



Estudio pre-quirúrgico para prótesis total de tobillo (PTT)



Guía de lectura sistemática



M. Vallejo Márquez ¹, F. Galván Banqueri ¹, B. Martínez Sañudo ²,
V. Encinas Tobajas ¹, S. Tejero García ²

¹ Unidad ME. UGC Radiodiagnóstico, H.U. Virgen del Rocío, Sevilla.

² Unidad Tobillo y pie. UGC Traumatología, H.U. Virgen del Rocío, Sevilla.

Objetivos:

- 1 Revisar las técnicas de imagen empleadas en la valoración prequirúrgica de prótesis total de tobillo (PTT).
- 2 Describir los hallazgos en imagen más relevantes en la planificación prequirúrgica de PTT.
- 3 Proponer una guía de lectura sistemática de las distintas técnicas de imagen.

Guion:

- 1 Introducción.
- 2 Técnicas de imagen:
 - 2 a- Radiografías (Rx) de tobillos-pies en carga.
 - 2 b- Telemetría de miembros inferiores (MMII).
 - 2 c- Absorciometría con rayos X de doble energía (DEXA).
 - 2 d- Tomografía computerizada (TC).
 - 2 e- Resonancia magnética (RM).
- 3 Guía de lectura sistemática (*checklist*).
- 4 Conclusiones.



1. Introducción: Articulación del tobillo

La **articulación tibioastragalina** es una **diartrosis troclear** formada por la tibia y el peroné distales que conforman una mortaja en la que encaja la cúpula del astrágalo, permitiendo los movimientos de flexo-extensión del tobillo.

No es frecuente que la articulación tibio-astragalina sufra artrosis gracias a la **gran estabilidad** que aportan las estructuras ligamentosas (Figura 1): ligamentos tibioperoneos anterior y posterior (sindesmosis), ligamento tibioperoneo interóseo, ligamentos del complejo lateral externo (LPAA, LPC y LPAP) y ligamentos del complejo lateral interno o deltoideo.

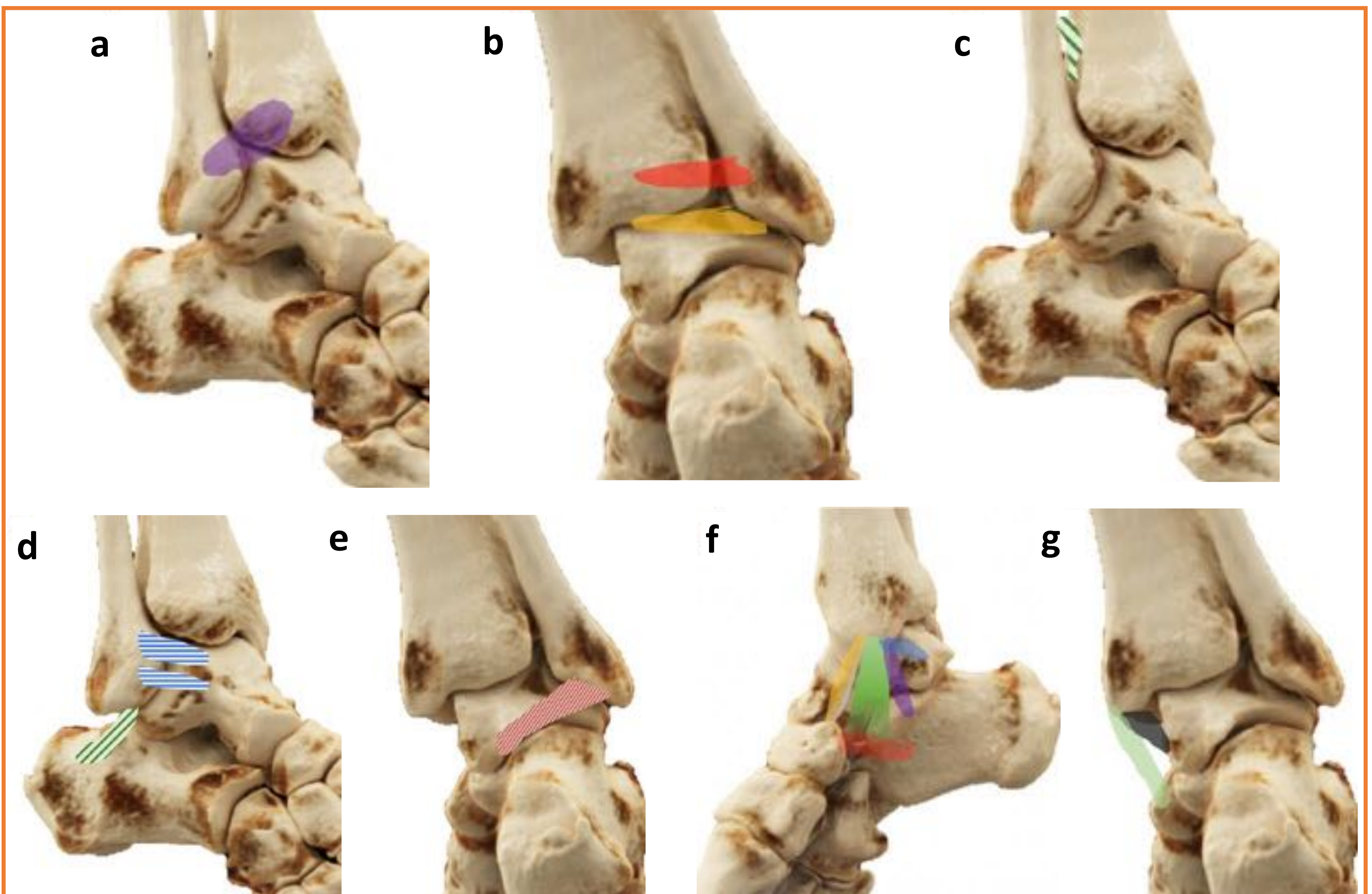


Figura 1. Articulación tibioastragalina y estructuras ligamentosas. Ligamentos de la articulación tibio-peronea distal (a, b, c): sindesmosis anterior (morado en a); sindesmosis posterior (rojo y amarillo en b) y ligamento tibioperoneo interóseo (verde en c). Complejo ligamentoso lateral externo (d y e): LPAA (azul en d), LPC (verde en d) y LPAP (rojo en e). Complejo ligamentoso lateral interno o deltoideo (f y g).



1. Introducción: Artrosis de tobillo

La **artrosis tibioastragalina** se caracteriza por la pérdida progresiva de cartílago articular, exposición subcondral y presencia de osteofitosis en los márgenes. Evoluciona hacia la destrucción anatómica y funcional de la articulación, provocando dolor, problemas de movilidad y discapacidad.

Su prevalencia es significativamente menor que en la cadera y en la rodilla (1% de la población adulta) debido al predominio de las **causas secundarias** (Tabla 1), siendo la causa más frecuente la fractura (Figura 2). Afecta por tanto a pacientes más jóvenes que en artrosis primarias.

Tabla 1. Causas de artrosis de tobillo.

| | |
|--------------------------------|--|
| Traumatismos (80%) | Fracturas: lesión osteocondral traumática o sobrecarga crónica del cartílago articular por inestabilidad |
| Inestabilidad crónica | Lesión de ligamentos |
| Necrosis astragalina | Esencial o postraumática |
| Enfermedades sistémicas | Artritis reumatoide, artropatía por microcristales, hemocromatosis, hemofilia |
| Artrosis primaria | Rara |

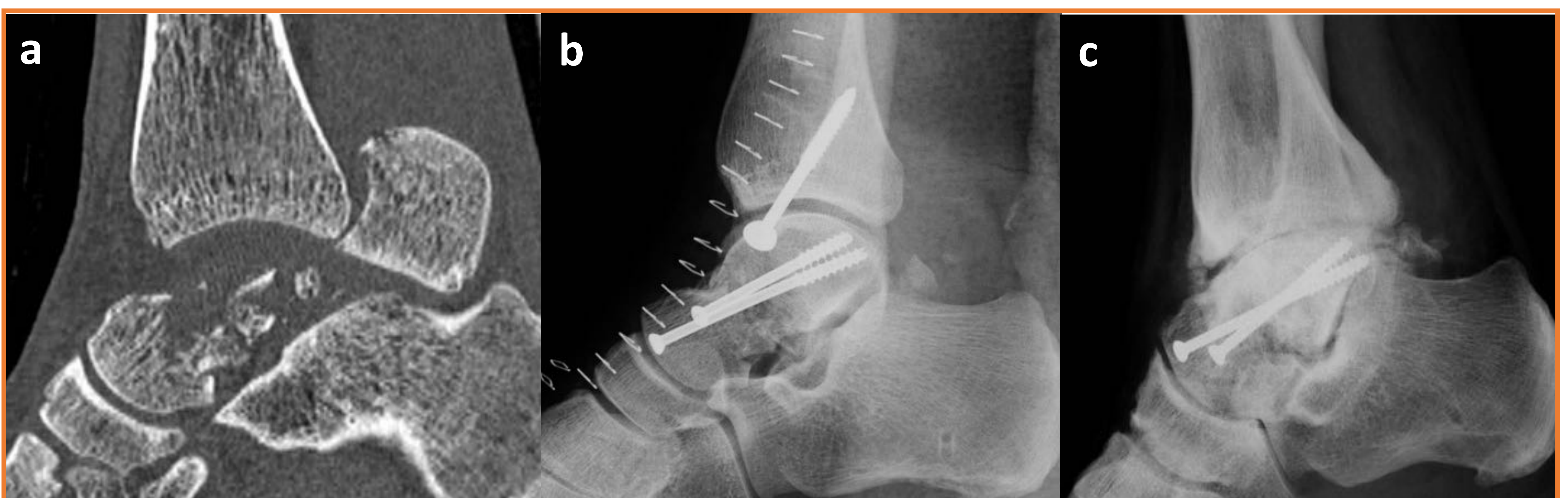


Figura 2. Artrosis tibioastragalina postraumática. Paciente con fractura de astrágalo (a) tratada con artrodesis (b) con evolución posterior a artrosis tibioastragalina (c).



1. Introducción: Clasificación de la artrosis de tobillo

La artrosis de cualquier articulación puede ser clasificada según **Kellgren-Lawrence** en 5 grados en base a los hallazgos radiológicos (Tabla 2).

Tabla 2. Grados de artrosis de tobillo. Clasificación de Kellgren-Lawrence.

| | |
|------------------------------|---|
| Grado 0 | Normal |
| Grado 1 | Osteofitosis incipiente |
| Grado 2 | Pinzamiento articular + osteofitosis |
| Grado 3 | Pinzamiento articular + osteofitosis moderada + esclerosis subcondral leve + posible irregularidad de superficies articulares |
| Grado 4 (Figura 3) | Mayor pinzamiento articular + osteofitosis avanzada + esclerosis subcondral severa + irregularidad de superficies articulares |

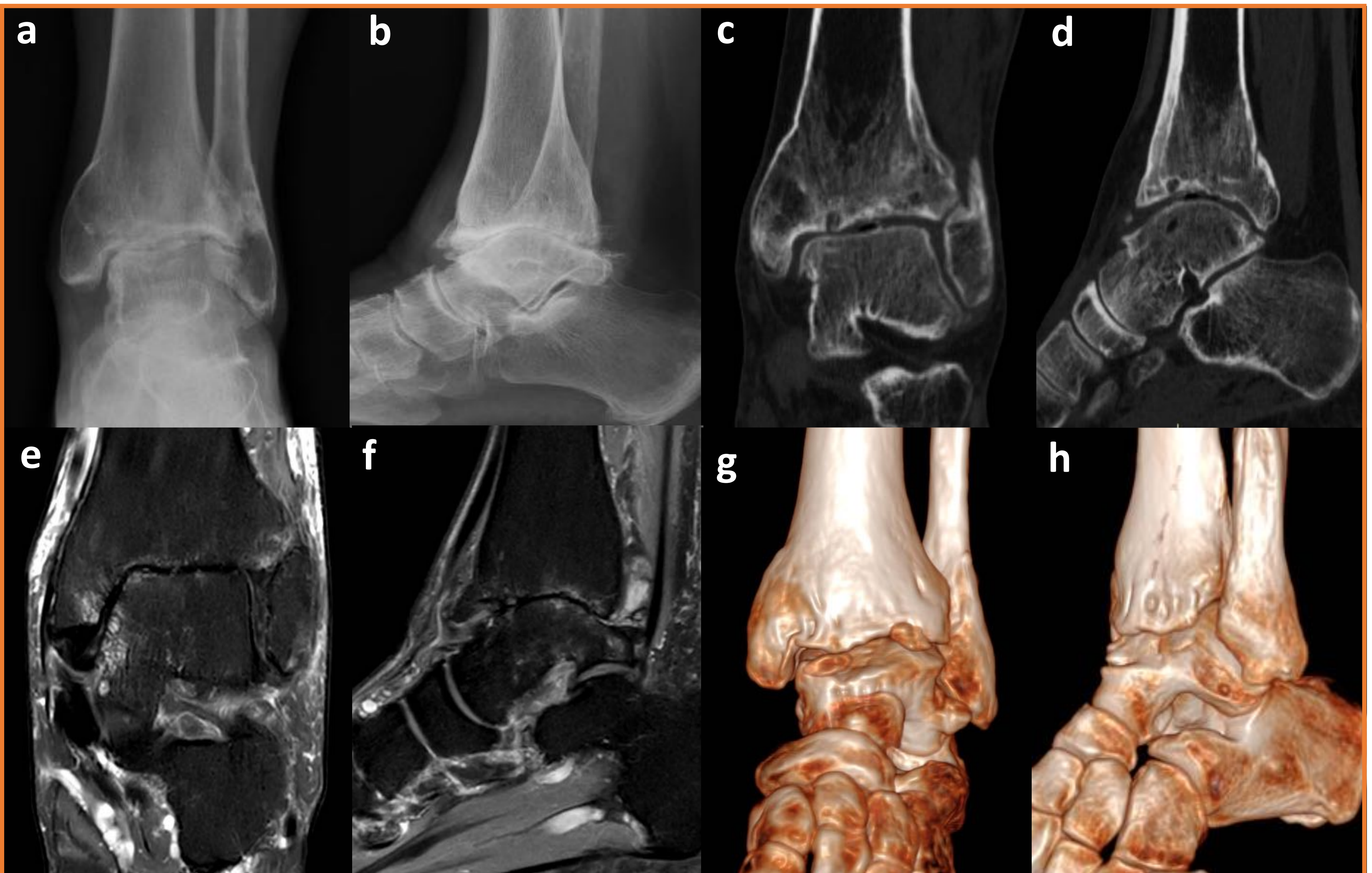


Figura 3. Artrosis de tobillo grado 4. Proyecciones radiográficas AP (a) y L (b). Reconstrucciones multiplanares coronal (c) y sagital (d) de TC del tobillo del mismo paciente. Secuencias T2 SPAIR en planos coronal (e) y sagital (f) de RM. Reconstrucciones 3D (g y h) obtenidas a partir de las imágenes de TC.



1. Introducción: Tratamiento de la artrosis de tobillo

El tratamiento quirúrgico de la artrosis tibioastragalina está indicado en presencia de dolor y pérdida de la movilidad que no responda al tratamiento conservador (farmacológico, rehabilitación, fisioterapia) y determine limitación a las actividades de la vida diaria (laborales, físicas y/o deportivas). Normalmente coincide con artrosis avanzada (grado 4).

Existen dos opciones quirúrgicas: artrodesis de tobillo (AT) y prótesis total de tobillo (PTT). Actualmente ambos tratamientos están indicados en el tratamiento de la artrosis grado 4, si bien las características individuales, expectativas de cada paciente y estudios complementarios permiten elegir entre uno de los dos tratamiento (Tabla 3).

Tabla 3. Comparación de artrodesis de tobillo (AT) vs. prótesis total de tobillo (PTT).



| AT | PTT |
|---|--|
| Fijación articular mediante tornillos y fusión ósea posterior | Prótesis de 4ª generación de tres componentes no cementados |
| Alteración de la biomecánica del retropié | Reproducción de la anatomía, alineación y estabilidad del tobillo normal |
| Alteración del patrón de la marcha | Marcha más fisiológica y simétrica, con mayor rango de movimiento |
| Degeneración de la articulación subastragalina | Menor repercusión sobre articulaciones vecinas |
| Menor satisfacción del paciente | Mayor satisfacción del paciente |

En años anteriores la PTT presentaba mayor tasa de reintervenciones que la AT (17% vs. 7%), pero con las prótesis de 4ª generación estos datos se están equiparando.



