

ARTÍCULO ESPECIAL

Aplicaciones de la tomografía computarizada multidetector en la patología traumática de las extremidades

F. Ruiz Santiago^{a,*}, V. González Siebert^b, L. Guzmán Álvarez^a y M.M. Castellano García^a

^a Sección de Radiología Musculoesquelética, Servicio de Radiodiagnóstico, Hospital de Traumatología, Ciudad Sanitaria Virgen de las Nieves, Granada, España

^b Servicio de Radiodiagnóstico, Hospital Barros Luco, Santiago de Chile, Chile

Recibido el 15 de septiembre de 2010; aceptado el 13 de marzo de 2011

Disponible en Internet el 20 de julio de 2011

PALABRAS CLAVE

Tomografía
computarizada;
Multidetector;
Clasificación de
fracturas

KEYWORDS

Computed
tomography;
Multidetector;
Classification of
fractures

Resumen La tomografía computarizada multidetector (TCMD) ofrece significativas ventajas frente a la radiología simple en el estudio de las extremidades. El traumatismo agudo plantea desafíos diagnósticos, en especial en aquellas articulaciones en que la superposición de las estructuras óseas impide una clara visualización de las fracturas o luxaciones. Cada articulación mayor cuenta con al menos una clasificación de fractura que trata de recoger los aspectos fundamentales que orientan al tratamiento más efectivo. Ahí es donde la TCMD, con la posibilidad de reconstrucciones multiplanares y tridimensionales, nos aporta una información crucial para el manejo del traumatismo articular.

© 2010 SERAM. Publicado por Elsevier España, S.L. Todos los derechos reservados.

Applications of multidetector computed tomography in limb trauma

Abstract Multidetector computed tomography (MDCT) has significant advantages over plain-film X-rays in the study of the extremities. Acute trauma poses diagnostic challenges, especially in joints in which the overlapping of bony structures impedes the view of the fractures or luxations. Each major joint has at least one classification system for fractures that aims to include the fundamental aspects necessary to orient the most effective treatment. These are the cases in which MDCT's capabilities for multiplanar and three-dimensional reconstructions provide information that is crucial for the management of trauma to the joint.

© 2010 SERAM. Published by Elsevier España, S.L. All rights reserved.

Introducción

El traumatismo de las extremidades es muy frecuente. Aunque la radiología convencional suele ser la técnica de estudio inicial, existen situaciones en que la tomografía computarizada multidetector (TCMD) adquiere un papel fundamental

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: ferusan12@gmail.com (F. Ruiz Santiago).

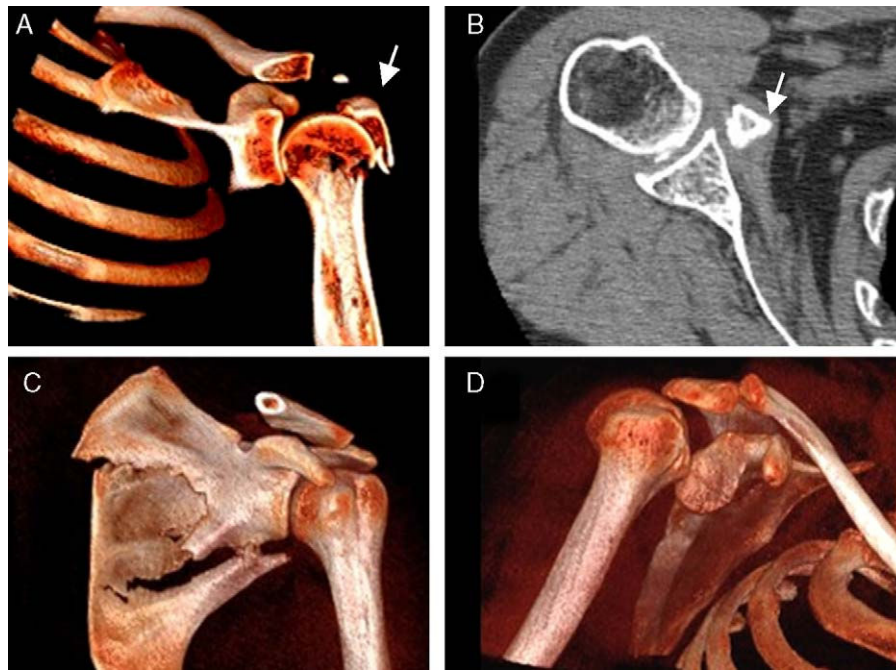


Figura 1 Fracturas del hombro. A) Corte coronal 3D (SSD) de fractura en 2 partes de Neer con arrancamiento del troquíter (flecha). B) Arrancamiento crónico del troquín (flecha) desapercibido en la radiografía inicial. C) Imagen 3D (SSD) de fractura del cuerpo de la escápula. D) Imagen 3D (SSD) de la luxación posterior del hombro.

para el manejo de dichos traumatismos, concretamente para el estudio de fracturas en regiones de anatomía compleja, especialmente a nivel articular, constituyendo una herramienta esencial en la valoración prequirúrgica y control evolutivo de la consolidación.

