

PET/TC básico para residentes

Tipo: Presentación Electrónica Educativa

Autores: **Antonio Ginés Santiago**, Felipe Gómez-Caminero López, Paloma García-Talavera San Miguel, Luis Gonzaga Díaz González, Cristina Mostaza Sariñena, Gabriel C. Fernández Pérez

Objetivos Docentes

Adquirir conocimientos básicos sobre el PET-TC, tanto de sus bases físicas, como sus indicaciones y características de imagen normales y patológicas.

Revisión del tema

La PET (tomografía por emisión de positrones) es una técnica de imagen metabólico-molecular que permite evaluar y cuantificar diferentes procesos bioquímicos y fisiológicos. Un positrón es un electrón con carga positiva.

Emplea radiotrazadores emisores de positrones de vida media corta/ultracorta. El más utilizado es la ¹⁸F-FDG, que sirve para valorar el metabolismo glicídico de los tejidos.

Existen otros radiotrazadores PET, como son la ¹¹C-Colina, ¹⁸F-Colina, ¹⁸F-Fluoruro, ¹⁸F-DOPA y ¹¹C-Metionina, pero nos centraremos en la ¹⁸F-FDG.

Los radiotrazadores PET son producidos por el ciclotrón, que es un acelerador de partículas que genera radioisótopos emisores de positrones. Posteriormente en un laboratorio de radioquímica se realizan controles de calidad de las moléculas sintetizadas.

La ¹⁸F-FDG (¹⁸F-fluoro-D-desoxiglucosa) es un análogo de la glucosa, donde el grupo hidroxilo de la posición del carbono 2 ha sido sustituido por ¹⁸F. Es el radiotrazador más utilizado en la PET, debido a que es el que mayor vida media tiene (120 min), por lo que puede ser transportado a hospitales a distancia del ciclotrón.

Como ya hemos dicho, sirve para valorar el metabolismo glicídico, que está aumentado en los tumores, sobre todo de alto grado. La ¹⁸F-FDG entra en la célula a través de la proteína transportadora de glucosa. Una vez en la misma, es fosforilada por la hexokinasa, transformándose en FDG-6-fosfato. La glucosa tiene fundamentalmente dos vías metabólicas:

- Gluconeogénesis, por una encima glucosa-6-fosfatasa, vía inhibida en las células tumorales.
- Glucolisis: vía estimulada en las células tumorales. Se produce una isomerización por la fosfoglucosa-isomerasa, pero al tener nuestra molécula el ¹⁸F en la posición del carbono 2 en lugar del grupo hidroxilo, no es posible la isomerización, por lo que se acumula

18F-FDG-6-fosfato. Esto tiene lugar en tejidos con aumento del metabolismo, como son los tumores de alto grado, aunque también procesos patológicos no oncológicos, tipo inflamación e infección, fracturas y fisiológicamente en otros tejidos: cerebro, músculos orbitarios, miocardio...

La 18F-FDG-6-fosfato que se acumula es una molécula radiactiva, emisora de positrones. Los positrones interaccionan en los tejidos con los electrones normales, produciendo una reacción de aniquilación. Esta reacción da lugar a la emisión fundamentalmente de dos fotones gamma con la misma dirección y en sentido opuesto con una energía de 511 KeV, que son detectados en la cámara de positrones del tomógrafo PET, conformando posteriormente una imagen de la actividad metabólica del organismo. La imagen PET puede ser fusionada con la TC en aparatos PET/TC, añadiendo a la imagen metabólica de la PET, un mapa anatómico de la TC. La fusión PET/RM aún está en uso experimental.

Las indicaciones de la PET/TC son principalmente diagnóstico, estadiaje, valoración de respuesta al tratamiento/reestadiaje, sospecha de recidiva y más recientemente planificación de radioterapia, aunque existen algunas otras no relacionadas con la oncología.

No tiene ninguna contraindicación absoluta, salvo el embarazo.

Protocolo:

Preparación del paciente:

- Ayunas de 4-6 h.
- No realizar ejercicio físico 24 h previas.
- Hidratación con agua (500-1500 ml). Evitar sueros glucosado y glucosalino.
- Micción previa a las adquisiciones. No suele ser necesario sondaje.
- Deshacerse de objetos metálicos.

Administración y dosis:

- Dosis 18F-FDG: 3.7 MBq/kg.
- Inyectar en extremidad contraria a la sospecha de la patología.

Adquisición:

- Topograma.
- TC sin contraste: 140 KV, 80 mAs. Esta TC es de baja dosis, no es diagnóstica. Se utiliza como mapa anatómico y para corregir la atenuación del PET.
- PET: 15-18 min.
- Imágenes adicionales (tardías). Ayudan a mejorar la relación tumor-fondo y permiten apreciar la evolución del SUV.
 - Si aumenta el SUV: sugestivo de malignidad
- Contrastes yodados IV: si resulta recomendado.
 - Después de terminar el protocolo PET/TC habitual, para evitar artefactos en la corrección de la atenuación.
- Gastrografin sin se precisa: por su baja densidad no produce artefactos en la reconstrucción de la imagen
- Posteriormente se obtienen las imágenes de fusión de PET con TC sin o con CIV.

Situaciones especiales:

- Hiperglucemia: disminuye la captación del trazador en las lesiones.

- Hiperinsulinismo: aumento del depósito muscular del 18F-FDG (Fig. 1).
- Si glucemia > 180 mg/dl, se recomienda no realizar PET, normalización de la glucemia y realizar otro día.
- Se puede inyectar insulina y esperar 4 h.
- Se puede utilizar Diazepam para ayudar a la relajación de los pacientes antes de la prueba (no en timomas por riesgo de crisis miasténica).

Imagen normal:

- Acúmulo importante en el cerebro (Fig. 2), en el miocardio (Fig. 3) y en el sistema genitourinario (Fig. 4). La diuresis frecuente ayuda a disminuir considerablemente la actividad circulante.
- Acúmulo en anillo de Waldeyer (Fig. 5).
- Grasa parda. (Fig. 6 y 7).
- Mama y pezón en lactantes y hormonoterapia.
- Timo en pacientes jóvenes y en tratamiento QT o con factores estimulantes de colonias granulocíticas. (Fig. 8).
- Ovario en ovulación, endometrio en menstruación (Fig. 9).
- Testículos (Fig. 10).
- Distribución heterogénea en hígado y en bazo (Fig. 11).
- Actividad aumentada en intestino, esófago y estómago, como variante de la normalidad (Fig. 10). Puede existir captación difusa en el marco cólico en relación con la toma de ADO (metformina). Por eso se recomienda suspender esta medicación 48-72 h antes de la exploración.
- Captación uniforme en la médula ósea, que puede aumentar en pacientes que han recibido tratamiento con QT (Fig. 12).
- En los músculos hay mayor captación cuando el paciente se ha movido al momento de la inyección o ha realizado ejercicio previamente: brazos, piernas, diafragma, musculatura paravertebral, músculos laríngeos, motores oculares externos, base de la lengua... (Fig. 3).

Es una técnica muy sensible, no tan específica. Pueden observarse captaciones además de en tumores, en procesos inflamatorios, infecciosos, fracturas (Fig. 13)...

Existen tipos de tumores que pueden presentar captaciones bajas. Además de los de bajo grado, algunos tipos anatómo-patológicos, como los mucinosos, adenocarcinoma pulmonar (Fig. 14), (incluyendo carcinoma bronquiolo-alveolar), linfoma del manto y MALT (Fig. 15-17), carcinoma renal de células claras, hepatocarcinoma (Fig. 18) o metástasis óseas esclerosas.

Para la interpretación de las imágenes se utiliza el SUV_{máx}, que es un índice semicuantitativo de la actividad metabólica de los tejidos. Valora la captación el tejido en función de la dosis de radiofármaco administrada y el peso del paciente. El valor umbral de benignidad/malignidad depende del equipo, pero se ha establecido entre 2.5-3. No obstante es utilizado como algo relativo, teniendo en cuenta el contexto clínico del paciente.

Las indicaciones están en continua actualización, pero presentamos las principales:

Diagnóstico:

- NPS (Fig. 19 y 20).
- TOD (cabeza y cuello) (Fig. 21). También síndrome paraneoplásico.
- Caracterización de masa pancreática.
- SNC: diagnóstico diferencial entre tumor de bajo vs alto grado

Estadaje.

- Ca cabeza y cuello (N y M) (Fig. 22-24).
- Ca pulmón no de células pequeñas (Fig. 25-27).
- Ca mama localmente avanzado (Fig. 28).
- Ca páncreas.
- Ca gástrico y esófago (Fig. 29-31).
- Ca colo-rectal (CCR) (a distancia) (Fig. 32).
- Melanoma (en estadios avanzados) (Fig. 33 y 34).
- EH y LNH. (Fig. 15-17 y 35-39).

Monitorización y respuesta al tratamiento/reestadificación.

- Tumores cabeza y cuello.
- Ca pulmón no células pequeñas (Fig. 40).
- EH y LNH (valoración respuesta). (Fig. 8, 12 y 41-43).
 - Diagnóstico diferencial entre masa fibrosa vs persistencia de enfermedad

Sospecha de recidiva.

- SNC: recidiva vs radionecrosis.
- Ca tiroides: aumento de TG con rastreo de I negativo.
- Ca pulmón no células pequeñas.
- CCR:
 - Fibrosis vs recidiva presacra.
 - Aumento de marcadores tumorales (MT) con pruebas de imagen negativas.
- Ca mama: sospecha recaída por aumento de MT.
- Ca cervix y endometrio: sospecha de recaída o enfermedad a distancia por aumento de marcadores tumorales
- Melanoma: Sospecha de metástasis por imágenes en TC o por aumento de S-100.
- Ca cabeza y cuello, ovario, linfoma y páncreas.

Otras indicaciones oncológicas.

- Planificación RT:
 - Ca pulmón no células pequeñas.
 - Ca de cabeza y cuello.
- Selección de localización de la región tumoral para realizar la biopsia

Otras indicaciones no oncológicas.

- Valoración metabólica cerebral cortical en TCE y enfermedades degenerativas 1^{as}.
- Valoración de viabilidad miocárdica.
- Fiebre de origen desconocido.
- Endocarditis (indicación actualmente en entredicho).
- Infecciones partes blandas, osteomielitis crónica, prótesis vasculares y óseas.
- Vasculitis.
- Localización de focos epileptógenos (valoración prequirúrgica de epilepsia temporal).

Imágenes en esta sección:

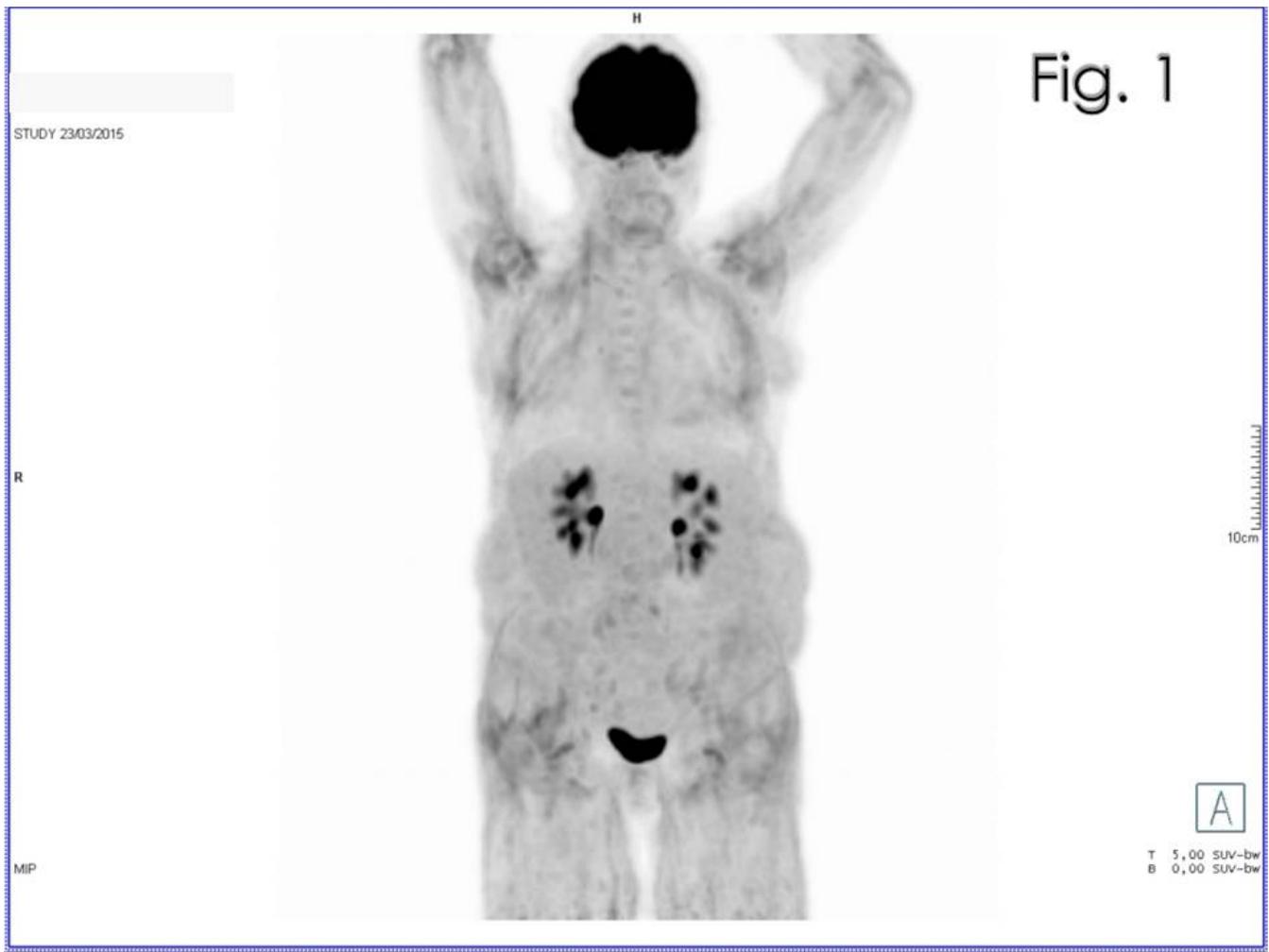


Fig. 1: Ejemplo de PET realizado en paciente con hiperglucemia, con aumento del depósito muscular de ^{18}F -FDG.

Fig. 2

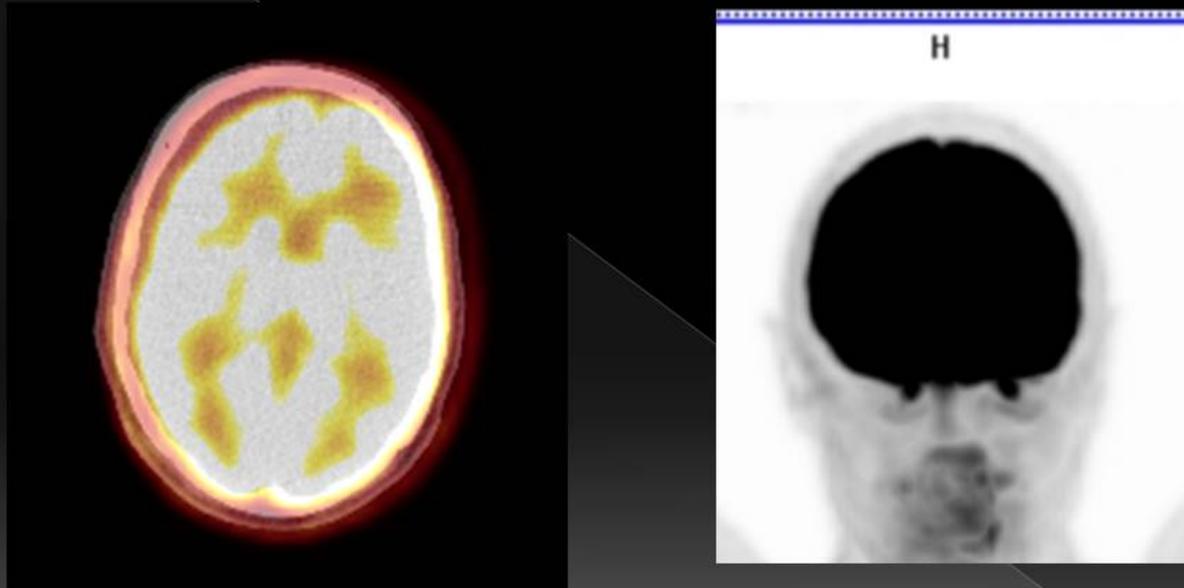


Fig. 2: Imágenes de fusión PET-TC (izquierda) y PET (derecha) que muestran la captación fisiológica cerebral.

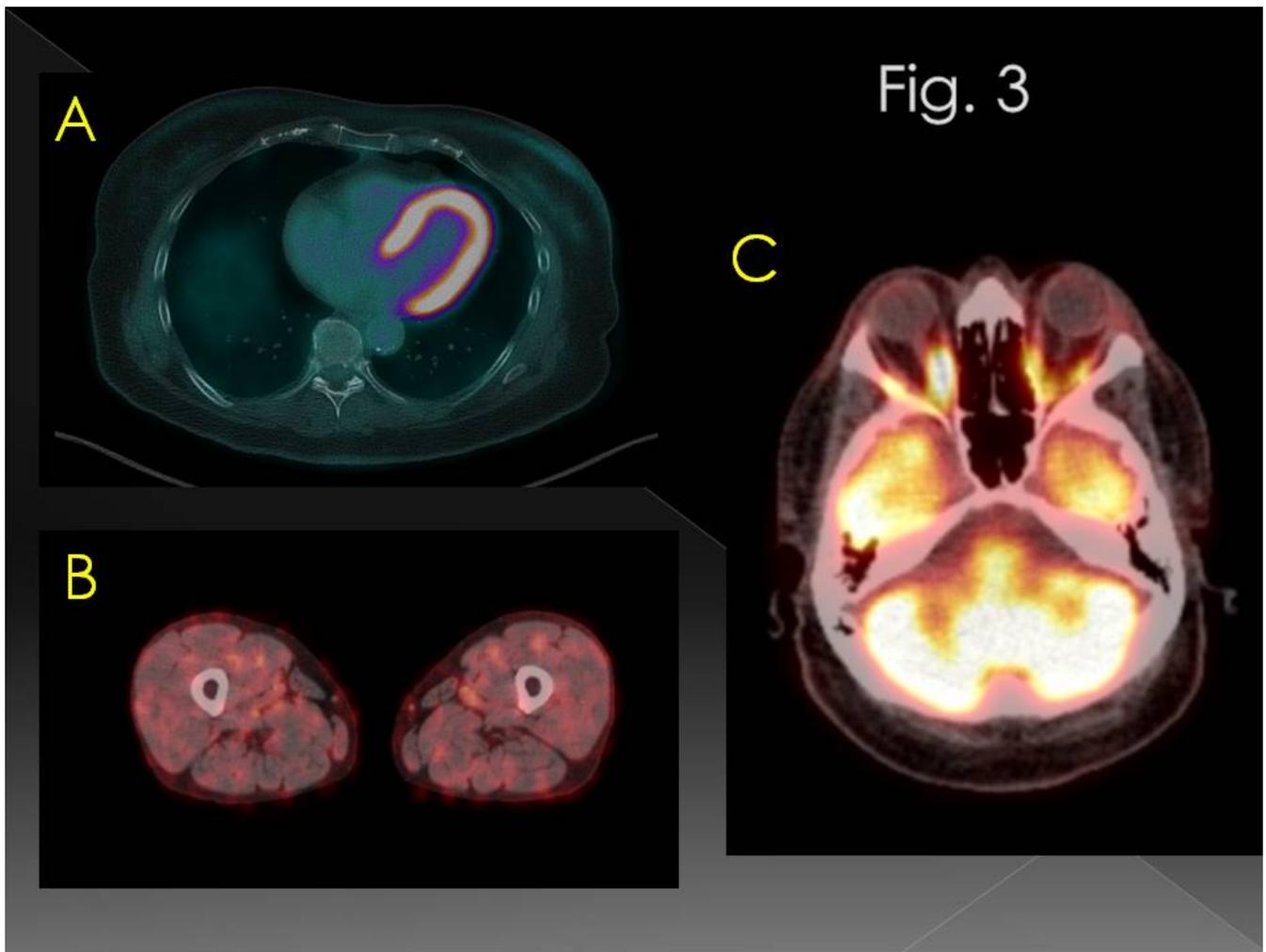


Fig. 3: Se muestra captación fisiológica del miocardio (A), en musculatura de miembros inferiores (B) y en musculatura ocular (C).

