



# Afectación músculo-esquelética como debut en enfermedades hematológicas y oncológicas en PET-CT

PATRICIA GARCIA GARCIA<sup>1</sup>

MARIA DEL CARMEN DE BENAVIDES

BERNALDO DE QUIROS<sup>1</sup>

VALENTINA CASTILLO MORALES<sup>2</sup>

ISABEL HERNANDEZ PEREZ<sup>2</sup>

VICTOR RODRIGUEZ LAVAL<sup>1</sup>

NIEVES GOMEZ LEON<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Servicio de Radiodiagnóstico Hospital Universitario de La Princesa, Madrid

<sup>2</sup>Servicio de Medicina Nuclear Hospital Universitario de La Princesa, Madrid



# OBJETIVO DOCENTE

- 1. Revisión de imágenes de enfermedades hematológicas (linfoma, plasmocitoma, mieloma múltiple, etc) y patologías oncológicas (tumores primarios y metástasis) con PET-TC y afectación musculoesquelética como debut.
- 2. Papel del PET-CT en el seguimiento de estas enfermedades.

# REVISIÓN DEL TEMA

- La **IMAGEN QUE SE OBTIENE DEL TOMÓGRAFO PET** se basa en captar la emisión de fotones de radiación, resultantes de la reacción de aniquilación de los positrones emitidos por los radionúclidos, con los electrones de la materia. La señal es captada y procesada, y se obtiene una imagen tridimensional que muestra la distribución de la molécula trazadora marcada con el radionúclido emisor, que se elige para marcar una función específica en el organismo a nivel bioquímico. Por lo tanto, la PET proporciona imágenes moleculares de la función biológica.



# VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA PET



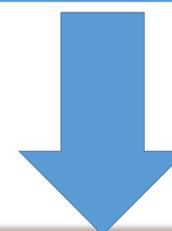
## VENTAJAS

- Gran resolución de contraste en comparación con las técnicas de imágenes anatómicas → detección temprana de la enfermedad, en la estadificación, la recurrencia y la evaluación precisa de la respuesta a la terapia.
- El PET puede detectar enfermedad temprana antes de cambios anatómicos macroscópicos y enfermedad en áreas que se interpretarían como normales en técnicas de imágenes anatómicas debido a la falta de cambios estructurales.

## DESVENTAJAS



- Resolución relativamente pobre en relación con las técnicas de imagen anatómica.
- Numerosas fuentes de captación no neoplásica de fluorodesoxiglucosa (FDG). Pueden observarse falsos positivos en una amplia gama de procesos inflamatorios/infecciosos u otras etiologías benignas.
- La PET tiene una sensibilidad limitada para lesiones <1 cm.

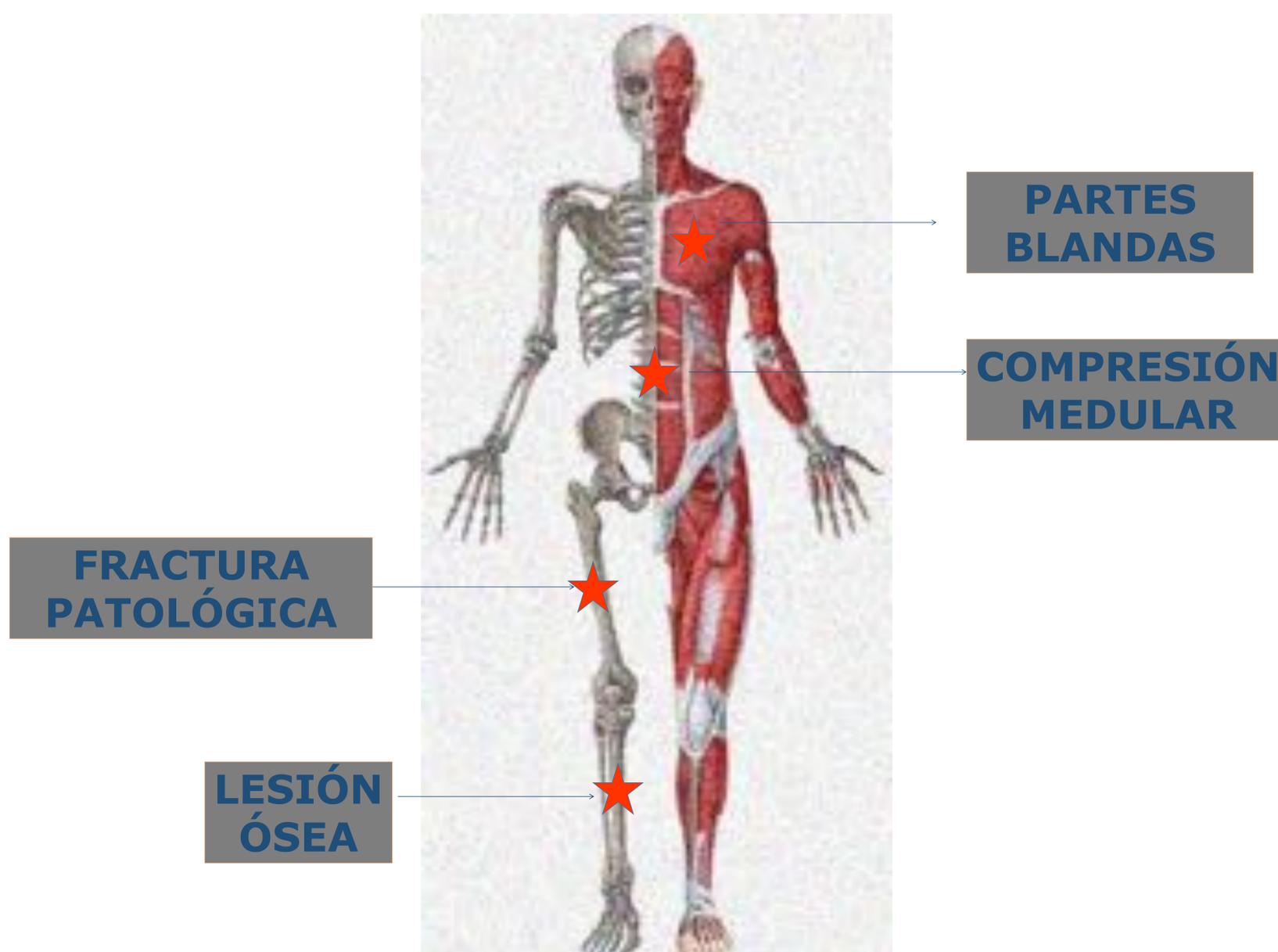


Sin embargo, muchas de las desventajas de la PET se mitigan con el uso de imágenes combinadas de PET/tomografía computarizada (TC)



# PET Y PATOLOGÍA MÚSCULO-ESQUELÉTICA

- Múltiples entidades oncológicas y hematológicas debutan con afectación del aparato locomotor. En algunos casos, los tumores se presentan inicialmente como metástasis óseas de origen desconocido. En estos casos la PET-TC juega un papel importante.
- Revisamos los estudios PET-TC de los últimos 10 años en nuestra institución con confirmación anatomopatológica.
- En cuanto a su debut músculo-esquelético los dividimos en compresión medular, lesión ósea, lesión de partes blandas o fractura patológica.



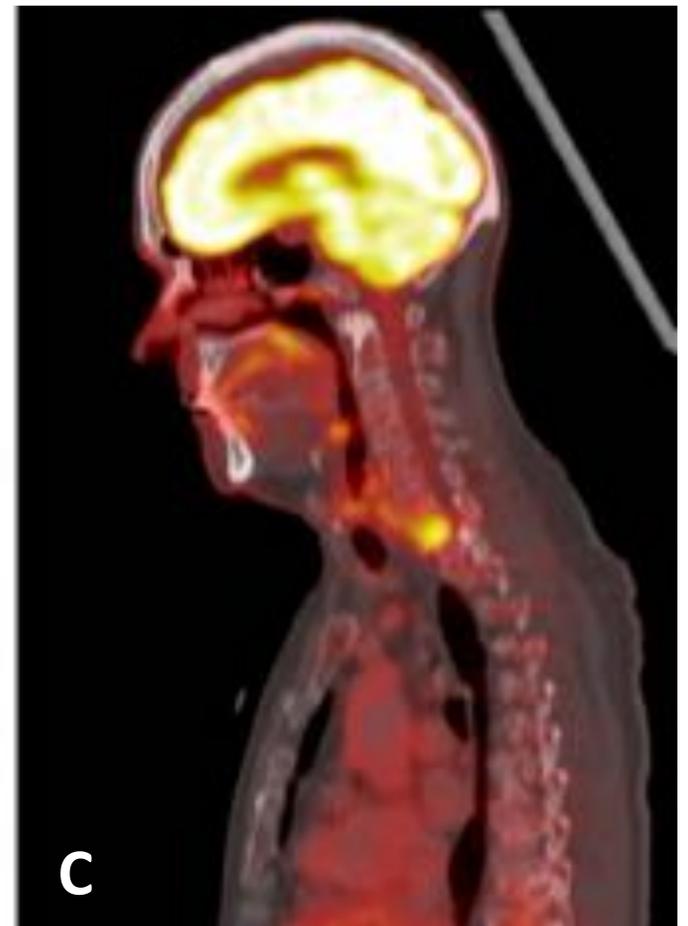
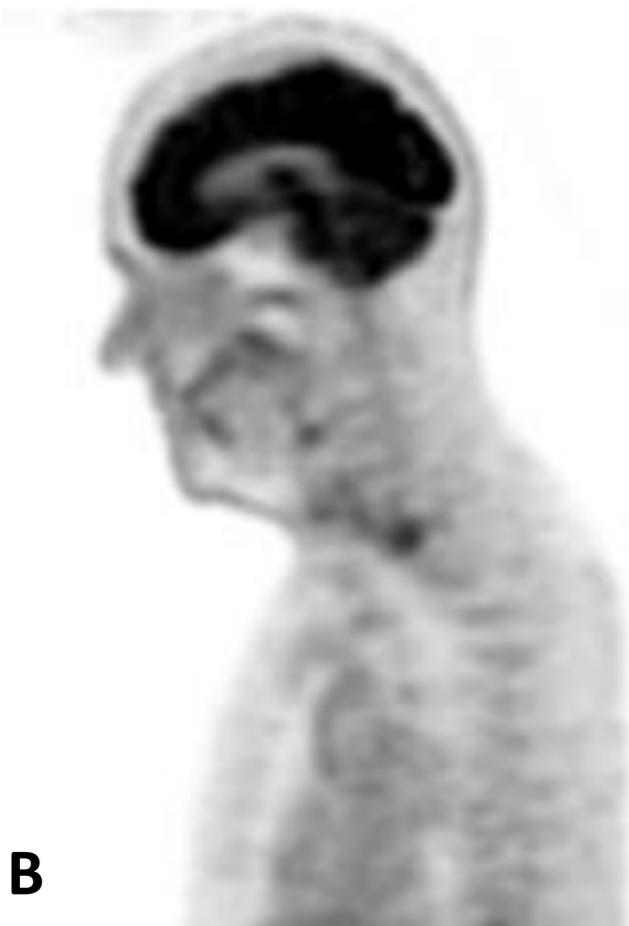


# COMPRESIÓN DE LA MÉDULA ESPINAL

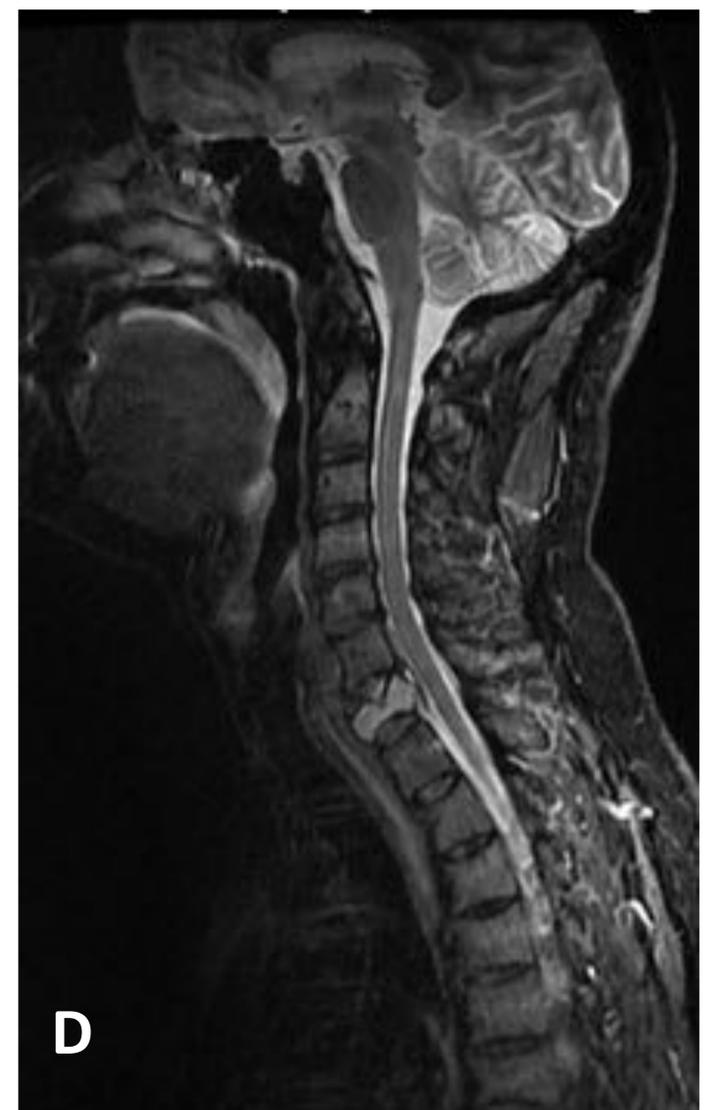
- Es una emergencia médica que requiere un diagnóstico y tratamiento adecuado para evitar una lesión irreversible de la médula espinal.
- Las pruebas de imagen son fundamentales para confirmar la sospecha clínica y también determinar la gravedad de la enfermedad y acotar el diagnóstico diferencial.
- Las **causas más comunes** de compresión medular son las neoplasias, tanto hematológicas como oncológicas.
- El espacio epidural es el compartimento más frecuentemente afectado por neoplasias hematológicas y tumores óseos primarios.
- El mieloma múltiple es la neoplasia ósea primaria más común y el tumor óseo primario más frecuente que puede conducir a una compresión de la médula espinal.
- La RM es el gold standart para el diagnóstico y la PET-TC juega un papel importante para la estadificación o el seguimiento, dependiendo de la neoplasia de origen.