En esta revisión nos centraremos en la utilidad de la TCMD en el diagnóstico de las fracturas agudas de las extremidades en el departamento de urgencias.

Consideraciones técnicas

La TCMD permite obtener, a partir de la adquisición en el plano axial, reconstrucciones multiplanares (MPR) y tridimensionales de una calidad excelente, sin distorsión espacial significativa. La imagen isotrópica, con igual resolución espacial en los tres planos del espacio, se consigue con cortes finos submilimétricos¹. Las MPR pueden visualizarse en corte fino para detectar fracturas sutiles o bien en cortes gruesos en máxima intensidad de proyección (MIP) que nos aporta una información de profundidad o de relación entre estructuras óseas. Esta información espacial puede mejorarse con el recurso a las reconstrucciones tridimensionales². Para las fracturas nosotros preferimos el algoritmo de reconstrucción *shaded surface display* (SSD) porque demuestra mejor la afectación de la superficie articular, que podemos mostrar tras eliminar el hueso no fracturado (vista desarticulada)³. A esta reconstrucción se le pueden aplicar planos de corte que permiten visualizar la anatomía interna de la fractura.

Aunque las estructuras óseas en las imágenes axiales y MPR se visualizan con mayor resolución usando un algoritmo de reconstrucción en hueso, las reconstrucciones tridimensionales se realizan preferentemente usando

imágenes reconstruidas con algoritmo *standard* que mitiga parte del ruido del algoritmo óseo⁴.

La principal desventaja del uso de la tomografía computarizada (TC) es la dosis de radiación, fundamentalmente en la población pediátrica⁵, que en el caso de las extremidades supone una media de 1 mSv de dosis efectiva⁶.

Consideraciones generales

Tradicionalmente las fracturas se trataban en base a los hallazgos en radiología convencional y, ocasionalmente, tomografía lineal. La mejora en la información anatómica obtenida con la introducción de la TCMD, así como el perfeccionamiento en las técnicas de reducción ortopédica, ha conllevado un cambio progresivo en el manejo radiológico de las fracturas, con mayor necesidad por parte del traumatólogo de obtener un conocimiento detallado de la anatomía de la fractura.

La TCMD debería realizarse en cualquier fractura en la que exista o se sospeche extensión intraarticular. El informe radiológico debe recoger la dirección de los trazos principales de la fractura, el número de fragmentos principales y su grado de desplazamiento, rotación y depresión, la existencia o no de congruencia articular y la posible presencia de fragmentos osteocondrales libres intraarticulares. En las fracturas extraarticulares la radiografía simple suele ser suficiente en la mayoría de los casos.

En general, la TCMD tiende a incrementar la severidad en la clasificación de las fracturas, aunque no elimina por completo la discordancia en la gradación de la fractura entre diferentes observadores⁷. De hecho, hay fracturas difíciles de encuadrar dentro de los sistemas de clasificación

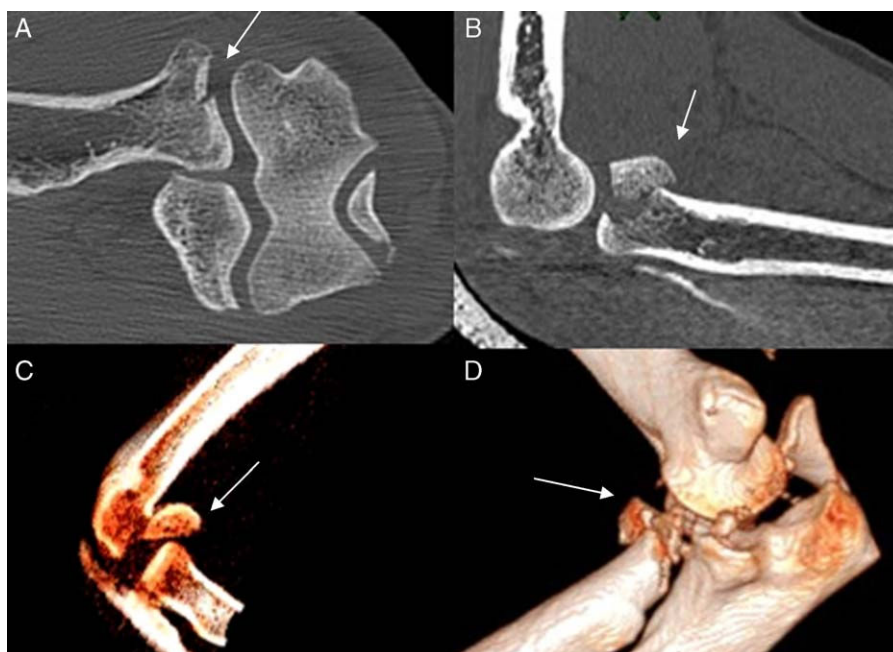


Figura 2 Fracturas del codo. A) TC coronal. Fractura tipo I de Mason de la cabeza radial. B) TC sagital. Fractura tipo II de Mason. C) Corte sagital 3D (SSD) de fractura del cóndilo humeral. D) Imagen 3D (SSD) de luxación terrible de codo tras reducción. Se observan los fragmentos de la cabeza radial, de la apófisis coronoides y la persistencia de una subluxación posterior.

habituales. En estos casos es especialmente importante la descripción de la anatomía de la fractura.

