

Mitos, verdades, dudas y confusiones sobre las ondas de choque y su rol en la enfermedad musculoesquelética

Daniel Moya

Servicio de Ortopedia y Traumatología, Hospital Británico de Buenos Aires, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina

RESUMEN

El advenimiento de la litotricia renal en la década de los 80 tuvo un efecto disruptivo en el tratamiento de los cálculos renales. El descubrimiento de los efectos biológicos de las ondas de choque expandió rápidamente el uso de este método terapéutico al campo de la Ortopedia y Traumatología. Si bien, en los últimos años, ha tenido un amplio desarrollo, persisten muchas confusiones y dudas en el ambiente de nuestra especialidad, sobre todo entre los profesionales que no están directamente involucrados en el tema. El objetivo de esta presentación es hacer un análisis de los puntos de controversia y las dudas más frecuentes, basado en la bibliografía científica.

Palabras clave: Ondas de choque; ondas radiales de presión; mecanotransducción.

Nivel de Evidencia: V

Myths, Truths, Doubts and Confusions About Shockwave Therapy and Its Role in Musculoskeletal Pathology

ABSTRACT

The advent of renal lithotripsy in the 1980s had a disruptive effect on the treatment of kidney stones. The discovery of the biological effects of shock waves quickly expanded the use of this therapeutic method to the field of Orthopedics and Traumatology. Although the topic has advanced significantly in recent years, there are still many questions and confusions in our specialty's environment, particularly among professionals who are not directly involved in the field. The objective of this presentation is to provide a scientific analysis of the points of controversy and the most frequent doubts.

Keywords: Shock waves; radial pressure waves; mechanotransduction.

Level of Evidence: V

INTRODUCCIÓN

El advenimiento de la litotricia renal en la década de los 80 tuvo un efecto disruptivo en el tratamiento de los cálculos renales.¹ La aplicación de ondas mecánicas permitió eliminar los depósitos minerales dentro de la vía urinaria y así evitar la cirugía en un enorme porcentaje de pacientes. Cuarenta años después, el procedimiento, inicialmente tomado con incredulidad, es una indicación formal y aceptada.²

La experiencia con el método llevó a los primeros urólogos a notar consecuencias más allá del efecto mecánico sobre los cálculos.³⁻⁵ Se abrió así otra dimensión terapéutica de la mano de la respuesta biológica que desencadenan las ondas mecánicas. Este conocimiento pasó rápidamente a ser aplicado en la patología ortopédica y traumatológica.^{3,6-9}

A pesar de los más de 30 años transcurridos desde su empleo inicial en el campo de las enfermedades musculoesqueléticas, los traumatólogos que no están involucrados directamente con su uso siguen teniendo numerosas dudas y errores de interpretación con respecto al rol de esta herramienta terapéutica.

El objetivo de esta presentación es analizar los puntos de controversia y las dudas más frecuentes, tomando como base la bibliografía científica.

Recibido el 24-10-2023. Aceptado luego de la evaluación el 27-10-2023 • Dr. DANIEL MOYA • drdanielmoya@gmail.com  <https://orcid.org/0000-0003-1889-7699>

Cómo citar este artículo: Moya D. Mitos, verdades, dudas y confusiones sobre las ondas de choque y su rol en la enfermedad musculoesquelética. *Rev Asoc Argent Ortop Traumatol* 2024;89(2):199-209. <https://doi.org/10.15417/issn.1852-7434.2024.89.2.1835>

Confusión: ¿ondas radiales y focales es lo mismo?

Las fuerzas mecánicas de la naturaleza han influido sobre los seres vivos desde la génesis de la vida en nuestro planeta.³ Su uso con fines terapéuticos comenzó a finales del siglo XX.

Existen dos tipos de ondas, las electromagnéticas y las mecánicas.¹⁰ Tanto las ondas focales como las radiales son ondas mecánicas.

Las “ondas de choque” u “ondas focales” son ondas mecánicas con características bien definidas.¹⁰⁻¹³ Como se observa en la **Figura 1A**, presentan un pico de presión positiva de rápido crecimiento y corta duración a la que le sigue una fase de presión negativa. Estas ondas son las que se describieron inicialmente en el campo de la urología y las auténticas ondas de choque. Pueden ser generadas por fuentes electrohidráulicas, electromagnéticas o piezoeléctricas.¹⁰⁻¹³

Una década después del comienzo del uso terapéutico de las ondas focales, llegaron al mercado las “ondas radiales” como una alternativa más portable y económica.³ Razones históricas y comerciales han determinado que las ondas radiales sean también llamadas “ondas de choque”, pero esto es inexacto.^{10,13} La nomenclatura correcta es “ondas de choque focales” y “ondas de presión radial”, respectivamente. Desafortunadamente, en la mayoría de las publicaciones, la nomenclatura correcta no es respetada, lo que genera una gran confusión.¹¹

Desde el punto de vista físico, las ondas radiales (**Figura 1B**) son completamente distintas de las focales. Las ondas radiales tienen un pico de presión positiva 100 veces más bajo y una duración del pulso 1000 veces mayor.¹⁰⁻¹² También los mecanismos de generación y de acción son distintos.¹⁰⁻¹² Las ondas radiales se generan por el impacto de un proyectil sobre un aplicador, por eso también se las conoce como ondas balísticas.^{10,12} Su mecanismo de generación se basa en el principio de acción y reacción descrito por Newton.^{3,14}

Que sean distintas tecnologías no significa que una sea mejor que otra. En algunos casos, las indicaciones en el campo de la Ortopedia y Traumatología se superponen y hay también indicaciones específicas para cada método.^{11,12}

Los niveles de riesgo son también distintos.¹² Las ondas focales mal utilizadas o con indicaciones inadecuadas pueden generar complicaciones severas que las ondas radiales no causarían.^{13,15} Este es uno de los motivos por los que las sociedades internacionales recomiendan restringir las ondas focales al uso médico.¹⁶

En definitiva, las ondas radiales y las ondas focales son ondas mecánicas que pueden tener un uso terapéutico en el campo de la Ortopedia y Traumatología, pero son completamente distintas desde el punto de vista de su generación y las características físicas. Hay indicaciones específicas para cada método y otras compartidas. Las ondas radiales no son ondas de choque. Se recomienda que las ondas focales sean usadas por médicos entrenados.

