



Evaluación radiológica de los trastornos de consolidación de las fracturas:



¿retardo o pseudoartrosis?

Leandro Alfonso Mendoza Corredor, Mercedes Vallejo Márquez, Gloria Alejandra Zarauza Valero, Josep María Royo Solé, María Carvajo Garcés, Marta Bueno Gómez

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



Objetivos:

- Conocer el proceso fisiológico de consolidación de las fracturas y su expresión en imagen.
- Revisar las diferentes clasificaciones y signos radiológicos que faciliten la valoración de la reparación de fracturas.
- Unificar conceptos que permitan mejorar la sensibilidad diagnóstica del retardo de la consolidación y el trastorno de no unión de las fracturas.

Contenido:

1. Introducción.

- a) Proceso de consolidación
- b) Definición de curación de fractura .

2. Alteraciones de consolidación de las fracturas

- a) Tipos de alteraciones
- b) Influencia de la localización anatómica en la epidemiología y tiempo de curación.
- c) Etiología e impacto en la calidad de vida .

3. Papel de la radiología en el diagnóstico.

- a) Retardo de la consolidación
- b) Pseudoartrosis - Clasificaciones.

4. Aspectos básicos del manejo

5. Conclusiones.



1. Introducción.

La cicatrización ósea es un proceso regenerativo complejo y su proceso es diferente según la configuración de los fragmentos óseos, de tal forma que podemos dividirla en dos categorías:

1. **Cicatrización espontánea (secundaria).** - **MÁS FRECUENTE** -
2. **Cicatrización por contacto (primaria).**

La cicatrización secundaria requiere una estabilidad relativa y los extremos óseos no están en contacto total. Inicia con la formación de un hematoma que desencadenará una respuesta inflamatoria y dará como resultado una proliferación y diferenciación de célula progenitoras mesenquimales en células condrogénicas u osteogénicas y la posterior formación de callo óseo y remodelación.

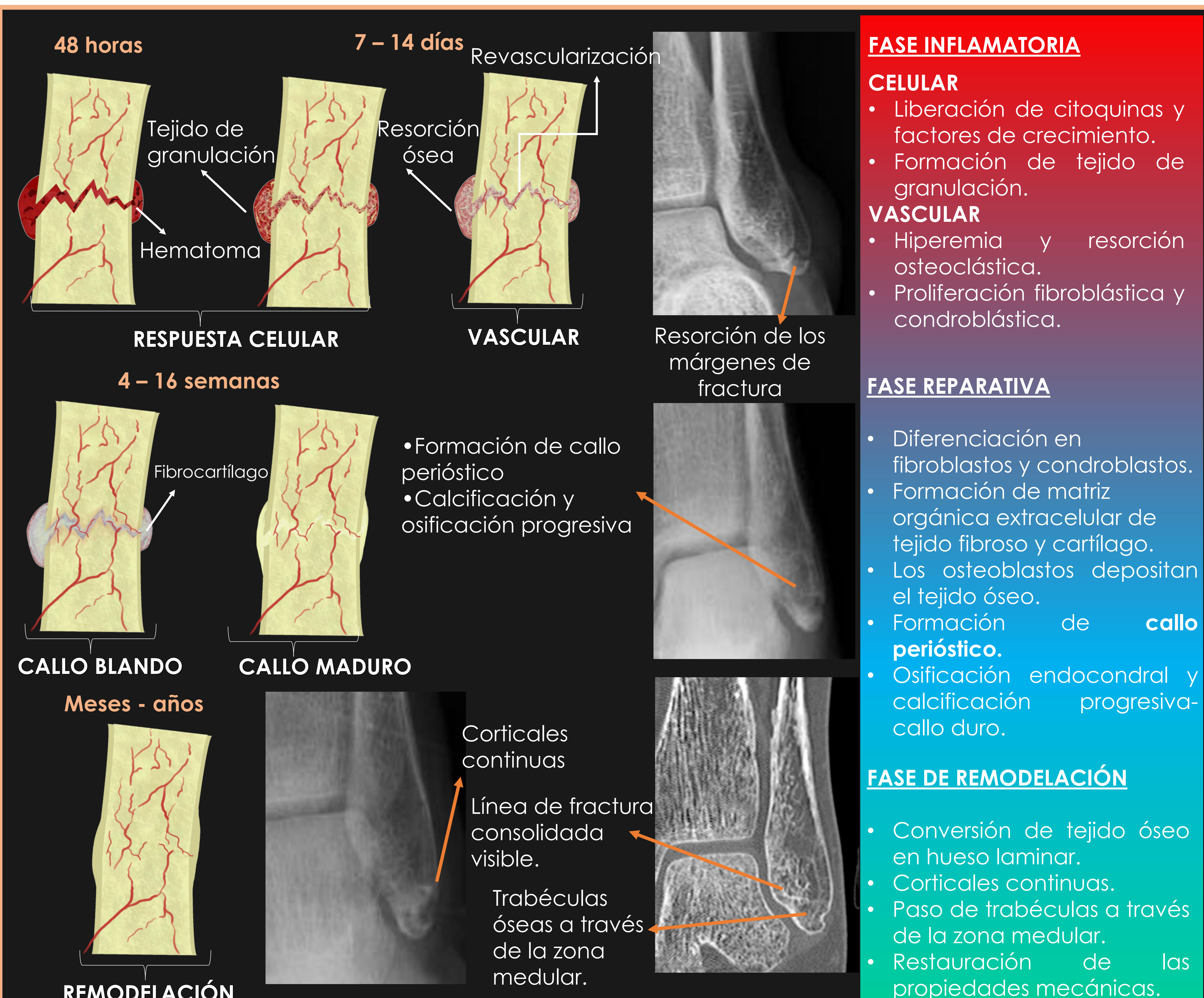


Figura 1. Consolidación secundaria. Adaptación del gráfico "Case courtesy of Dr Matt Skalski, Radiopaedia.org, rID: 57418"

Evaluación radiológica de los trastornos de consolidación de las fracturas:
¿retardo o pseudoartrosis?

1.A. Consolidación primaria.

La cicatrización primaria requiere un contacto directo y estabilización absoluta (placas y tornillos) de la fractura, permitiendo la formación directa de hueso cortical sin necesidad de pasar por todas estas fases de regeneración descritas anteriormente.

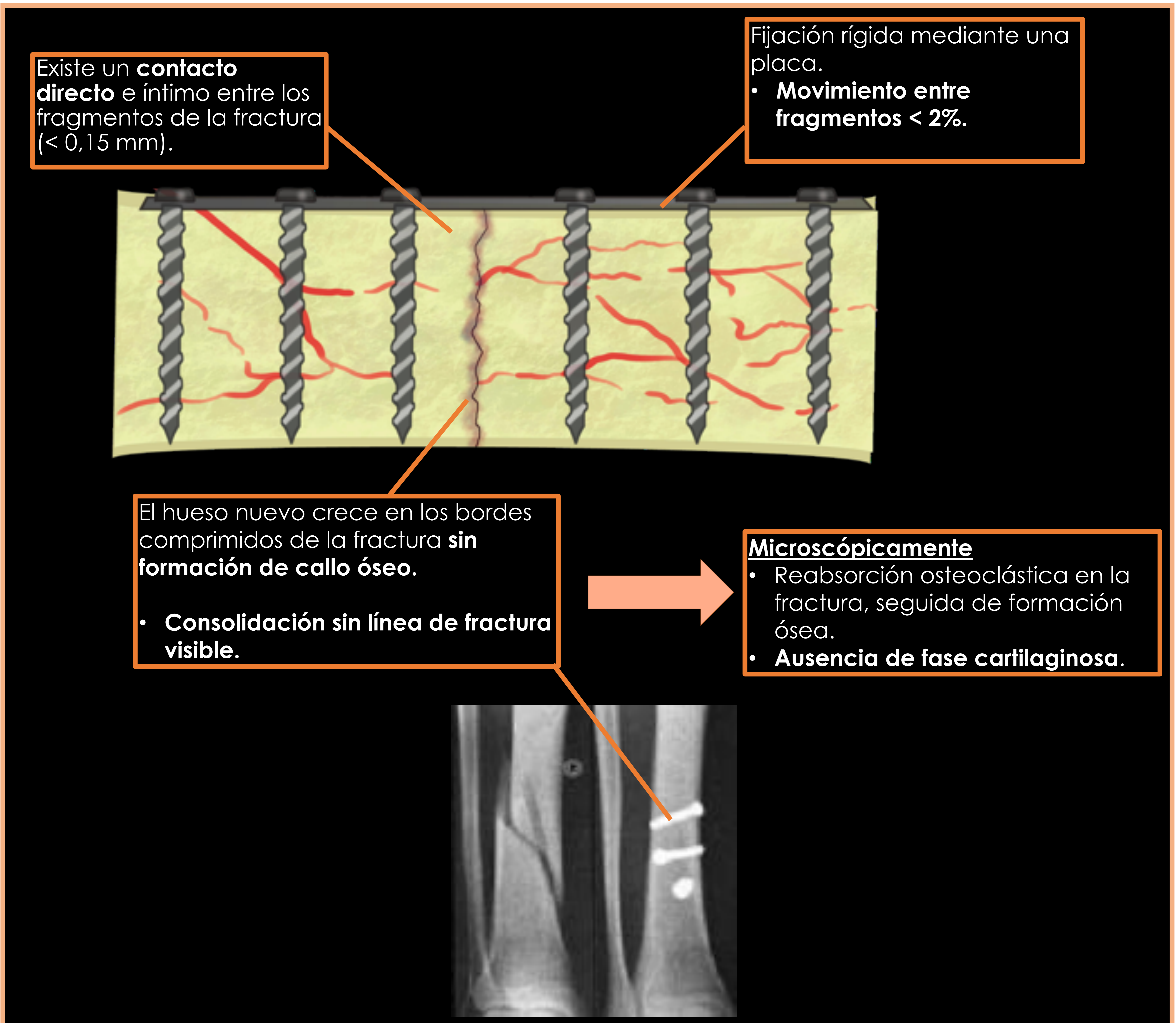


Figura 2. Consolidación primaria.



1.B. Curación de la fractura.

Determinar cuándo se cura una fractura es un pilar de la práctica diaria y afecta las decisiones de manejo del paciente. El objetivo principal es diferenciar la unión adecuada de la falta de unión.

La definición clínica de curación de fracturas generalmente se basa en una multitud de factores, incluidos los hallazgos del examen físico, los hallazgos radiológicos y la autoevaluación del paciente, que se ha convertido cada vez más en un factor importante en las decisiones de manejo.

Definición de curación de la fractura

Biomecánicamente, la unión de la fractura se puede definir como la restauración de propiedades mecánicas, como resistencia y rigidez.

Evaluación radiológica:

- Puente óseo en tres de las cuatro corticales.
- Callo óseo
- Trabéculas
- Obliteración de la línea de fractura y/o continuidad cortical.

Evaluación propia del paciente.

- Funcionalidad
- Nivel de dolor.

Examen físico

- Ausencia de dolor o sensibilidad en el sitio de la fractura.
- Capacidad de soportar peso

Condiciones clínico-radiológicas tras una fractura

UNION:

- Clínicamente reparación completa pero con persistencia de línea visible en Radiografía.
- Callo blando alrededor.

