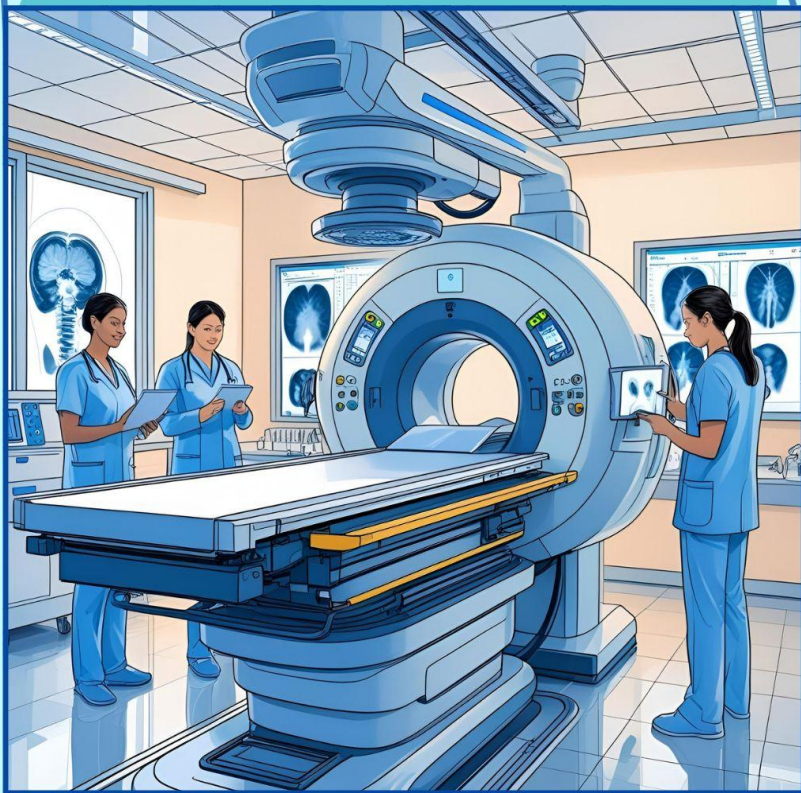


Optimización y Protección Radiológica en la Imagen Médica



Odalys Paola Franco Macias
Galo Sergio Medranda Vera

Tomografía Computarizada (TC): Estadificación de Tumores Renales

Odalys Paola Franco Macias

Médico General Universidad de Guayaquil

Médico Privado

Definición

La tomografía computarizada (TC) es una técnica de imagen médica que utiliza rayos X y procesamiento informático para crear imágenes detalladas de cortes transversales del cuerpo. En el contexto de los tumores renales, la TC es la modalidad de imagen principal para la detección, caracterización y, fundamentalmente, la estadificación de la enfermedad. La estadificación es el proceso de determinar la extensión del cáncer en el cuerpo, incluyendo el tamaño del tumor primario, la invasión a estructuras adyacentes, la afectación de los ganglios linfáticos regionales y la presencia de metástasis a distancia. Esta

información es crucial para guiar las decisiones de tratamiento y predecir el pronóstico del paciente.

Epidemiología

Los tumores renales, principalmente el carcinoma de células renales (CCR), representan una porción significativa de los cánceres urológicos. A nivel mundial, la incidencia de CCR ha ido en aumento en las últimas décadas. En Ecuador, datos epidemiológicos específicos sobre la incidencia y prevalencia de tumores renales son más limitados en comparación con registros de países desarrollados. Sin embargo, se estima que sigue las tendencias globales, con factores de riesgo similares como el tabaquismo, la obesidad, la hipertensión y la insuficiencia renal crónica. Según informes de la Organización Mundial de la Salud (OMS) y estudios en Norteamérica y Europa, el CCR es más común en hombres y generalmente se diagnostica en personas mayores de 50 años. La detección temprana a menudo se produce de forma

incidental durante exámenes de imagen realizados por otras razones.

Fisiopatología

Los tumores renales se originan de las células del parénquima renal. El tipo histológico más común es el carcinoma de células claras (aproximadamente el 75% de los casos), seguido por el carcinoma papilar y el carcinoma cromóforo. A nivel molecular, el desarrollo de CCR está asociado con mutaciones genéticas, como las del gen VHL (von Hippel-Lindau) en el caso de las células claras. Estas mutaciones conducen a una desregulación de vías de señalización celular, promoviendo el crecimiento descontrolado, la angiogénesis y la capacidad metastásica. El tumor puede crecer localmente, invadir la cápsula renal, el sistema colector, la grasa perirrenal, la vena renal e incluso la vena cava inferior. La diseminación a distancia ocurre principalmente a través de la vía hematógena (pulmón, hueso, hígado, cerebro) o

linfática (ganglios linfáticos regionales y a distancia).