# COMPRESIÓN DE LA MÉDULA ESPINAL

## PLASMOCITOMA: C7

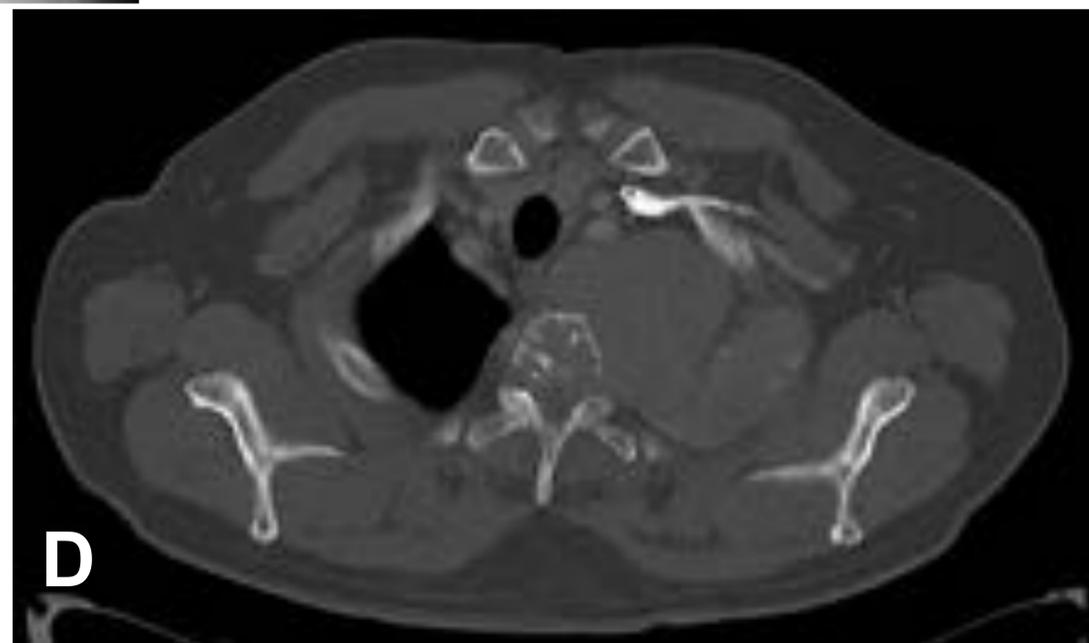
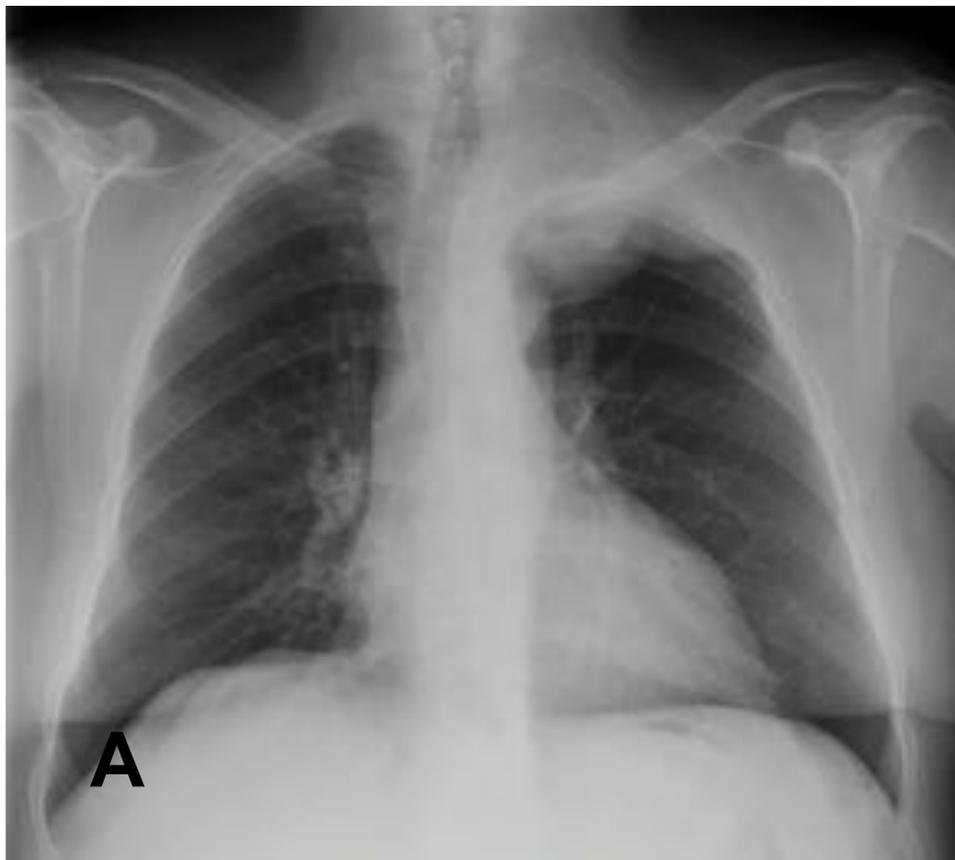


TC (A), imagen PET (B) e imagen de fusión (C), muestran captación intensa de FDG en C7, lesión sugestiva de malignidad. Imagen de resonancia magnética (D), compresión de la médula espinal. La biopsia fue compatible con plasmocitoma



# COMPRESIÓN DE LA MÉDULA ESPINAL

## PLASMOCITOMA/MIELOMA MÚLTIPLE



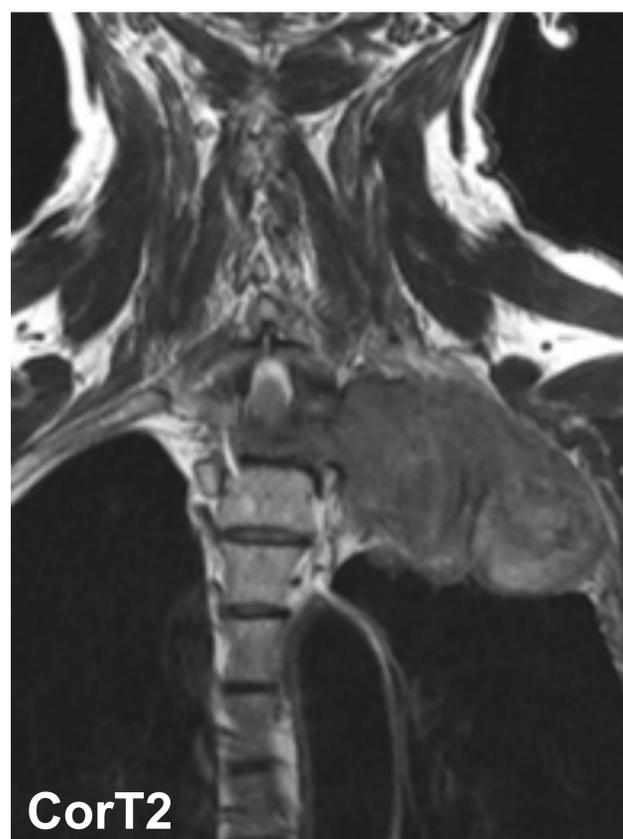
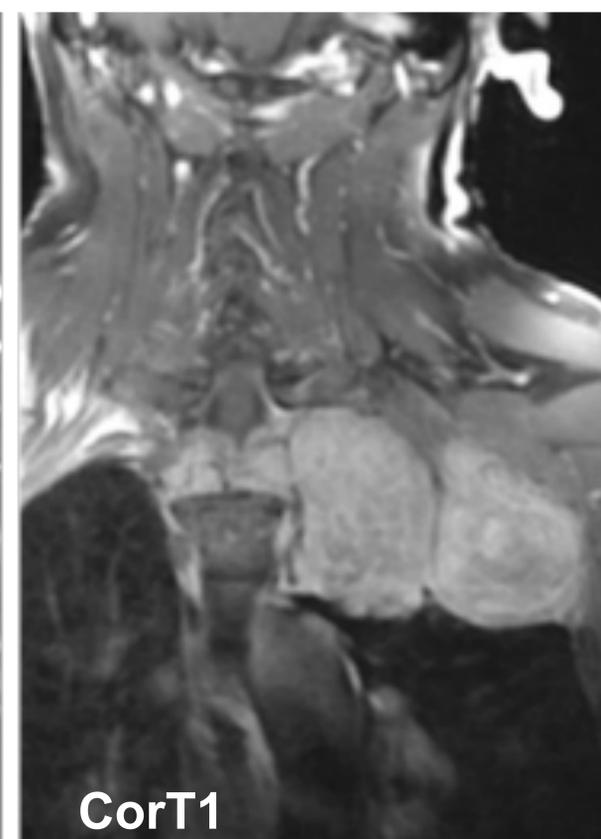
Varón de 68 años acude al servicio de urgencias por dolor infraclavicular izquierdo subagudo que se irradia al miembro superior izquierdo. La radiografía de Urgencias (A, B) mostró una masa en el lóbulo superior izquierdo. La TC de tórax (C, D) confirmó la presencia de una gran masa polilobulada en el ápex pulmonar izquierdo que se extiende al mediastino, desplazando la tráquea y el esófago a la derecha; afecta a la 2ª costilla izquierda, con destrucción ósea cortical y componente de partes blandas asociado infiltrando la musculatura adyacente, y al cuerpo vertebral T1 y T2 con invasión del canal espinal y probable compresión de la médula espinal

# COMPRESIÓN DE LA MÉDULA ESPINAL

## PLASMOCITOMA/MIELOMA MÚLTIPLE

**SagT2****SagT1****SagT1Gd+**

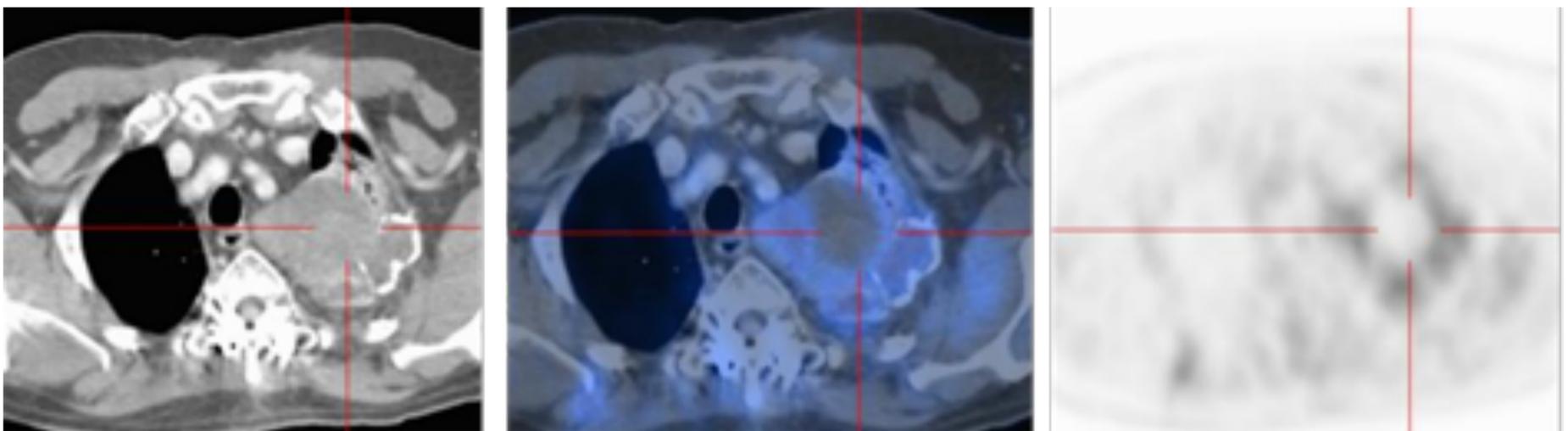
Se realizó resonancia magnética para caracterizar el tumor. La masa presenta una intensidad de señal heterogénea en T1 y T2 con intenso realce tras la administración de contraste. La lesión invade el espacio epidural y comprime la médula espinal. Se realizó una biopsia con aguja transtorácica percutánea guiada por TC. El análisis inmunohistoquímico reveló una proliferación clonal de células plasmáticas compatible con mieloma múltiple/plasmocitoma

