

## USO DE LA ABLACIÓN POR MICROONDAS EN EL TRATAMIENTO DE LOS NÓDULOS TIROIDEOS

Gestne Aure<sup>1</sup> 

### Resumen

La ablación por microondas (AMO) se ha aplicado como terapia térmica guiada por imagen para reducir el volumen de los nódulos tiroideos y ayudar a aliviar los síntomas de compresión y las preocupaciones estéticas. Es una estrategia terapéutica para el carcinoma papilar de bajo riesgo. Esta técnica permite una mayor área de ablación en menos tiempo, logrando la destrucción completa del tumor, y es posible gracias a un tratamiento rápido con anestesia local. Es eficaz y segura, con menos complicaciones y tiempos de hospitalización más cortos en comparación con la cirugía. El aprendizaje automático y los modelos computacionales son útiles en los procedimientos de ablación térmica, y algunos investigadores han incorporado inteligencia artificial (IA) en sus modelos para predecir mejores resultados, pero se espera más investigación en esta área. *Diabetes Actual, 2024; Vol 2 (3): 186-193.*

**Palabras clave:** Ablación, microondas, nódulos tiroideos.

## USE OF MICROWAVE ABLATION IN THE TREATMENT OF THYROID NODULES

### Abstract

Microwave ablation (MWA) has been applied as an image-guided thermal therapy to reduce the volume of thyroid nodules and helps relieve symptoms of compression and aesthetic concerns. It is a therapeutic strategy for low-risk papillary carcinoma. It is a technique that allows for a larger ablation area in less time, producing complete tumor destruction, and is possible since it is a rapid treatment with local anesthesia. It is effective and safe, with fewer complications and shorter hospitalization times compared to surgery. Machine learning and computational models are useful in thermal ablation procedures, and some researchers have incorporated Artificial Intelligence (AI) into their models to predict better outcomes, but more research in this area is awaited. *Diabetes Actual, 2024; Vol 2 (3): 186-193.*

**Keywords:** Ablation, microwaves, thyroid nodules.

## INTRODUCCIÓN

Las microondas son una forma de radiación electromagnética, la aplicación de la energía de microondas en medicina se ha constituido en un área de gran interés desde 1980 cuando fue utilizado en el tratamiento del cáncer. La

energía de microondas es una forma de radiación electromagnética con frecuencias que van desde 300 MHz a 300 GHz. La frecuencia más común es de aproximadamente 2,45 GHz, dentro de la banda de radio industrial, científica y médica. En los últimos años, la energía de microondas ha sido utilizada en la industria de la salud para diversos

<sup>1</sup>Centro Médico Docente La Trinidad, Servicio de Endocrinología. Correo electrónico: gestneure@gmail.com



Creative Commons Attribution 4.0 Internacional (CC BY).

finas, especialmente con frecuencias distintas de 2,45 GHz. Como la energía de microondas es una forma de radiación no ionizante, no altera la estructura molecular del tejido biológico y tiene importantes aplicaciones biomédicas<sup>1</sup>.

La ablación térmica por microondas es considerada un fenómeno biológico que se consigue al aplicar energía a través de ondas de origen electromagnético a moléculas que en el caso de la medicina pertenecen a un tejido vivo, es decir la técnica de ablación por microondas (MWA) es una técnica mínimamente invasiva que produce necrosis del tejido tisular usando calor<sup>2-4</sup>, esta técnica ha sido utilizada históricamente para el tratamiento de tumores hepatocelulares<sup>2</sup>.

El principio de esta técnica se fundamenta en la agitación de las moléculas de agua por ondas electromagnéticas que dan como resultado una necrosis por coagulación en las áreas sometidas al proceso de ablación, la ventaja de esta técnica sobre la radiofrecuencia es que permite una ablación mayor de la zona a tratar, se puede usar en nódulos que miden más de 40 mm, con una completa destrucción del tumor en un menor tiempo requerido<sup>5</sup>.

