

Primeros pasos en el intervencionismo. Lecciones de la práctica diaria

First steps in interventionism. Lessons from daily practice

Juan Bautista Del Valle*, Matías Borensztein, Lorena Savluk, Gabriel Ducrey

Diagnóstico por Imágenes, Hospital Italiano de Buenos Aires, Ciudad de Buenos Aires, Argentina

Resumen

Las características del paciente y la localización de la lesión diana pueden hacer más complejo un procedimiento intervencionista. Una adecuada formación basada en el conocimiento de los instrumentos, manejo de técnicas alternativas y complementos hacen que estos procedimientos sean efectivos y seguros. Destacaremos la planificación anticipada, los enfoques seguros, el papel de la integración y la discusión interdisciplinaria. Los elementos descritos aquí y la bibliografía adjunta pueden tomarse como una guía para comenzar una carrera en radiología intervencionista.

Palabras clave: Tutoría clínica. Radiología Intervencionista. Procedimientos terapéuticos. Utilización de procedimientos y técnicas.

Abstract

The characteristics of the patient and the location of the target lesion can make an interventional procedure more complex. An adequate training based on the knowledge of instruments, handling of alternative techniques and supplementary tools make these procedures effective and safe. We will emphasize advanced planning, safe approaches, the role of integration, and interdisciplinary discussion. The items described here and the accompanying bibliography can be taken as a guide to starting a career in interventional radiology.

Keywords: Clinical tutoring, Interventional Radiology, Therapeutic procedures, Use of procedures and techniques.

Introducción

La radiología intervencionista ha ganado notoriedad creciente, en parte por la interacción diaria con los pacientes, así como también por su visibilidad ante pares de otras especialidades¹.

Esta visión del trabajo intervencionista se encuentra sustentada en parte por la promoción y formación de nuevas generaciones de especialistas con conocimiento clínico apto para la toma de decisiones². Sin embargo, la incorporación simultánea de conocimiento clínico, farmacológico y quirúrgico no es sencilla.

La adquisición de “técnica” sin poner a los pacientes en riesgo es un gran desafío³. Por esto, la formación de profesionales intervencionistas no es homogénea^{4,5}. Es más: la elección del instrumental, el formato de imágenes guía y la técnica empleada varían ampliamente caso a caso^{6,7}.

Haremos una correlación de casos con la teoría detrás de las intervenciones. Los ítems aquí descritos y su sustento bibliográfico podrán ser tomados como referencia para quien desee incursionar en las intervenciones guiadas por imágenes.

*Correspondencia:

Juan Bautista Del Valle

Email: delvallejuanbautista@gmail.com

Fecha de recepción: 30-03-2023

Fecha de aceptación: 10-08-2023

DOI: 10.24875/RAR.23000019

Disponible en internet: 28-11-2023

Rev Argent Radiol. 2023;87(4):160-168

www.revistarar.com

1852-9992 / © 2023 Sociedad Argentina de Radiología (SAR) y Federación Argentina de Asociaciones de Radiología, Diagnóstico por Imágenes y Terapia Radiante (FAARDIT). Publicado por Permanyer. Éste es un artículo *open access* bajo la licencia CC BY-NC-ND (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Discusión

En esta sección agrupamos los diferentes conceptos a desarrollar en ejes temáticos didácticos.

Biopsias percutáneas: muchas agujas, muchas opciones. ¿Cuál es la mejor?

Si bien existen varios tipos de agujas, la mejor es aquella que pueda dar el resultado esperado. La selección de aguja variará dependiendo de la disponibilidad, el tipo de procedimiento a realizar, la experiencia del usuario y el objetivo del procedimiento^{7,8}.

De una biopsia percutánea (BP) podríamos esperar tres tipos de resultados: análisis citológico, histológico y estudios de laboratorio (p. ej., de cultivo). En resumen, el estudio citológico es el análisis de las células de un tejido determinado. El estudio histológico es el análisis del tejido extraído, y puede complementarse con pruebas para biomarcadores: proteínas y genotipo. Genéricamente, las agujas finas (18-25 G) son útiles para el estudio citológico, mientras que las agujas gruesas (9-20 G) son más aptas para el estudio histológico^{6,9}.

Las agujas presentan diversos mecanismos para extraer tejido. En nuestro medio (y sujeto a disponibilidad comercial), se las divide en agujas para aspiración o agujas de corte. El sistema de corte, a su vez, puede subdividirse en dos: agujas automáticas y semiautomáticas^{7,8}. Las agujas utilizadas predominantemente para estudios citológicos son las tipo Chiba, Franseen o espinales (Fig. 1)¹⁰. Para obtener muestras histológicas de calidad, se puede optar por aquellas tipo Franseen o de corte semiautomáticas (Fig. 2). Estas últimas facilitan la toma de muestras mediante un mecanismo de resorte, que al ser “activado”, extraen el tejido (Fig. 2). Su formato de acción ya ha sido descrito previamente en otra publicación. Las agujas más gruesas, de hasta 8 G tipo “trocar”, son utilizadas para biopsias de lesiones óseas de mayor densidad (preferiblemente no partes blandas) (Fig. 3)^{7,10}.

Como nota al margen: actualmente las terapias oncológicas tienden a actuar sobre procesos subcelulares en lugar de detener la reproducción celular en forma inespecífica, fundamentando así a la medicina de precisión. De esta manera se ha logrado mejorar la supervivencia de los pacientes oncológicos¹¹. Estas terapias deben estar acompañadas de pruebas diagnósticas adicionales para mejorar la selección de pacientes. La extracción de muestras biológicas de calidad mediante BP es crucial para la implementación de tratamientos personalizados^{12,13}. Así es como el rol de la



Figura 1. Agujas tipo Chiba 20 G (flecha), Franseen 20 G (flecha rayada) y Espinal 19 G (flecha abierta).

