

Prevención y seguimiento de cardiotoxicidad en sobrevivientes de cáncer pediátrico: revisión bibliográfica desde Atención Primaria de la Salud

Prevention and follow-up of cardiotoxicity in pediatric cancer survivors: a literature review from the Primary Health Care perspective

Vanessa Ucles Villalobos¹, Carolina Campos Chavarría², Tatiana Quesada Gonzáles³.

1 Especialista en Medicina Física y Rehabilitación, Máster en Rehabilitación Oncológica, Servicio de Medicina Física y Rehabilitación, Hospital Calderón Guardia, CCSS, San José, Costa Rica. 2 Especialista en Medicina Familiar, Especialista en Medicina Paliativa de Adultos, Máster en Cuidados Paliativos de Adultos. Servicio de Neonatología Hospital Calderón Guardia, CCSS, San José, Costa Rica 3 Especialista en Medicina Familiar, Consulta Externa, Área Salud San Rafael de Puntarenas, CCSS, Puntarenas, Costa Rica.

✉ Contacto de correspondencia: krocamp20@gmail.com

RESUMEN

La cardiotoxicidad asociada a las terapias oncológicas constituye un desafío clínico relevante en la práctica médica, debido a su asociación con diversas complicaciones cardiovasculares, entre ellas la insuficiencia cardíaca, las arritmias, la enfermedad coronaria y la miocardiopatía inducida por el tratamiento. El objetivo de esta revisión es analizar la evidencia disponible sobre los principales mecanismos, factores de riesgo, estrategias diagnósticas, medidas de prevención asociados a las terapias oncológicas. Para ello, se realizará una revisión narrativa de la literatura científica publicada durante los últimos 15 años, que incluye artículos originales, revisiones sistemáticas y guías clínicas disponibles en bases de datos como PubMed, Scopus y Cochrane Library. Entre los principales factores de riesgo identificados se encuentran la edad avanzada, el sexo femenino, las dosis acumuladas de antraciclinas, la radioterapia mediastínica y la presencia de comorbilidades cardiovasculares previas. El abordaje de la cardiotoxicidad oncológica requiere una estrategia multidisciplinaria que integre medidas de prevención primaria, monitorización cardiológica y tratamiento oportuno, con el propósito de reducir la incidencia y las consecuencias de las complicaciones cardiovasculares asociadas con las terapias oncológicas.

Palabras clave: cardiotoxicidad, oncología, insuficiencia cardíaca, factores de riesgo, prevención.

ABSTRACT

Cardiotoxicity associated with cancer therapies represents a significant clinical challenge in medical practice due to its association with various cardiovascular complications, including heart failure, arrhythmias, coronary artery disease, and treatment-induced cardiomyopathy. The objective of this review is to analyze the available evidence on the main mechanisms, risk factors, diagnostic strategies, and

Cómo citar:

Ucles Villalobos, V. ., Campos Chavarría, C. ., & Quesada Gonzáles, T. . (2026). Prevención y seguimiento de cardiotoxicidad en sobrevivientes de cáncer pediátrico: revisión bibliográfica desde Atención Primaria de la Salud. *Revista Ciencia Y Salud Integrando Conocimientos*, 10(2). <https://doi.org/10.34192/cienciaysalud.v10i2.936>

Recibido: 13/Nov/2025

Aceptado: 20/Ago/2026

Publicado: 18/Sep/2026



preventive measures associated with cancer therapies. To this end, a narrative review of the scientific literature published over the past 15 years will be conducted, including original articles, systematic reviews, and clinical guidelines available in databases such as PubMed, Scopus, and the Cochrane Library. The main risk factors identified include advanced age, female sex, cumulative anthracycline doses, mediastinal radiotherapy, and pre-existing cardiovascular comorbidities. The management of cancer therapy-related cardiotoxicity requires a multidisciplinary approach that integrates primary prevention measures, cardiac monitoring, and timely treatment, with the aim of reducing the incidence and consequences of cardiovascular complications associated with cancer therapies.

Keywords: Cardiotoxicity, oncology, heart failure, risk factors, prevention.

