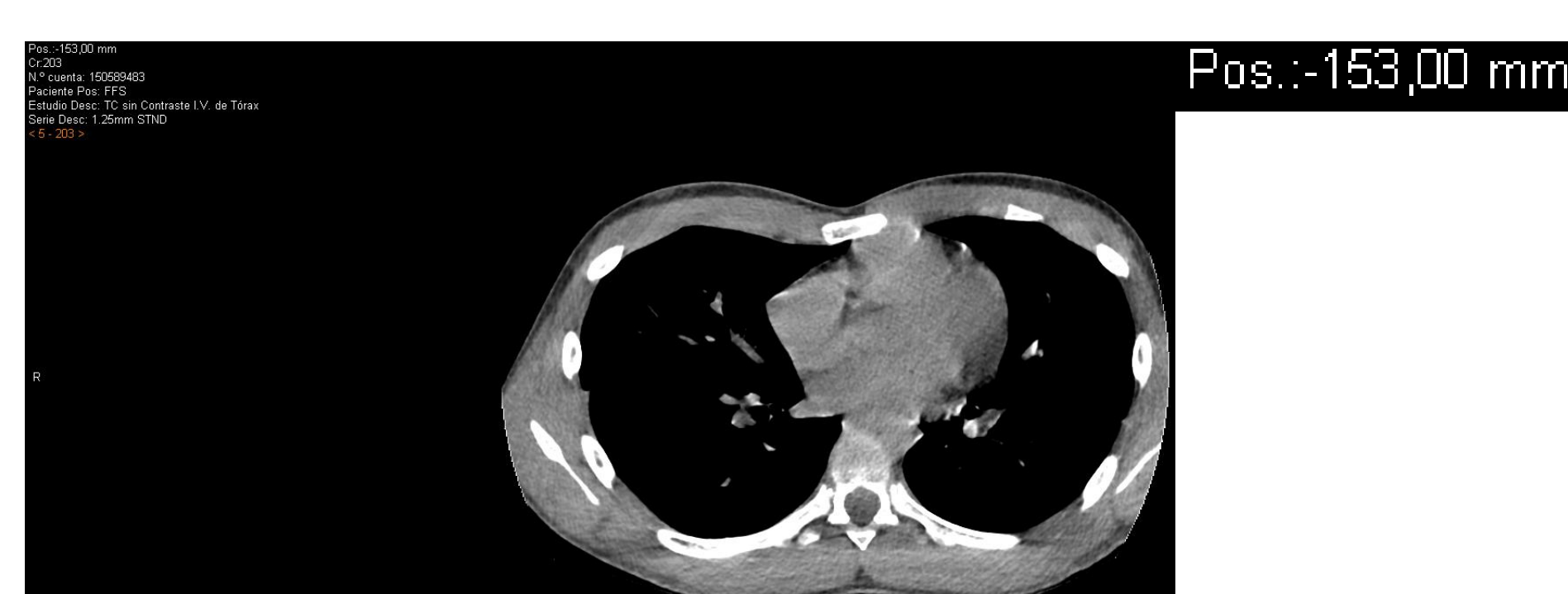
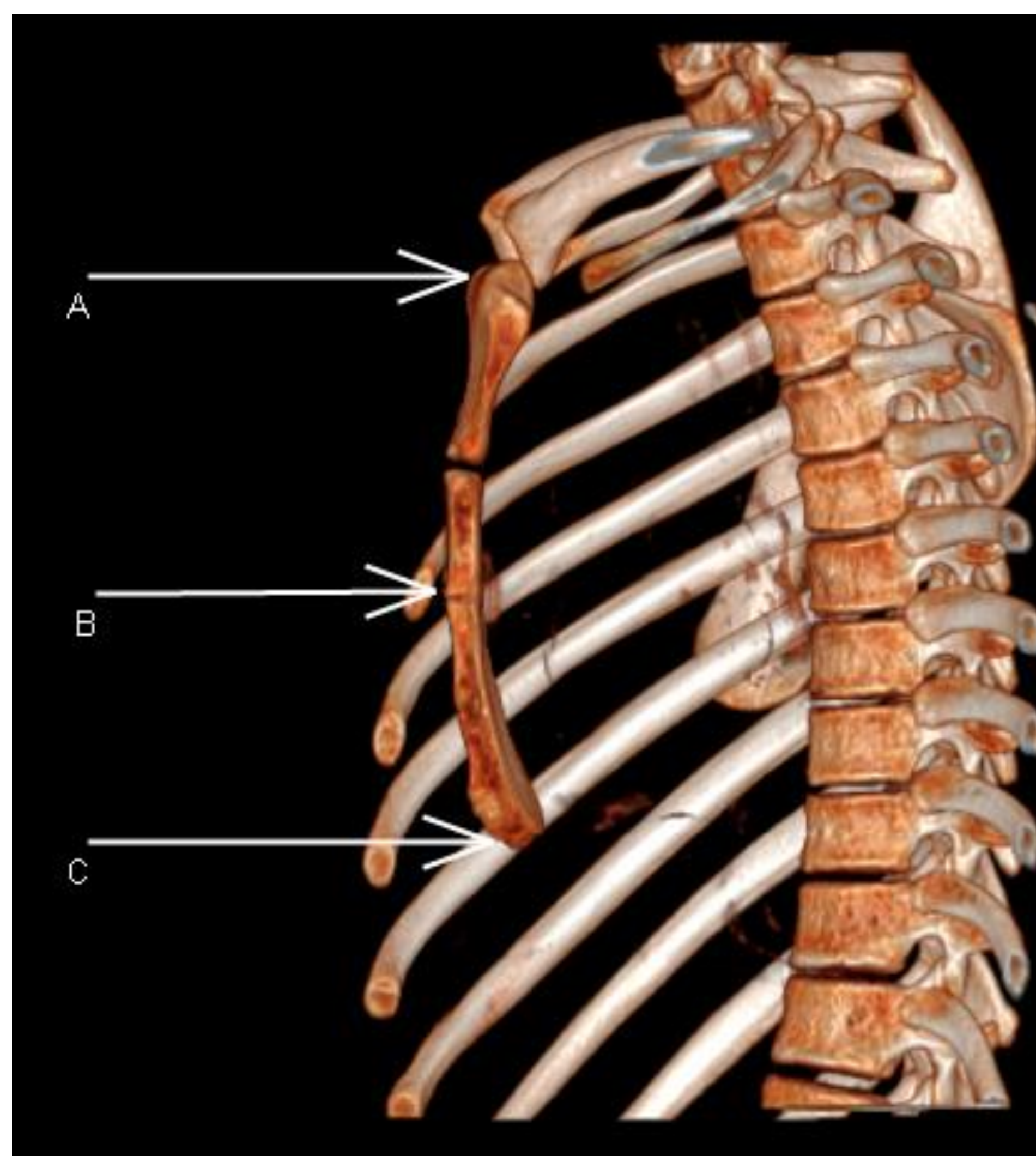
Cada localización se correlaciona en planos transversal y sagital en el TC. Se localiza la posición del corte transversal en cada uno de los 3 niveles en plano sagital, y se mide en los datos técnicos de la imagen la posición de la mesa en que se encuentra cada uno.

Lo que este índice muestra es la relación entre el diámetro longitudinal del esternón (de A a C) y el tramo hundido del mismo (de B a C), realizando la proporción del tramo excavado. Tiene relación con la cirugía, de modo que, si el hundimiento comienza alto, se requerirán más implantes, mientras que, si el hundimiento está situado más bajo en el esternón, el IT será menor y en principio se necesitarán menos barras.

#### Índice Titanic

$$C-B / C-A \times 100$$

Mayor del 66.5 % requerirá más implantes



Índice Titanic  
C-B / C-A x 100  
214 - 153 / 214 - 63: 61 / 151: 0.403  
0.403 x 100: **40.39**



## C. Indices y Medidas en Pectus Excavatum

### 6. OTROS

#### ÍNDICE DE COMPRESIÓN CARDIACA, ICC ÁNGULO DE ROTACIÓN CARDIACA, ARC DIÁMETRO LONGITUDINAL PULMONAR

Hay otras mediciones que no son de uso habitual, pero pueden ser valoradas según los requerimientos del cirujano. Por ejemplo, el ICC y el HRA (fig.1)

Se utiliza tanto TC como RM para la valoración del nivel de compresión del corazón. Según publicaciones, los parámetros cardiacos no varían en adquisiciones en inspiración o expiración.

La **línea roja** muestra el diámetro mínimo cardiaco anteroposterior (MinAP)

La **línea verde** el diámetro máximo cardiaco anteroposterior al mismo nivel (MaxAP)

La **línea naranja**, el diámetro trasverso del corazón izquierdo (LTD)

La **línea amarilla**, el diámetro trasverso del corazón derecho (RTD)

La **línea negra** muestra el **ángulo de rotación cardiaca (ARC)** que corresponde al ángulo entre MinAP (línea roja) y la línea del margen cardiaco izquierdo (extremo lateral de la línea naranja) hasta el margen anterior de la columna.