Hay interacciones térmicas y no térmicas de la energía de microondas, los efectos de este tipo de energía están representados por la emisión continua de energía que hace que la vibración de los electrones y los iones oscilen en un campo eléctrico cambiante que aumenta la temperatura en el tejido biológico<sup>6</sup>. El Dr. Jocelyn Paré fue uno de los destacados investigadores y líder mundial en el campo de tecnologías innovadoras de microondas en su interés y conocimiento en el uso de radiación electromagnética lo llevaron a ser el principal inventor de la familia de tecnologías de Procesos Asistidos por Microondas con aplicaciones en diferentes áreas<sup>7</sup>.

Las interacciones no térmicas de la energía de microondas en el campo de la medicina son utilizadas para diagnóstico de enfermedades a través de estudios de imagen y en el laboratorio para diagnóstico molecular ya que permite lisar y extraer ADN<sup>8</sup>. En la actualidad la ablación de nódulos tiroideos con el uso de microondas constituye un nuevo enfoque en el tratamiento de esta enfermedad teniendo como objetivo la reducción del volumen de los nódulos para mejorar síntomas de compresión tiroidea, esta técnica ya ha sido utilizada en el tratamiento de tumores malignos localizados en hígado, pulmón y riñones.

## **1. NÓDULOS TIROIDEOS Y TÉCNICA DE ABLACIÓN POR MICROONDAS**

Los nódulos tiroideos (NT) son comunes en la población general. Si tomamos en cuenta la prevalencia de nódulos tiroideos encontrados durante la palpación en el examen físico esta puede estar entre 4 a 5 %, pero en los estudios<sup>9</sup> de ecografía y autopsia la prevalencia puede aumentar hasta 50 a 67 %.

La ecografía es el estudio preferido para evaluar NT. Con la utilización de transductores de alta frecuencia y resolución, la ecografía puede caracterizar la estructura de glándula y los nódulos subyacentes de manera eficaz permitiendo que las características observadas puedan ser utilizadas para estratificar el riesgo de nódulos en forma individual y así guiar la selección o el tratamiento a seguir. La ecografía define la ubicación anatómica de los nódulos dentro de la glándula tiroidea y proporciona mediciones de nódulos en tres dimensiones, lo cual es importante para determinar el crecimiento de los mismos. La ecografía también permite

determinar la homogeneidad del parénquima tiroideo que puede ser heterogéneo en pacientes con enfermedad tiroidea autoinmune o tiroiditis<sup>9</sup>.

La mayoría de los NT son asintomáticos y no causan disfunción tiroidea, una vez que son diagnosticados se recomienda seguimiento clínico para los NT asintomáticos no funcionantes benignos. Los síntomas atribuibles a la compresión de estructuras adyacentes por los nódulos ubicados en la tiroides incluyen disfagia, sensación de globo, disfonía y disnea, los tratamientos médicos tienen un valor limitado en la resolución de los síntomas de compresión y problemas estéticos. La cirugía en enfermedades tiroideas nodulares suele preferirse en pacientes con síntomas compresivos, en presencia de cáncer de tiroides y en los casos seleccionados con hipertiroidismo. Una de las prioridades más importantes en el seguimiento y tratamiento de los NT es proteger a los pacientes de una cirugía innecesaria<sup>10</sup>.

La MWA se ha ido aplicando como una nueva terapia de ablación térmica guiada por imagen que ayuda a aliviar los síntomas de compresión y/o problemas estéticos del nódulo<sup>5</sup>. Las técnicas de ablación de nódulos tiroideos benignos por MWA, con laser o con radiofrecuencia constituyen tratamientos novedosos en tratamiento de nódulos tiroideos<sup>11</sup>.

El principio de MWA busca apuntar al tumor sólido guiado por ultrasonido en tiempo real, para esto se utiliza una aguja de ablación percutánea en la lesión, se produce gran calentamiento local por las microondas en un tiempo corto, el tumor se coagula y se necrosa instantáneamente debido a las altas temperaturas. Las altas temperaturas causan daño transmural en los vasos sanguíneos, lo que activa una respuesta autoinmune. Esto

lleva a una degradación y absorción del tejido necrótico, reduciendo y eliminando el tumor. Aunque la MWA se ha usado mucho en nódulos tiroideos benignos, no hay consenso sobre su valor clínico a largo plazo<sup>12</sup>.

