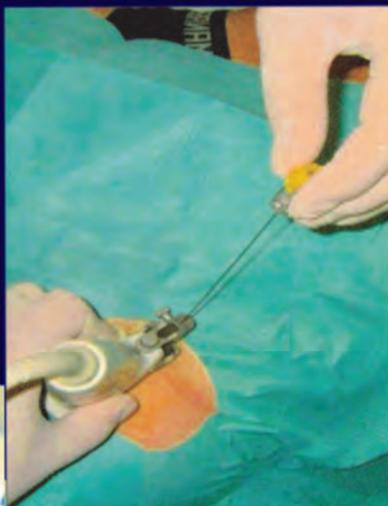


Radiología Intervencionista Musculoesquelética

Roberto Caudana
Eugenio Genovese
Carlo Masciocchi



Roberto Caudana
Eugenio Genovese
Carlo Masciocchi

Radiología intervencionista musculoesquelética

AMOLCA
PARA UNA PRÁCTICA EXITOSA

2012



Índice

Editores	V
Autores	VI
Prefacio	VIII
1. Metodología introductoria	1
<i>R. Paladini, V. Sgaroto, D. Dalloglio, D. Gialdi, A. Parmiggiani</i>	
2. Técnicas para la obtención de imágenes de guía	7
<i>R. Caudana, E. Silvestri, E. Genovese, A. Parmiggiani, G. Barai, A. Muda, M. Falchi</i>	
3. Tecnología de materiales	19
<i>R. Caudana, E. Genovese, M. Gallazzi, G. Rossi, A. Parmiggiani</i>	
4. Procedimientos de intervención diagnóstica	37
<i>M. Gallazzi, E. Ferri, A. Curti, G. Arborio, E. Genovese, A. Ianniello, E. Spanò, L. Callegari, M.G. Angeretti, F. Fontana, G. Carrafiello, C. Fugazzola, M. De Filippo, R. Aversa, C. Rossi</i>	
5. Tratamiento intraarticular y terapias infiltrativas	63
<i>E. Genovese, A. Bellelli, A.V. Bocina, L. Callegari, A. Conchiglia, G. Ferreri, M.C. Gagliano, C. Masciocchi, C. Simonetti, E. Spanò, S. Tormenta, L. Zugaro</i>	
6. Intervención del tejido blando	83
<i>G. Serafini, F. Lacelli, N. Perrone, L.M. Sconfienza, L. Callegari, E. Spanò, A. Bini, E. Genovese, C. Fugazzola</i>	
7. Intervención de las articulaciones de la columna vertebral	99
<i>M. Gallucci, N. Limbucci, A. Ricci, S. Marcia</i>	
8. Intervención del hueso. Técnicas de infiltración, técnicas de ablación	127
<i>M. De Filippo, R. Aversa, M. Zompatori, C. Rossi</i>	
9. Intervención del hueso. Técnica plástica y combinada	143
<i>R. Caudana, M. Gallazzi, L. Renzi Brivio, A. Parmiggiani</i>	
10. Intervención vascular musculoesquelética	185
<i>G. Rossi, R. Caudana, E. Rimondi, A. Parmiggiani</i>	
Índice analítico	201

Técnicas para la obtención de imágenes de guía

R. Caudana, E. Silvestri, E. Genovese, A. Parmiggiani, G. Barai, A. Muda, M. Falchi

SUMARIO

Ultrasonido	7
Fluoroscopia tradicional	10
Tomografía computarizada	11
TC- fluoroscopia	13
Fluoroscopia digital "híbrida"	15
Resonancia magnética	16

Incluso en el campo de los trastornos musculoesqueléticos, el aumento continuo del número y tipo de procedimientos de radiología intervencionista está, sin duda, vinculado, principalmente, a reducir la invasividad y el riesgo de la anestesia en el tratamiento de diversas enfermedades. Este aumento también es facilitado por la mejora continua de los materiales utilizados y, sobre todo, del equipo de la unidad de imagen. De hecho, la imagen de guía es esencial en la realización del procedimiento, ya que permite realizar el mismo con precisión y seguridad. Cualquiera que sea la lesión a tratar, la elección anatómicamente óptima como meta de la biopsia y/o el tratamiento, maniobras de vigilancia y control más delicado después del tratamiento permitido por la diversas modalidades de imagen, la elección depende principalmente de las características del paciente y del tipo de cirugía a realizar.

ULTRASONIDO

La técnica de ultrasonido es una guía excelente para el tratamiento de lesiones superficiales con participación de las partes blandas, su uso es preferible, especialmente en pacientes pediátricos, debido a la necesidad de evitar, siempre que sea posible, el uso de radiaciones ionizantes. Es un método con un alto rendimiento que brinda la oportunidad de obtener imágenes multiplanares, con amplia disponibilidad en los hospitales. Aunque el método es dependiente del operario y su contribución es altamente influenciada por la presencia de estructuras óseas o el contenido de gas, su uso está indicado en el tratamiento de muchas enfermedades de la bursa e inflamatorias del tendón y/o degenerativas (tendinitis calcificada, tenosinovitis, entesopatías), la infiltración de

drogas con fines terapéuticos dentro de las cavidades articulares "difíciles", como la cadera o el hombro, y la aspiración de lesiones de tejidos blandos con contenido líquido de procesos inflamatorios traumáticos o por un quiste ganglionar [1, 2].

Las condiciones necesarias para un correcto enfoque de los distintos procedimientos de intervención musculoesquelética están representadas por un perfecto conocimiento de la anatomía y una buena experiencia en ecografía diagnóstica [3-5]. El principio fundamental que subyace al uso de la ecografía como guía para el tratamiento ha de ser capaz de alcanzar el "objetivo" con la máxima precisión, son importantes las estructuras anatómicas (tendones, nervios vasculares, etc.), con la ruta más corta posible [6-8].

Este fin resultante es la opción estratégica de los mejores medios de acceso, en relación con el lugar a tratar, la elección de materiales, tales como el tamaño y la longitud de la aguja a usar. A la luz de estas consideraciones, la planificación de los cuidados esenciales en cada caso, es capaz de tener diferentes maneras de abordar el "objetivo" a tratar.

No siempre el camino más corto es necesariamente el mejor, especialmente cuando el tratamiento se debe llevar en lugares "difíciles", tales como las pequeñas articulaciones o estructuras anatómicas de superficie contigua con componentes vasculares y/o nerviosos. Por tanto, es importante conocer y utilizar convenientemente las tres técnicas diferentes para hacer un enfoque basado en: la técnica a mano alzada con el acceso en paralelo o una aguja axial, la mano alzada con puntos de referencia en la piel, y la técnica guiada [9-17].

Técnica a mano alzada

La técnica a mano alzada debe ser utilizada por los operarios con buena destreza manual y experiencia, ya que requiere una coordinación óptima simultánea con el uso del transductor y la aguja. Por lo cual, es aconsejable iniciar el procedimiento con la ayuda de un segundo operario para hacer el posicionamiento correcto del transductor, para evitar errores de alineación del transductor. Sólo una vez adquirida la capacidad de coordinar en tiempo real, a dos manos, el transductor y la aguja, una persona puede realizar una buena parte de los procedimientos intervencionistas. La técnica a mano alzada está indicada para el tratamiento de sitios superficiales, donde no es posible utilizar una guía para llegar a sitios profundos. Los elementos básicos para ver la aguja están estrechamente relacionados con dos condiciones fundamentales. La primera está relacionada con el curso de la aguja dentro del campo de visión del transductor. La salida del haz de ultrasonido

desde el transductor tiene un espesor definido, en el que es necesario “encaminar” la aguja y es fiable hasta que el interior es visible en el monitor. La aguja no es visible cuando se coloca lateralmente al haz de ultrasonido (Figura 2.1). Por el contrario, cuando se encuentra en el haz de ultrasonido, la aguja es claramente visible como una estructura lineal hiperecótica, con artefactos de reverberación subyacente. Con un poco de experiencia, se puede adquirir la capacidad de coordinar tanto el transductor de forma independiente a la inserción de la aguja.

El segundo elemento que afecta la visualización de la aguja tiene que ver con la inclinación de esta última desde el transductor. El mejor ángulo de incidencia del haz de ultrasonido para ver la aguja es de 90°. Sin embargo, no es un rango lo suficientemente amplio (entre 90 y 60°), en el que se puede ver la aguja, aunque cada vez se refleja menos (Figura 2.2). Este comportamiento está determinado por la reducción gradual de la reflexión que hace eco de espejo frente a un aumento de la difracción. Es necesario recordar que la aguja no es visible, incluso si se ha insertado correctamente en el espesor del haz de ultrasonido, cuando el ángulo de incidencia con el transductor se sitúa entre 0 y 60°. Estos conceptos son esenciales para evitar errores y para no insistir en los caminos de acceso imposible y, por lo que es técnicamente limitado por razones anatómicas desfavorables.

