

Traumatismos musculoesqueléticos. Radiología de las fracturas

4

J. Á. Santos Sánchez, A. San Juan Vidal y L. R. Ramos Pascua



OBJETIVOS DE APRENDIZAJE

- Conocer los métodos diagnósticos que se utilizan en el estudio de las fracturas en la práctica clínica habitual, de interés para el fisioterapeuta.
- Saber valorar los principales hallazgos en pruebas de imagen, de interés para el fisioterapeuta, en el estudio de las fracturas.
- Saber apreciar la correlación clinicoradiológica en el estudio de las fracturas.

INTRODUCCIÓN

Una fractura es una solución de continuidad parcial o total del tejido óseo o cartilaginoso (Fig. 4-1), que se produce por una fuerza mayor a la que estos pueden soportar. Se entiende como foco de fractura no solo la lesión ósea, sino también la lesión de las partes blandas adyacentes (periostio, músculos, fascia, vasos sanguíneos y nervios, piel, etc.).

CLASIFICACIÓN DE LAS FRACTURAS SEGÚN EL MECANISMO DE PRODUCCIÓN

La clasificación de las fracturas (Figs. 4-2 y 4-3) según el mecanismo de producción se indica en la tabla 4-1.

CLÍNICA

El **síntoma** más frecuente es el dolor; es continuo, se mantiene en reposo y aumenta con el movimiento y la palpación en la zona). La **actitud** es la posición que adopta el paciente con fines antiálgicos (**actitud de Desault** en caso de fracturas de clavícula). La **impotencia funcional** suele ser más importante cuanto más complicada y grave sea la fractura. La **deformidad local** ocurre por la incongruencia de la anatomía ósea, el **hematoma fracturario**, el edema y tumefacción local; es típica la deformidad en «dorso de tenedor» de la fractura de Colles (Fig. 4-4 A). El hematoma local o equimosis puede estar en relación con la contusión de las partes blandas, y aparece inmediatamente o con el sangrado en el

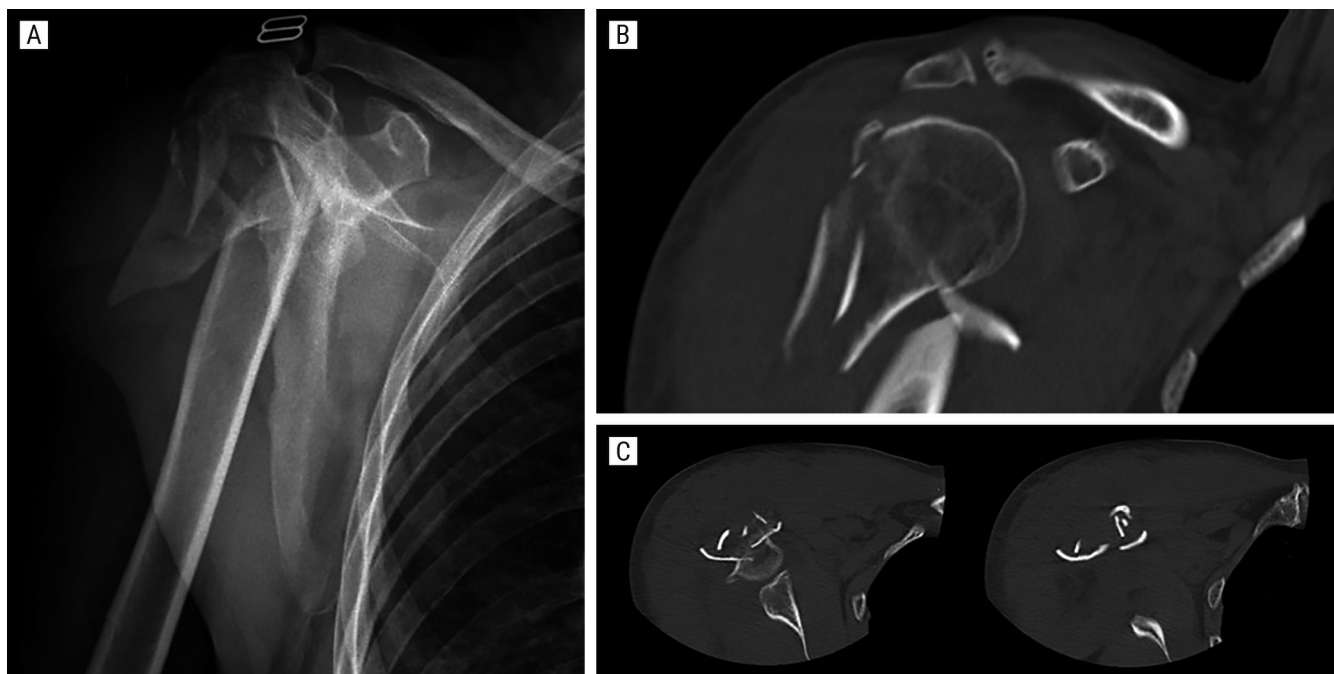


Figura 4-1. A) Radiografía AP de hombro. Fractura conminuta de la extremidad proximal del húmero. Reconstrucciones TC: coronal (B) y axial (C), donde se puede apreciar con mayor exactitud la posición de los fragmentos.

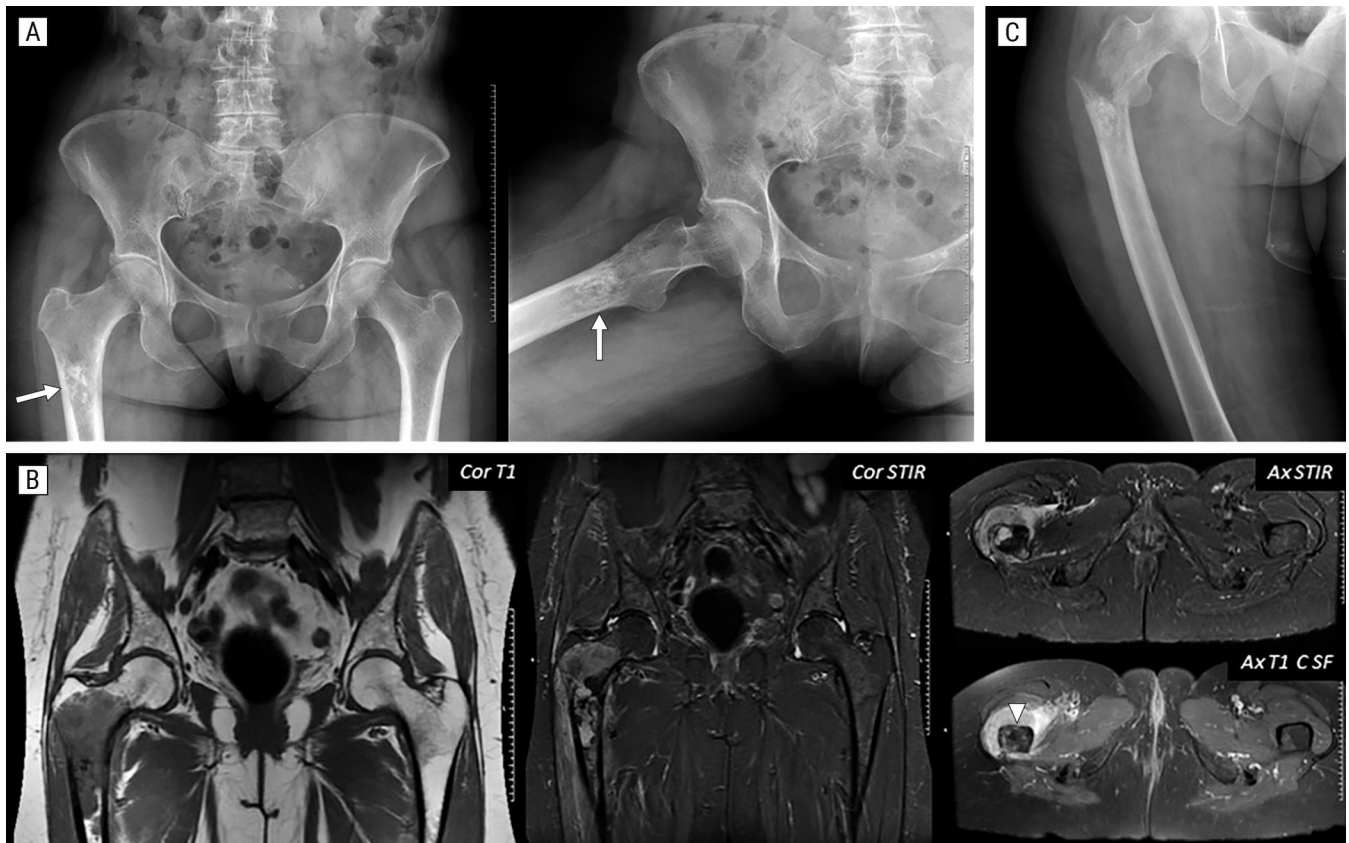


Figura 4-2. Fractura patológica. **A)** Radiografías AP de pelvis y axial de cadera derecha de mujer de 70 años, diagnosticada de condrosarcoma de bajo grado de la extremidad proximal del fémur (*flechas*). **B)** RM de la misma paciente con las características radiológicas típicas de la lesión. Presenta masa de partes blandas que capta contraste intravenoso (*punta de flecha*). **C)** Radiografía AP de cadera donde se aprecia fractura patológica intertrocanterea, a través de la lesión, 3 meses después del diagnóstico. La paciente comenzó con dolor en la región de la cadera 2 meses antes. Las fracturas patológicas pueden suceder tras traumatismo mínimo o sin él.

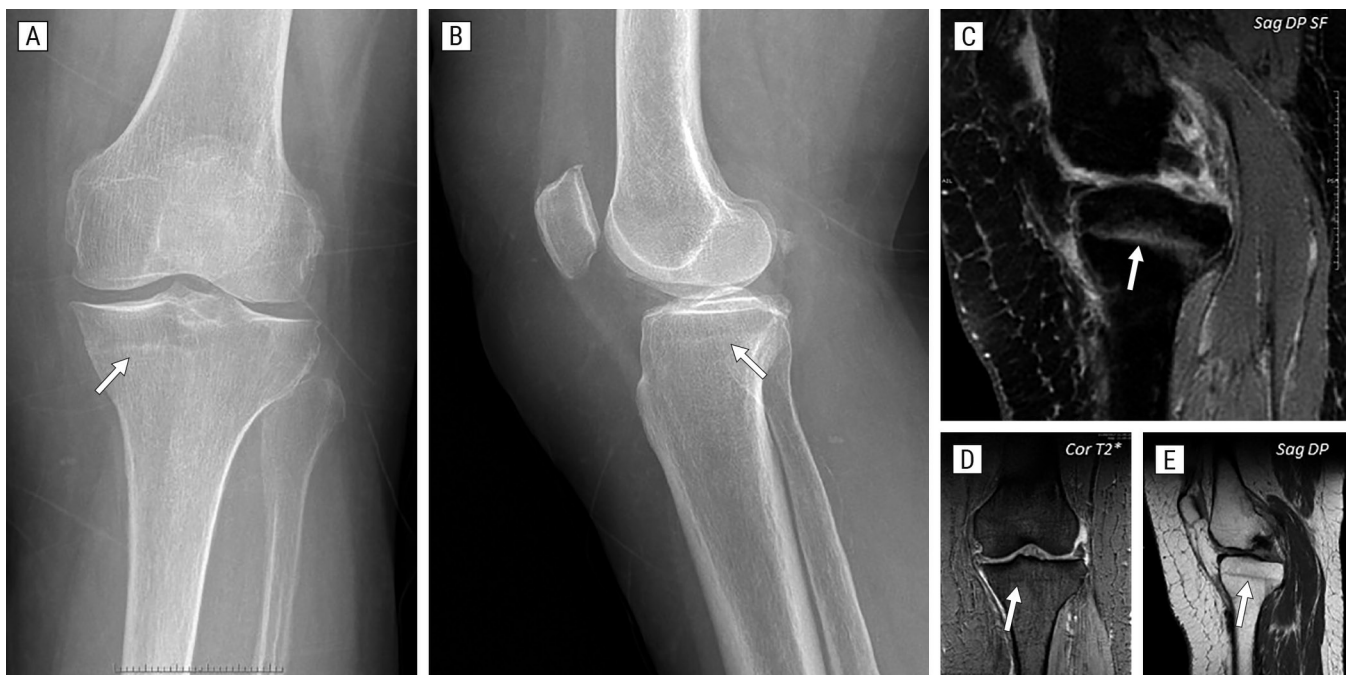


Figura 4-3. Fractura por estrés o fatiga. Radiografía AP (**A**) y lateral (**B**) de rodilla, donde se aprecia una imagen lineal hiperdensa (*flecha*) en la meseta tibial interna. Imágenes de RM en incidencias sagital (**C**), coronal (**D**) y sagital (**E**), en las secuencias que se indican, donde se observa claramente la fractura de forma lineal e hiperintensa (*flecha*) en imágenes potenciadas en T2 (**C**) e hipointensa en potenciadas en DP (**E**). Las fracturas por sobrecarga se producen por fuerzas repetidas de estiramiento o compresión.

