

CIRUGÍA SIN BISTURÍ: POTENCIAL DEL ULTRASONIDO FOCALIZADO DE ALTA INTENSIDAD (HIFU) EN PROCEDIMIENTOS ABDOMINALES
SCALPEL-FREE SURGERY: POTENTIAL OF HIGH-INTENSITY FOCUSED ULTRASOUND (HIFU) IN ABDOMINAL PROCEDURES

Autores: ¹Jessica Yadira Shilquigua Cajilema, ²Luis Miguel Villacis Coca, ³Erika Vanessa Toapanta Yanzapanta y ⁴Klever Roberto Leguízamo Silva

¹ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0005-3785-8486>

²ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-9737-2788>

²ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0001-0634-9794>

⁴ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-1004-159X>

¹E-mail de contacto: yadjesc@gmail.com

²E-mail de contacto: luisvillacis47@gmail.com

³E-mail de contacto: erikavtoapanta@hotmail.com

⁴E-mail de contacto: klever.edsud@gmail.com

Afiliación: ¹*Ministerio de Salud Pública-Centro de Salud Shell, (Ecuador) ^{2*3}Investigador independiente, (Ecuador) ⁴*Ministerio de Salud Pública-Puesto de Salud La Josefina, (Ecuador).

Artículo recibido: 16 de Octubre del 2025

Artículo revisado: 16 de Octubre del 2025

Artículo aprobado: 22 de Octubre del 2025

¹Médica General, egresada de la Universidad Nacional de Chimborazo (Ecuador), con 3 años de experiencia laboral.

²Médico General, egresado de la Universidad Técnica de Ambato (Ecuador), con 1 año de experiencia laboral.

³Médica General, egresado de la Universidad Técnica de Ambato (Ecuador), con 1 año de experiencia laboral.

⁴Médico General, egresado de la Universidad Técnica de Ambato (Ecuador), con 1 año de experiencia laboral. Maestrante de la maestría en Salud Pública con mención en Atención Primaria de Salud, Universidad Estatal de Milagro (Ecuador).

Resumen

El objetivo del estudio fue analizar el potencial del ultrasonido focalizado de alta intensidad como herramienta terapéutica no invasiva en procedimientos abdominales, mediante una revisión bibliográfica de estudios clínicos y preclínicos relevantes. Se llevó a cabo una búsqueda estructurada de literatura científica para lo cual se consultaron bases de datos científicas como PubMed, Scopus y Web of Science, seleccionando artículos publicados en los últimos cinco años que abordaran la aplicación del ultrasonido focalizado de alta intensidad en órganos abdominales como hígado, páncreas, riñones y útero. Se identificaron varios avances en cuanto a la capacidad de esta tecnología para inducir necrosis térmica en tejidos diana sin dañar estructuras adyacentes, así como su uso en el tratamiento de tumores sólidos, miomas uterinos y ciertas afecciones funcionales. Se evidenció su utilidad como complemento a terapias convencionales, con menores riesgo de complicaciones postoperatorias, reducción del dolor y tiempos de recuperación más rápidos.

De acuerdo a los estudios analizados se concluye, que el ultrasonido focalizado de alta intensidad representa una posible alternativa de la cirugía convencional debido a que ofrece una opción terapéutica aparentemente segura, eficaz y mínimamente invasiva para los pacientes, sin embargo, es importante considerar que aún se requieren investigaciones a largo plazo con estudios más avanzados para consolidar su implementación clínica en la práctica médica diaria.

Palabras clave: Ultrasonido terapéutico, Cirugía no invasiva, Necrosis térmica, Tumores abdominales, Innovación quirúrgica.

Abstract

The aim of the study was to analyse the potential of high-intensity focused ultrasound as a non-invasive therapeutic tool in abdominal procedures by means of a literature review of relevant clinical and preclinical studies. A structured search of scientific literature was carried out by consulting scientific databases such as PubMed, Scopus and Web of Science,

selecting articles published in the last five years that addressed the application of high-intensity focused ultrasound in abdominal organs such as the liver, pancreas, kidneys and uterus. Several advances were identified regarding the ability of this technology to induce thermal necrosis in target tissues without damaging adjacent structures, as well as its use in the treatment of solid tumours, uterine myomas and certain functional conditions. Its usefulness as a complement to conventional therapies was demonstrated, with lower risk of postoperative complications, pain reduction and faster recovery times. According to the studies analysed, it is concluded that high-intensity focused ultrasound represents a possible alternative to conventional surgery because it offers an apparently safe, effective and minimally invasive therapeutic option for patients; however, it is important to consider that long-term research with more advanced studies is still required to consolidate its clinical implementation in practice.

Keywords: Therapeutic ultrasound, Non-invasive surgery, Thermal necrosis, Abdominal tumours, Surgical innovation.

Sumário

O objetivo do estudo foi analisar o potencial do ultrassom focalizado de alta intensidade como uma ferramenta terapêutica não invasiva em procedimentos abdominais por meio de uma revisão da literatura de estudos clínicos e pré-clínicos relevantes. Uma pesquisa estruturada da literatura científica foi realizada por meio da consulta a bancos de dados científicos como PubMed, Scopus e Web of Science, selecionando artigos publicados nos últimos cinco anos que abordavam a aplicação do ultrassom focalizado de alta intensidade em órgãos abdominais, como fígado, pâncreas, rins e útero. Foram identificados vários avanços em relação à capacidade dessa tecnologia de induzir necrose térmica nos tecidos-alvo sem danificar as estruturas adjacentes, bem como seu uso no tratamento de tumores sólidos, miomas uterinos e determinadas condições funcionais.

Sua utilidade como complemento às terapias convencionais foi demonstrada, com menor risco de complicações pós-operatórias, redução da dor e tempos de recuperação mais rápidos. De acordo com os estudos analisados, concluímos que o ultrassom focalizado de alta intensidade representa uma possível alternativa à cirurgia convencional, pois oferece uma opção terapêutica aparentemente segura, eficaz e minimamente invasiva para os pacientes; no entanto, é importante considerar que ainda são necessárias pesquisas de longo prazo com estudos mais avançados para consolidar sua implementação clínica na prática.