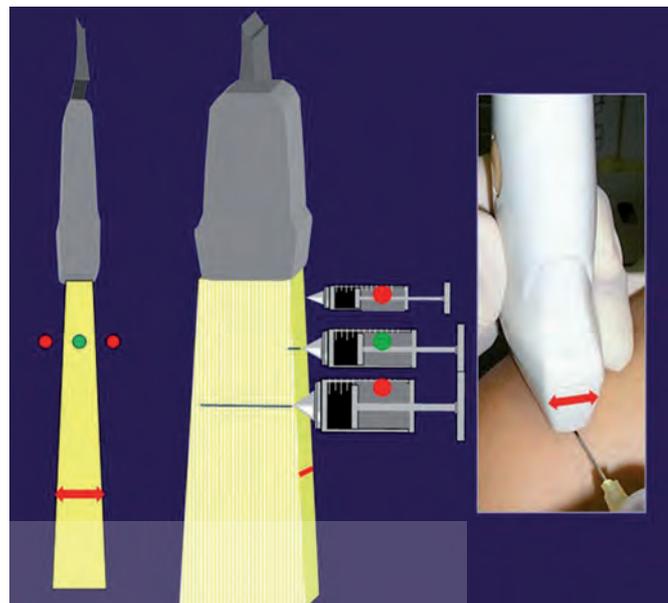


Figura 2.1 Guía ecográfica. Representación esquemática de los lugares equivocados (puntos rojos) de la aguja fuera del haz de ultrasonido y la ubicación correcta (punto verde) en el interior del haz perpendicular dentro del espesor (flecha) del transductor.

- La técnica de la aguja de *acceso paralelo* encuentra su mejor aplicación en el hombro (infiltración de la bursa, litoclasia), donde las características anatómicas peculiares permiten la introducción fácil de la aguja paralela al transductor (Figura

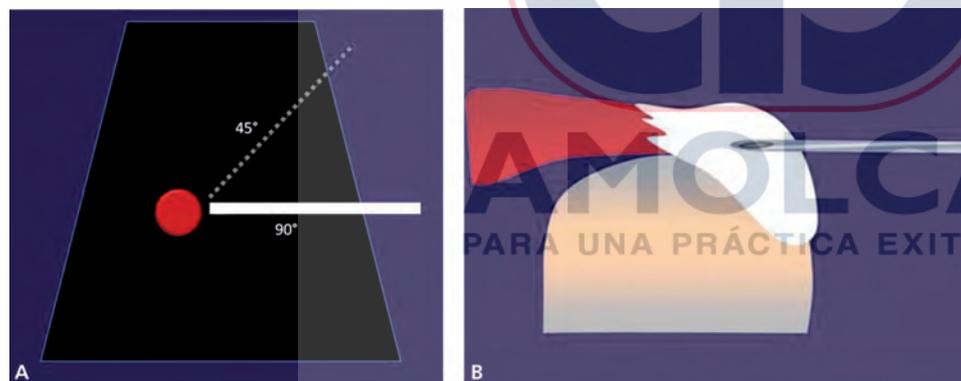


Figura 2.2 Guía ecográfica. (A) Representación esquemática del modo de visualización de la aguja en el haz de ultrasonido en función del ángulo de incidencia con respecto al transductor: óptima con incidencia de 90° y baja con 45°. (B) El dibujo muestra la modalidad de acceso óptima paralela a la aguja por la infiltración de bursa subacromial-deltaoidea. (C) Procedimiento de intervención guiado por ecografía con el acceso en paralelo dentro de un marco de epicondilitis lateral del codo: la aguja es muy evidente en el tendón extensor común. Se nota cómo se puede reconocer toda la aguja con una buena representación de la punta de ésta.

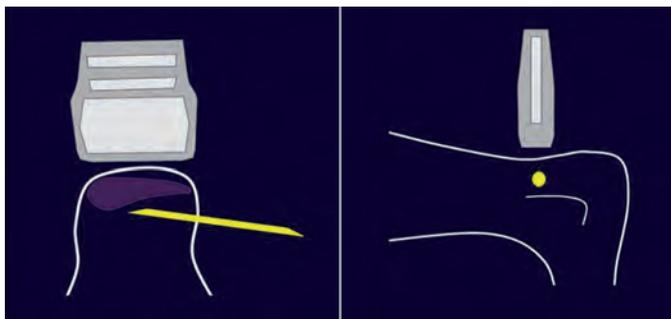


Figura 2.3 Guía de ultrasonido. Representación esquemática del modo de visualización de la aguja (en amarillo) respecto del transductor, planos transversal y sagital, procedimientos de intervención en el tendón de Aquiles guiados por ecografía.

2.2 B-C). Asimismo, este enfoque puede ser utilizado en el tratamiento de la epicondilitis (Figura 2.2 C) del tendón rotuliano o del tendón de Aquiles (Figura 2.3).

- El *acceso axial* requiere una buena confianza con la técnica básica descrita anteriormente. Sólo se utiliza la mano alzada y con mayor facilidad a partir de una única fuente de coordinación de la posición del transductor a la aguja. La ventaja de esta técnica es que puede ser utilizada en cualquier sitio anatómico, superficial o profundo, donde se necesita una ruta de acceso directo con una aguja mínima. Se tendrá que ajustar la exploración con el fin de situar el objetivo en el centro de la imagen e insertar la aguja justo en el centro de la mayor parte del transductor, más o menos verticalmente a la profundidad del objetivo (Figura 2.4 A). Con estos dispositivos se puede ver la punta de la aguja con la ruta más corta posible. La desventaja de esta técnica está relacionada con la incapacidad de seguir a lo largo de la aguja su introducción a través de la piel y en el plano superficial, pero sólo en la etapa final en el que se alcanzó el objetivo con la punta de la aguja (Figura 2.4 B). Puede ser útil para hacer un pequeño movimiento de ésta (*técnica back and forward*) para identificar mejor la punta, como prueba directa de esto último es muy difícil en una articulación tan

profunda como por ejemplo, la cadera. El acceso se recomienda en los lugares axiales donde la proximidad de estructuras anatómicas importantes, tales como tendones, nervios o vasos sanguíneos no permite la orientación paralela de la aguja desde el transductor. Se recomienda el uso de esta técnica sólo para aquellos que ya tienen un poco de experiencia y habilidad.

Técnica con puntos de referencia en la piel

A diferencia del método anterior, la técnica de ultrasonido de referencia cutánea usa la señal ecográfica indirecta del objetivo de una manera similar a lo que ocurre en la realización de biopsias guiadas por TC, el "objetivo" se centra en la guía del ultrasonido con el transductor en posición aproximadamente perpendicular al plano cutáneo, con el fin de mostrar el centro de la imagen, que mide la distancia desde la piel del objetivo y finalmente, manteniendo firmemente el transductor en el centro del objetivo, se dibuja con un marcador indeleble en la piel (*tatuaje*). Una vez se hace el tatuaje, se mueve el transductor para insertar la aguja en el centro del marcador de la piel, poniendo la aguja vertical a la distancia indicada por las mediciones realizadas con anterioridad. Esta técnica se puede utilizar cuando no hay espacio suficiente para apoyar el transductor y la inserción de la aguja al mismo tiempo, pero especialmente en los casos en que el objetivo es lo suficientemente relevante y no necesita orientación en tiempo real. Esta técnica es más fácil de lo que se ha descrito anteriormente, sin embargo, no se utilizará en el caso de estructuras pequeñas, ya que no da seguridad absoluta para alcanzar el "objetivo".

Técnica guiada

La particularidad de esta técnica es el uso de un *kit* de orientación, directamente aplicado al transductor, que le permite encontrar la ubicación de la aguja a lo largo de una ruta predeterminada, y se muestra en la pantalla de la ecografía (Figura 2.5 A). Hay muchas guías disponibles en el mercado, de ángulo fijo o multiángulo (Figura 2.5 B), este último se selecciona de acuerdo con la posición más o menos profunda del "objetivo" a lograr. La ventaja de la guía es más notable cuando el ángulo de la aguja con respecto al haz de ultrasonido no es particularmente favorable para permitir la visualización, con este dispositivo se puede llegar al "objetivo", incluso sin una muestra clara del camino recorrido. Entre las desventajas se deben tener en cuenta que el tiempo de preparación es mayor que la técnica de mano alzada, la necesidad de esterilizar la guía, y de utilizar agujas más largas que se pueden manejar

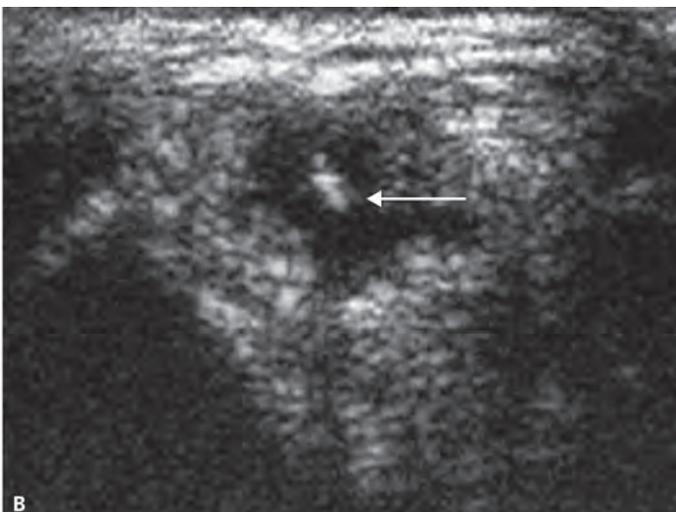
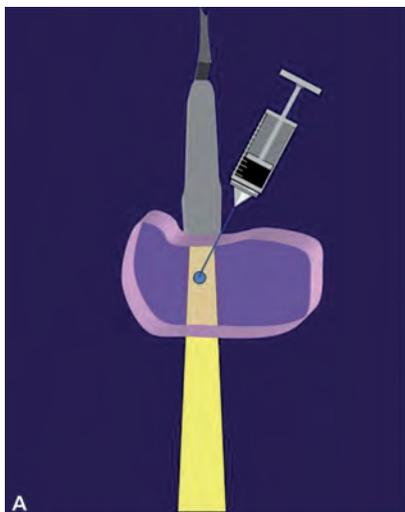


Figura 2.4 Guía de ultrasonido. (A) Representación esquemática del transductor y posición de la aguja de acuerdo con la técnica de acceso axial. (B) La orientación axial de ultrasonido sobre el acceso sólo muestra la punta de la aguja (flecha) en el centro de una pequeña colección quística superficial.