CONSOLIDACIÓN:

- Reparación completa clínica y radiológicamente.
- La línea de fractura está prácticamente obliterada y atravesada por trabéculas óseas
- Callo bien definido alrededor.

REMODELADO:

- Proceso continuo alternante de formación y resorción ósea.
- A veces se consigue una forma normal (especialmente en niños).

TRASTORNOS DE LA CONSOLIDACIÓN:

- Dolor persistente y/o limitación funcional.
- Radiografía con persistencia del trazo de fractura +/- alteraciones del callo óseo.



2. Tipos de alteraciones

El fallo en el proceso de consolidación de la fractura ocurre aproximadamente en un 5-10% de los pacientes, dando lugar a una unión tardía o falta de unión, pudiendo condicionar un gran impacto y afectación de la calidad de vida.

El **retardo de consolidación** y la **pseudoartrosis**, son los dos procesos que más habitualmente encontramos en la práctica clínica, siendo muy diferentes en su fisiopatología, pronóstico y tratamiento.

En la **consolidación retardada**, el proceso de curación de la fractura ocurre durante un tiempo significativamente más largo de lo esperado para el patrón de fractura en particular (típicamente 3-6 meses). Mientras que en la **no unión o pseudoartrosis**, se produce un cese completo de los procesos de reparación de la cicatrización ósea.

Existe otra condición denominada **mala unión**, que corresponde a una consolidación defectuosa, donde el proceso de curación fisiológica normal se completa durante el período de tiempo esperado. Sin embargo, la fractura ha sanado en una posición anormal, con una combinación de alteraciones en la angulación, rotación y longitud. Condición patológica que no será objeto de revisión.

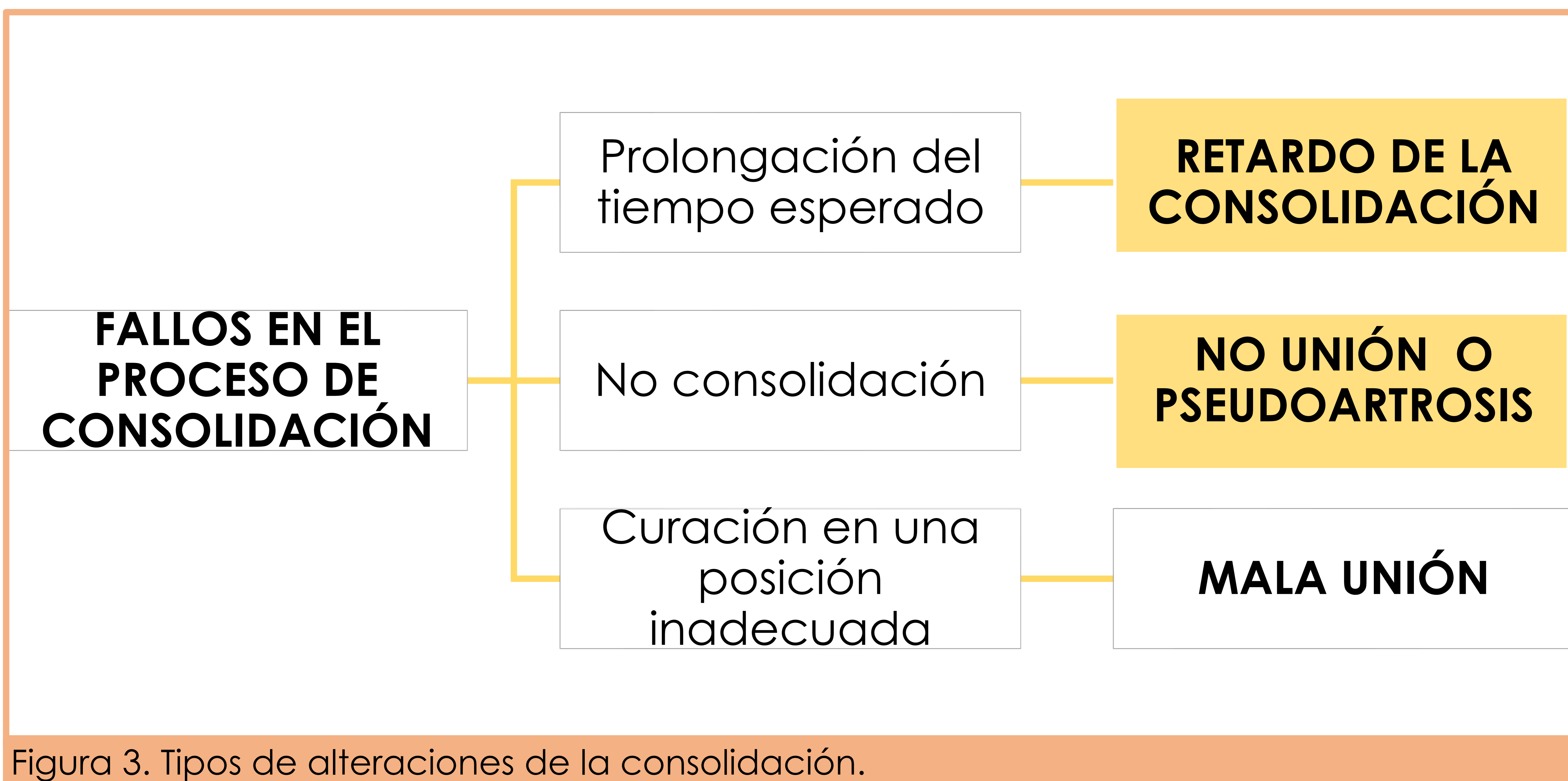
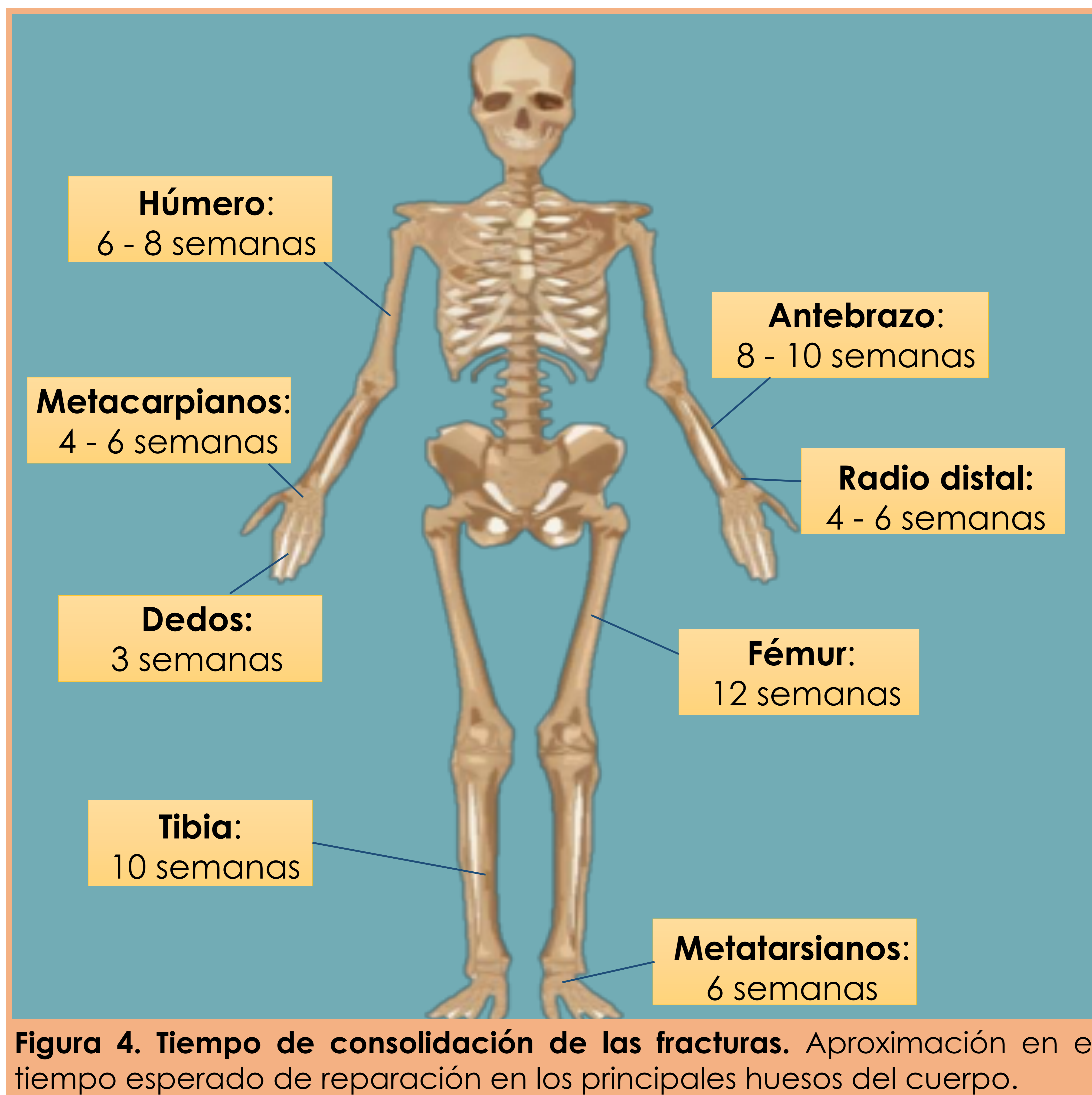


Figura 3. Tipos de alteraciones de la consolidación.



2.b. Localización anatómica de la fractura

La localización anatómica de la fractura tiene una influencia considerable a la hora de determinar el tiempo de curación y el riesgo de progresión a pseudoartrosis.



El riesgo global de desarrollar pseudoartrosis después de una fractura es aproximadamente del 4,9% al 10%. Sin embargo, esta cifra varía dependiendo de la localización anatómica de la fractura:

Mayor frecuencia de no unión en miembros inferiores – hasta 48% respecto a otros huesos.

En fracturas de tibia existe una mayor riesgo a la pseudoartrosis, hasta un 23%.

Menor incidencia de no unión en radio (2,1%) y metacarpianos (1.5%).

2.c Etiología e impacto en la calidad de vida.

Se puede considerar que los trastorno de no unión surgen de múltiples factores que podemos dividir en factores derivados del huésped, biológicos y mecánicos (Tabla 1).

Tabla1. Etiología de la no-uni3n. Clasificada en factores del huésped, biol3gicos y mecánicos.

Factores del huésped	Factores biol3gicos	Factores mecánicos
Tabaco	Suministro vascular	Configuraci3n de la fractura • Fractura conminuta o desplazada.
Edad • > edad < velocidad • Niños > remodelaci3n	Infecci3n	Método de fijaci3n
Alcohol	Cobertura de tejidos blandos	Grado de inmovilizaci3n
Diabetes	Grado de perdida 3sea	
Uso de corticoides		
Uso de AINES		
IMC		

La pseudoartrosis condiciona un marcado **impacto en la morbilidad y la calidad de vida** de un individuo. Brinker y col. examinaron el grado de morbilidad, obteniendo una puntuaci3n de utilidad basada en el 'Time Trade-Off' (TTO). En la siguiente gráfica se evidencia como las personas estaban dispuestas a cambiar más años de su vida para estar libres de pseudoartrosis que por cualquier otra condici3n médica analizada, distinta del enfisema.