La **línea azul** muestra el diámetro anteroposterior de la caja torácica

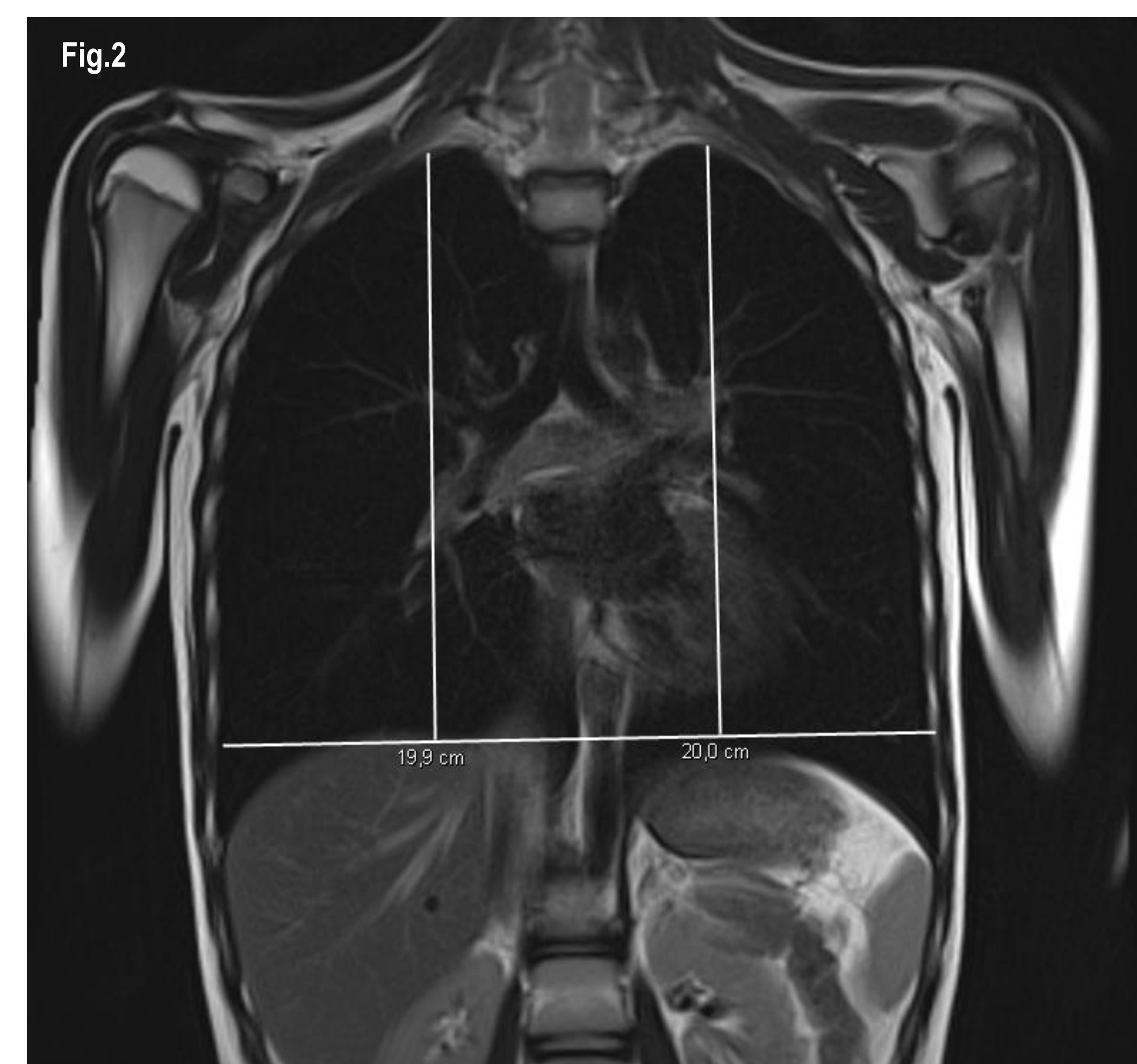
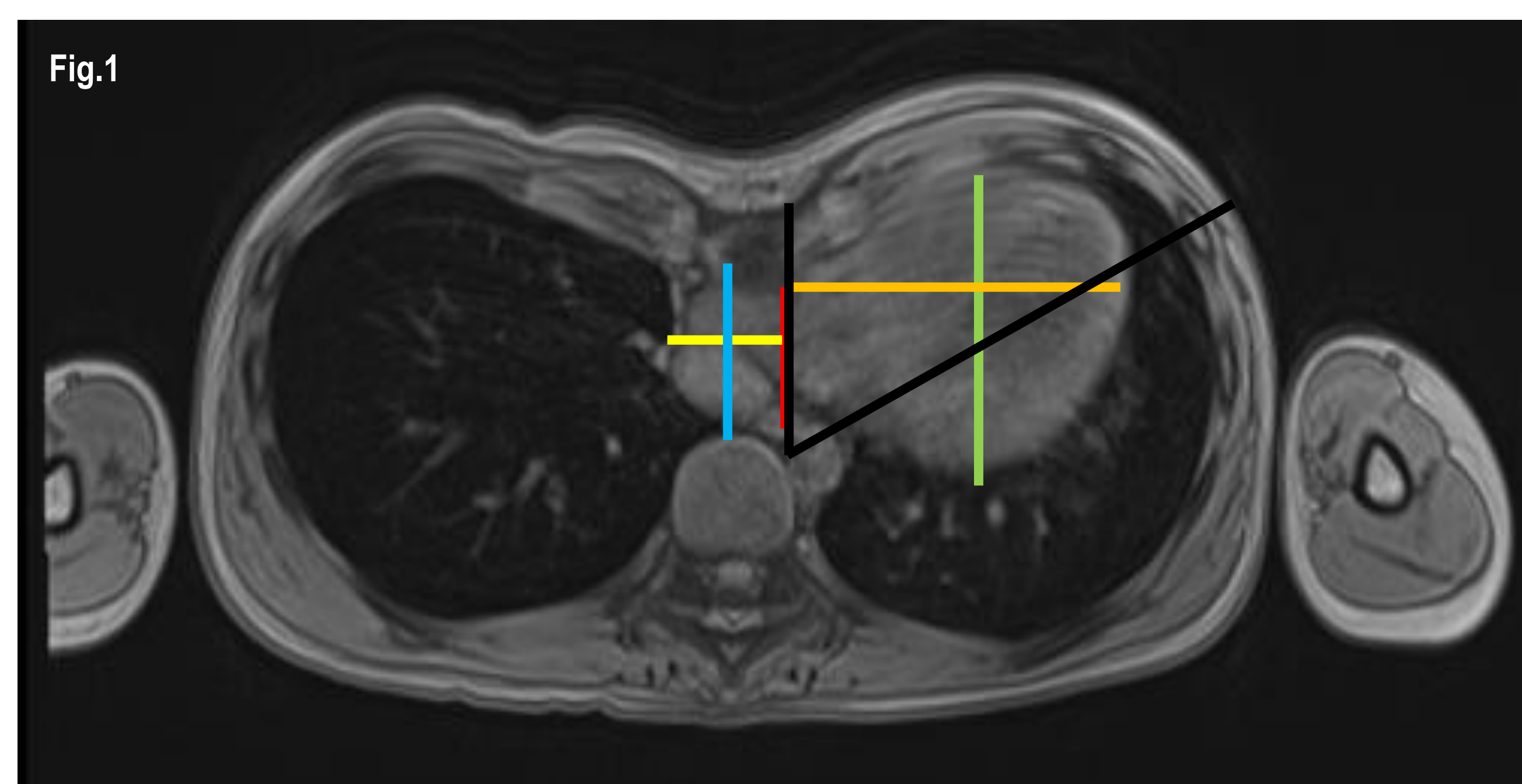
El diámetro trasverso del corazón (HTD) se mide sumando ambos diámetros:

$$\text{HTD: LHD + RHD}$$

El índice de compresión cardiaca (ICC) se calcula:

$$\text{ICC: HTD / MinAP}$$

El **diámetro longitudinal pulmonar (DLP)** (fig.2) muestra de una forma gráfica y sencilla la extensión cráneo caudal de cada pulmón y la asimetría o simetría entre ambos. Se mide en un corte en el que se visualice la carina. A ese nivel se realiza una línea horizontal que pase por la cúpula de ambos diafragmas, y luego se mide desde vértices a base de cada hemitórax mediante una línea perpendicular a la realizada en diafragmas.