Cuadro Clínico

En sus etapas tempranas, los tumores renales suelen ser asintomáticos. Muchos casos se descubren de forma incidental durante estudios de imagen abdominal realizados por otros motivos. Cuando los síntomas aparecen, la tríada clásica (hematuria, dolor en el flanco y masa palpable) es infrecuente y suele indicar una enfermedad avanzada. Otros síntomas pueden incluir fatiga, pérdida de peso inexplicable, fiebre de origen desconocido y anemia. Síntomas relacionados con metástasis, como tos persistente (pulmón), dolor óseo (hueso) o síntomas neurológicos (cerebro), pueden presentarse en etapas más avanzadas.

Diagnóstico

El diagnóstico de un tumor renal comienza típicamente con hallazgos incidentales o la sospecha clínica. La ecografía es a menudo la primera modalidad de imagen utilizada, pero la tomografía computarizada (TC) con contraste intravenoso es la herramienta diagnóstica y de estadificación más importante. La TC permite:

- **Detección y caracterización del tumor:** Evalúa el tamaño, la morfología, la densidad, la realce con contraste y la presencia de componentes grasos o quísticos, ayudando a diferenciar entre lesiones benignas y malignas.
- **Estadificación local:** Determina la extensión de la invasión local (cápsula renal, grasa perirrenal, sistema colector, vasos renales).
- **Evaluación ganglionar:** Identifica la presencia de linfadenopatías regionales, lo que sugiere afectación ganglionar.

- **Búsqueda de metástasis a distancia:** La TC de tórax, abdomen y pelvis se realiza rutinariamente para descartar metástasis en pulmón, hígado, ganglios a distancia y otras ubicaciones.

En algunos casos, la resonancia magnética (RM) puede ser útil, especialmente si hay contraindicaciones para el contraste yodado o para evaluar la extensión de un trombo tumoral en la vena cava inferior. La confirmación histopatológica, generalmente mediante biopsia percutánea, se realiza en situaciones seleccionadas, como tumores pequeños indeterminados o antes de tratamientos sistémicos.

Tratamiento

El tratamiento del tumor renal depende de la etapa de la enfermedad, el estado general del paciente y el tipo histológico. Las opciones incluyen:

- **Cirugía:** La nefrectomía radical (extirpación de todo el riñón, la glándula suprarrenal adyacente y la grasa perirrenal) o la nefrectomía parcial (extirpación solo del tumor, preservando el resto del riñón) son los pilares del tratamiento para la enfermedad localizada. La elección depende del tamaño, la localización y la complejidad del tumor.
- **Terapias ablativas:** Para tumores pequeños, especialmente en pacientes con comorbilidades, la ablación por radiofrecuencia o la crioablación pueden ser opciones.
- **Vigilancia activa:** Para tumores pequeños, de crecimiento lento, en pacientes ancianos o con comorbilidades significativas, la vigilancia activa puede ser una alternativa.
- **Terapias sistémicas:** Para la enfermedad metastásica, se utilizan terapias dirigidas (inhibidores de la tirosina quinasa, inhibidores de mTOR) e inmunoterapia

(inhibidores de puntos de control inmunitario), que han mejorado significativamente el pronóstico de estos pacientes.

- **Radioterapia:** Generalmente no es efectiva para el tumor primario, pero puede usarse para el control de síntomas en sitios metastásicos (p. ej., dolor óseo).

Pronóstico de los pacientes con la patología citada

El pronóstico de los pacientes con tumores renales varía ampliamente según la etapa de la enfermedad en el momento del diagnóstico. Los tumores localizados tienen un excelente pronóstico después del tratamiento quirúrgico, con tasas de supervivencia a 5 años que superan el 90%. Sin embargo, la supervivencia disminuye considerablemente en casos de enfermedad localmente avanzada o metastásica. Los factores pronósticos clave incluyen el tamaño y grado del

tumor, la presencia de invasión vascular o linfática, la afectación de los ganglios linfáticos y la presencia de metástasis a distancia. La introducción de terapias dirigidas e inmunoterapia ha mejorado el pronóstico de los pacientes con enfermedad avanzada, pero el CCR metastásico sigue siendo un desafío significativo.

