



DOI: <https://doi.org/10.23857/dc.v9i3.3557>

Ciencias de la Salud

Artículo de Investigación

***Aplicaciones emergentes de la tomografía computarizada en la medicina moderna:
avances tecnológicos y beneficios clínicos***

***Emerging applications of computed tomography in modern medicine:
technological advances and clinical benefits***

***Aplicações emergentes da tomografia computadorizada na medicina moderna:
avanços tecnológicos e benefícios clínicos***

Andrea Yolanda Guerrero Loaiza^I
andrenenagl@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-1163-4530>

Juan Sebastián Estrada Reina^{II}
jsestradar@gmail.com
<https://orcid.org/0009-0009-9098-8422>

Andrea Carolina Cobo Reyes^{III}
andrea.cobo827@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0003-3209-8543>

María Belén Vega Carvajal^{IV}
marivega1423@hotmail.com
<https://orcid.org/0009-0007-3054-9108>

Correspondencia: andrenenagl@gmail.com

***Recibido:** 15 de febrero de 2022 ***Aceptado:** 12 de junio de 2023 *** Publicado:** 13 de septiembre de 2023

- I. Médico General; Maestrante (en curso) Patología oncológica; Médico Residente, Hospital General Isidro Ayora; Loja, Ecuador.
- II. Médico de la Universidad Santiago de Cali; Especialista en Radiología e Imágenes diagnósticas de la Fundación Universitaria de Ciencias de la Salud, Fucs Bogotá; Médico Radiólogo de la Clínica Sebastián de Belalcázar; Clinicentro con sede Chipichape de Keralty; Cali, Colombia.
- III. Médico Cirujana de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador; Médico Residente; Investigador Independiente; Quito, Ecuador.
- IV. Médica Cirujana de la Universidad de Las Américas; Magíster en Gerencia de Instituciones de Salud de la Universidad de Las Américas; Investigador Independiente; Quito, Ecuador.

Aplicaciones emergentes de la tomografía computarizada en la medicina moderna:
avances tecnológicos y beneficios clínicos

Resumen

Uno de los métodos de diagnóstico por imágenes más usados en todo el mundo es la tomografía computarizada (TC), la cual utiliza rayos X (radiación ionizante) con la finalidad de originar imágenes de los órganos del cuerpo. Posee numerosas aplicaciones en el diagnóstico de enfermedades. Esta técnica de radiología ha evolucionado rápidamente, sobre todo en los últimos años, dado el avance vertiginoso de la tecnología. En este sentido, resulta fundamental que los profesionales de la salud se actualicen constantemente acerca de las tecnologías emergentes y sus diferentes usos y beneficios, a los fines de brindar un servicio cada vez mejor. En consecuencia, el propósito de la presente investigación es plasmar los avances tecnológicos y beneficios clínicos que presenta la tomografía computarizada en la actualidad. El enfoque metodológico de la investigación es una revisión bibliográfico – documental, apoyado por diversas bases de datos, para la obtención de información relevante en base al tema de estudio. La tomografía computarizada es una técnica diagnóstica que ha sufrido aceleradas transformaciones tecnológicas con el paso del tiempo. Una de ellas son las diferentes formas de la Tomografía Axial Computarizada (TAC), entre ellas, el TAC Revolution EVO. Este avanzado escáner permite obtener imágenes con más resolución, mayor precisión y dosis menores de radiación. Así mismo, la incorporación de la inteligencia artificial (IA) a estos métodos ha permitido la interpretación de imágenes con mayor precisión. La última novedad de esta área es la tomografía computarizada con detector de conteo de fotones, capaz de adquirir imágenes de alta calidad con un volumen de medios de contraste más bajo, menores dosis de radiación y uso de agentes de contraste y detección de estructuras tisulares más finas, en comparación con las anteriores técnicas. Los usos de estos avances en tomografía incluyen las áreas de cardiología, oncología, neumología o neurología.

Palabras Claves: Aplicaciones, tomografía, computarizada, avances, beneficios.

