

Ultrasonido focalizado, guiado por resonancia magnética, en trastornos del movimiento: serie técnica y clínica de 80 pacientes

Fabián C. Piedimonte, Francisco Rivera, Camila Casal, Sergio Pampin, Nelson Quintanal Cordero

Fundación CENIT para la Investigación en Neurociencias, Ciudad de Buenos Aires, Argentina

RESUMEN

Introducción: el ultrasonido focalizado guiado por resonancia magnética (MRgFUS, las siglas por su nombre en inglés) ha emergido como una alternativa no invasiva para el tratamiento de trastornos del movimiento. Sin embargo, debido a la relativa novedad de esta técnica, los parámetros técnicos y estereotácticos específicos para su aplicación en distintas patologías aún no han sido claramente definidos en la literatura. Si bien existen series internacionales que describen parámetros técnicos y resultados clínicos, los datos provenientes de Latinoamérica son limitados.

Objetivos: reportar los parámetros técnicos, las estrategias de focalización y los resultados clínicos tempranos de MRgFUS en una cohorte de 80 pacientes tratados en el único centro de nuestro país.

Materiales y métodos: se analizaron de forma retrospectiva 80 procedimientos consecutivos de MRgFUS realizados entre diciembre de 2024 a octubre de 2025. La cohorte incluyó pacientes con enfermedad de Parkinson (n = 49), temblor esencial (n = 28) y otros trastornos de movimiento poco frecuentes (n = 3). Los blancos terapéuticos fueron el núcleo ventral intermedio (VIM, n = 54), el núcleo subtalámico (NST, n = 21) y otros. Se registraron parámetros técnicos como la relación densidad ósea craneal (SDR, las siglas por su nombre en inglés), número de sonicaciones, energía máxima y temperatura alcanzada. Se evaluaron resultados clínicos subjetivos y objetivos, así como eventos adversos.

Resultados: la edad media fue de 70.2 años (rango, 25-88), con 57.5 % de hombres. La mejoría subjetiva mediana fue del 95 % (rango, 70-100 %), con mejoría objetiva mediana del 90 %. Los procedimientos dirigidos al VIM requirieron ligeramente mayor energía que los del NST (22936 J vs. 19699 J), pero temperaturas máximas similares (58.8 °C vs. 59.2 °C). La SDR se correlacionó negativamente con la energía máxima (r = -0.58). Los eventos adversos ocurrieron en el 30 % de los pacientes, la mayoría transitorios; fueron permanentes en el 10 %. Las complicaciones más frecuentes fueron cefalea, inestabilidad de la marcha y parestesias.

Conclusión: esta serie demuestra que el MRgFUS dirigido al VIM y al NST es seguro, eficaz y técnicamente reproducible. La SDR sigue siendo un factor clave en la planificación de la energía. Nuestros hallazgos aportan un marco de referencia para centros de Latinoamérica que incorporen MRgFUS y respaldan su integración en la práctica clínica rutinaria.

Palabras clave: MRgFUS. Parkinson. Temblor Esencial. Ultrasonido

Magnetic resonance-guided focused ultrasound in movement disorders: technical and clinical series of 80 patients

ABSTRACT

Background: magnetic resonance-guided focused ultrasound (MRgFUS) has emerged as a noninvasive alternative for the treatment of movement disorders. However, given the relative novelty of this technique, the specific technical and stereotactic parameters for its application across different pathologies have not yet been clearly defined in the literature. Although international series have reported technical parameters and clinical outcomes, data from Latin America remains limited.

Objectives: to report the technical parameters, targeting strategies, and early clinical outcomes of MRgFUS in a cohort of 80 patients treated at the only center in our country.

Methods: we analyzed 80 consecutive MRgFUS procedures performed between December 2024 and October 2025. The cohort included patients with Parkinson's disease (n = 49), essential tremor (n = 28), and other rare movement disorders (n = 3). Therapeutic targets included the ventral intermediate nucleus (VIM, n = 54), the subthalamic nucleus (STN, n = 21), and others. Technical parameters recorded included skull density ratio (SDR), number of sonications, maximum energy, and peak temperature achieved. Subjective and objective clinical outcomes, as well as adverse events, were assessed.