Palavras-chave: Ultrassom terapêutico, Cirurgia não invasiva, Necrose térmica, Tumores abdominais, Inovação cirúrgica.

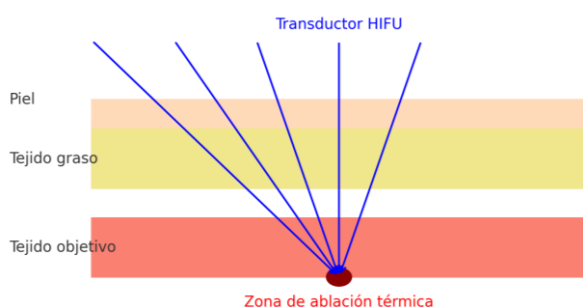
Introducción

En los últimos años, la cirugía abdominal ha experimentado una serie de cambios, esto se debe a la búsqueda de los profesionales de la salud por técnicas que minimicen el trauma quirúrgico y optimicen la recuperación del paciente con el menor porcentaje de riesgos, es por ello que se analiza el uso del ultrasonido focalizado de alta intensidad (HIFU) ya que varios investigadores actualmente consideran como una alternativa innovadora debido a que suele tener mejores resultados en varios aspectos referente a los procedimientos quirúrgicos tradicionales, dicha técnica no invasiva funciona por medio de ondas de ultrasonido que generan calor en tejidos específicos, permitiendo la destrucción de lesiones sin la necesidad de incisiones quirúrgicas (Zhang et al., 2023).

Desde su primera aplicación clínica en los años 90, el HIFU ha evolucionado para abordar múltiples campos de la medicina, como lo son oncología, ginecología, urología, cirugías abdominales y dermatología estética, su mecanismo de acción se basa en la conversión de energía mecánica en calor, generando

temperaturas superiores a 60 °C la cuales provocan la destrucción de tejido patológico, activando mecanismos inmunológicos locales, lo cual se investiga actualmente como beneficio adicional en el tratamiento (Hong, Y., et al. 2019).

Gráfico 1. Representación esquemática del mecanismo de acción del HIFU.



Fuente: Elaboración propia

Las ondas ultrasónicas convergen desde el transductor hacia una zona específica del tejido objetivo, generando calor localizado que provoca necrosis térmica sin afectar las capas superficiales. A nivel mundial, el HIFU ha sido utilizado en una variedad de tratamientos, desde tumores hasta la ablación de tejido adiposo, mostrando resultados prometedores en términos de eficacia y seguridad (Lee, W. 2021; Li, J., et al. 2023). Sin embargo, a pesar de los avances en técnicas quirúrgicas mínimamente invasivas, como la laparoscopia, la necesidad de nuevas alternativas que puedan ofrecer menos complicaciones postquirúrgicas y tiempos de recuperación más cortos continúan siendo un desafío en la práctica médica (Trelles, A., et al. 2020).

En América Latina, el acceso a tecnologías avanzadas en salud ha sido desigual, es decir, aunque algunos países han adoptado el HIFU en sus prácticas médicas quirúrgicas, otros aún enfrentan grandes barreras, como lo es la falta de infraestructura y capacitación adecuada a los

profesionales (Geremia, K., et al., 2025). En Ecuador, el panorama es similar; a pesar de contar con un sistema de salud en crecimiento, la implementación de técnicas como el HIFU es limitada, lo que plantea interrogantes sobre su viabilidad y efectividad, inclusive la literatura existente en América Latina sobre el uso de HIFU en cirugía abdominal es escasa por lo que se requiere una revisión exhaustiva que analice los métodos utilizados en estudios previos y los resultados obtenidos por lo cual surge la pregunta: ¿Cuál es el potencial del ultrasonido focalizado de alta intensidad como alternativa a las técnicas quirúrgicas tradicionales en el tratamiento de patologías abdominales?

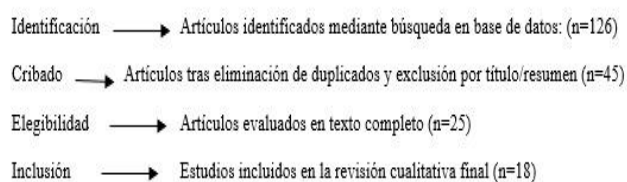
Este artículo se propone realizar una revisión sistemática de la literatura sobre el uso de HIFU en procedimientos quirúrgicos abdominales, con el objetivo de establecer un marco que permita comprender mejor el potencial de esta técnica como una opción viable en el manejo de diversas patologías abdominales y a través de esta revisión, se busca contribuir a la discusión sobre la integración del HIFU. Algunos países como Brasil y México han comenzado a experimentar con esta técnica en contextos oncológicos y ginecológicos, su adopción sigue siendo limitada, en Ecuador, la situación es aún más incipiente debido a que el sistema de salud pública se encuentra en fase de expansión tecnológica, pero enfrenta barreras como la falta de equipos, escasa capacitación en tecnologías de ultrasonido terapéutico y ausencia de protocolos clínicos estandarizados para el uso de HIFU, no se encuentran registros clínicos nacionales que documenten el uso sistemático del HIFU en cirugía abdominal, lo que refleja una importante brecha de implementación y evidencia local, por lo que resulta imprescindible que las instituciones académicas, científicas y de salud colaboren para desarrollar investigaciones nacionales,

fomentar programas de formación médica continua y establecer alianzas con centros internacionales con experiencia en HIFU.

