

## CAPÍTULO 20

# INDICACIÓN Y VALORACIÓN DEL TC EN COT

**Autoras:** Elena Sáez Padilla, Celia Enguídanos Sánchez

**Coordinador:** Enrique Navarrete Faubel  
*Hospital Universitari i Politècnic La Fe, Valencia*

### 1. INTRODUCCIÓN

La **tomografía computarizada (TC)** es un método de alta eficacia para obtener imágenes detalladas del sistema musculoesquelético, en particular de las estructuras óseas, debido a su alta resolución espacial y su rapidez en la adquisición de imágenes. Se trata de un método de obtención de imágenes en el que un tubo de rayos X gira alrededor del cuerpo del paciente, enviando haces de radiación desde diferentes ángulos. Unos sensores detectan la cantidad de rayos X absorbidos por los tejidos, y esta información es procesada por un ordenador para generar imágenes transversales (cortes) relativamente libres de la superposición de los diferentes tejidos.

Una vez recogidos una serie de cortes sucesivos, se unen digitalmente para formar una imagen tridimensional (3D) del paciente que permite identificar posibles anomalías como tumores, fracturas o infecciones. La tomografía computarizada tradicional presenta algunas limitaciones (Tabla 1).

### 2. HISTORIA Y ÚLTIMOS AVANCES

Godfrey Hounsfield y Allan Cormack desarrollaron el TC de primera generación en la década de 1960. Cada generación sucesiva ha reducido los tiempos de adquisición de datos con la introducción progresiva de detectores múltiples y tubos de rayos X rotatorios. En las últimas décadas avances como la tomografía computarizada de cuatro dimensiones, de haz cónico, de energía dual y de ultra-baja-dosis han mejorado significativamente la precisión diagnóstica<sup>(1-3)</sup>.

#### 2.1. TC en cuatro dimensiones (4DCT)

Se emplea para realizar una evaluación cinemática de una articulación. Se adquiere mediante exploraciones secuenciales, discontinuas, en diferentes posiciones, y se emplea en el diagnóstico y caracterización de dife-

**Tabla 1. Limitaciones de la TC**

<b>Exposición a radiación ionizante</b>	Elevada (Riesgo en pacientes pediátricos, politraumatizados que requieren múltiples estudios, seguimiento a largo plazo de lesiones óseas)
<b>Artefactos por materiales metálicos</b>	Calidad de la imagen disminuida (implantes, prótesis o cuerpos extraños metálicos)
<b>Interferencia con el movimiento</b>	Calidad de la imagen disminuida
<b>Limitada evaluación de tejidos blandos</b>	Tejido muscular, tendinoso, ligamentos
<b>Costo y disponibilidad</b>	Mayor que una radiografía y no disponible en todos los centros
<b>Evaluación funcional limitada</b>	No permite valoración funcional en tiempo real

rentes patologías como la inestabilidad patelofemoral, inestabilidad carpiana o una lesión sindesmal, entre otras. Las dosis de radiación son más altas que sus equivalentes en TC convencional, pero dado que los tejidos articulares (excepto la piel) son poco sensibles a la radiación, las dosis de radiación efectivas son más bajas que en otras regiones como cabeza y cuello, tórax o abdomen, y por ello su utilidad se encuentra limitada en el estudio dinámico de la cadera o el hombro.

#### 2.2. TC de haz cónico (CBCT)

Es útil para la obtención de imágenes volumétricas en carga de las extremidades inferiores. Utiliza haces de rayos X piramidales con suficiente ancho longitudinal para permitir la obtención de imágenes de órganos completos en una sola rotación, utilizando detectores de área amplia. El tiempo de adquisición relativamente largo (>15 s) la hace propensa a artefactos de movimiento, aunque se están desarrollando herramientas que puedan compensar esta carencia.

#### 2.3. TC de energía dual (DECT)

Mejora la resolución de contraste, facilitando la evaluación de la composición de los tejidos.

Se realiza una descomposición del material utilizando dos filas de detectores ortogonales o una sola fila de detectores con voltajes alternos para adquirir dos conjuntos de datos independientes con dos niveles diferentes de picos de voltaje. En nuestra práctica clínica sería útil para visualizar edema óseo y fracturas ocultas, pseudoartrosis en pacientes con implantes debido a la reducción de los artefactos metálicos, necrosis avascular y enfermedades neoplásicas.