1. Introducción: Tratamiento de la artrosis de tobillo

Tabla 4. Paciente candidato ideal para PTT.

| |
|--|
| Mediana edad o superior (entre 50 y 80 años) |
| Baja demanda de actividades físicas y deportivas |
| Movilidad articular pre-quirúrgica aceptable |
| Buen estado de partes blandas con integridad y calidad de la cobertura cutánea. No historia de cirugías previas en tobillo/pie |
| No infección profunda previa |
| Tobillo estable y sin desviación significativa del retropié (máximo 10º en varo/valgo) |
| Integridad de elementos estabilizadores: sindesmosis, ligamentos laterales y mediales |
| Calidad y reserva ósea suficiente |
| Buena vascularización: no fumador importante ni síndrome de isquemia crónica de MMII |
| No sobrepeso/obesidad |
| No diabético mal controlado ni neuroartropatía |
| No patología psiquiátrica |



Las indicaciones de PTT pueden ampliarse añadiendo distintos gestos quirúrgicos que permiten solucionar algunas de las contraindicaciones relativas: osteotomía de la tibia para corregir alteraciones de la alineación de miembro inferior, osteotomía de calcáneo para corregir desviaciones en varo o valgo del retropié, artrodesis subastragalina y reparación de los ligamentos del tobillo entre otros (Figura 4).

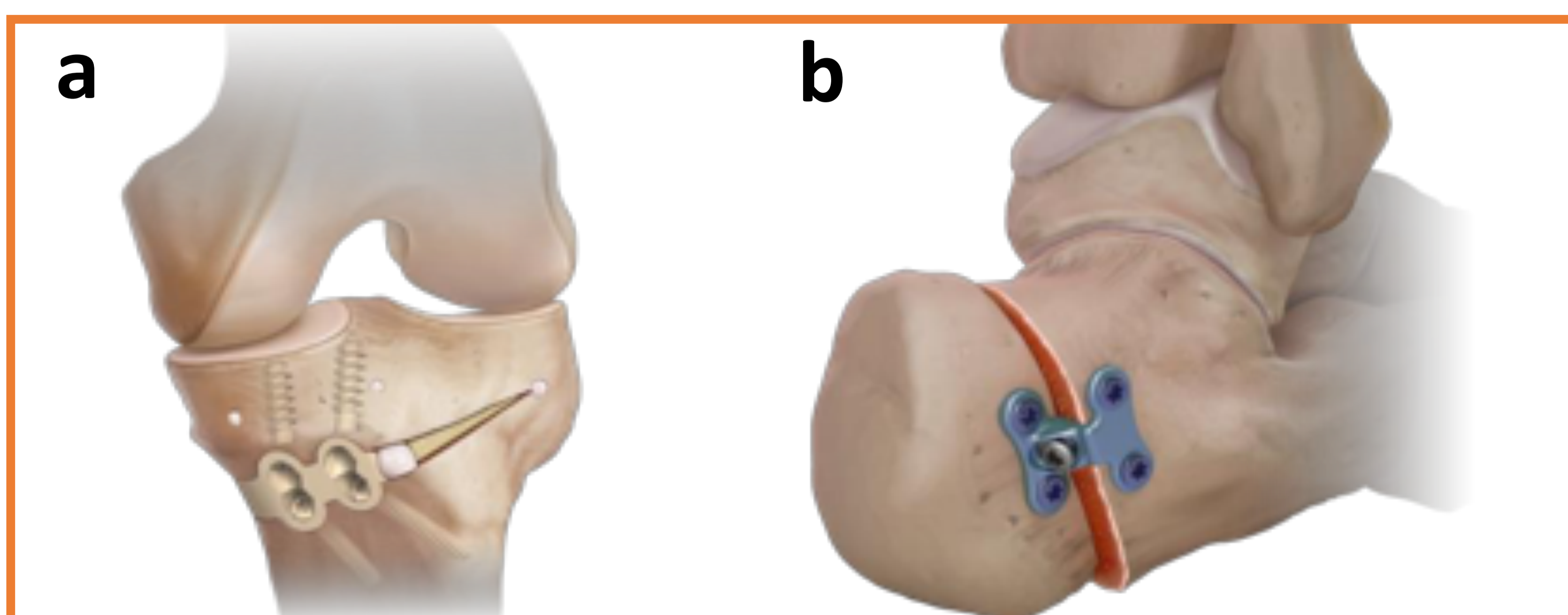


Figura 4. Técnicas quirúrgicas previas a la colocación de PTT. Osteotomía tibial proximal (a) y osteotomía deslizante de calcáneo (b).

Fuente: www.arthrex.com



2. Evaluación radiológica:

La selección de pacientes candidatos a PTT es fundamental para la obtención de buenos resultados. Dentro de las herramientas utilizadas para realizar con éxito esta selección disponemos de distintas técnicas de imagen (Figura 5):

Radiología convencional:

- 2a-** Radiografías comparativas de tobillos y pies en carga (proyecciones AP, L y *long axial view*).
- 2b-** Telemetría de miembros inferiores.
- 2c-** Absorciometría con rayos X de doble energía (DEXA).
- 2d-** Tomografía computerizada (TC).
- 2e-** Resonancia magnética (RM).

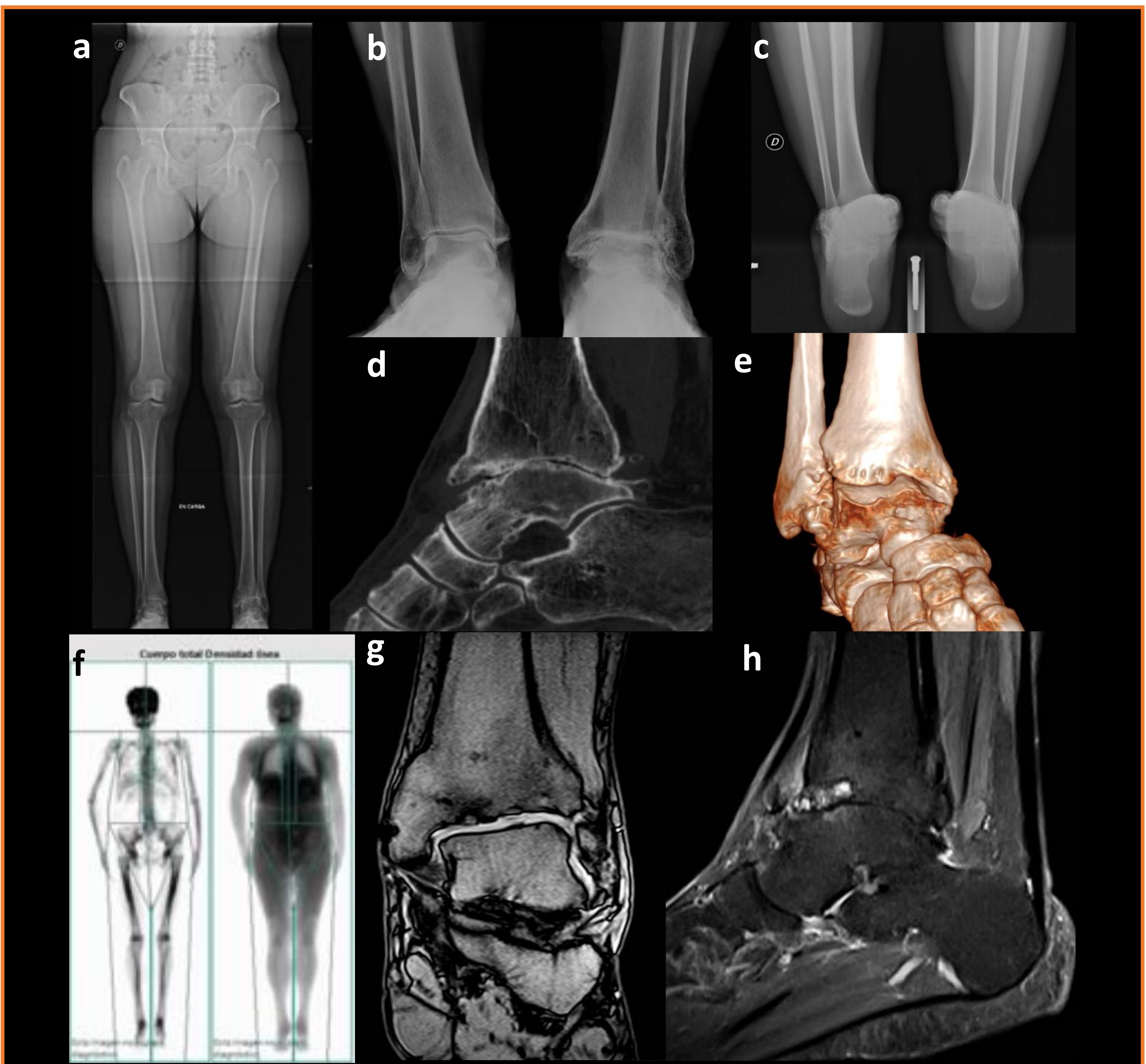


Figura 5. Técnicas de imagen empleadas en el estudio pre-quirúrgico de PTT. Telemetría de MMII (a), radiología simple (b y c), TC con reconstrucciones MPR (d) y volumétrica (e), DEXA (f) y RM (g y h).



2. Evaluación radiológica:

2a- Rx de tobillos y pies en carga

Los **objetivos** de las distintas proyecciones radiográficas en estos pacientes son:

- 1 Valoración del **grado de artrosis** (clasificación de Kellgren-Lawrence): proyecciones AP y L.
- 2 Valoración de la **superposición (overlap) tibio-fibular**: proyección AP (Figura 7).
- 3 Valoración de la **longitud del peroné** (comparativa); proyección AP (Figura 7).
- 4 Medición del **arco del pie (ángulo Moreau-Costa-Bartani interno)**; proyección L (Figura 8).
- 5 Medida de la **alineación del retropié**; proyección *long axial view* (Figuras 9 y 10).

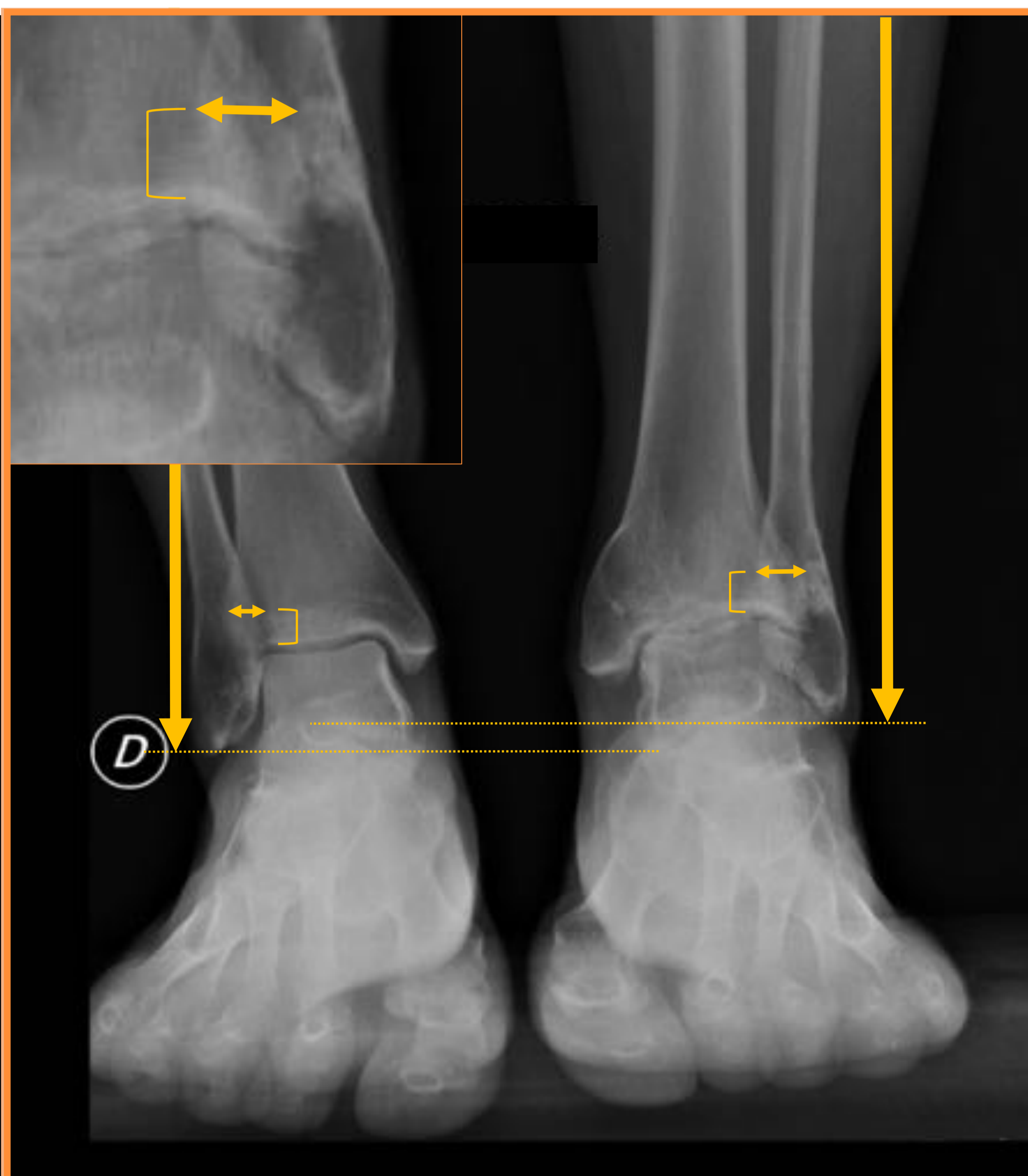


Figura 7. **Overlap** tibio-fibular y longitud del peroné.

2 Overlap tibio-fibular: distancia horizontal entre el borde medial del peroné y el borde lateral de la tibia, medida a 1 cm del pilón tibial (normal: 8-10 mm).

★ El **overlap tibio-fibular debe ser positivo**; la ausencia de superposición sugiere lesión de la sindesmosis.

3 Longitud del peroné: distancia cráneo-caudal desde el vértice de la cabeza del peroné al margen inferior del maleolo peroneo, valorada de forma comparativa con el miembro contralateral.

★ **Ambos peronés deben ser simétricos en longitud** para garantizar la estabilidad articular con la marcha.

