

TERAPIA POR  
ONDAS DE CHOQUE  
EN LA PRÁCTICA

# ENTESOPATÍAS

ULRICH DREISILKER







TERAPIA POR  
ONDAS DE CHOQUE  
EN LA PRÁCTICA

# ENTESOPATÍAS

ULRICH DREISILKER

1ª Edición octubre de 2010

Edición: 6000

Reservados todos los derechos.

Levelho Buchverlag Daniela Bamberg,

Bismarckstraße 50, 74074 Heilbronn, [www.level-books.de](http://www.level-books.de)

Autor: Ulrich Dreisilker

Fotografías: Christian Sadowsky

Traducción al Español: TradMed, Kreuzlingen, Suiza - [www.tradmed.ch](http://www.tradmed.ch)

Esta obra, incluyendo todas sus partes, está protegida por copyright. Cualquier explotación fuera de los límites estrictos de las leyes de propiedad intelectual es punible y está prohibida sin la autorización escrita de la editorial. Esto rige especialmente para la reproducción, la traducción, la copia en microfilm y el procesamiento en sistemas electrónicos.

La reproducción de nombres registrados, marcas registradas y denominaciones comerciales, etc. en esta obra no implica, incluso sin señalización especial, que dichos nombres se puedan considerar como libres en el sentido de la legislación sobre las marcas registradas y la protección de marcas y que puedan ser utilizados por cualquiera.

Diseño: BAMBERG kommunikation GmbH

Impresión y encuadernación: WALTER Medien GmbH

Raiffeisenstraße 49-55, 74336 Brackenheim-Hausen

Printed in Germany

ISBN 978-3-9813839-3-5

## CONTENIDO

La importancia de la terapia por ondas de choque extracorporales (ESWT) en la práctica	Ulrich Dreisilker	16
Historia – una visión de conjunto	Ulrich Dreisilker	21
Principios físicos	Pavel Novak	28
Ondas de choque focales		29
Ondas de presión radiales		42
Ondas de choque vs. ondas de presión		47
Mecanismos de acción de la onda de choque	Ulrich Dreisilker	48
Generalidades para el tratamiento con ondas de choque y de presión		56
Principios del tratamiento	Kathrin Raegener, Danilo Jankovic	57
Ecografía	Ulrich Dreisilker	66
Comportamiento del paciente después del tratamiento por ondas de choque extracorporales (ESWT)	Ulrich Dreisilker	69
Indicaciones clásicas y ampliadas		71
Tendinitis calcárea	Ulrich Piontkowski	72
Epicondilitis humeral radial	Ulrich Dreisilker	77
Epicondilitis humeral cubital	Ulrich Dreisilker	81
Fascitis plantar – espolón calcáneo	Ulrich Dreisilker	84
Aquilodinia – espolón calcáneo dorsal	Ulrich Piontkowski	89
Síndrome de estrés tibial	Kathrin Raegener	94
Síndrome del ápex de la rótula	Ulrich Dreisilker	98
Tendinopatía del trocánter	Ulrich Dreisilker	102
Indicaciones terapéuticas en la medicina deportiva	Silke Helfmeyer	106
Endurecimientos musculares		107
Irritaciones de tendones		109
Irritaciones de las inserciones tendinosas		113
Tratamiento posterior de lesiones musculares		116
Terapias complementarias	Ulrich Dreisilker	117
Índice de abreviaturas		122
Bibliografía		124

## EL EDITOR



Dr. med. Ulrich Dreisilker

*Especialista en ortopedia, quiroterapia, terapias naturales y medicina deportiva  
Consulta particular Dr. med. U. Dreisilker, Mettmann*

*1968 Aprobación y promoción*

*Especialización en ortopedia: Berufsgenossenschaftliche Unfallkliniken Duisburg-Buchholz, Ludwigshafen-Oggersheim, Orthopädische Universitätsklinik Essen.*

*Consulta con actividad como médico externo de hospital en Mettmann, inicialmente en consulta compartida y después en consulta individual.*

*1992 traslado de la consulta a Velbert.*

*1995 Creación de un centro de tratamiento ESWT con sede actual en Bochum-Wattenscheid.*

*1995 Fundación de IGESTO (Internationale Gesellschaft für extrakorporale Stoßwellentherapie – Sociedad internacional para la terapia por ondas de choque extracorporales), que fusionó con DGST (Deutsche Gesellschaft für Stoßwellentherapie – Sociedad alemana para la terapia por ondas de choque), formando la actual DIGEST. Durante varios años, miembro de la junta directiva de DIGEST.*

*2002 Responsable de formación de DIGEST, desde 2005 Presidente Honorífico de la misma.*

*2001 Finalización de la actividad de facultativo de la Seguridad Social; posteriormente, consulta privada en Mettmann.*

## LOS AUTORES

Dr. med. Silke Helfmeyer

*Especialista en ortopedia*

*Designación adicional: medicina manual, medicina deportiva.*

*De 2000 a 2004, en el Centro de entrenamiento olímpico de Bernau.*

*Desde 2004, consulta propia en Brandenburg especializada en ortopedia integral y tratamiento de problemas de espalda.*

Dr. med. Danilo Jankovic

*Establecido como especialista en terapia del dolor*

*Director del Centro regional de evaluación y tratamiento del dolor en Colonia-Hürth, especialista en anestesiología / terapia especial del dolor*

*Formación en el Hospital St. Elisabeth en Colonia-Hohenlind y en el Instituto de anestesiología de la Universidad Johannes Gutenberg de Maguncia (formación especial en el ámbito de la terapia del dolor).*

*Numerosas publicaciones en Alemania y en el extranjero.*

*Cursos y congresos: Faculty of the First Joint World Congress of Regional Anesthesia and Pain Medicine (Barcelona 2002), European Congresses of Orthopedic Regional Anaesthesia (2003, 2005, 2007), Nueva York School of Regional Anesthesia Europa Congress – Londres (2008), World Congress of Anesthesia – Dubai (2010)*

*Conferencias: Universidades de Washington D.C., Roma, Milan, Kyoto, Rechts der Isar **Múnich**, Charité Berlín, Escuela Superior de Medicina de Hannover, Pain Relief Foundation Liverpool, Manchester, etc.*

*Numerosas distinciones científicas.*

## LOS AUTORES

Dr. Ing. Pavel Novak

*Storz Medical AG,  
Jefe del Desarrollo de productos*

*1974 / 1980 Ing. dipl. y Dr. ing. Título de Electrotécnica en la Universidad Técnica de **Múnich**, Alemania. Título de posgraduado en Tecnología biomédica, Universidad Técnica de **Múnich**.*

*1974 - 1985 Fraunhofer Institut für Festkörpertechnologie, **Múnich**.  
Investigación y desarrollo aplicados en el ámbito de la tecnología biomédica.*

*1985 - 1990 Dornier Medizintechnik GmbH, Germering, Jefe de Departamento Desarrollo Electrónica.*

*1990 - 2003 Storz Endoskop Produktions GmbH, Schaffhausen, Suiza,  
Jefe de Desarrollo y Producción. Electrónica médica y endoscopia técnica.*

*Desde 2003, Storz Medical AG, Tägerwilen, Suiza, Jefe de Desarrollo de productos.*

*Aprox. 60 patentes y más de 50 trabajos científicos y presentaciones.*

*Afiliado a BMT / VDE, ISMST y IEEE.*

Dr. med. Ulrich Piontkowski

*Especialista en ortopedia, quiroterapia y acupuntura*

*Carrera de medicina humana en Berlín*

*Formación como especialista en ortopedia, entre otros en Heidelberg (Prof. Cotta), Ann Arbor, MI (Prof. Hensinger).*

*Desde 1991, consulta propia especializada en ortopedia conservadora y funcional, prevención y lesiones deportivas.*

*Experiencia con aplicaciones de ondas de choque desde 2000, especialmente para el tratamiento de cadenas musculares funcionales.*

*Talleres, charlas y publicaciones sobre los temas de tensegrity, medicina deportiva y ondas de choque.*

Kathrin Raegener

*Consulta de terapia del dolor y medicina deportiva, Dießen am Ammersee, especializada en terapia por ondas de choque extracorporales, terapia por ondas de choque de los puntos de gatillo para pacientes con síndromes de dolor crónicos en el sistema locomotor y deportistas.*

*1998 Formación como oficial médico en el Ejército del Aire alemán; a continuación, carrera básica de Medicina humana en la Universidad de Ulm.*

*2003 Obtención de la autorización para el ejercicio profesional de la medicina sin titulación (curandera). Especializada en medicina deportiva y terapia del dolor.*

*Redacción de artículos especializados sobre el tema de ESWT.*

*Otras cualificaciones: terapia del dolor multimodal, NLP, acupuntura, homeopatía compleja, medicina alimentaria, terapia de ondas acústicas (AWT®).*



## PREFACIO DEL EDITOR

Hace más de 20 años empecé a interesarme en el uso de las ondas de choque extracorporales para fines terapéuticos en el ámbito de la ortopedia. A principios de los años 90 aparecieron los primeros informes sobre los éxitos en el tratamiento de pseudoartrosis. El creciente número de publicaciones sobre la desintegración de depósitos calcáreos en el hombro intensificó mi interés y el de numerosos colegas en la terapia por ondas de choque extracorporales. Me quedé cada vez más convencido de que ESWT constituye una opción de tratamiento fabulosa, no sólo para procesos patológicos óseos, sino también para entesopatías.

Mis convicciones se vieron reforzadas por estudios científicos a nivel nacional e internacional, así como por otros colegas que pensaban como yo. A lo largo de conferencias y talleres, mantuvimos muchas charlas constructivas e inspiradoras. En particular, me gustaría mencionar a H. G. Neuland, W. Schaden, O. Wess y también a R. F. Rädcl. La terapia por ondas de choque extracorporales representa una mejora considerable en la gestión del dolor de trastornos de los tendones y ligamentos del sistema locomotor y se debería poner a disposición de los pacientes en una escala amplia, ya que se trata de un procedimiento conservador y no invasivo que facilita una alternativa real a la cirugía. Sigue habiendo un número significativo de pacientes afectados por entesopatías que no experimentan ningún alivio efectivo del dolor porque se les niega el acceso a este potente procedimiento técnico que representa la ESWT.

Además de ilustrar la evolución histórica que llevó a la importancia actual de la terapia por ondas de choque extracorporales en la consulta de ortopedia, cirugía o medicina general, este libro pretende mostrar el funcionamiento de las ondas de choque (que también se debería explicar detalladamente a los pacientes en la consulta) y presentar los diferentes métodos terapéuticos de forma clara y práctica. La dosificación y la frecuencia de tratamiento se basan en la experiencia de varios años de consultas médicas que trabajan con ondas de choque extracorporales. Es interesante constatar su amplia correlación con

las directrices de DIGEST, aunque hay que resaltar que nuestras propias recomendaciones terapéuticas fueron formuladas independientemente de éstas.

Con los procedimientos pretendemos ofrecer ayuda y sugerencias para principiantes, pero también para usuarios avanzados. El objeto de este proyecto es permitir a los usuarios determinar la dosificación óptima de las ondas de choque, así como adquirir las competencias necesarias para identificar la indicación de ESWT en base a consideraciones de diagnóstico médico y diferencial y procedimientos de imagen, todo ello en beneficio de nuestros pacientes.

Quiero expresar mi agradecimiento a la Señora K. Raeger y a mi colaboradora C. La Rosa cuyos esfuerzos en las correcciones y los trabajos de redacción me fueron de gran ayuda. Agradezco también al Dr. Geertsma, Ede, NL, que me facilitó muy amablemente las imágenes de ecografía de excelente calidad. Al Señor Christian Sadofsky le agradezco los trabajos fotográficos.

Finalmente, quisiera agradecer a mi esposa Antje, su comprensión y su apoyo durante este proyecto que exigió muchas horas de trabajo que iban a menudo en detrimento de nuestra vida privada.

Mettmann, Junio de 2010

Ulrich Dreisilker

## PRÓLOGO MATTHIAS BUCH

En los últimos veinte años, la aplicación de las ondas de choque en el ámbito de la musculatura esquelética ha aumentando considerablemente. Las primeras experiencias con el tratamiento de pseudoartrosis y tendinitis calcárea se realizaron con equipamientos urológicos de gran tamaño. Al suponer que sería necesario fragmentar mecánicamente los tejidos, se desarrollaron quitar coma entre tanto, incluso unos litotritores con prestaciones superiores.

Los trabajos de investigación base demostraron que las ondas de choque se podían aplicar en el sistema locomotor con unos niveles de energía inferiores a lo que se pensaba. La energía de las ondas de choque inicia una reacción de los tejidos que produce la mitigación del dolor, así como la formación de nuevos vasos sanguíneos. Los aparatos grandes procedentes de la urología fueron modificados técnicamente y se desarrollaron unos equipos más pequeños que permiten tratar también unas nuevas indicaciones terapéuticas (cutáneas).

Algunos expertos en el ámbito de la terapia por ondas de choque han elaborado listas de indicaciones terapéuticas sobre la base de la literatura especializada y desarrollado estrategias de tratamiento conforme a las directivas AWMF.

Este libro ofrece al lector una buena visión del conjunto de la historia y los principios físicos y biológicos. La publicación resalta las indicaciones y facilita recomendaciones terapéuticas conformes a las directivas existentes.

Le deseo una lectura instructiva y mucho éxito en la aplicación práctica.

Kassel, Junio de 2010

Matthias Buch

# LA IMPORTANCIA DE LA TERAPIA POR ONDAS DE CHOQUE EXTRACORPORALES (ESWT) EN LA PRÁCTICA

/ Ulrich Dreisilker

Ya hace tiempo que la terapia por ondas de choque extracorporales (ESWT) está generalmente reconocida. En la actualidad, representa un componente fijo en el espectro de tratamientos conservadores en los ámbitos de ortopedia y cirugía. Comparativamente, no hay otra técnica de tratamiento conservador que haya sido, en el pasado, el objeto de tantos trabajos de investigación fundamental y estudios científicos, especialmente en las indicaciones clásicas como tendinitis calcárea, epicondilitis, espolón calcáneo y pseudoartrosis.

ESWT es una alternativa a la intervención quirúrgica. Es esencial explicar a los pacientes que sufren de tendinitis calcárea del hombro, epicondilitis, espolón calcáneo, síndrome del ápex de la rótula y otras entesopatías este tratamiento suave, no invasivo y ambulatorio que puede permitirles evitar intervenciones quirúrgicas complejas con un resultado frecuentemente incierto. La exigencia planteada a menudo de aplicar ESWT sólo seis meses después del fracaso de otros procedimientos conservadores es incomprensible a la vista de la ausencia de pruebas científicas que certifiquen el mayor éxito de los métodos conservadores.

La terapia ortopédica por ondas de choque extracorporales (ESWT) no tiene nada en común con la litotripsia, es decir, la desintegración de cálculos renales (ESWL). La ESWT estimula la regeneración de tejidos degenerados. Para reforzar el establecimiento de la terapia por ondas de choque extracorporales, es preciso disponer de conocimientos de los procesos celulares y biomoleculares de este método. La densidad del flujo energético y la profundidad de penetración, la frecuencia de impulsos, la frecuencia del tratamiento y los intervalos entre las sesiones son factores determinantes para el éxito de la terapia. La reacción biológica y la curación no pueden ser inmediatas, sino que se producen a medio o largo plazo. Es absolutamente necesario informar al paciente sobre este extremo. También los médicos deben mostrar paciencia, dado que unos tratamientos demasiado frecuentes en intervalos cortos comprometen la calidad de los resultados.

La opinión de los médicos que disponen sólo de conocimientos marginales de ESWT se basa generalmente en los principios de la ESWT urológica. Mantienen la

---

*Una alternativa a la intervención quirúrgica*

---

*El ESWT estimula la regeneración de los tejidos*

---

*La dosificación correcta*

---

*Toda terapia necesita tiempo*

*Sin „fragmentación“*

idea de que el tratamiento consiste en „desintegrar“ una tendinitis calcárea del hombro o un espolón calcáneo, aunque se sabe que, por ejemplo, el espolón calcáneo es una consecuencia de la osificación de la inserción de la fascia y su desintegración no es posible ni necesaria.

*Espectro de indicaciones ampliado*

En el futuro, la ESWT no se limitará únicamente a las indicaciones clásicas actuales. Ahora, ya tenemos conocimiento de la regeneración de los tejidos (ingeniería de tejidos) en otras zonas del sistema locomotor. Esto contribuirá a una diversificación adicional de las posibilidades de tratamiento. En enero de 2008, la Conferencia de Expertos de Düsseldorf citó entre las indicaciones, entre otros, la aquilodinia, la periostitis tibial, la tendinitis rotuliana y el síndrome del trocánter. En la práctica, estos trastornos están siendo tratados con éxito desde hace varios años. La dilatación vascular y la angiogénesis inducidas por ESWT estimulan considerablemente los procesos de curación de trastornos de cicatrización, especialmente en diabéticos, quemaduras e injertos cutáneos y sus zonas de extracción. Naturalmente, todo esto no tiene nada que ver con los principios de la ESWL urológica.

*Dilatación vascular y angiogénesis*

La observación de la evolución clínica ha demostrado la eficacia de la terapia por ondas de choque extracorporales, particularmente del tratamiento ESWT combinado con ondas focales y radiales, en caso de lesiones deportivas (roturas de fibras musculares, distorsiones y lesiones de ligamentos). Probablemente, el proceso es comparable al drenaje linfático tradicional en el cual la estimulación de los vasos linfáticos favorece la eliminación de residuos de tejido. Estas observaciones que aportan grandes beneficios a nuestros pacientes aún se necesitan comprobar a fondo desde el punto de vista científico. Actualmente, la ESWT para el tratamiento del síndrome de dolor de la musculatura esquelética ocupa un marco amplio. Prácticamente no existen personas que no sufran de estas miogelosis dolorosas de origen funcional. La aplicación de una terapia del dolor muscular sin previo análisis crítico llevará a una extensión cuantitativa inasumible con vistas a los costes.

*Síndrome de dolor de la musculatura esquelética*

Seguimos sin saber suficiente sobre el desarrollo de puntos de gatillo (sinónimo: miogelosis) y su eliminación por medio de ESWT. Posiblemente, las ondas

de choque focales (FSW) y radiales (RSW) liberan sustancias neurovasculares, estimulando así el riego sanguíneo local. La cuestión de cómo es posible este hecho con las ondas de choque radiales cuya profundidad de penetración es menor podría tener su respuesta en las fuerzas de cizallamiento de las ondas de choque radiales que producen a nivel sistémico regional un aumento de las sustancias vasodilatadoras.

*Liberación de sustancias neurovasculares*

Los puntos de gatillo representan unos trastornos funcionales a nivel de la musculatura esquelética ligados a una enfermedad subyacente. Afecta a cadenas musculares superficiales y/o profundas. Las consideraciones y los exámenes diagnósticos diferenciales, una tarea básica del médico, permiten aclarar las circunstancias. Pero aunque se logre aclarar y curar la causa, puede subsistir ocasionalmente un síndrome de dolor miofascial autónomo.

*Patología subyacente*

En el tratamiento de entesopatías conviene aplicar procedimientos de imagen (ecografía, CT, TRM). Una tumefacción dolorosa de un tendón puede ocultar necrosis, roturas, un edema medular (contusión ósea) o incluso un tumor. Una ecografía y, en su caso, una TRM, contribuyen a la aclaración, y tan sólo por este hecho se recomienda su aplicación antes de una ESWT. Estos procedimientos también pueden ser muy útiles en la medicina forense porque, como es sabido, las ondas de choque no pueden producir necrosis o rupturas y los diagnósticos por imagen pueden suministrar pruebas documentadas en caso de litigio. Sobre todo, una estrategia basada en una indicación exacta y confirmada por imágenes garantiza mejores resultados de tratamiento.

*Diagnóstico por ecografía*

*Mejores resultados del tratamiento*

Después de realizar un diagnóstico detallado y crítico se recomienda delegar el tratamiento muscular con ondas de choque radiales a un fisioterapeuta o a un ATS experto con el fin de ahorrar tiempo. Para este fin es esencial efectuar controles ecográficos y, en su caso, un examen con procedimientos de imagen para excluir la presencia de procesos inflamatorios o tumorales de los tejidos blandos. La ecografía también es imprescindible para determinar la profundidad del foco en el ámbito de los órganos internos (zona abdominal, riñones, pulmones) y las capas musculares. Bajo estos aspectos, es esencial disponer de los conocimientos médicos necesarios para evaluar las indicaciones y contraindicaciones en base a una ecografía (y, en su caso, una radiografía y un to-

*Delegación del tratamiento RSW*

mograma) y asumir la responsabilidad, no sólo de la terapia ESWT **focalizada**, sino también del tratamiento por ondas de choque radiales.

Existen aplicadores con distintos dispositivos de acoplamiento que permiten realizar diferentes profundidades de penetración de las ondas de choque focales (véase el capítulo „Principios del tratamiento“). El aplicador D-ACTOR® y, sobre todo, el aplicador V-ACTOR® por su capacidad vibratoria de alta frecuencia, son ideales para el tratamiento por ondas de choque radiales de trastornos de la musculatura esquelética en la terapia del dolor.

En comparación con otros métodos de la terapia del dolor conservadora, tales como la anestesia local, los bloqueos regionales, la acupuntura y muchos más, que son asumidos sin reparo alguno por los seguros médicos privados a pesar de la ausencia de evidencias científicas, la terapia por ondas de choque extracorporales representa un tratamiento eficaz a la vez que suave y, sobre todo, rentable, ya que permite, por ejemplo, prescindir de series de masajes y fisioterapia, así como medicamentos caros para la terapia del dolor. La eficiencia de la terapia por ondas de choque extracorporales se manifiesta también a través del ahorro de gastos de intervenciones quirúrgicas y anestesia.

---

*Un procedimiento efectivo*

# HISTORIA – UNA VISIÓN DE CONJUNTO

/ Ulrich Dreisilker

## **LITOTRIPSIA**

A finales de los años 60 surgió la idea de generar ondas de choque extracorporales e introducirlas en el cuerpo humano con el fin de fragmentar concreciones corporales, tales como cálculos renales y biliares, sin contacto y desde el exterior. El procedimiento para la generación de las ondas de choque para fines médicos fue desarrollado en la década de los 70 por la empresa Dornier en Alemania y convertido, con la primera fragmentación de cálculos exitosa en el ser humano, en el método elegido para la práctica totalidad de los casos de nefrolitos y cálculos en distintas partes de la uretra. En Febrero de 1980 se logró por primera vez la fragmentación de un cálculo renal en el cuerpo de un paciente mediante ondas de choque introducidas desde el exterior.

La energía mecánica de la onda de choque pudo ser transmitida al interior del cuerpo donde produjo el efecto deseado en el cálculo sin causar daños significativos al tejido. Los fragmentos en forma de gránulos de arena fueron evacuados del cuerpo por la vía natural, con lo cual ya no fue necesario recurrir a la intervención quirúrgica, habitual hasta entonces. Esta fecha marca el inicio de una nueva era que se caracteriza por la aplicación controlada de energías acústicas con efecto terapéutico en el tejido humano. Esta nueva forma de energía aplicada en el ámbito médico presenta la particularidad de ser generada a nivel extracorporal antes de ser dirigida a un destino situado en la profundidad del cuerpo sin dañar el tejido circundante. Así se dispone, además de las formas conocidas de la radiación ionizante, de una nueva forma de energía para una multitud de aplicaciones médicas. Tras la fragmentación lograda de nefrolitos, el procedimiento se amplió con un éxito variable a los cálculos en la vesícula biliar, en el conducto biliar, en el páncreas, así como en los conductos salivales.

## **PSEUDOARTROSIS Y CALCIFICACIONES**

Inicialmente, la investigación se concentró en los efectos de la fragmentación de las ondas de choque dentro del cuerpo. A la vista de los extraordinarios éxitos alcanzados con la terapia de los cálculos surgió la idea de utilizar las ondas de choque también en otros ámbitos, p..ej. en pseudoartrosis, para la disolución de depósitos calcáreos en el hombro o en la inserción de tendo-

nes. Aunque los expertos no esperaban un efecto de fragmentación directo debido a la consistencia generalmente blanda de los depósitos calcáreos en comparación con los cálculos renales duros y quebradizos, los tratamientos eran frecuentemente exitosos. Estos experimentos mostraron un efecto completamente inesperado de las ondas de choque en tejidos vivos al iniciar los procesos de curación mejorando el metabolismo y aumentando el riego sanguíneo.

Más de una década después de la implantación de la fragmentación de cálculos renales, se trataron las primeras tendinitis calcáreas del hombro con ondas de choque extracorporales. Pronto, las indicaciones para la aplicación de ESWT se extendieron al espolón calcáneo y a la epicondilitis. En los años 90 surgió un verdadero espíritu de renovación que llevó a tratar también de forma empírica otros tipos de tendinitis y enfermedades articulares. Así se empezaron a tratar las primeras pseudoartrosis con ESWT, probablemente según el principio de un mecanismo de selección darwiniano, suponiendo que, bajo el efecto de las ondas de choque, los osteoblastos fuertes sobrevivirían a los más débiles, lo que les permitiría proliferar mejor.

## EXPLOSIÓN DE GASTOS

En Alemania, el tratamiento por ondas de choque focales se convirtió, junto con la acupuntura, en la „terapia favorita“ de los ortopedas. Tan sólo en el año 1996, los seguros médicos obligatorios pagaron más de 60 millones de marcos alemanes por tratamientos de ESWT en el ámbito ortopédico. Esta suma aumentó anualmente en 20 millones o más. En consecuencia, no fue de extrañar que los seguros trataran de contrarrestar esta evolución, rechazando la terapia con el argumento de que su eficacia no estaba demostrada científicamente. Mientras los tratamientos se aplicaban con éxito, las clínicas ortopédicas alemanas, sobre todo los hospitales universitarios, omitieron efectuar investigaciones fundamentales enfocadas a elaborar argumentos científicos para apoyar la eficacia de la terapia ESWT **focalizada**.

Los seguros médicos obligatorios salieron vencedores: el Tribunal provincial de Colonia dictaminó la ausencia de carácter científico. El experto universitario en

*Iniciación de procesos curativos*

*Primeros tratamientos ortopédicos*

*Método empírico*

*Pseudoartrosis*

*Explosión de gastos*

*Facturación de la Seguridad Social*

ortopedia encargado en su momento de facilitar las pruebas científicas para demostrar la eficacia de la terapia por ondas de choque extracorporales no disponía de datos suficientemente exactos. En consecuencia, los seguros médicos obligatorios ya no asumían los costes de la terapia ESWT.

### **SOCIEDADES CIENTÍFICAS**

A finales de los años 90, terapeutas ESW alemanes, austríacos y suizos organizaron en Kassel (Alemania), por primera vez, un congreso que iba a tener periodicidad anual. Así se estableció la base para la creación de la ISMST (International Society for Medical Shockwave Treatment / Sociedad internacional para el tratamiento médico por ondas de choque). En la actualidad, sus congresos científicos representan un foro óptimo para el intercambio de nueva información sobre la terapia por ondas de choque extracorporales.

En Alemania, se fundaron IGESTO (Deutsche Gesellschaft für Stoßwellentherapie - Sociedad internacional para la terapia por ondas de choque extracorporales) y DGST (Sociedad alemana para la terapia por ondas de choque), unas asociaciones de intereses creadas por ortopedas y cirujanos establecidos, que fusionaron pronto para crear DIGEST (Deutschsprachige Internationale Gesellschaft für Extrakorporale Stoßwellentherapie - Sociedad internacional germanófona para la terapia por ondas de choque extracorporales). Desde entonces, su objetivo es prestar apoyo científico al método de ESWT y representar los intereses de sus miembros, por ejemplo frente a las autoridades y los seguros. Sin embargo, en la vista del Landessozialgericht (Tribunal de asuntos sociales) de Colonia en 1998, los representantes de DIGEST fueron relegados a ser meros espectadores.