Abstract

One of the most used diagnostic imaging methods worldwide is computed tomography (CT), which uses X-rays (ionizing radiation) to create images of the body's organs. It has numerous applications in the diagnosis of diseases. This radiology technique has evolved rapidly, especially in recent years, given the rapid advancement of technology. In this sense, it is essential that health professionals constantly update themselves about emerging technologies and their different uses and benefits, in order to provide an increasingly better service. Consequently, the purpose of this research is to capture

Aplicaciones emergentes de la tomografía computarizada en la medicina moderna:
avances tecnológicos y beneficios clínicos

the technological advances and clinical benefits that computed tomography presents today. The methodological approach of the research is a bibliographic - documentary review, supported by various databases, to obtain relevant information based on the topic of study. Computed tomography is a diagnostic technique that has undergone accelerated technological transformations over time. One of them are the different forms of Computed Axial Tomography (CAT), among them, the TAC Revolution EVO. This advanced scanner allows you to obtain images with higher resolution, greater precision and lower doses of radiation. Likewise, the incorporation of artificial intelligence (AI) to these methods has allowed the interpretation of images with greater precision. The latest development in this area is computed tomography with a photo content detector, capable of acquiring high-quality images with a lower volume of contrast media, lower radiation doses and use of contrast agents and detection of larger tissue structures. fine, compared to previous techniques. The uses of these advances in tomography include the areas of cardiology, oncology, pulmonology or neurology.

Keywords: Applications, tomography, computerized, advances, benefits.

Resumo

Um dos métodos de diagnóstico por imagem mais utilizados em todo o mundo é a tomografia computadorizada (TC), que utiliza raios X (radiação ionizante) para criar imagens dos órgãos do corpo. Possui inúmeras aplicações no diagnóstico de doenças. Esta técnica radiológica evoluiu rapidamente, principalmente nos últimos anos, dado o rápido avanço da tecnologia. Nesse sentido, é fundamental que os profissionais de saúde se atualizem constantemente sobre as tecnologias emergentes e seus diferentes usos e benefícios, a fim de prestar um serviço cada vez melhor. Consequentemente, o objetivo desta pesquisa é captar os avanços tecnológicos e benefícios clínicos que a tomografia computadorizada apresenta hoje. A abordagem metodológica da pesquisa é uma revisão bibliográfica - documental, apoiada em diversas bases de dados, para obter informações relevantes com base no tema de estudo. A tomografia computadorizada é uma técnica diagnóstica que tem passado por aceleradas transformações tecnológicas ao longo do tempo. Uma delas são as diferentes formas de Tomografia Axial Computadorizada (CAT), entre elas, o TAC Revolution EVO. Este scanner avançado permite obter imagens com maior resolução, maior precisão e menores doses de radiação. Da mesma forma, a incorporação da inteligência artificial (IA) a estes métodos tem permitido a interpretação das imagens com maior precisão. A mais recente inovação nesta área é a tomografia computadorizada com detector de contagem de fótons, capaz de adquirir imagens de alta

Aplicaciones emergentes de la tomografía computarizada en la medicina moderna:
avances tecnológicos y beneficios clínicos

qualidade com menor volume de meio de contraste, menores doses de radiação e uso de agentes de contraste e detecção de estruturas teciduais maiores. técnicas anteriores. As utilizações desses avanços na tomografia incluem as áreas de cardiologia, oncologia, pneumologia ou neurologia.

Palavras-chave: Aplicações, tomografia, computadorizada, avanços, benefícios.

Introducción

Los avances de las tecnologías que utilizan radiación ionizante han incrementado progresivamente el número de aplicaciones clínicas en el diagnóstico y el tratamiento de las enfermedades humanas. Esto ha ampliado el uso de estas tecnologías en todo el mundo, lo cual ha tenido un impacto positivo en la población. La radiografía computarizada y digital está sustituyendo a la radiografía convencional (con película), proporcionando imágenes que están disponibles inmediatamente para ser analizadas y distribuidas por vía electrónica, con menores costos y un acceso más fácil (Organización Mundial de la Salud - OMS, 2016).