En el 2020 fue publicada la Guía de práctica Clínica de la Asociación Europea para el uso de ablación guiada por imágenes en nódulos tiroideos benignos, en esta guía se establece que la ablación térmica guiada por imágenes debe considerarse como una alternativa rentable a el tratamiento quirúrgico sobre todo en pacientes adultos con nódulos benignos que puedan causar compresión y/o problemas estéticos y que rechazan la cirugía, en estos casos la ablación por microondas constituye una alternativa nueva que puede superar las limitaciones de la ablación por radiofrecuencia<sup>13</sup>.

## 2. EFICACIA SEGÚN EL TIPO DE NÓDULOS

En los diferentes estudios la eficacia de la técnica se consigue con una reducción mayor o igual al 50% del volumen del nódulo, mejoría estética del cuello y de los síntomas de compresión<sup>14</sup>.

La efectividad de MWA en nódulos sólidos está respaldada por evidencia limitada. Los estudios retrospectivos muestran una reducción del 74,6% al 90% en un año. Los metanálisis indican una reducción del 74% en 6 meses y del 89% en 12 meses. Sin embargo, los estudios prospectivos reportan solo una reducción del 40% y 29%<sup>13</sup>.

En nódulos quísticos se ha conseguido una reducción de 92% en 12 meses<sup>15</sup> y los nódulos espongiiformes tienen una reducción de 86%, similar a los quísticos<sup>14</sup>.

No se recomienda la técnica MWA para tratar nódulos autónomos benignos debido a la falta de estudios que demuestren su eficacia y seguridad, así como la baja probabilidad de restaurar la función tiroidea<sup>13</sup>.

La correlación entre el realce del nódulo y la eficacia de MWA aún no está establecida. Sin embargo, los nódulos con mayor realce muestran mejores resultados tras 12 meses del procedimiento comparados con los de menor realce. Esto podría deberse a que el realce refleja la microcirculación en el nódulo. Los nódulos con más realce tienen menos tejido fibroso e intersticial y más sangre con moléculas de agua. La mayor cantidad de agua contribuye a generar más calor rápidamente, mejorando la coagulación térmica. En resumen, los nódulos con mayor circulación responden mejor a la ablación<sup>16</sup>.

### **3. ABLACIÓN POR MICROONDAS Y CÁNCER PAPILAR DE TIROIDES**

El carcinoma papilar de tiroides es el subtipo más frecuente de cáncer diferenciado de tiroides, representa el 85% de todos los cánceres diferenciados de esta glándula y la tasa de mortalidad específica de la enfermedad es menos de 3%, 17 cuando las lesiones son menores de 10 mm son denominados microcarcinomas<sup>18</sup>.

La MWA se ha utilizado ampliamente no solo en el tratamiento de nódulos tiroideos benignos (NTB)<sup>19</sup>, sino también en cáncer papilar de tiroides sobre todo en microcarcinomas<sup>20,21</sup>. La MWA se ha utilizado en el tratamiento de pacientes con carcinoma papilar de bajo riesgo y tiene la ventaja de proporcionar un área de ablación más grande en un tiempo más corto y producir una

destrucción tumoral completa permitiendo que el tratamiento sea rápido y con anestesia local<sup>22,23</sup>.

La RFA y la MWA han demostrado eficacia en reducir el volumen tumoral del carcinoma papilar. Estudios recientes indican que estos métodos podrían ser alternativas a la cirugía por sus altas tasas de supervivencia libre de enfermedad y bajas complicaciones. Se necesitan estudios prospectivos y a largo plazo, ya que la mayoría de los estudios actuales son retrospectivos y de corto plazo.