**CorT2****CorT1**

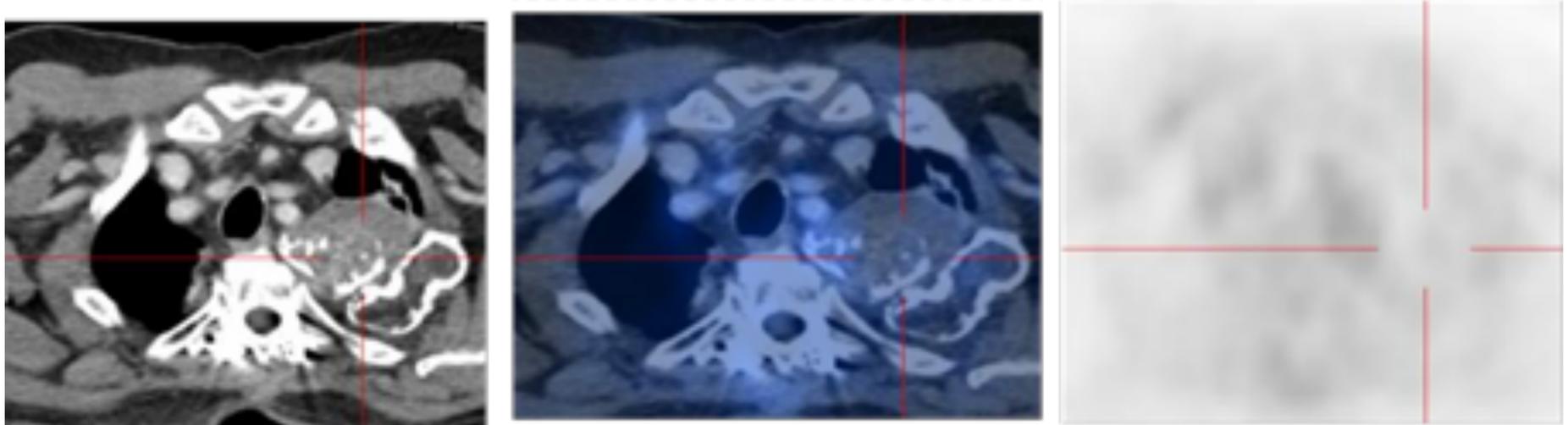
# COMPRESIÓN DE LA MÉDULA ESPINAL

## PLASMOCITOMA/MIELOMA MÚLTIPLE

### PET –TC DE ESTADIFICACIÓN



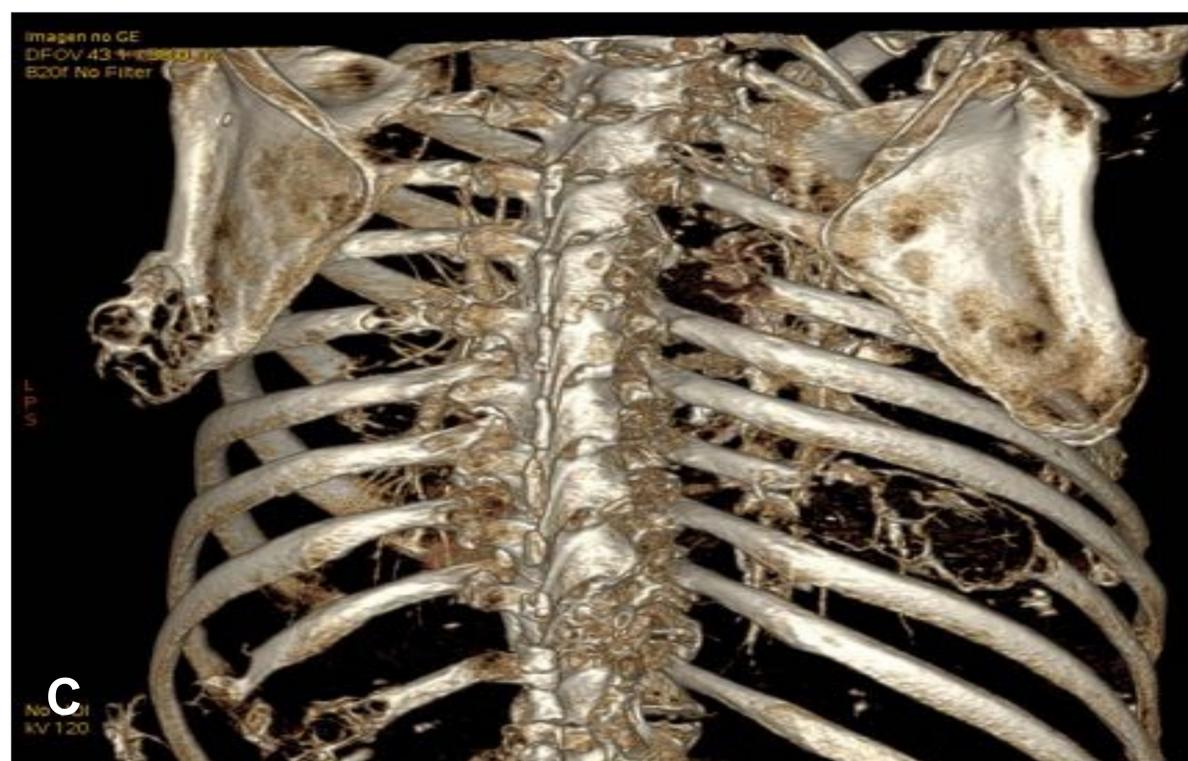
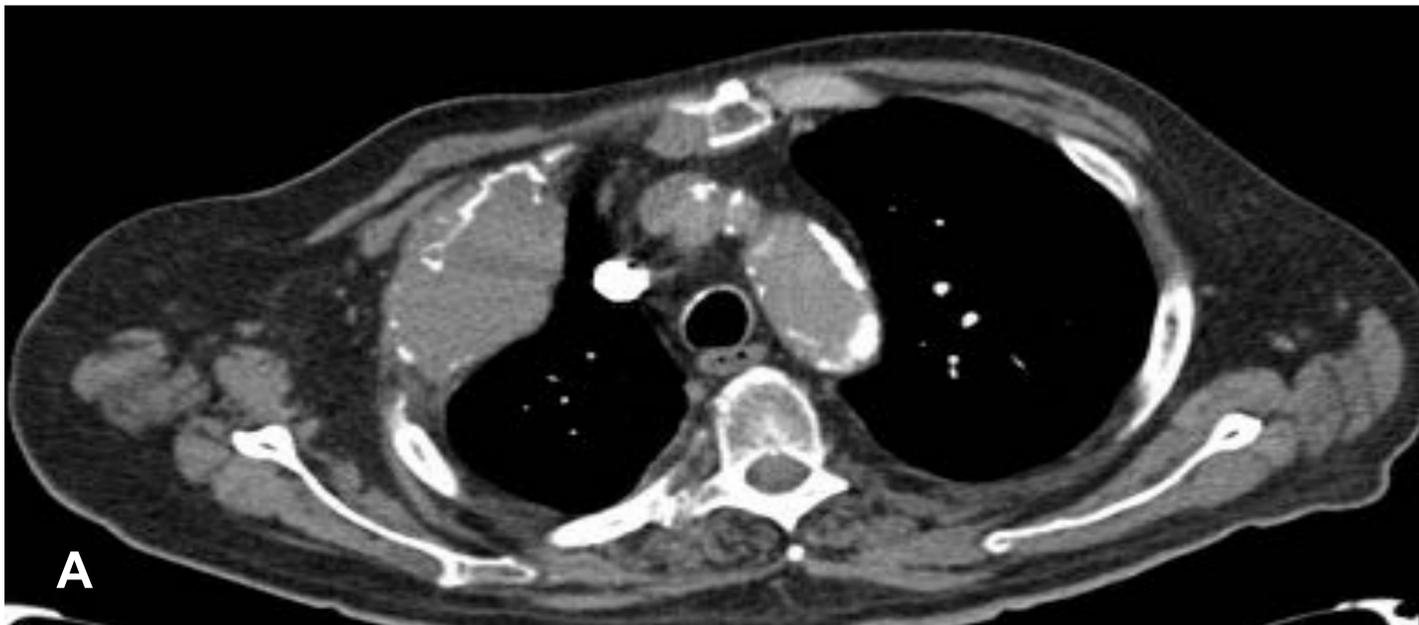
### PET –TC DE SEGUIMIENTO



En la fila superior, PET/TC de estadificación después de una cirugía descompresiva urgente.  
En la fila inferior, la PET/TC de seguimiento: tras un año muestra una respuesta metabólica con persistencia del tumor

# COMPRESIÓN DE LA MÉDULA ESPINAL

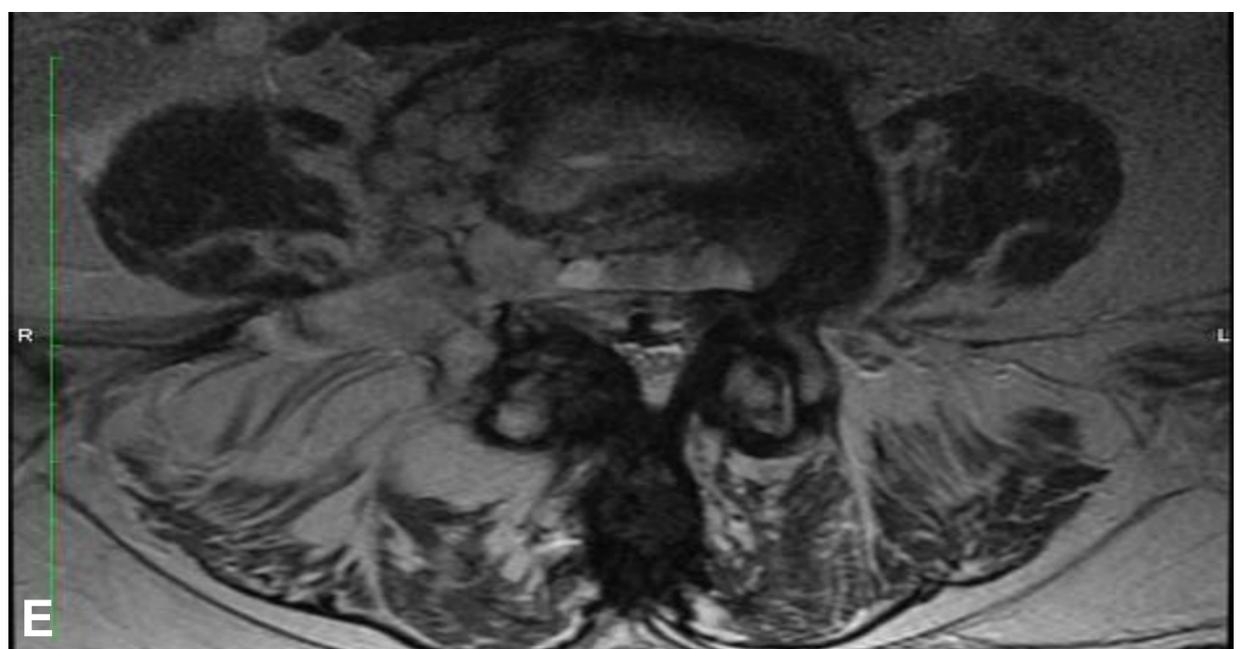
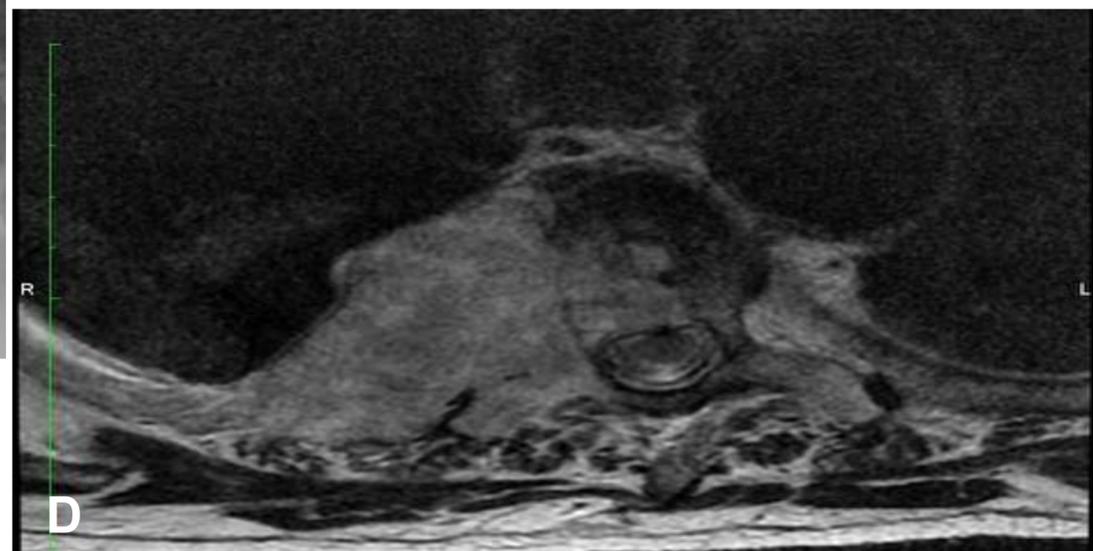
## MIELOMA MÚLTIPLE



Varón de 76 años con síntomas de dolor óseo generalizado. Las imágenes de la TC mostraron una afectación ósea generalizada en todo el esqueleto. Las imágenes A y B muestran la afectación del arco costal y la imagen C, reconstrucción 3D, la afectación de ambas escápulas

# COMPRESIÓN DE LA MÉDULA ESPINAL

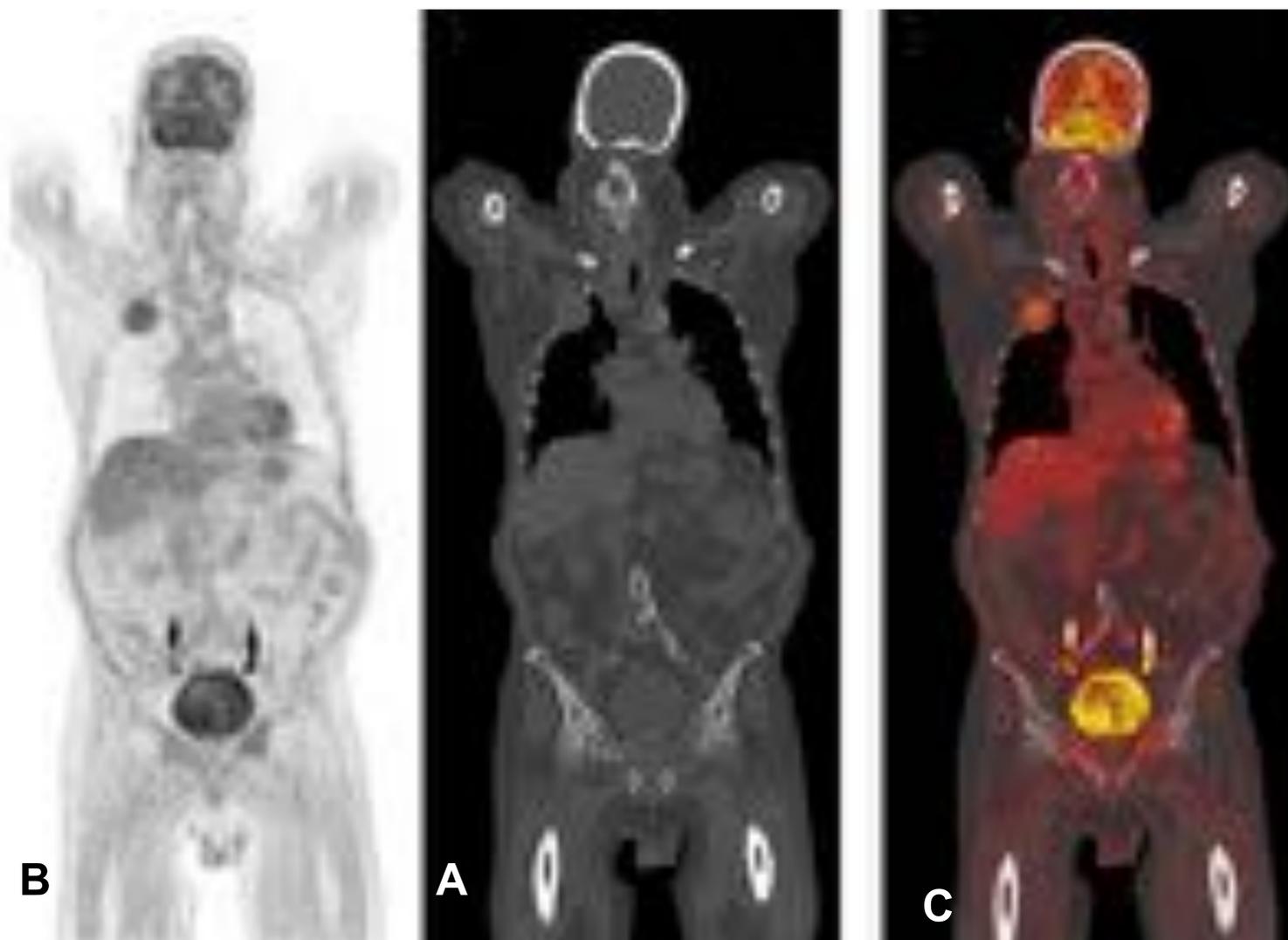
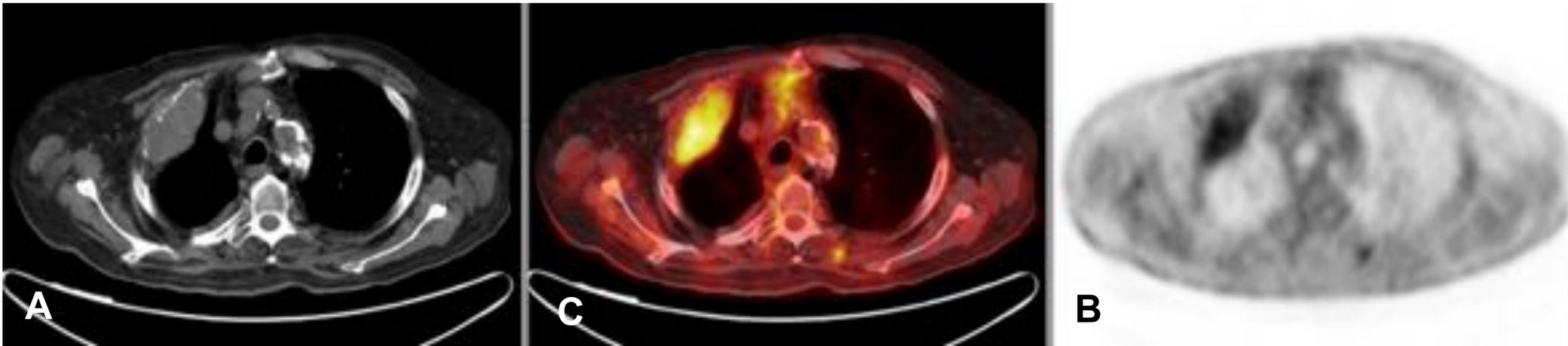
## MIELOMA MÚLTIPLE



Mismo paciente, serie ósea de columna dorso-lumbar (A, B), se identifica aplastamiento de últimos cuerpos lumbares sin afectación dorsal. RM completa de columna (C) afectación de múltiples vértebras, cervicales, dorsales y lumbares. STIR axial torácico (D) y lumbar (E), compresión de la médula espinal.