INTRODUCCIÓN

La cardiotoxicidad inducida por tratamientos oncológicos constituye una de las complicaciones más relevantes en los sobrevivientes de cáncer infantil y adolescente, solo superada por la recurrencia tumoral y la aparición de segundas neoplasias como causa de morbilidad y mortalidad no oncológica en esta población [1,2]. Su origen multifactorial involucra tanto agentes quimioterapéuticos tradicionales como terapias dirigidas, inmunoterapias y radioterapia torácica, generando un impacto significativo en la función cardiovascular a corto, mediano y largo plazo [3].

En el contexto de la Atención Primaria en Salud (APS), la detección precoz, prevención y manejo integral de la cardiotoxicidad adquieren un valor estratégico. La APS se posiciona como el primer punto de contacto para identificar signos tempranos de disfunción miocárdica, coordinar el seguimiento a largo plazo y garantizar la referencia oportuna a niveles de mayor complejidad [4]. En países con sistemas de salud estructurados en niveles, como Costa Rica, el médico de familia desempeña un rol central en la vigilancia continua y en la educación del paciente y su familia para la reducción de riesgos cardiovasculares [5].

La creciente supervivencia en oncología pediátrica con tasas superiores al 80 % en países de altos ingresos ha transformado el panorama, desplazando el foco desde la curación exclusiva hacia la calidad de vida postratamiento [6]. Sin embargo, persiste una brecha significativa en la equidad de acceso a estrategias diagnósticas y terapéuticas que permitan prevenir o mitigar la cardiotoxicidad, especialmente en entornos con recursos limitados [7].

Este artículo revisa la literatura científica actual sobre cardiotoxicidad en sobrevivientes de cáncer infantil y adolescente, con especial énfasis en las implicaciones para la APS, describiendo mecanismos fisiopatológicos, factores de riesgo, manifestaciones clínicas, métodos diagnósticos y estrategias de manejo integral basadas en la evidencia.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó una revisión narrativa de la literatura centrada en la cardiotoxicidad asociada a tratamientos oncológicos en población pediátrica y adolescente, con enfoque en la detección, prevención y manejo desde el primer nivel de atención. La búsqueda se llevó a cabo en las bases de datos PubMed/MEDLINE, Scopus, SciELO y Google Scholar, utilizando combinaciones de palabras clave en inglés y español.

Se incluyeron artículos publicados entre 2000 y 2024, priorizando revisiones sistemáticas, guías de práctica clínica, estudios observacionales y ensayos clínicos relevantes. También se incorporaron documentos técnicos y protocolos emitidos por sociedades científicas internacionales (European Society of Cardiology, American Society of Echocardiography, American Society of Clinical Oncology) y nacionales.

Se excluyeron estudios con población exclusivamente adulta sin desagregación por edad pediátrica, reportes de casos aislados y publicaciones sin revisión por pares. La información fue sintetizada y organizada en apartados temáticos: (1) papel de la APS, (2) cáncer infantil y epidemiología, (3) mecanismos de cardiotoxicidad, (4) factores de riesgo, (5) manifestaciones clínicas, (6) diagnóstico y (7) manejo integral.

El presente trabajo no requiere aprobación de comité de ética por no implicar intervención directa en pacientes ni uso de datos personales identificables.

Atención Primaria en Salud y su papel en la prevención de la cardiotoxicidad

La Atención Primaria en Salud (APS), según la Organización Mundial de la Salud, constituye un enfoque integral que abarca la promoción, prevención, tratamiento, rehabilitación y cuidados paliativos, centrada en las necesidades de las personas y con participación activa de la comunidad [8].

En el contexto de la cardiotoxicidad, la APS es estratégica para:

- Identificar tempranamente a pacientes en riesgo antes, durante y después de la terapia oncológica.
- Coordinar el seguimiento longitudinal con otros niveles de atención.
- Implementar medidas de prevención primaria (control de factores de riesgo cardiovascular), secundaria (tamizaje con ecocardiografía y biomarcadores) y terciaria (manejo de complicaciones establecidas).