Recomendaciones

1. **Detección Temprana:** Dada la naturaleza asintomática de los tumores renales en etapas tempranas, es crucial mantener un alto índice de sospecha, especialmente en individuos con factores de riesgo. La detección incidental a través de estudios de imagen es común y subraya la importancia de una evaluación adecuada de cualquier hallazgo renal.
2. **Uso Óptimo de la TC:** La TC con contraste debe ser la modalidad de imagen preferida para la estadificación de tumores renales

debido a su capacidad superior para evaluar la extensión local, regional y a distancia de la enfermedad. Es fundamental que los radiólogos y urólogos interpreten las imágenes de TC de manera colaborativa para una planificación de tratamiento óptima.

3. **Seguimiento Multidisciplinario:** Los pacientes con tumores renales deben ser manejados por un equipo multidisciplinario que incluya urólogos, oncólogos médicos, radiólogos, patólogos y otros especialistas, para asegurar un enfoque integral y personalizado del tratamiento y seguimiento.
4. **Investigación Continua:** Es esencial continuar la investigación en el campo de la epidemiología del cáncer renal en Ecuador para comprender mejor su prevalencia y factores de riesgo locales, así como en nuevas modalidades de tratamiento y biomarcadores para mejorar el pronóstico.

Bibliografía

1. Hsieh JJ, Purdue MP, Signoretti S, Swanton T, Albiges L, et al. Renal cell carcinoma. Nat Rev Dis Primers. 2020;6(1):9.
2. Motzer RJ, Jonasch E, Agarwal N, Alva A, Baine RM, et al. NCCN Guidelines® Insights: Kidney Cancer, Version 1.2021. J Natl Compr Canc Netw. 2021;19(5):498-508.
3. Padala SA, Barsouk A, Thandra KR, Saginala K, Mohammed A, et al. Epidemiology of Renal Cell Carcinoma. Med Sci (Basel). 2020;8(1):16.
4. Rini BI, Atkins MB. Renal cell carcinoma. Lancet. 2020;396(10252):1122-35.
5. Campbell S, Uzzo RG, Allaf ME, Bassi P, Chen DYT, et al. Renal Mass and Localized Renal Cancer: AUA Guideline. J Urol. 2021;206(2):199-209.

6. Escudier B, Porta C, Schmidinger M, Rioux-Masse B, Grünwald V. Renal cell carcinoma: ESMO Clinical Practice Guidelines for diagnosis, treatment and follow-up. *Ann Oncol.* 2019;30(5):706-20.
7. Salloum C, Lattouf JB, Perrot M, Aprikian AG. Contemporary management of small renal masses. *Curr Opin Urol.* 2021;31(3):199-205.
8. Albiges L, Powles T, Burotto M, Escudier B, Gurney H, et al. IMmotion151: Efficacy and safety of atezolizumab plus bevacizumab vs sunitinib in patients with previously untreated metastatic renal cell carcinoma with sarcomatoid differentiation. *Eur J Cancer.* 2020;140:1-9.
9. Choueiri TK, Motzer RJ. Systemic Therapy for Metastatic Renal-Cell Carcinoma. *N Engl J Med.* 2021;384(18):1735-48.

10. Siegel RL, Miller KD, Jemal A. Cancer statistics, 2020. *CA Cancer J Clin.* 2020;70(1):7-30.

Protección Radiológica: Dosis de Radiación, Optimización y ALARA

Galo Sergio Medranda Vera

Médico Cirujano Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí

Médico General “Médicos en casa”

Definición

La protección radiológica es la disciplina encargada de proteger a las personas y al medio ambiente de los efectos nocivos de la radiación ionizante, sin limitar indebidamente su uso beneficioso. Su objetivo principal es asegurar que los beneficios de las aplicaciones de la radiación superen los riesgos asociados. Se fundamenta en tres principios clave: justificación, optimización y limitación de dosis. La dosis de radiación se refiere a la cantidad de energía de radiación absorbida por un organismo o tejido, y se mide en unidades como el Sievert (Sv) o

el Gray (Gy). La optimización busca que toda exposición a la radiación se mantenga tan baja como sea razonablemente posible, considerando factores económicos y sociales. Este principio se conoce como ALARA (As Low As Reasonably Achievable).