Otra ventaja de la TCMD es su capacidad de detectar lesiones tendinosas y ligamentarias aunque tenga un menor contraste que la resonancia magnética (RM). Esto es particularmente útil en articulaciones como la rodilla, el tobillo o la muñeca^{2,8}.

Localizaciones

Hombro (fig. 1)

La fractura de hombro más frecuente en los adultos mayores es la fractura del cuello quirúrgico del húmero. La clasificación de Neer es la más aceptada y se basa en la existencia o no de desplazamiento de 4 fragmentos (cabeza humeral, diáfisis, troquíter y troquín)⁹. Cuando existe desplazamiento de fragmentos o la fractura es compleja la TCMD puede demostrar lesiones óseas o de partes blandas no detectadas en la placa simple que pueden modificar el tipo de tratamiento¹⁰, fundamentalmente arrancamientos del troquín y lesiones del supraespinoso, por rotura tendinosa o arrancamiento óseo de su inserción.

Las fracturas de la escápula suelen ser secundarias a traumatismos de alta energía y pueden asociarse a lesiones pulmonares, del hombro, neurovasculares y de costillas. La principal indicación de la TCMD es el estudio de la afectación de la cavidad glenoidea³.

Las luxaciones de hombro suelen manejarse con radiografía simple salvo que se sospeche o exista fractura asociada, en cuyo caso la información aportada por la TCMD es fundamental en su manejo. La más frecuente es la luxación anterior, que se diagnostica fácilmente con radiología

convencional. La luxación posterior supone un 5% de las luxaciones y puede pasar desapercibida en el estudio radiológico simple interpretado por clínicos no expertos, lo que puede acarrear consecuencias funestas para la recuperación funcional si el diagnóstico se demora. En estos casos, con clínica



Figura 3 A) Reconstrucción MIP sagital de muñeca con luxación perisemilunar del hueso grande. B) Imagen 3D (SSD) de luxación transescafo-perisemilunar. C) Imagen axial de fractura del gancho del ganchoso. D) MPR sagital de fractura del cuerpo del ganchoso con luxación metacarpiana dorsal.