Materiales y Métodos

Se adoptó un enfoque sistemático que incluyó la búsqueda y análisis de estudios relevantes publicados en los últimos 5 años, se realizó una revisión de la literatura utilizando bases de datos científicas como lo es, PubMed, Scopus, Google Scholar y Scielo, con el objetivo de identificar investigaciones que abordaran el uso de HIFU en cirugía abdominal. Dentro de los criterios de inclusión se consideraron artículos publicados en inglés o español, estudios que evaluaran la eficacia y seguridad del HIFU en procedimientos abdominales, ensayos clínicos, revisiones sistemáticas y estudios preclínicos, excluyendo aquellos estudios que no proporcionaran datos cuantitativos o cualitativos sobre los resultados del HIFU, así como aquellos que se centraran en aplicaciones no abdominales. La búsqueda se llevó a cabo utilizando términos clave como "ultrasonido focalizado de alta intensidad", "HIFU", "cirugía abdominal", "eficacia" y "seguridad".

Diagrama 1. Diagrama de selección de artículos



Fuente: Elaboración propia

Se aplicaron filtros para limitar la búsqueda a artículos publicados entre 2018 al 2025, asegurando así la relevancia y actualidad de la información y una vez identificados los estudios pertinentes, se realizó un análisis de los mismos, evaluando la calidad metodológica, los resultados reportados y las conclusiones de cada

investigación. Para el análisis de datos, se utilizó un enfoque cualitativo, organizando la información en categorías temáticas que reflejan los diferentes aspectos del uso de HIFU en cirugía abdominal, se prestó especial atención a los resultados en términos de eficacia, tasas de complicaciones y tiempos de recuperación, así como a las recomendaciones para la práctica clínica, permitiendo obtener una visión integral del estado actual los resultados sobre HIFU en el contexto de la cirugía abdominal, así como identificar áreas que requieren mayor investigación, se identificaron inicialmente 126 artículos mediante una búsqueda estructurada, tras aplicar criterios de elegibilidad, se eliminaron duplicados y se excluyeron artículos que no eran relevantes en función de título o resumen, quedando 45 estudios para el proceso de cribado, posterior a ello se evaluaron en texto completo 25 artículos, considerando la pertinencia temática, el enfoque en procedimientos abdominales y el cumplimiento de los criterios metodológicos establecidos para finalmente incluir los 18 estudios que cumplieron con todos los criterios de inclusión y aportaron datos relevantes sobre la eficacia, seguridad y aplicabilidad clínica del HIFU en procedimientos abdominales (Diagrama 1).

Desarrollo

El ultrasonido focalizado de alta intensidad (HIFU) es considerada como una alternativa moderna no invasiva frente a la cirugía tradicional, es decir mientras la cirugía convencional requiere incisiones, anestesia general y un periodo prolongado de recuperación, el HIFU mediante ondas ultrasónicas genera calor y destruyen selectivamente el tejido enfermo sin necesidad de realizar incisiones significativas, como consecuencia generando menor dolor, mínima pérdida sanguínea, riesgo bajo de infecciones

con una recuperación más rápida, sin embargo, la cirugía tradicional es más efectiva cuando se necesita la extirpación completa de un tejido o la obtención de muestras para análisis histopatológico, además de ser más accesible en la mayoría de los hospitales (Román, D., et al. 2024) . A diferencia del HIFU que requiere equipos especializados y personal entrenado, lo que puede limitar su disponibilidad y aumentar los costos, en conjunto, ambos métodos son complementarios: el HIFU ofrece una opción segura para casos seleccionados, mientras la cirugía tradicional continúa siendo el estándar de referencia en patologías complejas (Tabla 1).

Tabla 1. Comparación entre HIFU y cirugía tradicional

Aspecto	HIFU	Cirugía Tradicional
Tipo de procedimiento	No invasivo	Invasivo
Anestesia	General o local	General o local
Tiempo de recuperación	Rápido (horas a pocos días)	Moderado a largo (días a semanas)
Riesgo de infección	Bajo	Alto
Cicatrices	No deja cicatrices	Deja cicatrices visibles
Precisión del tratamiento	Alta (focalización milimétrica)	Variable (depende de técnica y habilidad quirúrgica)
Complicaciones postoperatorias	Menores y transitorias	Comunes (dolor, sangrado, infecciones)
Requiere hospitalización	En algunos casos ambulatorio	Casi siempre
Costo del procedimiento	Alto por tecnología especializada	Variable según país e institución

Fuente: Elaboración propia

El ultrasonido focalizado de alta intensidad (HIFU) es considerado una técnica útil dentro de las terapias no invasivas, las cuales aprovechan la energía ultrasónica para inducir a necrosis térmica localizada en tejidos profundos, sin necesidad de realizar incisiones quirúrgicas complejas, además, es un procedimiento no invasivo que permite una ablación localizada mediante sonicación utilizando energía acústica, que se genera en un

transductor extracorporal y se dirige a una región objetivo, donde diferentes tumores benignos, como los fibromas uterinos, los tumores desmoides, los nódulos tiroideos benignos o los fibroadenomas de mama, así como tumores malignos, como el cáncer de páncreas, las neoplasias malignas primarias y metastásicas de hígado y hueso, el carcinoma de células renales o el cáncer de mama, pueden tratarse con HIFU. En el centro HIFU, el ultrasonido terapéutico se utiliza principalmente para la ablación local del cáncer de páncreas avanzado (PaC) y los fibromas uterinos sintomáticos (UF). En pacientes con PaC, la ablación con HIFU guiada por ultrasonido (US) conduce a una reducción significativa del dolor relacionado con el cáncer, el volumen tumoral y los niveles séricos del marcador tumoral CA 19-9 en aproximadamente el 80 % de los pacientes, y potencialmente a un beneficio en la supervivencia. Para los UF, el HIFU se utiliza para aliviar los síntomas asociados a los fibromas y mejorar la calidad de vida relacionada con la salud (Tonguc, T., et al. 2021).

