



Ciencia Latina
Internacional

Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), enero-febrero 2024,
Volumen 8, Número 1.

https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i1

**USO DE LA TERMOGRAFÍA INFRARROJA EN EL
ABORDAJE DIAGNÓSTICO PRIMARIO DE
TUMORES TESTICULARES EN PACIENTES
MENORES DE 18 AÑOS DE EDAD**

**USE OF INFRARED THERMOGRAPHY IN THE PRIMARY
DIAGNOSTIC APPROACH TO TESTICULAR TUMORS IN
PATIENTS UNDER 18 YEARS OF AGE**

Gendi del Rosario Leyva Castro
Universidad 16 de Septiembre, México

DOI: https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i1.9817

Uso de la Termografía Infrarroja en el Abordaje Diagnóstico Primario de Tumores Testiculares en Pacientes Menores de 18 Años de Edad

Héctor Alfonso López Santos¹

hector.lopezss@udlap.mx

<https://orcid.org/0000-0001-6215-2358>

Facultad de Medicina de la Benemerita
Universidad Autonoma de Puebla
Hospital General de Cholula
México

Hugo Bernabé Alarcón Morales

alarconmorales.bernabe@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0003-3004-9908>

Facultad de Medicina de la Benemerita
Universidad Autonoma de Puebla
México

Yaneth Martínez Tovilla

yaneth_tovilla@hotmail.com

<https://orcid.org/0000-0001-6840-5838>

Facultad de Medicina de la Benemerita
Universidad Autónoma de Puebla
Hospital para el Niño Poblano
México

Salvador Cuevas Villegas

cuisa2005@yahoo.com

<https://orcid.org/0000-0003-0042-5394>

Facultad de Medicina
Universidad Nacional Autónoma de México
Centro Médico Nacional La Raza

Laura Cecilia Cisneros Gasca

dra.ceciliacisneros@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0003-3081-0373>

Facultad de Medicina
Universidad Nacional Autónoma de México
Centro Médico Nacional La Raza
México

Olivia López Jáuregui

oly.jauregui@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0001-5205-9720>

Hospital General de Cholula
México

José Alfredo León Zamudio

josealfredoleonzam@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0001-6669-5034>

Facultad de Medicina
Universidad Nacional Autónoma de México
Centro Médico Nacional La Raza
México

Pablo Godínez Álvarez

urologopediatracdmx@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0005-1075-6535>

Facultad de Medicina
Universidad Nacional Autónoma de México
Sociedad Iberoamericana
de Urología Pediátrica.
Centro Médico Nacional La Raza
México

Onésimo Avilés González

dravilescmnr@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0004-8584-7936>

Facultad de Medicina
Universidad Nacional Autónoma de México
Centro Médico Nacional La Raza
México

Hector Pérez Lorenzana

hepelo@yahoo.com

<https://orcid.org/0000-0002-3401-7519>

Facultad de Medicina
Universidad Nacional Autónoma de México
Centro Médico Nacional La Raza
México

Sergio Jiménez Céspedes

direccionhnp.ssep@puebla.gob.mx

Hospital para el Niño Poblano
México

¹ Autor principal

Correspondencia: hector.lopezss@udlap.mx

RESUMEN

Los tumores testiculares son poco comunes en niños menores de 15 años, representando el 2-4% de los cánceres en la edad pediátrica. Su incidencia es bimodal en pediatría: en recién nacidos y en la pubertad. En México, se diagnostican alrededor de 4500 casos anuales en edades entre 15 y 35 años. Su presentación más frecuente es un tumor escrotal indoloro. El diagnóstico se apoya en marcadores tumorales, niveles hormonales y la ecografía como la mejor opción para el estudio inicial. Diferenciar entre tumores benignos y malignos en la ecografía es crucial, aunque a veces puede ser difícil. Se plantea el uso potencial de la termografía infrarroja en el abordaje diagnóstico de tumor testicular, aunque no existen estudios específicos publicados. Esta técnica, utilizada en el cáncer de mama, se basa en la detección de diferencias de temperatura causadas por el aumento del flujo sanguíneo hacia el tumor. El diagnóstico tardío se relaciona con tratamientos más agresivos y mayores complicaciones. Por eso, se evalúa en este artículo la utilidad de la termografía infrarroja en pacientes menores de 18 años con tumores testiculares, el cual Pretende identificar incrementos de temperatura en el área escrotal, describir patrones de imágenes termográficas y comparar las temperaturas entre los testículos afectados y no afectados. Este estudio es relevante por proponer un método no invasivo y sin contacto que podría facilitar la detección temprana de tumores testiculares, cubriendo así una necesidad diagnóstica en la pediatría actual.