## 2.4. TC de ultra baja dosis (ULDCT)

Los avances en algoritmos de reconstrucción han permitido disminuir la exposición a la radiación hasta un 98% sin comprometer la calidad de imagen. Es especialmente útil y necesario en población vulnerable como niños y embarazadas, y personas jóvenes. También en circunstancias donde la resonancia magnética (RM) no es viable, como entornos clínicos urgentes, marcapasos *in situ* o claustrofobia.

## 3. INDICACIONES

### 3.1. Diagnósticas

La TC tiene varias indicaciones diagnósticas en el ámbito de las afecciones musculoesqueléticas<sup>(1,4-6)</sup>.

**3.1.1. Traumatismos:** la TC es fundamental para la detección, caracterización y planificación quirúrgica de fracturas complejas, especialmente en el contexto de traumatismos de alta energía y fracturas articulares (Tabla 2).

**3.1.2. Artrografía por TC:** la artrografía por tomografía computarizada (artro-TC) es una técnica de imagen especializada que combina la inyección intraarticular de medio de contraste con la adquisición de imágenes mediante TC.

Se utiliza principalmente para la evaluación detallada de las articulaciones, especialmente cuando la RM está contraindicada o no disponible. Permite visualizar estructuras intraarticulares no visibles en radiografía convencional. Las principales indicaciones en la muñeca son la evaluación de lesiones del complejo fibrocartilago triangular y la inestabilidad del carpo (escafolunar, lunopiramidal).

En el hombro también es útil ante la sospecha de desgarros del labrum (lesión tipo SLAP). Esta prueba también es útil en la cadera para valoración del pinzamiento femoroacetabular y lesiones del labrum acetabular (Figura 1).

**Tabla 2. Indicaciones principales de TC en el paciente politraumatizado**

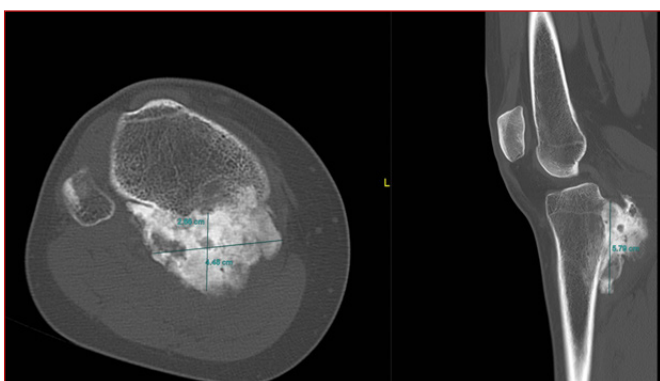
Tipo de lesión	Indicaciones específicas
Craneoencefálica	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sospecha de traumatismo craneoencefálico (TCE) moderado o grave</li> <li>Evaluar hemorragias (epidural, subdural, intraparenquimatosa)</li> <li>Fracturas de base de cráneo</li> </ul>
Columna vertebral	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sospecha de fractura vertebral (cervical, torácica o lumbar)</li> <li>Déficits neurológicos</li> <li>Caídas de altura o accidentes de alta energía</li> </ul>
Tórax	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sospecha de lesiones pulmonares (contusión, hemotórax, neumotórax)</li> <li>Fracturas costales múltiples</li> <li>Evaluación de aorta torácica (TC helicoidal con contraste)</li> </ul>
Abdomen y pelvis	<ul style="list-style-type: none"> <li>Evaluación de hemorragia intraabdominal o lesiones viscerales (hígado, bazo, riñones)</li> <li>Sospecha de neumoperitoneo</li> <li>Fracturas pélvicas</li> </ul>
Extremidades	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fracturas complejas</li> <li>Lesiones articulares o periprotésicas</li> <li>Evaluación prequirúrgica de segmentos óseos</li> </ul>
Reconstrucción 3D	<ul style="list-style-type: none"> <li>Planeamiento quirúrgico</li> <li>Evaluación postoperatoria</li> </ul>
Total Body TC	<ul style="list-style-type: none"> <li>Politraumatismos de alta energía con mecanismo incierto</li> <li>Pacientes inestables con dificultad para valoración clínica completa</li> <li>Protocolos ATLS (Advanced Trauma Life Support) en centros de trauma</li> </ul>



**Figura 1.** Artrografía por TC de una muñeca derecha. Se observa rotura completa de la porción central del fibrocartilago triangular.