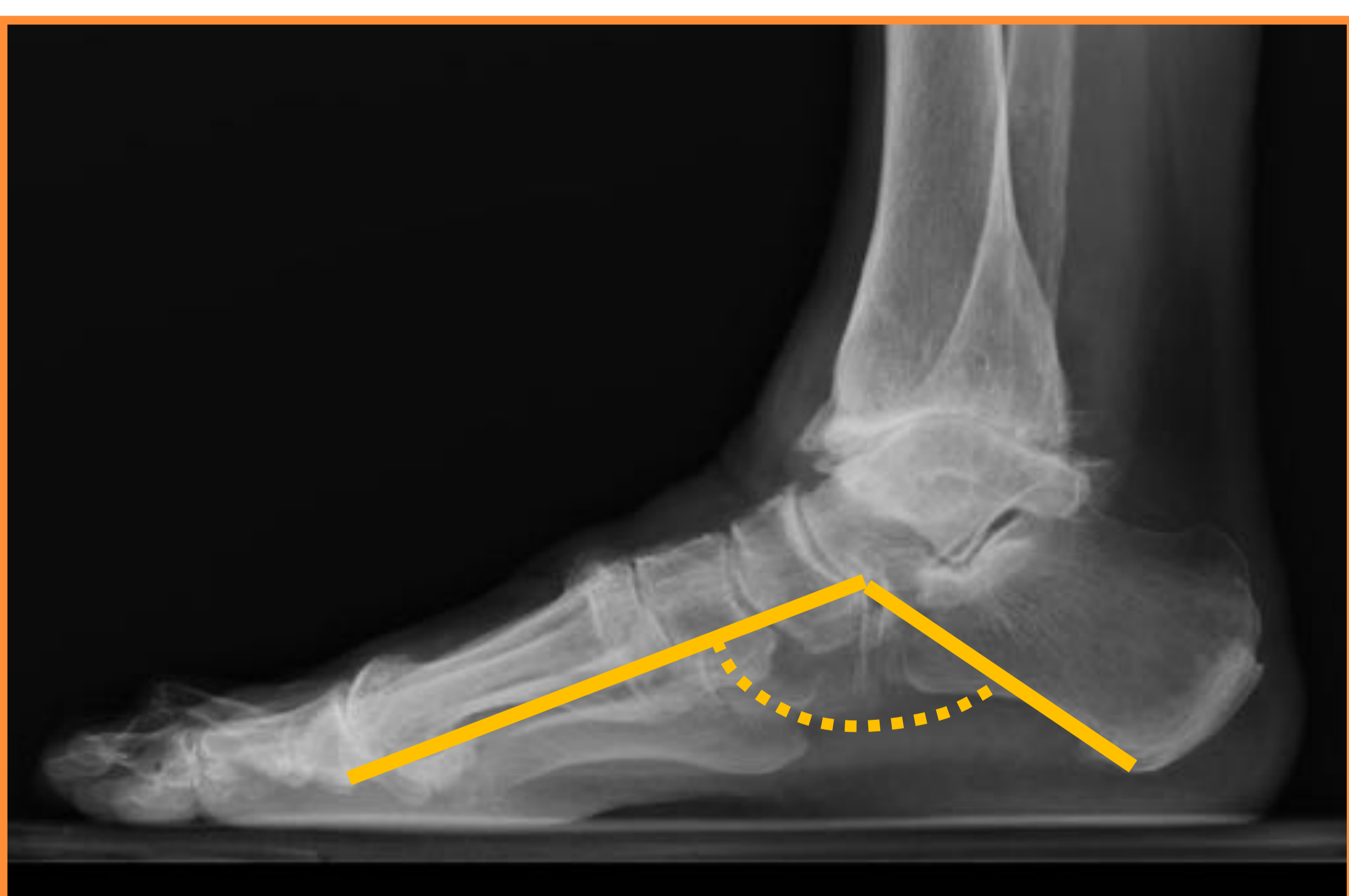


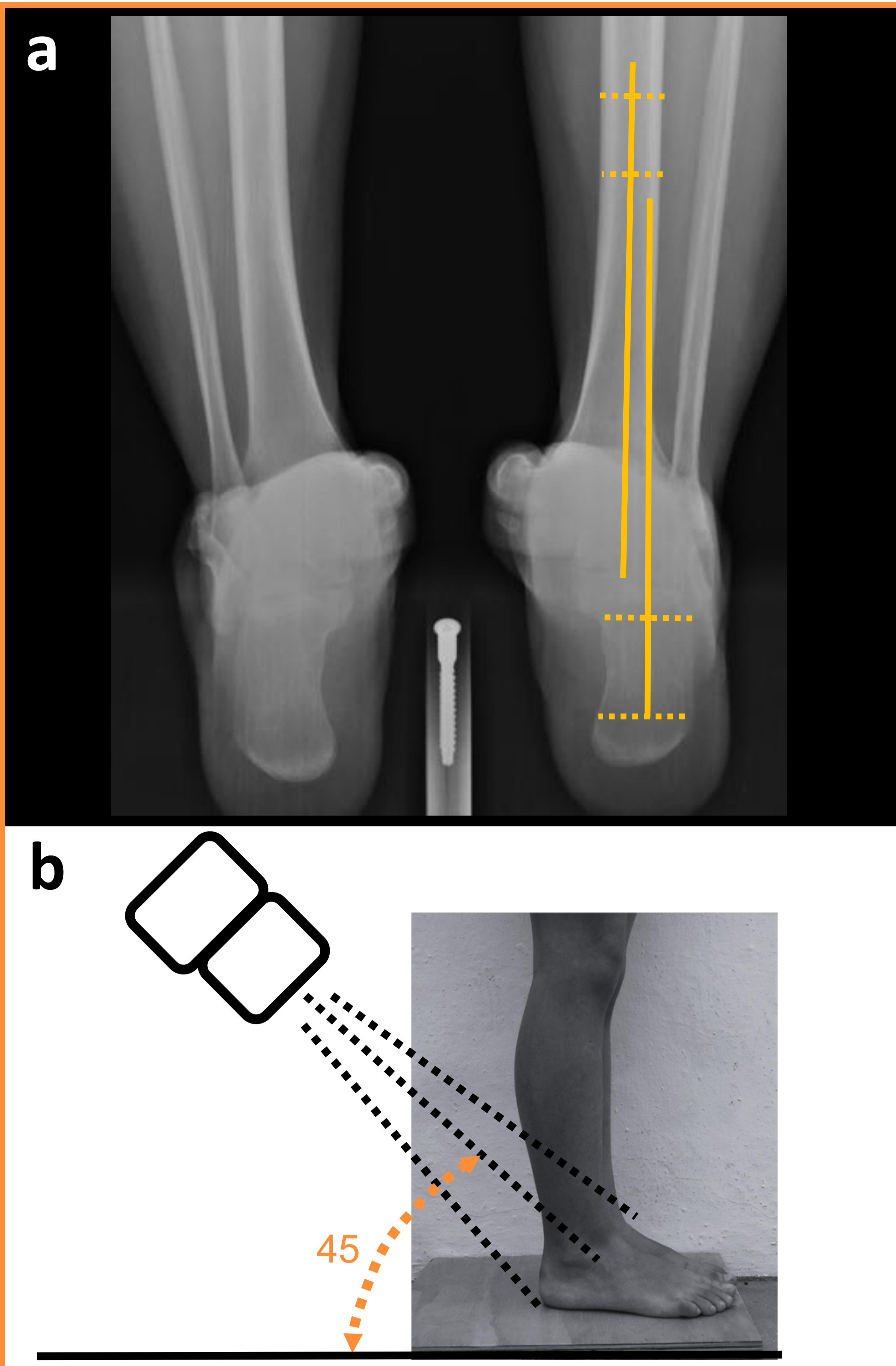
Figura 8. **Ángulo de Moreau-Costa-Bartani interno.**

4 Ángulo Moreau-Costa-Bartani interno: intersección entre los ejes que van desde el sesamoideo interno del primer metatarsiano y la tuberosidad posterior del calcáneo a la cabeza del astrágalo. Su valor normal es de 120-130° y se modifica con deformidades del pie, aumentando en el pie plano.

★ El **pie plano requiere corrección previa al implante de PTT.**



2. Evaluación radiológica: 2a-Proyección *long axial view*



5 Alineación del retropié: desviación angular entre los ejes medio-diafisarios (longitudinales) de la tibia y el calcáneo. En un retropié alineado ambos ejes deben ser paralelos (desviación angular de 0°), quedando el eje longitudinal del calcáneo 5-10 mm lateral al de la tibia.

★ La PTT está indicada en retropiés alineados. Se puede plantear también en deformidades leves (hasta 10° en varo/valgo) o en deformidades mayores añadiendo osteotomía valgizante/varizante del calcáneo previa a la colocación de la PTT.

Figura 9. Proyección *long axial view* u oblicua posterior. Se realiza en bipedestación, con una ligera flexión dorsal del tobillo (10°) y el haz de rayos X entrando con un ángulo de inclinación de 45° respecto al suelo.

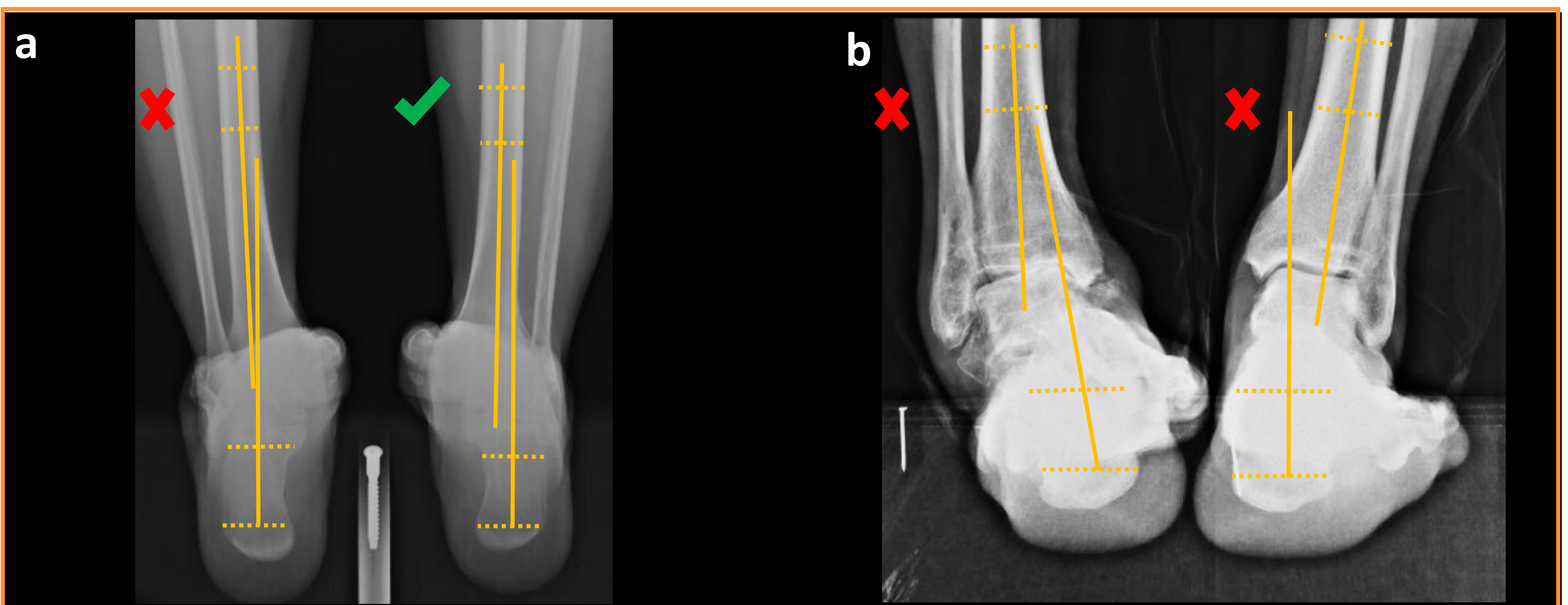


Figura 10. Proyecciones *long axial view*.

Valoración comparativa de la alineación del retropié en dos pacientes diferentes candidatos a PTT.



2. Evaluación radiológica:

2b- Telemetría de MMII

Los **objetivos** de la telemetría de MMII en estos pacientes son:

- 1 Valoración del **eje mecánico del miembro inferior afecto**.
- 2 Medición del **ángulo fémoro-tibial mecánico**.

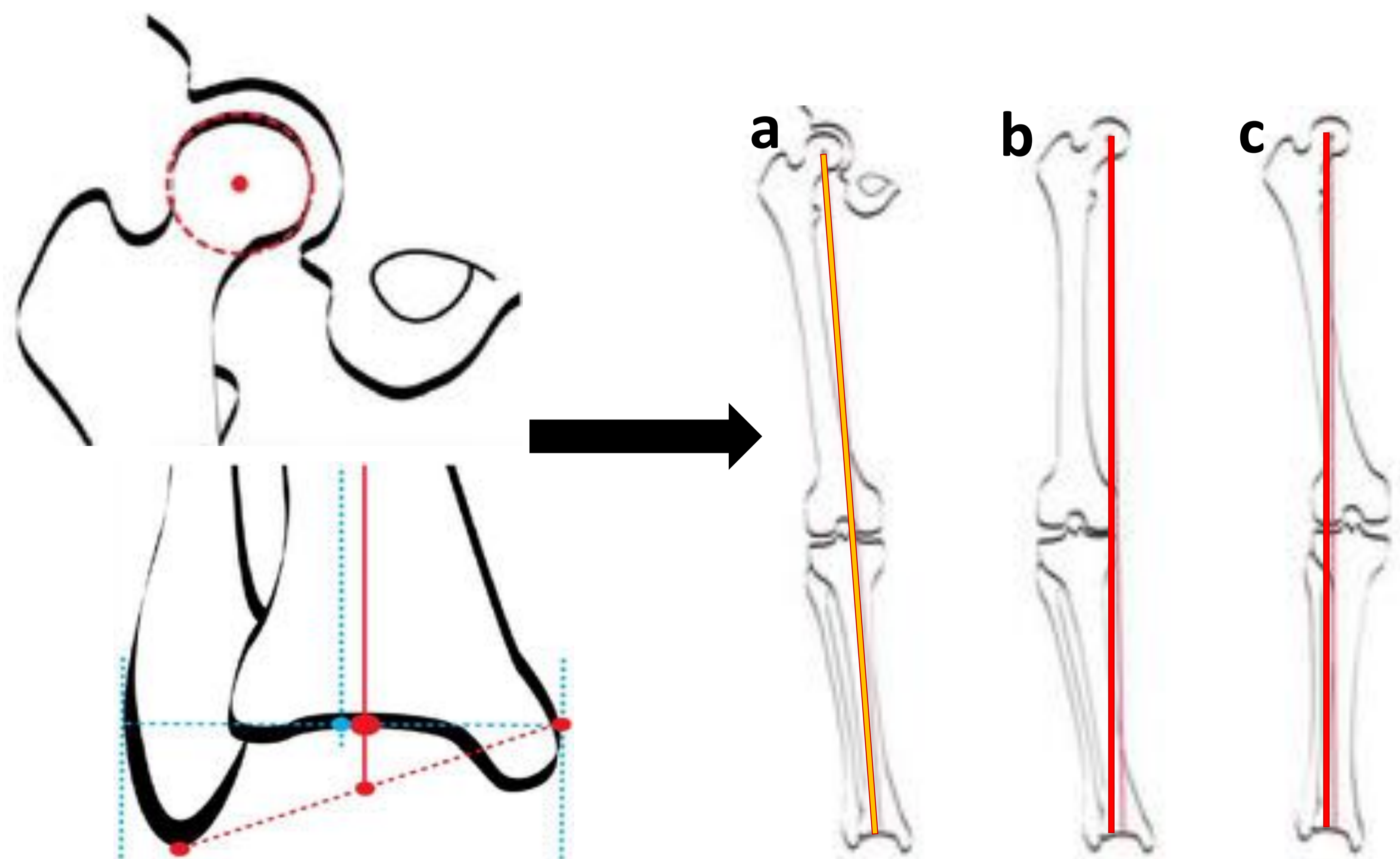


Figura 6. Telemetría de MMII.
Rx simple PA de ambas extremidades inferiores, desde articulaciones coxo-femorales hasta los pies.
Se realiza en bipedestación, con carga simétrica, rotación neutra y rodillas en extensión.

1 Eje mecánico del miembro inferior: línea longitudinal trazada desde el centro de la cabeza femoral hasta el punto medio de la articulación tibio-astragalina.

Su paso a nivel de la rodilla define la deformidad del miembro:

- **Normoeje:** paso por el centro de la rodilla (a).
- **Deformidad en varo:** paso por el compartimento interno (b).
- **Deformidad en valgo:** paso por el compartimento externo (c).



León VI, ed.

2 Ángulo fémoro-tibial mecánico: intersección entre el *eje femoral de carga* (del centro de la cabeza femoral al punto medio de la escotadura intercondílea) y el *eje tibial de carga* (de la espina tibial anterior al punto medio de la articulación tibio-astragalina).

Su valor es 0° en extremidades normoaxadas (ejes colineares).



León VI, ed.

★ **La PTT está indicada en extremidades normoaxadas.** Se puede plantear también en deformidades leves, o en deformidades moderadas en las cuales se añade osteotomía valguzante/varizante previo a la colocación de la prótesis.



2. Evaluación radiológica: 2c-DEXA

La radiología simple es poco sensible para la valoración de la osteoporosis, requiriendo una pérdida ósea del 30-50% para identificar los primeros signos radiológicos: pérdida de la trabeculación ósea y adelgazamiento de la cortical entre otros.