Tabla 14-1. Clasificación de las fracturas según el mecanismo de producción

ALTA ENERGÍA La fuerza supera el nivel de elasticidad del hueso Suelen asociarse a otras lesiones: <i>polifracturados</i> (no existe compromiso cardiopulmonar o vital) o <i>politraumatizados</i> (sí existe)	Mecanismo directo La fuerza actúa en el mismo lugar de la lesión	<i>Suelen provocar</i> • Fracturas transversales o con un tercer fragmento («ala de mariposa»)
	Mecanismo indirecto La fuerza actúa a distancia del foco de fractura	<i>Compresión</i> • Fuerza en sentido axial que aplasta el hueso esponjoso • Ocurren en la columna, meseta tibial, calcáneo y radio distal <i>Flexión</i> • Fuerza en dirección perpendicular al eje del hueso • Una porción cortical se somete a flexión y otra a distracción • El hueso es resistente a la compresión y más susceptible a la tensión • En la zona de tensión es donde suelen producirse las fracturas <i>Tracción o avulsión</i> • Fuerzas en la misma dirección, pero en sentido opuesto, que arrancan fragmentos óseos • Se producen en: trocánter menor → tendón del psoas ilíaco; polo superior de la rótula → tendón del cuádriceps; tuberosidad tibial anterior → tendón rotuliano; base del 5º metatarsiano → tendón peroneo corto <i>Cizallamiento</i> • Originan fracturas oblicuas o helicoidales <i>Fuerzas torsionales</i> • Originan fracturas oblicuas o helicoidales
BAJA ENERGÍA Traumatismos leves, puntuales o repetidos	Fracturas patológicas Patología que debilita la estructura ósea Las lesiones líticas son más propensas a las fracturas que las osteoblásticas	<i>Local</i> • Procesos neoformativos (quistes o tumores) • Enfermedad de Paget <i>Generalizada</i> • Osteoporosis • Raquitismo y osteomalacia (fracturas de Looser-Milkman) • Displasias óseas
	Fracturas por estrés o por fatiga <i>Sobre hueso sano</i>	• Microtraumatismos de repetición • Actividades que suponen esfuerzo prolongado • Corredores y bailarines profesionales • Fractura del 2º o 3º metatarsiano (fractura de Deutschlander)

foco de fractura, ya que la médula ósea es altamente vascular, y entonces aparece tras un intervalo de tiempo de 3-4 días. Son típicos el **signo de Hennequin** (equimosis en la cara interna del brazo y lateral del tórax en las fracturas de la extremidad proximal del húmero), y el **signo de Kirmisson** (equimosis en la flexura del codo en las fracturas supracondíleas del húmero). En caso de fracturas pélvicas puede causar sangrado potencialmente mortal, hasta 3 L, incluso 6-7 L en fractura de pelvis «en libro abierto». En la médula ósea también existe grasa, luego gotas de grasa son sugerentes de fractura que afecta a la cavidad medular. En algunas fracturas, como las de tobillo, tras un tiempo, pueden aparecer flictenas o ampollas en la piel. Cualquier solución de continuidad de la piel cerca de un foco de fractura es una fractura abierta hasta que no se demuestre lo contrario, que a efectos de tratamiento implica una posible complicación de osteomielitis (Fig. 4-4B). Aunque la crepitación y la movilidad anormal del segmento anatómico son signos patognomónicos de fractura, no deben explorarse ya que es ineficiente y doloroso. Es imprescindible la exploración neurovascular antes y después de la reducción e inmovilización.

PRUEBAS COMPLEMENTARIAS

A continuación, se expondrán las pruebas complementarias de interés para el estudio de las fracturas, que son la radiografía convencional, la tomografía computarizada (TC), la resonancia magnética (RM), la ecografía, la gammagrafía ósea con tecnecio y la tomografía computarizada por emisión de fotón único (SPECT).

Para ilustrar mejor al lector, en los que se muestran dos ejemplos en los que, para un correcto diagnóstico, control evolutivo clinicoradiológico y decisión terapéutica, tanto medicoquirúrgica como fisioterapéutica, se ha precisado la realización de distintas pruebas de imagen seleccionadas según sus ventajas y aplicaciones.

Radiografía convencional

Una fractura aparece como una línea radioluciente sin márgenes esclerosos. Cuando se visualizan en el plano adecuado tienden a ser más radiotransparentes (más negras) que otras líneas que se observan normalmente en los huesos, como los conductos nutricios. Los fragmentos son irregulares, las líneas son más rectas y en las zonas donde cambian



Figura 4-4. A) Radiografías AP y lateral de una fractura de la metáfisis distal del radio (fractura de Colles), con la deformidad típica en «dorso de tenedor». B) Fractura supracondilea del húmero en extensión, grado III (fractura de la cortical humeral anterior y posterior) con perforación de la piel, en cara anterior del brazo, por el desplazamiento anterior del fragmento proximal (fractura abierta).

su trayecto tienden a presentar una angulación aguda. Hay que hacer un diagnóstico diferencial con los huesos accesorios y sesamoideos, que a diferencia de las fracturas suelen tener cortical (línea blanca que los rodea por completo con los bordes lisos), aparecen en localizaciones anatómicas predecibles y, por lo general, son bilaterales y simétricos (Fig. 4-5). También pueden aparecer como un cambio

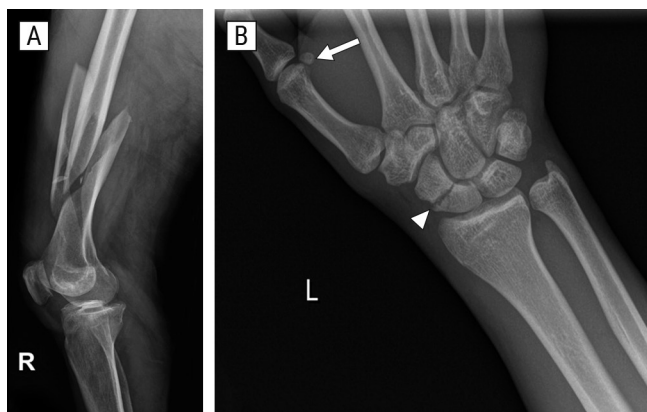


Figura 4-5. A) Fractura conminuta diafisometafisaria distal del fémur. Radiológicamente, aparece como una línea radiolúcida, con líneas rectas y ángulos agudos. B) Fractura de la zona media del escafoides (*punta de flecha*). Las líneas de fractura no se deben confundir con los huesos accesorios y sesamoideos (*flecha*).



Figura 4-6. A) Proyecciones AP y lateral de una fractura con tercer fragmento del cúbito, que incluye las dos articulaciones próximas al foco de fractura. B) Proyecciones AP y lateral de una fractura metafisaria distal del radio, antes y después de la reducción-inmovilización.

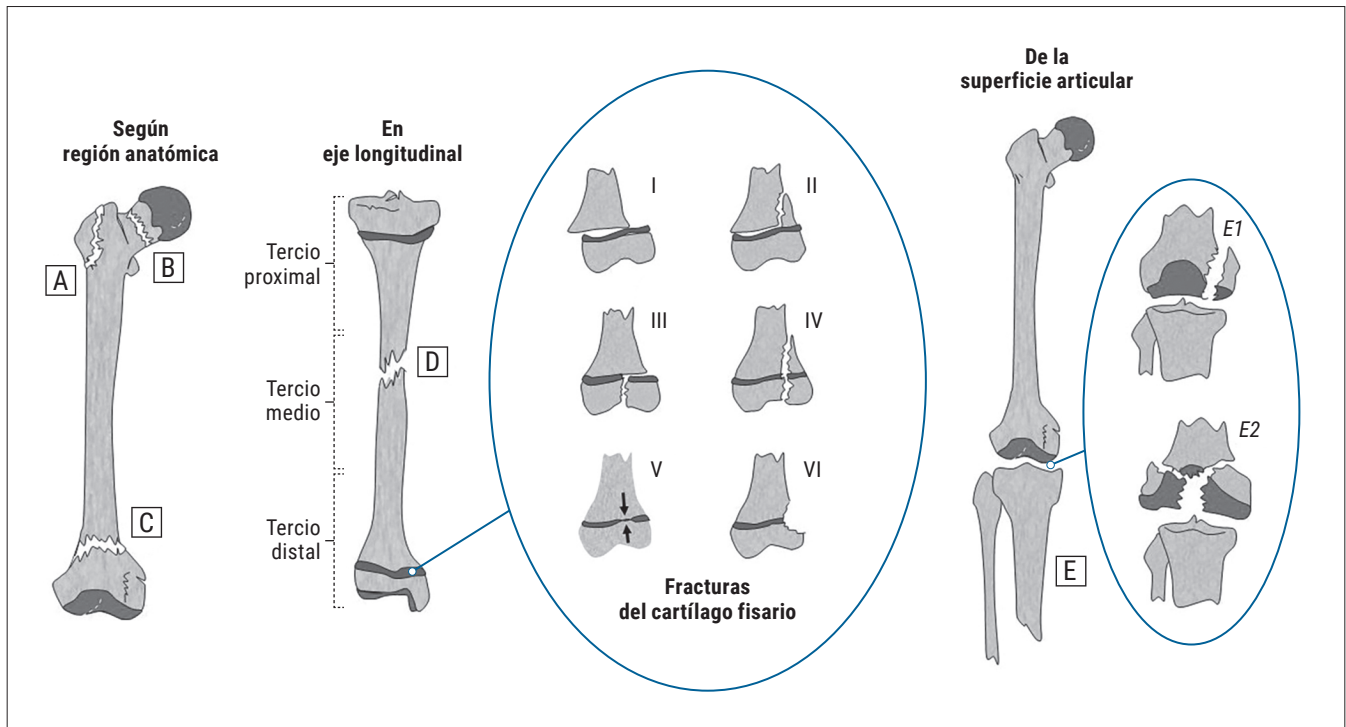


Figura 4-7. Localización de las fracturas. Pueden describirse en función de la afectación de una región anatómica característica. Fractura del trocánter mayor (A); fractura del cuello femoral (B), y fractura supracondílea (C). A efectos descriptivos y de forma arbitraria, un hueso puede dividirse en tercios. A su vez, en un hueso largo podemos distinguir epífisis, placa epifisaria o epífisis, metáfisis y diáfisis. Las fracturas pueden describirse en función de la afectación de una de estas regiones: (D) sería una fractura diafisaria del tercio medio de la tibia. Las fracturas del cartilago fisario, según la clasificación de Salter y Harris ampliada pueden dividirse en: tipo I (toda la epífisis se separa de la diáfisis); tipo II (la epífisis está desplazada y arrastra un fragmento triangular metafisario. Es la más frecuente); tipo III (se separa una parte de la epífisis); tipo IV (separación de parte de la epífisis con fragmento metafisario); tipo V (aplastamiento de una parte o de toda la fisis); tipo VI (daño de las estructuras pericondrales). Las fracturas longitudinales que atraviesan la fisis en el eje longitudinal del hueso (tipos III y IV) y las tipo V, se asocian a la formación de puentes óseos (epifisiodesis) en el 75% de los casos, mientras que cuando la línea de fractura es transversal y discurre a lo largo del cartilago (tipos I y II) solo se desarrolla puente óseo en menos del 25% de los casos. (E) Fracturas de la superficie articular. La complicación que puede producirse es la artrosis secundaria. (E1) Fracturas articulares parciales. Parte de la superficie articular está afectada, pero existe conexión sólida con el resto del hueso. Serían fracturas tipo B de la AO. (E2) Fracturas articulares completas. La superficie articular está completamente separada de la diáfisis. Serían las fracturas tipo C de la AO.

abrupto en el contorno liso de un hueso normal. En el proceso de reparación aparece como una densidad mixta que termina en un calo de fractura radiopaco. Deben realizarse dos proyecciones como mínimo (anteroposterior –AP– y lateral –LAT–); deben incluirse las articulaciones proximal y distal al foco de fractura (Fig. 4-6). Existen varias proyecciones típicas para el estudio de algunas partes del organismo: *outlet* de hombro, oblicuas para raquis, pies y manos, axial de cadera, etc.