### **4. EFECTOS SECUNDARIOS**

Esta técnica es eficaz y segura en términos de efectos secundarios, cosméticos, menos complicaciones y reducción de los días de hospitalización cuando se compara con la intervención quirúrgica<sup>24</sup>. El seguimiento de los pacientes en los que se ha utilizado la técnica de microondas para ablación de nódulos tiroideos requiere evaluaciones al mes, a los tres y luego a los seis meses del procedimiento, durante la consulta se evalúan los síntomas, cambios producidos en la lesión y reducción del volumen observados por ecasonografía y pruebas de función tiroidea<sup>25</sup>.

Al usar la técnica de MWA en el tratamiento de nódulos tiroideos es importante considerar los límites de la anatomía del cuello y las importantes estructuras críticas proximales, como la tráquea, los grandes vasos del esófago, los plexos nerviosos, los nervios laríngeos recurrentes y las glándulas paratiroides, esto requiere que el operador comprenda el mecanismo y tengan un intensivo entrenamiento para evitar complicaciones graves.

Aunque los efectos secundarios son poco, leves y en su mayoría transitorio es importante conocer que se puede presentar. Los efectos secundarios observados con el uso de esta técnica en la patología nodular de tiroides van desde lesiones localizadas en cuello como hematomas, edema, quemadura en piel hasta hipotiroidismo y cambios en la voz. La lesión nerviosa conocida como la complicación más grave fue descrita en 3,6% (8 de 222) de los pacientes descritos en el trabajo de Yue *et al.* quien además informó que hubo una recuperación espontánea dentro de los tres meses siguientes<sup>26</sup>.

Se han descrito otras complicaciones con Síndrome de Horner leve con Ptosis palpebral y miosis, síntomas que desaparecen sin ningún tratamiento al igual que enfermedad de Graves que se ha presentado posterior al tratamiento ablativo<sup>27</sup>.

## 5. RADIOFRECUENCIA Y MICROONDAS

La ablación por MWA utiliza ondas de mayor frecuencia que la radiofrecuencia (RFA) lo que permite aumento de temperatura a mayor velocidad en la zona expuesta pudiéndose también aplicar en zonas más pequeñas, pero como resultado del rápido aumento de la temperatura la carbonización del tumor puede ser más grave y bloquear la entrada de calor cuando esto ocurre disminuyendo el tiempo de exposición<sup>27</sup>.

En comparación con RFA, tiene una mayor velocidad de aumento de temperatura y zonas de ablación más pequeñas. La reducción del tiempo de tratamiento puede ser más valiosa cuando se tratan tumores más grandes. La zona de ablación restringida podría ayudar a evitar lesiones en

estructuras críticas alrededor del tumor. Sin embargo, como resultado del rápido aumento de la temperatura, la carbonización del tumor puede ser más grave que en la RFA y puede bloquear la transmisión de calor<sup>27</sup>.

Existen nódulos que no desaparecen por completo después de MWA, esto puede deberse a un retraso en el sistema inmunitario, ya que las células inmunes deben viajar al lugar de la ablación. Cuando se comparan los resultados de la MWA con los obtenidos con la ablación por radiofrecuencia en nódulos tiroideos benignos no hay una diferencia significativa en el estudio publicado por Yue y colaboradores<sup>28</sup>, pero en el trabajo realizado por Chen *et al.* se consiguieron mejores resultados con la ablación por radiofrecuencia<sup>29</sup>.

Una estrategia para lograr la ablación completa de todo el nódulo es aumentar el tiempo de ablación o el área de tratamiento, pero esto puede traer como consecuencia riesgo de dañar los tejidos sanos adyacentes. Un trabajo realizado por Jeong, *et al.*<sup>30</sup> se encontró que 33% de los nódulos requieren de 2 a 6 sesiones de ablación para completar el tratamiento, en otro trabajo realizado por Liu<sup>31</sup> se encontró que los nódulos benignos necesitaron de 2 a 6 sesiones. Actualmente se recomienda que de 3 a 6 meses después del primer tratamiento es momento correcto para esperar repetir el procedimiento<sup>32</sup>.

Uno de los riesgos del uso de la ablación con MWA es pasar por alto que pueden existir pequeños focos de microcarcinomas que solo pueden observarse cuando se hace tiroidectomía en el estudio de anatomía patológica<sup>33</sup>.