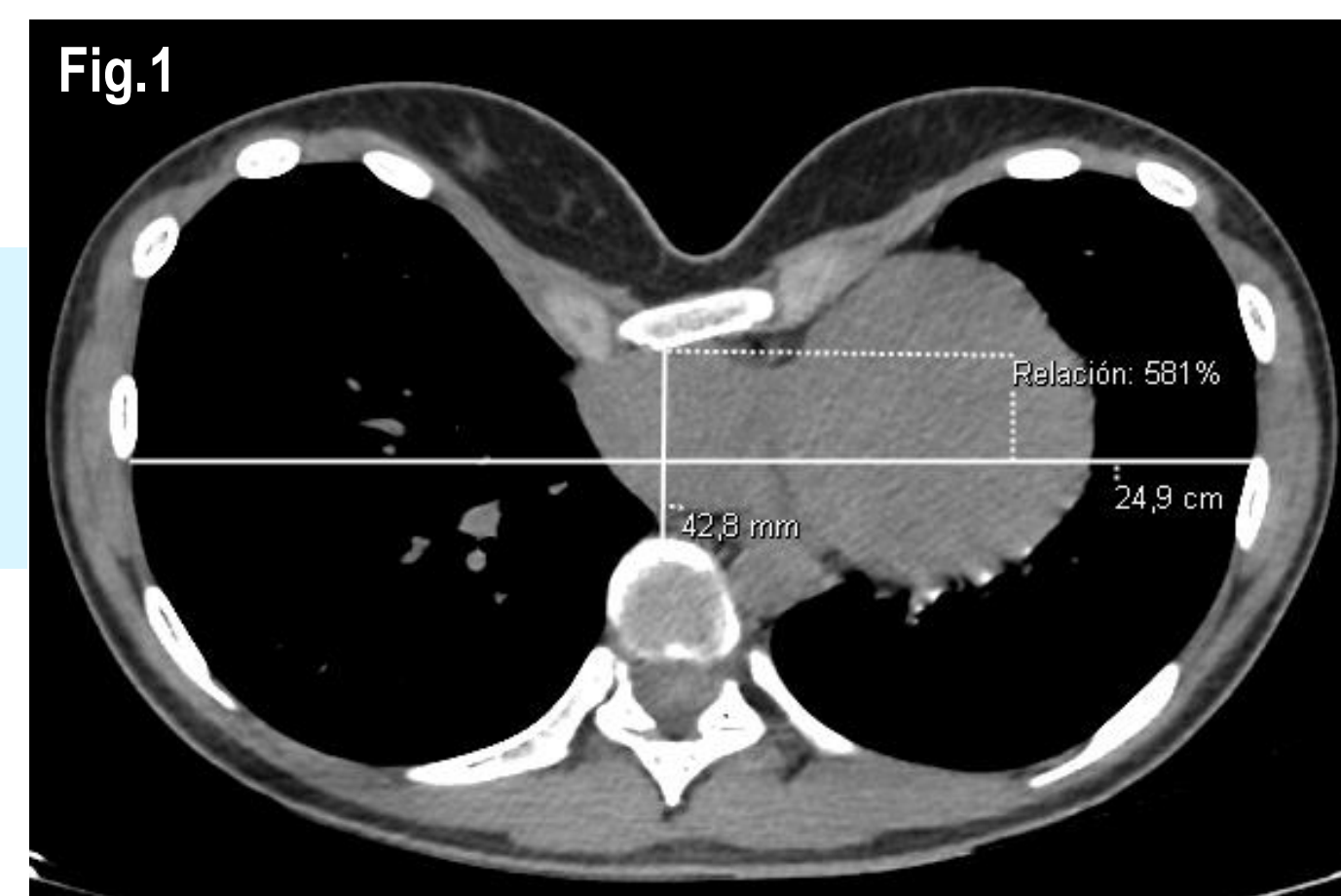


## D. Ejemplos Prácticos: CASO 1

Paciente mujer de 16 años en seguimiento en Consulta de Cirugía Pediátrica desde 2018 por Pectus Excavatum.  
Se inició tratamiento con vacuum-bell en 2019 sin obtener mejoría.  
Actualmente presenta indicación quirúrgica (cirugía de Nuss) tanto por presentar sintomatología como por índice de Haller patológico.  
Evaluación con ecocardiografía estructural, normal.  
La morfología torácica le afecta en la esfera psicológica.  
**Diagnóstico final:** PECTUS EXCAVATUM SIMETRICO, MAMAS DESARROLLADAS, DEPRESIÓN CENTRAL >4 CM  
**Tratamiento:** cirugía de Nuss con colocación de 2 barras paralelas.

### INDICE DE HALLER

24.9 / 4.28: **5.81**  
Patológico, mayor 3.25 (Fig.1)



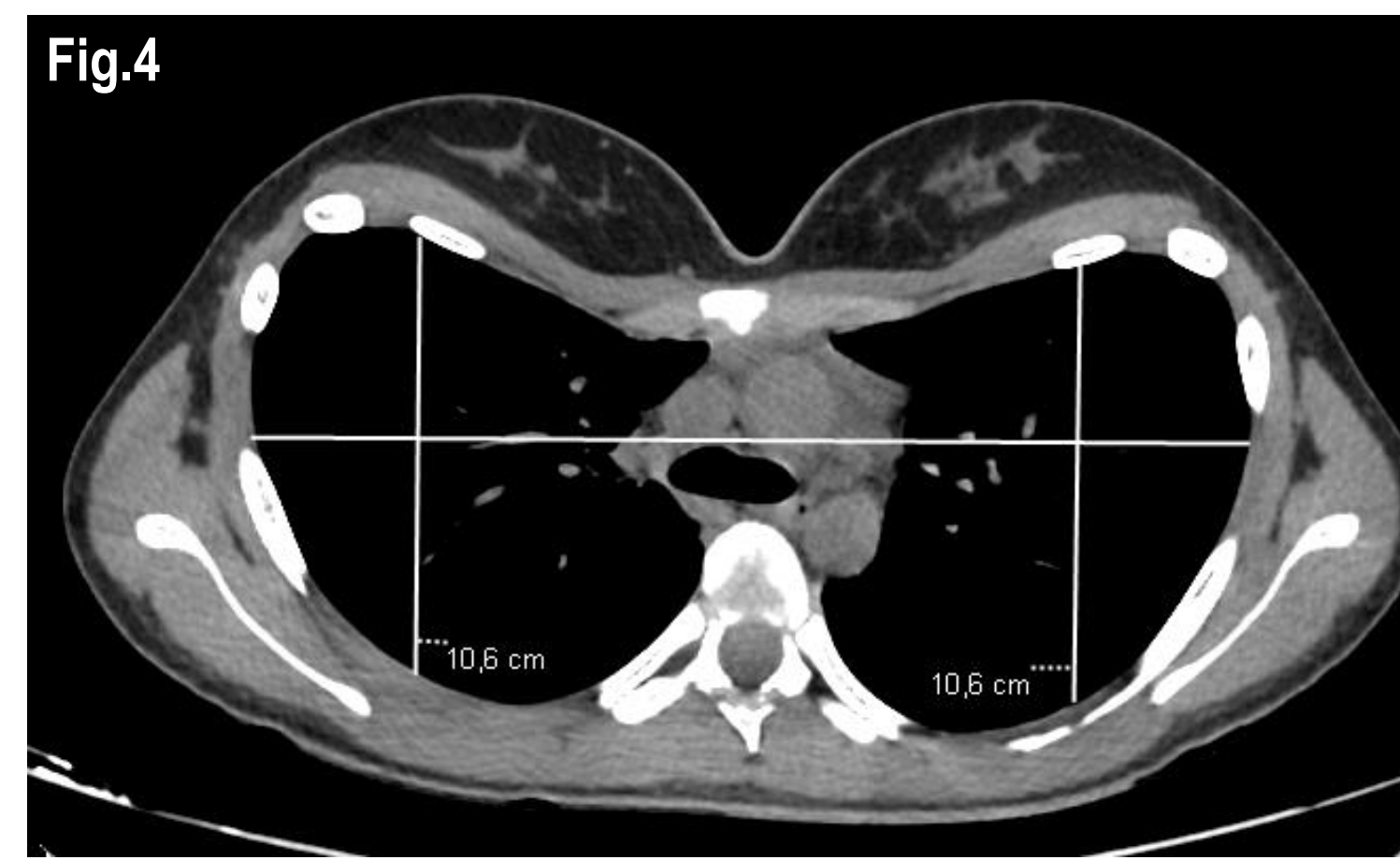
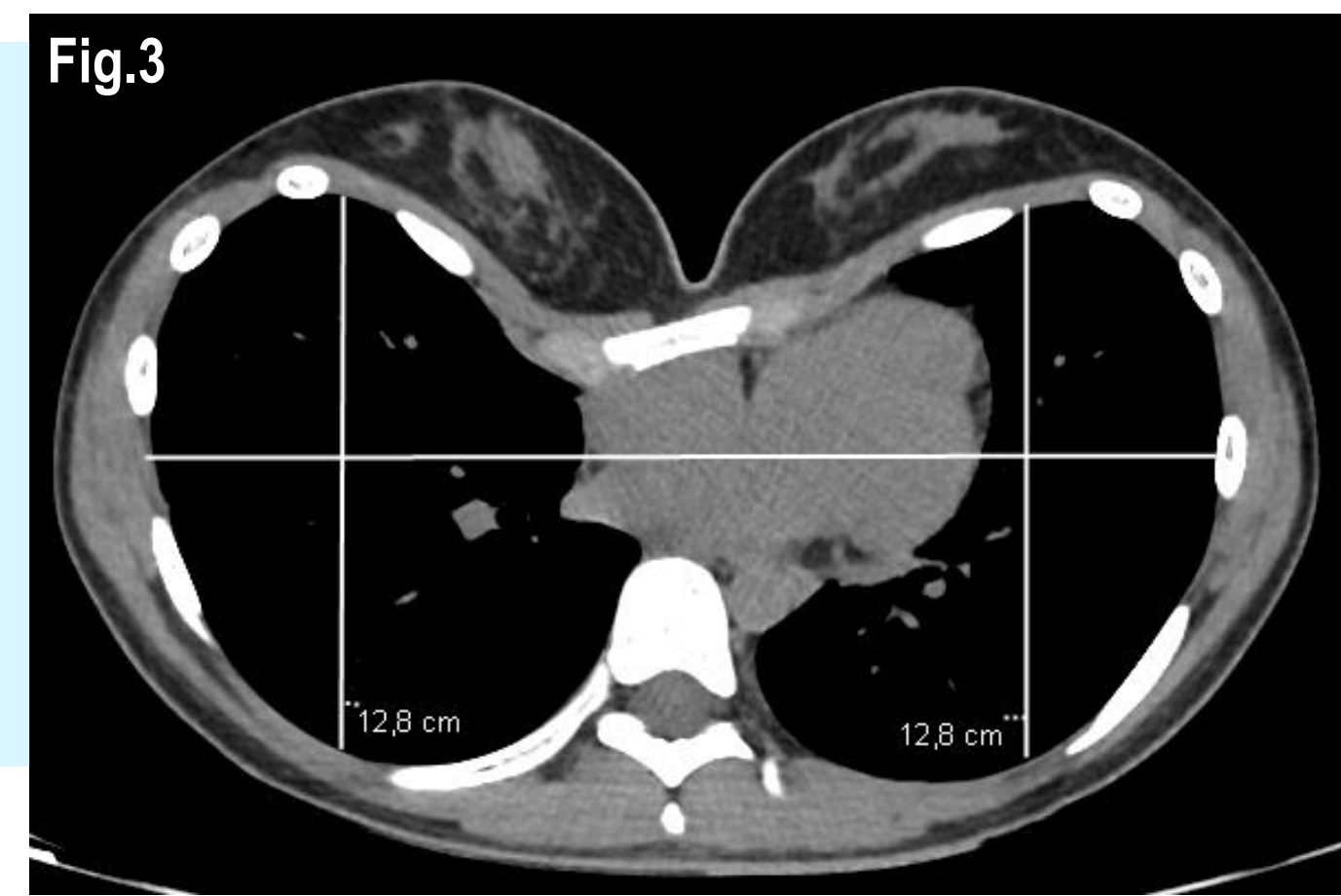
### INDICE DE CORRECCIÓN

8.41 - 4.28 / 8.41 X 100: **49.1%**  
Patológico, mayor del 10% (Fig.2)



### INDICE DE ASIMETRÍA TORÁCICA

IAT: 1 - (12.8 / 12.8): **0** (Fig. 3)  
A pesar de presentar esternón angulado, no hay asimetría en el diámetro ap de ambos hemitórax.  
Se puede realizar este índice en la unión entre mango y cuerpo esternal (Fig.3, 4, 5) confirmando ausencia de asimetría torácica.



