

## INSTRUCCIÓN ORTOPÉDICA DE POSGRADO

## Diagnóstico por imágenes: Una especialidad aliada

O. VELAN y A. ROLON

*Servicio de Diagnóstico por Imágenes, Hospital Italiano de Buenos Aires, Buenos Aires.***Historia**

En noviembre de 1895 W. C. Roentgen descubrió, mientras investigaba las propiedades de los rayos catódicos en el Instituto de Física de la Universidad de Wurzburg (Baviera), una nueva clase de radiación a la que denominó Rayos X (RX). Al mes siguiente, luego de experimentar con su poder de penetración en diversos elementos, obtuvo una radiografía de la mano de su mujer.<sup>34,40</sup>

Era la primera vez en la historia de la Humanidad que se podía ver la imagen del esqueleto de un ser vivo sin necesidad de seccionar la piel y disecar los tejidos que lo rodeaban.<sup>17,19</sup>

La noticia del descubrimiento se difundió con rapidez por todo el mundo; su experimento se podía reproducir y verificar fácilmente. No todos estaban convencidos de la utilidad y valor de los RX, y algunos le negaron un futuro promisorio, pero muchos reconocieron de inmediato su gran potencial en la medicina y el nuevo método ingresó en los hospitales.<sup>20</sup> La comunidad médica accedió a numerosas publicaciones donde se mostraban huesos quebrados y cuerpos extraños metálicos.

Antes de finalizar el siglo XIX ya funcionaban en nuestro país aparatos de RX.<sup>45</sup>

En 1901 Roentgen recibió, en mérito a su descubrimiento, el primer premio Nobel de Física.

El año 1895 también marcó el inicio de una nueva especialidad médica que, con denominaciones parecidas, se conoció y perduró hasta la década de 1970 con el nombre de Radiología.<sup>30</sup>

El desarrollo tecnológico aplicado a equipos, pantallas reforzadoras y películas proporcionó al ortopedista imágenes del esqueleto de gran calidad. Pero en los exámenes radiográficos convencionales, la discriminación tisular de las partes blandas era (y sigue siendo) pobre. La investigación en este terreno condujo al desarrollo de las sustancias de contraste que, introducidas en el organismo por diferentes vías, proporcionaron imágenes de estructuras y tejidos de

otra manera invisibles a los RX. Así, se incorporaron al estudio del sistema musculoesquelético la angiografía, la artrografía, la mielografía y la radiculografía; los cuatro métodos tienen en común, dentro de la radiología diagnóstica, que representan procedimientos invasivos.

Volviendo a la radiología convencional (RC), denominación que adoptaremos para diferenciarla de la radiología digital, recordemos que una radiografía es una representación bidimensional, sobre la superficie de la película, de una estructura volumétrica. Para imaginar órganos y lesiones en el espacio se necesitan, por lo menos, dos incidencias, de ser posible ortogonales; de ahí nace el par radiográfico. Aun así, cada exposición radiográfica continúa siendo una representación bidimensional; la idea de la separación en planos para mejorar la información se concretó con la tomografía lineal (TL). La TL muestra secciones del organismo en los planos frontal y sagital.

La propiedad de los RX de producir luz cuando impactan sobre sustancias fluorescentes dio origen a la fluoroscopia (o radioscopía), que durante muchos años se llevó a cabo dentro de salas en plena oscuridad. En 1950 el desarrollo del intensificador de imágenes (IDI) fue un paso mayor de la fluoroscopia. Ingresó un monitor de TV en los cuartos radiológicos y también en los quirófanos, donde con equipos portátiles con brazo en C se pudo trabajar con luz ambiental.

Si recordamos la cirugía en las fracturas de cadera, tendremos una idea cabal del significado de estos cambios. Al principio realizábamos el control de las placas de osteosíntesis mediante radiografías en posición de frente y perfil quirúrgico. Luego de cada exposición procesábamos el film en forma manual y lo llevábamos al quirófano húmedo, en un marco metálico, para que lo evaluara el cirujano.

La demora parecía infinita y ni qué decir del ánimo de cirujanos y anestelistas cuando una radiografía salía mal o cuando debían reposicionar una placa.

El IDI portátil dentro del quirófano redujo en forma notable la duración de las intervenciones quirúrgicas y proporcionó la base para modificar técnicas operatorias y crear otras.

En este breve relato sobre la RC, los principios físicos que describiera Roentgen se han mantenido sin modificaciones sustanciales.

Siempre, sin excepción, han estado involucrados un tubo de RX (emisor), el paciente y la película radiográfica (receptor).

---

*Recibido el 13-9-1999.*

*Correspondencia:*

Dr. O. VELAN

Hospital Italiano de Buenos Aires

Gascón 450

(1191) Capital Federal

Argentina

Veremos a continuación qué ha pasado en el último tercio de este siglo, pero no sin dejar sentado que, a pesar de la incorporación de nuevos métodos, la radiología ocupa aún un lugar importante en las prácticas diagnósticas. En siete de cada diez personas que acuden a un servicio que dispone de toda la tecnología se realizarán radiografías del tórax o del esqueleto.

### **Electrónica y computación**

En la década de 1970 la electrónica y la computación se incorporan al diagnóstico médico y dan origen a los cambios que conducirán a nuestro estado actual y a la nueva denominación: servicios de diagnóstico por imágenes.

Aparece la ultrasonografía (US) o ecografía. Basada en el SONAR (de uso militar en su origen), permitió obtener imágenes de las partes blandas, invisibles o de baja discriminación tisular en una radiografía.

En la radiología, la energía exploradora son los RX que son absorbidos en mayor o menor medida según el peso atómico de la materia que atraviesan. En la US, la energía utilizada es el ultrasonido que prueba la impedancia acústica de los tejidos.