El estudio detallado y la descripción radiológica de las fracturas comprende determinar la localización (Fig. 4-7), la extensión (Figs. 4-8, 4-9 y 4-10), la morfología (Figs. 4-11 y 4-12), la relación entre los fragmentos de las fracturas (Fig. 4-13) y la estabilidad.

Las fracturas **estables** no tienen tendencia a desplazarse una vez reducidas. En general, son fracturas simples, con un trazo transversal o con una oblicuidad inferior a 45°. Las fracturas **inestables** son aquellas que tienen tendencia a desplazarse una vez reducidas (Fig. 4-14). En general, son fracturas plurifragmentarias o con una oblicuidad mayor a 45° (excepto las espiroides).

Además de valorar la línea de fractura se deben buscar signos indirectos que indiquen lesión subyacente. El **sangrado**

o **edema** en los tejidos blandos pueden obliterar los planos grasos o desplazar las almohadillas grasas (cuando una cápsula articular se llena de sangre).

En ocasiones pueden ser necesarias proyecciones especiales (oblicuas, etc.) (Fig. 4-15) sobre todo en regiones anatómicas complejas, para evitar superposiciones (escafoides, cuello del fémur, meseta tibial o calcáneo, etc.).

Solo cuando existan dudas razonables, sobre todo en los niños, en los que puede confundirse la línea de fractura con la fisis, puede realizarse una radiografía comparativa del miembro sano.

La exploración radiológica puede repetirse en 10-14 días para confirmar la lesión. En las **radiografías diferidas o tardías** puede verse una descalcificación en el foco de fractura o un aumento de densidad por indicio de formación de calo subperióstico (como en las fracturas de los metatarsianos). En caso de fracturas crónicas, puede existir reacción perióstica.

Tomografía computarizada

La TC proporciona secciones del tejido en cualquier plano con una mayor definición del trazo de fractura, incluso en

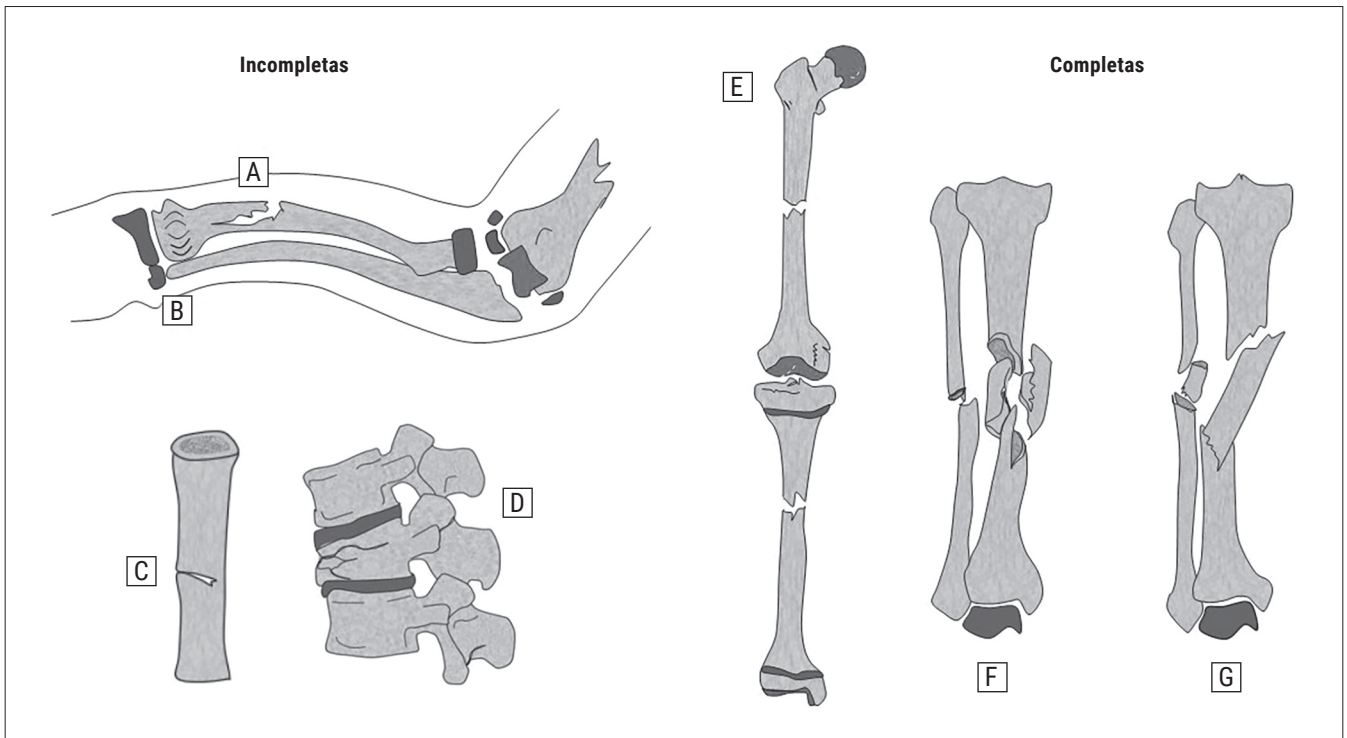


Figura 4-8. En función de la extensión, las fracturas pueden ser incompletas y completas. Las fracturas incompletas son típicas de los niños como: **A)** en «tallo verde» (rotura de una única cortical), y **B)** en «rodete» que aparecen como un cambio abrupto en la cortical. También son incompletas: **C)** las fisuras, y **D)** las fracturas por compresión. Con relación a las fracturas completas pueden ser: **E)** múltiples, en el mismo hueso o en múltiples huesos, y **F-G)** conminutas: en «alas de mariposa», segmentarias y complejas.

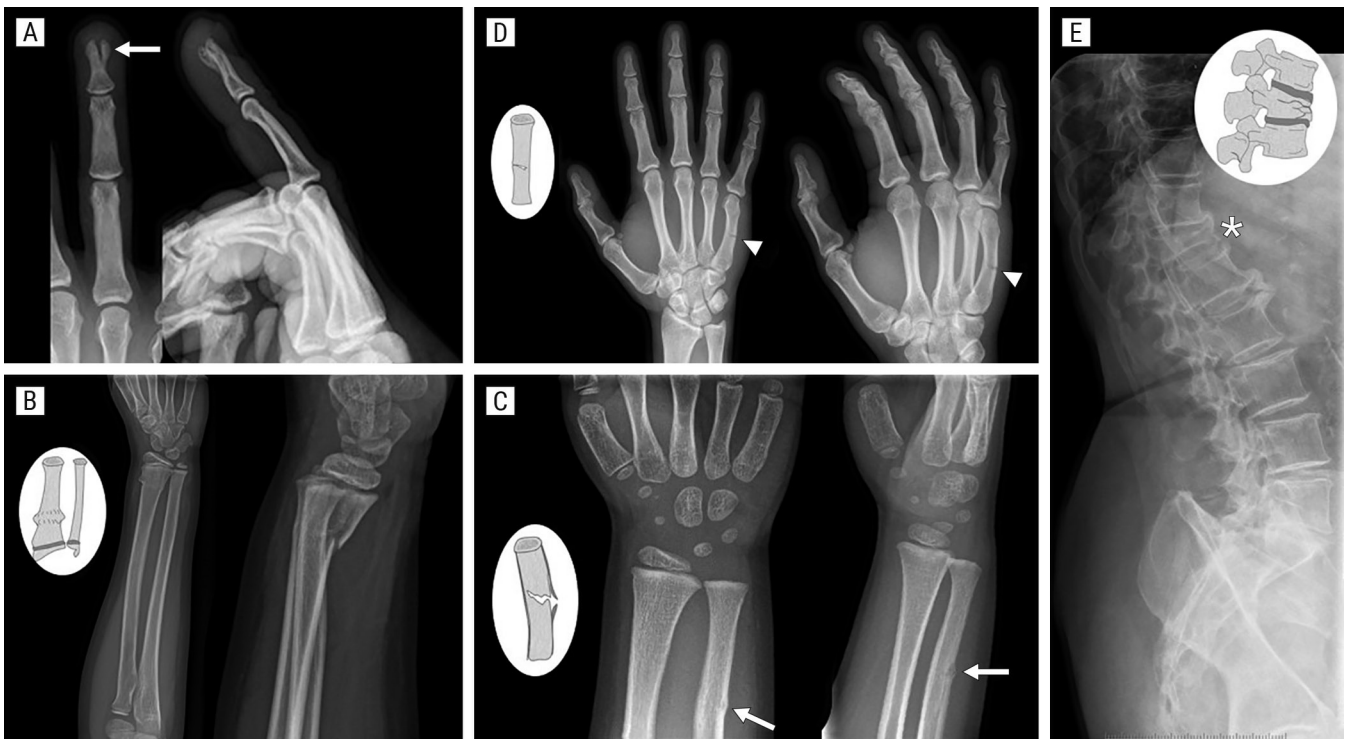


Figura 4-9. Fracturas incompletas. Serían aquellas que no afectan a todo el espesor del hueso. Son típicas de la infancia, donde el hueso es elástico (incurvaciones traumáticas, fracturas «en tallo verde», fracturas en «rodete» o en «caña de bambú»), o en adultos con procesos que disminuyen la resistencia ósea, como la enfermedad de Paget. También se consideran fracturas incompletas las fisuras y los aplastamientos. **A)** Fractura incompleta vertical de la falange distal del 4º dedo (flecha). **B-C)** Fracturas en «tallo verde» y en «rodete» o en «caña de bambú» (flechas). **D)** Fractura incompleta de la diáfisis del 5º metacarpiano (puntas de flecha). **E)** Fractura aplastamiento, de origen osteoporótico, del cuerpo vertebral de T12 (asterisco).