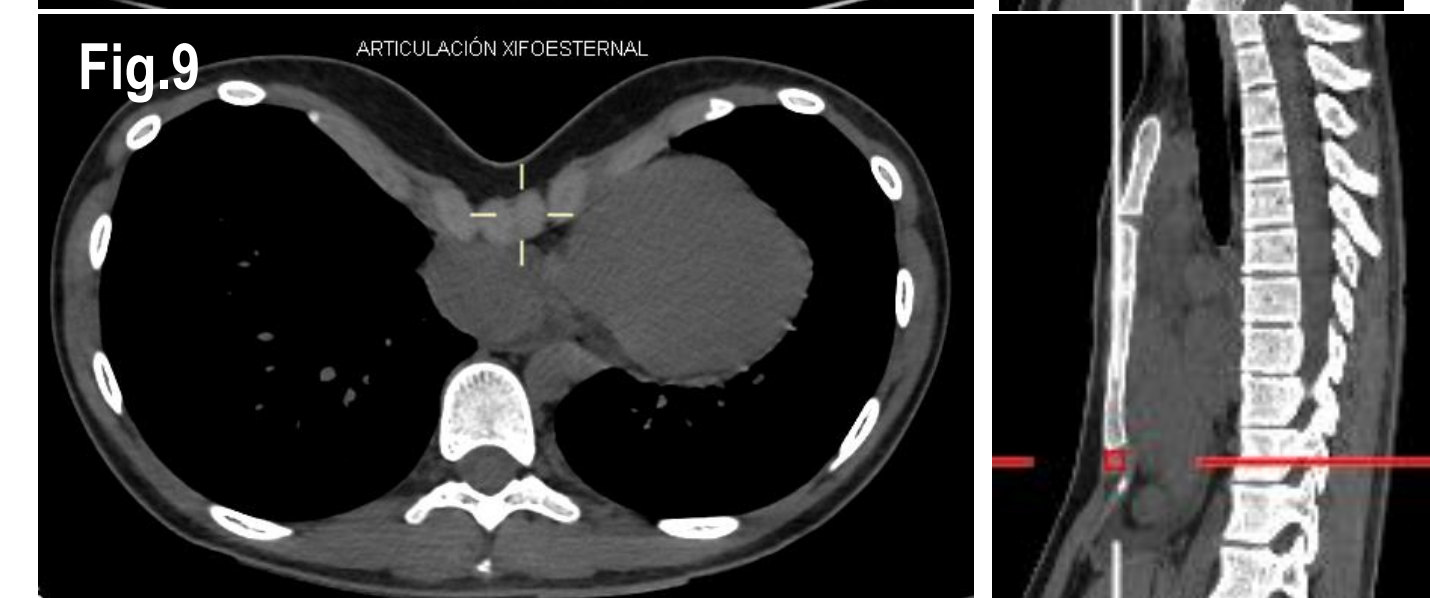
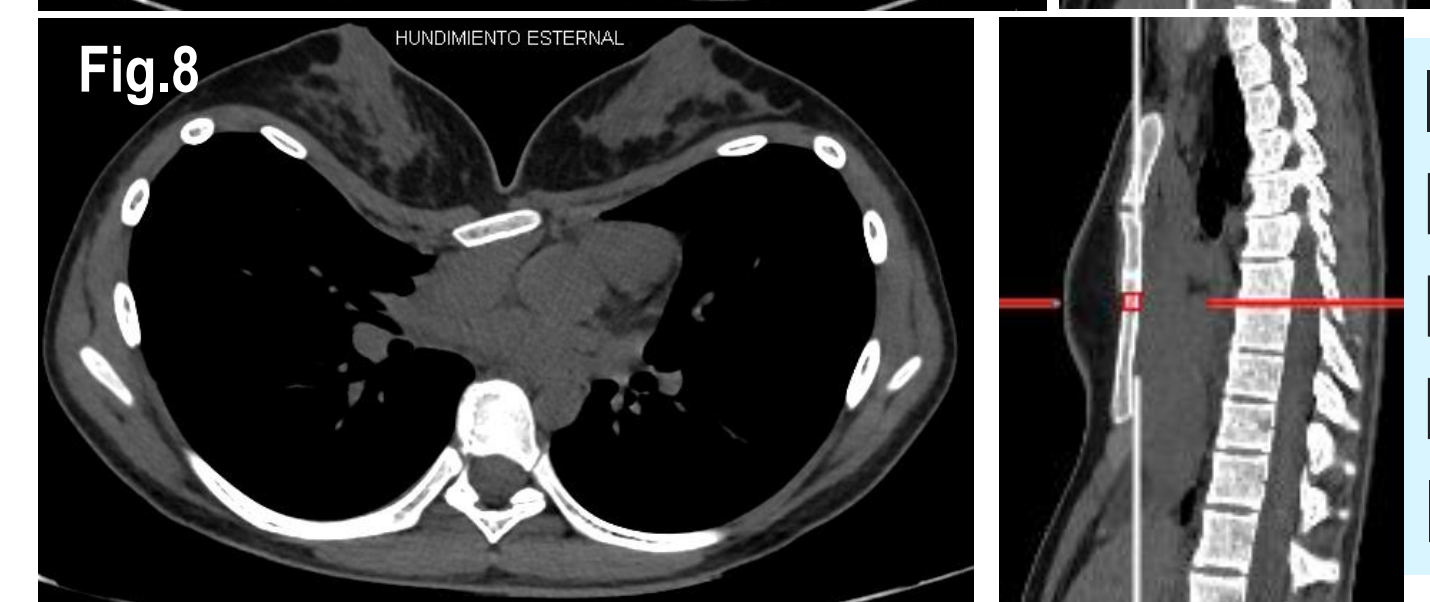
### ANGULACIÓN DEL ESTERNÓN

**16.85°** (Fig.6)



### INDICE TITANIC

Nivel A: Borde superior del manubrio esternal, posición 31.25  
Nivel B: Hundimiento esternal, posición 116.25  
Nivel C: Unión xifoesternal, posición 185  
IT: (185-116.25) / (185-31.25) x 100: **44.7%** (Fig.7, 8, 9)



**Reconstrucciones 3D**  
para valoración morfológica y estética de la caja torácica (Fig.10, 11)



### Hoja Quirúrgica (Fig.12)

**Fig.12**

**Posición:**  
Decúbito supino  
Bajo anestesia general  
Asepsia del campo quirúrgico con clorhexidina

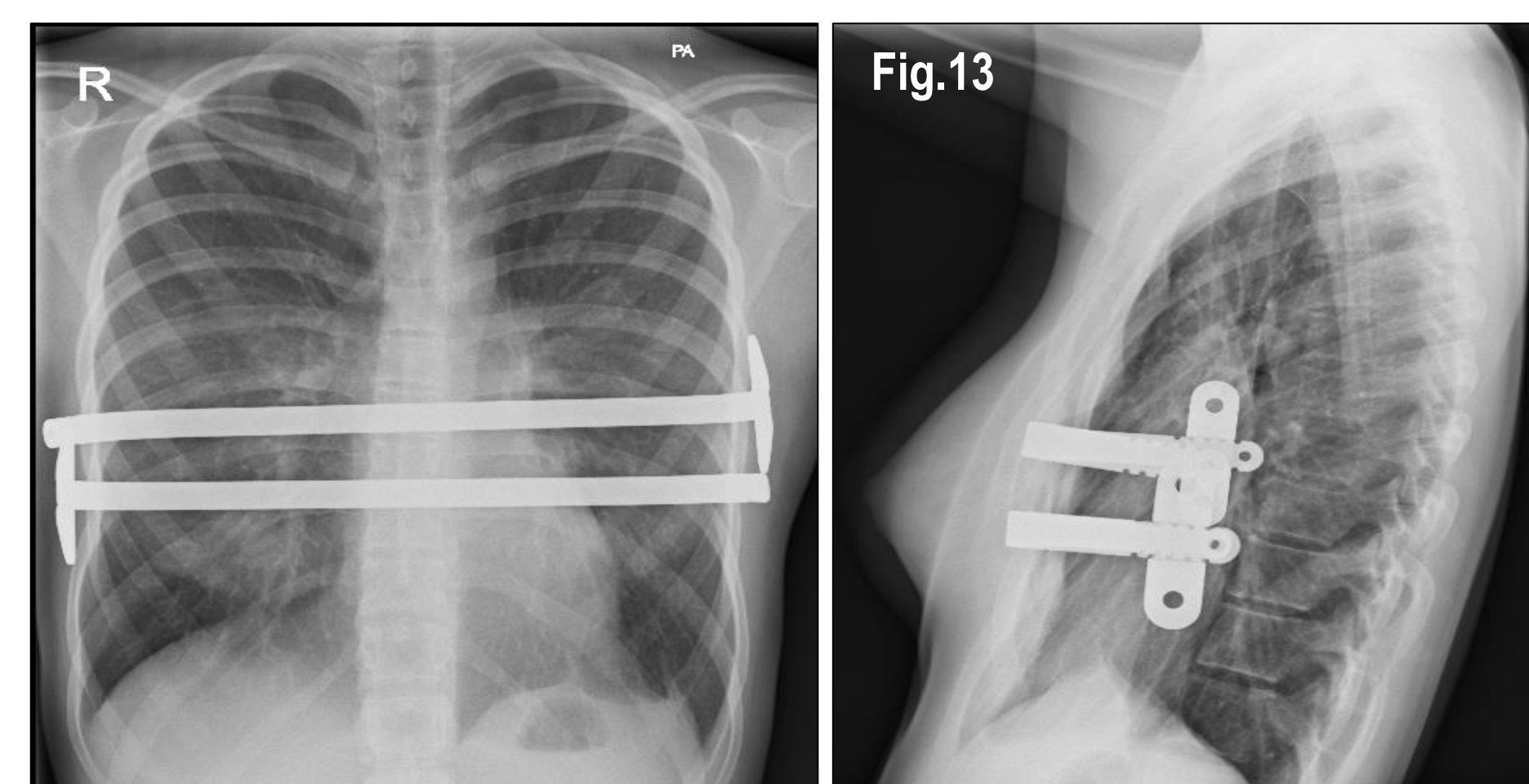
**Incisión:**  
5º EIC bilateral para introducción de prótesis metálicas  
8º EIC derecho 5mm para óptica 30º. Neumotórax a 5 mmHg y 3 l/min