Results: the mean age was 70.2 years (range, 25-88), and 57.5% of patients were male. Median subjective improvement was 95% (range, 70-100%), with a median objective improvement of 90%. Procedures targeting the VIM required slightly higher energy than those targeting the STN (22,936 J vs. 19,699 J), while achieving similar maximum temperatures (58.8 °C vs 59.2 °C). SDR was negatively correlated with maximum energy (r = -0.58). Adverse events occurred in 30% of patients, most of which were transient; permanent adverse events occurred in 10%. The most frequent complications were headache, gait instability, and paresthesias.

Conclusion: this series demonstrates that MRgFUS targeting VIM and STN is safe, effective, and technically reproducible. SDR remains a key factor in energy planning. Our findings provide a reference framework for centers in Latin America adopting MRgFUS and support its integration into routine clinical practice.

Keywords: Essential Tremor. Magnetic Resonance-Guided Focused Ultrasound (MRgFUS). Parkinson's Disease. Ultrasound

Fabián C. Piedimonte

fpiedimonte@fundacioncenit.org.ar

Recibido: 17/04/2026 Aceptado: 15/05/2026

DOI: 10.59156/revista.v40i02.822

Francisco Rivera: desarrollocientifico@fundacioncenit.org.ar

Camila Casal: camilacasal92@gmail.com

Sergio Pampin: spampin@fundacioncenit.org.ar

Nelson Quintanal Cordero: nequintanal@fundacioncenit.org.ar

Los autores no declaran conflicto de interés

Los autores no declaran financiamiento.

Este es un artículo de acceso abierto bajo la licencia CC BY-NC

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>

INTRODUCCIÓN

La enfermedad de Parkinson (EP) y el temblor esencial (TE) constituyen 2 de los trastornos del movimiento más prevalentes a nivel mundial.⁽¹⁾ La EP es un trastorno neurodegenerativo que se caracteriza por la aparición progresiva de síntomas como temblor en reposo, rigidez, bradicinesia y trastornos posturales.⁽²⁾ A su vez, el TE es un trastorno no degenerativo caracterizado por temblor cinético y postural.⁽³⁾ Ambos afectan notablemente la calidad de vida de los pacientes.

La incidencia de ambas aumenta proporcionalmente con el envejecimiento de la población, y es notoriamente más frecuente en personas mayores de 65 años.^(3,4) El tratamiento de primera línea es farmacológico (ya sea con levodopa, agonistas dopaminérgicos o betabloqueantes),^(1,4) sin embargo, es ampliamente conocido que el tratamiento médico prolongado se asocia con aparición de efectos adversos discapacitantes y refractariedad.⁽³⁾ Por esto, ciertos pacientes son candidatos al tratamiento quirúrgico.⁽⁵⁾

Un estudio con seguimiento a 5 años reportó que el 2.9 % de los pacientes con TE y el 1.38 % de los pacientes con EP requirieron estimulación cerebral profunda (ECP).⁽⁵⁾ Sin embargo, un trabajo más reciente detalló que aproximadamente un 50 % de aquellos con TE podrían llegar a ser refractarios al tratamiento médico. La ECP no constituye la única alternativa quirúrgica para estos pacientes, el ultrasonido focalizado guiado por resonancia magnética (MRgFUS, las siglas por su nombre en inglés) ha emergido como una opción terapéutica viable en el último tiempo.^(6,7) No obstante, debido a su relativa novedad, los parámetros técnicos y estereotácticos específicos para su aplicación en distintas patologías aún no han sido claramente definidos en la literatura.

A diferencia de la ECP, el MRgFUS ofrece una opción no invasiva, sin radiación, sin requerimiento de quirófano ni anestesia general. A su vez, el riesgo de hemorragia e infecciones es muy bajo comparado con la ECP.⁽⁸⁻¹⁰⁾ Un estudio de 30 pacientes con temblor por TE o EP sometidos a talamotomía mediante tecnología MRgFUS ha demostrado una mejoría del 100 % del temblor en la evaluación postoperatoria inmediata.⁽¹¹⁾ Desafortunadamente, en Latinoamérica únicamente 3 centros cuentan con esta tecnología y en tan solo 3 países: Argentina, Chile y Brasil.⁽¹²⁾ A pesar de que la seguridad y eficacia de MRgFUS ha sido demostrada, aún no existe literatura publicada sobre los parámetros técnicos y estereotácticos utilizados en dichos procedimientos en Latinoamérica.