El estudio publicado por Deng, *et al.*<sup>34</sup> demostró una alta eficacia de MWA para el tratamiento de microcarcinoma papilar de tiroides durante un

periodo de seguimiento de 5 años, de 41 nódulos sometidos a ablación 40 de ellos (74,28%) presentaron ablación completa, y la recurrencia o metástasis no ocurrió en este tiempo.

Durante el proceso de ablación en microcarcinoma papilar, es importante colocar la punta de la antena de ablación en el borde de la lesión cerca del tejido normal para asegurar que el rango del área de ablación se puede extender más allá de la que abarca el nódulo<sup>34</sup>.

## **6. MICROONDAS Y AUTOINMUNIDAD TIROIDEA**

Los estudios han demostrado que MWA puede preservar la función tiroidea en pacientes incluso con ablación bilateral de nódulos tiroideos. Sin embargo, también se ha informado tiroiditis transitoria en algunos casos, con respecto a esto los resultados en los estudios publicados han sido contradictorios ya que algunos han descrito que esta técnica aplicada en nódulos tiroideos benignos puede dar lugar a elevación de anticuerpos tiroideos como los anticuerpos contra la peroxidasa tiroidea (TPOAb), la tiroglobulina (TGAb) y el receptor de tirotrópica (TRAb), mientras que otros estudios no han informado cambios significativos en TgAb y TPOAb. En la actualidad pocos estudios se han centrado en la función tiroidea y los cambios de anticuerpos después de MWA de nódulos tiroideos<sup>21</sup>.

## **7. USO DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN LA ABLACIÓN CON MICROONDAS**

El desarrollo aprendizaje automático y los modelos computacionales son de gran utilidad

en la aplicación de procedimientos de ablación térmica, aunque han sido poco utilizados y hay poca información del uso de inteligencia artificial en la aplicación de esta para predecir resultados con el uso de la ablación de tejido por microondas algunos investigadores la han incorporado en sus modelos para poder predecir los resultados se necesitan más investigación en esta área<sup>21</sup>.

## **CONCLUSIONES**

- Las microondas son una forma de radiación electromagnética y la aplicación de la energía de microondas en medicina cada día adquiere mayor utilidad
- La ablación por microondas es una técnica novedosa en el tratamiento de nódulos tiroideos ya que esta técnica tiene ventajas cosméticas, menor complicación que la Tiroidectomía
- La ablación por microondas se ha utilizado no solo en el tratamiento de nódulos tiroideos benignos, sino también en cáncer papilar de tiroides sobre todo en microcarcinomas.
- Los estudios han demostrado que MWA puede preservar la función tiroidea en pacientes incluso con ablación bilateral de nódulos tiroideos.
- La recomendación de este tipo de técnicas requiere de estudios prospectivos y a largo plazo, ya que la mayoría de los estudios hasta ahora publicados son retrospectivos, descriptivos y con periodos cortos de observación.