La ecografía de alta intensidad o HIFU (High-Intensity Focused Ultrasound) se genera mediante un transductor piezo-eléctrico el cual induce un campo de ultrasonidos (US) con un rango de frecuencias entre 1-7MHz. En cambio, la ecografía diagnóstica utiliza un rango de frecuencias más altas entre 2-15MHz con intensidades y amplitudes mucho menores respecto al HIFU (Tabla 2). Además, la ecografía diagnóstica recomienda disminuir la potencia acústica al mínimo necesario para evitar efectos adversos como lo son exámenes obstétricos, oftálmicos y en neonatos (Román, D., et al. 2024).

Tabla 2. Comparación entre los parámetros utilizados en la ecografía diagnóstica frente HIFU.

	HIFU	ECOGRAFIA DIAGNOSTICA
FRECUENCIA	1-7 Mhz	2-15 MHz
INTENSIDAD	400 –10 000 W/cm2	0.004 y 7.5 W/cm2
AMPLITUDES	10 Mpa	5.5 MPa

Fuente: Román, D., et al.2024

Las ondas de US producidas por el transductor piezoeléctrico se convierten en energía térmica que atraviesan el cuerpo, convergiendo en un punto y siendo capaces de producir necrosis coagulativa en la diana terapéutica (Román, D., et al.2024). Los US de alta intensidad generan un efecto dual sobre los tejidos, induciendo un daño térmico y mecánico. El daño térmico en HIFU se produce por el aumento de la temperatura celular (55°C a 85°C) generando necrosis coagulativa, por lo que se deben evitar temperaturas superiores a 100°C para prevenir la formación de burbujas de aire que podrían alterar el patrón de energía o desencadenar cavitación, generando ondas de choque. Temperaturas subletales (<55°C) inducen hipertermia y pueden conducir a un aumento de la permeabilidad celular, facilitando así la entrega de nanopartículas útiles en futuros tratamientos (Haykal, D., et al. 2025).

Mecanismos HIFU

El ultrasonido focalizado de alta intensidad se administra tradicionalmente mediante un transductor piezoeléctrico con apertura y distancia focal fijas. El transductor genera un campo ultrasónico con frecuencias de 1 a 7 MHz. Estas ondas sonoras se convierten en energía térmica y recorren el cuerpo, convergiendo en un punto focal, pudiendo causar necrosis coagulativa, al igual que en el ultrasonido general, existen dos categorías de efectos del tratamiento sobre el tejido: térmicos y mecánicos. Los efectos térmicos incluyen el calentamiento físico del tejido diana debido a la absorción de ondas ultrasónicas. Con dosis de

energía depositadas más bajas (< 55 °C), la hipertermia inducida puede aumentar la permeabilidad celular, lo que facilita la administración de nanopartículas (Ji, Y., et al. 2020).

Esto puede ser ventajoso en combinación con moléculas portadoras moduladas térmicamente. A dosis de energía depositadas más altas (> 55 °C), se induce un estado de muerte celular por necrosis coagulativa. Este nivel es característico de las terapias ablativas tumorales, donde el área lesionada se mapea mediante ecografía diagnóstica (USgFUS) o, preferiblemente, resonancia magnética (MRgFUS). La precisión de la administración de HIFU permite minimizar la distancia entre el tejido ablacionado y el normal. Yu-Feng reportó un margen casi imperceptible entre los miocitos afectados y los no afectados, incluso proporcionando imágenes que representan diferencias histológicas en una sola célula poco después de la ablación; la mitad que estaba dentro de los límites de la lesión demostró una fragmentación subcelular dramática mientras que la otra mitad de la célula fuera de los márgenes permaneció intacta. Ter Haar et al. informaron que esta distancia es de aproximadamente 10 células (250–300 micrones) cuando se extirpan hepatocitos. Incluso teniendo en cuenta la variabilidad del tejido, la ablación HIFU da como resultado un límite muy delgado entre las regiones afectadas y no afectadas. Los efectos mecánicos del HIFU incluyen la fuerza de la radiación, el aumento de la presión y, sobre todo, la cavitación acústica (Knorren, R., et al. 2024).

La cavitación acústica describe el proceso mediante el cual las diferencias en el campo de presión en el tejido diana provocan la formación, oscilación y colapso de microburbujas, mientras que el ultrasonido

administrado a baja intensidad causa una tensión extrema en las estructuras cercanas, el ultrasonido administrado a alta intensidad provoca la formación de corrientes en chorro y ondas de choque, este aumento de frecuencia fomenta la creación de poros transitorios en la membrana plasmática, aumentando la permeabilidad celular, un proceso conocido como sonoporación (Bachu, S., et. al. 2021).

Esta técnica está siendo validada en distintas áreas de la medicina, especialmente en procedimiento abdominales debido a su capacidad para concentrar energía en áreas específicas, permitiendo el tratamiento de lesiones sólidas y patologías funcionales con más precisión milimétrica, es por ello que su aplicación en la cirugía abdominal está cobrando relevancia como alternativa terapéutica siendo más segura, eficaz y mínimamente invasiva, especialmente en casos donde los tratamientos quirúrgicos convencionales representan altos riesgos o contraindicaciones quirúrgicas, es por ellos que el presente estudio parte del reconocimiento de esta tecnología como una herramienta emergente, cuyo impacto merece ser evaluado bajo criterios clínicos rigurosos (Yang, Q., & Zhang, X. 2023).

Ensayos clínicos HIFU

Leiomiomas/miomas/adenomiosis/endometriosis uterinas

El HIFU se aplica más en el sistema reproductor femenino y está aprobado por la FDA para el tratamiento de leiomiomas uterinos y actualmente se encuentra en fase de ensayos clínicos para el tratamiento de la adenomiosis uterina, los estudios sobre el tratamiento de la adenomiosis con HIFU han arrojado resultados positivos, pero aún indican la necesidad de estandarizar los protocolos y optimizar los parámetros. Un ensayo observacional

retrospectivo publicado por Li y otros en 2020 analizaron las tasas de reintervención a largo plazo entre su cohorte de pacientes con fibromas uterinos que fueron tratadas con HIFU guiada por ultrasonido. Con una tasa de reintervención general del 20,7% y un 86,4% de pacientes que informaron alivio de los síntomas angustiantes, se concluyó que el HIFU era un tratamiento eficaz para los leiomiomas, si bien estos estudios son prometedores, también se deberían realizar ensayos clínicos a mayor escala para validar aún más estos hallazgos (Bachu, S., et. al. 2021).