---

*Creación de DIGEST  
e ISMST*

---

*Primeros estudios  
científicos*

Desde 2001, la eficacia de ESWT para el tratamiento de fasciopatías, epicondilitis y tendinitis ha sido demostrada en diversos estudios. Hasta la fecha, no existe otro método de tratamiento conservador o incluso quirúrgico cuya eficacia haya sido controlada tan minuciosamente con respecto a las indicaciones clásicas que la terapia por ondas de choque extracorporales.

---

*Ausencia de reconoci-  
miento hasta hoy*

A pesar del hecho de que el método se haya ido estableciendo en base a los estudios de evidencia realizados tanto en el ámbito clínico como en las con-

sultas médicas, los seguros médicos obligatorios siguen sin reconocerlo. El motivo podrían ser los gastos millonarios de los años 90 y la decisión del Landessozialgericht de Colonia. Ciertas compañías de seguros privadas sí asumen los costes. Las observaciones positivas obtenidas en la práctica con la aplicación en otras tendinopatías, osteocondritis disecante, necrosis avascular de la cabeza femoral, así como, recientemente, en el tratamiento de quemaduras, trastornos de la cicatrización y, en particular, en el extenso ámbito del síndrome de dolor de la musculatura esquelética, carecen todavía de demostración científica.

La historia muestra cómo un método de tratamiento importante e innovador fue desarrollado primero de manera empírica, la observación de la evolución y posteriormente con estudios clínicos comparativos con placebos y experimentos con animales. En la actualidad, este método ocupa un lugar fijo en la terapia ortopédica conservadora.

### **ONDAS DE CHOQUE RADIALES – AMPLIACIÓN DEL ESPECTRO DE INDICACIONES**

Con la introducción de la onda de choque radial en el año 1999 cambió también el espectro de indicaciones de la terapia por ondas de choque extracorporales (ESWT). Hasta entonces, se trataban con los aparatos de ondas de choque focales de forma más o menos puntual las tres indicaciones clásicas: tendinitis calcárea del hombro, epicondilitis y espolón calcáneo. La propagación radial (o esférica) de la onda acústica en el tejido, que alcanza su energía máxima cerca de la superficie de la piel, permitió por primera vez realizar tratamientos de áreas más extensas.

Esta tendencia se vio reforzada por el hecho de que, en comparación con los aplicadores **focalizados** utilizados anteriormente, el aplicador radial es muy ligero y, en consecuencia, muy manejable. Así, el tratamiento de la aquilodinia, la periostitis tibial y la tendinitis rotuliana con ESWT radial vino a completar las tres aplicaciones clásicas.

Al mismo tiempo cambió el procedimiento durante el tratamiento. Gracias a la mayor facilidad de dosificación y la cobertura más amplia de las ondas

*ESWT en la actualidad*

*RSW para el tratamiento de áreas de mayor tamaño*

*Nuevas indicaciones*

*Sin localización  
ultrasónica*

*Orientación mediante  
„biorregulación“*

*Tratamiento del síndrome  
de dolor de la musculatura  
esquelética (trigger)*

de choque radiales fue posible prescindir de la localización y el diagnóstico por ecografía de los puntos de dolor. El tratamiento se fue orientando en creciente medida en los puntos de dolor que se pueden localizar en el diálogo con el paciente durante la aplicación de la onda de choque radial. El denominado „procedimiento de biorregulación“ se fue imponiendo cada vez más.

### **TRATAMIENTO DE PUNTOS DE GATILLO – UNA NUEVA DIMENSIÓN**

Paralelamente a esta evolución se fue ampliando nuevamente el espectro de indicaciones. Según la teoría de los puntos de gatillo miofasciales sistematizada por J. Travell y D. Simons, la causa de una tendinopatía de inserción se atribuye a los puntos de gatillo (miogelosis) en la musculatura asociada. En el cambio del milenio, pocos médicos en Alemania y Europa conocían este fenómeno. Sin embargo, basándose en la teoría de Simons y Travell, algunos de ellos intentaron tratar no solo la tendinopatía de inserción, sino también la musculatura correspondiente / los puntos de gatillo con ondas de choque radiales. El éxito les dio la razón. Los buenos resultados del tratamiento y la excelente conformidad del paciente en comparación con los métodos convencionales para el tratamiento de los puntos de gatillo hicieron que este método se fuera extendiendo cada vez más.

Seguidamente, el uso exitoso de las ondas de choque radiales en puntos de gatillo relacionados con tendinopatías de inserción sirvió como base para nuevas indicaciones. Así se descubrió que las ondas de choque permiten el tratamiento eficaz de los puntos de gatillo en prácticamente todos los músculos. Se añadió el amplio campo de los dolores de espalda y los síndromes miofasciales. De ello surgió, a lo largo de los años, un nuevo estilo de tratamiento: la terapia por ondas de choque de puntos de gatillo.

### **TRATAMIENTO COMBINADO CON ONDAS DE CHOQUE RADIALES Y FOCALES**

La introducción del primer aparato de ondas de choque combinado, el DUOLITH® SD1 (empresa Storz Medical AG), permitió el tratamiento simultáneo con ondas de choque radiales y focales. Este método presenta unas ventajas enormes, precisamente en el síndrome de dolor musculoesquelético. Las tensiones musculares se tratan con la onda de choque radial, mientras los puntos de

gatillo a distintas profundidades del tejido son eliminados sistemáticamente con la onda de choque **focalizada**. Así fue posible tratar pacientes aquejados de dolores crónicos con un largo historial y una problemática de puntos de gatillo compleja.

### **COMBINACIÓN DE FSW / RSW EN EL DEPORTE DE COMPETICIÓN**

Incluso en el ámbito del deporte profesional, la onda de choque representa un método terapéutico valioso. En el año 1996 se utilizó por primera vez un aparato de ondas de choque en el equipo alemán, en los Juegos Olímpicos de Atlanta. Posteriormente, la onda de choque se volvió a utilizar para tratar tres equipos con ocasión de la Copa del Mundo de Fútbol de 1998 en Francia. El modelo MINILITH® SL1 de la empresa Storz Medical AG ayudó también a los jugadores del equipo vencedor, la selección francesa.



En la actualidad, la terapia por ondas de choque extracorporales de tendinopatías de inserción se considera como la referencia absoluta en la consulta ortopédica. También la terapia por ondas de choque de los puntos de gatillo, concretamente para el tratamiento de los síndromes miofasciales, es ofrecida por un creciente número de consultas.

# PRINCIPIOS FÍSICOS

/ Pavel Novak

En la práctica se utilizan actualmente ondas de choque focales y ondas de presión radiales. Las ondas de choque y de presión no sólo se distinguen por sus características físicas y su técnica de generación, sino también por la magnitud de los parámetros utilizados habitualmente, así como por las profundidades de penetración terapéutica en el tejido. Las ondas de choque planas o desfocales representan una forma especial de las ondas de choque focales. De forma similar a las ondas de presión radiales, actúan básicamente en la proximidad de la superficie, pero son ampliamente indoloras y su eficacia equivale a la de las ondas de choque focales. Aunque esta designación no sea correcta desde el punto de vista físico, las ondas de presión radiales se denominan en la práctica como ondas de choque radiales.

## ONDAS DE CHOQUE FOCALES

### ¿QUÉ SON LAS ONDAS DE CHOQUE?

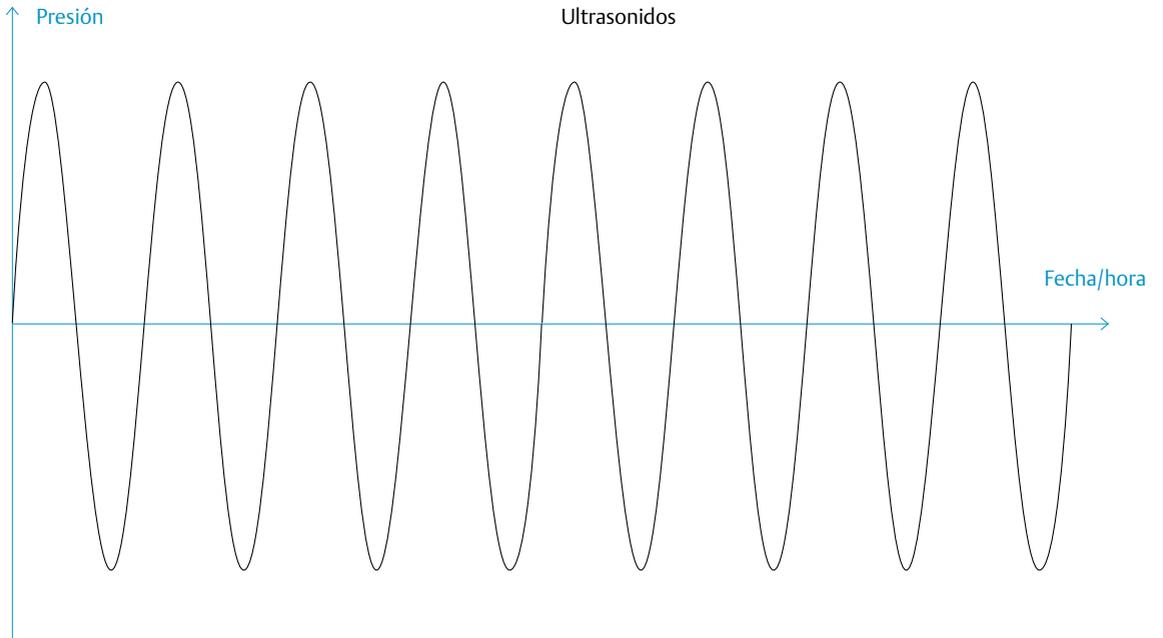
Las ondas de choque se producen en la atmósfera en procesos explosivos, p. ej. al caer un rayo o cuando un avión rompe la barrera del sonido. Las ondas de choque son impulsos acústicos que se caracterizan por unas amplitudes de presión positivas elevadas y un aumento muy rápido de la presión frente a la presión ambiente. Pueden transmitir brevemente energía desde el lugar de su generación a zonas alejadas y, por ejemplo, hacer estallar cristales de ventanas.

A pesar de su similitud con los ultrasonidos, las ondas de choque se distinguen de éstos principalmente por el hecho de que sus amplitudes de presión son muy grandes, de modo que se debe considerar un efecto de aumento de la pendiente como consecuencia del carácter no lineal del medio de propagación (agua, tejido humano).

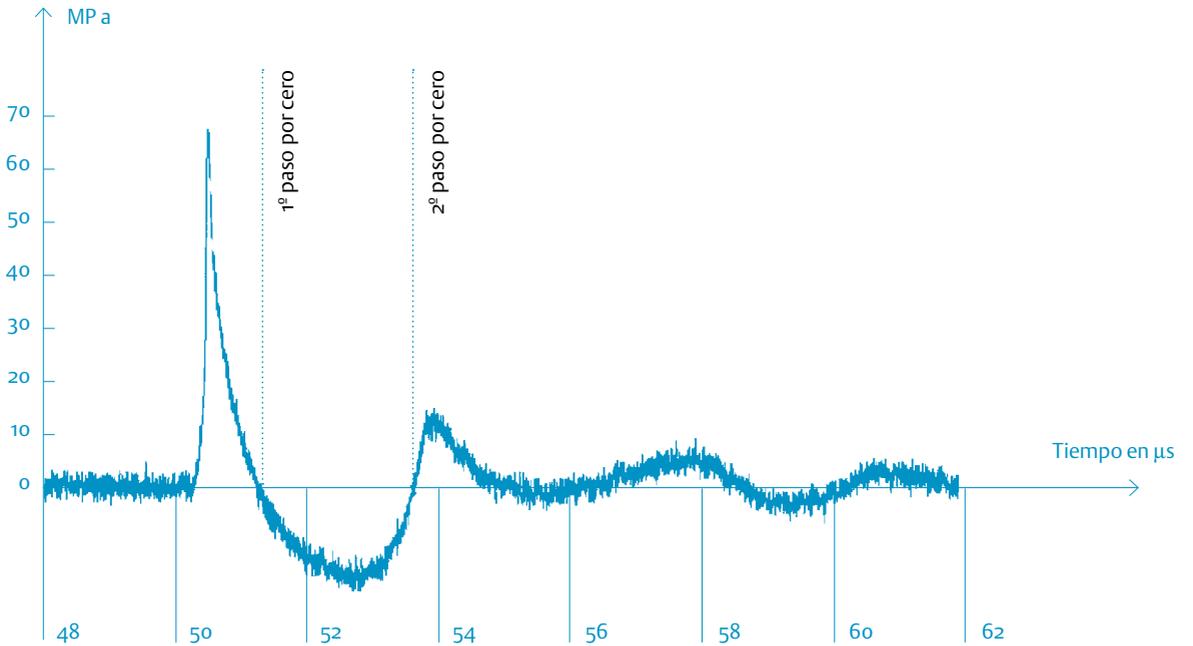
Además, los ultrasonidos son generalmente vibraciones periódicas con un ancho de banda reducido (Fig. 3.1-1), mientras las ondas de choque se representan como un impulso de presión único, esencialmente positivo, seguido de un componente de tensión (impulso de presión negativo) relativamente reducido

*Las ondas de choque y de presión son impulsos, mientras que el ultrasonido es una vibración continua*

### SEÑAL ULTRASÓNICA TÍPICA | Fig. 3.1-1



### DESARROLLO TÍPICO DE UNA ONDA DE CHOQUE | Fig. 3.1-2

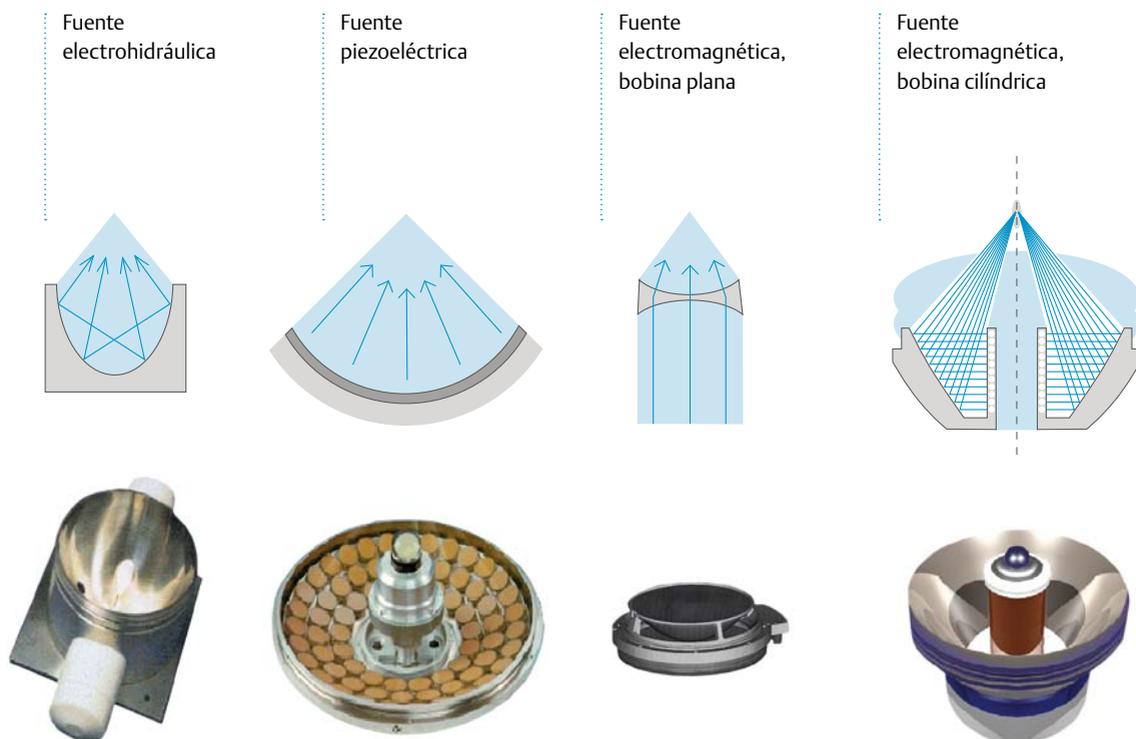


(Fig. 3.1-2). Este tipo de impulso contiene frecuencias que van desde algunos kilohertzios hasta más de 10 megahertzios.

### GENERACIÓN DE ONDAS DE CHOQUE FOCALES

Las ondas de choque focales se pueden generar por vía electrohidráulica, piezoeléctrica o electromagnética (Fig. 3.1-3). Según el principio electrohidráulico, las ondas de choque se generan directamente en la fuente; en los otros dos procedimientos, en cambio, sólo se forman con el aumento de la pendiente y la superposición y, por lo tanto, solamente en el foco. Lo importante para la aplicación médica es, sobre todo, que muestran típicamente unos campos de foco de tamaños diferentes. El foco más pequeño corresponde a las ondas de choque generadas por vía piezoeléctrica, el más grande a las de origen electrohidráulico. En consecuencia, la dosificación necesaria para el tratamiento depende, en parte, del tipo de aparato.

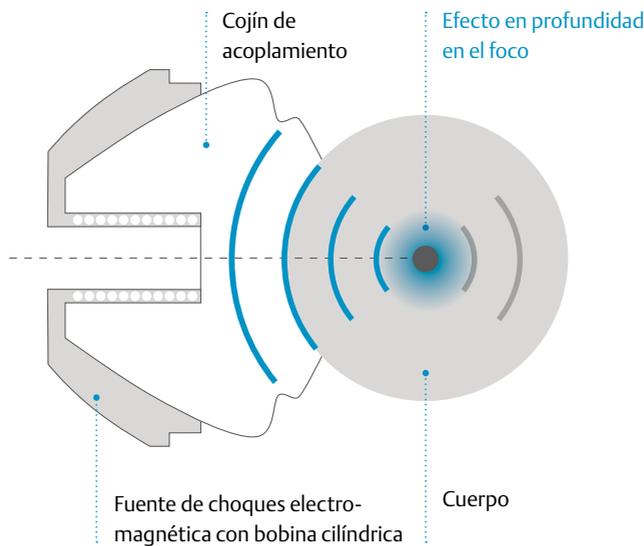
### LAS FUENTES DE CHOQUE UTILIZADAS EN LA MEDICINA | Fig. 3.1-3



No obstante, a lo largo de los últimos años está surgiendo una tendencia hacia los procedimientos de generación electromagnéticos. Los generadores electromagnéticos reducen considerablemente los gastos de mantenimiento y permiten, además, una dosificación muy exacta y sensible de la energía de ondas de choque aplicada, tanto en sentido axial (en profundidad) como lateral. El procedimiento de la generación de ondas de choque electromagnéticas se basa en el principio físico de la inducción electromagnética que se utiliza, por ejemplo, en altavoces. Se emplea una bobina plana con una lente acústica o una bobina cilíndrica en la cual la onda de choque es enfocada por medio de un paraboloide de rotación (tecnología propietaria de Storz Medical). Debido a la abertura relativamente grande de la fuente de choques con relación al tamaño del foco, la superficie de acoplamiento es suficientemente grande para que la energía de ondas de choque se pueda transmitir al cuerpo de forma menos dolorosa. Básicamente, la energía sólo se libera en la zona de focalización relativamente pequeña en el interior del cuerpo (Fig. 3.1-4).

#### LA ONDA DE CHOQUE **FOCALIZADA** LIBERA ENERGÍA EN EL INTERIOR DEL CUERPO

| Fig. 3.1-4



## PROPAGACIÓN DE LAS ONDAS DE CHOQUE (REFLEXIÓN, REFRACCIÓN, DISPERSIÓN)

Al ser ondas acústicas, las ondas de choque precisan de un medio para su propagación. En el ámbito de las ondas de choque de uso médico, se emplea generalmente agua, en la cual se generan las ondas de choque fuera del cuerpo y se transfieren luego al tejido biológico. Dado que el tejido está compuesto esencialmente por agua, las propiedades de transmisión de sonido, descritas por la impedancia acústica ( $Z$ ), son muy similares, de manera que las pérdidas durante la transferencia al cuerpo son muy reducidas. La impedancia acústica se define como sigue:

$$Z = \rho c$$

siendo  $\rho$  = densidad y  $c$  = velocidad del sonido

Las interfaces acústicas a nivel de las cuales cambian las propiedades acústicas de densidad y velocidad del sonido producen una desviación de la propagación lineal de las ondas por los fenómenos conocidos de la óptica, tales como refracción, reflexión, dispersión y difracción. Estos efectos se deben tener en cuenta a la hora de aplicar ondas de choque en el ser humano, con el fin de asegurar que la energía pueda actuar en la zona de tratamiento.

Por esta razón, el paciente era sumergido en una bañera llena de agua para la fragmentación de cálculos renales con el primer aparato. Los aparatos actuales trabajan con el denominado acoplamiento „en seco“ con lo cual el baño de agua se aplica en el cuerpo a través de una membrana de acoplamiento flexible. Una eventual capa de aire intermedia se elimina con la ayuda de un gel de contacto o una fina capa de agua.

Independientemente de este hecho es necesario tener la precaución de que no se encuentren órganos que contengan gas (pulmones) o estructuras óseas de mayor tamaño delante de la zona de tratamiento propiamente dicha, ya que actuarían como una pantalla, impidiendo el paso de las ondas de choque al área de destino y comprometiendo el desarrollo del efecto terapéutico de las mismas. Finalmente, también los tejidos blandos (piel, grasa, músculos, tendones, etc.) se deben considerar como acústicamente no homogéneos

*De forma similar a lo que ocurre con la luz, las ondas de choque son reflejadas en los límites acústicos. Este efecto aumenta con la diferencia de las impedancias acústicas de los dos medios.*

*La presencia de una capa de aire o burbujas de aire entre la fuente de choques y el cuerpo reduce la eficiencia de forma significativa.*

y exentos de interfaces. Pero, de todas maneras, las diferencias entre las propiedades acústicas son netamente menores que en la transición del agua al aire y viceversa. Además de la absorción y la reflexión, se producen en este caso unos efectos de refracción que pueden producir desviaciones difícilmente controlables de la propagación lineal de las ondas de choque en el cuerpo.

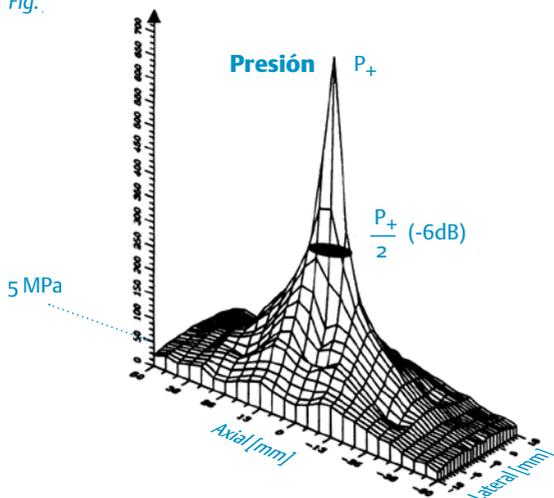
### **PARÁMETROS DE ONDAS DE CHOQUE / MEDICIÓN DE ONDAS DE CHOQUE / PRESIÓN DE ONDAS DE CHOQUE**

La caracterización de las ondas de choque se basa generalmente en mediciones con sondas de presión. Las ondas de choque utilizadas en la medicina (Fig. 3.1-2) muestran unos valores de presión típicos de aprox. 10 a 100 megapascal (MPa) para la presión máxima  $P_+$ . Este valor es entre 100 y 1000 veces superior a la presión atmosférica.

Según el modo de generación de las ondas, los tiempos de aumento  $t_r$  se sitúan aproximadamente entre 10 y 100 nanosegundos (ns). También la duración de los impulsos  $t_w$  de aprox. 0,2 a 0,5 microsegundos ( $\mu$ s) es relativamente corta (en comparación con las ondas de presión de uso médico; ver también Fig. 3.2-2). Otra característica de la onda de choque es su factor de tensión  $P_-$  que corresponde aproximadamente al 10% de la presión máxima  $P_+$ .

Al introducir las presiones máximas  $P_+$  medidas en el campo de ondas de choque en una representación tridimensional (en dirección axial de la propagación de las ondas de choque y en sentido lateral, es decir, perpendicular al sentido de propagación), se obtiene una distribución típica de la presión según la representación de la Fig. 3.1-5. Se percibe ya que el campo de ondas de choque carece de una delimitación nítida y tiene la forma de una montaña con un pico en el centro y unos flancos más o menos empinados. Por esta razón también se puede hablar de una „montaña de presión“. Los diferentes aparatos de ondas de choque se distinguen, entre otros, por la forma y la altura de esta montaña de presión.

## DISTRIBUCIÓN TÍPICA DE LA PRESIÓN DE UNA ONDA DE CHOQUE EN FORMA DE MONTAÑA | Fig.

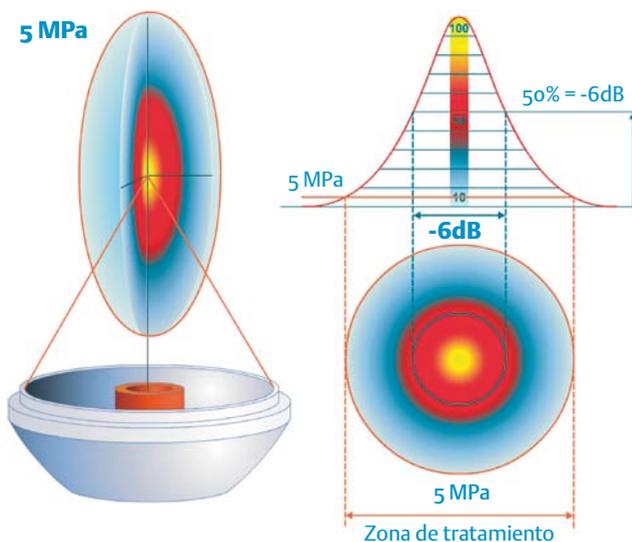


### FOCO DE LAS ONDAS DE CHOQUE

El foco de las ondas de choque se define como la parte de la montaña en la cual la presión es igual o superior al 50% de la presión máxima (Fig. 3.1-6). Esta zona se denomina también como la zona de focalización de -6dB o se describe con la abreviatura FWHM (Full Width at Half Maximum - anchura a media altura).

*El área del foco es la zona con la mayor intensidad energética. Su tamaño es básicamente independiente del ajuste de intensidad*

### DISTRIBUCIÓN DE LA PRESIÓN CON EL ÁREA DEL FOCO | Fig. 3.1-6

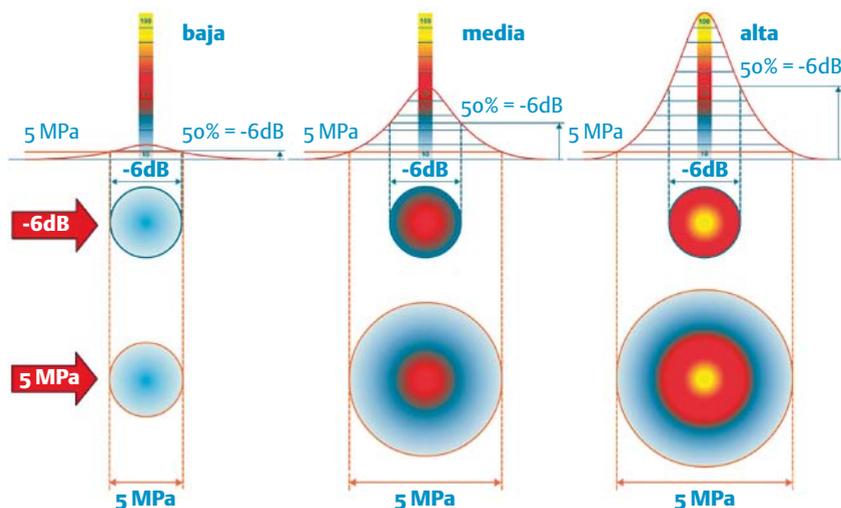


## 5 MPa-ZONA DE TRATAMIENTO

La zona de tratamiento depende del ajuste de intensidad y suele ser mayor que el área del foco

Sólo en combinación con información sobre el nivel de energía es posible ofrecer una impresión de la zona en la cual la onda de choque despliega su efecto biológico. O, dicho de otra manera: la zona de tratamiento de una onda de choque en el cuerpo no se describe a través del tamaño del foco de -6dB. Puede ser mayor o menor. Por este motivo se definió otra magnitud que se encuentra en una relación más estrecha con la eficacia terapéutica y no se refiere a magnitudes relativas (relación con la presión máxima en el centro), sino a una magnitud absoluta, concretamente a la presión de 5 MPa (50 bar). En consecuencia, el foco de 5 MPa se define como la zona física en la cual la presión de las ondas de choque es superior o igual a 5 MPa. Para este fin se parte del supuesto de que existe un determinado límite de presión por debajo del cual la eficacia terapéutica de la onda de choque es nula o muy reducida. No existe ninguna prueba científica con relación al valor de 5 MPa. Sin embargo, esta definición presenta la ventaja de que refleja los cambios que muestra la zona terapéutica en función del ajuste de energía elegido. Las distintas zonas y su variación con los niveles de energía elegidos se representan de forma esquemática en la Fig. 3.1-7. En comparación, la zona del foco de -6dB no cambia prácticamente al variar los ajustes de energía.