**Hallazgo:**  
Pectus excavatum simétrico, depresión máxima de 4 cm

**Técnica:**  
Cirugía de Nuss asistida por toracoscopia  
Elevación esternal con grúa, sutura metálica  
Se introducen 2 barras de Nuss de 14 pulgadas (35.6 cm) en paralelo  
Se evidencia corrección de pectus  
Fijación de barras con estabilizadores en ambos lados y sutura irreabsorbible  
Control de hemostasia  
Evacuación de neumotórax bajo sello de agua

**Cierre:**  
Lavado de lecho quirúrgico con abundante SSF  
Por planos con material reabsorbible  
Piel con intradérmica  
Adhesivo tisular

**Tipos de Implante Seleccionados:** 2 barras de Nuss



**RX PA y lateral, postquirúrgicas**  
Dos barras horizontales (Fig.13)



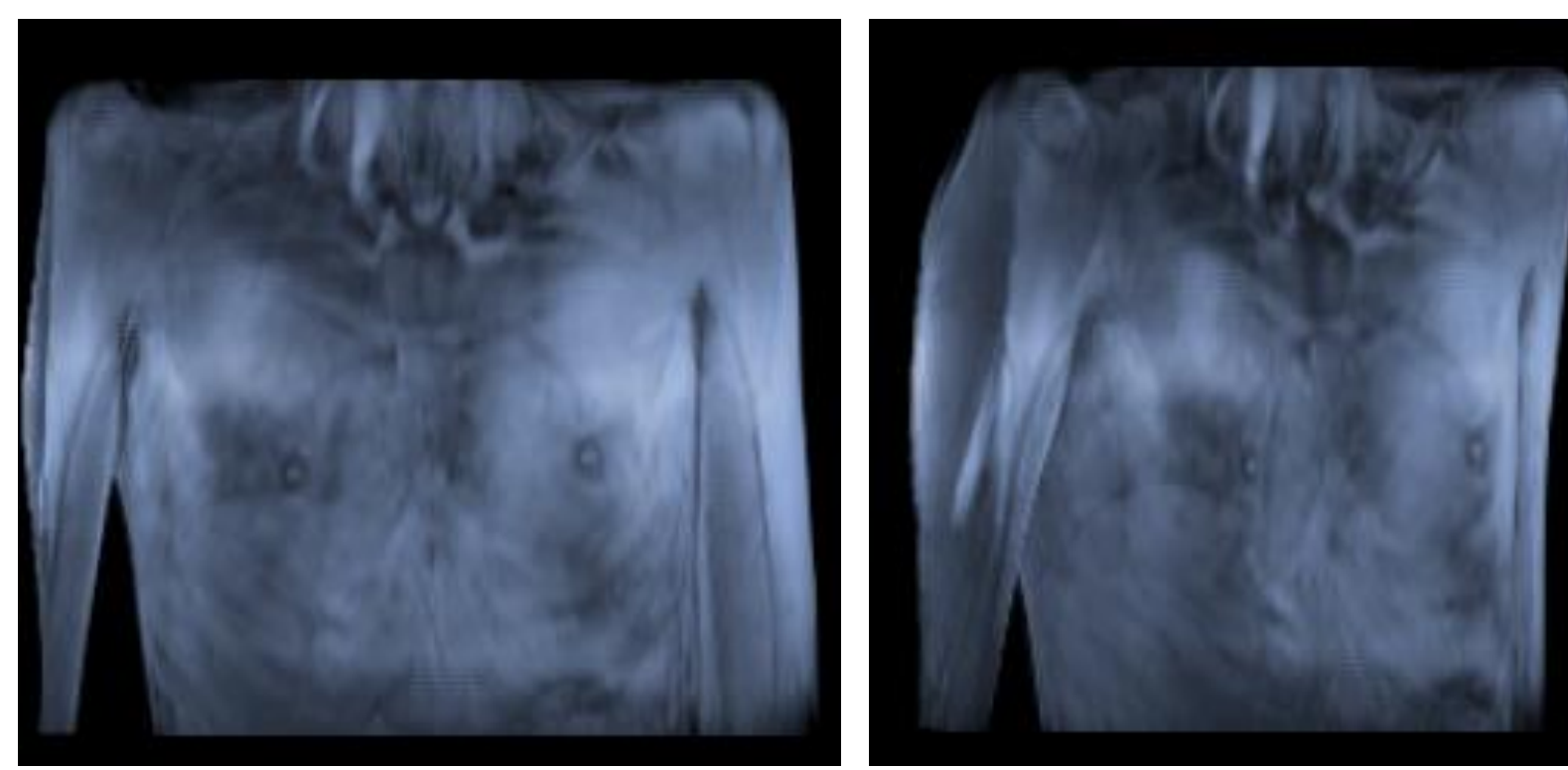
## D. Ejemplos Prácticos: CASO 2

Paciente 14 años en tratamiento con vacuum bell por PE.

- Marzo 2021 - Actualidad: vacuum bell
- Fisioterapia, Deporte, Musculación.
- Aumento de índices en los últimos dos años.
- Candidato a cirugía de Nuss.



Con permiso del paciente



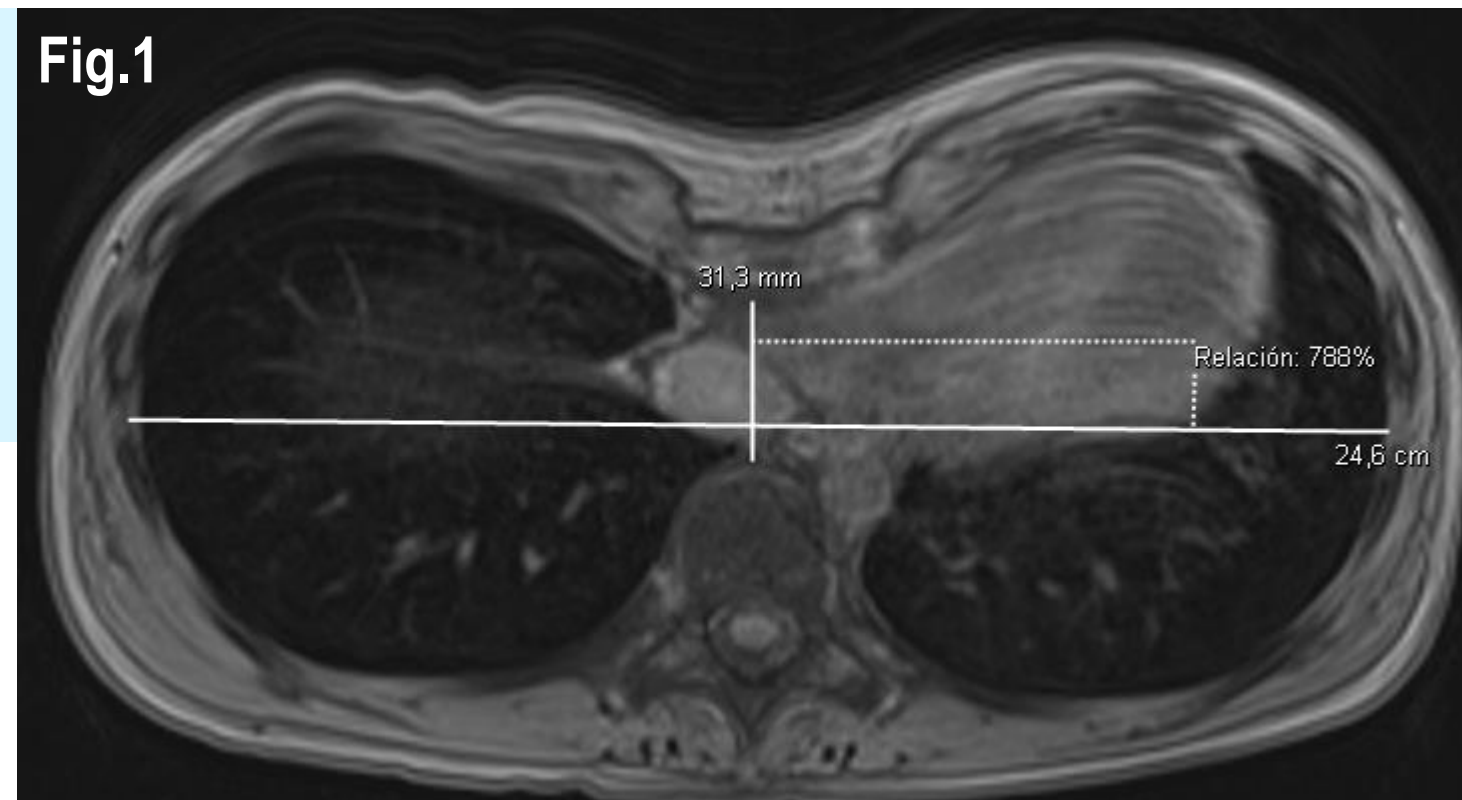
Reconstrucciones 3D de T1 Vive

### INDICE DE HALLER

24.6 / 3.13: **0.78.**

Patológico, mayor 3.25 (Fig.1)