Tabla 3. *Resultados clínicos del HIFU en endometriosis de pared abdominal*

Estudio (Autor, año)	Tipo de estudio	Nº de pacientes	Tasa de ablación	Recurrencia	Complicaciones
Shi et al. (2020)	Observacional	35	100%	8.6%	Ninguna grave
Yang & Zhang (2023)	Cohorte retrospectiva	56	100%	3.9%	1 leve (quemadura superficial)
Zhao et al. (2018)	Comparativo (HIFU vs cirugía)	60	95.5%	5.6%	2 casos leves (edema local)
Knorren et al. (2024)	Revisión sistemática	312	96–100%	5.7–12%	Leves y transitorias
Li et al. (2023)	Meta-análisis	405	97.5%	6–13%	RR AE 0.32 vs cirugía

Fuente: *Elaboración propia*

En la tabla 3 se muestra evidencias de que el HIFU logra una tasa de ablación completa del 95 al 100% en los casos de endometriosis de pared abdominal, las tasas de recurrencia son bajas del 3.9 al 13% inferiores a las de cirugía tradicional, además, múltiples estudios mencionan que el riesgo de eventos adversos es menor en pacientes tratados con HIFU con

ciertos efectos secundarios como son edema o molestias locales leves.

HIFU y cáncer de próstata

El cáncer de próstata es el segundo cáncer más común en hombres y una de las principales causas de mortalidad debido a sus altas tasas de recurrencia, lo que requiere una investigación exhaustiva de diversos tratamientos potenciales para que los pacientes afectados queden libres de la enfermedad. El HIFU se ha examinado y utilizado durante varios años como método de tratamiento para la ablación del cáncer de próstata, un estudio multicéntrico publicado en 2018 por Guillaumier y colegas investigó a 625 pacientes con cáncer de próstata no metastásico tratados con HIFU entre 2006 y 2015, concluyeron que, si bien no se dispone de datos a largo plazo, el HIFU es una terapia ventajosa para el tratamiento del cáncer de próstata, sin la morbilidad de las terapias más agresivas e invasivas, y puede ofrecerse como tratamiento para ciertos pacientes con enfermedad no metastásica, además, descubrieron que, a los cinco años, la supervivencia libre de metástasis era del 98 %, la supervivencia específica para el cáncer era del 100 % y la morbilidad era baja en comparación con la prostatectomía radical de glándula completa y la radioterapia radical, intervenciones que, si bien son muy exitosas, suelen tener efectos secundarios urinarios, de la función sexual e intestinales, por lo que el uso de HIFU en el cáncer de próstata es un área interesante para explorar en estudios futuros en el campo del cuidado del cáncer de próstata. (Bachu, S., et. al. 2021).

HIFU y cáncer de mama

El cáncer más común en mujeres (276.480 casos nuevos/año y 42.170 muertes/año), aunque tiene una alta tasa de supervivencia (supervivencia a 5 años del 89% entre 2005 y 2011), sigue habiendo una población

significativa que padece una enfermedad más agresiva que es refractaria a los protocolos estándar de intervención quirúrgica, radiación y quimioterapia, lo que exige la exploración de técnicas avanzadas, incluido el HIFU. Varios estudios han examinado el uso del HIFU como método de ablación para el tratamiento del cáncer de mama, uno de los primeros resultados publicados provino de Wu. y colaboradores, en quienes examinaron una cohorte de 48 mujeres con cáncer de mama comprobado por biopsia, las pacientes fueron asignadas aleatoriamente al grupo control, que se sometió a una mastectomía radical modificada, o al grupo de tratamiento, que recibió HIFU guiado por ecografía y mastectomía radical modificada en un plazo de 1 a 2 semanas tras la ablación. Los autores observaron que el HIFU no produjo efectos secundarios graves a corto plazo y que las células tratadas con HIFU sufrieron daños graves, alcanzando una necrosis coagulativa completa y perdiendo su capacidad de proliferar y metastatizar, lo que indica su potencial como tratamiento no invasivo para el cáncer de mama (Bachu, S., et. al. 2021).

HIFU y enfermedades/tumores del SNC

Dado que los trastornos neurológicos son una de las principales causas de muerte y discapacidad a nivel mundial, la disfunción del sistema nervioso central (SNC) está asociada a graves consecuencias, el ultrasonido focalizado de alta intensidad se aplicó por primera vez al SNC humano cuando los hermanos Fry descubrieron su capacidad para tratar trastornos neurológicos a principios de la década de 1950, desde entonces, se ha utilizado para tratar el temblor esencial (TE), el dolor neuropático y los tumores del SNC. El HIFU también se ha empleado como técnica para facilitar la accesibilidad temporal del cerebro a la administración de agentes sistémicos (Bachu, S., et. al. 2021).

Tumores del SNC y la barrera hematoencefálica

En 2020 se diagnosticarán aproximadamente 23.890 tumores malignos del cerebro y la médula espinal, donde las estrategias actuales para el tratamiento de tumores cerebrales incluyen una combinación de cirugía, radioterapia y quimioterapia, sin embargo, las quimioterapias más prometedoras no han demostrado tanto éxito en el sistema nervioso central como en otras localizaciones sistémicas, además de su función ablativa, se ha demostrado que el HIFU abre esta barrera endotelial de forma segura, mínimamente invasiva y regional mediante cavitación y otros mecanismos físicos. La capacidad de penetrar de forma no destructiva la barrera hematoencefálica de forma dirigida y administrar concentraciones apropiadas de medicamentos seleccionados tiene el potencial de revolucionar la forma en que tratamos a algunos de nuestros pacientes más vulnerables (Zhu, X., et al. 2017).