REPRESENTACIÓN DE LA ZONA DE FOCALIZACIÓN -6dB Y DE LA ZONA DE TERAPIA 5 MPa EN FUNCIÓN DEL AJUSTE DE LA ENERGÍA | Fig. 3.1-7



**ENERGÍA (E)**

La energía de la onda de choque aplicada es un parámetro importante para la aplicación práctica aunque, en la actualidad, nos orientamos principalmente en la densidad del flujo energético. Se puede partir del supuesto de que la onda de choque sólo produce un efecto en el tejido si se superan determinados umbrales de energía. La energía se determina mediante integración a partir del desarrollo de la onda de presión  $p(t)$  y es proporcional a la impedancia acústica ( $Z$ ):

$$E = \frac{A}{Z} \int p^2(t) dt$$

Es necesario distinguir si la integración de la presión a lo largo del tiempo incluye únicamente los factores de presión positivos ( $E_+$ ) o también los factores (de tensión) negativos ( $E_{total}$ ). Habitualmente, se indica la energía total con  $E$  (sin índice). La energía acústica de un impulso de onda de choque se indica en milijoules (mJ). Por norma general, se aplican en cada tratamiento entre 100 y 1000 impulsos de ondas de choque, de modo que la energía total transmitida se obtiene por la multiplicación con el número de impulsos.

**DENSIDAD DEL FLUJO ENERGÉTICO (ED)**

Ya mencionamos anteriormente que, con vistas al efecto terapéutico de las ondas de choque, es importante si la energía de la onda de choque se distribuye en una superficie amplia o se concentra en una zona de tratamiento estrecha (zona de focalización). El factor de concentración de la energía se obtiene determinando la energía por superficie ( $E / A$ ):

$$ED = E / A = \frac{1}{Z} \int p^2(t) dt$$

La densidad del flujo energético  $ED$  se indica en milijoules por milímetro cuadrado (mJ / mm<sup>2</sup>). También en este caso se distingue, por un lado, la integración únicamente a través de la parte positiva y quitar esta coma por otro lado, la inclusión de la parte negativa de la curva de presión. Sin indicación ( $ED$ ), se suele considerar la densidad del flujo energético total, es decir, la curva de presión incluyendo los factores negativos (de tensión).

Los primeros aparatos de ondas de choque trabajaban según el principio electrohidráulico. Los niveles de energía no se solían indicar, como hoy, en  $\text{mJ} / \text{mm}^2$ , sino como valores de tensión (kV). Teniendo en cuenta de que estos aparatos siguen siendo utilizados en la actualidad, la siguiente tabla refleja una asignación típica de los dos valores de escala (Ossatron):

Nivel de energía en			
Valores de tensión [kV]	14	24	28
Densidad del flujo energético [ $\text{mJ} / \text{mm}^2$ ]	0.18	0.30	0.40

## LOS EFECTOS FÍSICOS DE LAS ONDAS DE CHOQUE

**Efecto directo en las interfaces** > Las ondas de choque tienen una característica distinta de la de los ultrasonidos. La onda ultrasónica ejerce sobre el tejido una carga alternativa de alta frecuencia en un margen de varios megahertzios que, con amplitudes elevadas, causa el calentamiento, el desgarramiento del tejido y la formación de cavitación. El efecto de las ondas de choque se basa, entre otros, en un efecto dinámico dirigido hacia delante (en el sentido de la propagación de las ondas de choque), con la transmisión a la interfaz de unos impulsos que pueden ser aumentados hasta la destrucción de los cálculos renales. Dado que estos efectos dinámicos se producen esencialmente en las interfaces que provocan un salto de la resistencia acústica, pero son prácticamente inexistentes en medios homogéneos (tejidos, agua), las ondas de choque representan el recurso ideal para generar efectos en las profundidades del tejido sin perjudicar el tejido situado delante de la zona de tratamiento.

Pero incluso las interfaces menos pronunciadas dentro de las estructuras de tejido blandas están sujetas a un ligero efecto dinámico al ser alcanzadas por las ondas de choque. Según la intensidad de las mismas (Fig. 3.1-8) puede tener lugar una destrucción mecánica de células, membranas y, p.ej., trabéculas óseas, o bien la estimulación de células a través de la deformación reversi-

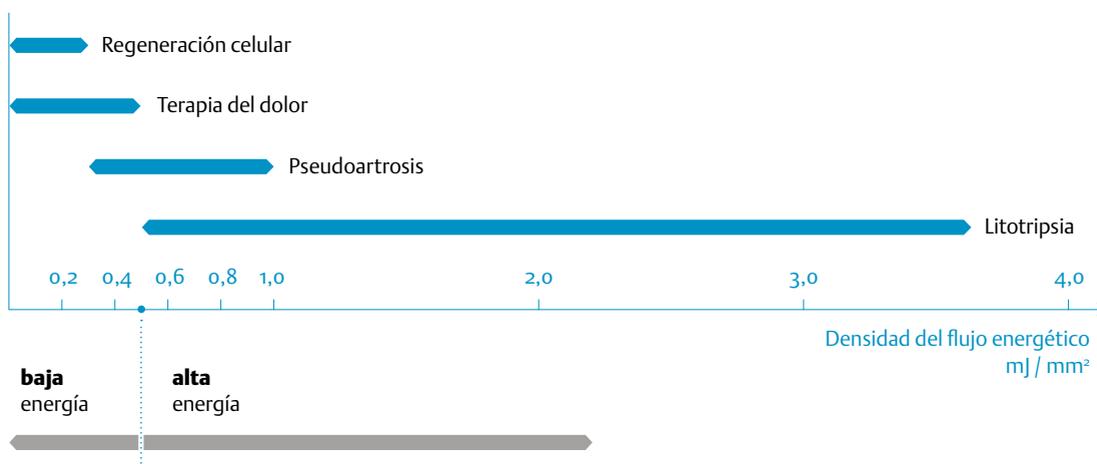
ble de la membrana celular. De este modo es posible, por un lado, destruir estructuras frágiles (tales como cálculos renales) o, por el otro lado, irritar o estimular estructuras de tejido, iniciando procesos de curación que se pueden observar, p.ej., especialmente en aplicaciones ortopédicas. La focalización permite limitar el efecto a la zona de destino, reduciendo o evitando efectos secundarios en el exterior de dicha zona.

*La focalización permite incidir de forma controlada en una zona determinada*

### LOS CAMPOS DE APLICACIÓN TÍPICOS DE LAS ONDAS DE CHOQUE EN LA MEDICINA Y LAS INTENSIDADES CORRESPONDIENTES | Fig. 3.1-8

ESWT = estimulación celular

ESWL = fragmentación de cálculos



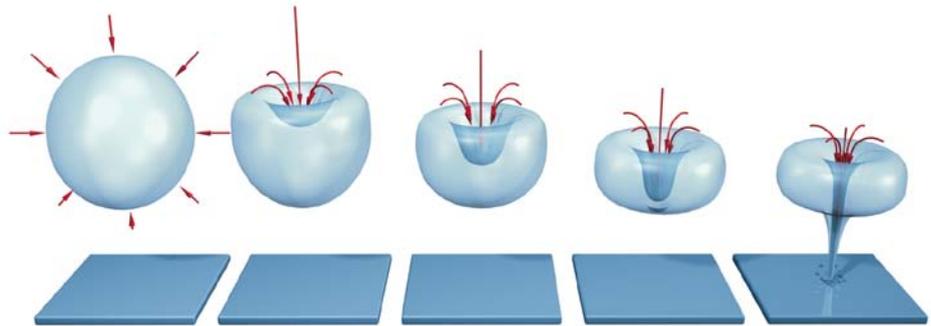
Generalmente, los efectos producidos por una terapia por ondas de choque son el aumento del riego sanguíneo y la estimulación del metabolismo, a los cuales se puede atribuir el proceso de curación.

**Efecto indirecto – cavitación** > Además del efecto dinámico directo de las ondas de choque en las interfaces se produce en determinados medios, tales como el agua y, en parte, también los tejidos, el fenómeno denominado como cavitación. Los microjets producidos por el colapso de las burbujas de cavitación (Fig. 3.1-9) poseen una gran energía y una elevada capacidad de penetración, de manera que no sólo erosionan las interfaces duras de los cálculos, sino que pueden atravesar también las paredes de vasos sanguíneos peque-

ños. La consecuencia son micro-hemorragias o perforaciones de membranas. La cavitación no se limita únicamente a la zona de focalización, aunque se encuentra especialmente pronunciada en este lugar.

### FORMACIÓN DE UN MICROJET POR EL COLAPSO DE UNA BURBUJA DE CAVITACIÓN

| Fig. 3.1-9



**Los efectos biológicos de las ondas de choque >** Los efectos físicos anteriormente descritos causan unas reacciones biológicas. Los siguientes efectos han sido demostrados y analizados científicamente:

- | Aumento de la permeabilidad de las células
- | Estimulación de la microcirculación (sanguínea, linfática)
- | Segregación de la sustancia P
- | Reducción de las fibras nerviosas no mielinizadas
- | Liberación de óxido nítrico (NO) que produce una vasodilatación, un aumento del metabolismo y una angiogénesis y tiene un efecto anti-inflamatorio
- | Efecto antibacteriano
- | Segregación de hormonas de crecimiento (vasos sanguíneos, epitelios, huesos, colágeno, etc.)
- | Estimulación de las células madre

**Aplicación controlada de ondas de choque focales >** Para la aplicación controlada de ondas de choque es necesario posicionar la zona de focalización en la zona de destino a tratar. En el caso de cálculos (litotripsia), huesos o determinadas estructuras de tejido es posible utilizar rayos X o ultrasonidos. En la terapia del dolor se determina el punto con la mayor percepción de dolor a través de la comunicación con el paciente. Esta retroacción biológica o „bio-feedback“ permite localizar muchos de los puntos de tratamiento superficiales o situados a mayor profundidad.

## ONDAS DE PRESIÓN RADIALES

### ¿QUÉ SON LAS ONDAS DE PRESIÓN RADIALES?

Actualmente, además de las ondas de choque focales descritas anteriormente, la medicina moderna recurre a las ondas de presión radiales. Desde finales de los años 90, las ondas de presión radiales generadas por vía balística representan una alternativa económica, sobre todo para el tratamiento de indicaciones a nivel musculoesquelético. Desde su introducción en la medicina, por razones de marketing, estas ondas de presión fueron denominadas erróneamente como „ondas de choque radiales“, ya que las indicaciones y los resultados del tratamiento son frecuentemente muy similares. Así, se introdujo además de la abreviatura ESWT, utilizada para la terapia por ondas de choque extracorporales, el concepto de „terapia por ondas de choque radiales“, RSWT. Desde el punto de vista de la física, el concepto de onda de choque no es correcto para las ondas de presión radiales. Así, la duración de impulsos de las ondas de presión radiales es considerablemente más larga, con una longitud de ondas de entre 0,15 y 1,5 mm. En comparación, la longitud de ondas en las ondas de choque es netamente más corta con aprox. 1,5 mm. Este hecho explica por qué se pueden focalizar, al contrario de lo que ocurre con las ondas de presión.

*En la práctica, las ondas de presión radiales se suelen denominar como ondas de choque radiales, RSWT.*

Con el fin de expresar mejor la diferencia entre los dos tipos de ondas, también en lo que respecta a su efecto, se utiliza preferentemente la denominación „Extracorporeal Pulse Activation Therapy“ (terapia de activación por impulsos extracorporales), abreviada EPAT, para las ondas de presión radiales. Sin embargo, esta denominación puede aplicarse también de forma extendida, es decir, abarcando no sólo las ondas de presión radiales, sino también las ondas de choque focales y no focales, ya que todas estas ondas de presión acústicas están constituidas por señales en forma de impulsos.

*El concepto de EPAT para las ondas de presión radiales evita la relación físicamente incorrecta con las ondas de choque*

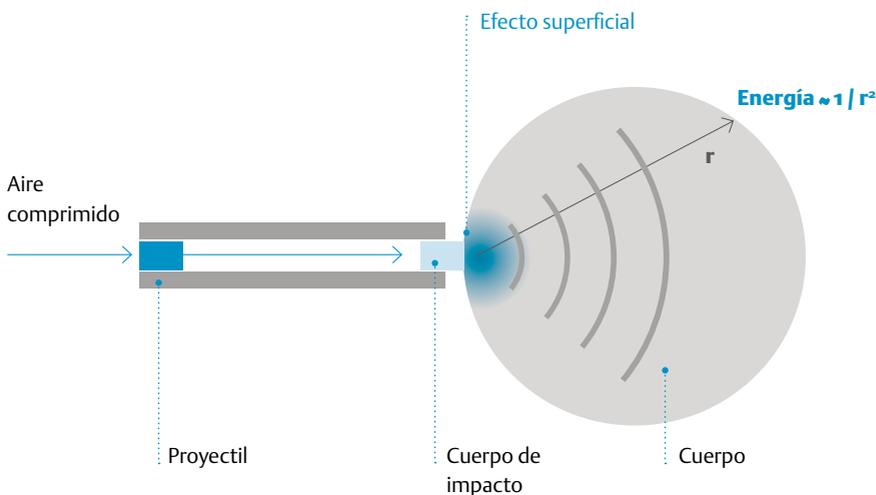
### GENERACIÓN DE ONDAS DE PRESIÓN RADIALES

Las ondas de presión son generadas por la colisión de cuerpos sólidos (Fig. 3.2-1). En primer lugar, se acelera un proyectil, p.ej. por medio de aire comprimido (de forma similar a lo que ocurre en una escopeta de aire comprimido), a

una velocidad de varios metros por segundo (aprox. 5 a 25 m / s, ampliamente inferior a la velocidad del sonido en el agua de 1500 m / s); seguidamente, se frena bruscamente por medio de un cuerpo de impacto (aplicador). El cuerpo de impacto suspendido de forma elástica se pone en contacto directo con la superficie del cuerpo por encima de la zona a tratar, de preferencia con una aplicación previa de gel de contacto de ultrasonidos o aceite de masaje.

En la colisión del proyectil con el cuerpo de impacto se transmite una parte de su energía cinética al cuerpo de impacto, el cual efectúa un movimiento de traslación en un recorrido corto (típicamente < 1 mm) y a una velocidad netamente inferior (típicamente < 1 m/s), hasta que el tejido acoplado o el aplicador hayan frenado el cuerpo de impacto. El movimiento del cuerpo de impacto se transmite al tejido en el punto de contacto y genera allí una onda de presión „radial“ que se propaga de forma divergente.

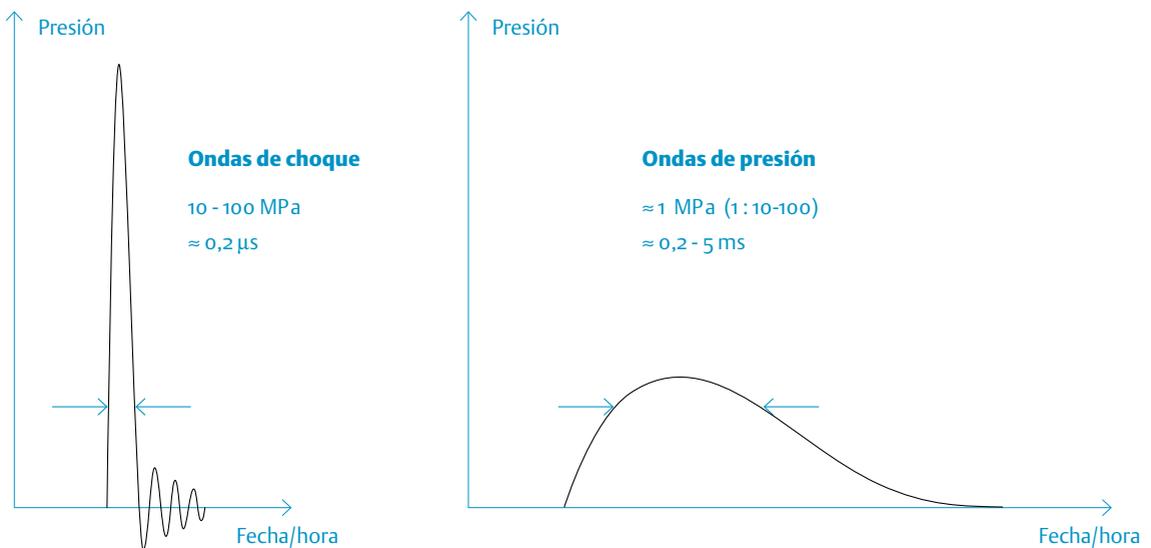
### GENERACIÓN DE ONDAS DE PRESIÓN BALÍSTICAS POR VÍA NEUMÁTICA Y SU EFECTO SUPERFICIAL | *Abb. 3.2-1*



La duración del impulso de presión (Fig. 3.2-2) queda determinada por el movimiento de traslación del cuerpo de impacto y alcanza típicamente entre 0,2 y 5 milisegundos (ms) en el tejido. Por lo tanto, la duración de los impulsos

de presión transmitidos al tejido es 1000 veces superior que en las ondas de choque anteriormente descritas. Con este procedimiento, las presiones máximas típicas son considerablemente inferiores (aprox. 0,1 a 1 MPa, es decir, 100 veces menores).

### LOS PARÁMETROS TÍPICOS DE LAS ONDAS DE CHOQUE FOCALES Y LAS ONDAS DE PRESIÓN RADIALES | Fig. 3.2-2



La colisión genera en el cuerpo de impacto, además, una onda acústica de mayor frecuencia (ruido propagado por estructuras sólidas). Debido a las grandes diferencias entre las dos impedancias acústicas (metal, agua) sólo se irradia una pequeña parte (aprox. un 10%) de esta energía de oscilación al tejido o al agua. La energía contenida en la oscilación acústica de alta frecuencia es inferior en varios órdenes de magnitud al contenido de energía del impulso de presión de baja frecuencia anteriormente descrito.

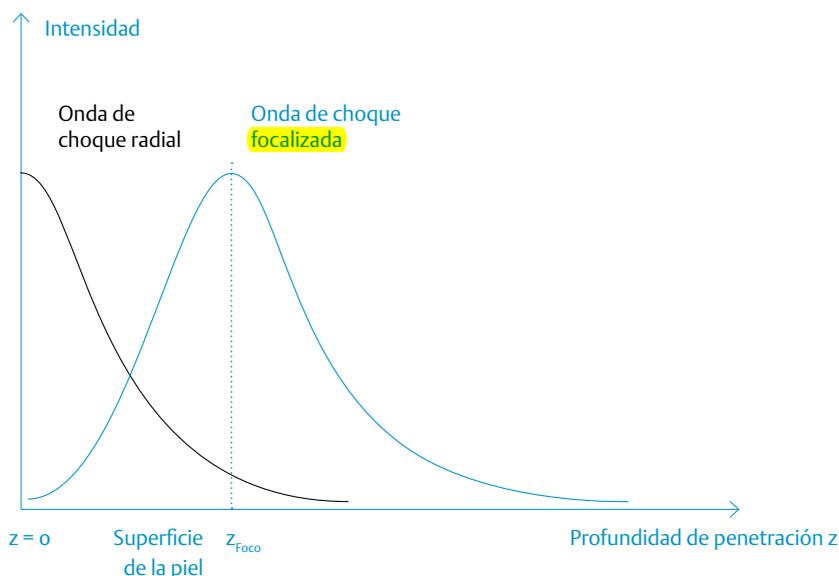
### PROPAGACIÓN DE LAS ONDAS DE PRESIÓN

Las ondas de presión en el sentido descrito se propagan radialmente al tejido adyacente desde el punto de aplicación del cuerpo de impacto. La den-

sidad energética de la onda de presión acoplada disminuye rápidamente en función de la distancia del punto de acoplamiento (proporcionalmente en  $1 / r^2$ ), de modo que el efecto más potente se produce en el punto de aplicación del cuerpo de impacto, es decir, en la superficie de la piel (Fig. 3.2-3).

*El efecto terapéutico de las ondas de choque radiales alcanza una profundidad de 2-3 cm, pero desarrolla su máxima intensidad en la superficie de la piel*

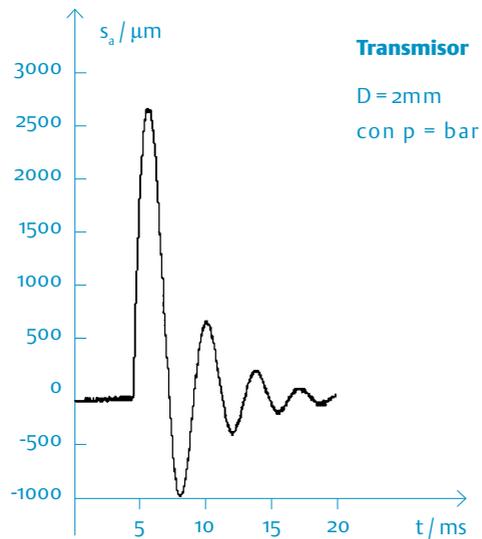
### CURVAS DE INTENSIDAD DISTINTAS DE ONDAS DE CHOQUE FOCALES Y ONDAS DE PRESIÓN RADIALES EN EL CUERPO | Fig. 3.2-3



### PARÁMETROS DE LAS ONDAS DE PRESIÓN / MEDICIÓN DE ONDAS DE PRESIÓN

Debido a la duración considerablemente más larga de los impulsos y la reducida amplitud de presión, la medición de la presión que se aplica habitualmente con las ondas de choque no es apropiada. Una solución mucho más eficiente registrar la desviación del cuerpo de impacto (Fig. 3.2-4) y la fuerza transmitida a un fantoma de tejido viscoelástico. Sin embargo, dado que estos parámetros varían fuertemente en función del tipo de cuerpo de impacto (aplicador) utilizado, se suele indicar de forma indirecta la presión que acelera el proyectil como medida para la intensidad.

## DESVIACIÓN DE UN APLICADOR D20 EN EL AIRE CON 4 BARES | Fig. 3.2-4



### EFECTOS FÍSICOS Y BIOLÓGICOS DE LA ONDAS DE PRESIÓN

Las ondas de presión radiales producen oscilaciones en los tejidos que activan la microcirculación y el metabolismo. A pesar de los numerosos éxitos terapéuticos, apenas se han realizado estudios científicos de los efectos biológicos exactos.

## ONDAS DE CHOQUE VS. ONDAS DE PRESIÓN

Por lo tanto, las ondas de choque y de presión se distinguen tanto por sus características físicas y su técnica de generación como también por la magnitud de los parámetros utilizados habitualmente, así como por las profundidades de penetración terapéutica en el tejido. Las diferencias esenciales aparecen resumidas brevemente en la Fig. 3.3-1. Resulta interesante constatar que, a pesar de las diferencias físicas y los campos de aplicación distintos resultantes (en la superficie o en profundidad), los efectos de estímulo y los mecanismos terapéuticos son, en parte, similares. Así, por ejemplo, las ondas de presión radiales son muy apropiadas para el tratamiento de dolores cercanos a la superficie. En el caso de síndromes de dolor miofascial, la onda de presión radial es imprescindible para alisar la musculatura antes o después de la aplicación de ondas de choque focales. Para el tratamiento de puntos de dolor locales, tendinitis de inserción crónicas y puntos de gatillo situados a mayor profundidad conviene utilizar una onda de choque **focalizada**. Las ondas de choque planas o no focales se emplean de preferencia para el tratamiento de puntos de gatillo y para indicaciones dermatológicas / estéticas.

### UN RESUMEN DE LAS PRINCIPALES DIFERENCIAS ENTRE ONDAS DE CHOQUE Y ONDAS DE PRESIÓN | Fig. 3.3-1

ONDA DE CHOQUE		ONDA DE PRESIÓN
100 - 1000 bares	Presión	1 - 10 bares
≈ 0,2 μs	Duración del impulso	0,2 - 0,5 ms
<b>focalizado</b>	Campo de presión	radial, divergente
grande	Profundidad de penetración	reducida, superficial
Células	Efecto	Tejido

# MECANISMOS DE ACCIÓN DE LA ONDA DE CHOQUE

/ Ulrich Dreisilker

La división celular y la renovación de los tejidos serían imposibles sin presión atmosférica. Si la presión es demasiado alta, se produce la apoptosis: la muerte de las células. De la medicina aeroespacial sabemos que la pérdida de la gravedad produce una disminución de la formación de fibras musculares, seguida de una osteoporosis. En el ámbito de la osteosíntesis, el desarrollo dinámico de la presión en la zona de la fractura es imprescindible para la curación. En la terapia mediante arnés para corrección de la displasia de cadera en bebés se precisa un desarrollo de presión fisiológico controlado. Todo estímulo mecánico, como por ejemplo la presión, la tensión o el estrés, produce una reacción biológica del tejido que también se puede esperar, por lo tanto, en caso de aplicación de ondas de choque focales, planas y radiales. También la colocación de agujas de acupuntura significa un estrés y un estímulo mecánico y puede provocar una respuesta en el tejido. Muy pronto, el seguimiento de la evolución clínica de las terapias por ondas de choque extracorporales mostró que la densidad del flujo energético (ED) moderada de las ondas de choque podría representar uno de los parámetros de tratamiento eficientes para la renovación y regeneración celular.

*Reacción biológica del tejido bajo tensión de compresión, estrés*

## **DOSIS ENERGÉTICA**

Todavía no se ha respondido de forma definitiva la cuestión de la dosis ideal. La práctica diaria muestra que un menor número de impulsos y una frecuencia reducida de tratamientos, intervalos más largos y frecuencias más bajas aumentan la probabilidad de resultados positivos de la terapia. Los principios de tratamiento actuales se basan en análisis de la investigación fundamental. Las fuerzas físicas, tales como se producen en la desintegración de cálculos renales, no representan un factor decisivo en el tratamiento ortopédico por ondas de choque extracorporales. Los procesos biomoleculares son los responsables del efecto principal.

*Menos es más*

*Efecto molecular-celular*

En el marco de los experimentos con animales, fue posible realizar una osteogénesis en un fémur de rata con una densidad energética que no produjo ningún tipo de destrucción mecánica. Asimismo, los resultados del tratamiento de pseudoartrosis mejoraron al reducir la dosis de energía y el número de impulsos. De esta manera se consiguió, probablemente, un mejor efecto molecular y celular.