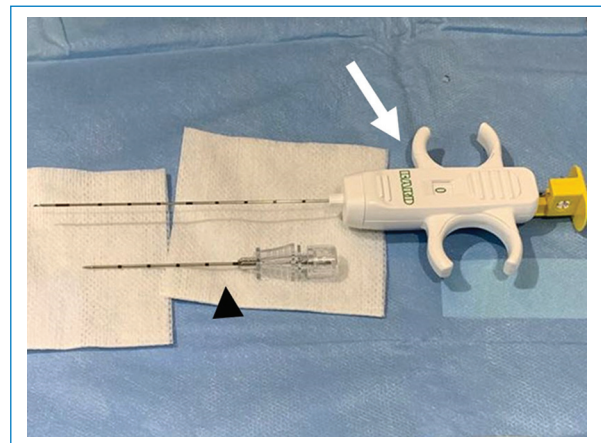


Figura 2. Aguja de “corte” 20 G (flecha) con introductor 19 G (cabeza de flecha).

radiología intervencionista ha cambiado: ya no solo se espera conocer el grado histológico del tumor en estudio, sino que también implica reconocer el perfil molecular del mismo. Por ejemplo, la heterogeneidad tumoral para algunos biomarcadores (receptores de estrógeno, progesterona y del receptor 2 del factor de crecimiento



Figura 3. Trocar óseo, calibre 11 G.

epidérmico humano) varía ampliamente, pudiendo alcanzar una diferencia del 32,4% entre el tumor primario y una recaída por metástasis¹². Con este paradigma se destacan dos eventos claves en el fracaso para la implementación de la medicina de precisión: muestras de baja calidad biológica y material insuficiente para caracterización. Históricamente se prefirió limitar la obtención de tejido mediante BP, pero con el advenimiento de la secuenciación, reacción en cadena de la polimerasa o hibridación fluorescente *in situ*, la cantidad de material biológico necesario es mayor y demanda metodologías de extracción más agresivas. Esta situación se tradujo en prolongación de tiempos de intervención y potencialmente aumento en los riesgos de complicaciones^{13,14}. Sin embargo, con el desarrollo de nuevas tecnologías y perfeccionamiento de métodos preexistentes, la cantidad de material necesario para llegar a resultados en estudios moleculares ha ido disminuyendo. Generalmente se suele utilizar una combinación de técnicas de inmunohistoquímica con secuenciación o hibridación fluorescente *in situ*. Se estima que la obtención de al menos 200-400 células malignas alcanzaría para la mayoría de los estudios moleculares. Pese a esto se ha observado que entre el 10-15% del material remitido por PB para estudios moleculares es inválido. Como



Figura 4. Hombre de 65 años cursando infección grave por SARS-CoV-2. Angiotomografía en tiempo arterial inmediatamente posterior a intento de colocación de vía central derecha en unidad de terapia intensiva demuestra sangrado activo proveniente de la arteria carótida común (flecha) con hematoma del cuello (flecha curva).



Figura 5. Mujer de 50 años con trastornos hepáticos en estudio. Angiotomografía en tiempo arterial demuestra pseudoaneurisma iatrogénico de arteria epigástrica inferior derecha (flecha) posterior a caída del hematocrito en contexto de drenaje de líquido ascítico.

en la práctica diaria es difícil predecir la cantidad de material viable para estudios moleculares, se suele optar por extracción de tejido adicional¹³.

Planificación y ejecución. ¿Cómo realizar procedimientos en forma segura?

El conocimiento de la anatomía local, la correcta ejecución de la planificación y la experiencia del operador se asocian a resultados favorables⁷. El conocimiento de