OBJETIVOS

Describir y analizar los parámetros técnicos y estereotácticos utilizados durante la aplicación del MRgFUS en una serie de pacientes tratados en el único centro de nuestro país, destacando la experiencia técnica y su relevancia en el contexto clínico regional.

MATERIALES Y MÉTODOS

Diseño y ámbito del estudio

Se realizó un estudio observacional retrospectivo basado en una serie consecutiva de pacientes sometidos a ablación mediante ultrasonido focalizado guiado por resonancia magnética (MRgFUS) utilizando el sistema Exablate Neuro 4000 (Insightec®) en nuestro centro de referencia en Argentina.

Participantes

Ochenta pacientes consecutivos tratados entre diciembre de 2024 a octubre de 2025, todos ellos evaluados por un equipo multidisciplinario de neurología y neurocirugía funcional.

Criterios de inclusión y exclusión

Se incluyeron pacientes con diagnóstico confirmado de temblor esencial, enfermedad de Parkinson u otras entidades con temblor refractario, en quienes se indicó MRgFUS como opción terapéutica tras falla o intolerancia al tratamiento médico.

Se excluyeron pacientes con contraindicación para resonancia magnética, alteraciones significativas en la densidad ósea craneal que impidieron la adecuada transmisión acústica (SDR <0.30), y aquellos sin seguimiento clínico completo.

Procedimiento

Todos los procedimientos se realizaron bajo anestesia local, con monitorización neurológica continua. La planificación estereotáctica se efectuó sobre imágenes de resonancia magnética estructural de alta resolución, definiendo el blanco terapéutico de acuerdo con el diagnóstico clínico (núcleo ventral intermedio del tálamo [VIM], núcleo subtalámico [NST] o tracto pálido talámico [PTT]).

Las sonicaciones se incrementaron progresivamente hasta alcanzar el umbral térmico ablativo, manteniendo una temperatura objetivo de 52-60 °C durante 5-20 segundos. Los parámetros técnicos (energía total, número de sonicaciones, temperatura máxima y tiempo sostenido) fueron registrados para cada procedimiento.

Los 80 pacientes fueron evaluados por un equipo multidisciplinario de especialistas en movimientos

anormales, tanto en el control pre como postoperatorio. La evaluación postoperatoria incluyó un seguimiento de hasta 6 meses en una proporción de los pacientes. Dado que el período de muestreo se extendió hasta octubre de 2025, algunos pacientes cuentan únicamente con un seguimiento de 1 y 3 meses. En trabajos futuros, se ampliará el análisis de la evolución clínica de esta misma serie hasta 1 año de seguimiento.

Se pesquisó la mejoría clínica y la presencia de efectos adversos. Los resultados clínicos subjetivos fueron los referidos por el paciente y los objetivos los evaluados por el equipo de expertos. Los resultados objetivos se analizaron mediante un examen físico neurológico intraoperatorio después de cada lesión, así como mediante las escalas Fahn-Tolosa-Martin y Escala Unificada de Evaluación de la Enfermedad de Parkinson, Parte III (UPDRS III) en el período postoperatorio. Los efectos adversos se clasificaron como transitorios y permanentes, éstos últimos son los que persistieron luego de 3 meses de la ablación.

Análisis de datos

Se realizó un análisis descriptivo de las variables demográficas, clínicas y técnicas. Las correlaciones entre parámetros energéticos, térmicos y la relación de densidad ósea craneal (SDR) se exploraron mediante el coeficiente de correlación de Pearson. Un valor de $p < 0.05$ se consideró estadísticamente significativo.

Aspectos éticos

El estudio fue aprobado por el comité de ética de nuestra institución y se condujo conforme con los principios de la Declaración de Helsinki. Todos los pacientes otorgaron consentimiento para la realización del procedimiento.

RESULTADOS

Se analizaron 80 procedimientos de MRgFUS. La cohorte incluyó 46 pacientes masculinos (57.5 %) y 34 femeninos (42.5 %), con una edad media de 70.2 años (rango: 25-88). Los diagnósticos predominantes fueron enfermedad de Parkinson ($n = 49$, 61.3 %) y temblor esencial ($n = 28$, 35 %). Tres casos corresponden a entidades menos frecuentes: parkinsonismo asociado a neurodegeneración con acumulación cerebral de hierro (PKAN), temblor ortostático y enfermedad de Wilson ($n = 1$, cada uno). El VIM constituyó el blanco terapéutico más común ($n = 54$, 67.5 %), seguido del NST en 21 casos (26.3 %), el PTT en 4 y una combinación NST+VIM en 1 caso. La lateralidad de los procedimientos mostró una distribución equilibrada, con 45 casos del lado izquierdo (56.3 %) y 35 del lado derecho (43.7 %) (Tabla 1).