Mi propia experiencia en el ámbito de la curación retrasada de fracturas y pseudoartrosis demuestra que una o dos sesiones y una densidad energética relativamente baja (20 KV, 0,25 - 0,30 mJ / mm<sup>2</sup>, respectivamente; aprox. 3000 impulsos) suelen ser suficientes. En el caso de las entesopatías (p.ej. fascitis plantar) suele bastar, en la mayoría de los casos, con dos sesiones con una densidad energética de 0,20 a 0,30 mJ / mm<sup>2</sup>. Gerdesmeyer averiguó que, en la desintegración de concrementos calcáreos en el hombro, el grupo que fue tratado con una densidad energética de 0,3mJ / mm<sup>2</sup> mostró unos resultados considerablemente mejores que el grupo de comparación con dosis más bajas de 0,08 a 0,15 mJ /mm<sup>2</sup>, aunque incluso en este caso, los resultados eran mejores que los del grupo con placebo.

### **EFFECTOS BIOMOLECULARES**

Después de una fractura ósea se inician unos mecanismos de curación fisiológicos que se desarrollan de forma continua en forma de cascada. En el intersticio de la fractura se forman y activan de forma primaria factores de crecimiento y diferenciación que atraen células madre osteoproliferativas. Estas células forman proteínas óseas morfogenéticas (BMP) pertenecientes a la familia del factor de crecimiento transformante beta (TGF-beta). Las BMP están ligadas al colágeno. Junto con las citocinas y las hormonas provocan una migración mesenquimal de células madre y su transformación en células de formación ósea. Por analogía, estos procesos fisiológicos también se pueden iniciar posiblemente mediante la aplicación de ondas de choque, de forma similar a lo que ocurre en una espongioplástica. Entonces, las ondas de choque servirían para iniciar un mecanismo de reparación fisiológico que se podría esperar también en el caso de osteonecrosis de la cabeza femoral en estado precoz. El tratamiento por ondas de choque de otros tipos de osteonecrosis o procesos óseos, p.ej. encondromas, representaría así una opción para el futuro.

---

*Mecanismo de reparación  
fisiológico  
inducido por ESWT*

Los recientes éxitos clínicos demuestran que se puede establecer una comparación con los procesos de curación de lesiones antiguas y crónicas de la piel y otros tejidos, particularmente después de quemaduras, tras la aplicación de ESWT. La cascada de curación en lesiones de tejidos blandos empieza por la coagulación sanguínea y el sellado de vasos. Inmediatamente después de una

lesión (o, por analogía, después del microtraumatismo causado por las ondas de choque), se inician durante los primeros segundos y horas unas reacciones inflamatorias no específicas. En la investigación fundamental de ESWT se demostró muy pronto la presencia de neuropéptidos proinflamatorios (sustancia P y CGRP). En el espacio de pocas horas / días se inician la quimiotaxis y la mitosis de las células madre con la producción de una matriz ósea o de tejido conjuntivo. La angiogénesis es seguida por una remodelación del intersticio de la fractura o la lesión de las partes blandas. Bajo el efecto de las ondas de choque se liberan en el tejido el factor de crecimiento vascular endotelial (VEGF), las proteínas morfogenéticas óseas (BMP), la proteína osteogénica (OP) y el monóxido de nitrógeno gaseoso con efecto vasodilatador (NO) o la sintasa endotelial del óxido nítrico (eNOS). En este contexto hay que tener en cuenta que la nitroglicerina aumenta también el riego sanguíneo en los puntos de gatillo musculares (miogelosis), por lo cual puede tener un efecto analgésico.

La investigación fundamental ha revelado la existencia de mediadores de dilatación y de angiogénesis cuyo efecto tiene, aparentemente, no sólo un carácter local en caso de aplicación directa de ondas de choque sobre una úlcera o una quemadura cutánea. Tal como ha sido demostrado por Jankovic en el ejemplo de una gangrena diabética del dedo gordo, parece que actúan a nivel sistémico incluso en caso de aplicación regional. En este caso, se aplicaron ondas de choque focales en varias sesiones y de forma indirecta en la planta del pie, lo cual permitió evitar la amputación inicialmente prevista de los dedos.



Neuropéptidos  
proinflamatorios

Angiogénesis

VEGF

Monóxido de nitrógeno  
vasodilatador

Izquierda: Inicio del tratamiento  
2007, tratamiento con FSW

A la derecha: último control  
en 2009

También se puede suponer la existencia de un efecto sistémico en el tratamiento por ondas de choque extracorporales de la tendinitis calcárea. El deterioro del estado de nutrición debido a una vascularización anatómica débil en el extremo periférico del tendón supraespinoso puede llevar a la formación de depósitos calcáreos dolorosos en caso de sobrecarga física y procesos degenerativos. Los efectos de la NO sintasa endotelial y del factor de crecimiento endotelial VEGF inducidos por ESWT mejoran el riego sanguíneo y la vascularización. La activación del metabolismo a lo largo de varias semanas y meses conlleva la eliminación progresiva de los depósitos calcáreos. En el pasado se suponía que los depósitos calcáreos eran desintegrados al igual que los cálculos renales. No obstante, entre tanto se ha podido establecer con seguridad que esto no es lo que ocurre durante el proceso de curación del tendón supraespinoso. Probablemente, también en caso de tendinopatía de inserción sin depósitos calcáreos, al igual que en otras entesitis de inserción, la regeneración es debida a la mejora de la nutrición del tendón supraespinoso que se consigue con la aplicación de las ondas de choque.

---

#### *Sin anestésicos locales*

Según se ha demostrado a través de varios estudios, los anestésicos locales utilizados durante los primeros años reducen o anulan el efecto de las ondas de choque. Parece que tienen el efecto de inhibir y reducir la generación de mediadores inflamatorios importantes que activan el riego sanguíneo. Por este motivo, se han dejado de utilizar anestésicos locales en el tratamiento ESWT.

---

#### *Reducción de fibras C*

Muy pronto, se ha demostrado mediante experimentos con animales que la aplicación de ondas de choque no sólo reduce el número de fibras C conductoras de dolor, sino también la capacidad de reinervación de los nociceptores.

---

#### *Reducción de la reinervación de nociceptores*

### **EFFECTOS FÍSICOS**

La energía mecánica de las ondas de choque se convierte en energía química en el tejido conjuntivo de la matriz extracelular (MEC). Los receptores de la membrana celular que contienen proteínas, las denominadas integrinas de adhesión celular, y los canales iónicos conducen esta energía a través del citoesqueleto hacia el núcleo. Allí, esta cadena de señales induce una transcrip-

ción y expresión de genes y la posterior formación de cinasas mecanosensibles y concentración de colagenasas. Esta forma de bioingeniería basada en ondas de choque se denomina como mecanotransducción. Los fibrocitos son estimulados de manera que generan fibras de colágeno con un efecto estabilizador, por ejemplo en la zona de los tendones. La mecanotransducción se ve influida por la frecuencia, la amplitud de presión, la intensidad y la duración de las ondas de choque. Esta constatación coincide con las observaciones clínicas. A través de sus trabajos de investigación fundamental y sus observaciones en el ámbito de la mecanotransducción, Neuland y Duchstein estuvieron en condiciones de facilitar una explicación plausible del efecto de la terapia por ondas de choque extracorporales (ESWT).

No obstante, el efecto de las ondas de choque extracorporales en el síndrome del dolor musculoesquelético no está claro y no ha sido demostrado científicamente. El efecto de las fuerzas de presión y tracción sobre las fibras de la matriz extracelular (MEC) es necesario para mantener la estabilidad fisiológica y la renovación de los tejidos. La MEC consiste de una red molecular de polisacáridos en forma de tamiz que actúa como vía de tránsito entre las capilares y las células y viceversa. Para el trabajo de investigación de la matriz, se parte del supuesto de que cada función celular depende de la estructura y del funcionamiento de la MEC (sustancia base) y su conexión con los vasos terminales, así como con los sistemas hormonal y nerviosos. El tejido conjuntivo es la sustancia mediadora entre la piel, los huesos, los vasos sanguíneos, los nervios y los músculos. Unos simples movimientos de las articulaciones son suficientes para producir modificaciones de la tensión y la presión de la piel, la sustancia base extracelular y las células (musculares) y contribuyen a la renovación de los tejidos. Se plantea la cuestión de si el efecto obtenido con las ondas de choque a través de la matriz extracelular es idéntico.

En un planteamiento modélico, las ondas de choque planas y radiales son susceptibles de producir fuerzas de cizallamiento en las capas superficiales de la musculatura y, tras la liberación de sustancias con actividad neurovascular, alcanzar a través de la vía de tránsito de la MEC las zonas musculares más profundas cuyo tratamiento queda reservado normalmente a las ondas de choque focales.

*Bioingeniería*

*Solicitaciones de presión y de tracción ejercidas sobre las fibras de la matriz extracelular*

*Liberación de sustancias neurovasculares activas*

## **EFFECTOS EN LOS PUNTOS DE GATILLO**

Entre los mecanismos de acción estudiados, las ondas de choque radiales (ondas de presión) parecen iniciar la modulación del dolor en el sentido de una contrairritación en el caso de puntos de gatillo cercanos a la superficie y distribuidos en el área extensa. La excitación de los nociceptores A-delta de conducción rápida produce una inhibición y un bloqueo segmentarios de las fibras C crónicas de conducción lenta. La estimulación de oscilaciones musculares de alta frecuencia y el consiguiente efecto tridimensional en los sarcómeros pueden representar un aspecto interesante con vistas al mecanismo de acción.

Otro modelo hipotético del efecto de las ondas de choque focales y radiales sería la eliminación de la isquemia que produce los dolores musculares por el mencionado óxido nítrico endotelial. Por ejemplo, los endurecimientos y las tensiones dolorosos a la presión del músculo pectoral son susceptibles de causar arritmias supraventriculares y un descenso del segmento ST en el ECG. Estas alteraciones cardíacas desaparecen después de la administración de nitroglicerina, al igual que la tensión dolorosa del mismo músculo pectoral causada por la isquemia.

## **TENSEGRITY**

Finalmente, sería posible, en teoría, aplicar los principios del modelo de tensegrity (conocidos de la tecnología) en la biología humana con el fin de explicar el efecto de las ondas de choque. Un cuerpo mantiene una estabilidad intrínseca si los elementos estáticos y elásticos están equilibrados. Los huesos absorben la presión y las uniones elásticas de las cadenas musculares las fuerzas de tracción.

En caso de enfermedad (es decir, si este equilibrio se encuentra perturbado como consecuencia de puntos de gatillo y contracturas musculares), la mecanotransducción producida por las ondas de choque y de presión puede influir en la resiliencia de los tejidos y las cadenas musculares y devolverles su elasticidad.



Conclusión: En esta obra se han recopilado una serie de modelos teóricos que podrían explicar el efecto de las ondas de choque. Los experimentos realizados con animales y la evidencia clínica demuestran científicamente el efecto de las ondas de choque en caso de curación retrasada de fracturas. Las ondas de choque liberan sustancias osteogénicas cuya presencia se detecta también en la curación normal de fracturas. En el caso de las entesopatías, la demostración científica de la eficacia se establece principalmente a través de factores propios del cuerpo que activan la circulación sanguínea y estimulan la vascularización.

# GENERALIDADES PARA EL TRATA- MIENTO CON ONDAS DE CHOQUE Y DE PRESIÓN

/ Kathrin Raegener, Danilo Jankovic, Ulrich Dreisilker

## PRINCIPIOS DEL TRATAMIENTO

Kathrin Raegener

### GENERALIDADES

**Sesiones de tratamiento** > Generalmente, 3 a 5 tratamientos por ondas de choque a intervalos de entre 1 y 2 semanas son suficientes para afecciones de los tendones y las inserciones tendinosas. Para el tratamiento de un síndrome de dolor miofascial (terapia por ondas de choque de los puntos de gatillo) se necesitan, en promedio, entre 6 y 8 sesiones de tratamiento. El intervalo entre las distintas sesiones es de 5 a 10 días.

**Dosificación** > Básicamente hay que tener en cuenta que la sensibilidad al dolor durante el tratamiento por ondas de choque varía de una persona a otra. Es necesario encontrar la dosis adecuada para cada paciente, cada indicación y cada sesión de tratamiento. El tratamiento se inicia en el punto de máximo dolor. Una vez que el punto de dolor primario haya sido neutralizado por efecto analgésico de la onda de choque (al cabo de aprox. 400 impulsos radiales o 200 impulsos **focalizados**), aparecen frecuentemente puntos en el entorno que habían sido ocultados por el dolor principal. En el diálogo con el paciente se localizan y tratan los puntos de dolor restantes. Para este fin, se „escanea“ el área de los puntos de dolor. Generalmente, la terapia se inicia con un nivel de energía más bajo (bares o mJ / mm<sup>2</sup>) que se va incrementando de una sesión a otra.

**Localización de los puntos de dolor y de gatillo** > Los distintos puntos de dolor y de gatillo se localizan mediante palpación de las áreas dolorosas en el diálogo con el paciente. A menudo resulta más sencillo localizar los puntos de dolor difusos o situados a una mayor profundidad con la ayuda de la onda de choque. Cuanto mayor sea la profundidad del área dolorosa en el tejido, más se recomienda usar ondas de choque focales para este fin. Cuanto más puntos de dolor se logren localizar y neutralizar en un tratamiento, mejor es el resultado del tratamiento. En cada tratamiento hay que tener en cuenta que es imprescindible utilizar una cantidad suficiente de gel de ultrasonidos para el acoplamiento y la transmisión eficientes de las ondas acústicas al tejido.

*Fundamentos del tratamiento*

*„Escaneo“ de los puntos de dolor*

*Localización sencilla de puntos de dolor con la ayuda de ondas de choque*

A lo largo de los años, el esquema de tratamiento de las indicaciones clásicas con ESWT se ha ido modificando. En el pasado, el tratamiento se reservaba para la zona de la inserción del tendón, pero en la actualidad, se aplica en creciente medida en la musculatura. Precisamente en este ámbito, los sistemas de ESWT modernos ofrecen la posibilidad única de un tratamiento combinado. La inserción del tendón se trata preferentemente con ondas de choque focales. A continuación, se relaja la musculatura correspondiente con ondas de choque radiales y se eliminan los puntos de gatillo (miogelosis).

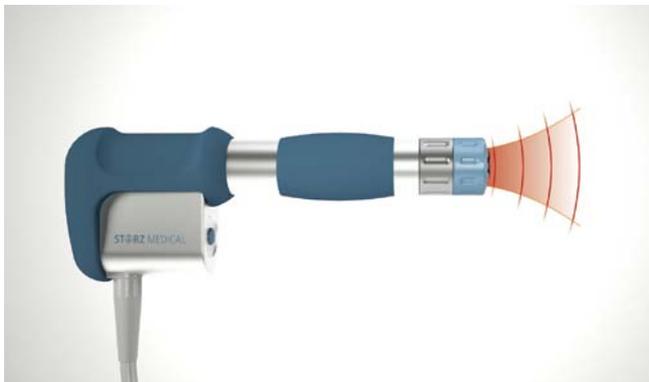
### **ONDAS DE CHOQUE RADIALES (RSW)**

El aparato de ondas de choque radiales RSW representa el equipamiento básico para el tratamiento de un síndrome de dolor miofascial musculoesquelético o de puntos de gatillo musculares. La terapia se inicia con una presión de entre 1,8 y 2 bares, aproximadamente. Si el paciente muestra una buena tolerancia frente a esta energía y refiere la disminución del dolor, la energía se puede ir aumentando lentamente. Habitualmente, las terapias se realizan con unas presiones de entre 2 y 3,5 bares. Según la profundidad de la zona del dolor muscular se necesita aumentar la presión del aplicador para liberar las sustancias neurovasculares (estudiadas recientemente) a través de las fuerzas de cizallamiento aplicadas (la denominada técnica de compresión). En pacientes sensibles conviene empezar con una frecuencia reducida para conseguir que se vaya acostumbrando y adaptando a las ondas de choque. Durante la sesión se podrá aumentar la frecuencia. Los puntos de gatillo dolorosos se tratan con una frecuencia de 12 a 15 Hz. Para alisar la musculatura, se va aumentando hasta 18 a 21 Hz, aplicando las ondas en el sentido de las fibras musculares. El número de impulsos de presión varía en función del tamaño y de la tensión del área muscular afectada y suele situarse entre 1200 y 2400 impulsos.

Para el tratamiento eficaz de grupos musculares grandes y endurecidos se recomienda emplear aplicadores especiales para la pieza de mano RSW (p.ej. D-ACTOREN® de la empresa Storz Medical AG: D20 o D35). Éstos están concebidos para transmitir a los tejidos no sólo las ondas acústicas, sino también los impulsos vibratorios.



*Fig. 5.1-1  
Aparato moderno de ondas de  
choque radiales MASTERPULS®  
MP200 de la empresa Storz  
Medical*



*Fig. 5.1-2  
Aplicador de RSW con  
propagación radial de ondas  
acústicas en el tejido*

### **ONDAS DE CHOQUE FOCALES (FSW)**

Las ondas de choque focales son particularmente apropiadas para el tratamiento de indicaciones puntuales, tales como

- | tendinopatías de inserción o entesopatías y calcificaciones
- | puntos de gatillo y de dolor, sobre todo en las capas musculares más profundas

Los distintos dispositivos de acoplamiento permiten variar la profundidad de penetración y adaptarla a la profundidad de la zona de dolor / del punto de gatillo. Para conseguir un tratamiento eficaz, se debería aspirar a hacer coincidir la zona de focalización con la zona de tratamiento. Según el adaptador, el efecto terapéutico de las ondas de choque focales alcanza una profundidad de hasta 12,5 cm.

Fig. 5-1-3  
 Aplicador **focalizado** de la  
 empresa Storz Medical AG con  
 bobina electromagnética y  
 distintos adaptadores para  
 diferentes profundidades de  
 penetración

### Profundidad de penetración del foco

Sin dispositivo de acoplamiento



Área del foco  
**35 - 65 mm**  
 Eficacia  
 terapéutica  
**0 - 125 mm**

Con dispositivo de acoplamiento I



Área del foco  
**15 - 45 mm**  
 Eficacia  
 terapéutica  
**0 - 105 mm**

Con dispositivo de acoplamiento II



Área del foco  
**0 - 30 mm**  
 Eficacia  
 terapéutica  
**0 - 90 mm**

**Energía de aplicación** > Al inicio de la terapia se utiliza una energía de 0,10 mJ / mm<sup>2</sup> para localizar el punto de dolor. En cuanto el paciente refiera una disminución del dolor (al cabo de aprox. 200 impulsos), se va aumentando lentamente la energía en función de la sensibilidad del paciente. La energía aplicada en el tratamiento se debería situar en un margen de 0,10 a 0,35 mJ / mm<sup>2</sup>. También en este caso, el „biofeedback“ y el diálogo con el paciente permiten alcanzar los mejores resultados (reconocimiento del dolor / dolor proyectado). La experiencia demuestra que los pacientes con indicaciones agudas se deberían tratar, en general, con un nivel de energía más bajo que los que estén aquejados de molestias crónicas.

**Frecuencia** > Para el tratamiento de puntos de dolor con ondas de choque focales se puede utilizar la frecuencia más alta posible en función del nivel de energía (2 a 8 Hz). La experiencia acumulada durante los últimos años demuestra que una frecuencia de 2 a máx. 4 Hz permite alcanzar los mayores éxitos en el tratamiento de puntos de gatillo.

Energía FSW

Frecuencia FSW

## TRATAMIENTO COMBINADO CON ONDAS DE CHOQUE RADIALES Y FOCALES

La combinación de ondas de choque radiales y focales reúne las ventajas de ambas tecnologías. Así, las ondas de choque radiales relajan la musculatura, el tejido conjuntivo y la matriz extracelular. Las ondas de choque focales permiten localizar y tratar posteriormente los endurecimientos musculares dolorosos (puntos de gatillo) o irritaciones de tendones en distintas capas.

### Campo de aplicación de las ondas de choque radiales >

- | Alisamiento de la musculatura
- | Descontracción de tensiones musculares (taut band – banda tensa)
- | Localización y tratamiento de puntos de gatillo superficiales
- | Tratamiento de indicaciones de superficie en áreas extensas
- | Activación del tejido conjuntivo (MEC, matriz extracelular)

### Campo de aplicación de las ondas de choque focales >

- | Tendinopatías de inserción, entesopatías
- | Desintegración de depósitos calcáreos
- | Localización de los puntos de gatillo y de dolor, provocación del „dolor proyectado“ (referred pain)
- | Puntos de gatillo y de dolor profundos y superficiales

*Aplicación de RSW*

*Uso de FSW*



*Fig. 5-1-4  
DUOLITH® SD 1 Tower,  
Aparato de ondas de choque  
combinado de la empresa  
Storz Medical AG*

En el tratamiento combinado se trata primero el punto de dolor o de gatillo principal mediante ondas de choque focales. A continuación, se „escanean“ puntos adicionales en el tejido circundante. Seguidamente, con las ondas de choque radiales, se relaja la musculatura circundante (taut band) y se eliminan puntos de gatillo superficiales.

Si los grupos de músculos en los cuales se encuentran los puntos de gatillo están extremadamente endurecidos o tensos, se pueden relajar fácilmente con ondas de choque radiales. Después resulta mucho más fácil localizar los puntos de gatillo situados a mayor profundidad con la ayuda de ondas de choque focales o mediante palpación.

Por norma general, no se debería aplicar un número excesivo de impulsos, sobre todo en la primera sesión de terapia por ondas de choque. Se recomienda una aplicación inicial de no más de 1500 a 1800 impulsos **focalizados** y de 3000 impulsos radiales. Posteriormente es posible ir aumentando el número de impulsos.

*Fig. 5-1-5  
Tratamiento puntual de la  
epicondilitis humeral radial con  
ondas de choque focales*



*Fig. 5-1-6  
Relajamiento posterior de los  
extensores del antebrazo y  
tratamiento de puntos de gatillo  
adicionales en la musculatura  
con ondas de choque radiales  
(en este caso, con el  
aplicador D20)*



## V-ACTOR®

Los impulsos puramente vibratorios, p.ej. los generados por el aplicador V-ACTOR®, se emplean como complementos a la terapia por ondas de choque. Las vibraciones de alta frecuencia (35 Hz, temblor muscular fisiológico) activan y tratan el tejido blando, el tejido conjuntivo y la musculatura.

El uso del V-ACTOR® se recomienda especialmente después de una sesión de terapia por ondas de choque con el fin de conseguir una activación del tejido en una superficie amplia. Además, el tratamiento con el aplicador V-ACTOR® es muy agradable para el paciente, lo cual es percibido por éste de forma muy positiva en comparación con la terapia por ondas de choque que resulta a menudo dolorosa (efecto wellness).

*Impulsos vibratorios puros*

*Temblor muscular fisiológico*



*Fig. 5.1-7  
V-ACTOR® Aplicador de la  
empresa Storz Medical AG*

## DIAGNÓSTICO Y CONTROL DE LOS RESULTADOS CON EL F-METER

Danilo Jankovic

VAS

En la práctica diaria, la cuantificación del dolor y el control de los resultados de un tratamiento del dolor resultan a menudo problemáticos. La situación de dolor actual se suele determinar con la ayuda de la denominada escala visual analógica (VAS). Con sus diversas modificaciones, la VAS representa un método fiable para determinar la situación actual de forma global. Sin embargo, este método no es muy apropiado para suministrar información más detallada.

Diferenciación y calificación de los puntos de dolor

El F-METER fue desarrollado especialmente para diferenciar y cuantificar los puntos de dolor miofasciales (puntos de gatillo). Ofrece una solución práctica para la evaluación de miogelosis, puntos de gatillo, áreas de dolor miofasciales y otros puntos sensibles a la presión.

El aparato se coloca con su punta encima de los puntos de dolor y se va aumentando la presión de aplicación hasta que el paciente perciba el típico dolor. El F-METER mide automáticamente la presión empleada y la convierte en un valor numérico.

Localización de las miogelosis a tratar de forma prioritaria

Este procedimiento permite documentar, en el diálogo con el paciente, los valores para los distintos puntos de dolor y/o áreas de gatillo. La rigidez del instrumento de medición facilita enormemente la localización y el diagnóstico de los puntos de dolor. Así es posible clasificar cada área de dolor, lo cual facilita la localización de las miogelosis más dolorosas (que se deben tratar primero), precisamente si existen varios puntos de gatillo. Asimismo, suministra información valiosa para la terapia posterior y permite determinar de forma rápida y efectiva la secuencia de tratamiento óptima.

Control de resultados

Además, el F-METER representa un método sencillo para comprobar los resultados de la terapia. La comparación de los distintos valores medidos permite controlar la evolución del tratamiento de una sesión a otra. Si aumentan los valores se reduce la sensibilidad a la presión; es decir, que el tratamiento resulta exitoso.

Sobre todo en pacientes con una sintomática de dolor miofascial pronunciada, el tratamiento se extiende frecuentemente a lo largo de varios meses. A ciertos pacientes les cuesta percibir los progresos, generalmente pequeños y graduales, y tienden entonces a interrumpir el tratamiento. La visualización mediante el F-METER permite a los pacientes seguir la evolución de la terapia y obtener así la motivación necesaria para continuar.

Dado que el F-METER suministra valores objetivos con respecto a los resultados del tratamiento, se utiliza también para la documentación en el marco de trabajos científicos.



*Visualización para mejorar la conformidad del paciente*

*Objetivación*

*Fig. 5.1-8  
Medición F-METER en el  
epicóndilo lateral*

## ECOGRAFÍA

Ulrich Dreisilker

*Modo ultrasónico en aparatos ESWT*

Durante los primeros años, la localización por ultrasonidos mediante una sonda sectorial en línea se consideraba como imprescindible para la terapia por ondas de choque. Consideraciones económicas y el concepto de un control orientado al dolor fueron los motivos que llevaron a la fabricación de equipos sin sonda en línea con un coste más bajo. Estos equipos eran principalmente aparatos radiales que no permiten la integración de la sonografía en línea por razones técnicas. En la actualidad, numerosos terapeutas utilizan ecógrafo externo para el diagnóstico y la localización por ultrasonidos, dado que, además de la generación de imágenes por rayos X y TRM, la ecografía suministra una representación anatómica de excelente calidad y permite realizar exámenes dinámicos importantes. La combinación opcional de un equipo de ondas de choque con un sistema de ultrasonidos, no en forma de una costosa integración en serie sino como un recurso económico y racional, representa una innovación interesante y práctica.

### DIAGNÓSTICO EN EL EJEMPLO DE LA TENDINITIS CALCÁREA DEL HOMBRO

*Sonografía dinámica para la diferenciación*

La ecografía dinámica ofrece numerosas ventajas, por ejemplo para el tratamiento de la tendinitis calcárea. En este caso, el depósito calcáreo se forma en la misma dirección que el tendón supraespinoso. Las calcificaciones en la bolsa subacromial o una avulsión ósea del manguito rotador se pueden delimitar a través de la movilidad restringida. Si existen varios depósitos calcáreos, se pueden asignar topográficamente a los tendones del manguito rotador en los diferentes planos de corte. Las calcificaciones en el ámbito del manguito rotador pueden mostrar distintas consistencias. Las faltas de homogeneidad causadas por la presencia de cal se pueden visualizar sin atenuación acústica. Las sombras radiológicas espesas de bordes nítidos (tipo 1 según Gärtner) se caracterizan en la ecografía por un reflejo ecógeno pronunciado, además de por una sombra acústica clara.