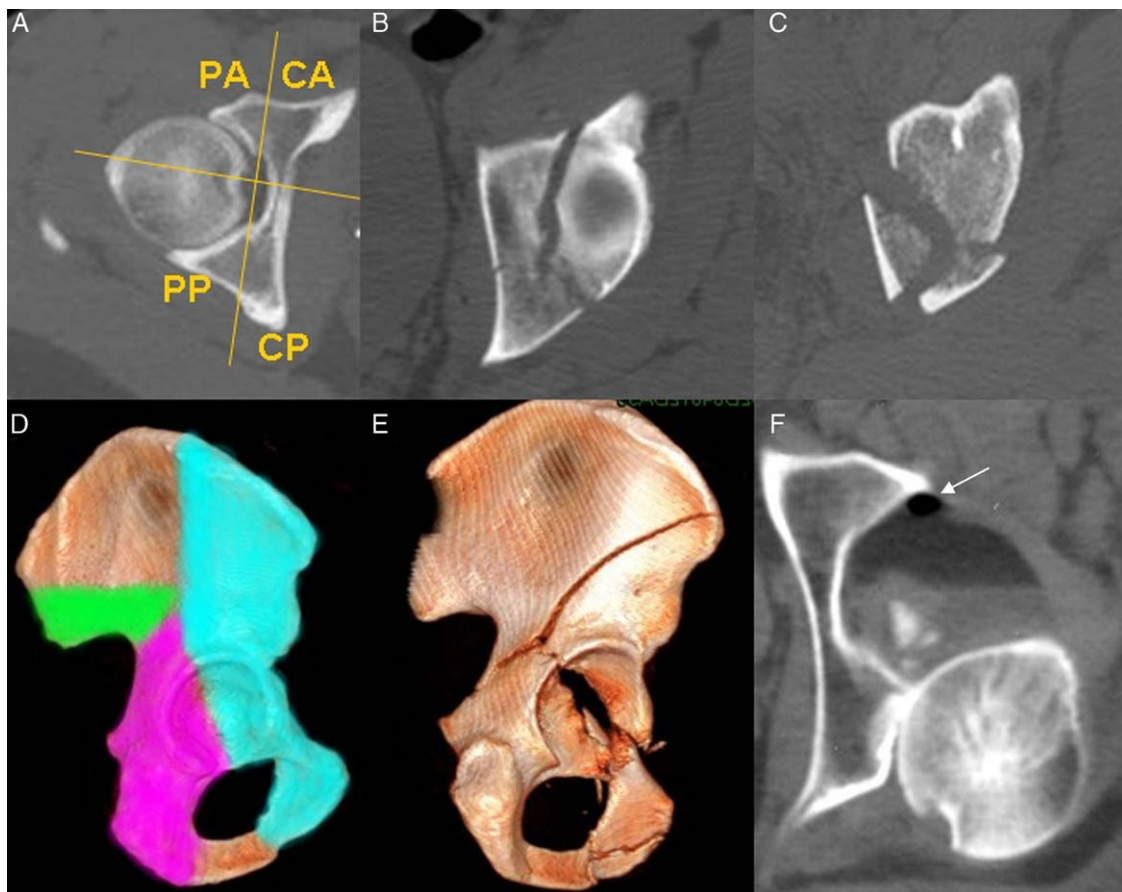


Figura 4 A) Esquema de la división del acetábulo en pared anterior (PA), pared posterior (PP), columna anterior (CA) y columna posterior (CP). B) Fractura transversa del acetábulo. C) Fractura de ambas columnas y pared posterior del acetábulo. D) Esquema del área de la columna anterior (azul), posterior (magenta) y contrafuerte ciático (verde). E) Vista desarticulada 3 D (SSD) de una fractura de ambas columnas. F) Luxación posterior de fémur con nivel graso-hemático, fragmentos intraarticulares y burbuja aérea (flecha).

aguda de dolor e impotencia funcional, la TCMD puede ser útil para confirmar dicha luxación y valorar las fracturas asociadas de la cabeza humeral y glenoides¹⁰.

Codo (fig. 2)

La fractura más frecuente del adulto es la de cabeza y cuello del radio. Las fracturas de la cabeza del radio fueron clasificadas en tres tipos por Mason: I: desplazamiento menor de 2 mm; II: marginal con desplazamiento; III: conminuta con afectación de toda la cabeza¹¹.

La sospecha de fractura de codo con afectación articular es siempre indicación de TCMD ya que permitirá medir con precisión el grado de desplazamiento, el número de fragmentos y los cuerpos libres intraarticulares, ayudando al traumatólogo en la elección de la aproximación quirúrgica más apropiada.

La mayoría de las luxaciones de codo son en dirección posterior o posterolateral del cúbito y radio con respecto a la paleta humeral. Cuando se asocia a fractura de la cabeza del radio y de la apófisis coronoides se conoce como la tríada terrible del codo. La fractura de la apófisis coronoides puede pasar desapercibida y ser un factor que contribuya a

la reproducción de la luxación en caso de no reducirse¹². El estudio con TCMD suele realizarse después de la reducción cerrada de dicha luxación para verificar la congruencia articular y, sobre todo, para delimitar la existencia de fracturas o fragmentos intraarticulares que hagan recomendable la intervención quirúrgica.

Muñeca y mano (fig. 3)

Las fracturas de radio distal son las más frecuentes de la muñeca. Cuando la radiografía no aporta suficiente detalle o existen fracturas complejas intraarticulares con conminución o desplazamiento de fragmentos, la realización de TCMD está siempre justificada, ya que la persistencia de escalones articulares o una reducción no anatómica de los fragmentos conducirá inevitablemente al desarrollo de artrosis.

Estudios con TCMD han demostrado en un alto porcentaje de casos afectación de las superficies articulares radiocarpiana o radiocubital que no había sido detectada en la radiografía simple, por lo que hay autores que recomiendan la TCMD como parte integral de la planificación quirúrgica de las fracturas de muñeca¹³.