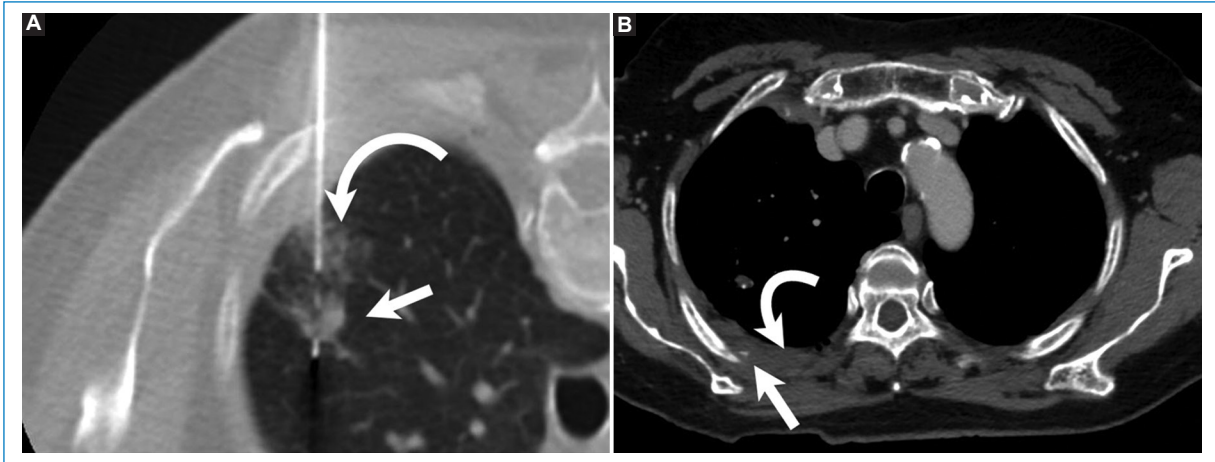


Figura 6. Mujer de 73 años en estudio por presencia de nódulos pulmonares y nódulo cerebral. (A) Biopsia pulmonar bajo tomografía en decúbito ventral con técnica coaxial y aguja de corte 18 G. Se observa pequeño nódulo pulmonar (flecha) con hematoma parenquimatoso adyacente (flecha curva). (B) Angiotomografía en tiempo venoso 40 min posbiopsia pulmonar en contexto de dolor y dificultad respiratoria que muestra pseudoaneurisma de arteria intercostal (flecha) con hemotórax leve adyacente (flecha curva).

las agujas y su alcance también tiene sus consecuencias directas en estas prácticas^{15,16}. Por el contrario, el déficit en alguno de los puntos mencionados puede tener un efecto deletéreo inmediato en la salud del paciente y un impacto negativo en los resultados del procedimiento^{7,17}. Dentro de la planificación de la intervención debería considerarse la potencial lesión inadvertida de órganos vitales adyacentes¹⁵. Por tal motivo, los accesos deben planificarse evitando apuntar hacia a estas estructuras (de ser posible)^{18,19}. Adicionalmente se debe mantener el control absoluto y no perder la visión del instrumental (Fig. 4)²⁰. Otros autores también han expuesto casos de complicaciones catastróficas por procedimientos mal planificados y ejecutados²¹.

La planificación de las intervenciones debe hacerse por el trayecto más corto, desde la piel hasta la lesión, y en todo momento deben evitarse estructuras neurovasculares (Figs. 5 y 6)^{6,21}. No obstante, en el sistema músculo-esquelético la planificación está orientada a disminuir la siembra tumoral, y no siempre puede ni debe utilizarse el trayecto más corto; dicho acceso deberá ser consultado con el equipo tratante. Algunos accesos ya se encuentran preestablecidos siguiendo los lineamientos de las resecciones quirúrgicas para el salvataje de miembros. Este enfoque está particularmente dirigido hacia tumores primarios (Fig. 7)²². En estas resecciones, el trayecto de la biopsia es incluido en la exéresis. Cualquier desvío o planificación subóptima puede supeditar a cirugías más agresivas y/o llevarlas al fracaso terapéutico limitando la funcionalidad y sobrevida del paciente^{7,23}.

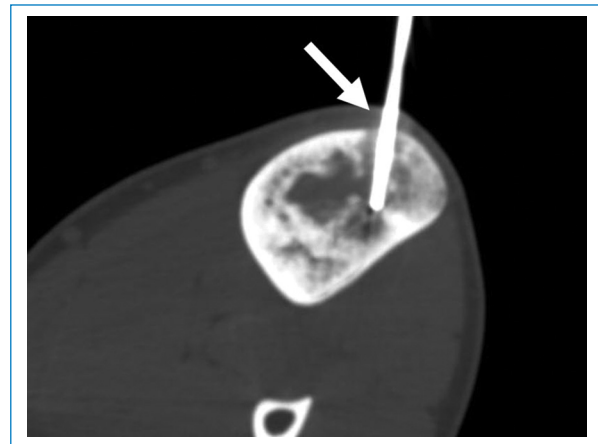


Figura 7. Hombre de 17 años en estudio por lesión tumoral en tibia izquierda. Biopsia ósea bajo tomografía con aguja tipo Jamshidi 8 G. La imagen demuestra el acceso a la lesión a través de la cara anteromedial de la pantorrilla evitando el contacto con los músculos de la pierna.

Contrariamente, algunos órganos pueden ser atravesados en forma cuidadosa y empleando agujas del menor calibre posible. Entre ellos se destacan los huesos (Fig. 8), el hígado (Fig. 9) y el estómago (Fig. 10)^{24,25}. Por el contrario, el colon no debe ser intervenido sin preparación antibiótica previa y deberá ser evitado (Fig. 11)⁷.

Se han desarrollado e implementado con éxito algunas estrategias para mejorar el acceso a lesiones en estudio o tratamiento. Primero y principal, el posicionamiento del