**3.1.3. Oncología:** la TC tiene un papel importante en la evaluación de tumores óseos y partes blandas en traumatología, aunque suele utilizarse en combinación con otras técnicas (especialmente la RM) para una valoración completa. Se utiliza para caracterizar la lesión ósea (determinar si la lesión es lítica, blástica o mixta; evaluar la destrucción cortical y la reacción perióstica).

Sirve también para detectar calcificaciones u osificaciones (útil en tumores con matriz condral u osteoide, como el encondroma, condrosarcoma y osteoma osteoide). Evalúa también las metástasis óseas y es útil para la búsqueda de metástasis pulmonares en tumores primarios óseos (osteosarcoma y Ewing) (Figura 2).



**Figura 2.** Osteosarcoma parostal. Tumoración exóftica de gran tamaño que se origina en córtex posterior de la metafisis tibial proximal derecha, predominantemente calcificada y de morfología polilobulada.

**3.1.4. Infecciones:** la TC tiene un papel importante en el diagnóstico y seguimiento de las infecciones óseas (osteomielitis), aunque no es la técnica de primera elección en todos los casos. Puede mostrar destrucción ósea, periostitis, así como la formación de secuestros óseos, abscesos intraóseos y trayectos de drenaje purulento (Tabla 3).

**Tabla 3. Indicaciones frecuentes de TC en patología séptica**

Situación clínica	Motivo del uso del TC
<b>Osteomielitis crónica</b>	Identificación de secuestros óseos y trayectos fistulosos
<b>Infecciones vertebrales (espondilodiscitis)</b>	Evaluación ósea cuando la RM está contraindicada o es inconclusa
<b>Infecciones postquirúrgicas</b>	Valoración de material protésico y signos de aflojamiento séptico o infección periprotésica
<b>Infecciones con cuerpos extraños</b>	Visualización de cuerpos extraños radiopacos o gas en tejidos blandos

**3.1.5. Caracterización de estados biomecánicos patológicos:** como se ha expuesto al inicio del capítulo, las técnicas avanzadas de TC como la 4DCT y la CBCT permiten la evaluación de las articulaciones durante el movimiento y bajo condiciones de carga fisiológica. Un ejemplo es su uso para el estudio de inestabilidad crónica de tobillo, entre otros.

Este tipo de TC presenta una mesa de examen convencional complementada por un dispositivo original de metacrilato que permite una carga axial en un paciente colocado en decúbito supino. De forma opcional, permite mantener posiciones de estrés mecánico en cualquier posición de los grados de movimiento de las articulaciones del tobillo y el pie.

El procesamiento de las imágenes de TC obtenidas en los diferentes puntos del arco de movimiento del tobillo-pie permite realizar un análisis cinemático cuantitativo que posibilita medir rotaciones y traslaciones.

Ello aporta la posibilidad de estudiar el comportamiento biomecánico de las articulaciones alrededor del tobillo tras la aplicación de la carga en diferentes posiciones de forma bilateral para su comparación en el mismo sujeto.

**3.1.6. Fracturas ocultas:** la TC es útil para detectar fracturas que no son visibles en radiografías convencionales, generalmente por su localización, por un desplazamiento mínimo o por superposición de estructuras.

Un ejemplo es la utilización de dicha prueba para descartar fracturas de escafoides o lesión de Lisfranc sutil. También permite detectar fracturas por estrés, que



**Figura 3.** Lesión de Lisfranc sutil diagnosticada mediante TC. Comparación con radiografía convencional realizada en urgencias, donde podría pasar desapercibida.

provocan edema óseo, empleándose la técnica dual (DECT) (Figura 3).

**3.1.7. Trastornos óseos metabólicos:** la TC cuantitativa (QCT) es una técnica especializada de tomografía computarizada que permite medir de forma precisa y tridimensional la densidad mineral ósea (DMO), especialmente del hueso trabecular, con aplicación principalmente en el diagnóstico de osteoporosis. También es útil en otros trastornos óseos metabólicos como la enfermedad de Paget, la osteomalacia o las displasias óseas.