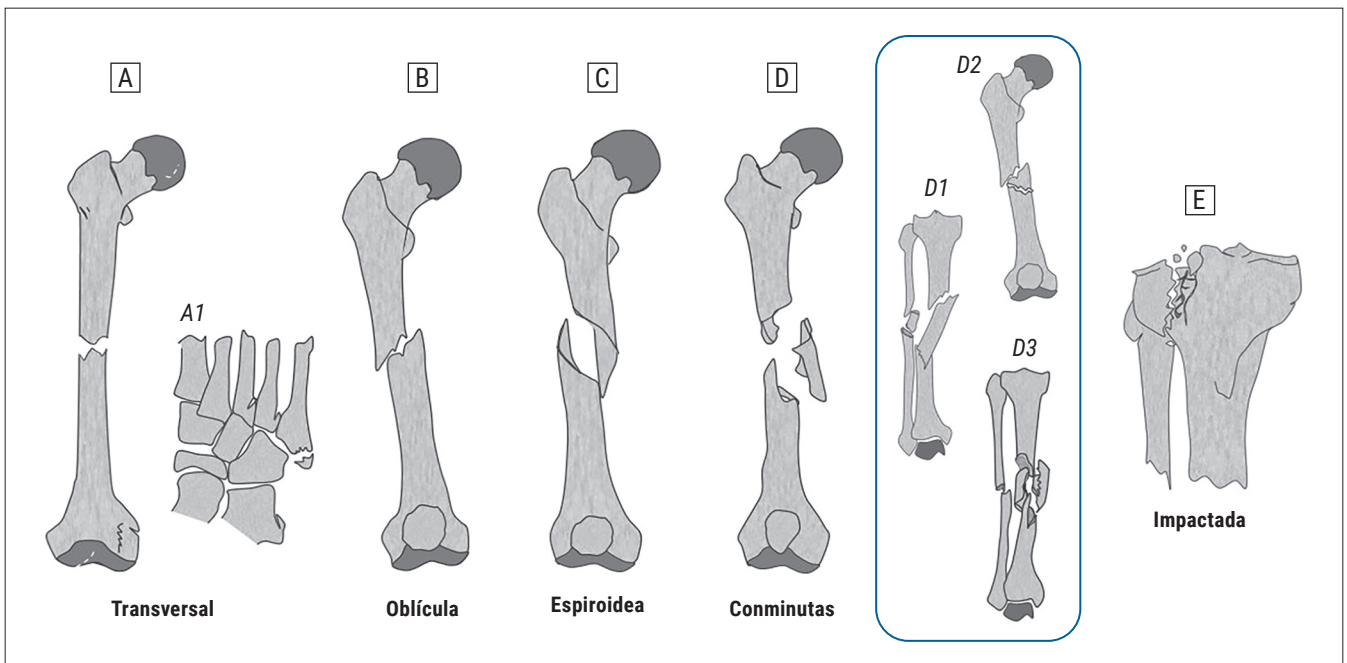
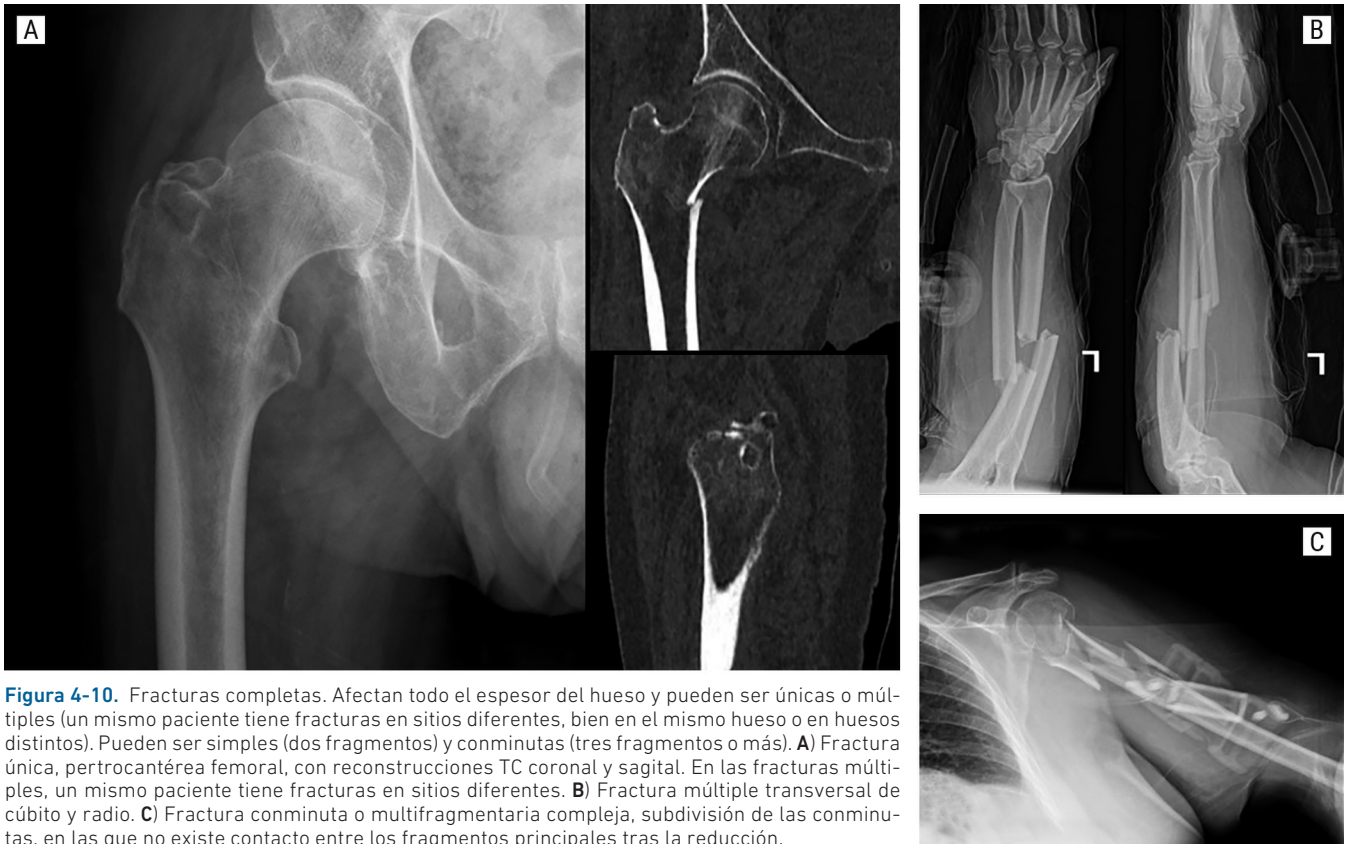


Figura 4-11. Clasificación de las fracturas por su morfología. Según la orientación de la línea de fractura: **A)** Transversales: el trazo de fractura es perpendicular al eje longitudinal del hueso o tiene una angulación menor de 30° respecto al eje largo del hueso. Son el resultado de una fuerza aplicada perpendicularmente a la diáfisis o por tensión. **A1)** Un tipo especial de fracturas transversales son las fracturas por avulsión o arrancamiento. **B)** Oblicua o con orientación del trazo entre 30-60° de angulación. Se producen por una fuerza que actúa en la misma dirección al eje longitudinal del hueso. **C)** Helicoidal o espiroidea. Se producen por fuerzas de rotación y se suelen asociar a desgarró de partes blandas adyacentes. **D)** Conminutas, cuando existen 3 o más fragmentos. Generalmente son el resultado de traumatismos de alta energía. La fractura segmentaria ocurre cuando un trozo de hueso se rompe por arriba y por debajo y se desconecta del resto. El segmento desconectado puede ser único (**D1**), puede tener forma de «ala de mariposa» (**D2**) o puede a su vez ser conminuto –fractura segmentaria conminuta– (**D3**). **E)** Fracturas impactadas. Ocurren cuando un fragmento se introduce en otro. Son típicas de las vértebras, de la meseta tibial y del calcáneo. Suele tratarse de hueso trabecular y su consolidación es rápida.

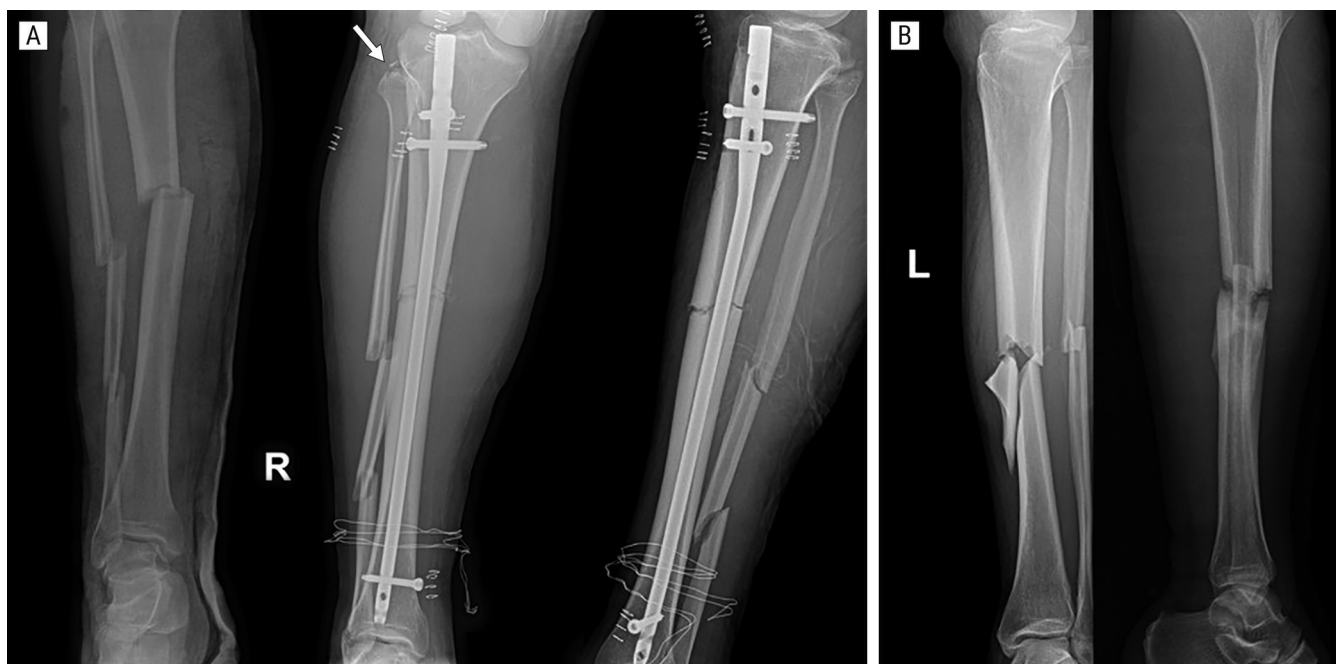


Figura 4-12. Fracturas conminutas. Varón de 43 años, que tras accidente de moto presenta: **A)** Fractura transversal diafisaria de la tibia derecha, del tercio proximal-medio, de menos de 30° de oblicuidad respecto al eje largo del hueso, que asocia fractura segmentaria del peroné a otro nivel (tipo A3), tratada mediante enclavado endomedular encerrado craneal y caudal. Puede observarse arrancamiento de un fragmento óseo en la inserción del ligamento colateral externo de la rodilla en la cabeza del peroné (*flecha*). **B)** En la pierna contralateral presenta una fractura diafisaria de tibia con fragmento en cuña (*punta de flecha*) y peroné fracturado al mismo nivel (tipo B2).

