

Contacto Científico

Revista electrónica científica
y académica de Clínica Alemana

Especial
Imágenes

2019

Jefe Contacto Científico

Dr. Fernando Cádiz V.

Editor jefe estudios traslacionales

Dr. Mario Fernández A.

Editor invitado especial Imágenes

Dr. Claudio Silva F-A.

Comité Editorial

Olenkha Cepeda B.

Dr. Stefan Danilla E.

Dr. David Figueroa P.

Dra. Julia Guerrero P.

Dra. Yalda Lucero A.

Dr. Pablo Lavados G.

Dr. Alex Navarro R.

Dr. Roque Sáenz F.

Dr. Claudio Silva F-A.

Dr. Pablo Soffia S.

Dr. Omar Valenzuela L.

Mariela Wijnant W.

Periodista y Gestión Editorial

Claudia Carranza C.

Diseño y Diagramación

Jaime Castillo Talloni

Contacto Científico

Revista electrónica científica y académica de Clínica Alemana.
Publicación bimestral

Misión

"Ser el medio oficial de difusión científico y académico de Clínica Alemana para la comunicación e intercambio de conocimientos, avances científicos y tecnológicos, con el fin de incrementar las competencias, habilidades, capacidades y todo aquello que mejore el cuidado de salud de las personas y contribuya al desarrollo del conocimiento médico en beneficio de la comunidad".

Conflictos de interés y responsabilidades

El Editor en Jefe y miembros del Comité Editorial, declaran no tener conflictos de interés o soporte financiero de empresas relacionadas.

Los editores de esta publicación, harán todos los esfuerzos para evitar errores e imprecisiones en las opiniones, declaraciones, cifras y datos publicados en esta revista. Sin embargo, los autores de cada uno de los artículos publicados son responsables del material enviado.

Los trabajos publicados en esta revista, pueden contener opiniones personales de los autores, por lo que no busca constituirse en la única fuente o guía para buenas prácticas y/o para un tratamiento adecuado y seguro.

Por lo anterior, los editores y personas que participan en su revisión, edición y publicación, quedan exentos de toda responsabilidad por las consecuencias que pudiesen ocurrir, producto de imprecisiones o errores en cifras, datos u opiniones.

Contenidos de esta edición

Secciones

- 04** **Editorial**
Fernando Cádiz V.
-
- 06** **Contraste hepato-específico en el estudio de hiperplasia nodular focal y adenoma hepático**
Andrés Labra W. / Fernando González C. / DGiancarlo Schiappacasse F.
Álvaro Zúñiga G. / Pablo Soffia S.
-
- 11** **Ablación percutánea de lesiones focales hepáticas guiadas por técnica de fusión en tiempo real de ultrasonido y TC/RM: nuestra experiencia**
Benjamín Horwitz / Juan Pablo Niedmann / Patricio Varga / Gian Paolo Zamboni
Daniel Hasson / Isabel Adlerstein
-
- 17** **Intervenciones en el conducto torácico: diagnóstico y tratamiento**
Patricio Vargas / Benjamín Horwitz / Gian Paolo Zamboni
Isabel Adlerstein / Daniel Hasson
-
- 23** **Mamografía sintetizada, ¿debemos cambiar? Una nueva era en la mamografía**
Miguel Ángel Pinochet / Aleen Altamirano / Eliette Castillo
Marcela Uchida.
-
- 29** **Resonancia magnética mamaria pre-operatoria en cáncer de mama: ¿Causa mastectomías innecesarias?**
Carla Darrás / Eleonora Horvath
-
- 35** **Neurooncología por Imágenes en Clínica Alemana de Santiago**
Ximena Stecher / Patricio Paredes
-
- 42** **Diagnóstico no invasivo de patología neurovascular**
Tomás Bernstein B. / Paulo Zúñiga B.
-
- 56** **Lesión de ligamentos extrínsecos de la muñeca en RM**
Gonzalo Serrano Belmar
-
- 64** **Informe de segunda opinión radiológica: una nueva prestación del Departamento de Imágenes**
Pablo Soffia Sánchez
-
- 68** **Normas Editoriales**

Editorial
Abstracts
Alerta
Buenas Prácticas Clínicas
Cartas al Editor
Casos Clínicos
Campañas y Revisión
Contribución Original
Controversias
Cursos y Congresos
Estado del Arte
Ética Médica
Farmacología
Guías y Protocolos
Investigación
Lectura Crítica
Links- Videos
Medicina Traslacional
Metodología de la Investigación
Misceláneos
Noticias
Para su Paciente
Perlas
Publicaciones CAS-UDD
Quiz
Revisión Clínica
Temas
Tips para Publicar
Trabajos Originales



El valor de las imágenes

Dr. Fernando Cádiz

Editor jefe

Revista Contacto Científico

Departamento Científico Docente

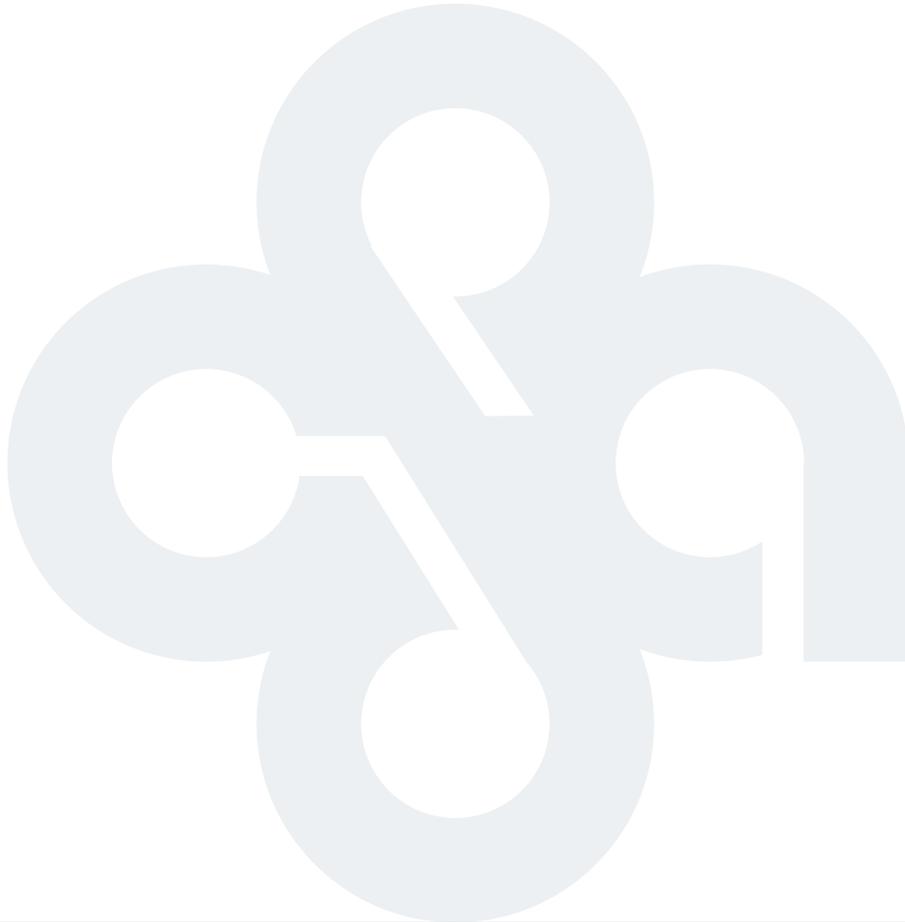
Contacto: fcadiz@alemana.cl

El año 2012 publicamos nuestro primer número monográfico impreso de Contacto Científico, que estuvo dedicado a imágenes. Fue un trabajo de equipo, cuyo producto final fue un libro en el que participaron con entusiasmo los especialistas de este departamento que se caracteriza por estar a la vanguardia en procedimientos, tecnología y con un enfoque prioritario en el perfeccionamiento de sus integrantes y docencia.

Desde la época en que los rayos X y los estudios contrastados eran las únicas herramientas disponibles, mucho se ha avanzado. Y sin duda que el escenario actual cambiará también y a una velocidad cada vez mayor. Este desarrollo

trae de la mano cambios en la medicina como se ha hecho durante los últimos años y debemos estar preparados para enfrentarlos sacando el máximo provecho del desarrollo tecnológico en la práctica médica. Esto implica un compromiso entre la institución en proveer de equipos y nueva tecnología y por parte de los médicos informarse, estudiar y formarse para hacer uso de ella.

Mayor precisión, diagnósticos más precoces, menores índices de radiación, todo en busca de mejores resultados en el contexto de seguridad para nuestros pacientes, lo que queda en evidencia por controles rigurosos de la emisión de radiación de nuestros equipos así como de la exposición de



pacientes y personal a radiación. En Clínica Alemana nuestras dosis son comparadas periódicamente con los niveles estadounidenses gracias a un acuerdo con el American College of Radiology, una práctica pionera a nivel latinoamericano.

Nuestro Departamento de Imágenes ha realizado un trabajo excepcional en organización y estructura, tanto a nivel de funcionamiento asistencial así como científico. Se ha potenciado la asociación con instituciones líderes a nivel internacional, generando un intercambio de conocimientos y tecnología que ha repercutido en la presencia de nuestros médicos en congresos de la especialidad y en publicaciones en revistas científicas.

Hoy les presentamos este especial que muestra el estado actual y avances en distintos temas, desde el informe de segunda opinión radiológica como una nueva prestación del Departamento de Imágenes, novedades en mamografía, RM mamaria preoperatoria en cáncer de mama, y neurooncología por imágenes, entre otros.

Agradecemos a los autores que participaron en este número, y a los doctores Claudio Silva y Pablo Soffia por su trabajo y aporte como editores invitados de este especial.

Casos clínicos

Contraste hepato-específico en el estudio de hiperplasia nodular focal y adenoma hepático

**Dr. Andrés Labra Weitzler⁽¹⁾, Dr. Fernando González Cofré⁽¹⁾, Dr. Giancarlo Schiappacasse Faúndez⁽¹⁾,
Dr. Álvaro Zúñiga Gutiérrez⁽²⁾, Dr. Pablo Soffia Sánchez⁽¹⁾**

⁽¹⁾ Radiólogo

Clínica Alemana de Santiago, Facultad de Medicina Clínica Alemana,
Universidad del Desarrollo, Santiago, Chile

⁽²⁾ Radiólogo – Fellow TC/RM

Clínica Alemana de Santiago, Facultad de Medicina Clínica Alemana,
Universidad del Desarrollo, Santiago, Chile

Contacto: alabra@alemana.cl

Resumen

La caracterización de lesiones hepáticas es parte del trabajo diario en el manejo de nuestros pacientes y la RM (Resonancia Magnética) con contraste intravenoso es fundamental para poder llegar a diagnósticos específicos. El uso de contraste paramagnético extracelular es lo clásico, pero el uso de contraste hepato-específico ha ayudado a dar más certeza en determinados escenarios clínicos, tales como distinguir entre hiperplasia nodular focal y adenoma hepático, realizar colangiografía por RM con contraste, evaluar metástasis hepáticas y caracterización de hepatocarcinoma.

Los medios de contraste más utilizados en RM se distribuyen en el espacio extracelular y son excretados por vía renal. Los medios de contraste hepato-específicos son incorporados en algún porcentaje a los hepatocitos y excretados por vía biliar, lo que permite su utilización especial.

La disponibilidad en el medio chileno de contraste hepato-específico (ácido gadoxético) es reciente y escasa, siendo

Clínica Alemana de Santiago uno de los centros pioneros en nuestro medio.

Introducción

Los medios de contrastes basados en gadolinio se han ocupado ampliamente durante los últimos 30 años en RM, desde la disponibilidad en 1988 del primer medio de contraste específicamente diseñado para RM (Gadopentato), ayudando a mejorar la caracterización de las lesiones en distintas partes del cuerpo, en base a su patrón de vascularización, y en particular las lesiones hepáticas. Los quelatos de Gadolinio basan su utilidad en acortar los tiempos de relajación T1 y T2, llevando a obtener una mejor señal en secuencias T1.

Sin embargo, con el paso de los años aparecieron nuevas moléculas que permitieron detectar y caracterizar lesiones hepáticas de mejor manera, los llamados contrastes hepato-específicos. Se les llama de esa forma debido a que a diferencia de los contrastes clásicos que se distribuyen en el espacio extracelular y rápidamente son excretados por vía renal, los contrastes hepato-específicos

son excretados en algún porcentaje por vía hepato-biliar y también renal.

Uno de los contrastes hepato-específicos es el ácido gadoxético, más conocido por su nombre comercial Primovist®, Bayer (Eovist® en otros países), aprobado en el año 2005 en Europa y en el año 2008 en Estados Unidos, siendo registrado su uso en Chile en el Instituto de Salud Pública (ISP) en el año 2015, por lo que su uso en nuestro medio es relativamente reciente.

Este contraste es incorporado en algún porcentaje a los hepatocitos y excretado en un 50% por vía hepato-biliar y un 50% por vía renal, lo que es de utilidad en detección y caracterización de lesiones focales y en la valoración de la vía biliar, incorporando información adicional a las secuencias convencionales. Debido a su estructura molecular, que contiene una parte hidrosoluble y otra lipofílica, muestra un mecanismo de acción bifásico. Inicialmente muestra una distribución en el espacio extra-celular que permite la adquisición de imágenes dinámicas similares a las secuencias convencionales de un medio de contraste habitual. Presenta también una distribución intracelular con captación selectiva por los hepatocitos y excreción biliar que se obtiene a los 20 minutos de la inyección del contraste. Este proceso brinda información sobre la com-

posición de algunos tumores, funcionalidad del hepatocito y de la anatomía e integridad de la vía biliar. En la práctica estas características son utilizadas en el diagnóstico de varias lesiones hepatocelulares, entre ellas hiperplasia nodular focal, adenoma hepático y en la caracterización de hepatocarcinoma. También es un aporte en la detección de lesiones pequeñas, lo que es especialmente relevante en el manejo de metástasis hepáticas (por ejemplo cáncer colorrectal) y en la evaluación de la vía biliar (estenosis, filtraciones, complicaciones post-quirúrgicas, etc.).

Dada su importancia, en este artículo nos centraremos en su aporte en base a la revisión de casos clínicos evaluados en nuestra institución.

Caso 1

Mujer de 43 años. Su médico tratante envía a ecografía abdominal, donde se identifican múltiples lesiones hepáticas hipoecogénicas no vascularizadas al Doppler color en un hígado sin signos de daño hepático crónico. Por estos hallazgos se complementa el estudio con RM de hígado (Imagen 1). En una primera instancia se realizó el estudio habitual con contraste extracelular, pero dada la sospecha de adenomatosis hepática por hallazgos encontrados en las imágenes de RM se decidió complementar con uso de contraste hepato-específico.

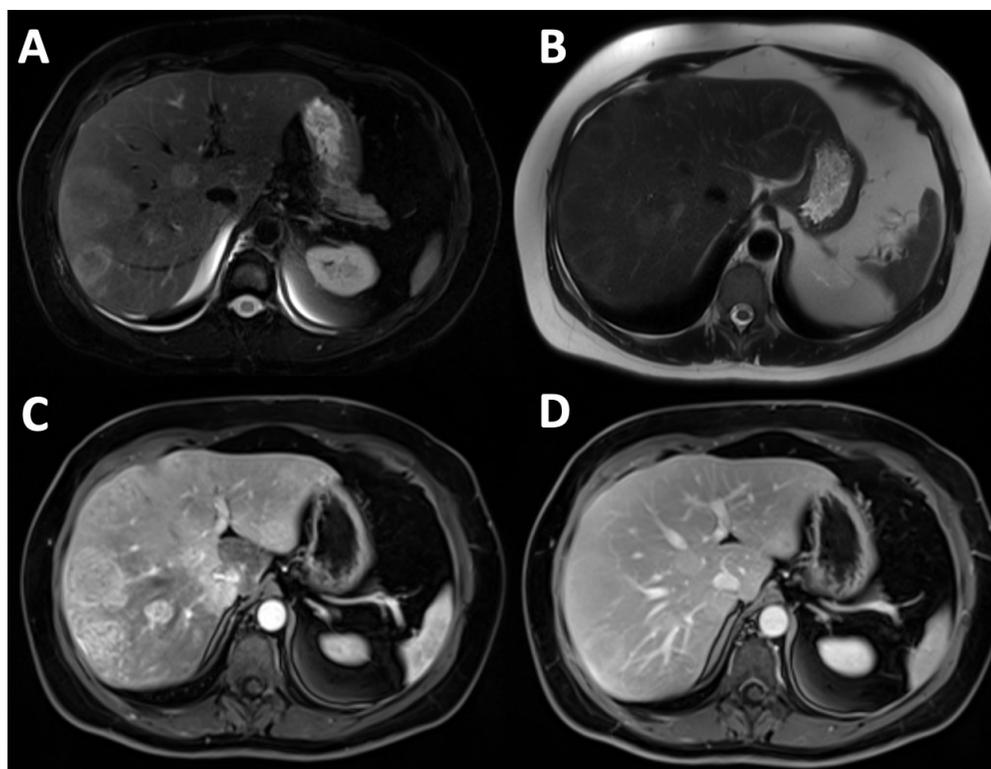


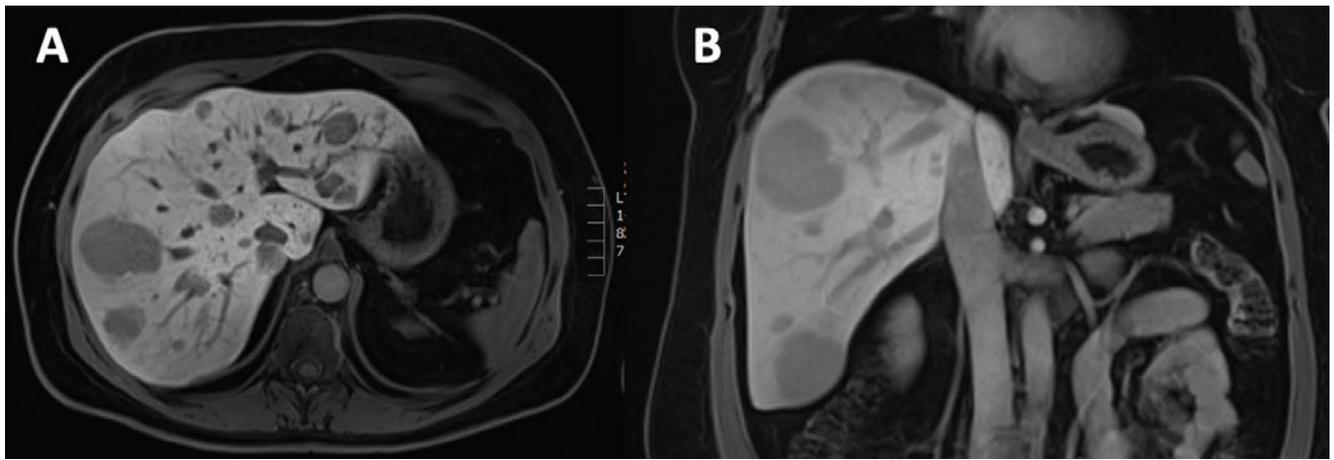
Imagen 1. Estudio inicial de RM de hígado con contraste extracelular. Hígado de forma y tamaño normales. Se demuestran múltiples lesiones nodulares de moderada señal en secuencia T2 fat sat (A), de comportamiento hipervascular heterogéneo en fase arterial (C) y con escasa representación en fase porto-venosa (D).

Dado estos hallazgos se complementó con uso de contraste hepato-específico.

En las secuencias complementarias (Imagen 2), se demuestra en fase tardía de 20 minutos que las múltiples lesiones (más de 15 lesiones), presentaban ausencia de retención del contraste hepato-específico, por lo que se confirmó la sospecha inicial de que se trataban de adenomas hepáticos múltiples. En este caso se configura

el diagnóstico de adenomatosis hepática (más de 10 adenomas). Existen casos reportados de adenomatosis hepáticas con más de 100 adenomas. Su importancia radica en la potencial disfunción hepática, así como también por el riesgo de hemorragia y malignización.

Imagen 2. RM complementaria de la misma paciente que en imagen 1, con contraste hepato-específico.



En las secuencias a los 20 minutos, correspondientes a (A) T1 axial en fase hepato-biliar y (B) T1 coronal en fase hepato-biliar se confirma la sospecha de múltiples adenomas hepáticos de diferentes tamaños que no retienen el contraste hepato-específico.

Caso 2

Mujer de 38 años con lesión focal conocida por su tratante, el cual solicitó realizar RM de hígado con contraste hepato – específico (Imagen 3). En este caso se identifica la clásica imagen de una hiperplasia nodular focal, con señal de similar intensidad que el parénquima hepático, y presencia de una cicatriz central de alta señal T2. Con el contraste presenta comportamiento hipervasculoso homogéneo, reteniendo el contraste en la fase hepato – biliar a los 20 minutos.

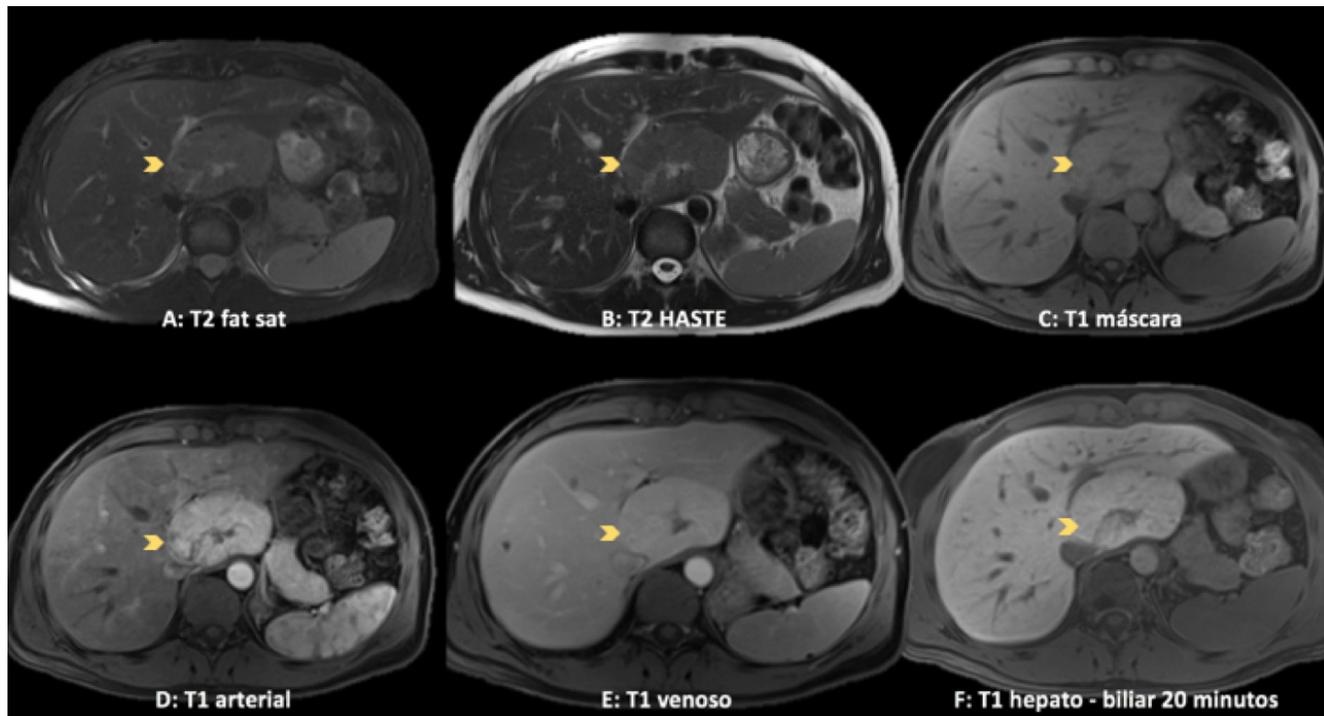
Discusión

Existen casos en que la diferenciación entre hiperplasia nodular focal y adenoma hepático no es posible por medio de tomografía computada con contraste yodado, ni tampoco por medio de resonancia magnética con gadolinio extracelular. A través del uso del contraste hepato-específico, podemos diferenciar estas lesiones evaluando la fase hepatobiliar a los 20 minutos. En el caso de las hiperplasias nodulares focales, las células que las

componen presentan transportadores que incorporan intracelularmente el contraste hepato-específico al igual que los hepatocitos, por lo que su impregnación en la fase hepatobiliar será isointensa o bien hiperintensa con respecto al parénquima hepático (Imagen 3).

En el caso de la mayoría de los adenomas hepáticos, estos no incorporarán el contraste hepato-específico a nivel intracelular, por lo tanto en fase tardía de 20 min serán de baja señal respecto al parénquima hepático.

El nivel de retención de contraste hepato-específico se correlaciona positivamente con el grado de expresión en la membrana sinusoidal de un canal dependiente de ATP llamado polipéptido transportador de aniones orgánicos 1B3 (OATP1B3) y se excreta hacia canalículos y sinusoides a través de un transportador llamado proteína multidroga resistente (MRP1, MRP2 y MRP3). Debido a esto la excreción del contraste hepato – específico depende de la función del hígado.

Imagen 3. RM con contraste hepato-específico.

Podemos apreciar una lesión focal hepática de señal isointensa en T2 fat sat (A), y también en T2 HASTE (B), con presencia de cicatriz central de alta señal T2. En T1 sin contraste (C) también exhibe señal isointensa respecto al parénquima hepático. Con el uso de contraste hepato-específico, presenta realce homogéneo en fase arterial (D) que se homogeniza con el parénquima hepático en fase porto-venosa (E). En fase hepato-biliar a los 20 minutos (F) presenta retención del contraste al igual que el resto del hígado.

Las hiperplasias nodulares focales, al estar compuestas por hepatocitos hiperplásicos sin atipia, expresan en gran porcentaje el OATP1B3 (más del 90%) y en mayor medida que el parénquima hepático circundante, por lo que manifiestan isointensidad o hiperintensidad en la fase hepatobiliar. Se han descrito tres patrones de retención de ácido gadoxético en las HNF; tipo 1 = retención homogénea iso o hiperintensa en comparación con el parénquima hepático (59%), tipo 2 = borde hiperintenso con un centro hipointenso (9%) y tipo 3 = borde hiperintenso con centro que es iso o hiperintenso (32%). En el tipo 2 los hepatocitos que rodean la cicatriz central presentan menor expresión de OATP1B3.

Sin embargo, hay que hacer notar que tanto un porcentaje menor de hepatocarcinomas, así como también de adenomas hepatocelulares y nódulos displásicos pueden expresar el OATP1B3 y por ende presentar iso o hiperintensidad en fase hepatobiliar. En el caso de los hepatocarcinomas corresponden al 10-15% de los casos

y correspondería a un subtipo molecular de naturaleza menos agresiva. En los adenomas hepatocelulares, los del subtipo inflamatorio presentan iso o hiperintensidad en fase hepatobiliar en aproximadamente 10% de los casos. Los del subtipo HNF α 1 inactivado siempre son hipointensos en fase hepatobiliar. En tales casos la información clínica, la dinámica de impregnación y sus características morfológicas en secuencias T2 y T1 son fundamentales para realizar el diagnóstico diferencial.

Otros usos del contraste hepato-específico:

1. Evaluación de metástasis hepáticas (principalmente en metástasis de cáncer de colon).
2. Colangiografía contrastada (utilidad en fístulas biliares).
3. Pacientes con hepatocarcinoma.

Conclusión

La diferenciación entre hiperplasia nodular focal y adenomas hepatocelulares es importante dentro del diagnóstico de lesiones hepáticas benignas, debido al

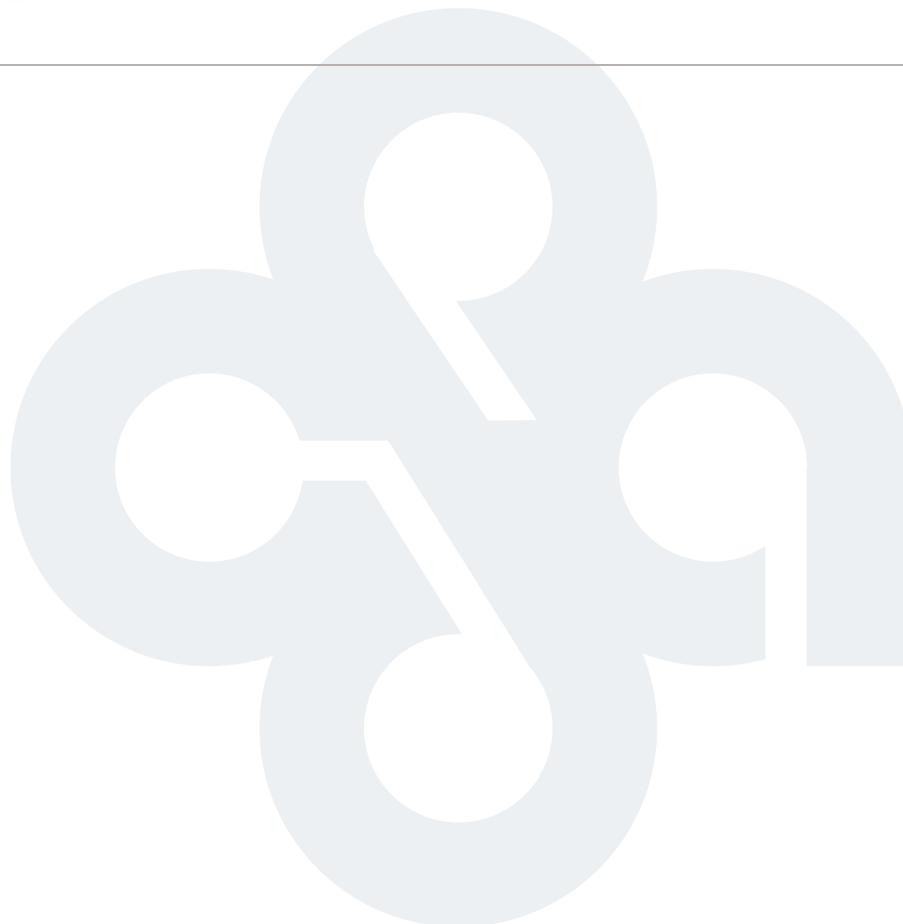
mayor riesgo de hemorragias y malignización de los adenomas hepatocelulares.

El contraste hepato-específico, aumenta la especificidad de los hallazgos en resonancia magnética, para el diagnóstico de estas lesiones. La diferente expresión de proteínas transportadores del hepatocito normal en las lesiones hepatocelulares determinará el nivel de retención de contraste hepato-específico y por consiguiente el grado de hipo, iso o hiperintensidad en comparación con el parénquima hepático en fase hepatobiliar de 20 minutos.

En Clínica Alemana disponemos desde el año 2017 del medio de contraste hepato-específico, siendo de utilidad en la mejor caracterización de lesiones hepáticas.

Referencias

1. Lohrke J, Frenzel T, Endrikat J, et al. 25 Years of Contrast-Enhanced MRI: Developments, Current Challenges and Future Perspectives. *Advances in Therapy*. 2016;33(1):1-28.
2. Ringe KI, Husarik DB, Sirlin CB, et al. Gadoxetate Disodium-Enhanced MRI of the Liver: Part 1, Protocol Optimization and Lesion Appearance in the Noncirrhotic Liver. *American Journal of Roentgenology*. 2010;195(1):13-28.
3. Van Beers BE, Pastor CM, Hussain HK. Primovist, Eovist: what to expect? *J Hepatol* 2012;57(02):421-429.
4. Carrasco Muñoz S, Calles Blanco C, Marcin J, et al. Contrastes basados en gadolinio utilizados en resonancia magnética. *Radiologia* 2014;56(Suppl 1):21-28.
5. Guglielmo FF, Mitchell DG, Gupta S. Gadolinium contrast agent selection and optimal use for body MR imaging. *Radiol Clin North Am* 2014;52(04):637-656.
6. Reimer P, Schneider G, Schima W. Hepatobiliary contrast agents for contrast-enhanced MRI of the liver: properties, clinical development and applications. *Eur Radiol* 2004;14 (04):559-578.
7. Van Beers BE, Pastor CM, Hussain HK. Primovist, Eovist: what to expect? *J Hepatol* 2012;57(02):421-429.
8. Carrasco Muñoz S, Calles Blanco C, Marcin J, et al. Contrastes basados en gadolinio utilizados en resonancia magnética. *Radiologia* 2014;56(Suppl 1):21-28.
9. Guglielmo FF, Mitchell DG, Gupta S. Gadolinium contrast agent selection and optimal use for body MR imaging. *Radiol Clin North Am* 2014;52(04):637-656.
10. Yoneda N, Matsui O, Kitao A. Benign Hepatocellular Nodules: Hepatobiliary Phase of Gadoteric Acid – enhancement MR Imaging Based on Molecular Background. *Radiographics* 2016; 36:2010-2027.



Artículo de revisión

Ablación percutánea de lesiones focales hepáticas guiadas por técnica de fusión en tiempo real de ultrasonido y TC/RM: nuestra experiencia

Benjamín Horwitz¹, Juan Pablo Niedmann¹, Patricio Vargas¹, Gian Paolo Zamboni², Daniel Hasson³, Isabel Adlerstein³.

¹ Médico Radiólogo Intervencionista

² Fellow Radiología Intervencionista

³ Residente Radiología

Departamento de Imágenes

Clínica Alemana de Santiago, Facultad de Medicina Clínica Alemana,

Universidad del Desarrollo, Santiago, Chile

Contacto: bhorwitz@alemana.cl

Abstract

El ultrasonido como apoyo a las intervenciones de ablación percutánea ha demostrado sus beneficios, entre ellos facilidad de uso, ausencia de radiación ionizante, visualización en tiempo real de estructuras y mayor portabilidad. Una de sus principales limitaciones es su menor calidad de imagen en comparación con otras modalidades. Para paliar esto, se ha desarrollado la técnica de fusión de imágenes. Gracias a esta, las imágenes combinadas de tomografía computada (TC) o resonancia magnética (RM) muestran el mismo plano y se mueven de forma sincrónica mientras se realiza el ultrasonido en tiempo real. En esta revisión se presentan los fundamentos de algunas técnicas de ablación, del ultrasonido-fusión y luego se expone nuestra experiencia con esta tecnología en Clínica Alemana de Santiago.

Introducción

La radiología desde sus inicios ha sido una especialidad íntimamente vinculada a la tecnología, en la que estos avances son la regla más que la excepción. En la subespecialidad de radiología vascular e intervencionista,

se entrelaza el desarrollo de técnicas novedosas para realizar procedimientos y las tecnologías que permiten hacer posible lo que antes no lo era. Durante los últimos años, las intervenciones guiadas por ultrasonido (US) han ido tomando un rol fundamental debido a su facilidad de uso, ausencia de radiación ionizante, visualización en tiempo real de estructuras y mayor portabilidad, siendo una de sus principales limitaciones su menor resolución de contraste en comparación con otras modalidades como la tomografía computada (TC) o resonancia magnética (RM). En consecuencia, actualmente el US se ha convertido en la modalidad de elección para guiar intervenciones percutáneas en lesiones hepáticas. Sin embargo, en algunos casos no es posible identificar o caracterizar con precisión lesiones pequeñas, principalmente aquellas con un tamaño inferior a 1 cm. El desarrollo tecnológico del US con rastreo electromagnético y la posibilidad de fusionar imágenes en tiempo real adquiridas por otras modalidades isovolumétricas, como la TC, la RM y la tomografía por emisión de positrones (PET), ha aumentado el número de lesiones susceptibles de ser tratadas mediante intervenciones percutáneas guiadas mediante US. Los

procedimientos fusionados permiten una mejor detección de lesiones focales de caracterización ecográfica difícil y, por lo tanto, aumentan el éxito en las intervenciones hepáticas guiadas por esta técnica.

En este artículo presentaremos una breve reseña acerca de las técnicas de ablación guiadas por US, enfocada en el uso de fusión para ablación de lesiones hepáticas y haremos referencia a nuestra experiencia inicial con el uso de esta tecnología en la Unidad de Radiología Intervencionista de Clínica Alemana de Santiago.

Técnicas de ablación

En las últimas dos décadas, el desarrollo de las técnicas de ablación ha permitido la terapia locorregional de tumores de manera mínimamente invasiva. Los beneficios de la ablación percutánea guiada por imágenes incluyen la reducción de la longitud de estadía hospitalaria, menor morbilidad y costos, así como la capacidad de tratar tumores en pacientes que no son candidatos a cirugía ^[1].

Múltiples estudios han demostrado la seguridad y la eficacia de la ablación percutánea para tumores hepáticos, renales y en pulmón ^[2,3,4]. También se ha utilizado en lesiones suprarrenales, óseas y mamarias ^[5]. Sin embargo, la ablación se enfrenta a algunas limitaciones que restringen su aplicación en muchos pacientes, siendo la principal el tamaño del tumor. Los estudios en hígado, riñón y pulmón demuestran una ablación completa en más del 90% de los tumores menores a 3 cm de tamaño ^[1]. En las lesiones de mayor tamaño, en tanto, la enfermedad residual y la recidiva local del tumor se vuelven cada vez más comunes. Otras limitaciones son la calidad de las imágenes intra-procedimiento, que a menudo son subóptimas, y la interposición de estructuras que producen artefactos ecográficos, los que dificultan la identificación de las lesiones a tratar.