El SDR preoperatorio promedio fue de 0.52 (rango,

0.31-0.73). Los parámetros estereotácticos evidenciaron una distancia AC-PC media de 24.99 mm. En promedio, se realizaron 5.5 sonicaciones por procedimiento (rango, 2-12), con una energía máxima media de 21552 J. La temperatura máxima promedio alcanzada fue de 55.8 °C (rango, 44-60 °C), con un pico absoluto medio de 58.7 °C (rango, 44-71 °C), sostenido durante 6.35 segundos en promedio (rango, 1-15) (Tabla 2).

Al comparar los procedimientos dirigidos al VIM ($n = 54$) con aquellos al NST ($n = 21$), se observaron diferencias discretas en la localización estereotáctica y los parámetros técnicos. Las coordenadas promedio para el VIM fueron $X = 14.3$ mm, $Y = 6.4$ mm y $Z = 2$ mm, mientras que para el NST fueron $X = 11.6$ mm, $Y = 9.2$ mm y $Z = -4$ mm, reflejando la posición más inferior, medial y anterior del NST (Tabla 3). El número promedio de sonicaciones fue similar entre ambos blancos (VIM: 5.7 vs. NST: 5.3), aunque la energía máxima administrada tendió a ser mayor en los procedimientos dirigidos al VIM (VIM: 22936 J vs. NST: 19699 J). Las temperaturas máximas alcanzadas fueron comparables (VIM: 58.8 °C vs. NST: 59.2 °C).

El análisis de correlaciones mostró una relación positiva moderada entre la energía máxima y el tiempo sostenido en la temperatura máxima ($r = 0.32$). Se observó una correlación negativa entre la energía máxima y el SDR preoperatorio ($r = -0.58$), esto indica que valores más bajos de SDR requirieron mayor energía para alcanzar el umbral térmico terapéutico. Asimismo, la temperatura máxima promedio se correlacionó fuertemente con la temperatura máxima absoluta ($r = 0.92$) y ambas mostraron correlaciones moderadas con el SDR ($r = 0.56$ y $r = 0.59$, respectivamente), lo que sugiere una transmisión acústica más eficiente en cráneos con mayor densidad ósea.

El rango de mejoría subjetiva osciló entre el 70-100 %, con una mediana del 95 %. Treinta pacientes (37.5 %) refirieron una mejoría inmediata del 100 %, mientras que solo 1 paciente (1.25 %) manifestó mejora del 70 %. Observamos que de los 30 pacientes que notaron una mejoría del 100 %, 25 (83.3 %) presentaban temblor y su *target* fue el VIM, mientras que únicamente 5 (16.6 %) manifestaban síndrome rígido acinético siendo su *target* el NST o PTT.

El rango de mejoría objetiva también presentó una variación entre el 70-100 %, pero con una mediana de 90 %. Por otro lado, 56 pacientes (70 %) no evidenciaron efectos adversos posteriores a la intervención, mientras que 24 (30 %) presentaron alguna sintomatología. Los efectos adversos postoperatorios más comunes fueron inestabilidad en la marcha y parestesias en el hemicuerpo tratado. De los 24 pacientes, 17 (21.25 %, 17/80) tuvieron efectos transitorios y 7 (8.75 %, 7/80), síntomas permanentes.

TABLA 1. CARACTERÍSTICAS DEMOGRÁFICAS Y CLÍNICAS DE LA COHORTE DE PACIENTES SOMETIDOS A MRgFUS

Variable	Valor	%
Total (n)	80	100
Edad (media, años)	70	
Sexo (n)		
Masculino	46	57.5
Femenino	34	42.5
Diagnóstico (n)		
Enfermedad de Parkinson (EP)	49	61.3
Temblor esencial (TE)	28	35
Enfermedad de Wilson	1	1.25
Neurodegeneración asociada a la pantotenato quinasa (PKAN)	1	1.25
Temblor ortostático (TO)	1	1.25
Target (n)		
Núcleo ventral intermedio del tálamo (VIM)	54	67.5
Núcleo subtalámico (NST)	21	26.3
Tracto pálido talámico (PTT)	4	5
Lateralidad		
Derecho	35	43.7
Izquierdo	45	56.3