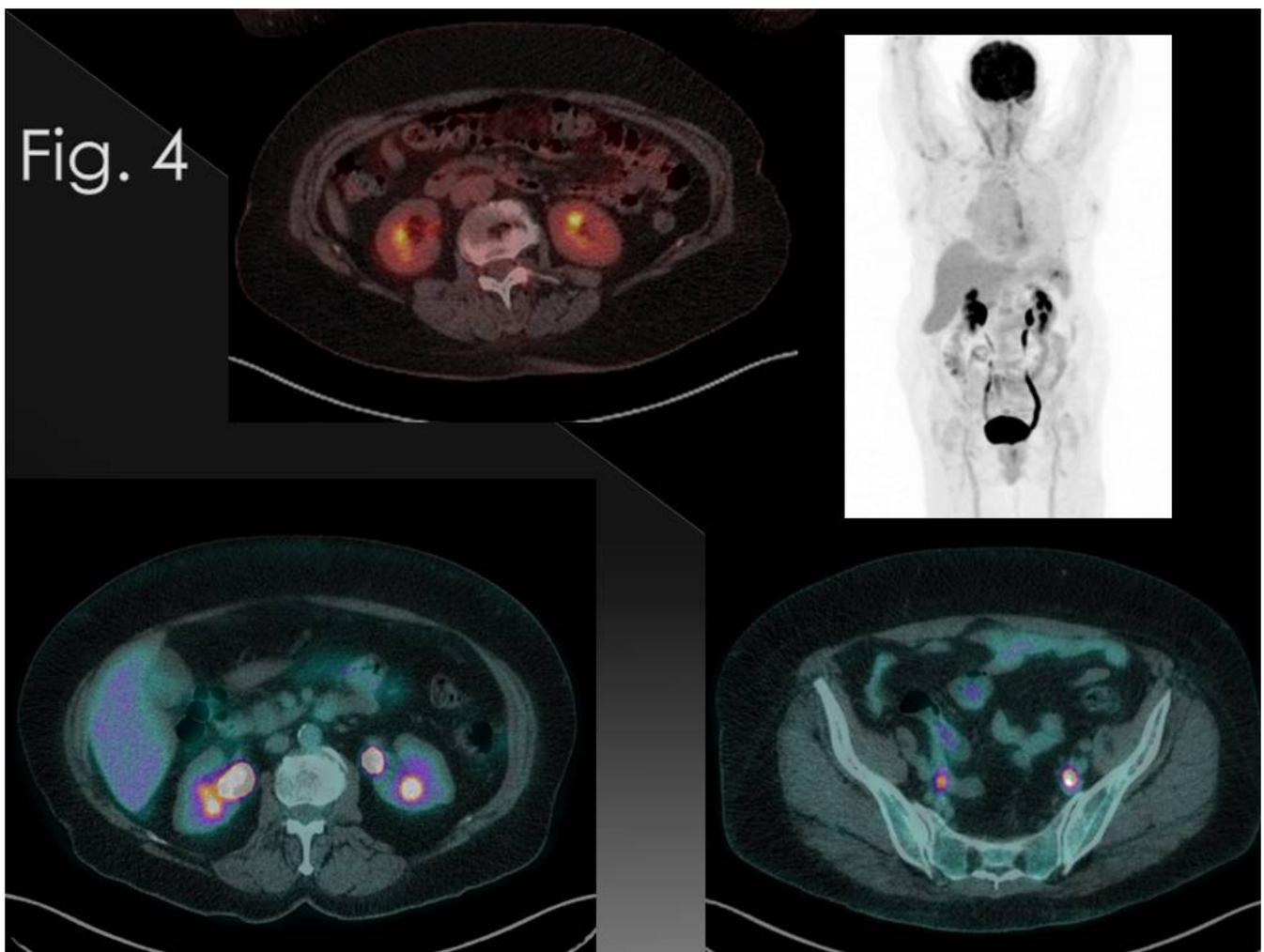


Fig. 4: Imágenes de fusión PET/TC y MIP coronal PET donde se observa la captación y excreción de la ^{18}F -FDG del sistema urinario.

Fig. 5

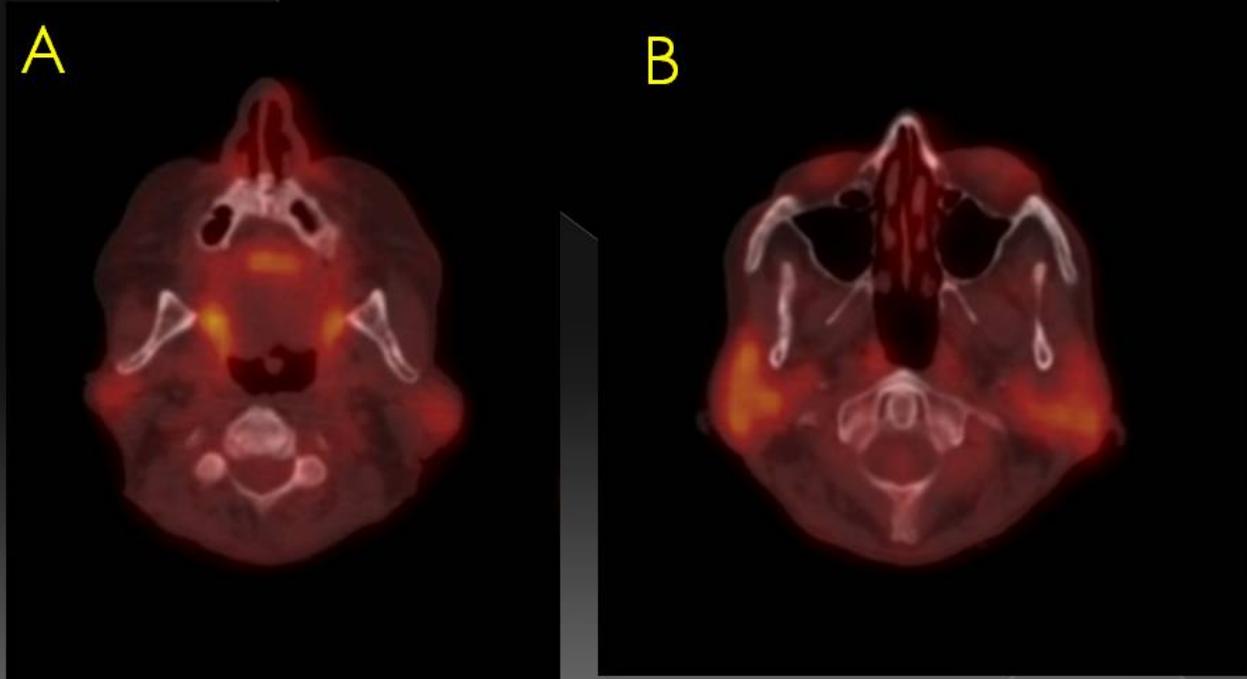


Fig. 5: Imágenes de fusión PET-TC que muestran la captación fisiológica del anillo de Waldeyer (A) y de las parótidas (B).

Fig. 6

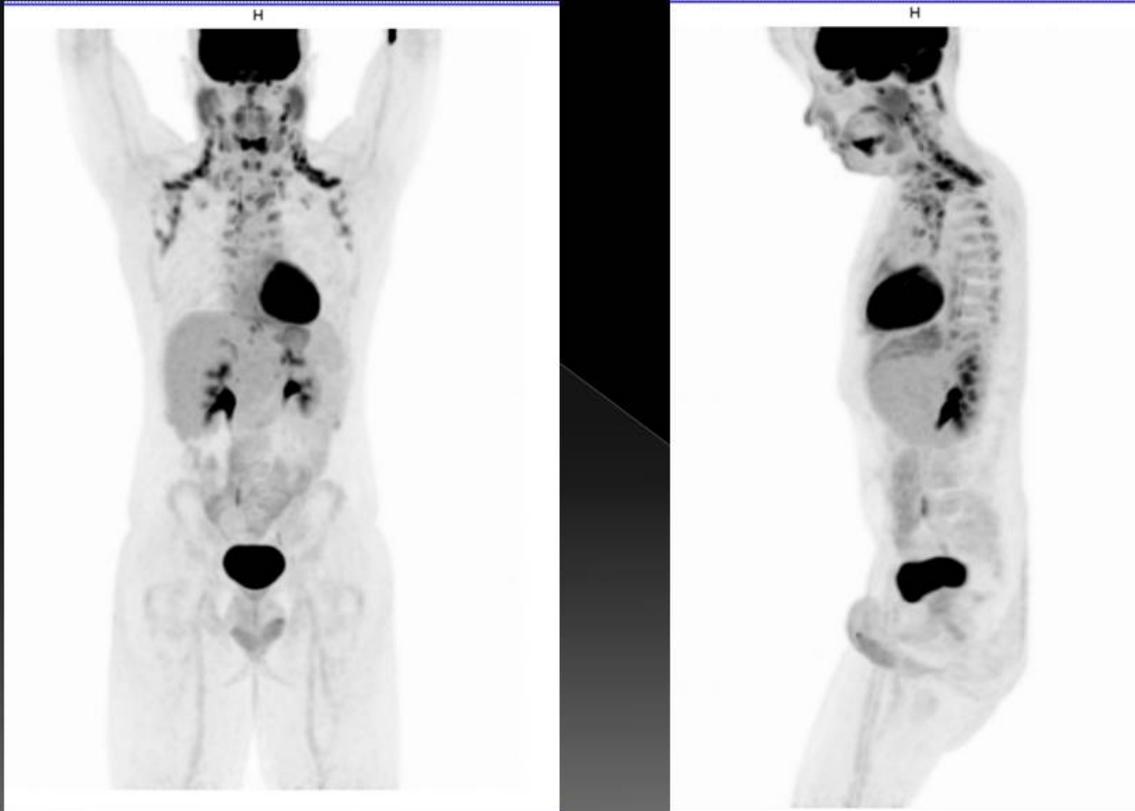


Fig. 6: Ejemplos de captación fisiológica de ^{18}F -FDG en cerebro y miocardio y eliminación renal. Se observa además hipercaptación de la grasa parda.

Fig. 7

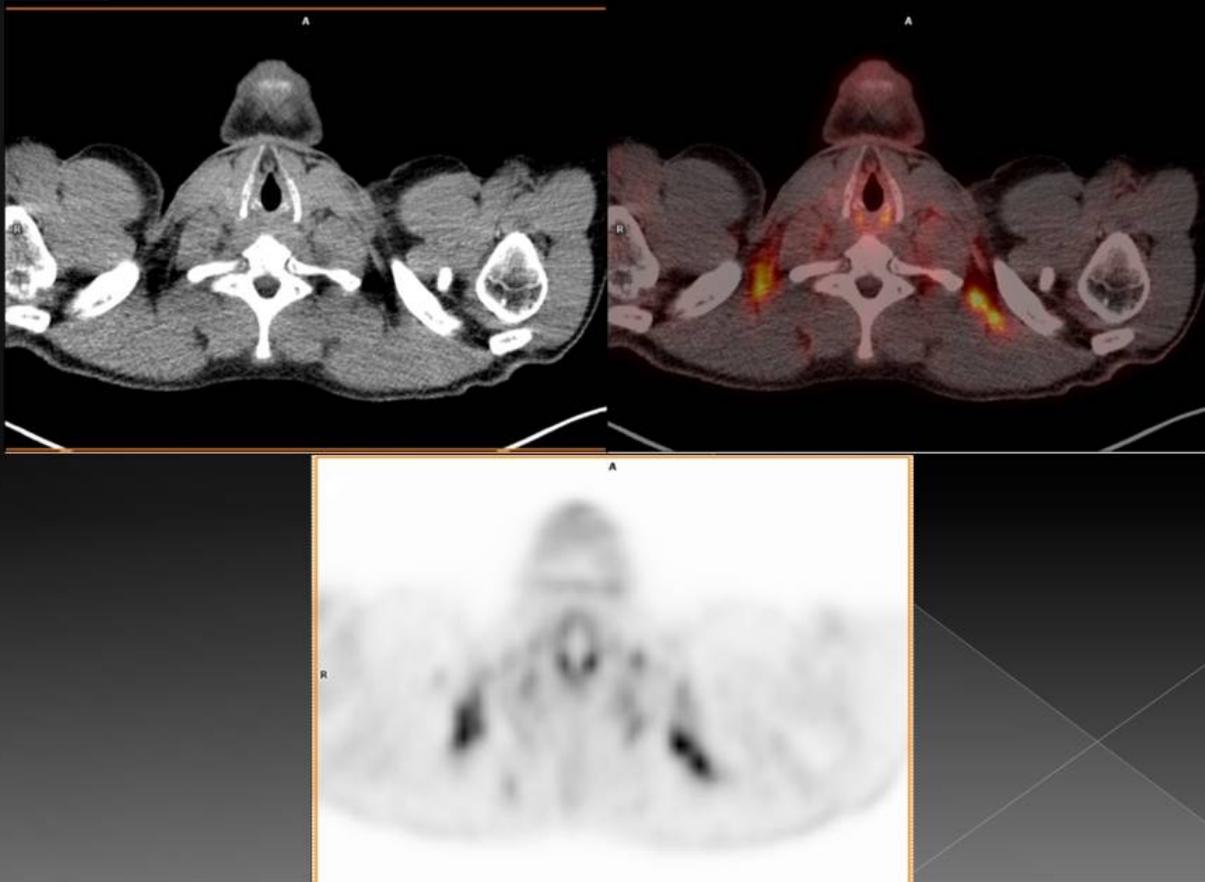


Fig. 7: Mismo paciente que la figura anterior. Detalle de la hipercaptación de la grasa parda.

Fig. 8

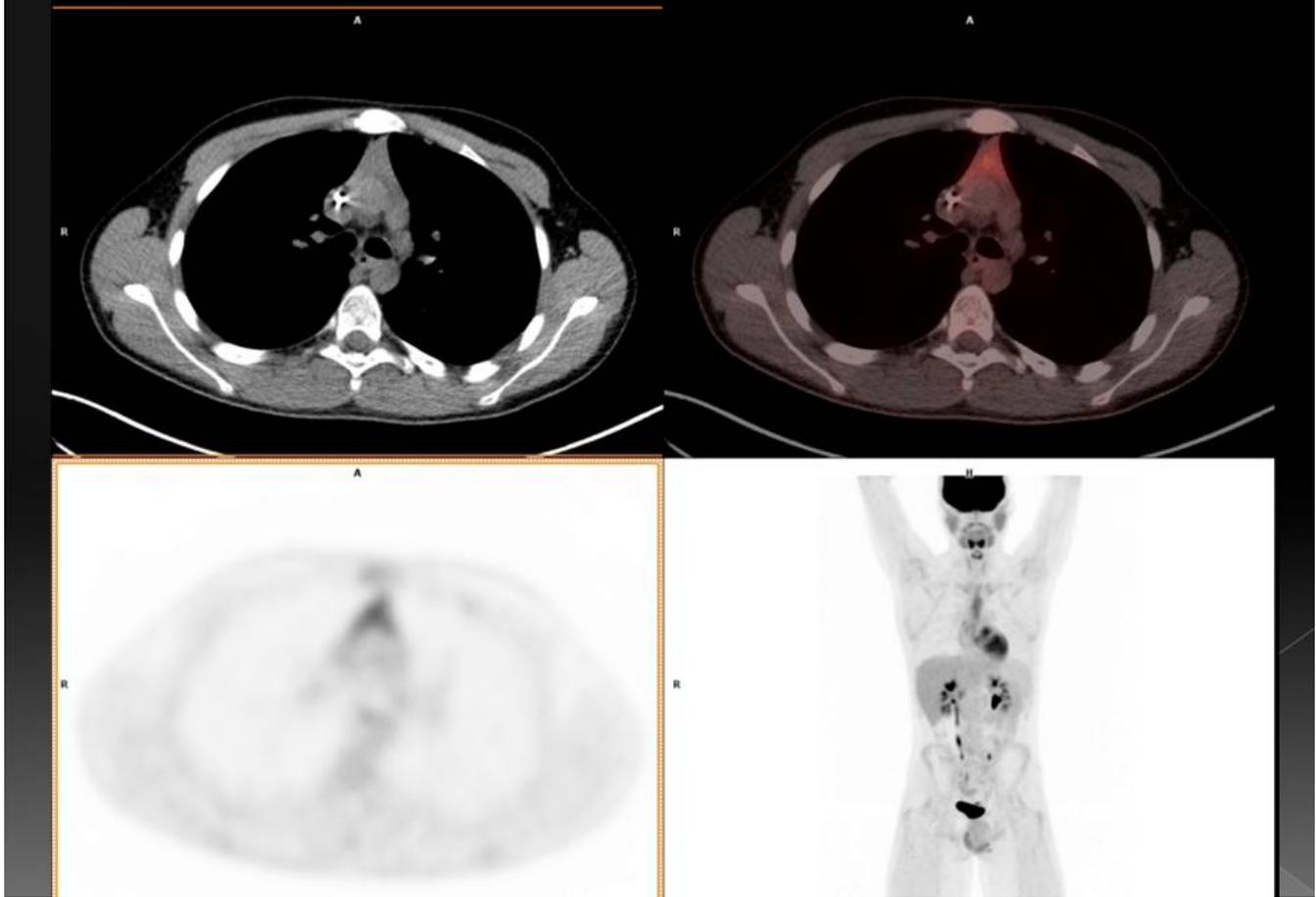


Fig. 8: Valoración de respuesta al tratamiento en paciente con Linfoma Burkitt en remisión completa e hiperplasia del timo post-QT.