Existen distintos métodos para producir la destrucción local de tejido, esto es, la ablación propiamente tal. Estos métodos incluyen radiofrecuencia (ARF), microondas (MW) y alcoholización, entre otras. De estos, la ARF es la más habitualmente utilizada en hígado.

La ARF utiliza una corriente alterna electromagnética sobre la lesión que produce calor por fricción, lo que a nivel celular produce necrosis coagulativa. Esta corriente está suministrada por un generador que suministra altas frecuencias (375-500 MHz) y la temperatura ideal para

conseguir el efecto son 90°C-120°C ^[6]. Como limitación, cabe mencionar que el contacto del tumor con vasos de más de 3 mm incide negativamente en su necrosis por el denominado "efecto por disipación del calor" (*heat sink*) ^[7].

En la ablación por MW se ocupa una aguja denominada antena, que crea un campo electromagnético localizado, el cual induce la oscilación de las moléculas de agua adyacentes generando calor. Esta modalidad ofrece algunas ventajas sobre la ARF: en primer lugar, dado que por su mecanismo de acción calienta activamente la zona de ablación (en lugar de depender de la conducción pasiva de éste, como es el caso en la ARF), no está limitada por la desecación ^[1]. Además, se ve menos afectada por el efecto de disipación y alcanza temperaturas más altas, lo que determina una zona de ablación más uniforme. Una de sus principales limitaciones para un uso más extendido es su alto costo, que es aproximadamente el doble que la ARF. Los trabajos que han comparado los resultados de ambas técnicas no han logrado demostrar ventaja significativa de uno por sobre el otro en lograr la necrosis tumoral.

La alcoholización de lesiones focales por vía percutánea consiste en la inyección de etanol de alta pureza directamente en la lesión, lo que induce coagulación y obliteración de pequeños vasos intratumorales. Adicionalmente, la alcoholización parece tener un efecto sinérgico con la ARF, permitiendo disminuir el efecto de disipación cuando es inyectada inmediatamente antes de la radiofrecuencia, al tiempo que mejora la transmisión de calor, extendiendo la zona de necrosis tisular ^[8].

Fundamentos de la fusión

El desarrollo de las técnicas guiadas por US-fusión se basa fundamentalmente en dos avances tecnológicos. En primer lugar, la reconstrucción multiplanar de imágenes isovolumétricas (MPR), la que permite representar planos de visualización a partir de una serie única, con lo que es posible obtener imágenes en planos coronales, sagitales, oblicuos o curvos. En segundo lugar, las técnicas de rastreo, que consisten en el seguimiento de la sonda de US para así conocer la posición y orientación de los planos de imagen generados en tres ejes ^[9]. Los dos tipos principales de rastreo son el óptico y el electromagnético, siendo este último el más utilizado en procedimientos intervencionistas hepáticos.

El rastreo electromagnético es conocido también como el "GPS médico". De forma análoga al GPS, hay tres

componentes en esta técnica: el generador de campo magnético (los "radares"), el sensor de posición (en el GPS generalmente es nuestro *smartphone*) y la unidad del sensor de posición (el procesador de la información, que en un sistema GPS también corresponde al *smartphone*). El campo magnético producido por el generador induce

corrientes en el sensor de posición que se encuentra montado en el transductor de US. A medida que el transductor se mueve, se genera una corriente eléctrica inducida, lo que permite que la unidad del sensor de posición calcule la ubicación y orientación espacial 3D del sensor y, por ende, del transductor de US ^[10] (Figuras 1 y 2).

Figura 1. Esquema de funcionamiento de equipo de US-fusión y su analogía con un sistema de GPS. La fusión de las imágenes de ultrasonido con las MPR de TC o RM requieren determinar una ubicación precisa en todo momento del sensor de posición, de esta manera se logra una imagen sincrónica con cada movimiento del transductor.

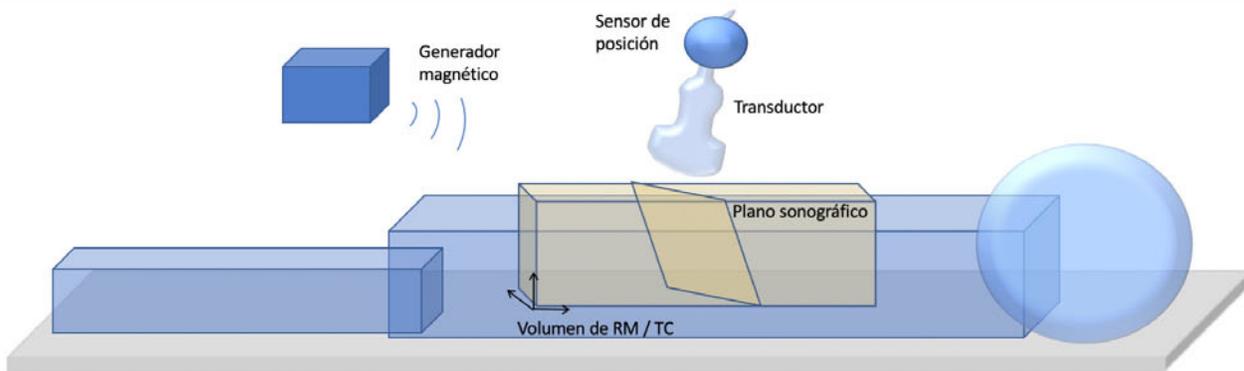
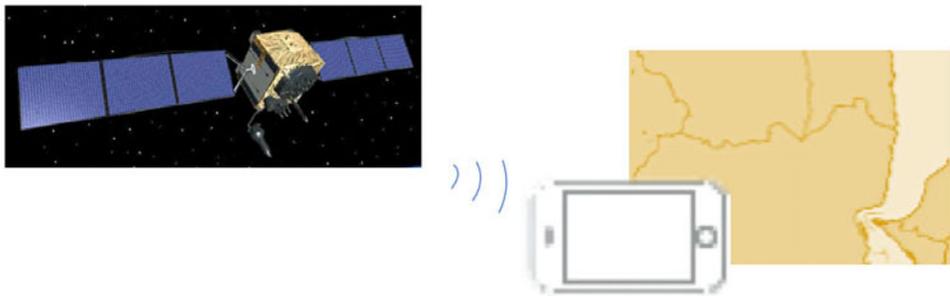


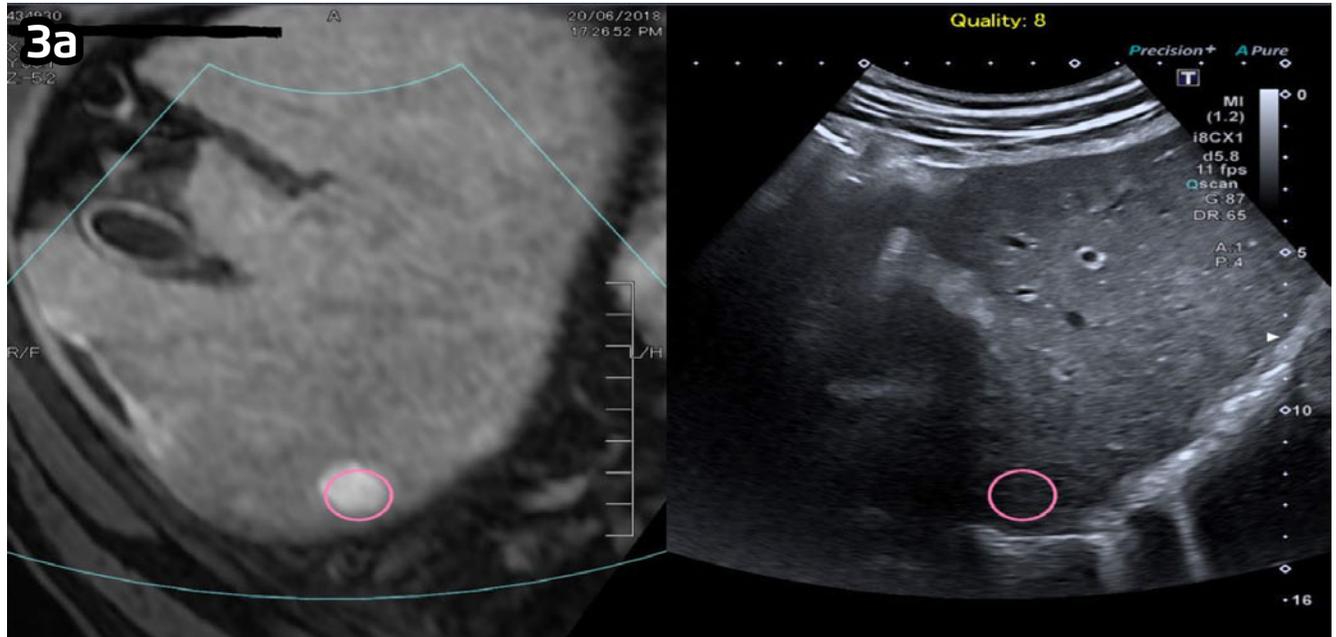
Figura 2. Fotografía de pabellón durante uso de US-fusión en Clínica Alemana de Santiago. Se muestra el generador magnético (flecha continua) y el equipo de ultrasonido, que opera como unidad del sensor de posición (flecha discontinua). El transductor y sensor de posición son presentados en la esquina inferior derecha.

Al disponer de la ubicación del transductor en tiempo real y de un volumen de datos 3D, la reconstrucción multiplanar permite visualizar el mismo plano en el US y en la TC o RM

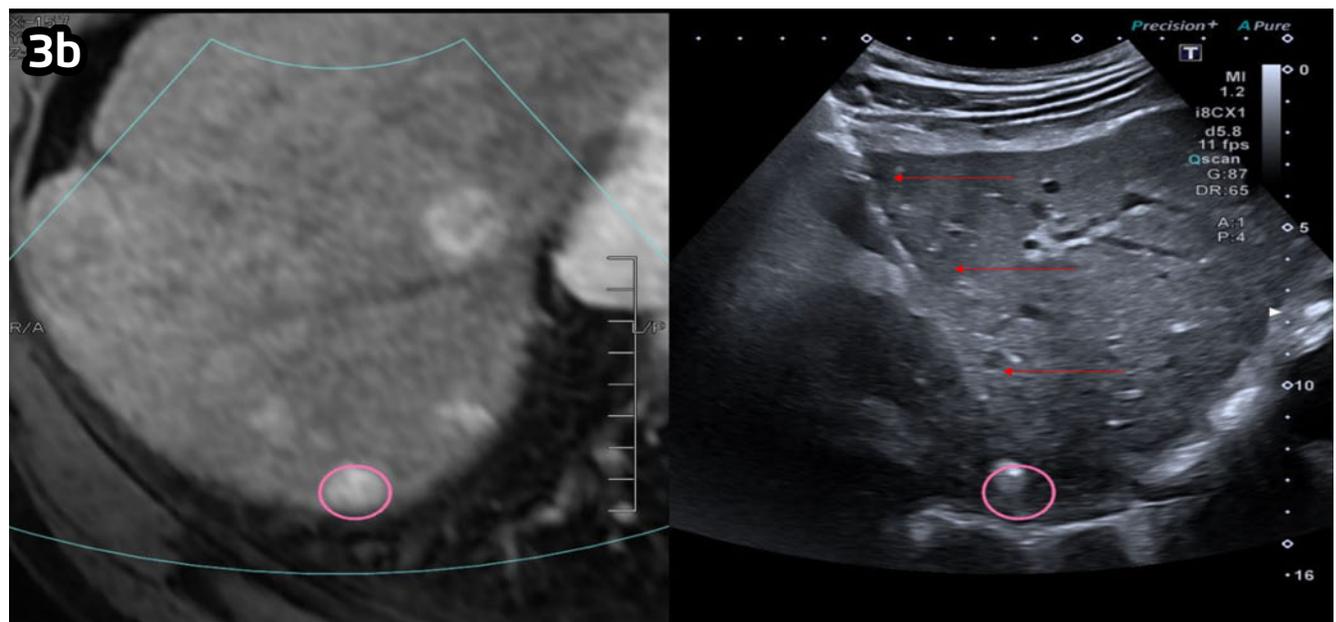
y las imágenes se mueven de forma sincrónica mientras se realiza el ultrasonido en tiempo real ⁽¹⁾ (Figura 3).

Figura 3. Imágenes de fusión obtenidas durante procedimiento.

3a: La imagen MPR de RM (izquierda) demuestra con claridad una lesión hiperintensa, situada en el lóbulo hepático derecho. En el ultrasonido en modo B (derecha) la lesión es inconspicua.



3b: Se realiza ablación percutánea de la lesión observando en la visión de ultrasonido la aguja de ARF y la lesión focal con cambios post-tratamiento.



El disponer de ultrasonido-fusión para guiar los procedimientos de ablación de lesiones focales mejora la calidad de imágenes intra-procedimiento, entrega mayor precisión y permite abordar lesiones técnicamente desafiantes, ya sea por su tamaño o ubicación, que antes no eran candidatas a ser tratadas con esta modalidad. Se han reportado tasas de éxito técnico y eficacia de 98,4% en hepatocarcinomas subcentimétricos, con recurrencia al año de 3,4% [12].

Experiencia en Clínica Alemana de Santiago

En Clínica Alemana de Santiago, desde enero del año 2018 contamos con dos equipos de ultrasonido con capacidad de fusión de imágenes marca Canon modelo Aplio i800 - Smart Fusion. Su uso en procedimientos de ablación ha aumentado con los meses. A mayo de 2019 utilizamos

esta tecnología en más de 32 pacientes, posicionándonos como único referente a nivel nacional. Su uso no se ha limitado a lesiones hepáticas, sino que hemos logrado éxito en el tratamiento de carcinomas renales en pacientes de alto riesgo quirúrgico convencional. También hemos usado esta tecnología en intervenciones linfáticas logrando acceder al conducto torácico (estudio en vía de publicación).

A comienzos del año 2019 presentamos nuestros resultados iniciales en el 25º Congreso Europeo de Radiología, con los primeros 12 pacientes tratados en nuestra unidad con esta tecnología. En el tratamiento de 19 lesiones focales hepáticas no visibles en US convencional, mostramos un 100% de respuesta total o parcial según criterios mRECIST, siendo la principal indicación el hepatocarcinoma, seguido de metástasis hepáticas (Figuras 4 y 5) [13].

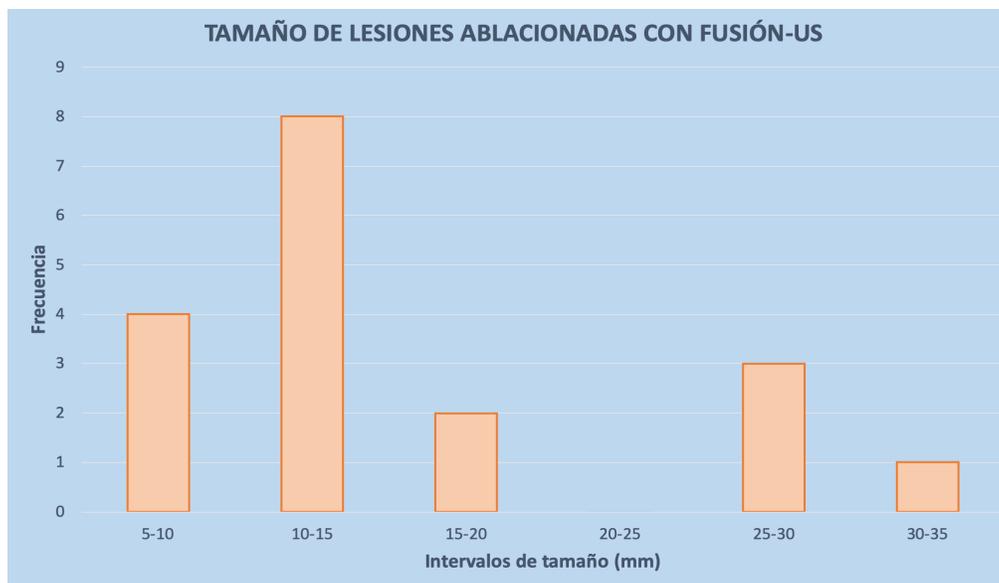


Figura 4. Tamaño de lesiones ablacionadas con fusión-US.

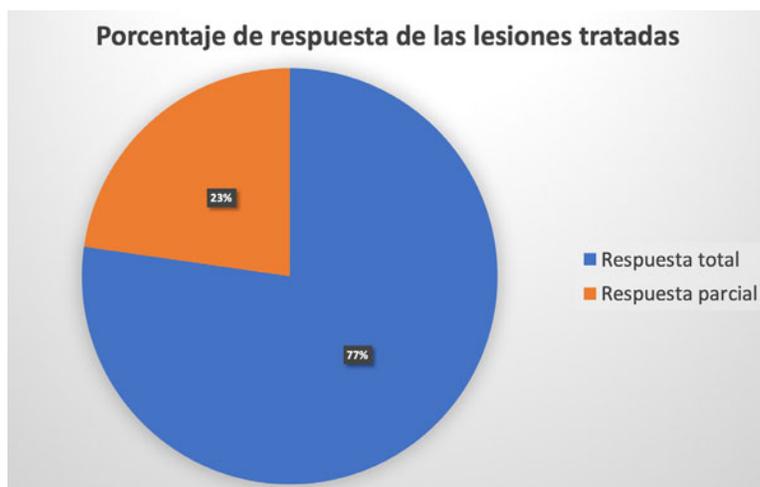


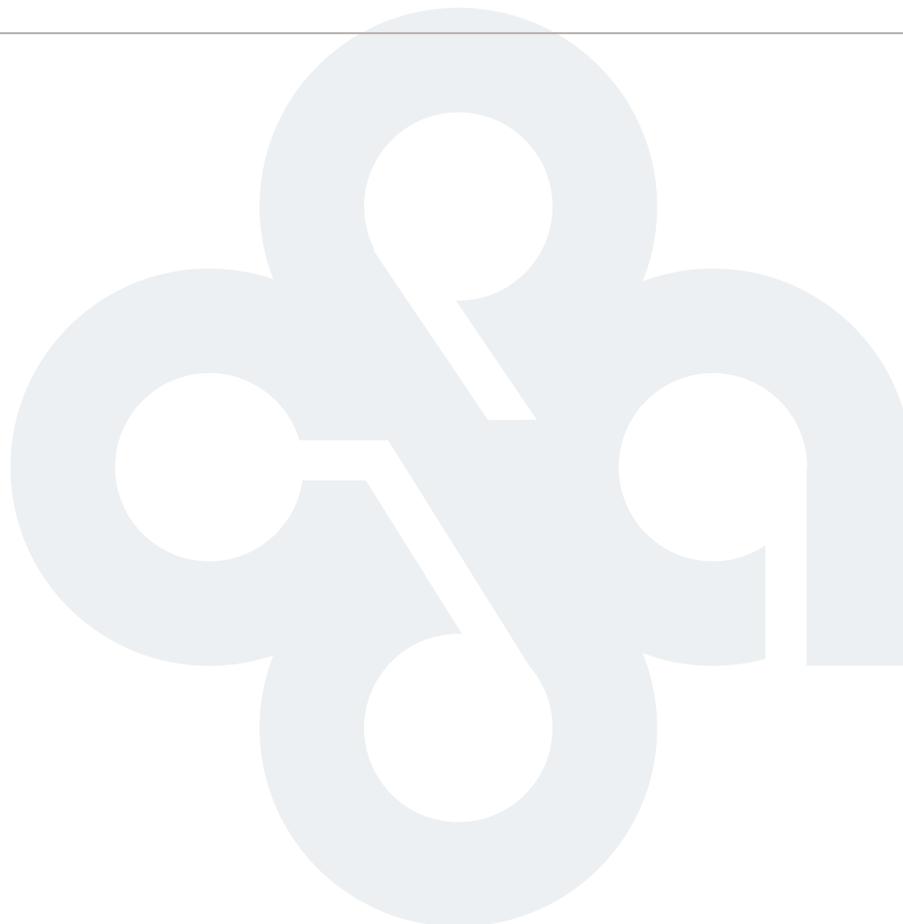
Figura 5. Porcentaje de respuesta de las lesiones tratadas.

Conclusiones

El US-fusión es una técnica que permite la localización de lesiones focales hepáticas inconspicuas en el US convencional. Su uso representa un avance tecnológico que permite mejorar la precisión y seguridad de estos procedimientos, aumentando el número de pacientes que se beneficiarían de esta terapia potencialmente curativa.

Referencias

1. McWilliams JP, Lee EW, Yamamoto S, et al. Image-guided tumor ablation: emerging technologies and future directions. *Semin Intervent Radiol.* 2010;27:302-313.
2. Lencioni R, Cioni D, Crocetti L, et al. Early-stage hepatocellular carcinoma in patients with cirrhosis: long-term results of percutaneous image-guided radiofrequency ablation. *Radiology.* 2005;234:961-967.
3. McDougal WS, Gervais DA, McGovern FJ, et al. Long-term followup of patients with renal cell carcinoma treated with radio frequency ablation with curative intent. *J Urol.* 2005;174:61-63.
4. Simon CJ, Dupuy DE, DiPetrillo TA, et al. Pulmonary radiofrequency ablation: long-term safety and efficacy in 153 patients. *Radiology.* 2007;243:268-275.
5. Nemcek AA. Complications of radiofrequency ablation of neoplasms. *Semin Intervent Radiol.* 2006;23:177-187.
6. Crocetti L, Lencioni R. Thermal ablation of hepatocellular carcinoma. *Cancer Imaging.* 2008; 8: 19–26.
7. Lu DS, Raman SS, Limanond P, et al. Influence of large peritumoral vessels on outcome of radiofrequency ablation of liver tumors. *J Vasc Interv Radiol* 2003; 14:1267–1274.
8. Wong SN, Lin CJ, Lin CC, et al. Combined percutaneous radiofrequency ablation and ethanol injection for hepatocellular carcinoma in high-risk locations. *AJR Am J Roentgenol.* 2008;190:W187-95.
9. Torres F, Fanti Z, Lira E, et al. Rastreo de Imágenes y Reconstrucción de Volúmenes de Ultrasonido Médico. *Revista mexicana de ingeniería biomédica.* 2012;33:101-115.
10. European Society of Radiology (ESR). Abdominal applications of ultrasound fusion imaging technique: liver, kidney, and pancreas. *Insights Imaging.* 2019;10:6.
11. Lee MW. Fusion imaging of real-time ultrasonography with CT or MRI for hepatic intervention. *Ultrasonography.* 2014; 33: 227–239.
12. Song KD, Lee MW, Rhim H, et al. Percutaneous US/MRI Fusion-guided Radiofrequency Ablation for Recurrent Subcentimeter Hepatocellular Carcinoma: Technical Feasibility and Therapeutic Outcomes. *Radiology.* 2018;288:878-886.
13. Horwitz B, Niedmann J, Vargas P, et al. Percutaneous ablation of focal liver lesions guided by real time US fusion technique. En: *Congreso Europeo de Radiología 2019.* Viena.



Casos clínicos

Intervenciones en el conducto torácico: diagnóstico y tratamiento

Patricio Vargas¹, Benjamín Horwitz¹, Gian Paolo Zamboni², Isabel Adlerstein³, Daniel Hasson³.

¹ Médico Radiólogo Intervencionista

² Fellow Radiología Intervencionista

³ Residente de Radiología

Departamento de Imágenes
Clínica Alemana de Santiago, Facultad de Medicina Clínica Alemana,
Universidad del Desarrollo, Santiago, Chile

Contacto: pvargas@alemana.cl

Resumen

El sistema linfático es parte del sistema circulatorio, transporta linfa desde los tejidos al sistema venoso. Está compuesto por una porción periférica y otra central, esta última comprende la cisterna del quilo y el conducto torácico. Se presentan tres casos clínicos representativos de la variedad de la patología del sistema linfático central, recalcando el aporte de innovaciones técnicas para su mejor visualización, en particular el uso de la linfangiografía nodal como herramienta para realizar linfangioRM y linfangiografía bajo fluoroscopia; que han abierto las puertas a nuevas oportunidades diagnósticas y terapéuticas.

Introducción

El sistema linfático es un componente esencial del sistema circulatorio. Su principal función consiste en recolectar y transportar la linfa de los tejidos, conduciéndola hasta el sistema venoso. Cumple además un rol clave en la iniciación de la respuesta inmune.

Los vasos linfáticos se pueden dividir en tres tipos dependiendo de su origen: de piel y partes blandas, intestinal y hepático. Estos se comunican entre sí y confluyen generalmente en la cisterna del quilo a nivel de los cuerpos vertebrales L1-L2, continuando hacia cefálico la mayoría de las veces como una sola estructura: el conducto torácico.

El conducto torácico es el linfático más largo del cuerpo, mide 40 cm en promedio en un adulto; drena la linfa del 80-90% del cuerpo y desemboca normalmente a nivel de la confluencia de la venas subclavia y yugular interna izquierdas.^[1]

La patología linfática se puede dividir a grandes rasgos en periférica y central. Esta última es aquella que compromete la cisterna del quilo y el conducto torácico^[2]. A continuación se presenta parte de la experiencia en intervenciones mínimamente invasivas en el sistema linfático central en Clínica Alemana de Santiago (CAS), a propósito de tres casos ejemplificadores.

Caso 1

Paciente de sexo femenino de 50 años que consultó por aumento de volumen cervical izquierdo intermitente, de 10 años de evolución, que fue aumentando progresivamente en tamaño y frecuencia de aparición. Inicialmente evaluada en otro centro, se diagnosticó como "linfangioma" y se derivó a radiología intervencionista en CAS.

La ecotomografía cervical evidenció vasos linfáticos tortuosos, dilatados y una aparente estenosis en la zona adyacente a la confluencia de las venas subclavia y yugular interna izquierdas. Posteriormente se realizó una linfangiorRM con inyección de gadolinio vía nodal inguinal, en la que se confirmó la dilatación tortuosa del conducto torácico y se reconoció extravasación de linfa a nivel cervical izquierdo y retroperitoneal (Figuras 1 y 2). Se discutió el caso con equipo tratante

multidisciplinario y se decidió manejo con técnicas de radiología intervencionista.

Bajo anestesia general se efectuó una linfangiografía nodal, identificando en visión fluoroscópica la cisterna del quilo (Figura 3), la que se cateterizó por vía percutánea transabdominal con una aguja Chiba 22G, confirmándose posteriormente la correcta ubicación del catéter con la salida de linfa a través del mismo (Figura 4). Tras la inyección de contraste por el catéter se evaluó dirigidamente la desembocadura del conducto torácico, identificándose el sitio de suboclusión y la dilatación pre-estenótica (Figura 5). Se franqueó la estenosis avanzando una guía hasta la vena subclavia izquierda y luego a través del sistema venoso central hasta la vena cava inferior. Luego, con técnica de lazada se capturó la guía desde un acceso venoso femoral logrando un solo acceso *through-and-through* que conecta las vías venosa y linfática (Figura 6). Se realizó angioplastia de la zona de estenosis con balones de 3 a 5 mm, logrando una dilatación exitosa de la zona estrecha con visualización de franco paso de linfa desde el conducto torácico a la vena subclavia izquierda (Figura 7). Además, se objetivó un cambio en la gradiente de presión, originalmente mayor en el sistema venoso previo al procedimiento (+1 mm/Hg), con posterior inversión de esta relación, siendo mayor en el sistema linfático (-1 mm/Hg).

La paciente evolucionó a las dos semanas con significativa disminución del aumento de volumen cervical. En el control a los 6 meses se observó resolución completa de las manifestaciones clínicas que motivaron su consulta.



Figura 1. Vasos linfáticos tortuosos y dilatados en visión ecográfica en región cervical.

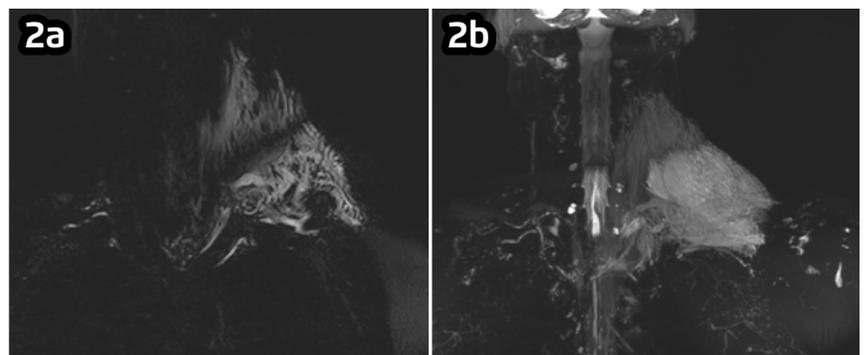


Figura 2. Adquisiciones coronales en secuencia T2 demuestran aumento de volumen cervical secundario a extenso edema subcutáneo de origen linfático.



Figura 3. Linfangiografía bajo visión fluoroscópica con técnica nodal. Visualización de ganglios inguinales y cadenas ilíacas.

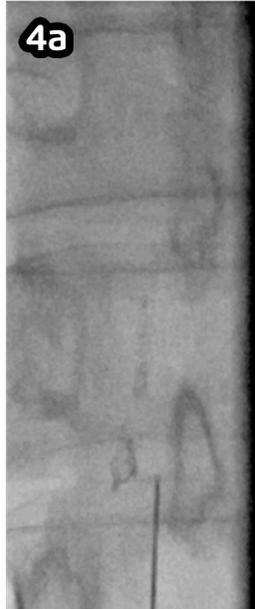


Figura 4b. Salida de linfa desde el catéter.

Figura 4a. Punción con aguja Chiba 22G de la cisterna del quilo vía transabdominal percutánea bajo visión fluoroscópica.



Figura 5. Estenosis del conducto torácico a nivel de su desembocadura en la vena subclavia izquierda. Aspecto tortuoso y dilatado de los vasos linfáticos más proximales.

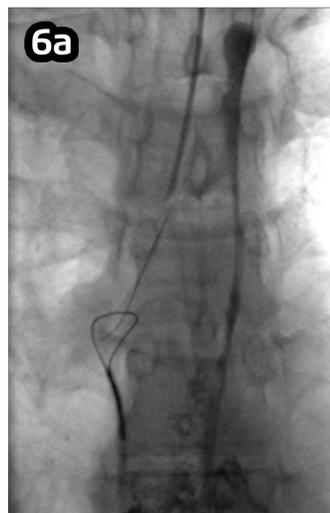


Figura 6a. Bajo visión fluoroscópica se observa técnica de lazada justo previo a la captura de la guía para lograr un acceso *through-and-through*.

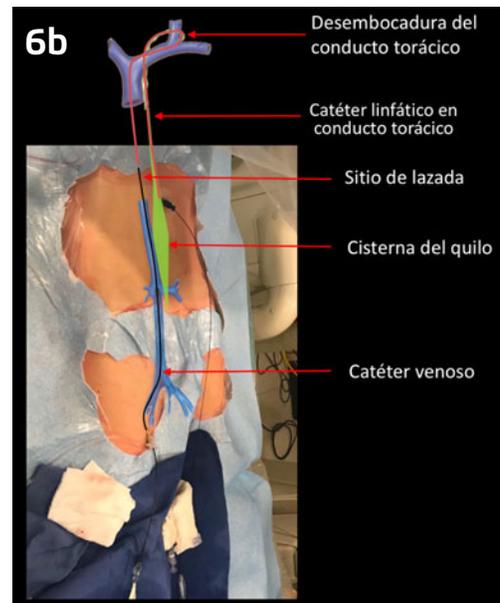


Figura 6b. Esquema de los accesos simultáneos venoso y linfático y técnica de lazada.



Figura 7. Bajo visión fluoroscópica se observa el momento de la plastia con balón de la estenosis del conducto torácico a nivel de su desembocadura en la vena subclavia izquierda.

Caso 2

Paciente de 13 años sin historial quirúrgico ni de cardiopatías, con diagnóstico de asma de difícil manejo y antecedente de múltiples hospitalizaciones incluyendo estadias en la unidad de cuidados intensivos. Presenta episodios de expectoración con forma de moldes bronquiales sugerentes de bronquitis plástica.

Se realizó linfangioRM con secuencias dinámicas mediante técnica de linfangiografía intranodal, que mostró una duplicación de la cisterna del quilo como variante anatómica y numerosos vasos linfáticos desorganizados distribuidos en el mediastino y el espacio peribronquial, hallazgos compatibles con un síndrome de perfusión linfática pulmonar (Figura 8).



Figura 8. Linfangio RM que demuestra duplicación de la cisterna del quilo y flujo linfático anómalo en mediastino.

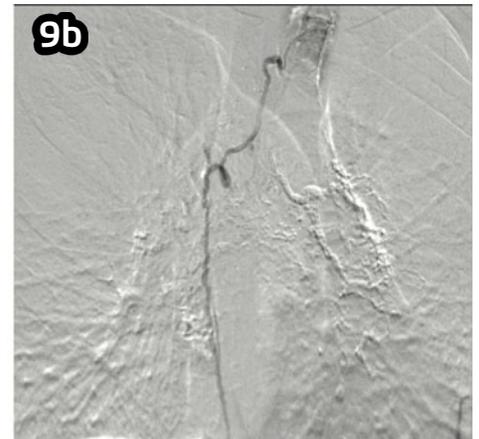
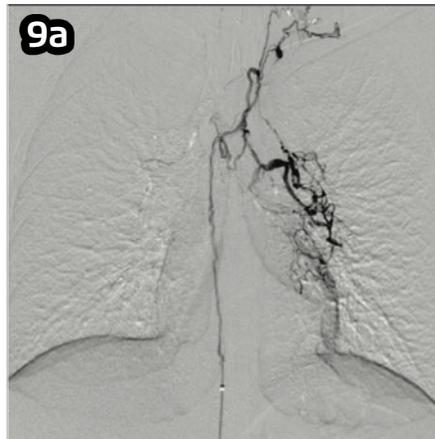


Figura 9. Linfangiografía bajo visión fluoroscópica pre y post embolización selectiva.

Luego de analizar el caso en forma multidisciplinaria, se decidió tratar mediante embolización linfática pulmonar selectiva con equipo de radiología intervencionista.

Bajo anestesia general se cateterizó vía percutánea transabdominal con una aguja Chiba 22G una de las cisternas del quilo, opacificando posteriormente con medio de contraste el sistema linfático central, demostrando recirculación linfática a los bronquios. Se procedió entonces a embolizar selectivamente los linfáticos pulmonares con cianocrilato y lipiodol, logrando mantener la permeabilidad del conducto torácico (Figura 9).

No hubo complicaciones inmediatas y el paciente permanece actualmente asintomático a tres meses de la intervención.

Caso 3

Paciente de 12 años sin antecedentes mórbidos ni historia de cirugías, que es derivado a CAS para estudio de derrame pleural derecho persistente. Se realizó tomografía computada de tórax, la que no evidenció procesos tumorales subyacentes. Se decidió punción bajo visión ecográfica, obteniendo 400 cc de líquido lechoso con características bioquímicas compatibles con quilotorax. Se descartó tuberculosis y la citometría de flujo no mostró células atípicas. Se instaló tubo pleural y se manejó inicialmente con dieta libre de grasas, sin respuesta, manteniendo un flujo de la pleurostomía de entre 300 a 500 cc/día. Se determinó manejo con radiología intervencionista. Bajo anestesia general se realizó linfangiografía nodal, visualizando a los 30 minutos un escape del contraste a nivel de T12 hacia la cavidad

pleural derecha (Figura 10). Se intentó acceder por vía percutánea transabdominal a la cisterna del quilo, lo que fue frustrado. A través de un acceso venoso femoral se avanzó un catéter hasta la vena subclavia izquierda, cateterizando en forma retrógrada el conducto torácico (Figura 11). Se identificó fuga a nivel inferior y se procedió a embolizar con cianocrilato (Figura 12). El paciente presentó buena respuesta con regresión del quilotorax a los 2-3 días.

Discusión

Los casos exhibidos son representativos de parte del espectro de la patología de vasos linfáticos centrales, el cual incluye aquellas de origen traumático y no traumático, siendo este último el más frecuente. La lesión traumática más común es la rotura del conducto torácico o de sus eferen-



Figura 10. Escape de contraste hacia la cavidad pleural derecha durante linfangiografía nodal bajo visión fluoroscópica.

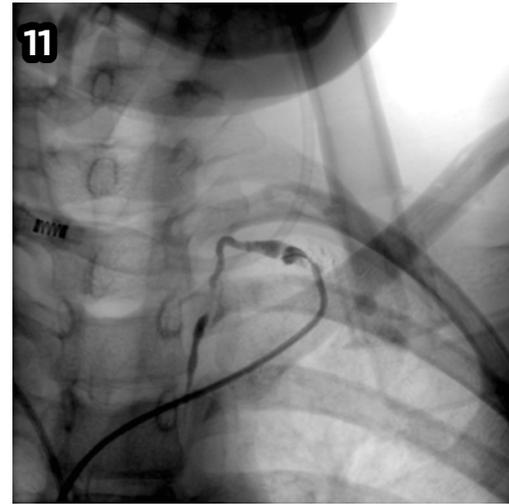


Figura 11. Cateterización retrógrada del conducto torácico.