Apoyado sobre la piel, el transductor que contiene un elemento piezoeléctrico genera un haz de ultrasonidos que penetra en el organismo y atraviesa los tejidos. A medida que progresa, el ultrasonido pasa a través de las estructuras o rebota (eco). Este eco es captado por el mismo transductor que generó el ultrasonido (el transductor es a la vez generador y receptor de energía). La información recibida es procesada por la computadora del equipo y convertida en imágenes que se proyectan en un monitor de TV. Su registro se realiza en papel o en película sensible.

El ultrasonido atraviesa con facilidad los líquidos y en menor grado los tejidos blandos (que se diferencian entre sí). No atraviesa el aire o el hueso.

Sin efectos deletéreos ni contraindicaciones, la US desarrolló un vasto campo de investigación en la obstetricia; luego abrió una ventana ecográfica en el abdomen.

Las mejoras tecnológicas y la aparición de transductores lineales de alta definición permitieron introducirse en el examen de las partes blandas incluyendo las estructuras más pequeñas. El estudio de los músculos, tendones, ligamentos y aun de las superficies óseas ha hecho de la ecografía un instrumento de uso cotidiano.

La US es versátil, rápida y pone a los radiólogos en estrecho contacto con el paciente, potenciándose así la plena integración de la radiología con los hallazgos clínicos.

Cuando se utiliza en situaciones de emergencia, como desgarros musculares o tendinosos, hematomas, cuerpos extraños, etc., permite un diagnóstico altamente específico en pocos minutos.

La estrecha vinculación de la US musculoesquelética con la anatomía obliga al entrenamiento específico en este campo. Además de un manejo cabal de la anatomía muscu-

lologamentaria y sus variantes, se requiere conocer las técnicas de exploración específicas y la fisiopatología de las enfermedades. Dominar la US musculoesquelética requiere mucho tiempo de entrenamiento, dedicación y estudio.<sup>49</sup> Los usos clínicos más frecuentes de la US en el sistema musculoesquelético son:

### *Músculos*

Prácticamente todos los grupos musculares del organismo pueden ser evaluados por este método. Es clásico el examen de las extremidades, generalmente en busca de desgarros o hematomas, pero también pueden estudiarse otros sectores anatómicos, como las paredes abdominal y torácica. Su utilidad no se limita sólo al trauma muscular, sino también a la evaluación de hernias, tumores y cuerpos extraños musculares.

Cada músculo del organismo tiene una disposición de sus fibras, tractos fibroadiposos y fascias que se mantiene mas o menos igual en todas las personas. Conocer ese "dibujo" es de mucha utilidad, pues facilita los diagnósticos y los hace más confiables.

Además, el análisis dinámico (en relajación, en contracción, de pie y acostado, etc.) y comparativo (lado sano vi. enfermo) son dos características que permiten diagnósticos difíciles o imposibles por otros métodos de mayor complejidad."

Las limitaciones residen en la evaluación del edema y las lesiones muy pequeñas (<5 mm).

### *Tendones*

La tendinitis, aguda o crónica, y las rupturas tendinosas parciales o completas son algunas de las indicaciones habituales de la US. Como fuera dicho, la posibilidad de comparar ecogenicidades y diámetros facilita el diagnóstico.

La patología de los tendones cuadricepsital, rotuliano, de Aquiles y retromaleolares (especialmente el tibial posterior), representa una indicación habitual y complemento ideal para el manejo clínico.<sup>24</sup>

Los tendones de escaso diámetro, los equipos de baja resolución y la escasa experiencia del operador son factores limitantes.

### *Ligamentos*

Es interesante para evaluar ligamentos extraarticulares, por ejemplo, en casos de esguince de tobillo y rodilla. Permite diferenciar entre distensión, rotura parcial o total.<sup>7</sup>

### *Bursas*

Los fenómenos inflamatorios en las bursas se traducen en el aumento de líquido en su interior. Ello las hace visibles fácilmente al US, permitiendo, además, determinar sus características (contenido anecoico, hiperecoico o hete-

rogéneo) y posibles complicaciones (inflamación, rotura, hemorragia, etc.).

Las indicaciones más frecuentes incluyen el estudio de las bolsas serosas periarticulares del hombro, prerrotuliana, del hueso poplíteo, de la pata de ganso, retrocalcánea y del psoas.

### *Articulaciones*

Su mayor utilidad reside en la evaluación del derrame articular y los cuerpos libres intraarticulares. La rodilla, la cadera y el hombro son las articulaciones más frecuentemente exploradas.

En la rodilla se pueden evaluar, además, la base de los meniscos (e.g., quistes parameniscales)<sup>42</sup> y, con mediana a baja sensibilidad, los ligamentos cruzados.

El examen de las pequeñas articulaciones se vincula con la evaluación y diferenciación de artropatías inflamatorias.<sup>22</sup>

### *Hueso*

Si bien el haz de ultrasonido no atraviesa el hueso es posible evaluar su superficie. En las fracturas se puede observar discontinuidad de la cortical, aun sin desplazamiento de fragmentos. En algunos centros se utiliza para evaluar en la urgencia fracturas ocultas a los RX, tal el caso de las fracturas de escafoides.<sup>21</sup>

Otras utilidades residen en la evaluación de hematomas o procesos inflamatorios del periostio, avulsiones óseas traumáticas y formación de callo óseo (callo joven).<sup>23</sup>

### *Nervios*

El nervio ciático, el ciático poplíteo externo, el cubital y el mediano son fácilmente reconocibles mediante US. Pueden evaluarse lesiones traumáticas, neuritis y tumores.<sup>33</sup>

Otros nervios más pequeños o de difícil acceso son complicados de explorar.

