
Tomografía computarizada y práctica clínica

Completed tomography and clinical practice

G. Bastarrika

Comparada con la historia de la medicina, la historia de la radiología es corta; es una historia de apenas cien años y, sin embargo, desde que se creó, esta especialidad médica ha revolucionado la medicina. La radiología es una especialidad viva, en constante evolución y progreso; una especialidad que continuamente revoluciona el saber médico e instauro nuevas pautas y protocolos diagnósticos y terapéuticos. La radiología abarca múltiples modalidades de imagen y cada una de estas técnicas ha influido activamente en el conocimiento de la historia natural de las enfermedades permitiendo confirmar o descartar entidades que antes únicamente se podían diagnosticar clínicamente. Sin duda, una de las modalidades radiológicas que desde su creación más ha evolucionado y se ha instaurado más rápidamente en la práctica clínica diaria es la tomografía computarizada (TC) hasta el punto de que apenas se pueden comprender pautas de actuación médica que no incluyan la realización de esta prueba diagnóstica. En la medicina actual no se tolera la incertidumbre diagnóstica. Los médicos de todas las especialidades requieren conocer el diagnóstico exacto de los pacientes que acuden a su consulta y la TC les permite, en muchas ocasiones, este diagnóstico de certeza. La TC es capaz de cambiar diagnósticos clínicamente sospechados y aportar diagnósticos alternativos; se ha convertido en una técnica diagnóstica exigida de manera rutinaria hasta tal punto, que los especialistas médicos deciden realizarla para no incurrir en mala práctica clínica e incluso la demandan los propios pacientes¹.

Sir G. Hounsfield describió la TC en el año 1973² y después de tan solo seis años, recibió el premio Nobel en Medicina. Fue el presagio de la revolución que la TC provocaría en la medicina moderna. Los equipos de TC de primera generación estaban constituidos por un generador y un detector de haz de rayos X acoplados en un *gantry* que giraba alrededor del

Departamento de Radiología. Clínica Universitaria de Navarra. Pamplona

paciente. Posteriormente se desarrollaron los sistemas espirales o helicoidales que permitían la adquisición continua y simultánea de la imagen con el avance de la mesa de exploración. En una tercera generación aparecieron equipos que implementaban más de una fila de detectores a lo largo del eje del paciente, lo que se conoce como TC multicorte (TCMC) o TC multidetector. Aunque esta tecnología se describió ya en la década de los setenta su bondad no fue reconocida hasta la introducción en la práctica clínica, en el año 1998, de los sistemas de cuatro filas de detectores³. Desde entonces, con una periodicidad casi bianual, la TCMC ha evolucionado apareciendo equipos de 6, 8, 10, 16, 40 y 64 filas de detectores, lo que permite realizar exploraciones con un grosor de corte más fino y cubrir un rango de estudio en un tiempo significativamente más corto con mayor resolución⁴. La última generación de TCMC incluye equipos de dos tubos de rayos X con sus respectivas filas de detectores montados perpendicularmente en un mismo *gantry* (TC de doble fuente, *dual-source CT*)⁵. Estos sistemas están llamados a revolucionar la radiología mediante el concepto de doble energía y, particularmente, la imagen cardíaca debido a su elevada resolución espacial y temporal.

Mediante TC se puede estudiar prácticamente cualquier órgano del cuerpo y su patología con gran precisión. Si bien inicialmente se requería un tiempo elevado para completar los estudios, los avances técnicos han permitido acortar significativamente el tiempo de exploración de manera que hoy en día la TCMC es la exploración de elección en múltiples situaciones de urgencia como por ejemplo, en pacientes politraumatizados en los que en menos de un minuto se puede conocer el estado de cualquier órgano del cuerpo incluyendo cerebro, columna vertebral y vísceras tóracoabdominales. Dada su rapidez y gran resolución espacial, al permitir obtener estudios con un grosor de corte inferior al milímetro, la TC ha sustituido a otras técnicas de imagen diagnóstica. Probablemente la aplicación clínica que más se ha beneficiado de la evolución de la TC ha sido la angiografía. Tras la inyección de una mínima cantidad de contraste por una vena periférica la TCMC permite realizar estudios angiográficos de excelente calidad diagnóstica de forma no invasiva. Ha sustituido a otras técnicas diagnósticas ya establecidas para un diagnóstico concreto como, por ejemplo, la angiografía en el tromboembolismo pulmonar y es la técnica diagnóstica de elección ante la sospecha de esta entidad⁶. En apenas unos segundos y de forma no invasiva mediante angiografía por TCMC, también se pueden realizar diagnósticos clínicamente relevantes como aneurisma o disección de aorta. Por tanto, gracias al progreso de la TC, en muchas indicaciones la angiografía invasiva convencional ha quedado en un segundo plano y se considera una

técnica no tanto para realizar un diagnóstico sino para planificar y tratar de forma mínimamente invasiva determinadas patologías por radiólogos especializados. Una de las aplicaciones más emergentes de la TCMC es la posibilidad de estudiar el corazón y, en especial, las arterias coronarias, hecho impensable hasta que se ha podido realizar la adquisición con tiempos de rotación de *gantry* inferiores al segundo y sincronizar la adquisición de las imágenes con el electrocardiograma (ECG) del paciente. Dado el alto valor predictivo negativo de la técnica se considera que la coronariografía por TCMC permite descartar enfermedad coronaria con gran exactitud⁷. Además, dada la rapidez y la capacidad de adquirir estudios torácicos completos con sincronización ECG comienzan a establecerse nuevas aplicaciones clínicas, como la valoración de los pacientes que acuden a urgencias por dolor torácico de etiología incierta^{8,9}.