# COMPRESIÓN DE LA MÉDULA ESPINAL

## MIELOMA MÚLTIPLE



Mismo paciente, TC (A), muestra lesión lítica con masa de partes blandas en segundo arco costal anterior derecho. La imagen PET (C) y la imagen de fusión (B), muestran una intensa captación de FDG de la lesión (SUVmax 4,6). El diagnóstico final fue Mieloma múltiple



## LESIONES ÓSEAS

- La PET- FDG es sensible para **metástasis óseas líticas** pero menos sensible para metástasis escleróticas, aunque depende del tumor primario; en el cáncer de próstata, es mucho menos sensible que una gammagrafía ósea, pero para el cáncer de pulmón, es probablemente superior. Sin embargo, muchas metástasis escleróticas sin captación de FDG pueden representar metástasis tratadas. Las **lesiones osteoblásticas** ávidas de FDG pueden ser más resistentes al tratamiento.
- En relación con la **correlación de PET y CT**, el valor predictivo positivo (VPP) de la PET/TC para neoplasias óseas es del 98 % cuando los resultados de la PET y la TC son concordantes. Si la PET es positiva y la TC es negativa, a menudo es necesaria la confirmación con pruebas adicionales como la RM, especialmente si la lesión es solitaria. Las lesiones óseas que son positivas en TC pero negativas en PET tienen un VPP de 17% para malignidad.
- La FDG PET refleja mejor la **actividad tumoral de las metástasis óseas** que la TC. Los cambios radiográficos varían mucho después del tratamiento y no se correlacionan bien con la presencia de un tumor activo. Las metástasis óseas tratadas tienden a ser blásticas en TC y PET negativas.

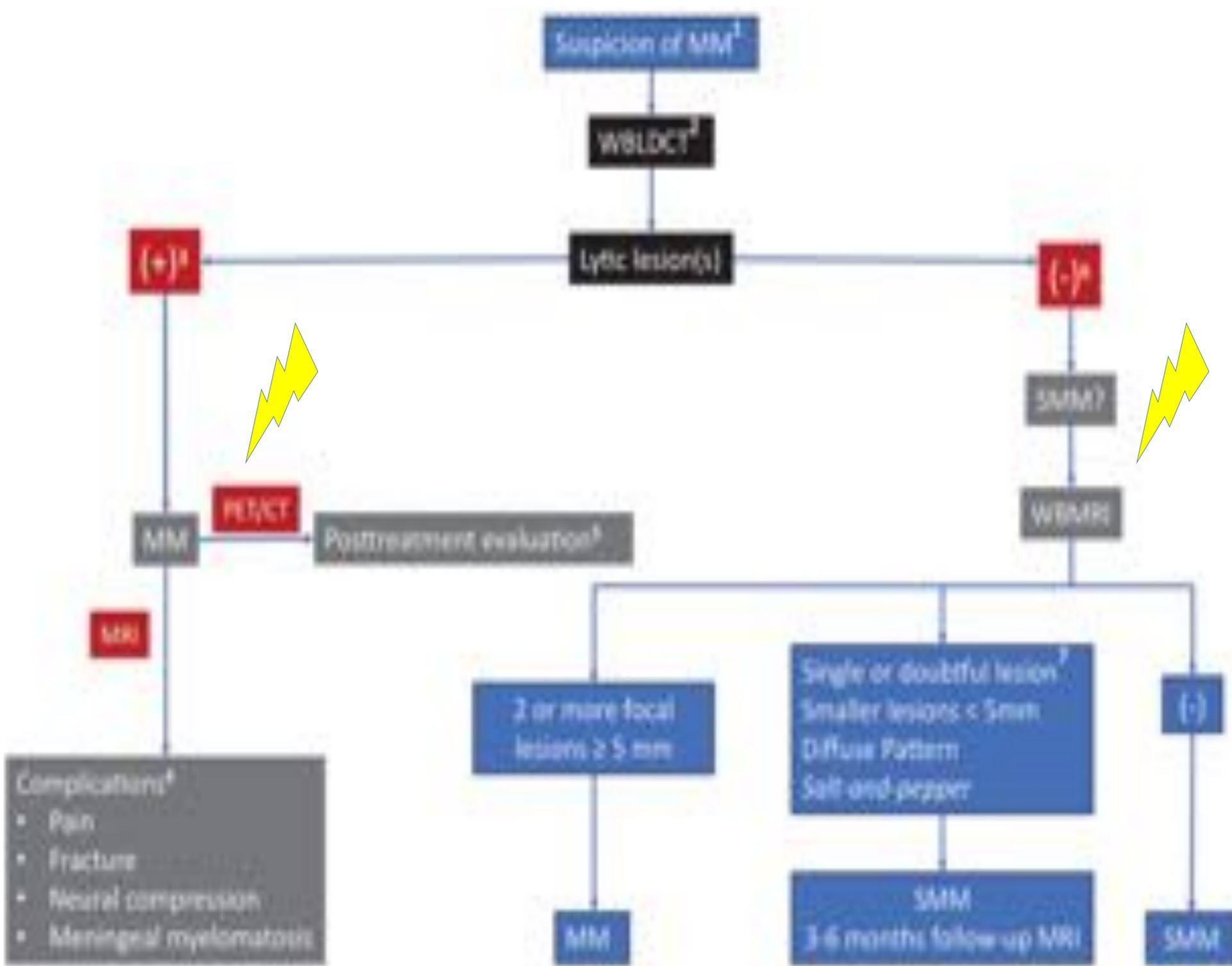


## LESIONES ÓSEAS

- La correlación radiológica es necesaria si se observan **lesiones óseas únicas en pacientes con cáncer**, ya que las lesiones óseas primarias benignas a menudo pueden tener una mayor captación.
- En el caso particular del **MIELOMA MÚLTIPLE**, la TC de cuerpo entero es un enfoque inicial razonable. Si hay una o más lesiones líticas de 5 mm o más, el diagnóstico es MM, y no es necesario que el paciente se someta a más estudios, con la excepción de la evaluación de las complicaciones o la evaluación de la respuesta al tratamiento, donde la PET-TC juega un papel importante.
- Por el contrario, si no hay lesiones óseas en la TC, se debe realizar una RM de cuerpo entero para excluir lesiones y confirmar el diagnóstico de MM quiescente o para encontrar lesiones que son indetectables en TC para actualizar el diagnóstico a MM.

# LESIONES ÓSEAS

- A continuación se detalla el algoritmo diagnóstico de manejo del mieloma múltiple, según la última revisión de Ormond Filho *et al.* y el papel de la PET-TC y la RM de cuerpo entero.

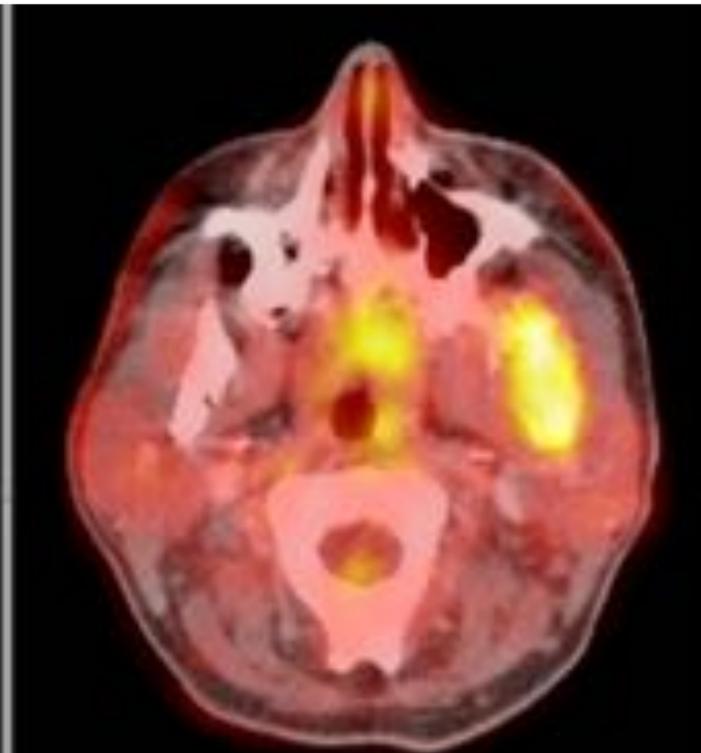


## LESIONES ÓSEAS

### PLASMOCITOMA DE MANDÍBULA



A



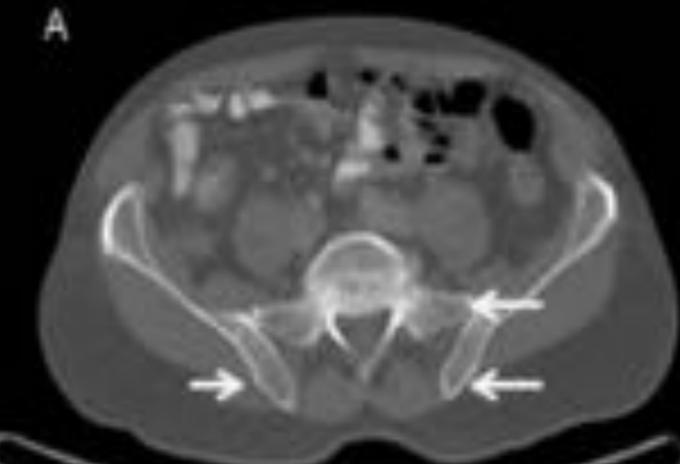
B



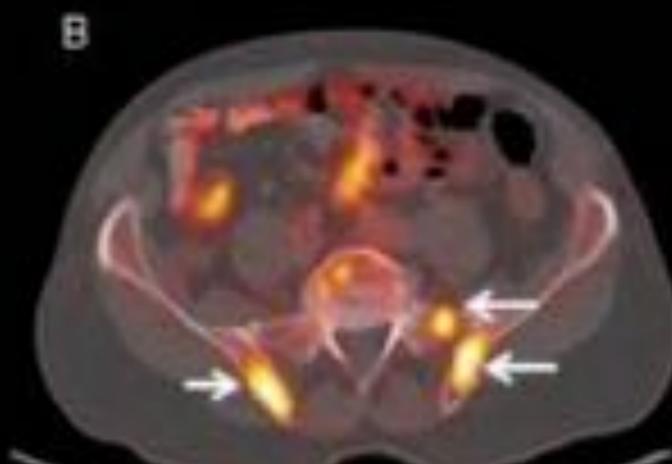
C

Imágenes de TC (A), PET (C) y la imagen de fusión (B), muestran una intensa captación de FDG (SUVmax 7,4). La biopsia fue compatible con plasmocitoma.

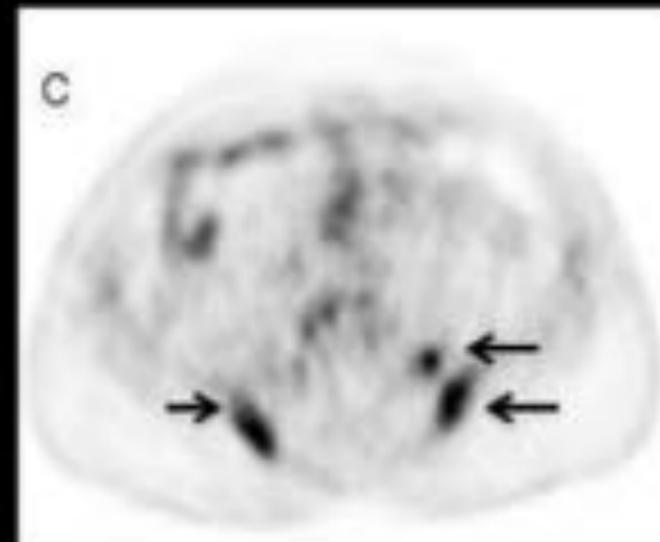
### MIELOMA MÚLTIPLE EN PELVIS



A



B

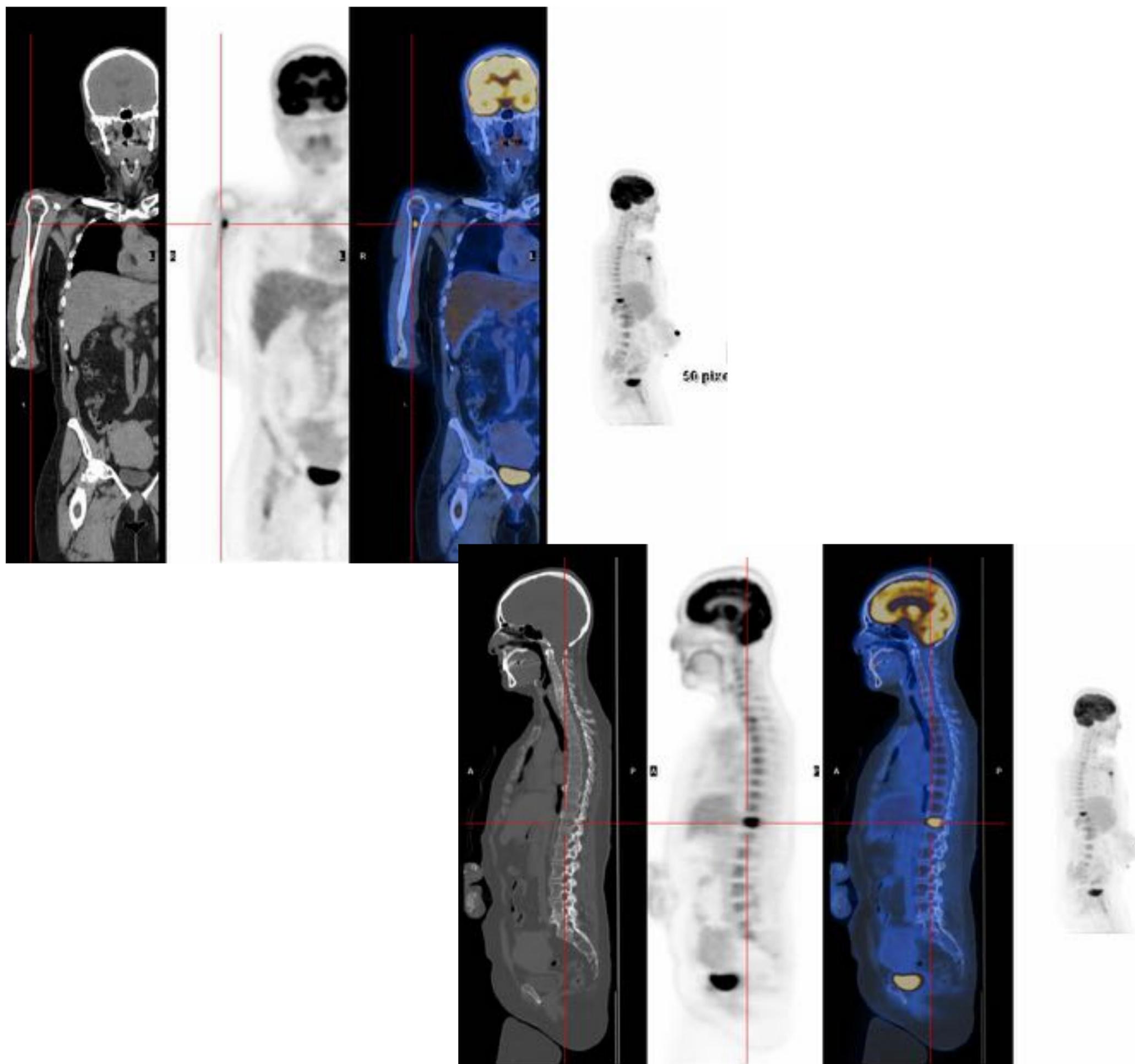


C

Varón de 72 años con diagnóstico de MM estadio IIA. Imágenes axiales de PET/TC con radioisótopo  $^{18}\text{F}$ -FDG. Las flechas indican múltiples captaciones patológicas de radiotrazador en hueso (SUVmax hasta 17,2) (B, C), sin correlación en TC (A)