Fig. 9

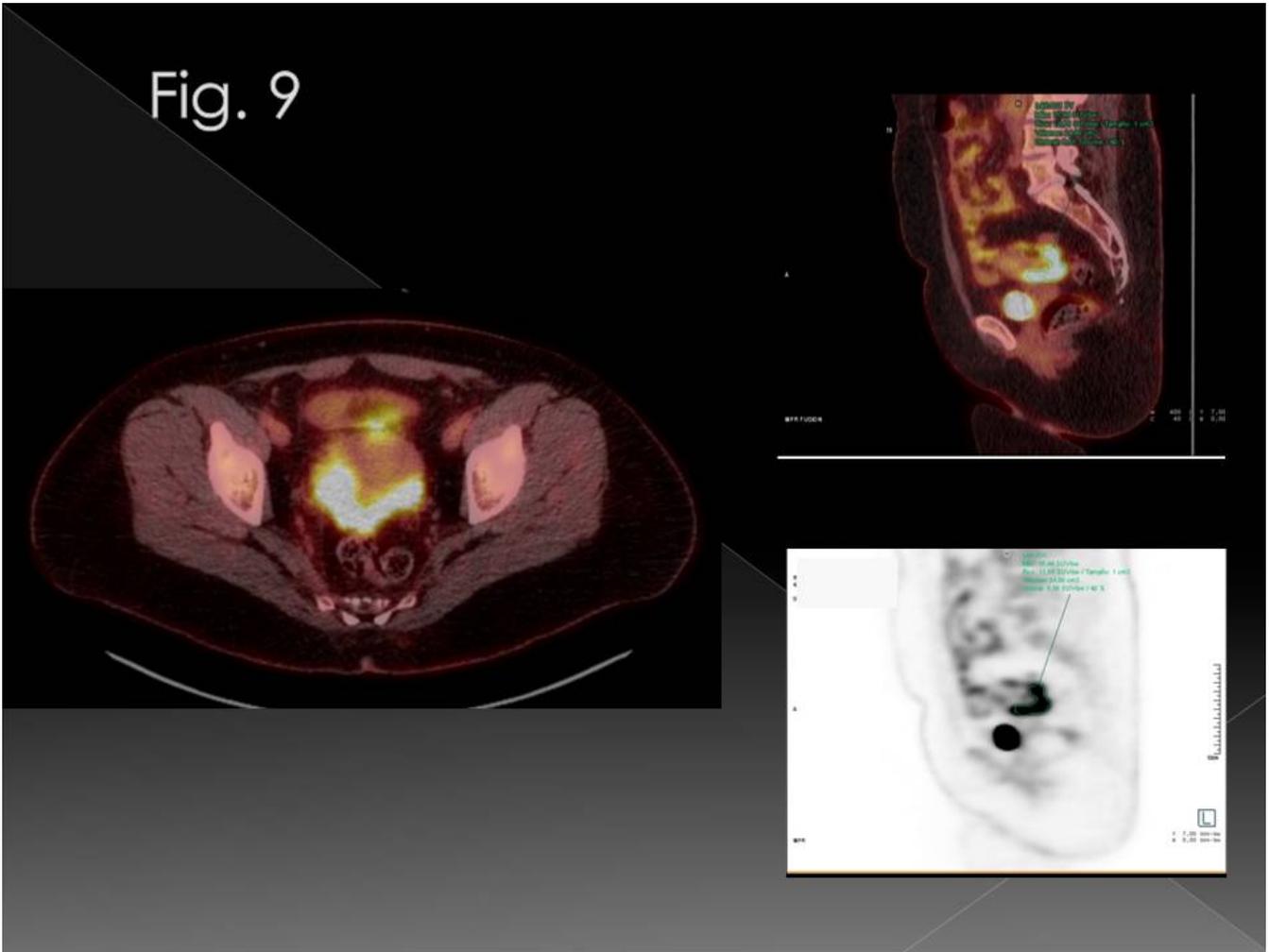


Fig. 9: Paciente con captación endometrial por menstruación el día del estudio.

Fig. 10

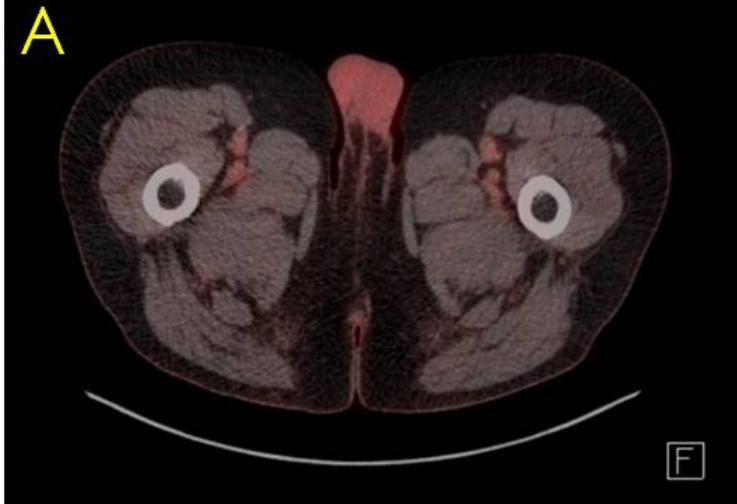


Fig. 10: Se muestra la captación fisiológica de los testículos (A) y del tubo digestivo (B).

Fig. 11

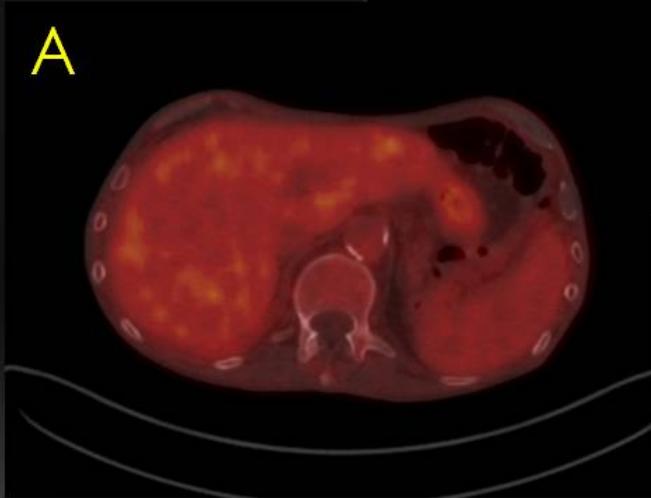


Fig. 11: Imagen axial de fusión PET/TC (A) y coronal PET (B) que muestran las captaciones fisiológicas del hígado y bazo.

Fig. 12

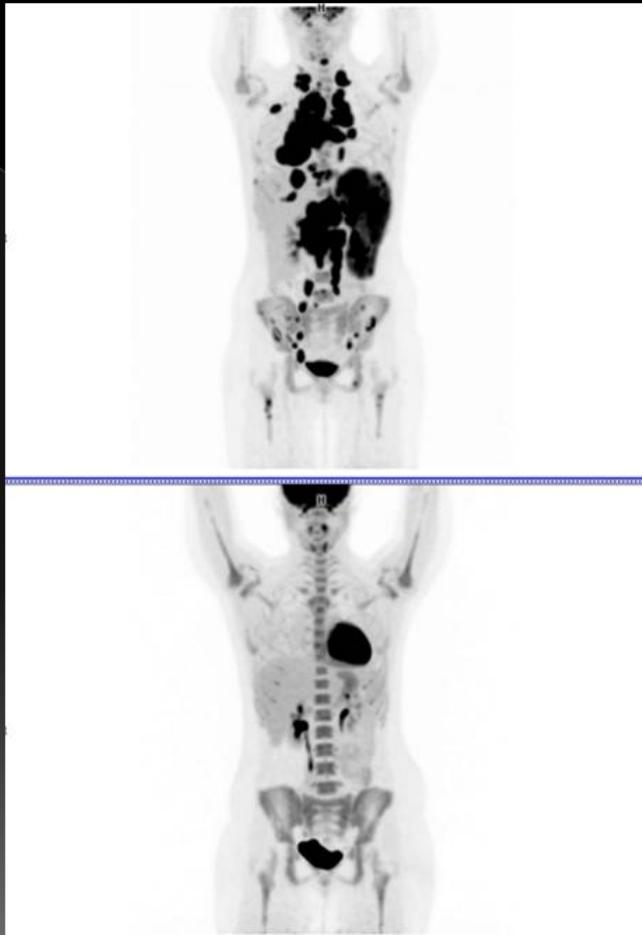


Fig. 12: Valoración de respuesta al tratamiento en linfoma de Hodgkin. Actualmente en remisión completa (imagen inferior) en comparación con el estudio previo (imagen superior). Llama la atención un incremento de actividad en la médula ósea secundario a la QT.

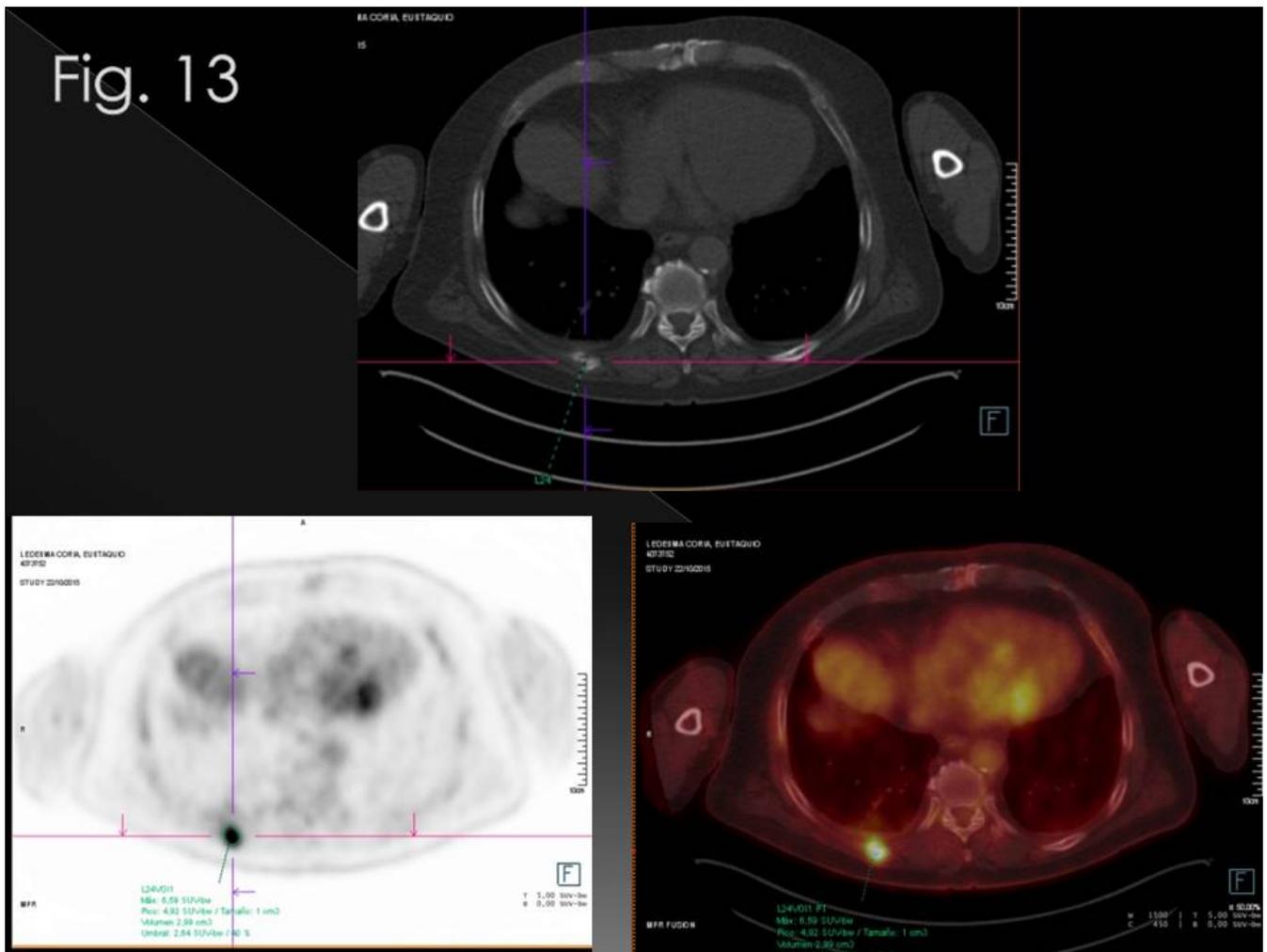


Fig. 13: Se muestra foco de captación secundario a fractura costal derecha.

Fig. 14

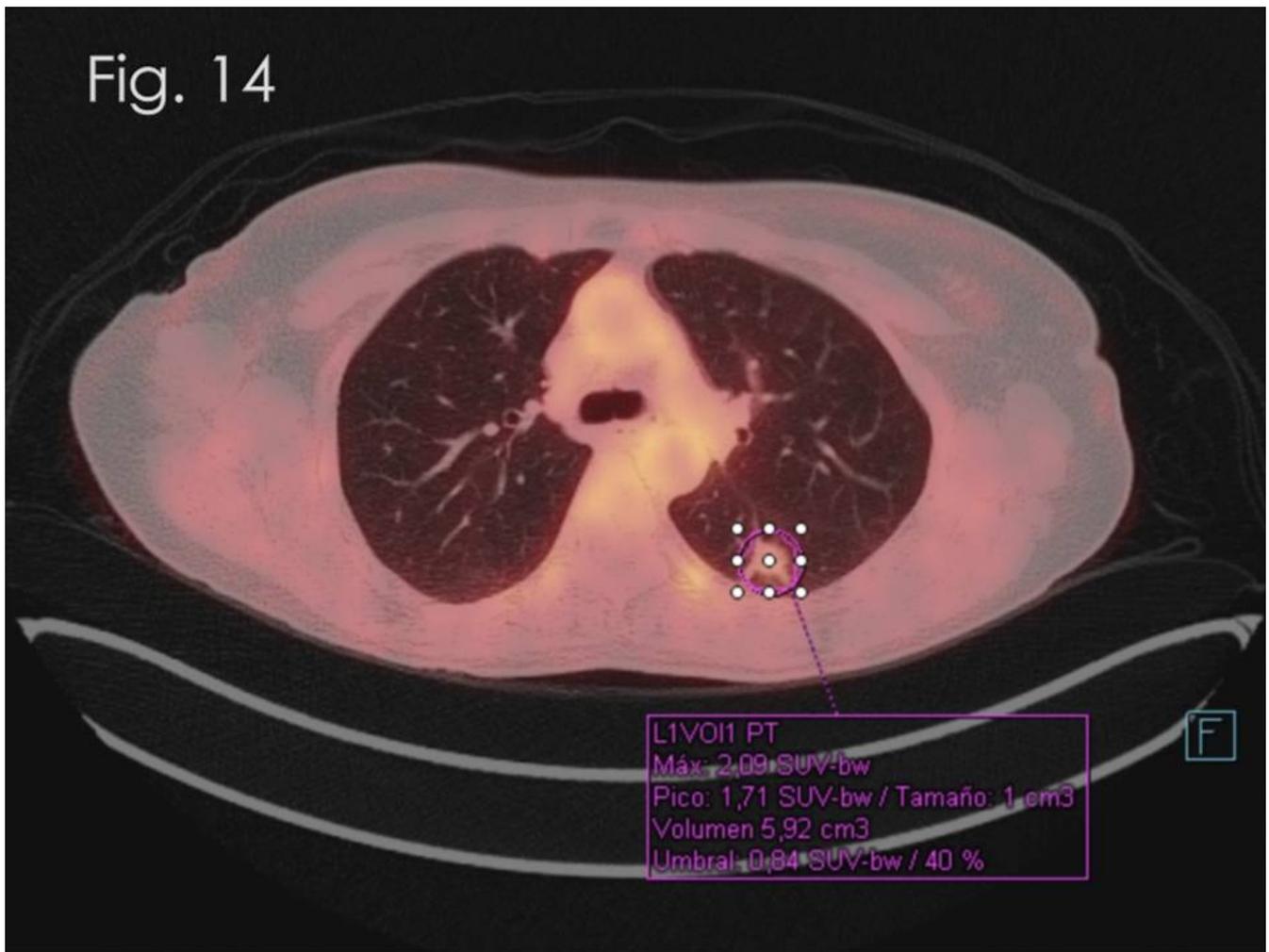


Fig. 14: Adenocarcinoma de pulmón con SUVmáx bajo (2.09).

Fig. 15

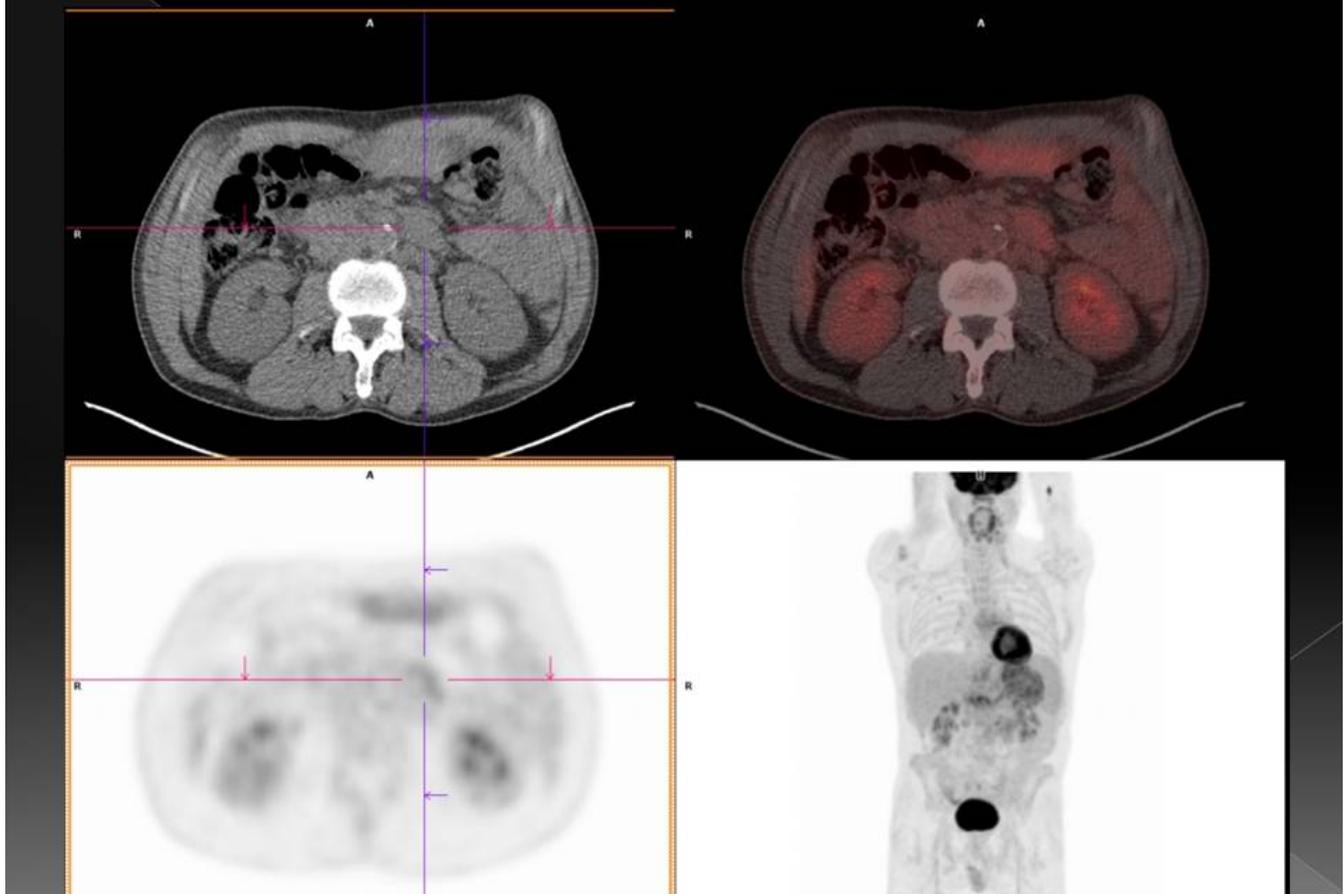


Fig. 15: Estadiaje de linfoma MALT, con adenopatías infradiafragmáticas y afectación gástrica. Llama la atención la baja avidéz por 18F-FDG.