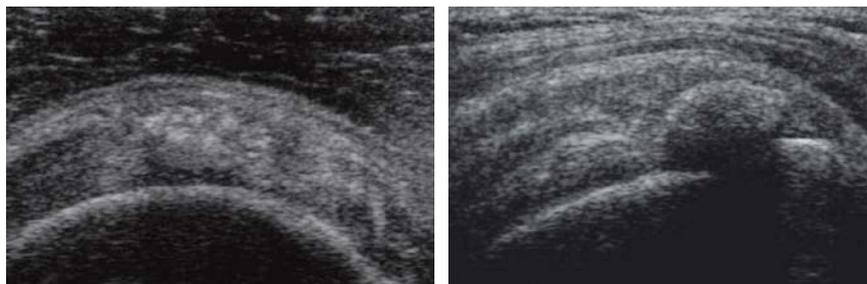
Los focos de calcificación blandos, „similares a pasta de dientes“, radiológicamente transparentes y con bordes poco nítidos (tipo 2 o 3 según Gärtner)

carecen de sombra acústica. Además, la ecografía dinámica del manguito rotador permite establecer el diagnóstico diferencial de roturas completas o parciales, retracciones, fisuras intramurales y adelgazamiento del tendón supraespinoso, derrames sinoviales locales, bursitis subacromial, impingement, alteraciones del labrum glenoideo o rotura del tendón largo de bíceps.

### DIAGNÓSTICO DIFERENCIAL

Además de la localización y del diagnóstico de alteraciones estructurales patológicas de los tendones, calcificaciones, neovascularizaciones y alteraciones óseas, por ejemplo después de inyecciones de cortisona / cristales líquidos, el diagnóstico diferencial por ecografía juega igualmente un papel importante, por ejemplo en caso de epicondilopatías. Procesos tumorales de los huesos o los tejidos blandos, así como fracturas de la cabeza del radio son fácilmente identificables.

Las alteraciones artrósicas en la articulación humeroradial o una osteocondritis disecante en el cóndilo humeral conllevan frecuentemente derrames. La ecografía permite también detectar la condromatosis, una afección rara de las articulaciones, así como, en atletas, la rotura del tendón largo de bíceps en la tuberosidad del radio. Las alteraciones reumáticas producen destrucciones cartilaginosas y óseas, la distensión de la cápsula articular y la formación de derrames intraarticulares. El establecimiento de un diagnóstico diferencial antes de la aplicación de ESWT permite alcanzar un mayor aseguramiento de la calidad y, en consecuencia, mejores resultados.



*Ejemplo: el codo*

*Aseguramiento de la calidad*

*Fig. 5.2-1 (izquierda)  
Múltiples focos de calcificación pequeños sin sombra acústica en el manguito rotador*

*Fig. 5.2-2 (derecha)  
Foco de calcificación grande en el tendón supraespinoso, sigue el movimiento en el examen dinámico.*

*Tendón de Aquiles*

## **OTRAS INDICACIONES**

La ecografía ofrece numerosas ventajas a la hora de diagnosticar entesopatías del tendón de Aquiles (engrosamiento en forma de husillo, alteraciones peritendinosas asociadas a una disminución de la ecogenicidad). Además, se pueden realizar evaluaciones ecográficas en el caso de la deformidad de Haglund, así como de roturas completas o parciales del tendón de Aquiles, xantomatosis, calcificaciones y gangliones. En la fascitis plantar con y sin espolón calcáneo, la ecografía se emplea para localizar la zona de inserción dolorosa, típicamente engrosada y sujeta ocasionalmente a claros procesos de neovascularización.

*Fascitis plantar*

Asimismo, el examen ecográfico permite detectar con facilidad una bursitis subcalcánea. Lo mismo se aplica en el caso del síndrome del ápex de la rótula. La ecografía revela frecuentemente una bursitis prepatelar o infrapatelar (subcutánea y profunda), ocasionalmente en combinación con calcificaciones.

*Síndrome del ápex de la rótula*

## **SÍNDROME DE DOLOR MUSCULOESQUELÉTICO**

La ecografía va adquiriendo cada vez mayor importancia en el extenso campo del síndrome de dolor miofascial. Por ejemplo, para el tratamiento de endurecimientos musculares dolorosos, el grado de penetración (dispositivo de acoplamiento), que representa un factor esencial para el éxito de la terapia, se determina a través de la evaluación y medición de la profundidad del foco. Por vía ecográfica, el grosor de los músculos y las zonas anecogénicas se pueden medir con exactitud. Antes de efectuar un tratamiento en la proximidad de los tejidos pulmonares, paquetes neurovasculares y órganos internos es indispensable realizar una ecografía para determinar con precisión la localización y medir exactamente la profundidad con el fin de evitar lesiones en los pulmones (pleura) o en otros órganos.

*Área del foco*

*Localización de cordones neurovasculares, pulmón y órganos internos*

## COMPORTAMIENTO DEL PACIENTE DESPUÉS DEL TRATAMIENTO POR ONDAS DE CHOQUE EXTRACORPORALES (ESWT)

Ulrich Dreisilker

¿Qué debe hacer el paciente después de una sesión de ESWT? ¿Qué terapia adicional se debería aplicar? ¿Será necesario continuar o introducir fisioterapia? ¿El paciente puede practicar deporte o seguir su actividad laboral como de costumbre? Estas preguntas y otras similares no se pueden contestar de forma esquemática en base a un reglamento y una lista de comportamientos.

El requisito básico y el punto de partida para cualquier charla con el paciente es la explicación general sencilla y comprensible del tratamiento por ondas de choque extracorporales y su efecto: ESWT es un procedimiento que consiste en aplicar ondas de choque de manera que se provoca, en la profundidad, un traumatismo voluntario, controlado e invisible desde el exterior. Al igual que en las lesiones externas, se inician procesos de curación en las capas más profundas de los tejidos. Se activan el riesgo sanguíneo y vascularización, lo cual lleva a la generación de nuevos tejidos conjuntivos. El tejido tendinoso degenerado queda renovado y tensado por fibras tendinosas nuevas. El paciente debería ser informado de esta manera u otra similar para que comprenda por qué el ESWT precisa un proceso de curación tan largo.

Este hecho también se puede ilustrar con la curación de una fractura ósea. La formación ósea estabilizadora tampoco se produce inmediatamente después de la aplicación de ESWT. El depósito calcáreo en un impingement supraespinoso tarda semanas en disminuir.

Básicamente, el paciente puede practicar deporte y trabajar con normalidad después de un tratamiento por ondas de choque extracorporales. Después de un tratamiento del hombro se desaconseja realizar movimientos por encima de la cabeza. Los nadadores no deberían utilizar el estilo crol y los tenistas deberían evitar sacar y golpear la pelota por encima de la cabeza durante un período de cuatro a seis semanas. Esto rige en igual medida para aficionados, atletas y profesionales.

*Información*

*Toda terapia necesita tiempo*

*Limitación de las actividades deportivas*

---

### *Epicondilitis*

Después de un tratamiento por epicondilitis, se recomienda a los tenistas un descanso de dos o tres semanas aunque, en ciertas condiciones, se podrá permitir jugar con un vendaje para reducir la tensión en la musculatura del antebrazo. El trabajo con el ratón del PC se puede reanudar al cabo de 10 a 14 días aproximadamente. Se deberán evitar las tareas domésticas que impliquen una carga para los brazos. En los últimos tiempos, la eficacia de los ejercicios de estiramiento ha sido seriamente puesta en duda en los ámbitos de la medicina deportiva, ya que pueden causar la rotura de los puentes de actina y miosina en los músculos afectados. En consecuencia se recomienda sustituir los estiramientos por ejercicios de movilidad.

---

### *Ejercicios de movilidad*

En todas las tendinopatías de inserción se deberá insistir en la importancia de descargar la zona afectada después de la aplicación de ESWT. Una fasciitis plantar o una aquilodinia exigen el uso de unas plantillas de descarga de buena calidad, especialmente en los pacientes de una cierta edad que se ven afectados con mayor frecuencia por este tipo de inflamación. La utilidad del estiramiento excéntrico de la musculatura intrínseca de la pierna es altamente discutible. Se deberán evitar todas las disciplinas deportivas de salto, dado que implican choques. Durante un período de 4 a 6 semanas, el paciente debería reemplazar estas actividades por otras como ciclismo, natación o gimnasia.

---

### *Soluciones individuales*

Un factor esencial para garantizar el éxito del tratamiento con ESWT es el asesoramiento individual del paciente, teniendo en cuenta su edad y preguntando por sus hábitos, su trabajo y la práctica de deporte ya sea como afición o de alto rendimiento. Sólo así es posible emitir recomendaciones individuales en lugar de reglas de comportamiento rígidas y estereotipos, tales como la prohibición general de toda actividad deportiva.

# INDICACIONES CLÁSICAS Y AMPLIADAS

/ Ulrich Piontkowski, Ulrich Dreisilker, Kathrin Raegener

## TENDINITIS CALCÁREA

Ulrich Piontkowski

La tendinitis calcárea es una de las indicaciones estándar para el tratamiento por ondas de choque extracorporales.

### ETIOLOGÍA

Hasta la fecha se desconoce la etiología exacta. Aproximadamente en el 90 % de los casos, la lesión afecta al tendón supraespinoso en la proximidad del tubérculo mayor. Por orden de frecuencia le siguen el tendón infraespinoso y el tendón subescapular. El tendón supraespinoso tiene en la proximidad de la inserción ósea su zona crítica, una zona hipovascular. Solicitaciones anormales y descentralizaciones de la cabeza del húmero llevan frecuentemente a un impingement subacromial local. En la actualidad, el concepto que goza de mayor aceptación a la hora de explicar la formación de la tendinitis calcificante plantea que la metaplasia es seguida de una calcificación activa en el tendón. Ésta se desarrolla en cuatro fases:

*Desarrollo de la tendinitis calcificante*

FASE I	FASE II	FASE II	FASE IV
Fase de transformación	Fase de calcificación y transformación	Fase de resorción	Fase de reparación
Metaplasia de tenocitos a condrocitos como consecuencia de una hipoxia	Hipoxia, deposición de cristales de hidroxilapatita en la sustancia intercelular de los condrocitos	Hiperemia, neovascularización con posterior fagocitosis de cristales (entre otros, también después de ESWT)	Hiperemia, Reconstitución de fibras tendinosas

A cada fase de la patogénesis se le pueden asignar estados de dolor clínicos y alteraciones radiológicas típicas.

	FASE I	FASE II	FASE II	FASE IV
Estados clínicos del dolor	Ninguna	Crónico, subagudo	Altamente agudos (días a semanas)	Síntomas residuales (meses)
Radiología	Ninguna	Contorno nítido, denso, Tipo: Gärtner 1	Contorno indefinido, transparente, Tipo: Gärtner 2	Normal o depósito calcáreo permanente

La fase II, es decir, la fase de calcificación propiamente dicha, puede durar varios años. Si no se produce una fase de resorción con una formación de nuevo tejido tendinoso (fase de reparación), puede provocar dolores crónicos. Este fenómeno se podría explicar por la ausencia de hiperemización debido a la presión mecánica local. La ausencia de las fases III y IV con la fagocitosis de los cristales de cal y formación de nuevas fibras tendinosas lleva a una calcificación distrófica.

En la actualidad existe unanimidad sobre la necesidad de aspirar a una desintegración del depósito calcáreo, aún sabiendo que no existe necesariamente una concordancia entre la variación de la intensidad del dolor y el tamaño del depósito calcáreo. En la mayoría de los estudios efectuados hasta la fecha, los resultados fueron mejores tras la desintegración.

*Fase de calcificación a lo largo de varios años*

### DIAGNÓSTICO DIFERENCIAL

- | Lesiones del manguito rotador
- | Exclusión de un impingement secundario o funcional
- | Hombro congelado
- | Causas vertebrogénicas, vasculares o neurovasculares
- | Amitrofia neurálgica del hombro

### DIAGNÓSTICO

Examen del hombro (según Ochs und Albrecht, BG Klinik Tübingen) >

Para realizar un examen clínico efectivo del hombro es imprescindible esta-

---

#### Anamnesis

---

#### Examen clínico

---

blecer la anamnesis sistemática y precisa del paciente. Ya es posible recoger información valiosa sobre la movilidad del paciente mientras éste se desviste. También el estado de la musculatura resulta revelador. En la inspección, se deberían examinar el músculo deltoides, la articulación acromioclavicular, la posición del omoplato, la postura y la forma de la columna vertebral. El diagnóstico se completa con una posterior palpación, un análisis de los movimientos, tests musculares y tests del manguito rotador. Asimismo, conviene realizar una prueba especial con respecto a impingement y un examen más detallado de la articulación acromioclavicular y del tendón largo de bíceps.

### DIAGNÓSTICO POR IMAGEN

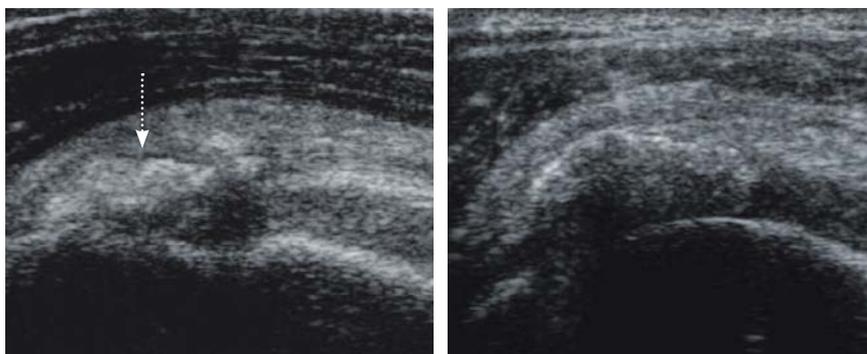
- | Ecografía con examen dinámico para la localización de depósitos
- | Radiografía en tres planos; en su caso, radiografías rotacionales internas y externas, vista Y
- | TRM

Tras la diferenciación clínica de los tendones afectados y el diagnóstico por imagen (clasificación en estadios) se planifica el protocolo de tratamiento ESWT.

---

*Fig. 6.1-1 (izquierda)  
Tendón supraespinoso con  
varios focos de calcificación  
pequeños*

*Fig. 6.1-2 (derecha)  
Calcificación con sombra  
acústica en el tendón  
supraespinoso  
(antes de ESWT)*



## POSICIONAMIENTO DEL PACIENTE

Durante el tratamiento de la espalda, la posición de decúbito supino es óptima para la región ventrolateral, así como para el tratamiento del músculo pectoral menor sobre la apófisis coracoide. Para el tratamiento en posiciones de rotación interna (supraespinoso) con efecto de tracción simultáneo, el paciente debe estar colocado sobre un lado, concretamente sobre el hombro sano. En este caso, el terapeuta tiene que conducir el aplicador de ondas de choque con una mano y realizar con la otra estiramientos en el omoplato y en la cabeza del húmero.

## TRATAMIENTO

ONDA DE CHOQUE FOCALIZADA	
Energía	0,18 - 0,32 mJ / mm <sup>2</sup>
Frecuencia	4 - 6 Hz
Impulsos	1500 - 1800
Intervalo	10 - 14 días
Sesiones	3
Dispositivo de acoplamiento	I o II



Fig. 6.1-3  
Tratamiento del hombro  
con depósitos calcáreos  
con FSW

ONDA DE CHOQUE RADIAL	
Energía	2 - 3 bares
Frecuencia	11 - 15 Hz
Impulsos	300 - 500 por área
Intervalo	8 días
Sesiones	3
Transmisor	Estándar o D-ACTOR®



Fig. 6.1-4  
Tratamiento del  
endurecimiento  
muscular  
con RSW

*Depósito calcáreo / inserción del tendón*

## **TRATAMIENTO ADICIONAL DE LA MUSCULATURA**

Mi experiencia demuestra que, además del tratamiento de la zona afectada por el depósito calcáreo, conviene aplicar ondas de choque focales en las inserciones de tendones (200 a 300 impulsos por región). Asimismo, en caso de diagnosticar endurecimientos dolorosos de músculos en el ámbito de las cadenas miofasciales, se deberían aplicar ondas de choque radiales (RSW) si se encuentran en la proximidad de los pulmones (ver Fig. 6.1-4) u ondas de choque focales si están situados en la parte superior del brazo.

*Fig. 6.1-5  
Tratamiento de la musculatura con V-ACTOR®*



*Hombro congelado como consecuencia de una capsulitis*

El tratamiento con ESWT permite también atacar con éxito la rigidez del hombro que aparece frecuentemente como síntoma acompañante debido a una capsulitis.

El músculo subescapular juega un papel importante en el síndrome del hombro congelado, pero prácticamente no se puede alcanzar con las ondas de choque. Sin embargo, es posible tratarlo mediante la técnica de inyección según Jankovic (ver el capítulo „Terapias complementarias“).

## EPICONDILITIS HUMERAL RADIAL

Ulrich Dreisilker

### ETIOLOGÍA

Los esfuerzos no fisiológicos y los movimientos repetitivos de la musculatura del antebrazo con distensión excesiva de las sensibles terminaciones nerviosas en el periostio producen alteraciones degenerativas y dolores crecientes en función del esfuerzo en la zona del tendón extensor en el epicóndilo lateral del codo. Aparecen aflojamientos mucoides de la estructura y fisuras microscópicas en las fijaciones periósticas y óseas de las fibras tendinosas. En la medida en que las molestias se vayan haciendo crónicas, se acentúan las alteraciones morfológicas y aumenta el número de fibras C nociceptivas.

*Degeneración  
mucoide y fisuras*

En caso de aplicación frecuente de inyecciones locales de cortisona, así como sesiones de radioterapia, se pueden producir daños irreparables por necrosis en el origen de los tendones extensores en el epicóndilo, de modo que los tratamientos conservadores dejan de surtir efecto.

### DIAGNÓSTICO DIFERENCIAL

- | Dolores proyectados en el epicóndilo lateral, procedentes de endurecimientos musculares (puntos de gatillo) en la zona del hombro (músculos supraespinoso, infraespinoso, subescapular)
- | Irritación de la raíz del nervio cervical C 6
- | Síndrome de escaleno
- | Síndrome del surco del supinador, compresión de la rama recurrente del nervio radial
- | Lesiones de cartílagos en la cabeza radial y/o en el cóndilo humeral
- | Artrosis del codo
- | Osteocondritis disecante (Fig. 6.2-1)
- | Síndrome compartimental
- | Alteraciones sinoviales (inflamación o pliegue mucoso)
- | Tumor, osteomielitis

*Fig. 6.2-1 (izquierda)  
Formación de un defecto en el  
cóndilo humeral (enfermedad  
de Panner)*



*Fig. 6.2-2 (derecha)  
Radiografía con enfermedad  
de Panner*



### **DIAGNÓSTICO**

Sensibilidad a la presión y la palpación en el epicóndilo lateral (ver Fig. 6.2-3). La epicondilitis lateral se caracteriza por un dolor a la tensión de los extensores del antebrazo y a la extensión activa de la muñeca contra una resistencia con pronación simultánea (test Thomsen o test de la silla positivo). Otros indicios para el diagnóstico pueden ser el aumento del dolor en el codo al cerrar el puño y durante la flexión del dorso de la mano en contra de una resistencia; además, endurecimientos y tensiones con dolor a la presión (taut bands) de los músculos extensor digital largo y corto, extensor digital, braquiorradial y ancóneo, ocasionalmente con disestesia (no confundir con irritaciones de la raíz del nervio cervical y lesiones de nervios periféricos).

#### *Pruebas de provocación*

*Fig. 6.2-3  
Posicionamiento y clínica*



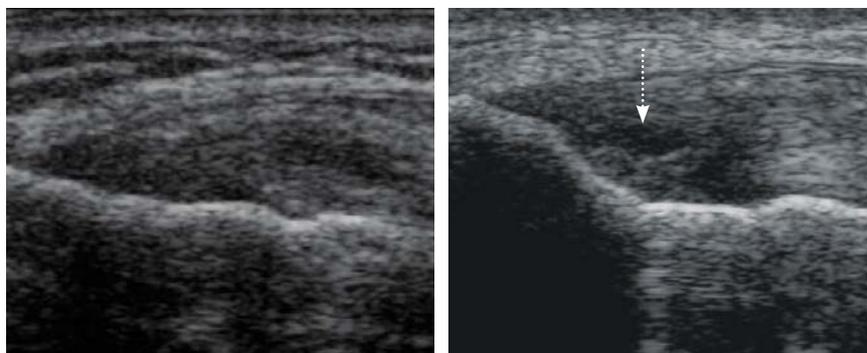
#### *Trigger*

Asimismo, no es inusual que los endurecimientos musculares, denominados también como puntos de gatillo, proyecten dolores hacia el epicóndilo lateral. Así, ocurre con frecuencia que un único punto de gatillo en el músculo supina-

dor provoca una epicondialgia lateral, causada posiblemente por la presión sobre la rama profunda del nervio radial en el surco del supinador. De forma similar, a raíz de un endurecimiento, la rama recurrente del nervio radial puede comprimir el músculo extensor carpo radial corto y provocar dolores en el epicóndilo.

### DIAGNÓSTICO POR LA IMAGEN

- | Ecografía
- | Radiografía
- | TRM



*Fig. 6.2-4 (izquierda)  
Zona hipoeecogénica en el  
área del músculo extensor  
común de los dedos*

*Fig. 6.2-5 (derecha)  
Pequeña ruptura intratendinosa  
con epicondilitis lateral*

### POSICIONAMIENTO DEL PACIENTE

Paciente en posición de decúbito supino, flexión del codo en aprox. 130 grados, pronación.

### TRATAMIENTO DE LA EPICONDILITIS LATERAL CON FSW O RSW

- | Sin anestesia local
- | Localización del epicóndilo mediante ultrasonidos
- | Localización del dolor mediante palpación
- | Localización de la zona de dolor máxima con el aplicador de ondas de choque

Fig. 6.2-6  
FSW en el epicóndilo lateral

### ONDA DE CHOQUE FOCAL

Energía	0,15 - 0,35 mJ / mm <sup>2</sup>
Frecuencia	4 - 6 Hz
Impulsos	1800 - 2000
Intervalo	10 - 14 días
Sesiones	3 - 5
Dispositivo de acoplamiento	I o II



Fig. 6.2-7  
Tratamiento de los extensores con RSW

### ONDA DE CHOQUE RADIAL

Energía	2 - 3 bares
Frecuencia	12 - 15 Hz
Impulsos	1800 - 2000
Intervalo	5 - 8 días
Sesiones	5 - 8
Aplicador	Estándar o D-ACTOR®



## TRATAMIENTO ADICIONAL DE LA MUSCULATURA

Los resultados del tratamiento por ondas de choque radiales o focales singulares se pueden mejorar considerablemente combinando las terapias FSW y RSW. También es necesario tratar los extensores (Fig. 6.2-7) y los antagonistas (alisamiento). En caso de dolores excesivos durante el tratamiento por ESWT (sobre todo con las ondas de choque radiales) se recomienda la aplicación previa de hielo.

Tratamiento simultáneo de los extensores del antebrazo

## EPICONDILITIS HUMERAL CUBITAL

Ulrich Dreisilker

### ETIOLOGÍA

De forma parecida a lo que ocurre en la epicondilopatía lateral, los esfuerzos no fisiológicos de la musculatura flexora del antebrazo causan una irritación de las terminaciones nerviosas sensible en el periostio. Esto puede ocurrir en caso de un esfuerzo excesivo de la musculatura del antebrazo o sus tendones durante el trabajo, como consecuencia de la ejecución incorrecta de ejercicios deportivos o una sobrecarga de los tendones en el trabajo con ordenador. Al igual que la epicondilitis lateral, la epicondilitis cubital representa un proceso degenerativo de las fijaciones periósticas y óseas de los tendones. Además, se observan con frecuencia dolores musculares a la presión y un acortamiento del músculo flexor cubital del carpo y del músculo pronador redondo. Hasta la fecha no existen estudios científicos que demuestren la eficacia de la terapia por ondas de choque en la epicondilopatía cubital. Al igual que en otras tendinopatías de inserción, los mecanismos de acción podrían corresponder a la mejora del riego sanguíneo local y la regeneración resultante. La práctica diaria muestra que el éxito del tratamiento de la epicondilopatía cubital (sinónimo: codo de golfista o de lanzador de jabalina) es netamente menor que en el tratamiento de una epicondilitis lateral.

### DIAGNÓSTICO DIFERENCIAL

- | Dolor proyectado por puntos de gatillo en el ámbito de la cintura escapular (músculo infraespinoso y músculo redondo menor, unión miostática).
- | Síndrome del túnel cubital
- | Artrosis del codo
- | Condromatosis, inestabilidad crónica
- | Osteomielitis
- | Tumores
- | Síndrome compartimental

### DIAGNÓSTICO

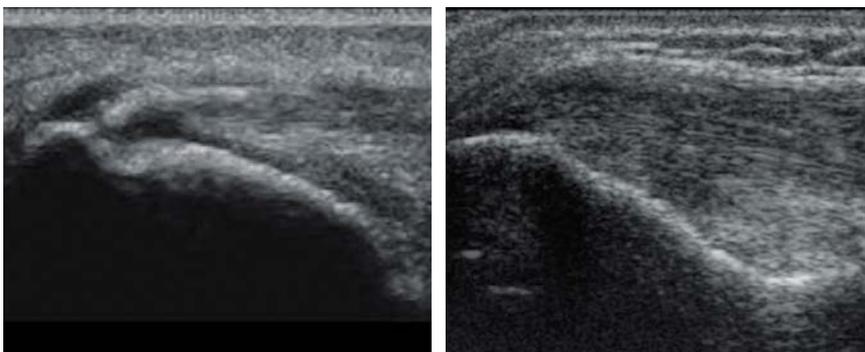
Dolor provocado en función del esfuerzo por la flexión de la muñeca en contra de una resistencia y dolor a la presión en el epicóndilo cubital.

## DIAGNÓSTICO POR LA IMAGEN

- | Ecografía para la localización y el diagnóstico diferencial
- | Radiografía
- | TRM

*Fig. 6.3-1 (izquierda)  
Epicondilopatía cubital con  
falta de homogeneidad del  
tendón flexor en la inserción,  
pequeñas calcificaciones*

*Fig. 6.3-2 (derecha)  
Falta de homogeneidad en la  
zona de la  
inserción del flexor, concentra-  
ción calcárea*



## TRATAMIENTO DE LA EPICONDILITIS MEDIAL CON FSW O RSW

- | Posición de decúbito supino
- | Supinación y ligera rotación del antebrazo hacia el exterior, flexión de 30 a 40 grados del codo (ver figura)
- | Localización del epicóndilo mediante ultrasonidos
- | Localización del punto de dolor mediante palpación y discriminación del dolor por medio del aplicador de ondas de choque.

*Fig. 6.3-3  
Tratamiento de la epicondilitis  
humeral cubital con FSW*

### ONDA DE CHOQUE FOCALIZADA

Energía	0,15 - 0,35 mJ / mm <sup>2</sup>
Frecuencia	4 - 6 Hz
Impulsos	1800 - 2000
Intervalo	10 - 14 días
Sesiones	3 - 5
Dispositivo de acoplamiento	I o II



**ONDA DE CHOQUE RADIAL**

Energía	2 - 3 bares
Frecuencia	12 - 15 Hz
Impulsos	1800 - 2000
Intervalo	5 - 8 días
Sesiones	5 - 8
Aplicador	Estándar

**TRATAMIENTO ADICIONAL DE LA MUSCULATURA**

Se recomienda aplicar un tratamiento combinado por FSW / RSW. También se deberán tratar los músculos flexores del antebrazo y el músculo pronador (taut band, gatillo). En caso de dolores excesivos durante el tratamiento por RSW puede ser necesaria la aplicación previa de hielo.



*Fig. 6.3-4  
Tratamiento de los flexores del  
antebrazo con V-ACTOR®*

## FASCITIS PLANTAR – ESPOLÓN CALCÁNEO

Ulrich Dreisilker

El dolor en un talón puede tener diferentes causas. Por lo tanto, se precisa un diagnóstico exacto para garantizar el éxito del tratamiento.