Estos hallazgos también son valorables en TC, técnica que además nos permite realizar una valoración cuantitativa de la densidad ósea mediante la medición en unidades de Hounsfield de una zona de interés tras la colocación de un ROI. Estos resultados pueden ser comparados con el tobillo contralateral o con tablas de medidas de la densidad ósea de la población general. A pesar de la sencillez de este método está más extendido el uso de DEXA, que permite medir la densidad mineral ósea (DMO).

La osteoporosis postmenopáusica se basa en mediciones de la DMO expresada en unidades de desviación estándar (DE) que se denominan T-score, en función del cual existen cuatro categorías según la Organización Mundial de la Salud (OMS): normal/osteopenia/osteoporosis/osteoporosis establecida.

Otra forma de medir la DMO es en unidades Z-score, que se expresa también en unidades de DE, aunque en vez de comparar con la DMO de adultos jóvenes, se compara con la media de un sujeto normal sano, de la misma edad, sexo y grupo étnico.

Z-score se usa por ejemplo en pacientes candidatos a intervenciones quirúrgicas (Figura 11).

- Z score menor o igual a -2 DE = por debajo del rango esperado para la edad.
- Z score mayor a -2 DE = dentro del rango esperado para la edad.

★ Se realiza DEXA de cuerpo completo en la valoración del tobillo de pacientes candidatos a PTT cuando existen factores de riesgo para osteoporosis. Nos basamos en Z-score para la evaluación de osteoporosis del tobillo afecto.

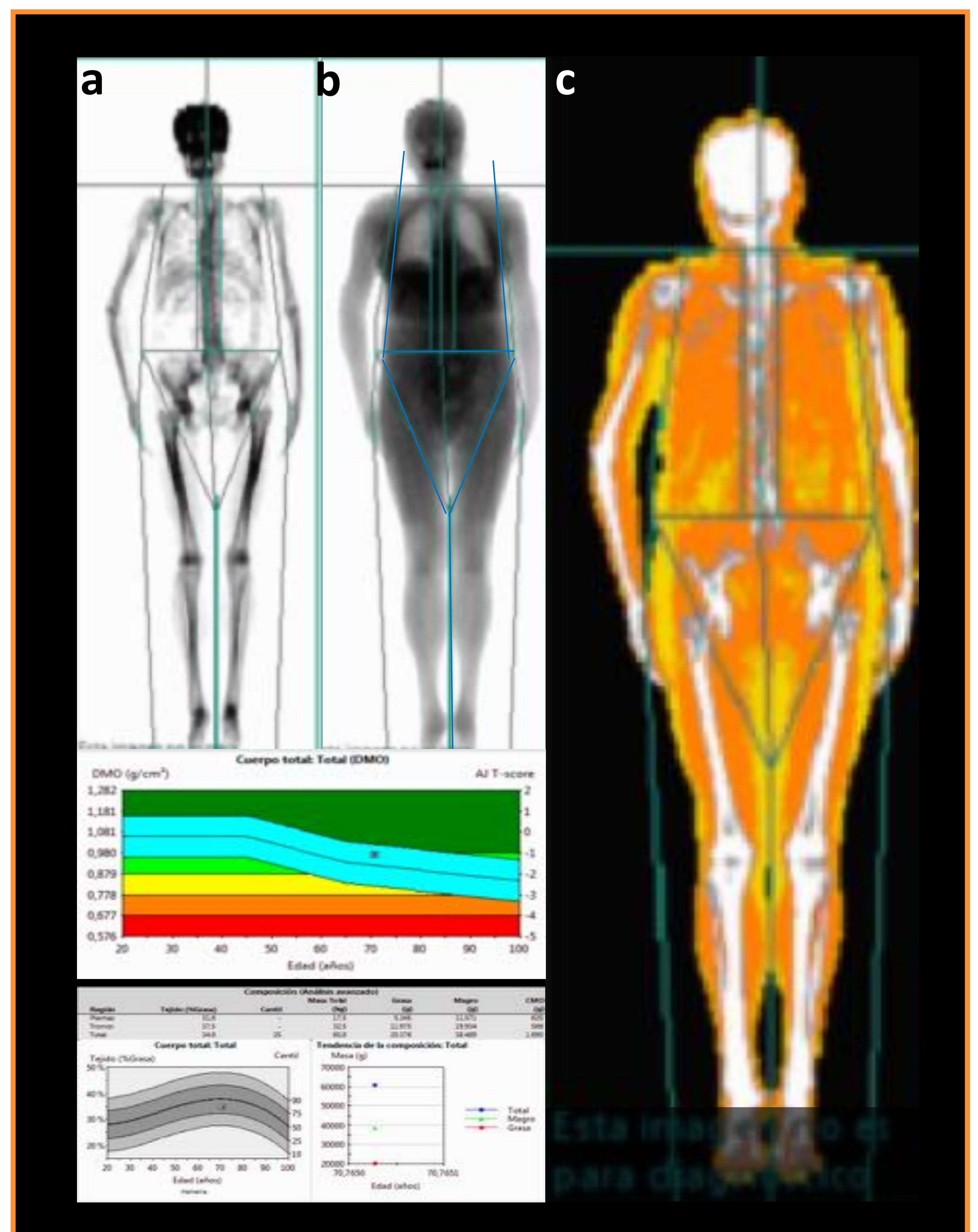


Figura 11. DEXA en mujer de 70 años. Z-score es mayor a -2 DE, lo que indica estar dentro del rango esperado para la edad de la paciente.



2. Evaluación radiológica:

2d-TC

La tomografía computarizada (TC) es la prueba de imagen fundamental en el proceso de selección de candidatos a implante de PTT.

Permite identificar los signos clásicos de artrosis con mayor precisión que la radiología convencional, así como la cantidad y calidad del hueso subcondral ("stock óseo"), dato clave para garantizar la estabilidad de la prótesis a largo plazo.

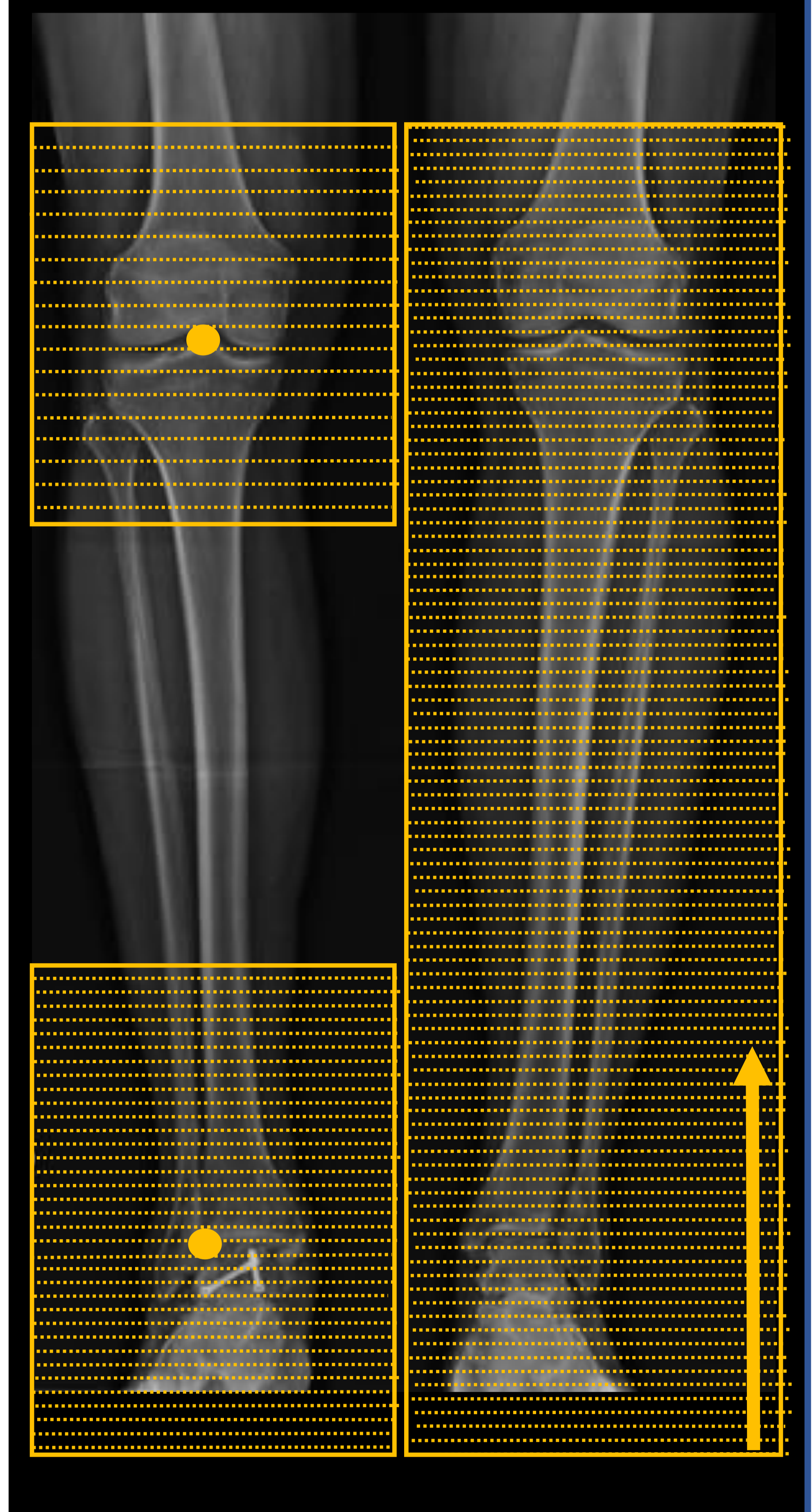
Instrucciones básicas para la realización del TC:

- Paciente en decúbito supino, con pies dirigidos hacia el gantry y tobillo en posición neutra, flexionado 90° respecto a la pierna, para lo cual nos ayudamos de diferentes accesorios radiolúcidos como almohadas, cojines o cajas adaptadas.
- Se pueden programar dos cajas (rodilla y tobillo) o realizar una exploración única desde la planta del pie hasta la rodilla. En la primera opción la caja que incluye la rodilla se centra en la línea articular ampliándose 5 cm craneal y 5 cm caudal a la misma. El grosor de corte será de 5 mm o menor. La caja que incluye el tobillo y pie, se extiende desde más de 10 cm por encima de línea articular tibioastragalina hasta la planta del pie, incluyendo los dedos de los pies. El grosor de corte será de 1.25 mm o menor. Los márgenes medial y lateral de ambas cajas deben estar alineados. El sistema de coordenadas, campo de visión y tamaño del pixel se mantienen igual en ambas exploraciones.
- El tamaño del píxel debe ser inferior a 0,8 mm. El campo de visión debe ser inferior a 40 cm, siendo ideal a 28 cm para una matriz de 512x512 para mantener el tamaño de píxel pequeño.
- Posteriormente realizaremos las reconstrucciones MPR y 3D.



Opción 1

Opción 2



★ Los errores más frecuentes en la adquisición de las imágenes de TC corresponden a :

- no inclusión de zonas anatómicas de interés en el FOV: dedos y planta del pie o casos en los que se incluye menos de 10 cm de la tibia distal.
- las imágenes de la rodilla no se han adquirido a la vez que las del tobillo.



2. Evaluación radiológica:

2d-TC

Los **objetivos** principales del **TC** en estos pacientes son:

- 1 estimar la calidad y cantidad ósea: densidad ósea y presencia de geodas subcondrales (área y profundidad de geodas) en tibia y astrágalo.
- 2 creación de guías de osteotomía.
- 3 si sospecha de malrotación tibial, se mide el ángulo de torsión tibial en TC de rodillas-tobillos.

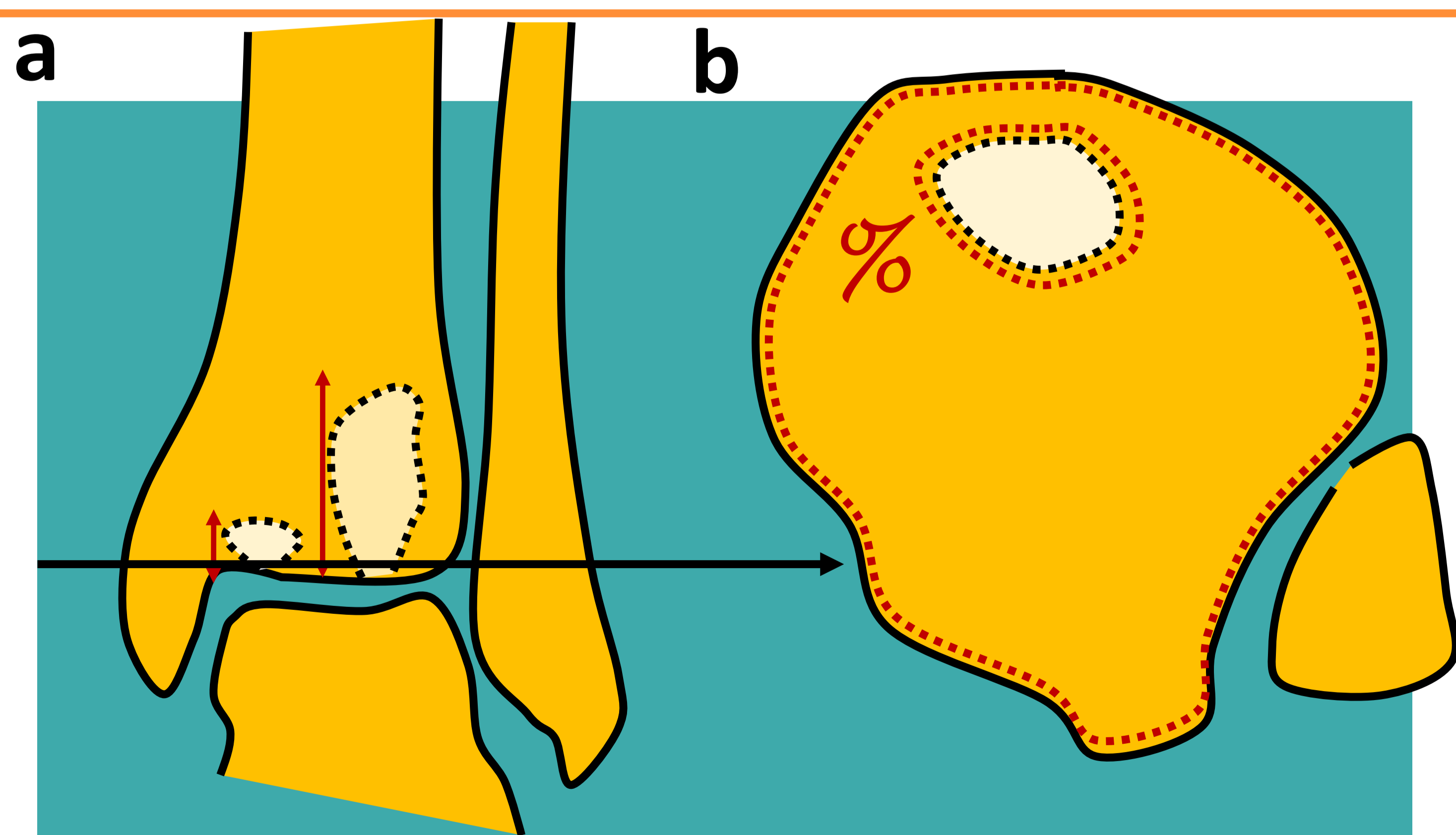
1 Valorar el asiento óseo de la prótesis es evaluar la **calidad y cantidad del hueso subcondral** donde va a ser implantada la misma.

La prótesis debe colocarse en hueso subcondral sano.

Calidad: ¿existe osteoporosis? La TC permite valorar la osteoporosis de forma cualitativa, mediante la detección de signos como la pérdida de la trabeculación ósea y el adelgazamiento de la cortical, y de forma cuantitativa, mediante la medición de la densidad ósea al colocar un ROI en la zona de interés (unidades de Hounsfield). La valoración cuantitativa puede compararse con el tobillo contralateral o con tablas de medidas de la población general. A pesar de la sencillez de este método está más extendido el uso de DEXA para cuantificar la pérdida de la densidad mineral ósea (ver diapositiva 12).