En sistemas organizados como el costarricense, el médico de familia constituye un pilar fundamental, al resolver hasta el 80 % de las necesidades de salud de la comunidad y al asegurar una referencia y contrarreferencia eficiente [9]. La relación médico-paciente de largo plazo favorece la adherencia a los controles y la detección precoz de signos de deterioro cardiovascular.

Cáncer infantil y adolescencia: epidemiología y contexto

El cáncer infantil incluye un grupo heterogéneo de neoplasias que afectan a menores de 19 años, siendo las más frecuentes las leucemias, tumores cerebrales, linfomas y tumores sólidos como neuroblastoma y tumor de Wilms [10]. A nivel global, cerca de 400 000 niños y adolescentes son diagnosticados anualmente. Las tasas de supervivencia superan el 80 % en países de altos ingresos, pero en países de ingresos bajos y medianos no exceden el 30 %, debido a limitaciones en diagnóstico temprano y acceso a tratamientos [11].

En Costa Rica, entre 2023 y 2024 se registraron 292 casos en menores de 13 años, con una reducción de aproximadamente 34 casos en ese periodo. La mortalidad en 2020 fue de 44 muertes en menores de 14 años, un 20 % menos que en 2019 [12]. Este avance sugiere mejoras en detección y tratamiento, pero persisten desafíos en el seguimiento y manejo de las secuelas a largo plazo, incluyendo la cardiotoxicidad.

Tabla 1. Funciones clave de la APS en la prevención y manejo de la cardiotoxicidad en sobrevivientes de cáncer infantil

Función	Descripción	Impacto esperado
Prevención primaria	Control de factores de riesgo cardiovascular (tabaquismo, hipertensión, dislipidemia), educación en estilos de vida saludables	Reducción del riesgo basal de cardiotoxicidad y eventos cardiovasculares
Prevención secundaria	Tamizaje con ecocardiografía (incluyendo strain longitudinal global), biomarcadores (troponinas, BNP) y EKG en pacientes en riesgo	Detección temprana de disfunción subclínica y oportunidad de intervención

Prevención terciaria	Manejo integral de complicaciones establecidas (insuficiencia cardíaca, arritmias) y rehabilitación cardiovascular	Mejora de la calidad de vida y reducción de hospitalizaciones
Coordinación internivel	Derivación oportuna a cardiología u oncología según hallazgos y riesgo	Continuidad y eficiencia en la atención
Educación al paciente y familia	Información sobre signos de alarma, importancia de controles y adherencia terapéutica	Mayor autocuidado y detección precoz de complicaciones

Nota. Elaboración propia con base en referencias [8,9].

Mecanismos fisiopatológicos de la cardiotoxicidad

La cardiotoxicidad secundaria a tratamientos oncológicos es consecuencia de múltiples procesos patológicos que afectan directamente a los cardiomiocitos y al sistema cardiovascular. Entre los mecanismos más reconocidos se incluyen:

- Estrés oxidativo: incremento de especies reactivas de oxígeno (ROS) y nitrógeno (RNS), que lesionan membranas, ADN y proteínas cardíacas [13].
- Disfunción mitocondrial: alteración en la producción de ATP y aumento de apoptosis [14].
- Alteración de la homeostasis del calcio y hierro: desregulación de señales intracelulares que afectan la contractilidad [15].
- Daño genético y alteraciones en la expresión génica: ruptura de ADN y defectos en la reparación celular [16].

Se distinguen dos patrones principales:

1. Cardiotoxicidad tipo I (antraciclinas): daño dosodependiente, caracterizado por apoptosis irreversible de cardiomiocitos, asociado a dosis acumuladas altas de doxorubicina o epirubicina [16].
2. Cardiotoxicidad tipo II (trastuzumab): disfunción reversible en la mayoría de los casos, sin apoptosis significativa, relacionada con inhibición de la vía HER2 y alteración de mecanismos de reparación celular [16].

Otros agentes como ciclofosfamida, 5-fluorouracilo, taxanos, inhibidores de tirosina quinasa y radioterapia torácica también pueden inducir daño por mecanismos mixtos.