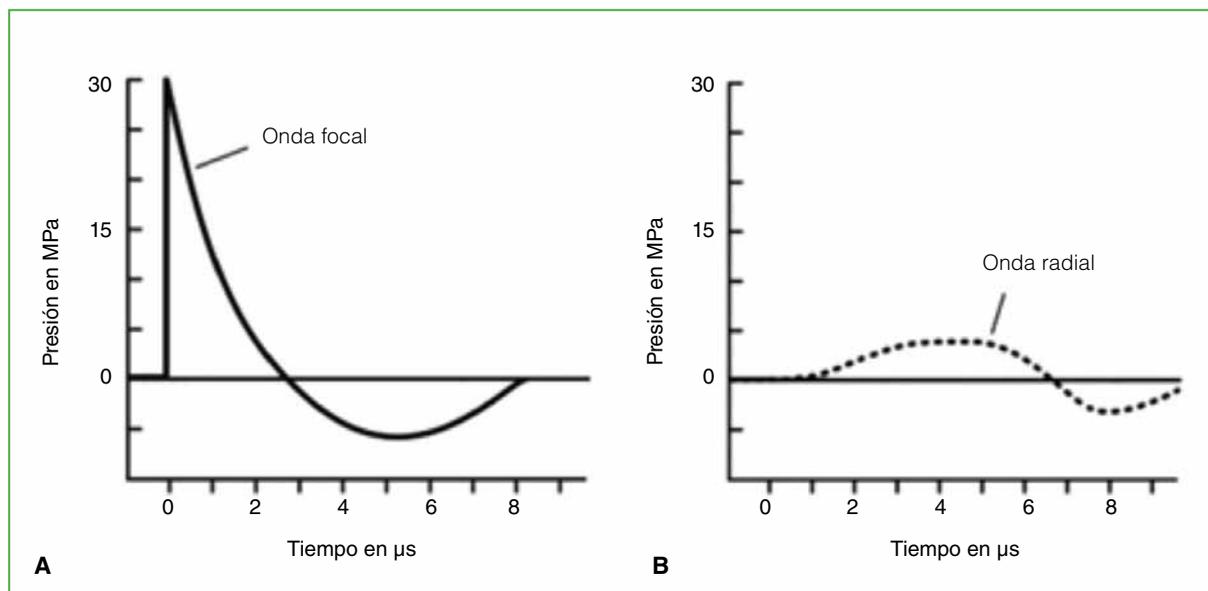


Figura 1. Comparación de los perfiles de presión de una onda de choque focal (**A**) y una onda radial (**B**).

Modificada de: Loske AM, Moya D. Shock waves and radial pressure waves: time to put a clear nomenclature into practice. *Journal of Regenerative Science* 2021;1(1):4-8. <https://doi.org/10.13107/jrs.2021.v01.i01.005>

Mito: las ondas mecánicas provocan microrroturas en los tejidos (falso)

Es frecuente escuchar que las ondas mecánicas basarían su acción terapéutica en microlesiones que determinan un sangrado y procesos cicatriciales. Esto es incorrecto.

Estudios de resonancia magnética realizados después de aplicar ondas de choque focales en el hombro han descartado cualquier tipo de lesión.¹⁷ La evaluación histológica del tejido óseo tras la aplicación de ondas focales descartó la presencia de “microfracturas” cuando se usan dosis terapéuticas.¹⁸ El efecto puramente mecánico solo es efectivo en el caso de la destrucción de cálculos, que son acúmulos minerales inertes. En los tejidos vivos, el mecanismo de acción es biológico, se basa en el fenómeno de “mecanotransducción”.^{12,13,19} Las células y la matriz extracelular son influidas por los estímulos mecánicos. Estas estructuras reconocen los estímulos mecánicos y generan una respuesta biológica.^{12,13,19}

Es una paradoja que, en una especialidad que aplica la mecanotransducción desde hace más de un siglo, no se interprete fácilmente este mecanismo de acción. Todos los traumatólogos sabemos que, al dar carga a una fractura en el momento oportuno y en condiciones adecuadas, el proceso de consolidación se acelera. Esto no es ni más ni menos que aplicar terapéuticamente la mecanotransducción como en el caso de las ondas de choque.

El proceso tiene cuatro etapas: física, físico-química, química y biológica.^{12,19} El núcleo celular estimulado determina la liberación de exosomas con efectos angiogénicos.¹⁹⁻²² La vasculogénesis y la angiogénesis son mecanismos de acción fundamentales bien estudiados en las ondas de choque focales.^{12,13,19-23} En innumerables estudios, se ha demostrado que aumenta la concentración local de óxido nítrico, de factores de replicación celular y de factores de crecimiento vasculares luego de aplicar ondas de choque.^{12,19,21,23}

Es importante, entonces, dejar claro que los efectos terapéuticos de las ondas mecánicas no se basan en efectos únicamente mecánicos ni son determinados por la generación de microlesiones. El mecanismo de acción es biológico y mediado básicamente por un efecto angiogénico y vasculogénico.

Confusión: ¿cuáles son las indicaciones de cada tipo de ondas?