Fig. 16

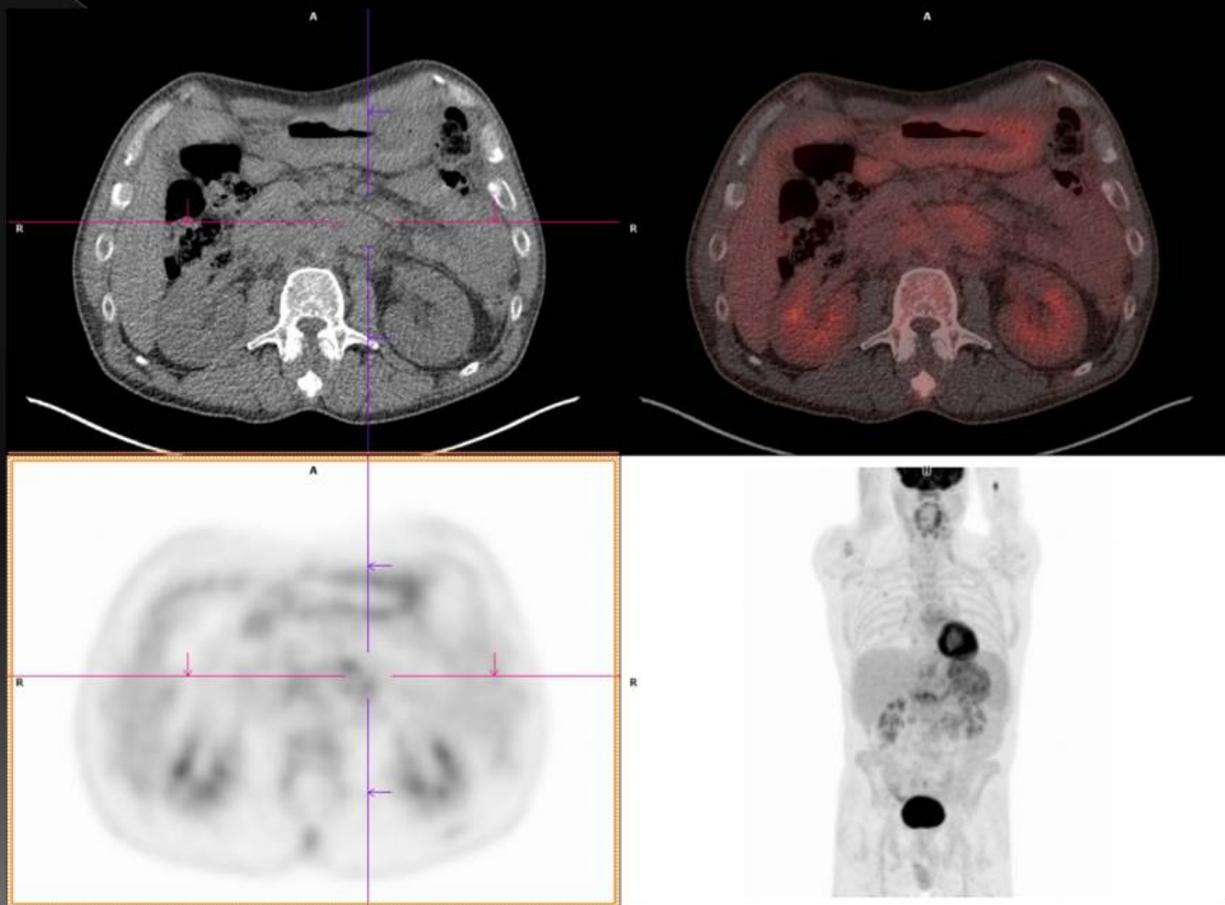


Fig. 16: Estadiaje de linfoma MALT, con adenopatías infradiafragmáticas y afectación gástrica. Llama la atención la baja avidéz por ^{18}F -FDG. Mismo paciente que la figura 15.

Fig. 17

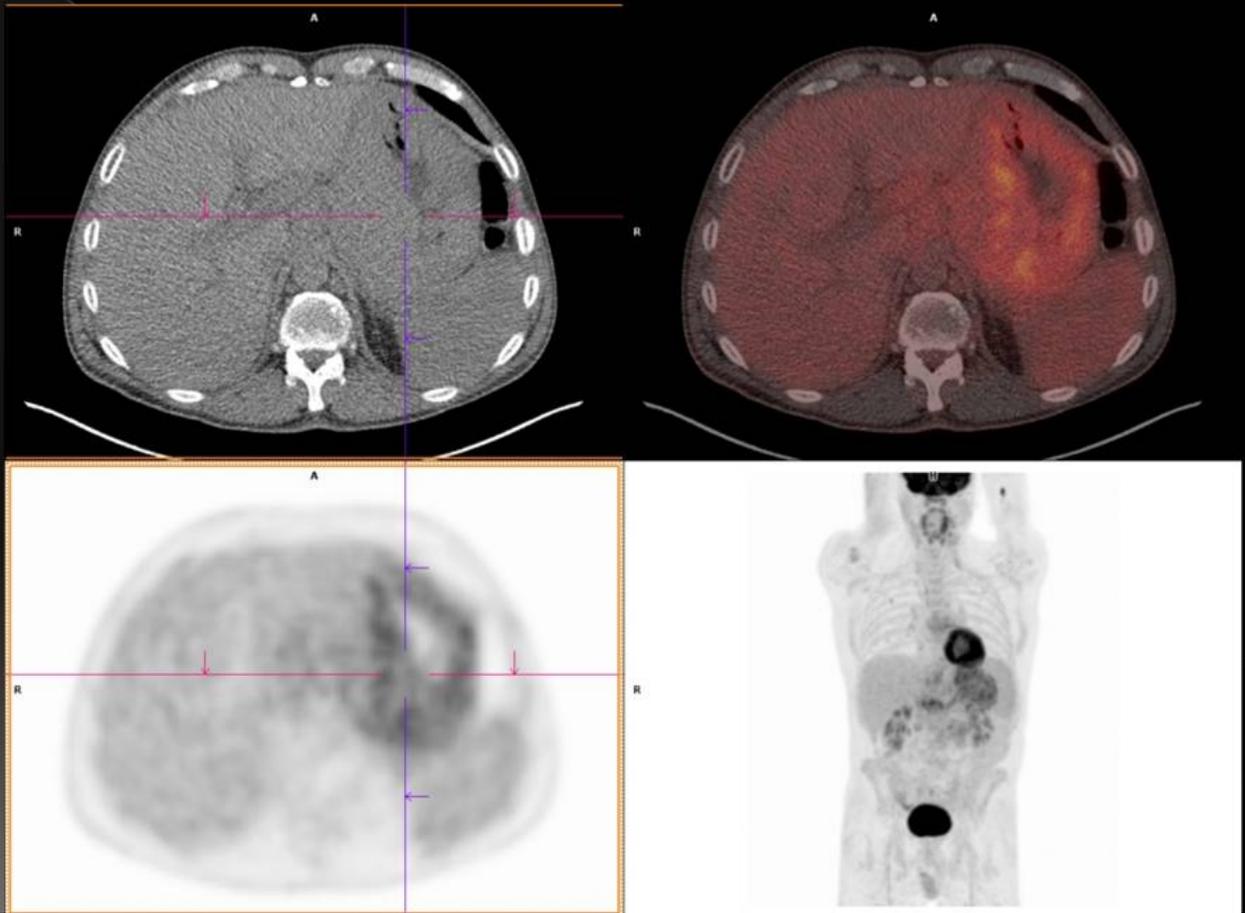


Fig. 17: Estadiaje de linfoma MALT, con adenopatías infradiafragmáticas y afectación gástrica. Llama la atención la baja avidéz por ^{18}F -FDG. Mismo paciente que las figuras 15 y 16

Fig. 18

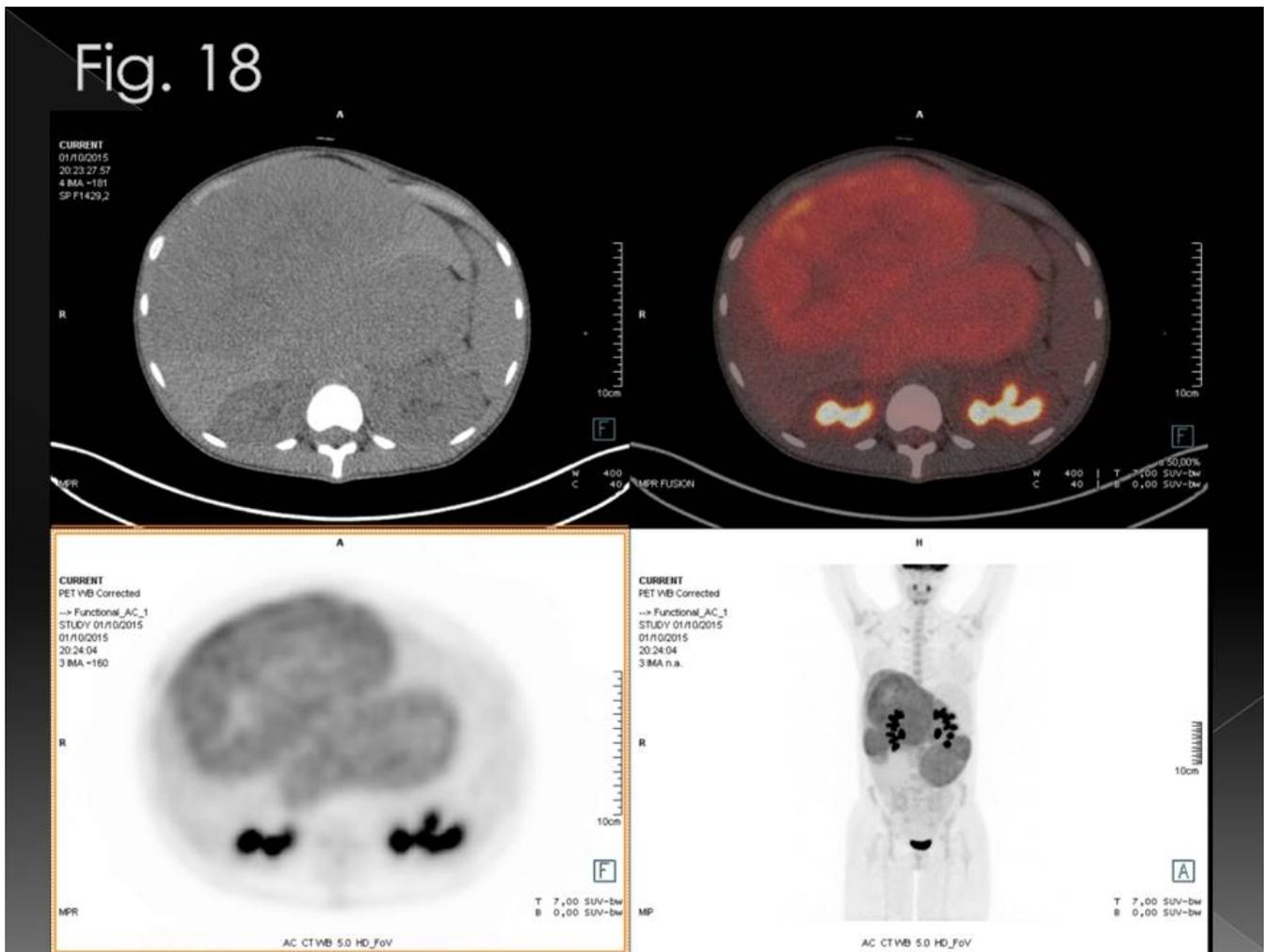


Fig. 18: Niña de 13 años, con masas hepáticas hipercaptantes. El diagnóstico anatómo-patológico fue hepatocarcinoma de patrón trabecular.

Fig. 19

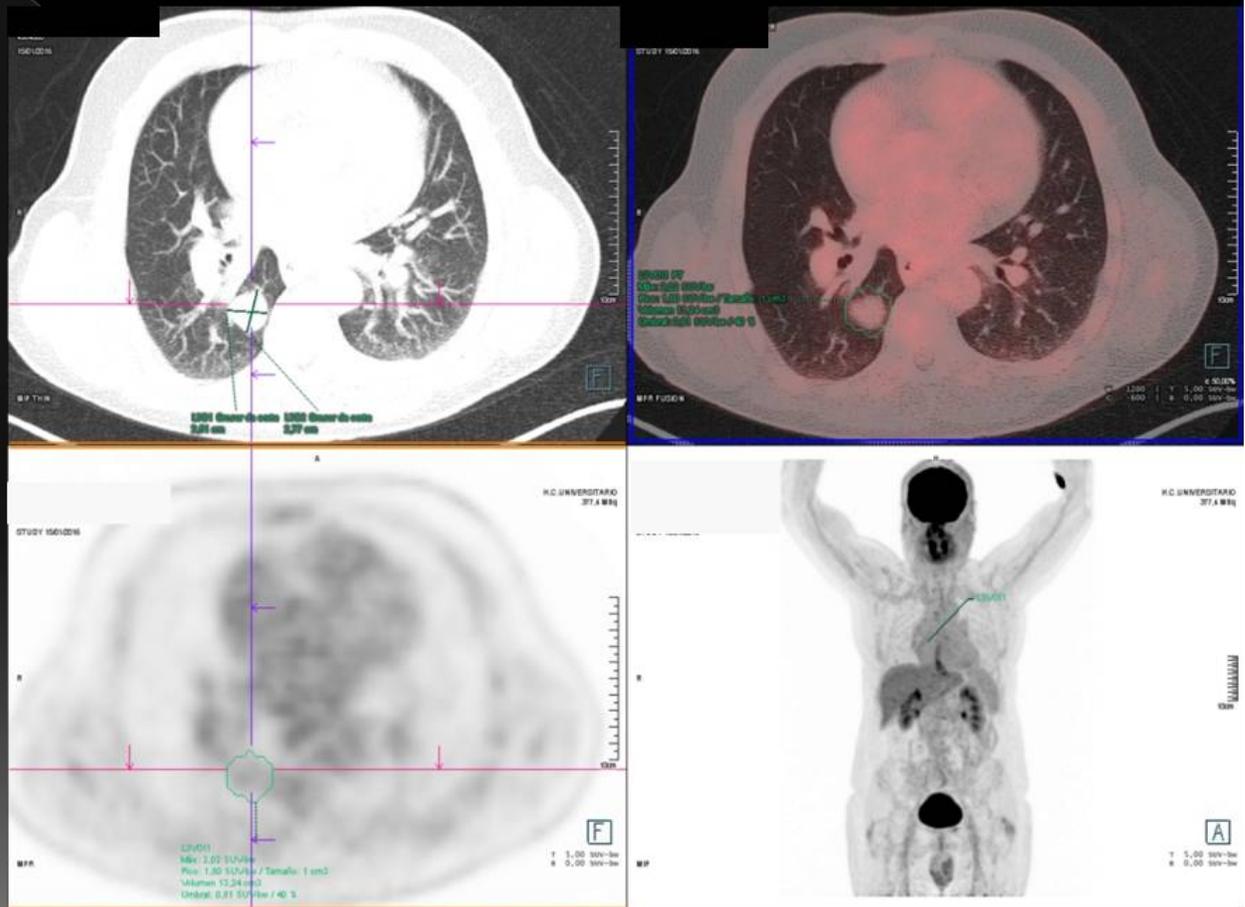


Fig. 19: Nódulo pulmonar solitario en lóbulo inferior derecho que no muestra una captación significativa de 18F-FDG (SUV_{máx} 2.02).

Fig. 20

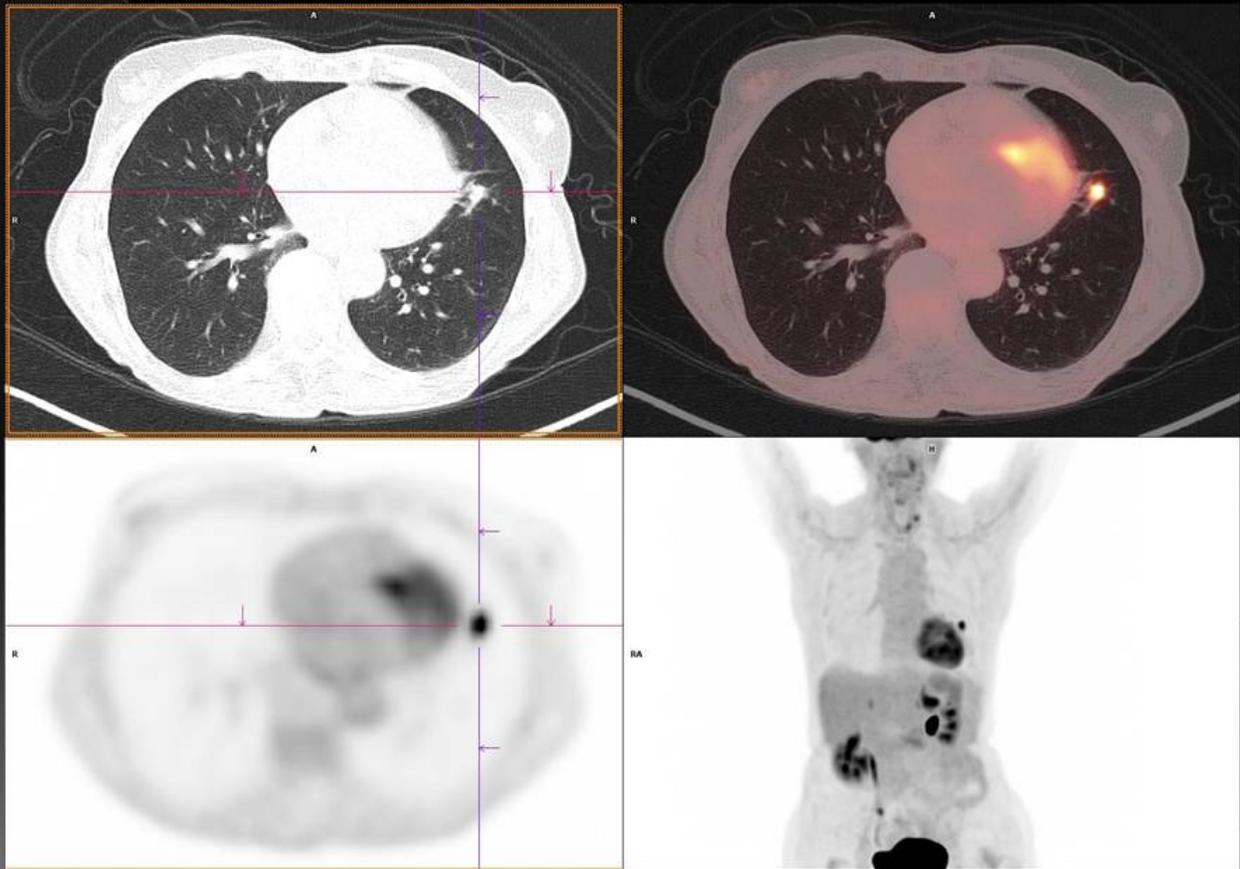


Fig. 20: Nódulo pulmonar solitario en língula sugestivo de malignidad por aumento de la captación.

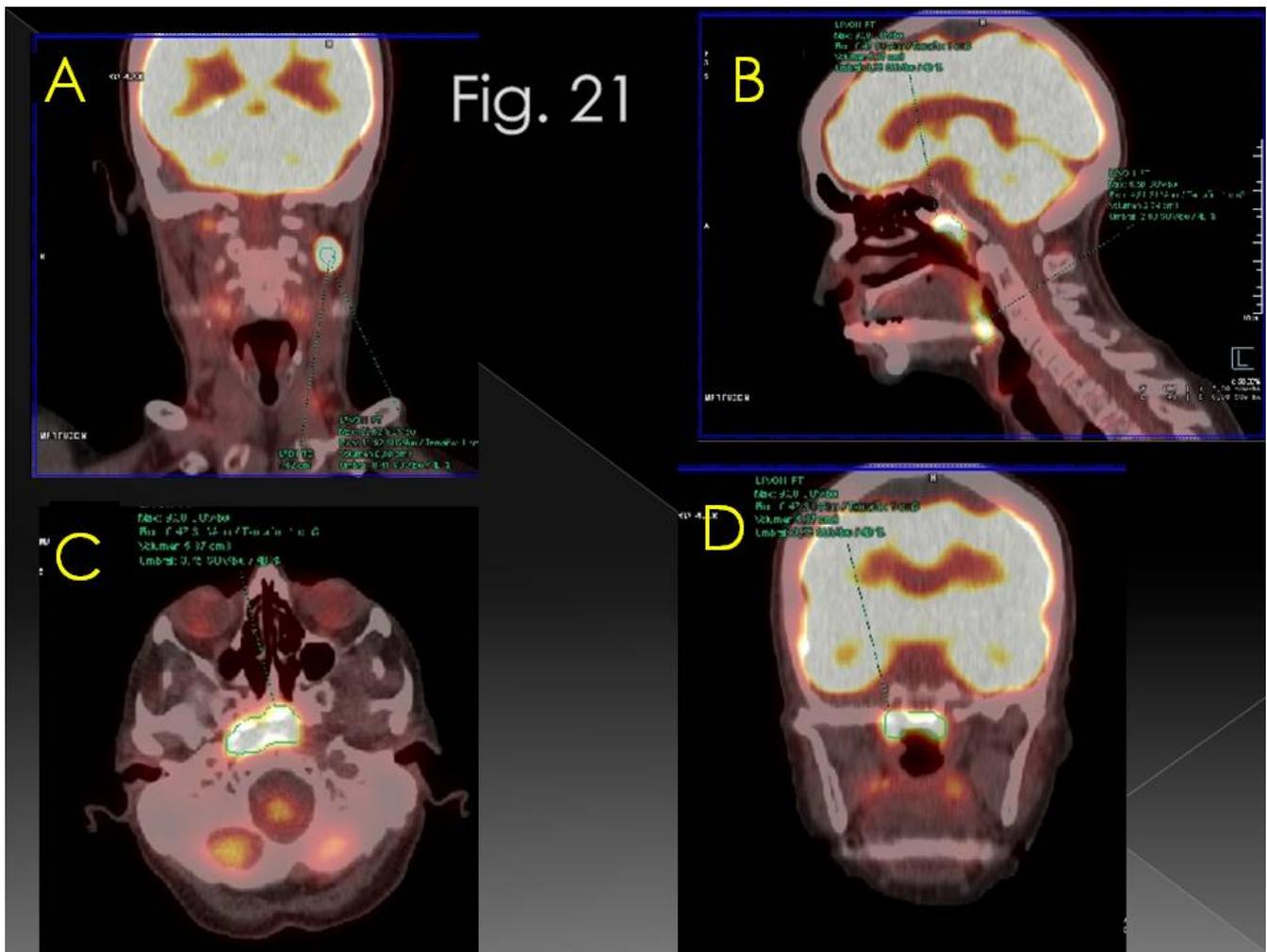


Fig. 21: Estudio realizado en tumor de origen desconocido para búsqueda del primario en paciente con adenopatía látero-cervical izquierda con diagnóstico de malignidad (A). Se observa la neoplasia primaria en el cavum (B, C y D).