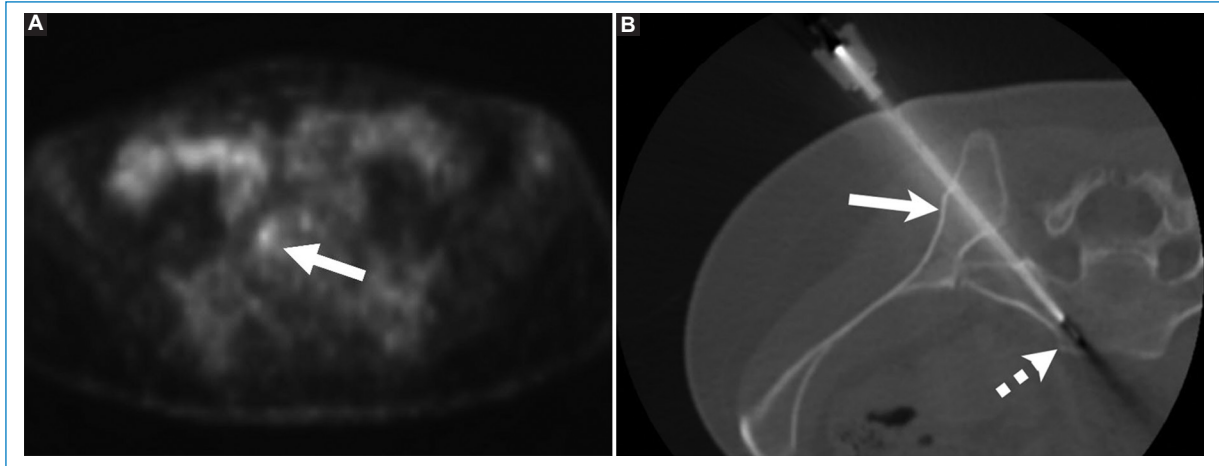


Figura 8. Mujer de 37 años en estadificación por nódulo mamario. **(A)** Imagen PET con 18F-FDG que muestra región levemente hipermetabólica en el cuerpo de S1 hacia la derecha (flecha). **(B)** Biopsia bajo tomografía de lesión previamente descrita, transilíaca, con técnica coaxial empleando aguja Jamshidi 11 G (flecha) y Franseen 18 G (flecha rayada). Diagnóstico final: metástasis de carcinoma de origen mamario.

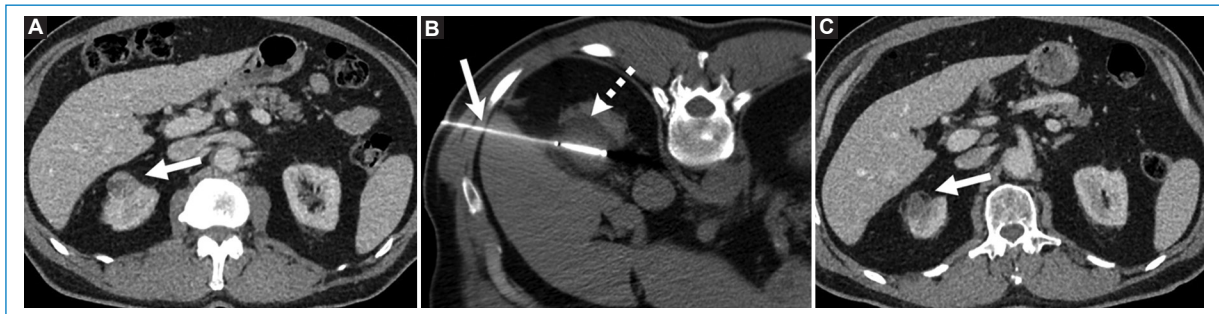


Figura 9. Hombre de 57 años con diagnóstico de carcinoma de células renales en plan terapéutico con contraindicaciones quirúrgicas. **(A)** Tomografía computada (TC) con contraste endovenoso en fase portal que muestra lesión nodular en polo superior del riñón derecho (flecha). **(B)** Crioablación renal bajo TC con paciente en decúbito ventral. La aguja de crioablación fue colocada en forma transhepática (flecha), nótese la esfera de hielo como área hipodensa cubriendo el polo superior del riñón correspondiente (flecha rayada). **(C)** TC con contraste endovenoso en fase portal 6 meses postratamiento que muestra disminución de tamaño de la lesión tratada sin realce, denotando tratamiento exitoso (flecha).

paciente debe ser el ideal para lograr una buena ventana de acceso, pero también es importante brindarle confort (Fig. 12). En caso de que esto no sea suficiente y el acceso permanezca bloqueado o exista peligro de lesionar vísceras adyacentes, las técnicas de hidrodissección y pneumodisección se han empleado para proteger estas estructuras (Figs. 13 y 14)^{26,27}. Cuando se requiera el uso de pneumodisección, hay que tener en cuenta que el aire ambiente puede actuar como sustancia embolígena y se prefiere el empleo de dióxido de carbono filtrado^{26,28}.

Otra alternativa, más sencilla de ser llevada a la práctica, es el desplazamiento de algunas vísceras, pero

mediante compresión manual. Cuando se realicen intervenciones bajo ecografía, el transductor podrá ser empleado para comprimir y desplazarlas y generar accesos previamente bloqueados sin perder visión del objetivo (Fig. 15)¹⁷.

Hay una orden médica, hay que citar y proceder

Primero debemos preguntarnos si somos el equipo indicado para ejecutar la práctica. Existen distintas alternativas para alcanzar el mismo resultado. Debemos brindar la opción más efectiva y segura: en

