

ACTUALIZACIÓN

Terapia por onda de choque extracorpórea para el tratamiento de las lesiones musculoesqueléticas

A. DANIEL MOYA

Centro de Diagnóstico Urológico, Buenos Aires

La terapia por onda de choque extracorpórea ha tenido gran impacto en la terapéutica de la litiasis renal desde su introducción en la práctica médica hace más de veinte años. Actualmente, es la elección para el tratamiento de los cálculos renales y ureterales. Este procedimiento ha sido considerado eficaz para tratar hasta el 98% de los cálculos del riñón.⁶⁸ En estas situaciones el efecto buscado es la desintegración de depósitos calcáreos.

Su utilización en el campo de la Ortopedia y Traumatología está aún en sus comienzos pero en los últimos años ha tenido, en especial en Europa, un desarrollo acelerado y exitoso.

Su aplicación a la patología musculoesquelética no sólo se basa en el efecto desintegrador de la onda para tratar, por ejemplo, las calcificaciones del manguito rotador, sino también en sus efectos analgésicos y de estimulación del proceso de reparación en tendones, partes blandas y huesos.^{11,23,42,54,69,76,91,98}

El mecanismo de acción biológico todavía no ha sido completamente descubierto por lo que aún es necesario trabajar en investigación básica, pero su aplicación ha demostrado ser segura y eficaz. Permite evitar procedimientos quirúrgicos con una adecuada relación costo-beneficio.^{27,53} Sólo en Alemania en 1997 y 1998 fueron tratados con este nuevo procedimiento, 60.000 pacientes anuales que padecían patología ortopédica.¹¹

Antecedentes históricos

Las ondas de choque son ondas acústicas presentes en situaciones diarias, como en el caso del sonido de un trueno o generadas a partir del aplauso de un auditorio o por un avión que rompa la barrera del sonido. Sin embargo, comenzaron a ser reconocidas a partir de la segunda guerra mundial cuando las necropsias de naufragos que habían sufrido el efecto de ataques con cargas de profun-

dididad evidenciaron severas lesiones a nivel pulmonar a pesar de no existir signos externos de violencia.⁸⁸ Esta fue la primera oportunidad en la que pudo comprobarse el efecto de las ondas de choque sobre el cuerpo humano.

En la década de los cincuenta, se desarrollaron diferentes líneas de investigación con relación a este fenómeno. Así, por ejemplo se descubrió que ondas de choque generadas por un dispositivo electrohidráulico podían romper platos de cerámica en un medio líquido. Poco después se describió la posibilidad de generar las ondas con una fuente electromagnética.

En 1966, durante la experimentación con proyectiles de alta velocidad en la empresa aerospacial Dornier, un empleado tocó el plato que se utilizaba como blanco exactamente en el momento en que impactaba el proyectil. Sintió que una especie de descarga eléctrica corría por su cuerpo. Los estudios posteriores demostraron que no existía ningún tipo de electricidad en el medio y que en realidad el impacto había viajado desde el plato hacia el cuerpo del operario.⁸⁸

Posteriormente se profundizó el conocimiento de este fenómeno al evaluar las alteraciones que se producían en los materiales, a nivel del sitio de impacto de gotas de lluvia sobre la superficie de aviones supersónicos¹¹ y de micrometeoritos sobre los satélites. Se evidenció que con el tiempo se producían daños por la generación de lo que dio en llamarse ondas de choque.

A principios de los años setenta, el Ministerio de Defensa Alemán financió investigaciones acerca del efecto de las ondas sobre tejidos animales. Se hizo hincapié en su recorrido a través de los tejidos. Se evidenció entonces que se producían efectos colaterales leves en los músculos y en los tejidos adiposo y conectivo. Se comprobó que el tejido óseo sano no se afectaba bajo la carga de la onda de choque. También se investigó el daño del tejido cerebral, el pulmonar y el de los órganos abdominales.

A partir de estas investigaciones surgió el interés en su aplicación terapéutica. En 1971 Haeusler y Kiefer⁴³ comunicaron la primera desintegración in vitro de un cálculo renal por medio de ondas de choque.

En 1980 fue tratado en Munich el primer caso de litiasis renal. En 1983, se lanzó en Stuttgart el primer genera-

Recibido el 6-12-2002.

Correspondencia:

Dr. A. DANIEL MOYA

Centro de Diagnóstico Urológico

Av. Córdoba 2424 – Buenos Aires - Argentina

dor de onda de choque comercial, el Dornier Lithotripter HMI.

En 1985, se llevó a cabo el primer tratamiento de un cálculo de vesícula biliar. En los últimos dieciséis años más de tres millones de pacientes han sido tratados transformando a la litotricia por onda de choque en la indicación principal para el tratamiento de los cálculos renales. Posteriormente el método fue aplicado al tratamiento de cálculos del tracto biliar, la vejiga, el páncreas y las glándulas salivales.

En 1985, en lo que respecta a la Ortopedia y Traumatología, se desarrollaron las primeras experiencias con respecto al efecto en el hueso. En realidad, inicialmente esto se debió a que se tenía temor acerca del daño que podría causar en la cadera el tratamiento de pacientes con litiasis renal. No se comprobó que aparecieran lesiones colaterales en hueso sano, sino por el contrario se constató que existía un estímulo de la osteogénesis y de la formación de callo de fractura por activación de los osteoblastos.

En 1988, se aplicó por primera vez el método para el tratamiento de una pseudoartrosis con buenos resultados. Valchanov y cols.⁹¹ informaron haber obtenido éxito en el 85% de los casos en pseudoartrosis y retardos de consolidación.

En 1993, fue lanzado al mercado el primer generador de onda de choque especialmente diseñado para el uso en el tejido musculoesquelético, con el nombre Ossa Tron. La tecnología aplicada para la litotricia renal debió ser modificada para el uso ortopédico. Las características técnicas y los dispositivos de aplicación urológicos convencionales tienen limitaciones e incluso contraindicaciones para su aplicación en tejidos musculoesqueléticos.

En el comienzo de la década de los noventa aparecieron los primeros informes con respecto a la tendinitis calcárea. Dahmen aplicó el concepto del tratamiento de cálculos renales y lo utilizó en las calcificaciones de la región del hombro con buenos resultados.¹¹ Posteriormente surgieron numerosas publicaciones que informaban su aplicación en epicondilitis^{3,9,11,20,33,37,42,50,64,65,75,86} y fascitis plantar^{2,7,8,11,13,15,16,40,41,42,58,67,70,77,80,85} y actualmente existen diversas líneas de investigación.

En 1997, se estableció en Viena, la Sociedad Europea para la Terapia por Onda de Choque a nivel Musculoesquelético (ESMST) pero debido a la rápida difusión del método, en 1999, fue rebautizada como Sociedad Internacional para la Terapia por Onda de Choque a nivel Musculoesquelético (ISMST). En Sudamérica, la Sociedade Brasileira de Terapia por Ondas de Choque Extracorpórea en Ortopedia (SBTOC) le ha dado gran impulso a su aplicación.

La FDA ha aprobado el uso de la onda de choque para el tratamiento de la fascitis plantar.^{58,67,69} En lo que respecta al resto de las patologías se encuentran aún en trámite de aprobación para su uso en los Estados Unidos. Sin embargo esta organización gubernamental ha considerado que en el caso de otras patologías como la tendinitis aquilea, epicondilitis, calcificaciones del supraespi-

noso, retardos de consolidación y pseudoartrosis, la información acumulada hasta el momento sugiere que tienen al menos la misma eficacia terapéutica que los métodos convencionales sin riesgo potencial.

Características físicas de la onda

La aplicación diagnóstica y terapéutica del sonido no es nueva en medicina. La mayoría de las ondas utilizadas son continuas. El ejemplo típico es el ultrasonido en el cual ondas continuas de alta intensidad generan calor en el organismo. En el caso de la ecografía se usan pulsos de onda cortos manteniendo el número de oscilaciones lo más bajo posible.

El patrón de las ondas de choque es distinto, son en realidad pulsos de presión de corta duración (Fig.1). La presión positiva crece muy rápidamente desde la presión ambiente al pico máximo de la onda y luego cae para ser seguida por una corta fase de presión negativa.