Fig. 22

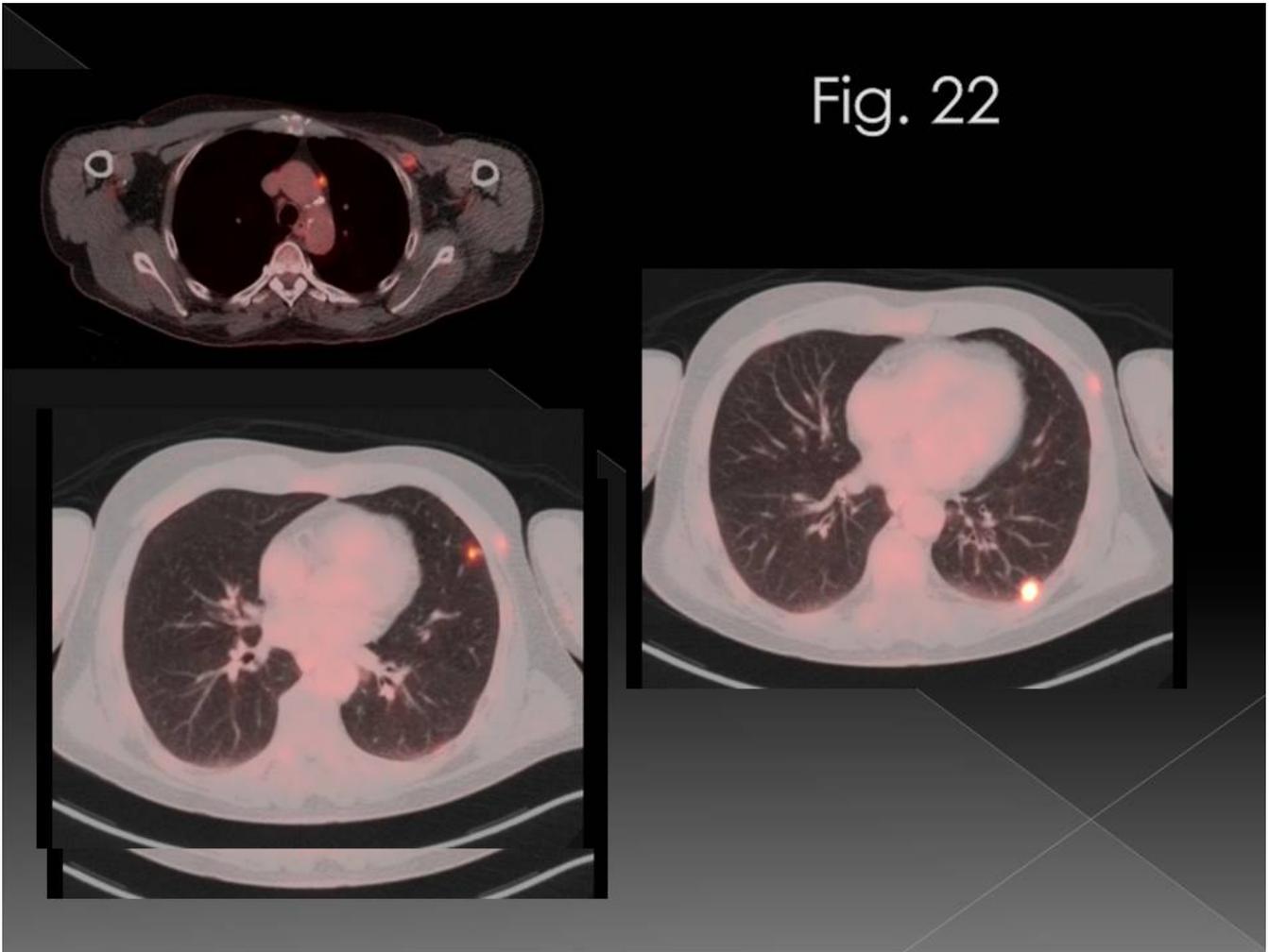


Fig. 22: Estudio de extensión de Ca de laringe, donde se muestran adenopatías y nódulos pulmonares derechos hipercaptantes. Compatibles con metástasis.

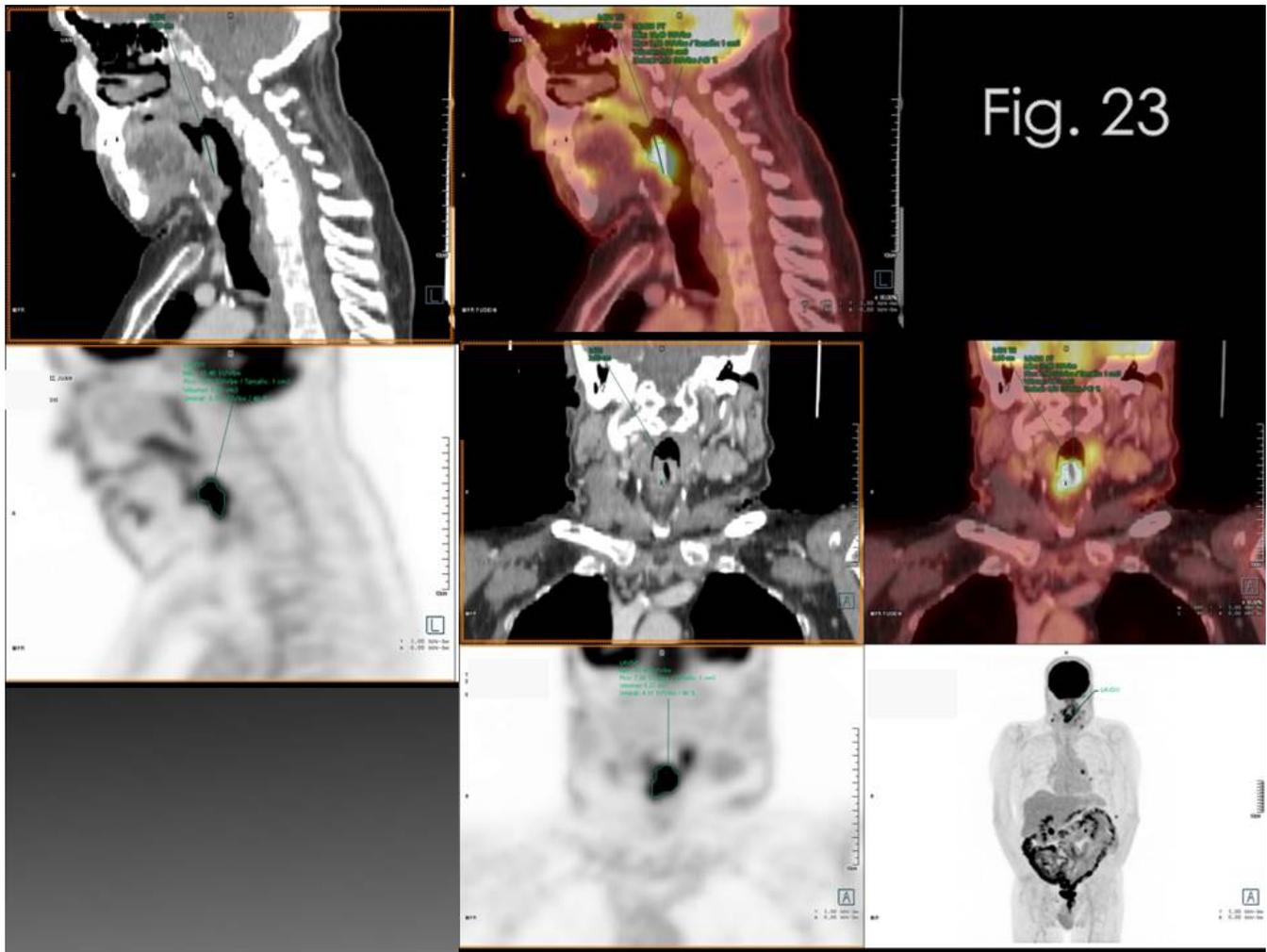


Fig. 23: Estadificación de Ca supraglótico. Se observa un aumento de captación en epiglotis en relación con neoplasia conocida.

Fig. 24.

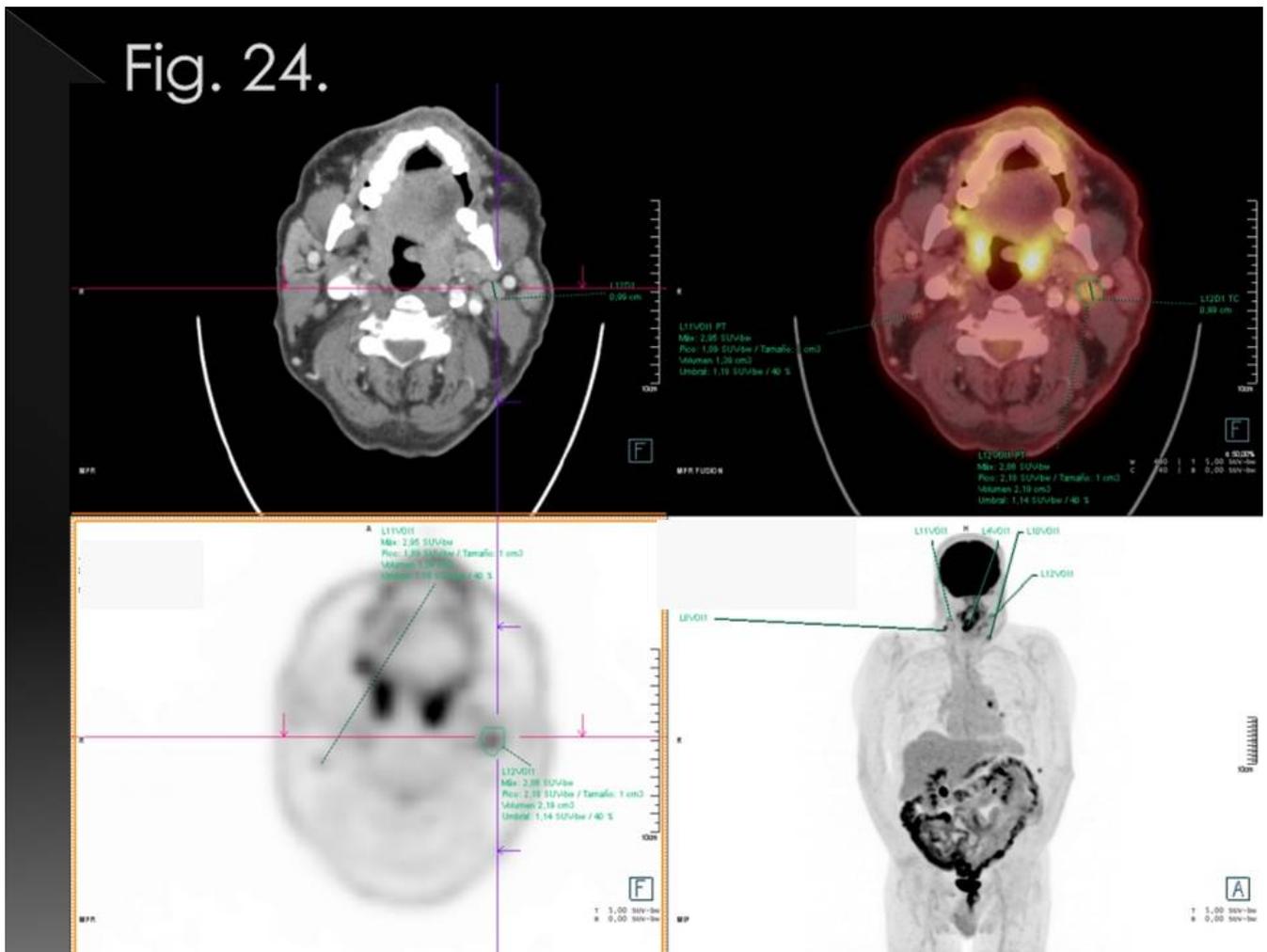


Fig. 24: Mismo caso que la figura 23. Estadificación de Ca supraglótico. Adenopatías látero-cervicales bilaterales patológicas.

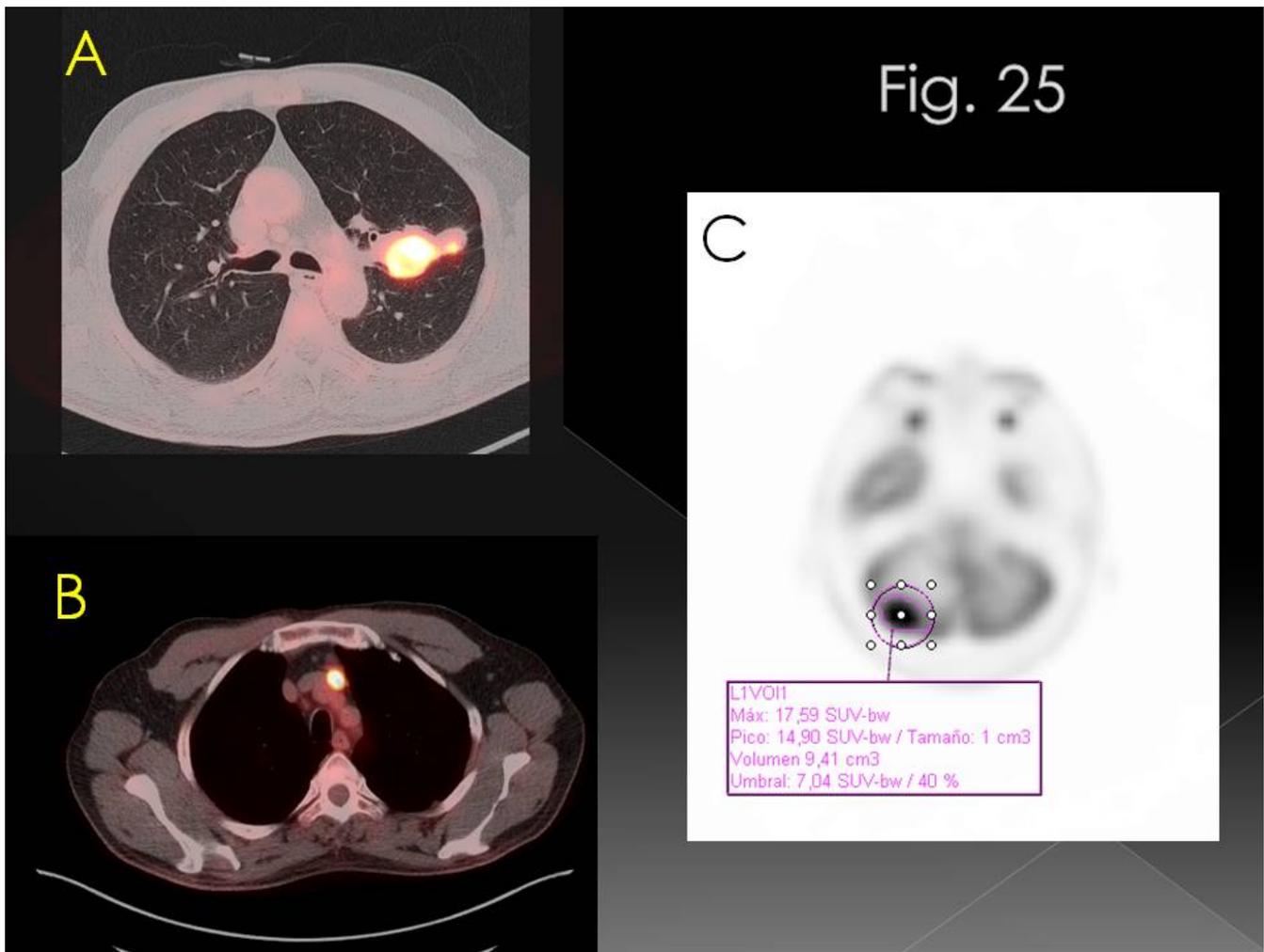


Fig. 25: Estadiaje de neoplasia de pulmón (A), con afectación ganglionar mediastínica (B) y metástasis cerebelosa (C).