### *Vasos*

La aparición de técnicas Doppler ha representado un adelanto tecnológico muy importante en el desarrollo de la US. Es posible evaluar con alta precisión el árbol vascular y diferenciarlo de otras estructuras cercanas o de similares características ecogénicas.

Es útil, además, en la evaluación de procesos inflamatorios activos y de la vascularización de tumores.<sup>54</sup>

### *Tejido celular subcutáneo*

La patología del tejido celular subcutáneo, desde procesos inflamatorios, pasando por la búsqueda de calcificaciones y cuerpos extraños, hasta la diferenciación de tumores sólidos y quísticos, es una de las principales indicaciones de la US.<sup>4</sup>

La US sigue a la radiología en frecuencia de utilización.

Es un método no invasivo, de bajo costo y repetible cuantas veces resulte necesario. Su demanda es cada vez mayor.

Casi en forma contemporánea con la US, se publican los primeros informes de un método que revolucionaría el diagnóstico médico. Nos referimos a la tomografía computarizada (TC). El primer equipo diseñado por Godfrey Haunsfield en Inglaterra, sólo proporcionaba imágenes del cráneo y del cerebro, pero cuatro años después, en 1974, se comercializaba el primer tomógrafo computarizado del cuerpo entero.<sup>18</sup>

Haunsfield recibió por su descubrimiento el premio Nobel de Medicina en 1979.

La TC utiliza RX para generar las imágenes, pero éstas, en vez de impactar sobre una película radiográfica, lo hacen sobre detectores. El tubo y los detectores se encuentran enfrentados dentro de un armazón denominado garganta (*gantry*); en el medio se encuentran la camilla y el paciente; tubo y detectores giran en forma sincrónica a su alrededor.

Los RX que atraviesan al paciente son atenuados por los tejidos orgánicos de acuerdo con su peso atómico, por lo que la cantidad de radiación que impacta sobre los detectores varía constantemente mientras el tubo gira alrededor del organismo.

Esta información es analizada por las computadoras del equipo que, mediante complejas fórmulas matemáticas, construyen una imagen digital del organismo sobre una grilla cuadrículada. Cada cuadradito (en realidad un pequeño cubo), denominado pixel, representa en números la densidad de pequeños volúmenes tisulares. Luego le asigna a cada cifra una tonalidad de color, cuyo rango se extiende desde el negro (que representa la densidad del aire) hasta el blanco (densidad de hueso) y transforma la imagen digital en analógica como se observa en el monitor de TV del equipo.

La TC corta el organismo en rebanadas, cuyo espesor varía entre 1 mm y 10 mm.

La TC significó un avance importante para el estudio del hueso y de las partes blandas.

Los cortes transversales permitieron visualizar, de manera directa, los procesos patológicos separando las estructuras sobrepuestas.

En el nivel del raquis, pudo estudiarse el estado de las articulaciones y de los discos intervertebrales; accedimos por primera vez a la visión directa de una hernia discal. También permitió, aunque parcialmente, la visión del conducto raquídeo y de su contenido. En las extremidades, sus principales indicaciones pasaron por el estudio de fracturas, anomalías congénitas, tumores, procesos degenerativos y algunas infecciones.

La década de 1980 fue una etapa de maduración de la TC; se sucedieron nuevas generaciones de equipos que proporcionaron mayor rapidez en la adquisición y procesamiento de los datos, cortes más delgados, mayor resolución e imágenes de mejor calidad.

Cuando suponíamos que la TC había llegado a su techo de desarrollo tecnológico apareció la TC espiralada (TCE), o helicoidal, dando un nuevo impulso a este método.<sup>2</sup>

Mientras que en la TC convencional se alternan sucesivamente los movimientos del tubo de RX, y del paciente, en la TCE ambos movimientos se producen simultáneamente.

Es decir, que mientras el tubo gira alrededor del paciente emitiendo radiación, éste se desplaza en sentido cefálico o caudal; el resultado es un corte sin fin que adopta la forma de un helicoides (podemos imaginarlo como las espiras de un resorte).

Al suprimir las paradas alternantes, mientras el paciente permanece en apnea e inmóvil se estudian grandes volúmenes del organismo en pocos segundos.

Las ventajas inmediatas de la TCE son:

- Suprime los movimientos producidos por la respiración.
- Minimiza los artefactos producidos por movimientos.
- Estudia en fases la tinción de los vasos y de los tejidos, cuando se utilizan sustancias de contraste por vía endovenosa.

Además, novedosos programas de computación abrieron el camino hacia las reconstrucciones multiplanares y tridimensionales, constituyendo una ventaja adicional, ya que producen imágenes en posiciones similares a las de la radiología convencional, superando la limitación original del método, que sólo mostraba imágenes en el plano axial.

Pero ya la TC helicoidal está dando paso a una nueva generación de equipos. Nos referimos a la TC *multislide* (TCM) que, como indica su nombre, realiza en el mismo giro del tubo varios cortes tomográficos. Los resultados inmediatos son: acortamiento del tiempo de examen y mejores imágenes.

Comparado con la TCE el tiempo de exploración en la TCM se acorta según un factor 8.<sup>25</sup>

La visión axial del esqueleto, que fue muy útil, pero limitante<sup>51</sup> va cambiando en la TC hacia los exámenes volumétricos presentados en todas las posiciones del espacio.