La QCT está diseñada para cuantificar la densidad ósea, generalmente en las vértebras lumbares o la cadera, usando una técnica calibrada con un fantoma (objeto patrón de referencia) que permite convertir los valores de atenuación (HU) en densidades reales (mg/cm<sup>3</sup>). Esta prueba presenta varias ventajas para el diagnóstico de la osteoporosis (Tabla 4).

**Tabla 4. Comparación de QCT vs DEXA**

Característica	QCT	DEXA
Tipo de imagen	TC calibrada en 3D	Rayos X en 2D
Diferencia trabecular/cortical	Sí	No
Sensibilidad a cambios	Alta (especialmente en hueso trabecular)	Menor
Artefactos	Pocos	Bastantes, afectando al resultado
Radiación	Moderada	Baja
Coste y disponibilidad	Más cara y menos disponible	Más accesible y usada clínicamente

**3.1.8. Necrosis avascular:** la TC tiene un papel complementario en la evaluación de la necrosis avascular (NAV), especialmente en casos avanzados o cuando se desea valorar la extensión del colapso óseo y planificar un abordaje quirúrgico. Es útil para evaluar el colapso subcondral, cuantificar la deformidad y la extensión del área necrótica y para el diagnóstico en etapas avanzadas (grados III-IV de la clasificación de ARCO).

En cuanto a las limitaciones en el diagnóstico de esta patología, la TC no detecta las fases iniciales, donde no hay colapso; no muestra edema óseo ni evalúa el cartílago articular.

**3.1.9. Malformaciones congénitas:** el uso de la TC en las malformaciones congénitas del sistema musculoesquelético es muy valioso para proporcionar imágenes detalladas del hueso, especialmente en zonas complejas, pequeñas o de difícil evaluación con radiografía convencional. Su utilidad es aún mayor cuando se usa con reconstrucciones en 3D (Tabla 5). Debe usarse con precaución en pediatría por la radiación.

**Tabla 5. Malformaciones congénitas más frecuentemente evaluadas por TC**

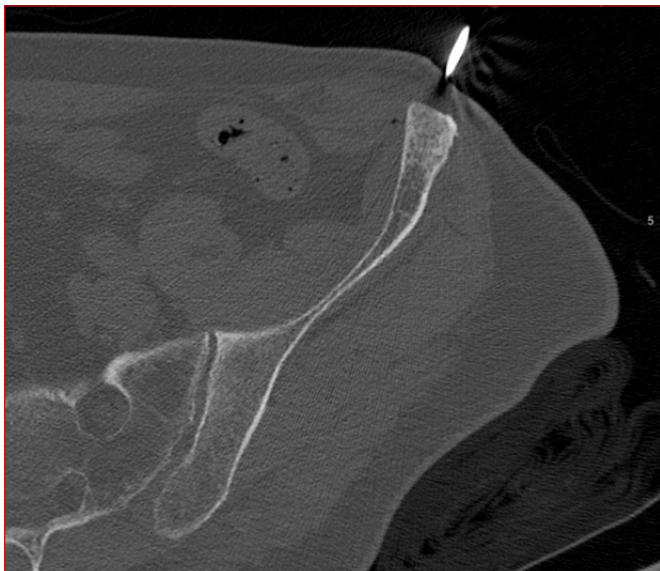
Displasias esqueléticas	Evalúa forma y mineralización de huesos largos, cráneo y columna
Hemimelia	Muestra ausencia o hipoplasia de huesos largos o segmentos
Anomalías vertebrales	Diagnóstico de hemivértebras, fusiones congénitas, escoliosis congénitas
Luxación congénita de cadera	Visualización de acetábulo y cabeza femoral en 3D (en niños mayores)
Sindactilias complejas	Planificación quirúrgica mediante reconstrucción ósea tridimensional
Malformaciones del pie	Valora coaliciones tarsales, metatarsianos supernumerarios

### 3.2. Terapéuticas

Se pueden realizar intervenciones precisas y mínimamente invasivas con TC, mejorando los resultados clínicos y reduciendo las complicaciones<sup>(7,8)</sup>:

**3.2.1. Biopsias, drenajes percutáneos y manejo de infecciones:** la TC se utiliza para guiar biopsias de lesiones óseas y de tejidos blandos, así como para el drenaje de abscesos profundos. Esto es especialmente útil en áreas anatómicas difíciles de alcanzar mediante

abordajes abiertos (Figura 4.). También para planificar el desbridamiento quirúrgico en casos de osteomielitis y artritis séptica.