### ETIOLOGÍA

Los pacientes afectados de fascitis plantar suelen quejarse de un dolor progresivo en el talón que va aumentando a lo largo del día en función del esfuerzo. Uno de los síntomas típicos de esta inflamación es un dolor intenso al realizar los primeros pasos del día que impide la colocación correcta del pie. Este dolor es debido a la tensión excesiva de los dedos del pie en sus articulaciones metatarsofalángicas, junto con una tensión aumentada de la fascia plantar que se extiende a lo largo del puente del pie. La probabilidad de la aparición de este proceso pasivo aumenta si el esqueleto del pie es inestable (lo cual ocurre, por motivos de edad, en creciente medida a partir de los 50 años) y afecta a todas las formas de pie, aunque más particularmente al pie plano y al pie cavo. Una distribución desfavorable de la presión en deformaciones inestables del pie produce un aumento del esfuerzo de tracción que puede causar inflamaciones. Si persiste la distribución insuficiente de la presión, pueden aparecer microfisuras del ligamento plantar con formación de tejido de reparación „cicatrizante“ en la inserción ósea y, al mismo tiempo, una irritación y el aumento continuo de nociceptores. El sobrepeso, actividades físicas continuas y una distribución incorrecta del peso como consecuencia de desviaciones axiales de las extremidades inferiores son otros factores patogénicos. Los mecanismos de cicatrización descritos pueden causar una osificación en la zona de inserción del ligamento y el desarrollo de un espolón calcáneo.

*Pacientes a partir de 50 años*

### DIAGNÓSTICO DIFERENCIAL

Existen una serie de otras enfermedades cuyos síntomas son similares a los de la fascitis plantar.

- | Irritación de la raíz del nervio sacro S1
- | Irritación y compresión del nervio tibial y sus ramificaciones en la zona medial del talón

- | Edemas **posttraumáticos** y varicosos / linfáticos
- | Presión debida a gangliones
- | Hiperuricemia, hipercolesterolemia, lipidemia
- | Otros cuadros patológicos poco frecuentes son fracturas por fatiga del calcáneo, tumores óseos o un adelgazamiento degenerativo del cojín adiposo del talón en personas mayores

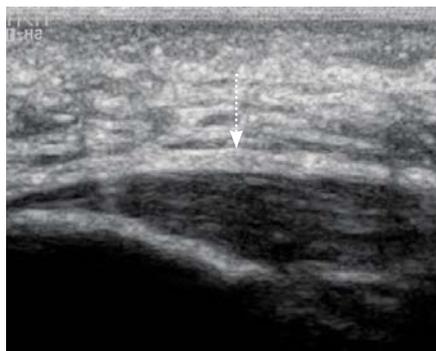
## DIAGNÓSTICO

Para el diagnóstico de fascitis plantar con o sin espolón calcáneo basta generalmente con disponer de la anamnesis, así como las indicaciones del paciente, un examen físico con el típico dolor local a la presión, el dolor de tensión debido a la tensión excesiva de los dedos del pie en la parte posterior del ligamento plantar (Fig. 6.4-2) y una radiografía que revela, casi en la mitad de los casos, un llamativo espolón. No obstante, el espolón por sí solo no puede ser responsable del dolor, ya que se encuentra también presente aproximadamente en una de cada 10 personas sanas.

## DIAGNÓSTICO POR LA IMAGEN

- | Radiografía
- | Ecografía
- | TRM

Para excluir diagnósticos erróneos y otros tipos de dolores del talón puede ser conveniente recurrir a procedimientos controlados por imagen. Especialmente en caso de tratamiento previo con inyecciones de cortisona y con el fin de excluir una rotura parcial de la fascia se recomienda efectuar una ecografía o incluso un TRM.



*Fig. 6.4-1  
La fascitis plantar se distingue por el engrosamiento de la fascia plantar identificable en la ecografía*

La posibilidad de una contusión ósea (verosímil en caso de trastornos crónicos), se deberá aclarar y documentar mediante TRM. La documentación de roturas por medio de técnicas de imagen excluye la aplicación de ESWT. Sin embargo, en caso de tratamiento con una dosificación conforme a las directrices (DIGEST) no se puede producir una rotura como consecuencia de ESWT. En caso de fascitis plantar con o sin espolón calcáneo no es raro que una bursitis subcalcánea ya se pueda demostrar mediante ecografía. En este caso se recomienda un tratamiento con inyección local de cortisona / anestesia local. El tratamiento con ESWT sólo se deberá aplicar posteriormente en caso de resistencia a la terapia.

### **POSICIONAMIENTO DEL PACIENTE**

Relajación en posición de decúbito prono o supino, relajación de la musculatura perónea a través de la posición flexionada de la articulación de la rodilla.

### **TRATAMIENTO DEL PUNTO DE DOLOR EN EL TALÓN CON FSW O RSW**

- | Ultrasonidos para el diagnóstico local y la elección de la profundidad del foco (dispositivo de acoplamiento)
- | Localización del dolor mediante palpación en la zona media posterior de la planta y, ocasionalmente, también en la porción posterior del calcáneo en el lado de la planta
- | La distensión al elevar la parte anterior del pie produce un dolor local
- | Localización del dolor característico en el talón mediante FSW (densidad del flujo energético de 0,10 a 0,20 mJ / mm<sup>2</sup> )
- | También se puede provocar un dolor difuso mediante RSW (presión aprox. 1,5 bares).



Fig. 6.4-2  
Dolor local típico a la presión

#### ONDA DE CHOQUE FOCALIZADA

Energía	0,2 - 0,3 mJ / mm <sup>2</sup>
Frecuencia	4 Hz
Impulsos	1800 - 2000
Intervalo	10 - 14 días
Sesiones	1 - 3
Dispositivo de acoplamiento	I o II



Fig. 6.4-3  
Tratamiento del punto de dolor en el talón, aquí con FSW

#### ONDA DE CHOQUE RADIAL

Energía	2 - 3 bares
Frecuencia	12 - 21 Hz
Impulsos	3000 - 3500
Intervalo	1 semana
Sesiones	3 - 5
Aplicador	Estándar o D-ACTOR®



Fig. 6.4-4  
Tratamiento del talón con RSW

El espolón calcáneo también se puede tratar con RSW. Desventaja: la experiencia demuestra que este tratamiento requiere una mayor cantidad de impulsos y sesiones.

## TRATAMIENTO ADICIONAL DE LA MUSCULATURA

En general, los resultados del tratamiento singular radial o **focalizado** se pueden mejorar considerablemente incluyendo las estructuras miofasciales correspondientes. Los músculos intrínsecos del pie y de la pantorrilla se alisan con ondas de choque radiales (presión de 2 a 3 bares, frecuencia de 15 a 21 Hz, de 1200 a 1800 impulsos). Eventuales miogelosis persistentes y cordones musculares endurecidos (taut bands) se tratan con FSW.

*Alisamiento de la planta del pie*

*Fig. 6.4-5 (izquierda)  
Alisamiento de la planta del pie con RSW (aplicador D20)*

*Fig. 6.4-6 (derecha)  
Descontracción de la musculatura de la pantorrilla con RSW (aplicador D20)*



## AQUILODINIA – ESPOLÓN CALCÁNEO DORSAL

Ulrich Piontkowski

### ETIOLOGÍA

A pesar de su enorme resistencia a la rotura (hasta 400 N / mm<sup>2</sup>), el tendón de Aquiles (TA) se ve afectado frecuentemente por lesiones y síndromes de dolor. Las causas son múltiples. Esfuerzos excesivos, p.ej. al saltar (2000 a 3800 N), un efecto de palanca desfavorable en la transmisión de fuerza, así como cambios de la sección transversal (tendones = sección transversal reducida, músculo = sección transversal grande) pueden dañar el tendón de Aquiles. Una zona de riego sanguíneo débil (zona crítica) se encuentra a 2-6 cm en el lado proximal de la inserción, entre un ramo descendiente y un ramo ascendente de la arteria tibial posterior y la arteria peronea.

*Tendón con una sección transversal pequeña vs. músculo con una sección transversal grande*

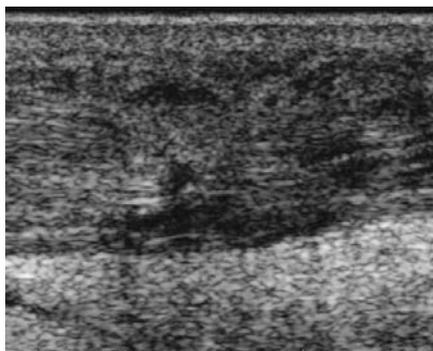
### LA AQUILODINIA PUEDE TENER CAUSAS MÚLTIPLES:

- | Variantes anatómicas (pie cavo, hallux rigidus, malformación del pie y pie plano)
- | Obesidad
- | Solicitación anormal como consecuencia de enfermedades de la cadera y la rodilla
- | Inestabilidad de los ligamentos (articulación talocrural, articulación talotarsal)
- | Exostosis de Haglund
- | Espolón calcáneo
- | Causas musculares (debilidad, acortamiento, desequilibrios)
- | Errores de entrenamiento (calzado, sobrepronación, perfil del terreno)
- | Trastornos metabólicos (artritis útica, hipercolesterolemia, medicación, especialmente inhibidores de girasa)

### DIAGNÓSTICO DIFERENCIAL

- | Exostosis de Haglund, bursitis
- | Rotura completa o parcial del tendón de Aquiles
- | Enfermedades sistémicas (hipercolesterolemia, hiperuricemia)
- | Enfermedades reumáticas
- | Enfermedad de Bechterew, síndrome de Reiter
- | Xantomatosis

*Fig. 6.5-1  
Tendinitis y peritendinitis con  
pequeñas rupturas parciales  
del tendón*



## DIAGNÓSTICO

- | Examen clínico
- | Inspección
- | Palpación
- | Exploración funcional

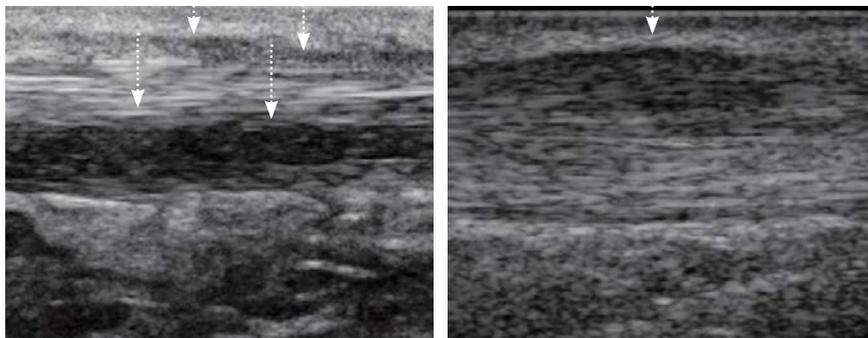
## DIAGNÓSTICO POR IMAGEN

- | La ecografía permite a veces efectuar una distinción entre gangliones en la parte dorsal de la articulación superior del tobillo y una aquilodinia.

### *Ecografía, examen dinámico*

*Fig. 6.5-2 (izquierda)  
Tendinitis, peritendinitis en el  
sentido de una aquilodinia*

*Fig. 6.5-3 (derecha)  
Engrosamiento del tendón  
de Aquiles con zona  
hipoecogénica*



### *Ecogenicidad y forma del tendón*

Para el tratamiento de la aquilodinia es necesario evaluar la ecogenicidad y la forma del tendón. (Fig. 6.5-1, 6.5-2 y 6.5-3) En caso de rotura completa o parcial del tendón, el examen no sólo permite visualizar la zona de la lesión; también ofrece las ventajas de la ecografía dinámica. Al levantar el pie, es posible detectar funcionalmente una separación de los extremos rotos o extender la zona

de hipoeogenicidad de una rotura parcial del tendón. Naturalmente, el tratamiento por ondas de choque extracorporales no está indicado en este caso.

- | Radiografía (calcificaciones)
- | TRM (para la detección de la disolución degenerativa de estructuras, roturas parciales (ver Fig. 6.5-4)



*Fig. 6.5-4  
Tendinitis, peritendinitis en el sentido de una aquilodinia, ruptura parcial, degeneración*

### POSICIONAMIENTO DEL PACIENTE

Durante la terapia, el paciente yace en posición de decúbito prono, colocando un rulo debajo del pie para mantener los tendones torsales en pretensión mediante la flexión dorsal del pie. Para este fin, el terapeuta utiliza su abdomen o una de sus rodillas.



*Fig. 6.5-5  
Inspección y palpación del tendón de Aquiles (¿engrosamiento en forma de husillo?)*

## TRATAMIENTO DEL TENDÓN DE AQUILES CON FSW O RSW

En el marco de la terapia conservadora, se debería tratar la patología responsable de los síntomas. Las ondas de choque pueden actuar a nivel local y regional como medida complementaria. La aplicación local clásica en la zona de la aquilodinia tiene un efecto antiinflamatorio y permite eliminar mecánicamente las adherencias a nivel de paratendón (ondas de choque radiales). En la inserción (calcáneo dorsal) se aplica un tratamiento **focalizado** de alta energía (Fig. 6.5-6).

*Eliminación de la causa, ESWT como terapia complementaria*

*Fig. 6.5-6 FSW por encima del engrosamiento*

ONDA DE CHOQUE FOCALIZADA	
Energía	0,2 - 0,3 mJ / mm <sup>2</sup>
Frecuencia	4 Hz
Impulsos	500 - 800
Intervalo	8 días
Sesiones	4 - 6
Dispositivo de acoplamiento	I o II



ONDA DE CHOQUE RADIAL	
Energía	2 - 3 bares
Frecuencia	15 - 18 Hz
Impulsos	1000 - 1500
Intervalo	1 semana
Sesiones	3 - 5
Aplicador	Estándar o D-ACTOR®

*Tratamiento simultáneo de la musculatura del pie y de la pantorrilla*

## TRATAMIENTO ADICIONAL DE LA MUSCULATURA

Para terminar, se emplean ondas de choque radiales para reducir el tono muscular en la zona de la fascia plantar y del músculo tríceps sural. Recomendamos encarecidamente utilizar el aplicador D-ACTOR® o V-ACTOR®. Dado que el acortamiento del tendón de Aquiles implica frecuentemente un acortamiento de la

unidad funcional de la fascia plantar y los músculos flexores cortos de los dedos, éstos también se deben tratar con ondas de choque radiales. Presión: 2 a 3 bares, frecuencia: 11 Hz, 500 a 800 impulsos por zona.



*Fig. 6.5-7 (izquierda)  
Tratamiento simultáneo de  
la musculatura del pie*

*Fig. 6.5-8 (derecha)  
Tratamiento simultáneo de  
la musculatura de la pantorrilla*

### **MEDIDAS COMPLEMENTARIAS**

En caso de un aumento de la sección transversal del tendón en más de un 25 % en comparación con el otro lado, el lado afectado se trata durante la serie de sesiones ESWT de manera conservadora (Vacoped-Achill-OPED) con el pie inmovilizado en posición de equinismo.

## SÍNDROME DE ESTRÉS TIBIAL

Kathrin Raegener

### ETIOLOGÍA

El síndrome de estrés tibial o periostitis tibial es un síndrome de dolor crónico y se define como una lesión de la cresta tibial medial proporcional al esfuerzo y dolorosa a la presión. Se extiende en un segmento de unos 5,0 a 8,0 cm en el tercio inferior y medio de la tibia (Fig. 6.6-1). El síndrome de estrés tibial se diagnostica principalmente en atletas de resistencia y corredores. El trastorno suele ser debido, en la mayoría de los casos, a una sobrecarga muscular durante el entrenamiento que lleva a una isquemia o un síndrome compartimental funcional.

*Atletas de resistencia,  
corredores*

*Sobrecarga muscular*

*Fig. 6.6-1  
Sensibilidad a la presión  
de la cresta tibial medial*



Factores favorecedores:

- | Desalineaciones axiales, pronación o supinación del pie, genu valgum
- | Carrera sobre suelos de plástico, asfalto, alternancia entre suelos duros y blandos
- | Cambio del estilo de carrera
- | Entrenamiento intenso
- | Calzado inadecuado

En el síndrome de estrés tibial se desarrolla un círculo vicioso: el aumento del volumen de la musculatura (músculo tibial anterior) como consecuencia del entrenamiento produce un aumento de la presión del tejido en el compartimento. Esto provoca una hipervascularización e isquemia seguidas por una exudación progresiva que aumenta adicionalmente la presión en el tejido, con la consecuencia de un engrosamiento de la fascia.

## DIAGNÓSTICO DIFERENCIAL

- | Periostitis
- | Síndromes de compresión neurológica
- | Factor de estrés de la tibia
- | Enfermedades venosas, tromboflebitis
- | Lesiones musculares con hemorragia **posttraumática** hacia el surco tibial anterior (riesgo de síndrome compartimental, necrosis, parálisis)
- | Irritación de la raíz nerviosa L5
- | Síndrome de dolor pseudoradicular
- | Tendovaginitis del tendón tibial anterior

El diagnóstico requiere la asociación clara de las molestias a la actividad deportiva. El dolor surge típicamente al cabo de un breve tiempo de ejercicio. En el estado avanzado, el paciente se ve obligado, a menudo, a interrumpir el entrenamiento.

## DIAGNÓSTICO

El examen revela generalmente una hinchazón difusa sobre la cresta tibial. El paciente muestra sensibilidad a la palpación a lo largo del lado medial de la tibia. En algunos casos, el dolor se puede provocar mediante la flexión plantar pasiva del pie (endurecimiento y acortamiento de los extensores). La presión ejercida por ondas de choque radiales o focales provoca dolores en las zonas afectadas.

## DIAGNÓSTICO POR IMAGEN

- | Es necesario efectuar una radiografía para excluir la posibilidad de una fractura por fatiga
- | En el TRM se puede percibir ocasionalmente una contusión ósea (edema medular)
- | Conviene efectuar un examen ecográfico para establecer un diagnóstico diferencial

## POSICIONAMIENTO DEL PACIENTE

Posición de decúbito supino con colocación de un rollo debajo de la rodilla

## TRATAMIENTO DE LA CRESTA TIBIAL CON RSW, EVENTUALMENTE FSW

El tratamiento por ondas de choque radiales se recomienda si la parte inferior de la tibia se encuentra afectada en una zona extensa. El tratamiento por ondas de

*Fig. 6.6-2  
Tratamiento de la cresta tibial  
con FSW*

ONDA DE CHOQUE FOCALIZADA	
Energía	0,18 - 0,25 mJ / mm <sup>2</sup>
Frecuencia	4 - 6 Hz
Impulsos	1200 - 1500
Intervalo	1 semana
Sesiones	3 - 4
Línea de retardo	II



*Fig. 6.6-3  
Tratamiento de la cresta tibial  
con RSW*

ONDA DE CHOQUE RADIAL	
Energía	1,8 - 2,8 bares
Frecuencia	15 Hz
Impulsos	2000 - 3000
Intervalo	8 - 10 días
Sesiones	3 - 5
Aplicador	Estándar



choque focales se utiliza en caso de dolores localizados en un punto determinado. (En caso de dolores fuertes se recomienda la aplicación previa de hielo.)

### **TRATAMIENTO ADICIONAL DE LA MUSCULATURA**

Se recomienda el tratamiento posterior de la musculatura circundante, sobre todo del músculo extensor digital largo del músculo extensor largo del dedo gordo y del músculo tibial anterior con ondas de choque radiales (presión y alisamiento). Los endurecimientos y acortamientos musculares pueden provocar un dolor proyectado a nivel del empeine. En caso de dolores fuertes se recomienda un tratamiento crioadestésico antes de efectuar el tratamiento por ondas de choque extracorporales.

## SÍNDROME DEL ÁPEX DE LA RÓTULA

Ulrich Dreisilker

### *Disciplinas de salto*

Se trata de una tendinopatía de inserción frecuente que afecta sobre todo a los atletas. Aparece principalmente en disciplinas que implican saltos, tales como fútbol, voleibol, baloncesto y atletismo. La incidencia de esta entesopatía aumenta con la edad del atleta.

### *Resultados del tratamiento después del ESWT*

La evaluación de 42 pacientes de 4 consultas ortopédicas especializadas en el ámbito de la medicina deportiva mostró que 33 hombres (78,6 %) y 9 mujeres (21,4%) sufrían de esta patología. En el 85 % de los casos estaba afectado el ápex de la rótula y en el 12 % la base. Sólo en un 3 % se encontró una tendinopatía de inserción del ligamento rotuliano en la tuberosidad de la tibia. El tratamiento previo efectuado en otros establecimientos médicos consistió en el caso de 24 pacientes en infiltraciones con cortisona / un anestésico local. En 15 pacientes se aplicaron una terapia manual y fisioterapia. Algunas personas fueron tratadas adicionalmente con vendajes, medicamentos, pomadas y hielo. Todos los pacientes fueron tratados por ultrasonidos y electroterapia. Al cabo de 3 semanas de tratamiento combinado con ondas de choque extracorporales focales, radiales y, en algunos casos, también planas se constató en casi la mitad de los atletas una reducción considerable del dolor (de 8 a 4 en la escala visual analógica). Al cabo de 3 meses, los síntomas habían desaparecido en gran parte en 31 atletas. 11 personas seguían teniendo dolores y no pudieron iniciar todavía sus actividades deportivas; 6 de estos pacientes no se presentaron para el examen posterior. Los 5 restantes no estaban satisfechos con el resultado de la curación con vistas a su deporte, aunque sí podían realizar las actividades de la vida diaria.

### **ETIOLOGÍA**

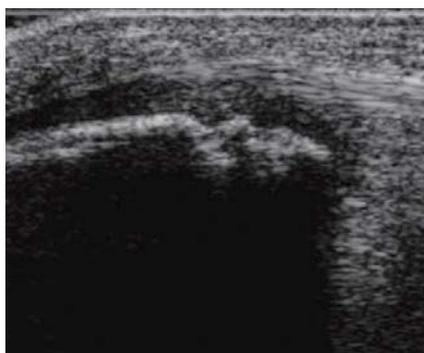
Las actividades deportivas que implican saltos repetitivos someten el tendón rotuliano a esfuerzos excesivos que llevan a alteraciones degenerativas en el polo inferior de la rótula, así como en la zona de inserción en la tibia y a lo largo de la rótula propiamente dicha. Ocasionalmente, también se producen calcificaciones como consecuencia de una hipovascularización. A nivel histológico se muestran, sobre todo en los puntos de origen y de inserción del tendón, microfisuras, focos de regeneración en el paso transóseo, zonas de degeneración mucoides y necrosis fibrinoides. La

### *Degeneración mucoide, microfisuras, necrosis*

rotura completa o parcial del tendón rotuliano se puede considerar como el estado final del síndrome del ápex de la rótula. Entonces, como es natural, el tratamiento por ondas de choque está contraindicado. En todo caso conviene establecer un diagnóstico por imagen antes de proceder al tratamiento por ESWT.

### DIAGNÓSTICO DIFERENCIAL

- | Lesiones intraarticulares de la rodilla
- | Condropatías
- | Síndrome de dolor fémoro-rotuliano
- | Inestabilidad de la rótula
- | Enfermedad de Osgood Schlatter
- | Enfermedad de Larsen-Johansson
- | Bursitis infrarrotuliana profunda o superficial, prerrotuliana



*Fig. 6.7-1 (izquierda)  
M. Osgood Schlatter*

*Fig. 6.7-2 (derecha)  
Fragmentación del polo inferior  
de la rótula, Larsen Johansson  
disease*

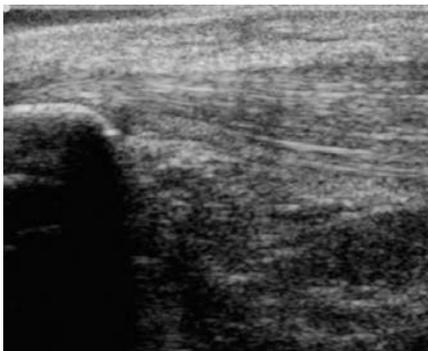
### DIAGNÓSTICO

- | Test de provocación (postura de cuclillas, capacidad de extensión), subir y bajar escaleras
- | Palpación del tendón y de los puntos de inserción
- | Endurecimientos dolorosos a la presión y acortamiento de la musculatura extensora y flexora

### DIAGNÓSTICO POR IMAGEN

- | Radiografía (alteraciones óseas, calcificaciones)
- | Ecografía

*Fig. 6.7-3  
Tendón rotuliano hipervascularizado y engrosado*



*Ecografía como prueba de oro*

La ecografía se considera como la referencia absoluta para el diagnóstico. Los distintos estados se pueden determinar de la siguiente manera: la ecogenicidad de la inserción del tendón es reducida, o se encuentran una ecogenicidad aumentada y un ensanchamiento del tendón (Fig. 6.7-3). Una rotura parcial o completa del tendón es fácil de diagnosticar. Una calcificación intratendinosa muestra un reflejo ecógeno con sombra acústica. La ecografía permite distinguir entre roturas intratendinosas y fisuras óseas. Además, es posible detectar una eventual bursitis.

| TRM: después de una ecografía puede ser conveniente, en caso de duda, efectuar un examen por TRM.

### **POSICIONAMIENTO DEL PACIENTE**

Posición de decúbito supino, distalización y elevación del ápex de la rótula con una mano, inmovilización por medio de un manguito o un vendaje (ver también Fig. 6.7-5 y -6).

*Fig. 6.7-4  
Sensibilidad a la presión, generalmente de forma puntual, elevación de la rótula para el diagnóstico y el tratamiento (manualmente o con la ayuda de un vendaje)*



## TRATAMIENTO DEL ÁPEX DE LA RÓTULA CON FSW O RSW

- | Sin anestesia local
- | Aumento de la dosificación en caso de tratamiento de las tres localizaciones (base y ápex de la rótula, así como inserción tibial del tendón)

### ONDA DE CHOQUE FOCALIZADA

Energía	0,15 - 0,30 mJ / mm <sup>2</sup>
Frecuencia	Localización 3 Hz Terapia 4 - 6 Hz
Impulsos	1800 - 2000
Intervalo	10 - 14 días
Sesiones	3 - 5
Línea de retardo	II



Fig. 6.7-5  
Tratamiento del ápex de la rótula con FSW, fijación mediante vendaje



Fig. 6.7-6  
Tratamiento del ápex de la rótula con FSW, fijación manual (protocolo de tratamiento como FSW)

### ONDA DE CHOQUE RADIAL

Energía	1,8 - 2,2 bares
Frecuencia	Localización 8 - 10 Hz Terapia 10 - 12 Hz
Impulsos	1500 - 2000
Intervalo	10 - 14 días
Sesiones	3 - 5
Aplicador	II



Fig. 6.7-7  
Tratamiento con RSW

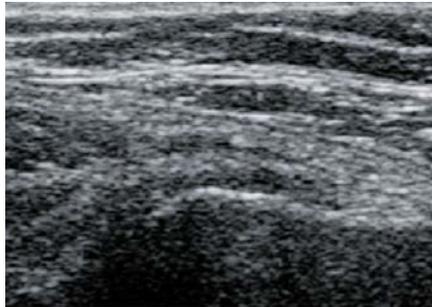
En caso de dolores excesivos durante el tratamiento con RSW se recomienda la aplicación previa de cri anestesia.

## TENDINOPATÍA DEL TROCÁNTER

Ulrich Dreisilker

En los últimos tiempos van aumentando los informes científicos sobre los éxitos en el tratamiento por ondas de choque extracorporales de este síndrome de dolor del trocánter. Seguramente, el diagnóstico de „bursitis trocantérica“ resulta algo problemático. Si el tratamiento por ondas de choque de esta patología tiene éxito, es probable que se trate, de hecho, de una tendinopatía de inserción, no de una bursitis. Aunque dolorosa, esta bursitis que acompaña también otros tipos de tendinitis, no es la razón principal del dolor.