El término "tomografía computarizada", o TC, se refiere a un procedimiento computarizado de toma de imágenes con rayos X en el que se proyecta un haz angosto de rayos X a un paciente y se gira rápidamente alrededor del cuerpo, produciendo señales que son procesadas por la computadora de la máquina para generar imágenes transversales, o "cortes". Estos cortes se llaman imágenes tomográficas y pueden brindar al médico información más detallada que las radiografías convencionales. Una vez que la computadora de la máquina recopila varios cortes sucesivos, estos se pueden "apilar" digitalmente para formar una imagen tridimensional del paciente que permite identificar más fácilmente las estructuras básicas, así como posibles tumores o anomalías (Instituto Nacional de Imagenología Biomédica y Bioingeniería de los Estados Unidos, 2022).

La tomografía computarizada (TC) era, en el momento de su introducción clínica en 1971, una modalidad de rayos X que permitía obtener únicamente imágenes axiales del cerebro de interés en neurorradiología. Con el paso del tiempo se ha convertido en una técnica de imagen versátil, con la que se obtienen imágenes tridimensionales de cualquier área anatómica, y que cuenta con una amplia gama de aplicaciones en oncología, radiología vascular, cardiología, traumatología, o en radiología intervencionista, entre otras. La TC se utiliza en el diagnóstico y en los estudios de seguimiento de pacientes, en la planificación de tratamientos de radioterapia, e incluso para el cribado de subpoblaciones asintomáticas con factores de riesgo específicos (Calzado & Geleijns, 2010).

Aplicaciones emergentes de la tomografía computarizada en la medicina moderna:
avances tecnológicos y beneficios clínicos

La TC proporciona una mejor diferenciación entre varias densidades de tejidos blandos que lo que proporcionan las radiografías. Asimismo, proporciona mucha más información, se la prefiere respecto de las radiografías convencionales para la mayoría de los estudios por la imagen intracraneales, de cabeza y cuello y para estructuras de la columna vertebral, intratorácicas e intrabdominales. Las imágenes tridimensionales de las lesiones pueden ayudar a los cirujanos a planificar la cirugía. La TC es el estudio más preciso para detectar y localizar cálculos urinarios. Puede realizarse con contraste IV o sin él. Sin contraste se utiliza para detectar una hemorragia aguda en el cerebro, cálculos urinarios y nódulos pulmonares, para caracterizar fracturas óseas y otras anomalías del esqueleto. Con contraste se utiliza para mejorar la imagen de los tumores, infecciones, inflamación y trauma en los tejidos blandos, para evaluar el sistema vascular, como cuando se sospecha embolia pulmonar, aneurisma o disección de la aorta (Kocak, 2021).

La evolución de las nuevas tecnologías, dado el surgimiento de la era digital, ha sido creciente y acelerado año tras año y, la evolución de las técnicas de radiología no escapa a este fenómeno. En consecuencia, es imperioso que los profesionales de esta área se mantengan actualizados y a la par de cada avance a los fines de ofrecer el mejor y más beneficioso servicio a cada paciente. En este sentido, el objetivo de la presente investigación es plasmar los avances tecnológicos y beneficios clínicos que presenta la tomografía computarizada en la actualidad.

Materiales y Métodos

La presente investigación se desarrolló enfocado en una metodología de revisión documental bibliográfica. Con la finalidad de buscar la información concerniente al tema investigado se utilizaron diversas bases de datos, entre las que figuran: PubMed, Biblioteca Virtual de la Salud (BVS), SciELO, Medigraphic, Dialnet y ELSEVIER, Cochrane, entre otras. Se llevó a cabo una búsqueda aleatoria y consecutiva, usando las expresiones o descriptores siguientes: “*tomografía computarizada*”, “*tomografía computarizada + avances tecnológicos*”, y “*tomografía computarizada moderna + beneficios clínicos*”. Los resultados se filtraron según criterios de idioma español e inglés, relevancia, correlación temática y fecha de publicación de los últimos cuatro años, con excepción de dos registros de data más antigua pero que se consideraron vigentes y relevantes para la investigación.