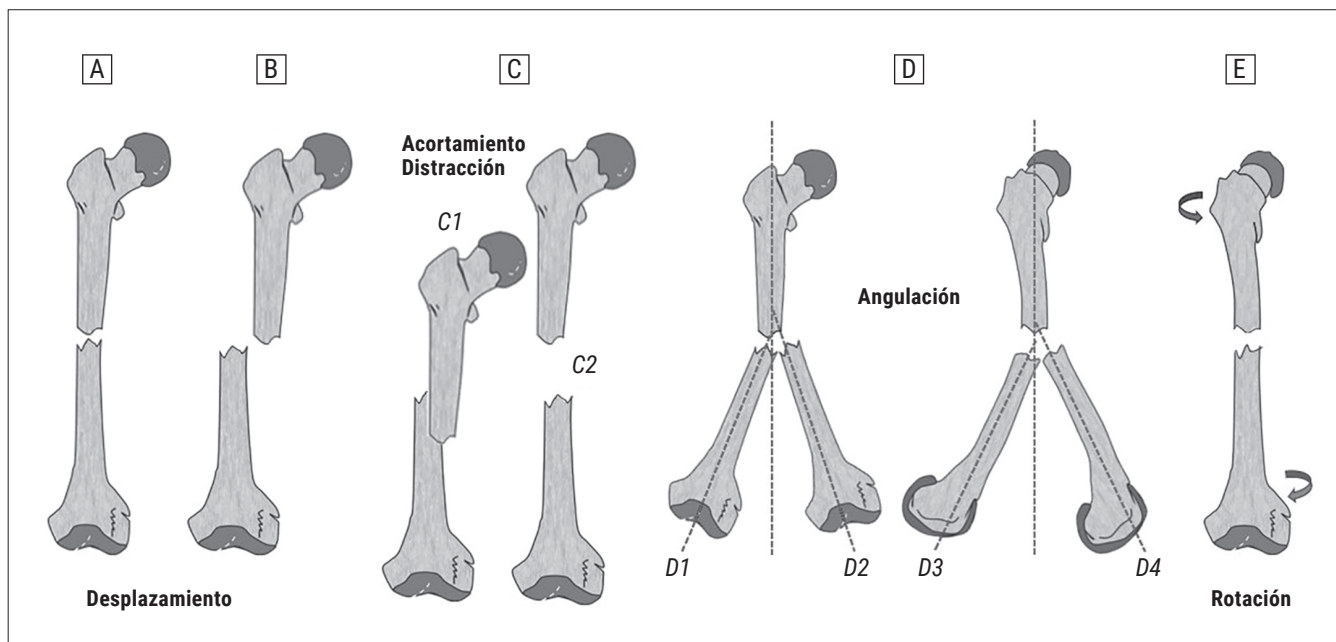


Figura 4-13. Relación entre los fragmentos de las fracturas. **A)** En las fracturas no desplazadas, los fragmentos óseos mantienen su relación anatómica. Hay cuatro parámetros principales que se utilizan para describir la relación entre los fragmentos de una fractura. Desplazamiento (opuesto a aposición o contacto), angulación, acortamiento y rotación. Se denominan *en función de la posición del fragmento distal con relación al proximal*. **B)** Desplazamiento. Describe el grado de separación del fragmento distal en direcciones anteroposterior y lateral. Se describe con frecuencia en términos de porcentaje o proporción (50% o mitad de la anchura de la diáfisis). **C)** Acortamiento: **C1)** describe el grado de solapamiento entre los fragmentos. Distracción (**C2**) es el término opuesto y hace referencia a la distancia que separa los fragmentos entre sí. Suele describirse en centímetros. **D)** Angulación. Describe el ángulo entre los fragmentos distal y proximal. Se expresa en grados y se utiliza la posición del vértice del ángulo que forman los extremos óseos. La angulación puede ser: **D1)** medial o en valgo; **D2)** lateral o en varo (en el antebrazo puede describirse como radial o cubital); **D3)** anterior o *antecurvatum*; **D4)** posterior o *recurvatum*. **E)** Rotación. Describe la relación de la orientación entre las articulaciones de los extremos de la fractura. Poco frecuente, afecta casi siempre a huesos largos. La angulación y la rotación tienen mayor importancia que el desplazamiento, ya que pueden ocasionar alteraciones de los ejes de las articulaciones adyacentes, con posibilidad de desarrollo precoz de una artrosis secundaria.



Figura 4-14. Lesión de Monteggia. Fractura del tercio proximal del cúbito asociada a luxación del radio. Vértice posterior del cúbito, con luxación externa y posterior de la cabeza radial. Fractura segmentaria de la cabeza del radio tratada con placa atornillada en el cúbito y tornillos canulados de 2 mm en la cabeza del radio.

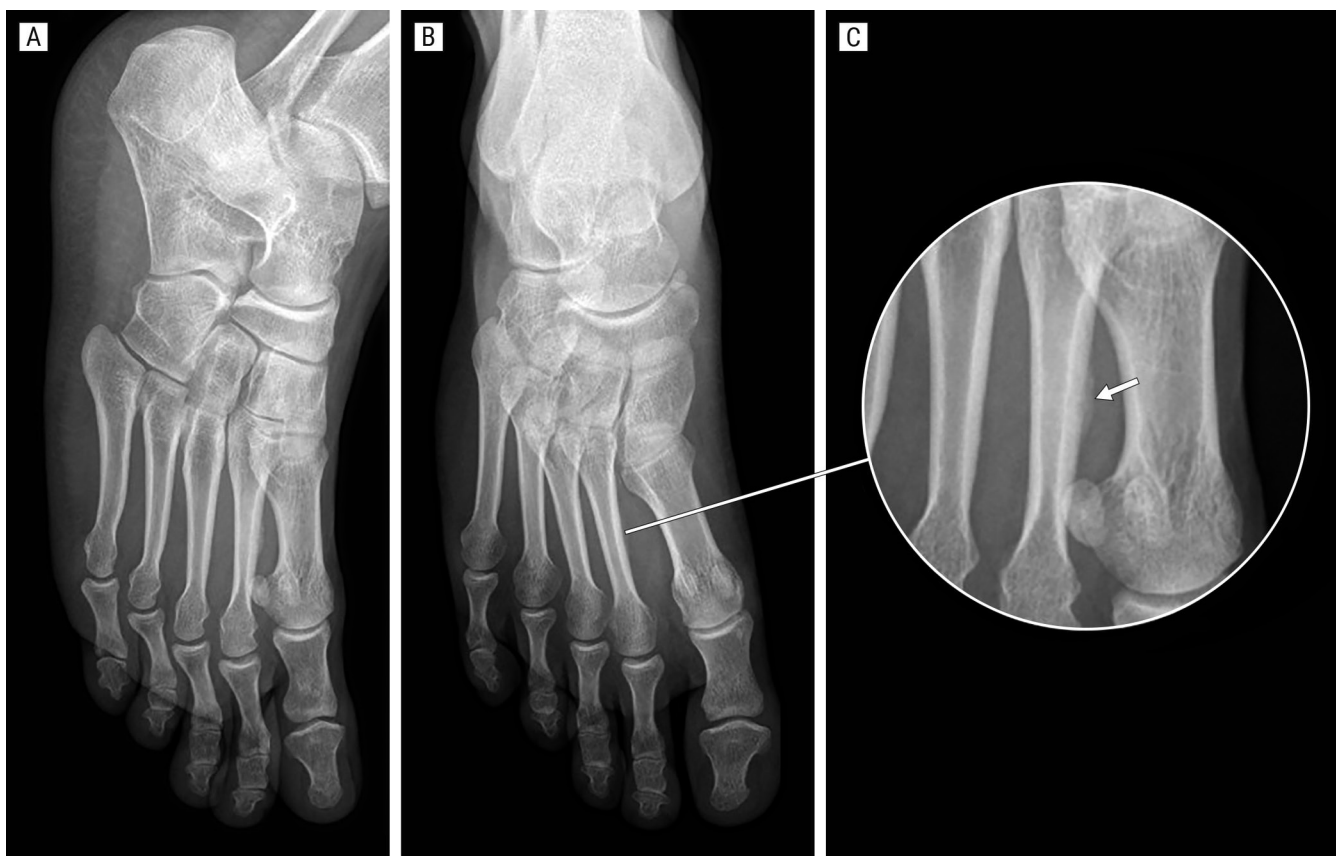


Figura 4-15. Fractura por sobrecarga, «estrés», incompleta, en un varón de 33 años. Se realizó un diagnóstico de certeza en radiografías oblicua (A), dorsoplantar (B), magnificación (C), diferidas, 3 semanas después de la fractura, donde puede observarse la formación de callo perióstico (flecha).

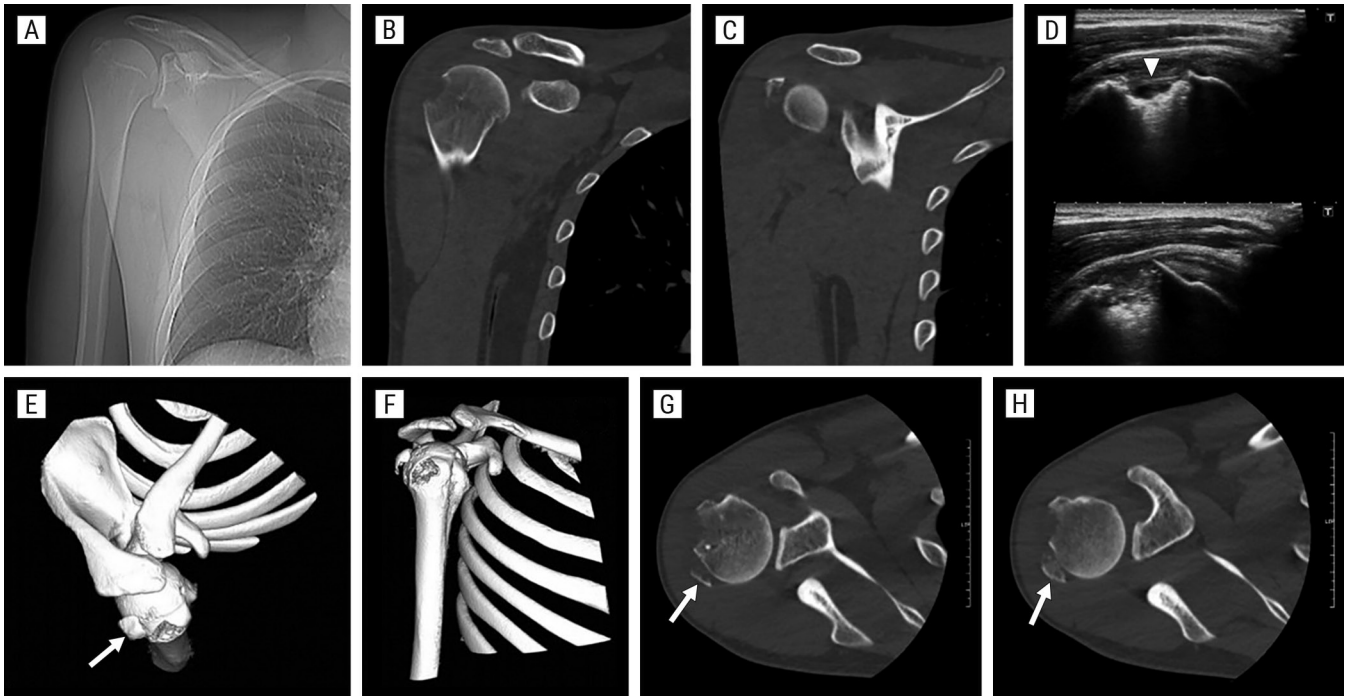


Figura 4-16. Fractura por arrancamiento del troquíter. **A)** Radiografía convencional AP. **B-C)** Cortes sagitales de TC. **D)** Ecografía donde puede observarse el defecto óseo (*punta de flecha*). **E-F)** Reconstrucciones 3D de TC. **G-H)** Cortes axiales donde se aprecia el fragmento óseo por arrancamiento del tendón del músculo supraespinoso (*flecha*), la posición del fragmento óseo y una mayor definición del trazo de fractura.

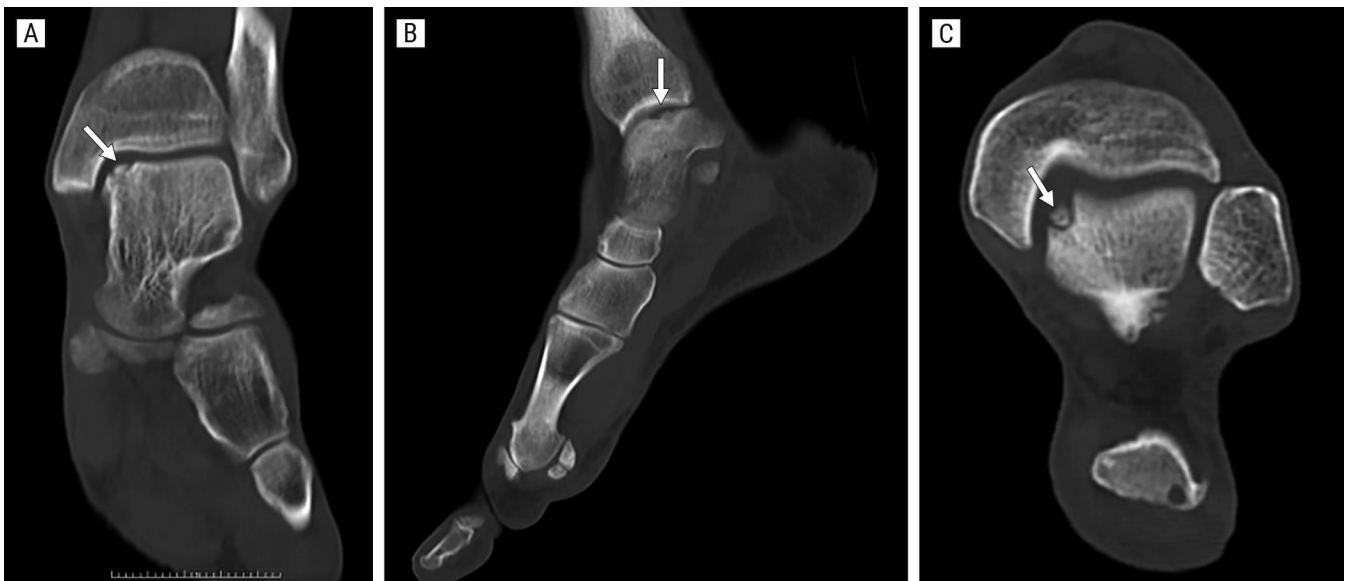


Figura 4-17. Varón de 46 años con dolor persistente de tobillo y sensación de rigidez. Características mecánicas. No refería traumatismo directo. Se trató como un esguince de tobillo, con uso de tobillera y apoyo gradual. Ante la ausencia de mejoría en más de 6 semanas, se realizaron las pruebas de imagen oportunas. Imágenes de reconstrucción TC coronal (**A**), sagital (**B**), axial (**C**), donde puede observarse una fractura osteocondral de la «cúpula» astragalina, en su margen interno (*flecha*) con un fragmento osteocondral libre, pero que permanece en el lecho y sin desplazamiento. Se clasificó como un estadio 3 según el sistema de Berndt-Hardy.

disrupciones corticales mínimas y de la posición de los fragmentos óseos (**Fig. 4-16**). Es muy útil en regiones anatómicas complejas, como la cintura escapular y pelviana, columna vertebral, carpo y tarso.