El uso de ultrasonido focalizado para abrir de forma transitoria y reversible la barrera hematoencefálica ofrece varias ventajas sobre los métodos tradicionales, la aplicación transcraneal elimina la necesidad de procedimientos invasivos, reduciendo el desplazamiento mecánico del tejido cerebral y el riesgo de infección. A lo largo plazo la aplicación del HIFU como método terapéutico, más que como método diagnóstico, ha revitalizado a la comunidad médica en los últimos años. Si bien la literatura publicada sobre el HIFU como modalidad de tratamiento en humanos es limitada, se están realizando varios ensayos clínicos con la esperanza de introducir el HIFU en la práctica habitual, los resultados preliminares prometedores de varios de estos ensayos indican que el HIFU se convertirá en una valiosa herramienta

terapéutica en los próximos años (Bachu, S., et. al. 2021).

Tabla 4. *Otras aplicaciones del HIFU en abdomen*

Estudio (Autor, año)	Aplicación clínica	Nº de estudios	Resultados	Complicaciones
Ji et al. (2020)	Tumores hepáticos	275	El 91.6% muestra necrosis completa con un 3.1% progresión local	5.5% de características leves
De Maio et al. (2023)	Revisión general (oncología)	n/a	Eficaz en hígado, páncreas, riñón	Variable según el órgano
Hong et al. (2019)	Reducción de grasa	20	Reducción del 3.43 cm cintura con dolor reducido	Leves (edema, eritema)
Haykal et al. (2025)	Revisión estética	45	Reducción del 2.5 al 4.5 cm, con 18 a 30% laxitud	Reacciones leves

Fuente: *Elaboración propia*

En la tabla 4 se muestra como la oncología abdominal en el HIFU ha resultado eficaz para necrosar tumores hepáticos no resecables, con un 91.6% de respuesta completa y mínimos efectos secundarios, como menciona De Maio, A., et al. en su revisión donde respalda su uso en órganos como hígado, páncreas y riñón, en cuanto a la cirugía estética, los estudios muestran una disminución significativa del contorno abdominal sin necesidad de cirugía, con alta tolerancia y efectos adversos leves mientras que en oncología hepática, otro estudio con 48 pacientes reportó una ablación completa sin recurrencia en el 18% de los casos, con una media de hospitalización de cinco días, lo cual respalda su potencial uso complementario (Shi, S., et al. 2020).

Beneficios

Son muchas las ventajas que justifican seguir investigando el HIFU para futuras aplicaciones clínicas adicionales: la ablación con HIFU

resulta menos tóxica en comparación con otras técnicas de ablación; no es invasiva y causa un dolor mínimo, es un procedimiento de bajo costo en comparación con la cirugía que requiere menos anestesia y es adecuada para pacientes con alto riesgo quirúrgico, no deja cicatrices en el paciente, presenta un menor riesgo de infección, la recuperación es más rápida en comparación con las técnicas quirúrgicas tradicionales, cualquier sangrado que se produzca durante el procedimiento generalmente se puede detener con ultrasonido; tiene una excelente repetibilidad, ya que no hay límite de dosis, no hay exposición a radiación ionizante, ya que se guía por resonancia magnética o ultrasonido diagnóstico, a diferencia de las imágenes de rayos X; se aplica energía de forma precisa en un punto específico del tejido blando sin afectar la integridad de la piel, los costos de mantenimiento del sistema son bajos, causa efectos secundarios muy limitados en los tejidos normales circundantes, se maximiza la comodidad y la seguridad del paciente y se puede obtener una visualización en tiempo real sin interferencias durante el procedimiento, y la técnica es precisa y fácil de aplicar (Izadifar, Z., et al. 2020).

Limitaciones, consideraciones éticas del estudio y complicaciones

Si bien el HIFU tiene grandes beneficios clínicos se debe considerar su alto costo y la necesidad de tecnología avanzada ya que esto viene siendo una limitación en su disponibilidad en poblaciones vulnerables y desde una perspectiva ética, surge la responsabilidad de garantizar que los avances tecnológicos no solo beneficien a quienes pueden costearlos, sino que se integren en estrategias de salud pública inclusivas, es importante asegurar que los pacientes reciban información completa sobre las ventajas, limitaciones y evidencia clínica de esta técnica, permitiendo decisiones

informadas, la equidad en el acceso a la innovación médica debe ser una prioridad para los responsables de políticas de salud, quienes deben evaluar el impacto social de tecnologías como el HIFU, más allá de sus méritos técnicos (Izadifar, Z., et al. 2020).

En cuanto a las limitaciones, el tratamiento con HIFU es sensible al movimiento del paciente y al calentamiento del campo cercano, y la duración del tratamiento puede ser de varias horas. Cuando se utiliza un dispositivo extracorpóreo para distribuir la energía incidente sobre una gran superficie de piel, el dispositivo tiene una amplia apertura y una larga distancia focal para disminuir la intensidad acústica en el lugar de la onda y evitar quemaduras en la piel. Sin embargo, se han descrito quemaduras cutáneas graves tras la litotricia extracorpórea por ondas de choque (ESWL) para cálculos renales o quemaduras de segundo grado tras la litotricia por ondas de choque. Además, algunos pacientes sufren efectos secundarios tras el procedimiento, como dolor, vómitos y heridas en la piel. Para los objetivos situados dentro de la mama, el abdomen, el cerebro o las extremidades, se suele emplear un dispositivo HIFU extracorpóreo (Izadifar, Z., et al. 2020).