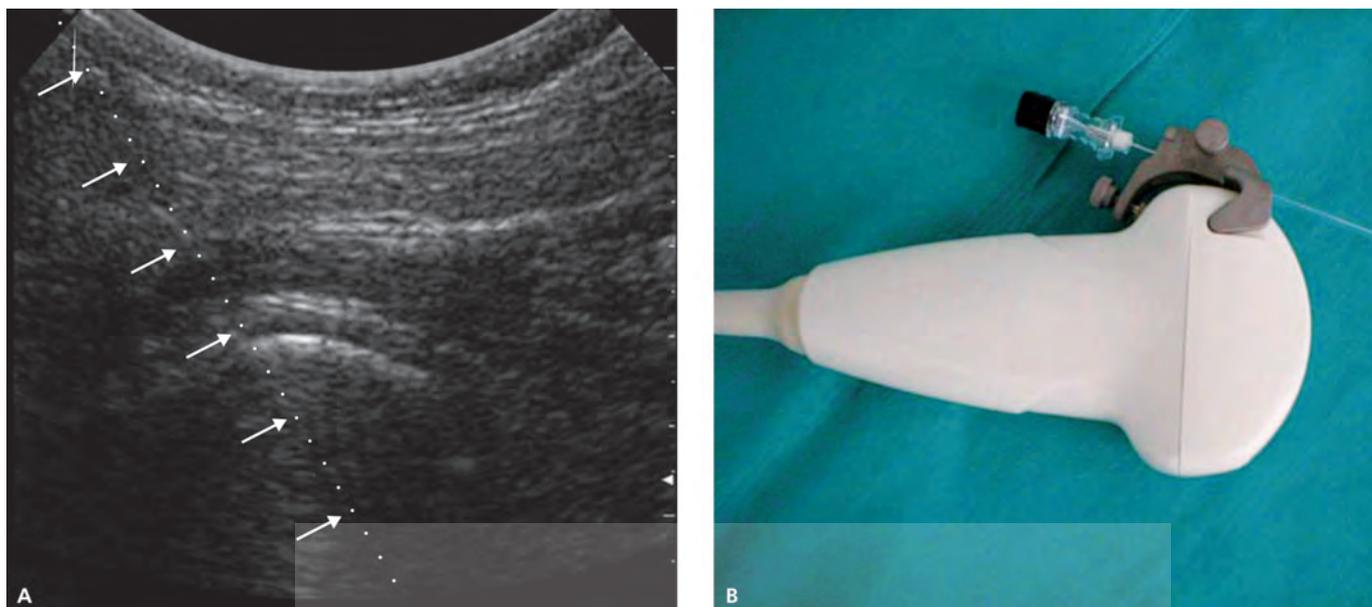


Figura 2.5 Guía de ultrasonido. (A) Transductor longitudinal convexo con una cadera anterior: la línea de puntos en el monitor (flechas) es prácticamente el trayecto de la aguja (con una guía técnica). (B) *Kit* de biopsia montado en el transductor convexo.

fuera de la guía. La aplicación de la guía es muy útil en las infiltraciones en articulaciones profundas como, por ejemplo, la cadera.

FLUOROSCOPIA TRADICIONAL

Históricamente, la *fluoroscopia tradicional* (FT) es el método de referencia en los procedimientos por guía de imagen intervencionista. Durante mucho tiempo, de hecho, los dispositivos móviles de FT se utilizaron generalmente en los quirófanos de ortopedia y neurocirugía, para llevar a cabo intervenciones osteoarticulares y de médula espinal (Figura 2.6). Incluso en los departamentos de radiología, el uso de FT en el campo del sistema musculoesquelético durante muchos años ha apoyado el desarrollo de pruebas diagnósticas invasivas como la artrografía y la mielografía. La FT se utiliza actualmente en las salas de angiografía y los departamentos de Radiología para las investigaciones cardiovasculares y la realización de los procedimientos de intervención endovascular. Por tanto, la experiencia adquirida con la FT para la orientación de los procedimientos de intervención es de lejos el procedimiento más consolidado e importante que otras técnicas.

En el campo de los trastornos musculoesqueléticos, la FT ofrece orientación sobre los procedimientos en los huesos, con la capacidad de obtener imágenes en tiempo real, correspondientes a las radiografías, en todos las proyecciones espaciales (anteroposterior, posteroanterior, lateral y oblicua), debido a la rotación del arco "C" que soporta el tubo detector (Figura 2.6). Por supuesto, la interpretación de imágenes de fluoroscopia en distintas incidencias de proyección requiere un gran conocimiento de la anatomía para identificar las marcas óseas y una considerable experiencia en la coordinación del operario que ve la imagen en el monitor. En virtud de este perfil, el dispositivo de FT biplanar facilita los pasos que permiten en tiempo real la orientación sobre planos del espacio posteroanterior/anteroposterior, laterolateral, craneocaudal (Figura 2.6 B-D).

Se debe recordar que el equipo de FT fijo –excluyendo así a los que se utilizan en los quirófanos portátiles– se instala normalmente

en salas dedicadas para la realización de procedimientos radiológicos de diagnóstico o terapia cardiovascular, con los elementos y accesorios que permiten el cuidado de la anestesia y los requisitos para el cumplimiento de las normas de esterilización.

Bajo el perfil dosimétrico el impacto de las radiaciones ionizantes es relativamente bajo, y están estandarizados y aceptados por los operarios para los pacientes (Tabla 2.1). Por supuesto, la dosis real administrada dependerá del tiempo de los protocolos de uso y de funcionamiento utilizado en la FT. Con referencia a los procedimientos en el campo de la columna vertebral, vertebroplastia y la cifoplastia, que –se caracteriza por una mayor duración– el tiempo promedio de uso de la FT en la literatura varía de 4 a 27.6 minutos, lo que corresponde a un rango de dosis efectiva para paciente entre 4.28 y 34.45 mSv [18, 19], con valores de exposición de 3-4 veces más bajos que para los procedimientos de la columna vertebral que se realizan con la orientación de la TC [20]. Como parte de los mismos procedimientos de la columna vertebral, incluyendo una gama más amplia de dosis efectiva para el cuerpo, que va desde 0,01 y 0.47 mSv [21, 22], por supuesto, con el uso de equipos de protección (bata de laboratorio, cuello, gafas). Estos valores de dosis efectiva para el operario se consideran en los procedimientos de planificación, y con referencia a la legislación italiana vigente que establece que el límite anual de dosis es de 500 mSv/año en las extremidades (manos), 150 mSv/año para el cristalino y 20 mSv/año para el cuerpo (DL 230/95 con las modificaciones y adiciones posteriores). El cumplimiento de estos límites implica que una dosis de 0.096 mSv eficaz para un procedimiento de columna vertebral, el número de procedimientos realizados anualmente por cada operario es de 200, lo que es absolutamente amplio [22].

La evolución actual de los equipos de FT implica el uso de detectores digitales para reemplazar el intensificador de un amplificador. Por lo cual, la *fluoroscopia digital*, además de incluir una dosis de radiación más baja, permite hacer una adquisición de volumen en el plano axial como en la TC, lo que mejora enormemente el rendimiento de la técnica, como se menciona en relación con la fluoroscopia digital llamada "híbrida".