Estas ondas presentan entonces un pico de presión alto que en el caso de uso terapéutico está entre 8 mPa a más de 100 mPa. Este pico de presión se logra muy rápidamente en menos de 10 nanosegundos. La duración del ciclo es corta (menos de 10 microsegundos) y su espectro de frecuencia es amplio (16Hz-20 MHz). La onda de presión negativa dura unos pocos microsegundos.^{11,68}

Generación de la onda de choque

La onda de choque aplicada al tratamiento médico puede considerarse como una explosión controlada que genera un pulso sónico. Existen distintas formas de generar este pulso. Todas ellas dependen de la conversión de energía eléctrica en mecánica. Los tres mecanismos de generación de la onda habitualmente usados son:

- **Sistemas electrohidráulicos:** representan la primera generación de dispositivos. Se genera la onda a partir de una chispa como en la ignición de los automóviles. A partir de un capacitor cargado se produce una descarga de alto voltaje que a través de electrodos produce un impulso sobre un reflector elíptico que contiene agua. La chispa generada produce calor y vaporiza el agua circundante produciendo una burbuja de gas constituida por vapor de agua y plasma. Los sistemas electrohidráulicos son los más efectivos desde el punto de vista terapéutico por las características de distribución de la presión en el área de tratamiento.
- **Sistemas piezoeléctricos:** la oscilación de cristales de cuarzo determinada por una rápida descarga eléctrica genera un pulso de presión en el agua circundante que produce una onda de choque. Son los sistemas más caros por su mantenimiento.
- **Sistemas electromagnéticos:** un pulso generado por un campo magnético produce la deflexión de una membrana metálica altamente conductora que genera la onda de sonido. Una vez emitida la onda pasa a tra-

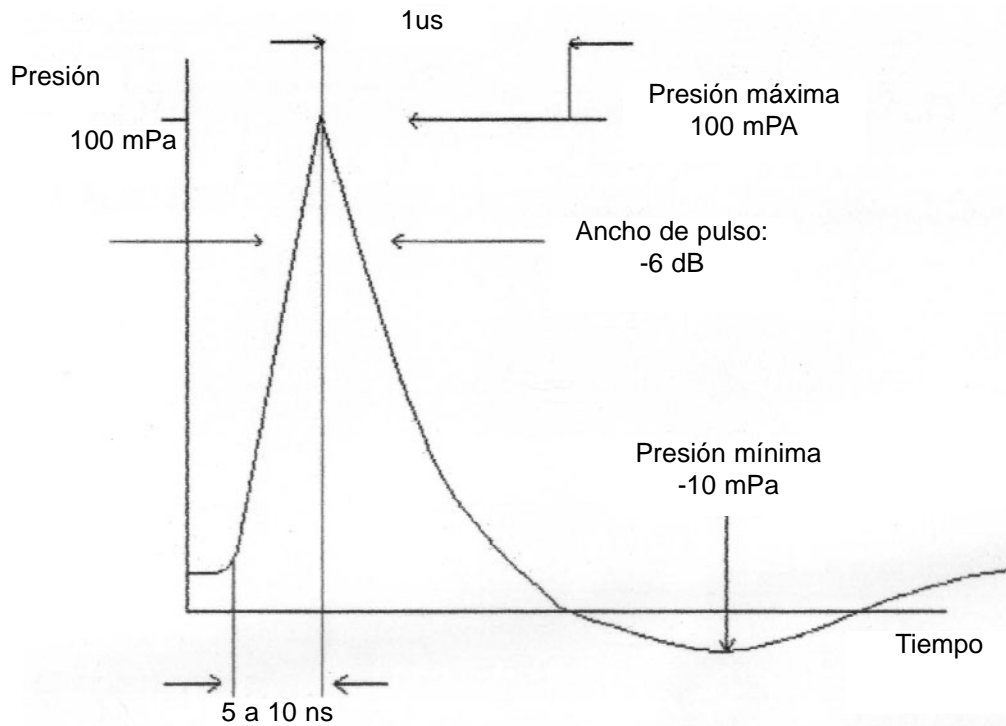


Figura 1. Onda de choque.

vés de una lente acústica que de acuerdo con su distancia focal determina un punto focal terapéutico determinado.

Los aparatos utilizados para el tratamiento en tejido musculoesquelético (Fig. 2) están constituidos por:

1. Una unidad generadora de ondas.
2. Controles de intensidad de potencia y contador de número de ondas aplicadas.
3. Almohada de acoplamiento con control de su volumen.
4. Unidad de circulación de agua.
5. Sistemas de localización (ecógrafo, intensificador de imágenes, marcadores láser).

Aplicación de la onda de choque

Una vez emitidas estas ondas mecánicas viajan a través de la materia ya sea en su fase sólida, líquida o gaseosa. En el caso de su aplicación terapéutica, la onda se transmite a través de una almohada de acoplamiento que es un medio líquido que al tener una consistencia acústica similar a la del cuerpo humano, favorece su transferencia al mismo. Es esencial que exista un medio de transición entre la almohada de acople y el organismo, como por ejemplo el gel para ultrasonido. Las ondas de choque son dirigidas hacia un punto focal en el tejido que debe ser tratado.

Existen tres posibilidades para asegurarse de que las ondas hagan blanco en la zona por tratar:

1. Feed-back del paciente: se practica la aplicación en la zona de máximo dolor. Esta es llamada directa cuando el centro de la almohada de acople coincide con el punto doloroso, de esta manera las ondas entran en la zona de dolor en forma vertical. Otra posibilidad es hacer una aplicación tangencial en la cual el punto doloroso coincide con el haz de un marcador láser que es perpendicular a la dirección de emisión de las ondas de choque. En este caso acceden a la zona de dolor desde una dirección tangencial.
2. Ultrasonido: los aparatos generadores de onda de choque cuentan con un brazo excéntrico que permite la localización del punto que se va a tratar desde varios ángulos y así localizar el área de tratamiento en dos planos.
3. Radiología: la utilización de un intensificador de imágenes es de gran ayuda para el uso sobre tejido óseo. Se ajusta el blanco moviendo la fuente de ondas de choque o al paciente en el plano horizontal mientras se practica la fluoroscopia en sentido anteroposterior y luego se gira el brazo del fluoroscopio en posición oblicua para ajustar el blanco en sentido vertical.

Efectos físicos de las ondas

La onda genera una brusca variación de presión que se propaga en los tres planos del espacio pasando de la presión ambiente al pico máximo de presión en el frente de la onda.

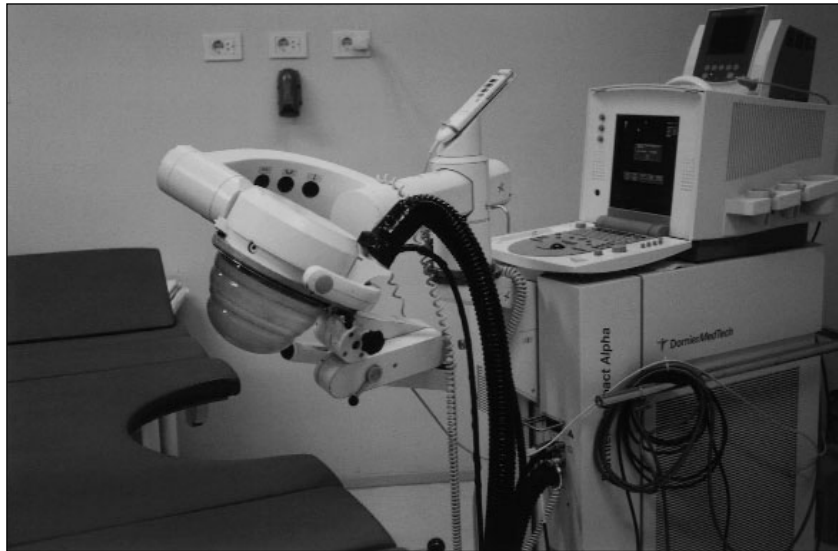


Figura 2. Dispositivo electromagnético de generación de onda de choque.

Al atravesar un medio, causa una expansión y concentración de éste que altera su densidad. La propagación puede describirse como una compresión y relajación alternadas del medio a lo largo de la dirección de propagación.

Cuando la onda de choque ingresa en un tejido se disipa y refleja, siendo la energía cinética absorbida de acuerdo con la estructura del medio. Así, van cambiando sus propiedades físicas por atenuación al viajar por un medio y por reflexión y refracción cuando pasa de un medio a otro. En el aire la atenuación es muy alta, en el medio acuoso en cambio es aproximadamente mil veces menor.⁶⁸

Para que la onda de choque tenga un efecto terapéutico adecuado la energía debe ser focalizada en el punto que se va a tratar. Si bien la onda es dirigida a un punto focal tiene efectos sobre un área mayor o volumen focal.

Se determina en los tejidos un efecto de carga mecánica que viaja a través de ellos a una velocidad levemente superior a la del sonido. La presión positiva y el corto tiempo de ascenso son responsables de este efecto directo de carga. Esto es lo que se llama efecto primario o directo de la onda de choque.

La onda negativa secundaria es responsable del fenómeno de cavitación, que es el llamado efecto indirecto o secundario de la onda de choque. Está determinado por la formación de burbujas gaseosas debido al efecto de las variaciones de presión sobre el agua. La primera parte de la onda comprime las burbujas de gas de 1 mm a unos pocos micrones con lo que la presión y la energía dentro de ellas aumentan destacadamente.

Después de un tiempo determinado las burbujas colapsan o implosionan en forma descontrolada generando ondas de choque secundarias. La interacción entre las ondas de choque y las burbujas genera chorros de agua de gran energía y alta temperatura. Este fenómeno también se produce cuando la onda impacta una burbuja de gas ya

presente en el medio. En la interfase entre medios de distinta densidad la simetría de los fenómenos de implosión es alterada con un mayor potencial destructivo. Así por ejemplo en los límites entre tejido muscular y óseo es en los que se producen mayores cambios y mayor emisión de energía con lo que se genera un mayor efecto biológico. Si el chorro de agua corre a través de una superficie dura se formará en ésta un orificio.⁸⁸ La desintegración de un cálculo renal es desde el punto de vista físico una combinación entre los efectos directo e indirecto de la onda de choque. El efecto de desintegración de cálculos renales se basa en la ecuación: $V = eE n$.⁶⁸

V: corresponde al volumen a desintegrar, e: es un coeficiente de desintegración propio de cada material, E: es el total de energía por pulso y n: es el número de pulsos. Sin embargo, en ortopedia esta ecuación no es aplicable en la mayoría de las indicaciones. Los mecanismos de acción en patología ortopédica están aún en investigación.