No se puede comprender el impacto de la TC en la práctica clínica diaria si no se consideran las técnicas de postprocesamiento. En efecto, uno de los aspectos que más ha revolucionado la imagen en radiología ha sido la capacidad de adquirir los estudios de manera tridimensional; la posibilidad de realizar estudios volumétricos. Así, en TC se ha pasado de interpretar imágenes axiales o transversales puras (de ahí el antiguo nombre de tomografía axial computarizada – TAC) a estudiar volúmenes completos que pueden ser reconstruidos en cualquier plano del espacio. La adquisición de las imágenes en TC continúa siendo transversal pura a diferencia, por ejemplo, de la resonancia magnética que posee capacidad de adquisición multiplanar. Sin embargo, tras el postprocesamiento de las imágenes éstas se pueden reconstruir en los planos sagitales, coronales u oblicuos deseados en función de la sospecha clínica o de la patología a estudio. Desde la introducción de los equipos multicorte esta forma de reconstrucción más básica, conocida como reconstrucción multiplanar (*multiplanar reconstruction – MPR*), se realiza de manera rutinaria para interpretar los estudios. Esto es posible gracias a la elevada resolución espacial y a que la tecnología multicorte adquiere imágenes prácticamente isotrópicas, lo que permite obtener imágenes de gran calidad diagnóstica independientemente del plano de reconstrucción. Existen otras técnicas de postprocesamiento como las proyecciones de máxima o mínima intensidad (*maximum intensity projection – MIP*, *minimum intensity projection – MinIP*), las reconstrucciones de sombreado de superficie (*shaded surface display – SSD*) o reconstrucciones más específicas, como las de muestreo de volumen (*volume rendering – VR*). Todas estas técnicas de postprocesamiento se realizan una vez terminadas las exploraciones, sin necesidad de adquirir estudios adicionales. Permiten conocer con mayor precisión la relación de los órganos o

patologías estudiadas con respecto a las estructuras anatómicas adyacentes. Las técnicas de postprocesamiento suponen una herramienta de diagnóstico imprescindible para los radiólogos y resto de especialistas, ya que la información que aportan supera con creces la disponible únicamente con las imágenes axiales. Las imágenes axiales siguen siendo indispensables para realizar el diagnóstico, pero un adecuado postprocesamiento de los estudios proporciona un valor añadido a las exploraciones. Así, es cada vez mayor el número de clínicos que exige postprocesamiento de los estudios de TC y presentación de los casos en imágenes distintas a las axiales convencionales. Un claro ejemplo lo constituyen los cirujanos, quienes se benefician significativamente de la información tridimensional de la TC al planificar las intervenciones quirúrgicas.

Por tanto, treinta años después de su invención, las aplicaciones clínicas de la TC y su postprocesamiento son innumerables y su número se incrementa exponencialmente según se afianza en la práctica diaria. Dada la capacidad diagnóstica de esta técnica no invasiva se ha aumentado significativamente el número de indicaciones y procedimientos realizados diariamente hasta el punto de que se debe considerar si no se está utilizando en exceso la TC, si existen otras técnicas diagnósticas alternativas que permiten obtener los mismos resultados o si es necesario repetir estudios de TC con tanta frecuencia como ocurre, por ejemplo, en el control evolutivo de los pacientes oncológicos. Los radiólogos han dejado de ser meros profesionales dedicados a describir hallazgos radiográficos y forman parte activa del proceder diagnóstico de los pacientes al interpretar sus exploraciones. Una correcta elección de la técnica radiológica a emplear y su adecuada interpretación tras conocer la historia clínica y la sintomatología de los pacientes, es decir en un contexto clínico adecuado, permite realizar un diagnóstico exacto, planificar adecuadamente el tratamiento y conocer el pronóstico de los pacientes evitando interpretaciones erróneas y potencialmente nocivas para los mismos.