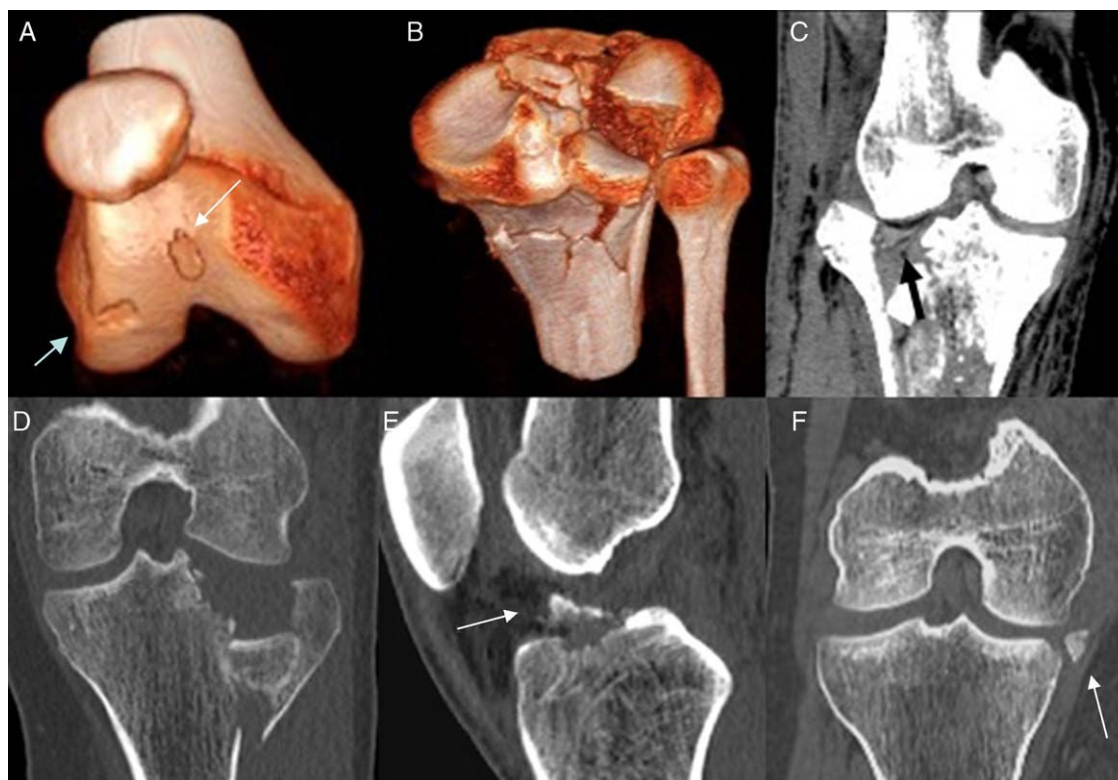


Figura 5 A) Imagen 3 D (SSD) de fragmento osteocondral (flecha) desprendido del cóndilo femoral externo (cabeza de flecha). B) Vista desarticulada 3 D (SSD) de fractura de Schatzker tipo VI. C) MPR coronal del mismo paciente con el menisco introducido en la depresión tibial (flecha). D) MPR coronal de una fractura tipo II de Schatzker. E) MPR sagital de arrancamiento óseo a nivel de la inserción del ligamento cruzado anterior (flecha). F) MPR coronal de una fractura de Segond inversa.

En las fracturas del radio distal hay que valorar la altura, la inclinación frontal y la angulación volar del radio. La mecánica de la muñeca se mantiene si el acortamiento es menor de 2 mm, el ángulo de inclinación es mayor de 10° y no existe una inversión dorsal de la angulación volar del radio distal¹⁴.

En general, la TCMD tiene una mayor sensibilidad en el diagnóstico de las fracturas de los huesos carpianos que la radiografía simple. Hay autores que consideran justificada la realización precoz de esta técnica en la sospecha de fractura de escafoides no visible en radiografía simple, frente a la inmovilización de 2 semanas y repetición de la radiografía¹⁵.

La TCMD permite también la demostración de luxaciones o subluxaciones asociadas¹⁶. Las luxaciones y fracturas luxaciones de la muñeca se incluyen en dos categorías:

1. Lesiones del arco menor, que son luxaciones rodeando el semilunar (perisemilunar) o del propio semilunar (luxación semilunar). Las luxaciones perisemilunares son dorsales y las semilunares ventrales.
2. Lesiones del arco mayor, que incluyen además fracturas de huesos que rodean al semilunar. Estas fracturas se denominan aplicando el prefijo «trans» al hueso fracturado. La más frecuente es la luxación transescapoperisemilunar.

Para fracturas de metacarpianos y falanges el uso actual de la TCMD es limitado. Sin embargo, puede ser útil en

fracturas conminutas con afectación articular en las que se valora la reconstrucción quirúrgica. En estos casos la información sobre el número y localización de los fragmentos y la posible existencia de lesiones tendinosas asociadas puede ser de gran ayuda al cirujano¹⁷.

Cadera (fig. 4)

Las principales indicaciones de la TCMD en la cadera son las fracturas del anillo pélvico, acetábulo y del fémur proximal. Su superioridad en la caracterización de la anatomía de la fractura la convierte en técnica básica para la planificación quirúrgica¹⁸.

La clasificación más usada para las fracturas de acetábulo es la de Judet-Letournel, diseñada para su aplicación en radiología convencional y adaptada posteriormente a las imágenes de la TC¹⁹. Las fracturas del acetábulo se pueden dividir en tres grandes grupos: fracturas transversas, de las columnas y de la pared acetabular. En las imágenes axiales las primeras muestran, a nivel del techo acetabular, un trazo sagital, las segundas un trazo transverso y las terceras un trazo oblicuo²⁰. La columna anterior o iliopúbica incluye el pubis y acetábulo anterior extendiéndose cranealmente hasta la cresta iliaca. La columna posterior o ilioisquiática incluye al isquion y acetábulo posterior extendiéndose superiormente hasta la escotadura ciática mayor. Ambas columnas conectan con el esqueleto axial a través de un área ósea del iliaco denominada el contrafuerte ciático²¹.



Figura 6 A) MPR sagital de fractura conminuta de pilón tibial con desplazamiento de fragmentos. B) MPR sagital de fractura en depresión de calcáneo. C) MPR sagital de fractura en lengua del calcáneo. D) Imagen axial de fractura de Linsfranc con ensanchamiento del espacio entre la primera cuña y el segundo metatarsiano (flecha).