El material bibliográfico recolectado consistió en artículos científicos, en general, guías clínicas, ensayos clínicos, consensos, protocolos, tesis de posgrado y doctorado, noticias científicas, boletines y/o folletos de instituciones oficiales o privadas de reconocida trayectoria en el ámbito

Aplicaciones emergentes de la tomografía computarizada en la medicina moderna:
avances tecnológicos y beneficios clínicos

científicoacadémico y demás documentos e informaciones, considerados de interés y con valor de la evidencia científica a criterio del equipo investigador.

Resultados

Desde su introducción en 1971, la tomografía computarizada se ha utilizado ampliamente en el ámbito médico diagnóstico y terapéutico debido a su rápida velocidad de escaneo, alta resolución espacial y amplia disponibilidad. Solo en los Estados Unidos, se realizan más de 80 millones de exámenes por TC cada año, lo que convierte a la TC en una de las modalidades de imágenes más importantes y extendidas utilizadas para la atención del paciente (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos - OCDE, 2023).

Entre los avances tecnológicos de la TC se encuentran la Tomografía Axial Computarizada (TAC) la cual ha evolucionado al incorporar nuevos equipos tecnológicos que van aumentando sus beneficios. El TAC forma parte de las pruebas diagnósticas que se utilizan para el estudio de diferentes afecciones, ya sean oncológicas, cardiológicas o traumatológicas, entre otras. Recientemente se ha incorporado el TAC Revolution EVO, un avanzado escáner que adquiere imágenes con más resolución que el equipo tradicional. De esta forma, se logra una mayor precisión en la exploración diagnóstica. Igualmente, requiere una menor dosis de radiación respecto al TAC tradicional, además de que posee una alta velocidad para obtener las imágenes, lo que se traduce en una menor duración de la prueba. Por último, también facilita el acceso a las personas con prótesis, ya que este equipo cuenta con menos artefactos metálicos. Entre sus beneficios se encuentran:

- En Oncología, aporta imágenes muy claras y con alta resolución, lo que facilita el seguimiento de los pacientes.
- En Traumatología, ayuda a determinar las lesiones con una mayor exactitud.
- En Cardiología, facilita el estudio de las arterias coronarias sin introducir catéteres y sin pinchar a la persona. También permite congelar la visión del corazón y, en solo 5 latidos, adquiere la imagen volumétrica de este órgano. Además, esto lo consigue utilizando una menor radiación cardíaca.
- En la exploración del colon, permite realizar la colonoscopia virtual, que examina la zona evitando la introducción del endoscopio, que suele generar molestias.
- En el estudio del sistema nervioso central, permite apreciar la vascularización cerebral en casos como el ictus (Miralbés Celma, 2021).

Aplicaciones emergentes de la tomografía computarizada en la medicina moderna:
avances tecnológicos y beneficios clínicos

Una mejora significativa de este tipo de estudios es aportada por la inteligencia artificial (IA), al permitir interpretaciones más precisas de las imágenes. La IA se ha convertido en un pilar central de la innovación médica. Esta tecnología está transformando diversos campos de la medicina, incluido el diagnóstico por imágenes. Este avance tecnológico ha permitido una serie de innovaciones en el diagnóstico por imágenes, que incluyen el desarrollo de algoritmos de aprendizaje profundo que pueden identificar patrones en las imágenes médicas, y sistemas de IA que pueden detectar enfermedades específicas con alta precisión (De la Cierva, Sánchez, & Juárez, 2023).