Como ya se mencionó, existen indicaciones ideales para cada tipo de ondas y otras indicaciones son compartidas (Figura 2).^{12,13} Las ondas focales están indicadas para cuadros que requieren el uso de mayores niveles de energía, como las calcificaciones tendinosas^{24,25} y las lesiones óseas.^{6,26} También son capaces de acceder a mayor profundidad que las ondas radiales.²⁷

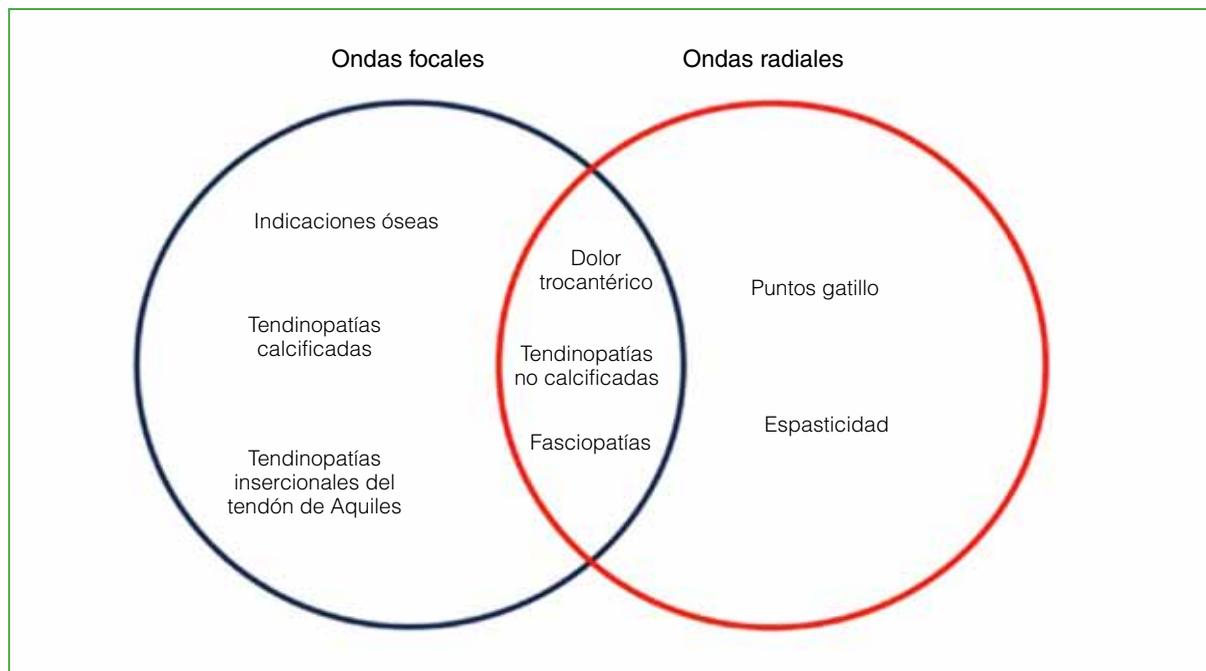


Figura 2. Indicaciones de las ondas de choque focales, las ondas radiales y compartidas por ambas.

Modificada de: Loske AM, Moya D. Shock waves and radial pressure waves: time to put a clear nomenclature into practice. *Journal of Regenerative Science* 2021;1(1):4-8. <https://doi.org/10.13107/jrs.2021.v01.i01.005>

Las ondas radiales tienen un efecto más superficial y plantean un menor riesgo cuando se aplican en áreas cercanas a órganos con contenido gaseoso;^{11,12,15} por lo tanto, pueden ser utilizadas, por ejemplo, sobre puntos gatillo en la región dorsal. Asimismo, se han recomendado para cuadros de espasticidad en la infancia por la mayor tolerancia al tratamiento.²⁸

Las ondas radiales permiten cubrir áreas más amplias de tratamiento, lo que sería más dificultoso con las ondas focales.

Ambos métodos se pueden emplear indistintamente en la mayoría de las tendinopatías no calcificadas¹² y en la fasciopatía plantar.^{12,13,16} En las tendinopatías insercionales del tendón de Aquiles, el autor prefiere las ondas focales.

Verdad: existe evidencia científica sólida sobre su eficacia

La mayoría de las técnicas quirúrgicas que utilizamos habitualmente en Ortopedia y Traumatología tiene un aval con un nivel de evidencia científico bajo.^{29,30} Stephen Burkhart, en su discurso de apertura del Congreso Mundial de Cirugía de Hombro y Codo celebrado en Buenos Aires, en 2019, se preguntó si la artroscopia de hombro se hubiera podido desarrollar durante el siglo XXI, era de la medicina basada en la evidencia y políticas de restricción de la *Food and Drug Administration*.^{31,32}

Las ondas de choque surgieron una década después que la artroscopia y debieron enfrentar un contexto más exigente y crítico de las nuevas opciones terapéuticas.³¹ Esto determinó la generación de muchos estudios y publicaciones, no siempre con el máximo rigor científico.³¹

En 2018, publicamos un estudio sobre las indicaciones más frecuentes de las ondas radiales y focales, en la revista *Journal of Bone and Joint Surgery*.¹² Utilizamos los grados de recomendación basados en evidencia científica de acuerdo con el sistema propuesto por la mencionada publicación³³ (Tabla 1).

El resultado, basado en la evidencia encontrada en la bibliografía de esa época, puede verse en la Tabla 2.

