



REVISIÓN / REVIEW

Ablación de nódulos tiroideos: revisión de la literatura

Thyroid Nodule Ablation: Literature Review

Alex Wash Franulic MD^a✉.

^a Departamento de Radiología, Clínica Las Condes, Santiago, Chile.

INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

Historia del Artículo:

Recibido: 01/06/2025

Aceptado: 12/08/2025

Keywords:

Thyroid Ablation; Thyroid Nodule; Radiofrequency; Microwave; PEI.

Palabras clave:

Ablación Tiroidea; Nódulo Tiroideo; Radiofrecuencia; Microondas; Alcoholización.

RESUMEN

La ablación de nódulos tiroideos benignos mediante técnicas mínimamente invasivas se ha desarrollado como una alternativa eficaz y segura a la cirugía convencional. Los procedimientos de ablación mínimamente invasivos como la ablación por radiofrecuencia, microondas, láser y alcoholización percutánea permiten una reducción significativa del volumen nodular (\geq al 50%), mejorando los síntomas locales y preservando la función tiroidea. En este artículo se revisan las guías y los consensos más importantes: Guía de la American Thyroid Association (ATA 2015), Guía de la European Thyroid Association (ETA 2020), Consenso de la Korean Society of Thyroid Radiology (KSThR 2012 y sus actualizaciones hasta el 2025), Consenso de Expertos Chinos (versión en inglés del 2020) y el Consenso Brasileño (2024) junto con artículos europeos y norteamericanos. En esta revisión se destacan las técnicas, indicaciones, resultados clínicos, la seguridad, complicaciones asociadas y perspectivas futuras.

ABSTRACT

The ablation of benign thyroid nodules using minimally invasive techniques has emerged as an effective and safe alternative to conventional surgery. Minimally invasive ablative procedures such as radiofrequency ablation, microwave ablation, laser ablation, and percutaneous ethanol injection allow significant nodule volume reduction (\geq al 50%), improvement of local symptoms and preservation of thyroid function. This article reviews the main guidelines and expert consensus, including the American Thyroid Association (ATA 2015) Guidelines, the European Thyroid Association Guidelines (ETA 2020), the Korean Society of Thyroid Radiology Consensus (KSThR 2012 and its updates up to 2025), the Chinese Expert Consensus (English version 2020), the Brazilian Consensus (2024) and European and North American articles. In this review the main techniques, indications, clinical outcomes, safety, associated complications and future perspectives are highlighted.

✉ Autor para correspondencia
Correo electrónico: awash@clinicalascondes.cl

<https://doi.org/10.1016/j.rmclc.2025.08.014>
e-ISSN: 2531-0186 / ISSN: 0716-8640/© 2025 Revista Médica Clínica Las Condes.
Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND
(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).



INTRODUCCIÓN

La prevalencia de los nódulos tiroideos ha aumentado significativamente en las últimas décadas. Un metaanálisis de Mu et al. estima una prevalencia global del 29,29%, observando una fuerte asociación con la edad avanzada, el sexo femenino y el sobre peso¹. Este incremento se atribuye principalmente al mayor acceso a estudios de imagen de alta resolución, lo que ha llevado a un aumento de los denominados "incidentomas tiroideos". Aunque la gran mayoría de estos hallazgos (90-95%) son benignos², los estudios poblacionales sitúan el riesgo de malignidad en un 1,6%, cifra que asciende al 12% en series de pacientes que requieren biopsia³⁻⁵. Dentro del subgrupo de nódulos benignos, se estima que entre un 10% y un 15% son candidatos potenciales para ablación, ya sea por la sintomatología compresiva que generan, su tamaño, el impacto estético o las preferencias del paciente⁶. En este contexto, las técnicas de ablación térmica guiadas por imagen –principalmente la radiofrecuencia (RFA) y las microondas (MWA)– se han consolidado como alternativas efectivas a la cirugía en nódulos benignos sintomáticos⁶⁻⁸. Estos procedimientos mínimamente invasivos permiten tratar las lesiones con una baja morbilidad en forma ambulatoria o con una hospitalización transitoria.