La carga se distribuye en un campo llamado “foco de onda de choque” que es definido como el área de distribución de la presión en sentido axial y lateral en la cual se puede medir hasta la mitad del valor máximo de la onda de presión. Dicha área tiene típicamente una forma elíptica o de cigarro, con su eje mayor en la dirección de propagación de las ondas y es crítica al considerar el valor terapéutico de la onda de choque (Fig. 3).

La profundidad o penetración del foco de la onda de choque en los tejidos puede variarse modificando el espesor de la almohada de acoplamiento. Existen varios parámetros físicos para considerar en el área focal:

1. Presión: la presión generada por la onda de choque con relación a espacio y tiempo se mide en megapascuales (mPa). El campo de presión es máximo en el centro focal y se disipa periféricamente de acuerdo con el mecanismo de generación de la onda.

2. Densidad de flujo de energía: la energía lograda en el punto focal es denominada “densidad de flujo de energía”. Es el valor máximo de energía acústica transmitido a través de un área de 1 mm^2 por cada pulso. Se mide en mJ/mm^2 (mili joules) . El valor máximo de densidad de energía se encuentra en el centro del foco de la onda de choque. Hacia la periferia el flujo de energía cae en forma proporcional a la caída de la presión. Los efectos biológicos de la onda de choque se asocian con los niveles de densidad de energía. Rompe ha definido como niveles bajos de energía a aquellos que se sitúan entre $0,08 \text{ mJ/mm}^2$ hasta $0,27 \text{ mJ/mm}^2$, desde $0,28 \text{ mJ/mm}^2$ hasta $0,59 \text{ mJ/mm}^2$ se considera una densidad de energía media, mientras que desde $0,60 \text{ mJ/mm}^2$ se considera alto nivel de energía.^{11,76} Sin embargo, el área más variable en los trabajos publicados ha sido la densidad de energía aplicada y los parámetros para definir los niveles bajos, medios y altos de energía han sido objeto de gran discusión. Esto se debe en parte a la gran cantidad de generadores de onda en el mercado con rendimientos distintos y a que es difícil medir el efecto de la onda sobre el foco, lo que se practica con unos dispositivos llamados hidrófonos.

3. El “ángulo de apertura” está determinado por el ángulo de un cono formado entre el punto focal y la apertura del dispositivo de emisión. Cuanto mayor sea el ángulo de apertura, más alta será la presión focal y la densidad de flujo de energía focal.
4. La “energía efectiva total de un tratamiento” se define como la densidad de flujo de energía por el número de pulsos y las medidas geométricas del foco. Representa la energía total transmitida a un determinado punto.

Los efectos físicos de las ondas pueden ser evaluados en un área definida en forma arbitraria según distintos parámetros. Existen distintas posibilidades:

1. Área de 6 dB: considera un área de acuerdo con el nivel de presión. Se definen los límites del foco hasta el punto en que la presión disminuye hasta un 50% del pico máximo. Se mide en mm a lo largo de los ejes x, y, z.
2. Área 5 mPa: se definen los límites del foco de acuerdo con el nivel de descenso de la presión hasta un nivel de 5 mPa, en mm en los tres ejes antes mencionados.
3. Área de 5 mm: un área definida por una extensión en forma esférica de 5 mm alrededor del foco.

Efectos biológicos

Los efectos biológicos son proporcionales a la absorción total de energía a nivel de los tejidos.

Efecto en escala celular

Las ondas de choque aplicadas a suspensiones celulares determinan un aumento en la permeabilidad de las membranas y cambios a nivel del núcleo, mitocondrias y

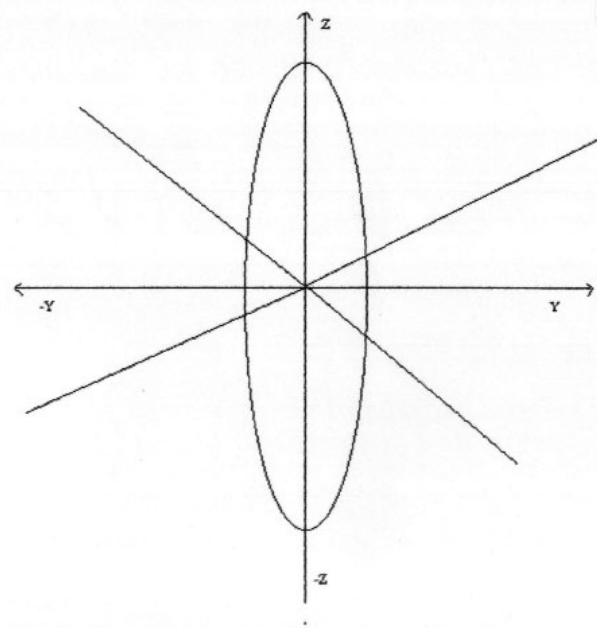


Figura 3. Foco de onda de choque.

retículo endoplasmático. De acuerdo con la potencia utilizada se generan fenómenos de vacuolización a nivel citoplasmático e incluso la destrucción celular.^{11,42,54,69,102}

Efecto sobre la piel

Estudios llevados a cabo en heridas practicadas en piel de animales han demostrado que mientras la aplicación de altas dosis de ondas determina una evidente disminución del proceso cicatrizal, dosis bajas aceleran el proceso de reepitelización.⁴²

Efecto sobre el hueso

Numerosos autores han demostrado un efecto osteogénico de las ondas de choque en diferentes modelos animales y cultivos celulares de osteocitos.^{23,42,54,69,91}

Los estudios experimentales han demostrado que aplicada sobre el hueso ilíaco la onda determina lisis de osteocitos seguida de un gran incremento en la actividad osteoblástica local en las siguientes 72 horas. La aplicación de altos niveles de energía produjo fracturas en estudios llevados a cabo en ratas, con niveles bajos de energía se comprobó la estimulación de la osteogénesis, en especial la formación del callo de fractura. Se ha demostrado la posibilidad de estimular la reacción osteogénica y formación de callos en pseudoartrosis provocadas en ovejas. En una primera etapa se observan hemorragias y necrosis seguidas de neoformación ósea.

Efecto sobre el cartílago de crecimiento

En huesos inmaduros de ratas y conejos se ha evidenciado displasia fisaria en el 50% de los casos con poste-

rioridad a la aplicación de la onda de choque. Este efecto está relacionado con los niveles de energía utilizados.¹⁰³

Efecto sobre el cartílago articular

La aplicación de ondas de choque a nivel del fémur distal de conejos no ha demostrado lesiones de la superficie articular.⁶⁹

Efecto sobre el tejido muscular

Se ha comprobado en ratas la aparición de microhemorragias y liberación de macromoléculas a nivel del tejido muscular.⁶⁹

Efecto sobre los tendones

Estudios experimentales en el tendón de Aquiles de conejos han evidenciado mínimos cambios con dosis bajas e intermedias de potencia pero la aparición de inflamación y derrame peritendinoso con dosis elevadas. Se ha demostrado que las ondas aumentan la vascularización de la unión tendón-hueso.^{11,69,76,98}

Efecto sobre el tejido nervioso

En estudios llevados a cabo en ranas se ha observado el efecto de estimulación del nervio ciático por aplicación de onda de choque, lo que se debería al fenómeno de cavitación. También se produce una alteración de los contenidos axónicos y un aumento de la permeabilidad de la membrana celular determinando despolarización.⁶⁹

Efecto sobre los vasos

Existe una relación directa entre el efecto y la energía aplicada. Con dosis altas se producen desde brechas intercelulares hasta lesiones de la membrana basal con desprendimiento de células endoteliales. Estas lesiones determinan un aumento en la permeabilidad vascular lo que favorecería la difusión de moléculas de citocina y generaría un efecto analgésico. Las venas son los vasos más afectados.^{23,30}

Efecto sobre los pulmones

El tejido pulmonar es altamente susceptible a la acción de la onda de choque y su aplicación puede provocar lesiones graves.^{11,23,30,69} Debido a esto la aplicación de la terapia por onda de choque está contraindicada a nivel de costillas y clavícula y debe practicarse con especial cuidado al tratar alguna patología de hombro de manera de no impactar el pulmón.

Efecto sobre los órganos abdominales

La aplicación de ondas de choque sobre distintos órga-

nos abdominales ha determinado lesiones hemorrágicas en éstos.