Tabla 1. Grados de recomendación basados en la evidencia científica

Grado de recomendación	Tipo de estudio	Actitud
A	Nivel de evidencia I	Cambiar definitivamente la práctica
B	Nivel de evidencia II y III	Cambiar probablemente la práctica
C	Nivel de evidencia IV y V o controversial	Definir de acuerdo con la experiencia
I	Evidencia insuficiente	No se puede recomendar

Adaptada de Wright JG, Einhorn TA, Heckman JD. Grades of recommendation. *J Bone Joint Surg Am* 2005;87(9):1909-10. <https://doi.org/10.2106/JBJS.8709.edit>

Tabla 2. Grados de recomendación de las indicaciones más frecuentes de las ondas radiales y focales en la enfermedad musculoesquelética

Cuadro	Tecnología	Grado de recomendación
Tendinopatía calcificada de hombro	Focal	A
Tendinopatía calcificada de hombro	Radial	I
Tendinopatía no calcificada de hombro	Focal y radial	C
Tendinopatía de músculos epicondíleos	Focal y radial	B
Síndrome de dolor trocántérico	Radial	B
Tendinopatía rotuliana	Focal y radial	B
Tendinopatía del tendón de Aquiles	Focal y radial	B
Fasciopatía plantar	Focal y radial	A
Seudoartrosis	Focal	B

Adaptada de Moya D, Ramón S, Schaden W, Wang CJ, Guilloff L, Cheng JH. The role of extracorporeal shockwave treatment in musculoskeletal disorders. *J Bone Joint Surg Am* 2018;100(3):251-63. <https://doi.org/10.2106/JBJS.17.00661>

El nivel de evidencia más alto en lo que respecta a las calcificaciones del manguito rotador le corresponde a las ondas focales y, en la fasciopatía plantar, tanto a las focales como a las radiales.¹² El *American College of Foot and Ankle Surgeons* incorporó el uso de las ondas en su algoritmo de tratamiento de la fasciopatía plantar hace ya más de 10 años.³⁴

La evidencia científica es moderada para la mayoría de las tendinopatías, excepto la tendinopatía no calcificada del manguito rotador,¹² y para los cuadros de pseudoartrosis.¹²

El grado de evidencia es bajo para las tendinopatías no calcificadas de hombro,¹² la artrosis de rodilla,³⁵ las tenosinovitis de muñeca y mano, y muchas otras enfermedades. Sin embargo, el resultado empírico, por ejemplo, en etapas no avanzadas de artrosis de rodilla es muy alentador de acuerdo con la experiencia del autor.

En conclusión, existe un grado de evidencia aceptable para el uso de las ondas de choque focales y las ondas radiales en la mayoría de sus indicaciones habituales. En muchos de los casos, el nivel de evidencia es similar o superior al de los procedimientos quirúrgicos para esas mismas enfermedades.

Duda: ¿cuáles son sus contraindicaciones?

Una contraindicación importante para el uso de las ondas focales es que el paciente esté recibiendo una intensa terapia anticoagulante,^{15,36} sobre todo si se deben utilizar altos niveles de energía.

La aplicación de ondas focales sobre tejidos con contenido gaseoso (pulmones, vísceras) puede ocasionar lesiones graves.^{15,37} También está contraindicada su aplicación directa en fisas abiertas, áreas tumorales, y sobre embriones y fetos.^{15,37,38} Está contraindicada la aplicación de ondas focales sobre grandes vasos y nervios.^{15,37,39}

La presencia de un marcapaso es hoy una contraindicación relativa para las ondas focales debido a los cambios en el diseño de los marcapasos y en los equipos focales;⁴⁰ de todas maneras, es preferible estar en contacto con el cardiólogo tratante.

En cuanto a las ondas radiales, dada su menor penetración, la posibilidad de complicaciones es mucho más baja. Las contraindicaciones absolutas son la presencia de tumores, embrión o feto en el área por tratar.³⁷

Duda: ¿cuál es el momento ideal para indicarlas?

La indicación ideal tanto para las ondas focales como para las radiales son las tendinopatías y fasciopatías crónicas. Se recomienda agotar otras opciones terapéuticas, como la medicación, el reposo, la rehabilitación, los cambios de hábitos y ejercicios, antes de comenzar con el tratamiento de ondas. Por lo tanto, no suelen ser la indicación terapéutica inicial en la mayoría de los casos.^{12,16}

Confusión: ¿los resultados son inmediatos?

Las ondas mecánicas generan un proceso biológico que incluye la modulación de la inflamación y el estímulo de la cicatrización.^{12,13,16,19} Se produce una sucesión de fenómenos biológicos que requieren tiempo.^{12,16} La respuesta clínica puede aparecer recién a los tres meses en el caso de las tendinopatías.¹⁶ Los protocolos de seguimiento de las pseudoartrosis prolongan el control radiológico básico hasta los tres meses, pero pueden ocurrir cambios hasta el año de completado el tratamiento (Figura 3).

Por estas razones, es clave tener en cuenta que no deben esperarse respuestas inmediatas en la gran mayoría de los casos.

Duda: ¿qué cantidad de sesiones son necesarias?

Se ha criticado la falta de consensos estrictos con respecto a la cantidad de sesiones y las dosis. En la mayoría de las indicaciones de enfermedad musculoesquelética, el consenso actual aconseja tres sesiones con un intervalo semanal.^{12,16,37} De acuerdo con la fuente de generación utilizada pueden agregarse sesiones, pero en general, no más de seis en total. Las sesiones adicionales se suman después de una espera prudencial para evaluar el efecto de la dosis inicial. Estas dosis adicionales no son necesarias en la mayoría de los casos.



Figura 3. Progresión del proceso de consolidación después de aplicar un plan de tratamiento con ondas focales en una paciente con pseudoartrosis de fémur de 20 meses de evolución y dos procedimientos quirúrgicos. Llevaba 10 meses de evolución desde la segunda cirugía. **A.** Secuencia de radiografías simples de fémur, de frente, con foco en el área de pseudoartrosis. **B.** Secuencia de radiografías simples de fémur, de perfil, con foco en el área de pseudoartrosis.

Confusión: osificaciones versus calcificaciones

Con frecuencia se comete un error conceptual en la práctica, confundir entre calcificaciones y osificaciones. Las calcificaciones son, en realidad, un depósito de minerales en tejidos blandos. El caso mejor conocido son los depósitos de cristales de hidroxapatita en los tendones del manguito rotador. En este cuadro, las ondas de choque son utilizadas para disparar un proceso biológico que reabsorbe el depósito de mineral (Figura 4A y B).