Un nivel grasa-líquido indica la existencia de médula ósea en la cavidad sinovial. Una fractura con implicación articular, aunque no sea radiológicamente visible es conveniente

estudiarla mediante TC. Además de la planificación quirúrgica, permite detectar fragmentos osteocondrales (**Fig. 4-17**).

Resonancia magnética

Al igual que la TC, la RM tiene capacidad multiplanar, pero en este caso de forma directa, sin necesidad de

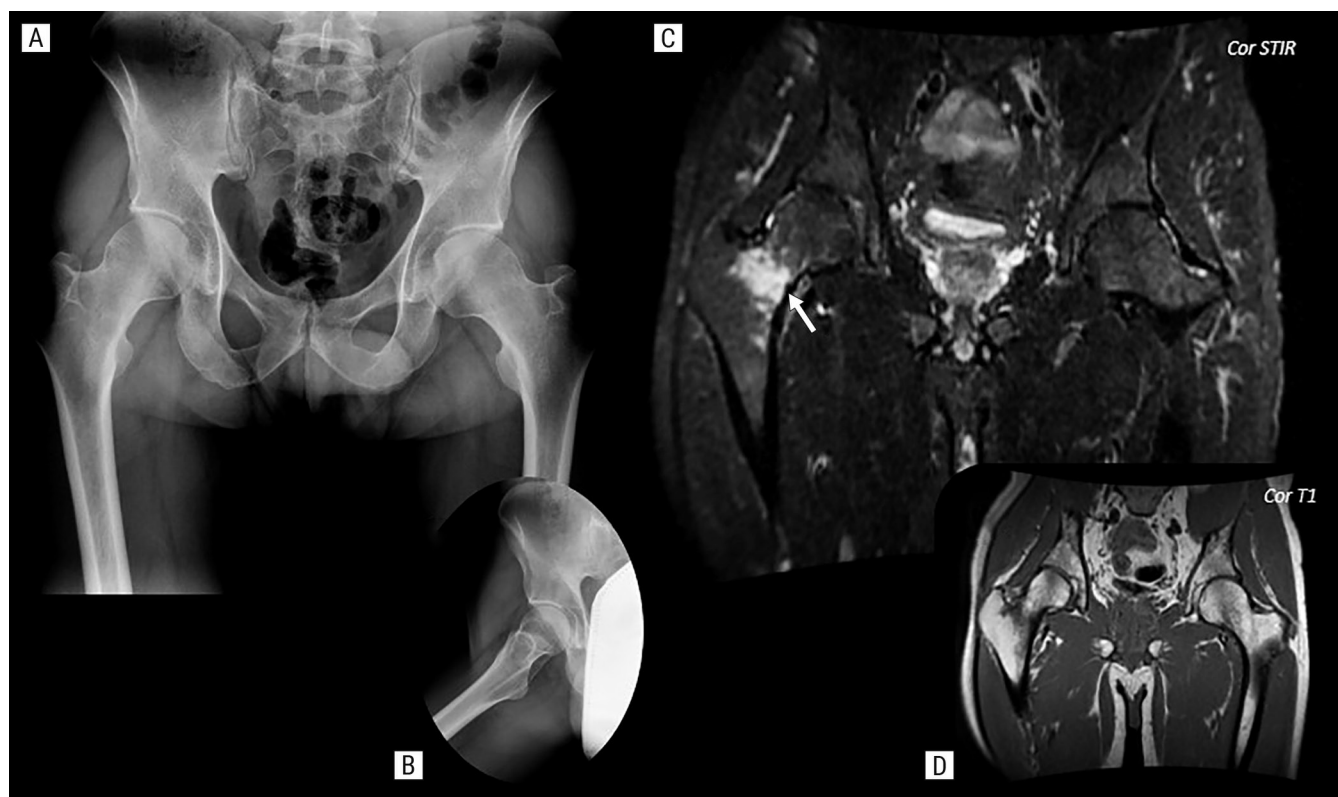


Figura 4-18. Varón de 45 años, sin antecedentes patológicos, con dolor de cadera derecha de meses de evolución, que apareció tras una carrera prolongada. Se diagnosticó de fractura de estrés o por fatiga en cuello femoral derecho, no visible en radiografía convencional AP (A) de ambas caderas, ni axial (B) de cadera, y que sí aparece como imagen hiperintensa en C, imagen coronal potenciada en T2 con supresión de la grasa (STIR) y en D, incidencia coronal potenciada en T1.

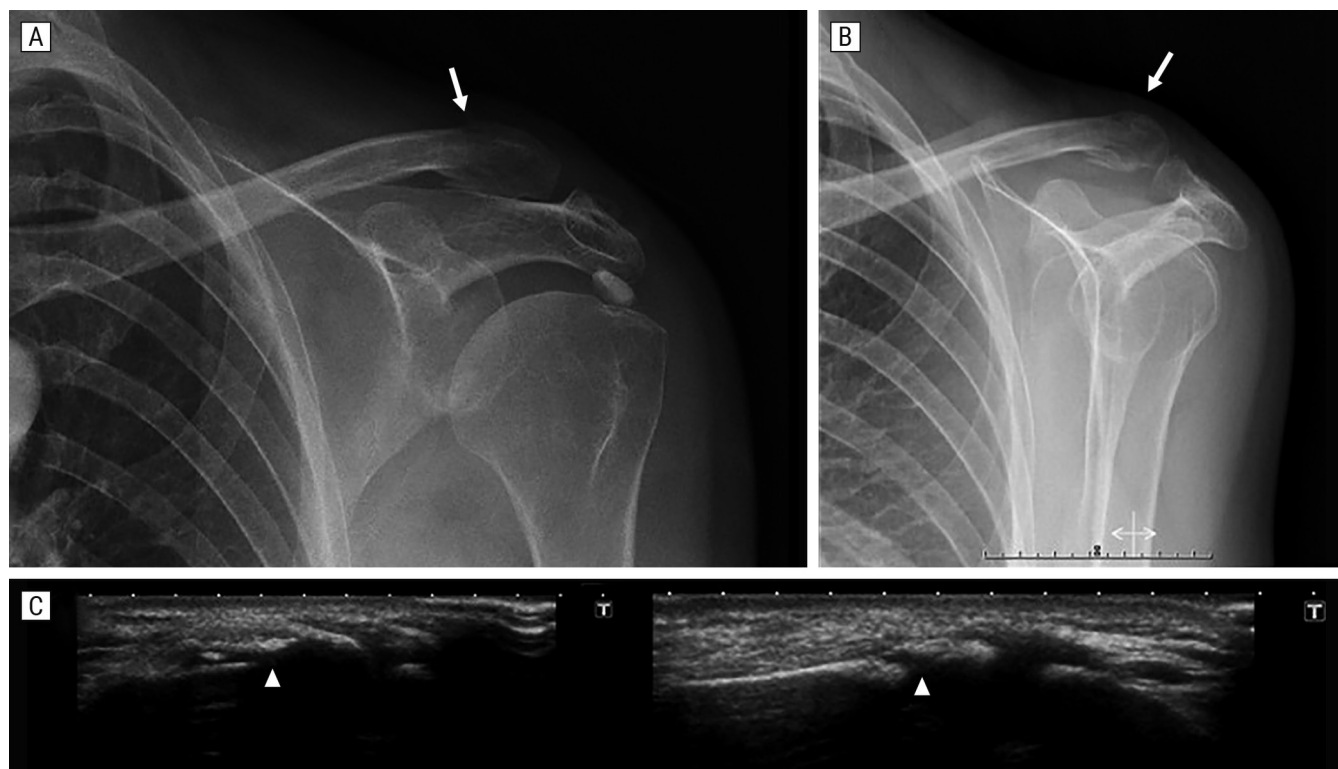


Figura 4-19. Radiografía AP (A) y proyección outlet (B) de hombro, donde puede observarse fractura del tercio distal de la clavícula (flechas). Se clasificó como fractura tipo I de Neer con ligamentos coracoclaviculares intactos. C) Imágenes de ecografía en el eje longitudinal de la clavícula, donde puede observarse la irregularidad y la disrupción de la cortical superior del extremo distal de la clavícula (puntas de flecha).

reconstrucción, y una mayor resolución de contraste (posibilidad de distinguir dos estructuras por su diferencia en la escala de grises). Está indicada en el diagnóstico de contusiones óseas, de fracturas ocultas y de fracturas por sobrecarga no desplazadas que no se visualizan con la radiografía (Fig. 4-18), y en el diagnóstico precoz de necrosis avascular postraumática, ya que tiene una gran sensibilidad en la detección de alteraciones de la médula ósea de forma precoz, como el edema. También se emplea en las fracturas osteocondrales y del cartílago de crecimiento. Además, evalúa la viabilidad de los extremos óseos si la fractura no ha consolidado.

Se utiliza en el estudio de las partes blandas, lesiones nerviosas medulares y radiculares en los traumatismos de columna y lesiones articulares (cápsula, ligamentos, cartílagos intraarticulares); músculos, tendones, bursas, etc.

Ecografía

La ecografía se emplea en fracturas de la superficie ósea (Fig. 4-19) y en aquellas que no son visibles en radiografía.

Gammagrafía ósea con tecnecio

Se utiliza difosfonato de metileno marcado con tecnecio ^{99m}Tc -MDP 48 horas después de una lesión, para demostrar actividad ósea en el foco de fractura y confirmar su presencia cuando no se haya detectado por otros métodos diagnósticos (McRae).

Tomografía computarizada por emisión de fotón único

La SPECT proporciona una evaluación fisiológica del hueso, identificando zonas de actividad osteoblástica.



En radiografía convencional, una fractura aparece como una línea radioluciente sin márgenes esclerosos. La TC proporciona una mayor definición del trazo de fractura, incluso de la posición de los fragmentos óseos. La RM tiene capacidad multiplanar directa. Las pruebas funcionales de medicina nuclear permiten valorar actividad ósea en el foco de fractura.

TRATAMIENTO

En primer lugar, se expondrán los principios generales en el tratamiento de las fracturas y, en segundo término, los tipos de tratamiento.

Principios generales

Los objetivos del tratamiento serán lograr una buena consolidación ósea, evitar deformidades, restablecer la función completa del segmento comprometido y evitar complicaciones locales y generales. Los principios fundamentales son la reducción, la fijación, inmovilización y la recuperación funcional. Antes de la reducción, se debe obtener el consentimiento informado y realizar tratamiento analgésico o

sedación. Se deben controlar la inflamación y las posibles infecciones. Limpieza local, administración de analgésicos, antiinflamatorios y antibióticos (según el germen sospechoso o que se quiera cubrir).

Reducción

Es necesario alinear o afrontar correctamente los extremos del hueso fracturado. Disminuye el edema y el riesgo de lesión vascular. El desplazamiento rotatorio se tolera muy mal y es el más difícil de corregir, sobre todo en el miembro superior. Es lo último que se corrige.

Se realiza de forma **cerrada**: no se abre el foco de fractura; se emplean maniobras manuales y tracción longitudinal del miembro (el tono muscular conlleva el acortamiento de las fracturas). La **abierta o quirúrgica**: está indicada en fracturas articulares (precisan reducción anatómica), fracturas inestables y fracturas de localización profunda.