# LESIONES ÓSEAS

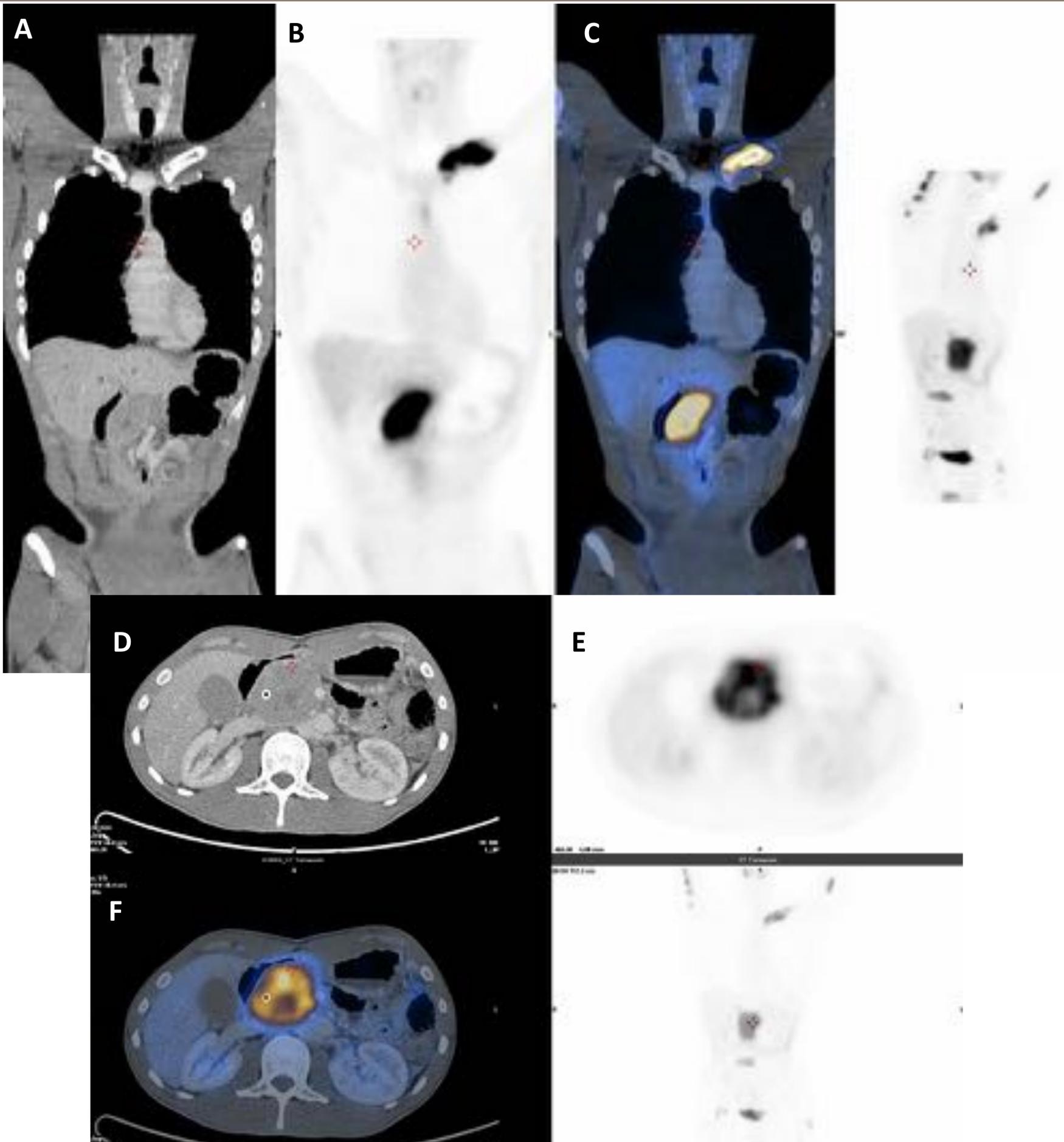
## GMSI EVOLUCIONADO A MIELOMA MÚLTIPLE



Mujer de 57 años con diagnóstico de gammapatía monoclonal de significado indeterminado (GMSI) con sospecha de progresión a mieloma múltiple. PET-CT confirma el diagnóstico, captación patológica de FDG en húmero y vértebra

# LESIONES ÓSEAS

## LINFOMA EN CLAVÍCULA

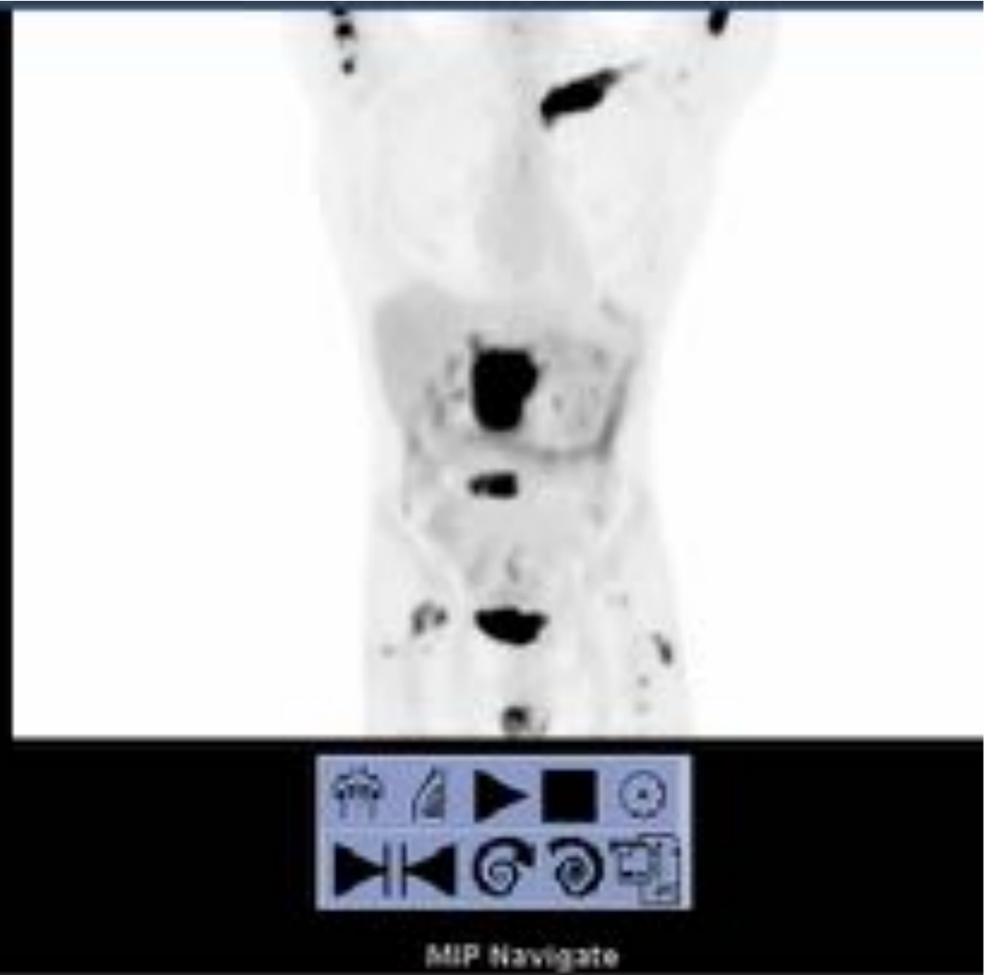


Varón de 26 años con fiebre y sudores nocturnos. TC (A), imagen PET (B) e imagen de fusión (C) coronal, muestran intensa captación de FDG en clavícula izquierda. La TC (D), la imagen PET (E) y la imagen de fusión (F), muestran una intensa captación de FDG de una masa próxima al páncreas. La biopsia fue compatible con linfoma de Burkitt (linfoma no Hodgkin)

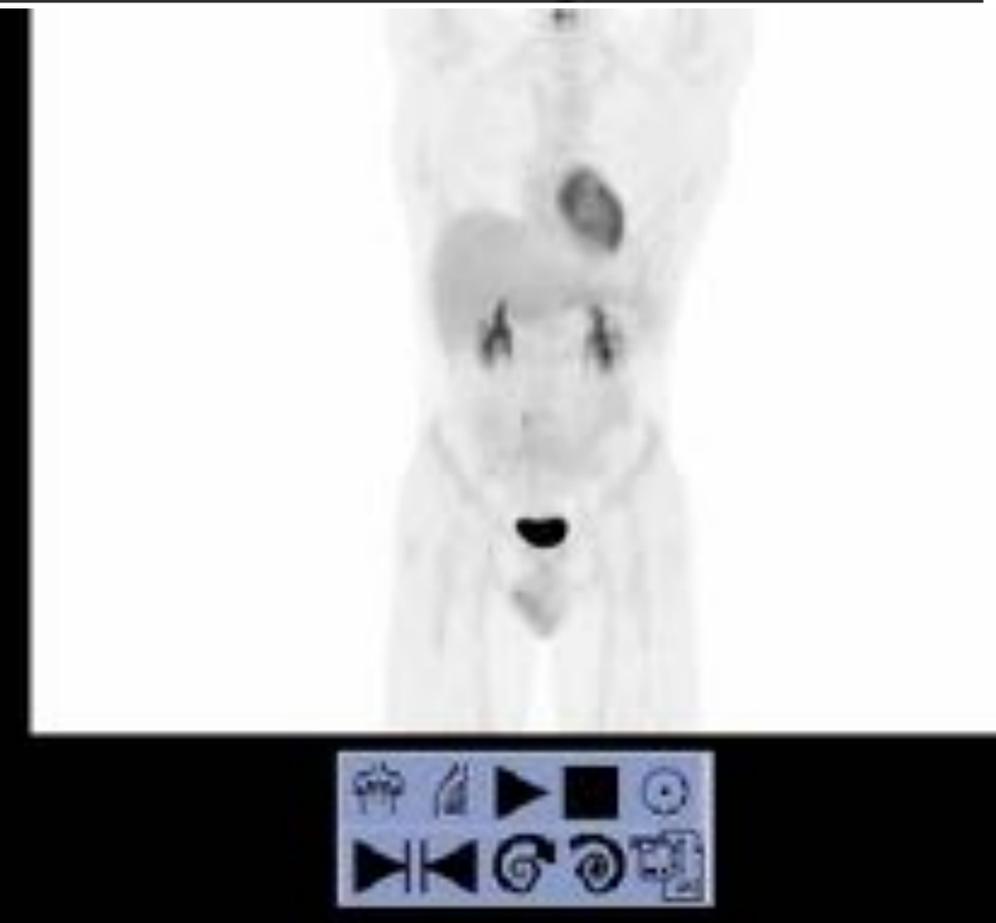
# LESIONES ÓSEAS

## LINFOMA EN CLAVÍCULA: PET DE SEGUIMIENTO

PET/CT de ESTADIFICACIÓN



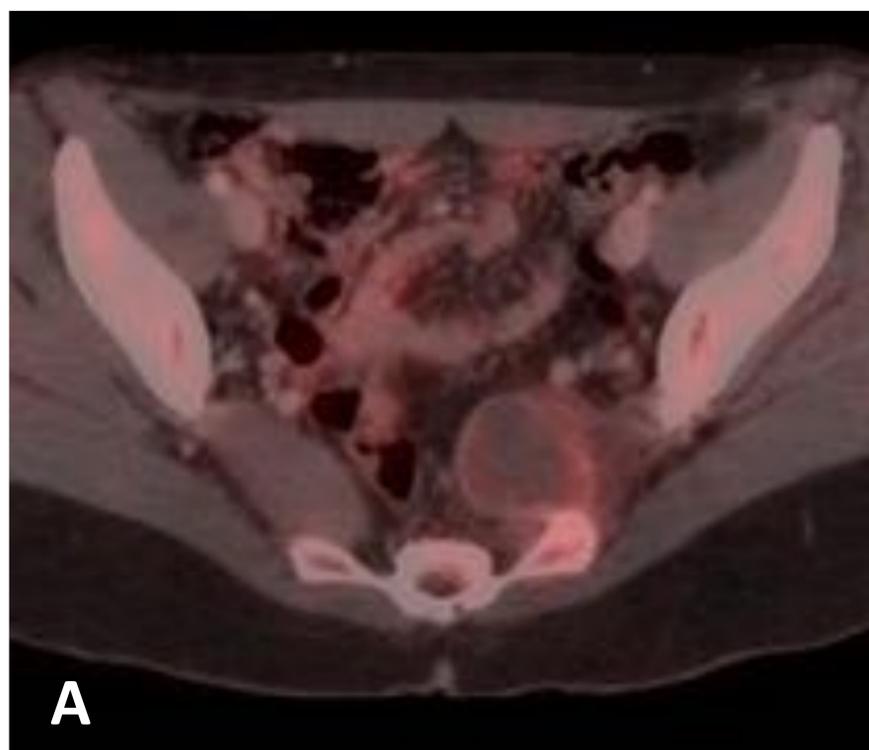
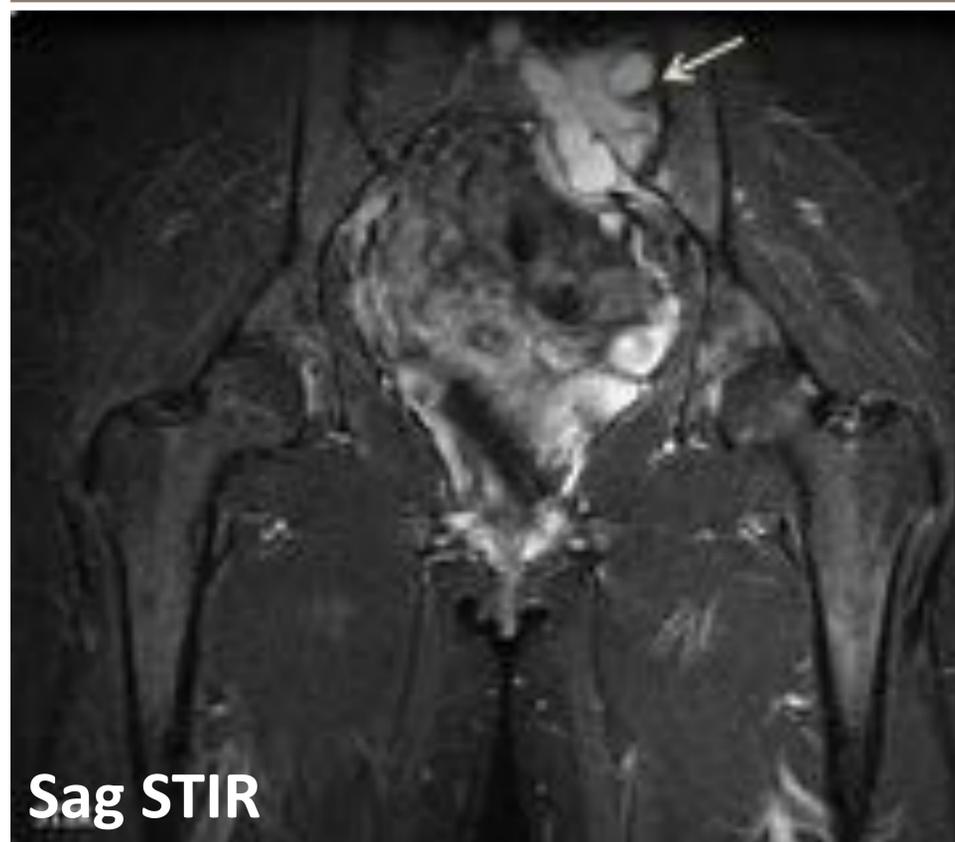
PET/CT de SEGUIMIENTO



En la fila superior, PET/CT de estadificación. En la fila inferior, la PET/TC de seguimiento muestra respuesta metabólica con ausencia de tumor