Las osificaciones heterotópicas, en cambio, se caracterizan por ser tejido óseo organizado y estructurado que las ondas de choque no son capaces de “disolver” ni pueden estimular su reabsorción. Se trata de tejido óseo, es decir, una matriz colágena calcificada que puede contener o no elementos de médula ósea.⁴¹

Durante la pandemia de la COVID-19, recibimos pacientes derivados con osificaciones heterotópicas de cadera posinternación en terapia intensiva (Figura 4C), con el objetivo de hacer desaparecer el depósito cálcico, y eso desgraciadamente no es posible. Si lo fuera, también correríamos el riesgo de eliminar áreas de hueso normal y afortunadamente las ondas focales no producen ese efecto.

Es importante dejar sentado que calcificaciones y osificaciones son dos cuadros distintos en lo que respecta tanto a su histología como a su pronóstico y tratamiento. Las ondas focales no determinan la desaparición de las osificaciones heterotópicas.



Figura 4. Radiografías simples de hombro, de frente, que muestran la calcificación del tendón del supraespinoso (A) y el mismo caso luego de un plan de tratamiento con ondas de choque focales (B). C. Radiografía de cadera, de frente. Se observa la osificación heterotópica de cadera tras la estancia en terapia intensiva por un cuadro de COVID-19.

Duda: ¿pueden ser utilizadas en casos de pseudoartrosis?

Las ondas focales se pueden utilizar para tratar pseudoartrosis y retraso de la consolidación (Figuras 3, 5 y 6). Es una condición absoluta que el foco fracturario sea estable.^{12,16} Los mejores resultados se obtienen cuando la brecha es <5 mm, en callos hipertróficos, cuadros con poco tiempo de evolución y en pacientes no infectados.^{12,16} Deben utilizarse niveles de energía altos.^{12,16}

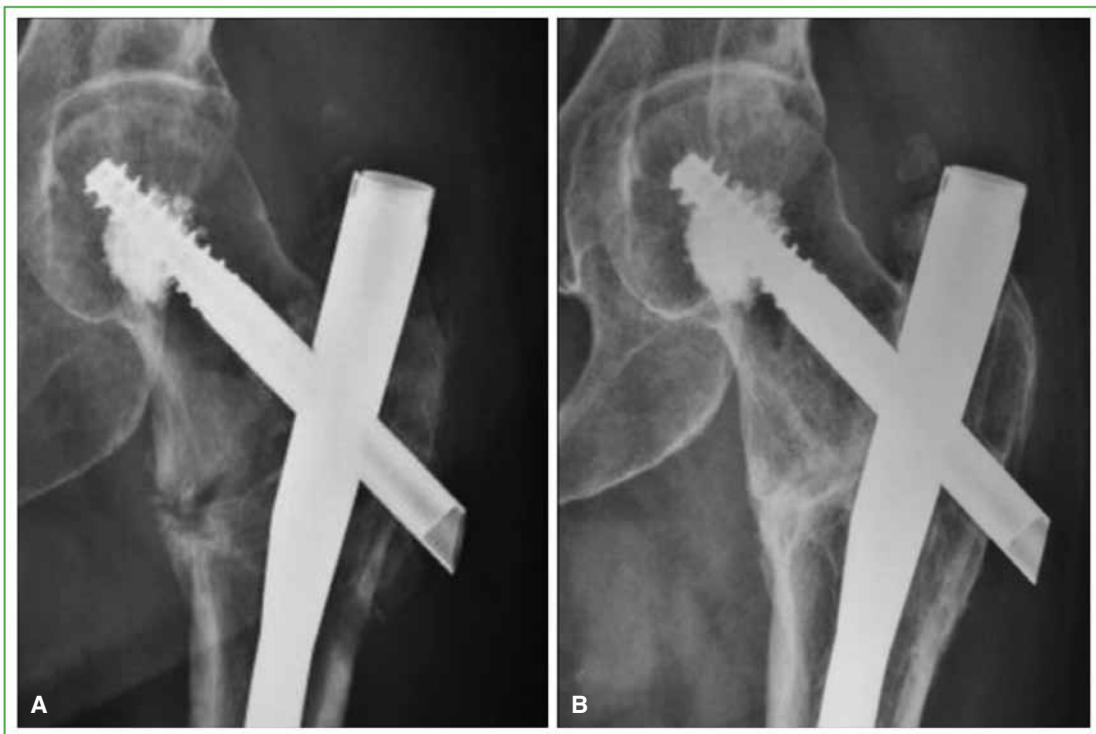


Figura 5. Radiografías simples de cadera, de frente. A. Revisión de una cirugía de fractura intertrocantérica de cadera de un año de evolución, sin signos de consolidación. B. Resultado a los 5 meses de la aplicación de un plan de tratamiento con ondas focales. La sintomatología desapareció.

La tasa de buenos resultados ronda el 70% cuando están dadas las mejores condiciones.^{12,13,16} Se han publicado estudios comparando los resultados de las ondas focales y la cirugía en determinadas pseudoartrosis, pero sin obtener diferencias significativas.^{41,42}

Asimismo, hemos logrado buenos resultados en cuadros de artrodesis fallidas (Figura 6).

En conclusión, las ondas focales se pueden aplicar como alternativa de la cirugía cuando están dadas las condiciones adecuadas para su uso.