Las luxaciones de cadera suelen ser consecuencia de traumatismos de elevada energía. La posterosuperior es la más frecuente y se asocia generalmente a fractura arranque del margen acetabular posterior y a fractura por impactación de la cabeza femoral. La TCMD es útil para detectar la presencia de fragmentos intraarticulares que pueden requerir de una limpieza artroscópica tras la reducción. La presencia de gas intraarticular es un signo asociado de luxación²².

Las fracturas del cuello e intertrocanterías del fémur incrementan su frecuencia con la edad, apareciendo generalmente a partir de los 45 años²³. Su diagnóstico suele ser difícil en radiografía simple, especialmente cuando son incompletas y/o en presencia de osteoporosis. La TCMD facilita un diagnóstico y tratamiento precoz.

Rodilla (fig. 5)

Hasta un 50% de las fracturas de meseta tibial pueden infravalorarse con radiografía simple²⁴. Estudios previos han demostrado que la TCMD modifica la planificación quirúrgica basada en la placa simple entre un 6 y 60% de los casos. Por tanto, la TCMD se recomienda de rutina ante la presencia o incluso sospecha de fractura de meseta tibial en la radiografía simple²⁵. La separación de los fragmentos y el grado de depresión de la superficie articular son los factores principales en la indicación quirúrgica. La clasificación de Schatzker es una de las más usadas. La clasifica en 6 grupos, de menos a más grave: fractura del platillo lateral

sin depresión (I), Fractura del platillo lateral con depresión (II), fractura compresión pura del platillo lateral (IIIA) o central (IIIB), fractura del platillo medial (IV), bicondilar (V), y fractura de los platillos con discontinuidad diafisaria (VI)²⁵.

La avulsión del margen lateral del platillo tibial (fractura de Segond) puede asociarse a rotura del ligamento cruzado anterior. La fractura de Segond inversa, del margen medial del platillo tibial, puede asociarse a roturas del cruzado posterior. La TCMD puede detectar alteraciones sutiles de estos ligamentos que suponen una indicación para la realización de RM, técnica que permite el diagnóstico con mayor exactitud²⁶.

Tobillo y pie (fig. 6)

Las fracturas del tobillo son las fracturas articulares más frecuentes. Se pueden clasificar en dos categorías: aquellas que afectan a los maléolos (uni, bi y trimaleolares) y aquellas que afectan a la plataforma tibial (pilón, Tillaux y triplanar). La TCMD debe de realizarse en las fracturas de la plataforma para cuantificar el grado de afectación de la superficie articular tibial, fundamental en la planificación quirúrgica.

Las fracturas del maléolo posterior (margen posterior de la epífisis tibial) pueden pasar desapercibidas en la radiografía simple. Se recomienda su fijación cuando el fragmento incluye más de un cuarto de la superficie articular tibial²⁷.

Las fracturas del pilón tibial son fracturas conminutas de la plataforma tibial secundarias a fuerzas de compresión