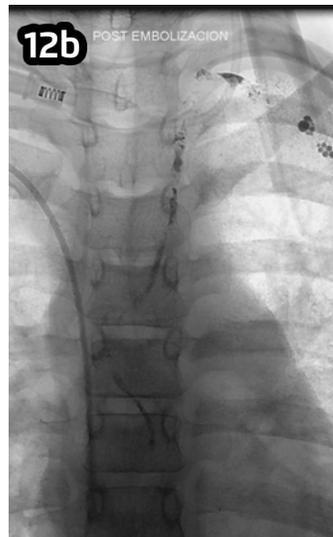
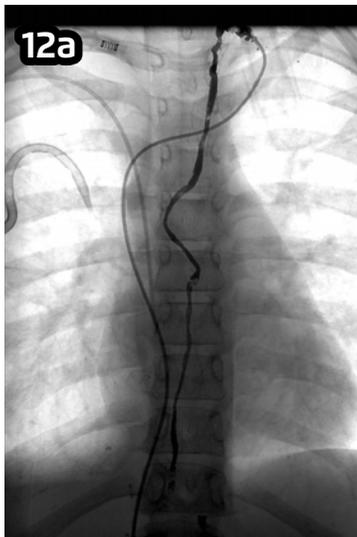


Figura 12. Visión de conducto torácico pre y post embolización.

cias, lo que usualmente ocurre durante cirugías tóraco-abdominales. Sin embargo, en contadas ocasiones, la rotura del conducto torácico también se puede observar en pacientes sin antecedentes quirúrgicos, como fue en esta ocasión. Clínicamente, se manifiesta como quilotórax y/o quiloascitis [13].

Dentro de la patología que se engloba en el grupo de enfermedad no traumática, particularmente en niños, encontramos el síndrome de perfusión pulmonar linfático. Esta entidad en general se presenta en pacientes cardiopatas, particularmente posterior a cirugía de corrección de ventrículo único. Constituye una anomalía congénita caracterizada por el flujo reverso de la linfa desde el conducto torácico, a través de vasos aberrantes, hacia el mediasti-

no y vasos pulmonares. Se manifiesta clínicamente como bronquitis plástica, entidad que se caracteriza por expectoración de moldes bronquiales, los que determinan obstrucción de la vía aérea, pudiendo llevar a un desenlace fatal [2] (Figura 13).

Por otra parte la obstrucción del conducto torácico, ya sea parcial o total, es una entidad subdiagnosticada y poco frecuente, con muy pocos casos reportados en la literatura y sin un protocolo de manejo establecido. Sin embargo, la corrección del defecto subyacente a través de una plastia mínimamente invasiva parece una alternativa razonable y que en esta experiencia dio buenos resultados. De acuerdo a nuestro entender, la plastia con balón de la confluencia del conducto torácico con la vena innominada no ha sido reportada anteriormente en la literatura.

Los casos presentados ponen en evidencia el aporte de las nuevas técnicas, particularmente la linfangioRM mediante linfangiografía nodal, en la evaluación diagnóstica de la patología del sistema linfático central y en la planificación de sus respectivos tratamientos.

La linfangioRM se realiza en Clínica Alemana de Santiago desde el año 2015, incluyendo desde el año 2018 secuencias dinámicas. La linfangiografía nodal, consistente en la visualización del sistema linfático posterior a la inyección de contraste en

ganglios inguinales guiado por ultrasonido, ha abierto las puertas para una detallada evaluación de los conductos linfáticos centrales ^[4]. Actualmente, el protocolo de linfangiogram en CAS incluye usualmente una secuencia T2 eco planar *fast spin echo* con supresión grasa en el plano coronal, una secuencia T2 colangiográfica en el mismo plano y una T1 dinámica contrastada con gadolinio cada 1 minuto durante una hora. Las secuencias T2 en conjunto aportan fundamentalmente en tres aspectos:

1. Entregar una visión anatómica general.
2. Demostrar estructuras linfáticas patológicas, tales como masas, linfangectasias y dilataciones de la cisterna del quilo o conducto torácico.
3. Visualizar la presencia y distribución de fluido linfático en las cavidades corporales. La secuencia T1 dinámica

entrega información detallada de la anatomía de los linfáticos centrales y pesquisa con alta sensibilidad filtraciones en quiloascitis y quilotórax.

Estos casos muestran además la utilidad de la cateterización de la cisterna del quilo gracias a la linfangiografía intranodal, que al entregar un acceso directo a los linfáticos centrales permite oportunidades de tratamiento exitosos tales como embolizaciones selectivas o plastías.

Actualmente, las líneas de desarrollo e innovación de nuestro servicio incluyen el desarrollo de impresión de moldes 3D de los linfáticos utilizando las imágenes obtenidas con la resonancia magnética y la fusión de estas imágenes isovolumétricas con ecografía en tiempo real para facilitar el acceso a la cisterna del quilo (Figura 14).

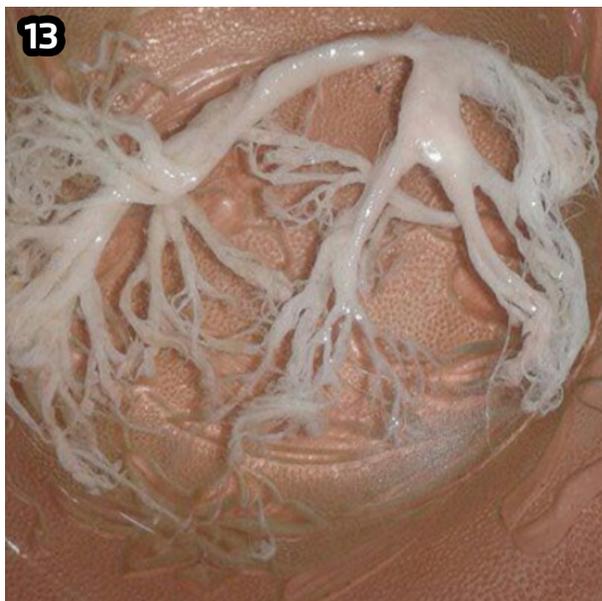


Figura 13. Moldes bronquiales-

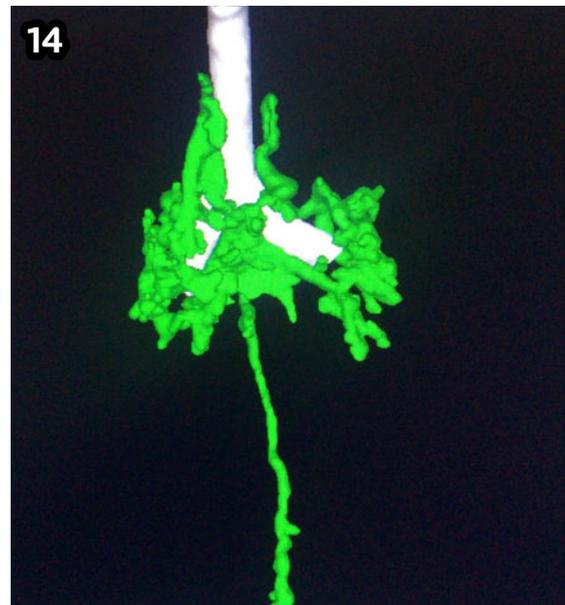


Figura 14. Modelo para futura impresión 3D-

Referencias

1. Hsu MC, Itkin M. *Lymphatic Anatomy. Tech Vasc Interv Radiol.* 2016;19:247-254.
2. Itkin M, Nadolski GJ. *Modern Techniques of Lymphangiography and Interventions: Current Status and Future Development. Cardiovasc Intervent Radiol.* 2018;41:366-376.
3. Kariya S, Nakatani M, Ono Y, et al. *Percutaneous Balloon Plasty for Thoracic Duct Occlusion in a Patient with Chylothorax and Chylous Ascites. Cardiovasc Intervent Radiol.* 2019;42:779-783.
4. Chavhan GB, Amaral JG, Temple M, et al. *MR Lymphangiography in Children: Technique and Potential Applications. Radiographics.* 2017;37:1775-1790.

Artículo de Revisión

Mamografía sintetizada, ¿debemos cambiar? Una nueva era en la mamografía

Dr. Miguel Ángel Pinochet, Dra. Aleen Altamirano, Dra. Eliette Castillo, Dra. Marcela Uchida.

Servicio de Mamografía
Departamento de Imágenes
Clínica Alemana de Santiago, Facultad de Medicina Clínica Alemana,
Universidad del Desarrollo, Santiago, Chile.

Contacto: mpinochet@alemana.cl

Resumen

La mamografía sintetizada (MS) es una nueva técnica de imagen adquirida a partir de la tomosíntesis (TS), con una imagen similar a la mamografía digital (MD). Una de sus grandes ventajas es la disminución de la radiación preservando los beneficios de la TS, disminuyendo la superposición de los tejidos, lo que permite aumentar la sensibilidad de detección de cánceres, especialmente infiltrantes.

Ilustramos diversos hallazgos en MS, para explicar la utilidad en la implementación de esta tecnología. Múltiples revisiones de estudios sugieren que la MS puede ser apropiada para usarse como reemplazo de la MD cuando se utiliza con TS para el diagnóstico del cáncer de mama.

Abstract

Synthesized mammography (SM) is a new imaging technique acquired from digital breast tomosynthesis (DBT) with a similar image to full field digital mammography (FFDM).

One of the greatest advantages of SM is the decrease in radiation, preserving the benefits of DBT, decreasing the superposition of tissues, which allows an increase of the detection of cancers, especially infiltrating ones. We illustrate diverse findings in SM, to explain the utility in the implementation of this technology. Several reviews of studies suggest that SM may be appropriate for clinical use as a replacement for FFDM when it is used with DBT for the diagnosis of breast cancer.

ABREVIACIONES

BI-RADS: Breast imaging report and data system

DAM: Distorsión de la arquitectura mamaria

FDA: Administración de Alimentos y Medicamentos de Estados Unidos

MD: Mamografía digital

MS: Mamografía sintetizada

TS: Tomosíntesis

Introducción

La tomosíntesis (TS) es una técnica mamográfica que ha sido rápidamente adoptada en el algoritmo diagnóstico de cáncer de mama, desde que fue aprobada por la Administración de Alimentos y Medicamentos de Estados Unidos (FDA) en 2011⁽¹⁾. Dentro de las ventajas del uso de la TS, están:

1. Reducción de la tasa de rellamado, lo que disminuye la necesidad de pruebas adicionales y la ansiedad que involucra tener una mamografía con resultado falso positivo.
2. Aumenta la tasa de detección de cáncer, especialmente para cáncer infiltrantes, en comparación con la mamografía digital (MD).
3. Tiene más beneficios en mujeres con mamas densas^(2,3)

Sin embargo, ya que la TS se puede realizar únicamente en conjunto con la mamografía digital, se ha generado inquietud con respecto a la dosis de radiación emitida por la combinación de ambos estudios, así como la desventaja por el gran número de imágenes obtenidas, que implica un mayor tiempo de adquisición y de lectura. La mamografía sintetizada (MS) se creó en respuesta a estos desafíos, con el objetivo de ofrecer a los pacientes los beneficios de la TS, con un menor tiempo de adquisición y por ende menor exposición a radiación desde su aprobación por FDA en 2013⁽⁴⁾.

La MS es una mamografía bidimensional que se genera a partir del conjunto de datos de TS, creando una reconstrucción con algoritmos y filtros especiales, con suma de imágenes individuales, permitiendo los beneficios anteriormente descritos. Esto lleva a menor radiación en comparación con la modalidad combo (MD+TS) utilizada actualmente. Sin embargo, cobran vital importancia la compresión y la contención de la respiración, ya que todo lo que afecte las imágenes de TS, afectará las imágenes sintetizadas⁽⁵⁾.

Al comparar con la MD, la MS realza las estructuras lineales y espículas de los cortes de TS, de manera que los nódulos y distorsiones arquitecturales son observados más nítidamente. También realza puntos brillantes de los cortes de TS haciendo más evidentes los grupos de calcificaciones⁽⁵⁾. Se han realizado estudios en los cuales se compara el uso de TS con MD o MS, los cuales concluyen que el uso de la imagen sintetizada

2D, sola o combinada con tomosíntesis, tiene la misma seguridad diagnóstica que la mamografía digital. Algunas de las áreas donde se identifica el beneficio de la MS son:

I. Detección del cáncer:

Zuley et al. realizaron un estudio retrospectivo con ocho radiólogos calificados con experiencia de 3 - 24 años, leyendo 123 exámenes seleccionados de un conjunto de 1.184 casos recopilados durante la práctica clínica, como parte de un protocolo de investigación. Cada examen se interpretó utilizando MD+TS o MS+TS, con cada modo separado por al menos dos meses. Se encontró que el AUC para MS+TS era 0.916 y AUC para MD+TS de 0.939 (intervalo de confianza [IC] del 95%, -0.011 a 0.057; P 5 .19)⁽⁶⁾. También se notó que para los casos de cáncer comprobado en la biopsia, hubo un cambio sustancial para que el lector proporcionara un BI-RADS más alto, por ejemplo hacia BI-RADS 4C y BI-RADS 5 cuando se usa MS versus MD. Este cambio puede deberse al algoritmo de reconstrucción de la MS, que pone énfasis en las líneas espiculadas.

El estudio STORM-2 demostró un aumento significativo en la tasa de detección de cáncer cuando se agregó TS a MD (8.5 por 1000 MD+TS y 6.3 por 1000 MD). Este beneficio se mantuvo y aumentó ligeramente con MS+TS (8,8 por 1000). Las mejoras más significativas en la detección del cáncer se observaron en mujeres menores de 60 años y en mujeres con mamas densas⁽⁷⁾.

La tasa de detección de cáncer en mamas densas con MS+TS, es comparable con la lograda con la MD+TS, porque la información obtenida en la serie de imágenes de TS aumenta la visibilidad de las áreas de distorsiones arquitecturales y masas que pueden estar enmascaradas en MD (Figura 1). Además, las MS reconstruidas a partir del conjunto de datos de TS, utilizan el procesamiento posterior a la adquisición y esto puede mejorar la caracterización de algunos hallazgos.

El reciente desarrollo de la MS permite las ventajas de la TS: una tasa de rellamado reducida y una mayor tasa de detección de cáncer, principalmente cáncer infiltrante, a casi la misma dosis de radiación que la MD. Su adopción en la práctica clínica es reciente. Como la MS se genera a partir del conjunto de datos de la TS, está diseñada para usarse junto con TS, en lugar de utilizarse como una imagen independiente.

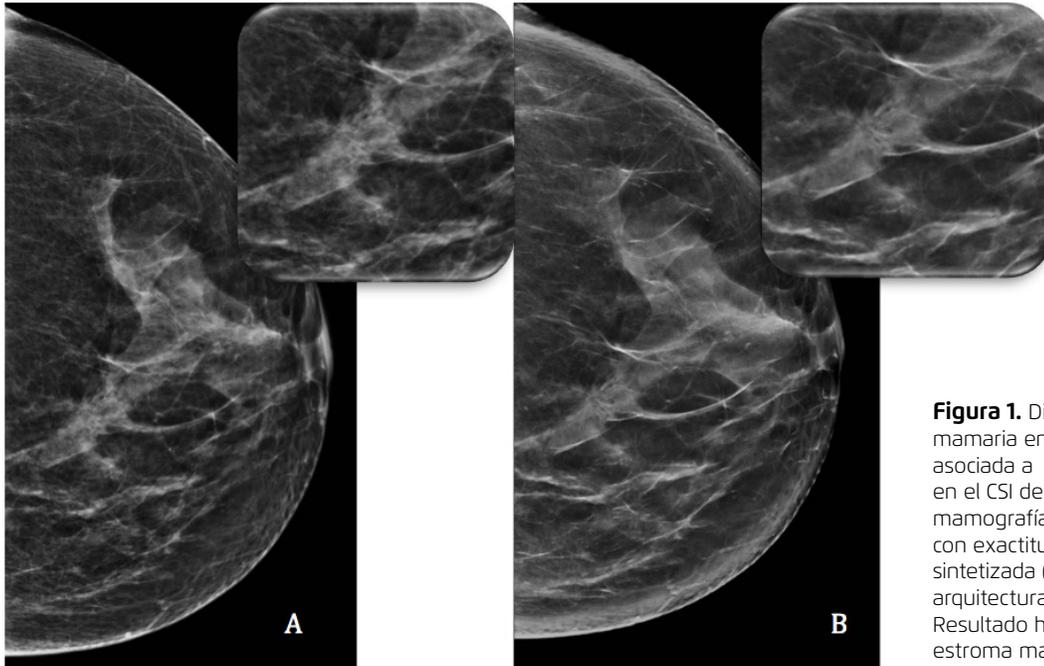


Figura 1. Distorsión de la arquitectura mamaria en paciente de 51 años no asociada a microcalcificaciones, ubicada en el CSI de la mama izquierda. En mamografía digital (A), no se visualiza con exactitud la lesión. En mamografía sintetizada (B), se observa distorsión arquitectural con espículas evidentes. Resultado histológico de fibrosis focal del estroma mamario.

La implementación de tomosíntesis en un programa de *screening*, aumenta significativamente la sensibilidad y especificidad. El uso de MS en lugar de MD en combinación TS resultó en un pequeño cambio, tanto en sensibilidad como en la especificidad, lo que indica que la MS podría ser una alternativa viable a la MD cuando se utiliza en conjunto con TS, según lo que indica el estudio de Per Skaane, Oslo Trial, donde prospectivamente desde noviembre 2010 a diciembre 2012, se examinaron de manera independiente cada estudio en sus cuatro diferentes brazos, MD, MD+CAD, MD+TS y MS+TS para comparar la precisión de cada uno en el contexto de un programa de screening poblacional⁽¹³⁾.

II. Dosis de radiación:

Múltiples estudios han valorado los beneficios de esta técnica, resaltando la disminución de la dosis de radiación. Entre ellos destaca el estudio de Per Skaane, que concluye que el uso de imágenes 2D sintetizadas disminuye la dosis de radiación en 45% y que no existen diferencias en cuanto a la seguridad diagnóstica comparándolas con la imagen de la mamografía digital directa⁽⁸⁾.

El límite de la dosis de radiación estipulado por la FDA es de 3mGy por mama por proyección, la mamografía convencional alcanza hasta 2 mGy y la mamografía digital directa 1.4 mGy. Cuando se combina MD+TS se obtienen dosis de hasta 2.6 mGy, pero únicamente con combinar MS+TS se logra disminuir la dosis de radiación a 1.4 mGy. De

manera similar, los resultados de la STORM-2 informaron una reducción del 42% en la dosis glandular media con MS+TS en comparación con el examen combinado MD+TS. Como se muestra anteriormente, esta reducción de la dosis es posible sin una pérdida en los resultados de rendimiento. De hecho, en muchos casos, el rendimiento ha mejorado⁽⁷⁾.

III. Distorsiones mamarias

Esta técnica ha demostrado mejorar la visualización de las distorsiones de la arquitectura mamaria (DAM), logrando demostrar el tamaño preciso de las espículas y de la lesión, con mejor visualización del núcleo central y por ende una adecuada caracterización de la misma. Las DAM sutiles son similares al tejido glandular en MD, sin embargo se visualizan como espículas radiadas marcadas al utilizar mamografía sintetizada, haciéndolas más sospechosas. (Figura 2).

Giess et al. mostraron que las DAM fueron significativamente más notorias en la MS en comparación con la MD ($p < 0,001$)⁽¹⁴⁾. Es más, se ha encontrado poca concordancia en la clasificación de DAM entre MS y MD ($\kappa = 0,36$), con seis distorsiones malignas no vistas en MD. Esto se debe a que la MD se deriva del conjunto de datos de la TS y es por esto que puede retener más información sobre la estructura del tejido de las imágenes de proyección múltiple en comparación con la MD, enfatizando los hallazgos mamográficos como DAM.

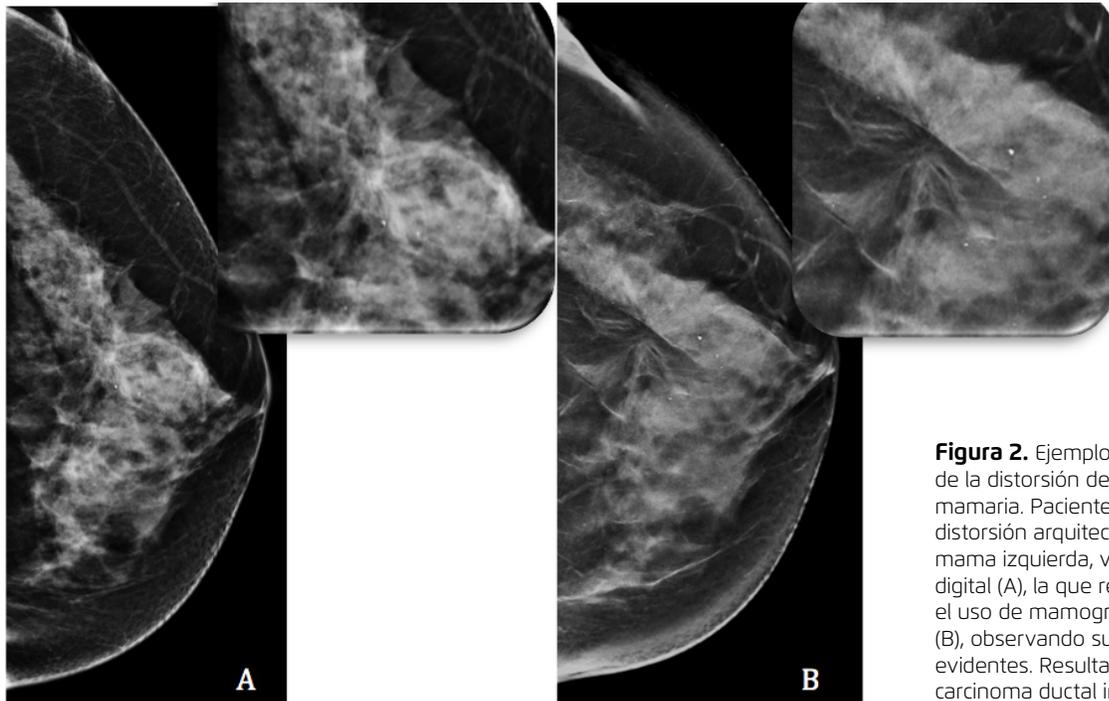


Figura 2. Ejemplos de la visualización de la distorsión de la arquitectura mamaria. Paciente de 42 años con distorsión arquitectural en el CSE de la mama izquierda, vista en mamografía digital (A), la que realza más con el uso de mamografías sintetizada (B), observando sus espículas más evidentes. Resultado histológico de carcinoma ductal infiltrante.

IV. Asimetrías y masas

Las asimetrías pueden ser oscurecidas por el tejido glandular superpuesto en MD, sin embargo éstas son mejor evidenciadas en MS, debido al algoritmo de reconstrucción que enfatiza distorsiones y márgenes de masas. Uno de los beneficios de la TS es la mejora en el análisis de los márgenes de las masas a medida que este tejido se elimina. Esta información se pasa a la imagen sintetizada, lo que puede llevar a una visibilidad más clara de las masas y sus márgenes. Una masa maligna similar al tejido glandular en MD, se logra identificar de características sospechosas en MS, por ejemplo de morfología irregular o asociada a distorsión en MS.

V. Microcalcificaciones

Detectar microcalcificaciones sospechosas es crítico en la práctica de *screening*, porque hay cánceres que sólo se manifiestan como microcalcificaciones. La MS tiene habilidad variable para detectar calcificaciones en comparación con la MD. La detección mejorada de MD se debe parcialmente a mayor resolución espacial de MD (tamaño del pixel: 70- μm) comparada con MS (90- μm) (Figura 3). A pesar de esto, la detección de cáncer in situ no se vio afectada en los diferentes estudios realizados. Además, Choi et al. muestran un rendimiento similar de MS y MD en la detección de cánceres en estadio T1 calcificados y no calcificados⁽⁹⁾. Actualmente existen tecnologías de

alta resolución para mamografía sintetizada que utilizan el mismo tamaño de pixel que la MD (70 micras) que se traduce a mejor resolución espacial.

En el Servicio de Imágenes Mamarías de Clínica Alemana de Santiago (CAS), se realizó una revisión retrospectiva de las mamografías y biopsias estereotáxicas hasta junio de 2016, en la cual se analizaron las imágenes MD y MS. En esta se observó que la detección de lesiones malignas era similar en ambas modalidades y que las microcalcificaciones no vistas en MS (8 casos) correspondieron a lesiones benignas⁽¹⁰⁾.

VI. Densidad mamaria

La evaluación de la densidad mamaria es vital, no sólo desde el punto de vista de su riesgo inherente, sino que también su notificación puede afectar la decisión de usar técnicas complementarias. La consistencia en la interpretación de la densidad mamaria tiene, por lo tanto, importantes efectos posteriores.

Se han demostrado diferencias cualitativas entre las categorías de densidad mamaria, especialmente en los extremos de la densidad mamaria (predominantemente grasa y extremadamente densa). Otros estudios también han demostrado que la densidad mamaria se evaluó subjetivamente como menor en MS en comparación con la MD⁽¹²⁾.

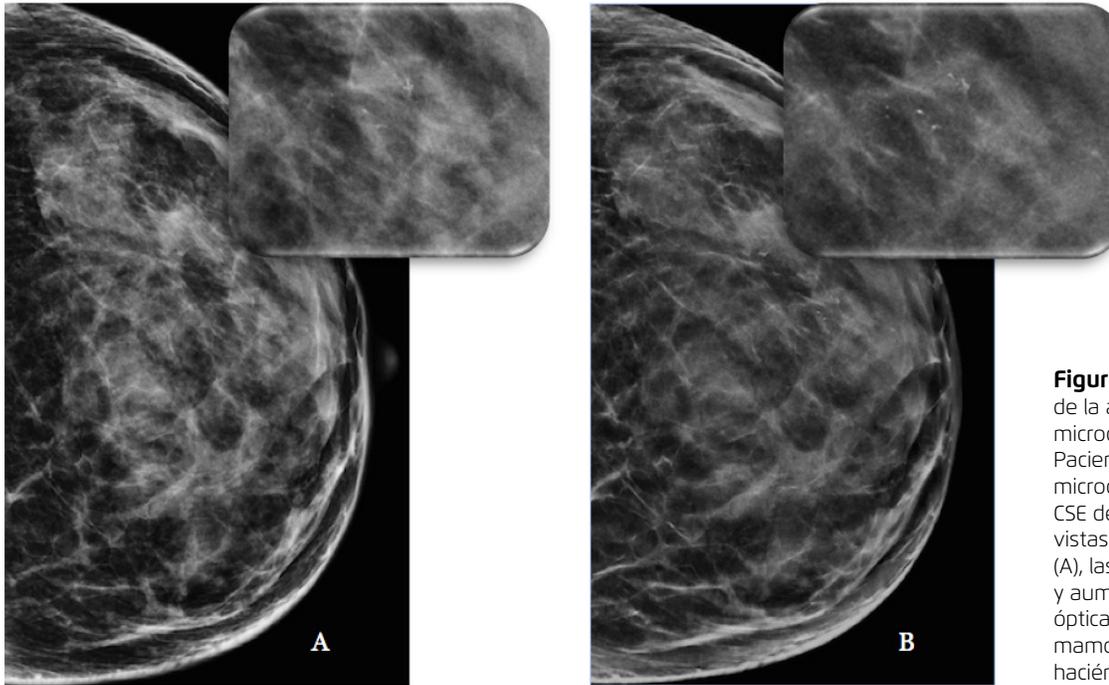


Figura 3. Ejemplos de la apariencia de microcalcificaciones. Paciente de 48 años con microcalcificaciones en el CSE de la mama izquierda vistas en mamografía digital (A), las cuales realzan más y aumentan su densidad óptica con el uso de mamografías sintetizada (B), haciéndose más evidentes.

Clínica Alemana

La mamografía sintetizada es parte de la rutina diaria en el análisis de los hallazgos mamográficos que se efectúan en Clínica Alemana de Santiago, pero el paso que permitirá dejar de hacer mamografías 2D será la incorporación de los nuevos equipos ya adquiridos que tienen tomosíntesis de alta resolución y, con ello, mamografía de alta definición. Esto nos permitirá ser unos de los primeros centros en Latinoamérica que contará con esta alta tecnología, permitiendo diagnósticos más certeros con menos radiación para nuestros pacientes.

Conclusión

La tecnología está aprobada y es efectiva para diagnóstico de cáncer mamario, asimismo ha sido validada en varios estudios desde el año 2013. Su uso puede reducir la dosis de radiación mientras mantiene los beneficios de rendimiento y calidad de la TS al compararla con la MD. Asimismo, presenta utilidad demostrada en mamas densas. Debemos entender las limitaciones técnicas y entrenarnos para interpretar las imágenes sintetizadas. Es una prioridad modernizar los servicios para estar preparados para el futuro con tomosíntesis, ya que se espera que la MS+TS cambie los patrones de práctica de TS, a favor de aumentar su implementación como un reemplazo de la MD+TS.

Referencias

1. US Food and Drug Administration, Department of Health and Human Services Digital Accreditation. <https://www.fda.gov/RadiationEmittingProducts/MammographyQualityStandardsActandProgram/FacilityCertificationandInspection/ucm114148.htm>.
2. Friedewald SM, Rafferty EA, Rose SL, et al. Breast Cancer Screening Using Tomosynthesis in Combination with Digital Mammography. *J. Am. Med. Assoc.* 2014;311:2499–2507.
3. Skaane P, Bandos AI, Guillien R, et al. Comparison of Digital Mammography Alone and Digital Mammography Plus Tomosynthesis in a Population-based Screening Program. *Radiology.* 2013;267:47–56.
4. US Food and Drug Administration, Department of Health and Human Services Summary of Safety and Effectiveness Data (SSED). https://www.accessdata.fda.gov/cdrh_docs/pdf8/P0800035001B.pdf
5. Andrew S. Synthesized 2D Mammographic Imaging Theory and Clinical Performance. <http://www.lowdose3d.com/images/C-View-White-Paper.pdf>
6. Zuley ML, Guo B, Catullo VJ, et al. Comparison of two-dimensional synthesized mammograms versus original digital mammograms alone and in combination with tomosynthesis images. *Radiology.* 2014;271:664–671.
7. Bernardi D, Macaskill C, Pellegrini M, et al. Breast cancer screening with tomosynthesis (3D mammography) with acquired or synthetic 2D mammography compared with 2D mammography alone (STORM-2): a population-based prospective study. *Lancet Oncol.* 2016 Aug; 17(8):1105–1113.
8. Skaane P, Bandos AI, Eben EB, et al. Two-View Digital Breast Tomosynthesis Screening with Synthetically Reconstructed Projection Images: Comparison with Digital Breast Tomosynthesis with Full-Field Digital Mammographic Images. *Radiology.* 2014;271:655–663.
9. Choi JS, Han BK, Ko EY, et al. Comparison between two-dimensional synthetic mammography reconstructed from digital breast tomosynthesis and full-field digital mammography for the detection of T1 breast cancer. *Eur Radiol.* 2016 Aug; 26(8):2538–46.

10. *MA. Pinochet, Altamirano S AV, Uchida M, Horvath E, Ponce K, Pizzolon MF; Santiago/CL. 2D Mammography or synthesized mammography in the evaluation of microcalcifications: can we change? ECR 2017.*
 11. *Giess CS, et al. Lesion conspicuity on synthetic mammography images compared to full field digital mammography images in the screening setting; Proceedings of the Radiological Society of North America Annual Meeting; Chicago, IL, USA. 27 November–2 December 2016.*
 12. *Zuckerman SP, Conant EF, Keller BM, et al. Implementation of Synthesized Two-dimensional Mammography in a Population-based Digital Breast Tomosynthesis Screening Program. Radiology. 2016 Dec; 281(3):730-736.*
 13. *Skaane P, Bandos AI, Niklason LT, et al. Digital Mammography versus Digital Mammography Plus Tomosynthesis in Breast Cancer Screening: The Oslo Tomosynthesis Screening Trial Radiology 2019; 00:1–8.*
-



Artículo de Revisión

Resonancia magnética mamaria pre-operatoria en cáncer de mama: ¿Causa mastectomías innecesarias?

Dra. Carla Darrás

Dra. Eleonora Horvath

Departamento de Imágenes
Clínica Alemana de Santiago
Facultad de Medicina Clínica Alemana,
Universidad del Desarrollo, Santiago, Chile.

Contacto: ehorvath@alemana.cl

Resumen

El uso sistemático de la resonancia magnética (RM) como estudio de etapificación preoperatoria en pacientes con cáncer (Ca) de mama recientemente diagnosticado está siendo largamente debatido en la literatura, siendo su indicación más controvertida en los últimos años, pese a ser la modalidad que genera mayor impacto en las pacientes. Uno de los argumentos más repetitivos por sus detractores es que causaría un aumento innecesario de mastectomías totales (MT). Para entender el fondo del debate, en este artículo recapitularemos los puntos en que existe consenso entre expertos respecto a la RM como estudio preoperatorio: concordancia tamaño tumoral, detección de componente intraductal extenso y detección de multifocalidad, multicentricidad y bilateralidad. Haremos un análisis de los argumentos más importantes utilizados en contra de su uso: sobretratamiento de lesiones con cirugías más extensas incluyendo la MT, los falsos positivos (FP) y la ausencia de estudios que demuestren una mejora en la sobrevida de las pacientes. Finalmente detallaremos la postura pro-RM en base a nuestra experiencia en Clínica Alemana de Santiago (CAS).

ABREVIACIONES:

Ca: Cáncer

CAS: Clínica Alemana de Santiago

FP: Falsos positivos

MT: Mastectomías totales

Mx: Mamografía

RM: Resonancia magnética

US: Ultrasonido

Introducción

De todas las recomendaciones para el uso de resonancia magnética (RM)^(1,2), el estudio de etapificación pre-operatoria en pacientes con Ca de mama recientemente diagnosticado es una de las indicaciones más controvertidas, pese a ser la modalidad que genera mayor impacto en el diagnóstico y manejo de las pacientes por los resultados que puede mostrar. Entre los argumentos más repetitivos esgrimidos por sus detractores, se menciona el aumento innecesario de las MT al identificar focos tumorales desconocidos en estudios convencionales y la ausencia de estudios que demuestren un aumento en la sobrevida de las pacientes por el uso de esta técnica.

La RM mamaria es la modalidad de imagen más sensible para detectar focos tumorales, incluso los de pequeño tamaño y en mamas densas ⁽³⁻⁶⁾. La detección se basa en demostrar la angiogénesis tumoral: las lesiones malignas desarrollan vasos anómalos y tortuosos, formando redes capilares densas. Los neovasos son más permeables, por lo que las lesiones se impregnan de manera precoz con el medio de contraste paramagnético ⁽⁷⁾, permitiendo su identificación en los primeros minutos del estudio dinámico.

El objetivo de la RM pre-operatoria en pacientes con Ca de mama recientemente diagnosticado es realizar un mapeo preciso de la enfermedad local para poder planificar una cirugía única con márgenes libres e intención curativa, al detectar enfermedad multifocal, multicéntrica o bilateral y, al mismo tiempo, identificar contraindicaciones para la conservación de la mama.

La RM ha demostrado ser superior a la mamografía (Mx), ecografía (US) o ambas para demostrar el tamaño real de la enfermedad ⁽⁸⁻⁹⁾. Además tiene una alta sensibilidad para detectar componente intraductal extenso no calcificado, no evidente en estudios convencionales (Imagen 1) ⁽¹⁰⁾. La importancia de delimitar el tamaño tumoral es obtener márgenes quirúrgicos libres, por lo tanto, disminuir las re-operaciones y evitar recidiva local. Varios estudios evaluaron la tasa de re-operación comparando pacientes con y sin RM. Algunas publicaciones "clásicas" – aunque poco confiables por sesgos importantes en su metodología – demostraron tasas similares o mayores de re-intervención en el grupo de pacientes con RM pre-operatoria ^(11,12). Sin embargo, estudios más recientes demuestran lo contrario ⁽¹³⁻¹⁵⁾, con menores tasas de re-operación en el grupo estudiado con RM (5% versus 15% con y sin uso de RM respectivamente).