# LESIONES ÓSEAS

## CONDROSARCOMA EN SACRO



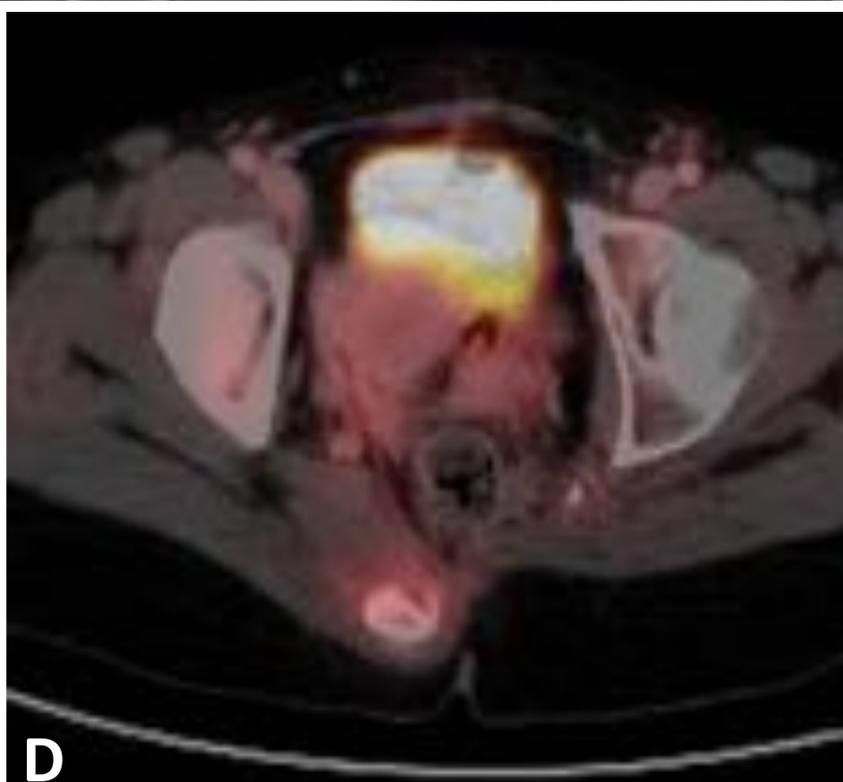
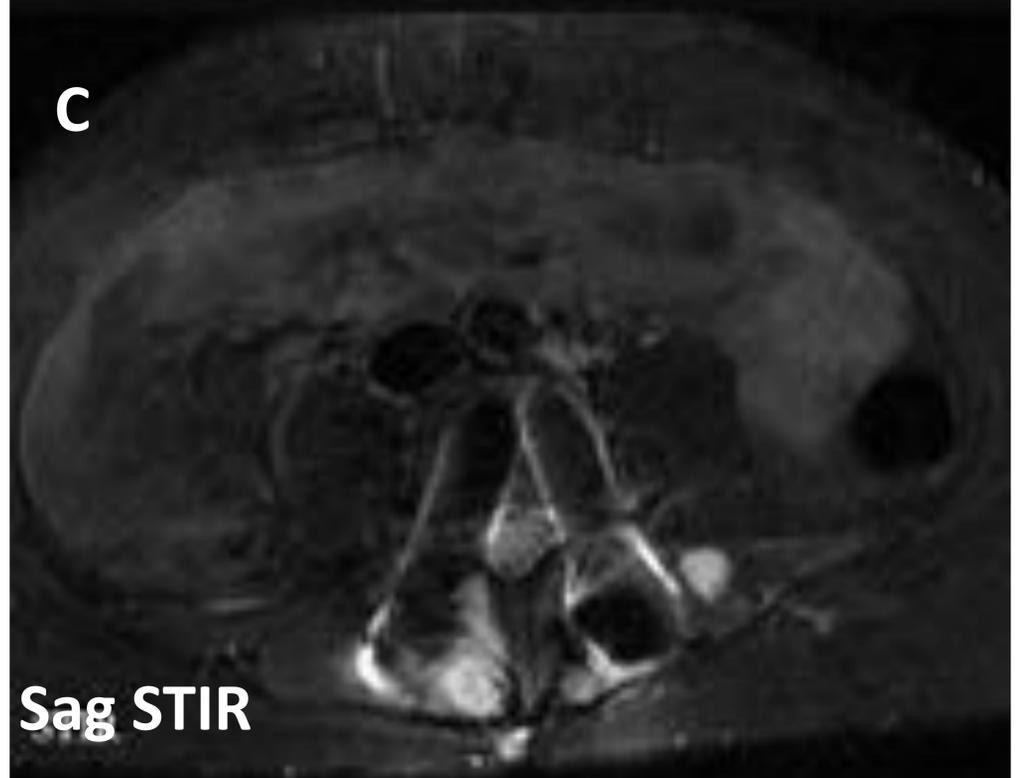
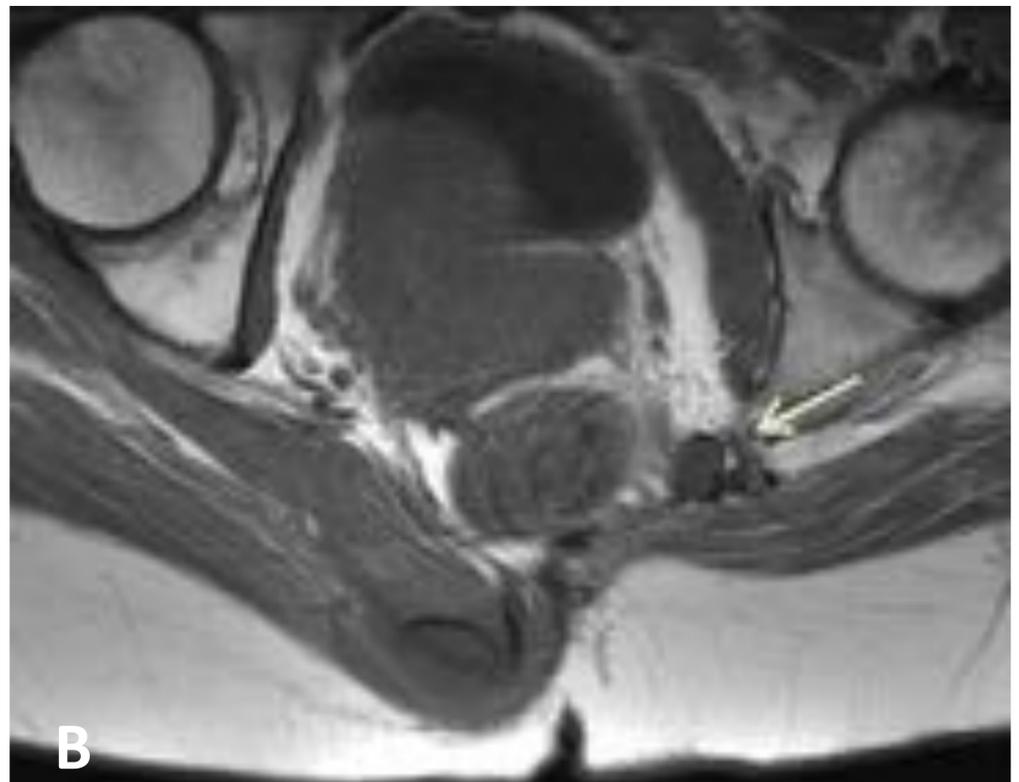
Mujer de 30 años con dolor en la cadera izquierda. Las imágenes de RM STIR muestran una lesión expansiva en el sacro izquierdo, de aspecto condral, con alta señal y escaso realce periférico. La gammagrafía ósea (B) no mostró alteraciones significativas. PET-TC (A) muestra captación leve (SUV max = 4).

El análisis histológico de la pieza extirpada quirúrgicamente confirmó un condrosarcoma de bajo grado. Cortesía de Dra, MJ Moreno. Hospital Clínico San

Carlos. Madrid

## LESIONES ÓSEAS

### CONDROSARCOMA EN SACRO: seguimiento



Mismo paciente, dos años después de la cirugía (A), el sacro remanente muestra una nueva lesión (B,C) con alta captación en PET-TC (D). El estudio anatomopatológico confirmó un grado 2. Cortesía de Dra, MJ

Moreno. Hospital Clínico San Carlos. Madrid



## LESIÓN DE PARTES BLANDAS

- En una lesión conocida de tejidos blandos, la PET tiene cierto valor tanto para determinar si la lesión es benigna o maligna, como para clasificar las lesiones malignas.
- La captación baja de FDG tiene un valor limitado para diferenciar naturaleza benigna de maligna, pero la captación alta suele indicar malignidad de grado intermedio o alto. La correlación radiológica a menudo puede diferenciar lesiones benignas con alta captación, de otras malignas, como sarcomas. Por lo tanto, la PET es crucial en las neoplasias malignas de tejidos blandos para la estadificación, guiar la biopsia, detectar la recidiva, valorar la respuesta a la terapia y clasificar al tumor.
- Destacamos el LINFOMA como una de las neoplasias más frecuentes que pueden estar involucradas en el diagnóstico de lesión de partes blandas. La PET es una modalidad estándar para la estadificación tanto de la enfermedad de Hodgkin (HD) como del linfoma no Hodgkin (LNH).



# LESIÓN DE PARTES BLANDAS

## LINFOMA y PET-TC

### Enfermedad de Hodgkin

- Cualquier estadio → más útil en enfermedad en estadio I y II
- Marcada captación de FDG:
  - 1. Celularidad mixta
  - 2. Esclerosis nodular
  - 3. Linfocítico
- Evaluación de la infiltración de la médula ósea, que puede evitar la realización de una biopsia de médula ósea

### Enfermedad NO Hodgkin

- Cualquier estadio → más útil en la estadificación de una enfermedad agresiva
- Captación de FDG (los linfomas de mayor grado son en general más ávidos de FDG):
  - 1. Excelente: linfoma folicular
  - 2. Moderado: Zona marginal
  - 3. Pobre: linfocítico de células pequeñas

## LINFOMA: PET-TC vs TC

### PET- TC

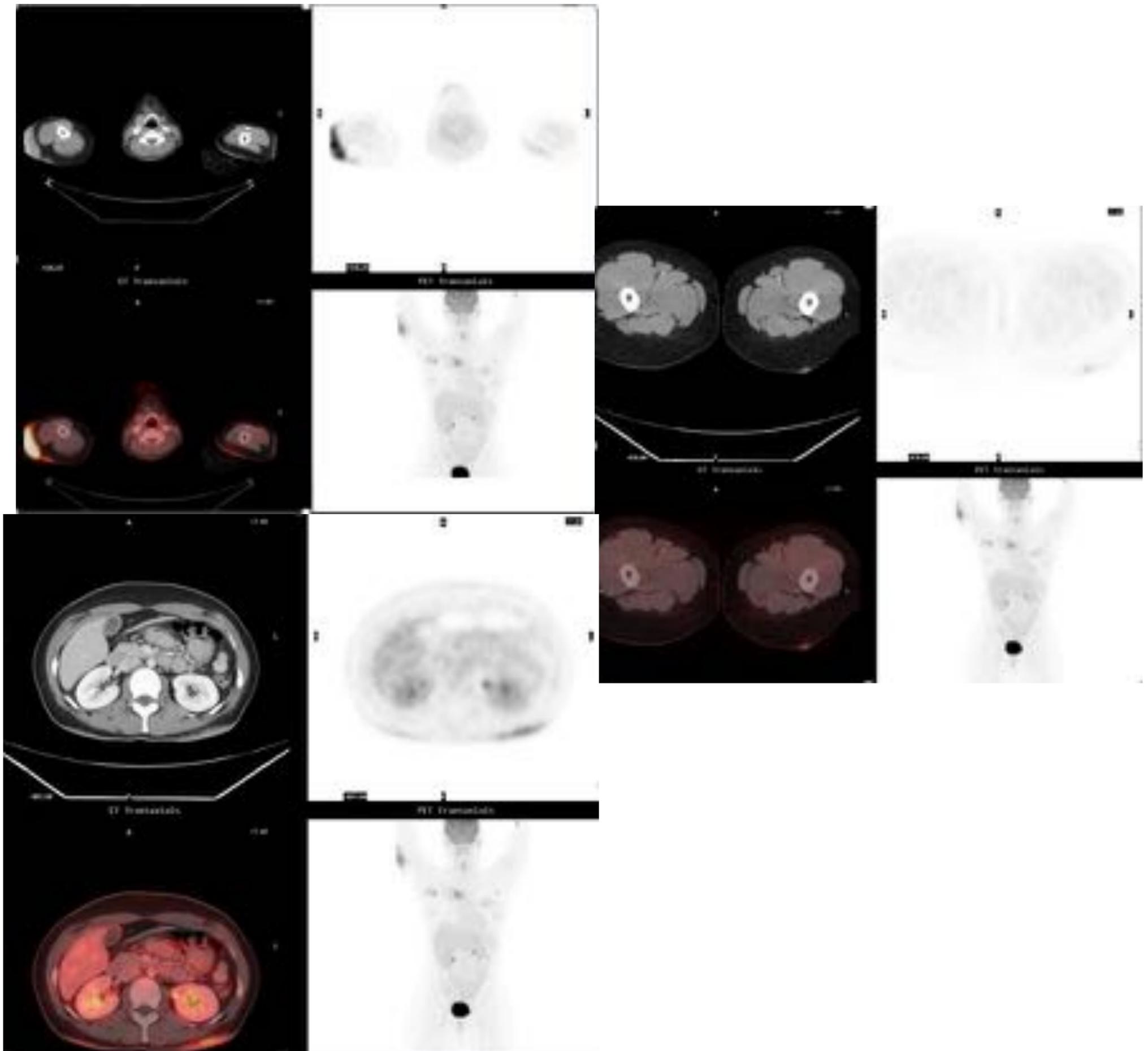
- Particularmente útil en etapas posteriores de la enfermedad.
- Indicador de pronóstico después de uno o algunos ciclos o a la mitad del tratamiento, durante la quimioterapia de primera línea de HD y NHL

### TC

- Histología no ávida
- Se prefiere la evaluación basada en TC para:
  - Histología con avidéz de FDG baja o variable
  - Regiones del mundo donde PET-CT no está disponible
  - Medición del tamaño de los ganglios para ensayos
  - Planificación de la radiación
  - Evaluación de la compresión/trombosis de los vasos centrales/mediastínicos

# LESIÓN DE PARTES BLANDAS

## LINFOMA EN PIEL



Imágenes axiales de TC y PET y la imagen de fusión muestran una intensa captación de FDG en la piel.