Con lo descrito, la TC parece la técnica más idónea para múltiples situaciones clínicas y así se comprende entre los radiólogos y el resto de los especialistas. No obstante, la eficacia de la TC, al igual que la eficacia de cualquier técnica de imagen radiológica o la eficacia de cualquier otro procedimiento que se vaya a aplicar a pacientes debe ser evaluada^{10,11}. En efecto, se debe conocer la eficacia de las nuevas técnicas diagnósticas y determinar su capacidad diagnóstica, su relevancia desde el punto de vista clínico y si su aplicación se puede generalizar¹². Parece claro que a mayor capacidad diagnóstica de la técnica, mejores serán los resultados pero su impacto en el manejo clínico del paciente se debe demostrar. No es suficien-

te con la experiencia acumulada en la práctica diaria; se debe evaluar si la TC es una técnica mejor que otras ya establecidas y menos costosas para realizar determinados diagnósticos antes de generalizar su implantación. Su aplicabilidad en la práctica diaria debe superar el mero hecho de que se trate de una técnica ampliamente utilizada, sea de fácil acceso y se confíe en sus resultados. Si consideramos que la TC es una técnica que emplea radiaciones ionizantes, que la dosis administrada en los estudios de TC es significativamente mayor que la utilizada en otras técnicas radiológicas y que en un gran número de pacientes se realizan múltiples exploraciones de TC¹³, esta afirmación adquiere mayor relevancia. Es cierto que en determinadas circunstancias como en el caso de los pacientes jóvenes o niños o en exploraciones concretas que no precisan dosis elevadas de radiación, ésta se puede disminuir; también se pueden emplear técnicas que permiten disminuir la dosis efectiva de radiación¹⁴. Sin embargo, los estudios de TC suponen un porcentaje importante de la dosis efectiva recibida por los pacientes en los servicios de radiología¹⁵ y no obligatoriamente aportan información adicional a otras técnicas radiológicas. La generalización de la TC debe ser aceptada tras una correcta evaluación de su eficiencia.

La TC ha revolucionado la radiología y la medicina. Es una técnica diagnóstica no invasiva de gran potencial que se encuentra en continuo desarrollo. Dada su gran resolución espacial y temporal permite estudiar prácticamente cualquier órgano habiendo sustituido a otras técnicas antiguamente establecidas en los algoritmos diagnósticos. Los beneficios de la técnica parecen claros pero no se encuentra exenta de limitaciones. Sin lugar a duda, los estudios de TC únicamente se deben realizar cuando estén clínicamente justificados y su utilidad debe quedar demostrada en todos los escenarios posibles antes de generalizar sus aplicaciones.

BIBLIOGRAFÍA

1. ROGERS LF. Helical CT: the revolution in imaging. *AJR Am J Roentgenol* 2003;180: 883.
2. HOUNSFIELD GN. Computerized transverse axial scanning (tomography). 1. Description of system. *Br J Radiol* 1973; 46: 1016-1022.
3. PROKOP M. Multislice CT: technical principles and future trends. *Eur Radiol* 2003;13 Suppl 5: 3-13.
4. HORTON KM, SHETH S, CORL F, FISHMAN EK. Multidetector row CT: principles and clinical applications. *Crit Rev Comput Tomogr* 2002; 43: 143-181.
5. FLOHR TG, MCCOLLOUGH CH, BRUDER H, PETERSILKA M, GRUBER K, SUSS C et al. First performance evaluation of a dual-source CT (DSCT) system. *Eur Radiol* 2006; 16: 256-268.

6. STEIN PD, FOWLER SE, GOODMAN LR, GOTTSCHALK A, HALES CA, HULL RD et al. Multidetector computed tomography for acute pulmonary embolism. *N Engl J Med* 2006; 354: 2317-2327.
7. GARCÍA MJ, LESSICK J, HOFFMANN MH. Accuracy of 16-row multidetector computed tomography for the assessment of coronary artery stenosis. *Jama*. 2006; 26: 296: 403-411.
8. RUBINSHTEIN R, HALON DA, GASPARI T, JAFFE R, KARKABI B, FLUGELMAN MY et al. Usefulness of 64-slice cardiac computed tomographic angiography for diagnosing acute coronary syndromes and predicting clinical outcome in emergency department patients with chest pain of uncertain origin. *Circulation* 2007; 115: 1762-1768.
9. HOFFMANN U, PENA AJ, MOSELEWSKI F, FERENCIK M, ABBARA S, CURY RC et al. MDCT in early triage of patients with acute chest pain. *AJR Am J Roentgenol* 2006; 187: 1240-1247.
10. FRY IK. Who needs high technology? *Br J Radiol* 1984; 57: 765-772.
11. FINEBERG HV, BAUMAN R, SOSMAN M. Computerized cranial tomography. Effect on diagnostic and therapeutic plans. *Jama* 1977; 238: 224-227.
12. GUR D. Imaging technology and practice assessments: diagnostic performance, clinical relevance, and generalizability in a changing environment. *Radiology* 2004; 233: 309-312.
13. METTLER FA, Jr., WIEST PW, LOCKEN JA, KELSEY CA. CT scanning: patterns of use and dose. *J Radiol Prot* 2000; 20: 353-359.
14. KALRA MK, MAHER MM, TOTH TL, HAMBERG LM, BLAKE MA, SHEPARD JA et al. Strategies for CT radiation dose optimization. *Radiology* 2004; 230: 619-628.
15. WIEST PW, LOCKEN JA, HEINTZ PH, METTLER FA, Jr. CT scanning: a major source of radiation exposure. *Semin Ultrasound CT MR* 2002; 23: 402-410.