Palabras clave: tumores testiculares, termografía infrarroja, oncología pediátrica

*Artículo recibido 27 diciembre 2023
Aceptado para publicación: 25 enero 2024*



Use of Infrared Thermography in the Primary Diagnostic Approach to Testicular Tumors in Patients Under 18 Years of Age

ABSTRACT

Testicular tumors are rare in children under 15 years of age, representing 2-4% of cancers in pediatric age. Its incidence is bimodal in pediatrics: in newborns and in puberty. In Mexico, around 4,500 cases are diagnosed annually in ages between 15 and 35 years. Its most common presentation is a painless scrotal tumor. Diagnosis relies on tumor markers, hormone levels, and ultrasound as the best initial study option. Distinguishing between benign and malignant tumors in ultrasound is crucial, although sometimes it can be challenging. The potential use of infrared thermography in testicular cancer is suggested, although no specific published studies exist. This technique, used in breast cancer, is based on detecting temperature differences caused by increased blood flow to the tumor. Late diagnosis is related to more aggressive treatments and greater complications. Therefore, this article evaluates the usefulness of infrared thermography in patients under 18 years of age with testicular tumors. It aims to identify temperature increases in the scrotal area, describe thermographic imaging patterns, and compare temperatures between affected and unaffected testicles. This study is relevant for proposing a non-invasive, contactless method that could facilitate early detection of testicular tumors, addressing a diagnostic need in current pediatrics.

Keywords: testicular tumors, infrared thermography, pediatric oncology



INTRODUCCIÓN

Los tumores testiculares en niños menores de 15 años son raros, constituyendo el 2-4% de los cánceres infantiles y presentando dos picos de incidencia: neonatal y durante la pubertad. El aumento de la incidencia a partir de los 9 años puede estar asociado a niveles hormonales elevados durante la pubertad.

Los tumores de células germinales (TCG) tienden a volverse más malignos después de esta edad, mientras que los benignos son más comunes en niños más jóvenes. En México, se diagnostican aproximadamente 4500 casos de cáncer testicular al año, predominantemente entre los 15 y 35 años.

La manifestación clínica más común es un tumor escrotal indoloro. El diagnóstico se apoya en marcadores tumorales (alfa-fetoproteína, beta gonadotropina coriónica humana) y niveles hormonales (testosterona), además de la ecografía como modalidad de imagen preferida. La ecografía muestra características distintivas: quistes para tumores benignos y patrones no homogéneos para malignos, aunque a veces pueden traslaparse.

La termografía infrarroja, aunque no ha sido estudiada específicamente en tumores testiculares, ha demostrado utilidad en el cáncer de mama. Este método se basa en las variaciones de temperatura asociadas al aumento del flujo sanguíneo en áreas tumorales, provocando alteraciones en la microcirculación y generando diferencias térmicas detectables. A medida que las células cancerosas se multiplican, necesitan más sangre rica en oxígeno para crecer. A medida que aumenta el flujo sanguíneo al tumor, la temperatura alrededor del tumor también aumenta. Las células malignas descargan óxido nítrico en el torrente sanguíneo y provocan alteraciones en la microcirculación. Este óxido nítrico liberado, junto con el crecimiento activo de las células cancerosas, aumenta la circulación sanguínea y la temperatura en esa región en particular. Por lo tanto, la evaluación de estas diferencias de temperatura conduce a la detección de regiones anormales de la misma.

La investigación realizada busca determinar la utilidad diagnóstica de la termografía infrarroja en pacientes menores de 18 años con tumores testiculares. Su objetivo es identificar cambios en la temperatura escrotal, describir patrones de imagen termográfica y comparar las temperaturas entre testículos afectados y no afectados.

Esta investigación cobra importancia al proponer un método de detección no invasivo, indoloro y sin contacto, ofreciendo una alternativa valiosa en un área diagnóstica desafiante para la comunidad médica.