Tabla 2. Comparación de mecanismos de cardiotoxicidad tipo I, tipo II y otros

Tipo	Agentes más comunes	Características	Reversibilidad	Mecanismo principal
Tipo I	Antraciclinas (doxorubicina, epirubicina)	Dosodependiente, daño estructural irreversible, fibrosis miocárdica	Baja	Estrés oxidativo, daño mitocondrial, ruptura de ADN
Tipo II	Trastuzumab	No dosodependiente, disfunción funcional, preservación de la estructura	Alta (en la mayoría de casos)	Inhibición de señal HER2, alteración de reparación celular

Otros	Ciclofosfamida, 5-FU, taxanos, radioterapia	Varía según agente; puede inducir arritmias, vasoespaso, fibrosis o disfunción contráctil	Variable	Espasmo coronario, inflamación, daño endotelial, fibrosis
-------	---	---	----------	---

Nota. Elaboración propia con base en referencias [13-16].

Factores de riesgo asociados a la cardiotoxicidad

La probabilidad de desarrollar cardiotoxicidad depende de una interacción entre factores del paciente, del tratamiento y de predisposición genética [17].

Factores relacionados con el paciente:

- Edad <10 años o >75 años.
- Enfermedad cardiovascular preexistente
- Hipertensión arterial, diabetes mellitus o dislipidemia
- Radioterapia previa en mediastino o tórax
- Tabaquismo activo o pasado

Factores relacionados con el tratamiento:

- Tipo de agente (antraciclinas, trastuzumab, radioterapia torácica, inhibidores de VEGF)
- Dosis acumulada elevada
- Administración concomitante de múltiples fármacos cardiotóxicos
- Vía y velocidad de administración

Factores genéticos:

- Variantes polimórficas (por ejemplo, mutaciones en el gen HFE asociadas a mayor daño por hierro intracelular) [18].

Tabla 3. Estratificación de riesgo de cardiotoxicidad

Nivel de riesgo	Características	Ejemplos
Muy alto	Presencia de ≥ 2 factores de alto riesgo + dosis acumulada elevada de antraciclinas o radioterapia torácica	Paciente pediátrico con radioterapia mediastínica y quimioterapia combinada
Alto	Un factor de alto riesgo o dosis moderada de agente cardiotóxico	Paciente con FEVI basal <50% antes de iniciar tratamiento
Moderado	Factores de riesgo cardiovascular controlados y dosis baja de agente cardiotóxico	Paciente hipertenso controlado con dosis baja de doxorubicina
Bajo	Ausencia de factores de riesgo y uso de fármacos con baja cardiotoxicidad	Paciente joven sin comorbilidades con terapia dirigida no cardiotóxica

Nota. Elaboración propia con base en referencias [17,18].

Manifestaciones clínicas de la cardiotoxicidad

La cardiotoxicidad asociada a tratamientos oncológicos puede presentarse desde alteraciones subclínicas hasta insuficiencia cardíaca avanzada. Su aparición depende del agente utilizado, la dosis, el tiempo transcurrido desde la exposición y la susceptibilidad individual [19].

Manifestaciones tempranas y subclínicas:

- Fatiga, disnea leve, disminución de tolerancia al ejercicio
- Cambios electrocardiográficos sin síntomas (prolongación del QT, arritmias)
- Reducción del strain longitudinal global sin caída significativa de la FEVI

Manifestaciones clínicas establecidas:

- Insuficiencia cardíaca con fracción de eyección reducida o preservada
- Arritmias supraventriculares o ventriculares
- Enfermedad coronaria (isquemia, vasoespasmó, infarto)
- Compromiso valvular o pericárdico

En oncología pediátrica, las manifestaciones pueden aparecer incluso décadas después de la terapia, lo que justifica un seguimiento prolongado e individualizado [20].