TABLA 2. COMPARACIÓN DE PARÁMETROS ENERGÉTICOS Y TÉRMICOS ENTRE BLANCOS TERAPÉUTICOS EN MRgFUS

Target	N	Sonicaciones	Energía (J)	Temp. máx. prom. (°C)	Temp. máx. (°C)	Tiempo (s)
VIM	55	5.7 ± 2.1	22936 ± 13206	55.7 ± 3	58.8 ± 4.1	6.2 ± 2.8
NST	22	5.3 ± 1.3	19699 ± 9025	56.8 ± 2	59.2 ± 3.9	7 ± 2.7
PTT	4	3.7 ± 0.6	13243 ± 4367	57 ± 0	58.5 ± 2.1	6.7 ± 3.5

Dentro de los efectos adversos transitorios, el 10 % (8/80) experimentó inestabilidad en la marcha y el 5 % (4/80), paresia facial/braquial o crural leve. Además, un 6.25 % (5/80) tuvo efectos como alteraciones del sueño, distonía, parestesias peribucal y disquinesias, respectivamente. De los efectos permanentes, el 2.5 % (2/80) presentó paresia crural leve, el 2.5 % (2/80) refirió parestesias en la lengua, el 2.5 % (2/80) experimentó disartria, y el 1.25 % (1/80),

inestabilidad en la marcha. Pudimos observar que la totalidad de estos pacientes (100 %, n = 7) que presentaron efectos adversos permanentes tuvieron como *target* quirúrgico el VIM.

DISCUSIÓN

Este estudio constituye el primero en nuestra región en

TABLA 3. COORDENADAS ESTEREOTÁCTICAS PROMEDIO SEGÚN EL BLANCO TERAPÉUTICO EN PROCEDIMIENTOS MRgFUS

<i>Target</i>	N	X	Y	Z
Núcleo ventral intermedio del tálamo (VIM)	55	14.3 ± 0.7 [13-16]	6.4 ± 0.3 [5.7-7.2]	2
Núcleo subtalámico (NST)	22	11.6 ± 0.6 [10.5-13.5]	9.2 ± 0.5 [8.5-10.4]	-4 ± 0
Tracto pálido talámico (PTT)	4	9.4 ± 0.6 [8.8-10]	11.3 ± 0.4 [9.6-12.7]	0 ± 0

describir los parámetros técnicos y estereotácticos del MRgFUS. Nuestra serie incluyó 80 pacientes, en su mayoría hombres con enfermedad de Parkinson. El *target* más frecuentemente seleccionado fue el VIM, seguido del NST. Observamos que ambos núcleos requirieron un número similar de sonicaciones, así como niveles comparables de energía y temperatura para lograr la lesión terapéutica. Asimismo, capturamos una correlación positiva entre el SDR y el tiempo sostenido en temperatura máxima promedio. Además, este trabajo permitió recopilar variables demográficas de los pacientes tratados en nuestro centro, junto con los parámetros técnicos y las coordenadas estereotácticas empleadas en cada procedimiento.

En nuestra serie se analizaron 80 procedimientos de MRgFUS con un SDR preoperatorio promedio de 0.52 (rango, 0.31-0.73), dentro del rango considerado adecuado para tratamiento. Estudios recientes han demostrado éxito incluso con SDR tan bajos como 0.30, lo que sugiere que el umbral tradicional podría ampliarse.⁽¹³⁾ Las coordenadas estereotácticas promedio que utilizamos para el VIM son concordantes con las reportadas clásicamente (13-15 mm lateral a la línea media, 6 mm anterior a la comisura posterior), aunque cada vez más centros tienden a desplazar el blanco 2 mm superior al plano intercomisural para minimizar efectos adversos.^(14,15) En comparación con nuestros parámetros de sonicación, Zaaroor y col. reportaron 21.0 ± 6.9 sonicaciones con energía máxima de 12500 ± 4274 J y temperatura de 56.5 °C ± 2.2 °C, pero solamente evaluaron la ablación del VIM.⁽¹¹⁾ Al comparar el VIM versus NST, observamos que el NST requirió coordenadas más mediales, anteriores e inferiores frente al VIM, como es esperable por su ubicación anatómica. Sin embargo, la focalización de ambos núcleos presentó una energía máxima mayor en el VIM que en el NST y temperaturas máximas similares. Nuestros resultados concuerdan con lo descrito por Paschen y col. en un estudio que incluyó 175 pacientes con enfermedad de Parkinson de predominio tremorígeno,⁽¹⁶⁾ si bien dicha serie se enfocó en un único grupo de pacientes.