En la última década, la ablación tiroidea se ha consolidado y estandarizado gracias al desarrollo de guías clínicas y consensos internacionales. Documentos claves, como las guías de la American Thyroid Association (ATA, 2015)² y la European Thyroid Association (ETA, 2020)⁹, junto con los consensos de la Korean Society of Thyroid Radiology (KSThR, 2012-2025)¹⁰⁻¹³, de Expertos Chinos (2020)¹⁴ y el más reciente consenso brasileño (2024)¹⁵, han establecido bases sólidas para las indicaciones, la técnica y el seguimiento. En conjunto, esta evidencia ha posicionado a la ablación térmica como una alternativa terapéutica segura y eficaz.

TÉCNICAS DE ABLACIÓN TIROIDEA

Las técnicas de ablación tiroidea más utilizadas incluyen la RFA, las MWA, el láser y la alcoholización percutánea (PEI), todas ellas realizadas bajo control ecográfico^{9,10,16}. La ecografía en tiempo real es fundamental para guiar la ablación y monitorizar la respuesta del nódulo. Estos procedimientos permiten la destrucción selectiva del tejido nodular sin necesidad de cirugía convencional, lo que posibilita preservar la función glandular, disminuir las complicaciones postoperatorias, reducir los costos y el tiempo de hospitalización^{6,7,9}. Respecto a este procedimiento, se puede distinguir: la ablación fija, donde el electrodo permanece en una posición estática generando una zona de necrosis concéntrica alrededor de su punta y la técnica con movimiento (*moving-shot*), donde el electrodo se desplaza secuencialmente dentro del nódulo creando múltiples zonas de ablación superpuestas^{6,10,12,13}.

Cada uno de los principales métodos de ablación disponibles presenta características específicas en cuanto a su mecanismo de acción, indicaciones preferentes y perfil de eficacia. La RFA se basa en la generación de calor mediante corriente alterna de alta frecuencia que induce una necrosis coagulativa. Es actualmente la técnica más validada, con múltiples estudios que reportan una reducción de volumen del 70-90% en nódulos benignos a los 12 meses de seguimiento^{6,7,12,13,16}. Las MWA emplean energía electromagnética para elevar la temperatura tisular, ofreciendo una distribución más homogénea del calor, tiempos de ablación más cortos y una mayor eficacia en nódulos voluminosos^{8,17,18}. La ablación por láser utiliza una fibra óptica que transmite energía lumínica de alta intensidad para producir ablación térmica precisa; aunque es menos utilizada resulta útil en nódulos pequeños y en localizaciones cercanas a estructuras críticas¹⁸. Por último, la PEI consiste en la inyección directa de etanol absoluto dentro del nódulo, generando deshidratación celular y necrosis, siendo especialmente efectiva en nódulos quísticos puros o predominantemente quísticos, con tasas de éxito clínicas que fluctúan entre un 50-85%^{6,9}. Estas técnicas han sido objeto de múltiples comparaciones, destacándose todas ellas por su perfil de seguridad, su capacidad para lograr una reducción significativa del volumen nodular, preservando la función tiroidea, y su realización ambulatoria en la mayoría de los pacientes.