Tabla 4. Clasificación de la cardiotoxicidad según el tiempo de aparición y tipo de compromiso

Criterio	Subclasificación	Descripción
Por tiempo de aparición	Aguda	Durante la administración o hasta dos semanas después; frecuente en ciclofosfamida y 5-FU
Subaguda	Persistencia de síntomas semanas o meses después del tratamiento	
Crónica temprana	En el primer año pos-terio a la terapia	
Crónica tardía	Años o décadas después; frecuente con radioterapia y antraciclinas	
Por tipo de compromiso	Disfunción miocárdica	Miocardopatía, insuficiencia cardíaca
Enfermedad coronaria	Vasoespasmó, isquemia, infarto	
Arritmias	Bradicardia, fibrilación auricular, taquicardias ventriculares	
Lesiones valvulares/pericárdicas	Insuficiencia valvular, pericarditis, constricción	

Nota. Elaboración propia con base en referencias [19,20].

Métodos diagnósticos

La detección precoz de la cardiotoxicidad requiere la integración de técnicas de imagen, electrocardiografía, biomarcadores y pruebas funcionales.

Métodos de imagen:

- Ecocardiografía 2D/3D: primera línea por disponibilidad y bajo costo.
- Strain longitudinal global (SLG): más sensible que la FEVI para detectar disfunción subclínica.
- Resonancia magnética cardíaca: referencia para caracterización tisular y volúmenes.

Electrocardiograma (ECG)

- Identifica alteraciones del QT, arritmias y bloqueos de conducción.

Biomarcadores

- Troponinas: detectan daño miocárdico temprano.
- BNP/NT-proBNP: reflejan sobrecarga de presión o volumen.

Pruebas funcionales

- Caminata de 6 minutos: evalúa capacidad funcional y pronóstico.
- VO₂ pico: referencia para capacidad aeróbica y evaluación pre/post tratamiento.

Tabla 5. Comparación de métodos diagnósticos de la cardiotoxicidad

Método	Ventajas	Limitaciones	Uso recomendado
Ecocardiografía 2D/3D	No invasiva, accesible, repetible	Depende del operador y calidad de imagen	Evaluación inicial y seguimiento rutinario
Strain longitudinal global	Alta sensibilidad para disfunción precoz	Requiere software y estandarización	Tamizaje subclínico en alto riesgo
Resonancia magnética cardíaca	Caracteriza tejido, mide volúmenes y FEVI precisa	Costo elevado, menor disponibilidad	Casos con dudas diagnósticas o mala ventana ecocardiográfica
ECG	Simple y económico	Baja sensibilidad para daño sub-clínico	Monitoreo de arritmias y QT
Biomarcadores (troponina, BNP)	Detectan daño temprano y sobrecarga	Variabilidad por comorbilidades	Seguimiento seriado en alto riesgo
Caminata 6 minutos	Evalúa capacidad funcional	No específica para cardiotoxicidad	Valoración de impacto clínico y rehabilitación

Nota. Elaboración propia con base en referencias [21-23].

Manejo integral de la cardiotoxicidad

El manejo de la cardiotoxicidad en sobrevivientes de cáncer infantil y adolescente debe iniciarse desde el momento de la planificación terapéutica oncológica, extendiéndose durante el tratamiento y a lo largo de la vida del paciente. Este abordaje requiere la coordinación entre oncología, cardiología y atención primaria para implementar medidas preventivas y terapéuticas oportunas [21].

Prevención primaria

- Selección de regímenes menos cardiotóxicos cuando sea posible
- Fraccionamiento y ajuste de dosis de antraciclinas

- Uso de técnicas radioterapéuticas que minimicen la exposición cardíaca (por ejemplo, inspiración profunda controlada)
- Modificación de factores de riesgo cardiovascular (control de hipertensión, dislipidemia, diabetes, tabaquismo)
- Prescripción de fármacos cardioprotectores en casos de alto riesgo (dexrazoxano, betabloqueantes, inhibidores de la ECA)

Prevención secundaria

- Monitoreo con ecocardiografía (incluyendo strain) y biomarcadores en intervalos definidos según riesgo
- Detección temprana de disfunción ventricular subclínica para iniciar tratamiento farmacológico precoz (IECA, betabloqueantes)

Prevención terciaria

- Manejo de insuficiencia cardíaca establecida según guías internacionales
- Rehabilitación cardíaca y programas de ejercicio supervisado
- Seguimiento estrecho y ajuste terapéutico según evolución clínica y ecocardiográfica

Tabla 6. Estrategias de prevención de la cardiotoxicidad en sobrevivientes de cáncer infantil y adolescente