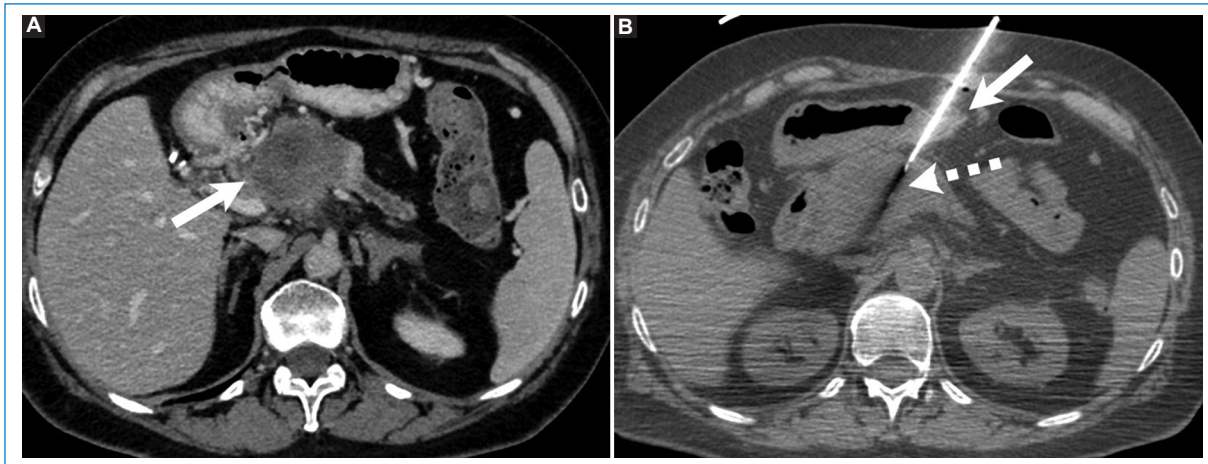


Figura 10. Mujer de 60 años en estudio por síndrome de impregnación de 4 meses de evolución. **(A)** TC con contraste endovenoso en fase portal demuestra tumoración hipovascularizada en la cabeza y cuerpo del páncreas (flecha). **(B)** Biopsia bajo tomografía de lesión en estudio con acceso transgástrico (flecha) utilizando técnica coaxial y aguja de corte 18 G (flecha rayada). Diagnóstico final: adenocarcinoma pancreático.

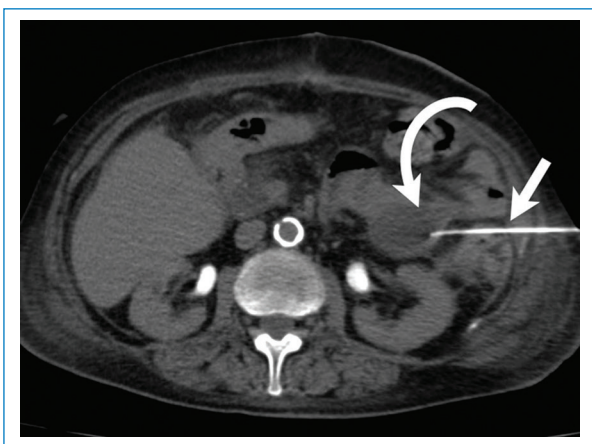


Figura 11. Hombre de 52 años en contexto posquirúrgico (hemi colectomía por cáncer colorrectal) con colección abdominal. Punción aspiración bajo tomografía de colección (flecha curva) con trasgresión inadvertida del colon descendente (flecha).



Figura 12. Hombre de 70 años con lumbociatalgia invalidante por hernia de disco a nivel L5S1. Bloqueo perirradicular L5S1 derecho bajo tomografía en decúbito preferencial por intolerancia al decúbito ventral.

ocasiones hay que rechazar y redirigir procedimientos hacia otros servicios¹⁷. Ejemplo de esto son las biopsias mediante ecoendoscopia (para lesiones en hilio pulmonar o cabeza de páncreas), alcoholización endoscópica del plexo celíaco o biopsia hepática transyugular^{17,29-31}.

Planificar y ejecutar procedimientos intervencionistas puede tornarse una tarea compleja. Muchos argumentos desarrollados en los párrafos anteriores solo podrán llevarse a la práctica si se realiza previamente una

consulta con el paciente¹⁷. En esta instancia se conocerá al paciente, sus antecedentes y estudios, y se le explicará el procedimiento. Podrán solicitarse también estudios adicionales para completar la valoración preintervención. La consulta es el mejor momento para determinar el método de imágenes para realizar el procedimiento, valorar la necesidad de utilizar anestesia general/sedación y dar indicaciones, de ser necesario, con respecto a la medicación anticoagulante o antiagregante^{6,9}.

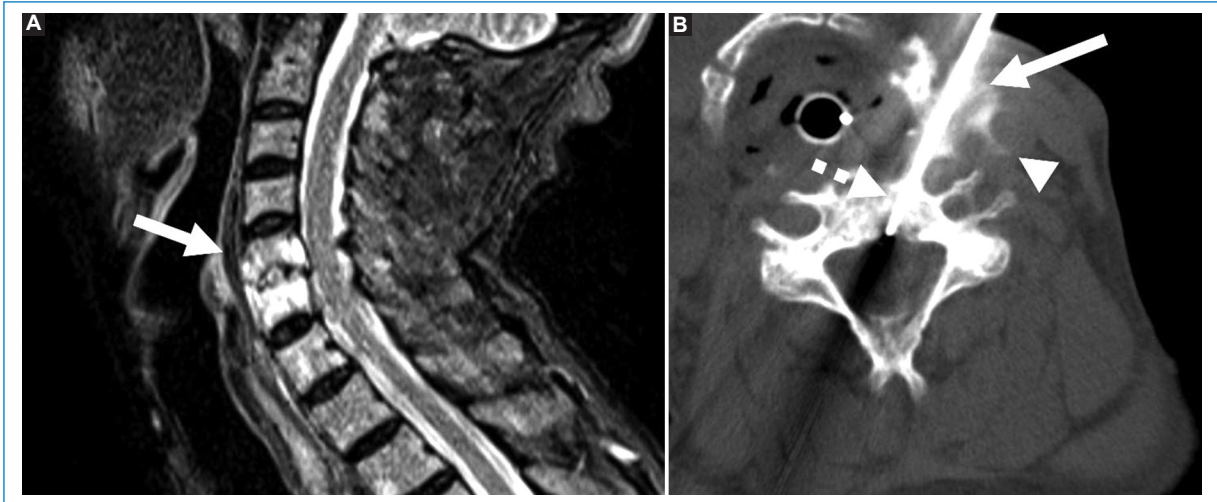


Figura 13. Hombre de 63 años en seguimiento por tuberculosis pulmonar con cuadro de cervicalgia crónica. **(A)** Resonancia magnética sin contraste endovenoso, secuencia STIR, demuestra hiperintensidad en cuerpos vertebrales C5 y C6, así como también del disco correspondiente (flecha). **(B)** Biopsia bajo tomografía de cuerpo vertebral C5 mediante aguja Jamshidi 13 G (flecha rayada) con hidrodissección con solución contrastada al 5% (flecha) para desplazar paquete yugulo-carotídeo (cabeza de flecha) hacia el lateral izquierdo y generar paso para el instrumental.