Efectos biológicos terapéuticos

Si bien el efecto terapéutico en tendinopatías y otros cuadros no es todavía totalmente claro se estudian diferentes mecanismos de acción. Se ha propuesto que al ingresar en el organismo, las ondas de choque actúan en cuatro fases:⁴²

1. Fase física: se producen cavitaciones extracelulares, ionización molecular y un incremento de la permeabilidad de las membranas celulares.
2. Fase fisicoquímica: se produce la difusión de radicales libres y la interacción con biomoléculas.
3. Fase química: se generan reacciones intracelulares y cambios moleculares.
4. Fase biológica: son la consecuencia de los fenómenos previos.

Los efectos terapéuticos sobre el tejido musculoesquelético varían de acuerdo con la densidad de energía aplicada.^{11,42,68,69,76} La utilización de niveles bajos de energía, con un promedio de 0,08 mJ/mm², determinaría analgesia por el llamado efecto de hiperestimulación o contraírritación. Al transmitir un estímulo inusualmente fuerte al cerebro a través del cuerno posterior de la médula espinal por la activación de los filamentos amielínicos C, se dispara el sistema inhibitorio descendente ubicado en la sustancia gris periacueductal lo que bloquea el ingreso de la información nociceptiva. De la misma manera, la activación de las fibras delgadas mielinizadas tipo A también bloquearía a las fibras C.

La disminución del dolor permite evitar patrones de movimiento articular anormal previniendo las recurrencias al perderse la "memoria" del dolor.

El efecto de la onda de choque sobre las membranas celulares activa el intercambio transcelular de iones y determina una eliminación y reabsorción más rápida de los productos del catabolismo. También tendría un efecto analgésico y antiinflamatorio, la activación de radicales libres, la estimulación de la actividad macrofágica y un incremento en la vascularización de la zona objeto de tratamiento.

La microrruptura del tejido cicatrizal fibroso y mal vascularizado favorece su invasión por brotes vasculares y stem cells determinando un efecto reparador.

Niveles mayores de energía determinan en materiales como los depósitos calcáreos efectos de desintegración por la formación de burbujas de cavitación. Este es el mecanismo por el que se desintegran las calcificaciones. En el caso del manguito rotador el material residual se vuelca a la bursa subacromial para ser degradado y metabolizado. La mayor densidad de flujo de energía es necesaria para el tratamiento de los retardos de consolidación y pseudoartrosis, produciendo rupturas capilares y formación de hematomas.

Contraindicaciones

Área de aplicación

La aplicación sobre áreas cercanas a grandes vasos puede determinar hemorragias y fenómenos de trombosis. Los órganos con contenido gaseoso como el pulmón o los intestinos pueden sufrir rupturas, por lo que está contraindicada la aplicación de ondas sobre ellos.

El efecto sobre el tejido nervioso no está determinado, por lo que no deben aplicarse las ondas en zonas cercanas a la médula espinal o sobre la calota craneana. La aplicación directa sobre grandes nervios puede producir lesiones.

La aplicación sobre el cartílago de crecimiento fértil está contraindicada ya que se han comprobado complicaciones en estudios experimentales en ratas.

Condiciones generales del paciente

Este procedimiento está contraindicado en pacientes anticoagulados o con trastornos de la coagulación debido al riesgo potencial de hemorragias y formación de hematomas.

El embarazo es actualmente una contraindicación ya que aún no se conocen los efectos de la onda de choque sobre él.

El uso de marcapasos es también una contraindicación pues las ondas pueden interactuar con su funcionamiento.

Condiciones locales

La presencia de lesiones tumorales en el área de tratamiento es una contraindicación ya que la onda podría favorecer su activación según el nivel de energía aplicado. De la misma manera podría ser contraproducente su aplicación sobre áreas infectadas ya que esto puede llevar a la complicación del cuadro.

Indicaciones y resultados

Se han documentado en trabajos científicos más de 8000 casos tratados. Todavía es necesario un mayor número de estudios prospectivos con grupos control y seguimiento a largo plazo.

Existen cuatro indicaciones consideradas clásicas y respaldadas por la Sociedad Internacional de onda de choque²⁹ que incluyen la fascitis plantar, la epicondilitis, las calcificaciones tendinosas en el hombro, los retardos de consolidación y las pseudoartrosis. Se ha publicado abundante bibliografía acerca del uso en otras situaciones como en la epitrocleítis y la bursitis de la pata de ganso. Considerando la gran cantidad de población afectada por estos cuadros, su habitual evolución crónica y largos tratamientos muchas veces sin resultado, es evidente que el desarrollo de un procedimiento terapéutico nuevo y no invasivo genera grandes expectativas.

Fascitis plantar

Esta patología es una causa de consulta muy frecuente. Su prevalencia es alta. Por ejemplo en Alemania es de al-

rededor de 600.000 casos en una población total de 80 millones.⁴² El cuadro es más frecuente en las mujeres mayores de 40 años, en los pacientes excedidos de peso y en las personas que por sus actividades deban permanecer de pie por períodos prolongados.

En general se manifiesta con dolor en la zona de inserción de la aponeurosis plantar en el tubérculo medial de la tuberosidad del calcáneo. En alrededor del 50% de los casos se observa radiológicamente lo que se ha popularizado como “espolón calcáneo”. Un alto porcentaje de pacientes mejora con el tratamiento tradicional incluyendo reposo, medicación antiinflamatoria, fisioterapia, pérdida de peso, descarga con plantillas e infiltraciones.^{42,84} Pero existen situaciones en las que a pesar del tratamiento persiste la sintomatología. En estas circunstancias se ha aconsejado la liberación quirúrgica de la fascia plantar, la resección del osteófito si está presente, la liberación del flexor corto de los dedos, neurlisis locales e incluso la resección de la tuberosidad anterior del calcáneo.

La terapia por onda de choque surge como una posibilidad para los pacientes que no responden al tratamiento conservador aplicado al menos por un lapso de 6 meses.

El régimen de tratamiento con ondas de choque para estos casos consiste en la aplicación de un rango de energía entre bajo e intermedio, siendo la densidad de flujo de energía aconsejable para la totalidad del tratamiento de 1300 mJ/mm².

Rompe^{11,77} informó un 52% de buenos resultados con seguimiento de un año en un estudio prospectivo, con asignación al azar y un grupo control placebo. En el grupo placebo los resultados favorables al año eran de sólo el 10%.

Abt y cols.¹ obtuvieron una diferencia estadísticamente significativa en un trabajo prospectivo con asignación al azar doble ciego en el que evaluaron la presión plantar a nivel del talón.

Los trabajos presentados a la fecha refieren entre un 50 y un 90% de buenos resultados.^{2,7,8,11,13,15,16,40,41,42,58,67,70,77,80,85} Estos resultados tienden a mantenerse con el tiempo. Sistermann¹¹ informó un 67% de buenos resultados con un seguimiento a tres años.

Esto significa una respuesta terapéutica importante si se considera que en todos los trabajos se agota la instancia de tratamiento conservador clásico antes de optar por la onda de choque.

Calcificaciones tendinosas del hombro

Las llamadas tendinitis calcificadas del hombro están determinadas por el depósito de cristales de hidroxipatita a nivel de los tendones del manguito rotador en cercanías de su inserción distal.

Desde el punto de vista clínico el cuadro puede variar desde estados asintomáticos hasta situaciones agudas con manifestaciones tan severas que han llevado a que se las compare con el dolor cólico de origen renal. La mayoría de los casos se encuentra entre los 30 y 50 años de edad. Es excepcional el hallazgo por encima de los 70 años en

pacientes de raza blanca. La incidencia es mayor en las mujeres. La bibliografía varía entre un 57 y un 76% en lo que respecta a la incidencia en ellas.

La localización del depósito de calcio es mucho más frecuente a nivel del músculo supraespinoso (entre 51 a 82% de los casos según los distintos autores). También se ha informado la localización en el infraespinoso, redondo menor, subescapular y porción larga del bíceps.

En la práctica diaria se recurre para su tratamiento a una amplia gama de procedimientos que incluyen medicación sintomática, fisioterapia, quinesioterapia, infiltraciones, punciones e incluso su extracción quirúrgica o artroscópica cuando no hay una respuesta adecuada al manejo conservador. Algunos autores han informado hasta un 99% de buenos resultados con el tratamiento conservador. Sin embargo DePalma y Kruper enfatizan que si bien observaron un 84% de buenos resultados a corto plazo, con el tiempo el porcentaje caía a un 61%. McLaughlin aclaró que sólo un 10% de las tendinitis calcificadas podría tener indicación quirúrgica y aseguró que los resultados eran predecibles y a largo plazo. Aun así la mayoría de los autores concuerda en que el tratamiento quirúrgico debe ser considerado cuando el tratamiento conservador ha fallado.

Actualmente, la terapia por onda de choque extracorpórea surge como una nueva posibilidad que actúa sobre la causa de la sintomatología sin ser un procedimiento invasivo.⁵

En 1997, Rompe y cols. informaron un 68% de buenos resultados aplicando un régimen de energía intermedia. Loew, en un estudio prospectivo aleatorizado y con grupo control de placebo, comunicó la desintegración de la calcificación en el 77% de los casos. Gerdesmeyer tuvo resultados similares en una serie de 963 casos.³² A la fecha se han publicado numerosos trabajos acerca de los resultados del método.^{5,31,32,42,57,59,60,71,79,81,87,89,97,99} Esta patología tiene un especial interés pues en ella se pueden graficar más claramente los resultados y no dependen sólo de la subjetividad del paciente.