**Figura 4.** Biopsia percutánea de lesión esclerosa en espina ilíaca anterosuperior mediante TC.

**3.2.2. Ablación de tumores óseos:** la TC se emplea para guiar procedimientos de ablación por radiofrecuencia o crioterapia en tumores óseos benignos, como el osteoma osteoide, proporcionando una alternativa mínimamente invasiva a la cirugía abierta.

**3.2.3. Planificación y navegación quirúrgica:** la TC se utiliza para la planificación preoperatoria y la navegación intraoperatoria en cirugías complejas, como la colocación de tornillos pediculares en la columna vertebral o la corrección de grandes deformidades óseas (Figura 5).

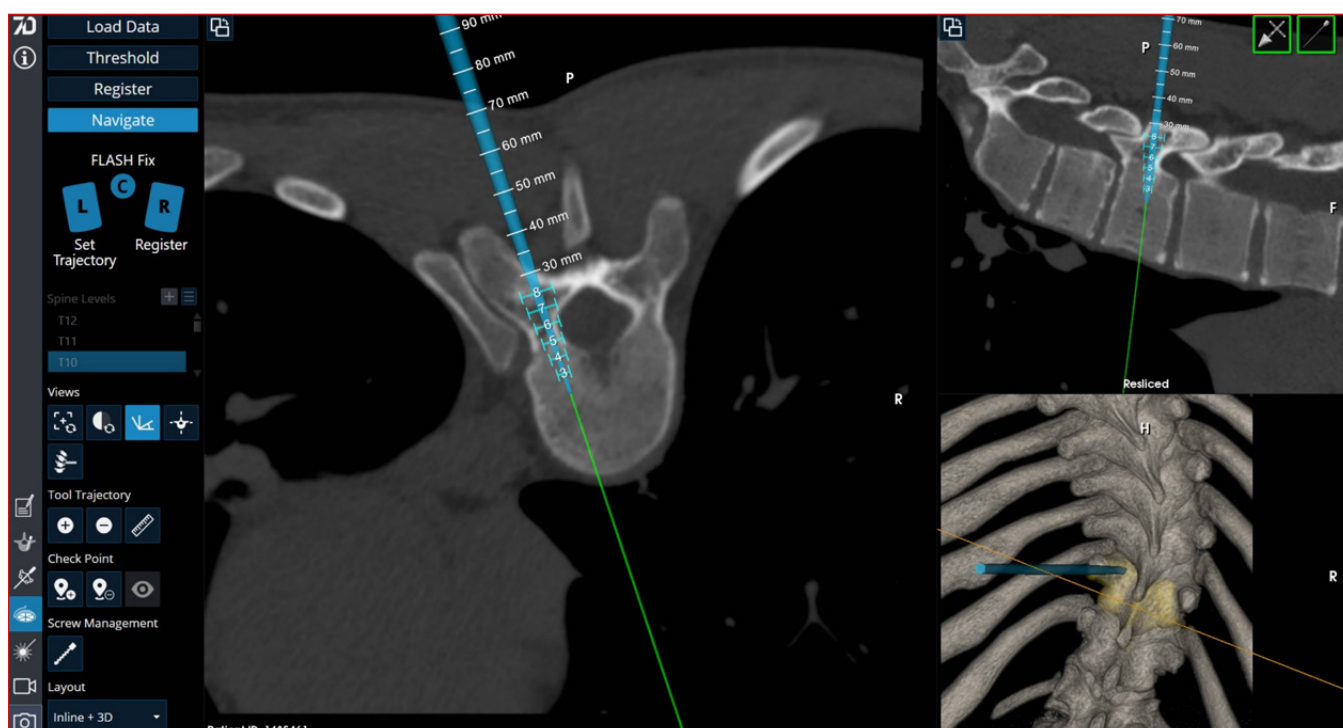
Recientemente se ha implementado el uso de tecnología robótica en la cirugía protésica, y algunos de los diseños dependen de imágenes de TC para su funcionamiento.