Nuestros resultados se alinean con las recomendaciones de la Focused Ultrasound Foundation, que establecen

temperaturas terapéuticas de 55-60 °C y un tamaño óptimo de lesión axial de 6-7 mm, según el 70 % de los centros encuestados.⁽¹⁴⁾ Un hallazgo clave de nuestra serie fue la correlación negativa entre energía máxima y SDR ($r = -0.58$), lo que indica que cráneos con menor SDR requieren mayor energía para alcanzar el umbral térmico terapéutico. Estos datos demuestran que existe una transmisión acústica más eficiente en cráneos de mayor SDR, consistente con los principios físicos del ultrasonido focalizado y la relevancia del SDR en la selección de pacientes.⁽¹⁷⁾

Respecto de la mejoría clínica significativa, nuestros resultados son consistentes con los hallazgos de Zaaroor y col.: el 100 % de sus pacientes tratados con MRgFUS dirigido al VIM mostraron mejoras sustanciales en el temblor y en la calidad de vida.⁽¹¹⁾

Los eventos adversos observados en nuestra serie respaldan la idea de que la talamotomía guiada por MRgFUS es un procedimiento seguro y eficaz, con una baja tasa de efectos adversos permanentes (10 %); se demuestra con esto que, aunque algunos eventos adversos esperables, como la cefalea, pueden ocurrir, los graves son infrecuentes y la mayoría de ellos, transitorios. Por último, los eventos adversos observados en nuestra serie se correlacionan con los reportados en la literatura: la cefalea es la complicación más frecuente, mientras que la inestabilidad en la marcha y las parestesias también pueden presentarse.^(11,15)

En conjunto, nuestra serie aporta evidencia práctica sobre la implementación del MRgFUS en un entorno clínico real, destacando cómo la planificación estereotáctica precisa, la consideración del SDR y la selección adecuada del *target* permiten resultados clínicos consistentes con estándares internacionales. Estos hallazgos subrayan que la efectividad del procedimiento no depende únicamente de la tecnología, sino también de la integración de un equipo multidisciplinario entrenado y protocolos estructurados para la evaluación y el seguimiento del paciente. Asimismo, los datos sobre eventos adversos y su temporalidad permiten anticipar y manejar complicaciones de manera proactiva, lo que consolida la seguridad del MRgFUS como herramienta terapéutica en nuestra población.

Este análisis contribuye a un mejor entendimiento de los factores técnicos y clínicos que condicionan el éxito del procedimiento, ofrece una base para optimizar la práctica y orientar futuros estudios multicéntricos en la región.

Nuestro estudio presenta varias limitaciones inherentes a su diseño retrospectivo y unicéntrico. En primer lugar, la serie, aunque consecutiva, refleja la experiencia de un único centro en Argentina, lo que podría limitar la generalización de nuestros hallazgos a otros entornos clínicos de Latinoamérica, o del mundo. En segundo lugar, se incluyeron resultados clínicos estandarizados a corto y mediano plazo, lo que impide correlacionar directamente los parámetros técnicos con la eficacia clínica a largo plazo. Además, algunos núcleos menos frecuentes, como el PTT o combinaciones NST + VIM, fueron representados por muy pocos casos, limitando la interpretación estadística de estas subpoblaciones. Aunque se registraron variables técnicas detalladas, factores anatómicos individuales adicionales, como variaciones vasculares o morfología craneal más compleja, podrían influir en la transmisión acústica y no fueron evaluados de manera sistemática.

CONCLUSIÓN

Este estudio constituye la primera descripción detallada de los parámetros técnicos y estereotácticos del MRgFUS en

Argentina. Nuestros hallazgos muestran que tanto el VIM como el NST pueden ser objetivamente tratados con un número limitado de sonicaciones, alcanzando temperaturas terapéuticas consistentes con las recomendaciones internacionales. La correlación negativa entre SDR y energía máxima refuerza la importancia de la selección del paciente y la planificación individualizada basada en la densidad ósea craneal.