Epicondilitis

La epicondilitis tiene una prevalencia del 1 al 3% que se incrementa al 10% en las mujeres entre los 40 a 50 años de edad. En muchos casos determina un cuadro altamente invalidante. Aún no está claro el mecanismo fisiopatológico que interviene en esta patología.¹⁰

El tratamiento habitual incluye reposo, fisioterapia, quinesioterapia, uso de férulas, medicación antiinflamatoria, infiltraciones con corticoides e incluso cirugía.

El tratamiento por onda de choque está indicado en los casos en los que un tratamiento prolongado, de al menos 6 meses, no ha dado un resultado adecuado. Se aplican habitualmente niveles bajos de energía. Los resultados exitosos rondan el 70% sin que se hayan informado complicaciones de importancia.^{3,9,11,20,33,37,42,50,64,65,75,86} Haist³⁷

en un trabajo publicado en el año 2000 refirió un 72% de buenos resultados en una serie de 1098 pacientes seguidos durante un año.

Retardos de consolidación y pseudoartrosis

La acción osteogénica de las ondas de choque fue uno de los efectos biológicos que se conocieron desde el principio de la investigación en seres vivos.^{11,19,68,69}

El retardo de consolidación es una solución de continuidad producida por un traumatismo, lesiones patológicas o por cirugía que no evidencia signos radiográficos y clínicos progresivos de consolidación en un período apropiado para el tipo de lesión y su localización. Cuando esta situación se vuelve irreversible y no hay posibilidad de una resolución espontánea se está frente a una pseudoartrosis.

La terapia por onda de choque ha sido utilizada desde sus comienzos para el tratamiento de este tipo de lesiones. Los mejores resultados han sido informados en casos de pseudoartrosis hipertróficas, en las formas atróficas la eficacia del procedimiento caen en forma acentuada, al igual que en los casos de una brecha mayor de 5 mm o cuando no existe una adecuada alineación o estabilización del foco.^{7,19,21,35,42,47,53,78,83,91}

En estos cuadros se trabaja con control radioscópico y con altos niveles de potencia. En la mayoría de los casos es necesario practicar al menos la sedación del paciente.

Con posterioridad al primer informe de Valchanov,⁹¹ en 1991 se han sucedido las publicaciones evidenciando buenos resultados. Schaden⁸³ reportó un 67% de buenos resultados en 70 casos de pseudoartrosis. Cugola²¹ presentó 75% de buenos resultados en diferentes fracturas de huesos largos. Schleberger comunicó en 1995 un 89% de buenos resultados en un grupo de 45 casos.¹¹

Indicaciones en desarrollo

La terapia por ondas de choque fue utilizada inicialmente en deportistas durante los juegos olímpicos de Atlanta.⁴² Se han obtenido buenos resultados en el 85% de los pacientes con patología tendinosa aguda y en el 70% de la crónica en atletas.^{4,86} También se han publicado trabajos evaluando el resultado de lesiones deportivas en relación con la práctica del golf.⁶⁶

Existe experiencia con buenos resultados en el tratamiento de síndrome de fricción subacromial sin lesión del manguito rotador,^{25,95,99} tendinitis aquileas,^{26,66,104} tendinitis rotulianas,^{66,72,93} pseudoartrosis de escafoides,^{17,82} bursitis trocantérica,⁹² necrosis de cabeza femoral,^{56,67} síndrome del túnel carpiano,⁴⁹ osteocondritis disecante,⁴⁴ enfermedad de Dupuytren,³⁸ enfermedad de Osgood-Schlatter¹⁸ y miositis osificante.¹⁴

También se ha utilizado la onda de choque como un auxilio para el aflojamiento del cemento en las revisiones de artroplastias.^{48,63,101}

La onda de choque podría ser de utilidad para el tratamiento de lesiones tumorales, ya sea por un efecto directo de necrosis celular con determinados niveles de potencia o por favorecer la llegada de la quimioterapia al aumentar la vascularización de la zona bajo tratamiento.^{25,74}

Complicaciones

Si bien se trata de un procedimiento seguro y eficaz su aplicación inadecuada puede dar origen a complicaciones graves. Casi todos los trabajos publicados hasta la fecha coinciden en que aplicado correctamente es un procedimiento que no acarrea problemas de importancia.

Durante la aplicación de la onda de choque, cuando se trabaja con niveles bajos de potencia, se produce una sensación leve de incomodidad que varía de acuerdo con el umbral de tolerancia de cada paciente. En el tratamiento de cuadros de pseudoartrosis la utilización de niveles de energía más altos obliga a sedar al paciente e incluso a utilizar anestesia.

La complicación más referida con posterioridad al tratamiento es la aparición de petequias o incluso pequeños hematomas en el área de aplicación que desaparecen con rapidez.^{11,42,59,60,79}

Existe en la literatura médica mundial el informe de un solo caso de una necrosis cefálica de húmero en una mujer de 59 años que había sido tratada más de tres años antes con onda de choque por presentar una calcificación del supraespinoso.²⁸ Aún se discute cuál fue el mecanismo real de producción de la necrosis, ya que la paciente también había recibido tres infiltraciones previas con corticoides. Se especuló que la aplicación de la onda de choque podría haber causado una lesión de la arteria circunfleja anterior, sin embargo durante muchos años ésta era ligada al seccionar el subescapular en los abordajes anteriores de hombro sin que se informara acerca de necrosis cefálicas posoperatorias.

Existen numerosos informes que evalúan grandes poblaciones de pacientes con seguimiento prolongado que no comunican complicaciones severas. Por ejemplo, con respecto a la tendinitis calcificada del hombro, Thiele⁸⁹ reportó 1483 pacientes con un seguimiento de 4 años sin casos de necrosis u otras complicaciones de importancia.

Consideraciones éticas

La terapia por onda de choque para el tratamiento de las lesiones del tejido musculoesquelético es aún un procedimiento en desarrollo por lo que se deben extremar las medidas para evitar su uso inadecuado. El procedimiento es un acto médico que debe ser indicado y aplicado por un especialista en ortopedia y traumatología.²⁹ Su indicación está dada cuando el tratamiento incruento convencional se considera agotado y como opción previa al tratamiento quirúrgico. La Sociedad Internacional para el tratamiento con ondas de choque ha recomendado al menos 6 meses de trata-

miento clásico antes de decidir la aplicación de la terapia, pero estudios actuales sugieren que el tiempo previo de evolución del cuadro influye en los resultados excepto para la aquilodinia y sugieren reducir el lapso previo a 3 meses.⁶ Otros autores, en cambio, consideran que al existir mayor fibrosis el efecto de cavitación será mayor y aconsejan no anticipar el uso de la onda de choque.^{45,46}

De acuerdo con la Sociedad Europea para la Terapia Musculoesquelética por Onda de Choque²⁹ el profesional que la aplica debe tener nivel de especialista en ortopedia o cirugía o al menos 4 años de experiencia quirúrgica en un hospital traumatológico o de ortopedia y el entrenamiento adecuado para el uso del dispositivo de onda de choque.

Consideraciones económicas

La simple posibilidad de evitar un tratamiento quirúrgico ahorrando los gastos sanatoriales, el lucro cesante del paciente y los gastos por posibles complicaciones de la cirugía hacen evidente el potencial de la onda de choque en lo que respecta a la administración de recursos de la salud.¹⁰⁰

Numerosos estudios han demostrado que existe una excelente relación costo-eficacia de la terapia por onda de choque aplicada a la patología musculoesquelética.

Para el tratamiento de las calcificaciones tendinosas un estudio comparativo multicéntrico desarrollado en Suiza²⁷ de dos grupos similares demostró un ahorro de 2000 dólares por paciente de los casos tratados por onda de choque en relación con la terapia convencional. En este mismo estudio, por otra parte, la terapia por onda de choque presentó 18% de malos resultados contra 37% de la terapia convencional. La Junta de Compensación de Accidentes de Trabajo de Columbia Británica en Canadá ha dejado de aprobar la indicación de cirugía en casos de epicondilitis y epitrocleititis hasta no practicar el tratamiento con terapia por onda de choque. La comparación entre la cirugía y la terapia por onda de choque para el tratamiento de pseudoartrosis de tibia⁵³ demostró que los gastos fueron cinco veces menores con esta última (la terapia por onda de choque fue un 82% más barata). El período de recuperación fue un promedio de 7,8 meses con la cirugía y de 5,3 meses con la onda de choque. La consolidación se logró en 8 de 15 pacientes con la cirugía y en 13 de 15 con la onda de choque.

Nuestra experiencia

Tuvimos las primeras noticias sobre la onda de choque hace 6 años a través de colegas del Hospital Universitario de Munich (Klinikum Großhadern der LMU) que nos comentaban con entusiasmo sus primeros resultados. Hace más de 2 años efectuamos el entrenamiento para la aplicación del método en Sao Paulo con el Dr. José Eid, Presidente de la Sociedade Brasileira de Terapia por Ondas de Choque Extracorpórea en Ortopedia (SBTOC).