Las indicaciones clínicas de la TC son diversas.<sup>19</sup> En los traumatismos, el área principal de interés es el hueso cortical y esponjoso; por ese motivo, en la mayoría de los casos la TC es preferible a la resonancia magnética (RM). La TC está indicada frente a la sospecha clínica de fracturas con RX negativas o dudosas, o cuando es necesario ampliar la información de lesiones ya detectadas previamente. Por ejemplo, sobre número y posición de fragmentos, extensión de las lesiones y presencia de escalones articulares. La mayor demanda ocurre en raquis, pelvis, muñeca y tobillo y, en menor medida, las otras articulaciones.<sup>9,31,51</sup>

En el paciente politraumatizado, los equipos de soporte y resucitación pueden ingresar y permanecer junto al paciente durante el examen tomográfico, constituyendo una ventaja adicional sobre la RM.

El manejo del paciente traumatizado es más fácil en la camilla de la TC, ya que una vez colocado en posición e inmovilizado, no requiere reposicionamientos.

Además, la TC aporta suficiente información sobre el

desplazamiento, la compresión o el compromiso de las partes blandas (especialmente vasos y nervios) y de las vísceras, y sobre hemorragias y cuerpos extraños.

También detecta cambios sutiles cuando se producen complicaciones alejadas, como miositis osificante, mionecrosis y abscesos.

Habitualmente, los cortes transversos proporcionan suficiente información para la necesidad clínica. Pero cuando la superficie de una articulación dañada es paralela al plano de corte, son necesarias las reconstrucciones multiplanares y tridimensionales para definir el estado de las superficies articulares y su interlínea.

Las reconstrucciones ofrecen imágenes de más fácil comprensión, que se asemejan a la RC.

En las infecciones, la modalidad preferida es la RM, ya que marca con claridad la extensión de la lesión, pero la TC es mejor en la osteomielitis con destrucción cortical y secuestros, y para guiar procedimientos intervencionistas.

La artrografía con TC se utiliza en la luxación recidivante de hombro, aunque muchos prefieren en esta patología la RM.

Un capítulo interesante, aunque no muy popularizado, corresponde a los estudios de rodilla en el dolor de origen rotuliano. El protocolo que se aplica incluye cortes en extensión y flexión de la rodilla con contracción del cuádriceps y sin ella. Se evalúa tipo de rótula, grado de luxación, congruencia articular, pinzamientos y grado de desplazamiento lateral del tubérculo anterior de la tibia.

En la misma línea de estudio, se examinan las muñecas en pronación, supinación y posición neutra.<sup>27</sup>

Algunas prácticas, como las mencionadas en último término, y el examen del carpo y del tobillo, necesitan, para conseguir resultados satisfactorios, técnicos y médicos especialmente entrenados que las realicen e interpreten.

Todas las anomalías congénitas del raquis se estudian con RX simples y algunas, con TC o RM. La TC proporciona las mejores imágenes del estuche óseo del conducto raquídeo, aun en casos complejos con marcadas deformidades.

Los tumores óseos primarios (TOP) no son frecuentes, excepto en los servicios ortopédicos que son centros de derivación.

La RX simple es habitualmente el primer examen con que se evalúa un probable tumor óseo y es siempre requerida por el patólogo especializado.

La RX simple provee razonable información sobre la etiología de la lesión y sobre su agresividad biológica. Si la lesión es benigna, en la mayoría de los casos sólo será suficiente el control periódico radiográfico; en caso de ser necesario, se completa el estudio con TC.

Si la lesión muestra agresividad biológica, está indicada la RM con contraste (gadolinio). La RM define el sitio y la extensión de la lesión, puede ayudar en el diagnóstico del tipo de tumor y proporciona datos muy importantes para planear el tratamiento quirúrgico.<sup>37,43</sup>

Como la RM no utiliza radiación ionizante y, hasta

donde se sabe, no produce efectos deletéreos, es particularmente de gran valor en la población pediátrica.<sup>28</sup> Frente a una lesión maligna (por imágenes o por biopsia) el algoritmo usualmente continúa con centellograma óseo y TC de la lesión y del tórax. La TC es, en la actualidad, el mejor método disponible para detectar pequeñas metástasis pulmonares.

En 1983, comienza la aplicación clínica de la resonancia magnética (RM). Nuevas formas de energía, como son los campos magnéticos y las ondas de radiofrecuencia, son utilizadas para generar imágenes del interior del organismo. La RM no utiliza radiaciones ionizantes y no produce efectos adversos.

Desde su introducción en el campo clínico jugó un papel esencial en la patología musculoesquelética. La posibilidad de obtener imágenes en todos los planos del espacio y la gran definición anatómica que proporciona hacen única a la RM, constituyéndola en el método de elección para un sinnúmero de enfermedades del esqueleto.<sup>28</sup>

Con la utilización de diversas técnicas (TI, T2, supresión grasa, 2D, 3D, etc.) se diferencian claramente tejidos normales y patológicos, y se visibilizan estructuras no observadas o mal observadas con los RX o la US, que antes sólo podían ser evaluadas a través de procedimientos cruentos, no siempre muy precisos.

El mayor impacto se logró en el examen de las grandes articulaciones y la columna. Sin embargo, la aparición de equipos de alto campo magnético con nuevos software y bobinas específicas permitió mejorar la calidad de esas imágenes y observar pequeños detalles, incluso en las articulaciones más pequeñas.

Las principales aplicaciones clínicas son:

### *Articulaciones*

Es sin duda el método de elección en el diagnóstico y seguimiento de la patología intraarticular. Los meniscos, las superficies articulares, los ligamentos, la cápsula, la sinovial y, actualmente, el cartílago articular son claramente observables mediante este método, con una alta sensibilidad y especificidad diagnóstica. Todas las articulaciones pueden ser estudiadas mediante la RM.

Naturalmente que durante el mismo examen se evalúan, además, todas las estructuras extraarticulares, con la misma sensibilidad.