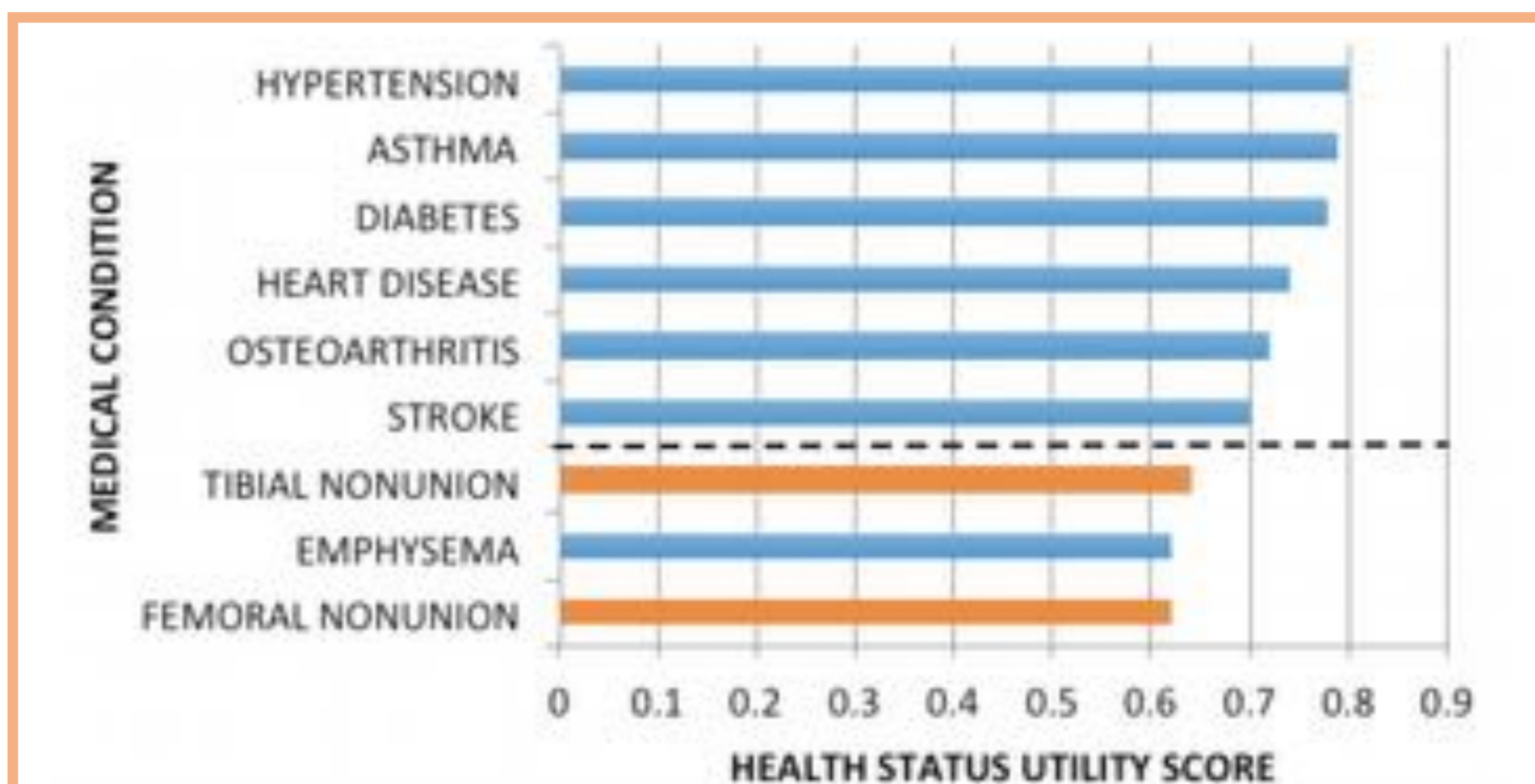


Figura 5. Impacto en la calidad de vida secundario a trastorno de no-uni3n.



3. Diagnóstico.

En la siguiente tabla se exponen las diferencias en la definición y en las características radiológicas del retardo de la consolidación y pseudoartrosis.

Tabla 2. Comparación de retraso vs. Pseudoartrosis.

Retraso de la Consolidación	Pseudoartrosis
La consolidación no avanza a la velocidad media esperada (en promedio 3-6 meses)	Ausencia clínica o radiológica de consolidación o progresión de ésta por 3 meses, luego de 9 meses de la fractura.
	
HALLAZGOS RADIOLÓGICOS:	
Descalcificación y ausencia de esclerosis de los extremos óseos.	Recalcificación y esclerosis de los extremos óseos. <ul style="list-style-type: none"> • Separación de los bordes de fractura • Bordes redondeados y con morfología convexa-cóncava.
Sombras de calcificación en partes blandas adyacentes a la fractura (callo óseo incipiente)	Ausencia de sombras de osificación adyacente al foco de fractura.
Canal medular no cerrado	Cierre del canal medular.
	Puede existir engrosamiento de los extremos óseos por calcificación del tejido fibroso cicatricial (hipertrófica)



3. Papel de la radiología en el diagnóstico

Radiografía simple:

La radiografía es la técnica más utilizada debido a su bajo costo, amplia disponibilidad y perfil de baja radiación. La **ausencia de línea de fractura**, el **callo externo** y el **punteo óseo** entre la línea de fractura y el callo, son los procesos que se reconocen más fácilmente y la valoración de estos hallazgos en los dos planos ortogonales, representa uno de los métodos más fiables para valorar el proceso de consolidación. En la figura 6, se representa de forma esquemática la traducción radiográfica de estos hallazgos.

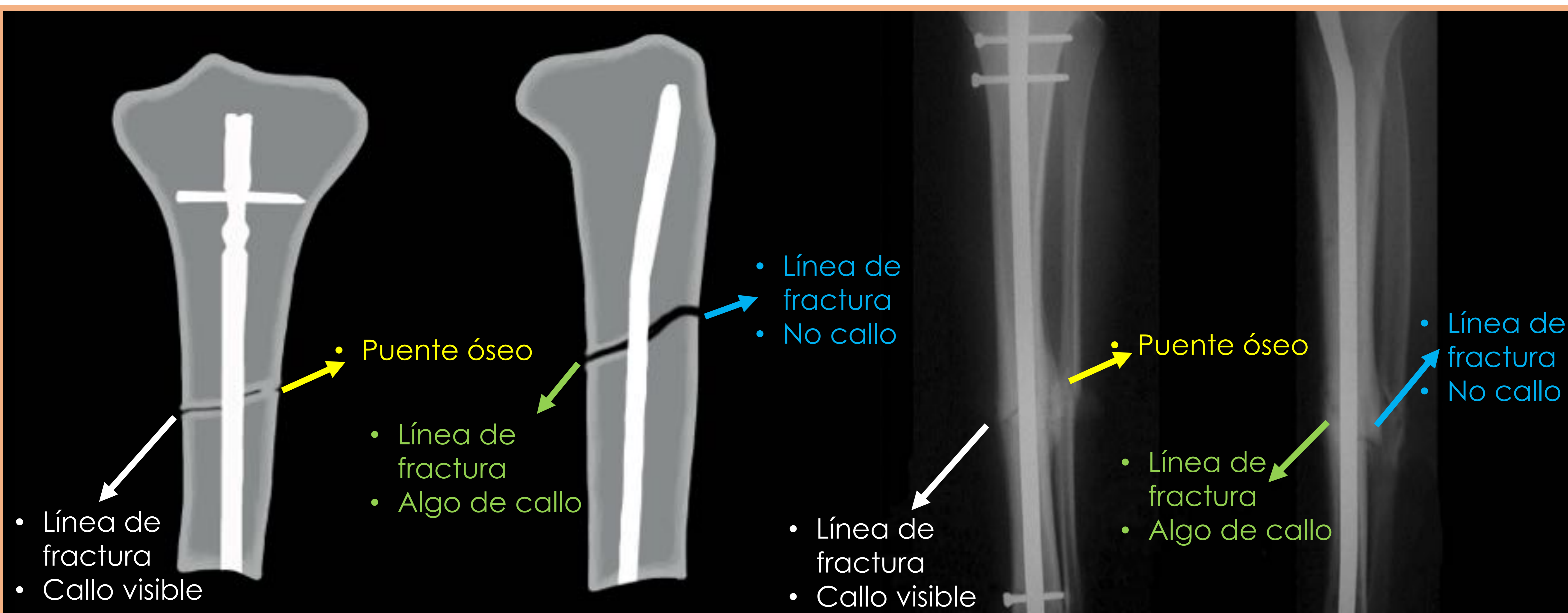


Figura 6. Hallazgos en radiografía simple.

Tomografía computarizada:

La TC no se usa de manera rutinaria, convirtiéndose en una modalidad útil en casos con hallazgos dudosos en la radiografía simple o discordancia clínico-radiológica. Los aspectos a evaluar a parte de los que caracterizan a los trastornos de la consolidación son:

- Vitalidad ósea
- Diástasis y deformidad ósea
- Cobertura de partes blandas
- Signos de infección

Pseudoartrosis infectadas:

- Puede complicar cualquier etapa del proceso de curación
- Causa hasta 38% de los casos de no-uni6n.
- Falta de uni6n y persistencia de infecci6n por 6-8 meses.