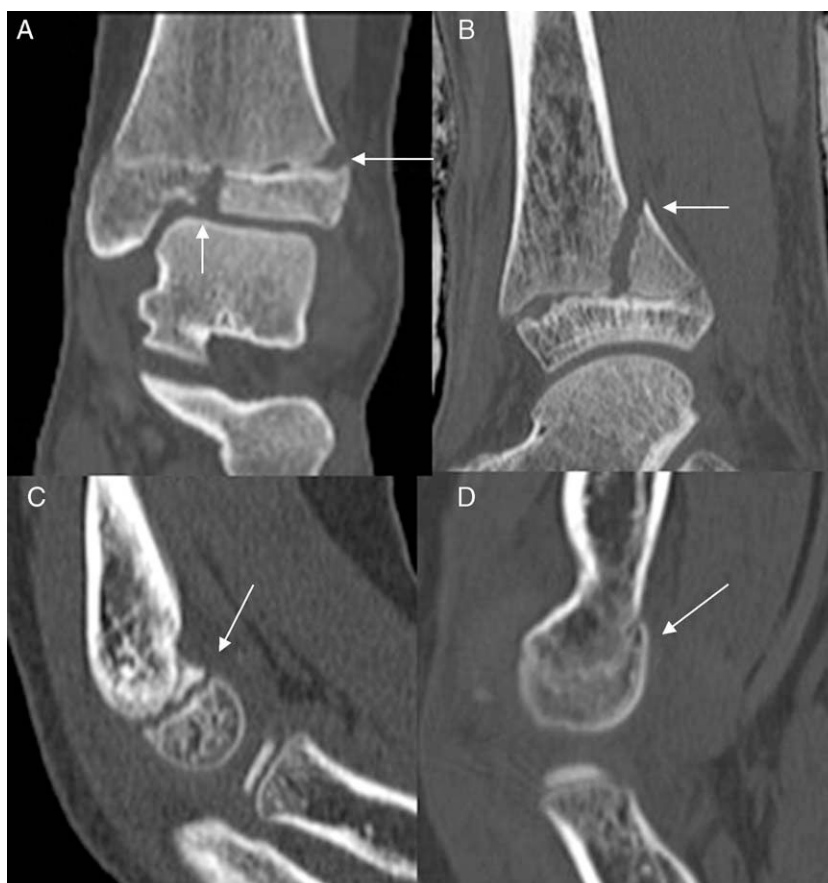


Figura 7 A, B) Fractura triplana. MPR coronal y sagital demostrando los trazos de fractura (flechas): sagital en la epífisis, transverso en la placa de crecimiento y coronal en la metáfisis. C) MPR sagital de fractura de Salter-Harris tipo II (flecha) de húmero. D) MPR sagital de epifisiodesis postraumática de húmero con retroversión de la paleta humeral (flecha).

axial. Típicamente suele haber un fragmento tibial posterior que permanece unido al peroné y que puede usarse de guía para la reducción de la fractura.

Las fracturas triplanas y de Tillaux afectan a la tibia distal en la adolescencia tardía, cuando existe cierre parcial de la placa de crecimiento. Este cierre ocurre desde la zona central hacia medial, dejando una zona débil en la parte lateral de la epífisis distal que se puede fracturar de forma aislada (fractura de Tillaux) o asociada a una fractura coronal en la metáfisis tibial y sagital de la epífisis (fractura triplana).

La TCMD se usa de forma rutinaria en la evaluación de las fracturas de calcáneo. Básicamente se dividen en intraarticulares y extraarticulares. Aunque existen múltiples sistemas de clasificación, nosotros encontramos especialmente útiles y complementarias dos de ellas.

1. El sistema de Sanders clasifica la severidad de la fractura según el número de fragmentos en los que se divide la faceta articular posterior del calcáneo²⁸.
2. La clasificación de Essex-Lopresti considera dos tipos fundamentales de fracturas intraarticulares: las fracturas en lengua y en depresión. En la primera el fragmento de la faceta articular está unido a la tuberosidad del calcáneo y se puede manipular para ser reducido de manera percutánea. En la fractura por hundimiento el fragmento no

tiene esa conexión ósea y la reducción anatómica suele requerir de cirugía abierta²⁹.

Otro dato imprescindible a recoger en las fracturas del calcáneo es el ángulo de Böhler, que cuantifica la depresión de la faceta articular posterior. Sus valores normales son entre 20-40°²⁸.

En la detección de fracturas del pie medio (escafoides, cuboides y cuneiformes) la sensibilidad de la radiografía simple puede estar entre el 24-33% con respecto a la TCMD³⁰.

La fractura dislocación de Linsfranc ocurre a nivel de la articulación tarsometatarsiana y puede pasar desapercibida en la radiografía convencional hasta en un 24% de los casos³⁰. La TCMD permite en estos casos un estudio detallado de las relaciones anatómicas entre las bases de los metatarsianos y las cuñas-cuboides. La fractura se clasifica como homolateral cuando el primer metatarsiano se desplaza lateralmente con el resto de los metatarsianos. En el tipo divergente, el espacio entre el primer y segundo metatarsiano se ensancha.

Fracturas pediátricas (fig. 7)

En las fracturas de la placa de crecimiento la TCMD está especialmente indicada en las fracturas tipo 2 a 4 de Salter-Harris, ya que valora de una forma precisa el desplazamiento

del fragmento metafisario y/o epifisario, parámetro que determina la necesidad de reducción quirúrgica. El riesgo de estas fracturas, fundamentalmente las tipo 3 a 5 de Salter-Harris, es la fusión de la fisis prematura con la consiguiente deformidad³¹. Por tanto, en áreas anatómicas complejas, como el codo o tobillo, o en cualquier otra articulación donde la radiografía simple no permita una delimitación precisa de la anatomía de la fractura, el recurso a la TCMD está justificado, tanto para asentar la indicación quirúrgica como para la planificación de la misma.

Conclusión

En este artículo revisamos de forma breve la utilidad de la TCMD en el traumatismo apendicular, que ofrece la posibilidad de obtener reconstrucciones multiplanares y tridimensionales como mayor ventaja sobre la radiografía simple, eliminando la superposición de las estructuras óseas. La TCMD es actualmente una herramienta básica en la planificación terapéutica de la mayoría de las fracturas intraarticulares, por lo que el radiólogo de urgencias debe estar preparado para ofrecer toda la información que se puede obtener de la técnica y que el traumatólogo necesita.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Bibliografía