## CONFLICTOS DE INTERÉS

Este trabajo fue realizado con recursos propios sin subvenciones. No existen conflictos de interés.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Gartshore A, Kidd M, Joshi LT. Applications of microwave energy in medicine. *Biosensors*. 2021; 26;11(4):96.
- Liang P, Wang Y, Yu X, Dong B. Malignant Liver Tumors: Treatment with Percutaneous Microwave Ablation—Complications among Cohort of 1136 Patients. *Radiology*. 2009; 251(3):933-940.
- Wolf F, Grand D, Machan J, DiPetrillo T, Mayo-Smith W, Dupuy D. Microwave Ablation of Lung Malignancies: Effectiveness, CT Findings, and Safety in 50 Patients. *Radiology*. 2008;247(3):871-879
- Sainz Sánchez I, Lesta Margarita M, Latorre Tomey R, Guirola JA, De Gregorio MA. Tratamiento ablativo de nódulos tiroideos benignos mediante ablación por microondas y radiofrecuencia. *Intervencionismo*. 2019;19(2):67-76.
- Feng B, Liang P, Cheng Z, Yu X, Yu J, Han Z *et al*. Ultrasound-guided percutaneous microwave ablation of benign thyroid nodules: experimental and clinical studies. *European Journal of Endocrinology*. 2012;166(6):1031-1037.
- Mumtaz, S.; Rana, JN; Choi, EH; Han, I. La radiación de microondas y el cerebro: mecanismos, estado actual y perspectivas futuras. En t. J. Mol. ciencia 2022, 23, 92880.
- Paré, J. J., Bélanger, J. M., Cormier, G., Foucher, D., Thériault, A., Savoie, J. C., & Rochas, J. F. (2023). Microwave-assisted chemical ablation (MACA): a novel microwave-assisted tissue ablation procedure—preliminary assessment of efficiency. *Applied Sciences*. 13(12), 7177.
- Gopalakrishnan K, Adhikari A, Pallipamu N, Singh M, Nusrat T, Gaddam S, Samaddar P, Rajagopal A, Cherukuri AS, Yadav A, Manga SS. Applications of Microwaves in Medicine Leveraging Artificial Intelligence: Future Perspectives. *Electronics*. 2023 23;12(5):1101.
- Kobaly K, Kim CS, Mandel SJ. Contemporary management of thyroid nodules. *Annual Review of Medicine*. 2022 27;73:517-28.
- Erturk, M. S., Cekic, B., Celik, M., & Ucar, H. (2020). Microwave ablation of symptomatic benign thyroid nodules: Short- and long-term effects on thyroid function tests, thyroglobulin and thyroid autoantibodies. *Clinical Endocrinology*.
- Mauri G, Pacella CM, Papini E, Solbiati L, Goldberg SN, Ahmed M, *et al*. Image-Guided Thyroid Ablation: Proposal for Standardization of Terminology and Reporting Criteria. *Thyroid*. 2019;29(5):611-8
- R. Wanqing Tang, Wenhai Sun, Xiaoyan Niu, Xufu Wang, Xinya Wang, Mingzhu Zhang, Rongling Wang, Wenbin Jiang, Danni Jiang, Cheng Zhao. (2022) Evaluating the safety and efficacy of microwave ablation in treatment of cervical metastatic lymph nodes of papillary thyroid carcinoma compared to repeat surgery. *International Journal of Hyperthermia* 39:1, 813-821
- 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. *European thyroid journal*. 2020;9(4):172-85.
- Vallejo EC, Hermosin A, Gargallo M, Villalba Á, Daguer E, Flores J, Periañez J, Amorín J, Santos E. Multiple overlapping microwave ablation in benign thyroid nodule: a single-center 24-month study. *European Thyroid Journal*. 2023 1;12(1).
- Zhi X, Zhao N, Liu Y, Liu JB, Teng C, Qian L. Microwave ablation compared to thyroidectomy to treat benign thyroid nodules. *Int J Hyperthermia*. 2018 ;34(5):644-52.
- Fu, Q. Q., Kang, S., Wu, C. P., Wang, S. Y., Liu, Y. Y., Tian, J. W. A study on the efficacy of microwave ablation for benign thyroid nodules and related influencing factors. *International Journal of Hyperthermia*, 2021; 38(1), 1469-1475.
- Haugen BR, Alexander EK, Bible KC, Doherty GM, Mandel SJ, Nikiforov YE, *et al*. 2015 Pautas de manejo de la American Thyroid Association para pacientes adultos con nódulos tiroideos y cáncer de tiroides diferenciado: Grupo de trabajo de pautas de la American Thyroid Association sobre nódulos tiroideos y cáncer de tiroides diferenciado. *Tiroides*. 2016; 26(1):1-133.