Ciertamente, la amplia gama de aplicaciones de TC disponibles se atribuye principalmente a la innovación tecnológica extensa y continua durante su historia de más de 40 años, incluidas las mejoras en la tecnología de detectores de TC. El detector de rayos X es un componente importante de un escáner de TC que es fundamental para la formación de imágenes y tiene un efecto sustancial sobre la calidad de la imagen y la dosis de radiación. Todos los escáneres de TC comerciales actuales utilizan detectores de estado sólido y comparten diseños de rotación-rotación similares de tercera generación, con pequeñas diferencias de implementación y diseño según el modelo y el proveedor del escáner. Los sistemas de TC de energía dual están disponibles comercialmente y se utilizan en la práctica clínica habitual desde hace aproximadamente una década. Se han utilizado diferentes enfoques para realizar TC de energía dual, como técnicas de fuente dual, conmutación rápida de kilovoltios, detector de doble capa, filtro dual y dos exploraciones consecutivas. Con la adquisición de dos mediciones correspondientes a dos espectros diferentes, la TC de energía dual permite la diferenciación y cuantificación de materiales y ha generado una gama de nuevas aplicaciones más allá del alcance de la TC de energía única convencional. En los últimos años, se han introducido detectores de conteo de fotones (PCD), que son capaces de generar imágenes espectrales, como parte de un sistema de TC experimental (Leng et al., 2019).

La tomografía computarizada con detector de conteo de fotones es una nueva tecnología que puede adquirir imágenes de alta calidad con un volumen de medios de contraste más bajo que la tomografía computarizada convencional (Domb, 2023).

La conversión directa de la señal de los detectores de conteo de fotones puede tener un gran impacto: Son mucho más eficientes en cuanto a dosis que los detectores actuales. Además, sus píxeles son mucho más pequeños, lo que puede aumentar considerablemente la resolución espacial. Gracias a esta nueva tecnología, los pacientes pueden esperar una reducción aún mayor de la dosis de radiación y un menor uso de agentes de contraste. Además, los médicos pueden trabajar con imágenes que

Aplicaciones emergentes de la tomografía computarizada en la medicina moderna:
avances tecnológicos y beneficios clínicos

visualizan incluso estructuras tisulares más finas, como los bronquios más pequeños de los pulmones o las metástasis en los huesos. Lo que se resume en:

- No se reduce el peso de los fotones de menor energía: Contraste de imagen mejorado
- Píxeles del detector más pequeños: Mayor resolución espacial sin pérdida de eficacia de la dosis
- Elimina el ruido electrónico: Menor exposición a la radiación
- Sensibilidad espectral intrínseca: Información multi-energética siempre (Siemens Healthineers, 2023).

Algunos ejemplos del uso de esta tecnología se dan en las áreas de Cardiología, Oncología, Neumología o Neurología. Es importante destacar que en el área de Cardiología esta tecnología permite una mayor calidad de imagen que los detectores estándar en todo lo que tiene que ver con los stents y el calcio y, por otro lado, en áreas como Oncología los profesionales cuentan con imágenes monoenergéticas, lo que permite eliminar fuentes de imprecisión (Muguruza, De Oyarzábal, Villanueva, & De Pinto, 2023).

Acerca de esta tecnología, Euler et al., (2022) en su estudio para determinar la calidad de imagen objetiva y subjetiva de la angiografía por tomografía computarizada (TC) de tono alto de la aorta en la TC clínica con detector de conteo de fotones de fuente dual (PCD-CT) y comparar la calidad de la imagen. a la TC con detector de integración de energía de doble fuente convencional (EID-CT) en los mismos pacientes con la misma dosis de radiación, llegaron a la siguiente conclusión:

La angiografía PCD-CT de tono alto de la aorta con VMI a 40 y 45 keV resultó en una relación contraste-ruido (CNR) significativamente mayor en comparación con EID-CT con selección automática de voltaje del tubo (ATVS) en dosis de radiación equivalentes. La ganancia de CNR de PCD-CT aumentó en pacientes con sobrepeso. Teniendo en cuenta el análisis subjetivo, el VMI de 45 a 50 keV se propone como el mejor equilibrio entre la calidad de imagen objetiva y subjetiva.