Fig. 26

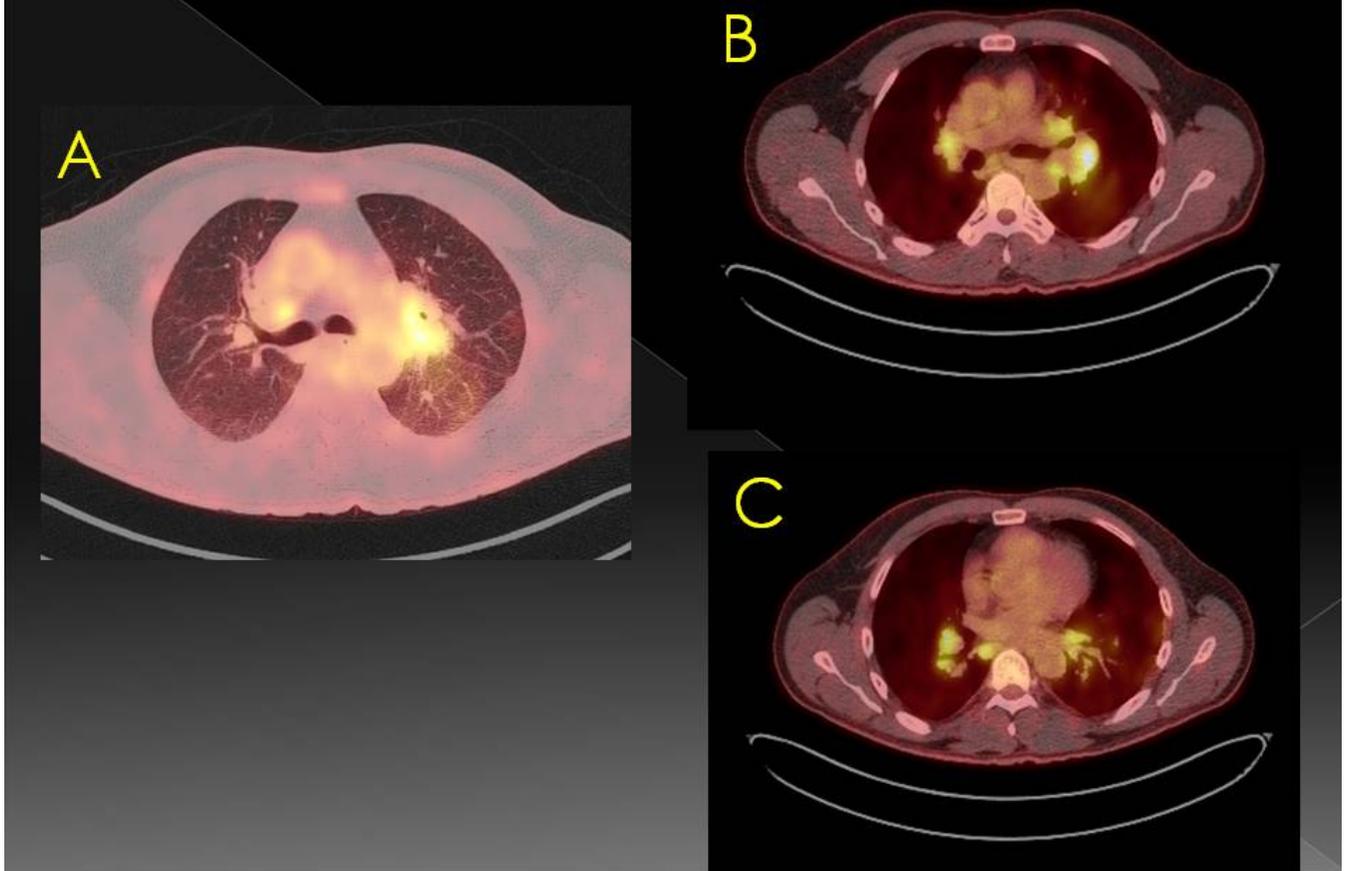


Fig. 26: Estadiaje de masa parahiliar izquierda (A) con adenopatías hiliares y medistínicas bilaterales (B y C).

Fig. 27

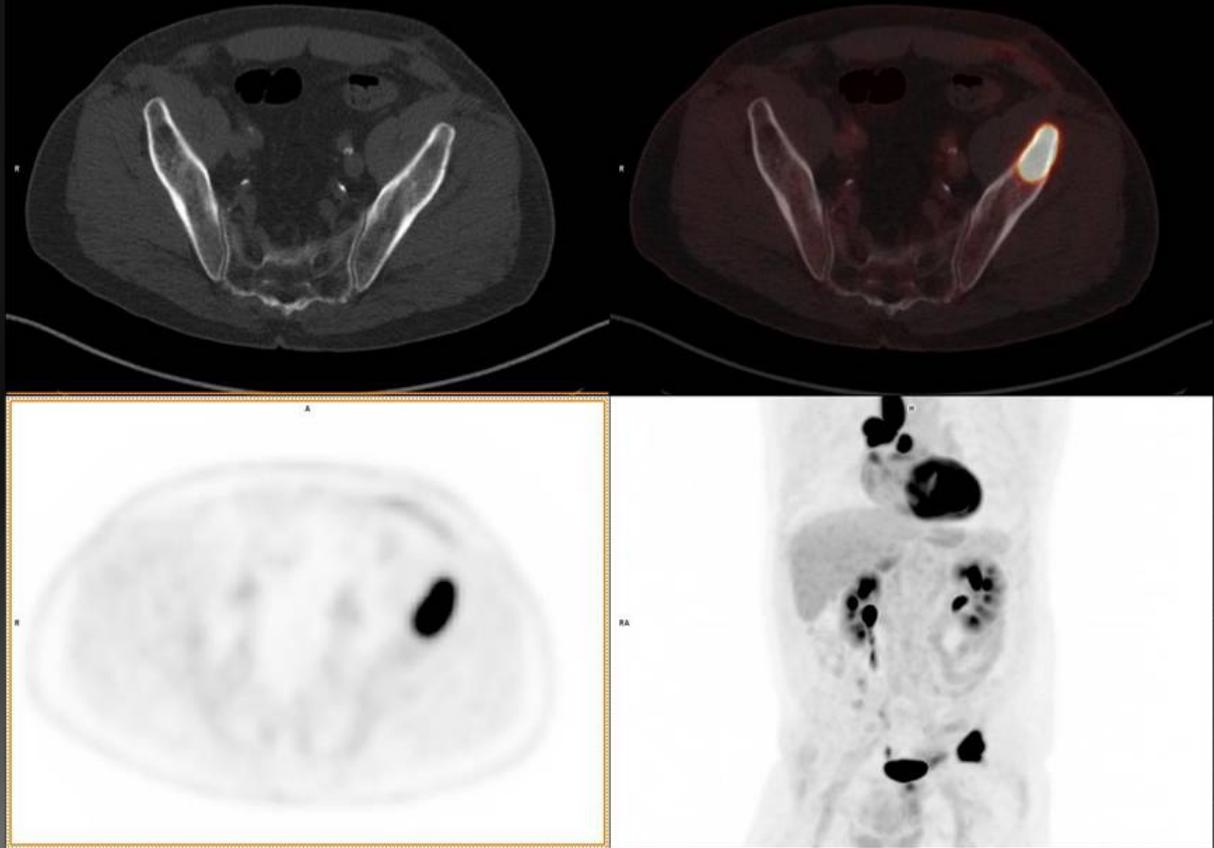
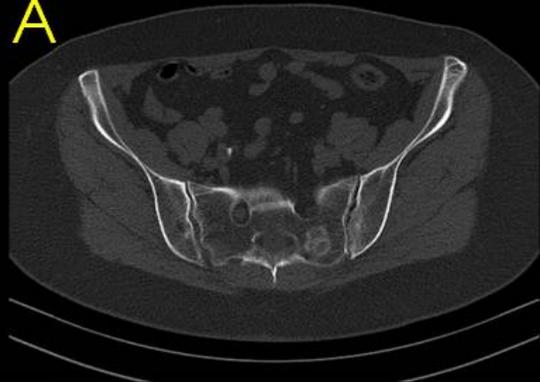


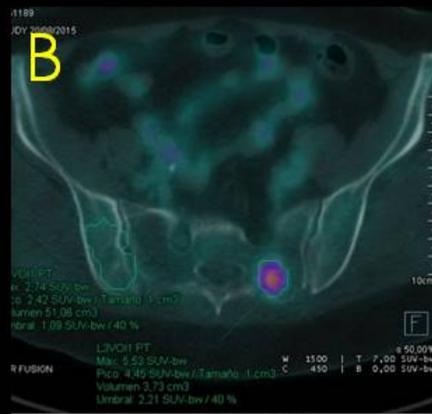
Fig. 27: Estadíaje de Ca de pulmón con metástasis ósea no visible en TC.

Fig. 28

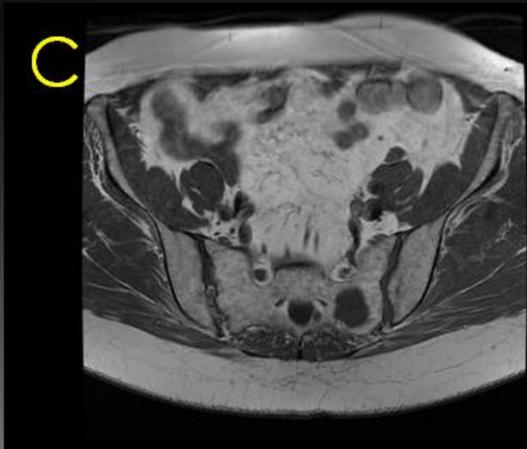
A



B



C



D

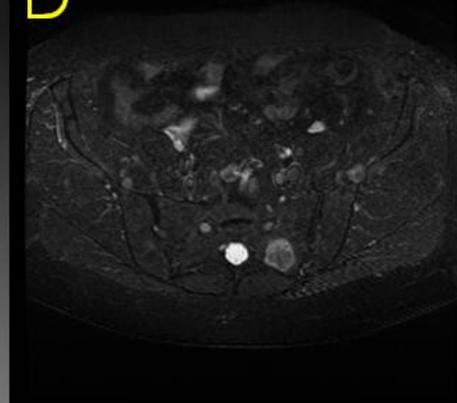
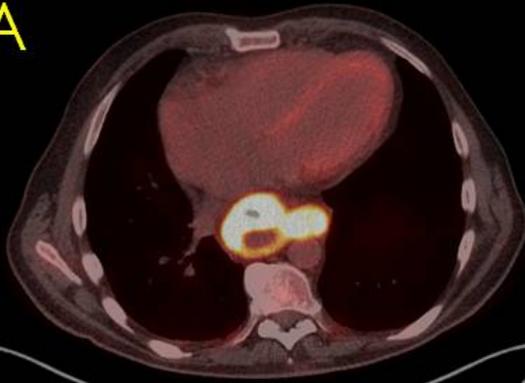


Fig. 28: Imágenes axial TC (A), fusión PET/TC (B), RM potenciada en T1 (C) y en STIR, que muestran una metástasis ósea de cáncer de mama.

Fig. 29

A



B



C



Fig. 29: Imágenes axiales de fusión PET/TC (A y B) y coronal PET (C) que muestran neoplasia en esófago distal, con metástasis ganglionares y hepáticas.

Fig. 30

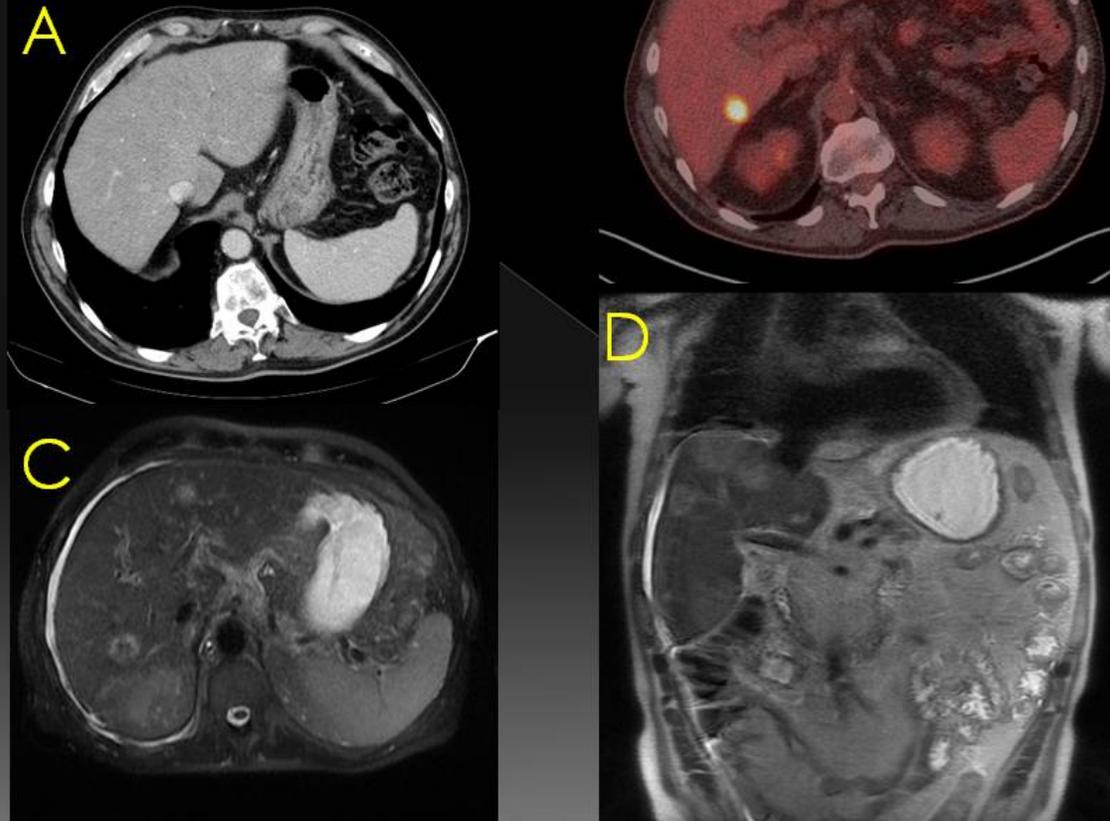


Fig. 30: Mismo paciente de la figura anterior. Las metástasis hepáticas no se observaban en la TC con contraste (A) y sí en fusión PET/TC (B) y secuencias T2 de RM (C y D).

Fig. 31

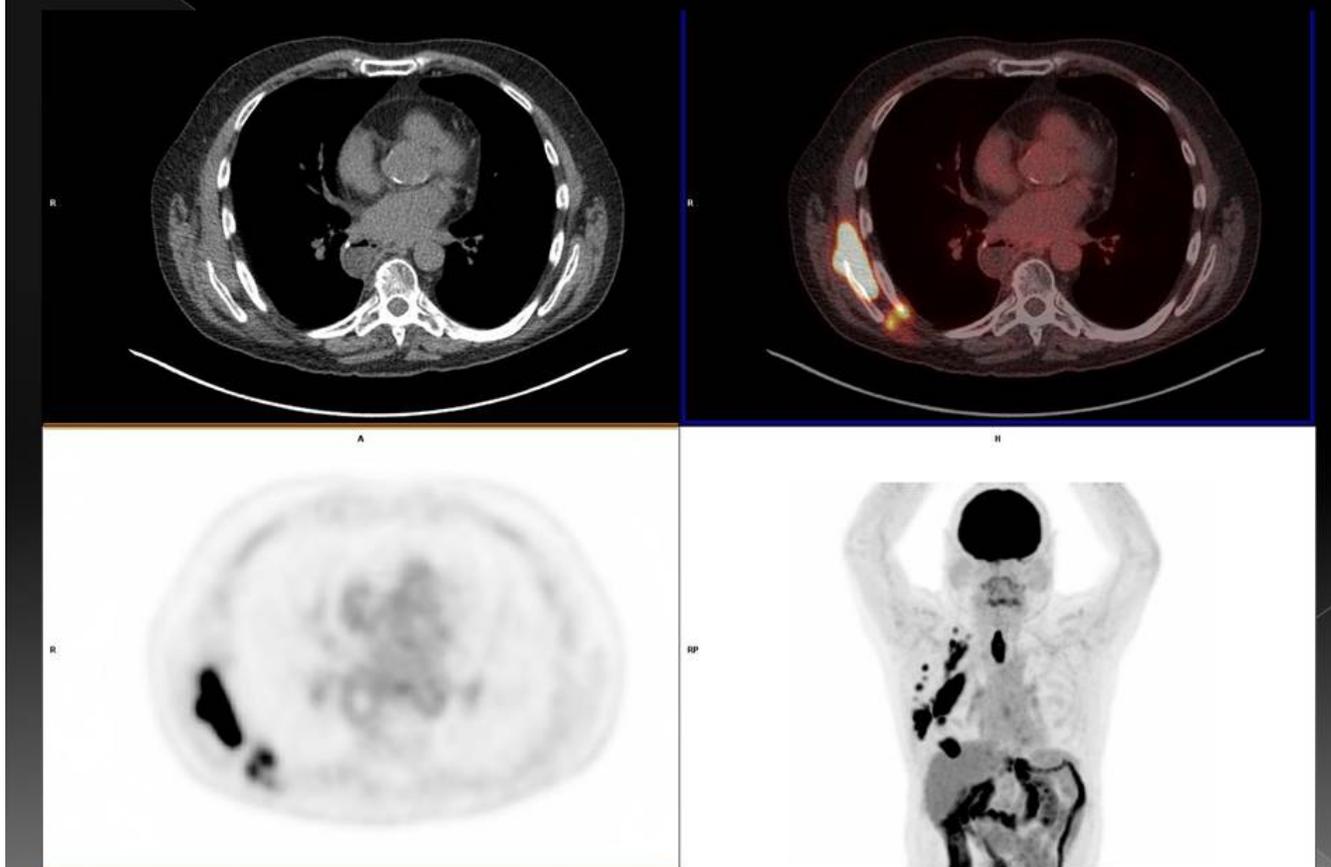


Fig. 31: PET/TC que muestra recidiva de Ca de esófago con metástasis musculares en pared torácica derecha.

Fig. 32

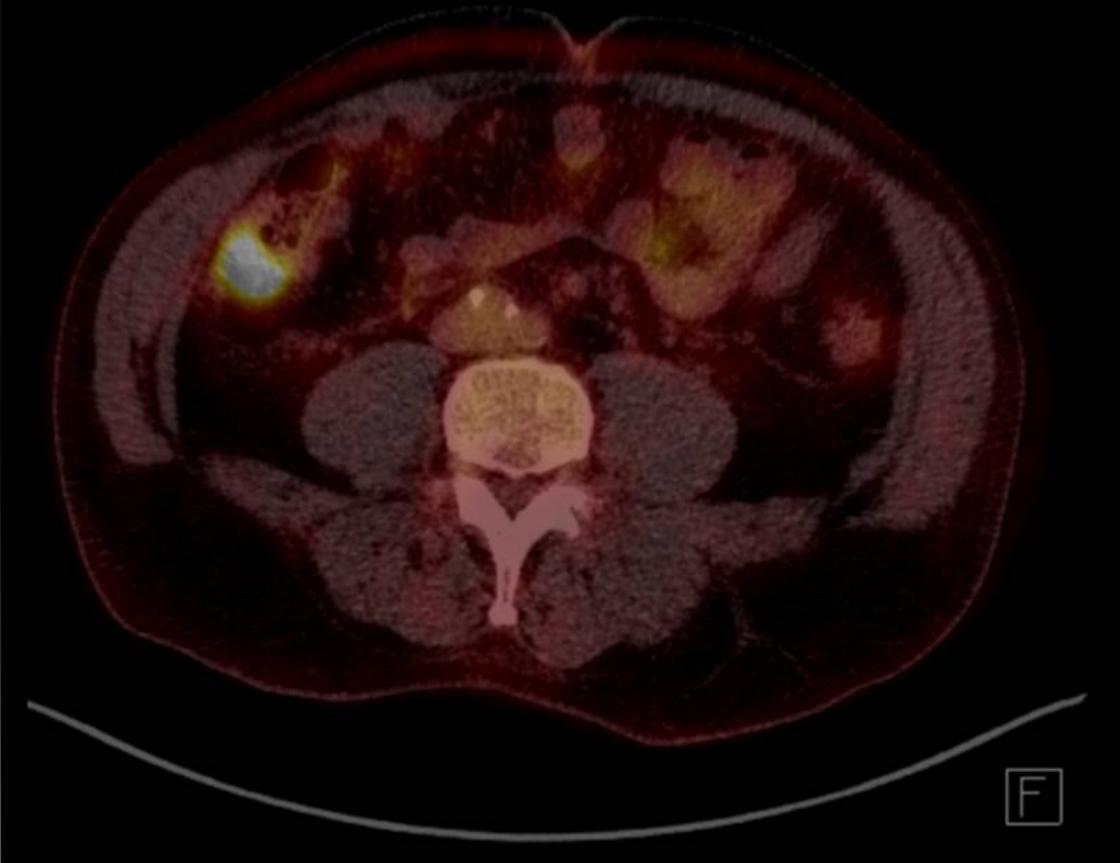


Fig. 32: Se muestra foco de captación secundario a neoplasia de ciego.