Epidemiología

La exposición a la radiación ionizante en el ámbito médico es la principal fuente de exposición artificial para la población mundial. En Ecuador, datos específicos sobre la epidemiología de la exposición a la radiación y sus efectos en la salud son limitados en la literatura pública. Sin embargo, se puede inferir que, al igual que en otras naciones, el uso creciente de tecnologías de diagnóstico por imagen como tomografías computarizadas (TC) y estudios de medicina nuclear ha llevado a un aumento en la dosis colectiva de radiación recibida por la población.

A nivel global, la Organización Mundial de la Salud (OMS) y organismos internacionales como la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP) documentan tendencias. En países de Europa y Norteamérica, estudios revelan que la dosis efectiva anual promedio por persona de fuentes médicas ha aumentado significativamente en las últimas décadas, superando incluso la exposición a la radiación natural. Por ejemplo, en Estados Unidos, la dosis efectiva promedio por persona de fuentes médicas se estimó en 3 mSv en 2006, un aumento considerable desde 0.5 mSv en 1980. Este incremento se atribuye principalmente al mayor uso de TC. La preocupación radica en el potencial aumento del riesgo de cáncer a largo plazo, especialmente en poblaciones sensibles como niños.

Fisiopatología

La radiación ionizante interactúa con los tejidos biológicos a nivel molecular, causando la ionización

de átomos y moléculas. Los principales efectos fisiopatológicos se derivan del daño al ADN. Este daño puede ser directo, cuando la radiación impacta directamente la molécula de ADN, o indirecto, a través de la radiólisis del agua. La radiólisis del agua produce radicales libres (como radicales hidroxilo), que son altamente reactivos y pueden dañar el ADN, proteínas y lípidos celulares.

A nivel celular, el daño al ADN puede llevar a rupturas de cadena simple o doble, daño a las bases nitrogenadas, o enlaces cruzados. Si estos daños no son reparados adecuadamente por los mecanismos de reparación celular, pueden resultar en:

- **Muerte celular:** Especialmente en dosis altas, lo que lleva a efectos determinísticos (no estocásticos) como la radiodermatitis o el síndrome de irradiación aguda.
- **Mutaciones:** Si el daño se repara incorrectamente, puede resultar en cambios

permanentes en la secuencia del ADN. Estas mutaciones, si ocurren en células somáticas, pueden llevar al desarrollo de cáncer. Si ocurren en células germinales, pueden transmitirse a la descendencia, aunque este riesgo es considerablemente menor en exposiciones médicas comunes.

- **Inestabilidad genómica:** Las células expuestas a radiación pueden exhibir una inestabilidad genómica que persiste a través de las generaciones celulares, aumentando el riesgo de futuras mutaciones y transformación maligna.

Cuadro Clínico

Los efectos de la radiación se clasifican en determinísticos (o no estocásticos) y estocásticos.

Los efectos determinísticos tienen un umbral de dosis por debajo del cual no aparecen y su gravedad

aumenta con la dosis. Son el resultado de la muerte de un gran número de células. Ejemplos incluyen:

- **Radiodermatitis:** Enrojecimiento, inflamación, descamación y ulceración de la piel, común en procedimientos fluoroscópicos prolongados.
- **Cataratas:** Opacificación del cristalino del ojo.
- **Esterilidad:** Temporal o permanente, dependiendo de la dosis y el género.
- **Depresión de la médula ósea:** Llevando a anemia, leucopenia y trombocitopenia, con riesgo de infecciones y hemorragias.
- **Síndrome de irradiación aguda (ARS):** Ocurre con exposiciones a cuerpo entero de dosis muy altas (generalmente > 1 Gy). Presenta fases prodrómica (náuseas, vómitos, diarrea), latente (aparente mejoría) y manifiesta (fiebre, diarrea severa,

hemorragias, infecciones), con una alta mortalidad en dosis elevadas.

Los efectos estocásticos no tienen un umbral de dosis conocido, y la probabilidad de su ocurrencia aumenta con la dosis, pero no así su gravedad. Son el resultado de mutaciones en una o pocas células que sobreviven. El principal efecto estocástico de interés en protección radiológica es el cáncer inducido por radiación. Puede manifestarse años o décadas después de la exposición, siendo los tipos más comunes leucemia, cáncer de tiroides, mama, pulmón y colon. Otro efecto estocástico es la aparición de efectos genéticos hereditarios, aunque la evidencia epidemiológica de estos en humanos a partir de exposiciones de bajo nivel es limitada.