El diagnóstico fue LNH-linfoblástico. No hubo otras captaciones de FDG fuera de la piel

# LESIÓN DE PARTES BLANDAS

## LINFOMA EN BRAZO IZQUIERDO

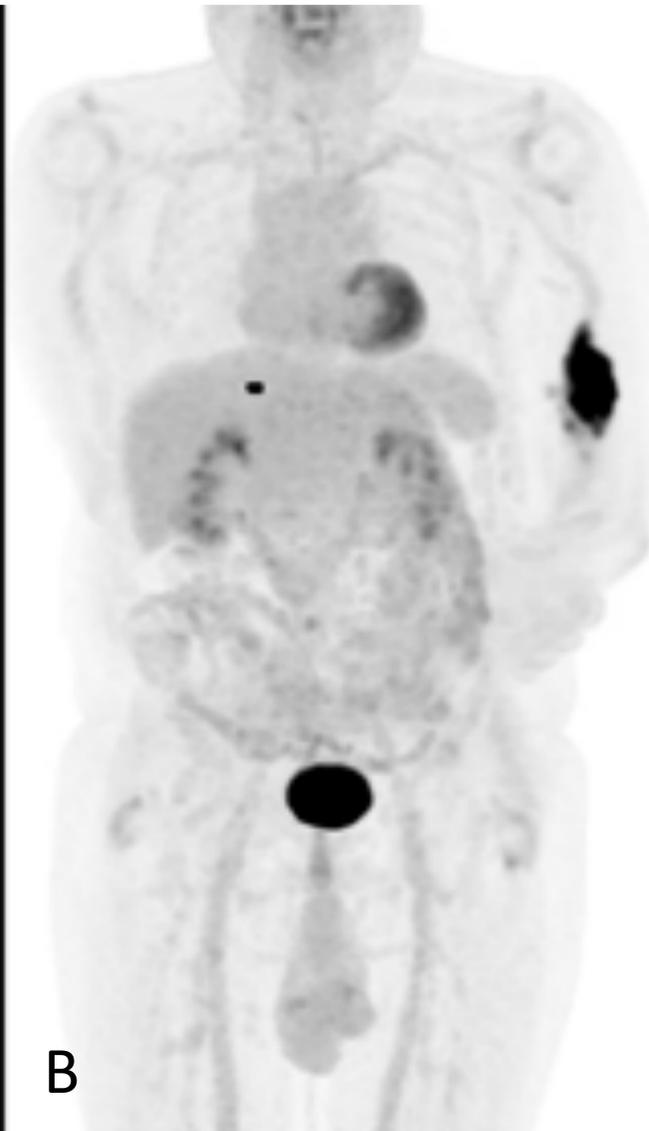
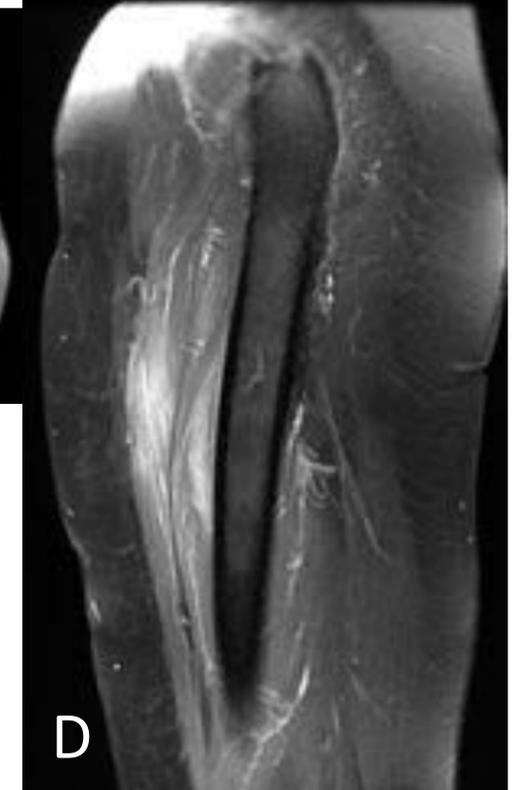
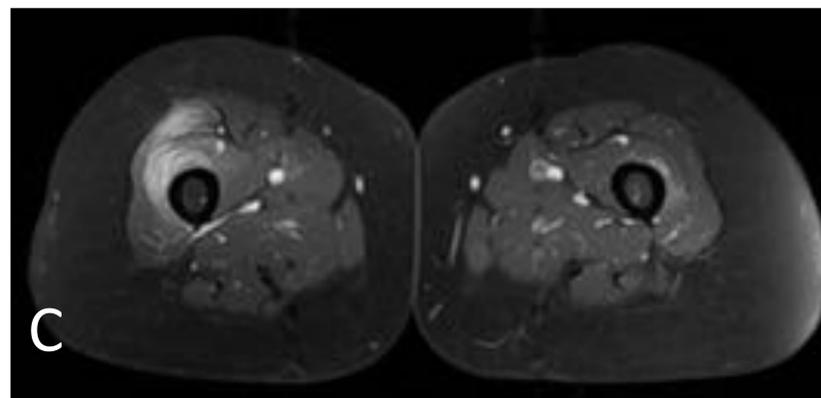
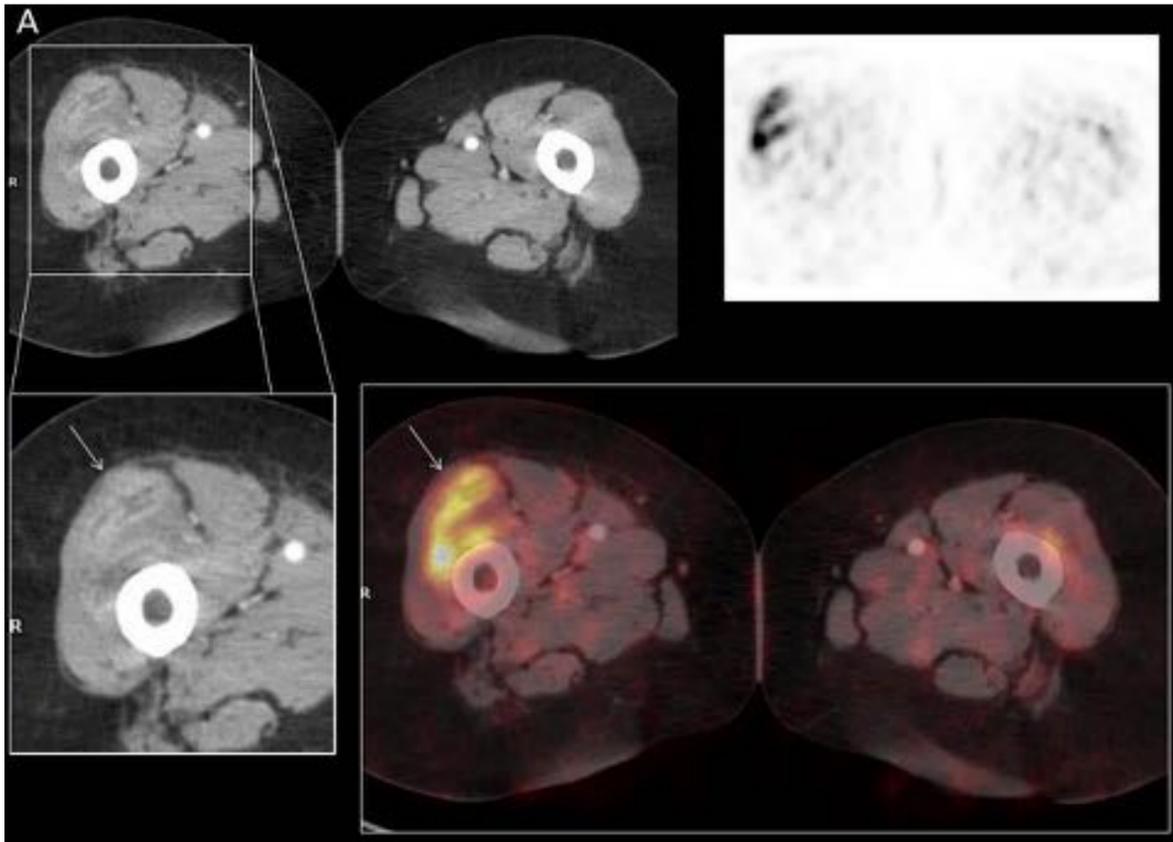


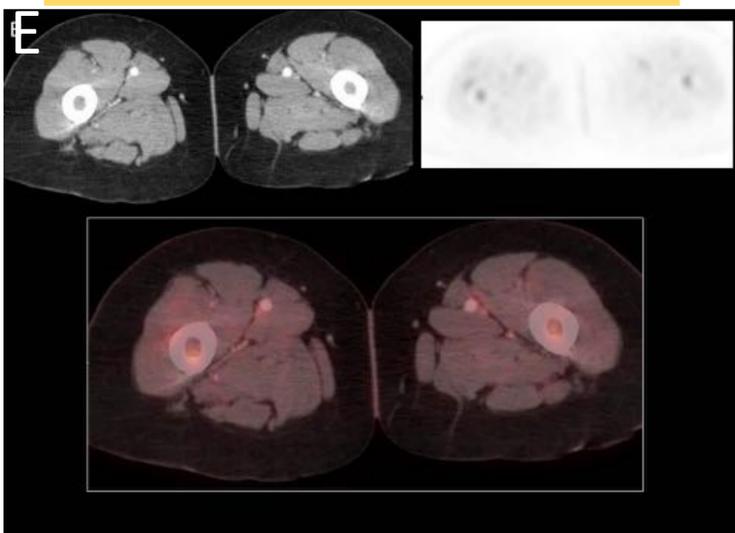
Imagen coronal de TC (A) que muestra masa de partes blandas en el compartimento posterior del brazo izquierdo, entre los músculos bíceps y tríceps. En la imagen PET (B) e imagen de fusión (C) hay depósito con SUVmáx 17, lo que sugiere malignidad

# LESIÓN DE PARTES BLANDAS

## LINFOMA EN CUADRICEPS



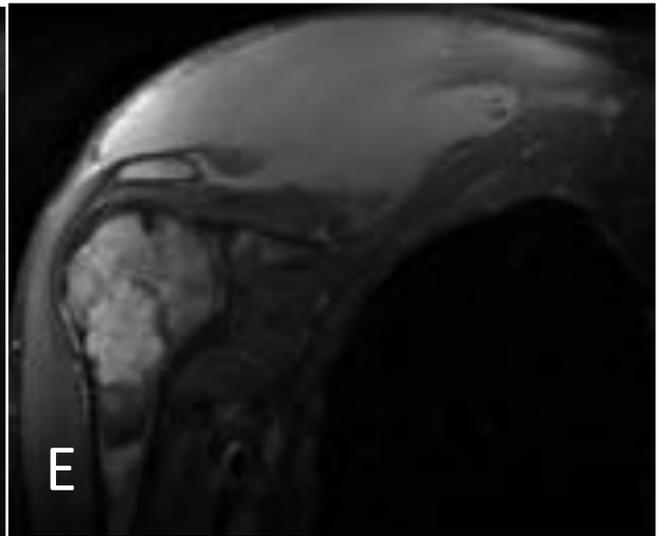
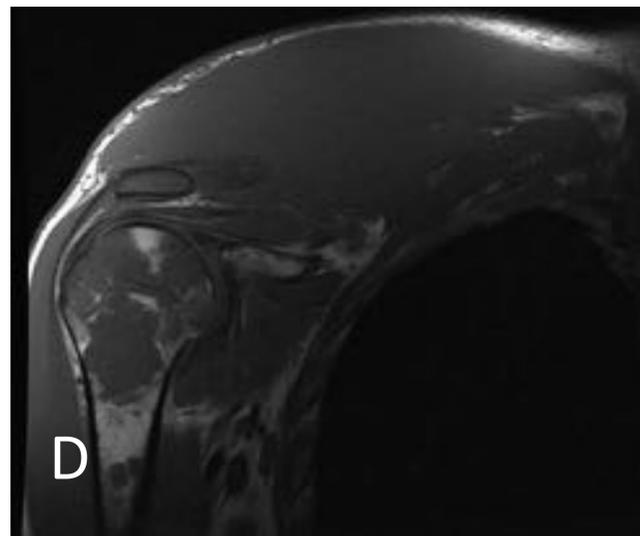
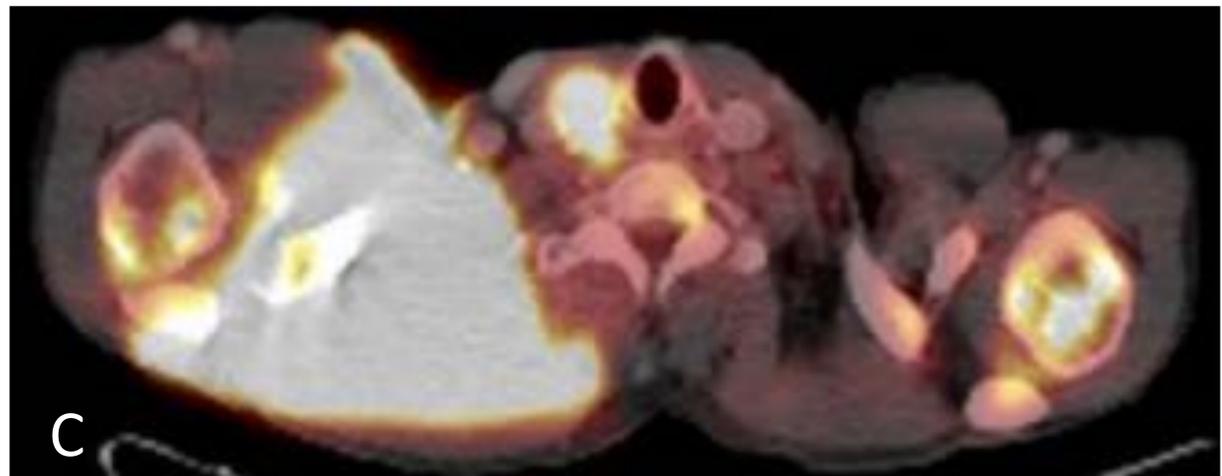
### PET de SEGUIMIENTO



Mujer de 60 años diagnosticada con LBCGD estadio IV. La PET-TC de estadificación muestra asimetría en los músculos cuádriceps con engrosamiento del derecho, que asocia realce heterogéneo con contraste intravenoso y captación de  $^{18}\text{F}$ FDG (A, flecha). La histología mostró infiltración por linfoma. Imágenes de RM delimitando el tumor (B, C, D). En el estudio postratamiento (E) se observó resolución completa de todas las alteraciones morfológicas y metabólicas

# LESIÓN DE PARTES BLANDAS

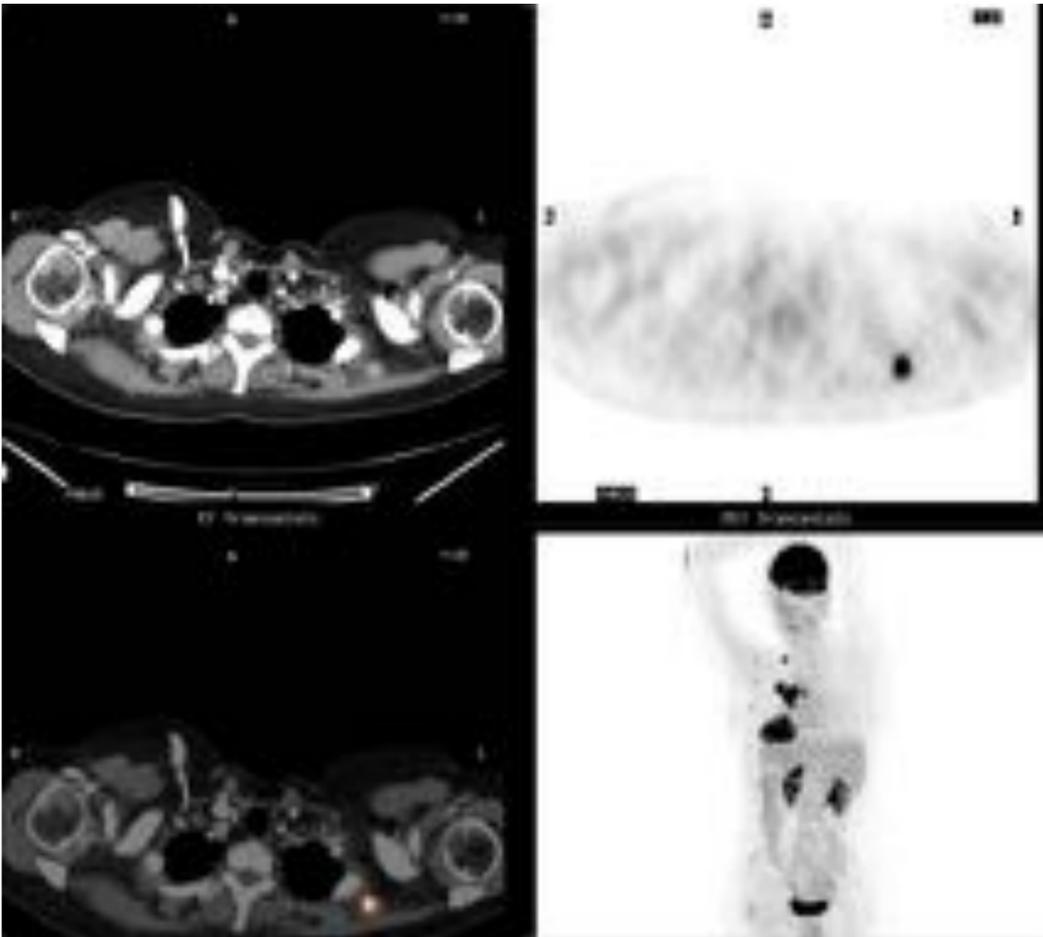
## LINFOMA EN MUSCULATURA DEL HOMBRO



Varón de 61 años con diagnóstico de linfoma no hodgkin B de célula grande. El estudio inicial de 18F-FDG PET/TC mostró intensa captación de la 18F-FDG de una masa en el hombro derecho, ganglionar supra e infradiaphragmática (A, B, C); así como ósea. La RM confirmó una masa en el músculo supraespinoso, hipointensa en T1 (D) y con realce de contraste (E), y lesiones en la cabeza del húmero derecho de las mismas características