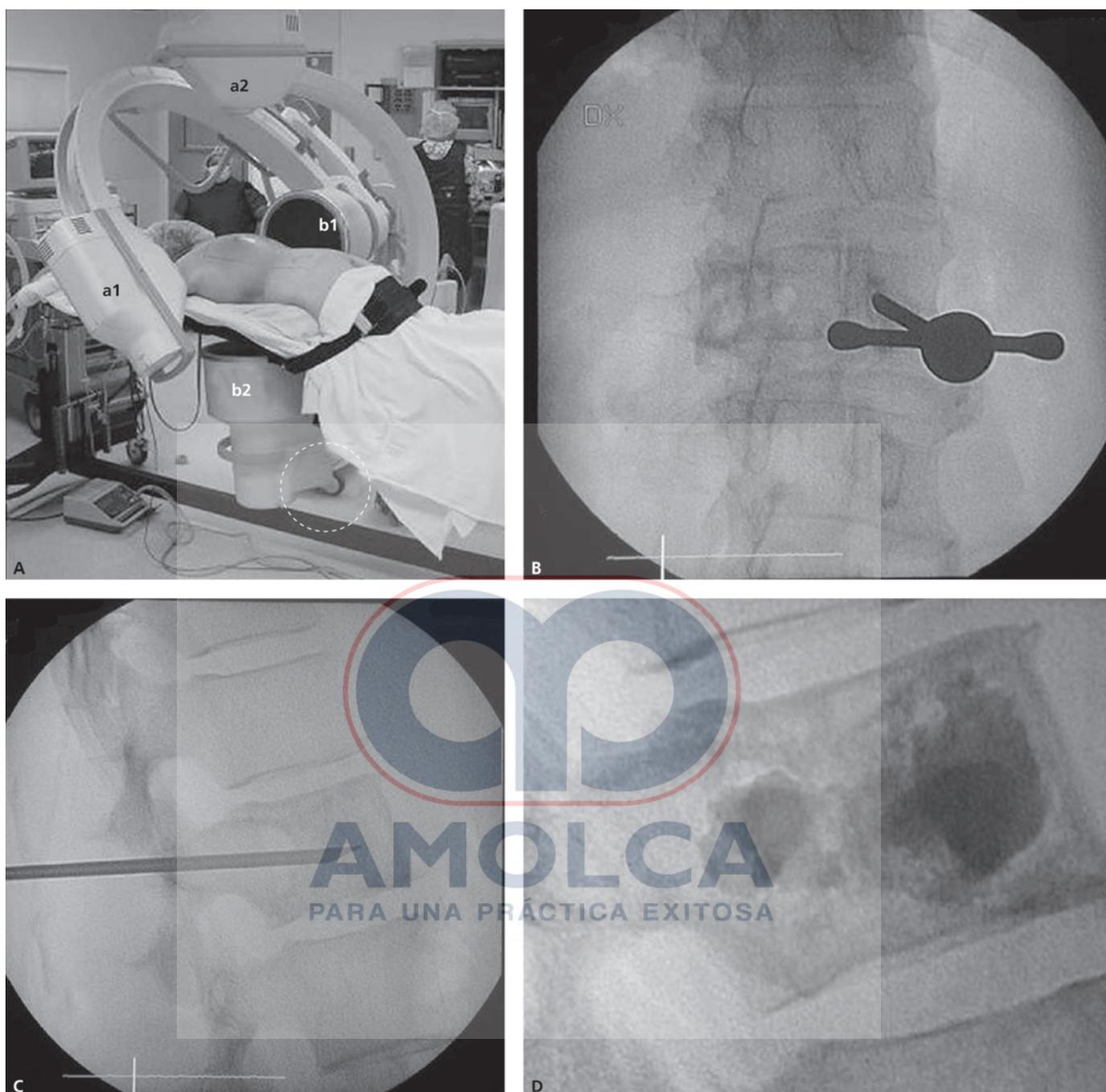


Figura 2.6 Fluoroscopia tradicional guiada. (A) Dispositivo móvil de fluoroscopia con ruedas (círculo punteado), con un arco del doble del tubo de rayos X (a1, a2) y un intensificador amplificador (b1, b2) para los puntos de vista anteroposterior y lateral, se coloca al paciente en decúbito prono para un procedimiento en la columna vertebral en la sala de operaciones. (BC) Procedimiento de vertebroplastia en el cáncer de mama metastásico. Colocación de la aguja en el cuerpo vertebral L1 en proyección radioscópica anteroposterior (B) y lateral (C); control (D) al término del procedimiento.

TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA

La *tomografía computarizada* (TC) es el método más preciso para conducir, en el plano axial, la ejecución de procedimientos en los huesos y/o tejidos blandos [23]. De hecho, el plano axial es óptimo para los segmentos de hueso del esqueleto axial y apendicular, y partes blandas del esqueleto periférico, por esto, la TC se utiliza para efectuar procedi-

mientos invasivos, tales como biopsias de hueso, especialmente en la médula. Con las imágenes de TC obtenidas en el plano axial, el operario puede medir la profundidad y el ángulo que la aguja debe tener en su camino para llegar al lugar de la biopsia percutánea y/o tratamiento (Figura 2.7). Por otra parte, la guía no se puede hacer en tiempo real con la TC, a menos que se utilice una guía de doble imagen fluoroscópica-tradicional combinado con TC, como lo sugieren algunos autores desde los años noventa [24, 25]. Este acoplamiento se logra mediante

Tabla 2.1 Tiempo y exposición de radiación			
Tipo de procedimiento	Tiempo medio (min)	Dosis del paciente (mSv)	Dosis del operario (mSv)
Fluoroscopia tradicional (FT)	4–27.6 ^[18, 19]	4.28–34.45 ^[18, 19]	–
	–	–	0.01–0.47 ^[21, 22]
	10.1 ^[20]	8.5–12.7 ^[20]	–
	10–60 ^[21]	–	–
Tomografía computarizada (TC)	25–30 ^[26]	552–936 ^[26]	–
TC-fluoroscopia (TC-F)	15–20 ^[26]	34–52 ^[26]	–

la colocación frente al atrio (el “cuerpo de la máquina”) de la TC, de un aparato FT portátil con C-brazo, para ver en tiempo real imágenes fluoroscópicas con un paso más delicado del procedimiento (Figura 2.8). Así, la guía de imagen es mucho más eficiente en el perfil de exactitud y seguridad: TC, con la ayuda de puntos X-opacos colocados en la piel, pueden evaluarse la profundidad y el ángulo para lograr el alcance de la lesión (Figura 2.7), después de identificar el punto de entrada de la aguja en la piel, el ángulo medially lateral y la profundidad de la ruta a tomar hacia el centro de la lesión, todas las maniobras del operario pueden seguirse en tiempo real con una fluoroscopia en el plano lateral y, si el paciente en la TC lo permite, incluso en el plano anteriorposte-

rior. Las imágenes fluoroscópicas pueden ser visualizadas fácilmente en un monitor colocado en frente del operario (Figura 2.8). En resumen, el centrado de la lesión inicial puede ser realizado con mucha precisión por la TC, mientras que los siguientes pasos (por ejemplo, avance de la aguja, inyección de medio de contraste, la inyección de cemento) puede ser monitoreada en tiempo real con la fluoroscopia, asegurando así todo el procedimiento (Figura 2.8 B-C).

Hasta hace unos años, la combinación de TC-fluoroscopia para la orientación doble del sistema tradicional era la forma más segura de realizar biopsias y/o tratamientos, especialmente en la columna, con menores tiempos, pero con una dosis de radiación para el paciente [26]