### 3.3. Control evolutivo

La TC tiene unas funciones clave para el seguimiento de los pacientes:

**3.3.1. Vigilancia de tumores malignos o agresivos:** podemos utilizar TC para el control de la recurrencia local de tumores musculoesqueléticos malignos o agresivos cuando no se puede obtener una RM o cuando hay artefactos metálicos que no se pueden resolver. La American College of Radiology (ACR) recomienda el uso de TC con contraste intravenoso para aumentar la visibilidad de los tumores y áreas de necrosis, lo que ayuda en la planificación de biopsias y en la evaluación de la respuesta a la terapia.

**3.3.2. Evaluación de reducción de fracturas, colocación de implantes y de material protésico:** en pacientes con fracturas tratadas con implantes la TC puede



**Figura 5.** Navegación 7D mediante TC para la colocación de los tornillos pediculares en una cirugía de escoliosis.

identificar reducción de fracturas mal toleradas y penetración intraarticular de tornillos.

En aquellos con artroplastia podemos evaluar la posición rotacional de los componentes protésicos.

### 3.3.3. Evaluación de complicaciones postquirúrgicas:

la TC es valiosa para detectar complicaciones como rotura del material de osteosíntesis, osteolisis periprotésica y no unión de fracturas.

También puede identificar colecciones de fluidos adyacentes al hueso o material quirúrgico <sup>(8-10)</sup>.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Ibad HA, de Cesar Netto C, Shakoor D, Sisniega A, Liu SZ, Siewerdsen JH, *et al.* Computed Tomography: State-of-the-Art Advancements in Musculoskeletal Imaging. *Invest Radiol.* 1 de enero de 2023;58(1):99-110.
2. Meer E, Patel M, Chan D, Sheikh AM, Nicolaou S. Dual-Energy Computed Tomography and Beyond: Musculoskeletal System. *Radiol Clin North Am.* noviembre de 2023;61(6):1097-1110.
3. Tekin E, Tuncer K, Ozlu I, Sade R, Pirimoglu RB, Polat G. Ultra-low-dose computed tomography and its utility in wrist trauma in the emergency department. *Acta Radiol Stockh Swed* 1987. febrero de 2022;63(2):192-9.
4. Carrino JA, Ibad H, Lin Y, Ghotbi E, Klein J, Demehri S, *et al.* CT in musculoskeletal imaging: still helpful and for what? *Skeletal Radiol.* septiembre de 2024;53(9):1711-25.
5. Expert Panel on Musculoskeletal Imaging, Tafur M, Bencardino JT, Roberts CC, Appel M, Bell AM, *et al.* ACR Appropriateness Criteria® Chronic Foot Pain. *J Am Coll Radiol JACR.* noviembre de 2020;17(11S):S391-402.
6. Mansur NSB, Neves CMSCC, Celestino FS, Gonçalves JPP, Pereira VF, Silva PDV, *et al.* Computed tomography changes diagnosis, management and surgical planning of ankle fractures. *Musculoskelet Surg.* junio de 2024; 108(2):183-94.
7. Huch K, Röderer G, Ulmar B, Reichel H. CT-guided interventions in orthopedics. *Arch Orthop Trauma Surg.* octubre de 2007;127(8):677-83.
8. Expert Panel on Musculoskeletal Imaging, Pierce JL, Perry MT, Wessell DE, Lenchik L, Ahlawat S, *et al.* ACR Appropriateness Criteria® Suspected Osteomyelitis, Septic Arthritis, or Soft Tissue Infection (Excluding Spine and Diabetic Foot): 2022 Update. *J Am Coll Radiol JACR.* noviembre de 2022; 19(11S):S473-87.
9. Expert Panel on Musculoskeletal Imaging, Stanborough R, Demertzis JL, Wessell DE, Lenchik L, Ahlawat S, *et al.* ACR Appropriateness Criteria® Malignant or Aggressive Primary Musculoskeletal Tumor-Staging and Surveillance: 2022 Update. *J Am Coll Radiol JACR.* noviembre de 2022; 19 (11S):S374-89.
10. Expert Panel on Musculoskeletal Imaging, Walker EA, Fox MG, Blankenbaker DG, French CN, Frick MA, *et al.* ACR Appropriateness Criteria® Imaging After Total Knee Arthroplasty: 2023 Update. *J Am Coll Radiol JACR.* noviembre de 2023;20(11S):S433-54.