La utilización de sustancias de contraste intraarticulares (artrorresonancia) mejora notoriamente la sensibilidad del método.<sup>1</sup>

Hoy, el algoritmo diagnóstico de la patología articular incluye el par radiográfico y la RM, sin pasar por otros métodos intermedios.

### *Hueso*

Si bien la RM no permite una buena visualización del hueso cortical, presenta alta sensibilidad en la evaluación del hueso esponjoso, que tiene alto contenido graso y he-

matopoyético. Todos los trastornos de la médula ósea, desde el edema hasta el reemplazo neoplásico tiene como método de elección a la RM.<sup>48</sup>

Es ya clásico el estudio de los tumores óseos, sus características intrínsecas y su extensión a través de la resonancia.<sup>12</sup>

La posibilidad de visualizar el edema de la médula ósea permite evaluar lesiones sutiles o en estadios tempranos no visibles mediante otros métodos (RX y TC), tal caso de las fracturas por estrés, fracturas ocultas, NOA. osteoporosis regional, etcétera.<sup>3</sup>

### *Músculos*

Tiene una alta sensibilidad y especificidad para la evaluación de las lesiones musculares de cualquier índole. No obstante, un alto porcentaje de las lesiones son también bien evaluadas mediante US.

La RM es de elección cuando las lesiones superan el límite de resolución de la US (tumores de similar ecogenidad que el músculo, rupturas fibrilares, etc.) o si se desea un análisis completo de la región (que también incluya estructuras óseas). En el caso de las rupturas fibrilares pequeñas o contracturas, la RM permite visualizar el edema de las fibras musculares o hematomas laminares, que son invisibles a la US. Es ampliamente utilizada en el examen muscular de deportistas de alto rendimiento, incluso sin paso previo por la US.

### *Tendones, bursas y ligamentos extraarticulares*

También posee alta sensibilidad y especificidad. Al igual que ocurre en el músculo, se solicita en los casos de ecografía negativa o si se desea un análisis más amplio de la región (huesos y/o articulaciones vecinas).

### *Vasos*

Mediante la angiorresonancia (que no necesita de medios de contraste) se obtienen imágenes de alta definición del árbol vascular. Es útil para la evaluación de tumores y su relación con los elementos vasculares.

### *Nervios*

El nervio ciático puede ser evaluado desde su inicio hasta su bifurcación. También los nervios del miembro superior desde el plexo braquial hasta la mano. La resolución no siempre es buena. Depende en gran parte del equipo empleado (mejor los de alto campo magnético) y del operador (que debe conocer la anatomía de la estructura a examinar).

Las contraindicaciones formales incluyen pacientes con marcapasos, válvulas cardíacas y algunas prótesis endovasculares. Existe bibliografía que se actualiza periódicamente y que enumera, con nombre y apellido, las prótesis pasibles o no de ser expuestas al campo magnético. En general, estos listados están disponibles en todas las consolas de RM y pueden (deben) ser consultados.

La limitación más importante se relaciona con pacientes que sufren claustrofobia; alrededor del 5% de los exámenes deben ser suspendidos por esta razón. También los movimientos (sobre todo en niños) representan una limitación. El problema puede resolverse mediante el uso de anestésicos.

Como ya hemos dicho, en pacientes politraumatizados, excitados, con bombas de infusión y asistencia respiratoria mecánica, la RM es limitada, siendo de elección en este grupo de pacientes la TC.

Los elementos de osteosíntesis (prótesis, placas, barras, etc) no representan en sí una contraindicación, pues no tienen materiales ferromagnéticos en su composición. Su exposición al campo magnético sólo produce aumento de temperatura que no supera 1 grado. La limitación reside en el tipo de aleación empleada, que puede provocar un marcado artefacto local, obteniéndose de esta manera imágenes de baja o nula calidad diagnóstica.

La RM ha reemplazado a otros métodos en el estudio de los desórdenes musculoesqueléticos. El crecimiento es continuo y aún no alcanzó el techo en su desarrollo. La aparición de equipos abiertos y el desarrollo de técnicas funcionales hacen de la RM un método de vanguardia en constante renovación.

### **Digitalización de las imágenes**

La digitalización de las imágenes, además de los métodos seccionales (US, TC y RM) abarca otros procedimientos.<sup>44</sup>

En la década de 1980 se introdujo en el campo de los estudios cardiovasculares la angiografía digital (AD) por sustracción de imágenes. En la AD las imágenes analógicas del IDI son tomadas por una cámara de TV y convertidas en datos digitales que, procesados adecuadamente, producen imágenes cardiovasculares aisladas mediante sustracción electrónica del esqueleto y de las partes blandas.

Subsecuentemente, los rápidos avances en la tecnología de la computación resultaron en un amplio rango de aplicaciones de las imágenes en la radiología digital (RD).

Un IDI portátil dentro de un quirófano opera en la actualidad con monitores de TV que congelan la imagen, la archivan y reproducen las veces que sean necesarias.

Alrededor de 1990, los investigadores apuntaron su interés a los detectores planos como reemplazo de la unidad película-pantalla reforzadora, culminando con el desarrollo de los detectores de conversión indirecta y, más recientemente (1997), de conversión directa.<sup>35</sup>

La RD es una realidad en muchos servicios de diagnóstico por imágenes. La información que aparece en el monitor de TV puede ser trabajada modificando contrastes, ampliando sectores e invirtiendo los colores del área en estudio y del fondo. No es infrecuente que en la RD el hueso se presente (por convención) de color negro. Los datos digitales que producen las imágenes analógicas que vemos

en el monitor de TV pueden ser enviados a una procesadora de rayos láser que proporcionará un registro gráfico en una película.