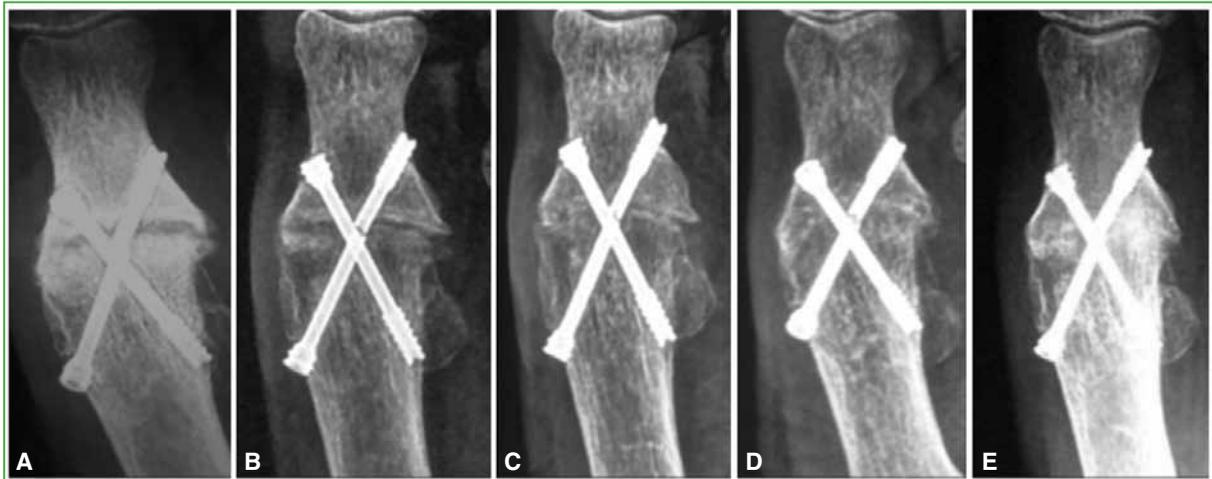


Figura 6. Secuencia de radiografías simples de antepié con foco en la primera articulación metatarsofalángica. **A.** Artrodesis fallida de hallux de 18 meses de evolución. **B.** Dos meses después de tres sesiones de ondas de choque focales de alta energía. **C.** Tres meses después de las ondas de choque. **D.** Cuatro meses después de las ondas de choque. La artrodesis ha consolidado y la paciente está asintomática. **E.** Control radiográfico a los 2 años.

Con autorización del Journal of Regenerative Science.

Mito: no provocan complicaciones (falso)

Como cualquier procedimiento terapéutico, el resultado de las ondas de choque puede ser malo.¹⁵ El mal resultado más frecuente es que no se produzca la respuesta biológica buscada, pero también se han reportado complicaciones.

La causa más frecuente de malos resultados es un error diagnóstico.¹⁵ El disponer de un equipo de ondas de choque o de ondas de presión radiales no convierte al operador en un experto en la enfermedad que trata. Por esto insistimos en la importancia del respeto de las incumbencias¹⁶ y en el trabajo coordinado con el subespecialista en el campo de la Ortopedia y Traumatología.

La aplicación inadecuada y no respetar las contraindicaciones pueden causar complicaciones graves.^{15,16,39} Los equipos deben tener el aval de la Administración Nacional de Medicamentos, Alimentos y Tecnología Médica (ANMAT).

Las complicaciones comunicadas varían desde episodios de lipotimia durante la aplicación, aumento transitorio del dolor tras la aplicación, hasta complicaciones, como casos aislados de necrosis de la cabeza humeral.^{13,15,43} Afortunadamente la mayoría de las complicaciones se pueden evitar y no son frecuentes.

Ventajas

Una de las principales ventajas del tratamiento con ondas mecánicas es que se trata de un método no invasivo con una baja tasa de complicaciones graves.

Inicialmente se lo reservó para situaciones en las que, agotadas las opciones de tratamiento conservador, se evaluaba la posibilidad de una cirugía.¹⁹ Con el paso de los años, fue aumentando el rango de indicaciones.

El intento terapéutico fallido con ondas focales no altera la posibilidad de éxito de una eventual cirugía.⁴⁴

La relación entre el costo y la efectividad es también adecuada. Por ejemplo, se ha comparado la tasa de éxito de la cirugía abierta y artroscópica con la de las ondas de choque focales en las calcificaciones del manguito rotador, y los resultados fueron similares.^{45,46} Además de causar menos complicaciones y de menor gravedad,^{45,46} las ondas focales tienen un costo mucho más bajo.^{12,13,47,48}

Conflicto de intereses: El autor no declara conflictos de intereses.