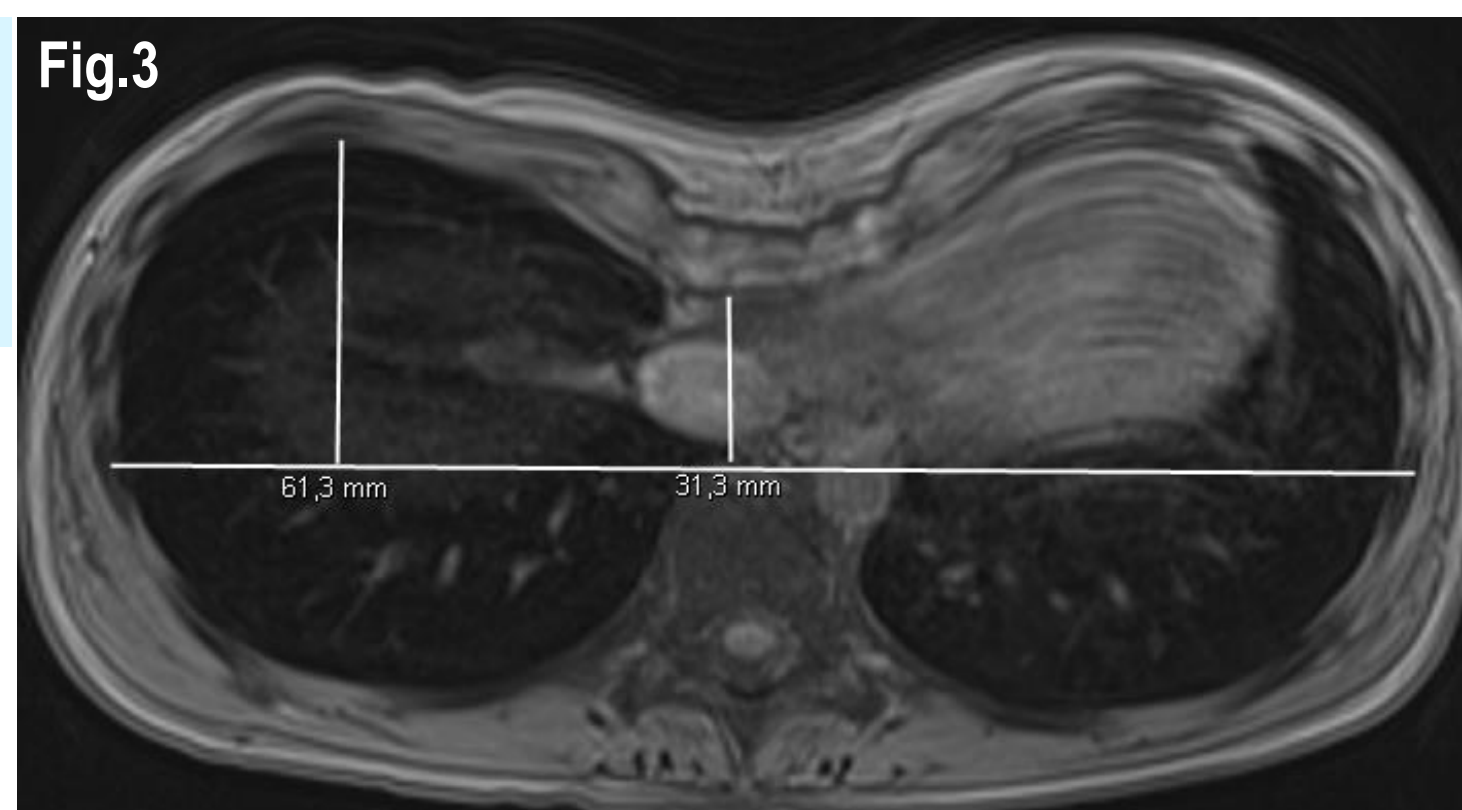
Ha aumentado significativamente respecto a TC 2018, IH 0.45 (Fig.2)



### INDICE DE CORRECCIÓN

6.13 - 3.13 / 6.13 X 100: **48.9%.**

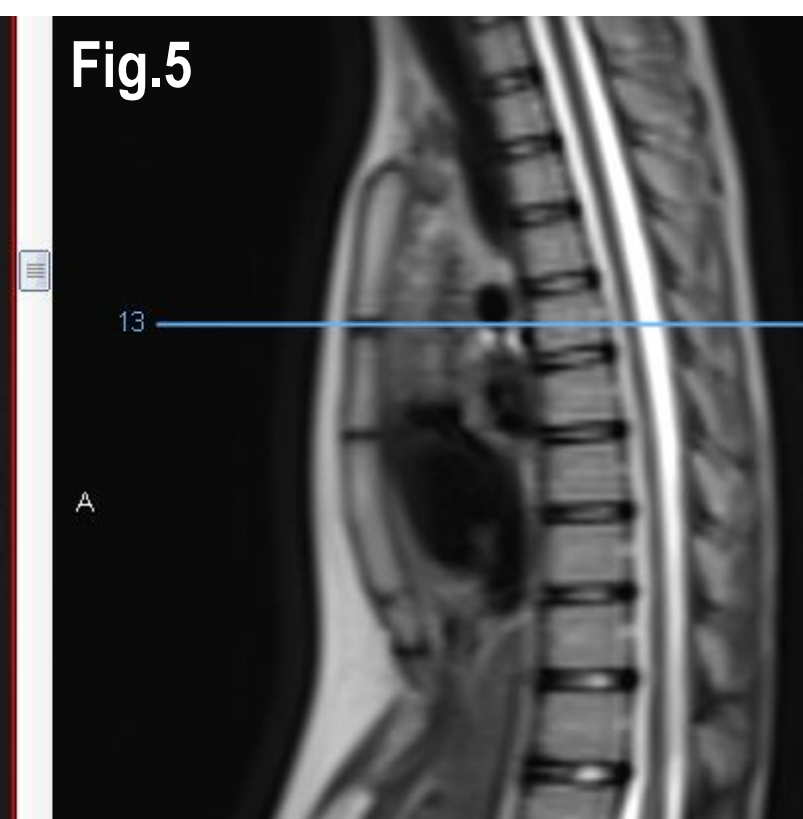
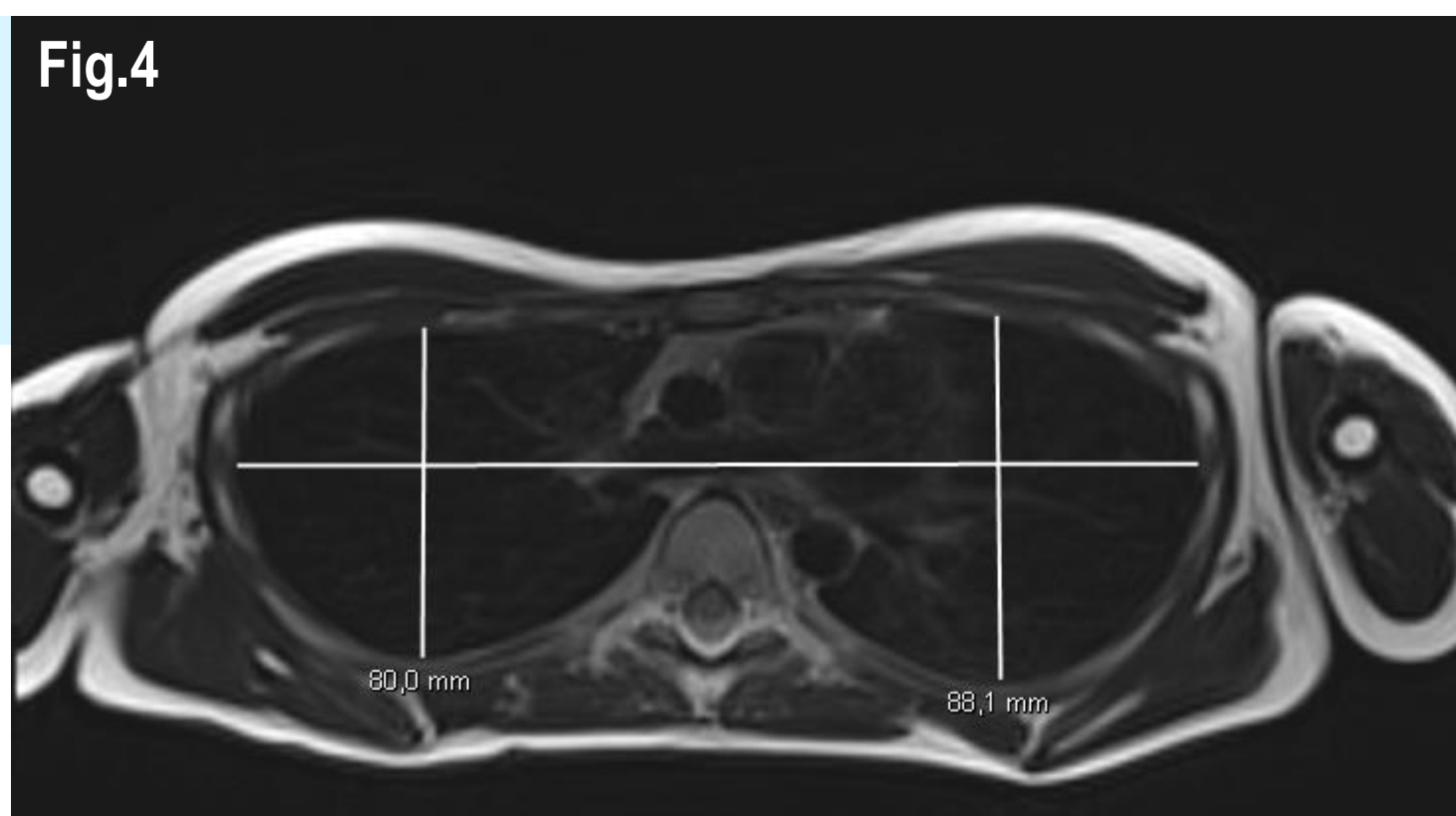
Patológico, mayor del 10% (Fig.3)