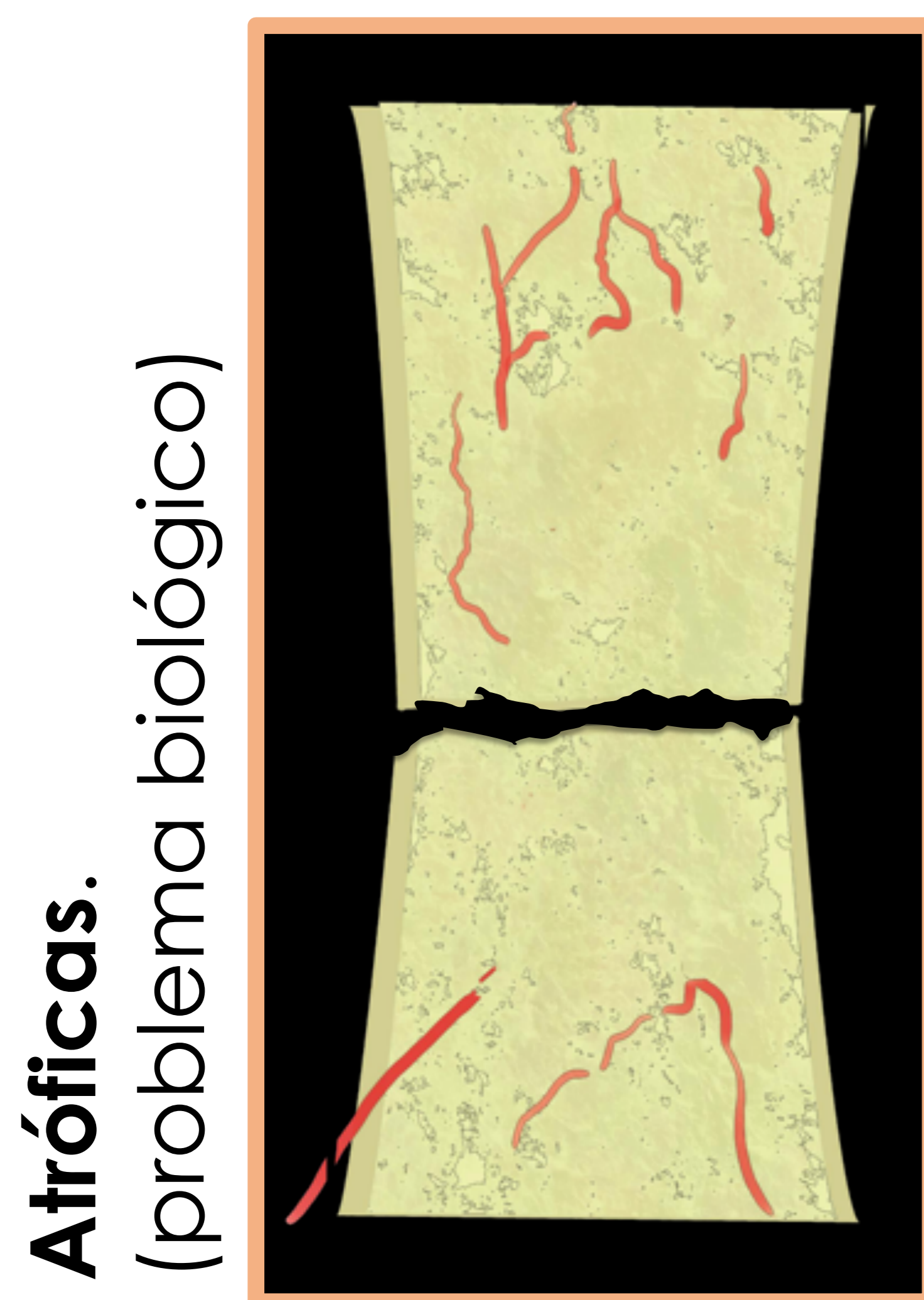


3. Clasificaciones de la pseudoartrosis.

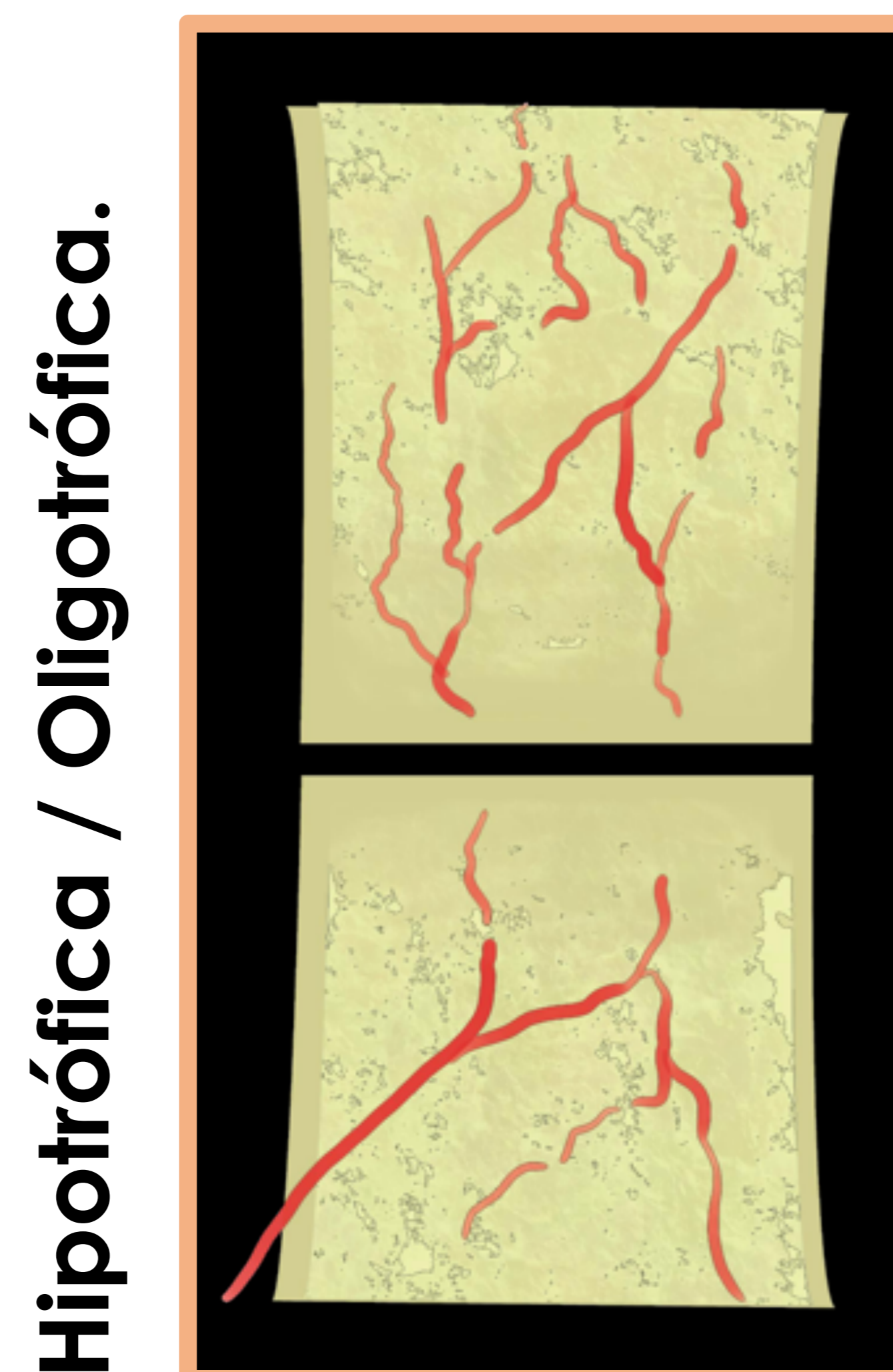
Las clasificaciones no sólo describen un patrón determinado, también ayudan a la toma de decisiones en el tratamiento definitivo.

Clasificación de Judet y Judet

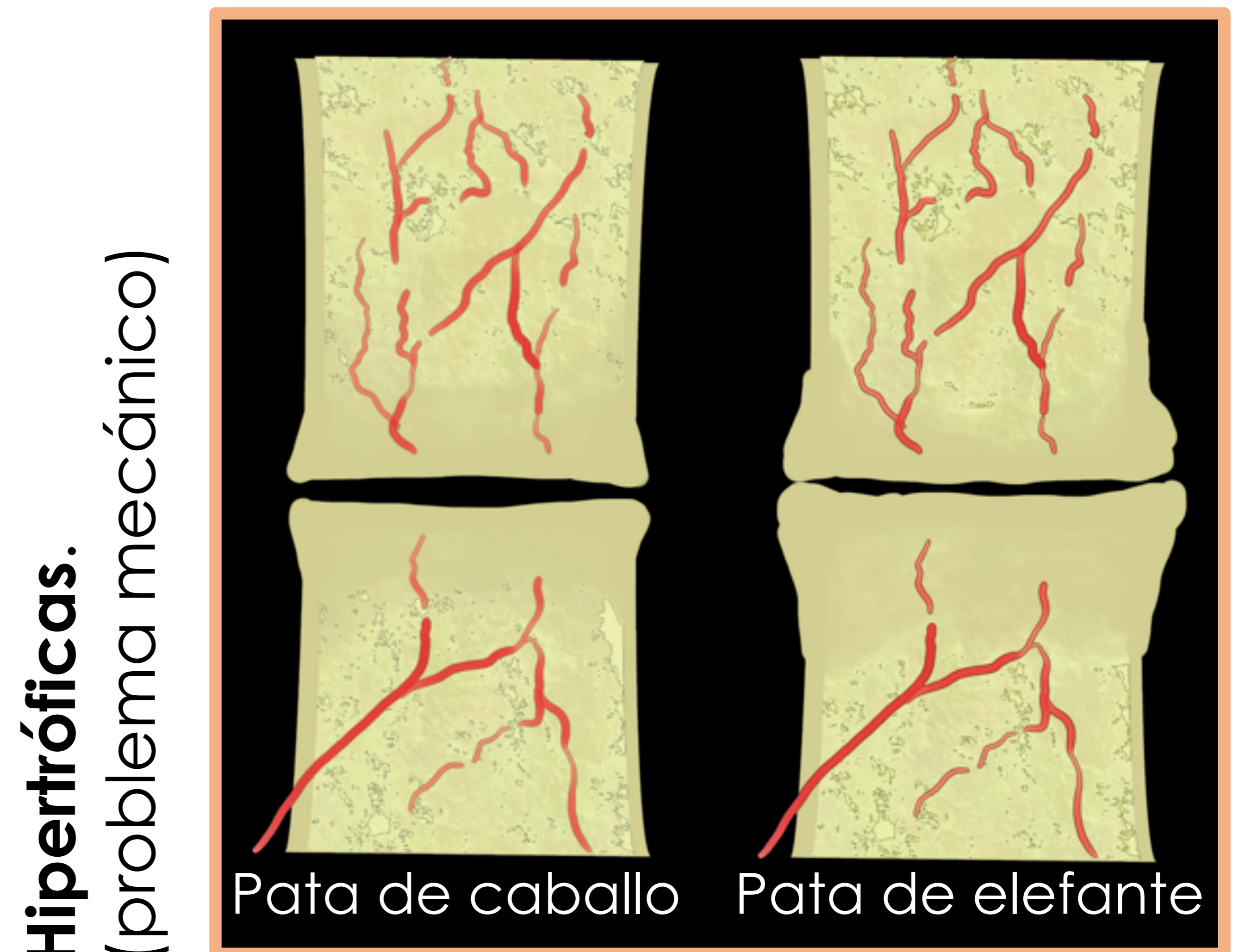
- Se basa en la **viabilidad** de los extremos de los fragmentos óseos y del **aporte sanguíneo**.
- **Es la clasificación más utilizada en la práctica clínica.**



- Relacionadas con **pobre vascularización**.
- Bordes atróficos.
- Pérdida ósea y sustitución por tejido cicatricial.



- Adecuado aporte sanguíneo.
- **Fallo en la fase reparativa**
- Secundario a una "franca inestabilidad".