18. Zafon C, Baena JA, Castellví J, Obiols G, Monroy G, Mesa J. Differences in the form of presentation between papillary microcarcinomas and papillary carcinomas of larger size. *J Thyroid Res.* 2011;639156.
19. Z. Cheng and P. Liang, "Advances in ultrasound-guided thermal ablation for symptomatic benign thyroid nodules," *Advances in Clinical and Experimental Medicine*, vol. 29, no. 9, pp. 1123–1129, 2020.
20. Zheng L, Dou JP, Han ZY, Liu FY, Yu J, Cheng Z, *et al.* Microwave Ablation for Papillary Thyroid Microcarcinoma with and without US-detected Capsule Invasion: A Multicenter Prospective Cohort Study. *Radiology.* 2023 7:220661
21. Zhen-Long Z, Wei Y, Cai-Hong L, Li-Li P, Li Y, Lu NC, Wu J, Ming-An Y. Changes in Thyroid Antibodies after Microwave Ablation of Thyroid Nodules. *International Journal of Endocrinology.* 2022;2022.
22. Qian GJ, Wang N, Shen Q, Sheng YH, Zhao JQ, Kuang M, *et al.* Efficacy of microwave versus radiofrequency ablation for treatment of small hepatocellular carcinoma: experimental and clinical studies. *Eur Radiol.* 2012;22(9):1983–1990.
23. Effect of variation of portal venous blood flow on radiofrequency and microwave ablations in a blood-perfused bovine liver model. *Radiology.* 2013;267(1):129–136.
24. Ding J, Wang D, Zhang W, Xu D, Wang W. Ultrasound-Guided Radiofrequency and Microwave Ablation for the Management of Patients With Benign Thyroid Nodules: Systematic Review and Meta-Analysis. *Ultrasound Quarterly.* 2023 Mar 1;39(1):61–8.
25. Yang YL, Chen CZ, Zhang XH. Microwave ablation of benign thyroid nodules. *Future Oncology.* 2014 Jun;10(6):1007–14.
26. Yue W, Wang S, Wang B *et al.* Ultrasound guided percutaneous microwave ablation of benign thyroid nodules: safety and imaging follow-up in 222 patients. *Eur. J. Radiol.* 82(1), e11–e16 (2013).
27. Baldwin CK, Natter MB, Patel KN, Hodak SP. Minimally Invasive Techniques for the Management of Thyroid Nodules. *Endocrinology and Metabolism Clinics.* 2022 Jun 1;51(2):323–49.
28. Yue WW, Wang SR, Lu F, Sun LP, Guo LH, *et al.* Radiofrequency ablation vs. Microwave ablation for patients with benign thyroid nodules: a propensity score matching study, *Endocrine* 55 (2017) 485–495.
29. Cheng Z, Che Y, Yu S, Wang S, Teng D, Xu H, *et al.* US-guided percutaneous radiofrequency versus microwave ablation for benign thyroid nodules: a prospective multicenter study, *Sci. Rep.* 2017; 7(1):9554.
30. Jeong WK, Baek JH, Rhim H, Kim YS, Kwak MS, Jeong HJ, *et al.* Radiofrequency ablation of benign thyroid nodules: safety and imaging follow-up in 236 patients, *Eur. Radiol.* 2008; 18(6):1244–1250.
31. Liu LH, Yang BB, Liu Y, Wang JL, Wang DD, Ding HY, *et al.* "Factors related to the absorption rate of benign thyroid nodules after image-guided microwave ablation: a 3-year follow-up." *International Journal of Hyperthermia.* 2022; 39(1):8–14.
32. Cui T, Jin C, Jiao D, Teng D, Sui G. Safety and efficacy of microwave ablation for benign thyroid nodules and papillary thyroid microcarcinomas: A systematic review and meta-analysis. *European Journal of Radiology.* 2019 1;118:58–64.
33. Valcavi R, Piana S, Bortolan GS, Lai R, Barbieri V, Negro R. Ultrasound-guided percutaneous laser ablation of papillary thyroid microcarcinoma: a feasibility study on three cases with pathological and immunohistochemical evaluation. *Thyroid* 2013; 23:1578–1582.
34. Deng-Ke Teng, Wen-Hui Li, Jia-Rui Du, Hui Wang, Dong-Yan Yang, Xiao-Li Wu. Effects of Microwave Ablation on Papillary Thyroid Microcarcinoma: A Five-Year Follow-Up Report. *Thyroid.* 2020;1752–1758

Recibido: 16/09/2024

Aceptado: 21/10/2024