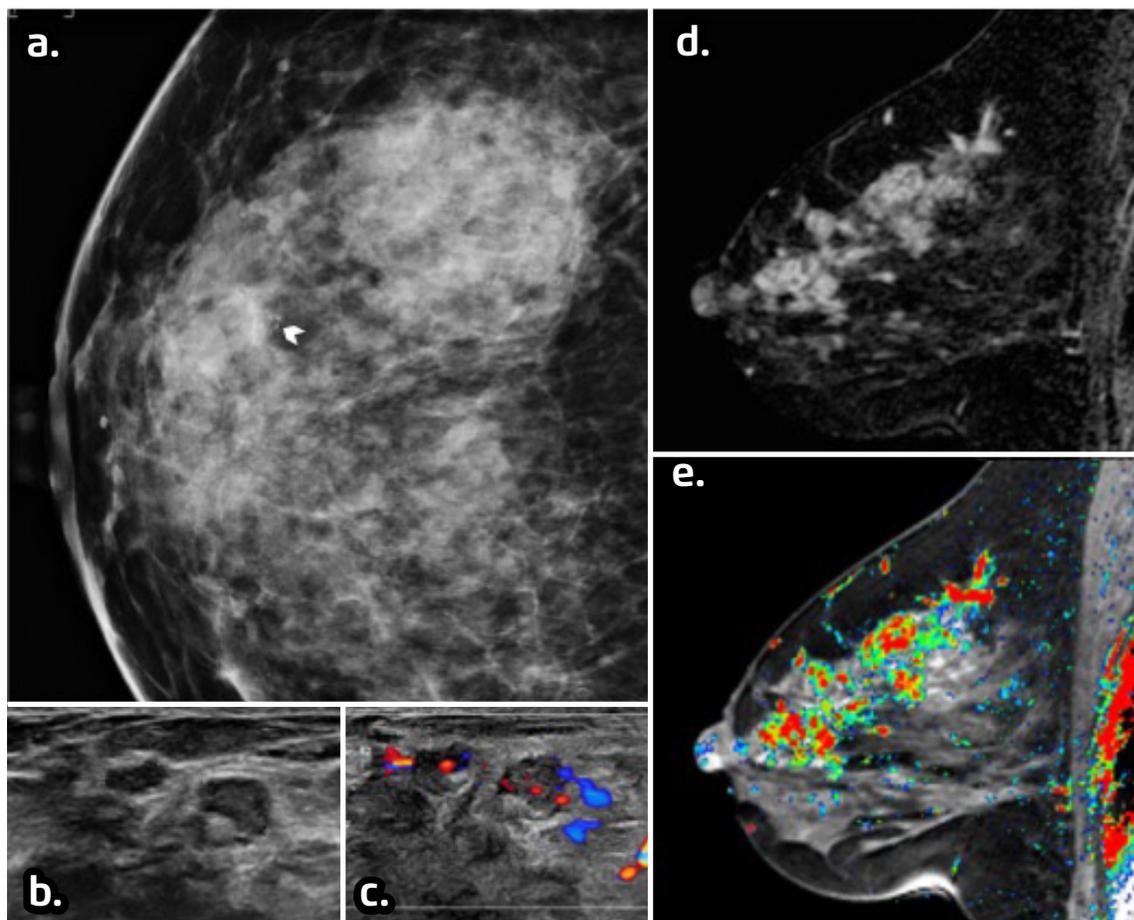


Imagen 1. Detección de componente *in situ* extenso y compromiso no sospechado de complejo areola-pezones. **(a)** Proyección lateral magnificada donde se observan microcalcificaciones agrupadas en una extensión de 3 mm, estables en los últimos dos años (cabeza de flecha). **(b) y (c)** Ecografía de la región retroareolar derecha donde se identifican dos nódulos vascularizados adyacentes entre sí, de 5-6 mm. **(d) y (e)** Cortes sagitales de RM con contraste: **(d)** substracción y **(e)** CAD donde se observa extensa captación no masa que se extiende desde el pezón, comprometiéndolo, hacia la región posterior, de aproximadamente 110 mm.

Un aporte indiscutible de la técnica, es la capacidad para detectar focos adicionales de Ca no identificados por estudios convencionales (Mx o US) en el 6-27% de los casos (Imagen 2), con alta sensibilidad y especificidad, independientemente del tipo histológico y densidad mamaria ^(4,8-9,16-21). Estos

hallazgos generan un cambio de conducta terapéutica en un 14-27% de los casos ^(4,6,20,22-23). Además puede detectar un Ca sincrónico en la mama contralateral diagnosticado inicialmente en un 3 a 6% ^(4,17,20, 24-26).

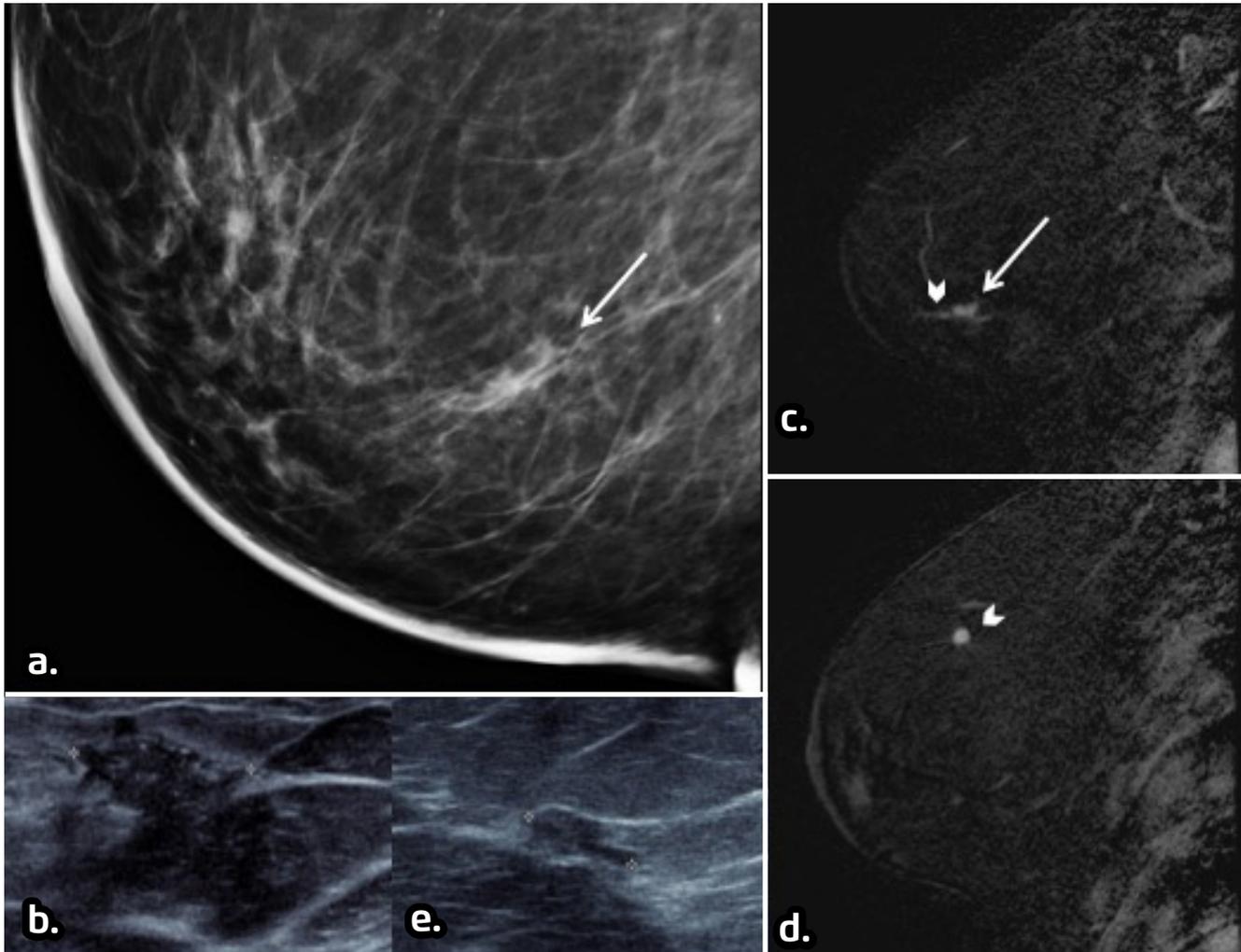


Imagen 2. Detección de multicentricidad. **(a)** Proyección MLO y **(b)** ecografía donde se observa un nódulo asociado a microcalcificaciones, de 16 mm. **(c)** y **(d)** Substracción de RM con contraste. **(c)** Nódulo hipercaptante correspondiente a la lesión primaria (flecha), asociado a captación no masa que se extiende hacia anterior (cabeza de flecha), alcanzando en conjunto 40 mm. **(d)** Nódulo de 5 mm (cabeza de flecha) con realce precoz en otro cuadrante, no visible en estudios anteriores. **(e)** Ecografía dirigida que confirma el hallazgo de un nódulo sospechoso de 5 mm, corresponde a lesión infiltrante.

Por otro lado, la RM puede identificar contraindicaciones a una cirugía conservadora al demostrar compromiso no sospechado del complejo areola-pezones ^(27,28) o pared torácica ^(29,30) y delimitar si existe desproporción de tamaño tumoral y volumen mamario.

A pesar de todas estas cualidades, el estudio pre-operatorio con RM hoy sigue siendo un tema de controversia ⁽³¹⁻³²⁾. Entre los argumentos más importantes y repetitivos apuntados

por sus detractores, se mencionan las cirugías extensas, la ausencia de estudios que demuestren un aumento en la sobrevida y los FP.

Se argumenta que la detección de Ca adicionales constituye un sobrediagnóstico, afirmando que estos nuevos focos detectados son irrelevantes o biológicamente inertes y que pueden ser manejados con terapias complementarias (radio, quimio y hormonoterapia). A consecuencia de este

sobrediagnóstico se generarían cirugías más extensas que afectarían la cosmética y habría un aumento en el número de MT de forma innecesaria. Actualmente se encuentra en curso el *Multicenter International Prospective Meta-Analysis* (MIPA), un estudio prospectivo y randomizado en el que se evalúa el impacto de la RM pre-operatoria. Los resultados preliminares de 2425 pacientes muestran que no hay una diferencia estadísticamente significativa en la tasa de MT en las pacientes sin y con RM pre-operatoria (16% versus 21% respectivamente). Sin embargo, hubo diferencia significativa en la tasa de re-operación, la que alcanza 13,4% en el grupo sin RM y 8% en el grupo con RM ($p < 0.001$).

Si bien es cierto que no se cuenta con publicaciones de trabajos prospectivos que avalen el beneficio clínico en la sobrevida de las pacientes, se puede inferir que este examen permite mejores resultados a corto plazo al reducir la tasa de re-operaciones por márgenes positivos y a mediano plazo disminuiría la recidiva local y contralateral, por lo que parece lógico suponer que llevará a una mayor sobrevida libre de enfermedad y mayor sobrevida global.

Otro aspecto que se destaca en el debate es el alto número de FP que requieren un manejo especial, incluyendo estudios adicionales y procedimientos innecesarios, que además prolongarían el inicio del tratamiento.

RM pre-operatoria en CAS

Nuestra mirada, opinión y experiencia, difiere con lo descrito por otros grupos en el extranjero. Frente a esta polémica, en los últimos años realizamos una revisión retrospectiva acerca del rendimiento de la RM preoperatoria en el Servicio de Imágenes Mamarias⁽³³⁾, con el fin de conocer la realidad de nuestro medio y mantener actualizados los protocolos del Centro de la Mama, donde este examen forma parte de los estudios recomendados.

La RM preoperatoria en nuestras manos mejora la etapificación radiológica en un 23-25% de los casos (Gráfico 1), o sea en 1 de cada 4 casos proporciona algún dato importante o detectará un foco maligno adicional⁽³³⁾. Esto permite optimizar la cirugía en 10-15% de las pacientes. Adicionalmente, en ambas series se han medido las tasas de re-operaciones por márgenes positivos, alcanzando 3,4% en 2010 y 6,5% en 2017.

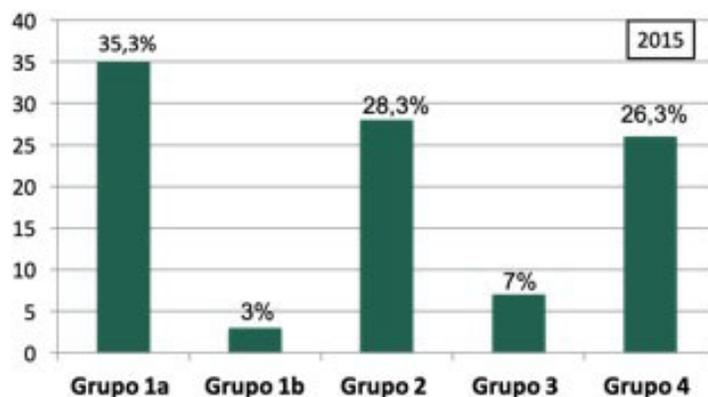
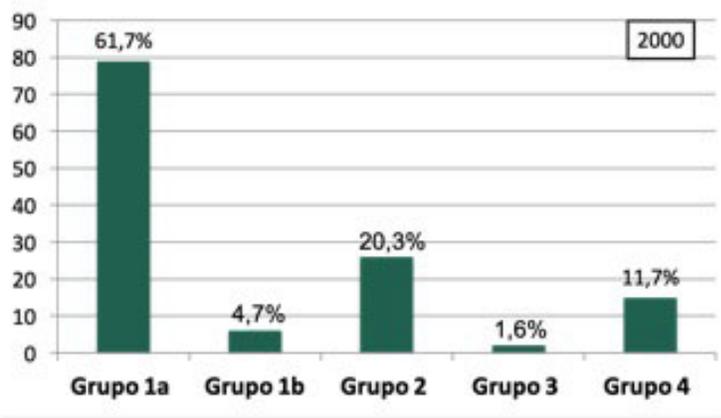


Gráfico 1. Rendimiento de la RM preoperatoria en el Servicio de Imágenes Mamarias – CAS. Clasificación por grupos. *Grupo 1:* No aporta hallazgos nuevos: *Grupo 1a:* Muestra lo mismo que los exámenes convencionales - *Grupo 1b:* no visualiza el cáncer. *Grupo 2:* Etapifica mejor pero no cambia la cirugía planificada. *Grupo 3:* Causa alguna intervención innecesaria (biopsia o mastectomía total). *Grupo 4:* Etapifica mejor y cambia correctamente el enfoque quirúrgico.

Para evaluar el rol de la RM en la toma de decisión de realizar una MT en pacientes con Ca de mama recientemente diagnosticado, analizamos 99 casos de MT consecutivas, realizadas entre 2013 y 2015 (representando el 30,5% de las pacientes operadas). Tal como resume la Tabla 1, se realizó MT en vez de tumorectomía debido a la RM en un 26,3% de las pacientes (26/99), en 25

casos correctamente realizada y en un caso de forma incorrecta. La gran mayoría (50,5%) de las MT en nuestro centro se realiza por el deseo expreso de las pacientes y entre las causas por las cuales las pacientes optan por la mastectomía podemos mencionar: cancerofobia, evitar la radioterapia o controles con mamografía, estética-simetría o "peace of mind".

Tabla 1. Causas de mastectomías totales

N=99

	UNILATERAL N= 78 (79%)	BILATERAL N= 21 (21%)	Total (%)
Deseo de la paciente	32	18	50 (50,5)
MX y US previos	18	0	18 (18,2)
RM	26	0	26 (26,3)
Bordes positivos	2	0	2 (2)
Disminución de riesgo (BRCA1 y 2+)		3	3 (3)

El manejo de los incidentalomas es muy importante en los centros donde se realiza RM mamaria. Consideramos *MR-only* los focos incidentales adicionales detectados en otros cuadrantes y contralaterales, que traducen multicentricidad o bilateralidad y consecuentemente generarían un cambio del enfoque quirúrgico. Con ecografía dirigida (US *second-look*) somos capaces de identificarlos en un 72-85% de los casos, obteniendo resultado maligno en un 27 a 38%. El problema mayor es el manejo de las lesiones incidentales de carácter sospechoso sin correlato en la US dirigida, donde se debe realizar una biopsia guiada por RM, puesto que en nuestra experiencia hasta un 27,2% de ellas puede resultar maligna⁽³⁴⁾.

En CAS realizamos RM mamaria desde el año 1999 y está incluida en el protocolo de manejo de pacientes con Ca de mama. Desde entonces tenemos el privilegio de poder trabajar con tecnología de punta (actualmente con equipos 3T). Dadas las limitaciones de la técnica y para evitar los FP recomendamos su uso en un escenario clínico adecuado. Consideramos que otro factor importante para el éxito de la técnica es la correcta interpretación del estudio por radiólogos sub-especialistas, que se enfocan en el paciente y trabajan en un entorno multimodal, con manejo de las

técnicas convencionales: el mismo radiólogo informa todos los estudios de la paciente y realiza los procedimientos intervencionales en caso necesario. Además, el trabajo se desarrolla en un contexto multidisciplinario con constante comunicación con los mastólogos y otros profesionales involucrados.

Conclusión

Por todo lo anteriormente discutido y considerando los resultados a corto plazo, avalados por el Centro de la Mama, mantenemos la recomendación del uso sistemático de la RM mamaria en el protocolo de evaluación preoperatoria, independientemente del debate internacional actual que, probablemente, seguirá sin resolverse durante varios años más.

Referencias

1. Mann RM. Breast MRI: EUSOBI recommendations for women's information. *Eur Radiol* (2015) 25: 3669-3678.
2. ACR practice parameter for the performance of contrast-enhanced magnetic resonance imaging (MRI) of the breast.
3. Sardanelli F, Giuseppetti GM, Paniza P, et al. Sensitivity of MRI versus mammography for detecting foci of multifocal, multicentric breast cancer in fatty and dense breast using the whole-breast pathologic examination as a gold standard. *AJR* 2004; 183(4): 1149-1157.

4. Fischer U, Kopka L, Grabbe E. Breast carcinoma: effect of preoperative contrast-enhanced MR imaging on the therapeutic approach. *Radiology* 1999;213:881-888.
5. Peters NH, Borel Rinkes IH, Zuihthoff NP et al. Meta-analysis of MR imaging in the diagnosis of breast lesions. *Radiology* 2008;246(1): 116-24.
6. Plana MN, Carreira C, Muriel A, et al. Magnetic resonance imaging in the preoperative assessment of patients with primary breast cancer: systematic review of diagnostic accuracy and meta-analysis. *Eur Radiol* 2012; 22(1): 26-38.
7. Tardivon A, Dromain CI. IRM du sein: techniques, sémiologie et indications. *Feuillets de Radiologie* 2000; 3:186-19.
8. Boetes C, Mus RDM, Holland R, et al. Breast tumors: comparative accuracy of MR imaging relative to mammography and US for demonstrating extent. *Radiology* 1995;197: 743-737.
9. Esserman L, Hylton NM, Yassa L, et al. Utility of magnetic resonance imaging in the management of breast cancer: evidence for improved preoperative staging. *J Clin Oncol*. 1999;17:110-119.
10. Kuhl C, Strobel K, Bieling H, et al. Impact of preoperative breast MR and MR-guided surgery on diagnosis and surgical outcome of women with invasive breast cancer with and without DCIS component. *Radiology* 2017; 284(3):645-655.
11. Turnbull L, Brown S, Harvey I, et al. Comparative effectiveness of MRI in breast cancer (COMICE) trial: a randomized controlled trial. *Lancet* 2010, 375 (9714): 563 - 571.
12. Peters NH, van Esser S, van den Bosch MA, et al. Preoperative MRI and surgical management in patients with nonpalpable breast cancer: the MONET - randomized controlled trial. *Eur J Cancer* 2011, 47 (6): 879-86.
13. Gonzalez V, Sandelin K, Karlsson A, et al. Preoperative MRI of the breast (POMB) influences primary treatment in breast cancer: a prospective, randomized, multicenter study. *World J Surg* 2014, 38: 1685-1693.
14. Preibsch H, Blumenstock G, Oberlechner E, et al. Preoperative breast MR imaging in patients with primary breast cancer has the potential to decrease rate of repeated surgeries. *Eur J Radiol* 2017; 94:148-153.
15. Obdeijn IM, Tilanus-Linthorst MM, Spronk S, et al. Preoperative breast MRI can reduce the rate of tumor-positive resection margins and reoperations in patients undergoing breast-conserving surgery. *Am J Roentgenol*. 2013;200(2):304-10.
16. Liberman L, Morris EA, Dershaw DD, et al. MR imaging of the ipsilateral breast in women with percutaneously proven breast cancer. *Am J Roentgenol*. 2003;180(4):901- 910.
17. Hollingsworth AB, Stough RG, O'Dell CA, et al. Breast magnetic resonance imaging for preoperative locoregional staging. *American Journal of Surgery*. 2008;196(3):389-397.
18. Drew P, Chatterjee S, Turnbull L, et al. Dynamic contrast-enhanced magnetic resonance imaging of the breast is superior to triple assessment for the pre-operative detection of multifocal breast cancer. *Ann Surg Oncol*. 1999;5: 599-603.
19. Bedrosian I, Schlenker J, Spitz FR, et al. Magnetic resonance imaging-guided biopsy of mammographically and clinically occult breast lesions. *Ann Surg Oncol*. 2002;9:457-461.
20. Berg WA, Gutierrez L, NessAiver MS, et al. Diagnostic accuracy of mammography, clinical examination, US, and MR imaging in preoperative assessment of breast cancer. *Radiology*. 2004;233(3):830-849.
21. Barco I, Chabrera C, García-Fernández A, et al. Magnetic resonance imaging in the preoperative setting for breast cancer patients with undetected additional disease. *European journal of radiology*. 2016;85(10):1786- 1793.
22. Braun M, Polcher M, Schrading S, et al. Influence of preoperative MRI on the surgical management of patients with operable breast cancer. *Breast cancer research and treatment*. 2008.
23. Houssami N, Ciatto S, Macaskill P, et al. Accuracy and surgical impact of magnetic resonance imaging in breast cancer staging: Systematic review and meta-analysis in detection of multifocal and multicentric cancer. *J Clin Oncol* 2008; 26: 3248-3258.
24. Lehman CD, Gatsonis C, Kuhl CK, et al. MRI evaluation of the contralateral breast in women with recently diagnosed breast cancer. *The New England Journal of Medicine*. 2007;356(13):1295-1303.
25. Liberman L, Morris EA, Kim CM, et al. MR imaging findings in the contralateral breast in women with recently diagnosed breast cancer. *AJR Am J Roentgenol*. 2003;180: 333-341.
26. Lee SG, Orel SG, Woo JJ, et al. MR imaging screening of the contralateral breast in patients with newly diagnosed breast cancer: preliminary results. *Radiology* 2003;226: 773-778.
27. Morales JR, Dantas R, Fernandes L, et al. MRI to predict nipple involvement in breast cancer patients. *AJR Am J Roentgenol* 2016; 206 (5): 1124-1130.
28. Mariscotti G, Durando M, Houssami N, et al. Preoperative MRI evaluation of lesion-nipple distance in breast cancer patients: thresholds for predicting occult nipple-areola complex involvement. *Clin Radiol*. 2018;73(8): 735-743.
29. Morris EA, Schwartz LH, Drotman MB, et al. Evaluation of pectoralis major muscle in patients with posterior breast tumors on breast MR images: early experience. *Radiology*. 2000;214(1):67-72.
30. Kazama T, Nakamura S, Doi O, et al. Prospective evaluation of pectoralis muscle invasion of breast cancer by MR imaging. *Breast Cancer*. 2005;12(4):312-316.
31. Morrow M. Magnetic resonance imaging in breast cancer. *JAMA* 2004; 292:2779-2780.
32. Solin L. Counterintuitive: Pre-operative breast MRI (magnetic resonance imaging) is not recommended for all patients with newly diagnosed breast cancer. *The Breast* 2010;19(1):7-9.
33. Horvath E, Galleguillos C, Maldonado P, et al. Resonancia magnética mamaria preoperatoria - la gran polémica. *Revista Chilena de Radiología* 2001; 17(4): 166-173.
34. Uchida M, Pizzolon F, Pinochet M et al. Biopsias mamarias bajo resonancia magnética, experiencia preliminar. *Revista Chilena de Radiología* 2014; 20 (1): 13-18.

Artículo de Revisión

Neurooncología por Imágenes en Clínica Alemana de Santiago

Ximena Stecher^{1,2,3}

Patricio Paredes^{1,2}

¹⁾ Radiólogos, Departamento de Radiología Clínica Alemana de Santiago.

²⁾ Unidad de Imágenes Cuantitativas Avanzadas, Departamento de Imágenes, Clínica Alemana de Santiago.

³⁾ Profesora Asistente de Radiología, Facultad de Medicina Clínica Alemana de Santiago – Universidad del Desarrollo.

Contacto: xstecher@alemana.cl

Resumen

Los tumores del encéfalo se dividen en primarios y secundarios. Los tumores primarios a su vez se clasifican según su histología, localización y, cada vez más, basándose en sus características genéticas y moleculares (2016 WHO Classification of Tumors of the Central Nervous System).

Las manifestaciones clínicas de estas patologías son muy variadas e inespecíficas, teniendo las imágenes un rol fundamental en su pesquisa, ya sea como estudio de síntomas neurológicos o como parte de la etapificación de un tumor primario de otro órgano.

La tomografía computada (TC) y la resonancia magnética (RM) son las modalidades de imagen más relevantes en esta patología. En términos generales, la TC está indicada en el contexto de una consulta de urgencia, permitiendo la detección de la lesión y el diagnóstico precoz de complicaciones que puedan requerir resolución quirúrgica. Además, es útil para la mejor caracterización de estructuras óseas y la detección de calcificaciones y sangre. La RM es por lejos la técnica que más información entrega en los pacientes portadores de una lesión del SNC, esta tiene mayor sensibilidad para

pesquisar y caracterizar lesiones así como sus eventuales complicaciones. Una vez realizado el diagnóstico, la RM también es necesaria para una adecuada planificación quirúrgica y de la radioterapia en caso de requerirse, y posteriormente, para el control evolutivo.

La intención de este artículo es discutir brevemente el aporte de las neuro-imágenes en el diagnóstico y seguimiento de los tumores encefálicos, enfatizando sus indicaciones y los protocolos de imágenes que usamos en nuestra institución.

Introducción

Los tumores del encéfalo se dividen en primarios y secundarios. Los tumores primarios a su vez se clasifican según su histología, localización y, cada vez más, basándose en sus características genéticas y moleculares (2016 WHO Classification of Tumors of the Central Nervous System).

Las manifestaciones clínicas de estas patologías son muy variadas e inespecíficas (cefalea, déficits neurológicos, convulsiones, hipertensión intracraneana, etc.), teniendo las imágenes un rol fundamental en su pesquisa, ya sea como estudio de síntomas neurológicos o como parte de la etapificación de un tumor primario de otro órgano.

La tomografía computada (TC) y la resonancia magnética (RM) son las modalidades de imagen más relevantes en esta patología. En términos generales, la TC está indicada en el contexto de una consulta de urgencia, permitiendo la detección de la lesión y el diagnóstico precoz de complicaciones que puedan requerir resolución quirúrgica. Además, es útil para la mejor caracterización de estructuras óseas y la detección de calcificaciones y sangre. La RM es por lejos la técnica que más información entrega en los pacientes portadores de una lesión del SNC, esta tiene mayor sensibilidad para pesquisar y caracterizar lesiones así como sus eventuales complicaciones. Una vez realizado el diagnóstico, la RM también es necesaria para una adecuada planificación quirúrgica y de la radioterapia en caso de requerirse, y posteriormente, para el control evolutivo.

La intención de este artículo es discutir brevemente el aporte de las neuro-imágenes en el diagnóstico y seguimiento de los tumores encefálicos, enfatizando sus indicaciones y los protocolos que usamos en nuestra institución. Se considera un protocolo de RM al conjunto de secuencias seleccionadas para lograr una mejor pesquisa y diagnóstico más preciso de alguna patología en especial.

Tumores primarios cerebrales

1. Diagnóstico

Tomografía computada

La TC de encéfalo no contrastada es el estudio de elección para determinar la presencia de una urgencia neuroquirúrgica en pacientes que consultan por compromiso neurológico, ya sea de instalación brusca (por ejemplo, una crisis convulsiva) o de instalación progresiva, aunque con cambio de patrón reciente y preocupante (por ejemplo, hipertensión intracraneana). El corto tiempo de adquisición de la TC permite su realización en pacientes comprometidos de conciencia, incluso en aquellos que no logren mantenerse completamente quietos (Figura 1).



Figura 1. Paciente derivado del Servicio de Urgencia por cefalea intensa. La TC de encéfalo sin contraste muestra una voluminosa masa frontal izquierda, que genera importante efecto de masa con hidrocefalia secundaria.

RM de encéfalo

Para la caracterización de una lesión conocida o ante el hallazgo inesperado de una lesión neoplásica, se planifica la adquisición de una RM de encéfalo con protocolo multiparamétrico. Se considera multiparamétrica una RM que incluye secuencias morfológicas, difusión, uso de contraste intravenoso y técnicas avanzadas de postproceso de imágenes, que en el caso de los tumores corresponden a secuencias para evaluar la perfusión cerebral (Figura 2).

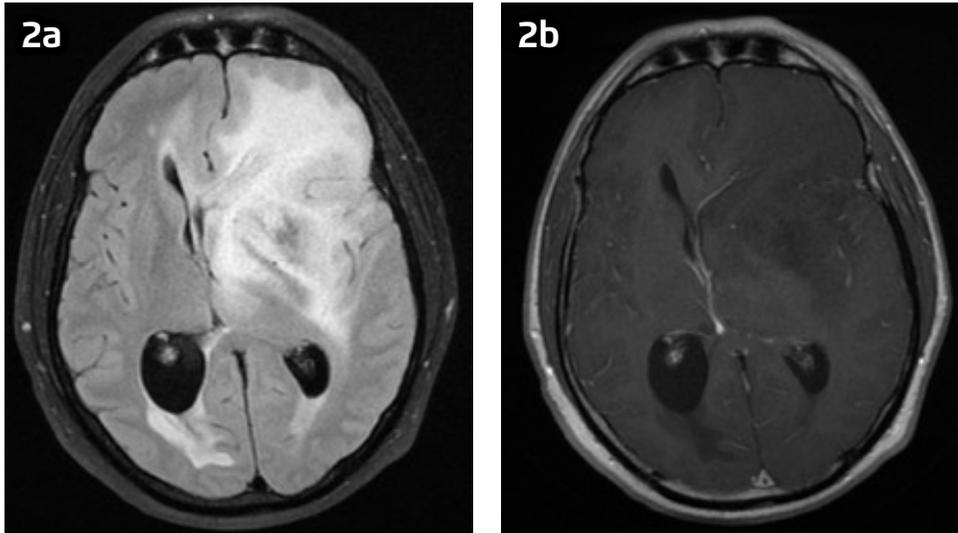


Figura 2. Secuencias FLAIR y T1 con gadolinio de la RM de encéfalo del mismo paciente. A izquierda, la secuencia FLAIR permite definir mejor la presencia de edema del parénquima periventricular, que traduce hidrocefalia activa. A la derecha no se reconoce realce en la secuencia T1 contrastada.

Perfusión por RM

La perfusión cerebral puede ser evaluada usando un contraste endógeno (sangre) o exógeno (gadolinio). Existen tres tipos de perfusión-RM para estudiar los tumores cerebrales: ⁽¹⁾

1. *Arterial Spin Labelling* (ASL): evalúa el flujo sanguíneo cerebral, sin necesidad de la administración de contraste (Figura 3).
2. Perfusión T2 (*dynamic susceptibility-weighted contrast, DSC*): evalúa el flujo y volumen sanguíneos cerebrales. El volumen sanguíneo cerebral permite aproximarse al grado (malignidad) de los gliomas.
3. Perfusión T1 (*dynamic contrast enhancement, DCE*): cuantifica la proporción del medio de contraste en los diferentes compartimentos tisulares y el movimiento entre ellos por disrupción de la barrera hematoencefálica (cinética del contraste).

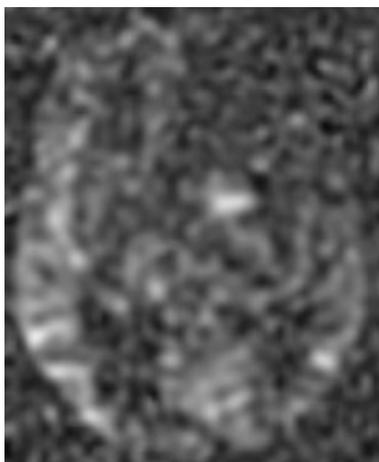


Figura 3. Secuencia ASL del mismo paciente, pone de manifiesto aumento de flujo en la porción más profunda de la lesión, indicador precoz de transformación a alto grado.

Espectroscopía por RM

Analiza el perfil de los principales metabolitos cerebrales, mostrando tanto los tumores de alto grado como lesiones de otro tipo (inflamatorias, por ejemplo), una inversión de la relación entre la colina y el N-acetil-aspartato y aumento del lactato. Si bien esta técnica fue muy promisoriosa, en la práctica clínica se ha visto que no incrementa la sensibilidad ni la especificidad de la RM para el diagnóstico y seguimiento de los tumores cerebrales ⁽²⁾.

En el caso de un paciente pediátrico portador de un tumor con características que sugieran alto grado, se recomienda realizar un estudio completo del neuro-eje, con el fin de descartar o pesquisar diseminación tumoral a través del líquido céfalo-raquídeo⁽³⁾. Las imágenes deben ser adquiridas antes de la cirugía, ya que los cambios propios de la intervención quirúrgica producen falsas imágenes de diseminación (falsos positivos). Es de especial importancia considerar esto en los pacientes que requieren anestesia para la realización de la RM (ya sea por edad o condiciones clínicas asociadas), con el objetivo de planificar el estudio en una misma fecha, de manera tal de evitar los riesgos y costos asociados a un nuevo procedimiento anestésico.

2. Planificación de tratamiento

En nuestra institución contamos con un cohesionado equipo de neuro-oncología (compuesto por las especialidades de neuro-cirugía, neuro-oncología, radioterapia, neuropatología y neuro-radiología), que evalúa a cada paciente en particular. En aquellos que requieren cirugía ésta se planifica en base a imágenes, con la expectativa de que sea exitosa para el diagnóstico (biopsia) o tratamiento

(resección) y, al mismo tiempo, conlleve el mínimo de secuelas neurológicas posible. Técnicas avanzadas como la RM funcional y la tractografía pueden ser un aporte en aquellas lesiones que se ubican en áreas elocuentes o en su cercanía.

Resonancia Magnética Funcional

Técnica desarrollada para la determinación de áreas elocuentes cerebrales, basada en el normal aumento del consumo de oxígeno por parte de un área cerebral activa. Existen dos tipos principales de RM funcional, uno en base a paradigmas y el otro que se obtiene en reposo. En el caso de los pacientes que se estudian para planificación quirúrgica se prefiere la técnica basada en paradigmas,

en que se solicita al paciente que alterne una actividad específica y reposo, un número de veces previamente definida. La corteza cerebral involucrada en la actividad evaluada tendrá un consumo de oxígeno mayor que el resto del parénquima, lo que permite su identificación.

Existen pruebas específicas para identificar la corteza motora, lateralización del lenguaje y paradigmas para localizar la corteza visual, que permiten generar un mapa pre-operatorio de estas áreas cerebrales elocuentes y su relación con la lesión. Al planificar la cirugía se considerará esta información para evitar dañar la zona elocuente y poner al paciente o familiares en antecedentes de eventuales déficits neurológicos post-quirúrgicos.

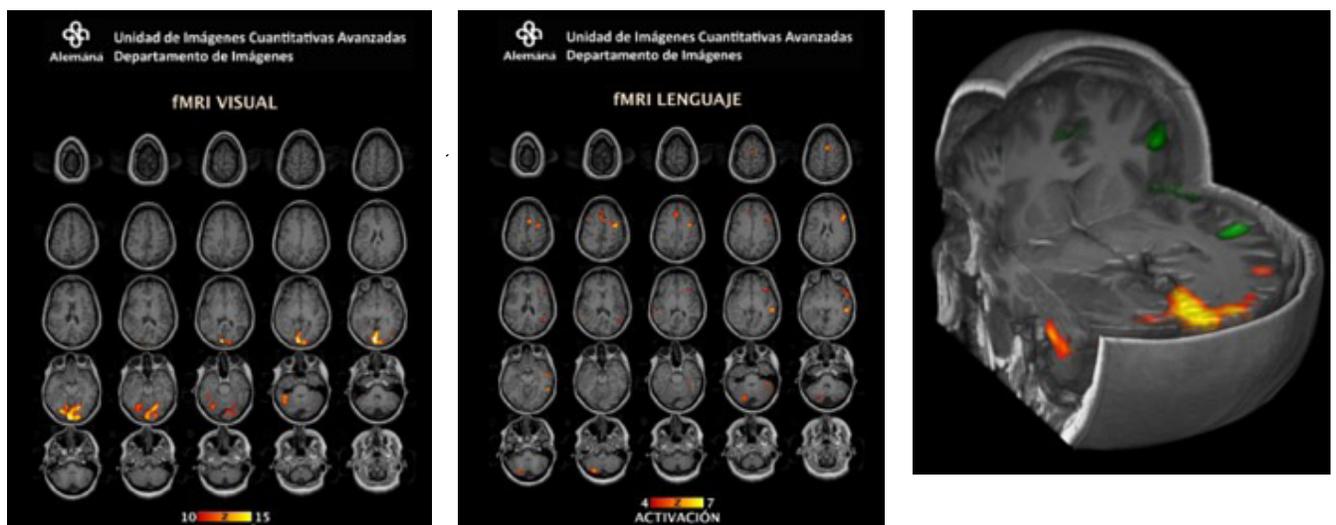


Figura 4. Imágenes seleccionadas de un estudio funcional con paradigmas visual y de lenguaje en una paciente portadora de una lesión occipito-temporal derecha y su reconstrucción 3D para la planificación del abordaje quirúrgico (en verde, paradigma de lenguaje; en amarillo-naranja, paradigma visual).