BIBLIOGRAFÍA

1. Chaussy C, Brendel W, Schmiedt E. Extracorporeally induced destruction of kidney stones by shock waves. *Lancet* 1980;2(8207):1265-8. [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(80\)92335-1](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(80)92335-1)
2. Hiller SC, Ghani KR. Frontiers of stone management. *Curr Opin Urol* 2020;30(1):17-23. <https://doi.org/10.1097/MOU.0000000000000698>
3. Moya D, Loske AM, Hobrough P, Moya C. History of shock waves and radial pressure waves from Newton to our times. *J Reg Sci* 2023;3(1):9-14. <https://doi.org/10.13107/jrs.2023.v03.i01.70>
4. Haupt G, Chvapil M. Effect of shock waves on the healing of partial-thickness wounds in piglets. *J Surg Res* 1990;49(1):45-8. [https://doi.org/10.1016/0022-4804\(90\)90109-f](https://doi.org/10.1016/0022-4804(90)90109-f)
5. Haupt G, Haupt A, Ekkernkamp A, Gerety B, Chvapil M. Influence of shock waves on fracture healing. *Urology* 1992;39(6):529-32. [https://doi.org/10.1016/0090-4295\(92\)90009-1](https://doi.org/10.1016/0090-4295(92)90009-1)
6. Valchanov VD, Michailov P. High energy shock waves in the treatment of delayed and nonunion fractures. *Int Orthop* 1991;15(3):181-4. <https://doi.org/10.1007/BF00192289>
7. Loew M, Jurgowski W. [Initial experiences with extracorporeal shockwave lithotripsy (ESWL) in treatment of tendinosis calcarea of the shoulder]. *Z Orthop Ihre Grenzgeb* 1993;131(5):470-3. <https://doi.org/10.1055/s-2008-1040056>
8. Rompe JD, Hope C, Kullmer K, Heine J, Burger R. Analgesic effect of extracorporeal shock-wave therapy on chronic tennis elbow. *J Bone Joint Surg Br* 1996;78(2):233-7. PMID: 8666632
9. Perlick L, Boxberg W, Giebel G. [High energy shock wave treatment of the painful heel spur]. *Unfallchirurg* 1998;101(12):914-8. <https://doi.org/10.1007/s001130050358>
10. Loske AM. *Medical and biomedical applications of shock waves*. Cham, Switzerland: Springer International; 2017, p. 55.
11. Loske AM, Moya D. Shock waves and radial pressure waves: time to put a clear nomenclature into practice. *J Reg Sci* 2021;1(1):4-8. <https://doi.org/10.13107/jrs.2021.v01.i01.005>
12. Moya D, Ramón S, Schaden W, Wang CJ, Guiloff L, Cheng JH. The role of extracorporeal shockwave treatment in musculoskeletal disorders. *J Bone Joint Surg Am* 2018;100(3):251-63. <https://doi.org/10.2106/JBJS.17.00661>
13. Moya D. Terapia por onda de choque extracorpórea para el tratamiento de las lesiones musculoesqueléticas. *Rev Asoc Argent Ortop Traumatol* 2002;67(4):273-86. Disponible en: https://www.aaot.org.ar/revista/1993_2002/2002/2002_4/670408.pdf
14. Newton I. *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*; 2009. Disponible en: <https://www.gutenberg.org/files/28233/28233-pdf.pdf> [Consulta: octubre, 2023]
15. Moya D, Ramón S, Guiloff L, Terán P, Eid J, Serrano E. Malos resultados y complicaciones en el uso de ondas de choque focales y ondas de presión radial en patología musculoesquelética. *Rehabilitación (Madr)* 2022;56(1):64-73. <https://doi.org/10.1016/j.rh.2021.02.007>
16. Ramon S, Español A, Yebra M, Morillas JM, Unzurrunzaga R, Freitag K, et al. Ondas de choque. Evidencias y recomendaciones SETOC (Sociedad Española de Tratamientos con Ondas de Choque). *Rehabilitación (Madr)* 2021;55(4):291-300. <https://doi.org/10.1016/j.rh.2021.02.002>
17. Cyteval C, Baron-Sarrabère MP, Jorgensen C, Cottin A, Benis J, Sany J, et al. Etude IRM avant et apres lithotritie des tendinopathies calcifiantes de l'épaule [MRI study before and after extracorporeal shock wave therapy in calcifying tendinitis of the shoulder]. *J Radiol* 2003;84(6):681-4. PMID: 12910173
18. Maier M, Milz S, Tischer T, Münzing W, Manthey N, Stäbler A, et al. Influence of extracorporeal shock-wave application on normal bone in an animal model in vivo. Scintigraphy, MRI and histopathology. *J Bone Joint Surg Br* 2002;84(4):592-9. <https://doi.org/10.1302/0301-620x.84b4.11621>
19. d'Agostino MC, Craig K, Tibalt E, Respizzi S. Shock wave as biological therapeutic tool: From mechanical stimulation to recovery and healing, through mechanotransduction. *Int J Surg* 2015;24(Pt B):147-53. <https://doi.org/10.1016/j.ijsu.2015.11.030>
20. Gollmann-Tepeköylü C, Pözl L, Graber M, Hirsch J, Nägele F, Lobenwein D, et al. miR-19a-3p containing exosomes improve function of ischaemic myocardium upon shock wave therapy. *Cardiovasc Res* 2020;116(6):1226-36. <https://doi.org/10.1093/cvr/cvz209>