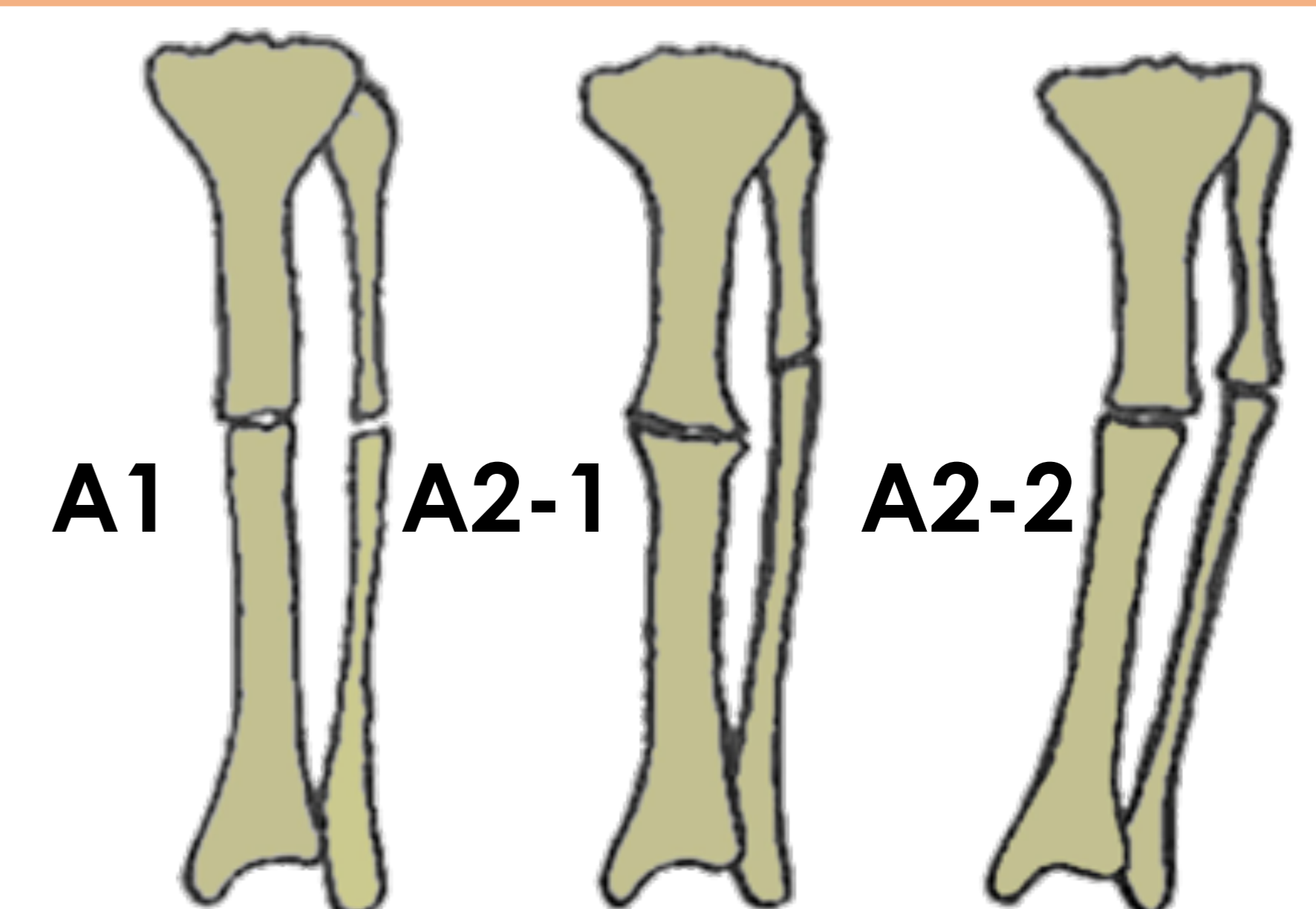
- Adecuada vascularización
- **Interrupción de la fase de remodelación.**
- Secundaria a "estabilidad insuficiente".

Clasificación de Paley y col.

- Se basa en el **defecto óseo existente**

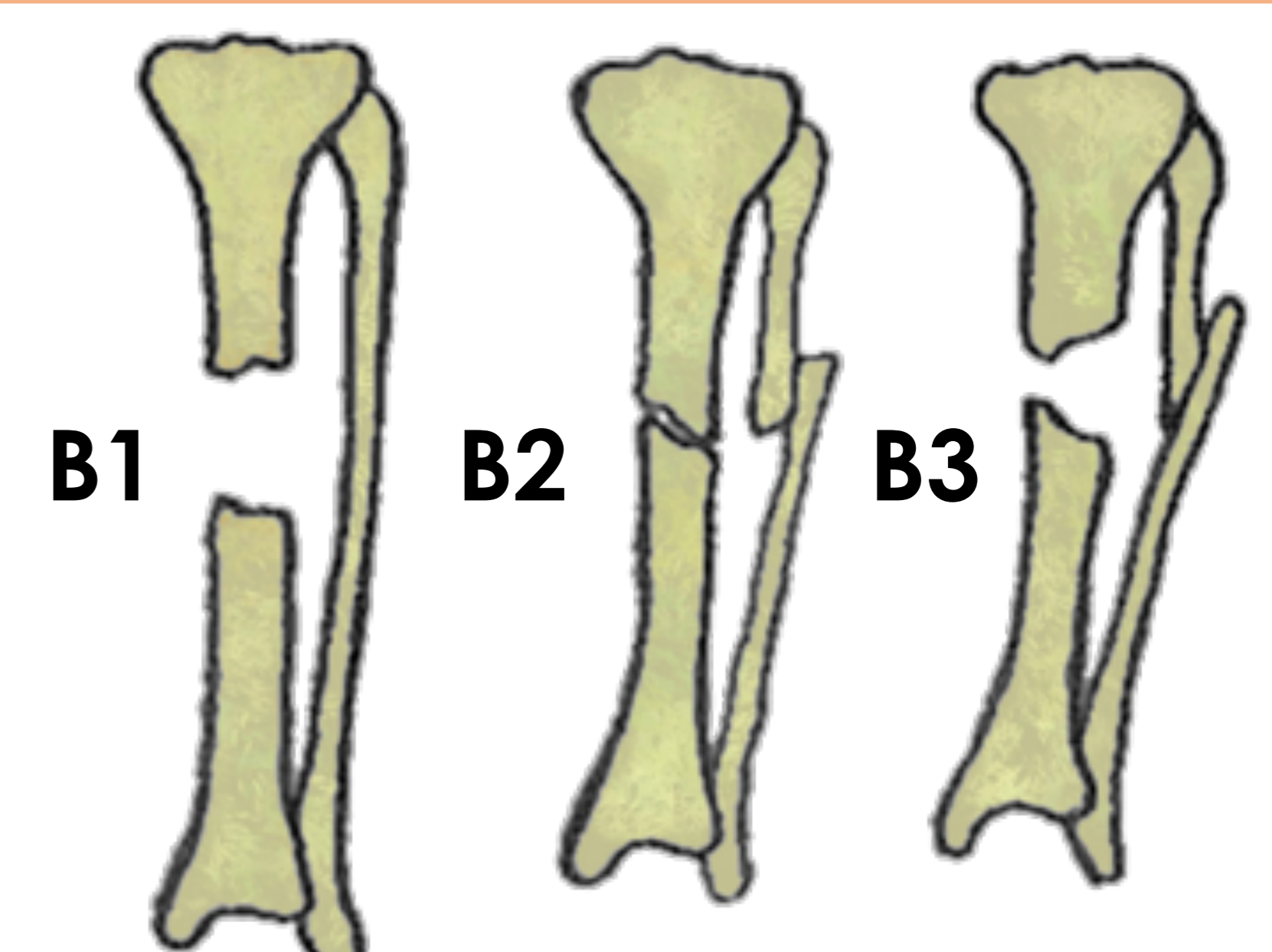
A. Con pérdida de hueso < a 1 cm:

- **A1:** Móvil
- **A2:** Rígida / fija
 - **A2-1:** Sin deformidad
 - **A2-2:** Con deformidad



B. Con pérdida de hueso > a 1 cm:

- **B1:** Defecto óseo - Sin acortamiento
- **B2:** Acortamiento - Sin defecto óseo
- **B3:** Defecto óseo + Acortamiento



Evaluación radiológica de los trastornos de consolidación de las fracturas:
¿retardo o pseudoartrosis?



3. Clasificaciones específicas de la pseudoartrosis “score RUST-RUSH-RUSS”.

Con base en la evaluación de la radiografía simple en los 2 planos ortogonales se han desarrollado escalas de puntuación con el objetivo de intentar estandarizar la evaluación de la cicatrización de las fracturas.

El sistema denominado **escala de unión radiográfica en fracturas de tibia - RUST** (por sus siglas en inglés), asigna una puntuación a cada una de las cuatro cortezas según la presencia o ausencia de callo óseo y la visibilidad de la línea de fractura. La puntuación mínima es 4, que indica fractura no consolidada y la puntuación máxima es 12 (fractura completamente curada), considerando una puntuación ≥ 7 como radiológicamente consolidada.

Tabla 3. Escala RUST.

Crterios radiográficos.

Puntuación por corteza	Callo / Puente óseo	Línea de fractura
1	Ausente	Visible
2	Presente	Visible
3	Presente	No visible

Se han desarrollado recientemente otras escalas como **RUSH** y **RUSS** para la valoración de la cadera y codo respectivamente.

RUSH se aplica para evaluar el cuello femoral y las fracturas intertrocanterias, e incluye el algoritmo de puntuación estándar de la escala RUST y agrega la evaluación de la consolidación trabecular y la desaparición de la línea de fractura trabecular, considerando una puntuación ≤ 18 como no consolidación radiológica.



Figura 7. Escala RUST en una mujer de 27 años con fractura de tibia en curación. a, b Las radiografías AP y lateral a un mes de post-fijación muestran callos y línea de fractura visible en las cortezas lateral y anterior (2 punto cada una = 4 puntos) con línea de fractura visible y ausencia de callo en cortezas medial y posterior (1 punto cada una = 2 puntos), con un puntuación total en la escala de RUST de 6 (**No consolidación radiológica**). **c, d** Las radiografías AP y lateral a los 12 meses posteriores a la fijación muestran una curación completa en las cuatro cortezas (3 puntos cada una), para una puntuación total en la **escala de RUST** de 12 (**Consolidación radiológica**).

Tabla 4. Escala RUSH.

	Por cada Corteza Trabécula	
Callo/Puente óseo		
Ausente	1	1
Parcial	2	2
Completo	3	3
Línea de fractura		
Completa	1	1
Parcial	2	2
Ausente	3	3