*Fig. 6.8-1  
Tendinopatía de inserción en  
el trocánter mayor, bursitis  
discreta, borde poco nítido de  
la bolsa sinovial*



*Sobrecarga, tendinopatía del  
trocánter*

### ETIOLOGÍA

Desde el punto de vista etiológico, la tendinopatía trocantérica es la consecuencia de una sobrecarga crónica en caso de una oblicuidad pélvica o, por ejemplo, una longitud desigual de las piernas y el resultante efecto de tracción con irritación de los tendones de inserción. También se detecta con frecuencia después de la implantación de una endoprótesis de cadera. Sin embargo, en la mayoría de los casos, el dolor trocantérico tiene otras causas, tal como se explica en el capítulo „Terapias complementarias“. En caso de dolor trocantérico y tendinopatía trocantérica siempre se encuentra implicado el rotador externo principal de la cadera (músculo piriforme). Puede provocar un dolor proyectado en el trocánter que sugiere equivocadamente una tendinopatía.

*Músculo piriforme,  
dolor trocantérico*

En la mayoría de los casos, el diagnóstico único de „síndrome del músculo piriforme“ resulta insuficiente. Por ejemplo, se observan endurecimientos dolorosos y acortamientos de este músculo en caso de oblicuidad lumbar-pélvica, blo-

queos y disfunciones de la articulación sacroilíaca, coxartrosis y enfermedades reumáticas sistémicas. Una causa del dolor puede ser la compresión del nervio ciático que, como consecuencia de variantes anatómicas, puede transcurrir no sólo por debajo del músculo piriforme, sino atravesarlo por completo o, en caso de bifurcación del cordón nervioso, pasar incluso por encima del músculo.

Debido a las múltiples patogénesis es imprescindible establecer un diagnóstico diferencial exacto a la hora de decidir si la terapia por ondas de choque extracorporales está indicada para tratar el síndrome de dolor del trocánter. La terapia fracasará si no se detectan y tratan al mismo tiempo los factores iniciales y la patología causante de los síntomas. En casos aislados, el dolor del trocánter hace necesaria una intervención quirúrgica, por ejemplo un alargamiento de la banda iliotibial o el desbridamiento de la bolsa serosa.

.....  
Síntomas

### **DIAGNÓSTICO DIFERENCIAL**

- | Enfermedades de la articulación de cadera (entre otras, coxartrosis)
- | Síndrome de compresión del músculo piriforme
- | Pseudociatalgia
- | Alteraciones degenerativas de la columna vertebral lumbar
- | Alteraciones de la articulación sacroilíaca
- | Polimialgia reumática (otras enfermedades reumáticas sistémicas)
- | Tumores

### **DIAGNÓSTICO**

- | Dolor local a la presión en el trocánter
- | Dolor nocturno en postura lateral
- | Proyección de dolor al tracto iliotibial
- | Movimiento doloroso

### **DIAGNÓSTICO POR IMAGEN**

- | Radiografía
- | TRM
- | Ecografía para el diagnóstico diferencial y la determinación de la profundidad

## POSICIONAMIENTO DEL PACIENTE

Postura lateral, flexión de 70° de la cadera afectada y adducción y rotación interna de 30°

## TRATAMIENTO DEL TROCÁNTER MAYOR CON FSW O RSW

*Fig. 6.8-2  
FSW en posición lateral,  
flexión de 70° de la cadera,  
adducción y rotación  
interna de 30°*

### ONDA DE CHOQUE FOCALIZADA

Energía	0,15 - 0,30 mJ / mm <sup>2</sup>
Frecuencia	4 - 5 Hz
Impulsos	1500 - 2500
Intervalo	1 semana
Sesiones	3 - 5
Dispositivo de acoplamiento	ninguno



*Fig. 6.8-3  
Tratamiento muscular RSW  
con D-ACTOR®*

### ONDA DE CHOQUE RADIAL

Energía	2,8 - 3,5 bares
Frecuencia	15 - 20 Hz
Impulsos	1500 - 2000
Intervalo	1 semana
Sesiones	6 - 8
Aplicador	Estándar o D-ACTOR®



### TRATAMIENTO ADICIONAL DE LA MUSCULATURA

El músculo piriforme y los músculos asociados se tratan con FSW y posteriormente con RSW (250 a 300 impulsos). Como alternativa en pacientes sensibles se puede utilizar el aplicador V-ACTOR® (3,0 a 4,0 bares).



*Fig. 6.8-4  
Posibilidad de tratamiento  
adicional de la musculatura  
con V-ACTOR®*

# INDICACIONES TERAPÉUTICAS EN LA MEDICINA DEPORTIVA

/ Silke Helfmeyer

## ENDURECIMIENTOS MUSCULARES

Un dolor repentino causado por sobrecarga o sollicitación anormal durante la práctica deportiva sin que se hayan producido una distensión o lesión muscular corresponde generalmente a un endurecimiento muscular. Con frecuencia también se ha activado algún punto de gatillo. Con el fin de poder excluir totalmente la existencia de una lesión muscular es imprescindible realizar una ecografía antes de iniciar el tratamiento. Si ésta no revela ningún hematoma ni interrupciones de la estructura muscular, el músculo será tratado de la forma habitual.

Según mi experiencia, los siguientes músculos son más propensos a los endurecimientos:

- | los músculos isquiotibiales, sobre todo en corredores y futbolistas (músculo semitendinoso, músculo semimembranoso, bíceps femoral)
- | los cuádriceps, frecuentemente con lesiones simultáneas en la base y en el ápex de la rótula
- | el grupo de aductores y el músculo pectíneo
- | el músculo infraespinoso en deportes de lanzamiento y golf
- | los músculos tibiales anterior y posterior (ver el capítulo „Síndrome de estrés tibial“); en la mayoría de los casos, se observa también una irritación del tendón del músculo afectado. Estos síntomas se comentan en el capítulo dedicado a las irritaciones de tendones.

### TRATAMIENTO

En función del grosor de la musculatura, se utilizan primero ondas de choque focales con el dispositivo de acoplamiento I o II. Las regiones musculares dolorosas se localizan con FSW y se tratan con una intensidad de 0,15 a 0,25 mJ / mm<sup>2</sup> y con 500 a 1000 impulsos por cada zona dolorosa. A continuación, se procede al alisamiento del músculo y de los cordones musculares acortados con la ayuda de ondas de choque radiales. Generalmente basta con 2 a 4 tratamientos. En endurecimientos musculares agudos es frecuente que ya se consiga eliminar gran parte del dolor en una sola sesión. El entrenamiento se puede reanudar el día siguiente con secuencias de movimiento concéntricas. Sin

.....  
*Ecografía*

.....  
*Musculatura afectada frecuentemente en atletas*

.....  
*Localización de los puntos de dolor con FSW*

.....  
*Alisamiento de la musculatura con RSW*

.....  
*Entrenamiento*

*Fig. 7.1-1  
El tratamiento del músculo  
infraespinoso con FSW es  
posible porque el omo-  
plato forma una pantalla  
que protege los tejidos  
pulmonares contra las  
ondas de choque*

embargo, los esfuerzos excéntricos se deberán evitar hasta que los síntomas hayan desaparecido por completo. Así, para un corredor que sufre molestias en la parte anterior del muslo es posible y recomendable realizar ejercicios de ciclismo relajantes el día después del tratamiento, pero no deberá correr mientras los síntomas sigan estando presentes.

ONDA DE CHOQUE FOCALIZADA	
Energía	0,15 - 0,20 mJ / mm <sup>2</sup>
Frecuencia	4 - 6 Hz
Impulsos	500 - 1000 por área
Intervalo	7 - 10 días
Sesiones	2 - 4
Línea de retardo	II



Para garantizar la seguridad del tratamiento por ondas de choque focales en la zona pulmonar es imprescindible determinar la profundidad por medio de una ecografía. Básicamente recomendamos elegir la aplicación de ondas de choque radiales en la zona pulmonar.

ONDA DE CHOQUE RADIAL	
Energía	1,8 - 2 bares
Frecuencia	15 - 20 Hz
Impulsos	2000 - 5000
Aplicador	Estándar o D-ACTOR®

## IRRITACIONES DE TENDONES

También esta patología está causada por una irritación aguda o crónica del tendón. Los problemas más frecuentes se manifiestan en:

- | el tendón tibial posterior (síndrome de estrés tibial posterior)
- | el tendón tibial anterior (ver el capítulo „Síndrome de estrés tibial)
- | el tendón peróneo
- | el tendón de Aquiles (ver el capítulo „Aquilodinia“)
- | la „rodilla del corredor“ (irritación del tracto iliotibial en el cóndilo femoral lateral)
- | Síndrome del ápex de la rótula (ver el capítulo „Síndrome del ápex de la rótula“)

La irritación de los tendones tibiales anterior y posterior y del tendón peróneo es provocada frecuentemente por cambios de la intensidad de entrenamiento o del terreno o por una elección inadecuada del calzado deportivo. Una malformación del pie o lesiones antiguas de la articulación tibiotalar pueden contribuir a la aparición de este tipo de patología. Hasta cierto punto, la irritación del tendón de Aquiles tiene las mismas causas, pero en este caso no se debe ignorar la importancia de una eventual disfunción pélvica (bloqueo de la articulación iliosacral) y de un acortamiento de la cadena muscular dorsal de la pierna. Es imprescindible eliminar estos trastornos en el marco de la terapia. El tratamiento de los tendones es idéntico al que se utiliza en el caso de la aquilodinia (ver el capítulo „Aquilodinia“). Asimismo, se recomienda seguir un entrenamiento excéntrico de la estructura tendinosa.

*Causas de las irritaciones de tendones*

### SÍNDROME DE ESTRÉS TIBIAL POSTERIOR

Además de las molestias en la cresta tibial anterior se producen dolores en la cresta tibial posterior en el lado proximal del maléolo interno. Con frecuencia, también se refieren dolores en el maléolo interno. La causa es una insuficiencia o sobrecarga del músculo tibial posterior, sobre todo en caso de sobrepronación. La ecografía muestra regularmente la presencia de un edema del tendón en el lado dorsal a lo largo del maléolo interno, a menudo hasta la inserción metatarsiana.

## TRATAMIENTO

Localización y tratamiento de puntos de gatillo a lo largo de la musculatura tibial posterior con ondas de choque focales. A continuación, tratamiento de la fascia y del trayecto muscular con ondas de choque radiales.

*Fig. 7.1-2  
Tratamiento del músculo tibial posterior con FSW*

ONDA DE CHOQUE FOCALIZADA	
Energía	0,15 - 0,20 mJ / mm <sup>2</sup>
Frecuencia	4 - 8 Hz
Impulsos	500 por punto de gatillo
Intervalo	1 semana
Sesiones	aprox. 3, en función de las molestias
Dispositivo de acoplamiento	I o II



*Fig. 7.1-3  
Tratamiento del músculo tibial posterior con RSW*

ONDA DE CHOQUE RADIAL	
Energía	1,8 - 2,4 bares
Frecuencia	12 - 15 Hz
Impulsos	2000
Aplicador	Estándar



## IRRITACIÓN DEL TENDÓN PERONEO

Los síntomas típicos de esta patología son dolores detrás y a nivel del maléolo externo bajo esfuerzo, frecuentemente acompañados por una tumefacción visible en la zona. En este caso resulta conveniente buscar una eventual disfunción de la cabeza del peroné y realizar, en su caso, la movilización necesaria.

A veces, el examen muestra una hiper movilidad en la articulación tibiofibular. En este caso se deberá tratar de realizar una estabilización mediante un vendaje alrededor de la cabeza del peroné. En caso de trastornos a lo largo de los

tendones peroneos, debidos generalmente a una supinación excesiva y una inestabilidad funcional de la articulación del tobillo, se han conseguido considerables éxitos con la aplicación de vendajes kinesiológicos sobre el músculo peroneo después de la terapia por ondas de choque.

*Irritación del tendón peroneo por hiper movilidad de las articulaciones tibiofibulares*

## TRATAMIENTO

Localización y tratamiento de puntos de gatillo a lo largo de la musculatura peronea con ondas de choque focales. A continuación, tratamiento de la fascia y del trayecto muscular con ondas de choque radiales.

ONDA DE CHOQUE FOCALIZADA		ONDA DE CHOQUE RADIAL	
Energía	0,15 mJ / mm <sup>2</sup>	Energía	1,8 - 2,4 bares
Frecuencia	6 Hz	Frecuencia	12 - 15 Hz
Impulsos	500 por punto de gatillo	Impulsos	2000
Intervalo	1 semana	Aplicador	Estándar o D-ACTOR®
Sesiones	aprox. 3, en función de las molestias		
Dispositivo de acoplamiento	I o II		

## RODILLA DEL CORREDOR

Irritación del tracto iliotibial en el cóndilo femoral lateral. Las molestias aparecen en función del esfuerzo durante la carrera y suelen obligar a interrumpir la unidad de entrenamiento. Esta patología es debida frecuentemente a un varus de rodilla o al entrenamiento con calzado inadecuado con una estabilización lateral del talón insuficiente. También se deberá tratar la insuficiencia de los músculos que estabilizan la pelvis (sobre todo el músculo piriforme). De lo contrario existe el riesgo de un aumento de la rotación interna del muslo y una sobrecarga del tracto iliotibial.

*Tracto iliotibial con rodilla vara, debilidad de los estabilizadores inferiores de la cadera, acortamiento del músculo piriforme*

## TRATAMIENTO

En primer lugar, se trata el punto de dolor máximo mediante ondas de choque focales; seguidamente se procede a tratar la fascia de la aponeurosis hasta

el trocánter mayor con ondas de choque radiales. En este contexto también se deberá prestar atención a un aumento de la rotación externa de la pierna como consecuencia del acortamiento del músculo piriforme. Esta situación de partida puede llevar igualmente al desarrollo de una „rodilla de corredor“ y se debería tratar adecuadamente.

ONDA DE CHOQUE FOCALIZADA		ONDA DE CHOQUE RADIAL	
Energía	0,1 - 0,2 mJ / mm <sup>2</sup>	Energía	2,0 bares
Frecuencia	6 - 8 Hz	Frecuencia	12 - 15 Hz
Impulsos	500 - 1000	Impulsos	2000 - 4000
Intervalo	1 semana	Aplicador	Estándar o D-ACTOR®
Sesiones	aprox. 3, en función de las molestias		
Dispositivo de acoplamiento	I o II		

## IRRITACIONES DE LAS INSERCIONES TENDINOSAS

Las irritaciones de las inserciones tendinosas más frecuentes en los deportistas son las siguientes:

- | el síndrome del ápex de la rótula (ver el capítulo „Síndrome del ápex de la rótula“)
- | Calcaneodinia debida a una irritación de la inserción del tendón de Aquiles
- | Irritación del pes anserinus
- | Irritación de la fascia lata en el tubérculo de Gerdy
- | Epicondilitis radial y cubital (ver el capítulo „Epicondilitis humeral radial“ y „Epicondilitis humeral cubital“)

*Calcaneodinia como espolón calcáneo dorsal*

### SÍNDROME DEL ÁPEX DE LA RÓTULA

(ver el capítulo „Síndrome del ápex de la rótula“)

En la mayoría de los casos también se encuentran puntos de gatillo en la musculatura de cuádriceps y un acortamiento de los flexores de la cadera. Éstos se tienen que tratar igualmente. Después del tratamiento se recomienda aplicar vendajes kinesiológicos destonificantes.

*Vendajes kinesiológicos*

### IRRITACIÓN DEL PES ANSERINUS

Esta irritación está causada por una sobrecarga de los músculos isquiotibiales mediales o una disfunción de la pelvis con inclinación o acortamiento de la musculatura isquiotibial medial. Esta patología puede conllevar también un valgus del eje de la rodilla o una inestabilidad funcional de la articulación de rodilla. Por este motivo es imprescindible tratar también estos trastornos. Los deportistas, por ejemplo los ciclistas ambiciosos (ciclismo todoterreno o de carrera) y los corredores, se ven particularmente afectados. El deportista relata molestias en función del esfuerzo en la articulación interna de la rodilla.

*Bursitis pes anserinus*

### DIAGNÓSTICO

Dolor a la presión a nivel de la inserción de los músculos sartorio, semitendinoso, semimembranoso y gracilis por debajo del plato tibial medial. La ecografía muestra también frecuentemente un edema de los tejidos blandos.

*Ecografía: Edema, neovascularización*

## TRATAMIENTO

Esta zona se trata con ondas de choque focales. Conviene aplicar ondas de choque radiales como tratamiento complementario de la fascia, siguiendo el sentido de los músculos hasta la pelvis.

ONDA DE CHOQUE FOCALIZADA		ONDA DE CHOQUE RADIAL	
Energía	0,1 - 0,15 mJ / mm <sup>2</sup>	Energía	2,0 - 2,5 bares
Frecuencia	6 - 8 Hz	Frecuencia	12 - 16 Hz
Impulsos	500 - 1000	Impulsos	2000 - 4000
Intervalo	1 semana	Aplicador	Estándar o D-ACTOR®
Sesiones	aprox. 3, en función de las molestias		
Dispositivo de acoplamiento	I o II		

## IRRITACIÓN DE LA FASCIA LATA EN EL TUBÉRCULO DE GERDY

Una irritación de la fascia lata en el tubérculo de Gerdy se manifiesta durante el esfuerzo y empeora al aumentar la intensidad. Los dolores se sitúan por debajo del cóndilo tibial lateral y se proyectan, en parte, hacia la cara exterior del muslo. Las causas son desalineaciones axiales (varus) de la articulación de rodilla, pero también el entrenamiento con calzado inadecuado o la carrera en superficies inclinadas. La ecografía muestra, en parte, un edema en la inserción del tendón por debajo del plato tibial.

## TRATAMIENTO

El tratamiento se realiza con ondas de choque focales en el tubérculo de Gerdy y a lo largo de la fascia lata. Los puntos dolorosos se tienen que localizar y tratar con ondas de choque focales. A continuación, se aplican ondas de choque radiales en una amplia superficie para tratar el tracto iliotibial.

*Irritación de la fascia lata*

*Rodilla vara*

ONDA DE CHOQUE FOCALIZADA		ONDA DE CHOQUE RADIAL	
Energía	0,1 - 0,2 mJ / mm <sup>2</sup>	Energía	2,0 bares
Frecuencia	4 - 8 Hz	Frecuencia	12 - 15 Hz
Impulsos	500 - 1000	Impulsos	2000 - 4000
Intervalo	1 semana	Aplicador	Estándar o D-ACTOR®
Sesiones	aprox. 3-4, en función de las molestias		
Dispositivo de acoplamiento	I o II		

### EPICONDILITIS HUMERAL RADIAL

(ver el capítulo „Epicondilitis humeral radial“)

El tratamiento de esta patología debe incluir siempre el músculo pectoral, así como el músculo escaleno anterior / posterior. Además, se debería enseñar al paciente a estirar por sí mismo los extensores de la muñeca y masajear estos músculos según la técnica llamada „fricción transversal“. Después del tratamiento es posible aplicar un vendaje kinesiológico destonificante en los extensores.

*Apoyo mediante vendajes kinesiológicos*

### EPICONDILITIS HUMERAL CUBITAL

(ver el capítulo „Epicondilitis humeral cubital“)

Se recomienda incluir el músculo infraespinoso y el tríceps braquial en el tratamiento. Además, el médico debe explicar a los pacientes cómo tratar ellos mismos los flexores de la muñeca de la manera descrita y colocar, en su caso, un vendaje kinesiológico.

## TRATAMIENTO POSTERIOR DE LESIONES MUSCULARES

El tratamiento del músculo afectado se inicia al cabo de aproximadamente 3 o 4 semanas desde la lesión de fibras musculares si el paciente sufre todavía de dolores en caso de esfuerzo. Sin embargo, se debe realizar previamente un control ecográfico de la estructura lesionada. Si el músculo lesionado mostrara todavía un área hipodensa, por ejemplo un hematoma, se debería posponer de momento el tratamiento por ondas de choque.

*ESWT después de la exclusión ecográfica de un hematoma*

### TRATAMIENTO

Si los resultados del control son normales, se recomienda tratar el trayecto del músculo con ondas de choque radiales para favorecer la curación y reorganizar el tejido cicatricial.

En caso de que, como consecuencia de la lesión, se hubieran formado puntos de gatillo en el músculo afectado, éstos se tienen que tratar a fondo con ondas de choque focales. En estas condiciones, la terapia por ultrasonidos representa un apoyo útil.

ONDA DE CHOQUE FOCALIZADA		ONDA DE CHOQUE RADIAL	
Energía	0,2 - 0,25 mJ / mm <sup>2</sup>	Energía	1,8 - 2,3 bares
Frecuencia	4 Hz	Frecuencia	12 - 15 Hz
Impulsos	800 - 1000	Impulsos	2000 - 4000
Intervalo	1 semana	Aplicador	Estándar o D-ACTOR®
Sesiones	aprox. 3-4, en función de las molestias		
Dispositivo de acoplamiento	I o II		

# TERAPIAS COMPLEMENTARIAS

/ Ulrich Dreisilker

La terapia por ondas de choque extracorporales ha demostrado su eficacia para el tratamiento del dolor en numerosos cuadros patológicos ortopédicos. Los resultados se pueden optimizar aún mediante la combinación con otros procedimientos conservadores. Los endurecimientos dolorosos y acortamientos musculoesqueléticos son provocados por una enfermedad subyacente. Estos desequilibrios musculares se encuentran en la zona lumbar/pélvica en caso de una lumbociatalgia, un síndrome de facetas, una estenosis foraminal, una espondiloestesis o una estenosis del canal espinal. También la bursitis del trocánter o el síndrome del músculo piriforme se distinguen por endurecimientos musculares característicos o puntos de gatillo.

---

*Infiltración, inyección,  
acupuntura, Dry Needling*

En estos casos, el tratamiento por ondas de choque extracorporales se puede completar con infiltraciones, inyecciones, acupuntura o Dry Needling para crear un concepto eficaz para la terapia del dolor.

Los estados de dolor muscular en los músculos piriforme, tensor de la fascia lata y glúteo menor pueden ser causados por una bursitis del trocánter, pero también por la colocación de una endoprótesis de la cadera. Una terapia combinada (por ejemplo ESWT + Dry Needling) produce una mejora con una rapidez sorprendente.

---

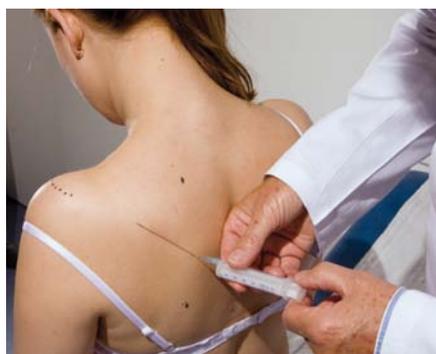
*Técnicas de medicina  
manual*

El bloqueo de la articulación sacroilíaca se elimina mediante técnicas de medicina manual. Esto resulta más fácil con un tratamiento previo de la musculatura con ondas de choque extracorporales. La infiltración de anestésicos locales en los enlaces de los ligamentos iliolumbares y sacrolumbares estimula el riego sanguíneo en la zona e interrumpe los aferentes nociceptivos.

Asimismo, en caso de bloqueo de segmentos de la columna vertebral, la aplicación previa de ondas de choque extracorporales en la musculatura muestra resultados positivos y facilita el tratamiento manual de los músculos. Según la indicación, el bloqueo de las raíces o del ganglio estrellado puede contribuir a optimizar el resultado del tratamiento por ondas de choque extracorporales.

En caso de trastornos de la articulación escapulohumeral, sobre todo el síndrome del hombro congelado, se recomienda, según el D. Jankovic, realizar

la infiltración subescapular con una cánula de 7 a 10 cm de longitud y una curvatura de 30° (atención: ¡tejido pulmonar!), ya que las ondas de choque no alcanzan al músculo subescapular debido a su situación por debajo del omoplato. Para la infiltración (ver Fig. 8.1), el paciente se debe colocar con las manos juntas a la espalda para que el borde medial de los omoplatos quede levantado. Con la aguja de inyección curvada se inyectan (previa punción en el centro del borde medial del omoplato y apuntando en dirección al acromion) 10 ml de anestésico local / corticoide.



*Fig. 8-1  
Infiltración del músculo subescapular partiendo del borde medial de la escápula en dirección al acromion (para la ilustración, se muestra la aguja de inyección en la superficie)*

Los endurecimientos dolorosos de los músculos funcionales se tienen que tratar con ondas de choque focales / radiales después de haber efectuado una comprobación ecográfica y una medición de la profundidad.

Terapeutas estadounidenses especializados en el tratamiento del dolor ya opinaban desde hace muchos años que los puntos de gatillo (endurecimientos musculares dolorosos) y los puntos de acupuntura son idénticos. De su análisis resultó una correlación del 71 % con respecto a la distribución espacial de los patrones de dolor pertenecientes a los puntos de acupuntura y de gatillo. Melzack escribe textualmente:

*Identidad de puntos de gatillo y de acupuntura*

„En el ámbito del dolor encontramos que existe una correlación estrecha entre los puntos de acupuntura y de gatillo, un hecho que resulta aún más notable a la vista del hecho de que los dos tipos de punto pertenecen, desde el punto de vista histórico, a dos conceptos totalmente distintos de la medicina. Los puntos de gatillo se encuentran anclados firmemente en la anatomía

del sistema nervioso y muscular; los puntos de acupuntura, en cambio, están relacionados con un sistema tradicional, pero anatómicamente inexistente de meridianos que conducen las energías Yin y Yang. A pesar de sus orígenes diferentes parece perfectamente justificado suponer que los puntos de acupuntura para el tratamiento del dolor y los puntos de gatillo surgen de las mismas observaciones empíricas: la presión ejercida en determinados puntos está asociada a unos patrones de dolor específicos y su estimulación breve e intensa por medio de agujas permite conseguir, a veces, un alivio duradero del dolor. Estas consideraciones sugieren la hipótesis de que los puntos de gatillo y los puntos de acupuntura para el tratamiento del dolor representan el mismo fenómeno, a pesar de haber sido descubiertos independientemente y nombrados de diferentes maneras.“

La estrecha relación espacial con unos patrones de dolor específicos resulta probablemente del hecho de que los puntos de acupuntura innervadas por fibras A-delta se encuentran a nivel cutáneo y subcutáneo directamente por encima de las fibras C intramusculares de los endurecimientos musculares dolorosos. Los puntos Vejiga 23 y 25, así como 54 son ejemplos de una interrelación espacial estrecha de los puntos de gatillo y de acupuntura en la zona lumbar y pélvica. Están relacionados con los puntos de gatillo del músculo cuadrado lumbar y el músculo piriforme. También en el segmento cervical, los puntos de acupuntura correspondientes a la vesícula biliar y el meridiano del intestino delgado se pueden poner en correlación con endurecimientos musculares dolorosos.

---

*Localización de endurecimientos musculares y puntos de acupuntura mediante SW*

---

*ESW en combinación con agujas de acupuntura*

---

La aplicación de ondas de choque focales permite localizar endurecimientos musculares con sus patrones de dolor específicos. Después de unos 200 impulsos de ondas de choque se pueden tratar adicionalmente con agujas. En la práctica, este tratamiento combinado ha demostrado su eficacia, especialmente en la zona lumbar-pélvica y en el ámbito cervical y la cintura escapular. Posiblemente, las fibras A-delta de conducción rápida permiten la inhibición por segmentos de aferentes nociceptivos crónicos. Gracias a las posibilidades de localización exactas, el tratamiento por ondas de choque extracorporales reduce el número de sesiones de acupuntura.

En la actualidad, algunos médicos ya aplican la acupuntura únicamente con ondas de choque focales y aplicadores especiales para ondas de choque radiales en lugar de colocar agujas de acupuntura, dado que este procedimiento permite localizar exactamente los puntos de acupuntura y de gatillo. Otras posibilidades de terapia complementarias, tales como los vendajes kinesiológicos, se describen en el capítulo „Indicaciones terapéuticas en la medicina deportiva“.