### INDICE DE ASIMETRÍA TORÁCICA

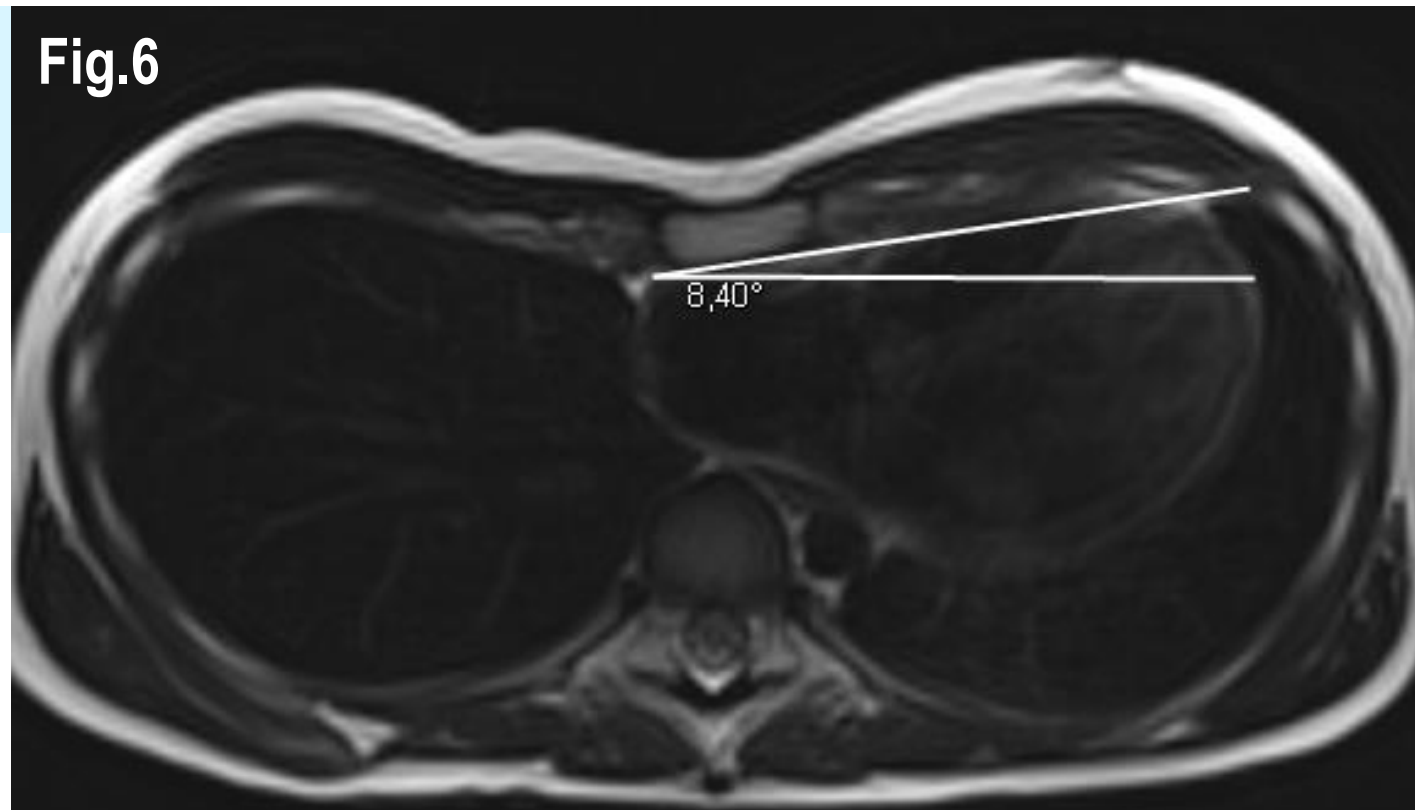
IAT: 1 - (8 / 8.81): **-0.19**

(Fig.4, transversal entre mango y cuerpo, medición en sagital, Fig.5)



### ANGULACIÓN DEL ESTERNÓN

**8.4°** (Fig.6)



### INDICE TITANIC

**47.6%** (Fig.7)

Regla de medida de la imagen de la RM (Fig.8)