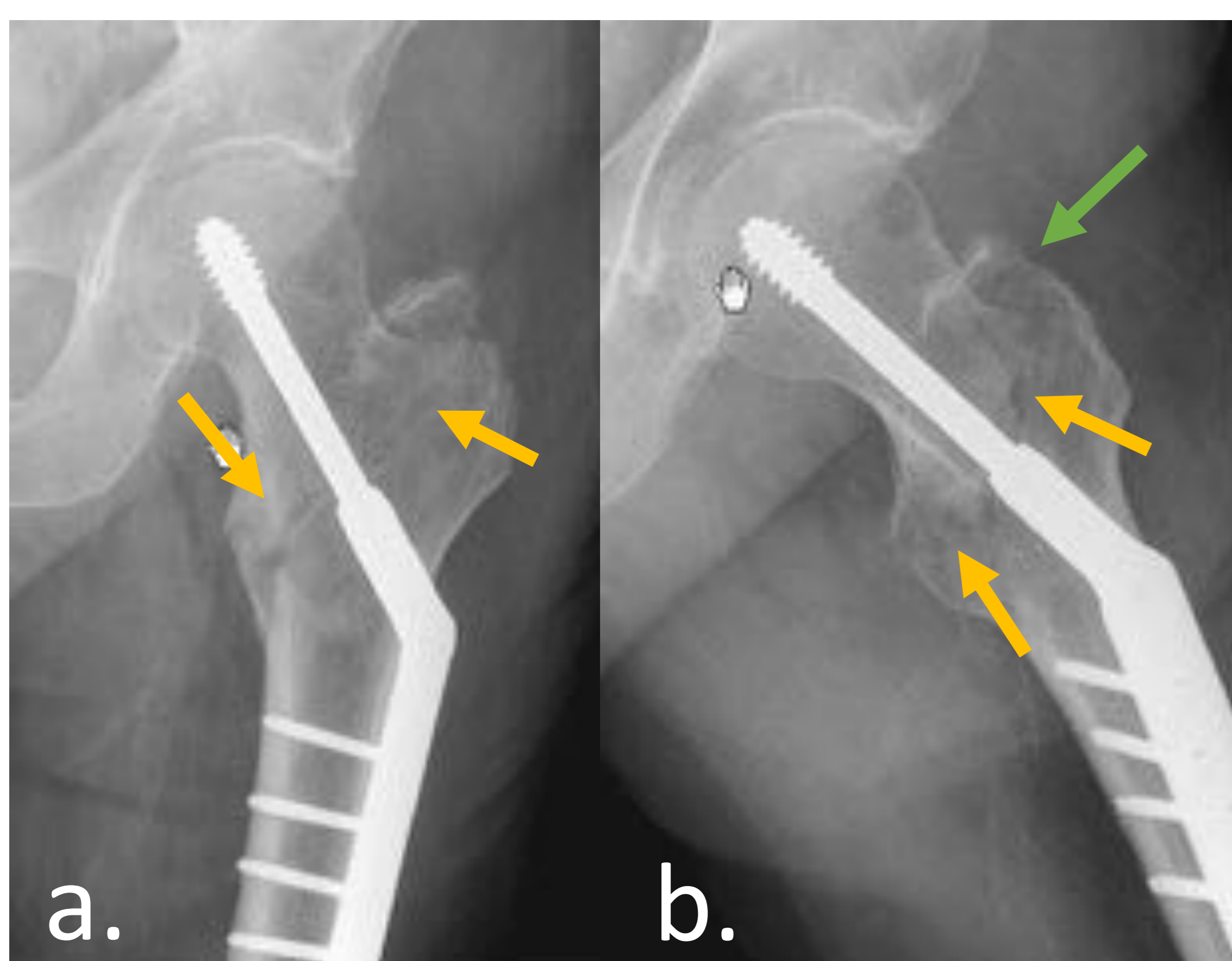


Figura 8. Paciente de 70 año con caída desde su altura y posterior fractura intertrocanterea. Las radiografías AP (a) y lateral (b) un mes posterior a la fijación muestran una visibilidad completa de las líneas de fractura a través de las corticales medial, lateral y anterior sin puentes óseos. En la corteza posterior hay alguna evidencia de la línea de fractura, con algún puente óseo (flecha verde). No hay consolidación trabecular obvia y la línea de fractura trabecular es completamente visible en las 4 cortezas (flechas amarillas). **Escala de RUSH** de 12 puntos de 30 (**No consolidación radiológica**). Adaptado de referencia 1.

3.a. Retardo en la consolidación.

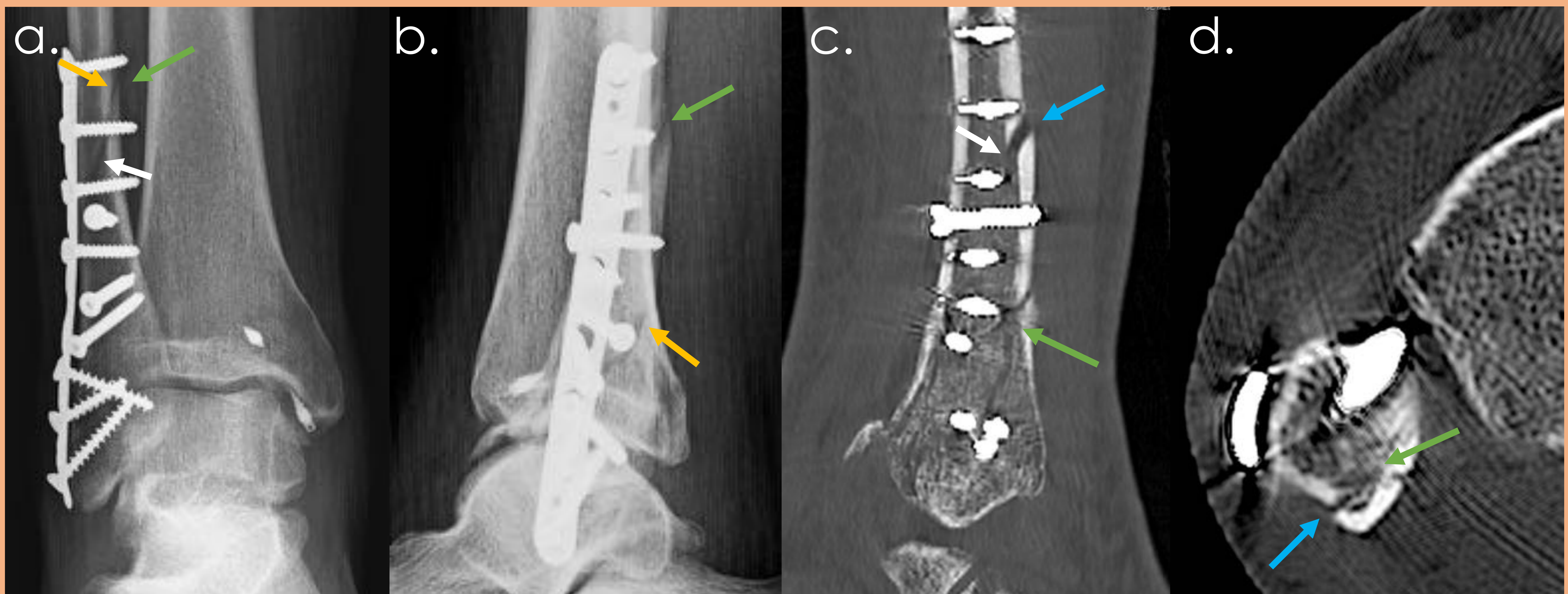


Figura 9. Retardo en la consolidación. Paciente de 35 años con fractura compleja de peroné distal derecho tras accidente de tráfico. **a** y **b** Radiografías AP y lateral 12 semanas tras RAFI con placa, que evidencia línea de fractura visible (flecha amarilla), sin poder valorar de forma adecuada los márgenes adyacentes al material de osteosíntesis y presencia de callo óseo en los márgenes medial y posterior (flechas verdes), así como canal medular abierto (flecha blanca). **c** y **d** TC con reconstrucción multiplanar en eje coronal y axial respectivamente, con ausencia de esclerosis y fibrosis marginal (flecha azul), canal medular no cerrado (flecha blanca) y presencia de puente óseo en el margen medial (flechas verdes).

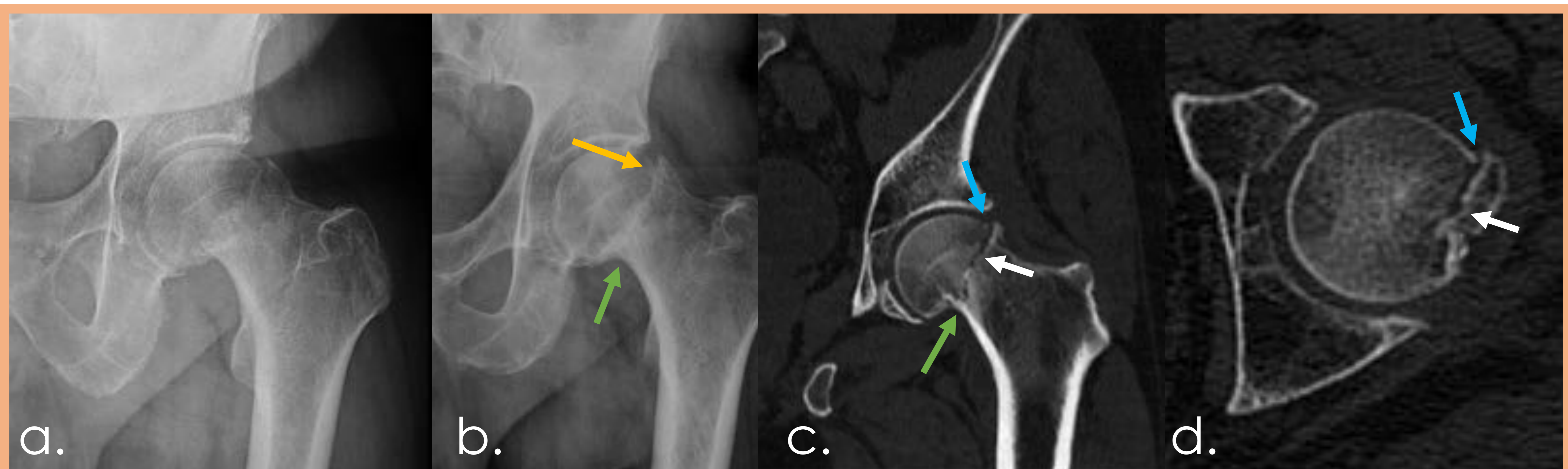


Figura 10. Retardo en la consolidación. Paciente de 90 años con fractura subcapital impactada de fémur izquierdo tras caída desde su propia altura. **a** y **b**. Radiografía AP inicial y a los 4 meses respectivamente, en manejo conservador. Línea de fractura visible en el margen lateral (flecha amarilla) y callo/puente óseo en el margen medial (flecha verde). **c** y **d**. TC con reconstrucción multiplanar en eje coronal y axial respectivamente, con ausencia de esclerosis y fibrosis marginal en la vertiente lateral (flechas azules), canal medular no cerrado (flechas blancas) y presencia de puente óseo en el margen medial (flecha verde).

3.b Pseudoartrosis atrófica.