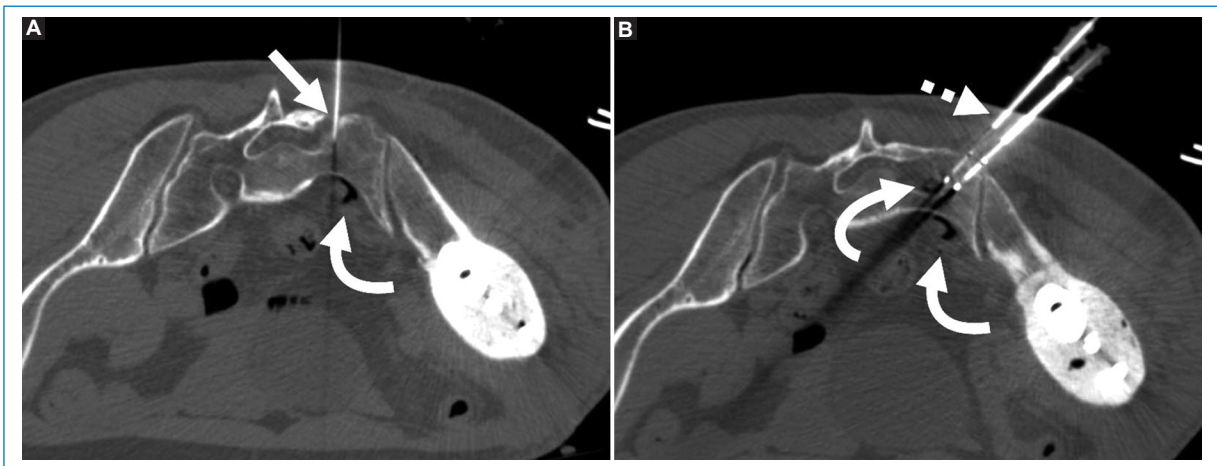


Figura 14. Hombre de 54 años con antecedentes de condrosarcoma grado 2 en fémur y hueso ilíaco izquierdo tratado con resección de conservación de miembro, actualmente con metástasis en alerón sacro izquierdo. **(A)** TC para tratamiento mediante crioablación percutánea de pequeña lesión sacra con pneumodisección con CO₂ de raíces sacras S1 y S2 homolaterales (flecha curva) mediante aguja espinal 21 G (flecha). **(B)** Imagen caudal a la anterior que muestra agujas de crioablación en posición (flecha rayada) con pneumodisección de raíz S1 y menos evidentemente de raíz S2 (flechas curvas).

Ya sé lo que tiene y sé lo que tengo que hacer

La comunicación clara y efectiva entre las distintas especialidades enfocadas al tratamiento del paciente ha demostrado ser uno de los factores más importantes a la hora de prevenir errores médicos. Para mejorar la calidad de atención y los resultados terapéuticos, es

necesario eliminar la “mentalidad de silo” entre los diferentes grupos de especialistas³². El denominado “efecto de silo o mentalidad de silo” se ha convertido en un problema en las distintas unidades médicas, en las cuales la información de los pacientes no es compartida correctamente, lo que genera fricción interprofesional y un efecto deletéreo en la calidad de atención

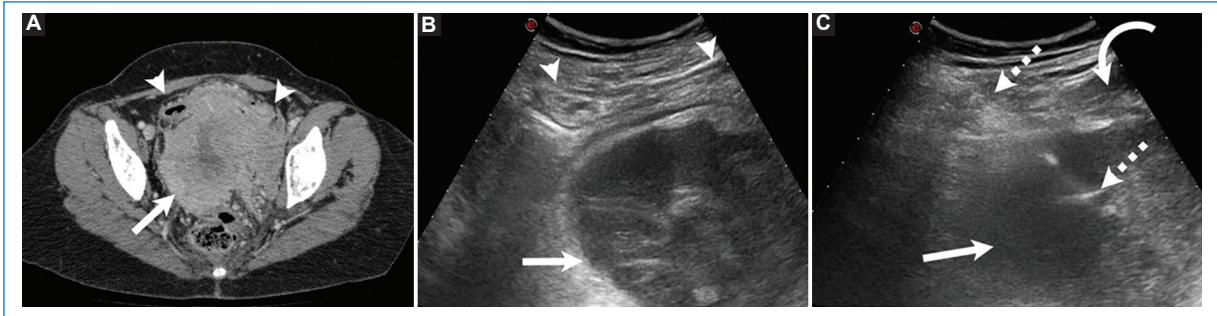


Figura 15. Mujer de 63 años con antecedentes de mieloma múltiple, nuevamente en estudio por dolor abdominal recurrente. **(A)** TC con contraste endovenoso en fase portal que destaca tumoración en cavidad pelviana presumiblemente con origen uterino (flecha), con presencia del colon sigmoide dispuesto inmediatamente anterior a este (cabezas de flecha). **(B)** Ecografía planificatoria previo a BP que confirma los hallazgos mencionados anteriormente: tumoración hipoeecogénica (flecha) con colon sigmoide dispuesto en forma anterior (cabezas de flecha). **(C)** BP con ecografía, realizando compresión con transductor, que muestra correcto posicionamiento de la aguja (flecha rayada) en la lesión (flecha) con desplazamiento de vísceras huecas (flecha curva). Diagnóstico final: neoplasia de células plasmáticas con índice proliferativo (Ki-67 ventana, clon 30-9): 100%.