### **Intervencionismo**

La expansión del conocimiento médico y del diagnóstico por imágenes provocó la aparición de subespecialidades, no sólo vinculadas con el diagnóstico, sino también a la terapéutica. Una de ellas es la radiología intervencionista (RI). La RI agrupa diversos procedimientos que tienen en común el uso de las imágenes para guiar agujas, catéteres u otros elementos para el diagnóstico y/o tratamiento de diversas afecciones.

Los métodos guía son la radioscopia, US y TC, que permiten elegir vías de acceso seguras, de escaso riesgo para los pacientes.

La RI es practicada por médicos intervencionistas, habitualmente radiólogos, específicamente entrenados en imágenes y en el manejo clínico-quirúrgico de los pacientes.

Analizaremos a continuación aquellos procedimientos vinculados con la patología ortopédica.

#### *Biopsia percutánea*

La biopsia percutánea (BP) es el procedimiento que más se practica en la RI. En nuestra experiencia, sobre más de 9000 biopsias realizadas, aproximadamente 1/3 le correspondieron al sistema musculoesquelético (50% raquídeas, 50% periféricas).

Si bien la TC colaboró notablemente a la expansión del método, queremos destacar los trabajos de Ottolenghi, Valls y Schajowicks, quienes realizaron más de 2000 biopsias del raquis guiados por RX simples de frente y de perfil.<sup>46,47</sup>

La BP está indicada cuando es necesario establecer la etiología de una lesión de aspecto tumoral, de una infección o de una colección líquida, con el objeto de planear la terapéutica correcta. No requiere internación y casi siempre se realiza con anestesia local.<sup>5,16,26,50</sup>

#### *Tratamiento del dolor*

Guiados por las imágenes se realizan los bloqueos perirradiculares (BPR). El BPR es una prueba diagnóstica y terapéutica que se aplica en pacientes con radiculopatías sin déficit motor. Se fundamenta en que las alteraciones morfológicas (hernia de disco, estenosis foraminal, etc.) no son suficientes para explicar el síndrome irritativo radicular, sino que, además, existe un proceso inflamatorio concomitante, producto de cambios químicos locales, considerado como el principal factor desencadenante del dolor.<sup>15,29</sup>

El BPR se realiza con la guía de la TC; bajo sus parámetros se coloca una aguja, con anestesia local, en la emer-

gencia de la raíz en el nivel funicular y se procede con la inyección de los medicamentos (anestésicos y antiinflamatorios).

De cada 10 BPR, 9 son lumbares y una, cervical.

### *Resección percutánea del osteoma osteoide*

El tratamiento del osteoma osteoide suele ser quirúrgico y consiste en la resección del nido. La resección percutánea bajo la guía de la TC, cuando existe una vía de acceso adecuada, ha resultado una alternativa eficaz que se ha desarrollado en los últimos años. La resección se realiza con trocar aserrado de 7 a 10 mm de diámetro, que se introduce hasta enfrentar el tumor con un sistema de guías coaxial. El procedimiento se realiza con anestesia raquídea o general, y no requiere más de 24 horas de internación del paciente.<sup>36,38</sup>

Más recientes son los tratamientos del osteoma osteoide con láser y termoablación por ondas de radiofrecuencia.<sup>14,41,52</sup>

Otros procedimientos de la RI aplicados al sistema musculoesquelético, y que sólo mencionaremos, son: vertebroplastia, bloqueos sacroilíacos y de facetas articulares, tratamiento de quistes óseos simples mediante punción e inyección de corticoides, drenaje percutáneo de colecciones líquidas, marcación percutánea prequirúrgica de lesiones óseas, embolización de tumores, etcétera.<sup>6,8,15,32</sup>

La RI ahorra tiempo y dinero, es menos invasiva y disminuye o anula los períodos de internación, cuando se la compara con las alternativas quirúrgicas.

### **Futuro**

Probablemente, quien en 1894 hubiera escrito sobre el futuro de la medicina no se habría imaginado los cambios que provocó el descubrimiento de los RX.

¿Qué nos deparará el futuro para el diagnóstico por imágenes de las próximas décadas?

Friedenberg dice que una circunstancia favorable para predecir el futuro es que nadie puede saber que estamos equivocados y que, si en el futuro se demuestra que erramos en nuestras predicciones, en ese momento nadie recordará lo que hemos dicho.<sup>13</sup>

Pensando que el presente nos marca tendencias, podemos conjeturar sobre ellas y dejamos abierta la posibilidad de que nuevas modalidades de la tecnología por imágenes puedan irrumpir con la fuerza con que lo hicieron los RX.<sup>10</sup>

### *Así vemos el futuro*

- Digitalización total de las imágenes en instituciones de la salud con todos sus servicios conectados en red. Su consecuencia será la desaparición de todas o la mayoría de las radiografías, del cuarto oscuro y de los químicos procesadores.

- Apenas finalizado cada examen estará a disposición de quien lo necesite.
- Se podrán realizar interconsultas audiovisuales.
- Los archivos de imágenes, tal como los conocemos ahora, tenderán a desaparecer.
- Los métodos seccionales podrán mantener su importancia, pero irrumpirán con gran fuerza las imágenes tridimensionales.
- Dinámica, función, cambios en el tiempo, de limitado valor en la actualidad, serán vocablos de uso cotidiano en los informes de las futuras imágenes.

### **Conclusiones**

Resulta imposible en la actualidad imaginar la medicina sin el apoyo del diagnóstico por imágenes; pero su uso debe ser racional, apoyado en el conocimiento pleno por parte del ortopedista sobre la utilidad y limitaciones de cada método.

El uso apropiado beneficia al paciente y a las instituciones, ya que acorta el tiempo de la etapa diagnóstica, provee la información necesaria para tomar una conducta terapéutica adecuada y limita los costos a lo estrictamente necesario.