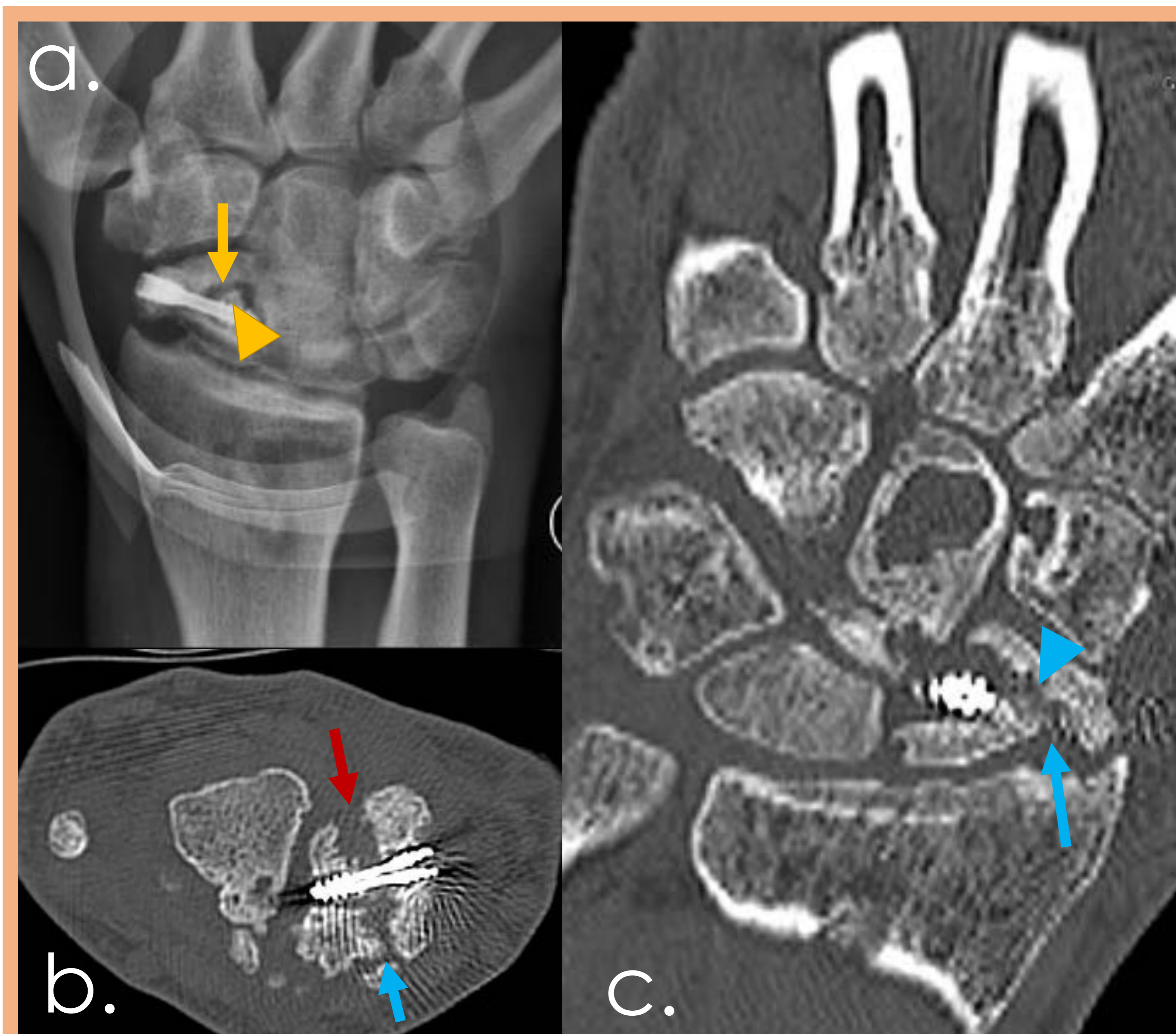


Figura 11. Pseudoartrosis atrófica. Paciente de 38 años con fractura de escafoides, imágenes tras 9 meses desde la fijación y con persistencia de dolor. **a**, Radiografía AP con línea de fractura visible (flecha amarilla), esclerosis de los extremos óseos (cabeza de flecha amarilla) y material quirúrgico normoposicionado. **b** y **c**, TC en planos axial y coronal oblicuo respectivamente, con bordes atróficos (flecha azul), separación de los márgenes de fractura (flecha roja) y pérdida ósea (cabeza de flecha azul).

3.b Pseudoartrosis hipotrófica.

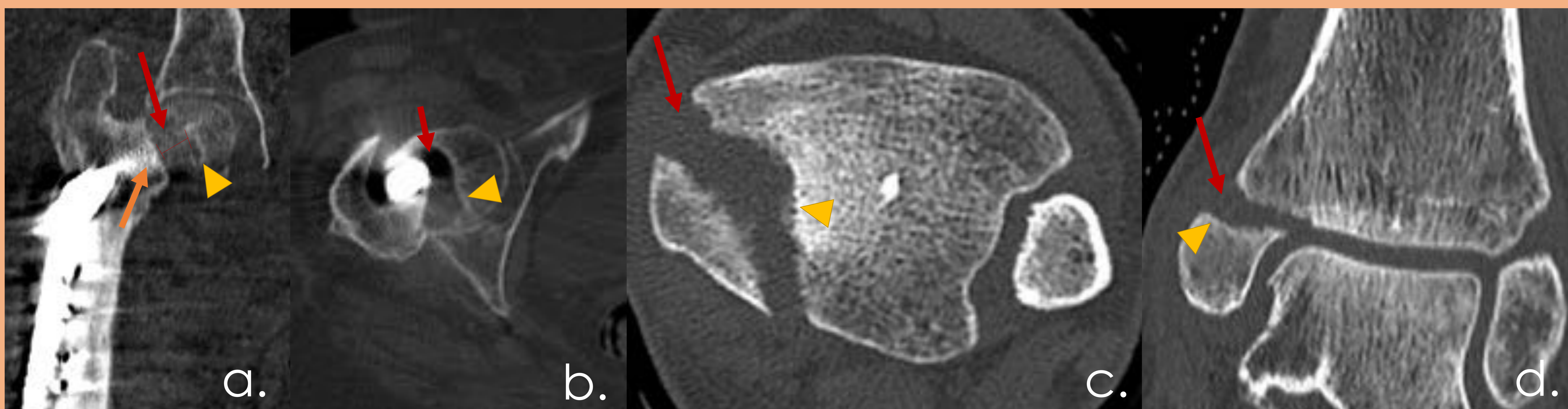


Figura 12. Pseudoartrosis hipotrófica. **a** y **b** TC en planos axial y coronal que evidencian ausencia de consolidación de la fractura pertrocantérea de fémur derecho tratada mediante DHS, con separación de aproximadamente 1 cm entre los fragmentos óseos (flechas rojas), esclerosis de los márgenes (cabeza de flecha amarilla), cierre del canal medular (flecha naranja). **c** y **d**, Paciente con fractura de maléolo medial izquierdo en manejo conservador, control 12 meses después con persistencia de dolor, TC en planos coronal y axial que evidencian cese del proceso de consolidación, con leve esclerosis marginal (cabeza de flecha amarilla), ausencia de callo óseo y separación de los extremos de fractura (flechas rojas).

3.b Pseudoartrosis hipertrófica.

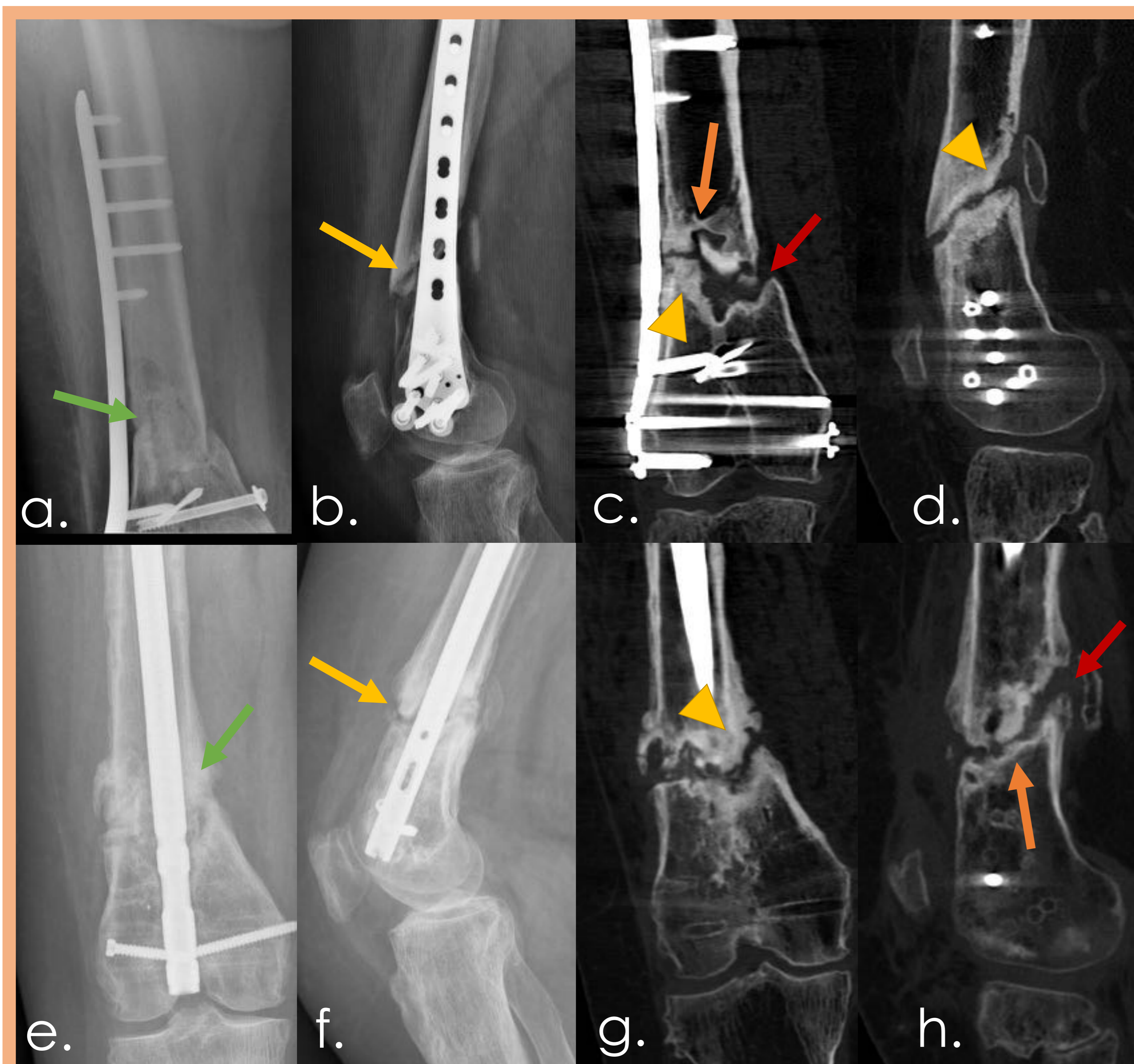


Figura 13. Pseudoartrosis hipertrófica.

Paciente de 52 años con fractura supracondílea derecha tratada con placa LISS 2 años atrás, con persistencia del dolor. **a y b**, Radiografías AP y lateral con línea de fractura visible en el borde anterior (flecha amarilla), posible callo/puente óseo en los bordes medial y lateral. **c y d**, TC con reconstrucción multiplanar en ejes coronal y sagital con esclerosis y engrosamiento de los márgenes (cabeza de flecha amarilla), separación de los extremos óseos (flechas rojas) y cierre del canal medular (flecha naranja), concordantes con pseudoartrosis hipertrófica. **e-h**, Radiografías y TC control 1 año después de nueva intervención quirúrgica con clavo intramedular con persistencia de signos de no-unión de la fractura.