Así mismo, Jungblut et al., (2022) en su estudio para determinar el potencial de la tomografía computarizada con detector de conteo de fotones (PCD-CT) para reducir la dosis de radiación en comparación con la TC con detector de energía integrada convencional (EID-CT) en la evaluación de la enfermedad pulmonar intersticial (EPI) en pacientes con esclerosis sistémica (ES), concluyeron que con PCD-CT, es factible una reducción de la dosis de radiación del 66% en comparación con EID-CT, sin penalización en la calidad de la imagen y el rendimiento diagnóstico para la evaluación de EPI.

Aplicaciones emergentes de la tomografía computarizada en la medicina moderna:
avances tecnológicos y beneficios clínicos

En otro estudio, Higashigaito et al., (2022) determinaron la calidad de imagen cuantitativa y cualitativa de la TC con detector de conteo de fotones abdominal con contraste (PCD-CT) en comparación con la TC con detector de integración de energía (EID-CT) en los mismos pacientes, encontrando que una VMI a 50 keV muestra una CNR significativamente mayor con una calidad de imagen subjetiva similar en comparación con EID-CT con una dosis de radiación idéntica.

Conclusión

El avance tecnológico ha impulsado que el campo de la medicina evolucione. En este sentido, el área de radiología ha dado pasos enormes. La tomografía computarizada es un estudio de alta demanda que ha sufrido grandes transformaciones con la evolución tecnológica.

Desde el equipamiento para el estudio hasta el uso de tecnología digital son respuesta a una búsqueda insaciable por encontrar nuevas y mejores formas de realizar este estudio.

En la actualidad, una de las evoluciones de esta técnica de imágenes está representada por la Tomografía Axial Computarizada (TAC), la cual, a su vez, también se ha transformado, incorporando nuevos y mejores equipos. Entre ellos se encuentra el TAC Revolution EVO, que es un avanzado escáner con las siguientes características: imágenes con más resolución que el equipo tradicional, lo que se traduce en mayor precisión en la exploración diagnóstica; menor dosis de radiación respecto al TAC tradicional y alta velocidad para obtener las imágenes. Sus incluyen las áreas de oncología, traumatología, cardiología, también en la exploración del colon, y el estudio del sistema nervioso central.

Un aporte invaluable en el progreso tecnológica y la mejora de esta tomografía la aporta el uso de la inteligencia artificial (IA), que permite interpretar las imágenes con una mayor precisión, por medio de algoritmos de aprendizaje profundo que pueden identificar patrones en las imágenes médicas, y sistemas que permiten la detección de patologías específicas con una alta precisión.

La última y más importante novedad tecnológica de esta área la constituye la tomografía computarizada con detector de conteo de fotones, la cual es capaz de adquirir imágenes de alta calidad con un volumen de medios de contraste más bajo que la tomografía computarizada convencional. Permite píxeles mucho más pequeños, que permiten el aumento de la resolución espacial. Menor dosis de radiación y uso de agentes de contraste para los pacientes. Detección de estructuras tisulares más finas. Su uso incluye las áreas de cardiología, oncología, neumología o neurología.