Tractografía

La tractografía es una técnica que se basa en la medición de la difusión de las moléculas de agua en distintos tejidos, encontrándose facilitada al seguir el eje mayor de los axones y limitada en los perpendiculares a este. Posteriormente se delimitan de forma aproximada los principales tractos cerebrales usando un algoritmo matemático, presentando todos los algoritmos importantes limitaciones ⁽⁴⁾ (Figura 5).

- Puede representar sólo una dirección de tracto por voxel de parénquima estudiado, lo que lo hace poco confiable en la evaluación de zonas con cruce de fibras.
- La presencia de volumen parcial entre dos tejidos distintos puede generar un tensor que no representa ninguno de los dos tejidos.

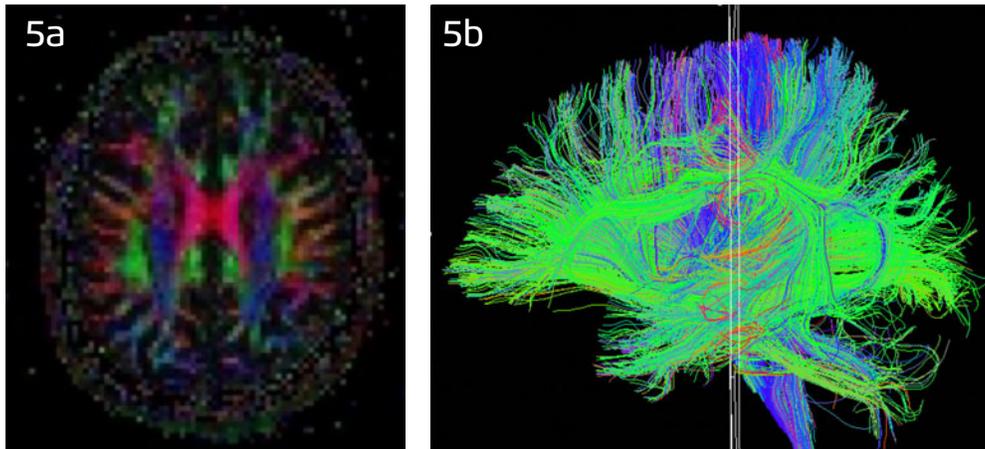


Figura 5. Mapa de anisotropía y reconstrucción 3D de los principales tractos de un voluntario sano.

3. Control post-quirúrgico

Posterior a la cirugía se realiza una RM de encéfalo contrastada en las primeras 48-72 horas, con la finalidad de evaluar si la resección fue total o subtotal. Se establece este plazo, puesto que existe una normal isquemia del lecho quirúrgico, que en la gran mayoría de los pacientes comienza a captar contraste después de las 72 horas, por lo que podría confundirse con remanente tumoral. En caso de ser necesaria la radioterapia, esta se planificará tomando en consideración la RM.

En el control post quirúrgico, la TC de encéfalo sólo estará indicada en caso de sospechar una complicación.

Seguimiento

La frecuencia de seguimiento dependerá principalmente del tipo tumoral (bajo o alto grado) y del estado clínico

del paciente. Este se realizará con RM con protocolo multiparamétrico, al cual agregamos una tercera técnica de perfusión (DCE), en aquellos pacientes que fueron sometidos a radioterapia.

La perfusión DCE permite trazar curvas de cinética del contraste en el parénquima cerebral, que ayudan en la diferenciación de progresión tumoral *versus* los cambios determinados por la terapia (espectro pseudoprogresión – radionecrosis). El fenómeno denominado pseudoprogresión consiste en un empeoramiento desde el punto de vista de las imágenes, que se corresponde con cambios inflamatorios secundarios al tratamiento y que se ha asociado a una mayor sobrevida. Es fundamental diferenciar este proceso de una real falla del tratamiento, con el fin de entregar al médico tratante toda la información necesaria para el mejor manejo de sus pacientes ^(5 y 6) (Figuras 6 y 7).

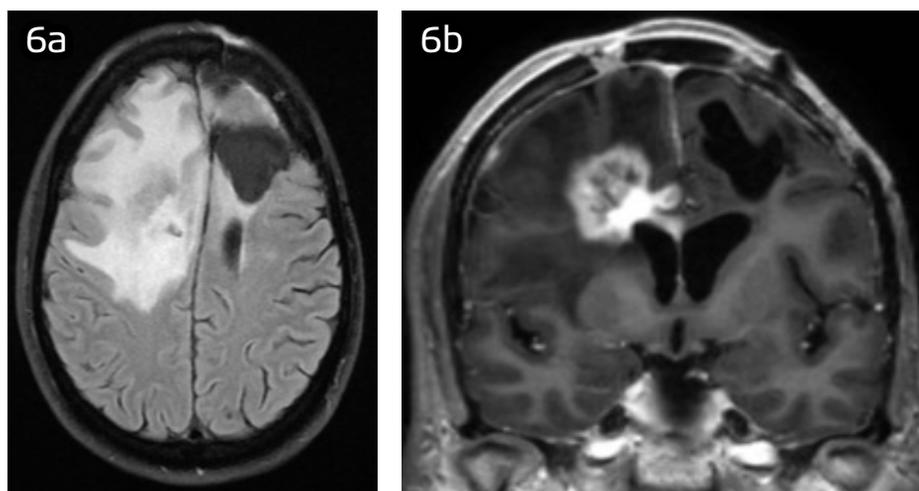


Figura 6. Secuencias FLAIR axial y T1 coronal con gadolinio de una paciente en tratamiento por un astrocitoma anaplásico frontal izquierdo. Se reconoce desarrollo de una lesión frontal derecha, con efecto de masa e intenso realce tras la administración del contraste, que se extiende al cuerpo calloso.

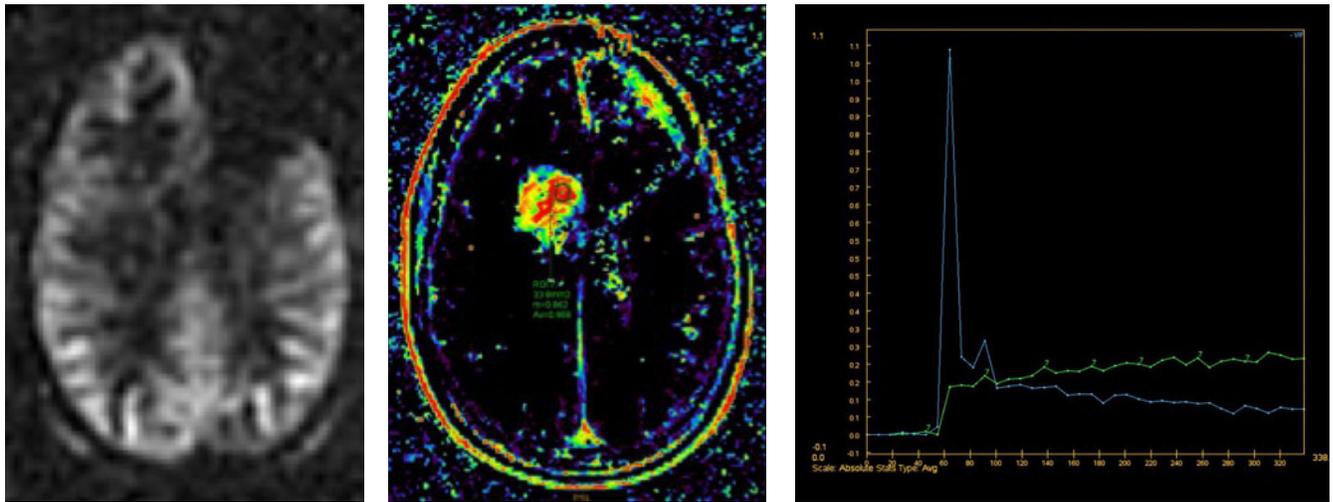


Figura 7. Secuencias de perfusión de la misma paciente. En la imagen superior, una imagen de perfusión ASL, que no muestra áreas con aumento de flujo sanguíneo cerebral. En la línea inferior un mapa de perfusión T1 y la respectiva curva de la cinética del contraste (línea verde) que muestra una morfología de aspecto inflamatorio, por lo que se consideró como cambios post tratamiento, que fueron confirmados histopatológicamente.

Metástasis encefálicas

Las metástasis cerebrales corresponden a aproximadamente un 50% de las neoplasias del sistema nervioso central, estando presentes durante la evolución de cerca de un 20-40% de los pacientes oncológicos. Las metástasis cerebrales pueden provenir de tumores de cualquier órgano, siendo los tumores primarios más frecuentes los de pulmón, mama y gastro-intestinales ⁽⁷⁾.

En caso de que el tumor primario sea extracraneano, la diseminación será vía hematogena o por extensión por proximidad anatómica o vía perineural/perivascular. Las neoplasias primarias intracraneanas pueden invadir de la superficie ventricular, piamadre y espacios perivasculares. Tanto los tumores primarios intra como extracraneanos pueden diseminarse a través del líquido céfalo-raquídeo, lo que se denomina una carcinomatosis leptomeningea ⁽⁸⁾.

El año 2009 Kienast et al publicaron un estudio mostrando in-vivo los fenómenos involucrados en la formación de las metástasis cerebrales macroscópicas, en ratones a los que se inyectó intra-arterialmente células tumorales (melanoma y tumor pulmonar). Desde el punto de vista radiológico este estudio ayuda a entender la forma de presentación de las metástasis, que en general se localizan en la unión córtico-subcortical, donde las arterias alcanzan un menor calibre, pudiendo sembrarse las

células tumorales. El realce es otra característica propia de las localizaciones secundarias y se explica por la presencia de orificios en las paredes vasculares, por los que se extravasan las células metastásicas, es decir, una disrupción de la barrera hemato-encefálica. Otro hallazgo característico es la perpetuación de una posición perivascular estricta, al igual que la generación de nuevos vasos (neo-angiogénesis) ⁽⁹⁾.

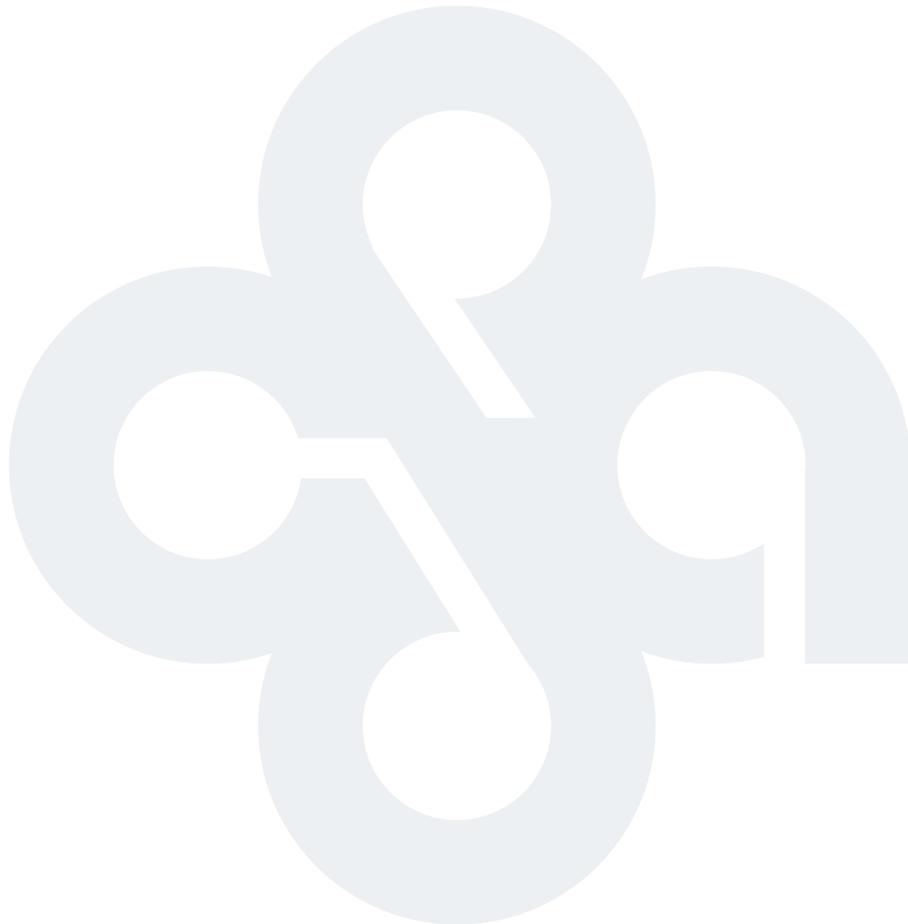
La RM de encéfalo con contraste es el protocolo indicado para el diagnóstico y seguimiento de las metástasis cerebrales. Si se piensa en los estadios demostrados por Kienast et al, lo que buscaremos serán lesiones de ubicación córtico-subcortical (arterias de menor calibre) que realcen tras la administración del contraste (por disrupción de la BHE).

En el caso de metástasis tratadas, el control se realizará también con una RM contrastada, agregándose en nuestro centro el estudio de perfusión DCE para aquellos casos donde se haya empleado radioterapia.

Referencias

1. McGehee BE, Pollock JM, Maldjian JA. Brain perfusion imaging: How does it work and what should I use? *Journal of Magnetic Resonance Imaging*. 2010; 36(6):1257-72.

2. Brindle KM, Izquierdo-García JL, Lewis DY, et al. Brain Tumor Imaging. *Journal of Clinical Oncology* 2017; 35:21, 2432-2438.
3. Scott L Pomeroy. Clinical presentation, diagnosis, and risk stratification of medulloblastoma. *UpToDate*. Jun 14, 2018.
4. O'Donnell LJ, Westin CF. An introduction to diffusion tensor image analysis. *Neurosurg Clin N Am*. 2011;22(2):185–viii.
5. Shin KE, Ahn KJ, Choi HS, et al. DCE and DSC MR perfusion imaging in the differentiation of recurrent tumour from treatment-related changes in patients with glioma. *Clin Radiol* 2014 Jun;69(6):e264-72.
6. Nael K, Bauer AH, Hormigo A, et al. Multiparametric MRI for Differentiation of Radiation Necrosis From Recurrent Tumor in Patients With Treated Glioblastoma. *American Journal of Roentgenology* 2018 210:1, 18-23.
7. Tsao MN, Xu W, Wong RKS, et al. Whole brain radiotherapy for the treatment of newly diagnosed multiple brain metastases. *Cochrane Database of Systematic Reviews* 2018, Issue 1. Art. No.: CD003869.
8. Osborn AG. *Osborn's Brain: Imaging, Pathology, and Anatomy* (1st edition) Amirsys, Salt Lake City, UT, 2012. ISBN 978-1-931884-21-1.
9. Kienast Y, von Baumgarten L, Fuhrmann M, et al. Real-time imaging reveals the single steps of brain metastasis formation. *Nature Medicine*. 2009; 16, 116.



Artículo de Revisión

Diagnóstico no invasivo de patología neurovascular

Dr. Tomás Bernstein Bengoa, Dr. Paulo Zúñiga Bustos

Departamento de Imágenes
Clínica Alemana de Santiago, Facultad de Medicina Clínica Alemana,
Universidad del Desarrollo, Santiago, Chile.

Contacto: tbernstein@alemana.cl

Resumen

El interés por el funcionamiento del sistema nervioso central (SNC) ha existido desde el inicio de la ciencia. Reflejado en la radiología, la primera tomografía computada realizada a un paciente en 1971 fue de cerebro. El desarrollo científico y tecnológico ha permitido grandes avances en el análisis de la estructura y fisiología del SNC, así como de las distintas patologías que lo afecta. Esto se ha ido logrando progresivamente en parte a través de la invención y perfeccionamiento de los distintos métodos imagenológicos.

Actualmente las técnicas por imágenes permiten un análisis morfológico, funcional y dinámico de los distintos componentes del sistema nervioso central. Dentro de estos, la evaluación de las estructuras vasculares

históricamente requería de un procedimiento invasivo (angiografía). La evolución de las imágenes avanzadas permite actualmente el estudio dinámico y funcional de la patología neurovascular de manera no invasiva, mejorando la capacidad diagnóstica y obtención de resultados para los pacientes.

En la siguiente publicación revisaremos algunas de las técnicas avanzadas en patología neurovascular disponibles en Clínica Alemana de Santiago.

Introducción y perspectiva histórica

El cerebro es un órgano complejo que ha sido foco de interés desde los primeros cimientos de la civilización. La anatomía y su funcionamiento han sido estudiados a lo largo de la historia. En 1664 el médico inglés Thomas

Willis publicó el libro *“Cerebri anatome”* que contiene un trabajo muy detallado de neurociencia avanzada para la época y que incluye detalles de estructuras vasculares cerebrales y nerviosas. Posteriormente en el libro *“Bibliotheca Anatomica”* de 1774-1777 las anastomosis de base cráneo fueron consagradas como el *“círculo de Willis”*, nombre con el que se le conoce hasta el día de hoy ^[1].

En 1882, Angelo Mosso inventó lo que se considera como primera técnica de neuroimagen llamada *“balanza de circulación humana”*, su objetivo era medir la redistribución de la sangre durante la actividad emocional e intelectual de una persona ^[2]. En 1895 Wilhelm Roentgen descubre los rayos X, lo que permite comenzar con el análisis estructural a través de imágenes ^[3]. Hace menos de un siglo, Egas Moniz realiza la primera angiografía en humanos en 1927 ^[4]. Desde ese momento hasta la actualidad, las innovaciones en física, matemáticas, computación e imágenes clínicas han permitido el desarrollo de las principales modalidades de estudio que utilizamos en la actualidad, entre las que destacan la tomografía computada (TC), tomografía por emisión de positrones (PET), resonancia magnética (RM) y la ultrasonografía (US).

El conjunto de las técnicas ha permitido un mejor entendimiento de la estructura y fisiología del sistema nervioso central, y nos ha ayudado a pesquisar las alteraciones estructurales y cambios funcionales determinados por las diferentes enfermedades que lo afectan. Si bien contamos con las mismas modalidades de estudio desde hace algunos años, el desarrollo tecnológico ha logrado optimizarlas y a través de la incorporación de nuevas técnicas obtener mayor y mejor información.

Nuestra institución siempre se ha destacado por ir a la vanguardia respecto a los avances tecnológicos, especialmente en imagenología, tratando siempre de mantener equipos de primer nivel, tanto humanos como de adquisición de imágenes. Esto se expresa con un mejor rendimiento de los exámenes, precisar los diagnósticos y disminuir el número de estudios que se realizan los pacientes.

En la siguiente publicación revisaremos algunas de las técnicas avanzadas en patología neurovascular que tenemos disponibles en Clínica Alemana de Santiago.

Estudios de rutina en la evaluación neurovascular no-invasiva: angioTC y angioRM

La TC y RM permiten una evaluación morfológica de los tejidos y tienen la capacidad de realizar una valoración angiográfica no-invasiva (angioTC y angioRM) del sistema nervioso central. El estudio vascular estándar se limita básicamente a la evaluación del lumen de los vasos y no considera una valoración hemodinámica o funcional del flujo ni tampoco caracterización de sus componentes estructurales (como la pared vascular).

La TC es la modalidad más utilizada para el estudio inicial de las patologías del SNC, dada su mayor disponibilidad y alta velocidad de adquisición de las imágenes, así como una menor cantidad de contraindicaciones. La evaluación angiográfica (Figura 1) siempre requiere del uso de medio de contraste intravenoso (yodado), lo que limita su uso en algunos pacientes, como por ejemplo los portadores de insuficiencia renal crónica. Como es una técnica basada en la utilización de radiación ionizante, se evita en pacientes embarazadas o pediátricos.

La RM nos entrega mayor detalle morfológico y tiene mejor resolución espacial y de contraste, lo que permite mejor caracterización de la patología. Entre sus principales ventajas se cuentan el hecho que no emite radiación ionizante. Sin embargo, tiene también ciertas contraindicaciones, como el uso de marcapasos o la presencia de elementos metálicos, entre otros. Los exámenes son más costosos, requieren mayor tiempo de estudio (25 minutos en promedio), lo que implica necesidad de cooperación del paciente o eventualmente el uso de sedación. En general, la evaluación angiográfica arterial y venosa se realiza de manera independiente. La arterial, tanto cervical como intracraneana, se puede realizar sin la utilización de medio de contraste intravenoso, siendo la secuencia más utilizada la llamada de *“tiempo de vuelo”* (*“TOF”* por su sigla en inglés) (Figura 1)^[5]. Sin embargo, algunos pacientes requerirán medio de contraste intravenoso (gadolinio), especialmente en caso de estudio de arterias cervicales y aneurismas cerebrales previamente tratados ^[6]. En el caso de la evaluación del sistema venoso, se prefiere utilizar contraste intravenoso. Cabe destacar que existen secuencias que no requieren su uso (secuencias tipo *phase contrast*), las que utilizamos mayormente en embarazadas, pero estas no logran el mismo rendimiento diagnóstico ^[7,8].

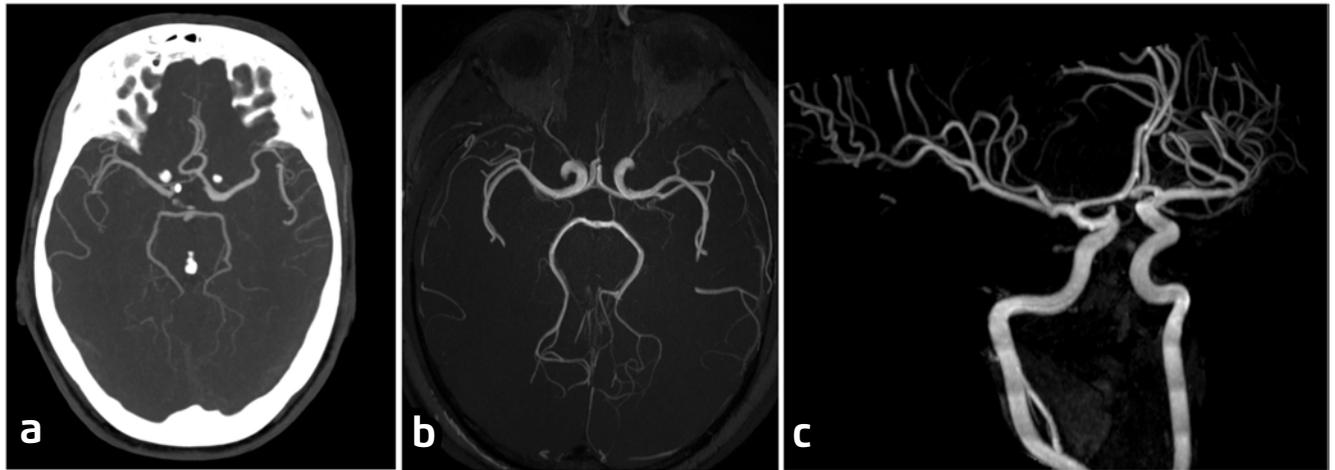


Figura 1. Estudios angiográficos cerebrales de rutina por TC (a) y RM a través de una secuencia TOF (b) en resonador de 3T y su reconstrucción volumétrica de la circulación anterior (c).

Perfusión cerebral

La perfusión, es una técnica que evalúa dinámicamente el paso de un trazador a través de un volumen de muestra de tejido, en este caso el cerebro, relacionando las concentraciones alcanzadas con el tiempo de adquisición de la muestra. Se puede obtener a través de TC, RM y DSA. Es una técnica disponible desde hace muchos años, pero se ha ido perfeccionando y optimizando con el tiempo, haciendo más accesible su uso e interpretación [9].

Esta técnica, permite la confección de mapas cualitativos y también una evaluación cuantitativa rápida, de diferentes parámetros que pueden ser relacionados con la condición fisiológica y hemodinámica del tejido cerebral e incluyen entre otros, la medición del flujo (CBF, *cerebral blood flow*) y volumen sanguíneo cerebral (CBV, *cerebral blood volume*) y los tiempos de paso del trazador a través del lecho vascular (ej. tiempo de tránsito medio, MTT) (Figura 2) [9].

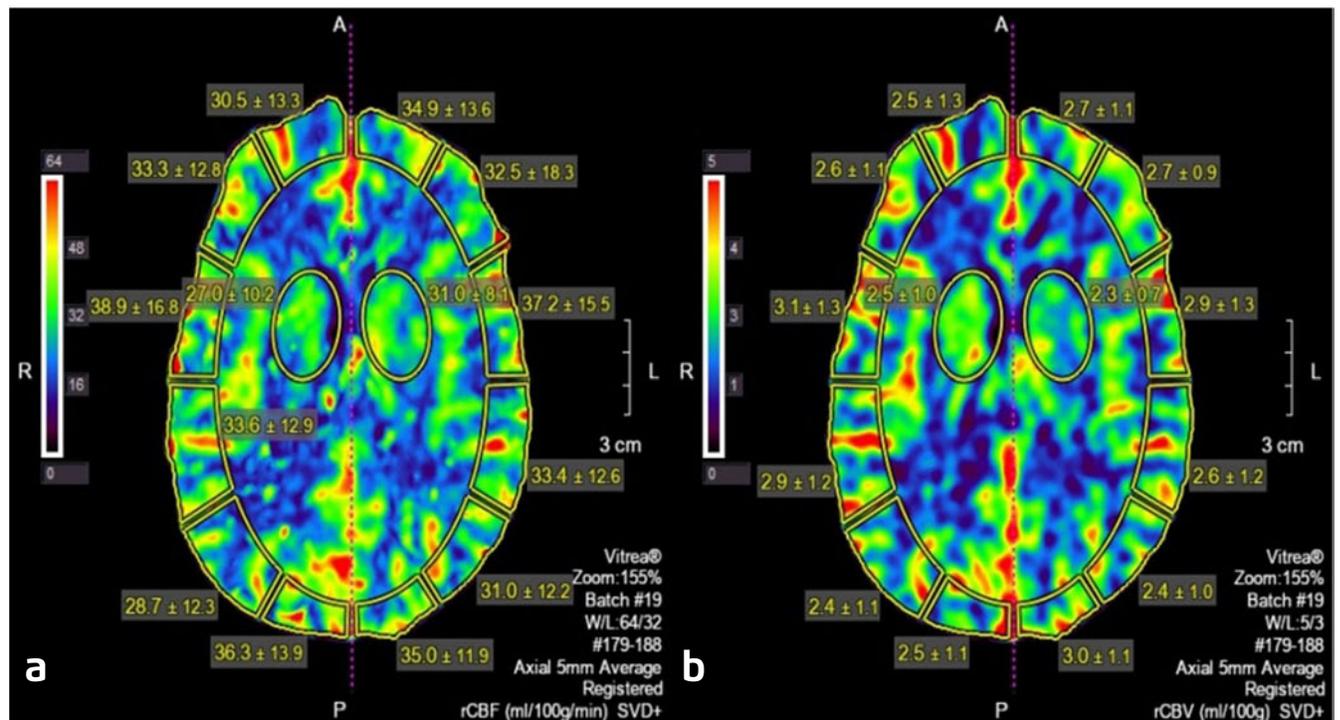


Figura 2. El estudio de perfusión por TC entrega información hemodinámica cualitativa a través de los mapas de color como CBF (a) y CBV (b) y cuantitativas en relación a la zona de interés a evaluar.

La perfusión tiene sus principales usos en accidentes cerebrovasculares isquémicos, caracterización de tumores y evaluación de reserva cerebrovascular (ej. enfermedad de moya-moya).

Una de sus desventajas, es que requiere significativo tiempo de evaluación y procesamiento de las imágenes, especialmente si queremos obtener datos cuantitativos, lo que limita su utilización en patologías de respuesta rápida (ej. ACV). Es por esto que en los últimos años se han incorporado aplicaciones automatizadas

que procesan las imágenes y permiten obtener una cuantificación rápida y de fácil interpretación. Un ejemplo es la plataforma RAPID[®] que utilizamos en nuestra institución (Figura 3), la cual se encuentra validada internacionalmente para el manejo de infartos isquémicos cerebrales y ha permitido seleccionar pacientes en los que se puede extender las ventanas terapéuticas, incluso hasta 24 horas desde el inicio de los síntomas^[10]. Estas herramientas permiten optimizar el tiempo de tratamiento al máximo y obtener estándares de calidad de primer nivel.

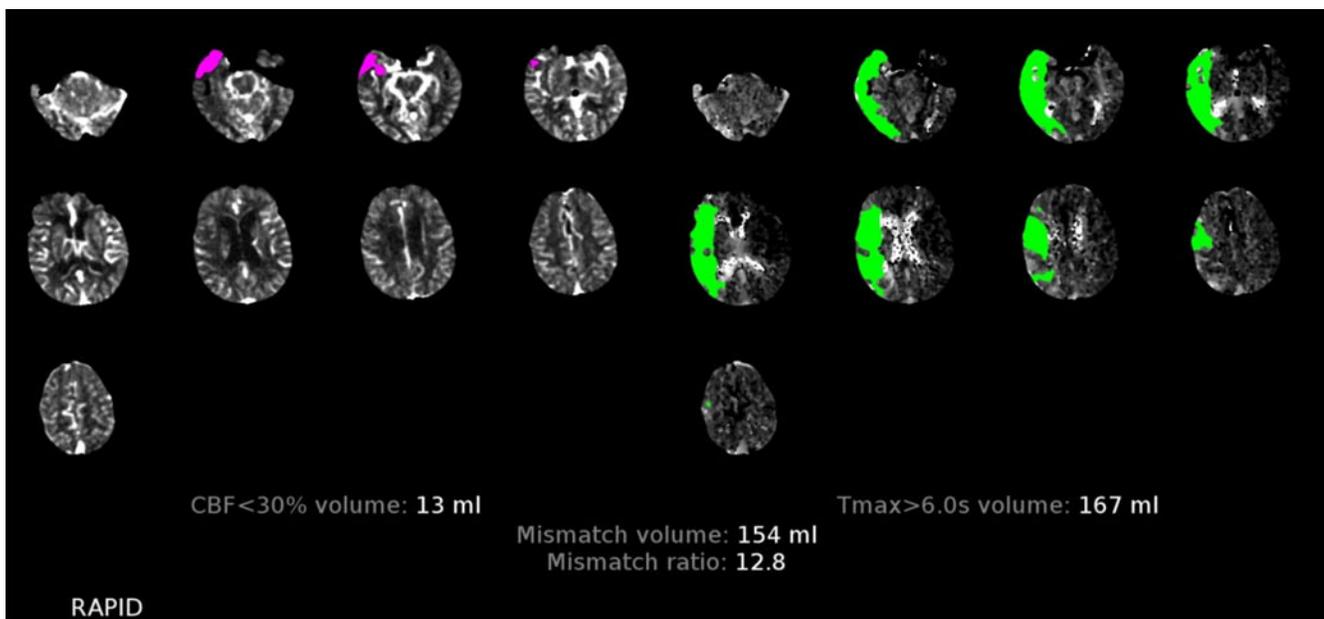


Figura 3. Imagen de postproceso de una perfusión por TC realizada a través de la plataforma RAPID[®], donde en pocos minutos se obtiene la información necesaria para el manejo de un accidente cerebro vascular, incluyendo volumen en estado de penumbra, núcleo del infarto, discordancia o mismatch entre ambos y colateralidad (no mostrado). Esto permite una extensión de la ventana terapéutica a 24 horas y una interpretación simplificada y rápida en una patología donde cada minuto es vital para el pronóstico.

En RM existen dos tipos de perfusión contrastadas según su secuencia de adquisición y según su ponderación en secuencias T2 y T1. La perfusión similar a la obtenida en TC es la llamada "perfusión T2", donde obtenemos los mismos mapas que en la tomografía y se utiliza en similares circunstancias. La perfusión ponderada en secuencia T1, se utiliza principalmente para la caracterización de procesos expansivos cerebrales (ej. evaluación de tratamiento de glioblastoma), no se profundizará más allá respecto a esta ya que está fuera del objetivo de esta publicación.

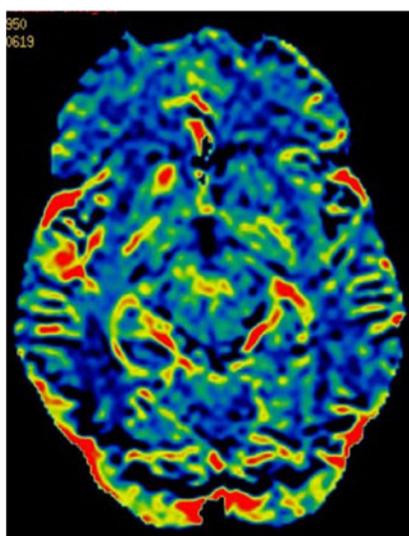


Figura 4. Mapa de color de una perfusión por RM contrastada ponderada en secuencia T2. Se puede observar que comparte similares características a la perfusión obtenida a través de TC.

Evolución de la TC a 4D

En la medida que ha aumentado el acceso a la RM, la TC ha tenido que potenciar sus virtudes. Los estudios de perfusión cerebral por TC fueron el paso preliminar en la obtención de estudios para la evaluación "hemodinámica". Luego de administrar el medio de contraste, se obtienen múltiples imágenes secuenciales para evaluar su paso por los vasos intracraneanos; los avances tecnológicos han permitido que la TC evolucione hasta actualmente obtener una adquisición "4D" (Figura 5) [11]. Esta se basa en una perfusión que incorpora un estudio angiográfico que intenta simular una angiografía convencional por sustracción digital (DSA), pero de forma no invasiva. Se logra a través de equipos de última generación, que adquieren imágenes secuenciales de todo el cráneo en menos de un segundo (ej. 0,3 segundos), las que luego son procesadas para obtener reconstrucciones angiográficas 2D y 3D de alta definición. Estas pueden ser presentadas luego de forma temporal, logrando diferenciar claramente los tiempos arteriales, parenquimatosos y venosos. Esta técnica es utilizada principalmente para estudio de malformaciones vasculares (Figura 5) [11]. Su alta capacidad diagnóstica y correlación con DSA permite optimizar el número de estudios de los pacientes.



Figura 5. Estudios angiográficos intracraneanos en fase arterial obtenidos a través de una TC-4D con sustracción del parénquima no vascular. Las arterias quedan bien representadas en la fase deseada, muy similar a lo obtenido en una DSA (a y b). Esto es especialmente útil en el estudio de una malformación vascular, la que requiere caracterización en las distintas fases. Por ejemplo en la imagen (c) se puede visualizar una malformación arteriovenosa con un ovillo (flecha larga), aferencias arteriales (cabeza de flecha) y drenaje precoz al sistema venoso (flecha corta), que se encuentra marcadamente dilatado (flecha corta).

Al obtener toda la información necesaria de un estudio de perfusión junto con una evaluación angiográfica, se pueden combinar y crear imágenes mixtas tridimensionales (Figura 6), facilitando la representación visual de las patologías.

Estudios vasculares avanzados por RM

En RM los avances en estudios neurovasculares se han logrado a través del desarrollo de secuencias de adquisición más rápidas que permiten evaluaciones angiográficas de mayor complejidad. Al igual que en TC se pueden obtener imágenes en "4D", tanto a nivel intracraneano, cervical así como del eje espinal. Las secuencias más utilizadas son las basadas en una adquisición llamada "Time-resolved MRA" (TR-MRA) o de "angio RM por resolución temporal" (el nombre específico de la secuencia puede variar según cada fabricante) (Figura 7) [12].

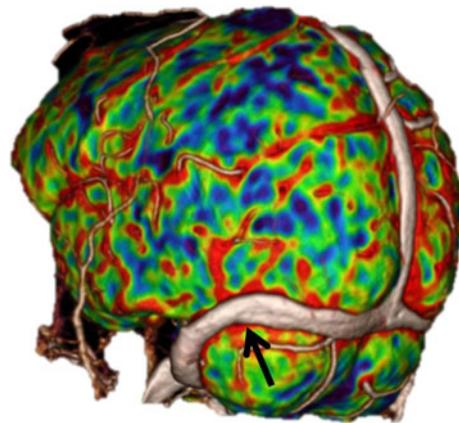


Figura 6. Reconstrucción volumétrica mixta de una TC-4D de todo el cráneo. En la misma imagen se combina el mapa de color de una perfusión cerebral con la evaluación angiográfica 3D, en este caso en fase venosa (flecha).