Diagnóstico

El diagnóstico de la exposición a la radiación se basa en la reconstrucción de la dosis y la monitorización de los efectos biológicos.

- **Reconstrucción de la dosis:** Se utilizan dosimetría personal (TLD, OSLD) y ambiental para estimar la dosis absorbida. En casos de exposición accidental, se puede recurrir a la dosimetría retrospectiva (ej. análisis de dicéntricos en linfocitos sanguíneos, análisis de espectros de resonancia paramagnética electrónica en dientes).
- **Monitorización clínica:** Evaluación de síntomas y signos. En exposiciones agudas, se realiza un hemograma completo seriado para evaluar la depresión de la médula ósea.
- **Biomarcadores:** Además de los dicéntricos, se investigan otros biomarcadores de daño al ADN (micronúcleos, fosforilación de H2AX) que pueden indicar exposición y daño.
- **Seguimiento a largo plazo:** Para la detección de efectos estocásticos como el cáncer, se requiere un seguimiento médico

regular, incluyendo exámenes de detección de cáncer apropiados para los órganos en riesgo.

Tratamiento

El tratamiento de los efectos de la radiación depende de la dosis y el tipo de efecto.

Para los efectos determinísticos agudos:

- **Soporte general:** Hidratación, manejo del dolor, antieméticos para náuseas y vómitos.
- **Manejo de la depresión medular:** Transfusiones de sangre y plaquetas, factores estimulantes de colonias (G-CSF, GM-CSF) para promover la recuperación de la médula ósea, y antibióticos para prevenir y tratar infecciones. En casos graves, trasplante de médula ósea.

- **Cuidado de la piel:** Cremas emolientes, anti inflamatorios y, en casos severos, desbridamiento e injertos de piel.
- **Descontaminación:** En caso de contaminación radiactiva externa o interna, se aplican medidas para eliminar el material radiactivo del cuerpo o reducir su absorción.

Para los efectos estocásticos (cáncer):

- El tratamiento es el mismo que para los cánceres de etiología no radiogénica: cirugía, quimioterapia, radioterapia, terapia dirigida e inmunoterapia, según el tipo y estadio del cáncer.

Pronóstico de los Pacientes con la Patología Citada

El pronóstico varía ampliamente según la dosis de radiación, el tipo de exposición (aguda vs. crónica,

localizada vs. cuerpo entero), y la edad del individuo al momento de la exposición.

- En exposiciones de bajo nivel, como las recibidas en la mayoría de los procedimientos diagnósticos médicos, el riesgo individual de desarrollar cáncer es pequeño, pero el riesgo poblacional puede ser significativo debido al gran número de personas expuestas.
- Para efectos determinísticos, el pronóstico depende de la dosis. Dosis muy altas que causan el síndrome de irradiación aguda pueden ser letales en cuestión de días o semanas.
- En exposiciones ocupacionales bien controladas, el riesgo se mantiene al mínimo gracias a la aplicación estricta de los principios de protección radiológica.

Es fundamental enfatizar que los beneficios del diagnóstico por imagen y la radioterapia en la medicina suelen superar con creces los riesgos potenciales asociados a la exposición a la radiación, siempre y cuando se apliquen los principios de justificación y optimización.

Recomendaciones

Para una adecuada protección radiológica, se recomiendan las siguientes acciones:

1. **Justificación:** Todo procedimiento médico que implique radiación ionizante debe estar justificado, es decir, el beneficio esperado para el paciente debe ser mayor que el detrimento individual que pudiera causarle la radiación.
2. **Optimización (ALARA):**
 - **Tiempo:** Minimizar el tiempo de exposición a la radiación.

- **Distancia:** Aumentar la distancia de la fuente de radiación, ya que la intensidad de la radiación disminuye con el cuadrado de la distancia.
- **Blindaje:** Utilizar barreras (plomo, concreto) para atenuar la radiación.
- **Formación y capacitación:** Asegurar que el personal médico y técnico esté adecuadamente capacitado en el uso seguro de equipos de radiación y en técnicas de reducción de dosis.
- **Protocolos de dosis:** Implementar y revisar regularmente los protocolos de dosis en equipos de TC y fluoroscopia para asegurar que se utilizan las dosis más bajas posibles que permiten obtener una imagen diagnóstica de calidad.