METODOLOGÍA

Se llevó a cabo un estudio descriptivo, longitudinal, comparativo y prospectivo para analizar la incidencia y características de los tumores testiculares en pacientes masculinos menores de 18 años. La investigación se desarrolló en el Hospital General "Dr. Gaudencio González Garza", Centro Médico Nacional La Raza del Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS). El universo de trabajo incluyó a pacientes masculinos menores de 18 años que acudieron a la consulta de urología pediátrica, cirugía pediátrica, oncocirugía pediátrica y urgencias pediátricas, con diagnóstico de tumor testicular. El estudio abarcó el periodo comprendido entre el 01 de junio de 2022 y el 01 de junio de 2023.

Para llevar a cabo nuestras mediciones, se utilizó el módulo de sensor infrarrojo MLX90640 GY-906 THERMAL CAMERA, que permite medir la temperatura y obtener imágenes termográficas sin necesidad de contacto físico.

Para la determinación de la termografía se colocó al paciente en posición de bipedestación con exposición del área escrotal durante 2 minutos y posteriormente se determinaba la temperatura a una distancia de 5 centímetros del polo superior e inferior del testículo afectado y del contralateral.

Se emplearon herramientas de análisis de datos como el programa Excel y IBM SPSS v. 25 para evaluar la incidencia, características y posibles tendencias relacionadas con los tumores testiculares en la población estudiada.

RESULTADOS

En el Hospital General Unidad Médica de Alta Especialidad Hospital Dr. Gaudencio González Garza del Centro Médico Nacional La Raza del IMSS, en el periodo de 1 de junio del 2022 a junio del 2023, se revisaron a 13 pacientes menores de 18 años de edad, con sospecha de tumor testicular establecida por ultrasonido Doppler testicular, con una edad mínima de 1 año de edad y una edad máxima de 17 años de edad. Cuya edad media fue de 17 años y con una desviación estándar ± 5.5 años.

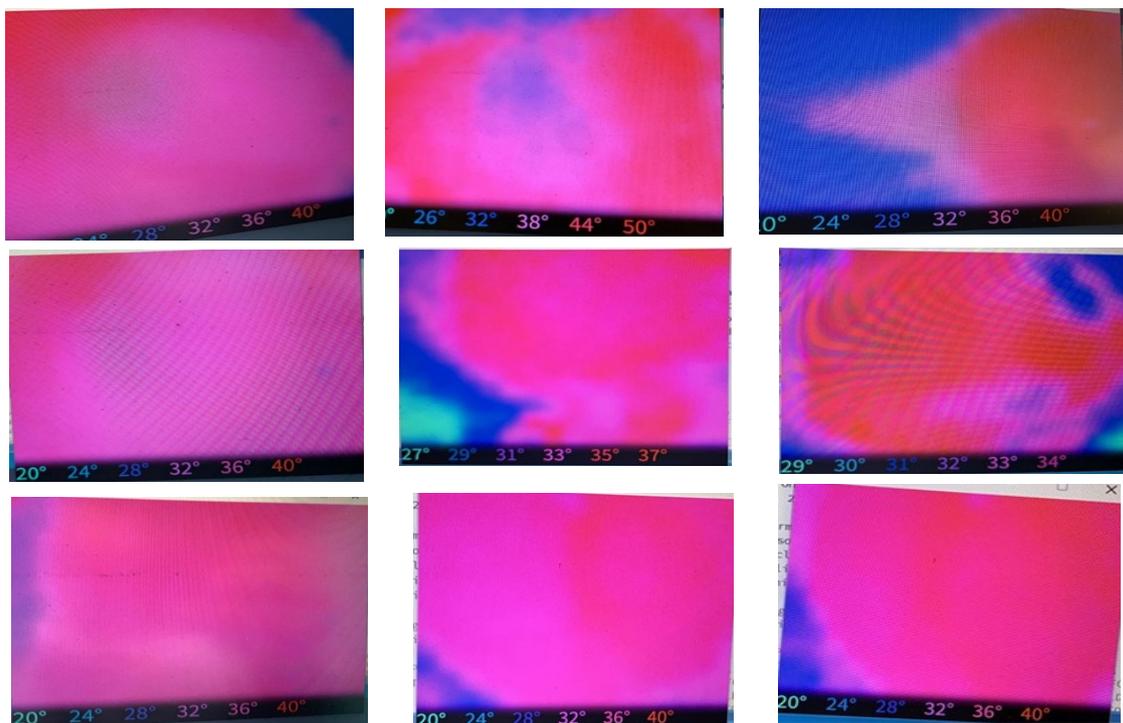
Iniciando con el protocolo diagnóstico en los pacientes se realizó exploración física testicular en presencia del tutor y previo a firma de consentimiento informado para la evaluación termográfica. En