En general las imágenes de angiografía dinámica por RM tienen una muy buena resolución de contraste, que permite una buena evaluación de los vasos, pero tiene una menor resolución temporal que aquella obtenida por TC (aproximadamente un máximo de una adquisición por segundo) [12].

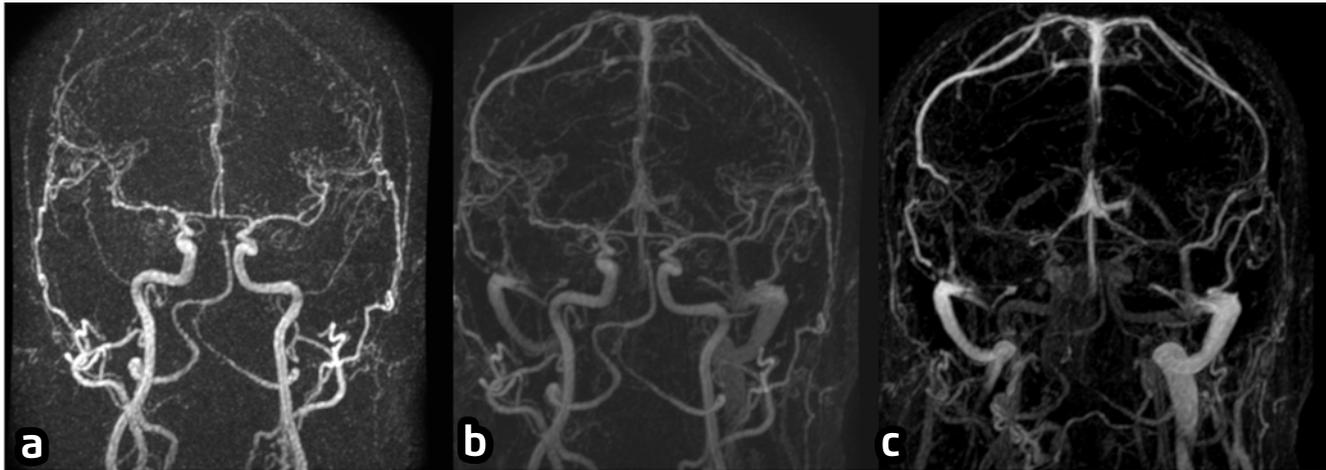


Figura 7. TR-MRA en fases arterial (a), parenquimatosa (b) y venosa (c).

Secuencias de RM utilizadas para caracterización de la patología neurovascular

Susceptibilidad magnética (Susceptibility-Weighted Imaging)

La secuencia de susceptibilidad magnética -SWI por su nombre en inglés- es una técnica que potencia el contraste de la imagen utilizando las diferencias de susceptibilidad entre los diferentes tejidos y que ha tenido una gran aceptación, convirtiéndose recientemente en una secuencia de rutina ^[13]. Su éxito clínico radica en su gran sensibilidad para detectar pequeñas cantidades de productos de degradación hemáticos (Figura 8) (ej. microhemorragias), capacidad para diferenciar vasos arteriales de venosos y

la posibilidad de diferenciar entre calcificaciones y restos hemáticos. También tiene una alta sensibilidad para la detección de depósitos de hierro anormales ^[13].

Actualmente se utiliza para múltiples patologías vasculares, incluyendo hemorragias, trauma encefalocraneano, accidente cerebro vascular, angiopatía amiloidea, tumores y esclerosis múltiple ^[13].

Una de sus desventajas es que esta secuencia no es cuantitativa, lo que limita su uso. Para esto, se han desarrollado nuevas tecnologías como el "quantitative susceptibility mapping (QSM)" y la "susceptibility tensor imaging (STI)", las que aún no son utilizadas de manera rutinaria en la práctica clínica ^[14].

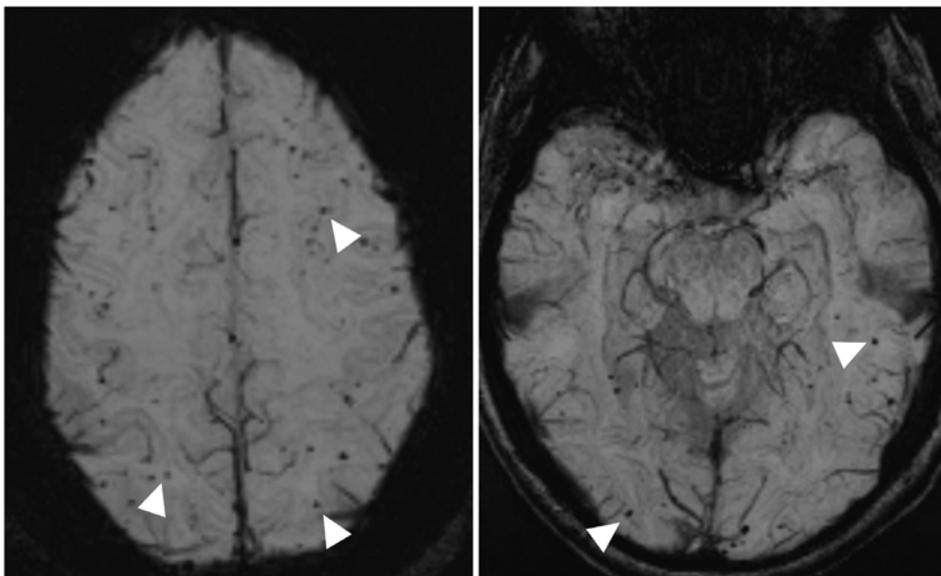


Figura 8. Imágenes de una secuencia SWI obtenida por RM. Esta tiene la mayor sensibilidad para identificar restos hemáticos, en este caso múltiples focos de microhemorragia crónica (flechas), secuelas de un púrpura trombocitopénico idiopático antiguo.

Arterial Spin Labelling (ASL)

La secuencia ASL es una técnica de RM que permite la medición de una perfusión cerebral de manera no invasiva. Fue introducida a principios de los años 90' y se puede realizar en magnetos de baja intensidad de campo, sin embargo con la llegada de resonadores de mayor potencia (ej. 1,5T o 3T), se logró optimizar su calidad de imagen y hoy en día es ampliamente utilizado en diversas patologías [15].

Su principal beneficio es que no requiere del uso de un medio de contraste exógeno, ya que utiliza moléculas de agua "marcadas" como trazador endógeno que viajan a través del órgano de interés. Permite obtener evaluación fidedigna de flujo sanguíneo cerebral (CBF) (Figura 9),

que se puede representar a través de un mapa de color cualitativo o con datos cuantitativos de flujo, similar a lo que obtenemos en las técnicas contrastadas [15].

Al aumentar la disponibilidad de esta secuencia, han aparecido aplicaciones clínicas emergentes tanto neurológicas como psiquiátricas. Sus principales usos actualmente son en malformaciones vasculares (Figura 10), ACV, epilepsia, tumores, demencia y psiquiatría [15].

En el último tiempo se han desarrollado adquisiciones que permiten marcar cada arteria por separado (*region-selective ASL*) y de esta forma evaluar diferenciadamente territorios vasculares específicos [16].

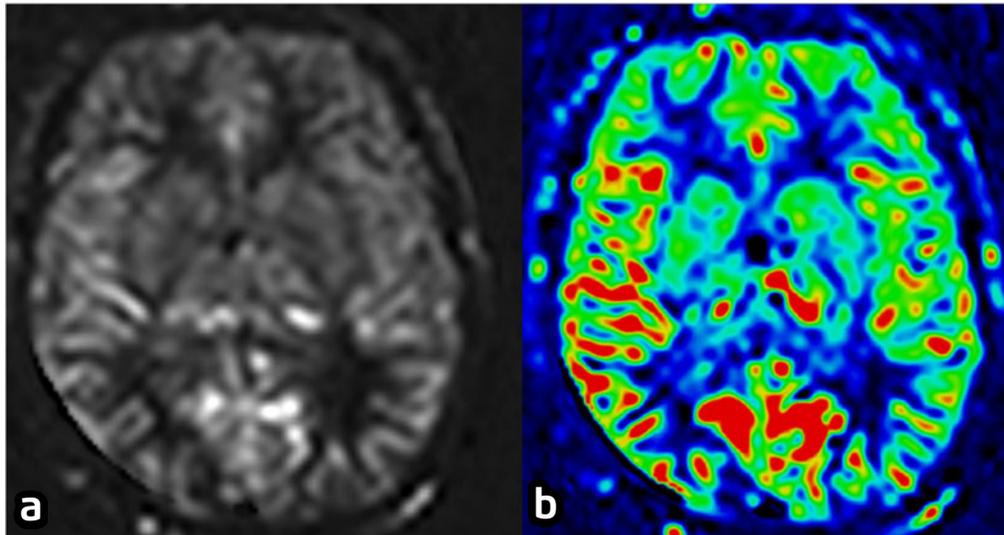


Figura 9. Adquisición de una secuencia ASL cerebral (a) y su mapa de color de flujo sanguíneo (b) obtenido sin necesidad de un medio de contraste intravenoso. Esta secuencia tiene propiedades cuali y cuantitativas.

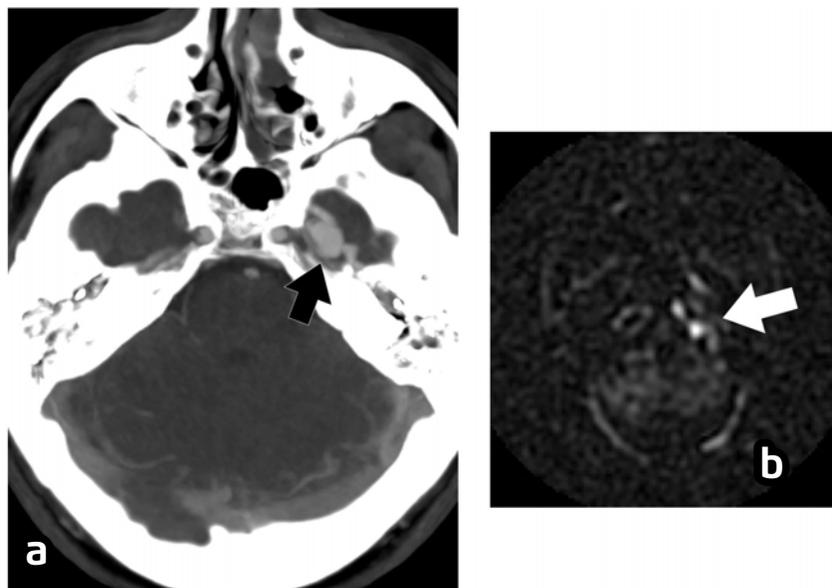
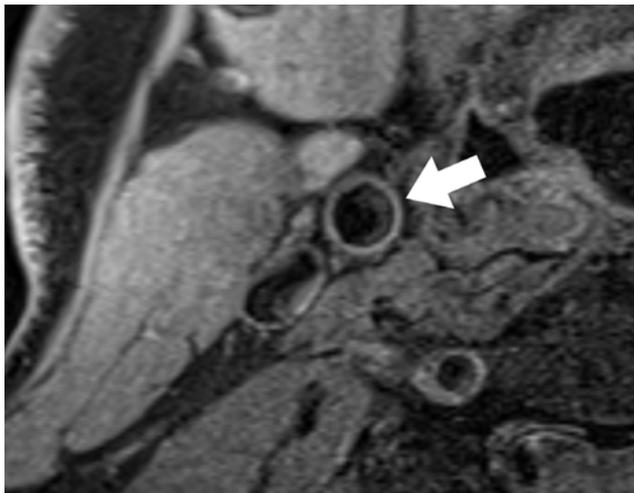


Figura 10. Detección de un shunt arteriovenoso cerebral. La secuencia ASL es muy sensible a la detección de malformaciones vasculares. En la TC (a) podemos ver una estructura vascular intracraneana dilatada (flecha negra) que se asocia a un foco marcadamente hiperintenso en la secuencia ASL (b, flecha blanca), confirmando la presencia de un shunt AV, en este caso secundario a una fístula dural arteriovenosa.

RM de alta resolución (High Resolution-MRI, HR-MRI) y estudio de pared de vaso

Múltiples patologías afectan directamente la pared de los vasos y secundariamente el lumen. Es por eso que se ha desarrollado una rama de la RM que evalúa y caracteriza directamente la pared. Es una herramienta que ha demostrado ser útil y ayuda a mejorar el rendimiento diagnóstico y terapéutico en diversas patologías ^[17].

Las imágenes se obtienen a través de secuencias específicas que dejan el lumen del vaso con ausencia de señal ("sangre negra") (Figura 11) y de esta forma podemos



visualizar únicamente la pared y caracterizar su espesor, componentes estructurales y pesquisar un eventual realce parietal con el medio de contraste (reflejo de inflamación parietal). La adquisición de la imagen se realiza proyectando la secuencia perpendicular al vaso, lo que en el cerebro puede ser desafiante debido a la alta tortuosidad y pequeño calibre de las estructuras vasculares ^[18].

Sus principales usos están en la caracterización de placas de aterosclerosis intra y extra craneanas, vasculopatías intracraneanas, vasculitis de SNC, enfermedad de moyamoya, aneurismas cerebrales y disección arterial intracraneana ^[17].

Figura 11. RM de alta definición en plano axial obtenida en resonador de 3T, a nivel de la carótida común derecha con método de "sangre negra". Permite una excelente definición y la capacidad de distinguir claramente la pared (flecha) del lumen y de los tejidos circundantes. De esta forma se pueden caracterizar diversas patologías que afectan la pared del vaso, como aterosclerosis o vasculitis.

Enfrentamiento imagenológico de patología neurovascular relevante no-ACV

La patología neurovascular no-ACV muchas veces conlleva un desafío diagnóstico y terapéutico multidisciplinario. Los estudios imagenológicos tienen un rol cada vez más importante al mejorar su sensibilidad y especificidad para las distintas patologías.

El desarrollo de nuevas tecnologías y herramientas diagnósticas es un desafío necesario para el trabajo en equipo de nuestros radiólogos y tecnólogos especializados en imágenes de alta complejidad. Esto nos permite mantener la vanguardia y obtener los mejores resultados en las distintas patologías, especialmente en aquellas infrecuentes y difíciles de diagnosticar.

A continuación, se revisarán algunas de las patologías más

comunes que nos encontramos en la práctica clínica y mencionaremos las técnicas de abordaje no invasivo más relevantes para cada caso.

Malformaciones vasculares cerebrales

Las malformaciones vasculares (MV) pueden presentarse clínicamente a cualquier edad, siendo la hemorragia intraparenquimatosa la manifestación más común y ocurre en el 50% de los pacientes ^[19]. Se estima que las MV causan el 5% de las hemorragias intracraneanas no traumáticas y son una de las principales causas de hemorragia intracerebral en pacientes jóvenes, siendo la malformación arteriovenosa (MAV) la más frecuente ^[19].

El estándar de referencia para el estudio de malformaciones vasculares sigue siendo la DSA. Sin embargo, tanto la angioTC como la angioRM actualmente nos permiten obtener imágenes no invasivas de alta calidad, muy útiles

para localizar y caracterizar este tipo de lesiones. En nuestra institución, son estudiadas a través de técnicas "4D" en cualquiera de las dos modalidades (Figura 12). La principal

desventaja de los métodos no invasivos es la incapacidad de realizar una evaluación selectiva de las arterias [19].

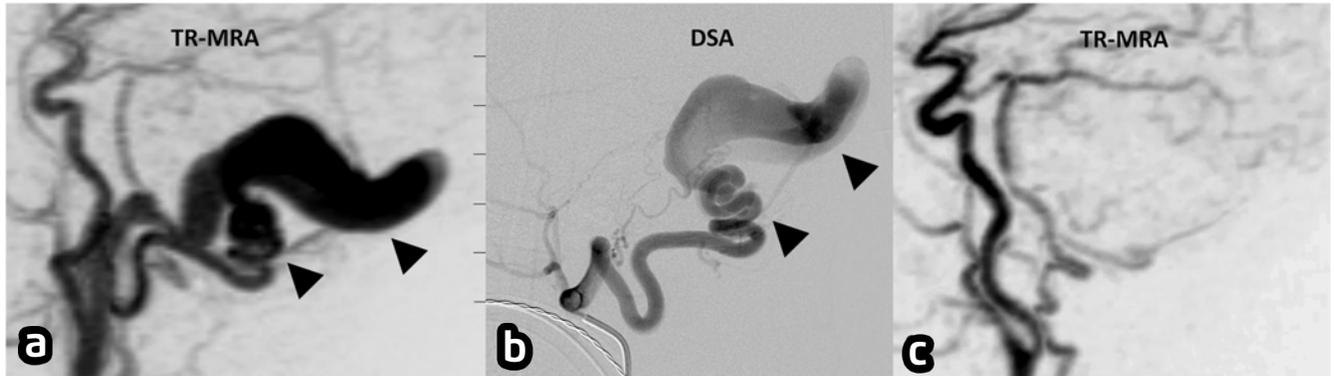


Figura 12. Paciente de 2 meses de edad con una fístula dural arteriovenosa congénita del seno lateral derecho, diagnosticada a través de una TR-MRA, lo que además permite planificar el tratamiento. Hubo adecuada correlación de los hallazgos no invasivos con los de la angiografía digital (b) (cabeza de flecha). En el mismo procedimiento se realiza la embolización endovascular y en el control con TR-MRA a los 3 meses (c) se confirma la exclusión completa de la malformación vascular.

Malformaciones vasculares medulares

En el caso de la médula espinal, las técnicas no invasivas permiten obtener información respecto a la localización y caracterización de malformaciones vasculares, sin embargo aún no se alcanza un rendimiento comparable a la DSA, por lo que continúa siendo necesaria para precisar el diagnóstico y decidir el manejo. La fístula dural arteriovenosa es la malformación más frecuente y representa el 60-80% del total de malformaciones espinales [20].

Para los estudios no invasivos, los pequeños diámetros de las arterias y venas medulares (arteria medular anterior 0,2 - 0,8mm, arteria de Adamkiewicz 0,5 - 1mm) representan

un gran desafío para su visualización, lo que se ha logrado con los resonadores de mayor campo magnético (3T). La angioRM-4D (TR-MRA) es de elección y permite localizar el sitio de comunicación (*o shunt*) arteriovenoso, en algunos casos identificar arterias aferentes y orientar la DSA, mejorando su capacidad diagnóstica y disminuyendo el tiempo del procedimiento. La RM también es el método de elección para el seguimiento de lesiones (Figura 13) [21].

La principal dificultad para las imágenes no invasivas es la alta velocidad del paso del contraste a las venas, lo que dificulta una adecuada caracterización de la anatomía.

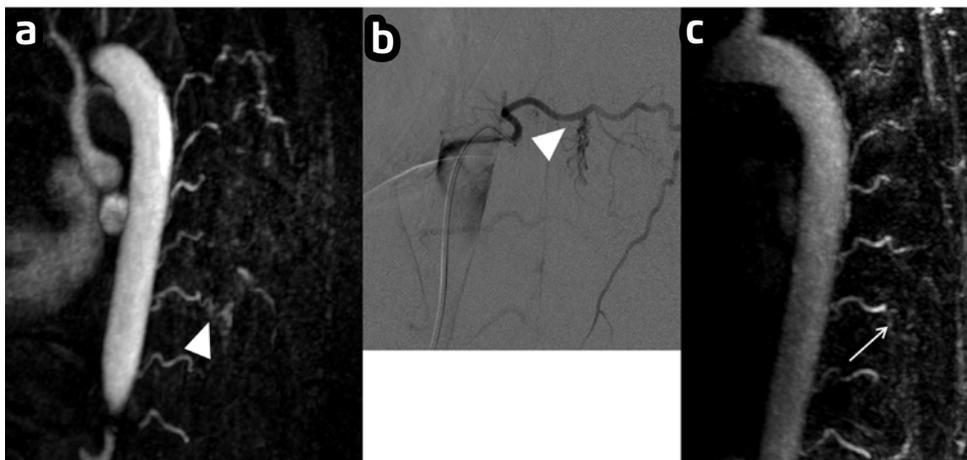


Figura 13. Imágenes de una malformación vascular medular. El diagnóstico se realizó a través de una TR-MRA (a), que logra localizar el sitio de shunt a nivel de T9 izquierda caracterizado por una aferencia arterial dilatada y tortuosa intrarraquídea (cabeza de flecha) asociado a paso precoz del contraste a las venas, las que también se encuentran dilatadas. La DSA (b) obtuvo similares hallazgos y confirmó el diagnóstico. En el seguimiento post tratamiento (c) la MRA-4D muestra exclusión de la malformación vascular (flecha).

Vasoespamo cerebral

El vasoespamo cerebral es una complicación tardía de la hemorragia subaracnoidea relativamente frecuente. Ocurre principalmente entre los días 4 y 14 desde el inicio del evento hemorrágico, es la principal causa de morbimortalidad en este período y determina un peor pronóstico. Se presenta con deterioro del nivel de conciencia y déficit neurológico.

En algunos casos se puede observar una disociación clínico-radiológica donde las imágenes muestran un vasoespamo, pero que no tiene representación clínica, o viceversa. De esta forma, se han intentado buscar métodos diagnósticos con mejor correlación para así reconocerlo de manera precoz y mejorar los resultados [22].

La mayor parte del monitoreo del vasoespamo se realiza utilizando un doppler transcraneano (DTC), método que se puede realizar sin desplazar al paciente de su unidad de tratamiento y mantiene buena especificidad y sensibilidad [22]. Este no será abordado en el presente texto.

La angioTC es el método no invasivo más frecuentemente usado. Tiene buena capacidad para diferenciar entre estenosis leve, moderada y severa, con la mejor correlación

con DSA en los casos severos (Figura 14). En el caso que el estudio sea negativo o no concluyente, no descarta la presencia de un vasoespamo y se debe extender el estudio.

La angioRM tiene una alta especificidad global para vasoespamo (97%). La sensibilidad depende en gran parte de la arteria comprometida, siendo la más alta en arterias cerebrales anteriores (hasta 100%) y luego disminuye a 56% en la arteria cerebral media y a 25% en la carótida interna. En general se utiliza esta técnica como un método de tamizaje para buscar etiologías alternativas en el caso de un deterioro neurológico [22].

La perfusión cerebral (TC y RM) es una herramienta que nos permite evaluar la repercusión hemodinámica del vasoespamo. En la práctica clínica no se realiza una evaluación cuantitativa, sino más bien una evaluación visual de los mapas de color. Los mapas de perfusión temporal (MTT, TTD) son los que han demostrado mejor rendimiento y correlación a la DSA. Los métodos automatizados de postproceso abren la opción futura de poder estandarizar esta técnica a través de datos cuantitativos fáciles de obtener e interpretar.

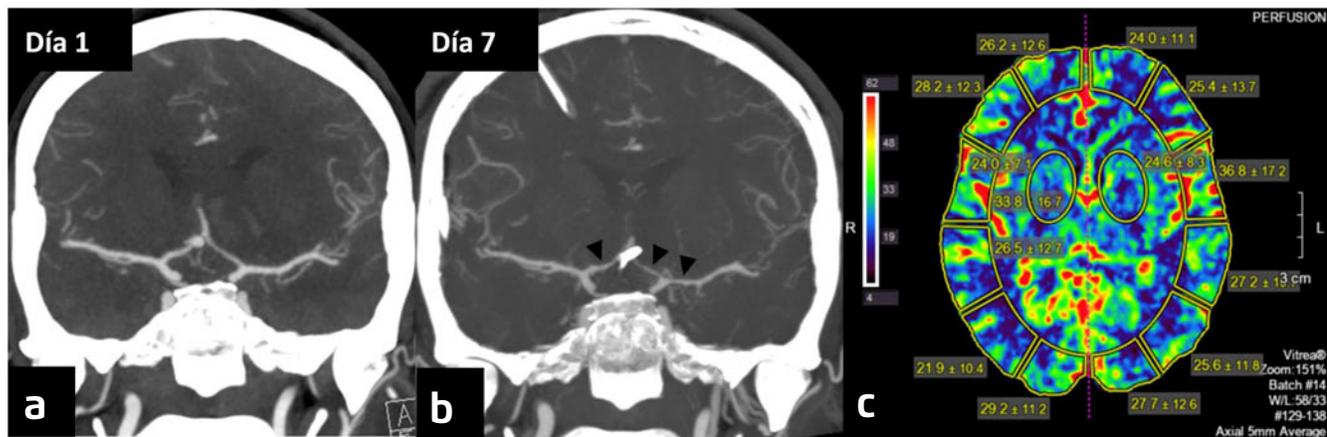


Figura 14. Imágenes de angioTC (a y b) de un paciente con aneurisma de complejo comunicante anterior roto (flecha) y extensa hemorragia subaracnoidea (no se muestra). El aneurisma fue tratado instalando un clip quirúrgico. A los 7 días del inicio del cuadro presenta deterioro cognitivo y por sospecha de vasoespamo se realiza una angioTC donde se reconoce un vasoespamo significativo en arterias cerebrales anteriores y medias (cabeza de flecha), más severo a izquierda. Se realiza una perfusión por TC con estudio cuantitativo para evaluar alteraciones hemodinámicas y decidir el mejor tratamiento. La DSA confirmó el diagnóstico.

Vasculitis de sistema nervioso central (SNC)

La vasculitis del SNC, primaria o secundaria, es una entidad poco frecuente, de difícil diagnóstico y alta morbilidad y que requiere una alta sospecha clínica. Se produce inflamación y necrosis de la pared vascular. Las imágenes se han posicionado como un pilar fundamental en su estudio,

donde virtualmente a todos los pacientes en los que se sospecha esta entidad se les realiza algún estudio de imágenes. La DSA sigue siendo el estándar de referencia, basándose en la evaluación de las alteraciones luminales secundarias al engrosamiento parietal.

Los hallazgos imagenológicos se han clasificado en directos e indirectos. Los indirectos son los más clásicos que incluyen isquemia, hemorragia y estenosis vascular ^[24].

Los signos directos se obtienen a través de secuencias específicas de RM de alta resolución llamadas “de pared de vaso” (o “sangre negra”) (Figura 15), las que permiten

caracterizar la alteración parietal de manera directa y de esta forma evaluar su engrosamiento e inflamación ^[25]. Se pueden realizar estudios volumétricos de todo el encéfalo en el caso que se sospeche una patología difusa o como cortes finos de alta resolución dirigidos en el caso que haya una lesión focal que se quiera caracterizar (Figura 15) ^[26].

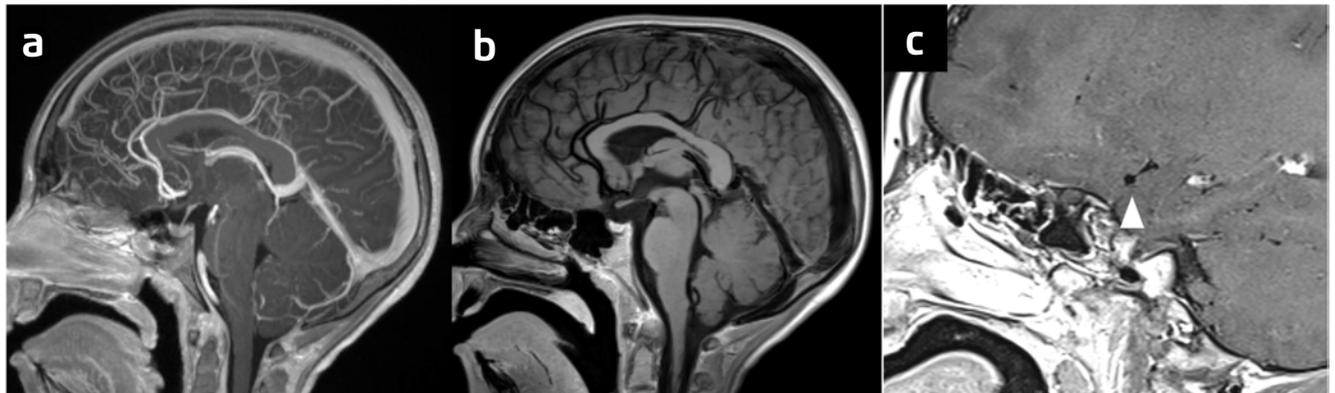


Figura 15. Imágenes sagitales volumétricas de todo el cerebro en secuencias T1 con medio de contraste intravenoso comparativas, donde (a) se obtuvo con señal habitual intravascular y (b) con “sangre negra”, utilizado para localizar inflamación parietal. En el caso de querer caracterizar una alteración parietal focal, se puede realizar un estudio de alta definición perpendicular al vaso (c, cabeza de flecha).

Ateromatosis intracraneana y carotídea extracraneana

La aterosclerosis es una enfermedad multifactorial crónica inflamatoria de las arterias del cuerpo, caracterizada por disfunción endotelial, inflamación vascular y depósito de partículas fibro-adiposas en la pared. Este proceso patológico es la base en una gran cantidad de condiciones clínicas, incluyendo infartos miocárdicos y cerebrales así como la enfermedad vascular periférica ^[27].

El grado de estenosis determinada por una placa ateromatosa y la identificación de placas vulnerables son el objetivo principal para el diagnóstico, etapificación y terapia ^[28].

Actualmente se dispone de múltiples métodos para la evaluación de la ateromatosis, siendo los más utilizados US y TC. En los últimos años se ha agregado la RM de alta resolución con secuencias de “sangre negra” para caracterizar los componentes de la ateromatosis carotídea e intracraneana. El uso más frecuente es para la evaluación de ateromatosis en los bulbos carotídeos, donde se pueden identificar componentes de definición histológica como la capa fibrosa, núcleo lipídico, calcio, hemorragia intraplaca, neovascularización, inflamación, etc. ^[29]. Sus aplicaciones

clínicas actuales se basan en el concepto de que el grado de estenosis es un factor de riesgo más para tener un infarto, más que una causa primaria. En este sentido, a través de características morfológicas y patológicas la RM puede diferenciar placas ateromatosas rotas de las no rotas y eventualmente entregar un valor pronóstico. Por ejemplo, la detección de hemorragia intraplaca se asocia a un incremento de seis veces en el riesgo de eventos isquémicos en pacientes sintomáticos ^[29]. A través de mayores estudios, la estratificación de riesgo de los pacientes se basará cada vez más en las imágenes.

Enfermedad de Moyamoya

Moyamoya es una enfermedad idiopática no inflamatoria y no aterosclerótica caracterizada por una vasculopatía oclusiva progresiva que compromete el círculo de Willis, siendo más frecuente en las carótidas internas supraclinoideas. Se produce engrosamiento intimal de las paredes y estenosis, que progresivamente desarrolla una gran red de circulación colateral a través de ramas pre-existentes que aumentan su calibre o formación de nuevas arterias penetrantes ^[30].

Tiene distintas formas de presentación, las que incluyen infartos cerebrales en territorio limítrofe, hematomas

intraparenquimatosos y epilepsia. La historia natural es variable. La progresión de la enfermedad puede ser lenta. El diagnóstico precoz es muy relevante para la instalación de terapias que mejoren el pronóstico [31].

Evaluar la anatomía arterial así como la reserva vascular es esencial para las definiciones terapéuticas. La perfusión por

TC es la técnica más utilizada, ya que permite cuantificar y realizar seguimiento comparativo. La evaluación de la totalidad del parénquima encefálico es importante, ya que tanto el territorio anterior como el posterior pueden estar comprometidos. Esta técnica requiere de equipos avanzados que logren una adecuada cobertura de las estructuras a estudiar (Figura 16) [32].

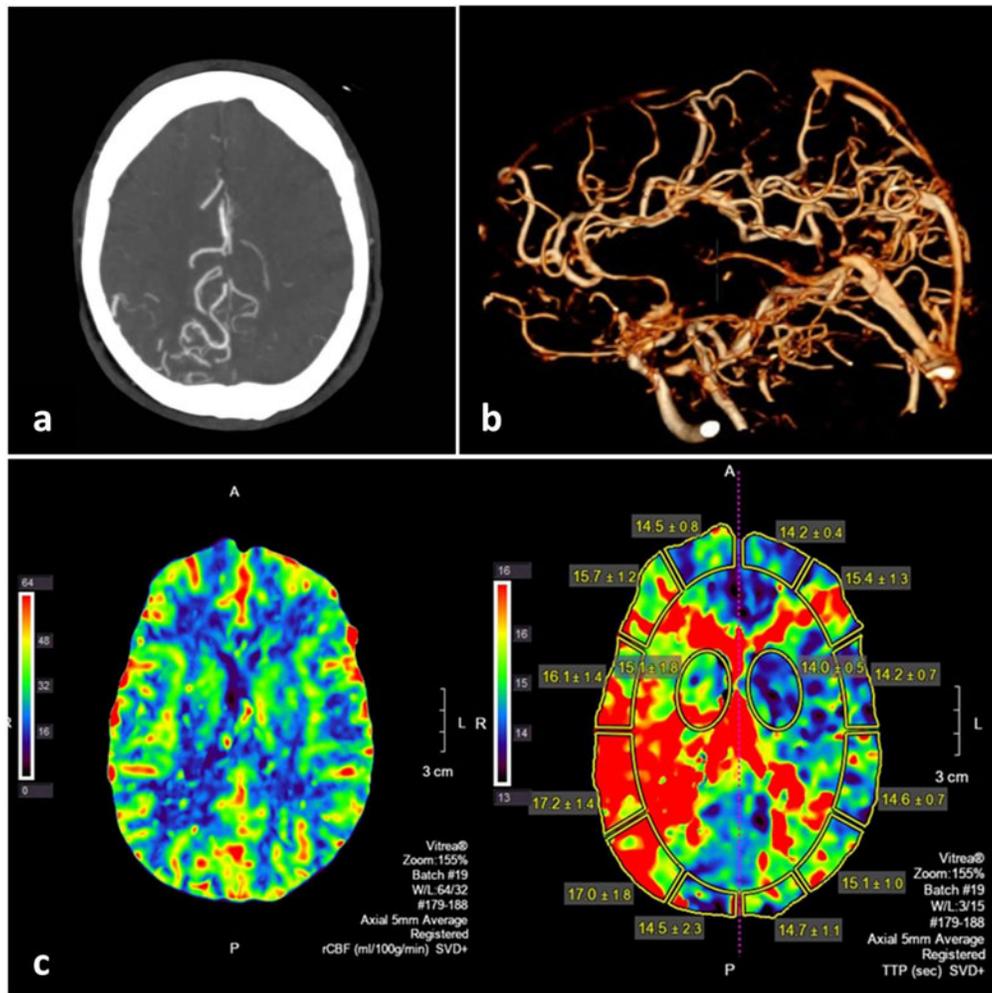


Figura 16. En la medida que progresa la enfermedad de moyamoya, lo va haciendo su complejidad. Su evaluación de rutina por angioTC (a) puede ser difícil de interpretar, a través de los estudios dinámicos 4D (b) podemos comprender más fácilmente las alteraciones y al mismo tiempo adquirir una evaluación de la reserva vascular a través de una perfusión (c), en el mismo examen. Esto permite optimizar el número de estudios, disminuyendo la dosis de radiación en estos pacientes que requieren seguimiento por muchos años.

Tinnitus pulsátil

El tinnitus pulsátil es uno de los síntomas vasculares más infradiagnosticados. Representa el 5-10% de los pacientes que consultan por tinnitus y puede alterar significativamente la calidad de vida de los pacientes. La mayoría de las veces es unilateral, sin embargo hasta en un 15% de los casos puede ser bilateral siendo en estos casos es menos probable detectar una causa específica [33].

El estudio debe ser exhaustivo para encontrar la causa,

en la mayoría de los casos se debe incluir un examen imagenológico que, según la sospecha clínica, debe incluir una evaluación angiográfica arterial y venosa. Entre las causas más frecuentes se encuentra las variaciones del bulbo yugular y fístulas arteriovenosas (AV). Las fístulas AV pueden ser difíciles de diagnosticar con los métodos de rutina, especialmente si son pequeñas, es por eso que se prefieren estudios "4D" que mejoran significativamente el rendimiento para realizar el diagnóstico y al mismo tiempo poder caracterizarlas [34].