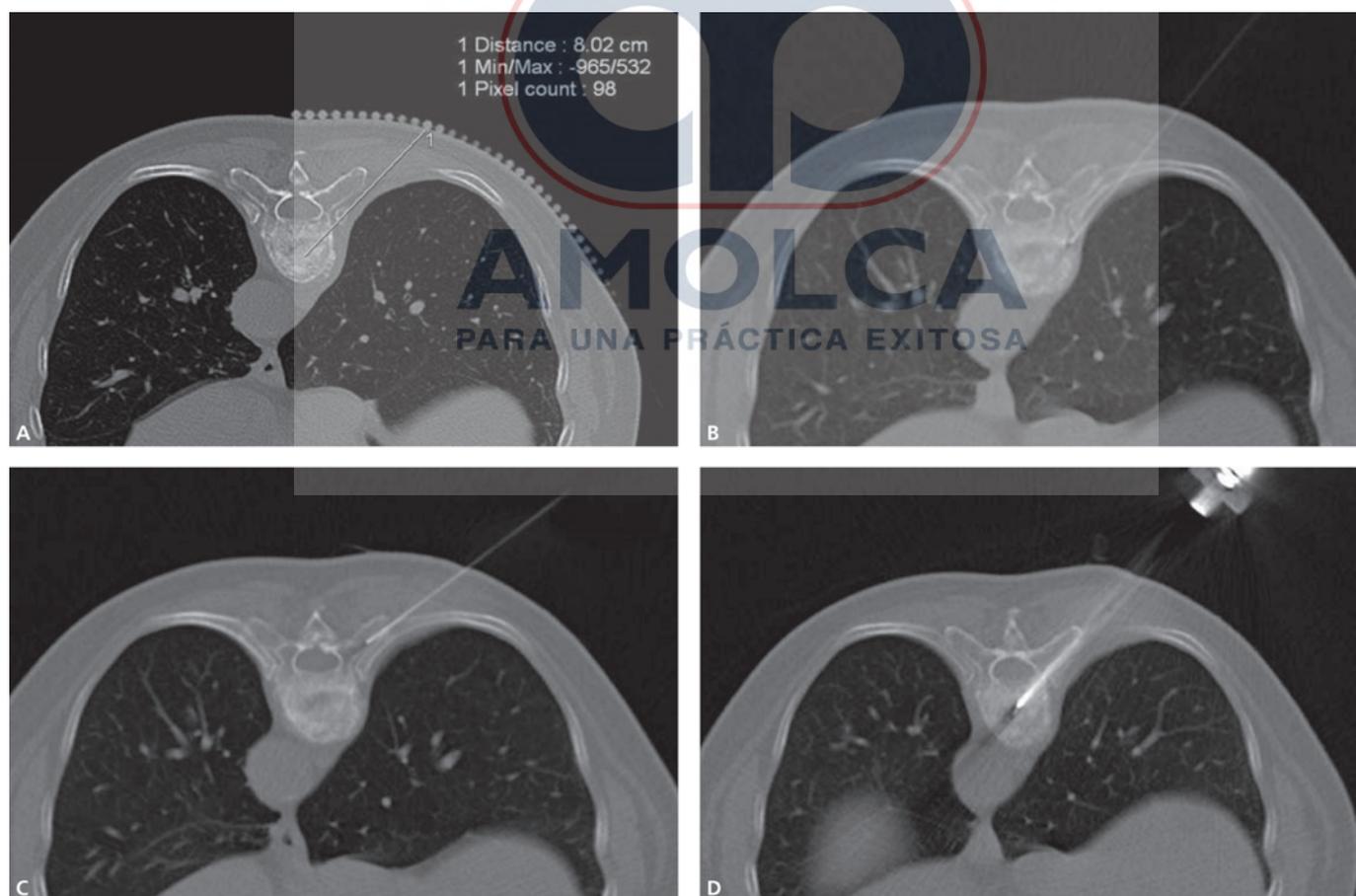


Figura 2.7 TC Guía. (A) Posición de la aguja en el soma de la D11: El paso de centrado se realiza con puntos de referencia en la piel para la evaluación de los ángulos y la distancia para el acceso intercostal transversal del cuerpo de D11. (B) La posición preliminar de la aguja guiada dentro del casco de la articulación intercostal transversal, con riesgo de neumotórax. (C) Reposicionamiento de la aguja guiada para el acceso adecuado intercostal transversal. (D) Después de la colocación de la aguja-cánula (técnica coaxial), luego de su acceso intercostal transversal.

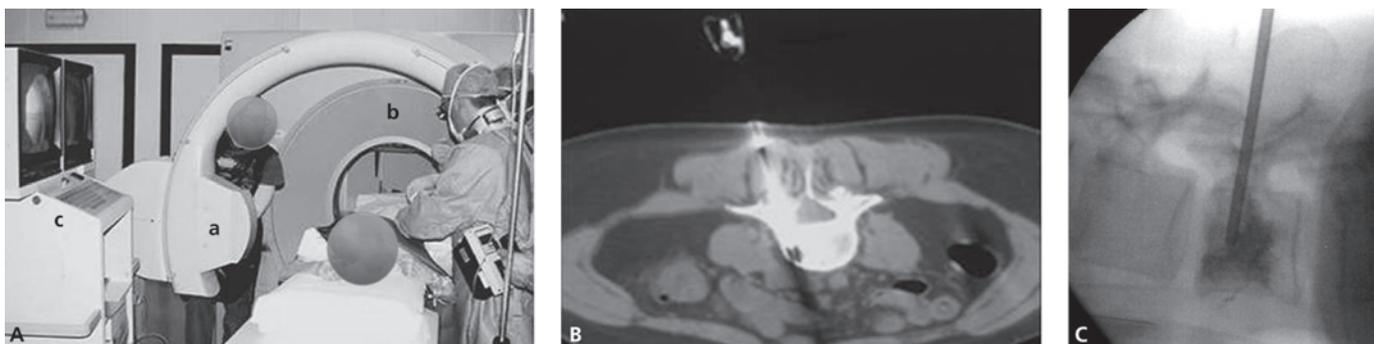


Figura 2.8 Guía combinada TC-fluoroscopia tradicional. (A) Aparato portátil de fluoroscopia y el tubo radiógeno con arco (a) atrio de la TC (b) vista lateral en el monitor (c), se coloca al paciente en decúbito prono para una vertebroplastia por tomografía computarizada. (B) TC de L4 para controlar la posición de la aguja introducida con acceso transpedicular. (C) Rayos X de control durante la inyección de cemento acrílico.

más importante (Tabla 2.1). Hoy día, el desarrollo de dispositivos que utilizan TC espiral multicapa y fluoroscopia tradicional, que emplea detectores digitales, ha mejorado los resultados de guía por imagen, como se describe a continuación.

TC-FLUOROSCOPIA

Ya desde mediados de los noventa, gracias a la adquisición de tecnología en espiral monocapa (microprocesadores de alta velocidad de procesamiento, tubo de rayos X con alta capacidad calorífica, algoritmos parciales de reconstrucción de imagen), que permite obtener imágenes en el plano axial en tiempo real, la TC-fluoroscopia (TC-F) fue utilizada como un método de guía de imagen precisa y segura en los procedimientos de intervención percutánea en el pecho, el abdomen, la pelvis y la columna vertebral [26-29]. La rápida evolución posterior y continua de los equipos de TC en espiral de múltiples capas dio lugar a la disponibilidad de análisis de procesamiento de los sistemas que permiten obtener imágenes axiales en tiempo real, con una rápida reconstrucción multiplanar (RMP Reconstrucción multiplanar) y tridimensional (representación volumétrica RV) que aparecen directamente en los monitores instalados en la sala de TC.

Los equipos modernos TC-F cuentan con una sala de control de la siguiente manera (Figura 2.9): un monitor para la visualización de imágenes, que es idéntico al de la consola central, un pedal de control de la exploración, en el suelo, similar al de los equipos de fluoroscopia, finalmente, una palanca de control más o menos sofisticada que permite manejar todos los aspectos del movimiento de la mesa y visualización de procesamiento de imágenes. De este modo, el operario es completamente independiente en la sala de TC, tanto para el uso del equipo para la visualización de imágenes en tiempo real y/o adquisición multiplanar de imágenes (RMP) o la representación volumétrica en tres dimensiones (RV). La adquisición de imágenes axiales en tiempo real durante un periodo de rotación incompleta (260°), esto también se hace para evitar la irradiación directa de las manos del operario (Figura 2.9 B). Muy recientemente, se redujo aún más a sólo 120° (modulación del haz angular) para aumentar la velocidad y contención de dosis de radiación que reciben el paciente y el operario [30]. El tiempo de rotación es muy rápido (0.35 segundos) y el grosor de corte puede variar en función de las necesidades (3-10 mm). Con el fin de reducir al mínimo la dosis de radiación, las imágenes se obtuvieron con 120 kVp y miliamperaje muy bajo (15-30 mAs), por lo que la calidad de la imagen –en términos de la relación S/R (señal/ruido)– no es óptima, pero lo suficiente para garantizar el control en tiempo real con la ficción

fluoroscopia de tiempo no ampliable a 100 segundos y 10 imágenes/seg en tiempo real en el monitor. El tamaño del atrio del equipo TC-F (hasta 78 cm) da un amplio acceso y destreza para el abordaje del paciente en el interior del mismo, a ambos lados (Figura 2.9 C).

El procedimiento TC-F, podrá efectuarse de tres maneras: con un fin exclusivo, de forma continua con el pie en el pedal que activa la exploración, y que permite ver toda la operación en tiempo real (filmación); bajo intervalos (técnica *Quick-Check* o *spot*), obteniendo sólo unas cuantas imágenes durante el procedimiento, con control de pie de acción corta, finalmente, el uso mixto, con el único propósito de seguir un paso más delicado del procedimiento, alternando el régimen de imagen intercalada por la documentación de las fases individuales (colocación de la aguja, la inyección de cemento, evaluación final del tratamiento; identificación de las complicaciones) [26, 31, 32]. Cuando haya confianza en el uso de la TC-F, puede utilizarse la modalidad interrumpida de fluoroscopia, lo que, en comparación con el uso clásico de orientación TC es capaz de reducir en un 33% la duración media de los procedimientos de intervención, con un considerable ahorro de dosis de radiación (Tabla 2.1) para el paciente [26, 33]. En este sentido, los fabricantes de equipos toman TC-F algoritmos de adquisición que reducen la dosis, y que también sigue siendo más alta que la FT. En promedio, la dosis efectiva por segundo que recibe el paciente con TC-F es diez veces mayor que la que recibe en la fluoroscopia, mientras que el operario recibe el doble de la dosis [26]. Por otra parte, como para la FT, la dosis efectiva de TC-F depende de cómo se utilice en el sistema de fluoroscopia continua o intermitente. En la experiencia personal, la dosis media efectiva al cuerpo del operario va de un mínimo de 0.08 mSv, favoreciendo el régimen de imagen a intervalos, hasta por un máximo de 0.2 mSv en el régimen exclusivo de fluoroscopia continua, se trata de valores dosimétricos medios de buena correlación con otros procedimientos de intervención general reportados en la literatura (0.025 mSv) [29]. Aunque los datos sobre la exposición a la radiación de la TC-F son escasos y no son homogéneos en particular, hay una recomendación unánime para utilizar algunos trucos para reducir la dosis al operario en la realización de procedimientos TC-F [34-36]: el uso del sistema de fluoroscopia a intervalos con bajos valores de mA (15-30 mA), el uso de guantes de plomo (reducción de hasta un 50% de la dosis para las manos), el uso de gafas de protección para protección del cristalino, disposición de hojas de plomo para el sellado del cuerpo del paciente (reduce hasta en un 70% la radiación dispersada a una distancia de 10 cm del caballete). Además de la utilización de estos dispositivos se pueden usar algunas herramientas (por ejemplo, porta-agujas y accesorios de la aguja de longitud adecuada, la inyección de cemento a control remoto) para evitar la exposición directa de las manos del operario durante el seguimiento a una maniobra con fluoroscopia