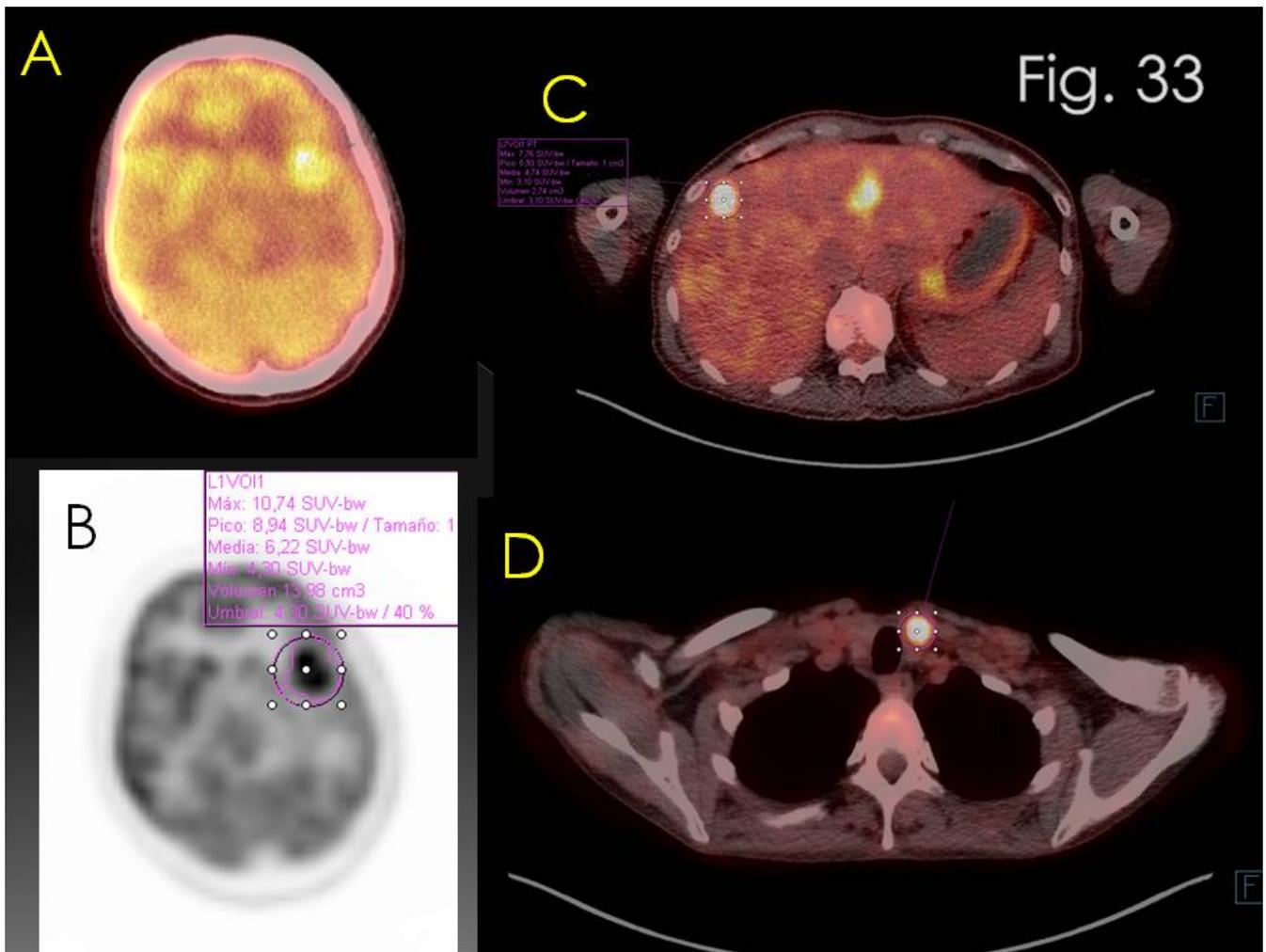


Fig. 33: Estadificación de melanoma, con metástasis cerebrales (A y B), hepáticas (C) y en lóbulo tiroideo izquierdo (D).

Fig. 34

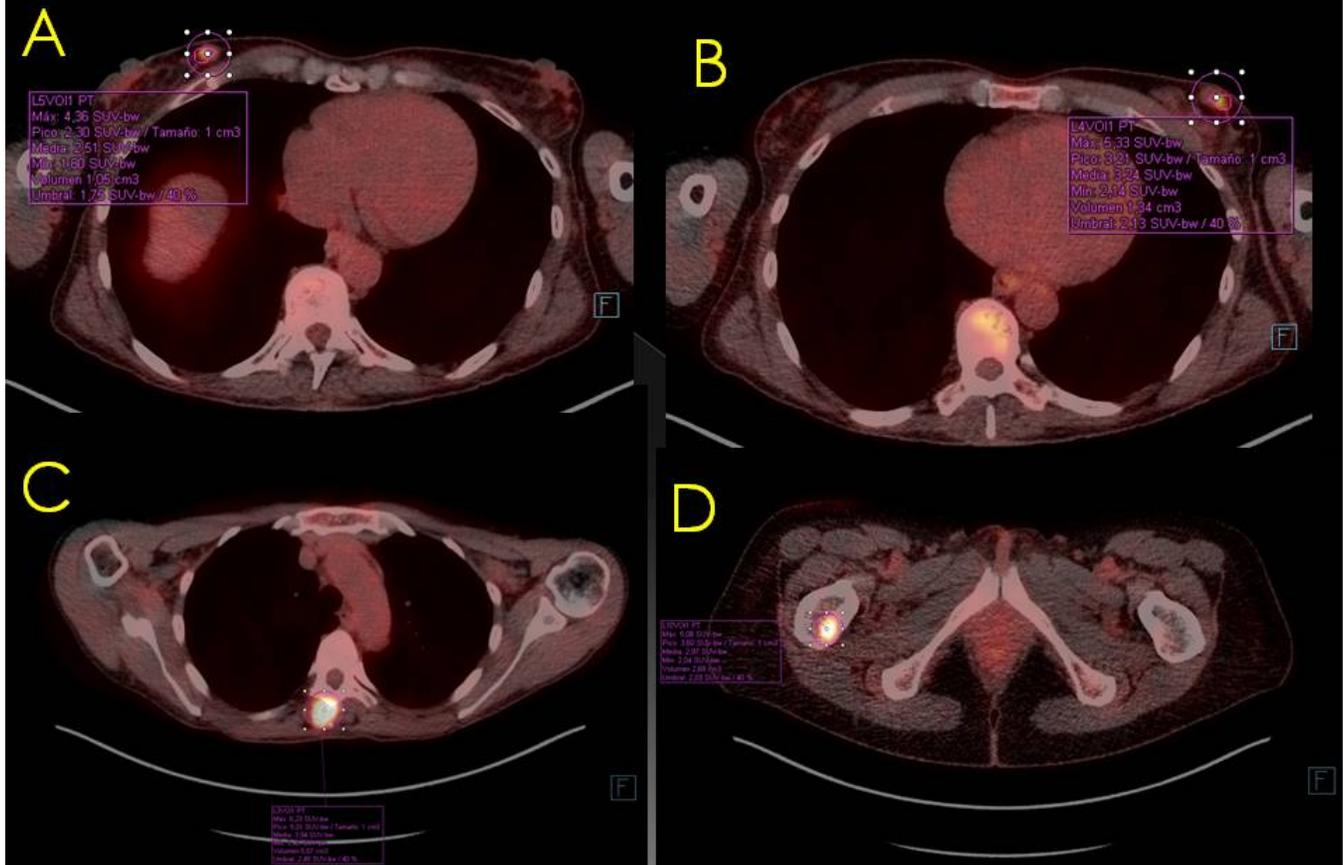


Fig. 34: Estadificación de melanoma. Mismo paciente que la figura anterior. Se muestran metástasis en ambas mamas (A y B), en musculatura paravertebral (C) y ósea (D).

Fig. 35

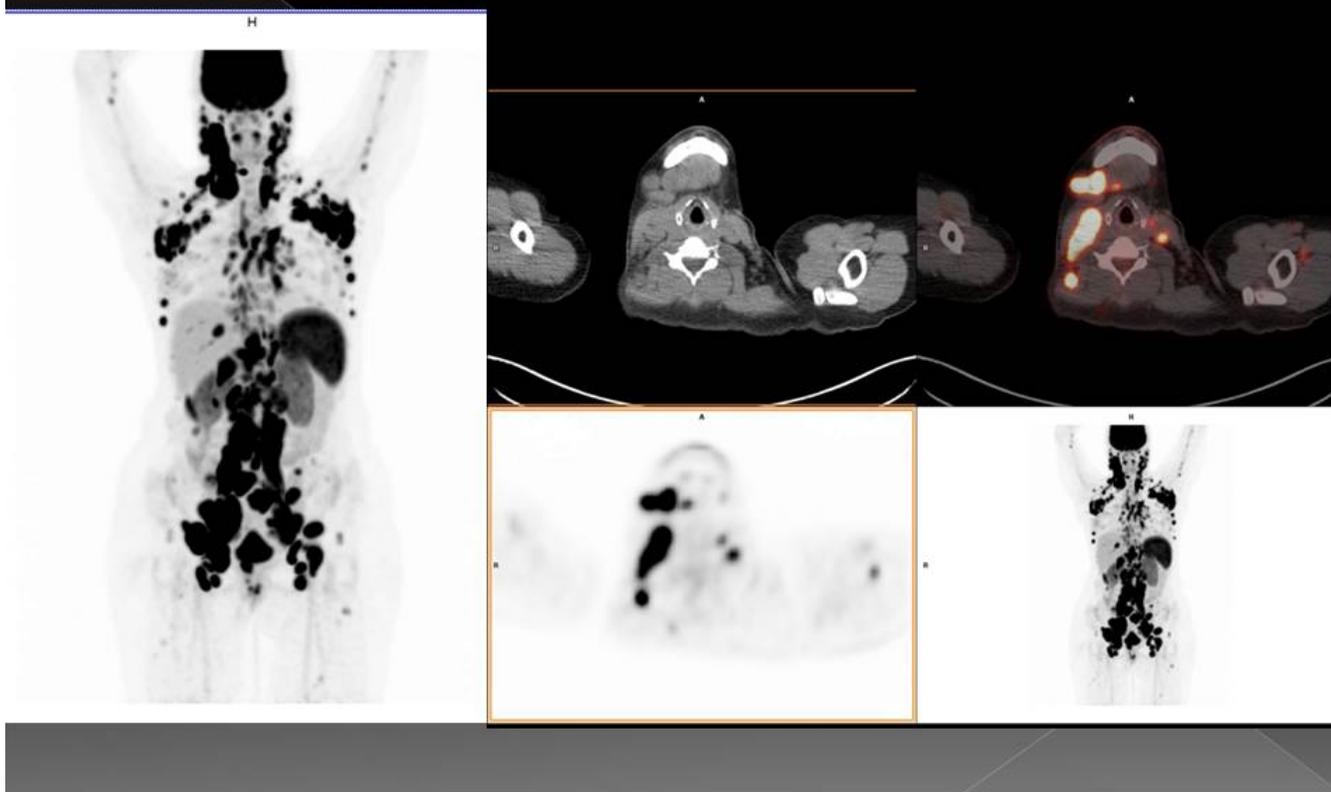


Fig. 35: Estadiaje de linfoma B de células grandes: afectación ganglionar, esplénica y probablemente en pared derecha de vagina.

Fig. 36

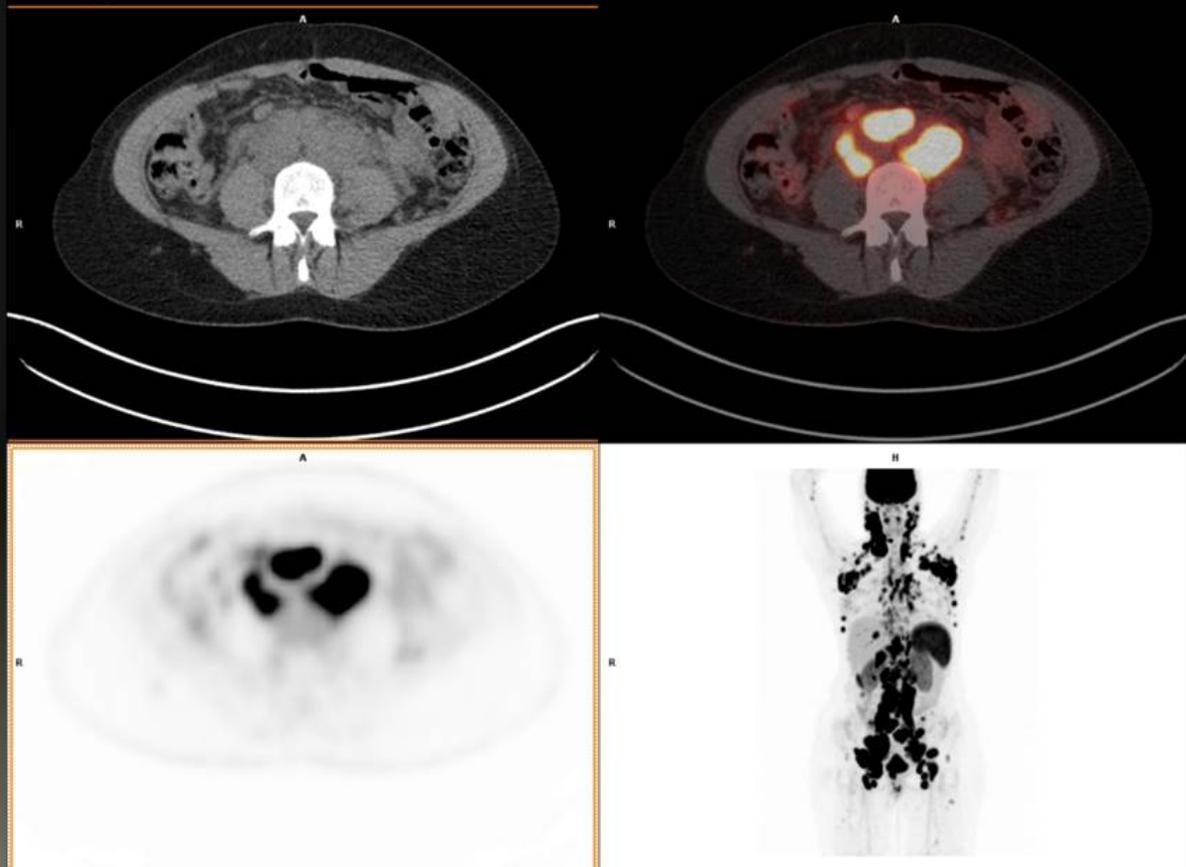


Fig. 36: Estadiaje de linfoma B de células grandes: afectación ganglionar, esplénica y probablemente en pared derecha de vagina. Mismo paciente que en figura 35.

Fig. 37

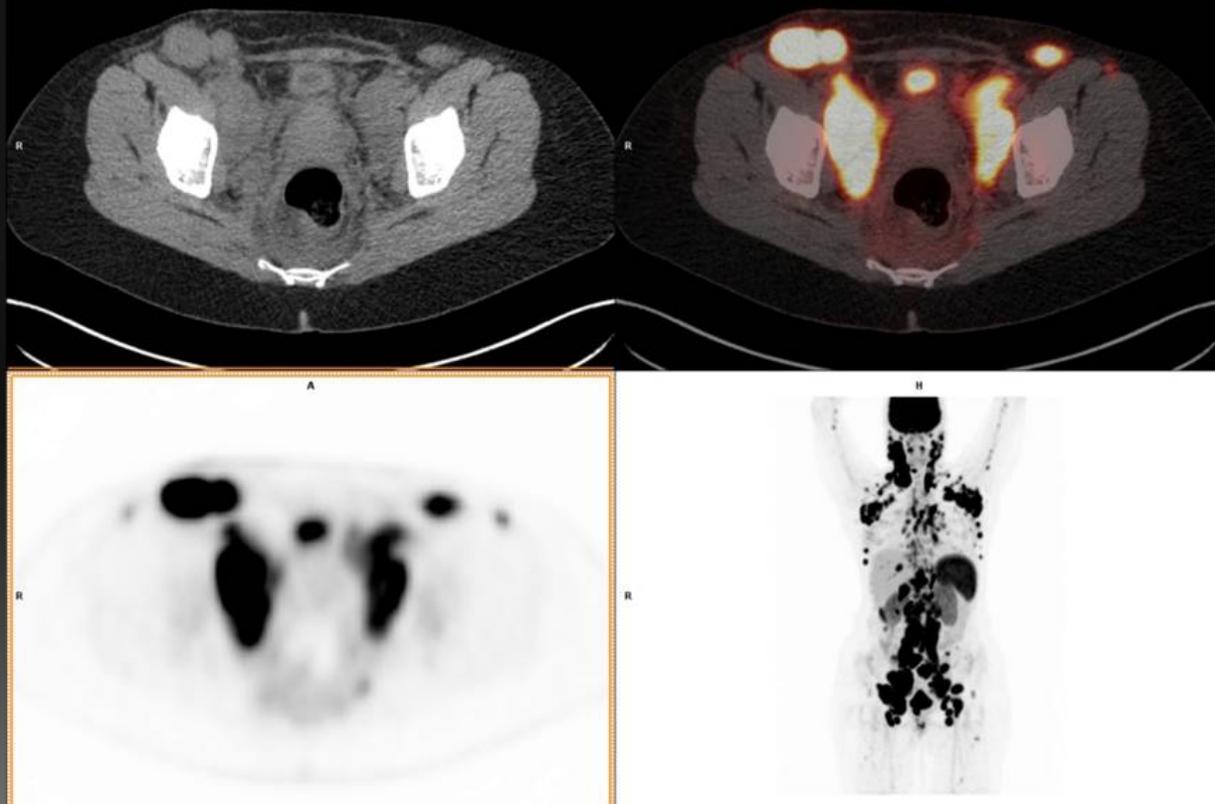


Fig. 37: Estadiaje de linfoma B de células grandes: afectación ganglionar, esplénica y probablemente en pared derecha de vagina. Mismo paciente que en figuras 35 y 36.