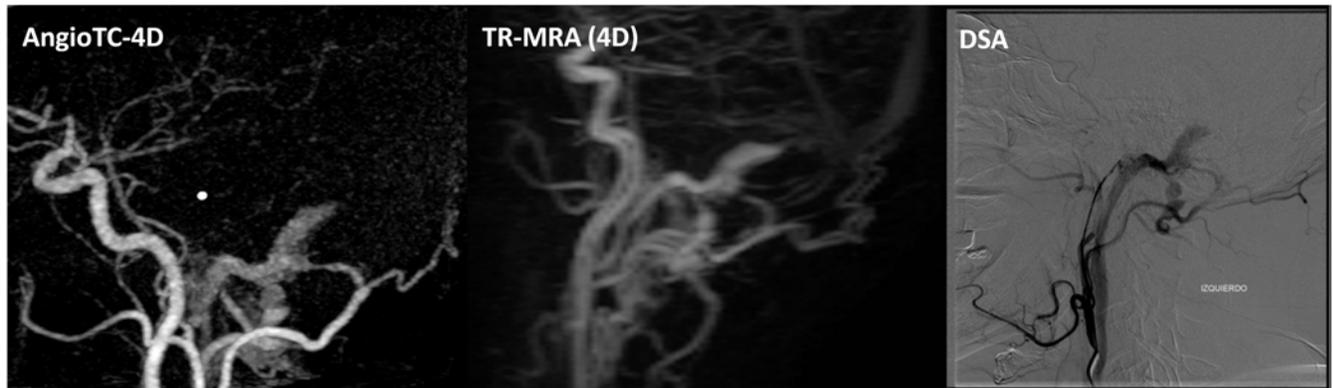


Figura 17. El estudio imagenológico de tinnitus pulsátil requiere de una alta sospecha clínica. Los estudios no invasivos 4D tienen alto rendimiento en definir una causa etiológica, permiten confirmar el diagnóstico, planificar la evaluación por DSA y realizar el seguimiento. En las imágenes se observa una fístula dural arteriovenosa del seno lateral izquierdo (cabeza de flecha) causante de tinnitus pulsátil del paciente, evaluado con las dos modalidades no invasivas 4D (TC y RM) y su correlato con la angiografía convencional. Los hallazgos no variaron significativamente en los tres métodos diagnósticos.

Proyección futura en estudios neurovasculares

La tecnología progresa cada vez más rápido. Probablemente uno de los elementos que se están desarrollando con más fuerza en el último tiempo es la inteligencia artificial (IA), que ya se está aplicando en múltiples áreas de la medicina, siendo la radiología una de las más avanzadas en este ámbito. Actualmente la IA ya permite identificar con alta sensibilidad hallazgos como neumocéfalos, hemorragia subaracnoidea e incluso aneurismas intracraneales. A corto plazo, estos avances nos entregarán herramientas cada vez más complejas ayudando al diagnóstico más certero.

Comentarios

Los estudios no invasivos neurovasculares han ido progresando en conjunto a la tecnología, y el desarrollo de nuevas técnicas de adquisición de imágenes nos permite ampliar las posibilidades diagnósticas y optimizar el rendimiento de nuestros estudios, y con ello evitando procedimientos invasivos.

El equipo multidisciplinario de profesionales del Departamento de Imágenes de nuestra institución se destaca por mantener un alto estándar de calidad, siempre pensando en la mejor alternativa diagnóstica para los pacientes, donde la comunicación con los médicos referentes es clave para obtener los mejores resultados.

Referencias

1. O'Connor JPB. Thomas Willis and the background to *Cerebri Anatomie* *JRSM*. 2003; 96(3):139-143.
2. Sandrone S, Bacigaluppi M, Galloni MR, et al. Weighing brain activity with the balance: Angelo Mosso's original manuscripts come to light. 2014; 137(2):621-633.
3. Weber AL. History of Head and Neck Radiology: Past, Present, and Future *Radiology*. 2001; 218(1):15-24.
4. Antunes JL. Egas Moniz and cerebral angiography. 1974; 40(4):427-432.
5. Saloner D. The AAPM/RSNA physics tutorial for residents. An introduction to MR angiography. *Radiographics*. 1995;15(2):453-465.
6. Lin A, Rawal S, Agid R, Mandell DM. Cerebrovascular Imaging: Which Test is Best?. 2018; 83(1):5-18.
7. Ozturk K, Soylu E, Parlak M. Dural venous sinus thrombosis: The combination of noncontrast CT, MRI and PC-MR venography to enhance accuracy *Neuroradiol J*. 2018; 31(5):473-481.
8. Sadigh G, Mullins ME, Saindane AM. Diagnostic Performance of MRI Sequences for Evaluation of Dural Venous Sinus Thrombosis *American Journal of Roentgenology*. 2016; 206(6):1298-1306.
9. Thierfelder KM, Sommer WH, Baumann AB, et al. Whole-brain CT perfusion: reliability and reproducibility of volumetric perfusion deficit assessment in patients with acute ischemic stroke *Neuroradiology*. 2013; 55(7):827-835.
10. Nogueira RG, Jadhav AP, Haussen DC, et al. Thrombectomy 6 to 24 Hours after Stroke with a Mismatch between Deficit and Infarct *N Engl J Med*. 2018; 378(1):11-21.
11. Kortman H, Smit E, Oei M, Manniesing R, Prokop M, Meijer F. 4D-CTA in Neurovascular Disease: A Review *AJNR Am J Neuroradiol*. 2015; 36(6):1026-1033.
12. Oleaga L, Dalal S, Weigle J, et al. The role of time-resolved 3D contrast-enhanced MR angiography in the assessment and grading of cerebral arteriovenous malformations *European Journal of Radiology*. 2010; 74(3):e117-e121.
13. Liu C, Li W, Tong KA, Yeom KW, Kuzminski S. Susceptibility-weighted imaging and quantitative susceptibility mapping in the brain *J. Magn. Reson. Imaging*. 2015; 42(1):23-41.
14. Deistung A, Schweser F, Reichenbach JR. Overview of quantitative

- susceptibility mapping *NMR Biomed.* 2017; 30(4):e3569-.
15. Haller S, Zaharchuk G, Thomas DL, Lovblad K, Barkhof F, Golay X. Arterial Spin Labeling Perfusion of the Brain: Emerging Clinical Applications *Radiology.* 2016; 281(2):337-356.
 16. Grade M, Hernandez Tamames JA, Pizzini FB, Achten E, Golay X, Smits M. A neuroradiologist's guide to arterial spin labeling MRI in clinical practice *Neuroradiology.* 2015; 57(12):1181-1202.
 17. Lin A, Rawal S, Agid R, Mandell DM. Cerebrovascular Imaging: Which Test is Best? . 2018; 83(1):5-18.
 18. Dieleman N, van der Kolk AG, Zwanenburg JJ, et al. Imaging Intracranial Vessel Wall Pathology With Magnetic Resonance Imaging *Circulation.* 2014; 130(2):192-201.
 19. Tranvinh E, Heit JJ, Hachein-Bey L, Provenzale J, Wintermark M. Contemporary Imaging of Cerebral Arteriovenous Malformations *American Journal of Roentgenology.* 2017; 208(6):1320-1330.
 20. Donghai W, Ning Y, Peng Z, et al. The Diagnosis of Spinal Dural Arteriovenous Fistulas *Spine.* 2013; 38(9):E546-E553.
 21. Vargas MI, Nguyen D, Viallon M, et al. Dynamic MR angiography (MRA) of spinal vascular diseases at 3T *Eur Radiol.* 2010; 20(10):2491-2495.
 22. Mills JN, Mehta V, Russin J, Amar AP, Rajamohan A, Mack WJ. Advanced Imaging Modalities in the Detection of Cerebral Vasospasm *Neurology Research International.* 2013; 2013:1-15.
 23. Othman AE, Afat S, Nikoubashman O, et al. Volume perfusion CT imaging of cerebral vasospasm: diagnostic performance of different perfusion maps *Neuroradiology.* 2016; 58(8):787-792.
 24. Küker W. Cerebral vasculitis: imaging signs revisited *Neuroradiology.* 2007; 49(6):471-479.
 25. Küker W, Gaertner S, Nägele T, et al. Vessel Wall Contrast Enhancement: A Diagnostic Sign of Cerebral Vasculitis *Cerebrovasc Dis.* 2008; 26(1):23-29.
 26. Eiden S, Beck C, Venhoff N, et al. High-resolution contrast-enhanced vessel wall imaging in patients with suspected cerebral vasculitis: Prospective comparison of whole-brain 3D T1 SPACE versus 2D T1 black blood MRI at 3 Tesla *PLoS ONE.* 2019; 14(3):e0213514.
 27. Douglas G et al (2010) The pathogenesis of atherosclerosis. *Medicine* 42:9; 38(8):397-402
 28. Brinjikji W, Huston J, Rabinstein AA, Kim G, Lerman A, Lanzino G. Contemporary carotid imaging: from degree of stenosis to plaque vulnerability *JNS.* 2016; 124(1):27-42.
 29. Saam T, Hetterich H, Hoffmann V, et al. Meta-Analysis and Systematic Review of the Predictive Value of Carotid Plaque Hemorrhage on Cerebrovascular Events by Magnetic Resonance Imaging *Journal of the American College of Cardiology.* 2013; 62(12):1081-1091.
 30. Choi YJ, Jung SC, Lee DH. Vessel Wall Imaging of the Intracranial and Cervical Carotid Arteries *J Stroke.* 2015; 17(3):238-255.
 31. Zhang J, Wang J, Geng D, Li Y, Song D, Gu Y. Whole-Brain CT Perfusion and CT Angiography Assessment of Moyamoya Disease before and after Surgical Revascularization: Preliminary Study with 256-Slice CT *PLoS ONE.* 2013; 8(2):e57595-.
 32. Rim N, Kim H, Shin Y, Kim S. Which CT Perfusion Parameter Best Reflects Cerebrovascular Reserve?: Correlation of Acetazolamide-Challenged CT Perfusion with Single-Photon Emission CT in Moyamoya Patients *AJNR Am J Neuroradiol.* 2008; 29(9):1658-1663.
 33. Ricci L L, Karle P M. Tinnitus pulsátil: Caso clínico y revisión de la literatura *Rev. Otorrinolaringol. Cir. Cabeza Cuello.* 2018; 78(3):300-304.
 34. Raghavan P, Steven A, Rath T, Gandhi D. Advanced Neuroimaging of Tinnitus *Neuroimaging Clinics of North America.* 2016; 26(2):301-312.

Artículo de revisión

Lesión de ligamentos extrínsecos de la muñeca en RM

Dr. Gonzalo Serrano Belmar

Departamento de Imágenes
Clínica Alemana de Santiago
Facultad de Medicina Clínica Alemana, Universidad del Desarrollo, Santiago, Chile.

Contacto: gserrano@alemana.cl

Introducción

Existe una alta prevalencia de lesiones ligamentosas de la muñeca en el contexto de trauma, particularmente en presencia de alteraciones óseas. Se ha descrito que en RM de muñecas realizadas en el contexto de trauma un 60% de los pacientes presentan lesión de ligamentos intrínsecos, mientras que un 75% tienen lesiones de ligamentos extrínsecos. Algunas de estas lesiones pueden tener consecuencias funcionales progresivas. El antecedente de trauma no siempre es claro.

La mayoría de los autores concuerdan que para que se desarrolle un patrón de inestabilidad carpiana, se requiere una combinación de lesión de ligamentos intrínsecos y extrínsecos. Sin embargo, para que se desarrolle una inestabilidad carpiana significativa los ligamentos interóseos escafosemilunar y lunopiramidal deben encontrarse comprometidos.

La RM es una excelente técnica de imagen para evaluar los distintos desórdenes de la muñeca, incluyendo las lesiones ligamentosas. Los principales ligamentos intrínsecos y extrínsecos pueden ser fácilmente identificables en RM, con distintos rendimientos en la detección de lesiones dependiendo de distintos factores.

Anatomía

Los ligamentos de la muñeca se dividen comúnmente en intrínsecos y extrínsecos. Los ligamentos intrínsecos se originan e insertan en los huesos del carpo, mientras que los extrínsecos son los que conectan los huesos del carpo con el radio o cúbito.

Los ligamentos extrínsecos juegan un rol importante en la estabilización de la articulación de la muñeca. Son estructuras intracapsulares, pero extrasinoviales.

Los ligamentos volares son más gruesos y fuertes que los ligamentos dorsales.

Muchos de los ligamentos mediocarpianos son incluidos por los cirujanos de muñeca en la discusión de la patología de los ligamentos extrínsecos.

Ligamentos radiocarpianos volares (Figuras 1 y 3)

Juegan un rol en prevenir la traslación cubital del carpo y estabilización secundaria del escafoides y semilunar.

Ligamento colateral radial o radioescafoides (LCR). Se extiende entre la estiloides del radio hacia la tuberosidad del escafoides y tendón flexor radial del carpo.

Ligamento radioescafo grande palmar (LREGp). Se origina de la punta de la estiloides del radio hasta el tercio medio de la fosa del escafoides, se inserta en la cortical proximal del polo distal del escafoides y distalmente se interdigita con fibras provenientes del ligamento cubito grande y escafo piramidal palmar, solamente con 10% de las fibras insertándose directamente en el hueso grande. Soporta la cintura del escafoides y juega un rol importante en la estabilización de este hueso.

Ligamento radiosemilunar largo o radiolunopiramidal (LRSL). Se origina del restante anillo volar de la fosa del escafoides, pasa anterior al polo proximal del escafoides y se inserta en la cortical volar del semilunar. Puede continuar como una banda continua o discontinua hacia el hueso piramidal.

Banda radioescafolunar. Contiene estructuras neurovasculares y no representa realmente un verdadero ligamento.

Ligamento radiosemilunar corto (LRSC). Se origina de todo el anillo volar de la fosa semilunar del radio y se inserta en la mitad radial de la cortical volar del semilunar.

Ligamentos mediocarpianos volares (Figuras 1 y 3)

Los ligamentos intrínsecos capsulares mediocarpianos más importantes incluyen al complejo del ligamento arcuato y deltoideo.

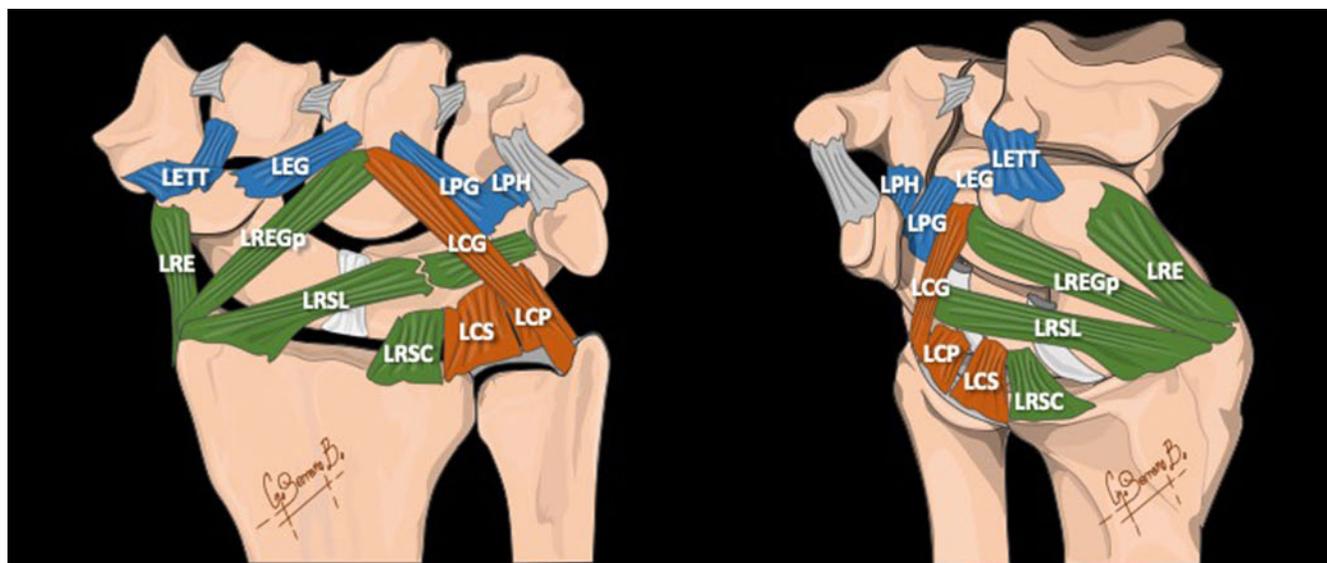
Ligamento arcuato. Está compuesto por el ligamento escafo grande, brazo radial (LEG) y piramidalganchos grande, brazo cubital (LPGG).

Ligamento deltoideo. Está compuesto por el ligamento radioescafo grande, brazo radial (LREGp) y cubitogrande, brazo cubital (LCG). Distalmente forman fibras interdigitadas orientadas transversalmente que soportan la cabeza del hueso grande en la articulación mediocarpiana.

Ligamentos cubitocarpianos volares (Figuras 1 y 3)

Ligamento cubitosemilunar y cubitopiramidal (LCS y LCP). Se originan desde el ligamento radiocubital volar y se insertan en el margen proximal cubital del semilunar y piramidal respectivamente. Forman una banda continua junto con el ligamento radiosemilunar corto.

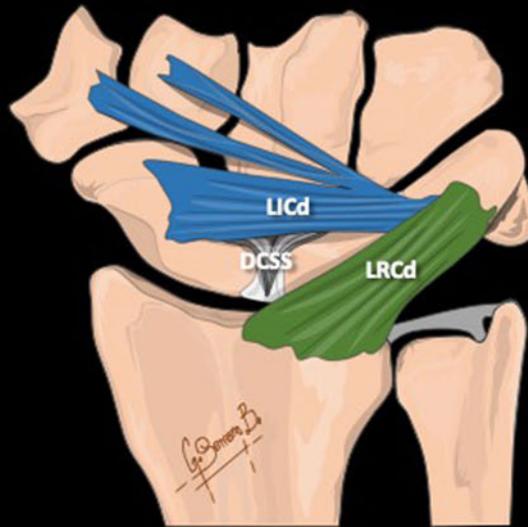
Ligamento cubitogrande (LCG). Se origina directamente del cubito a nivel de la fovea y contribuye al ligamento deltoideo, solamente con un 10% de sus fibras insertándose directamente en el hueso grande.



Ligamentos extrínsecos y mediocarpianos palmares. En Verde ligamentos radiocarpianos palmares: LRE, LREGp, LRSL y LRSC. En azul ligamentos mediocarpianos palmares: LETT, LEG, LPG y LPH. En naranja ligamentos cubitocarpianos palmares: LCS, LCP y LCG.

FIGURA 1

FIGURA 2



Ligamentos extrínsecos y mediocarpianos dorsales. En Verde ligamento radiocarpiano dorsal (radiolunopiramidal dorsal): LRCd. En azul ligamento intercarpio dorsal (escafopiramidal dorsal): LICd. En gris DCSS. Septo escafosemilunar capsular dorsal.

FIGURA 3



Anatomía ligamentos extrínsecos y mediocarpianos. a.) Flechas verdes. Ligamentos radiocarpianos palmares (LREGp y LRSL). b.) Flechas azules. Ligamento intercarpio dorsal (LICd). Cabezas de flecha amarillas. Ligamento radiocarpiano dorsal (LRCd). Cabezas de flecha naranjas. Zona de fusión de fibras del ligamento radioescafo grande palmar y cubitogrande palmar.

Ligamentos capsulares dorsales (Figuras 2 y 3)

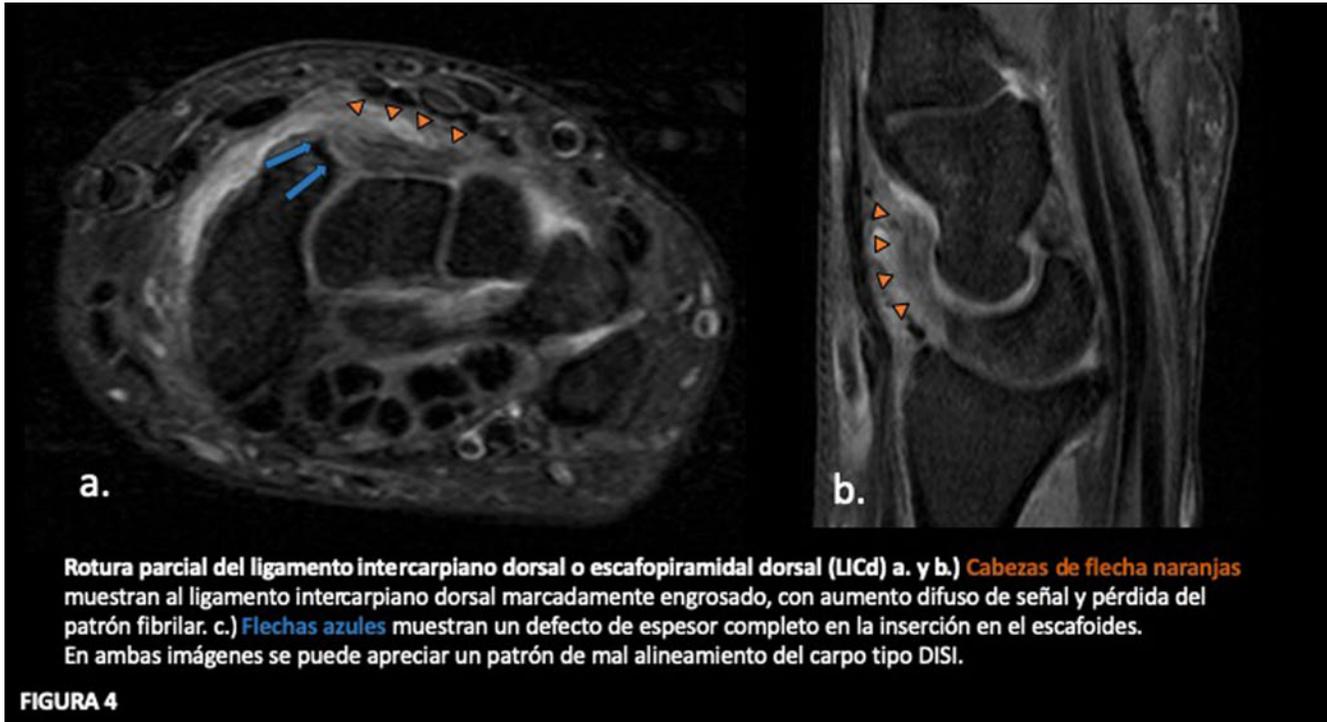
Cumplen un rol importante en la estabilización del carpo al igual que los ligamentos interóseos y capsulares volares.

Ligamento radiocarpiano dorsal o Ligamento radiolunopiramidal (LRCd). Se origina del labio dorsal del radio desde el tubérculo de Lister hasta la escotadura sigmoidea. Transcurre de forma oblicua distal y cubital para insertarse en el cuerno dorsal del semilunar, ligamento lunopi-

ramidal dorsal, cuarto y quinto septo del compartimento extensor y termina en el dorso del hueso piramidal.

Ligamento intercarpio dorsal o escafopiramidal dorsal (LICd).

Se origina del dorso del hueso piramidal y sigue radialmente con inserción en el dorso distal del semilunar y dorso del escafoide. Fibras adicionales pueden dirigirse hacia el trapecio y trapezoide.



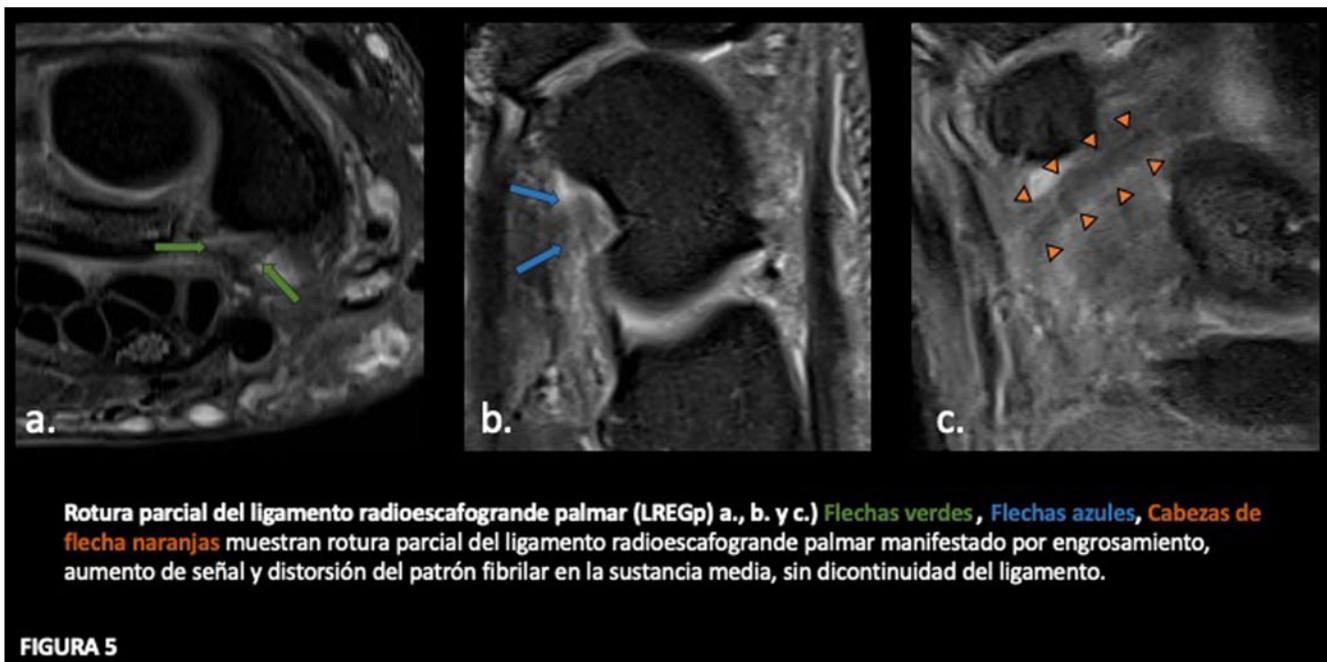
Lesión de los ligamentos extrínsecos

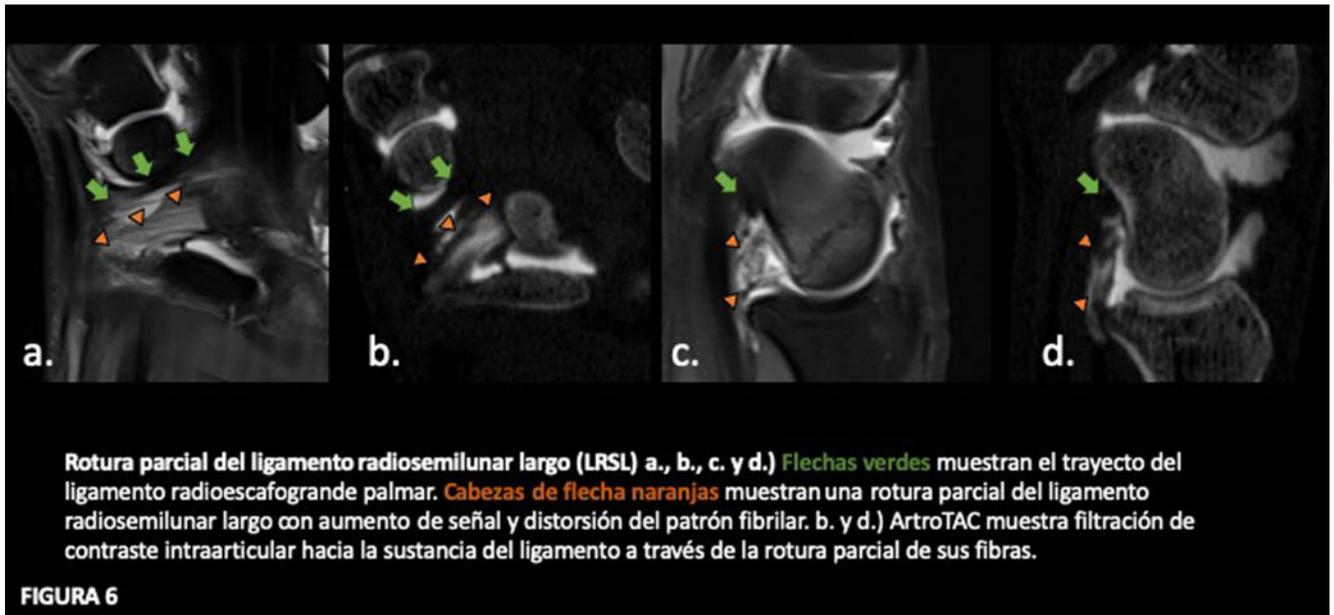
La rotura de los ligamentos se puede diagnosticar con seguridad cuando existe ausencia de un segmento del ligamento o hay discontinuidad con señal líquido (Figura 4).

Dentro de otros signos de rotura también se encuentran la distorsión de la morfología que incluyen fibrilación, adelgazamiento o engrosamiento, irregularidad, elongación,

aumento de señal en T2 y curso anormal de un ligamento (Figuras 5 y 6). Estos hallazgos se pueden superponer con cambios degenerativos asintomáticos.

Signos secundarios que se correlacionan con rotura de ligamentos son el aumento de amplitud de espacios intercarpianos, off-set focal óseo o incongruencia articular, disrupción de arcos, entre otros.

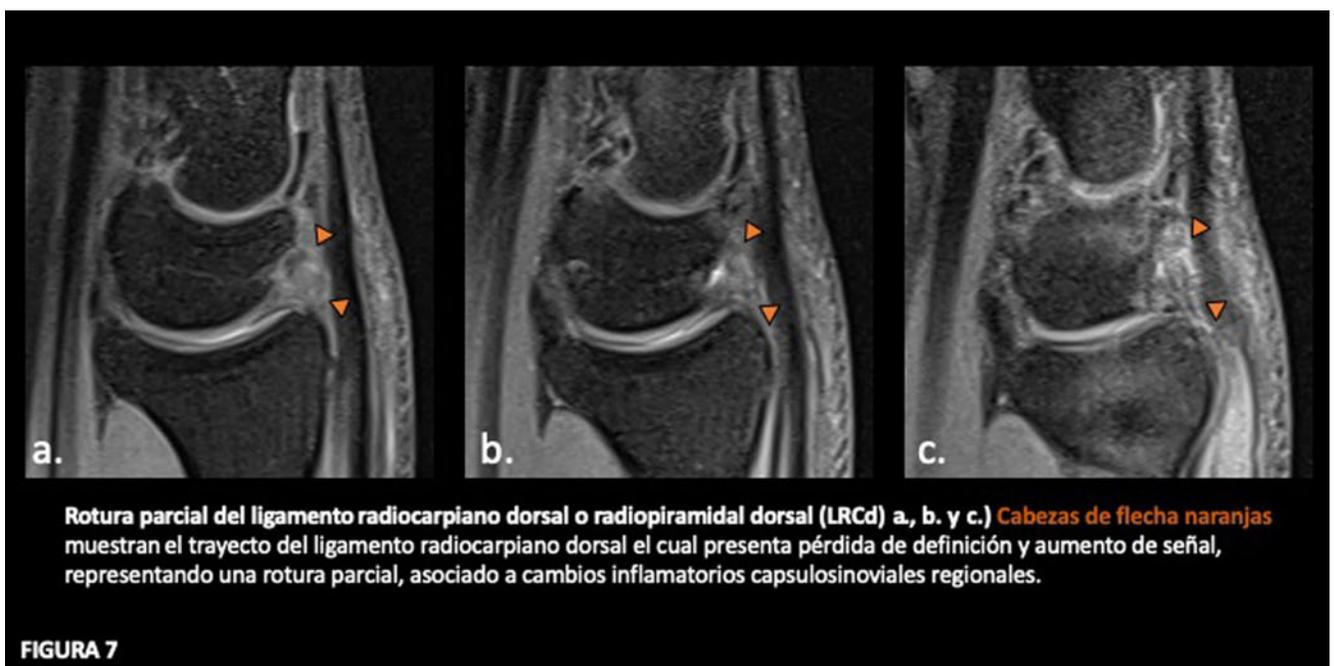




La sinovitis es un importante marcador de patología de la muñeca. Cada vez que identificamos sinovitis se debe ir más allá e ir a buscar la lesión que me está mostrando esa sinovitis (Figura 7). Tanto el edema óseo como las sinovitis, son importantes marcadores que nos permiten enfocarnos en buscar patología dirigida.

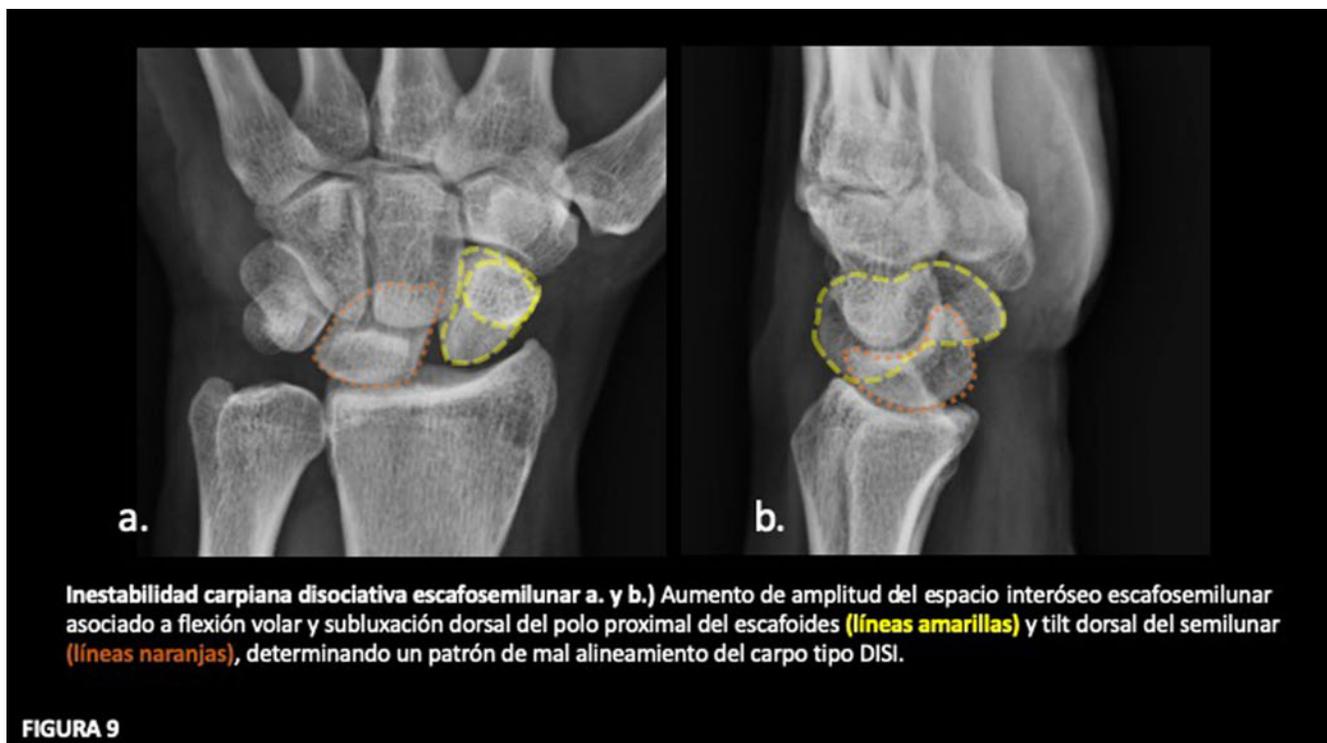
Resulta muy útil al momento de evaluar la lesión de ligamentos de la muñeca conocer los principales tipos de

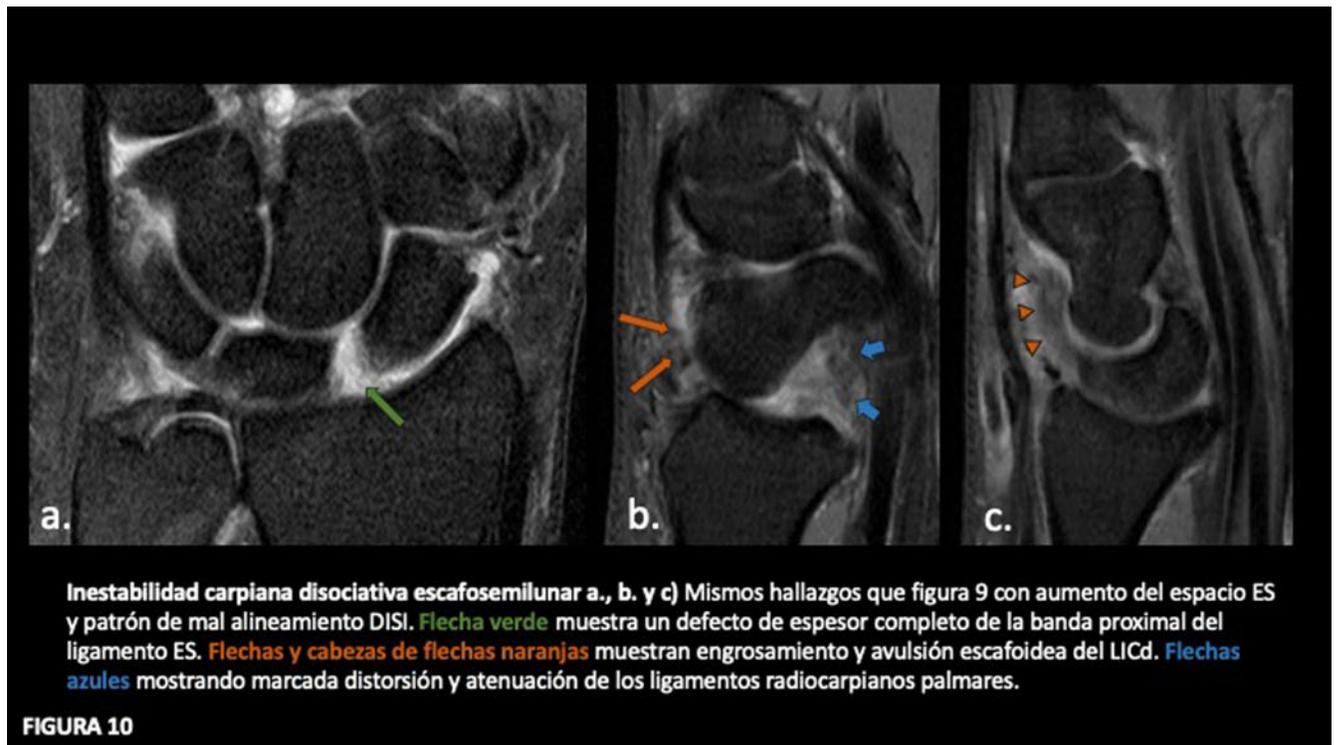
inestabilidad y sus respectivos ligamentos estabilizadores, tanto primarios como secundarios. Con este propósito siempre resulta de gran utilidad contar con el estudio radiológico al momento de evaluar la RM. La radiografía nos permite con mayor facilidad identificar los distintos patrones de inestabilidad de la muñeca. Una vez que identificamos estos patrones de inestabilidad podremos ir a buscar de forma dirigida una posible lesión de los distintos ligamentos responsables de su estabilización.