donde se detectó tumoración testicular indolora, pétreo a la palpación. Por lo que se procedió a realizar ultrasonido Doppler testicular, que se reportó en el 100% de los casos como sugestivo de tumor testicular, posteriormente se realizó TAC simple y contrastada, reportando el 92% de los casos tumor testicular; en el 8% de los casos no se les realizó este método de imagen.

Continuando con la evaluación clínica de estos pacientes, se utilizó el módulo de sensor infrarrojo MLX90640 GY-906 THERMAL CAMARA, para medir la temperatura y establecer la imagen termográfica sin contacto físico con el paciente, en donde obtuvimos que el 100% de casos se presentó con un incremento de temperatura en el testículo afectado por tumor en el polo superior de 35.10 a 38.51°C y el polo inferior de 35.79°C a 38.34°C. Comparando con el testículo contralateral sano en el polo superior presento una temperatura de 32.39 a 33.89°C y en el polo inferior de 32.05 a 33.12 °C.

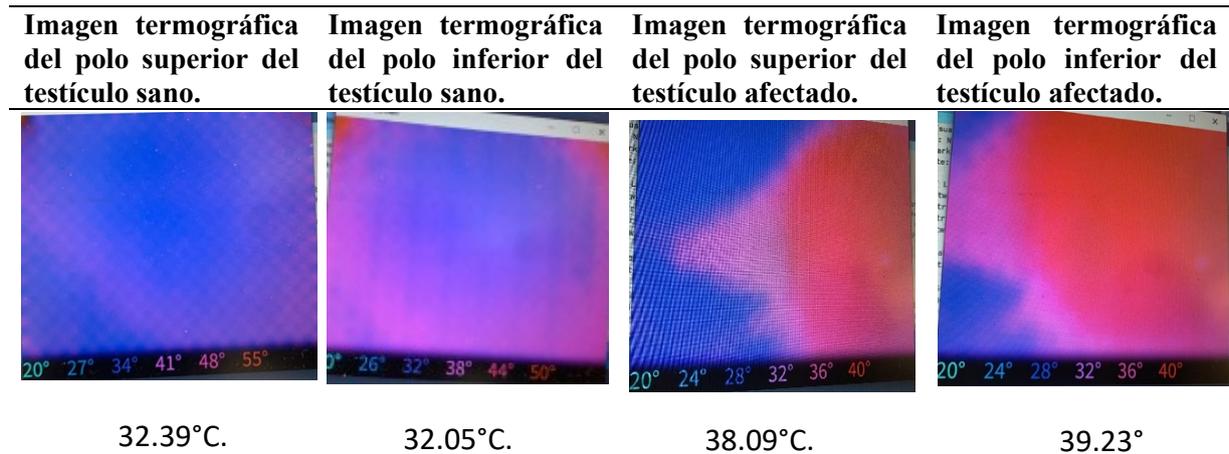
Además, el patrón de imagen termográfica es circular, es decir se observa en toda la circunferencia del tumor, tal y como se presenta en la Figura 1 y Figura 2.

Figura 1



Descripción: El patrón de imagen que se observa es circular que rodea al tumor, además el color rojo, hace alusión a una temperatura de 40°C, alrededor del tumor.

Figura 2. Patrón termográfico del testículo sano, comparando con patrón termográfico del testículo enfermo.



Descripción: Las imágenes del testículo sano, se observa persistencia de coloración azul del interior hacia el exterior, sin ningún patrón característico, comparando con el patrón circular y en su centro o contorno de color rojo del testículo afectado.

Posteriormente a estos pacientes se les realizó determinación de marcadores tumores, siendo positivos el 54% de los casos, en el 38% fueron negativos y en el 8% de los casos no se realizaron. Todos los pacientes fueron intervenidos quirúrgicamente, realizando orquiectomía radical con ligadura y corte del cordón espermático a nivel del anillo inguinal interno.