A mediados de 2001 iniciamos el primer tratamiento a 3 pacientes junto con el Dr. Eid en Buenos Aires. Hasta la

fecha hemos tratado a 84 pacientes incluyendo calcificaciones del supraespinoso, fricción subacromial en estadio I de Neer, fascitis plantar, epicondilitis, tendinitis rotulianas, bursitis de la pata de ganso y cuadros de rizartrrosis del pulgar. Se utilizó un dispositivo electromagnético de generación de onda de choque.

Todos los pacientes incluidos habían agotado las posibilidades terapéuticas convencionales y fueron tratados gratuitamente. No tuvimos ninguna complicación de importancia, sólo en un caso se produjo la aparición de un pequeño hematoma superficial que no llegó a impedir la continuidad del tratamiento. Hemos visto en cambio que sí existe una importante variedad en la tolerancia de los pacientes al impacto de la onda.

Los resultados en lo que respecta a analgesia, por ejemplo en las fascitis plantares o calcificaciones del supraespinoso, son en algunos casos tan inmediatos que el paciente se levanta de la mesa de aplicaciones después de la primera sesión sin dolor. También existen enfermos que a pesar de completar el tratamiento no han sentido ninguna mejoría. Los resultados son muy alentadores en especial en casos de calcificaciones del supraespinoso, fascitis plantares, bursitis de la pata de ganso y rizartrrosis del pulgar. En tér-

minos generales hemos obtenido buenos resultados en más de un 70% de los pacientes. Evidentemente es preciso evaluar cada patología en forma separada con un tamaño de muestra adecuado y un seguimiento prolongado, lo cual confiamos será objeto de futuras presentaciones.

Las calcificaciones del supraespinoso son los cuadros en los que resulta más evidente el resultado del tratamiento, ya que pueden objetivarse en forma radiográfica. En la figura 4 se muestra la radiografía inicial de una calcificación del supraespinoso y el resultado después de tres aplicaciones de onda de choque. En la figura 5A se observa la radiografía inicial de un paciente que presentaba una calcificación del supraespinoso, fue sometido a cirugía artroscópica para extraer la calcificación pero no sólo no fue posible sino que en el posoperatorio desarrolló una segunda calcificación más medial (Fig. 5B). La aplicación de tres sesiones de terapia por onda de choque permitió eliminar, además de la calcificación, por completo el dolor y la limitación de la movilidad (Fig. 5C).

Consideramos que este nuevo método abre posibilidades terapéuticas enormes, pero será necesario extremar las medidas para evitar su uso inadecuado considerando que aún es un procedimiento en desarrollo.



Figura 4A y B. Imagen de una calcificación del supraespinoso en forma previa al comienzo del tratamiento y con posterioridad a tres aplicaciones de terapia por onda de choque.

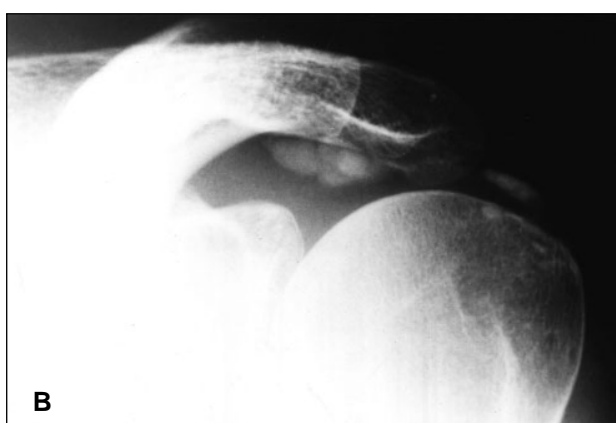
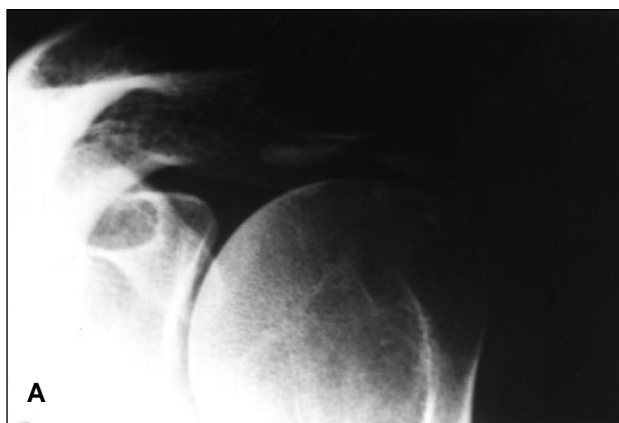


Figura 5A. Imagen inicial prequirúrgica. **B.** Imagen radiográfica con posterioridad a cirugía artroscópica, la imagen inicial persiste y se agrega un depósito de calcio más medial.



Figura 5C. Desaparición de todos los depósitos cálcicos con posterioridad al tratamiento con onda de choque.

Referencias bibliográficas

1. **Abt et al.** *Shockwave therapy for painful heel spur: results of a prospective randomized double blind study measuring plantar heel pressure with a Novel Emed AT-4 pedograph system.* 4th Congress of the International Society for Musculoskeletal Shockwave Therapy; 2001.
2. **Alvarez R.** Preliminary results on the safety and efficacy of the OssaTron for treatment of plantar fasciitis. *Foot Ankle Int*; 23:197-203;2002.
3. **Ape A, Bosco V, Buselli P, et al.** *A retrospective, multi-centre experience report of shock wave therapy on epicondylitis.* 3rd Congress of the ISMST-Naples, Abstracts: 35-36;2000.
4. **Amelio E, Cugola L.** *Acute and chronic tendon pathology in athlete.* 3rd Congress of the ISMST-Naples; 2000.
5. **Assenza, Buselli P, Chiacchio C, et al.** *A retrospective, multi-centre experience report of shock wave therapy on rotator cuff tendinitis with calcific deposit.* 3rd Congress of the ISMST - Naples, Abstracts:25;2000.
6. **Auersperg V, Labek G, Böhler N.** *Correlations between length of history and outcome.* In: Coombs R, Schaden W, Zhou S. *Musculoskeletal Shockwave Therapy.* London: Greenwich Medical Media Ltd.2000.pp.37-42.
7. **Baloglu I, Aydinok H, Lök V.** *Our results of the ossatherapy for treatment of pseudoarthrosis.* 3rd Congress of the ISMST-Naples, Abstracts: 56;2000.
8. **Baloglu I, Lök V.** *Shockwave therapy for plantar fasciitis combs.* In: Coombs R, Schaden W, Zhou S. *Musculoskeletal Shockwave Therapy.* London: Greenwich Medical Media Ltd.2000.pp.51-52.
9. **Beg M, Melikyan E, Yang X, et al.** *Shockwave treatment for intractable tennis elbow.* In: Coombs R, Schaden W, Zhou S. *Musculoskeletal Shockwave Therapy.* London: Greenwich Medical Media Ltd.2000.pp.81-90.
10. **Boyer MI, Hastings H.** Lateral tennis elbow: Is there any science out there? *J Shoulder Elbow Surg*; 8:481-491;1999.
11. **Bachmann CE.** *ESWT and ultrasound imaging of the musculoskeletal system.* Steinkopff Verlag Darmstadt;2001.
12. **Brunner W, Thüringer R, Ascher G, et al.** *High energy shock waves for pain management in orthopedics: a two year follow up in 899 cases.* 3rd Congress of the ISMST - Naples, Abstracts:75;2000.
13. **Buch M, Siebert W.** *Shockwave treatment for heel pain syndrome - a prospective investigation.* In: Coombs R, Schaden W, Zhou S. *Musculoskeletal Shockwave Therapy.* London: Greenwich Medical Media Ltd; 2000.pp.73-77.
14. **Buselli P, Saggini R.** *ESWT in ossificans myositis.* 3rd Congress of the ISMST-Naples, Abstracts:83;2000.
15. **Chen H, Chen L, Huang T.** Treatment of painfull heel syndrome with shock waves *Clin Orthop Relat Res*; 387:41-44;2001.
16. **Chen H, Chen L, Huang T.** Treatment of painful heel syndrome with shock waves *Clin Orthop*; 387:41-46;2001.
17. **Corrado B, Russo S, Gigliotti S, et al.** *Shockwave treatment for non-unions of the carpal scaphoid.* In: Coombs R, Schaden W, Zhou S. *Musculoskeletal Shockwave Therapy.* London: Greenwich Medical Media Ltd.2000.pp.187-194.
18. **Corrado et al.** *Shockwaves therapy in the treatment of Osgood Schlätter disease out.* 4th Congress of the International Society for Musculoskeletal Shockwave Therapy;2001.
19. **Cozzolino F, Corrado B, Izzo M, et al.** *Axial external fixation plus high energy shock waves in the treatment of unstable leg non union.* 3rd Congress of the ISMST-Naples; Abstracts:61;2000.
20. **Crowther M.** *A prospective randomised study comparing shockwave therapy and steroid injection in the treatment of 'tennis elbow'.* 3rd Congress of the ISMST-Naples, Abstracts:34;2000.