INDICACIONES

La ablación se realiza en nódulos tiroideos benignos con tamaño ≥ 2 cm cuando éstos producen síntomas locales por compresión como disfagia, disfonía, sensación de cuerpo extraño y cuando generan una alteración estética significativa^{13,19}. Asimismo, se considera en casos de nódulos con crecimiento progresivo documentado en controles ecográficos seriados. Además, la ablación es una alternativa en nódulos tiroideos hiperfuncionantes cuando la cirugía o el tratamiento con yodo radiactivo están contraindicados o han sido rechazados por el paciente^{7,9,16}. Adicionalmente, es una excelente alternativa en nódulos quísticos o predominantemente quísticos que no responden a PEI, en adenomas paratiroides funcionantes no quirúrgicos, en recurrencia local o metástasis ganglionares cuando la cirugía está contraindicada o el yodo radiactivo ha resultado ineficaz, y en el caso de microcarcinomas papilares de bajo riesgo^{9,10,12,13,20,21}. En este último escenario, la ablación térmica ha demostrado ser una alternativa segura y eficaz, comparable a la vigilancia activa o a la hemitiroidectomía, siempre que exista un control ecográfico adecuado y se cumplan los siguientes criterios de selección: tamaño <1 cm, ausencia de metástasis ganglionares, sin evidencia de invasión extracapsular y exista acuerdo del equipo médico multidisciplinario^{6,11-14,20,21}.

Se recomienda confirmar la benignidad del nódulo mediante dos punciones aspirativas con aguja fina antes de la ablación¹¹. En este sentido, el consenso brasileño enfatiza la importancia de una adecuada selección de pacientes y la formación médica especializada, lo cual representa un desafío en centros con recursos limitados¹⁵.

El consenso de la Korean Society of Thyroid Radiology del 2025, consolida la RFA como herramienta segura para el manejo de recurrencias locales de cáncer tiroideo, validando su rol como alternativa a la reintervención quirúrgica, especialmente en pacientes con comorbilidades significativas¹³. Esta recomendación se encuentra alineada con los consensos previos de la misma sociedad^{10,12}, así como con las directrices de la American Thyroid Association (ATA 2015) para el tratamiento de recurrencias cuando la cirugía o el yodo radiactivo no resultan viables².

RESULTADOS CLÍNICOS

Los resultados clínicos obtenidos mediante técnicas de ablación térmica en nódulos tiroideos benignos han demostrado ser altamente satisfactorios, tanto en términos de reducción volumétrica como de control sintomático y satisfacción estética. La evidencia disponible indica que la RFA alcanza reducciones de volumen entre 70 y 90% en los primeros 6 a 12 meses^{7,16,17,19}. De forma similar, la MWA ha reportado reducciones promedio de 75 a 93%, especialmente útil en nódulos de gran tamaño o localizaciones complejas^{8,15,17}. En población pediátrica, la MWA logra reducciones cercanas al 85% sin afectar la función tiroidea ni generar complicaciones relevantes¹⁰. Estos resultados coinciden con lo reportado en los consensos más recientes de la Korean Society of Thyroid Radiology en 2022 y 2025 y el Chinese Expert Consensus 2020, que respaldan la ablación como

alternativa efectiva y segura frente a la cirugía convencional en nódulos benignos y microcarcinomas de bajo riesgo^{2,13,14,17,19,20}. Aunque la RFA y la MWA ofrecen resultados comparables en nódulos benignos en adultos, algunos estudios sugieren que la RFA puede alcanzar tasas de reducción ligeramente superiores sobre todo en nódulos de menor tamaño^{17,19}. En nódulos predominantemente quísticos, la PEI ha demostrado tasas de éxito superiores al 80% con recurrencias manejables con sesiones adicionales, consolidándose como una opción terapéutica efectiva y de bajo costo para este subgrupo^{6,9}. Asimismo, más del 90% de los pacientes sometidos a ablación, experimentan alivio de los síntomas compresivos y manifiestan satisfacción con el resultado cosmético^{7,16}.

En patología maligna, estudios recientes evidencian que, en casos seleccionados de microcarcinomas papilares, la ablación térmica consigue tasas de control local comparables a la cirugía convencional a cinco años, con la ventaja de evitar la tiroidectomía total y la terapia hormonal sustitutiva de por vida^{20,21} (tabla 1).

SEGURIDAD Y COMPLICACIONES

La ablación térmica tiroidea se ha consolidado como un procedimiento seguro y eficaz, con una baja tasa global de complicaciones estimada en menos del 2%^{2,14,16,21}. Es un procedimiento ambulatorio o con hospitalización transitoria, con menor impacto en los costos sanitarios y con la ventaja de preservar la función tiroidea, evitando la necesidad de tratamiento hormonal sustitutivo en la mayoría de los pacientes.

