



DIGEST-Leitlinien

zur Extrakorporalen Stosswellentherapie

Erstellt durch das Expertenforum unter Teilnahme von: Dr. Auersperg, Dr. Buch, Ch. Dorfmueller, Prof. Gerdemeyer, Dr. Gleitz, Dr. Hausdorf, Dr. Kuderna, Prof. Maier, Dr. Neuland+, Dr. Radel, Prof. Rompe, Dr. Schaden, Prof. Siebert, Dr. R. Thiele, S. Thiele, Dr. Waubke, Dr. Wille

Letzte Aktualisierung am 27.10.2012

Inhaltsverzeichnis

Präambel

1

Physik und Technik der ESWT, Dr. Auersperg.....4

2

Praktische Anwendung

Achillessehnentendinopathie, Prof. Dr. Rompe.....	26
Plantare Fasciitis mit/ohne Fersensporn, Dr. Buch	29
Trochanter Schmerzsyndrom, Prof. Dr, Rompe	32
Tendinosis calcarea, PD Dr. Gerdemeyer.....	34
Radiale Epikondylopathie, Dr. Auersperg	39
Patellaspitzensyndrom, Dr. Auersperg.....	42
Pseudarthrose u. verzögert heilende Knochenbrüche, Dr. Schaden	45
Stressfrakturen, Dr. Schaden	50
Aseptische Hüftkopfnekrose, Dr. Thiele	53
Osteochondrosis dissecans, Dr. Thiele.....	56
Schmerzsyndrome der Skelettmuskulatur, Dr. Gleitz.....	60
Knochenmarködem.....	

3

Literatur

Weitere Literatur upDate erforderlich.....62

Präambel

Seit Mitte der 1980er Jahre werden weltweit neben der Urologie zunehmend Stosswellenbehandlungen in verschiedenen medizinischen Bereichen durchgeführt. Aufgrund der Vielzahl an mittlerweile verfügbaren Publikationen, ergibt sich die Möglichkeit, valide Leitlinien zur sicheren und effizienten Anwendung der Stosswellentherapie für die einzelnen Indikationen zu erstellen. Dazu hat sich ein Expertenforum* der DIGEST und der International Society for Medical Shockwave Treatment (ISMST) seit 2008 in mehreren Sitzungen getroffen, um vorliegende Empfehlungen auszuarbeiten. Die Behandlungsempfehlungen richten sich jeweils nach dem höchsten Evidenzgrad der verfügbaren Literatur, sofern diese im Einklang mit den von den Fachgesellschaften erarbeiteten Grundprinzipien sind.

Studien, die folgende Abweichungen aufweisen, wurden daher nicht berücksichtigt:

- Verwendung von Lokalanästhetika zur Stosswellenbehandlung von Sehnenkrankungen,
- Nichtbeachtung der erforderlichen Sport-/Belastungskarenz nach der Stosswellenbehandlung,
- Behandlung akuter Pathologien,
- Applikation von Stoßwellen auch in der Placebogruppe,
- Behandlung in unüblichen Zeitabständen.
- **Dokumentation:**
Dokumentation der Behandlungsparameter.
verantwortlicher Arzt für die ESWT
Bei Behandlungen in Allgemein- oder Leitungsanästhesie: OP Bericht

Physikalische Grundlagen

Die Definition von „Stoßwelle“ der Encyclopedia Britannica online (www.britannica.com) lautet „... starke Druckwelle in jeglichem elastischen Medium wie Luft, Wasser oder Festkörper, hergestellt durch Überschallflugzeuge, Explosionen, Blitz oder anderen Phänomenen, bei deren Druck verheerende Wirkungen auslöst. Stoßwellen unterscheiden sich von Schallwellen, indem die Wellenfront, welche den Druck ausübt, eine Region heftigster und raschester Veränderung des Drucks, der Dichte und der Temperatur des Gewebes ist. Aus diesem Grund breiten sich Stoßwellen unterschiedlicher als gewöhnliche Schallwellen aus, sie sind schneller als Schall, und die Geschwindigkeit nimmt mit der Höhe der Energie zu. Andererseits nimmt die Intensität einer Stoßwelle auch rascher ab als jene von Schall, weil die Stoßwelle einen Teil der Energie als Hitze an die Umgebung verliert.“