Nivel	Estrategias	Objetivo
Primaria	Ajuste de dosis y técnica, selección de fármacos menos cardiotoxicos, modificación de factores de riesgo, cardioprotectores	Evitar la aparición de daño miocárdico
Secundaria	Monitoreo con imagen y biomarcadores, intervención farmacológica precoz	Detectar y revertir disfunción subclínica
Terciaria	Manejo de IC establecida, rehabilitación, seguimiento a largo plazo	Reducir complicaciones y mejorar calidad de vida

Nota. Elaboración propia con base en referencias [21-23].

Discusión

La cardiotoxicidad es una complicación relevante en la población de sobrevivientes de cáncer infantil y adolescente, con impacto a largo plazo en la morbilidad cardiovascular y la mortalidad. El riesgo está influido por factores del paciente, del tratamiento, así como determinantes genéticos, lo que requiere una estratificación individualizada [22].

La evidencia actual respalda el papel de la atención primaria en la identificación temprana, la modificación de factores de riesgo y el seguimiento continuo. La incorporación de ecocardiografía con strain longitudinal global en la APS es factible en contextos con equipamiento y personal entrenado, y permite detectar daño subclínico antes de la caída de la FEVI [23].

Las estrategias de prevención primaria y secundaria reducen significativamente el riesgo de progresión hacia insuficiencia cardíaca sintomática. Sin embargo, existe una brecha en la implementación de protocolos estandarizados, especialmente en entornos con recursos limitados, donde el seguimiento a largo plazo puede verse comprometido.

En este contexto, es crucial fomentar la educación del paciente y su familia, así como el trabajo colaborativo entre APS, oncología y cardiología para optimizar los resultados y minimizar la carga de enfermedad cardiovascular en esta población.

CONCLUSIÓN

La cardiotoxicidad es una complicación frecuente y potencialmente prevenible en sobrevivientes de cáncer infantil y adolescente, de esta forma la atención primaria es fundamental para la detección precoz, la prevención y el seguimiento de estos pacientes. En este marco, el uso de herramientas sensibles como el strain longitudinal global y los biomarcadores mejora la detección temprana del daño miocárdico. De este modo, la implementación de estrategias de prevención primaria, secundaria y terciaria, junto con un seguimiento prolongado, puede mejorar la calidad y la expectativa de vida. Esto último paralelo a la coordinación interprofesional y la educación al paciente son pilares para un abordaje exitoso.

Declaración de conflicto de intereses

Se declara que la autora no presenta algún conflicto de interés por el artículo.

Declaración de financiamiento

La publicación no presentó ningún medio de financiamiento.

Agradecimientos

Se agradece a los profesionales de la salud involucrados en la atención integral de pacientes oncológicos pediátricos, cuyo compromiso y dedicación inspiran la mejora continua en la detección, prevención y manejo de la cardiotoxicidad. Asimismo, se reconoce la contribución de las sociedades científicas internacionales y nacionales que han desarrollado guías y protocolos que orientan la práctica clínica en este campo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Lipshultz SE, Cochran TR, Franco VI, Miller TL. Treatment-related cardiotoxicity in survivors of childhood cancer. *Nat Rev Clin Oncol*. 2013;10(12):697-710.
2. Armenian SH, Armstrong GT, Aune G, Chow EJ, Ehrhardt MJ, Ky B, et al. Cardiovascular disease in survivors of childhood cancer: Insights into epidemiology, pathophysiology, and prevention. *J Clin Oncol*. 2018;36(21):2135-44.
3. Curigliano G, Cardinale D, Dent S, Criscitiello C, Aseyev O, Lenihan D, et al. Cardiotoxicity of anticancer treatments: Epidemiology, detection, and management. *CA Cancer J Clin*. 2016;66(4):309-25.
4. World Health Organization. Primary health care: closing the gap between public health and primary care through integration. WHO; 2018.
5. Starfield B, Shi L, Macinko J. Contribution of primary care to health systems and health. *Milbank Q*. 2005;83(3):457-502.
6. Pui CH, Campana D, Pei D, Bowman WP, Sandlund JT, Kaste SC, et al. Treating childhood acute lymphoblastic leukemia without cranial irradiation. *N Engl J Med*. 2009;360(26):2730-41.
7. Ward E, DeSantis C, Robbins A, Kohler B, Jemal A. Childhood and adolescent cancer statistics, 2014. *CA Cancer J Clin*. 2014;64(2):83-103.