Estabilizadores secundarios de la articulación escafosemilunar (Figuras 8,9 y 10)

1. Ligamento radioescafo grande palmar (LREGp).
2. Ligamento radiosemilunar largo o radiolunopiramidal (LRSL).
3. Ligamento escafo trapeciotrapezoide (LETT).
4. Ligamento escafo grande palmar (LEGp).
5. Ligamento intercarpio dorsal o escafo piramidal dorsal (LICd).



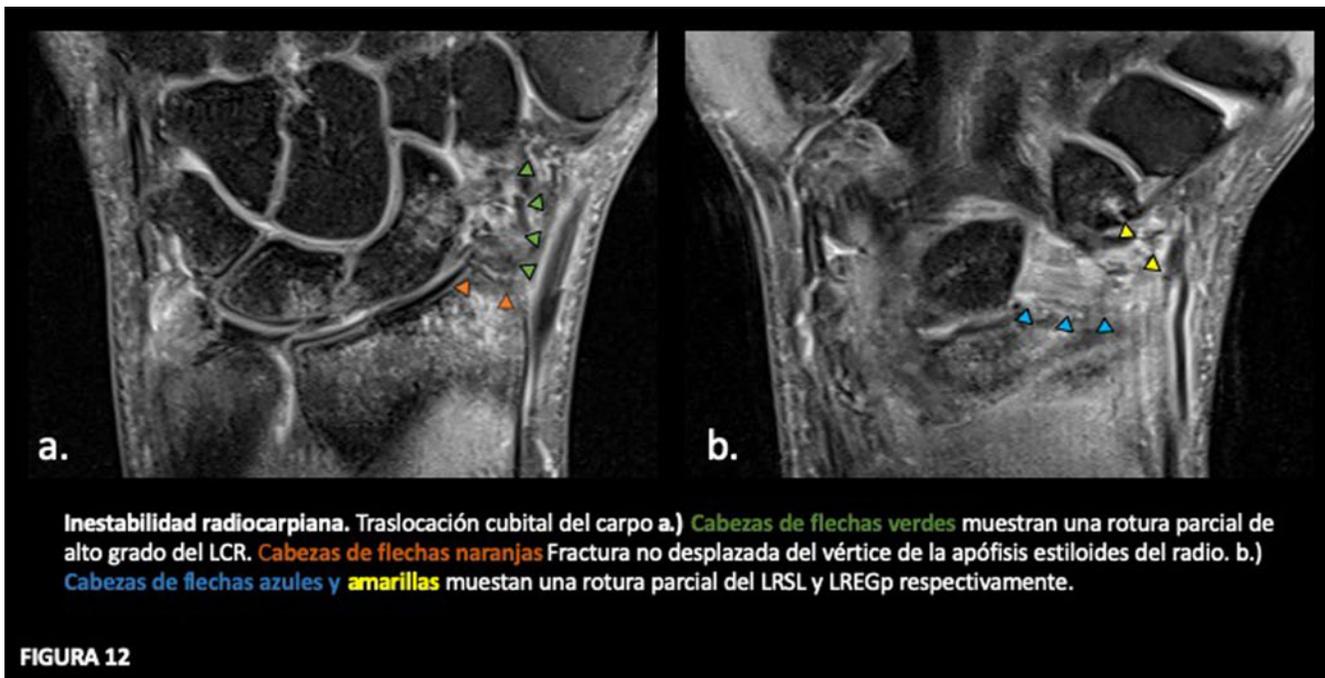
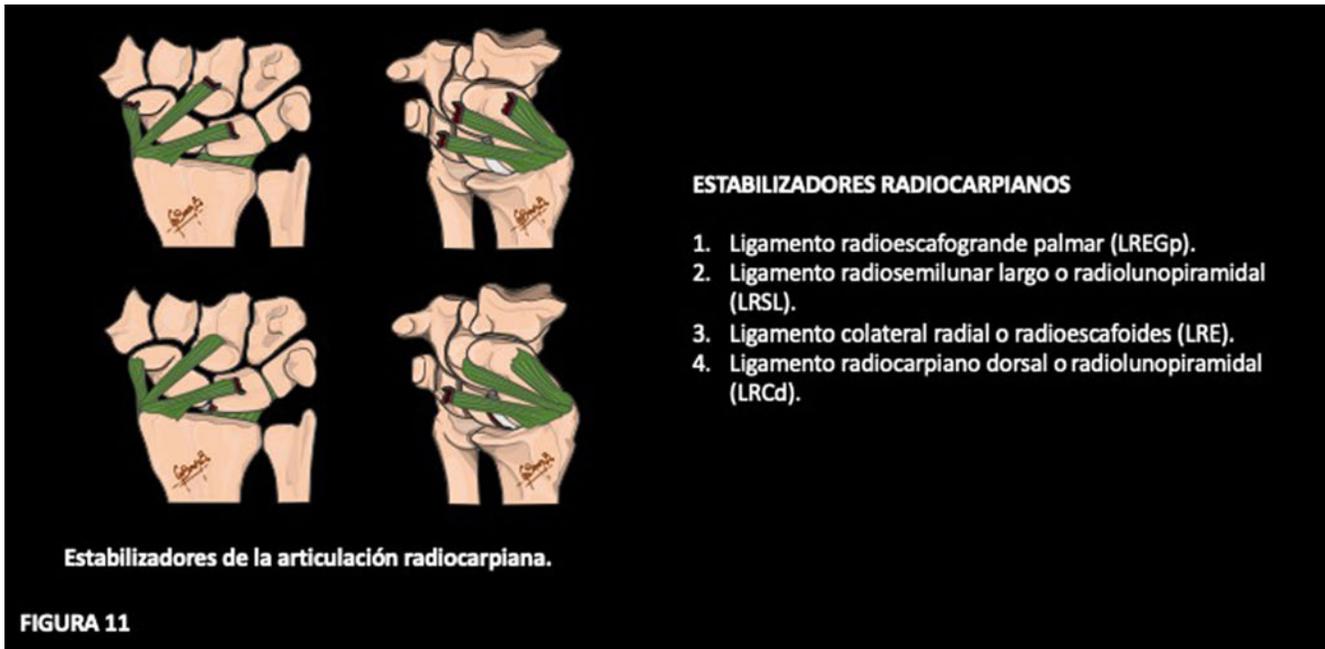


Estabilizadores radiocarpianos (Figuras 11 y 12)

1. Ligamento radioescafogrande palmar (LREGp).
2. Ligamento radiosemilunar largo o radiolunopiramidal (LRSL).
3. Ligamento colateral radial o radioescafoides (LRE).
4. Ligamento radiocarpiano dorsal o Ligamento radiolunopiramidal (LRCd).

Estabilizadores mediocarpianos

1. Ligamento radioescafogrande palmar (LREGp).
2. Ligamento radiosemilunar largo o radiolunopiramidal (LRSL).
3. Ligamento radiocarpiano dorsal o Ligamento radiolunopiramidal (LRCd).
4. Ligamento intercarpiano dorsal o escafopiramidal dorsal (LICd).
5. Ligamento escafotrapeciotrapezoide (LETT).
6. Ligamento escafogrande palmar (LEGp).
7. Ligamento piramidalganchosogrande (LPGG).
8. Ligamento piramidalganchoso (LPG).



Referencias

1. Lee DJ, Elfar JC. Carpal Ligament Injuries, Pathomechanics, and Classification. *Hand Clin.* 2015 Aug;31(3):389-98.
2. Ringler MD, Murthy NS. MR Imaging of Wrist Ligaments. *Magn Reson Imaging Clin N Am.* 2015 Aug;23(3):367-91.
3. Brown RR, Fliszar E, Cotten A, et al. Extrinsic and intrinsic ligaments of the wrist: normal and pathologic anatomy at MR arthrography with three-compartment enhancement. *Radiographics.* 1998 May-Jun;18(3):667-74.
4. Shahabpour M, Van Overstraeten L, Ceuterick P, et al. Pathology of extrinsic ligaments: a pictorial essay. *Semin Musculoskelet Radiol.* 2012 Apr;16(2):115-28.
5. Bateni CP, Bartolotta RJ, Richardson ML, et al. Imaging key wrist ligaments: what the surgeon needs the radiologist to know. *AJR Am J Roentgenol.* 2013 May;200(5):1089-95.
6. Kani KK, Mulcahy H, Chew FS. Understanding carpal instability: a radiographic perspective. *Skeletal Radiol.* 2016 Aug;45(8):1031-43.
7. Taneja AK, Bredella MA, Chang CY, et al. Extrinsic wrist ligaments: prevalence of injury by magnetic resonance imaging and association with intrinsic ligament tears. *J Comput Assist Tomogr.* 2013 Sep-Oct;37(5):783-9.
8. Taljanovic MS, Malan JJ, Sheppard JE. Normal anatomy of the extrinsic capsular wrist ligaments by 3-T MRI and high-resolution ultrasonography. *Semin Musculoskelet Radiol.* 2012 Apr;16(2):104-14.

Artículo de revisión

Informe de segunda opinión radiológica: una nueva prestación del Departamento de Imágenes

Dr. Pablo Soffia Sánchez

Jefe del Departamento de Imágenes
Profesor titular de Radiología
Clínica Alemana de Santiago, Facultad de Medicina Clínica Alemana,
Universidad del Desarrollo, Santiago, Chile.

Contacto: psoffia@alemana.cl

Se denomina segunda opinión médica a la resultante de una consulta a otro médico o a otro equipo de salud no responsable directo de la atención del paciente, para ratificar o modificar lo actuado. Este servicio es muy recurrido en países desarrollados, en particular en los Estados Unidos, principalmente en el caso de patologías complejas, como el cáncer. Estudios recientes, como el publicado por Naessens, de la Clínica Mayo ⁽¹⁾, demostró que en un grupo de 286 pacientes referidos, sólo se confirmó el primer diagnóstico en el 12%, resultando en cambios o precisiones en el 88% restante y un cambio en el tratamiento en el 21%. Tras la publicación de estos resultados, varios medios de prensa nacional e internacional se han hecho eco de la noticia, con lo que se ha evidenciado un aumento de las consultas ⁽²⁾.

En Chile, los servicios de segunda opinión clínica sólo se han ido estableciendo de manera formal en algunos centros privados y durante los últimos años, pero ya son

ofrecidos por varias clínicas, entre ellas Clínica Alemana de Santiago ⁽³⁾. Estos servicios pueden ser presenciales o virtuales, a través de plataformas de telemedicina donde se suben los antecedentes del paciente y están disponibles para casi todas las especialidades. En el caso de los estudios de imágenes, durante los últimos años se ha experimentado un crecimiento muy importante de consultas informales por parte de médicos de la institución hacia los radiólogos del *staff*. Esto se debe a que cada vez más pacientes acuden a las consultas trayendo discos compactos (CDs) con estudios realizados en otras instituciones. Estos exámenes, especialmente si se trata de pruebas sofisticadas como tomografías, resonancias magnéticas o PET-CT, no son siempre fáciles de cargar y visualizar en un ambiente de consulta ambulatoria y la mayor parte de las veces su interpretación toma tiempo y requiere de experiencia. Algunos de estos estudios externos, además, carecen de un informe radiológico, lo que dificulta la valoración por parte de un médico clínico.

Así, durante la última década, los médicos radiólogos del Departamento de Imágenes han sido requeridos diariamente por sus colegas clínicos para cargar y revisar CDs externos y emitir una segunda opinión. Esta forma de trabajar, sin embargo, implica algunas dificultades que había que solucionar: en primer lugar, no existía un flujo de trabajo establecido y con los recursos humanos y técnicos asignados. Así, la carga de CDs quedaba sujeta a la disponibilidad de lectores de CDs (a veces en computadores personales), a la disponibilidad de un *software* de visualización, y a la disponibilidad de tiempo de los médicos radiólogos, los que frecuentemente eran interrumpidos de su rutina diaria de lectura de exámenes.

Por otra parte, los informes de segunda opinión eran verbales y no quedaban necesariamente registrados en la ficha clínica electrónica (FCE), salvo excepciones, aun cuando muchas veces implicaban importantes modificaciones al tratamiento. El hecho de no documentar las interconsultas radiológicas en la FCE expone al médico radiólogo a riesgos médico-legales, como ha sido demostrado por Berlin⁽⁴⁾ y otros autores.

Por último, no había un sistema de registro o estadísticas para cuantificar la demanda de este servicio. Por estas razones, el año 2017 se decidió crear un grupo de trabajo con la misión de regularizar y estandarizar el servicio. Como primera medida, se ordenó cargar todos los CDs externos de manera centralizada en la oficina de los tecnólogos administradores del sistema de imágenes, ubicada en el piso -1, evitando la lectura en computadores personales. Para facilitar la carga y hacerla más rápida, se adquirieron lectores dedicados de alta velocidad (*Integrity Medical*

Image importer, Codonics Radiology, EE.UU.), con capacidad para capturar la mayor variedad posible de formatos de compresión. También se creó un formulario abreviado de solicitud, a fin de llevar estadísticas sobre los solicitantes y las razones para la consulta. La segunda fase del proyecto fue crear un servicio codificado y valorizado de segunda lectura, para que en los casos requeridos, existiese un informe formal, realizado por un médico especialista en imágenes, que quedase registrado en la FCE.

Esto permitió diferenciar dos tipos de prestaciones: la primera, sin costo ni codificación, consiste en la carga de imágenes externas para propósito de archivo y registro en la FCE, así como su disponibilidad en el portal de los pacientes, categoría que representa a la mayoría de las solicitudes (sobre el 90%). La segunda, codificada y valorizada, consiste en la interpretación de las imágenes externas por un médico radiólogo quien elabora un informe, que también queda registrado en la FCE y en el portal del paciente. El costo de esta prestación es el equivalente a una consulta médica ambulatoria y se solicita a través de una orden electrónica realizada en el panel de indicaciones de imágenes de la FCE Núcleo (Figura 1). Para solicitar este informe de segunda opinión, es indispensable aportar la información clínica relevante o formular la pregunta que se desea que sea respondida. Es importante destacar que los informes de segunda opinión radiológica no consisten necesariamente en un segundo informe radiológico estándar, sino en la respuesta a una consulta clínica o duda sobre el informe original. En esta primera etapa, la solicitud sólo está disponible para médicos institucionales, quienes deben solicitar la prestación en formato electrónico.

Figura 1.

EXÁMENES Y PROCEDIMIENTOS [Guardar en borrador] [Cancelar]

INFORME SEGUNDA OPINIÓN RADIOLÓGICA
 HIPÓTESIS DIAGNÓSTICA : Sospecha de infarto renal izquierdo
 FECHA INICIO : 14/JUN/2019 14:08

(*) Hip. Diagnóstica : Sospecha de infarto renal izquierdo
 (*) Servicio : El paciente trae una tomografía externa que señala infarto renal izquierdo, por favor re-evaluar. Gracias
 Muestras: [Cambiar muestra](#) 106/1000

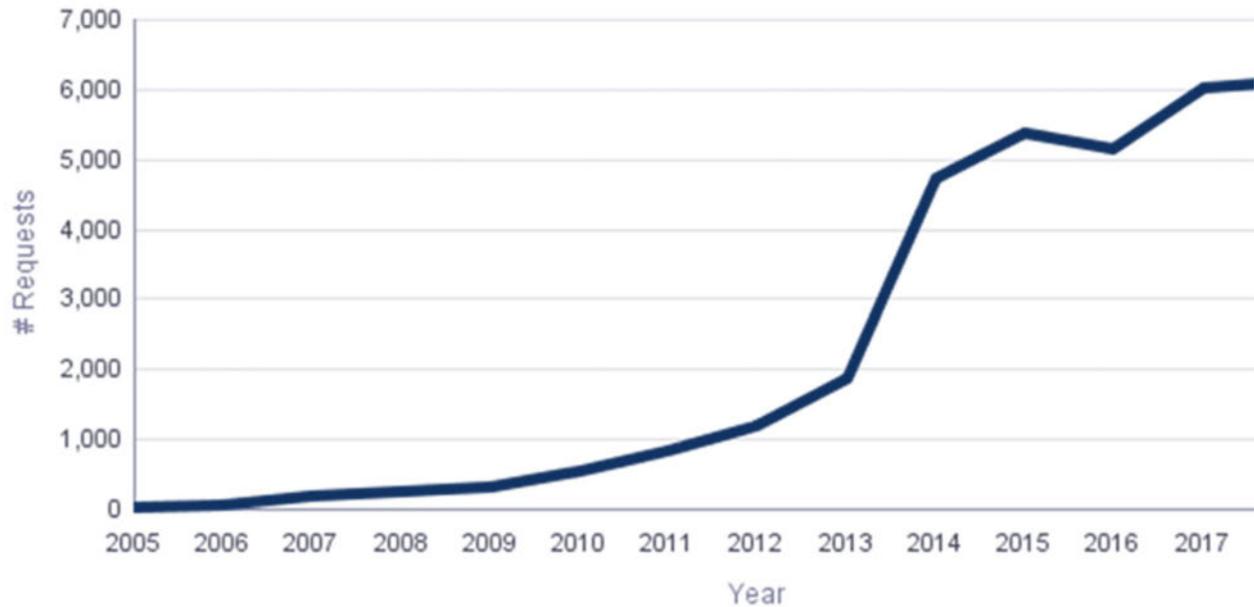
A partir de: Hoy 14/06/2019 14:08 !
 Permanente

> DIAGNÓSTICOS (Asociar diagnóstico a la indicación) [+ Crear nuevo diagnóstico](#)

TÉRMINO	ESTADO	FECHA INICIO	ÁREA
<input type="radio"/> POLIPOS COLONICOS	VIGENTE	13/09/2017	Gastroenterología Adulto
<input type="radio"/> BURSTITIS SUBACROMIAL IZQUIERDA	VIGENTE	07/11/2016	Traumatología Hombro y Codo
<input type="radio"/> TENDINOSIS Y ROTURA PARCIAL T SSC HOMBRO IZQ	VIGENTE	07/11/2016	Traumatología Hombro y Codo

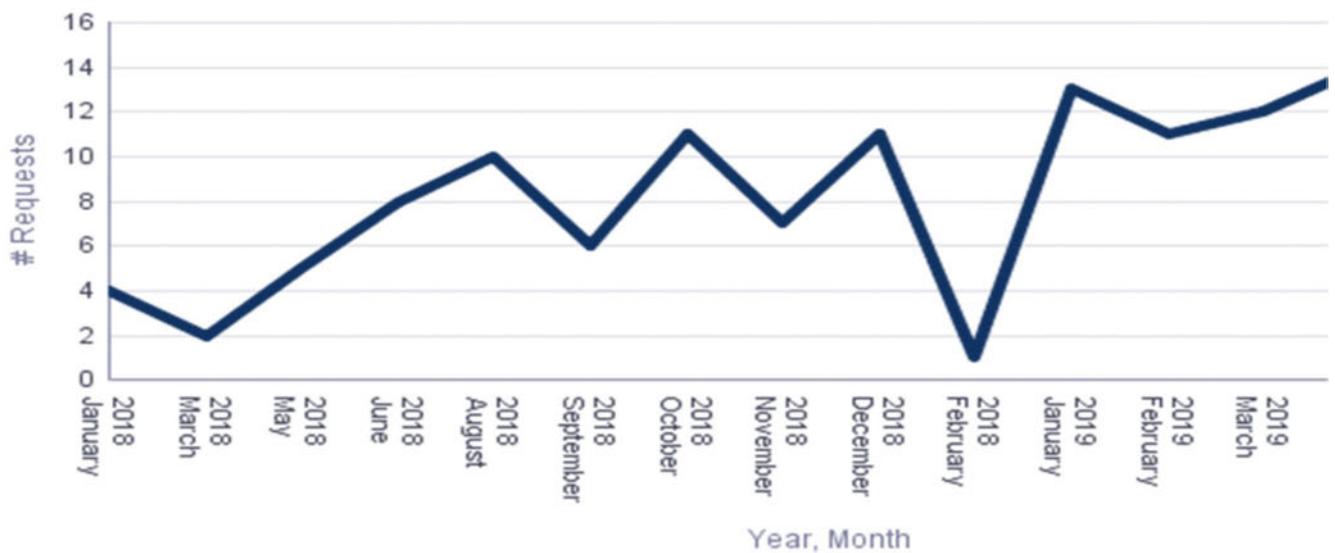
En el gráfico 1 se constata que el número de exámenes externos digitalizados cada año ha ido en aumento, especialmente desde el año 2014, alcanzado los 6.000, es decir unos 500 mensuales. La gran mayoría se digitalizan sólo para efectos de archivo.

Gráfico 1.



En el gráfico 2 se puede observar que actualmente se están solicitando aproximadamente 12 informes de segunda opinión de imágenes al mes, también con tendencia al alza.

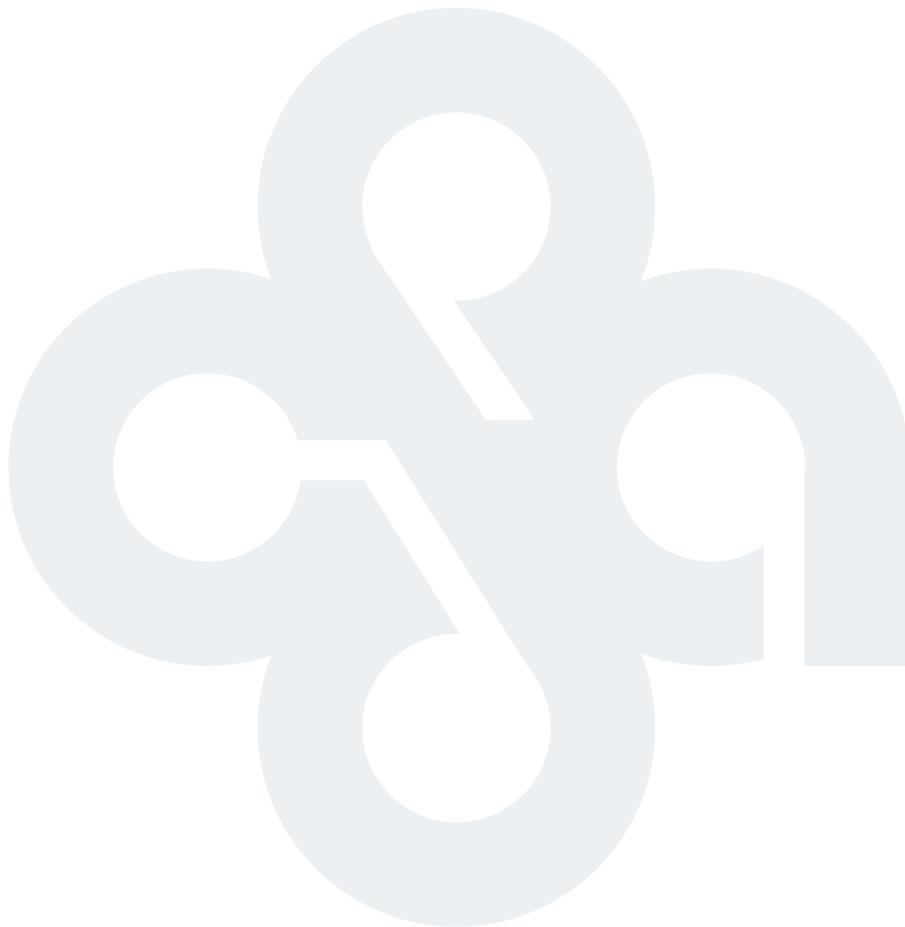
Gráfico 2.



Finalmente, nuestra evaluación es que el servicio ha sido bien recibido tanto por pacientes como por la comunidad médica, por lo que es muy probable que sea replicado en otras instituciones de salud del país. En un futuro no muy lejano, al igual que ya existe en otros países, es factible que se pueda solicitar una segunda opinión radiológica directamente desde el hogar del paciente a través de un portal web. Esta realidad abre la puerta a nuevos desafíos de atención y a interrogantes éticas, que tienen que ver con la forma de relacionarse de los pacientes con los profesionales de la salud. Debemos estar preparados para enfrentar este y otros desafíos similares.

Referencias

1. Van Such M, Lohr R, Beckman T, et al. Extent of diagnostic agreement among medical referrals. *J Eval Clin Pract.* 2017 Aug;23(4):870-874.
2. González C. Cuando es útil pedir una segunda opinión médica, *Economía y Negocios, El Mercurio*, 17 de abril de 2017. Disponible en: <http://www.economiaynegocios.cl/noticias/noticias.asp?id=353041> (Último acceso: 10/10/2019)
3. Disponible en: <https://portal.alemana.cl/wps/wcm/connect/Internet/Home/landing/segunda-opinion> (Último acceso: 10/10/2019)
4. Berlin L. *Curbstone Consultations. En: Malpractice Issues in Radiology, American Roentgen Ray Society, 2009 (third edition).*



Normas Editoriales

CONTACTO CIENTIFICO

I. PREPARACION DE UN ARTICULO

Los autores deben preparar manuscritos de acuerdo con los requerimientos definidos por el Comité Internacional de Editores de Revistas Biomédicas (ICMJE), que pueden ser consultados en Ann Intern Med. 1997;126:36-47 o www.icmje.org. Los reportes de ensayos controlados y randomizados deben cumplir con la normativa de inscripción y diseño correspondiente, que puede ser consultado en Ann Intern Med. 2001;134:657-662.

El manuscrito debe estar escrito en letra Times New Roman, tamaño 12, a doble espacio y debe ordenarse de la siguiente manera (1) página del título (2) resumen, (3) lista alfabética de abreviaciones usadas al menos tres veces en el cuerpo del manuscrito y en resumen, figuras y tablas, (4) texto con encabezados apropiados y conclusiones, (5) agradecimientos, (6) referencias, (7) figuras (8) leyendas de las figuras (con lista alfabética de abreviaciones), y (9) tablas (con lista alfabética de abreviaciones).

El texto del manuscrito debe ser enumerado en forma consecutiva, incluyendo el nombre del primer autor y el texto debe contenerse en un archivo procesable por Word. Las tablas pueden ser hechas con el mismo programa Word, y ubicarlas al final del manuscrito. Los esquemas, gráficos y algoritmos pueden ser hechos y enviados en Word, PowerPoint o Adobe Illustrator. Las figuras deben ser guardadas como formato jpg, gif, o tiff a un mínimo de 300 dpi y no deben insertarse en el texto del manuscrito, sino que deben guardarse como archivo separado.

Página del título

Título: Formular un título que refleje el contenido del artículo.

Autores: Incluir apellidos y nombre, grado académico, departamento e institución a la que pertenece.

Financiamiento y conflictos de interés: indicar si existió financiamiento y ayuda material para la investigación o trabajo descrito en el manuscrito (ej. número de Grant, agencia financiante, a quiénes).

Reimpresiones y correspondencia: incluir nombres, dirección, e-mail del autor a quien se dirigirán estos requerimientos.

Resumen o Abstract

Abstract de 200 palabras y un resumen en términos sencillos ("plain language summary") de 50 palabras que describa el objetivo del estudio y su resultado principal.

Se debe organizar en un formato estructurado, con los siguientes encabezados: Objetivo, Pacientes y métodos, Resultados y Conclusión.

--Asegurar que la información en cada sección del resumen, está contenida en la correspondiente sección del texto.

--En la sección "Pacientes y métodos" del resumen y del texto, incluir las fechas completas que abarcó el estudio.

--Incluir el número de registro de Ensayo clínico, al final del resumen, si es el caso.

Texto

Los artículos originales deben considerar un máximo total de 2000 palabras, la introducción un máximo de 250 palabras y la discusión de 500.

No debe ser superior a 2000 palabras en el resto de los artículos.

En la introducción mencionar los antecedentes disponibles respecto del tema de estudio, establecer el objetivo de la investigación o revisión y plantear la hipótesis de trabajo.

--Abreviar un término sólo si es utilizado al menos tres veces en el texto y definirlo la primera vez que se menciona.

En la sección de pacientes (o materiales) y métodos describir las características del grupo de estudio o del caso clínico, los criterios de inclusión/exclusión, los equipos y/o fármacos utilizados, la probación del comité de ética local.

si corresponde, el consentimiento informado de los participantes y el tipo de análisis estadístico.

--Expresar medidas en Unidades convencionales, entregando el factor de conversión a Unidades del Sistema Internacional.

--Entregar valores exactos de p , incluso si no son significativos. Redondear valores de p a dos dígitos, si los primeros dos números después del decimal son ceros, entonces redondear a tres números. El menor valor de p a reportar es $p < 0.001$ y el mayor $p > 0.99$.

--Usar nombres genéricos para fármacos y equipos. Si piensa que es importante usar un nombre de producto, indique manufactura y lugar donde fue producido, entre paréntesis.

--Los símbolos genéticos aprobados, descripciones y equivalencias pueden encontrarse en www.genenames.org.

--Para mutaciones genéticas, ver sitio web HGVS (www.hgvs.org o <http://www.hgvs.org/rec.html>).

En la sección de resultados, describir los principales hallazgos de forma lógica, con especial mención a los datos relevantes que pueden estar contenidos en tablas o gráficos. Evite duplicar la información en tablas y gráficos.

En la sección de discusión, analizar los resultados en relación a la información previamente publicada y sus limitaciones, destacando los aspectos importantes del estudio que puedan concluirse en atención al diseño del estudio.

De acuerdo a la modalidad del manuscrito, el texto debe contener diferentes secciones:

--En los trabajos originales, debe incluir las secciones de: Introducción, Pacientes y métodos, Resultados y Discusión.

--En los casos clínicos, debe incluir las secciones de: Introducción, Descripción del caso y Discusión.

--En las revisiones, debe incluir las secciones de: Introducción y Desarrollo del tema.

Agradecimientos

El autor debe asegurar que se ha obtenido permiso de quienes se agradecerá.

Referencias

Los autores son responsables de la certeza de sus referencias y de su completa cita en el texto. No incluir más de 35 referencias, priorizando aquellas más relevantes. La cita de referencias, en el texto, figuras y tablas deben ser consecutivas como aparecen en el manuscrito, utilizando número superíndice.

En la lista de referencias, incluir apellidos e iniciales del nombre de todos los autores (si son más de 6, enumerar tres y agregar "et al"), el título, fuente (las abreviaciones de revistas están contenidas en el index medicus), año, volumen, número y rango de páginas.

--Para el estilo apropiado de referencias, consultar: American Medical Association Manual of Style: A Guide for Authors and Editors, 10th ed. New York, NY; Oxford University Press; 2007:39-79.

--Ejemplos.

Revistas (Impresas)

1. Rainier S, Thomas D, Tokarz D, et al. Myofibrillogenesis regulator 1 gene mutations cause paroxysmal dystonic choreoathetosis. *Arch Neurol*. 2004;61(7):1025-1029.

Revistas (Online)

2. Duchin JS. Can preparedness for biologic terrorism save us from pertussis? *Arch Pediatr Adolesc Med*. 2004;158(2):106-107. Available at <http://archpedi.ama-assn.org/cgi/content/full/158/2/106>. Accessed June 1, 2004.

3. Kitajima TS, Kawashima SA, Watanabe Y. The conserved kinetochore protein shugoshin protects centromeric cohesion during meiosis. *Nature*. 2004;427(6974):510-517. doi:10.1038/nature02312.

Capítulos

4. Bithell TC. Hereditary coagulation disorders. In: Lee GR, Bithell TC, Foerster J, Athens JW, Lukens JN, eds. *Wintrobe's Clinical Hematology*. Vol 2. 9th ed. Philadelphia, PA: Lea & Febiger; 1993:1422-1472.

Libros

5. Guyton AC. *Textbook of Medical Physiology*. 8th ed. Philadelphia, PA: WB Saunders Co; 1991:255-262.

Web

6. International Society for Infectious Diseases. ProMED-mail Web site. www.promedmail.org. Accessed April 29, 2004.

En caso de citar comunicaciones personales (orales o escritas) y datos no publicados previamente, citarlos entre paréntesis en el texto e incluir fecha. No anotar en las referencias y asegurar que se ha obtenido el permiso necesario. Evitarlos, si es posible.

Tablas

Numerar las tablas en forma consecutiva, en el orden de cita en el texto. Escribir a doble espacio, cada tabla en una página separada. Designar un título para cada tabla y definir todas las abreviaciones usadas en la tabla, en una nota al pie.

- Usar letras minúsculas superíndice (a-z) para las notas al pie de la tabla.
- No enviar tablas como imágenes.

Figuras

Se deben citar todas las figuras en el texto y numerarlas en el orden de aparición. En la leyenda de la figura, realizar la descripción correspondiente, en hoja aparte. Incluir

definiciones de cualquier abreviación que aparezca en la figura, permisos y cita apropiada.

- Usar símbolos superíndice (*, #, †) para las notas al pie de la figura.
- Para microfotografías, especificar tinción y magnificación original.
- Para cualquier figura con un paciente reconocible, debe contar con el consentimiento del paciente.
- Las figuras obtenidas de una fuente sin derechos de autor requieren permiso de la fuente de publicación, o bien ocultar facciones que permitan su reconocimiento.

Permisos

El uso de gráficos, tablas y figuras previamente publicados no está permitido, excepto cuando existe permiso formal para ello del autor original o de la fuente de publicación. La falta en la entrega de los permisos apropiados retrasará la publicación o necesitará la omisión de una figura o tabla en la cual no se ha recibido el permiso.

II. Secciones y Contenidos

Sección	Abstract	Nº palabras	Ref.	Figuras y tablas
Alerta	250 palabras	2000	35	Máximo 3
Buenas Prácticas Clínicas	250 palabras	2000	35	Máximo 3
Casos Clínicos	250 palabras	2000	35	Máximo 3
Campañas	250 palabras	2000	35	Máximo 3
Controversias	250 palabras	2000	35	Máximo 3
Cursos y Congresos	250 palabras	2000	35	Máximo 3
Editorial	-----			
Ética Médica	250 palabras	2000	35	Máximo 3
Estado del Arte	250 palabras	2000	35	Máximo 3
Farmacología	250 palabras	2000	35	Máximo 3
Guías y Protocolos	250 palabras	2000	35	Máximo 3
Investigación	250 palabras	2000	35	Máximo 3
Lectura Crítica	250 palabras	2000	35	Máximo 3
Links - Videos	250 palabras	2000	35	Máximo 3
Medicina Traslacional	250 palabras	2000	35	Máximo 3
Noticias	250 palabras	2000	35	Máximo 3
Perlas	250 palabras	2000	35	Máximo 3
Publicaciones CAS-UDD Estructurado	250 palabras	2000	35	Máximo 3
Quiz	-----	200		
Tips para publicar	250 palabras	2000	35	Máximo 3
Temas	250 palabras	2000	35	Máximo 3
Trabajos originales	200 + 50 plain language summary	2750	50	Máximo 3

III. Revision y Aceptación

Envío de revisiones

Reenvíe su artículo seguido con "R1" en caso de ser primera revisión o "R2" en caso de segundo análisis. Adjunte un breve comentario respondiendo a los alcances presentados por los revisores, una copia del texto con control de cambios y una copia con formato definitivo.

Recibirá un e-mail confirmando la recepción de los archivos corregidos.

Aceptación

Si su artículo es aceptado para publicación, éste debe ser editado en base a las normas dictadas en American Medical

Association Manual of Style: A Guide for Authors and Editors, 10th ed. New York, NY; Oxford University Press; 2007:39-79).

El autor principal recibirá una copia diagramada en formato pdf para su visto bueno previo a publicación.

IV. Monografías

El último número de cada volumen estará destinado a un tema monográfico que incluirá Editorial, Introducción y al menos 6 artículos originales o de referencia, más un capítulo de conclusiones.

V. Conflictos de Interés

Potenciales conflictos de interés de los autores deben ser explícitos en el documento enviado para publicación.