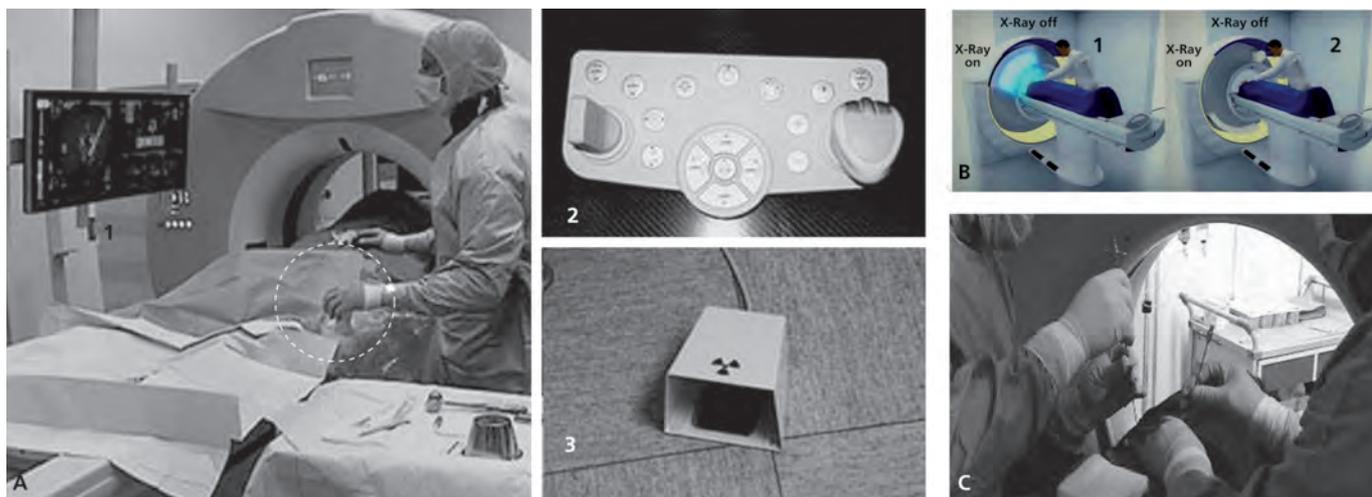


Figura 2.9 Guía fluoro-TC. (A) Fluoro-TC equipo con monitor (1) habitación, joystick (2) equipos para el control y visualización de imágenes desde el operador (círculo punteado), pedal en el suelo (3) para el comando la exploración. (B) Esquema del sistema de control de la dosis-CARE® lado: durante la exploración de la entrega del espectro de radiación (1) es un arco de 260 grados por debajo de la cama de la TC sin irradiación directa de las manos del operador, de rango de la radiación en los próximos 100° de rotación (2) evita la irradiación directa de las manos del operador. (C) Procedimiento de cable con doble aguja en el acceso a través del pórtico de la tomografía computarizada realizada por dos operadores en cada lado de la mesa de TC.

continua exclusiva [35, 37]. Se debe recordar, sin embargo, que el uso de portaagujas reduce la sensibilidad del operario en la ejecución de ciertas maniobras, como, por ejemplo, la introducción de la aguja.

La eficacia de la orientación TC-F no sólo se basa en la capacidad de hacer precisamente algunas medidas como la colocación de la aguja en la lesión –en especial en lugares sensibles, como el soma y la columna

vertebral–, sino también sobre la posibilidad de realizar un procedimiento completo, incluyendo la evaluación y posterior intervención previa TC, sin mover al paciente de la sala (Figura 2.10).

Por estas razones, el uso de TC-F de orientación, donde existe el equipo adecuado disponible, viene a sustituir la guía combinada de TC-fluoroscopia tradicional, mencionada anteriormente.

AMOLCA
PARA UNA PRÁCTICA EXITOSA

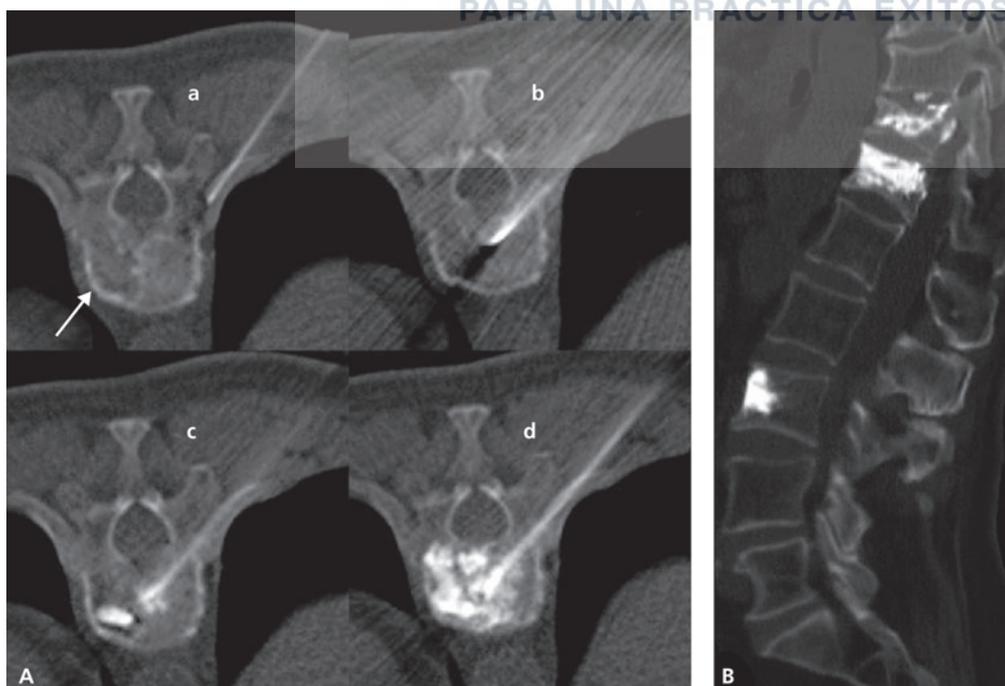


Figura 2.10 Guía fluoro-TC. (A) Procedimiento para la vertebroplastia multinivel en un paciente con mieloma, fluoroguiada con el modo de fluoroscopia CT intercalados en las cuatro fases principales del tratamiento D11: la posición de la guía de la aguja con acceso a intercosto-transversal (a); coaxial posterior introducción de la aguja-cánula en el soma vertebral (b), cerca de la lesión osteolítica (flecha), la inyección de cemento acrílico (c) con el llenado inicial de la lesión osteolítica, en etapa final de la inyección de cemento acrílico (d) somática homogénea distribución. (B) TC de control después del procedimiento con MPR sagital muestra que la presencia de cemento acrílico en el soma de la D11, D12 y L3, posibilidad de escapar.

FLUOROSCOPIA DIGITAL "HÍBRIDA"

Como se mencionó, la innovación tecnológica de los equipos de fluoroscopia tradicionales, la introducción del detector digital en lugar del amplificador de brillo a lo largo del arco en C, que puede aumentar la resolución espacial y de contraste [38]. Además, mediante el uso de *panel plano* de silicio amorfo, es posible no sólo obtener imágenes de las incidencias fluoroscópicas clásicas en tiempo real, sino también para hacer una adquisición en el plano axial muy similar al que se permite en la TC [39]. El equipo de *fluoroscopia digital "híbrida"* (FD-H), que también produce imágenes de TC (TC C-brazo de haz cónico): tubo de rayos X, detector de sistema de antena digital (30 x 40 cm) rota alrededor del paciente de 180 a 200°, la creación de una exploración real que pueda capturar un gran número de imágenes variables en relación con el volumen analizado (300-600 imágenes), contenida en un tiempo de 5-20 segundos (Figura 2.11). Las imágenes capturadas se envían a las

estaciones de trabajo para sus algoritmos de reconstrucción idénticos a los utilizados en la TC, aunque con un mayor tiempo en comparación con la TC [40], así las imágenes se obtienen en el plano axial del volumen adquirido, se reformatean con técnica bidimensional RMP para obtener imágenes en dos dimensiones multiplanares, o con técnicas de reconstrucción 3-D volumétricas RV, sin embargo inferior a localización de la TC en una reducción de S/R, debido a la radiación difusa [41]. Todas las imágenes en el plano axial, RMP o RV, se pueden ver directamente en la sala de control, caso que facilita en gran medida el control del procedimiento. De esta manera, las maniobras más delicadas se pueden controlar en tiempo real con fluoroscopia, mientras que las que requieren una precisión absoluta de centrado de la lesión se pueden comprobar con la adquisición de TC (Figura 2.12). En la práctica, la técnica de la conducción de la FD-H junto con TC es confiable en términos de metodología actual y de referencia en precisión y seguridad para el paciente y el operario. La dosis de radiación recibida por la FD-H aún no se ha evaluado y requiere más estudios [40].