Cantidad: ¿qué área y profundidad son necesarias para implantar una prótesis? (Figura 12) La prótesis debe apoyarse en la mayor superficie ósea posible para una mejor transmisión de la carga. A medida que nos alejamos de la superficie articular la resistencia del hueso va disminuyendo. La resección ósea excesiva tanto en la tibia como en la cúpula astragalina conlleva a colocar el implante en hueso esponjoso blando con la posibilidad de hundimiento de la prótesis con la carga.

Una contraindicación para la colocación de la PTT es la presencia de grandes quistes subcondrales tanto en la tibia como en el astrágalo que afectan a un **área** de más un 40-50% de la superficie articular tibial (Figura 13 g, h) y alcanzan una **profundidad** que coincide con el nivel de corte de la osteotomía. Con una pérdida de área subcondral tibial de entre un 25-40 % el traumatólogo se plantea artrodesis Vs PTT según circunstancias de cada paciente (Figura 13 e, f).



Te proponemos :

- 1º ¿hay geodas quísticas subcondrales?
- 2º si, ¿dónde? tibia y/o astrágalo.
- 3º si, ¿qué profundidad tienen?, ¿coincide o sobrepasa el nivel de osteotomía?
- 4º si, qué área ocupan respecto al área total de la superficie articular?

Figura 12. Valoración de geodas quísticas subcondrales en tibia. Esquema que muestra la sistemática de lectura propuesta para la valoración de geodas quísticas subcondrales en tibia en el estudio de TC.



2. Evaluación radiológica: 2d-TC

1

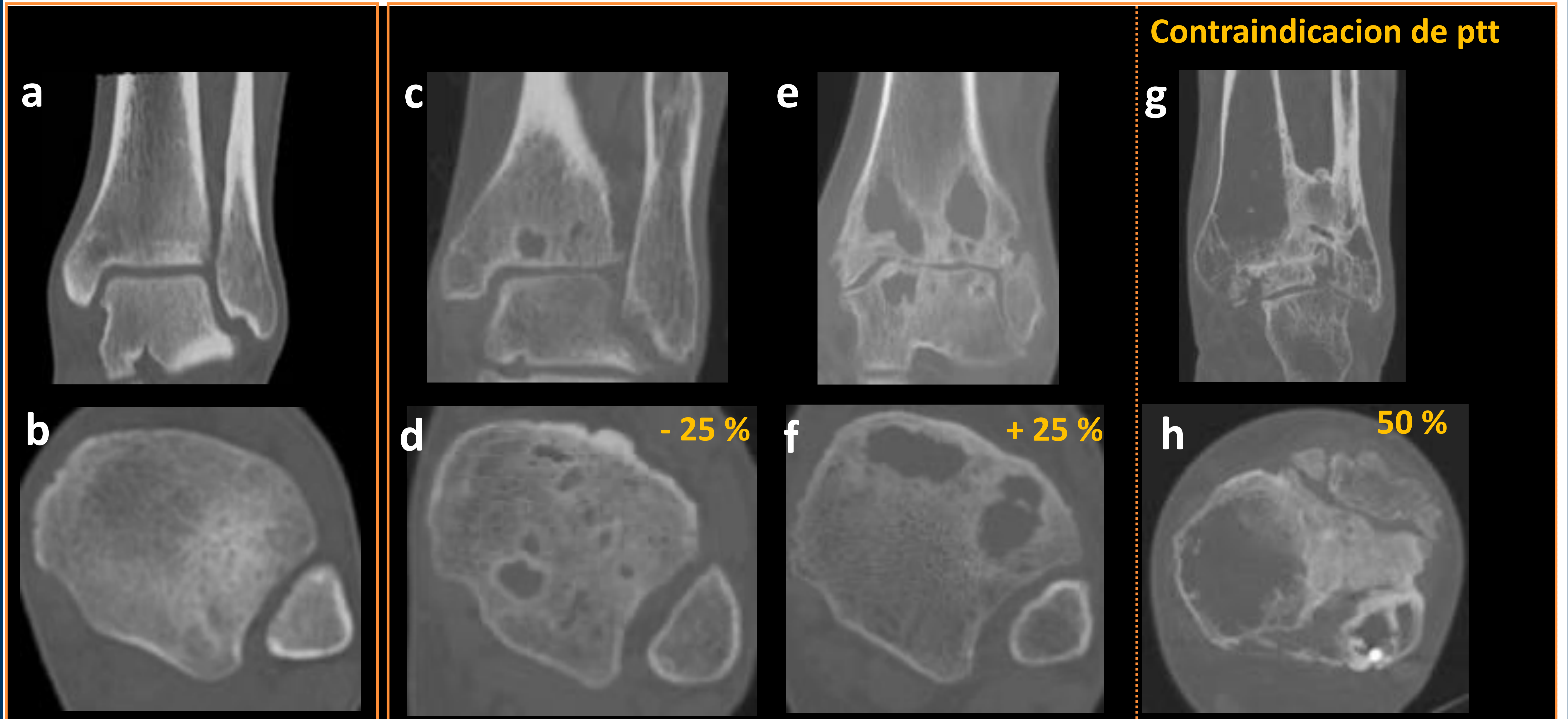
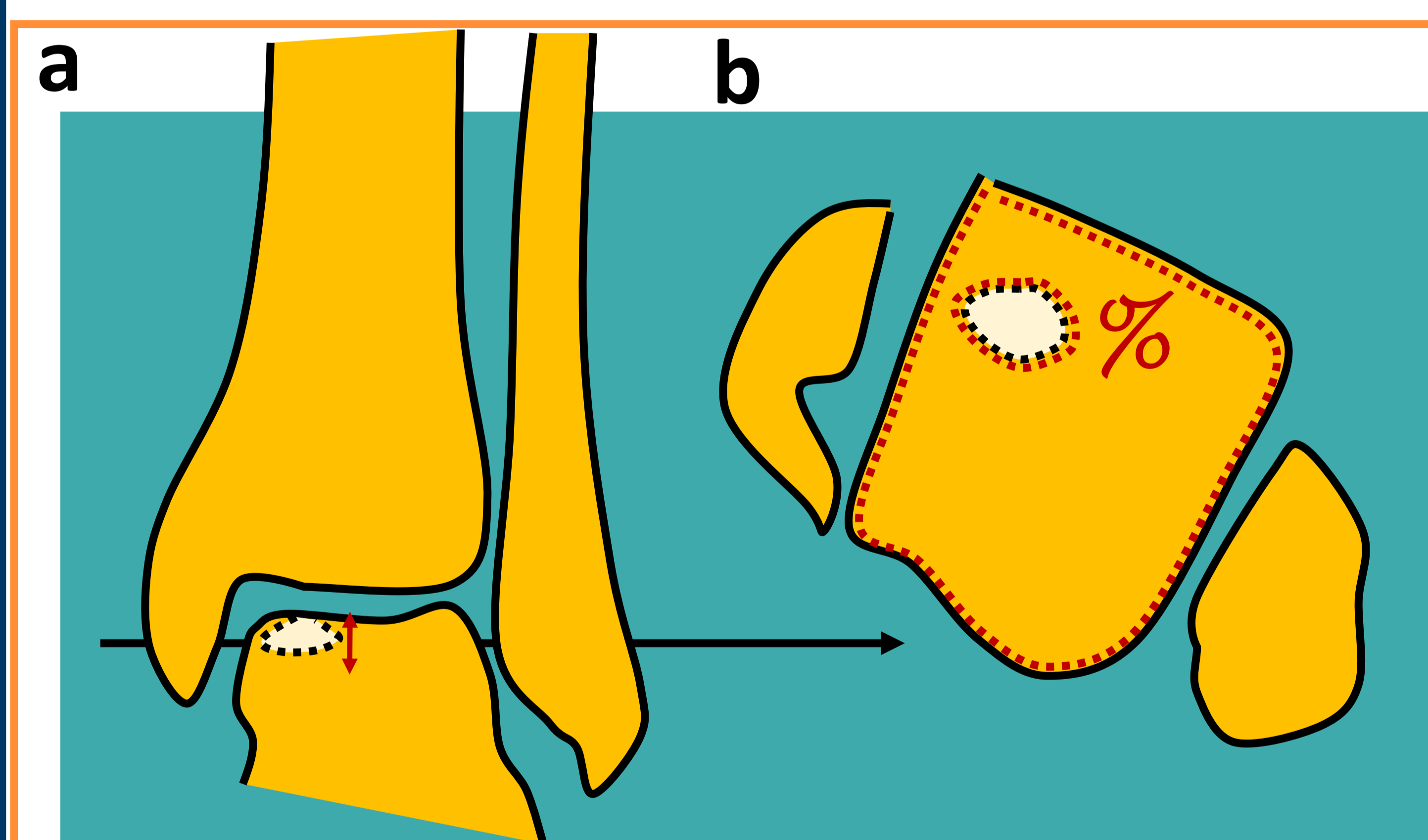


Figura 12: TC de tobillo de distintos pacientes: sano (a y b) y con diferentes grados de artrosis que incluyen geodas quísticas subcondrales en tibia, de menor (c y d) a mayor afectación (e, f, g y h); hallazgo fundamental en la planificación quirúrgica de la PTT.

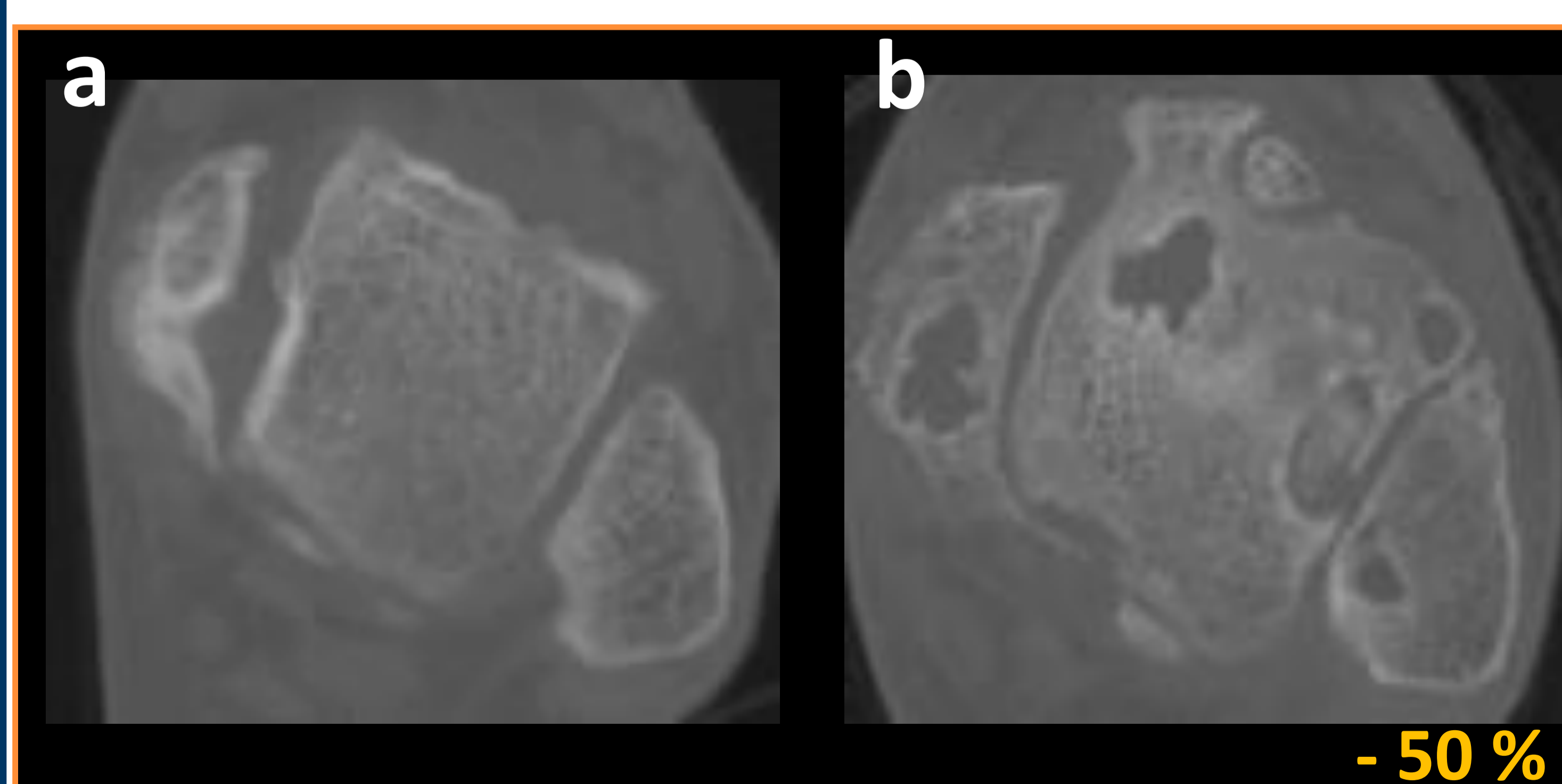
Respecto al astrágalo distintos grupos de trabajo estiman en un 50% la pérdida del área necesaria para decidir realizar artrodesis (Figura 13 y 14).



Te proponemos :

- 1º ¿hay geodas quísticas subcondrales?
- 2º si, ¿dónde? Tibia y/o astrágalo.
- 3º si, ¿qué profundidad tienen?, ¿coincide o sobrepasa el nivel de osteotomía?
- 4º si, qué área ocupan respecto al área total de la superficie articular?

Figura 13. Valoración de geodas quísticas subcondrales en astrágalo. Esquema que muestra la sistemática de lectura para valoración de geodas quísticas en astrágalo en el estudio de TC.



**Contraindicacion de ptt
+ 50 %**

Figura 14. TC de tobillo de distintos pacientes: sano (a) y con artrosis (b) que incluye geodas quísticas astragalinas que ocupan un área inferior al 50% del área articular.



2. Evaluación radiológica: 2d-TC

1 La presencia de geodas subcondrales resulta una contraindicación relativa para la colocación de PTT ya que el defecto óseo puede ser relleno con injerto, previamente a la colocación de la prótesis. No obstante estas situaciones no son deseables y en la mayoría de los casos se opta por una prótesis de revisión.

Es interesante desde el punto de vista de la imagen diferenciar geodas en el contexto de artrosis avanzada, en cuyos casos no debería existir déficit de vascularización, de entidades como la osteonecrosis o infartos óseos, situaciones en las que sí existe déficit de vascularización, lo que hace presuponer que no va a existir una adecuada osteointegración del injerto óseo.

2 Guías de osteotomía.

Las imágenes adquiridas de TC en formato DICOM constituyen la base para la segmentación y posterior impresión de un biomodelo tridimensional, de especial interés en la planificación quirúrgica. La pieza 3D permite seleccionar y manipular sobre la misma el material necesario para la intervención.

Durante el procesamiento de la imagen se pueden diseñar guías que sirven de ayuda al cirujano en la elección del nivel del osteotomía y en la colocación de tornillos (Figura 15).