Durante las aplicaciones de HIFU, pueden producirse lesiones tisulares indeseadas, quemaduras no deseadas y dolor, ya que se aplica una cantidad significativa de energía ultrasónica a una zona localizada del tejido. Además, el HIFU puede causar, en raras ocasiones, vasoespasmos y hemorragias cuando también se genera cavitación concomitante en el tejido, impotencia e incontinencia durante el tratamiento del cáncer de próstata o la creación de una fístula aurículo-esofágica durante el tratamiento de la fibrilación auricular. Además, la formación de fístulas y la necrosis costal con

fractura costal retardada también se consideran complicaciones graves que pueden producirse tras el tratamiento del cáncer de hígado y páncreas (Izadifar, Z., et al. 2020).

Análisis costo-beneficio

Aunque la inversión inicial en equipos HIFU es alta, diversos estudios han demostrado que su uso puede generar ahorros a mediano plazo en el sistema de salud, esto se debe a la reducción en tiempos de hospitalización, menor necesidad de medicación postoperatoria y retorno más rápido a las actividades de la vida diaria del paciente y en procedimientos como el tratamiento de endometriosis o tumores hepáticos inoperables, entre otros, el HIFU puede evitar costos asociados a complicaciones quirúrgicas como lo son transfusiones o cirugías repetidas por lo que incluir un análisis económico regional en futuras investigaciones sería fundamental para valorar su implementación en entornos públicos y privados en países como Ecuador (Román, D., et al. 2024).

Aplicabilidad clínica en América Latina

La implementación del HIFU requiere superar barreras estructurales, como la adquisición de tecnología de alto costo, escasa formación especializada y baja inversión en investigación clínica local, sin embargo, su uso en países como Brasil, México y Chile demuestra que la región tiene capacidad de adquisición, la validación de resultados clínicos a nivel regional es un paso necesario para respaldar su integración en guías terapéuticas especialmente en patologías con alta prevalencia (Liu, X., et al. 2020).

Perspectivas futuras

A medida que la tecnología HIFU avanza, se espera que nuevos desarrollos permitan una mayor precisión, menor tiempo de

procedimiento y mejores resultados clínicos en diferentes tipos de patologías, no solo abdominales, sino que se aplique de manera integral en las intervenciones quirúrgicas, las investigaciones actuales ya exploran su combinación con terapias moleculares y nanopartículas dirigidas, lo que podría ampliar su uso a nivel oncológico avanzado. En el contexto latinoamericano, es fundamental impulsar estudios multicéntricos, crear registros clínicos sobre HIFU lo cual representa uno de los principales desafíos y al mismo tiempo, una gran oportunidad para reducir inequidades en atención quirúrgica (Zhao, L., et al. 2018).

Discusión

Los resultados encontrados respaldan el uso del ultrasonido focalizado de alta intensidad (HIFU) como una alternativa terapéutica no invasiva que resulta eficaz en procedimientos abdominales, en patologías como son la endometriosis de pared abdominal ha demostrado tasas de ablación completas con recurrencias más bajas en comparación con la cirugía convencional con efectos adversos leves y transitorios en la mayoría de casos.

En una comparación con la cirugía tradicional, el HIFU reduce considerablemente el riesgo de complicaciones postoperatorias, el tiempo de recuperación y el dolor, lo que lo convierte en una opción más viable para pacientes con riesgo quirúrgico alto, tal como lo menciona Shi et al. (2020) y Knorren et al. (2024), quienes destacan el perfil de seguridad y precisión de esta técnica, en cuanto al ámbito estético y funcional se muestran beneficios significativos como lo menciona Hong et al. (2019) en su investigación donde reporta reducciones en la circunferencia abdominal con efectos secundarios mínimos, mientras que en Haykal et al. (2025) destacan su eficacia en el tratamiento de la laxitud abdominal, sin embargo, la mayoría de estudios

encontrados provienen de países asiáticos o centros especializados de investigación, lo que limita su uso en contextos latinoamericanos debido a que a nivel regional, aún se carece de evidencia sobre su implementación práctica, una revisión sistemática reciente con 212 pacientes reportó que el HIFU reduce el dolor entre 3.3 y 5.2 puntos en escala de 10, con complicaciones leves en el 17.7% de los casos y recurrencia del 12.8% pese a estos resultados es considerado como una limitación la escasez de investigaciones realizadas en Latinoamérica, la heterogeneidad de los diseños metodológicos de los estudios y la falta de datos a largo plazo en muchas de las publicaciones analizadas, además, en la mayoría de investigaciones no se reporta información cuantitativa, lo cual dificulta la comparación directa entre estudios, por ellos estos factores deben ser considerados al interpretar los resultados y al plantear futuras investigaciones.

Conclusiones

Podemos concluir que el ultrasonido focalizado de alta intensidad (HIFU) ha demostrado tener una alta eficacia en la ablación de lesiones abdominales especialmente en el tratamiento de endometriosis de pared y tumores hepáticos no resecables, con una tasa de ablación completa superior al 95% con una baja recurrencia, la tecnología HIFU presenta un desarrollo de seguridad favorable debido a que ha generado una incidencia significativamente menor en cuanto a complicaciones postoperatorias en comparación con la cirugía convencional, siendo la mayoría de los efectos adversos leves y transitorios.

En el área de la estética ha mostrado resultados prometedores como son la reducción de grasa localizada y la mejora del contorno corporal, posicionándose como una opción no invasiva y de rápida recuperación para intervenciones

abdominales, a pesar de los beneficios observados, en América Latina la implementación clínica del HIFU y particularmente en Ecuador, aún enfrenta desafíos relacionados con la necesidad de adecuación en cuanto a infraestructura en las unidades de salud, la capacitación profesional y la disponibilidad de equipos, por ello se requiere continuar con investigaciones de mayor escala, de tipo longitudinal y con rigor metodológico, que validen la eficacia y seguridad del HIFU en las diferentes áreas quirúrgicas permitiendo su incorporación como una alternativa sustitutiva o quizás complementaria de la cirugía tradicional.