Estos resultados proporcionan un marco de referencia técnico valioso para centros de la región que incorporen MRgFUS, aportando evidencia sobre seguridad, reproducibilidad y adaptación de la técnica en la práctica clínica latinoamericana.

Contribuciones de autoría

Conceptualización y Administración del proyecto: Fabián C. Piedimonte. Curación de datos, Análisis formal, Investigación y Redacción - borrador original: Francisco Rivera, Camila Casal. Metodología: Nelson Quintanal Cordero, Fabián C. Piedimonte, Francisco Rivera. Supervisión: Nelson Quintanal Cordero, Fabián C. Piedimonte. Redacción - revisión y edición: Nelson Quintanal Cordero, Fabián C. Piedimonte, Sergio Pampin. Adquisición de fondos, Recursos, Software, Validación y Visualización: no aplican para el presente trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

1. Ben-Shlomo Y, Darweesh S, Llibre-Guerra J, Marras C, San Luciano M, Tanner C. The epidemiology of Parkinson's disease. *Lancet*. 2024 Jan 20;403(10423):283-92. Doi: 10.1016/S0140-6736(23)01419-8
2. Armstrong MJ, Okun MS. Diagnosis and treatment of Parkinson disease: a review. *JAMA*. 2020 Feb 11;323(6):548-60. Doi: 10.1001/jama.2019.22360
3. Gautam D, Venkatraman V, Horns J, Yang LZ, Lee HJ, Kassavitis P, y col. Demographics of focused ultrasound thalamotomy for essential tremor and trends in deep brain stimulation surgery after its introduction in the USA. *BMJ Neurol Open*. 2024 Apr 10;6(1):e000582. Doi: 10.1136/bmjno-2023-000582
4. Tolosa E, Garrido A, Scholz SW, Poewe W. Challenges in the diagnosis of Parkinson's disease. *Lancet Neurol*. 2021 May;20(5):385-97. Doi: 10.1016/S1474-4422(21)00030-2
5. Kestenbaum M, Ford B, Louis ED. Estimating the proportion of essential tremor and Parkinson's disease patients undergoing deep brain stimulation surgery: five-year data from Columbia University Medical Center (2009-2014). *Mov Disord Clin Pract*. 2015 Dec;2(4):384-7. Doi: 10.1002/mdc3.12185
6. Ko TH, Lee YH, Chan L, Tsai KW, Hong CT, Lo WL. Magnetic resonance-guided focused ultrasound surgery for Parkinson's disease: a mini-review and comparison between deep brain stimulation. *Parkinsonism Relat Disord*. 2023 Jun;111:105431. Doi: 10.1016/j.parkreldis.2023.105431
7. Fernandez-Garcia C, Alonso-Frech F, Monje MHG, Matias-Guiu J. Role of deep brain stimulation therapy in the magnetic resonance-guided high-frequency focused ultrasound era: current situation and future prospects. *Expert Rev Neurother*. 2020 Jan;20(1):7-21. Doi: 10.1080/14737175.2020.1677465
8. Rivera F, Quintanal Cordero NE, Braña Miranda R, Piedimonte F. Palidotomía mediante ultrasonido focalizado guiado por resonancia magnética en la enfermedad de Parkinson: revisión sistemática de eficacia y seguridad. *NeuroTarget*. 2024 Dec 14;18(1):78-84. Doi: 10.47924/neurotarget2024472
9. Braña Miranda R, Rivera F, Quintanal Cordero NE, Piedimonte F. Talamotomía VIM con RMgFUS en la enfermedad de Parkinson: eficacia, seguridad y técnica. *NeuroTarget*. 2025 Mar 21;19(1):48-54. Doi: 10.47924/neurotarget2025481
10. Braña Miranda R, Rivera F, Quintanal Cordero NE, Piedimonte F. Eficacia y seguridad de la subtalantomía unilateral mediante ultrasonido focalizado guiado por resonancia magnética en la enfermedad de Parkinson: una revisión sistemática. *NeuroTarget*. 2025 Jul 14;19(1): 63-8. Doi: 10.47924/neurotarget2025483
11. Zaaroor M, Sinai A, Goldsher D, Eran A, Nassar M, Schlesinger I. Magnetic resonance-guided focused ultrasound thalamotomy for tremor: a report of 30 Parkinson's disease and essential tremor cases. *J Neurosurg*. 2018 Jan;128(1):202-10. Doi: 10.3171/2016.10.JNS16758