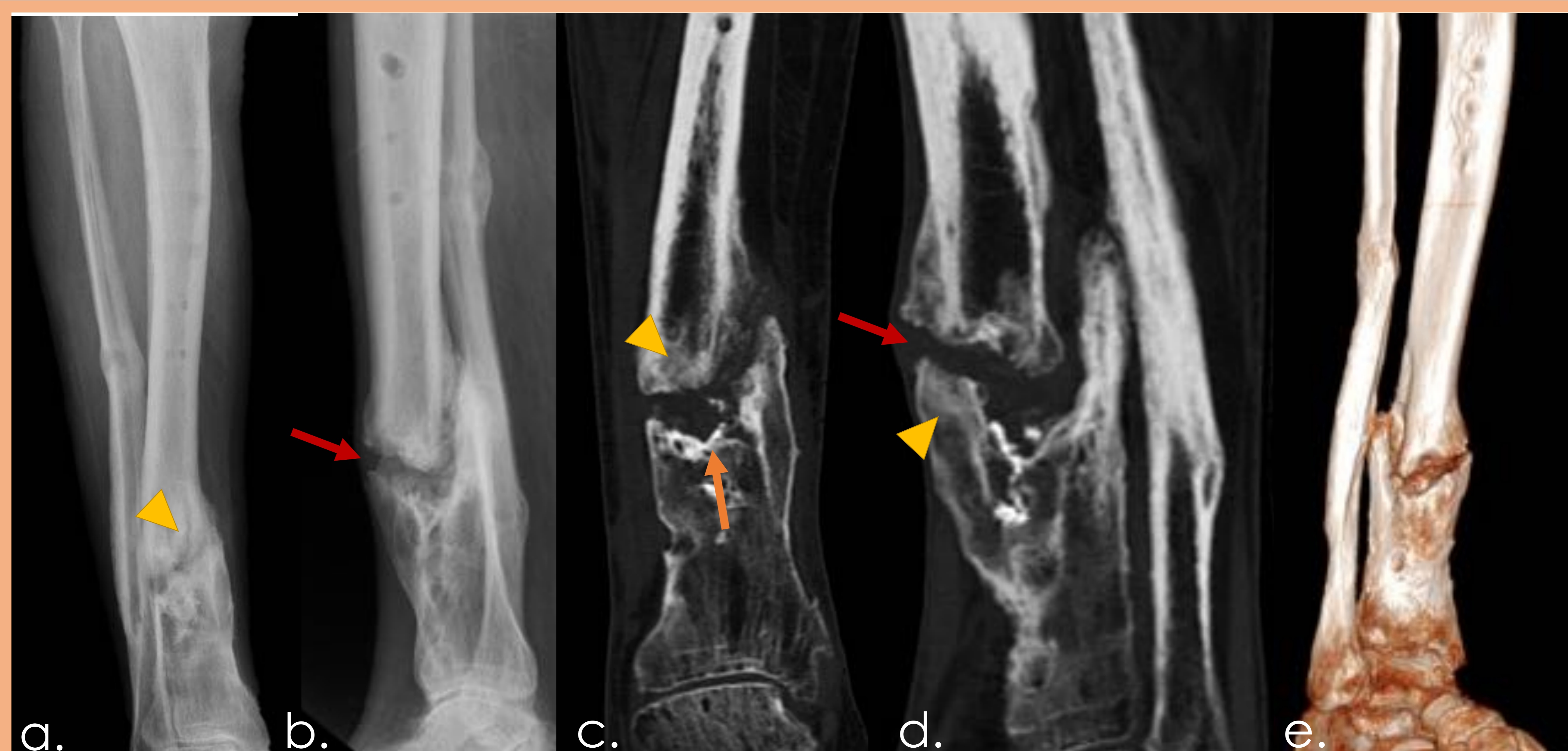


Figura 14. Pseudoartrosis hipertrófica "pata de elefante". Paciente de 62 años con fractura de diáfisis distal de la tibia derecha tras 2 años de tratamiento con persistencia clínica de dolor. **a y b**, Radiografía AP y lateral con deformidad ósea, hipertrofia de los márgenes y línea de fractura visible, adicionalmente se observa consolidación completa de fractura diafisaria de peroné. **c y d**, TC con reconstrucción multiplanar en ejes coronal y sagital con separación de los fragmentos óseos (flecha roja), cierre del canal medular (flecha naranja) e importante engrosamiento de los márgenes por calcificación del tejido fibroso cicatricial (cabeza de flecha amarilla). **e**, reconstrucción 3D.



4. Aspectos básicos del manejo.

El tratamiento de los trastornos de consolidación se basa en mejorar la estabilidad de la fractura y en estimular el proceso de cicatrización. En la siguiente tabla se hace una aproximación a los componentes y diferencias del manejo, además vemos como las clasificaciones descritas previamente influyen en la determinación de un tratamiento específico.

Tabla 5. Diferencias en el tratamiento de los trastornos de consolidación.

RETRASO	PSEUDOARTROSIS	
	Atrófica	Hipertrófica
<ul style="list-style-type: none"> • Asegurar una inmovilización completa y contigua. • Estímulos mecánicos, eléctricos y biológicos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Desbridamiento • Decorticación • Estabilización • Injerto óseo 	<ul style="list-style-type: none"> • Mejorar estabilidad • No necesita injerto óseo • No necesario reseca el callo óseo

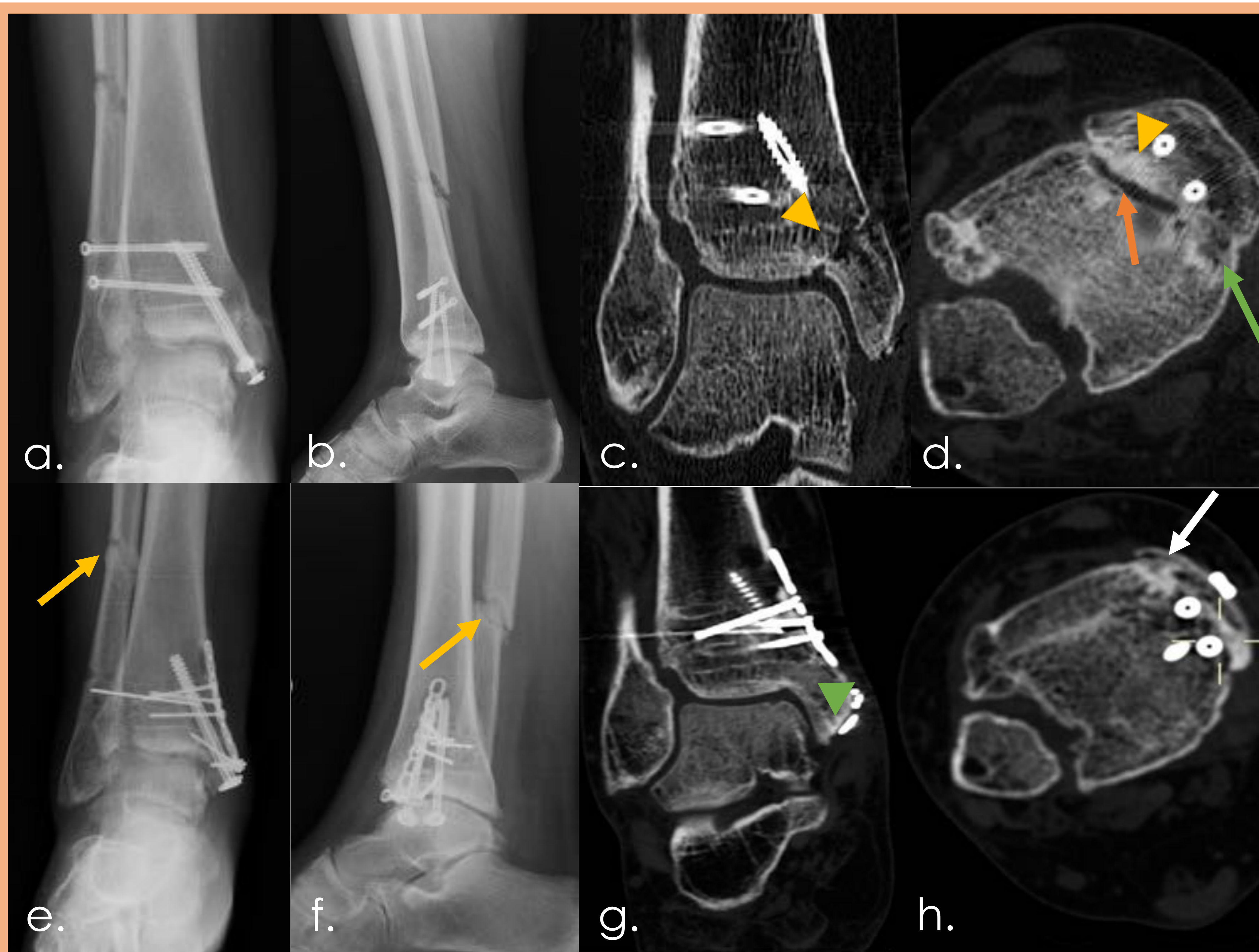


Figura 16. Tratamiento de pseudoartrosis del maléolo medial derecho. Paciente con persistencia de dolor tras 12 meses del tratamiento. **a - d**, Radiografías y TC con reconstrucción multiplanar que evidencia cese del proceso de consolidación, con esclerosis marginal (cabeza de flecha amarilla) y cierre del canal medular (flecha naranja). También se visualiza puente óseo (flecha verde) en el aspecto posterior. **e - h**, control a los 12 meses de nueva intervención quirúrgica (24 meses desde la fractura) mejorando la estabilidad mediante placa y tornillos. Signos de consolidación completa, con obliteración de la línea de fractura (cabeza de flecha verde) y atravesada por trabéculas óseas (flecha blanca), aunque persisten signos de pseudoartrosis en peroné (flecha amarilla).



Conclusiones:

- La radiografía simple sigue siendo el primer método para el diagnóstico y seguimiento de las fracturas, utilizando la TC en caso de dudas y como estudio complementario.
- La correlación entre la imagen, la exploración clínica y autoevaluación del paciente son la base para mejorar la sensibilidad diagnóstica de los trastornos de consolidación.
- Es de gran importancia el papel del estudio radiológico, permitiendo diferenciar y clasificar los tipos de fallo de consolidación y orientar el tratamiento definitivo del paciente.

Bibliografía:

1. Chiavaras MM, Bains S, Choudur H, Parasu N, Jacobson J, Ayeni O, Petrisor B, Chakraverty R, Sprague S, Bhandari M. The Radiographic Union Score for Hip (RUSH): the use of a checklist to evaluate hip fracture healing improves agreement between radiologists and orthopedic surgeons. *Skeletal Radiol.* 2013 Aug;42(8):1079-88. doi: 10.1007/s00256-013-1605-8.
2. F. Cegarra-Navarro, M. V. Redondo Carazo, M. D. C. Alcántara Zafra, M. J. Fernandez Ferrando, M. J. Ruiz Lopez, L. Aleman Romero; Murcia/ES. Evaluación radiológica de las alteraciones de consolidación de las fracturas. Poster No. S-1355.SERAM 2014. DOI: 10.1594/seram2014/S-1355
3. Fisher JS, Kazam JJ, Fufa D, Bartolotta RJ. Radiologic evaluation of fracture healing. *Skeletal Radiol.* 2019 Mar;48(3):349-361. doi: 10.1007/s00256-018-3051-0. Epub 2018 Sep 21. PMID: 30238139.
4. Leow JM, Clement ND, Tawonsawatruk T, Simpson CJ, Simpson AH. The radiographic union scale in tibial (RUST) fractures: Reliability of the outcome measure at an independent centre. *Bone Joint Res.* 2016;5(4):116-121. doi:10.1302/2046-3758.54.2000628
5. Mills LA, Aitken SA, Simpson AHRW. The risk of non-union per fracture: current myths and revised figures from a population of over 4 million adults. *Acta Orthop.* 2017 Aug;88(4):434-439. doi: 10.1080/17453674.2017.1321351.
6. Pretell Mazzini J., Ruiz Semba C, Rodríguez Martín J. Trastornos de la consolidación: Retardo y pseudoartrosis. *Rev Med Hered* 20 (1), 2009.
7. Stewart SK. Fracture Non-Union: A Review of Clinical Challenges and Future Research Needs. *Malays Orthop J.* 2019;13(2):1-10. doi:10.5704/MOJ.1907.001
8. Whelan DB, Bhandari M, Stephen D, Kreder H, McKee MD, Zdero R, Schemitsch EH. Development of the radiographic union score for tibial fractures for the assessment of tibial fracture healing after intramedullary fixation. *J Trauma.* 2010 Mar;68(3):629-32. doi: 10.1097/TA.0b013e3181a7c16d. PMID: 19996801.