Fijación

En caso de tratamiento quirúrgico.

Inmovilización

Se emplea para mantener la reducción hasta decidir un tratamiento definitivo, bien conservador o quirúrgico. Disminuye el dolor, previene el daño de los tejidos blandos y la lesión neurovascular, evita el desplazamiento, la angulación y los movimientos que puedan interferir con la unión. Las fracturas diafisarias tienen un aporte sanguíneo relativamente pobre y precisan mayor atención para la correcta inmovilización.

Tipos de tratamiento

Existen dos tipos de tratamiento de las fracturas, el conservador y el quirúrgico.

Tratamiento conservador u ortopédico

Indicado fundamentalmente en fracturas estables y fracturas pediátricas. Reducción cerrada e inmovilización con férula o yeso del hueso fracturado y articulaciones adyacentes. Incluye todo tipo de vendajes, ortesis, corsés, etc. También incluye tracción blanda (adherida a la piel, se utiliza durante poco tiempo) o transesquelética (material de osteosíntesis a través del hueso y tracción, se emplea durante más tiempo e incluso como tratamiento definitivo).

Tratamiento quirúrgico

Se plantea en algunas circunstancias: fracaso del tratamiento conservador, lesión importante de partes blandas o interposición de las mismas en el foco de fractura, algunos tipos de fracturas (inestables o fragmentos óseos sometidos a fuerzas de tensión —olécranon, rótula—; desplazamientos severos y deformidades rotacionales, focos conminutos; afectación articular con más de 2 mm de escalón intraarticular; fracturas bilaterales de miembros; fracturas en personas mayores en las que el tratamiento conservador suponga gran tiempo de incapacidad; fracturas patológicas).

Existen dos grandes modalidades: reducción cerrada más fijación externa o interna y reducción abierta más fijación interna (RAFI).

- **Fijación interna.** En la osteosíntesis percutánea se reduce la fractura y se estabiliza mediante agujas (Fig. 4-20)

—en fracturas infantiles y en pequeños huesos, como la mano—, o tornillos (Figs. 4-21 y 4-22). Otra forma de reducción cerrada y fijación interna es el enclavado endomedular, elástico (Fig. 4-23) o rígido, que se realiza típicamente en las fracturas diafisarias de los huesos largos (Fig. 4-24) y en las fracturas extracapsulares de cadera



Figura 4-20. Fractura múltiple, bilateral, metafisaria, distal del radio, con la deformidad típica, visible en las proyecciones laterales (*flechas*) por su desplazamiento dorsal. Fue tratada con agujas percutáneas, evitando atravesar la fisis distal del radio.



Figura 4-21. Fractura transversal del tercio medio del escafoides carpiano izquierdo, en un varón de 24 años, tratada de forma percutánea mediante un tornillo de Herbert.

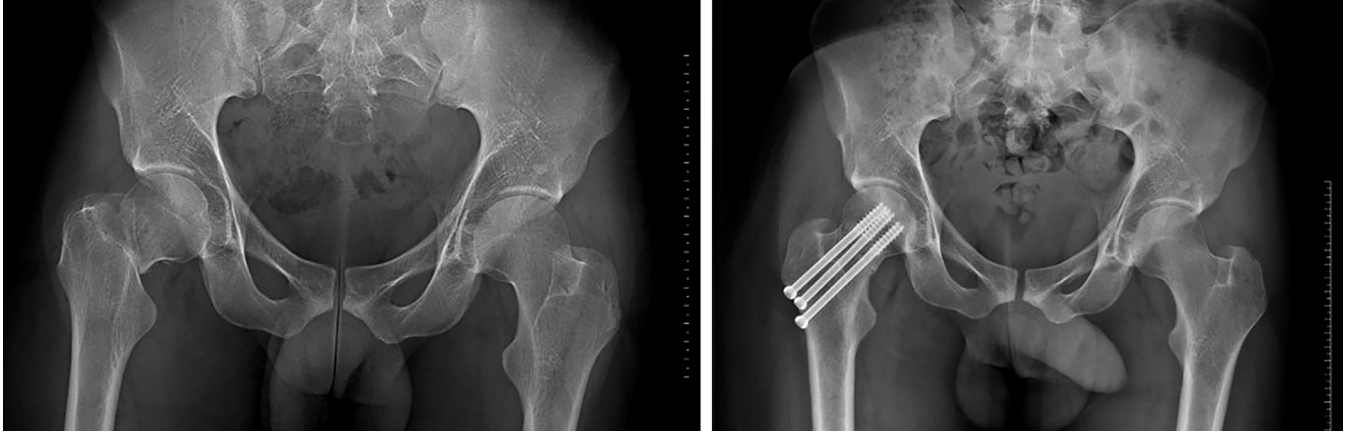


Figura 4-22. Fractura intracapsular, transcervical del fémur derecho, con mínimo desplazamiento en varo, en un varón de 24 años, tratada con reducción cerrada y fijación con tornillos canulados.



Figura 4-23. Fracturas oblicuas del tercio medio del cúbito y el radio. Los fragmentos distales están inclinados en dirección anterior y radial (en valgo), con pérdida parcial de contacto, sobre todo en el radio, por lo que se realizó tratamiento con enclavado elástico endomedular, tratando de evitar los cartílagos de crecimiento.



Figura 4-24. Caída casual en varón de 65 años. **A)** Fractura oblicua del tercio distal de la diáfisis que asocia fractura espiroidea de la diáfisis proximal y del cuello del peroné (*punta de flecha*), visible en radiografía lateral de rodilla **(B)**. Fractura tipo A2 de la clasificación AO. **C)** Radiografía lateral del tobillo donde se aprecia el trazo de fractura tibial. **D-E)** Enclavado endomedular de tibia, rígido, encerrado craneal y caudal. Puede observarse el tornillo de fijación del maléolo anterior en dirección AP (*flecha*).



Figura 4-25. Fractura extracapsular, intertrocanterea, con fractura del trocánter menor (*flecha*) del fémur derecho de una mujer de 85 años, tratada con enclavado endomedular enclavado y tornillo cefálico (clavo intertrocanterico corto tipo Gamma TM 3).

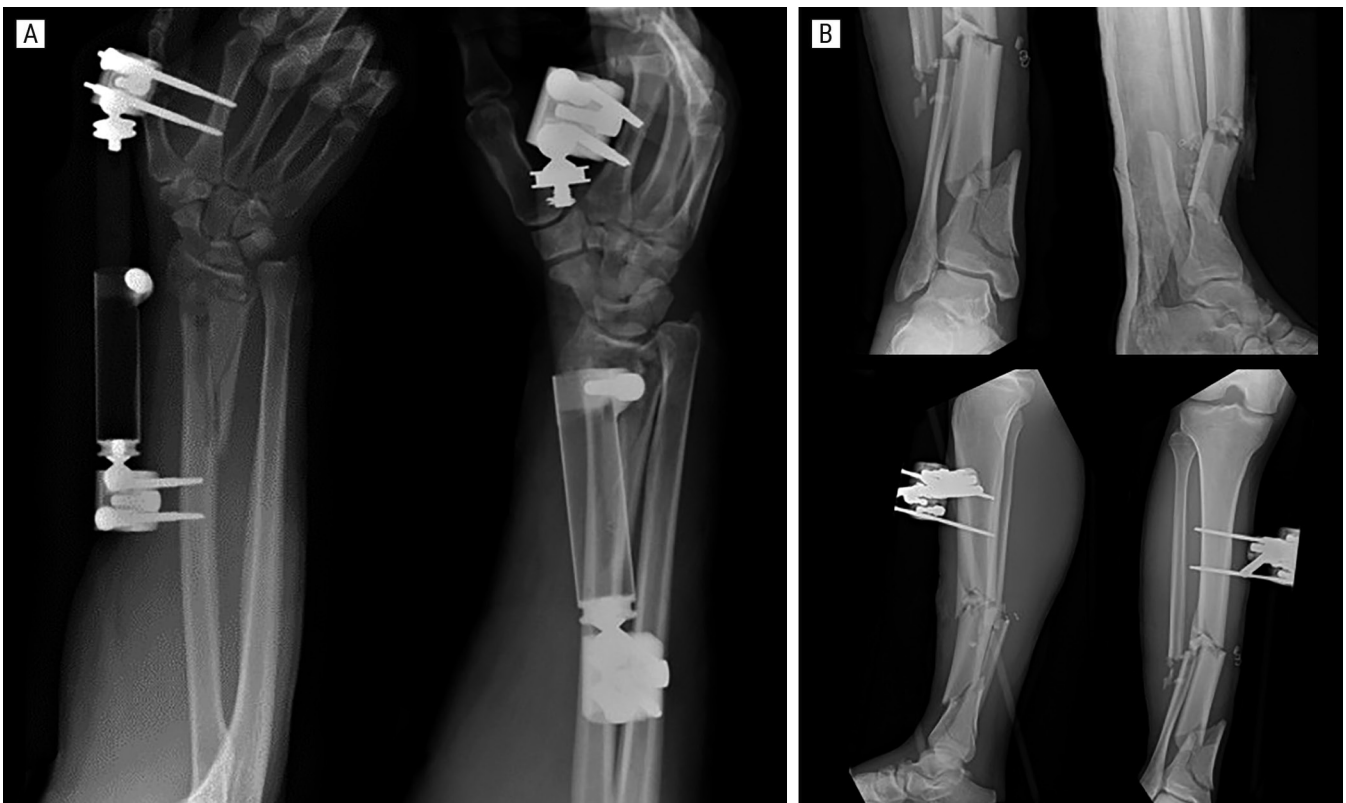


Figura 4-26. Fijación externa. **A)** Fractura conminuta diafisometafisioepifisaria distal del radio, con fragmento multifragmentado, con componente intraarticular y depresión-desplazamiento dorsal de la superficie distal del radio, tratada provisionalmente con fijador externo hasta su tratamiento definitivo. **B)** Fractura abierta, compleja, irregular, bifocal diafisometafisaria distal de la tibia derecha, con fragmentos intermedios en ambos focos y fractura conminuta de la diáfisis del peroné. Correspondería a un tipo C3. Se le colocó un fijador externo hasta su tratamiento definitivo.

(Fig. 4-25). La reducción cerrada es menos anatómica, pero se lesionan menos las partes blandas del foco de fractura y existe menor riesgo de pseudoartrosis e infección.

- **Fijación externa.** Se realiza mediante fijadores externos, unilaterales o circulares, que se anclan al hueso en zonas alejadas de la fractura (se emplea en fracturas abiertas, con gran lesión de partes blandas o daño vascular, donde se contraindica el material de osteosíntesis) (Fig. 4-26). Puede ser provisional o definitiva.
- **Reducción abierta y fijación interna (RAFI).** Abordaje quirúrgico y reducción del foco de fractura más estabi-

lización de la fractura con placas-tornillos, cerclajes, etc. (Figs. 4-27 y 4-28). Permite la reducción anatómica, pero desvitaliza el foco de fractura con aumento del riesgo de infección y pseudoartrosis).



Los principios generales del tratamiento de las fracturas son la reducción, la fijación y la inmovilización. Tipos de tratamiento: conservador y quirúrgico, con dos modalidades: reducción cerrada más fijación externa o interna, y reducción abierta más fijación interna (RAFI).



Figura 4-27. Fractura conminuta, segmentaria, del tercio medio de la clavícula izquierda en un varón de 50 años. Puede observarse elevación del extremo proximal (*flecha*) sometido a la tracción del músculo esternocleidomastoideo. Fue tratada mediante placa atornillada.



Figura 4-28. Fractura espiroidea conminuta del tercio distal de la diáfisis femoral, con extensión a la región supracondílea (*flecha*), tratada mediante placa atornillada y sujeción con alambres de cerclaje (*punta de flecha*).