y resultados esperables³³. Esto no es un punto menor, ya que las unidades de radiología intervencionista suelen ser vistas como unidades de trabajo independientes³². La existencia de comités interdisciplinarios para diagnóstico y tratamiento favorece el posicionamiento de la radiología diagnóstica e intervencionista en un lugar de privilegio para compartir información de pacientes. No solo facilita la toma de decisiones, sino que potencialmente actúa como una oportunidad para compartir con otros colegas información sobre las distintas técnicas diagnósticas y terapéuticas de la radiología^{11,34,35}. Es aquí, en estos comités, donde la radiología intervencionista es fundamental para lograr diagnósticos más precisos, mediante comunicación directa con especialistas en anatomía patológica y oncología^{36,37}. Un ejemplo de esto es la interacción interdisciplinaria en la planificación de biopsias del sistema músculo-esquelético, situación tratada previamente⁷.

Conclusión

Hemos expuesto diferentes casos gráficos y el texto que acompaña brinda un marco teórico. También destacamos algunos puntos de valor para la creación de una práctica clínica eficiente, eficaz y responsable.

Este trabajo fue pensado para quienes comienzan su carrera en el intervencionismo radiológico: los conceptos aquí desarrollados son extrapolables a diferentes prácticas de nuestra especialidad (biopsias, ablaciones, confección de accesos vasculares e incluso infiltraciones).

Financiamiento

Los autores declaran no haber recibido financiamiento para el desarrollo del artículo.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

Responsabilidades éticas

Protección de personas y animales. Los autores declaran que los procedimientos seguidos se conformaron a las normas éticas del comité de experimentación humana responsable y de acuerdo con la Asociación Médica Mundial y la Declaración de Helsinki.

Confidencialidad de los datos. Los autores declaran que han seguido los protocolos de su centro de trabajo sobre la publicación de datos de pacientes.

Derecho a la privacidad y consentimiento informado. Derecho a la privacidad y consentimiento informado. Los autores han obtenido la aprobación del Comité de Ética para el análisis y publicación de datos clínicos obtenidos de forma rutinaria. El consentimiento informado de los pacientes no fue requerido por tratarse de un estudio observacional retrospectivo.

Uso de inteligencia artificial para generar textos. Los autores declaran que no han utilizado ningún tipo de inteligencia artificial generativa en la redacción de este manuscrito ni para la creación de figuras, gráficos, tablas o sus correspondientes pies o leyendas.