Figura 2.11 Guía fluoroscopia digital "híbrida". (A) El equipo digital de fluoroscopia sistema "híbrido", con techo abovedado (TC C-brazo de haz cónico) con tubo de rayos X (a) y fl en el panel (b) capaz de girar alrededor de la cama. Posición (a) del tubo de arco y (b) detector con respecto al paciente en el diván en el comienzo del ciclo (B), medio (C) y después (D), para la adquisición de imágenes volumétricas TC.

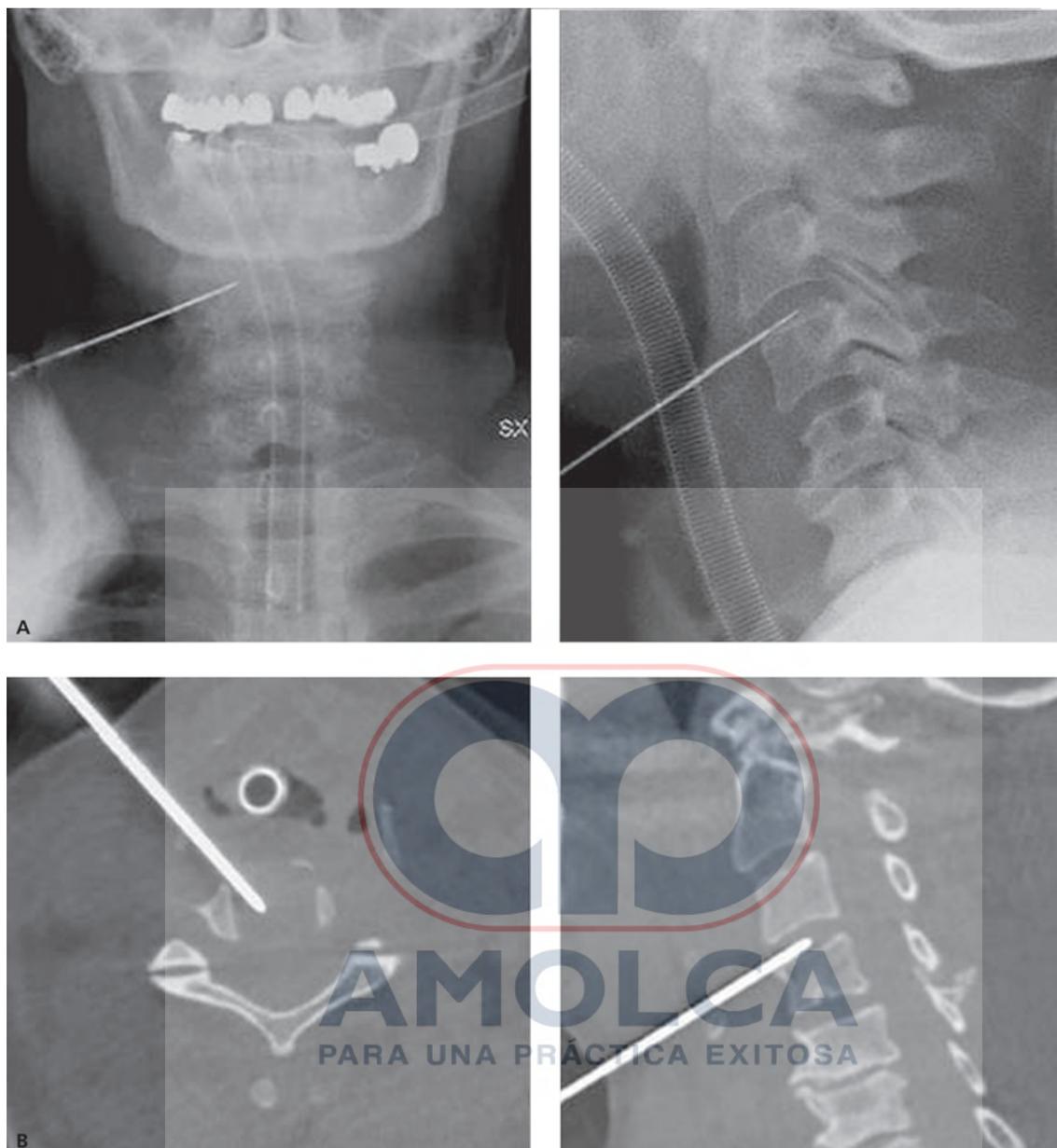


Figura 2.12 Guía fluoroscopia digital “híbrida”. Procedimiento nucleoplástico mediante ablación fría en un paciente que sufre una enfermedad discal C3-C4: se inserta la aguja en el espesor del disco utilizando el enfoque anterior con guía fluoroscópica en la proyección anteroposterior y lateral (A). Comprobación de la posición de la aguja en las imágenes RMP axial y sagital (B) obtenido después de la exploración del arco del tubo detector.

Dado que el equipo FD-H está diseñado para reemplazar las salas tradicionales de angiografía fluoroscópica, su ubicación en un entorno orientado a la anestesia y/o sedación profunda y el cumplimiento de las normas de esterilidad también facilita su uso en radiología intervencionista musculoesquelética [42].

RESONANCIA MAGNÉTICA

Aunque la experiencia, en este momento es muy limitada, no hay duda de que la *resonancia magnética* (RM) puede ser el futuro de las técnicas de conducción para obtener imágenes con la ausencia de radiación io-

nizante, esta ventaja es especialmente relevante en casos en los que se debe realizar un procedimiento complejo que implica largos plazos, lo que elimina el riesgo para el paciente y la exposición del operario [43].

Entre las aplicaciones de la resonancia magnética en la radiología intervencionista musculoesquelética se incluyen biopsias y drenaje percutáneo [43-45], la resolución de alto contraste hace de esta técnica una opción ideal en el área de la biopsia. Otra ventaja significativa de la RM es su capacidad para obtener imágenes multiplanares, con la oportunidad de identificar la ruta de la aguja en cualquier dirección, sobre todo en las estructuras anatómicas complejas o “nobles”. Con el equipo actual, se pueden capturar imágenes en tiempo real en los tres planos del espacio, gracias a la disponibilidad de las secuencias de estímulos muy rápidos con bajos algoritmos de reconstrucción de la matriz [43].

La resonancia magnética se ha propuesto como una guía para el funcionamiento de los exámenes artrográficos [46], utilizando puntos de referencia compatibles con agujas de metales no ferrosos magnéticas para la inyección del medio de contraste (Figura 2.13).

Además de las ventajas relacionadas con la ausencia de radiación ionizante (es decir, la capacidad de realizar biopsias en la niñez o durante el embarazo), la *resonancia magnética* permite el seguimiento de la temperatura del tejido durante los procedimientos de ablación térmica, lo que actualmente sólo es posible en forma invasiva, a través del uso de agujas con termopares que se insertan en el tejido adyacente a la lesión sometida a la ablación térmica [47].

Las principales limitaciones para el uso de la RM derivan de la necesidad del uso de un *kit* compatible, construido con acero no magnético (titanio, carbono), un aspecto que aumenta aún más el ya alto costo del método [43].

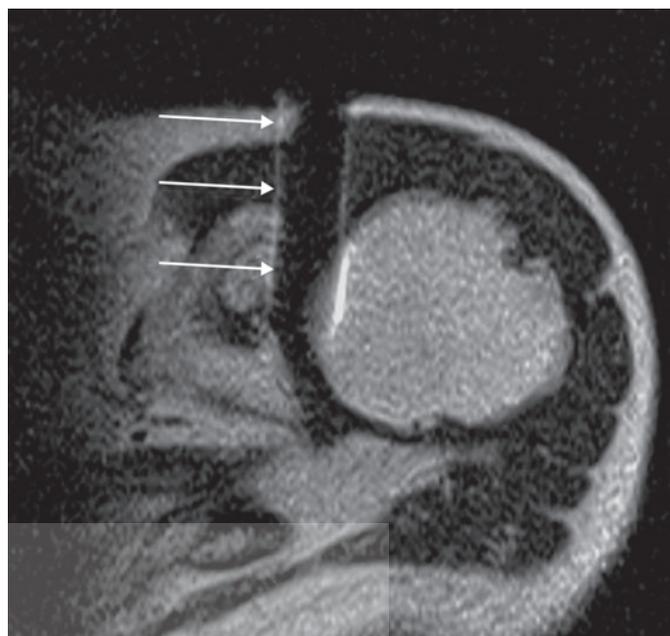
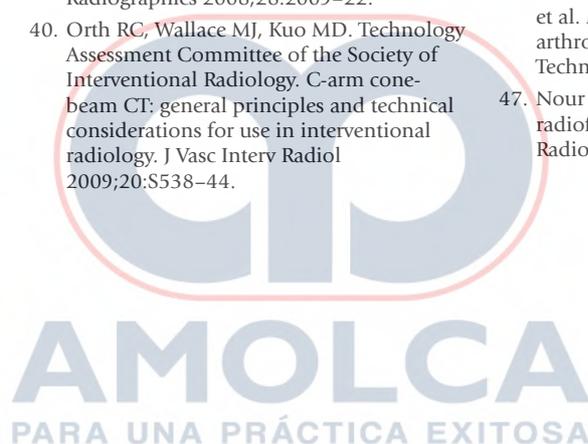


Figura 2.13. Guía por RM. El localizador de la RM se adquiere en el plano axial que muestra la colocación de una aguja de calibre 18 (G) en el espacio de la articulación glenohumeral, con un artefacto típico ferromagnético (flechas).