12. Insightec [Internet]. [Israel]: Insightec Ltd.; c2021 [cited 2025 Nov 11]. Treatment centers. Available from: <https://insightec.com/treatment-centers/>
13. Vetkas A, Boutet A, Sarica C, Germann J, Gwun D, Yamamoto K, y col. Successful magnetic resonance-guided focused ultrasound treatment of tremor in patients with a skull density ratio of 0.4 or less. *J Neurosurg.* 2024 Mar 1;140(3):639-47. Doi: 10.3171/2023.6.JNS23171
14. Chua MMJ, LeBlang S, Powlovich L, Gilbertson T, Krishna V, Guttman CRG, y col. Brain targeting for focused ultrasound essential tremor ablation: proceedings from the 2023 Focused Ultrasound Foundation workshop. *Neurosurg Focus.* 2024 Sep 1;57(3):E3. Doi: 10.3171/2024.6.FOCUS2494
15. Elias WJ, Lipsman N, Ondo WG, Ghanouni P, Kim YG, Lee W, y col. A randomized trial of focused ultrasound thalamotomy for essential tremor. *N Engl J Med.* 2016 Aug 25;375(8):730-9. Doi: 10.1056/NEJMoa1600159
16. Paschen S, Natera-Villalba E, Pineda-Pardo JA, Del Álamo M, Rodríguez-Rojas R, Hensler J, y col. Comparative study of focused ultrasound unilateral thalamotomy and subthalamotomy for medication-refractory Parkinson's disease tremor. *Mov Disord.* 2025 May;40(5):823-33. Doi: 10.1002/mds.30159
17. Thomas B, Bellini G, Lee WY, Shi Y, Mogilner A, Pourfar MH. High intensity focused ultrasound - longitudinal data on efficacy and safety. *Tremor Other Hyperkinet Mov (N Y).* 2025 May 5;15:18. Doi: 10.5334/tohm.987

COMENTARIO

El artículo presentado por el Dr. Piedimonte y equipo constituye un aporte de enorme relevancia para la neurocirugía funcional de nuestra región. La introducción de la tecnología de ultrasonido focalizado de alta intensidad guiado por resonancia magnética (MRgFUS, por sus siglas en inglés) ha redefinido los algoritmos de tratamiento para patologías prevalentes como el temblor esencial y la enfermedad de Parkinson avanzada.⁽¹⁾

Esta serie de 80 pacientes no solo representa una de las casuísticas más robustas de América Latina, sino que además valida la factibilidad, reproducibilidad y seguridad de un procedimiento no invasivo —sin incisiones craneales ni necesidad de implantación de dispositivos permanentes— en el contexto sanitario argentino.

La talamotomía mediante MRgFUS cuenta con un sólido respaldo en la literatura científica, y demuestra una reducción drástica y sostenida del temblor, junto con una mejoría significativa en la calidad de vida de los pacientes.⁽²⁾ Asimismo, la utilización de otros blancos anatómicos, que van desde la palidotomía hasta la subtalamotomía unilateral o bilateral diferida, abren un panorama prometedor para el manejo de la rigidez y las discinesias graves.⁽³⁾

Se extiende un sincero reconocimiento a los autores por la consolidación de este programa tecnológico de vanguardia en el ámbito nacional, abriendo camino hacia esquemas de tratamiento altamente eficaces.

Santiago Driollet Laspiur

Servicio de Neurocirugía Funcional, Hospital Nacional “Prof. Alejandro Posadas”,
Provincia de Buenos Aires, Argentina

BIBLIOGRAFÍA

1. Elias WJ, Lipsman N, Ondo WG, et al. A randomized trial of focused ultrasound thalamotomy for essential tremor. *N Engl J Med.* 2016;375(8):730-9. Doi: 10.1056/NEJMoa1600159
2. Bond AE, Shah BB, Huss DS, et al. Safety and efficacy of magnetic resonance-guided focused ultrasound thalamotomy for patients with tremor-dominant Parkinson disease: a randomized clinical trial. *JAMA Neurol.* 2017;74(12):1412-8. Doi:10.1001/jamaneurol.2017.3098
3. Martínez-Fernández R, Rodríguez-Rojas R, Del Álamo M, et al. Focused ultrasound subthalamotomy in patients with asymmetric parkinson's disease: a randomized clinical trial. *Lancet Neurol.* 2018;17(6):54-63. Doi: 10.1016/S1474-4422(17)30403-9