# ÍNDICE DE ABREVIATURAS

<b>ARTICULACIÓN AC</b>	Articulación acromioclavicular
<b>AS</b>	Tendón de Aquiles
<b>BMPS</b>	Bone Morphogenetic Proteins (proteínas morfogenéticas óseas)
<b>CGRP</b>	Calcitonin Gene Related Peptide (péptido relacionado con el gen de la calcitonina)
<b>DGST</b>	Deutsche Gesellschaft für Stoßwellentherapie (Sociedad alemana para la terapia por ondas de choque)
<b>DIGEST</b>	Deutschsprachige Internationale Gesellschaft für Extrakorporale Stoßwellentherapie (Sociedad internacional germanófona para la terapia por ondas de choque extracorporales)
<b>ED</b>	Densidad del flujo energético
<b>ENOS</b>	Endothelial Nitric-Oxide Synthase (sintasa endotelial del óxido nítrico)
<b>EPAT</b>	Extracorporeal Puls Activation Therapy (terapia de activación por impulsos extracorporales)
<b>ESW</b>	Onda de choque extracorporal
<b>ESWL</b>	Litotripsia por ondas de choque extracorporales
<b>ESWT</b>	Terapia por ondas de choque extracorporales
<b>EZM</b>	Matriz extracelular
<b>FSW</b>	Onda de choque <b>focalizada</b>
<b>IGESTO</b>	Internationale Gesellschaft für Extrakorporale Stoßwellentherapie (Sociedad internacional para la terapia por ondas de choque extracorporales)
<b>ISMST</b>	International Society for Medical Shockwave Treatment (Sociedad internacional para el tratamiento médico por ondas de choque)
<b>TRM</b>	Tomografía por resonancia magnética
<b>NO</b>	Nitric Oxide (monóxido de nitrógeno)
<b>OP</b>	Osteogenetic Proteins (proteínas osteogénicas)
<b>RSW</b>	Onda de choque radial
<b>RSWT</b>	Terapia por ondas de choque radiales
<b>SW</b>	Onda de choque
<b>TGF-BETA</b>	Transforming Growth Factor- beta (factor de crecimiento transformante beta)
<b>VEGF</b>	Vascular Endothelial Growth Factor (factor de crecimiento vascular endotelial)

# BIBLIOGRAFÍA

1. **Baldry P. E.**, Akupunktur, Triggerpunkte und muskuloskelettale Schmerzen. Medizinisch Literarische Verlagsgesellschaft MBH – Uelzen
2. **Buch, M., Knorr, U., Fleming, L., Theodore, G., Amendola, A., Bachmann, C., et al.**, Extracorporeal shockwave therapy in plantar fasciitis: a review. Orthopädie 31: 637-644, 2002
3. **Buch, M., Schlangmann, B., Träger, D., Siebert, W.**, Prospektiver Vergleich der niedrig- und hochenergetischen Stoßwellentherapie und Needling bei der Behandlung der Tendinosis calcarea der Schulter; Abstract, 45. Jahrestagung der Vereinigung Süddeutscher Orthopäden e.V., Baden-Baden 1997
4. **Byron, C. R., Benson, B. M., Stewart, A. A., Stewart, M. C.**, Effects of radial shock waves on membrane permeability and viability of chondrocytes and structure of articular cartilage in equine cartilage explants, Am.J.Vet.Res., 66(10), 1757-1763, 2005
5. **Chan, H., Brayman, A., Matula, T.**, High speed micro-cinematography of cavitation in blood vessels, 12th ISMST Congress, Sorrento 2009
6. **Chan, Y. J., Wurtz, T., Wang, C. J., Kuo, R. Y., Yang, K. D., Huang, H. C., Wang, F. S.**, Recruitment of mesenchymal stem cells and expression of TGF- $\beta$ 1 and VEGF in the early stage of shockwave promoted bone regeneration of segmental defects in rats, J. Orth. Research, 2003
7. **Chaussy, C., Schmiedt, E., Brendel, W.**, Extracorporeally induced destruction of kidney stones by shock waves. Lancet 2: 1265, 1980
8. **Chaussy, C., Schmiedt, E., Jocham, D., Brendel, W., Forssmann, B.**, Walther, V., First clinical experiences with extracorporeally induced destruction of kidney stones by shock waves. J. Urol.127: 417, 1982
9. **Christ, C., Brenke, R., Sattler, G., Siems, W., Novak, P., Daser, A.**, Improvement in skin elasticity in the treatment of cellulite and connective tissue weakness by means of extracorporeal pulse activation therapy, Aesthetic Surg. J.: 5, 538-544, 2008
10. **Church, C.**, A theoretical study of cavitation generated by an extracorporeal shock wave lithotripter, J. Acoust. Soc. Am. 86:215, 1989
11. **Cleveland, R. O., Chitnis, P. V., McClure, S. R.**, Acoustic field of a

- ballistic shock wave therapy device, *Ultrasound in Med. & Biol.* 33(8): 1327-1335, 2007
12. **Crum, L. A.**, Cavitation on microjets as a contributory mechanism for renal calculi disintegration in ESWL, *J. Urol.* 140: 1587, 1988
  13. **Dahmen, G. P., Haupt, G., Haist, J., Loew, M., Rompe, J. D., Schleberger, R.**, Die Extrakorporale Stoßwellentherapie in der Orthopädie – Empfehlungen zu Indikationen und Techniken. In: Chaussy, Ch., Eisenberger, F., Jocham, D., Wilbert, D. (eds.), *Die Stoßwelle Forschung und Klinik.*, Tübingen: Attempo Verlag 1995
  14. **Dahmen, G. P., Meiss, L., Nam, V. C., Skruodis, B.**, Extrakorporale Stoßwellentherapie (ESWT) im knochennahen Weichteilbereich an der Schulter, *Extr. Orthopaedica* 11: 25-27, 1992
  15. **Dahmen, G. P., Nam, V. C., Meiss, L.**, Extrakorporale Stoßwellentherapie (ESWA) zur Behandlung von knochennahen Weichteilschmerzen. Indikation, Technik und vorläufige Ergebnisse. In: Deutsche Gesellschaft für Stoßwellentherapie (eds.): *Konsensus Workshop der deutschen Gesellschaft für Stoßwellentherapie*, Tübingen: Attempo-Verlag 131: 143-148, 1993
  16. **Dejung, B., Gröbli, C., Colla, F., Weissmann, R.**, Triggerpunkttherapie: Die Behandlung akuter und chronischer Schmerzen im Bewegungsapparat mit manueller Triggerpunkt-Therapie und Dry-Needling, Hans Huber / Göttingen
  17. **Delius, M., Draenerl, K., Al Dick, Y., et al.**, Biological effect of shock-wave: in vivo effect of high-energy pulses on rabbit home, *Ultrasound Med Biol* 21:1219-1225, 1995
  18. **Delhaase, Y., Neuland, H., Bloch, W.**, Influence of focused and radial shock wave treatment on the behaviour of human mesenchymal stem cells (MSC) in the range of tissue repair, 12th ISMST Congress, Sorrento, 2009
  19. **Delhaase, Y., Neuland, H., Steingen, C., Schmidt, A., Bloch, W.**, Comparative study between the effects and mode of application of mesenchymal stem cells (MSC), Societies for Orthopaedics Shockwave Therapy, 11th ISMST Congress, Antibes / Juan les pins, 2008
  20. **Dreisilker, U., Rädcl, R., Baumgardt, P., Kievernagel, G.**,

- Schöppe, G., Wille, G., Waubke, A.**, Germany, 2 Year follow-up after ESWT of heel spur, ISMST Congress, Berlin, 2001
21. **Dreisilker, U., Wess, O., Novak, P.**, Extracorporeal erzeugte Stoß- und Druckwellen, eine wirksame Therapieform, MOT-Technik-Magazin 6: 2006
  22. **Duchstein, H., Neuland, H.**, Reactive oxygen and nitrogen species and mechanotransduction during shockwave application, 10th ISMST Congress , Toronto / Canada, 2007
  23. **Duchstein, H., Neumann, K., Neuland, H.**, possible mechanism of mechanotransduction induced by external stress like shockwave application, Societies for Orthopaedics Shockwave Therapy, ISMST Congress, Antibes / Juan les pins, 2008
  24. **Forsman, B., Hepp, W.**, Stoßwellen in der Medizin: Medizin in unserer Zeit 4:10, 1980
  25. **Fuller, B.**, Synergetics, New York: Macmillan, Chpt. 7, 1975
  26. **Gerdesmeyer, L., Maier, M., Haake, M., Schmitz, C.**, Physical-technical principles of extracorporeal shockwave therapy (ESWT). Orthopäde 31: 610-617, 2002
  27. **Gerdesmeyer, L., Pries, Träger, Gassel, Seil, Hammer, Kusnierzak, Beutel, Kukla, Handle, Hammer, Wagenpfeil, Bunte, Heine** (München, D), Einfluß der ESWT auf die TC-Ergebnisse der randomisierten, prospektiven, Placebo kontrollierten Multicenterstudie, 3 Länder-Treffen der Österreichischen, Schweizer und Deutschen Gesellschaften für orthopädische ESWT, Linz, 2002
  28. **Gerdesmeyer, L., Wagenpfeil, S., Haake, M., Maier, M., Loew, M., Wortler, K., Lampe, R., Seil, R., Handle, G., Gassel, S., Rompe, J. D.**, Extracorporeal shockwave therapy for the treatment of chronic calcifying tendinitis of the rotator cuff: A randomized, controlled trail, JAMA. 290 (19): 2573-2580, 2003  
10th ISMST Congress, Toronto / Canada, 2007
  29. **Gerdesmeyer, L., Wagenpfeil, St., Russlies, M., Maier, M., Wörtlerk, Sai, I. R., Handle, G., Rompe, J. D.**, ESWT of treatment of chronic Calcifying Tendinitis of Rotator Cuff – a randomized Placebo controlled Multi-Center Trial, in extracorporeal shockwave

- therapy, clinical results, technologies, Basics, DTCP, 225-248, 2007
30. **Gerdesmeyer, L., Weil. L. jr., Weil, L. sr., Frey, C., Fedder, K., Scurran, B., Stienstra, J., Vester, J., Henne, M., Russlies, M., Maier M.**, Study to determine the effectiveness of rESWT for chronic plantar heel pain regarding the short- and long-term outcomes,
  31. **Gleitz, M.**, Die Bedeutung der Trigger-Stoßwellentherapie in der Behandlung pseudoradikulärer Cervicobrachialgien. Abstracts: 53. Jahrestagung der Vereinigung Süddeutscher Orthopäden e.V., Nr. 328, April 2005
  32. **Gollwitzer, H., Horn, C., Von Eiff, C., Henne, M., Gerdesmeyer, L.**, Antibacterial effectiveness of high-energetic extracorporeal shock waves: an in vitro verification, Z. Orthop. Ihre Grenzgeb. 142(4): 462-466, 2004
  33. **Gutersohn, A., Caspari, G., Marlinghaus, E.**, Autoangiogenesis induced by Cardiac shock wave therapy (CSWT) increases myocardial perfusion in endstage CAD patients, Abstract, 70. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Kardiologie – Herz und Kreislaufforschung, Mannheim, April 2004
  34. **Haake, M., Buch, M., Schoellner, C., Goebel, F.**, Extracorporeal Shockwave therapy for plantar fasciitis: randomised controlled multicentre trial, British Medical Journal 327: 1-5, 2003
  35. **Hausdorf, J., Maier, M., Delius, M.**, Extracorporeal shockwaves induce production of bone growth from osteoblasts, Calcified Tissue int. 74 (Suppl. 1): S50-S51, 2004
  36. **Ingber, D.**, The architecture of life, Scientific American, 48-57, January 1998
  37. **Iro, H., Nitsche, N., Schneider, T., Ell, C.**, Extracorporeal shockwave lithotripsy of salivary gland stones, Lancet II, 115, 1989
  38. **Iro, H., Schneider, Th., Nitsche, N., Ell, Ch.**, Extrakorporale piezoelektrische Lithotripsie von Speichelsteinen – Erste klinische Erfahrungen, HNO 38: 251, 1990
  39. **Jankovic, D.**, Regional Nerve Blocks and Infiltration Therapy, 3rd Edition, ABW, 2004
  40. **Jankovic, D., Dreisilker, U.**, „Der besondere Fall“, diabetische

- Großzehengangrän, vollständige Ausheilung durch ESWT ,  
Orthopädie und Rheuma 2: 10, 2010
41. **Kater, W., Rahn, R., Meyer, W. W., Liermann, D., Wehrmann, T.,**  
Extracorporeal shock wave lithotripsy: New outpatient treatment  
concept for salivary gland stones, Deutsche Zeitschrift für Mund-,  
Kiefer-, und Gesichtschirurgie 14: 216, 1990
  42. **Labek, G., Auersperg, V., Ziernhöld, M., Poullos, N., Böhler, N.,**  
Einfluss von Lokalanästhesie und Energieflussdichte bei nieder-  
energetischer extrakorporalen Stoßwellentherapie der chronischen  
plantaren Fasciitis, Z. Orthop 2005; 143: 240-246
  43. **Lang, A., Neuland, H.,** Shockwave Therapy for the treatment of  
epicondylitis up to now. Reasons 10th ISMST Congress, Toronto /  
Canada, 2007
  44. **Lang, A., Neuland, H.,** Extracorporeal shockwave, Cell and Pain,  
11th ISMST Congress, Antibes / Juan les pins, 2008
  45. **Loew, M., Jurgowski, W., Thomsen, M.,** Die Wirkung extra-  
korporaler Stoßwellen auf die Tendinosis calcarea der Schulter,  
Urologe (A) 34: 49, 1995
  46. **Maier, M., et al.,** Substance P and prostaglandin E2 release after  
shockwave application to the rabbit femur, Clin. Orthop.,  
406: 237-245, 2003
  47. **Maier, M., Milz, S., Wirts, D. C., Rompe, J. D., Schmitz, C.,**  
Basic research of applying extracorporeal shockwaves on the  
musculoskeletal system. An assessment of current status, Orthop 31:  
667-677, 2002
  48. **Mariotto, S., Cavalieri, E., Amelio, E., Ciampa, A. R., Carcereri de  
Prati, A., Marlinghaus, E., Russo, S., Suzuki, H.,** Extracorporeal  
shockwaves: From lithotripsy to anti-inflammatory action by NO  
production, Nitric Oxide 12: 89-96, 2005
  49. **Marx, S., Thiele, R.,** Focused and defocused ESWT. The comparison  
of the results in the treatment of heel spurs, 10th ISMST Congress,  
Toronto / Canada, 2007
  50. **Melzack, R.,** Myofascial trigger points – relation to acupuncture and  
mechanisms of pain, Arch. Phys. Med Rehabil 62: 114-117, 1981

51. **Melzack, R., et al.**, Triggerpoints and acupuncture points for pain-correlations and implication, *Pain* 3:1-9, 1977
52. **Mense, S.**, Neue Entwicklungen im Verständnis von Triggerpunkten, *Man. Med.* 37, 115-120, 1999
53. **Michailov, P., Valchanov, V., Bickmann, H.**, Twenty-one years ago the first patent was filed for treating bone pathologies using high energy shock waves, *Societies for Orthopaedics Shockwave Therapy, 11th ISMST Congress, Antibes / Juan les pins, 2008*
54. **Mittermeyr, R., Ölpl, Ch., Pusch, M., Schaden, W.**, Clinical experience with ESWT in Sub Acute and Chronic Wounds, *11th ISMST Congress, Antibes / Juan les pins, 2008*
55. **Morley, J. S.**, Peptides in nociceptive pathways, In: Lipton, S., Miles J. (eds.): *Persistent pain*, Grune & Stratton, New York, 5: 65-91, 1885
56. **Morral, A., Fernandez-Fairen, M.**, Effect of radial extracorporeal shockwave therapy for trochanter pain syndrome, *11th ISMST Congress, Antibes / Juan les pins, 2008*
57. **Myers, T. W.**, *Anatomy trains, myofasziale Meridiane*, Verlag Urban und Fischer, 2004
58. **Neuland, H., Delhaase, Y., Duchstein, H., Schmidt, A., Bloch, W.**, Focused extracorporeal Shockwaves influence Migration, Proliferation and growth of Human mesenchymal Stem cells, *11th ISMST Congress, Antibes / Juan les pins, 2008*
59. **Neuland, H., Kesselmann, Z., Duchstein, H.-J., Mei, W.**, First In vivo Analysis of the Molecular Biological Mechanisms of extrakorporal shockwaves and their Effects on Tendons in Close Proximity to Bone tissue. In: *Abstracts: 6th ISMST Congress, 2003*
60. **Neuland, H., Lang, A., Kraemer, P.**, Heat shock protein, extra-corporeal shockwaves and wound healing process, *10th ISMST Congress, Toronto / Canada, 2007*
61. **Neuland, H., Schmidt, A., Delhaase, Y., Bloch, W., Duchstein, H.**, Extracorporeal shockwaves manifest themselves as biological mechanotransduction, *10th ISMST Congress, Toronto / Canada, 2007*
62. **Neuland, N., Lang, A.**, The influence of mechanotransduction (ESW) on the reaction of membrane Ion Channels by means of Patch Clump

- Technique, 11th ISMST Congress, Antibes / Juan les pins, 2008
63. **Ogden, J. A., Alvarez, R., Levitt, R., et al.**, Shockwave therapy for chronic proximal plantar fasciitis, *Clin.Orthop.* 387: 47-59, 2001
  64. **Ohtori, S., et al.**, Shockwave application to rat skin induces degeneration and reinnervation of sensory nerve fibres, *Neurosci Lett.* 315: 57-60, 2001
  65. **Oi, K., Fukumoto, Y., Ito, K., Uwatoku, T., Abe, K., Hizume, T., Shimokawa, H.**, Extracorporeal shock wave therapy ameliorates hind limb ischemia in rabbits, *Tohoku J.Exp.Med.* 214: 151-158, 2008
  66. **Ottomann, Ch., Marx, S., Thiele, R., Hartmann, B.**, Accelerated Healing of Ila-Burns under the Influence of ESWT, 11th ISMST Congress, Antibes / Juan les pins, 2008
  67. **Ottone, M., Fagnani, F.**, ESWT-large focus / low energy density versus small focus / high energy density using the same total energy delivered (mJ): evaluation of Results on calcific tendinitis of the shoulder, 11th ISMST Congress, Antibes / Juan les pins, 2008
  68. **Pettrone, F., Lefton, C. S., Romness, D. W., McCall, B. R., Covall, D. J., Boatright, J. R.**, Evaluation of extracorporeal shockwave therapy for chronic lateral epicondylitis: AAOS, Paper 271, 2002
  69. **Rädel, R., Dreisilker, U., Kievernagel, G.**, Germany, 2 year follow-up of tendinosis calcarea treated with ESWT, ISMST Congress, Berlin, 2001
  70. **Rockett, P., De Souza, A., Dos Santos, P.**, Achilles tendopathy: treatment by extracorporeal shockwaves, 10th ISMST Congress, Toronto / Canada, 2007
  71. **Rompe, J. D., Buch, M., Gerdsmeyer, L., Haake, M., Loew, M., Maier, M., Heine, J.**, Muskuloskelettale Stoßwellenapplikation – Aktueller Stand der klinischen Forschung zu den Standardindikationen, *Z. Orthop. Ihre Grenzgeb.* 140: 267-274, 2002
  72. **Rompe, J. D., et al.**, Shockwave application for chronic plantar fasciitis in running athletes – a prospective, randomized, placebo-controlled trial, *Am. J. Sports med.* 31: 268-275, 2003
  73. **Rompe, J. D., Furia, J., Maffulli, N.**, Eccentric loading versus shockwave treatment for chronic insertional Achilles tendopathy, 11th ISMST Congress, Antibes / Juan les pins, 2008

74. **Rompe, J. D., Hopf, C., Kullmer, K., et al.**, Analgesic effect of extracorporeal shockwave therapy on chronic tennis elbow, *J. Bone Joint Surg.* 78B: 233-237, 1996
75. **Rompe, J. D., Hopf, C., Nafe, B., et al.**, Low-energy extracorporeal shockwave therapy for painful heel: A prospective controlled single-blind study, *Arch. Orthop. Trauma Surg.* 115: 75-79, 1996
76. **Rompe, J. D., Kirkpatrick, C. J., Küllmer, K., et al.**, Dose related effects of shockwave on rabbit tendon Achilles. A. Sonographic and histological study, *J. Bone Joint Surg.* 80B: 546-552, 1998
77. **Rompe, J. D., Krischek, O., Eysel, P., Hopf, C.**, Chronische Insertionstendopathie am lateralen Epicondylus humeri – Ergebnisse der extrakorporalen Stoßwellenapplikation, *Schmerz* 12: 105-111, 1999
78. **Rompe, J. D., Schoellner, C., Nafe, B.**, Evaluation of low energy extracorporeal shockwave application and treatment in chronic plantar fasciitis, *Am. J. Bone Joint surg.* 84: 335-341, 2002
79. **Rompe, J. D., Zöllner, J., Nafe, B.**, Shockwave therapy versus conventional surgery in the treatment of calcifying tendinitis of the shoulder, *Clin. Orthop.* 137: 72-82, 2001
80. **Sauerbruch, T., Delius, M., Paumgartner, G., Holl, J., Wess, O., Weber, W., Hepp, W., Brendel, W.**, Fragmentation of Gallstones by extracorporeal shock waves, *N. Engl. J. Med.* 314: 818, 1986
81. **Sauerbruch, T., Holl, J., Sackmann, M., Werner, R., Wotzka, R., Paumgartner, G.**, Disintegration of a pancreatic duct stone with extracorporeal shock waves in a patient with chronic pancreatitis, *Endoscopy* 19: 207, 1987
82. **Sauerbruch, T., Stern, M.**, Fragmentation of bile duct stones by extracorporeal shock waves. A new approach to biliary calculi after failure of routine endoscopic measures, *Gastroenterology* 96: 146, 1989
83. **Schaden, W.**, Extrakorporale Stoßwellentherapie (ESWT) bei Pseudarthrosen und verzögerter Frakturheilung, *Trauma Berufskrankh.* 2: S333-S339, 2000
84. **Schaden, W., Kuderna, H.**, Extracorporeal Shock Wave Therapy (ESWT) in 37 Patients with Non-Union or Delayed Osseus Union in

- Diaphyseal Fractures, In: Chaussy, C., Eisenberger, F., Jocham, D., Wilbert, D. (eds.), High Energy Shock Waves in Medicine, Georg Thieme Verlag, Stuttgart 1997
85. **Schleberger, R.**, Anwendung der extrakorporalen Stoßwelle am Stütz- und Bewegungsapparat im mittelenergetischen Bereich, In: die Stoßwelle – Forschung und Klinik, C. Chaussy, et al., (eds.), Attempo Verlag:Tübingen, 166-174, 1995
  86. **Schleberger, R., Senge T.**, Non-invasive treatment of long-bone pseudoarthrosis by shockwaves
  87. **Schmidt, A., Delhaase, Y., Steingen, C., Neuland, H., Bloch, W.**, The first non-invasive way for inducing migration in mesenchymal stem cells (MSC) ,10th ISMST Congress , Toronto / Canada, 2007
  88. **Siems, W., Grune, T., Voss, P., Brenke, R.**, Anti-fibrosclerotic effects of shock wave therapy in lipedema and cellulite, Biofactors, 24: 275-282, 2005
  89. **Souza, A. C., Arkader, F., Rockett, P., Santos, P.**, Shockwave Therapy for the treatment of the trochanteric bursitis with tendinosis of the gluteus, 10th ISMST Congress , Toronto / Canada, 2007
  90. **Souza, A. C., Arkader, F., Rockett, P., Santos, P.**, Shockwave- Therapy for the treatment of the tendinosis with subacromial impingement of the shoulder, 10th ISMST Congress, Toronto / Canada, 2007
  91. **Takahashi, N., et al.**, Application of shockwaves to rat skin decreases gene related peptide immunoreactivity in dorsal root ganglion neuroms, Auton. Neurosci 107: 81-84, 2003
  92. **Thiele, R., Ottomann, C., Hartmann, B.**, Accelerated wound recovery in the treatment of burns using defocused shockwave therapy (ESWT),10th ISMST Congress, Toronto / Canada, 2007
  93. **Travell, J. G., Simons, G.S.**, Myofascial pain and dysfunction, Williams& Wilkins, Vol.I 1983, Vol.II 1992
  94. **Ueberle, F.**, Shockwave technology, In: Siebert W., Buch, M., (Hrsg.), Extracorporeal shockwaves in orthopaedics, Springer, 59-87, 1997
  95. **Uhthoff, H. K., Loehr, J. F.**, Calcifying tendinitis, In: Rockwood, C.A., Matsen, F.A., (eds.), The shoulder. Saunders, Philadelphia , 989-1008, 1998

96. **Valchanov, V., Michailov, P.**, High energy shock waves in the treatment of delayed and non-union of fractures, *Int. Orthop.* 15: 181, 1991
97. **Wang, C. J., Yang, K. D., Wang, F. S.**, Shockwaves therapy for calcifying tendinitis of the shoulder. A two-to-four-year follow-up, *Am. J. Sports Med.* 31(3): 425-307, 2003
98. **Wang, C. J., Yang, K. D., Wang, F. S., Huang, C. C., Yang, L. J.**, Shockwave induces neovascularization at the tendon-bone junction: A study in rabbits, *J. Orthop. Res.* 21: 984-989, 2003
99. **Wang, F. S., Wang, C. J., Chen, Y. J., Chang, P. R., Huang, Y. T., Sun, Y. C., Hunag, H. C., Yang, Y. J., Yang, K. D.**, Ras induction of superoxide activates ERK-dependent angiogenetic transcription factor HIF-I alpha and VEGF-A expression in shockwave-stimulated osteoblasts, *J. Biol. Chem.* 279(11): 10331-10337, 2004
100. **Wang, F. S., Wang, C. J., Sheen-Chen, S. M., et al.**, Superoxide mediates shockwave induction of RRRK-dependent osteogenic transcription factor (CBFA 1) and mesenchymal cells differentiation toward osteoprogenitors, *J. Biol. Chem.* 277: 10931-10937, 2002
101. **Wang, F. S., Yang, K. D., Kuo, Y. R., Wang, H. J., Huang, H. J., Chen, Y. J.**, Temporal and spatial expression of bone morphogenic proteins in extracorporeal shockwave promoted healing of fracture defect, *Bone* 32: 387-396, 2003
102. **Wang, J. C., Yang, K. D., Wang, F. S, Chen, H. H., Wang, J. W.**, Shockwave therapy for calcific tendinitis of the shoulder, a prospective clinical study with two-year follow-up, *Am. J. Sports Med.* 1: 425-430, 2003
103. **Wess, O.**, Physical principles of shockwave Therapy, In: Abstracts, 6th ISMST Congress, 2003
104. **Wess, O.**, Physikalische Grundlagen der extrakorporalen Stoßwellen-therapie, *Journal für Mineralstoffwechsel.* 4: 7, 2004
105. **Wess, O.**, Hypothesis towards Associative Pain Memory and Pain Management by Shock wave Therapy In: Abstracts, 7th ISMST Congress, Kaohsiung / Taiwan, 2004
106. **Wess, O.**, Physics and technology of shock wave and pressure wave therapy, *MOT*, 5, 7-32, 2005

107. **Wess, O., Ueberle, F., Dührssen, R. N., Hilcken, D., Krauss, W., Reuner, Th., Schultheiss, R., Staudenraus, I., Rattner, M., Haaks, W., Granz, B.**, Working Group Technical Developments Consensus Report, In: Chaussy, C., Eisenberger, F., Jocham, D., Wilbert, D., (eds.), High Energy Shock Waves in Medicine, Georg Thieme Verlag, Stuttgart 1997