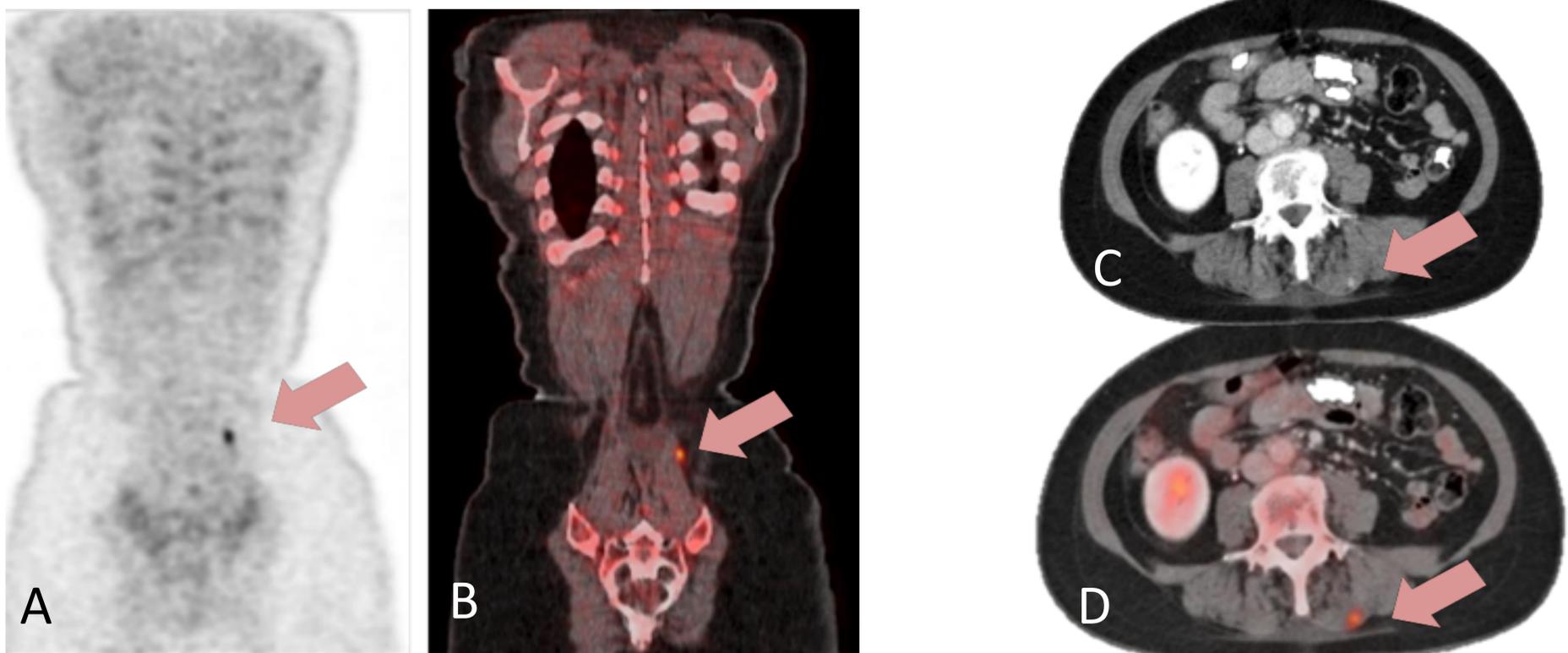
## LESIÓN DE PARTES BLANDAS

### NEOPLASIA DE PULMÓN: MÚSCULO TRAPEZIO



56 años, nódulo en pulmón sugestivo de malignidad. La PET-TC de estadificación muestra una fuerte captación de FDG en el músculo trapecio izquierdo. El diagnóstico final es cáncer de pulmón, estadio IV

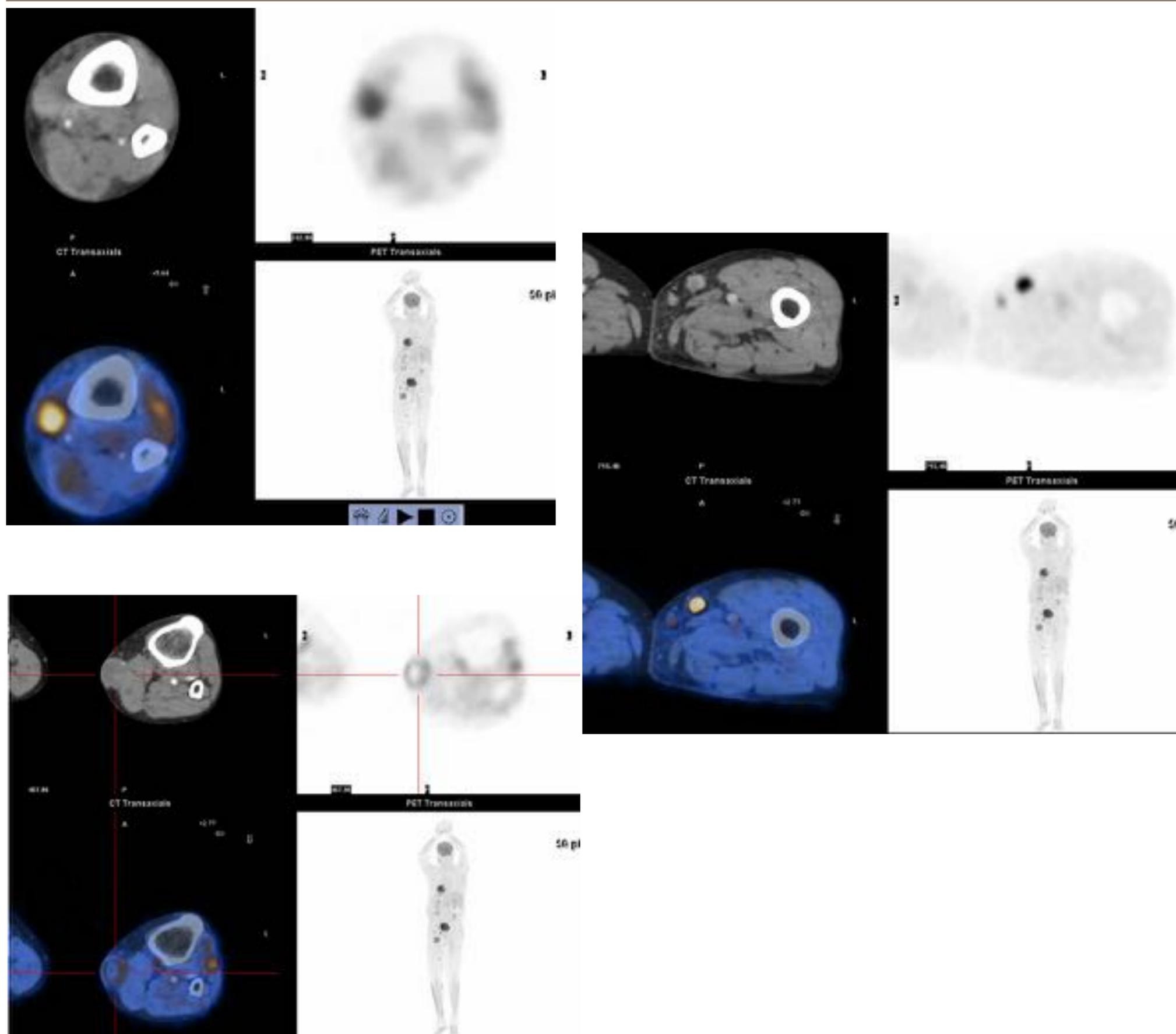
### MELANOMA: MÚSCULO LONGISIMUS



PET/CT en el que se identifica un pequeño nódulo de 6 mm con alta captación de FDG (SUVmax 7,6) en su músculo longissimus izquierdo, marcado con flechas en la imagen PET (A), PET/TC fusionado (B) y TC axial correspondiente (C) y fusionados PET/TC (D), de origen metastásico

# LESIÓN DE PARTES BLANDAS

## MELANOMA: TEJIDO CELULAR SUBCUTÁNEO

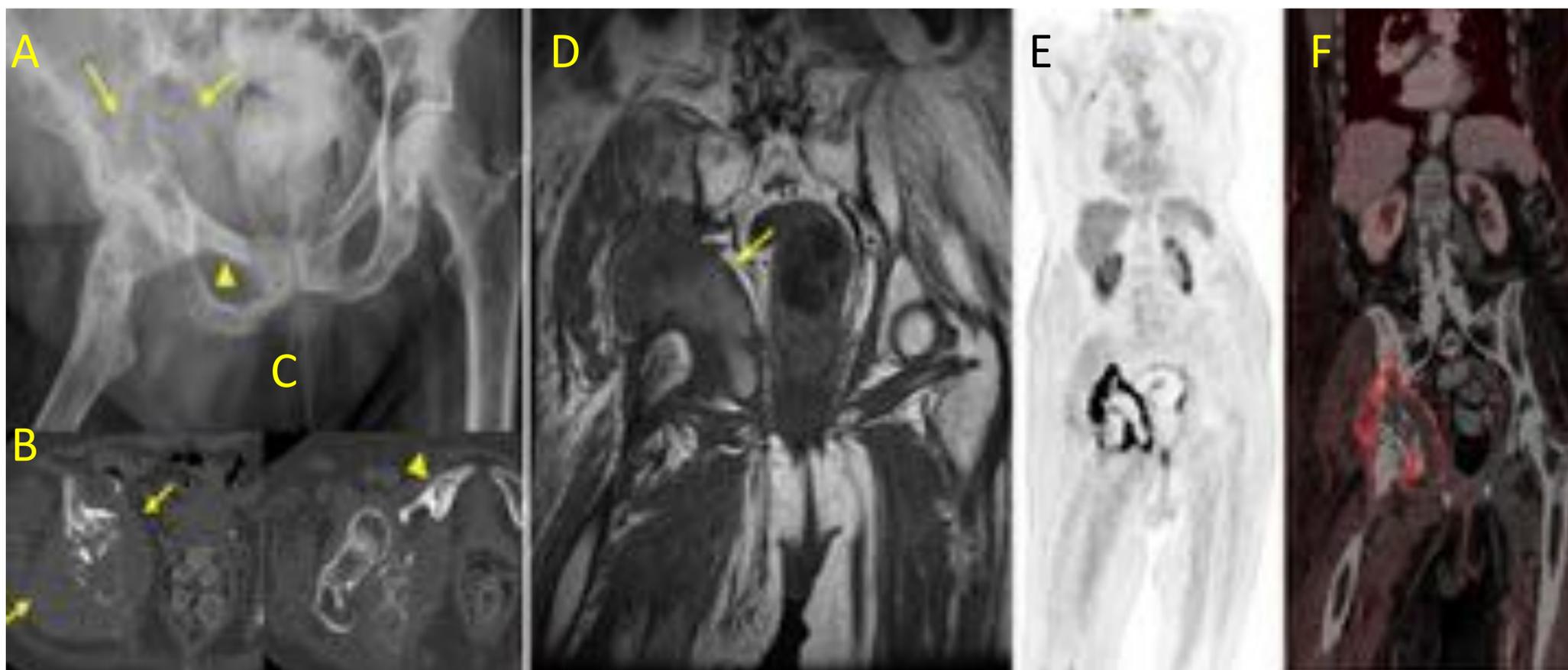


Varón de 71 años. Las imágenes de PET/TC muestran en el tejido celular subcutáneo y muscular de la cara interna de la pierna izquierda, numerosos nódulos con un intenso aumento de captación de FDG. El diagnóstico fue metástasis de melanoma múltiple

## FRACTURA PATOLÓGICA

- Una fractura patológica es una fractura causada por la debilidad de la estructura ósea que conduce a una disminución de la resistencia a las cargas mecánicas normales.
- Este proceso se debe más comúnmente a la osteoporosis, pero también puede deberse a otras patologías como enfermedades hematológicas y diversas entidades oncológicas. La PET/TC puede ayudar en caso de enfermedad subyacente.

## OSTEOSARCOMA SOBRE HUESO PAGET



En la radiografía (A), TC (B,C) y RM potenciada en T1 coronal (D), se observa una lesión lítica agresiva con destrucción cortical y una masa de partes blandas, no calcificada asociada (flechas). Imagen PET (E) e imagen de fusión (F), lesión sugestiva de malignidad. En Rx y TAC se identifican hallazgos de enfermedad de Paget en rama iliopúbica derecha (puntas de flecha). Cortesía de Dra, MJ Moreno. Hospital Clínico San Carlos. Madrid.



# CONCLUSIONES

- Múltiples enfermedades hematológicas y oncológicas tienen un debut músculo-esquelético.
- La PET/TC es una técnica imprescindible en el diagnóstico y seguimiento de estas enfermedades.
- El manejo multidisciplinar es fundamental para el conocimiento y manejo de lesiones músculo-esqueléticas.

# BIBLIOGRAFÍA

- The role of positron emission tomography in skeletal disease. Cook GJ, Fogelman I et al. Semin Nucl Med. 2001 January 31, (1), 50-61
- Whole-Body Imaging of Multiple Myeloma: Diagnostic Criteria. Ormond Filho AG, Carneiro BC, Pastore D, Silva IP, Yamashita SR, Consolo FD, Hungria VTM, Sandes AF, Rizzatti EG, Nico MAC. Radiographics. 2019 Jul-Aug;39(4):1077-1097.
- CT appearance of bone metastases detected with FDG PET as part of the same PET/CT examination. Nakamoto Y, Cohade C, Tatsumi M, Hammoud D, Wahl RL. Radiology. 2005 Nov;237(2):627-34
- Detection of bone metastases: assessment of integrated FDG PET/CT imaging. Taira AV, Herfkens RJ, Gambhir SS, Quon A. Radiology. 2007 Apr;243(1):204-11
- Recommendations for initial evaluation, staging, and response assessment of Hodgkin and non-Hodgkin lymphoma: the Lugano classification. Cheson BD, Fisher RI, Barrington SF, et al. J Clin Oncol. 2014 Sep 20;32(27).
- Spectrum of Physiologic and Pathologic Skeletal Muscle 18F-FDG Uptake on PET/CT- Sellam Karunanithi S, Soundararajan R, Sharma P, et al. American Journal of Roentgenology. 2015;205: 141-149.
- Lin EC, Alavi A. PET and PET/CT. A clinical guide. 2nd edition. Ed Thieme. 2008.