Bibliografía

- European Society of Radiology. The role of radiologist in the changing world of healthcare: a White Paper of the European Society of Radiology (ESR). *Insights Imaging*. 2022;13:100.
- Kwan SW, Talenfeld AD, Brunner MC. The top three health care developments impacting the practice of interventional radiology in the next decade. *AJR Am J Roentgenol*. 2016;207:731-6.
- Nhan C, Chankowsky J, Torres C, Boucher LM. Creating low-cost phantoms for needle manipulation training in interventional radiology procedures. *Radiographics*. 2021;41:1230-42.
- Mukund A, Bhardwaj K, Mohan C. Basic interventional procedures: Practice essentials. *Indian J Radiol Imaging*. 2019;29:182-9.
- Taslakian B, Ingber R, Aaltonen E, Horn J, Hickey R. Interventional radiology suite: A primer for trainees. *J Clin Med*. 2019;8(9):1347.
- Veltri A, Bargellini I, Giorgi L, Almeida PAMS, Akhan O. CIRSE Guidelines on Percutaneous Needle Biopsy (PNB). *Cardiovasc Intervent Radiol*. 2017;40:1501-13.
- Del Valle JB, Borensztein MA, Ducrey G, Savluk JL. Biopsias pelvianas percutáneas: guía iconográfica de abordajes seguros. *Rev Argent Radiol*. 2022;86:124-34.
- Del Valle JB, Borensztein MA, Savluk JL, Ducrey G. Biopsia percutánea de nódulos y masas pulmonares bajo ecografía: una alternativa a la tomografía computada. *Rev Argent Radiol*. 2023;86:262-72.
- Society of Interventional Radiology. Quality improvement standards on percutaneous needle biopsy in adult and pediatric patients. *J Vasc Interv Radiol*. 2020;31:1840-8.
- Gupta S, Madoff DC. Image-guided percutaneous needle biopsy in cancer diagnosis and staging. *Tech Vasc Interv Radiol*. 2007;10:88-101.
- Abi-Jaoudeh N, Duffy AG, Greten TF, Kohn EC, Clark TWI, Wood BJ. Personalized oncology in interventional radiology. *J Vasc Interv Radiol*. 2013;24:1083-92; quiz 1093.
- Tam AL, Lim HJ, Wistuba II, Tamrazi A, Kuo MD, Ziv E, et al. Image-guided biopsy in the Era of personalized cancer care: Proceedings from the Society of Interventional Radiology Research Consensus Panel. *J Vasc Interv Radiol*. 2016;27:8-19.
- O'Shea A, Tam AL, Kilcoyne A, Flaherty KT, Lee SI. Image-guided biopsy in the age of personalised medicine: strategies for success and safety. *Clin Radiol*. 2021;76:154.e1-154.e9.
- Cherukuri AR, Lubner MG, Zea R, Hinshaw JL, Lubner SJ, Matkowskyj KA, et al. Tissue sampling in the era of precision medicine: comparison of percutaneous biopsies performed for clinical trials or tumor genomics versus routine clinical care. *Abdom Radiol (NY)*. 2018;44:2074-80.
- Patra A, Keshava SN. Biopsy with side-cutting coaxial needle-knowing the "cutting length" and "throw length." *Indian J Radiol Imaging*. 2021;31:933-8.
- Roberts CC, Morrison WB, Leslie KO, Carrino JA, Lozevski JL, Liu PT. Assessment of bone biopsy needles for sample size, specimen quality and ease of use. *Skeletal Radiol*. 2005;34:329-35.
- Carberry GA, Lubner MG, Wells SA, Hinshaw JL. Percutaneous biopsy in the abdomen and pelvis: a step-by-step approach. *Abdom Radiol (NY)*. 2016;41:720-42.
- Uppot RN, Harisinghani MG, Gervais DA. Imaging-guided percutaneous renal biopsy: rationale and approach. *AJR Am J Roentgenol*. 2010;194:1443-9.
- Wu CC, Maher MM, Shepard J-AO. Complications of CT-guided percutaneous needle biopsy of the chest: prevention and management. *AJR Am J Roentgenol*. 2011;196:W678-82.
- Chin KJ. Maximizing visualization of the needle during ultrasound procedures. Oxford University Press; 2018.
- Lorenz J, Blum M. Complications of percutaneous chest biopsy. *Semin Intervent Radiol*. 2006;23:188-93.
- Tomasian A, Hillen TJ, Jennings JW. Bone biopsies: What radiologists need to know. *AJR Am J Roentgenol*. 2020;215:523-33.
- Espinosa LA, Jamadar DA, Jacobson JA, DeMaeseneer MO, Ebrahim FS, Sabb BJ, et al. CT-guided biopsy of bone: a radiologist's perspective. *AJR Am J Roentgenol*. 2008;190:W283-9.
- Cornman-Homonoff J, Madoff D. Image-guided biopsy of mesenteric, omental, and peritoneal disease. *Dig Dis Interv*. 2018;02:106-15.
- Rendon FO, del Valle JB, Chulvi MPV, Dalurzo ML, Santino JP, Borensztein MA. Biopsia de linfadenopatía retroperitoneal guiada por imágenes con abordaje trans-vertebral. *Rev Fac Cien Med Univ Nac Córdoba*. 2022;79(3):289-93.
- Mauri G, Nicosia L, Varano GM, Bonomo G, Della Vigna P, Monfardini L, et al. Tips and tricks for a safe and effective image-guided percutaneous renal tumour ablation. *Insights Imaging*. 2017;8:357-63.
- Asvadi NH, Arellano RS. Hydrodissection-assisted image-guided percutaneous biopsy of abdominal and pelvic lesions: experience with seven patients. *AJR Am J Roentgenol*. 2015;204:865-7.
- Tsoumakidou G, Buy X, Garnon J, Enescu J, Gangi A. Percutaneous thermal ablation: how to protect the surrounding organs. *Tech Vasc Interv Radiol*. 2011;14:170-6.
- Behrens G, Ferral H. Transjugular liver biopsy. *Semin Intervent Radiol*. 2012;29:111-7.
- Fernández-Esparrach G, Pellisé M, Ginès A. Neurólisis del plexo celíaco guiada por ultrasonografía endoscópica en pacientes con patología pancreática y dolor resistente al tratamiento médico. *Gastroenterol Hepatol*. 2005;28:114-7.
- Skovgaard Christiansen I, Kuijvenhoven JC, Bodtger U, Naur TMH, Ahmad K, Singh Sidhu J, et al. Endoscopic ultrasound with bronchoscope-guided fine needle aspiration for the diagnosis of paraesophageally located lung lesions. *Respiration*. 2019;97:277-83.
- Scherer K, Winokur RS. Multidisciplinary team training simulation in interventional radiology. *Tech Vasc Interv Radiol*. 2019;22:32-4.
- Paige JT, Garbee DD, Yu Q, Rusnak V. Team Training of Inter-Professional Students (TTIPS) for improving teamwork. *BMJ Simul Technol Enhanc Learn*. 2017;3:127-34.
- Neri E, Gabelloni M, Bäuerle T, Beets-Tan R, Caruso D, D'Anastasi M, et al. Involvement of radiologists in oncologic multidisciplinary team meetings: an international survey by the European Society of Oncologic Imaging. *Eur Radiol*. 2021;31:983-91.
- Kang SK, Fagerlin A, Braithwaite RS. A Roadmap for personalized care in radiology. *Radiology*. 2015;277:638-43.
- Marshall D, Laberge JM, Firetag B, Miller T, Kerlan RK. The changing face of percutaneous image-guided biopsy: molecular profiling and genomic analysis in current practice. *J Vasc Interv Radiol*. 2013;24:1094-103.
- Dalag L, Fergus JK, Zangan SM. Lung and Abdominal biopsies in the Age of precision medicine. *Semin Intervent Radiol*. 2019;36:255-63.