- Mahesh M. Search for isotropic resolution in CT from conventional through multiple-row detector. *Radiographics*. 2002;22:949-62.
- Ohashi K, El-Khoury GY, Bennett DL. MDCT of tendon abnormalities using volume-rendered images. *AJR Am J Roentgenol*. 2004;182:161-5.
- Buckwalter KA, Faber JM. Application of multidetector CT in skeletal trauma. *Semin Musculoskelet Radiol*. 2004;8:147-56.
- Watura R, Cobby M, Taylor J. Multislice CT in imaging of trauma of the spine, pelvis and complex foot injuries. *Br J Radiol*. 2004;77 Suppl 1:S46-63.
- Khursheed A, Hillier MC, Shrimpton PC, Wall BF. Influence of patient age on normalized effective doses calculated for CT examinations. *Br J Radiol*. 2002;75:819-30.
- Nagel HD. Dose values from CT examinations. En: Nagel HD, editor. *Radiation exposure in computed tomography*. Hamburg: CTB Publications; 2002. p. 15-24.
- Geijer M, El-Khoury GY. MDCT in the evaluation of skeletal trauma: principles, protocols, and clinical applications. *Emerg Radiol*. 2006;13:7-18.
- Ho RT, Smith D, Escobedo E. Peroneal tendon dislocation: CT diagnosis and clinical importance. *AJR Am J Roentgenol*. 2001;177:1193.
- Neer C. Displaced proximal humeral fractures. *J Bone Joint Surg Am*. 1970;52:1077-89.
- Haapamäki VV, Kiuru MJ, Koskinen SK. Multidetector CT in shoulder fractures. *Emerg Radiol*. 2004;11:89-94.
- Mason ML. Some observations on fractures of the head of the radius with a review of one hundred cases. *Br J Surg*. 1954;42:123-32.
- Ring D, Jupiter JB, Zilberfarb J. Posterior dislocation of the elbow with fractures of the radial head and coronoid. *J Bone Joint Surg Am*. 2002;84:547-51.
- Goldfarb CA, Yin Y, Gilula LA, Fisher AJ, Boyer MI. Wrist fractures: what the clinician wants to know. *Radiology*. 2001;219:11-28.
- Pogue DJ, Viegas SF, Patterson RM, Peterson PD, Jenkins DK, Sweo TD, et al. Effects of distal radius fracture malunion on wrist joint mechanics. *J Hand Surg Am*. 1990;15:721-7.
- Haapamäki VV, Kiuru MJ, Mustonen AO, Koskinen SK. CT technology overview: 64-slice and beyond. *Radiol Clin North Am*. 2009;47:1-11.
- Kiuru MJ, Haapamäki VV, Koivikko MP, Koskinen SK. Wrist injuries; diagnosis with multidetector CT. *Emerg Radiol*. 2004;10:182-5.
- Faccioli N, Foti G, Barillari M, Atzei A, Mucelli RP. Finger fractures imaging: accuracy of cone-beam computed tomography and multislice computed tomography. *Skeletal Radiol*. 2010;39:1087-95.
- Falchi M, Rollandi GA. CT of pelvic fractures. *Eur J Radiol*. 2004;50:96-105.
- Brandser E, Marsh JL. Acetabular fractures: easier classification with a systematic approach. *AJR Am J Roentgenol*. 1998;171:1217-28.
- Hunter JC, Brandser EA, Tran KA. Pelvic and acetabular trauma. *Radiol Clin North Am*. 1997;35:559-90.
- Geijer M, El-Khoury GY. Imaging of the acetabulum in the era of multidetector computed tomography. *Emerg Radiol*. 2007;14:271-87.
- Fairbairn J, Mulligan ME, Murphey MD, Resnick CS. Gas bubbles in the hip joint on CT: an indication of recent dislocation. *AJR Am J Roentgenol*. 1995;164:931-4.
- Geusens E, van Breuseghem I, Pans S, Brys P. Imaging in trauma of the pelvis and hip region. *JBR-BTR*. 2004;87:190-202.
- Wicky S, Blaser PF, Blanc CH, Leyvraz PF, Schnyder P, Meuli RA. Comparison between standard radiography and spiral CT with 3D reconstruction in the evaluation, classification and management of tibial plateau fractures. *Eur Radiol*. 2000;10:1227-32.
- Markhardt BK, Gross JM, Monu JUV. Schatzker classification of tibial plateau fractures: use of CT and MR imaging improves assessment. *Radiographics*. 2009;29:585-97.
- Gottsegen CJ, Eyer BA, White EA, Learch TJ, Forrester D. Avulsion fractures of the knee: imaging findings and clinical significance. *Radiographics*. 2008;28:1755-70.
- Vander Griend R, Michelson JD, Bone LB. Fractures of the ankle and the distal part of the tibia. *Instr Course Lect*. 1997;46:311-21.
- Daftary A, Haims AH, Baumgaertner MR. Fractures of the calcaneus: a review with emphasis on CT. *Radiographics*. 2005;25:1215-26.
- Essex-Lopresti P. The mechanism, reduction technique, and results in fractures of the os calcis. *Br J Surg*. 1952;39:395-419.
- Haapamäki VV, Kiuru MJ, Koskinen SK. Ankle and foot injuries: analysis of MDCT findings. *AJR Am J Roentgenol*. 2004;183:615-22.
- Fayad LM, Johnson P, Fishman EK. Multidetector CT of musculoskeletal disease in the pediatric patient: principles, techniques, and clinical applications. *Radiographics*. 2005;25:603-18.