No podemos dejar de enfatizar que la mayoría de las veces sólo será necesario realizar un buen par radiográfico para comprender la naturaleza de una lesión y para establecer la conducta terapéutica. Sólo conociendo los atributos y las limitaciones de la radiología seremos responsables del uso racional de los otros métodos del diagnóstico por imágenes.

Para el médico que ha elegido como especialidad el diagnóstico por imágenes, el desafío es enorme. Más áreas anatómicas se hicieron visibles y más enfermedades son accesibles a su diagnóstico.

Tal como sucede en otros aspectos de la vida, los cambios en la medicina se suceden a velocidad creciente.

Los cambios en el diagnóstico por imágenes a los que hemos asistido los médicos en los últimos treinta años del siglo son enormes.

Hemos visto nacer, crecer, debilitarse y morir numerosos procedimientos relegados por otros menos cruentos y más precisos; ello nos enseña que las fronteras entre los procedimientos son sumamente flexibles, así como sumamente flexibles deben ser los médicos que los utilizan.

Uno de los autores de este editorial (que no se siente tan viejo) ha realizado o visto neumopelviografías, neumomediastinos, ventriculogramas con aceites iodados y retro-neumoperitoneos que ya forman parte de la historia del diagnóstico por imágenes.

Y ahora, deben disculparnos, nos están transfiriendo por la red imágenes de un politraumatizado que debemos procesar y enviar a la computadora del quirófano, donde ya están anestesiando al paciente. Clic.