CONSOLIDACIÓN

El tiempo de reparación de las fracturas está entre 1-4 meses, en función de la localización, del tipo de fractura y de otros factores: el hueso esponjoso consolida más rápidamente que el cortical, el hueso sano cura mejor que el patológico, en los adultos se precisa casi el doble de tiempo que en los niños, el tipo de fractura y la superficie de contacto entre los frag-

mentos (las fracturas transversas consolidan más lentamente que las espiroideas). En el proceso de consolidación influyen:

- **Factores mecánicos**, que son los más importantes (la carga axial controlada y los ultrasonidos, son efectivos en la mejoría de la cicatrización ósea). La distracción, la separación entre los fragmentos y la interposición de partes blandas entre los mismos dificultan la consolidación.

- **Factores biológicos** favorecedores (de crecimiento y transformación [TGF- β], proteínas morfogénicas óseas [BMP], proteínas de la matriz extracelular, hormonas anabolizantes [hormona de crecimiento –GH–, insulina, hormonas tiroideas]) y factores biológicos que retrasan la consolidación (diabetes, corticoides, citostáticos, indometacina, malnutrición, osteoporosis, Paget, hipoxia local, e infecciones).

Tipos de consolidación: directa e indirecta

Consolidación primaria o directa

Se refiere a un intento directo de las células del hueso cortical para restablecer la continuidad ósea. Requiere contacto absoluto de los fragmentos (menos de 1 mm) y una estabilidad casi completa.

Consolidación ósea indirecta

Se produce de forma natural, en fracturas no tratadas, con separación entre los fragmentos *gap* a través de osificación endocondral. Se denomina indirecta porque se produce cartílago en un estado intermedio. Tiene lugar en 4 fases, de inflamación o hematoma, de calo de fractura, osificación y remodelación:

- **Fase inicial de inflamación o hematoma** (1-2 semanas). Se produce disrupción de los vasos con formación de un hematoma y una red de fibrina que sirve de puente o guía para la penetración celular. Se liberan mensajeros celulares, factores de crecimiento óseo (IL-1 y 6, TGF- β , PDGF [factor de crecimiento derivado de las plaquetas] y BMP), algunos de los cuales ya se usan en clínica para tratamiento de retardos de consolidación.
- **Fase de calo blando** (ocurre entre la 2-3 semanas). Los vasos sanguíneos invaden el hematoma de fractura donde coexisten con osteoblastos y fibroblastos. Las células mesenquimales se van a diferenciar dependiendo de las condiciones mecánicas (cuando hay reposo se estimula la aparición de osteoblastos, y si no lo hay proliferan condroblastos y fibroblastos). Inicialmente se forma un calo periosteal y, posteriormente, en la fase medular se forma hueso trabecular.
- **Fase de osificación** (3-12 semanas). Comienza a partir de la 2ª-3ª semana, en la matriz cartilaginosa que se ha formado se deposita calcio, comienza en la periferia y progresa hacia el centro. La actividad condrogénica y osteoblástica da paso a la osteoclástica, que junto con la penetración vascular forman la base de las nuevas osteonas.
- **Fase de remodelación** (dura meses). Comienza aproximadamente a la 6ª semana, en la que el hueso fibrilar inmaduro (similar a la época fetal) se sustituye por hueso maduro laminar, mediante el proceso de remodelación u orientación de las trabéculas óseas según las exigencias mecánicas del hueso (**Ley de Wolff**). La remodelación depende de cuánto quede del crecimiento del paciente. A los 18 años o más el potencial de remodelación es muy bajo.

Alteraciones en la consolidación

Existen tres tipos de alteraciones de la consolidación: la consolidación viciosa, el retraso de consolidación y la ausencia de consolidación o pseudoartrosis.

Consolidación viciosa

Ocurre cuando los fragmentos óseos unen en posición no adecuada, normalmente debido a una reducción insuficiente. Altera la funcionalidad del segmento anatómico, como deformidades y limitaciones del recorrido articular, o callos de fractura que irritan partes blandas, como tendones o la piel.

Retraso de consolidación

Cuando esta tarda más tiempo del habitual en cada tipo de fractura. Suele estar entre 3-6 meses tras la fractura.

Ausencia de consolidación o pseudoartrosis

Consiste en la curación incompleta de una fractura, sin mejoría radiológica, después de la duración normal de la misma (generalmente entre 6 a 9 meses), que resulta en la creación de una falsa articulación. Son factores de riesgo: vascularización deficiente, inmovilización insuficiente, comorbilidades (diabetes mellitus, osteoporosis), fracturas abiertas e infección y fumadores. Clínicamente, se presenta como dolor, hinchazón, capacidad de carga limitada o movilidad anormal. Radiológicamente, existe ausencia de calo y pérdida de los cambios progresivos en el calo. Se diferencian varios tipos: **atrófica** (extremos óseos delgados), suele ocurrir por falta de vascularización; **hipertrófica** (extremos óseos ensanchados, esclerosos y con cierre de la cavidad medular) (**Figs. 4-29 y 4-30**), ocurre por exceso de movimiento en el foco, tracción excesiva; **séptica** (cuando hay gérmenes en el foco).

El tratamiento de la pseudoartrosis es quirúrgico. En la atrófica es necesario una apertura del foco y aporte de injerto óseo (en ocasiones vascularizado) y osteosíntesis rígida; en la hipertrófica, puede ser suficiente con la estabilización y compresión axial.

Cuando un hueso no consolida pueden aplicarse **injertos o sustitutos óseos**. Existen diferentes tipos: autoinjertos, aloinjertos congelados o liofilizados, biomateriales que son matrices cálcicas con propiedades osteoconductoras, como BMP y PDGF (factor de crecimiento derivado de las plaquetas), y células madre purificadas a partir de aspirados de médula ósea con propiedades osteogénicas, ya que pueden diferenciarse a osteoblastos, y que se utilizan en combinación con matrices cálcicas.



Existen dos tipos de consolidación, la primaria o directa y la ósea indirecta. Las alteraciones en la consolidación pueden clasificarse en: viciosa, retraso de consolidación y ausencia de consolidación o pseudoartrosis.

COMPLICACIONES

Existen tres tipos de complicaciones:

Agudas

Dependen, en la mayoría de los casos, de la lesión de las partes blandas. Infección de la herida u osteomielitis, fundamentalmente en las fracturas abiertas donde existe contacto

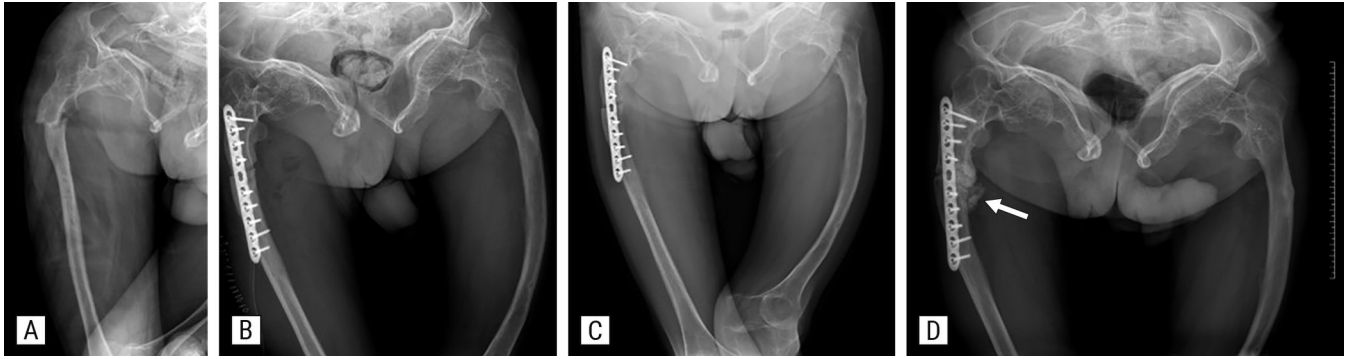


Figura 4-29. Pseudoartrosis hipertrófica. Varón de 54 años con antecedente de osteogénesis imperfecta tipo I de la clasificación de Sillence, con las deformidades y alteración de la densidad radiológica ósea características. Sufrir una caída casual de una silla y presenta fractura transversal de la diáfisis proximal derecha (A). Se trata mediante placa atornillada (B). Se realizan las oportunas revisiones (C) a los dos meses de la fractura, donde no se objetiva callo de fractura. (D) A los 2 años de la fractura, se objetiva un ensanchamiento de los extremos óseos y ausencia de consolidación, típico de una pseudoartrosis hipertrófica (flecha).



Figura 4-30. A) Pseudoartrosis hipertrófica de clavícula, con los típicos signos de extremos óseos ensanchados, esclerosos y cierre de la cavidad medular. B) Pseudoartrosis hipertrófica de la cavidad humeral en imágenes de radiografía convencional y TC.

del foco de fractura con el exterior a través de una herida en la piel; generalmente ocurre por estafilococos y anaerobios. Flictenas. Lesión neurológica o vascular, bien por sangrado, hematoma o seroma (las fracturas abiertas también presentan mayor riesgo). Síndromes compartimentales. Luxación secundaria. Lesiones viscerales como cerebro, pulmón o vejiga.

Crónicas

Consisten en retraso de consolidación y pseudoartrosis, deformidades y consolidaciones viciosas, osificaciones heterotópicas, necrosis avascular, artrosis postraumática, rigidez articular, **capsulitis adhesiva**, contracturas, inestabilidad articular y dolor regional complejo. En los niños, alteraciones del crecimiento después de lesión de la fisis.

Sistémicas

Entre las que destacan: sepsis, *shock* hemorrágico, tromboembolismo venoso o pulmonar, distrés respiratorio del adulto, postembolismo graso.

RETORNO A LA FUNCIÓN

La vuelta a la función normal se basa en dos elementos: **movimiento** y **carga**. El inicio del movimiento debe intentarse lo antes posible, sin poner en peligro el mantenimiento de la reducción. Las áreas no afectadas deben moverse de inmediato. En relación con la carga, la restricción de soporte de peso es imprescindible en fracturas inestables; debe realizarse durante 6-8 semanas. Posteriormente, es necesaria la carga ya que la curación necesita estrés en el eje axial.



RESUMEN

- En radiografía convencional, una fractura aparece como una línea radioluciente sin márgenes esclerosos. La TC proporciona una mayor definición del trazo de fractura, incluso de la posición de los fragmentos óseos. La RM tiene capacidad multiplanar directa. Las pruebas funcionales de medicina nuclear permiten valorar actividad ósea en el foco de fractura.
- Los principios generales del tratamiento de las fracturas son la reducción, fijación e inmovilización. Tipos de tratamiento: conservador y quirúrgico, con dos modalidades: reducción cerrada más fijación externa o interna, y reducción abierta más fijación interna (RAFI).
- Existen dos tipos de consolidación, la primaria o directa y la ósea indirecta. Las alteraciones en la consolidación pueden clasificarse en: viciosa, retraso de consolidación y ausencia de consolidación o pseudoartrosis.



ASPECTOS A RECORDAR. PREGUNTAS DE REFLEXIÓN

1. ¿Cuáles son los conceptos esenciales de una fractura en radiografía convencional?
2. ¿Cuáles son los conceptos esenciales de una fractura en imagen TC?
3. ¿Cuáles son los conceptos esenciales de una fractura en imagen RM?
4. ¿Cuáles son los conceptos esenciales de las pruebas funcionales de medicina nuclear al valorar una fractura?
5. ¿Cuáles son los conceptos esenciales al respecto de los principios generales del tratamiento de las fracturas?
6. ¿Cuáles son los conceptos esenciales al respecto de los tipos de consolidación de las fracturas?
7. ¿Cuáles son los conceptos esenciales en las alteraciones en la consolidación de las fracturas?

BIBLIOGRAFÍA BÁSICA

Eiff MP, Hatch RL, Calmbach WL. General principles of fracture care. En: Fracture Management for Primary Care, 2ª ed. Philadelphia: WB Saunders; 2003. p. 4.

Guillaume B. Skeletal Trauma. A Mechanism-Based Approach of Imaging. Cambridge, MA: Elsevier Academic Press; 2021.

Manaster BJ, et al. The Requisites. Musculoskeletal Imaging. 2007.

McRae R, Esser M. Practical Fracture Treatment. 5ª ed. Edimburgo: Churchill Livingstone Elsevier; 2008.

Seco J [Dir.]. Afecciones Médicoquirúrgicas para Fisioterapeutas. Serie Sistema Musculoesquelético. Vol. III. Madrid: Editorial Médica Panamericana; 2017.