Referencias Bibliográficas

- Bachu, S., Kedda, J., Suk, I., Green, J., & Tyler, B. (2021). High-intensity focused ultrasound: a review of mechanisms and clinical applications. *Annals of biomedical engineering*, 49(9), 1975-1991. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10439-021-02833-9>
- De Maio, A., Alfieri, G., Mattone, M., Ghanouni, P., & Napoli, A. (2023). High-Intensity Focused Ultrasound Surgery for tumor ablation: A review of current applications. *Radiology Imaging Cancer*, 6(1). <https://doi.org/10.1148/rycan.230074>
- Geremia, K., Santos, D., Mascarenhas, Á., & De La Vega Elena, D. (2025). High intensity focused ultrasound efficacy on abdominal fat remodeling in female runners. *Revista Científica De Estética E Cosmetologia*, 5(1). <https://doi.org/10.48051/rcec.v5i1.154>
- Haykal, D., Sattler, S., Verner, I., Madhumita, M., & Cartier, H. (2025). A Systematic Review of High-Intensity Focused Ultrasound in Skin Tightening and Body Contouring. *Aesthetic Surgery Journal*. <https://doi.org/10.1093/asj/sjaf053>
- Hong, Y., Ko, J., Choi, Y., Kwon, T., Kim, J. H., Kim, Y., & Kim, J. (2019). Efficacy and Safety of High-Intensity Focused Ultrasound for noninvasive abdominal subcutaneous fat reduction. *Dermatologic Surgery*, 46(2),

- 213–219.
<https://doi.org/10.1097/dss.00000000000002016>
- Izadifar, Z., Izadifar, Z., Chapman, D., & Babyn, P. (2020). An introduction to high intensity focused ultrasound: systematic review on principles, devices, and clinical applications. *Journal of clinical medicine*, 9(2), 460.
<https://www.mdpi.com/2077-0383/9/2/460>
- Ji, Y., Zhu, J., Zhu, L., Zhu, Y., & Zhao, H. (2020). High-Intensity focused ultrasound ablation for unresectable primary and metastatic liver cancer: Real-World research in a Chinese tertiary center with 275 cases. *Frontiers in Oncology*, 10.
<https://doi.org/10.3389/fonc.2020.519164>
- Knorren, R., De Ridder, A., Nijholt, M., Dijkstra, R., Braat, N., Huirne, A., Boomsma, F., & Schutte, M. (2024). Effectiveness and complication rates of high intensity focused ultrasound treatment for abdominal wall endometriosis: A systematic review. *European Journal of Obstetrics & Gynecology and Reproductive Biology*, 297, 15–23.
<https://doi.org/10.1016/j.ejogrb.2024.03.029>
- Lee, W. (2021). The Asian perspective on HIFU. *International Journal of Hyperthermia*, 38(2), 5–8.
<https://doi.org/10.1080/02656736.2021.1889697>
- Li, J., Qiu, L., Shi, W., Liao, Z., Li, N., & Chen, S. (2023). High-intensity focused ultrasound ablation versus surgical resection for treating abdominal wall endometriosis: a systematic review and meta-analysis. *Authorea* (Authorea).
<https://doi.org/10.22541/au.169175890.02804559/v1>
- Liu, X., Dong, X., Mu, Y., Huang, G., He, J., & Hu, L. (2020). High-intensity focused ultrasound (HIFU) for the treatment of uterine fibroids: does HIFU significantly increase the risk of pelvic adhesions?. *International Journal of Hyperthermia*, 37(1), 1027–1032.
<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/02656736.2020.1811903>
- Román, D., Pereda, A., Herán, S., González, G., Ávila, V., & Arnáiz, M. (2024). HIFU. Nuevos horizontes en las terapias con los ultrasonidos. *Seram*, 1(1).
<https://www.piper.espacio-seram.com/index.php/seram/article/view/9810/8276>
- Shi, S., Ni, G., Ling, L., Ding, H., Zhou, Y., & Ding, Z. (2020). High-intensity focused ultrasound in the treatment of abdominal wall endometriosis. *Journal of Minimally Invasive Gynecology*, 27(3), 704–711.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1553465019302900>
- Tonguc, T., Strunk, H., Gonzalez, A., Recker, F., Lütjohann, D., Thudium, M., & Marinova, M. (2021). US-guided high-intensity focused ultrasound (HIFU) of abdominal tumors: outcome, early ablation-related laboratory changes and inflammatory reaction. A single-center experience from Germany. *International Journal of Hyperthermia*, 38(2), 65–74.
<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/02656736.2021.1900926>
- Trelles, A., Mir, S., Del Carmen Ardiaca, M., & Trelles, K. (2020). Remodelación de la grasa localizada con ultrasonidos de baja frecuencia, intensidad media y múltiple focalización: conclusiones preliminares. *DOAJ* (DOAJ: Directory of Open Access Journals).
<https://doi.org/10.4321/s0376-78922020000100013>
- Yang, Q., & Zhang, X. (2023). Efficacy and safety of high-intensity focused ultrasound ablation for rectus abdominis endometriosis: a 7-year follow-up clinical study. *Quantitative Imaging in Medicine and Surgery*, 13(3), 1417–1425.
<https://doi.org/10.21037/qims-22-695>
- Zhao, L., Deng, Y., Wei, Q., Chen, J., & Zhao, C. (2018). Comparison of ultrasound-guided high-intensity focused ultrasound ablation and surgery for abdominal wall endometriosis. *International Journal of Hyperthermia*, 35(1), 528–533.
<https://doi.org/10.1080/02656736.2018.1511836>

Zhu, X., Chen, L., Deng, X., Xiao, S., Ye, M., & Xue, M. (2017). A comparison between high-intensity focused ultrasound and surgical treatment for the management of abdominal wall endometriosis. *BJOG an International Journal of Obstetrics & Gynaecology*, 124(S3), 53–58.
<https://doi.org/10.1111/1471-0528.14737>



Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-No Comercial 4.0 Internacional. Copyright © Jessica Yadira Shilquigua Cajilema, Luis Miguel Villacis Coca, Erika Vanessa Toapanta Yanzapanta y Klever Roberto Leguízamo Silva.