## Referencias bibliográficas

1. **Beltran, J; Rosenberg, Z, y Chandnani, V:** Glenohumeral instability: Evaluation with MR arthrography. *Radiographics*, 17: 657-673, 1997.
2. **Brink, JA:** Technical aspects of helical (spiral) TC. *Radio Clin North Am*, 33(5): 825-841, 1995.
3. **Brossmann, J; Biederer, J, y Heller, M:** MR imaging of musculoskeletal trauma to the pelvis and the lower limb. *Eur Radiol*, 9: 183-191, 1999.
4. **Cardinal, E; Bureau, N, y Chem, R:** Soft tissue masses: An algorithmic approach. *Musculoskeletal Ultrasound, Guidelines and Gamuts*, 311-324, 1999.
5. **Chevrot, A:** Interventional radiological techniques in bones, joints and soft tissues. En: **Allison, DJ; Petterson, H**, eds. *Interventional Radiology. The Nicer Year Book 1994*. Oslo, Noruega: The Nicer Institute; 213-237, 1994.
6. **Cotten, A; Boutry, N; Cortet, B**, y cols.: Percutaneous vertebroplasty: State of the art. *Radiographics*, 18: 311-320, 1998.
7. **De Flaviis, L; Nessi, R; Leonard!, M**, y cols.: Dinamic Ultrasonography of capsulo-ligamentous knee joint traumas. *Clin Ultrasound*, 16: 487-492, 1988.
8. **Deramond, H; Depriester, C; Galibert, P, y Le Gars, D:** Percutaneous vertebroplasty with polymethylmethacrylate. *Radio/ Clin North Am*, 36(3): 533-546, 1998.
9. **el-Khoury, GY**, ed. *Imaging of Orthopedic Trauma. Radiol Clin North Am*. Filadelfia, PA: W.B. Saunders; 35(3), 491 -781, 1997.
10. **Federle, MP:** Current status and future trends in abdominal CT. *Radiographics*, 18: 1555-1568, 1998
11. **Fornage, BD; Touche, DH, y Sega, P:** Ultrasonography in the evaluation of muscular trauma. *J Ultrasound Med*, 2: 249-554, 1983.
12. **Frank, J; Ling, A; Patronas, N**, y cols.: Detection of malignant bone tumors: MR imaging vs. scintigraphy. *AJR*, 155: 1043-1048, 1990.
13. **Friedenberg, RM:** The future of medicine and radiology. *Radiology*, 212: 301-304, 1999.
14. **Gangi, A; Dietemann, JL; Gasser, B**, y cols.: Interventional radiology with laser in bone and joint. *Radiol Clin North Am*, 36(3): 547-557, 1998.
15. **Gangi, A; Dietemann, JL; Mortazavi, R; Pflieger, D; Kauff, C, y Roy, C:** CT-guided interventional procedures for pain management in the lumbosacral spine. *Radiographics*, 18: 621-633, 1998.
16. **Ghelman, B:** Biopsies of the musculoskeletal system. *Radiol Clin North Am*, 36(3): 567-580, 1998.
17. **Glasser, O:** Roentgen and the discovery of the Roentgen Rays. *AJR*, 165: 1033-1040, 1995.
18. **González Toledo, E:** Reseña del desarrollo de la tomografía computada y de la resonancia magnética en nuestro país. *Rev Argent Radiol*, 59: 299-304, 1995.
19. **Goodman, PC:** The new light: Discovery and introduction of the X-Ray. *AJR*, 165: 1041-1045, 1995.
20. **Goodman, PC:** The X-Ray enters the hospital. *AJR*, 165: 1046-1060, 1995.
21. **Graif, M; Stahl-Kent, V; Ben-Amit, T**, y cols.: Sonographic detection of occult bone fractures. *Pediatr Radiol*, 18: 383-385, 1988.
22. **Grassi, W; Tittarelli, E; Pirani, O**, y cols.: Ultrasound examination of metacarpophalangeal joints in rheumatoid arthritis. *J Reumatol*, 22: 243-247, 1993.
23. **Jacobson, JA:** Musculoskeletal sonography and MR imaging: A role for both imaging methods. *Radiol Clin North Am*, 37: 713-751, 1999.
24. **Kainberger, FM, y Barton, P:** Injury of the Achilles tendon: Diagnosis with sonography. *AJR*, 155: 1031-1036, 1990.
25. **Katada, K:** Half-Second, Half-Millimeter Real-Time multi-slice helical CT: CT diagnosis using Aquilion. *Med Rev*, 68: 31-38, 1999.
26. **Kattapuram, SV, y Rosenthal, DI:** Percutaneous biopsy of skeletal lesions. *AJR*, 157: 935-942, 1991.
27. **Lamaitina, M; Paz Haslam, C; Velan, O; De Carli, P, y Schultz, C:** Tomografía computarizada de alta resolución del carpo. *Rev Arg Radiol*, 57: 81-89, 1993.
28. **Lawson, JP; Keller, MS, y Rattner, Z:** Recent advances in pediatric musculoskeletal imaging. *Radiol Clin North Am*, 32(2): 353-375, 1994.
29. **Link, SC; El-Khoury, GY, y Guilford, WB:** Percutaneous epidural and nerve root block and percutaneous lumbar sympathectomy. *Radio/ Clin North Am*, 36 (3): 509-521, 1998.
30. **Louge, PE:** Hechos sobresalientes en 100 años de historia de la radiología. *Rev Argent Radiol*, 59: 221-222, 1995.
31. **Magid, D:** Computed tomographic imaging of the musculoskeletal system. Current status. *Radio/ Clin North Am*, 32(2): 255-274, 1994.
32. **Maldjian, C; Mesgarzadeh, M, y Tehranzadeh, J:** Diagnostic and therapeutic features of facet and sacroiliac joint injection. *Radiol Clin North Am*, 36(3): 497-508, 1998.
33. **Martinoli, C; Bianchi, S, y Derghi, L:** Tendon and nerve sonography. *Radiol Clin North Am*, 37: 691-711, 1999.
34. **Méndez Elizalde, E:** ¿Quién fue William Conrad Roentgen? *Rev Argent Radiol*, 59: 217-220, 1995.
35. **Murphey, MD:** Imaging aspects of new techniques in orthopedic surgery. *Radiol Clin North Am*, 32(2): 201-225, 1994.
36. **Muscolo, L; Velan, O; Pineda Acero, G; Ayerza, MA; Calabrese, ME, y Santini Araujo, E:** Osteoid osteoma of the hip: Percutaneous resection guided by computed tomography. *Clin Orthop*, 310: 170-175, 1995.
37. **Olson, PN; Everson, LL, y Griffiths, HJ:** Staging of musculoskeletal tumors. *Radiol Clin North Am*, 32(1): 151-162, 1994.
38. **Parlier-Cuau, C; Champsaur, P; Nizar, R; Hamze, B, y Laredo, JD:** Percutaneous removal of osteoid osteoma. *Radiol Clin North Am*, 36(3): 559-566, 1998.
39. **Pretorius, ES, y Fishman, EK:** Helical (spiral) CT of the musculoskeletal system. *Radiol Clin North Am*, 33(5): 949-979, 1995.
40. **Riesz, PB:** The life of Wilhem Conrad Roentgen. *AJR*, 165: 1533-1537, 1995
41. **Rosenthal, DI; Alexander, A, y Rosenberg, AE:** Ablation of osteoid osteomas with a percutaneously placed electrode: A new procedure. *Radiology*, 183: 29-33, 1992.
42. **Rutten, MJ; Collins, JM, y Kampen, A:** Meniscal cyst: detection with High-Resolution sonography. *AJR*, 171: 491-496, 1998.
43. **Schlesinger, AE, y Hernandez, RJ:** Diseases of the musculoskeletal system in children: imaging with CT, sonography, and MR. *AJR*, 158(4): 729-741, 1992.
44. **Seeger, LL:** Imaging sports injuries: The future. *Clin J Sport Med*, 8(1): 47-51, 1998.
45. **Stordeur, LA:** La radiología en la República Argentina. *Rev Argent Radiol*, 59: 223-228, 1995.
46. **Valls, J; Ottolenghi, CE, y Schajowickz, F:** La biopsia por aspiración de los cuerpos vertebrales. *Bol Trab Acad Argent Cir*, 25: 743-782, 1941.
47. **Valls, J; Ottolenghi, CE, y Schajowickz, F:** *La biopsia por aspiración en el diagnóstico de las lesiones óseas*. Buenos Aires: El Ateneo; 1942.
48. **Vande Berg, B; Lecouvet, E; Michaux, L**, y cols.: MRI of the bone marrow in hematological malignancies. *Eur Radiol*, 8: 1335-1344, 1998.
49. **Van Holsbeek, M:** Musculoskeletal Ultrasound. Preface. *Radiol Clin North Am*, 37: XI, 1999.
50. **Velan, O; Ayzaguer, A; Torres, D, y Odesser, N:** Biopsia musculosquelética. Experiencia sobre 150 casos. *Rev Arg Radiol*, 1: 19-31, 1990.
51. **Velan, O; Torres, D; Odesser, N, y Ortolan, EG:** La tomografía computada en los traumatismos vertebrales. *Rev Arg Radiol*, 56: 111 -123, 1992.
52. **Voto, SJ; Cook, AJ; Weiner, DS; Ewing, JW, y Arlington, LE:** Treatment of osteoid osteoma by computed tomography guided excision in the pediatric patient. *J Pediatr Orthop*, 10(4): 510-513, 1990.
53. **Watanabe, N:** Development of a Half-Second Real-Time helical CT scanner, Aquilion. *Med Rev*, 68: 39-43, 1999.
54. **Weinberg, E; Adams, M, y Hollenberg, G:** Color doppler sonography of patellar tendinosis. *AJR*, 171: 743-744, 1998.