Nivel A: Borde superior del manubrio esternal: 0

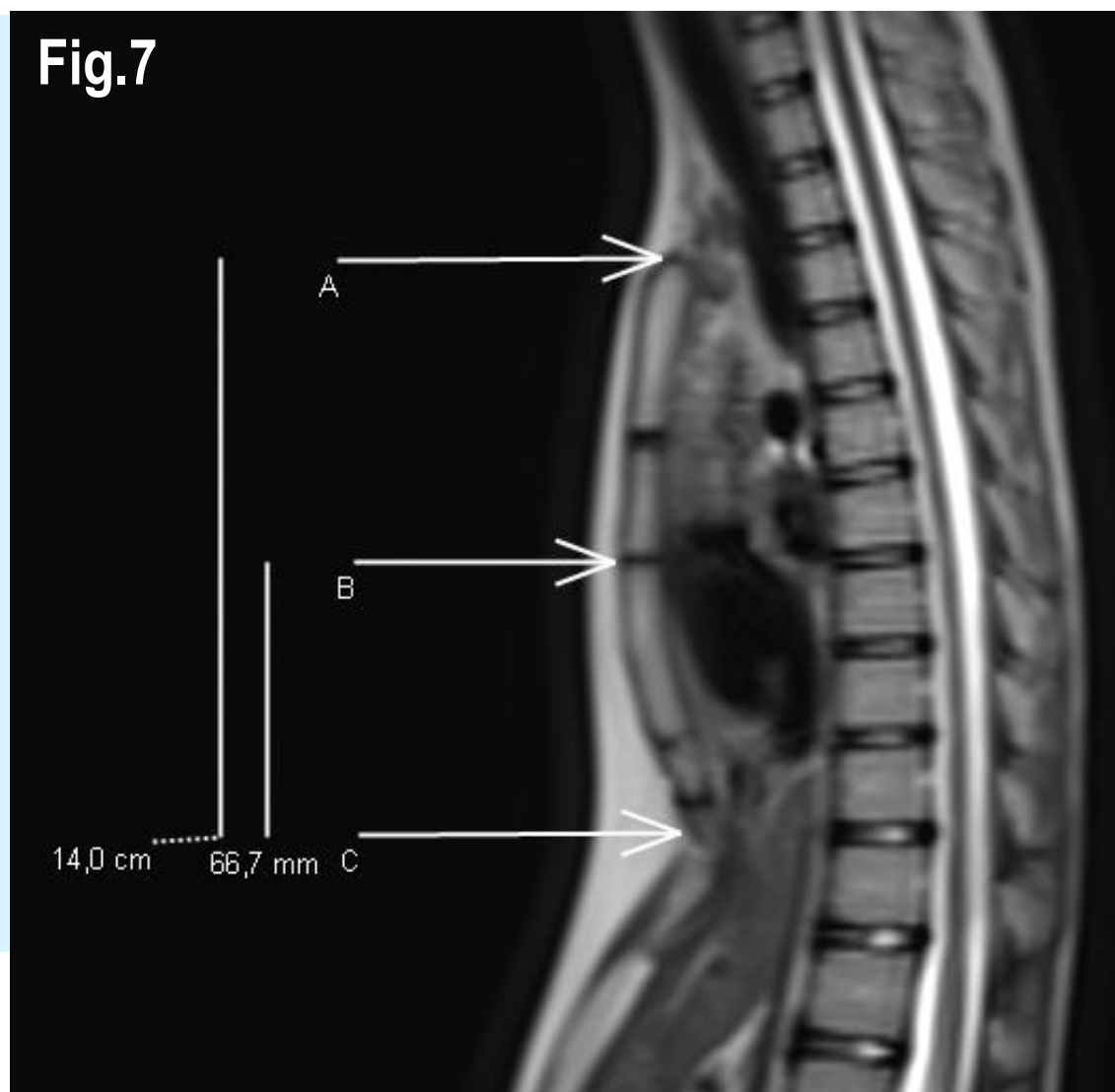
Nivel B: Hundimiento esternal

Nivel C: Unión xifoesternal (UXE): 14 cm

Entre manubrio y unión XE hay 14 cm

La distancia entre el inicio del hundimiento y la UXE es de 6.67 cm

IT: C-B/ C-A x 100. 6.67/14: 4.76 x 100: 47.6%

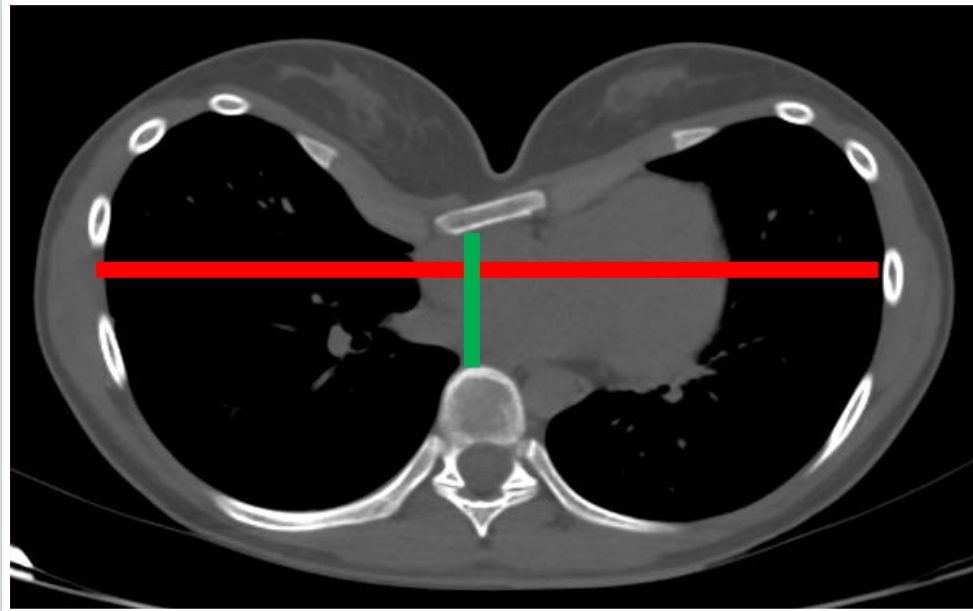
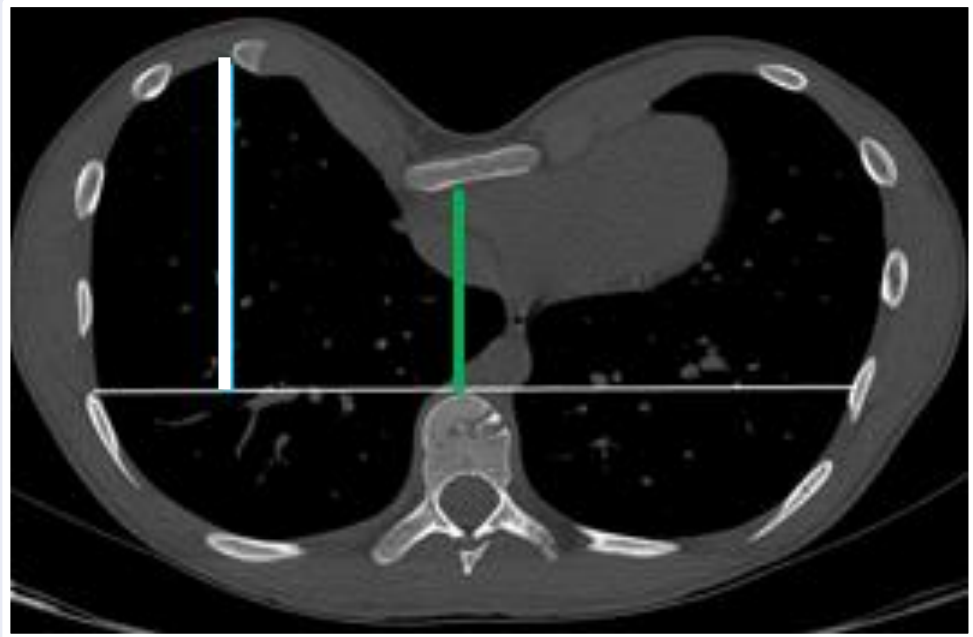
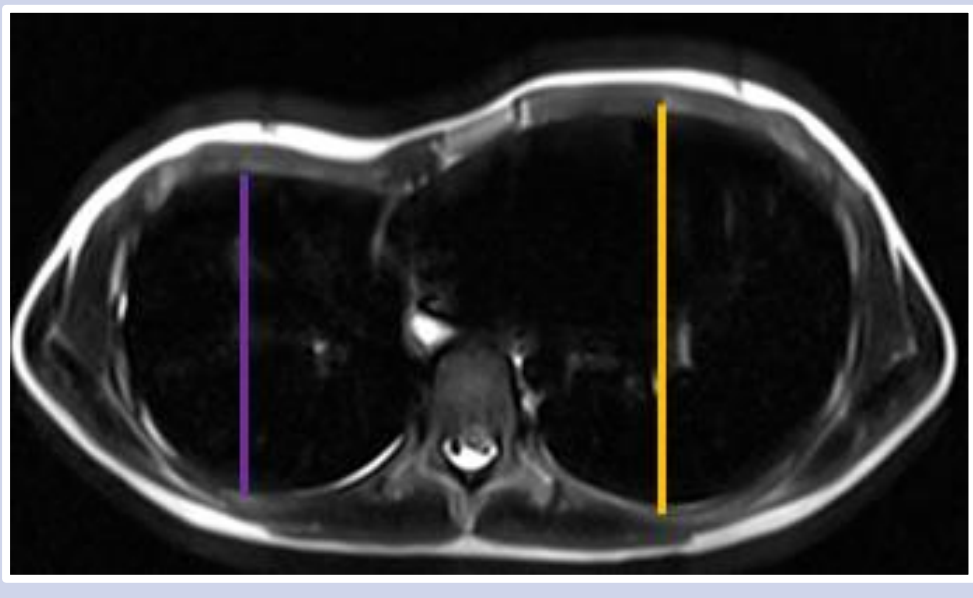
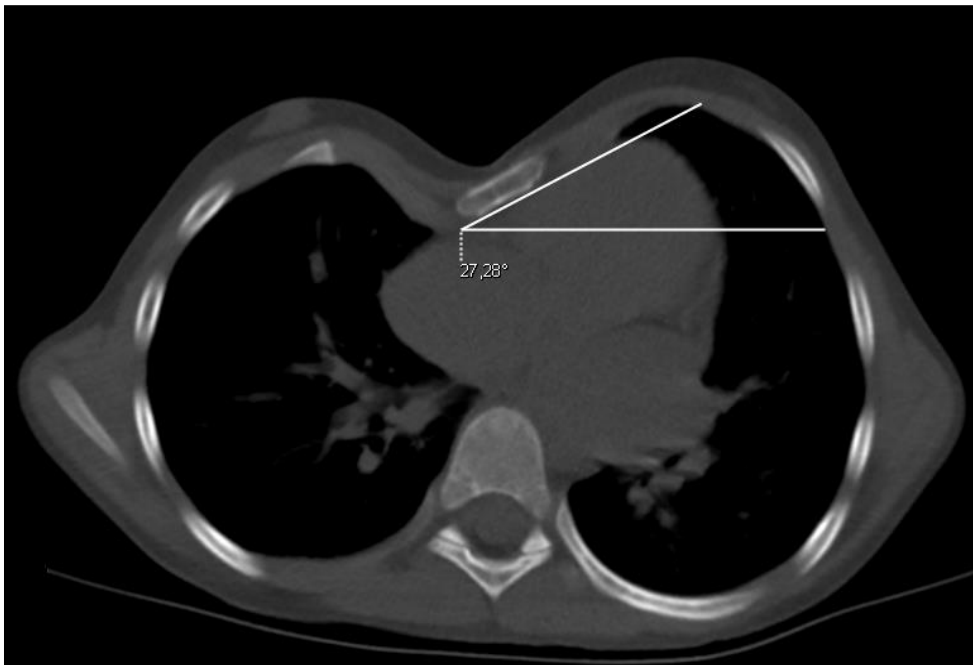





## E. Resumen

### Informe estandarizado para la valoración del estudio prequirúrgico del PE, con TC / RM

- 1. Índice de Haller (IH):** Muestra la severidad del PE. > 3.25 indicación quirúrgica
- 2. Índice de Corrección (IC):** Porcentaje de profundidad del defecto. > 10% es patológico
- 3. Índice de Asimetría Torácica (IAT):** Diferencia entre ambos hemitórax. Normal oscila entre (-0.05 y + 0.05)
- 4. Angulación del Esternón (AE):** Grado de angulación del esternón.
- 5. Índice Titanic (IT):** Longitud del hundimiento. > 66.5% indica necesidad de al menos 2 implantes en la cirugía

MEDIDAS	FÓRMULA / ESQUEMA	VALORES NORMALES
<b>INDICE HALLER</b>	$A/B$ 	Normal < 3.25
<b>INDICE CORRECCIÓN</b>	$B-A/B \times 100$ 	Normal < 10%
<b>ASIMETRÍA TORÁCICA</b>	$1-I/D$ 	Normal entre -0.05 y +0.05
<b>ANGULACIÓN ESTERNÓN</b>	Ángulo paralelo al borde interno del esternón y la otra línea paralela al eje transversal del tórax 	Normal sin angulación
<b>INDICE TITANIC</b>	$C-B/C-A \times 100$ A. Borde superior manubrio B. Hundimiento esternal C. Unión xifoesternal 	Normal sin hundimiento



## F. Bibliografía

Haller JA Jr, Kramer SS, Lietman SA et al. Use of CT scans in selection of patients for pectus excavatum surgery: a preliminary report. *J Pediatr Surg* 1987;22:904-6.  
doi: 10.1016/s0022-3468(87)80585-7.

Poston PM, Patel SS, Rajput M, et al. The correction index: setting the standard for recommending operative repair of pectus excavatum. *Ann Thorac Surg*. 2014;97:1176-9.  
doi: 10.1016/j.athoracsur.2013.12.050.

St Peter SD, Juang D, Garey CL, et al. A novel measure for pectus excavatum: the correction index. *J Pediatr Surg*. 2011;46:2270-3.  
doi: 10.1016/j.jpedsurg.2011.09.009

Dore Reyes M, De la Torra C, Bret Zurita M, et al. Beneficios de la resonancia magnética para el estudio del pectus excavatum en niños: experiencia inicial. *Cir Pediatr* 2017;30:71-76.

Marcovici PA, LoSasso BE, Kruk P, Dwek JR. MRI for the evaluation of pectus excavatum. *Pediatr. Radiol* 2022;41:757-8.  
doi: 10.1007/s00247-011-2031-5.

Herrmann KA, Zech C, Strauss T, et al. Cine MRI of the thorax in patients with pectus excavatum. *Radiologe (German)* 2006;46:309-16.  
doi: 10.1007/s00117-006-1354-y.

Bellía-Munzón G, Sanjurjo D, Toselli L, et al. Novel index to estimate the cephalocaudal extent of the excavation in pectus excavatum: The Titanic index. *J Pediatr Surg*. 2023;58:605-7.  
doi: 10.1016/j.jpedsurg.2022.12.010.

Sesia SB, Heitzelmann M, Schaedelin S, et al. Standardized Haller and Asymmetry Index Combined for a More Accurate Assessment of Pectus Excavatum. *Ann Thorac Surg*. 2019;107:271-66.  
doi: 10.1016/j.athoracsur.2018.07.086.