8. World Health Organization. Declaration of Astana. WHO; 2018.
9. Ministerio de Salud de Costa Rica. Modelo de atención integral en salud. San José: MS; 2019.
10. Steliarova-Foucher E, Colombet M, Ries LA, Moreno F, Dolya A, Bray F, et al. International incidence of childhood cancer, 2001-10: a population-based registry study. *Lancet Oncol.* 2017;18(6):719-31.
11. Allemani C, Matsuda T, Di Carlo V, Harewood R, Matz M, Nikšić M, et al. Global surveillance of trends in cancer survival 2000-14 (CONCORD-3). *Lancet.* 2018;391(10125):1023-75.
12. Registro Nacional de Tumores. Informe Anual 2024. Ministerio de Salud de Costa Rica; 2025.
13. Vejpongsa P, Yeh ET. Prevention of anthracycline-induced cardiotoxicity: challenges and opportunities. *J Am Coll Cardiol.* 2014;64(9):938-45.
14. Wallace KB, Sardão VA, Oliveira PJ. Mitochondrial determinants of doxorubicin-induced cardiomyopathy. *Circ Res.* 2020;126(7):926-41.
15. Sawyer DB, Peng X, Chen B, Pentassuglia L, Lim CC. Mechanisms of anthracycline cardiac injury: can we identify strategies for cardioprotection? *Prog Cardiovasc Dis.* 2010;53(2):105-13.
16. Ewer MS, Ewer SM. Cardiotoxicity of anticancer treatments: what the cardiologist needs to know. *Nat Rev Cardiol.* 2010;7(10):564-75.
17. Zamorano JL, Lancellotti P, Rodriguez Muñoz D, Aboyans V, Asteggiano R, Galderisi M, et al. 2016 ESC Position Paper on cancer treatments and cardiovascular toxicity. *Eur Heart J.* 2016;37(36):2768-801.
18. Blanco JG, Sun CL, Landier W, Chen L, Esparza-Duran D, Leisenring W, et al. Anthracycline-related cardiomyopathy after childhood cancer: role of polymorphisms in carbonyl reductase genes. *J Clin Oncol.* 2012;30(13):1415-21.
19. Curigliano G, Cardinale D, Suter T, Plataniotis G, de Azambuja E, Sandri MT, et al. Cardiovascular toxicity induced by chemotherapy, targeted agents and radiotherapy: ESMO Clinical Practice Guidelines. *Ann Oncol.* 2012;23 Suppl 7:vii155-66.
20. Armstrong GT, Plana JC, Zhang N, Srivastava D, Green DM, Ness KK, et al. Screening adult survivors of childhood cancer for cardiomyopathy: comparison of echocardiography and cardiac magnetic resonance imaging. *J Clin Oncol.* 2012;30(23):2876-84.
21. Lyon AR, Dent S, Stanway S, Earl H, Brezden-Masley C, Cohen-Solal A, et al. Baseline cardiovascular risk assessment in cancer patients scheduled to receive cardiotoxic cancer therapies: a position statement. *Eur J Heart Fail.* 2020;22(11):1945-60.
22. Armenian SH, Hudson MM, Mulder RL, Chen MH, Constine LS, Dwyer M, et al. Recommendations for cardiomyopathy surveillance for survivors of childhood cancer: a report from the International Late Effects of Childhood Cancer Guideline Harmonization Group. *Lancet Oncol.* 2015;16(3):e123-36.
23. Thavendiranathan P, Poulin F, Lim KD, Plana JC, Woo A, Marwick TH. Use of myocardial strain imaging by echocardiography for the early detection of cardiotoxicity in patients during and after cancer chemotherapy: a systematic review. *J Am Coll Cardiol.* 2014;63(25 Pt A):2751-68.