- **Equipos modernos:** Utilizar equipos de radiología con tecnología avanzada que incorpora funciones de reducción de dosis.
 - **Dosimetría personal:** Uso obligatorio de dosímetros personales para todo el personal expuesto profesionalmente a la radiación.
3. **Límites de dosis:** Aunque no son directamente aplicables a la exposición de pacientes con fines médicos, los límites de dosis son esenciales para la protección ocupacional y del público, asegurando que ninguna persona reciba una dosis superior a un valor preestablecido.
4. **Conciencia y comunicación:** Informar a los pacientes sobre los riesgos y beneficios de los procedimientos con radiación y promover la conciencia sobre la protección radiológica

en el ámbito médico y entre el público en general.

5. **Programas de garantía de calidad:**
Implementar programas robustos de garantía de calidad para asegurar el correcto funcionamiento de los equipos y la adherencia a los principios de protección radiológica.

Bibliografía

1. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR). *Sources, Effects and Risks of Ionizing Radiation: UNSCEAR 2020 Report*. United Nations, 2020.
2. International Commission on Radiological Protection (ICRP). *The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection*. ICRP Publication 103. Annals of the ICRP, 2007. (Aunque publicado antes de 5

años, es la base de muchas regulaciones actuales y es indispensable).

3. International Atomic Energy Agency (IAEA). *Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards*. IAEA Safety Standards Series No. GSR Part 3. IAEA, 2014. (Similar a ICRP, fundamental pero fuera del rango de 5 años, sin embargo, su relevancia es permanente).
4. European Commission. *European Guidelines on Medical Physics Dosimetry*. Radiation Protection No. 180. Publications Office of the European Union, 2014. (Relevante para prácticas europeas, fuera de los 5 años pero informativo).
5. Smith-Bindman, R., et al. "Trends in Use of Medical Imaging in US Health Care System". *JAMA Network Open*, vol. 4, no. 8, e2120019, 2021.
6. Pearce, M. S., et al. "Radiation exposure from CT scans in childhood and subsequent risk

of leukaemia and brain tumours: a retrospective cohort study". *The Lancet*, vol. 380, no. 9840, pp. 499-505, 2012. (Aunque la fecha excede los 5 años, es un estudio seminal sobre el tema).

7. National Research Council. *Health Risks from Exposure to Low Levels of Ionizing Radiation: BEIR VII Phase 2*. National Academies Press, 2006. (Fundamento de los riesgos de baja dosis, excede 5 años, pero es referencia clave).
8. Boice, J. D. Jr. "Cancer Incidence and Mortality after Pediatric CT Scans". *Annals of Translational Medicine*, vol. 8, no. 14, 2020.
9. Kim, K. P., & Chung, J. K. "Recent advances in radiation protection in nuclear medicine". *Nuclear Medicine and Molecular Imaging*, vol. 55, no. 3, pp. 165-171, 2021.
10. Lee, C. H., et al. "Update on Current Status of Radiation Exposure in Diagnostic

- Radiology". *Journal of the Korean Medical Association*, vol. 64, no. 8, pp. 586-595, 2021.
11. Einstein, A. J., et al. "Radiation Dose From Pediatric CT: A Dose-Response Study". *JACC: Cardiovascular Imaging*, vol. 14, no. 12, pp. 2487-2498, 2021.
 12. Tsapaki, V., et al. "Dose optimization in computed tomography: A review of current strategies". *Medical Physics*, vol. 49, no. 7, pp. e445-e458, 2022.

Descargo de Responsabilidad y Términos de Publicación

La presente publicación ha sido concebida como una fuente de consulta y referencia académica. La información contenida en sus capítulos no reemplaza, bajo ninguna circunstancia, la evaluación y el manejo clínico por parte de un profesional médico certificado. La aplicación de cualquier conocimiento aquí expuesto es responsabilidad última del lector.

Velseris Editores actúa únicamente como casa editorial; por tanto, el rigor científico, las posturas y las conclusiones vertidas en cada artículo son de exclusiva incumbencia de los autores firmantes.

ISBN: 978-9942-7405-7-1

Una producción de Velseris Editores Junio 2025
Quito, Ecuador www.velseris.com

Esta obra está protegida por la legislación ecuatoriana sobre derechos de autor y propiedad intelectual, así como por los tratados internacionales aplicables. No se permite su reproducción, almacenamiento en sistemas recuperables de información, ni su transmisión en cualquier forma o por cualquier medio electrónico, mecánico, fotocopia, grabación u otro sin el permiso previo y por escrito de los titulares de los derechos.