BIBLIOGRAFÍA

- Serafini G, Sconfienza LM, Lacelli F et al. Rotator cuff calcific tendonitis: short-term and 10-year outcomes after two-needle us-guided percutaneous treatment-nonrandomized controlled trial. *Radiology* 2009;252:157-64.
- Teh J, Vlychou M. Ultrasound-guided interventional procedures of the wrist and hand. *Eur Radiol* 2009;19:1002-10.
- Smith J, Finnoff JT. Diagnostic and interventional musculoskeletal ultrasound: part 1. Fundamentals. *PM R* 2009;1:64-75.
- Smith J, Finnoff JT. Diagnostic and interventional musculoskeletal ultrasound: part 2. Clinical applications. *PM R* 2009;1:162-77.
- Bianchi S, Martinoli C. *Ultrasound of the musculoskeletal system*. Springer Verlag; 2007.
- Gogna A, Peh WC, Munk PL. Image-guided musculoskeletal biopsy. *Radiol Clin North Am* 2008;46:455-73.
- Martino E, Silvestri E, Grassi W et al. *Musculoskeletal Sonography*. Springer Verlag; 2007.
- McNally EG. *Practical musculoskeletal ultrasound*. Churchill Livingstone; 2004.
- Louis LJ. *Musculoskeletal ultrasound intervention: principles and advances*. *Radiol Clin North Am* 2008;46:515-33.
- Del Cura JL. Ultrasound-guided therapeutic procedures in the musculoskeletal system. *Curr Probl Diagn Radiol* 2008;37:203-18.
- Joines MM, Motamedi K, Seeger LL et al. Musculoskeletal interventional ultrasound. *Semin Musculoskelet Radiol* 2007;11:192-8.
- Naredo E, Cabero F, Cruz A et al. Ultrasound guided musculoskeletal injections. *Ann Rheum Dis* 2005;64:341.
- Jacob D, Cyteval C, Moinard M. Interventional sonography. *Radiol* 2005;86:1911-23.
- Adler RS, Sofka CM. Percutaneous ultrasound-guided injections in the musculoskeletal system. *Ultrasound Q* 2003;19:3-12.
- Sofka CM, Adler RS. Ultrasound-guided interventions in the foot and ankle. *Semin Musculoskelet Radiol* 2002;6:163-8.
- Cardinal E, Chhem RK, Beaugard CG. Ultrasound-guided interventional procedures in the musculoskeletal system. *Radiol Clin North Am* 1998;36:597-604.
- Cardinal E, Beaugard CG, Chhem RK. Interventional musculoskeletal ultrasound. *Semin Musculoskelet Radiol* 1997;1:311-8.
- Boszczyk BM, Bierschneider M, Panzer S et al. Fluoroscopic radiation exposure of the kyphoplasty patient. *Eur Spine J* 2006;15:347-55.
- Fitoussi NT, Efstathopoulos EP, Delis HB et al. Patients and staff dosimetry in vertebroplasty. *Spine* 2006;31:E884-9.
- Perisinakis K, Damilakis J, Theocharopoulos N et al. Patient exposure and associated radiation risks from fluoroscopically guided vertebroplasty or kyphoplasty. *Radiology* 2004;232:701-7.
- Mehdizade A, Lovblad KO, Wilhelm KE et al. Radiation dose in vertebroplasty. *Neuroradiology* 2004;46:243-5.
- Theocharopoulos N, Perisinakis K, Damilakis J et al. Occupational exposure from common fluoroscopic projections used in orthopaedic surgery. *J Bone Joint Surg Am* 2003;85-A:1698-703.
- Moser T, Buy X, Goyault G et al. [Image-guided ablation of bone tumors: review of current techniques]. *J Radiol* 2008;89:461-71.
- Gangi A, Kastler BA, Dietemann JL. Percutaneous vertebroplasty guided by a combination of CT and fluoroscopy. *AJNR Am J Neuroradiol* 1994;15:83-6.
- Strub WM, Hoffmann M, Ernst RJ et al. Sacroplasty by CT and fluoroscopic guidance: is the procedure right for your patient? *AJNR Am J Neuroradiol* 2007;28:38-41.

26. Carlson SK, Bender CE, Classic KL et al. Benefits and safety of CT fluoroscopy in interventional radiologic procedures. *Radiology* 2001;219:515–20.
27. Katada K, Kato R, Anno H et al. Guidance with real-time CT fluoroscopy: early clinical experience. *Radiology* 1996;200:851–6.
28. de Mey J, Op de Beeck B, Meysman M et al. Real time CT-fluoroscopy: diagnostic and therapeutic applications. *Eur J Radiol* 2000;34:32–40.
29. Paulson EK, Sheafor DH, Enterline DS et al. CT fluoroscopy-guided interventional procedures: techniques and radiation dose to radiologists. *Radiology* 2001;220:161–7.
30. Hohl C, Suess C, Wildberger JE et al. Dose reduction during CT fluoroscopy: phantom study of angular beam modulation. *Radiology* 2008;246:519–25.
31. Weber CH, Krötz M, Hoffmann RT et al. CT-guided vertebroplasty and kyphoplasty: comparing technical success rate and complications in 101 cases. *Rofo Fortschr Geb Rontgenstr Neuen Bildgeb Verfahr* 2006;178:610–7.
32. Caudana R, Renzi Brivio L, Ventura L et al. CT-guided percutaneous vertebroplasty: personal experience in the treatment of osteoporotic fractures and dorsolumbar metastases. *Radiol Med* 2008;113:114–33.
33. Silverman SG, Tuncali K, Adams DF et al. CT fluoroscopy-guided abdominal interventions: techniques, results, and radiation exposure. *Radiology* 1999;212:673–81.
34. Nawfel RD, Judy PF, Silverman SG et al. Patient and personnel exposure during CT fluoroscopy-guided interventional procedures. *Radiology* 2000;216:180–4.
35. Stoeckelhuber BM, Leibecke T, Schulz E et al. Radiation dose to the radiologist's hand during continuous CT fluoroscopy-guided interventions. *Cardiovasc Intervent Radiol* 2005;28:589–94.
36. Nickoloff EL, Khandji A, Dutta A. Radiation doses during CT fluoroscopy. *Health Phys* 2000;79:675–81.
37. Kato R, Katada K, Anno H et al. Radiation dosimetry at CT fluoroscopy: physician's hand dose and development of needle holders. *Radiology* 1996;201:576–8.
38. Ning R, Chen B, Yu R et al. Flat panel detector-based cone-beam volume CT angiography imaging: system evaluation. *IEEE Trans Med Imaging* 2000;19:949–63.
39. Gupta R, Cheung AC, Bartling SH et al. Flat-panel volume CT: fundamental principles, technology, and applications. *Radiographics* 2008;28:2009–22.
40. Orth RC, Wallace MJ, Kuo MD. Technology Assessment Committee of the Society of Interventional Radiology. C-arm cone-beam CT: general principles and technical considerations for use in interventional radiology. *J Vasc Interv Radiol* 2009;20:S538–44.
41. Gupta R, Grasruck M, Suess C et al. Ultra-high resolution flat-panel volume CT: fundamental principles, design architecture, and system characterization. *Eur Radiol* 2006;16:1191–205.
42. Wallace MJ, Kuo MD, Glaiberman C et al. Technology Assessment Committee of the Society of Interventional Radiology. Three-dimensional C-arm cone-beam CT: applications in the interventional suite. *J Vasc Interv Radiol* 2009;20:S523–37.
43. Schulz T, Puccini S, Schneider JP et al. Interventional and intraoperative MR: review and update of techniques and clinical experience. *Eur Radiol* 2004;14:2212–27.
44. Elgort DR, Duerk JL. A review of technical advances in interventional Magnetic Resonance Imaging. *Acad Radiol* 2005;12:1089–99.
45. Wacker FK, Vogt S, Khamene A et al. An augmented reality system for MR image-guided needle biopsy: initial results in a swine model. *Radiology* 2006;238:497–504.
46. Fischer GS, Deguet A, Schlattman D et al. MRI image overlay: applications to arthrography needle insertion. *Stud Health Techno Inform* 2006;119:150–5.
47. Nour SG. MRI-guided and monitored radiofrequency tumor ablation. *Acad Radiol* 2005;12:1110–20.



AMOLCA
PARA UNA PRÁCTICA EXITOSA