Complicaciones más frecuentes

La ablación térmica de nódulos tiroideos es un procedimiento bien tolerado y con un perfil de seguridad favorable. Sin embar-

Técnica	Mecanismo	Principales Indicaciones	Reducción Volumen*	Ventajas	Desventajas
Radiofrecuencia (RFA)	Calor por fricción iónica	Nódulos sólidos o mixtos benignos	70-90%	- Más estudiada - Bajo riesgo	- Puede requerir retratamiento
Microondas (MWA)	Calor por microondas	Nódulos grandes; pediatría	70-90%	- Ablación rápida - Menos sensible a estructuras vasculares	- Levemente más costosa - Menos trayectoria clínica
Láser (LA)	Calor por luz láser	Nódulos sólidos pequeños en zonas críticas	60-80%	- Precisión - Mínima invasión	- Menor disponibilidad
Alcoholización percutánea (PEI)	Necrosis química por alcohol absoluto	Nódulos quísticos o mixtos	50-85%	- Bajo costo - Técnica sencilla	- Dolor - Menor eficacia en sólidos

* Valores aproximados de reducción volumétrica a 6-12 meses^{7-9,16-18}.

Tabla 1. Resumen comparativo de técnicas de ablación tiroidea.

go, pueden presentarse complicaciones, la mayoría de carácter leve y transitorio:

- Dolor o sensación de quemazón transitoria durante o después del procedimiento, generalmente controlable con analgésicos convencionales¹⁶.
- Hematomas subcutáneos pequeños, que se resuelven espontáneamente^{9,10}.
- Disfonía temporal, observada en aproximadamente el 5% de los casos, atribuida a irritación o edema del nervio laríngeo recurrente. En la mayoría de los pacientes la función vocal se recupera por completo^{10,16}.

Complicaciones infrecuentes

Existen complicaciones infrecuentes a tener en consideración en el seguimiento de los pacientes post-procedimiento:

- Rotura nodular, reportada en menos del 1% de los casos, usualmente asociada a nódulos de gran tamaño; abscesos cervicales, quemaduras cutáneas y hematomas de mayor extensión^{10,22}.
- Disfonía permanente en nódulos próximos al nervio laríngeo recurrente, con una incidencia <0,5%, generalmente relacionada a lesión térmica del nervio laríngeo recurrente en nódulos próximos a estructuras críticas¹⁰.

El seguimiento clínico adecuado es esencial para detectar recurrencias o complicaciones tardías. Este se basa principalmente en evaluaciones ecográficas seriadas para valorar la reducción nodular y detectar signos de recidiva. De igual modo se deben realizar pruebas de función tiroidea, particularmente en pacientes con nódulos inicialmente hiperfuncionantes, donde puede existir riesgo de disfunción post-procedimiento^{6,10}.

Cabe destacar que la necesidad de retratamiento no se considera una complicación, sino una posible limitación del procedimiento. Esta puede presentarse en aproximadamente un 10-15% de los casos, especialmente cuando se abordan nódulos mayores de 3 cm, con localización profunda o características mixtas, donde la reducción de volumen inicial puede ser parcial^{6,9,16}. Diversas experiencias coinciden en que nuevas sesiones permiten optimizar la respuesta terapéutica y mantener los beneficios clínicos esperados.

PERSPECTIVAS FUTURAS

La ablación tiroidea se encuentra en constante evolución, impulsada por el desarrollo de nuevas tecnologías y la mejora continua en seguridad. Estas innovaciones no solo buscan optimizar la eficacia terapéutica, sino también reducir riesgos y personalizar el tratamiento. El desarrollo de nuevos consensos anticipa una expansión de indicaciones hacia microcarcinomas de bajo riesgo, recurrencias locoregionales y patologías paratiroides, consoli-

dando la ablación térmica como una alternativa intermedia entre vigilancia activa y cirugía convencional^{2,13-15}.