21. **Cugola L, Amelio E.** *Long bone non-union: treatment by extracorporeal shock wave (ESW).* 3rd Congress of the ISMST-Naples, Abstracts:59;2000.
22. **de Durante C, Russo S, Gigliotti S, et al.** *The treatment of shoulder periarticular calcifications by shock waves.* 3rd Congress of the ISMST-Naples, Abstracts:23;2000.
23. **Delius M.** *Bioeffects of shock waves: in vivo and in vitro actions.* 3rd Congress of the ISMST-Naples, Abstracts:9;2000.
24. **Dellian M, Walenta S, Gamarra F, et al.** *A Ischemia and loss of ATP in tumors following treatment with focused high energy shock waves.* *Br J Cancer*; 68:26-31;1993.
25. **de Oya R, Sanchez Benitez Soto J, Garcia Munilla M.** *Extracorporeal shock waves in the treatment of tendinitis of shoulder.* 3rd Congress of the ISMST-Naples, Abstracts: 13;2000.
26. **de Pretto M, Guerra L, Pozzolini M, et al.** *A retrospective multi-center experience report of shock wave therapy on achilles tendinitis.* 3rd Congress of the ISMST-Naples, Abstracts:45-46;2000.
27. **Dubs B.** *Efficacy and economical aspects: comparison ESWT versus alternate therapies in the treatment of calcifying tendinitis.* 4th Congress of the International Society for Musculoskeletal Shockwave Therapy;2001.
28. **Durst HB, Blatter MB, Kuster MS.** *Osteonecrosis of the humeral head after extracorporeal shock-wave lithotripsy.* *J Bone Jt Surg (Br)*; 84:744-746;2002.
29. **European Society for Musculoskeletal Shockwave Therapy.** *Guideline recommendation for the standarization of extracorporeal shockwave therapy as a substitution of surgery in the field of orthopaedic medicine;*1998.
30. **Gebhart C, Widhalm R.** *The biological effects of shockwave treatment.* In: Coombs R, Schaden W, Zhou S. *Musculoskeletal Shockwave Therapy.* London: Greenwich Medical Media Ltd.2000.pp.11-12.
31. **Gerdesmeyer L, Hauschild M, Bachfischer K.** *The change of clinical outcome of tendinitis calcarea after ESWT in course of time.* 3rd Congress of the ISMST-Naples, Abstracts:28;2000.
32. **Gerdesmeyer L, Rösner S, Bachfischer K.** *The effect of high energetic ESWT on tendinitis calcarea of the shoulder in 963 cases.* 3rd Congress of the ISMST-Naples, Abstracts:27;2000.
33. **Gigliotti S, Russo S, de Durante C, et al.** *Humeral epicondylitis treated with low energy shockwaves.* In: Coombs R, Schaden W, Zhou S. *Musculoskeletal Shockwave Therapy.* London: Greenwich Medical Media Ltd.2000pp.101-106.
34. **Gigliotti S, Russo S, de Durante C, et al.** *Personal experience with ESWT in musculoskeletal lesions during football world cup in France.* 3rd Congress of the ISMST-Naples, Abstracts:50;2000.
35. **Gonzalez R, Hernadez J.** *Early experience with ESWT to stimulate bone healing.* 3rd Congress of the ISMST-Naples, Abstracts:55;2000.
36. **Gordon R, Hydon R.** *Ossatron shock wave therapy: the Canadian experience.* 3rd Congress of the ISMST-Naples, Abstracts:72;2000.
37. **Haist J.** *Shockwave treatment for radial and ulnar epicondylitis.* In: Coombs R, Schaden W, Zhou S. *Musculoskeletal Shockwave Therapy.* London: Greenwich Medical Media Ltd.2000.pp.115-113.
38. **Haist J.** *Shockwave treatment of dupuytren's contracture and ledderhose's contraction.* In: Coombs R, Schaden W, Zhou S. *Musculoskeletal Shockwave Therapy.* London: Greenwich Medical Media Ltd.2000.pp.253-254.
39. **Haist J, Steeger von Keitz D.** *Shock wave therapy in the treatment of near to bone soft tissue pain in sportsmen.* *J Sports Med*; 17:79-81;1996.
40. **Hammer DS, Rupp S, Ensslin S, et al.** *Extracorporeal shock wave therapy in patients with tennis elbow and painful heel.* *Arch Orthop Trauma Surg*; 120:304-307;2000.
41. **Hammer DS, Rupp S, Kreutz A, et al.** *Extracorporeal shockwave therapy (ESWT) in patients with chronic proximal plantar fasciitis.* *Foot Ankle Int*; 23:309-313;2002.
42. **Haupt G.** *Use of extracorporeal shock waves in the treatment of pseudoarthrosis, tendinopathy and other orthopedic diseases.* *J Urology*; 158:4-11;1997.
43. **Häusler E, Kiefer W.** *Anregung von stoßwellen in flüssigkeiten durch hochgeschwindigkeitswasser-tropfen.* *Verhand Dtsch. Physikal Gesellschaft* 6:786;1971.
44. **Heidersdorf S, Lauber S, Lauber H, et al.** *Osteochondritis dissecans.* In: Coombs R, Schaden W, Zhou S. *Musculoskeletal Shockwave Therapy.* London: Greenwich Medical Media Ltd.2000.pp.255-264.
45. **Helbig K, Schostok T, Brown M, et al.** *Correlations between duration of pain and success.* In: Coombs R, Schaden W, Zhou S. *Musculoskeletal Shockwave Therapy.* London: Greenwich Medical Media Ltd.2000.pp.43-48.
46. **Helbig K, Herbert C, Schostok T, et al.** *Correlations between the duration of pain and the success of shock wave therapy.* *Clin Orthop*; 387:68-71;2001.
47. **Johannes EJ, Sukul Kaulesar DMKS, Mature E, et al.** *High energy shock waves for the treatment of nonunions - experiments in dog.* *Surg Research*; 57:246-252;1994.
48. **Karpman R, Magee F, Gruen T, et al.** *The Lithotripter and its potential use in the revision of total hip arthroplasty.* *Clin Orthop*; 387:4-7;2001.