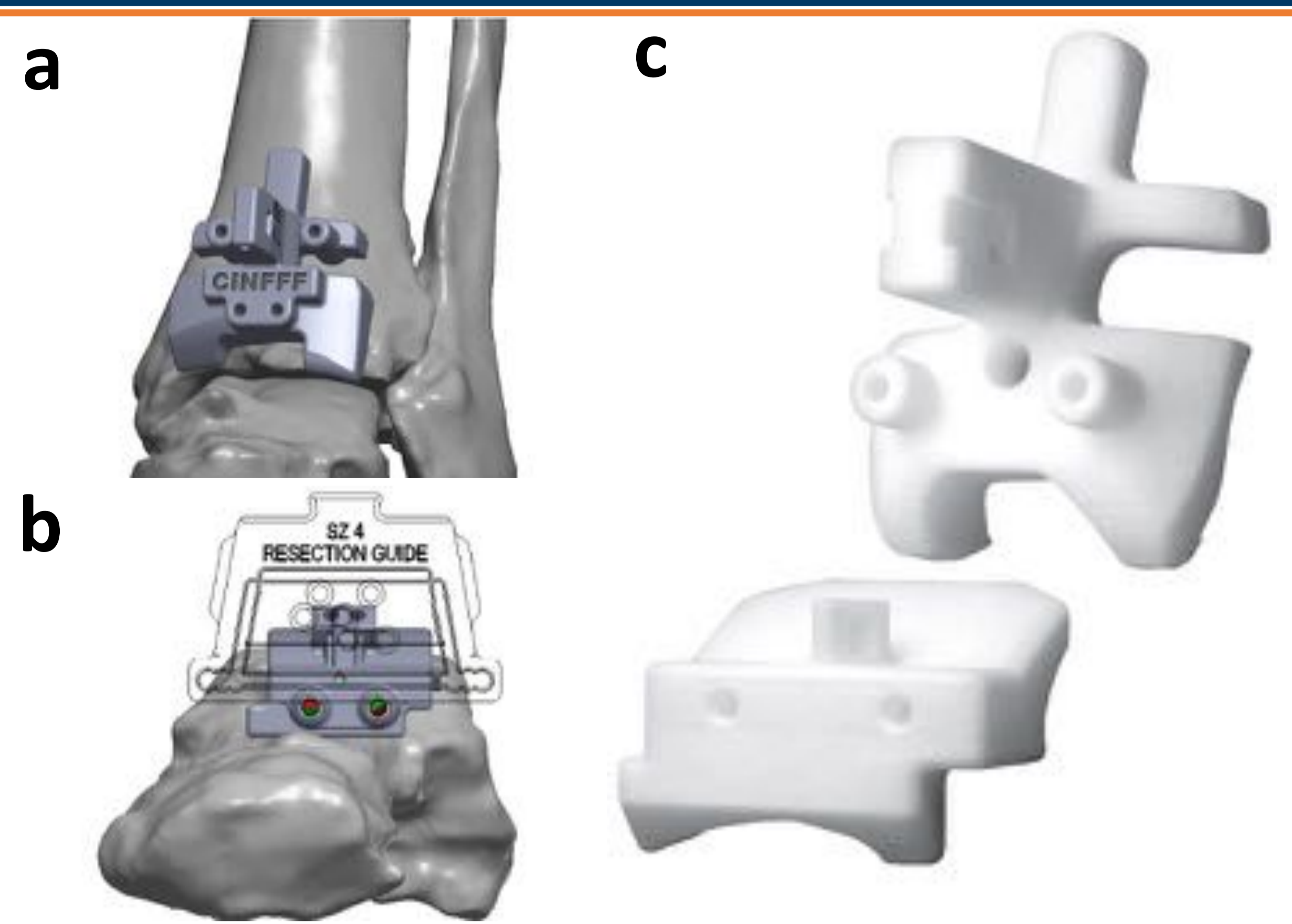


Figura 15: Creación de guías de osteotomía de tibia y astrágalo que indican el nivel de corte óseo previo a la colocación de PTT.

Fuente: www.wright.com

3 ante la sospecha de **malrotación tibial**, se deben incluir imágenes axiales de la rodilla y tobillo para medir el ángulo de torsión tibial, como se muestra en el protocolo de adquisición de imágenes (Figura 16 a). La medida del ángulo de torsión tibial requiere la fusión de una imagen axial a nivel de la tuberosidad tibial anterior (TTA) y otra a nivel bimalleolar (Figura 16b). En la imagen axial de la tibia se traza la línea que sigue la cortical posterior, que debe ser paralela a la línea bimalleolar trazada en la imagen del tobillo (valor normal: -10° hasta $+10^\circ$). Se recomienda trazar también las tangentes a las líneas tibial y bimalleolar, debiendo ser similares. Un eje patológico implica un mal funcionamiento de la prótesis en el plano sagital.

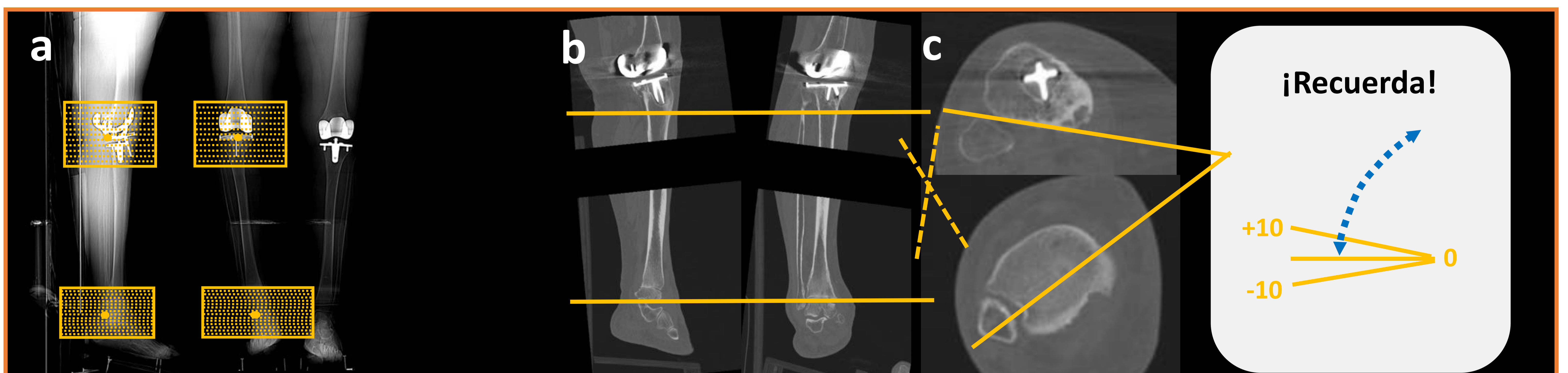


Figura 16. Medida del ángulo de torsión tibial en TC de MID de paciente candidata a PTT. Paciente con ángulo patológico e incompatible con la colocación de PTT.



2. Evaluación radiológica:

2d-RM

La RM se ha considerado clásicamente una prueba complementaria a la radiología simple y a la TC en el estudio preoperatorio de pacientes candidatos a la colocación de PTT, pero su uso está cada vez más extendido por su gran capacidad para la valoración de la médula ósea y de los tejidos blandos, siendo especialmente útil en la valoración de los ligamentos.

Instrucciones básicas para la realización de RM:

- Incluir secuencias en los tres planos del espacio (axial, sagital, coronal). Grosor de corte igual o inferior a 3 mm. FOV de 12 cm, centrado en línea articular tibioastragalina.
- Posible protocolo de estudio: secuencias sagitales T1 TSE y T2 SPAIR, axiales DP y T2 SPAIR y coronal DP SPAIR (Figura 17).
- Paciente en decúbito supino con pies dirigidos hacia el gantry, rodillas extendidas o ligeramente flexionadas y tobillos en flexión de 90°. Antena dedicada de tobillo-pie, tipo “chimenea”, rígida, multicanal, que envuelve el tobillo completamente, quedando éste en el isocentro del imán (Figura 18).

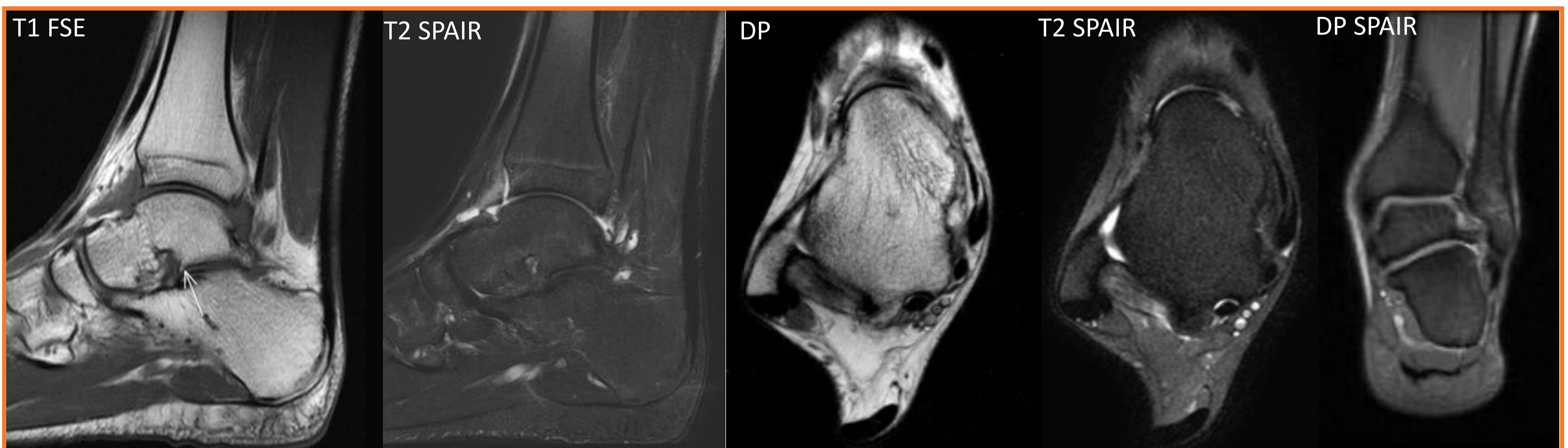


Figura 17. Protocolo RM estándar de tobillo. No existe un protocolo de RM universalmente aceptado para el estudio del tobillo, adaptando las secuencias y planos a las distintas patologías.



Figura 18. Colocación de paciente para la realización de una RM de tobillo derecho. Paciente en decúbito supino, con pies dirigidos hacia el gantry, rodilla extendida y tobillo flexionado 90°. Se usa una antena tipo “chimenea” que envuelve completamente la articulación del tobillo.

★ Los artefactos de susceptibilidad magnética son los más frecuentemente encontrados en los estudios de RM para planificación quirúrgica de PTT, debido a la presencia de material de osteosíntesis que portan muchos de estos pacientes.



2. Evaluación radiológica:

2d-RM

Los **objetivos** de la **RM** en estos pacientes son:

- 1 confirmar la presencia de geodas subcondrales y diferenciarlas de la necrosis avascular o de los infartos óseos.
- 2 valorar el estado del ligamento colateral medial o deltoideo.
- 3 Otras lesiones: valorar ligamentos tibioperoneos, ligamento colateral lateral, tendones peroneos, artrosis subastragalina.

1 La RM es la técnica de elección para la valoración de la médula ósea (1)

Es habitual observar edema óseo subcondral en pacientes con artrosis de tobillo. Se observa como un área mal definida subyacente a la superficie articular, hipointensa en secuencias T1 e hiperintensa en secuencias T2 con supresión de la grasa (Figura 19 a y b). La geoda quística subcondral es una lesión lítica, circunscrita, con pared bien definida hipointensa en todas las secuencias, que contiene líquido hipointenso en secuencias T1 e hiperintenso en secuencias T2, con diferente grado de homogeneidad de la señal en función del tiempo de evolución de la misma (Figura 19 c y d). La RM suele sobreestimar el tamaño de las geodas quísticas subcondrales respecto al TC.

La RM permite valorar también el derrame articular y sinovitis presentes en artrosis (Fig 20).

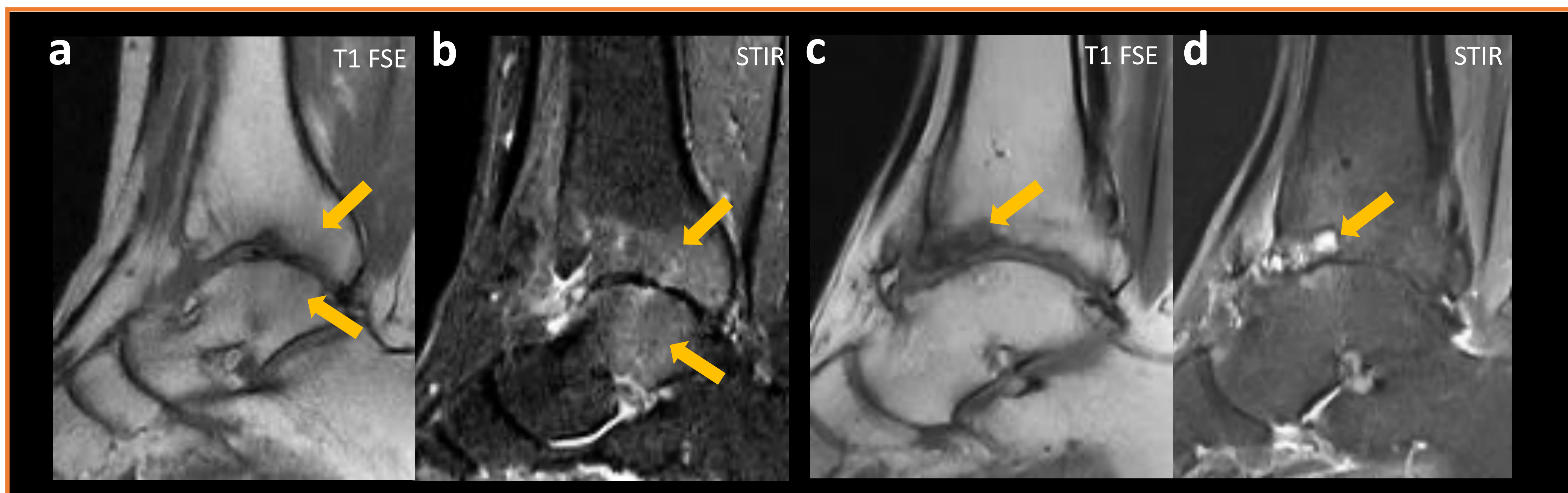


Figura 19. Artrosis tibioastragalina en dos pacientes distintos candidatos a PTT. En el primer paciente se observa un extenso edema óseo subcondral en tibia y astrágalo (flechas amarillas en a y b). En el segundo paciente se observa confluencia de geodas quísticas subcondrales en tercio anterior de cara articular tibial (flechas amarillas en c y d).

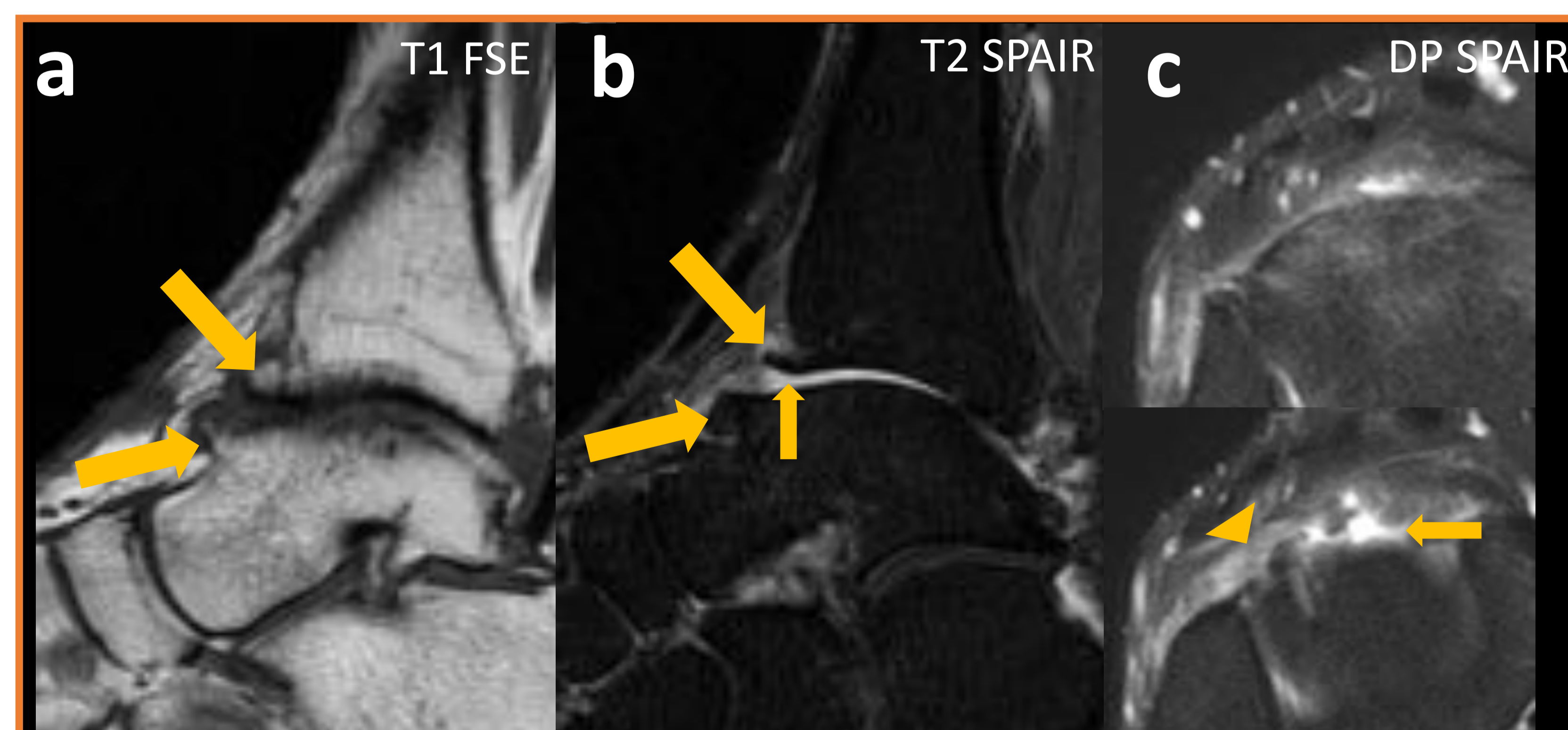


Figura 20. Artrosis tibioastragalina en paciente candidato a colocación de PTT. Se observan osteofitos marginales anteriores (flechas gruesas amarillas en a y b), derrame articular (flechas finas amarillas en b y c) y sinovitis anterior (punta de flecha en c).