Paralelamente, se han incorporado técnicas que incrementan la seguridad del procedimiento. Entre ellas destacan:

- Hidrodisección, que consiste en la inyección controlada de líquido para separar el nódulo de estructuras sensibles como el nervio laríngeo o la tráquea, reduciendo el riesgo de daño térmico²³.
- La ablación vascular dirigida permite una destrucción más eficaz del tejido nodular, con mayor control del sangrado^{18,23}.

Además, el desarrollo de sistemas de energía más sofisticados, como sondas multipolares o generadores inteligentes, así como procedimientos con electroporación están siendo evaluados por su impacto positivo en la eficacia terapéutica y la protección de estructuras vecinas²³. Estas innovaciones abren nuevas posibilidades para expandir el uso de la ablación más allá de los nódulos benignos, incluyendo potencialmente lesiones malignas de bajo riesgo, siempre bajo estricta evaluación clínica.

Una de las áreas con mayor proyección es la inteligencia artificial (IA), que comienza a integrarse en el diagnóstico por ultrasonido y en la toma de decisiones clínicas. El uso de algoritmos de aprendizaje automático aplicados al sistema TI-RADS podría automatizar la clasificación nodular, mejorar la precisión diagnóstica y optimizar la selección de candidatos para ablación²⁴. Además, se exploran modelos predictivos para anticipar la respuesta clínica y el riesgo de recurrencia.

A pesar del avance tecnológico y clínico de la ablación tiroidea, persisten áreas que requieren mayor validación científica. En particular, se necesita promover estudios multicéntricos, aleatorizados y con seguimiento a largo plazo, que permitan comparar de forma rigurosa los resultados de la ablación térmica frente a la cirugía convencional, especialmente en términos de recurrencia, calidad de vida y costo-efectividad^{2,9,16}.

CONCLUSIONES

La ablación térmica guiada por ecografía se ha consolidado como una alternativa terapéutica segura, eficaz, mínimamente invasiva y de costo razonable para el manejo de nódulos tiroideos benignos sintomáticos y en casos seleccionados, también para lesiones malignas de bajo riesgo. Esta técnica ofrece ventajas clínicas significativas, como la preservación de la función tiroidea y una baja tasa de complicaciones.

La evidencia científica actual respalda su utilización en contextos bien definidos, especialmente en pacientes que rechazan o presentan contraindicaciones quirúrgicas. No obstante, para garan-

tizar la efectividad y seguridad del tratamiento, es fundamental una selección rigurosa de los pacientes por equipos multidisciplinarios con experiencia en patología tiroidea. Asimismo, la implementación del procedimiento debe estar a cargo de profesionales adecuadamente capacitados en técnicas de ablación y debe complementarse con un seguimiento ecográfico estructurado a

largo plazo, con el fin de evaluar la respuesta terapéutica y detectar posibles recidivas o complicaciones. El fortalecimiento de protocolos estandarizados, junto con una mayor disponibilidad de estudios de seguimiento prolongado, permitirá consolidar aún más su rol dentro del arsenal terapéutico para enfermedades nodulares tiroideas.

Conflictos de interés: El autor declara no tener conflictos de interés relacionados con el contenido de este manuscrito.

Financiamiento: El autor no ha recibido financiamiento específico para la realización de este trabajo.

Declaración de uso de Inteligencia Artificial: Para la preparación de este manuscrito se utilizó la herramienta OpenAI exclusivamente para la revisión de redacción, corrección de estilo y organización de contenidos.