49. **Kawahara K, Koba M.** *The effect of extracorporeal shock wave therapy (ESWT) for carpal tunnel syndrome (CTS) in chronic hemodialysis patients.* 3rd Congress of the ISMST-Naples, Abstracts:93;2000.
50. **Ko J, Chen H, Chen L.** *Treatment of lateral epicondylitis of the elbow with shock waves.* *Clin Orthop*; 387:60-67;2001.
51. **Koeweiden E, Chin A, Paw E.** *Promising results of ESWT for tennis elbow.* 3rd Congress of the ISMST-Naples, Abstracts:33;2000.
52. **Krischek O, Hopf C, Nafe B, et al.** Shock-wave therapy for tennis and golfer's elbow. *Arch Orthop Trauma Surg*; 119:62-66;1999.
53. **Kuderna H, Schaden W, Sailler A, et al.** *Comparison of 30 tibial non-unions: costs of surgical treatment versus costs of extracorporeal shockwave therapy.* 3rd Congress of the ISMST-Naples, Abstracts: 65-66;2000.
54. **Kusnierczak D, Brocai DRC, Vettel U, et al.** *The influence of extracorporeal shock wave application (ESWA) on the biological behaviour of bone cells in vitro.* 3rd Congress of the ISMST-Naples, Abstracts: 100;2000.
55. **la Bruna SC, Tedeschi C, Camurri GB.** *Shock waves therapy for a rehabilitation program.* 3rd Congress of the ISMST-Naples, Abstracts: 74; 2000.
56. **Lauber S, Lauber HJ, Ludwig J, et al.** *MRI controlled results of extracorporeal shockwave therapy in adult osteonecrosis of the femoral head.* 3rd Congress of the ISMST-Naples, Abstracts: 91;2000.
57. **Leiler TU.** *Shockwave therapy for chronic shoulder pain with and without radiologically detectable calcifying deposits - a comparison.* 4th Congress of the International Society for Musculoskeletal Shockwave Therapy;2001.
58. **Levitt R, Alvarez R, Ogden JA.** *The FDA studies of musculoskeletal shockwave therapy for lateral epicondylitis and heel pain syndrome.* In: Coombs R, Schaden W, Zhou S. *Musculoskeletal Shockwave Therapy.* London: Greenwich Medical Media Ltd; 107-110;2000.
59. **Loew M, Daecke W, Kusnierczak D, et al.** *Extracorporeal shock wave application - an effective treatment for patients with chronic and therapy-resistant calcifying tendinitis?* *J Bone Jt Surg (Br)*; 81:863-867;1999.
60. **Loew M, Jurgowski W, Mau HC, et al.** *Treatment of calcifying tendinitis of rotator cuff by extracorporeal shock waves: a preliminary report.* *Shoulder Elbow Surg*; 4:101-106;1995.
61. **Ludwig J, Höttinger H, Lauber S, et al.** *Pre and post shockwave therapy (SWT). MRI evaluation of artificial calcifications of the supraspinatus tendon in pig shoulders.* 3rd Congress of the ISMST-Naples, Abstracts: 94; 2000.
62. **Ludwig J, Lauber S, Lauber H, et al.** *High-energy shock wave treatment of femoral head necrosis in adults.* *Clin Orthop*; 387:119-126;2001.
63. **May TC, Krause WR, Preslar AJ, et al.** *Use of high energy shock waves for bone cement removal.* *Arthroplasty*; 01:19-27;1990.
64. **Melikyan EY.** *Prospective randomised double blinded study of extracorporeal shock wave therapy versus placebo for intractable tennis elbow.* 4th Congress of the International Society for Musculoskeletal Shockwave Therapy;2001.
65. **Neuland HG.** *The treatment of complaints caused by playing golf using ESWT.* 3rd Congress of the ISMST-Naples, Abstracts: 78; 2000.
66. **Nigrisoli M, Bosco V, Sisca G.** *Shockwave treatment for knee and achilles tendinopathies.* In: Coombs R, Schaden W, Zhou S. *Musculoskeletal Shockwave Therapy.* London: Greenwich Medical Media Ltd.2000.
67. **Ogden JA, Alvarez R, Levitt R, et al.** *Chronic heel pain: results of FDA shockwave study.* 3rd Congress of the ISMST-Naples, Abstracts: 51;2000.
68. **Ogden JA, Tóth-Kischkat A, Schultheiss R.** *Principles of shock wave therapy.* *Clin Orthop*; 387:8-17;2001.
69. **Ogden JA, Alvarez R, Levitt R, et al.** *Shock wave therapy (Orthotripsy®) in musculoskeletal disorders.* *Clin Orthop*; 387:22-40;2001.
70. **Ogden JA, Alvarez R, Levitt R, et al.** *Shock wave therapy for chronic proximal plantar fasciitis.* *Clin Orthop*; 387:47-59;2001.
71. **Peers K, Onkelinx L, Brys P, et al.** *ESWT for calcific tendinopathy of the rotator cuff: one year follow-up and outcome comparison with surgery.* 3rd Congress of the ISMST-Naples, Abstracts: 15;2000.
72. **Peers K, van den Eeude E, Brys P, et al.** *Cross sectional functional outcome comparison of ESWT versus surgery for chronic patellar tendinopathy.* 3rd Congress of the ISMST-Naples, Abstracts: 42; 2000.
73. **Pritsch T.** *Extracorporeal shockwave therapy of osteoarthritis of the knee.* 4th Congress of the International Society for Musculoskeletal Shockwave Therapy; 2001.
74. **Randazzo RF, Chaussy C, Fuchs GJ, et al.** *The in vitro and in vivo effects of extracorporeal shock waves on malignant cells.* *Urological Research*; 16:419-426;1988.
75. **Rompe JD, Hopf C, Küllmer K, et al.** *Analgesic effect of extracorporeal shock-wave therapy on chronic tennis elbow.* *J Bone Jt Surg (Br)*; 78:233-237;1996.
76. **Rompe JD, Kirkpatrick CJ, Küllmer K, et al.** *Dose-related effects of shock waves on rabbit tendo Achillis.* *J Bone Jt Surg (Br)*; 80:546-552;1998.
77. **Rompe JD, Küllmer K, Riehle HM, et al.** *Effectiveness of low-energy extracorporeal shock waves for chronic plantar fasciitis.* *Foot Ankle Surg*; 2:215-221;1996.
78. **Rompe JD, Rosendahl T, Schöllner C, et al.** *High-energy extracorporeal shock wave treatment of nonunions.* *Clin Orthop*; 387:102-111;2001.

79. **Rompe JD, Rumler F, Hopf C, et al.** Extracorporeal shock wave therapy for calcifying tendinitis of the shoulder. *Clin Orthop*; 321:196-201;1995.
80. **Rompe JD, Schoellner C, Nafe B.** Evaluation of low-energy extracorporeal shock-wave application for treatment of chronic plantar fasciitis. *J Bone Jt Surg (Am)*; 84:335-41;2002.
81. **Rompe JD, Zöllner J, Riedel C, et al.** Importance of the elimination of the calcium deposit in patients treated with extracorporeal shockwaves for calcifying tendinitis of the shoulder. 3rd Congress of the ISMST-Naples;2000.
82. **Russo S, Briganti F, Gigliotti S, et al.** Treatment of scaphoid non-union by lithotripsy. 6th Congress of the International Federation of Societies for Surgery of the Hand;1995.
83. **Schaden W, Fischer A, Sailler A, et al.** Comparison of 30 tibial non-unions: conventional treatment versus extracorporeal shock wave therapy (ESWT). 3rd Congress of the ISMST-Naples, Abstracts: 64. Schaden W, Fischer A, Sailler A. Extracorporeal shock wave therapy of nonunion or delayed osseous union 2001. *Clin Orthop*; 387: 90-94;2000.
84. **Schepisis AA, Leach RE, Gorzyca J.** Plantar fasciitis. Etiology, treatment, surgical results, and review of the literature. *Clin Orthop*; 266:185-96;1991.
85. **Schöllner C, Riedel C, Schwitalle M, et al.** Shockwave treatment for plantar heel pain. In: Coombs R, Schaden W, Zhou S. Musculoskeletal Shockwave Therapy. London: Greenwich Medical Media Ltd.2000.pp.53-59.
86. **Steeger von Keitz D, Iowe A, Haist J.** Shockwave treatment for athletes with epicondylitis. In: Coombs R, Schaden W, Zhou S. Musculoskeletal Shockwave Therapy. London: Greenwich Medical Media Ltd.2000.pp.114-121.
87. **Tailly G, Eekhaut M, Dierckxsens P.** Shockwaves for calcifying tendonitis of the shoulder. In: Coombs R, Schaden W, Zhou S. Musculoskeletal Shockwave Therapy. London: Greenwich Medical Media Ltd.2000.pp.141-142.
88. **Thiel M.** Application of shock waves in medicine. *Clin Orthop*; 387:22-40;2001.
89. **Thiele R, Hartmann T, Helbig K, et al.** Musculoskeletal shockwave therapy for the treatment of tendinosis calcarea, follow up of 1483 patients between 1995 and 1998 (4 years). 3rd Congress of the ISMST-Naples, Abstracts: 29;2000.
90. **Tóth-Kischkat A.** Basic physics and definition of physical parameters. 3rd Congress of the ISMST-Naples, Abstracts:7-8;2000.
91. **Valchanov VD, Michailov P.** High energy shock waves in the treatment of delayed and non-union of fractures. *Orthopaedics*; 15:181-184;1991.
92. **Vara F, Garzon N, Garcia E, et al.** Shockwave treatment for trochanteric bursitis. In: Coombs R, Schaden W, Zhou S. Musculoskeletal Shockwave Therapy. London: Greenwich Medical Media Ltd.2000.pp.221-230.
93. **Vara F, Garzon N, Ortega E, et al.** Treatment of the patellar tendinitis with local application of extracorporeal shock waves. 3rd Congress of the ISMST-Naples, Abstracts: 41;2000.
94. **Von Keitz S.** Is there a long term analgesic effect of low-energy extracorporeal shockwave treatment? 4th Congress of the International Society for Musculoskeletal Shockwave Therapy;2001.
95. **Vulpiani MC.** Shockwave therapy in the symptomatic treatment for impingement syndrome of the shoulder. 4th Congress of the International Society for Musculoskeletal Shockwave Therapy;2001.
96. **Wang C, Chen C, Huang H, et al.** Treatment of nonunion of long bone by extracorporeal shock waves. 3rd Congress of the ISMST-Naples, Abstracts: 60;2000.
97. **Wang C, Ko J, Chen H.** Treatment of calcifying tendinitis of the shoulder with shock wave therapy. *Clin Orthop*; 387: 83-89;2001.
98. **Wang C, Pai C, Huang H.** Shock waves enhanced neovascularization at the tendon-bone junction. 3rd Congress of the ISMST-Naples, Abstracts: 96;2000.
99. **Wanke S, Ungersbock A.** Shockwave treatment for impingement and calcifying tendonitis of the shoulder. In: Coombs R, Schaden W, Zhou S. Musculoskeletal Shockwave Therapy. London: Greenwich Medical Media Ltd.2000.pp.139-140.
100. **Wanke S, Wild C, Kuene M.** Economic aspects of shockwave therapy. In: Coombs R, Schaden W, Zhou S. Musculoskeletal Shockwave Therapy. London: Greenwich Medical Media Ltd.2000.pp.21-22.
101. **Weinstein JN, Oster DM, Park JB, et al.** The effects of extracorporeal shock wave lithotripter on the bone-cement interface in dogs. *Clin Orthop*; 235:261-267;1988.
102. **Wörle K, Steinbach P, Hofstädter F.** The combined effects of high energy shock waves and cytostatic drugs or cytokines on human bladder cancer cells. *Br J Cancer*; 69:58-65;1994.
103. **Yeaman LD, Jerome CP, McCullough DL.** Effects of shock waves on the structure and growth of the immature rat epiphysis. *Urology*; 141:670-674;1989.
104. **Zillner B, Schmedtberger S, Neuhold A, et al.** Chronic achilloynia treatment with ESWT. 3rd Congress of the ISMST-Naples, Abstracts: 44;2000.