Referencias

- Calzado, A., & Geleijns, J. (2010). Tomografía computarizada. Evolución, principios técnicos y aplicaciones. *Rev Fis Med*, 11(3), 163-180. Recuperado el 08 de agosto de 2023, de <https://revistadefisicamedica.es/index.php/rfm/article/download/115/115>
- De la Cierva, M., Sánchez, M., & Juárez, C. (2023). Análisis de imágenes médicas mediante IA: Innovación y precisión. *Ocronos*. Recuperado el 27 de agosto de 2023, de <https://revistamedica.com/analisis-diagnostico-imagenes-medicas-mediante-inteligencia-artificial/>
- Domb, E. (16 de febrero de 2023). *diagnosticojournal.com*. Recuperado el 20 de agosto de 2023, de <https://diagnosticojournal.com/la-tc-de-conteo-de-fotones-permite-medios-de-menor-contraste-para-imagenes-aorticas/#:~:text=Tomograf%C3%ADa%20de%20novedades,La%20TC%20de%20conteo%20de%20fotones%20permite,menor%20contraste%20para%20im%C3%A1genes%20>
- Euler, A., Higashigaito, K., Mergen, V., Sartoretti, T., Zanini, B., & Schmidt, B. (2022). Angiografía por tomografía computarizada con detector de conteo de fotones de tono alto: comparación intraindividual con la tomografía computarizada con detector de integración de energía con dosis iguales de radiación. *Invertir Radiol*, 57(2), 115-121. doi:10.1097/RLI.0000000000000816.
- Higashigaito, K., Euler, A., Eberhard, M., Flohr, T., Schmidt, B., & Alkadhi, H. (2022). TC abdominal con contraste con TC clínica con detector de conteo de fotones: evaluación de la calidad de la imagen y comparación con TC con detector de integración de energía. *Radiología Académica*, 29(5), 689-697. doi:<https://doi.org/10.1016/j.acra.2021.06.018>
- Instituto Nacional de Imagenología Biomédica y Bioingeniería de los Estados Unidos. (junio de 2022). *Instituto Nacional de Imagenología Biomédica y Bioingeniería de los Estados Unidos*. Recuperado el 10 de agosto de 2023, de <https://www.nibib.nih.gov/espanol/temas-cientificos/tomograf%C3%ADa-computarizada-tc>
- Jungblut, L., Euler, A., Von Spiczak, J., Sartoretti, T., Mergen, V., & Englmaier, V. (2022). Potencial de la TC con detector de conteo de fotones para la reducción de la dosis de radiación para la evaluación de la enfermedad pulmonar intersticial en pacientes con esclerosis sistémica. *Invertir Radiol*, 57(12), 773-779. doi:10.1097/RLI.0000000000000895.
- Kocak, M. (abril de 2021). *Manuales MSD*. Recuperado el 08 de agosto de 2023, de <https://www.msmanuals.com/es-ve/professional/temas-especiales/principios-de-estudios-por-la-imagen-radiol%C3%B3gicas/tomograf%C3%ADa-computarizada>
- Leng, S., Bruesewitz, M., Tao, S., Rajendran, K., Halaweish, A. F., Campeau, N. G., & Fletcher, J. (2019). CT con detector de conteo de fotones: diseño de sistemas y aplicaciones clínicas de una tecnología emergente. *RadioGraphics*, 39, 719-743. Recuperado el 25 de agosto de 2023, de <https://pubs.rsna.org/doi/epdf/10.1148/rg.2019180115>

Aplicaciones emergentes de la tomografía computarizada en la medicina moderna:
avances tecnológicos y beneficios clínicos

- Miralbés Celma, S. (15 de marzo de 2021). *Quironsalud*. Recuperado el 29 de agosto de 2023, de <https://www.tucanaldesalud.es/es/tecnologia/articulos/novedades-tac-ultima-generacion>
- Muguruza, F., De Oyarzábal, M., Villanueva, M., & De Pinto, Á. (13 de febrero de 2023). *Redacción Médica*. Recuperado el 27 de agosto de 2023, de <https://www.redaccionmedica.com/secciones/privada/siemens-presenta-a-idis-la-tomografia-computarizada-con-conteo-de-fotones-3529>
- Organización Mundial de la Salud - OMS. (2016). *Organización Mundial de la Salud - OMS*. Recuperado el 11 de agosto de 2023, de <https://www.who.int/es/publications/i/item/WHO-FWC-PHE-2016.01>
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos - OCDE. (2023). *Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos - OCDE*. Recuperado el 18 de agosto de 2023, de <https://data.oecd.org/healthcare/computed-tomography-ct-exams.htm>
- Siemens Healthineers. (2023). *Siemens Healthineers*. Recuperado el 25 de agosto de 2023, de <https://www.siemens-healthineers.com/ve/computed-tomography/technologies-and-innovations/photon-counting-ct>