Fig. 38

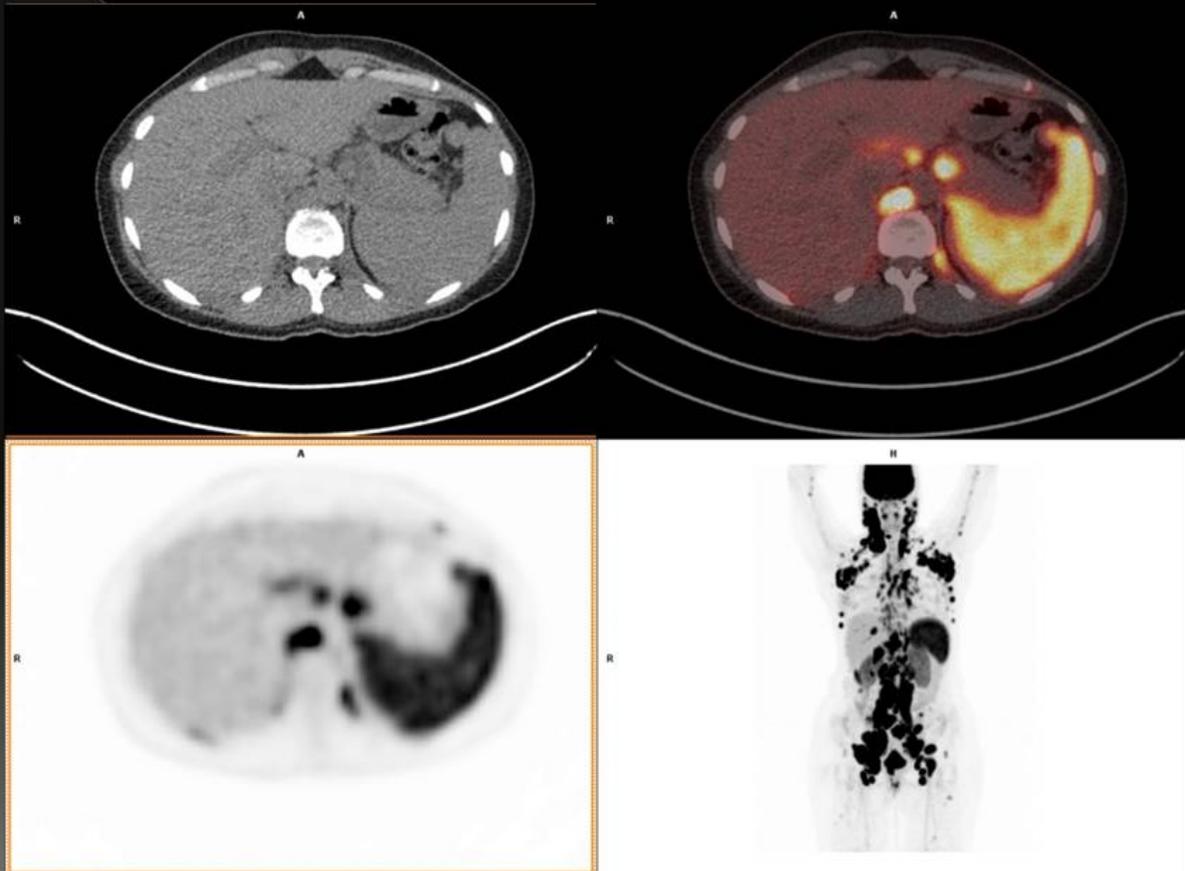


Fig. 38: Estadiaje de linfoma B de células grandes: afectación ganglionar, esplénica y probablemente en pared derecha de vagina. Mismo paciente que en figuras 35-37

Fig. 39

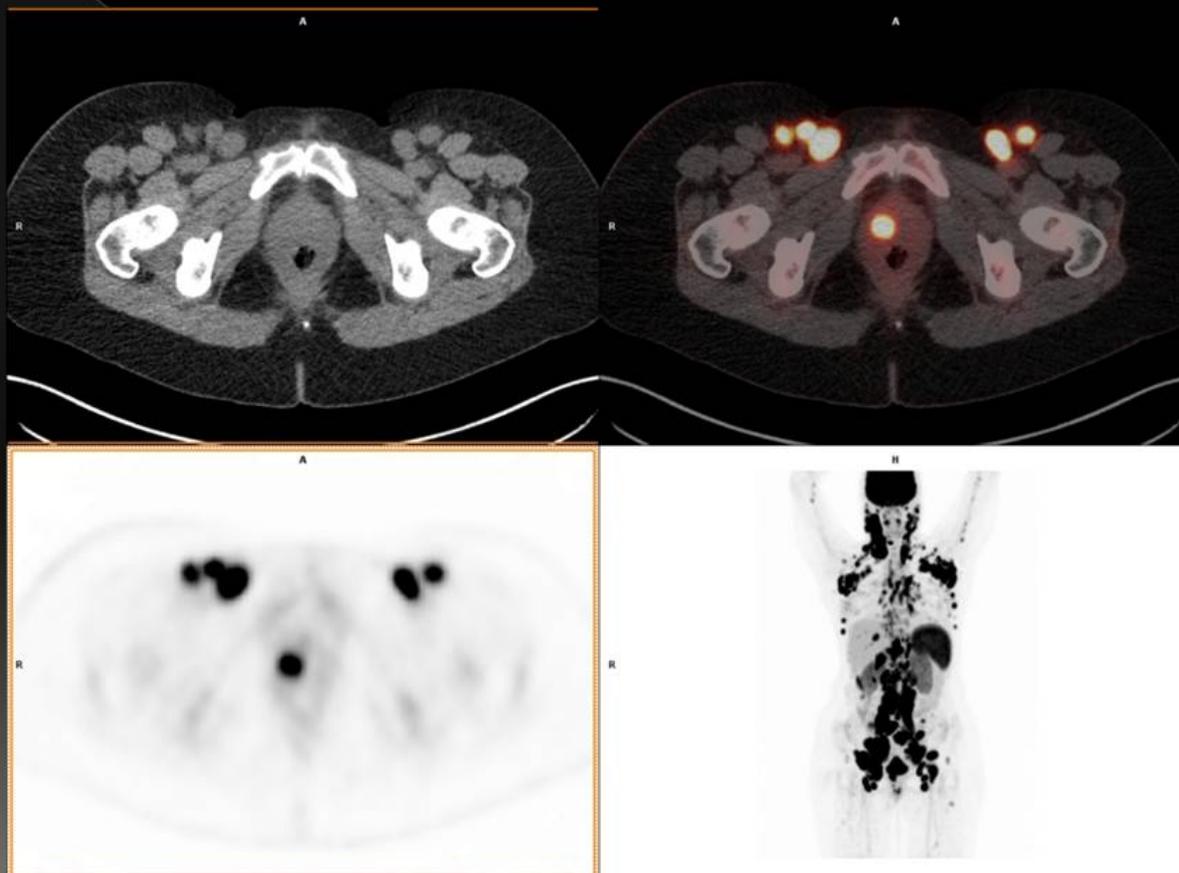


Fig. 39: Estadiaje de linfoma B de células grandes: afectación ganglionar, esplénica y probablemente en pared lateral derecha de la vagina. Mismo paciente que en figuras 35-38.

Fig. 40

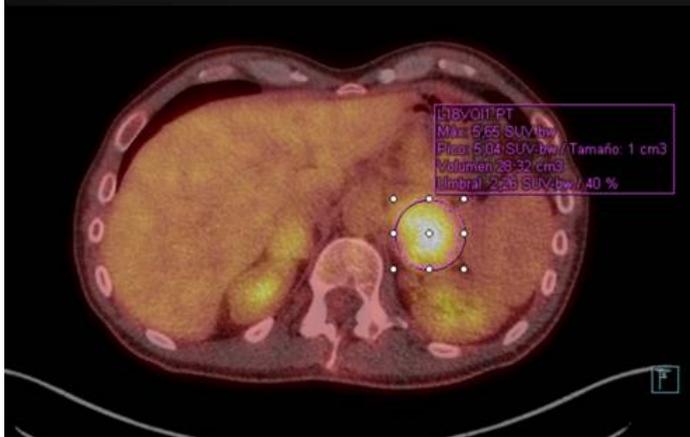
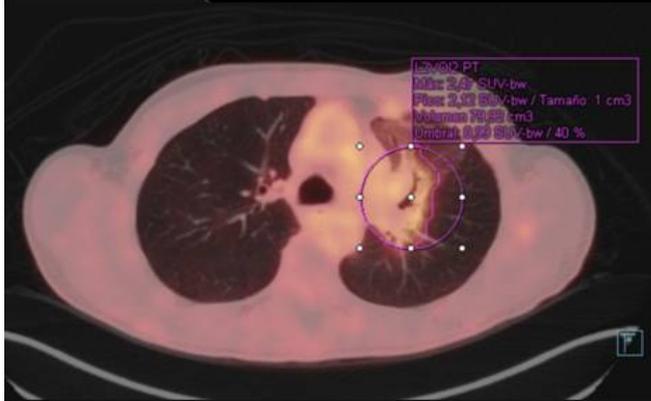


Fig. 40: Reestadiaficación de Ca neuroendocrino de pulmón, que muestra metástasis en glándula suprarrenal izquierda.

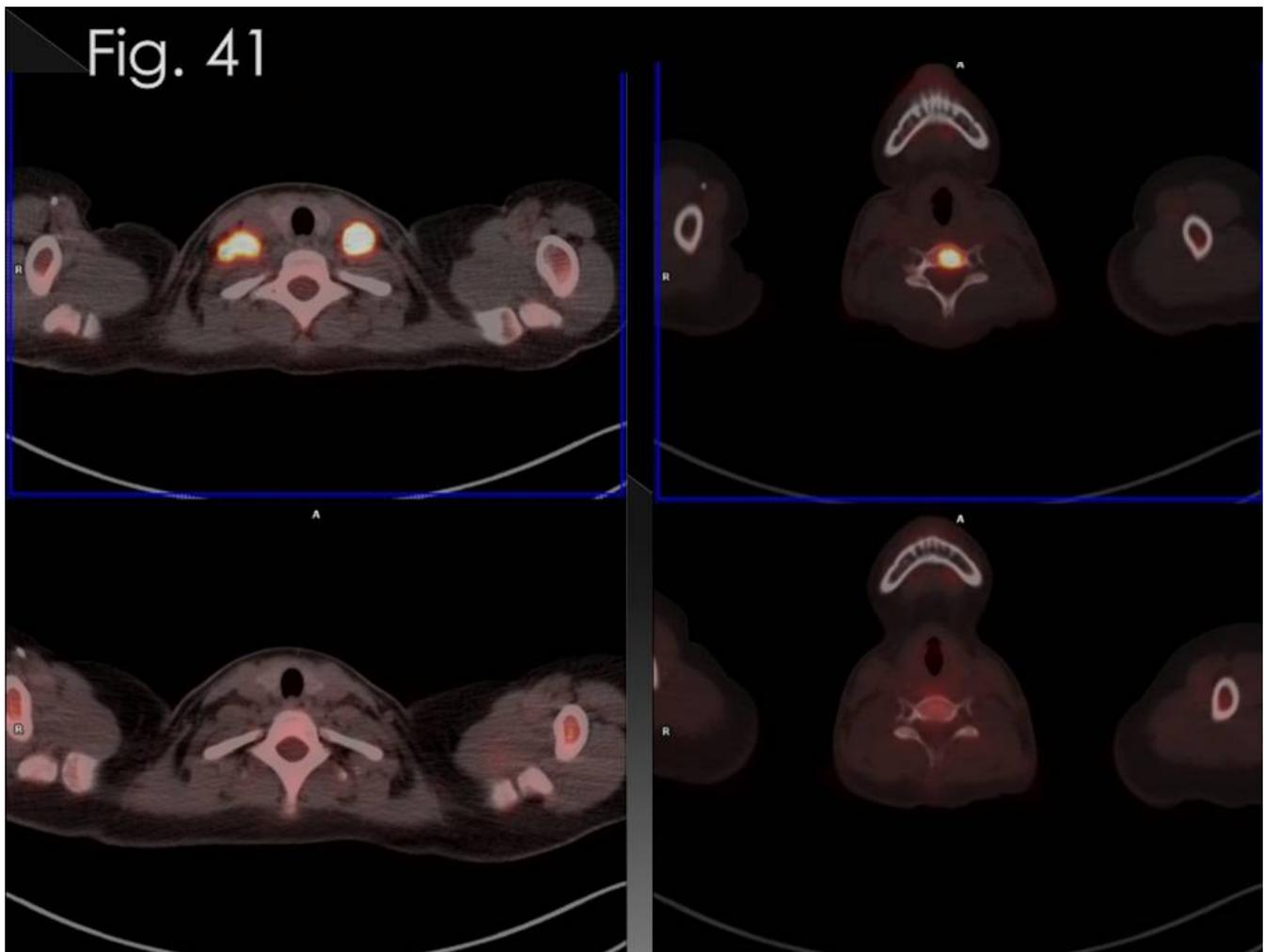


Fig. 41: Valoración de respuesta al tratamiento en linfoma de Hodgkin. Actualmente en remisión completa (imágenes inferiores) en comparación con el estudio previo (imágenes superiores). Mismo paciente que en figura 12.

Fig. 42

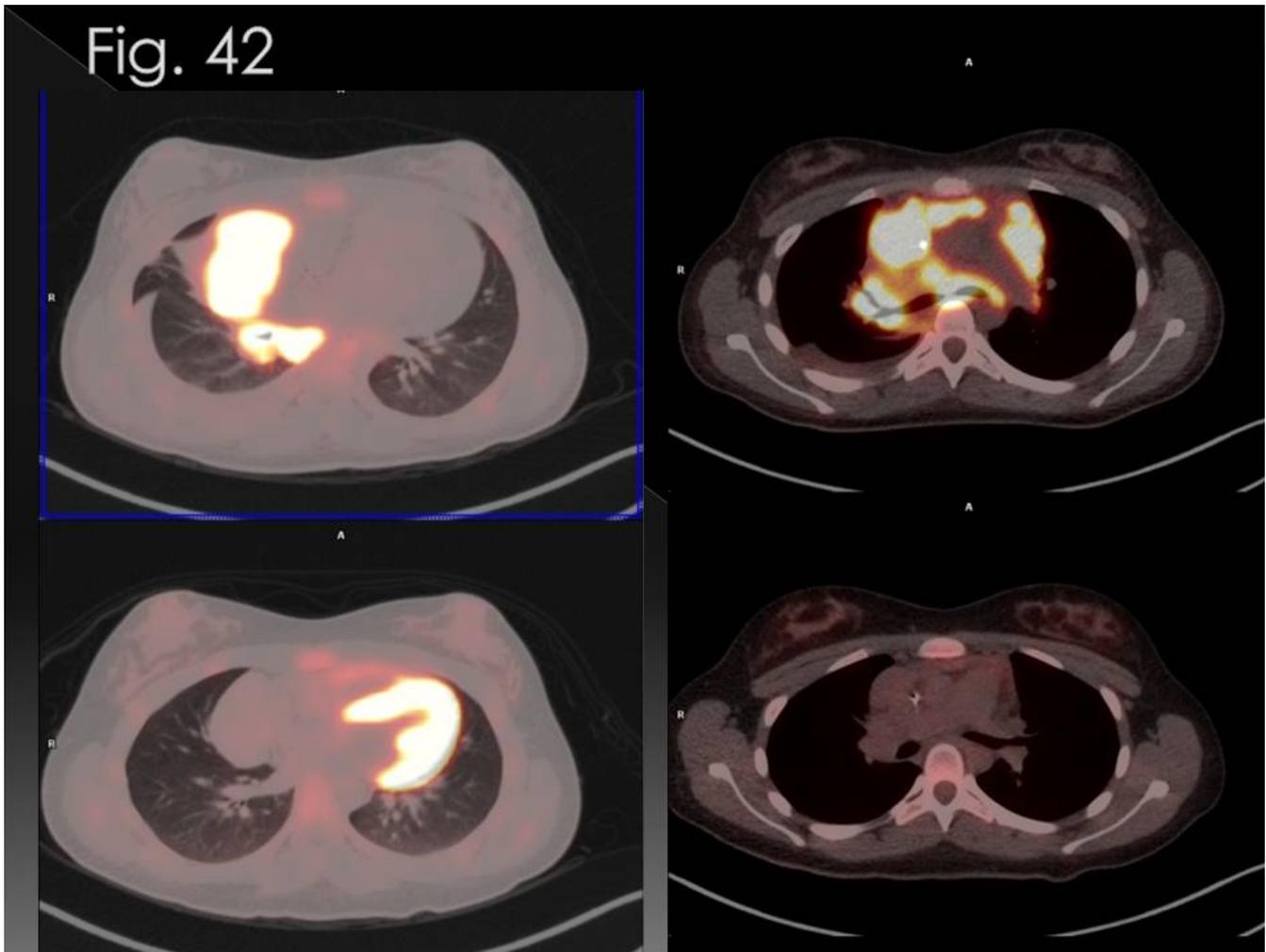


Fig. 42: Valoración de respuesta al tratamiento en linfoma de Hodgkin. Actualmente en remisión completa (imágenes inferiores) en comparación con el estudio previo (imágenes superiores). Mismo paciente que en figuras 12 y 41.

Fig. 43

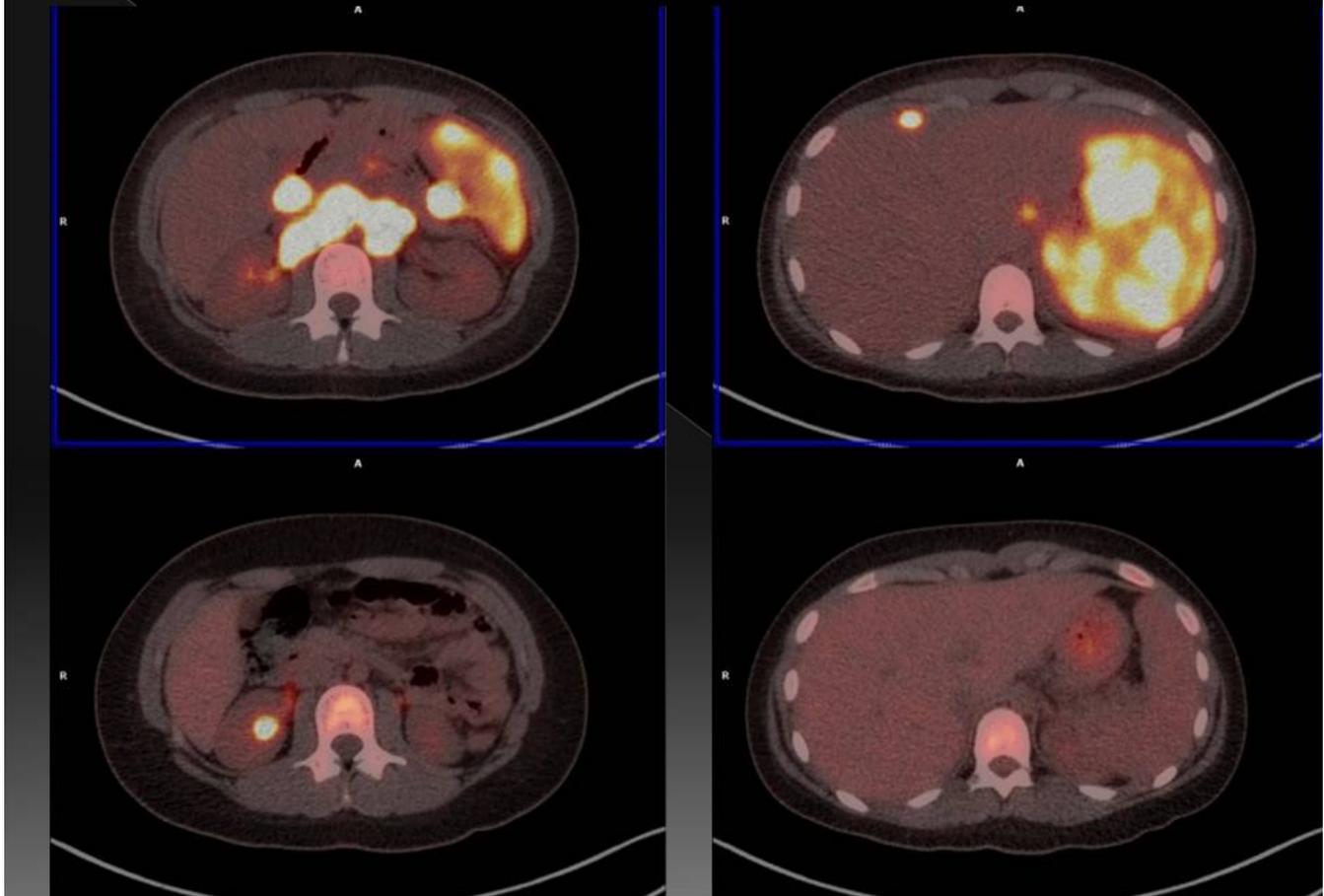


Fig. 43: Valoración de respuesta al tratamiento en linfoma de Hodgkin. Actualmente en remisión completa (imágenes inferiores) en comparación con el estudio previo (imágenes superiores). Mismo paciente que en figuras 12, 41 y 42.

Conclusiones

La fusión del PET con la TC es una técnica de imagen que puede ser muy útil, ya que a la imagen metabólica del PET se añade la capacidad anatómica de la TC, aumentando la especificidad de la prueba y consiguiendo una mejor detección, localización y caracterización de las lesiones a estudio.

Bibliografía / Referencias

Coronado Poggio M, Couto Caro RM, Rodado Marina S, Martín Curto LM. Semiología de la PET/TAC con 18F-FDG. Revista Española de Medicina Nuclear e Imagen Molecular. 2008;27(4):284-306.

Roldán-Valadez E, Vega-González I, Valdivieso-Cárdenas G, Rumoroso-García A, Morales-Santillán O,

Osorio-Cardiel L. Conceptos básicos del 18F-FDG PET/CT. Definición y variantes normales. Gac Med Mex. 2008 Mar-Apr;144(2):137-46.

Karunanithi et al. Spectrum of Physiologic and Pathologic Skeletal Muscle 18F-FDG Uptake on PET/CT. American Journal of Roentgenology. 2015;205: W141-W149. 10.2214/AJR.14.13457.