21. Wang CJ, Huang HY, Pai CH. Shock wave-enhanced neovascularization at the tendon-bone junction: An experiment in dogs. *J Foot Ankle Surg* 2002;41(1):16-22. [https://doi.org/10.1016/s1067-2516\(02\)80005-9](https://doi.org/10.1016/s1067-2516(02)80005-9)
22. Wang CJ. An overview of shock wave therapy in musculoskeletal disorders. *Chang Gung Med J* 2003;26(4):220-32. PMID: 12846521
23. Brañes J, Contreras HR, Cabello P, Antonic V, Guiloff LJ, Brañes M. Shoulder rotator cuff responses to extracorporeal shockwave therapy: Morphological and immunohistochemical analysis. *Shoulder & Elbow* 2012;4(3):163-8. <https://doi.org/10.1111/j.1758-5740.2012.00178.x>
24. Vavken P, Holinka J, Rompe JD, Dorotka R. Focused extracorporeal shock wave therapy in calcifying tendinitis of the shoulder: a meta-analysis. *Sports Health* 2009;1(2):137-44. <https://doi.org/10.1177/1941738108331197>
25. Verstraelen FU, In den Kleef NJ, Jansen L, Morrenhof JW. High-energy versus low-energy extracorporeal shock wave therapy for calcifying tendinitis of the shoulder: which is superior? A meta-analysis. *Clin Orthop Relat Res* 2014;472(9):2816-25. <https://doi.org/10.1007/s11999-014-3680-0>
26. Zhang L, Cui Y, Liang D, Guan J, Liu Y, Chen X. High-energy focused extracorporeal shock wave therapy for bone marrow edema syndrome of the hip: A retrospective study. *Medicine (Baltimore)* 2020;99(16):e19747. <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000019747>
27. Cleveland RO, Chitnis PV, McClure SR. Acoustic field of a ballistic shock wave therapy device. *Ultrasound Med Biol* 2007;33(8):1327-35. <https://doi.org/10.1016/j.ultrasmedbio.2007.02.014>
28. Gonkova MI, Ilieva EM, Ferriero G, Chavdarov I. Effect of radial shock wave therapy on muscle spasticity in children with cerebral palsy. *Int J Rehabil Res* 2013;36(3):284-90. <https://doi.org/10.1097/MRR.0b013e328360e51d>
29. Reddy AK, Scott J, Checketts JX, Fishbeck K, Boose M, Stalling L, et al. Levels of evidence backing the AAOS clinical practice guidelines. *J Orthop Trauma Rehab* 2021. <https://doi.org/10.1177/2210491721992533>
30. Blom AW, Donovan RL, Beswick AD, Whitehouse MR, Kunutsor SK. Common elective orthopaedic procedures and their clinical effectiveness: umbrella review of level 1 evidence. *BMJ* 2021;374(1):n1511. <https://doi.org/10.1136/bmj.n1511>
31. Moya D, Wei S, Simplicio C, Guiloff L, Kwangsun P, Di Giorno A, et al. Scientific evidence of shock waves in Orthopedics and Traumatology: It is time to set the record straight. *Journal of Regenerative Science* 2023;3(1):1-6. <https://doi.org/10.13107/jrs.2023.v03.i01.67>
32. Burkhart SS. Shoulder arthroscopy: a bridge from the past to the future. *J Shoulder Elbow Surg* 2020;29(8):e287-e296. <https://doi.org/10.1016/j.jse.2020.04.011>
33. Wright JG, Einhorn TA, Heckman JD. Grades of recommendation. *J Bone Joint Surg Am* 2005;87(9):1909-10. <https://doi.org/10.2106/JBJS.8709.edit>
34. Thomas JL, Christensen JC, Kravitz SR, Mendicino RW, Schuberth JM, Vanore JV, et al. The diagnosis and treatment of heel pain: a clinical practice guideline-revision 2010. *J Foot Ankle Surg* 2010;49(3 Suppl):S1-19. <https://doi.org/10.1053/j.jfas.2010.01.00>
35. Chen L, Ye L, Liu H, Liu P, Yang B. Extracorporeal shock wave therapy for the treatment of osteoarthritis: A systematic review and meta-analysis. *Biomed Res Int* 2020;18;2020:1907821. <https://doi.org/10.1155/2020/1907821>
36. Alsaikhan B, Andonian S. Shock wave lithotripsy in patients requiring anticoagulation or antiplatelet agents. *Can Urol Assoc J* 2011;5(1):53-7. <https://doi.org/10.5489/cuaj.09140>
37. Eid J, Moya D. Quality standards and techniques for the application of focused shockwaves and radial pressure waves in musculoskeletal disorders. *Journal of Regenerative Science* 2021;1(1):9-12. <https://doi.org/10.13107/jrs.2021.v01.i01.007>
38. Smith DP, Graham JB, Prystowsky JB, Dalkin BL, Nemcek AA Jr. The effects of ultrasound-guided shock waves during early pregnancy in Sprague-Dawley rats. *J Urol* 1992;147(1):231-4. [https://doi.org/10.1016/s0022-5347\(17\)37203-8](https://doi.org/10.1016/s0022-5347(17)37203-8)
39. Wang CJ, Huang HY, Yang K, Wang FS, Wong M. Pathomechanism of shock wave injuries on femoral artery, vein and nerve. An experimental study in dogs. *Injury* 2002;33(5):439-46. [https://doi.org/10.1016/s0020-1383\(02\)00005-0](https://doi.org/10.1016/s0020-1383(02)00005-0)
40. Ubee SS, Kasi VS, Bello D, Manikandan R. Implications of pacemakers and implantable cardioverter defibrillators in urological practice. *J Urol* 2011;186(4):1198-205. <https://doi.org/10.1016/j.juro.2011.02.2697>
41. Furia JP, Juliano PJ, Wade AM, Schaden W, Mittermayr R. Shock wave therapy compared with intramedullary screw fixation for nonunion of proximal fifth metatarsal metaphyseal-diaphyseal fractures. *J Bone Joint Surg Am* 2010;92(4):846-54. <https://doi.org/10.2106/JBJS.I.00653>
42. Notarnicola A, Moretti L, Tafuri S, Gigliotti S, Russo S, Musci L, et al. Extracorporeal shockwaves versus surgery in the treatment of pseudoarthrosis of the carpal scaphoid. *Ultrasound Med Biol* 2010;36(8):1306-13. <https://doi.org/10.1016/j.ultrasmedbio.2010.05.004>

43. Liu HM, Chao CM, Hsieh JY, Jiang CC. Humeral head osteonecrosis after extracorporeal shock-wave treatment for rotator cuff tendinopathy. A case report. *J Bone Joint Surg Am* 2006;88(6):1353-6. <https://doi.org/10.2106/JBJS.E.00868>
44. Lorbach O, Kusma M, Pape D, Kohn D, Dienst M. Influence of deposit stage and failed ESWT on the surgical results of arthroscopic treatment of calcifying tendonitis of the shoulder. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2008;16(5):516-21. <https://doi.org/10.1007/s00167-008-0507-0>
45. Rompe JD, Zoellner J, Nafe B. Shock wave therapy versus conventional surgery in the treatment of calcifying tendinitis of the shoulder. *Clin Orthop Relat Res* 2001;(387):72-82. <https://doi.org/10.1097/00003086-200106000-00010>
46. Rebuzzi E, Coletti N, Schiavetti S, Giusto F. Arthroscopy surgery versus shock wave therapy for chronic calcifying tendinitis of the shoulder. *J Orthop Traumatol* 2008;9(4):179-85. <https://doi.org/10.1007/s10195-008-0024-4>
47. Haake M, Rautmann M, Wirth T. Assessment of the treatment costs of extracorporeal shock wave therapy versus surgical treatment for shoulder diseases. *Int J Technol Assess Health Care* 2001;17(4):612-7. PMID: 11758305
48. Moya D, Gómez D, Velóz Serrano D, Bernáldez Domínguez P, Dallo Lazzarini I, Gómez G. Treatment protocol for rotator cuff calcific tendinitis using a single-crystal piezoelectric focused shock wave source. *J Vis Exp* 2022;(190). <https://doi.org/10.3791/64426>