Finalmente, se les realizó estudio histopatológico a los 13 pacientes en donde se reportó en el 8% de los casos linfoma de Burkitt, 23% de los casos tumor de células germinales, 23% tumor germinal maligno mixto, 15% de los casos tumor miofibroblasto inflamatorio y el 31% de los casos se presentó con tumor germinal benigno.

DISCUSIÓN

Nuestro estudio destaca la eficacia de la termografía infrarroja como herramienta de diagnóstico primario en tumores testiculares en pacientes menores de 18 años. Este método demostró utilidad en la consulta de primera instancia en los servicios de urgencias, cirugía pediátrica, urología y oncocirugía, donde se evaluaron 13 pacientes diagnosticados por métodos convencionales. Además de las pruebas estándar, aplicamos termografía infrarroja en una configuración cómoda para el paciente, en bipedestación y con exposición escrotal breve durante 2 minutos para la detección tomográfica bilateral del área testicular. Siguiendo pautas similares a un estudio previo realizado por el Dr. Akash Shukla y

colaboradores en la Universidad Nacional de Jaipur, India, que evaluó la termografía escrotal en jugadores de fútbol con sospecha de varicocele.

El uso de la termografía infrarroja se sustenta en su reproducibilidad para la detección de varicocele, presentando características precisas en su toma, como la colocación del paciente en bipedestación y una exposición breve del área genital que permite una señalización directa.

La evidencia respalda nuestro enfoque. Desde los primeros experimentos de Folkman y colaboradores, se observó la angiogénesis como factor crucial en el crecimiento tumoral, lo que incrementa la temperatura de los vasos sanguíneos participantes en el tumor. Esta teoría se apoya en la observación de Gautherie y sus colegas, quienes asociaron el aumento de actividad metabólica en las células tumorales con una liberación de calor, generando áreas más brillantes y calientes en la imagen térmica que el entorno circundante.

En nuestro estudio, se sugiere que la densidad vascular tumoral aumenta significativamente, remodelando la arquitectura de los vasos testiculares hacia un sistema vascular inmaduro y desorganizado. Esta configuración caótica resulta en una mayor vascularización y oxigenación. Sin embargo, las células cancerosas presentan una reprogramación metabólica, favoreciendo la glucólisis incluso en presencia de oxígeno (efecto Warburg). Esto conlleva un mayor consumo de glucosa, producción de lactato y un incremento en la generación de energía, detectable como un aumento en la temperatura tisular.

La termografía ofrece una ventana diagnóstica al estado fisiológico funcional de una zona corporal específica, como la región escrotal en nuestro estudio. Al igual que en la termografía mamaria, donde la alteración de patrones de calor predecibles en la piel señala procesos anormales en el tejido mamario, nuestra técnica detecta anomalías térmicas en la región escrotal.

Dentro de las limitaciones de nuestro estudio esta la baja especificidad diagnóstica de la termografía infrarroja en tumores testiculares, el aumento de temperatura escrotal se puede presentar ante patologías como varicocele, torsión testicular, y orquiepididimitis, por lo cual el uso de esta herramienta no sustituye la exploración física y otros métodos diagnósticos. Otra limitante de esta herramienta es la dependencia del operador, a pesar de ser un estudio reproducible y simple, idealmente se debe seguir

un procedimiento establecido, como el paciente en bipedestación y realizar la lectura a 5 cm de distancia entre el sensor infrarrojo y la piel escrotal, a nivel del polo testicular afectado.

A pesar de dichas limitaciones, obtuvimos que el 100% de casos presentó incremento de temperatura en el testículo afectado por tumor. Sin embargo, el diferenciador de este método es el patrón de imagen que no se observa en otras patologías testiculares con aumento de temperatura.