Agradecimientos: A Nicole Wash Manetti por su apoyo en la edición del manuscrito.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Mu C, Ming X, Tian Y, Liu Y, Yao M, Ni Y, et al. Mapping global epidemiology of thyroid nodules among general population: A systematic review and meta-analysis. *Front Oncol.* 2022;12:1029926. doi: 10.3389/fonc.2022.1029926.
2. Haugen BR, Alexander EK, Bible KC, Doherty GM, Mandel SJ, Nikiforov YE, et al. 2015 American Thyroid Association Management Guidelines for Adult Patients with Thyroid Nodules and Differentiated Thyroid Cancer: The American Thyroid Association Guidelines Task Force on Thyroid Nodules and Differentiated Thyroid Cancer. *Thyroid.* 2016;26(1):1-133. doi: 10.1089/thy.2015.0020.
3. Smith-Bindman R, Lebda P, Feldstein VA, Sellami D, Goldstein RB, Brasic N, et al. Risk of thyroid cancer based on thyroid ultrasound imaging characteristics: results of a population-based study. *JAMA Intern Med.* 2013;173(19):1788-1796. doi: 10.1001/jamainternmed.2013.9245.
4. Nam-Goong IS, Kim HY, Gong G, Lee HK, Hong SJ, Kim WB, et al. Ultrasonography-guided fine-needle aspiration of thyroid incidentaloma: correlation with pathological findings. *Clin Endocrinol (Oxf).* 2004;60(1):21-28. doi: 10.1046/j.1365-2265.2003.01912.x.
5. Fisher SB, Perrier ND. The incidental thyroid nodule. *CA Cancer J Clin.* 2018;68(2):97-105. doi: 10.3322/caac.21447.
6. Park HS, Baek JH, Park AW, Chung SR, Choi YJ, Lee JH. Thyroid Radiofrequency Ablation: Updates on Innovative Devices and Techniques. *Korean J Radiol.* 2017;18(4):615-623. doi: 10.3348/kjr.2017.18.4.615.
7. Russell JO, Desai DD, Noel JE, Hussein M, Toraih E, Seo S, et al. Radiofrequency ablation of benign thyroid nodules: A prospective, multi-institutional North American experience. *Surgery.* 2024;175(1):139-145. doi: 10.1016/j.surg.2023.07.046.
8. Shi W, Cai W, Wang S, Gao Y, Yang R, Liu Q, et al. Safety and efficacy of microwave ablation for symptomatic benign thyroid nodules in children. *Eur Radiol.* 2024;34(6):3851-3860. doi: 10.1007/s00330-023-10282-2.
9. Papini E, Monpeyssen H, Frasoldati A, Hegedüs L. 2020 European Thyroid Association Clinical Practice Guideline for the Use of Image-Guided Ablation in Benign Thyroid Nodules. *Eur Thyroid J.* 2020;9(4):172-185. doi: 10.1159/000508484.
10. Na DG, Lee JH, Jung SL, Kim JH, Sung JY, Shin JH, et al.; Korean Society of Thyroid Radiology (KSThR); Korean Society of Radiology. Radiofrequency ablation of benign thyroid nodules and recurrent thyroid cancers: consensus statement and recommendations. *Korean J Radiol.* 2012;13(2):117-125. doi: 10.3348/kjr.2012.13.2.117.
11. Kim JH, Baek JH, Lim HK, Ahn HS, Baek SM, Choi YJ, et al.; Guideline Committee for the Korean Society of Thyroid Radiology (KSThR) and Korean Society of Radiology. 2017 Thyroid Radiofrequency Ablation Guideline: Korean Society of Thyroid Radiology. *Korean J Radiol.* 2018;19(4):632-655. doi: 10.3348/kjr.2018.19.4.632.
12. Huber TC. Review of the Korean Society of Interventional Radiology and European Thyroid Association Guidelines Regarding the Role of Radiofrequency Ablation for Benign and Malignant Thyroid Tumors. *Tech Vasc Interv Radiol.* 2022;25(2):100817. doi: 10.1016/j.tvir.2022.100817. Erratum in: *Tech Vasc Interv Radiol.* 2022;25(4):100852. doi: 10.1016/j.tvir.2022.100852.
13. Ha EJ, Lee MK, Baek JH, Lim HK, Ahn HS, Baek SM, et al.; Guideline Committee for the Korean Society of Thyroid Radiology (KSThR); Korean Society of Radiology. Radiofrequency Ablation for Recurrent Thyroid Cancers: 2025 Korean Society of Thyroid Radiology Guideline. *Korean J Radiol.* 2025;26(1):10-28. doi: 10.3348/kjr.2024.0963.
14. Xu D, Ge M, Yang A, Cheng R, Sun H, Wang H, et al. Expert consensus workshop report: Guidelines for thermal ablation of thyroid tumors (2019 edition). *J Cancer Res Ther.* 2020;16(5):960-966. doi: 10.4103/jcrt.jCRT_558_19.
15. Santos GPL, Kulcsar MAV, Capelli FA, Steck JH, Fernandes KL, Mesa CO, et al. Brazilian Consensus on the Application of Thermal Ablation for Treatment of Thyroid Nodules: A Task Force Statement by the Brazilian Society of Interventional Radiology and Endovascular Surgery (SOBRICE), Brazilian Society of Head and Neck Surgery (SBCCP), and Brazilian Society of Endocrinology and Metabolism (SBEM). *Arch Endocrinol Metab.* 2024;68:e230263. doi: 10.20945/2359-4292-2023-0263.
16. Bernardi S, Giudici F, Cesareo R, Antonelli G, Cavallaro M, Deandrea M, et al. Five-Year Results of Radiofrequency and Laser Ablation of Benign Thyroid Nodules: A Multicenter Study from the Italian Minimally Invasive Treatments of the Thyroid Group. *Thyroid.* 2020;30(12):1759-1770. doi: 10.1089/thy.2020.0202.