2. Evaluación radiológica: 2d-RM

1 La RM es la técnica de elección en la valoración de la médula ósea (2).

La RM permite diferenciar geodas quísticas en el contexto de artrosis de la necrosis ósea: necrosis avascular u osteonecrosis isquémica cuando ocurre en la epífisis e infarto óseo cuando ocurre a nivel metáfiso-diafisario (Figura 21). Ambas entidades presentan un margen serpinginoso bien definido hipointenso en T1 (fibrosis y esclerosis), que se presenta como signo de la doble línea en secuencias T2, interna hiperintensa (fibrosis) y externa hipointensa (esclerosis). Generalmente la zona central corresponde a medula ósea normal.

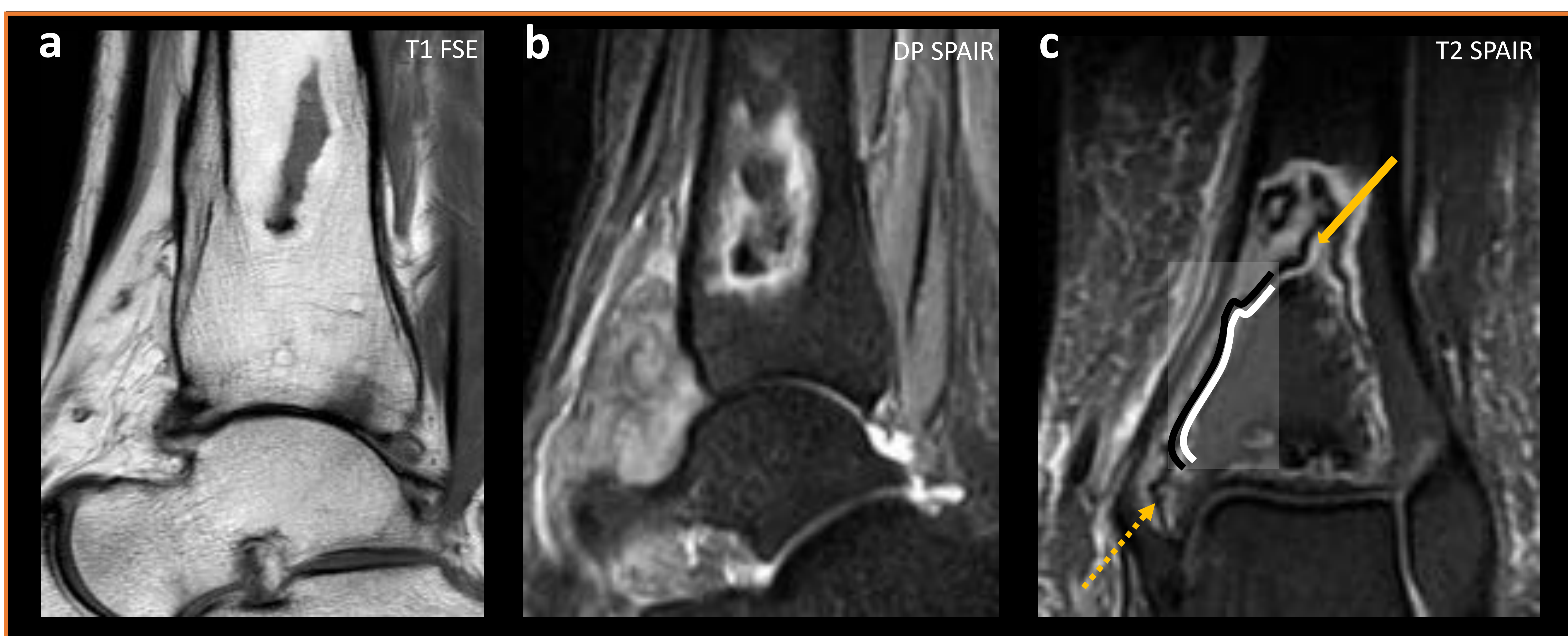


Figura 21. Lesiones isquémicas en tibia distal de tres pacientes distintos candidatos a PTT. Necrosis ósea metáfiso-diafisaria en pacientes a y b y epifisaria en paciente c. En los tres casos las lesiones isquémicas contraindicaron la cirugía. Se observa el signo de la doble línea en la secuencia T2 SPAIR del paciente c: línea hiperintensa interna (flecha amarilla en c) e hipointensa externa (flecha amarilla de puntos en c).

La RM sobreestima el tamaño del defecto óseo propio de la osteonecrosis avascular (ONA) de la cúpula astragalina respecto al TC (Figura 22). En esta localización se estima en un 50% la pérdida del área subcondral necesaria para optar por artrodesis. No obstante es importante diferenciar entre geoda quística subcondral y ONA, por el déficit de vascularización que implica esta última, especialmente si se plantea la repleción del defecto óseo con injerto de cresta ilíaca del mismo paciente (técnica AMIC). La RM es más sensible para valorar el cartílago hialino y la presencia de edema óseo perilesional.



Figura 22. ONA extensa en cúpula astragalina medial mejor delimitada en TC (a) y su correlación quirúrgica (e). Se observa edema circundante en RM (línea amarilla de puntos en d).



2. Evaluación radiológica:

2d-RM

2 Valorar la integridad del ligamento colateral medial o deltoideo (1).

Los principales estabilizadores estáticos de la articulación del tobillo son los ligamentos de la sindesmosis tibioperonea, ligamento colateral lateral (LCL) y ligamento colateral medial (LCM) o deltoideo.

El LCL está formado por tres fascículos o ligamentos claramente diferenciados: ligamentos peroneoastragalino anterior (LPAA), peroneocalcáneo (LPC) y peroneoastragalino posterior (LPAP). Las lesiones del LCL, especialmente las del LPAA, son las más frecuentes de las lesiones de los ligamentos del tobillo. La lesión del LCM es mucho menos frecuente, siendo habitual encontrarla asociada a otras lesiones ligamentosas o a fracturas.

El LCM o deltoideo es un fuerte ligamento formado por numerosos fascículos que se extienden a modo de abanico desde el maleolo medial hasta el astrágalo, calcáneo, escafoides y huesos del tarso, y a diferencia de los que constituyen el LCL se diferencian con dificultad, lo cual ha generado numerosas descripciones y clasificaciones anatómicas en la literatura. En líneas generales se disponen en dos planos, uno superficial y otro profundo (Figura 22).

Los ligamentos que componen el plano superficial cruzan dos articulaciones, la del tobillo y la subastragalina, y los que componen en plano profundo cruzan solo la articulación tibioastragalina. En la tabla 5 se muestran los ligamentos que forman ambos planos, así como los más constantemente encontrados por autores anatomistas.

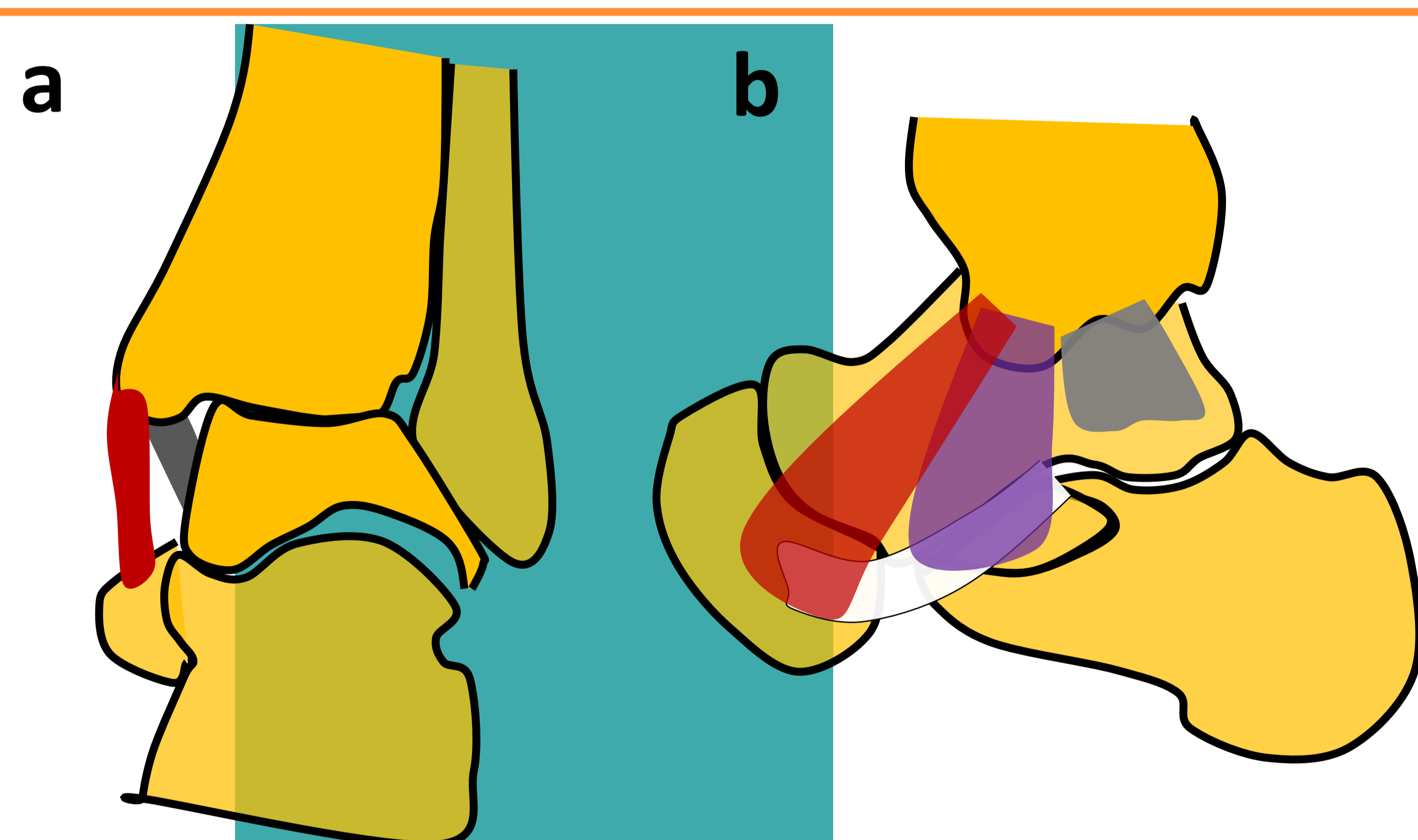


Figura 22. Ligamentos del LCM. Visión coronal del tobillo desde una visión posterior (a) donde se diferencian los planos superficial (rojo) y profundo (gris) del LCM. Visión del tobillo sagital (b) desde la cara medial donde se distinguen el ligamento tibiospring (morado), tibioescafoideo (rojo), tibio-astragalino posterior profundo (gris). El ligamento calcáneo-escafoideo súperomedial está representado en blanco.

Tabla 5. LCM (Milner y Soames).

| Planos | Ligamentos | ¿Constante? |
|-------------------|--|-------------|
| Plano superficial | Tibiospring | Constante |
| | Tibioescafoideo | Constante |
| | Tibioastragalino posterior superficial | Inconstante |
| | Tibiocalcáneo | Inconstante |
| Plano profundo | Tibioastragalino posterior profundo | Constante |
| | Tibioastragalino anterior profundo | Inconstante |

Nomenclatura de los componentes del LCM sugerida por Milner CE & Soames RW. The medial collateral ligaments of the human ankle joint: Anatomical variations. Foot Ankle 1998;19:289-92.

2. Evaluación radiológica: 2d-RM

2 Valorar la integridad del ligamento colateral medial o deltoideo (2).

La deficiencia del ligamento deltoideo está presente cuando ambos componentes, superficial y profundo, están rotos o son insuficientes, y ésto puede ser secundario a artrosis, intervenciones quirúrgicas, traumatismos o lesiones deportivas.

A pesar de incluir pruebas de imagen en la planificación de la reparación del LCM, la visualización directa en quirófano del LCM sigue siendo la mejor prueba diagnóstica para caracterizar estas lesiones. La clasificación de las roturas crónicas del ligamento deltoideo superficial de Valderrabano (tabla 6) es una prueba de ello, en base a la cual se plantea el tipo de intervención quirúrgica a realizar. Este hecho refleja la falta de caracterización de las lesiones del LCM por parte del radiólogo, a pesar algunos asombrosos acercamientos a la valoración del mismo en RM.

Tabla 6. Clasificación de las lesiones crónicas de la porción superficial del LCM.

| Lesión | Localización de la rotura |
|----------|---|
| Tipo I | Rotura proximal/avulsión tibial del ligamento deltoideo |
| Tipo II | Rotura intermedia del ligamento deltoideo |
| Tipo III | Rotura distal/avulsión del ligamento deltoideo del ligamento spring |

Tabla adaptada de Hintermann B and Valderrabano V. Medial ankle / Deltoid ligament reconstruction. Operative Techniques in Orthopaedic Surgery (LWW). 2011; 104: 4354-4366.

En RM los ligamentos del tobillo se observan como estructuras en forma de cordón o banda que unen huesos adyacentes, hipointensas en las distintas secuencias. El ligamento tibioastragalino posterior profundo, uno de los más importante en la valoración prequirúrgica de pacientes candidatos a PTT, lo vemos como un ligamento grueso y estriado por la presencia de grasa interpuesta entre sus fascículos (Figura 23).