CONCLUSIÓN

Este estudio revela la utilidad de la termografía infrarroja como herramienta primaria en el diagnóstico inicial de tumores testiculares en niños. Al registrar el aumento de temperatura en el testículo afectado, no solo permite sospechar estos tumores, sino que también muestra su utilidad ante el hallazgo de otras patologías testiculares. Destaca por su naturaleza no invasiva y sin contacto con el paciente. Los resultados obtenidos en este estudio abren la puerta a investigaciones adicionales en esta área, ya que futuros estudios podrían ofrecer mejoras sustanciales en la práctica clínica para el manejo de estos pacientes.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Sangüesa, C., Veiga, D., Llavador, M., & Serrano, A. (2020). Testicular tumours in children: an approach to diagnosis and management with pathologic correlation. *Insights in Imaging*, 11(1), 74. <https://doi.org/10.1186/s13244-020-00867-6>.
- Gurrola-Ortega, Á., Sánchez-Núñez, J. E., Rivera-Astorga, H., Magaña-González, J. E., Sarabia-Estrada, R. C., Mateo Garduño-Arteaga, L., Manzanilla-García, H. A., & Jaspersen-Gastelum, J. (2018). Cáncer testicular: incidencia, epidemiología y etiología. Cinco años de experiencia en el Hospital General de México Dr. Eduardo Liceaga. *Rev Mex Urol*, 78(5), 347-353.
- Chiu, C. C., Jaing, T. H., Lai, J. Y., Chen, S. H., Chang, T. Y., Hsueh, C., Wen, Y. C., & Tsay, P. K. (2022). Malignant testicular tumors in children: A single institution's 12-year experience. *Medicine (Baltimore)*, 101(29), e29735.
- Katabathina, V. S., Vargas-Zapata, D., Monge, R. A., Nazarullah, A., Ganeshan, D., Tammiseti, V., & Prasad, S. R. (2021). Testicular Germ Cell Tumors: Classification, Pathologic Features, Imaging Findings, and Management. *Radiographics*, 41(6), 1698-1716. <https://doi.org/10.1148/rg.2021210024>

- De Sanctis, V., Soliman, A. T., Yassin, M. A., Di Maio, S., Millimaggi, G., & Kattamis, C. (2018). Testicular damage in children and adolescents treated for malignancy: a short review. *Acta Biomed*, 89(3-S), 7-17.
- Zumstein, V., Vetterlein, M. W., Hoffer, A. P., Schmid, H. P., Engeler, D., & Betschart, P. (2021). Stay cool! Special underwear for cyclic cooling significantly decreases scrotal skin temperature. *Cent European J Urol*, 74(3), 468-470.
- Salvador Palmer, M. R., Cibrián Ortiz de Anda, R. M., & Núñez Gómez, F. (2020). Aplicación de la Termografía Infrarroja en Pediatría: Análisis de las alteraciones de la microcirculación cutánea; Departamento de fisiología; Valencia, 6(1), 5-15.
- Mashekova, A., Zhao, Y., Ng, E. Y. K., Zarikas, V., Fok, S. C., & Mukhmetov, O. (2022). Early detection of breast cancer using infrared technology – A comprehensive review. *Thermal Science and Engineering Progress*, 27, 101142. <https://doi.org/10.1016/j.tsep.2021.101142>
- Plaza, D., Baic, A., Lange, B., Michalecki, L., Ślosarek, K., Stanek, A., & Cholewka, A. (2022). The Use of Infrared Thermography in the Assessment of Thermal Reaction of Patients Treated with Radiotherapy after Breast-Conserving Procedures. *Int J Environ Res Public Health*, 19(21), 14187.
- Silván, U., Díez-Torre, A., Moreno, P., Arluzea, J., Andrade, R., Silió, M., & Aréchaga, J. (2013). The spermatogonial stem cell niche in testicular germ cell tumors. *Int J Dev Biol*, 57(2-4), 185-195.
- Velado-Eguskiza, A., Gomez-Santos, L., Badiola, I., Sáez, F. J., & Alonso, E. (2022). Testicular Germ Cell Tumours and Proprotein Convertases. *Cancers (Basel)*, 14(7), 1633. <https://doi.org/10.3390/cancers14071633>
- Perri, A., Lofaro, D., Bossio, S., Maltese, L., Casaburi, I., Tucci, L., La Vignera, S., Aversa, A., Aquila, S., & Rago, V. (2022). Different Expression Patterns of Metabolic Reprogramming Proteins in Testicular Germ Cell Cancer. *Endocrines*, 3, 578-589. <https://doi.org/10.3390/endocrines3040049>
- Rakhunde, M. B., Gotarkar, S., & Choudhari, S. G. (2022). Thermography as a Breast Cancer Screening Technique: A Review Article. *Cureus*, 14(11), e31251.

Pedrazzoli, P., Rosti, G., Soresini, E., Ciani, S., & Secondino, S. (2021). Serum tumour markers in germ cell tumours: From diagnosis to cure. *Critical Reviews in Oncology/Hematology*, 159, 103224. <https://doi.org/10.1016/j.critrevonc.2021.103224>