17. Chen S, Dou J, Cang Y, Che Y, Dong G, Zhang C, et al. Microwave versus Radiofrequency Ablation in Treating Predominantly Solid Benign Thyroid Nodules: A Randomized Controlled Trial. *Radiology*. 2024;313(1):e232162. doi: 10.1148/radiol.232162.
18. Qian Y, Li Z, Fan C, Huang Y. Comparison of ultrasound-guided microwave ablation, laser ablation, and radiofrequency ablation for the treatment of elderly patients with benign thyroid nodules: A meta-analysis. *Exp Gerontol*. 2024;191:112425. doi: 10.1016/j.exger.2024.112425.
19. Zufry H, Hariyanto TI. Comparative Efficacy and Safety of Radiofrequency Ablation and Microwave Ablation in the Treatment of Benign Thyroid Nodules: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Korean J Radiol*. 2024;25(3):301-313. doi: 10.3348/kjr.2023.1004.
20. Hu Y, Zhou W, Xu S, Jia W, Zhang G, Cao Y, et al. Thermal ablation for the treatment of malignant thyroid nodules: present and future. *Int J Hyperthermia*. 2024;41(1):2379983. doi: 10.1080/02656736.2024.2379983.
21. Zhang D, Sun H, Ierardi AM, Angileri SA, Frattini F, Mortellaro S, et al. Thermal Ablation for Benign Thyroid Nodules and Papillary Thyroid Microcarcinoma. *Surg Technol Int*. 2024;44:157-162. doi: 10.52198/24.STI.44.GS1806.
22. Austerlitz J, Mann DS, Noel JE, Orloff LA. Thyroid Nodule Rupture Following Radiofrequency Ablation for Benign Thyroid Nodules. *JAMA Otolaryngol Head Neck Surg*. 2024;150(8):651-657. doi: 10.1001/jamaoto.2024.1400.
23. Chan WK, Sun JH, Liou MJ, Hsu CJ, Lu YL, Chou WY, et al. Novel and Advanced Ultrasound Techniques for Thyroid Thermal Ablation. *Endocrinol Metab (Seoul)*. 2024;39(1):40-46. doi: 10.3803/EM.2024.1917.
24. Bojunga J, Trimboli P. Thyroid ultrasound and its ancillary techniques. *Rev Endocr Metab Disord*. 2024;25(1):161-173. doi: 10.1007/s11154-023-09841-1.