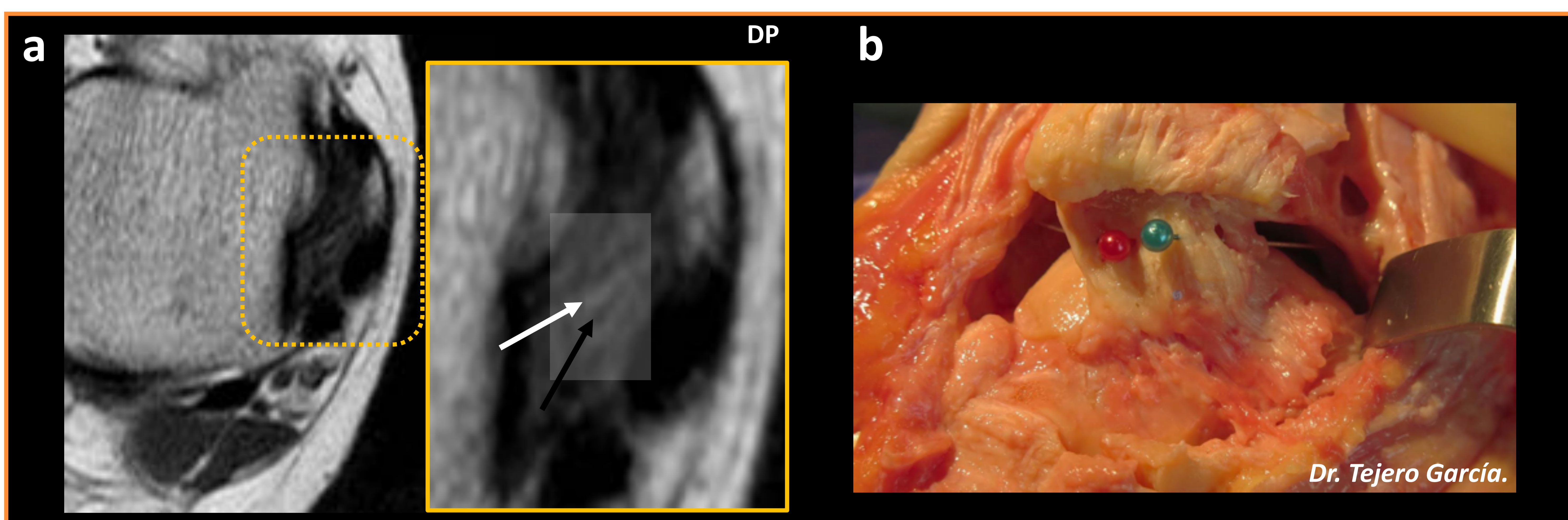


Figura 23. Ligamento tibioastragalino posterior profundo (LCM) en RM (a) y en disección de cadáver (verde en b). Secuencia axial DP del tobillo a nivel bimalleolar (a) donde se observa como un ligamento grueso, con patrón estriado caracterizado por líneas hiperintensas correspondientes a grasa interpuesta entre los fascículos hipointensos del ligamento. Correlación con fotografía de disección de cadáver (Cortesía de Dr. Tejero García).



2. Evaluación radiológica:

2d-RM

2 En general los criterios de RM para el diagnóstico de roturas agudas de los ligamentos del tobillo se clasifican en primarios (alteración de la morfología y de la intensidad de la señal intraligamentaria) y secundarios (derrame articular y contusiones óseas).

Cuando se lesiona el ligamento tibioastragalino posterior profundo se suele identificar:

- una alteración en el grosor: engrosamiento o adelgazamiento en función del tiempo de evolución de la lesión
- y una pérdida del patrón estriado normal, en muchas ocasiones sustituido por un área mal delimitada iso-/hipointensa en su espesor que corresponde a tejido fibrótico (Fig 24).

Debido a su grosor es infrecuente encontrar una solución de continuidad completa como ocurre en el LPAA.

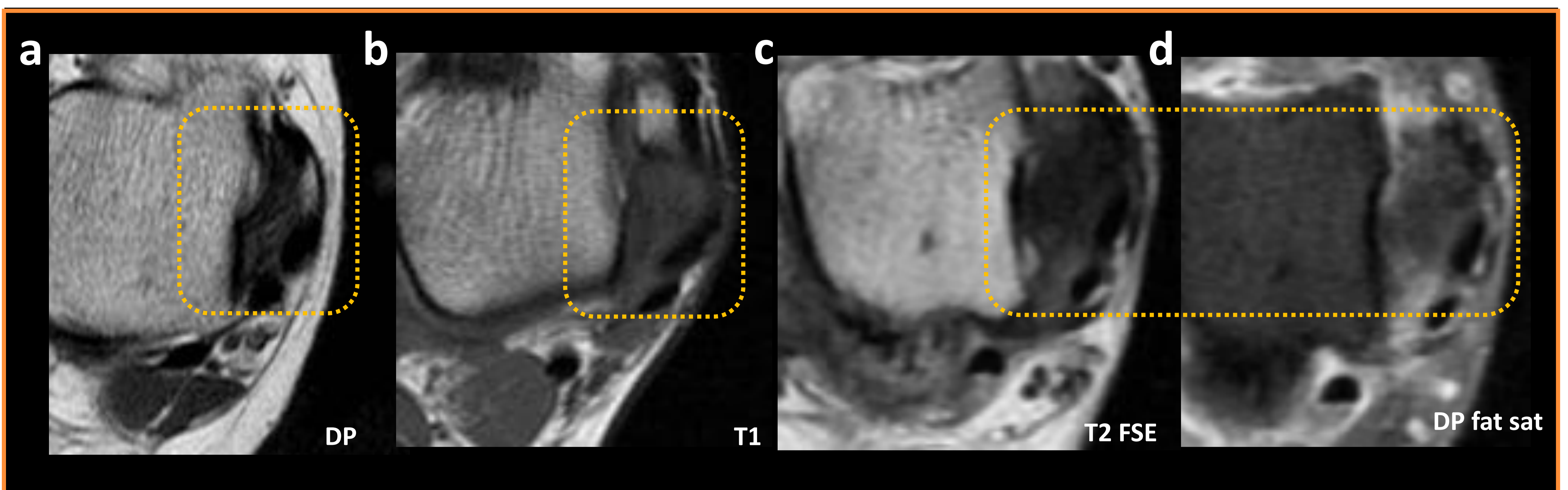


Figura 24. Ligamento tibioastragalino posterior profundo (LCM) en RM en tres pacientes distintos. Este ligamento es normal en el primer paciente (cuadro de puntos amarillo en a), está engrosado con pérdida del patrón estriado en el segundo paciente (cuadro de puntos amarillo en b) y engrosado, con pérdida del patrón estriado y con un área irregular hipointensa en su interior (fibrosis) en el tercer paciente (cuadro de puntos amarillo en c y d).

El grosor y oblicuidad de este ligamento dificultan su valoración en RM convencional, motivo por el cual su lesión es generalmente infradiagnosticada. Este problema se puede resolver realizando secuencias DP 3D que permiten realizar reconstrucciones multiplanares obteniendo imágenes que siguen la orientación del propio ligamento.

Los ligamentos del LCL, LCM y del complejo sindesmótico se observan mejor en la artrografía por RM que en RM convencional, debido a que el contraste delinea los márgenes del ligamento y los despega de la cortical ósea adyacente.

★ La lesión de este ligamento es una contraindicación absoluta para la colocación de PTT, ya que su reconstrucción es técnicamente muy difícil. En estos pacientes la PTT tiende a fracasar por una inestabilidad rotatoria medial.



2. Evaluación radiológica: 2d-RM

3 Otras lesiones: ligamentos tibioperoneos, ligamento colateral lateral, tendones peroneos, artrosis subastragalina.

Otras entidades, menos importantes, deben ser tenidas en cuenta en la planificación prequirúrgica de los pacientes candidatos a PTT. Mostramos algunas de ellas a través de casos valorados en nuestro hospital (Figuras 25 y 26)

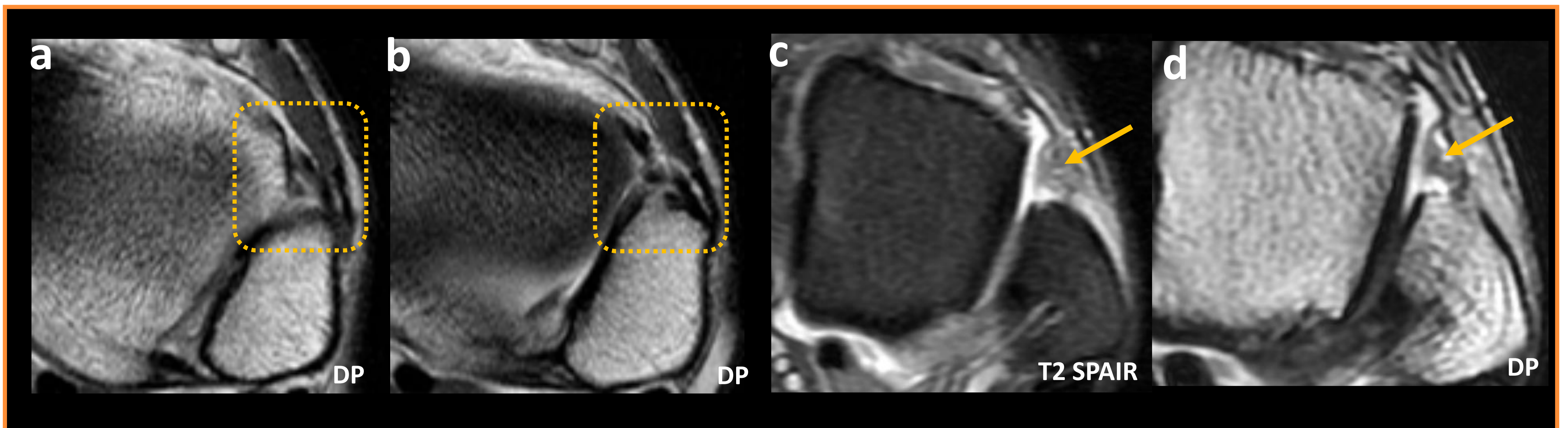


Figura 25. Ligamento tibioperoneo anterior en RM de dos pacientes distintos. En el primer paciente observamos un ligamento normal en varios cortes axiales consecutivos debido a la oblicuidad que presenta (caja amarilla de puntos en a y b). Ausencia por rotura de este ligamento en el segundo paciente (c y d), observándose fibrosis focal en su lugar que determina un síndrome de pinzamiento sindesmótico anterior.

★ Deben reconstruirse los ligamentos o tendones que puedan influir en la vida media de la PTT.

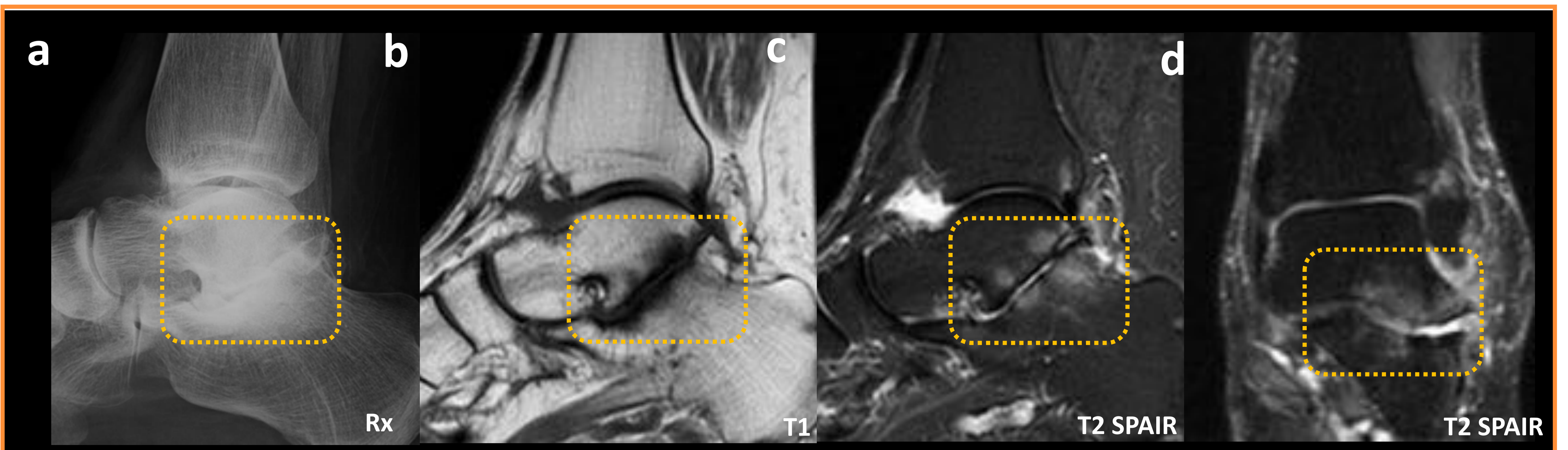


Figura 26. Artrosis subastragalina posterior (ASA) caracterizada por irregularidad y esclerosis de ambas superficies articulares, edema óseo subcondral, osteofitos marginales y derrame articular. En caso de ASA leve asociada a artrosis tibioastragalina en paciente candidato a PTT se opta por PTT sin realizar intervención de la subastragalina. En caso de ASA moderada-severa, se realiza artrodesis previa y PTT en un segundo tiempo.



3. Guía de lectura sistemática (*checklist*)

1 Radiología convencional:

Rx de tobillos-pies en carga:

- ¿Existe artrosis avanzada?, en proyecciones AP y L.
- Overlap* tibio-fibular, en proyección AP.
- Comparar la longitud de ambos peronés, en proyección AP.
- Medir el ángulo de Moreau-Costa-Bartani interno, en proyección L.
- Medir la alineación del retropié, en proyección *long-axial-view*.

Telemetría de MMII:

- Trazar eje mecánico del miembro afecto: Normoeje/Varo/Valgo.
- Medir ángulo fémoro-tibial mecánico (valor normal: 0°).

2 DEXA:

- Medir Z-score (normal si mayor a -2 DE).

3 TC:

- ¿Existen geodas subcondrales? Medir área y profundidad.
- Posibilidad de generar biomodelo 3D y guías de osteotomía.
- Medir el ángulo de torsión tibial (valor normal: -10° hasta +10°).

4 RM:

- ¿Existe necrosis ósea?.
- ¿Se observan signos directos o indirectos de lesión del LCM?
- ¿Existen otras lesiones?





4. Conclusiones:

- 1 La PTT es una opción terapéutica en la artrosis avanzada de tobillo en pacientes mayores de 50 años.
- 2 La planificación quirúrgica de estos pacientes incluye la evaluación radiológica mediante Rx convencional, DEXA, TC y RM, siendo la TC el método de imagen fundamental para la valoración del asentamiento óseo.
- 3 La RM es una prueba de imagen complementaria cada vez más extendida al permitir diagnosticar con precisión la osteonecrosis y las lesiones de partes blandas, especialmente las del LCM.
- 4 Se propone una guía de lectura sistemática de estas pruebas de imagen para ayudar al traumatólogo en la planificación quirúrgica de pacientes candidatos a PTT.

Bibliografía relevante:

1. Barg A et al. Foot Ankle Clin N Am 2013; 18: 411-426.
2. Kraus VB et al. Osteoarthritis and Cartilage 2015; 23: 2059-2085.
2. Cody EA, et al. JBJS Reviews 2018; 1-10.
4. Lawton et al. Journal of Orthopaedic Surgery and Research 2017; 12: 76-86.
5. Maffulli N et al. British Medical Biulletin 2017; 124: 91-112.
6. Elliot AD, et al. Primary and Revision Total Ankle Replacement 2016; 53-64.
7. Nuñez-Samper, M, et al. Revista de pie y tobillo. Elsevier 2015;: 81-92.
8. Shah AS et al. Foot Ankle Int 2012;33(10):870-876.
9. Rukavina A. Int Orthop 1998;22(6):357-60.
10. Tuiz-Picazo D et al. Adv Orthop 2019;(8) 1.
11. Guglielmi G et al. RadioGraphics 2011; 31:1343–1364.
12. Martins Rios A et al. AJR 2011;197: 720-729.
13. Geith T et al. Radiology 2017; 283 (2) 478-485.
14. Fondi C et al. Clinical Cases in Mineral and Bone Metabolism 2007; 4(1): 21-26.
15. Hermann G et al. Can Assoc Radiol J 2004; 55 (5): 321-5.
16. Pearce DH et al. RadioGraphics 2005; 25: 399-410.
17. Golanó P et al. Rev Ortop Traumatol 2004; 48(Supl. 3):35-44
18. Milner CE & Soames RW. Foot Ankle 1998;19:289-92.
19. Hintermann B and Valderrabano V. Operative Techniques in Orthopaedic Surgery (LWW) 2011; 104: 4354-4366.
20. Cerezal L et al. Radiol Clin N Am 2005;43: 693-707.
21. Cerezal L et al. (2015). Soft Tissue Injury to the Ankle: Osteochondral Injuries and Impingement. In: Musculoskeletal Imaging, Edition: 2nd Edition, Chapter: 34, Publisher.



Estudio pre-quirúrgico para prótesis total de tobillo (PTT)

Guía de lectura sistemática



¡Gracias por vuestra atención!

M. Vallejo Márquez ¹, F. Galván Banqueri ¹, B. Martínez Sañudo ²,
V. Encinas Tobajas ¹, S. Tejero García ²

¹ Unidad ME. UGC Radiodiagnóstico, H.U. Virgen del Rocío, Sevilla.

² Unidad Tobillo y pie. UGC Traumatología, H.U. Virgen del Rocío, Sevilla.