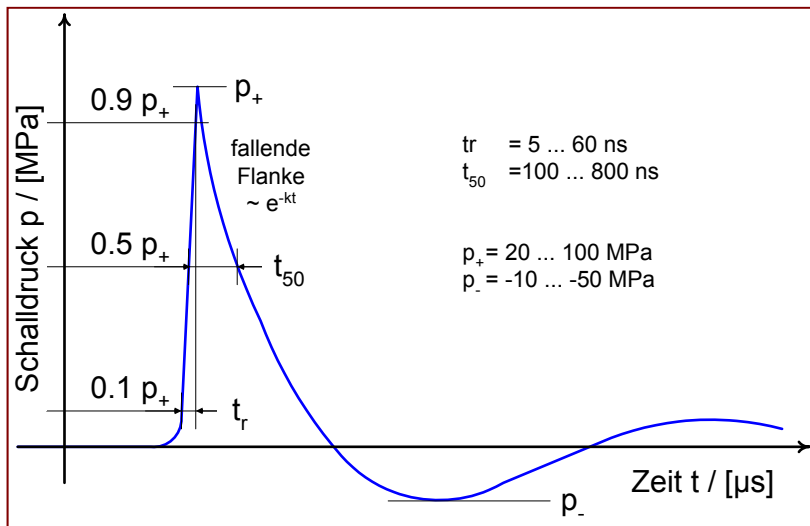
Stoßwellen haben zwar einige Eigenschaften, wie sie auch andere Wellen haben, unterscheiden sich aber doch erheblich. Hier soll ein wenig auf diese Unterschiede und Gemeinsamkeiten eingegangen werden.

Charakteristische Eigenschaften und Parameter von Stoßwellen

Die Energie einer Stoßwelle wird als Druck auf die Umgebung abgegeben. Dieser Druck ist sehr hoch, baut sich extrem schnell auf und bei einer klassischen Stoßwelle ist die Druckamplitude hauptsächlich positiver Druck, der negative Anteil ist wesentlich schwächer und länger und entspricht der Zugwelle.

Die Graphik soll die klassische Form einer Stoßwelle zeigen, charakteristisch sind folgende Eigenschaften:

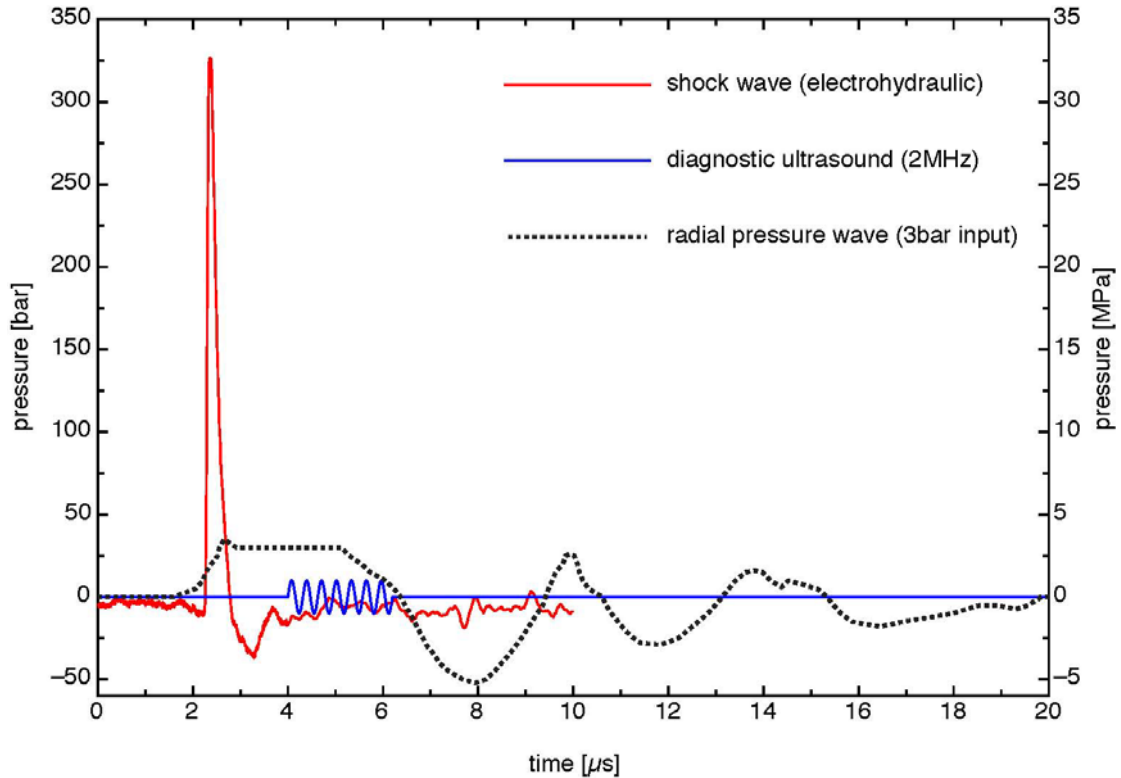
- Extrem rascher Anstieg der Kurve
- Sehr hoher Druck
- Niedrige negative Welle im Vergleich zum sehr hohen Spitzendruck



Stoßwellen sind mechanische Druckimpulse, welche sich im Medium wellenähnlich ausbreiten

Um die Unterschiede zu anderen Wellentypen besser zu veranschaulichen, sei hier eine Graphik abgebildet, in der Stoßwellen, Druckwellen und Ultraschall in den selben Koordinaten dargestellt wird.

Comparison of three different acoustic waves



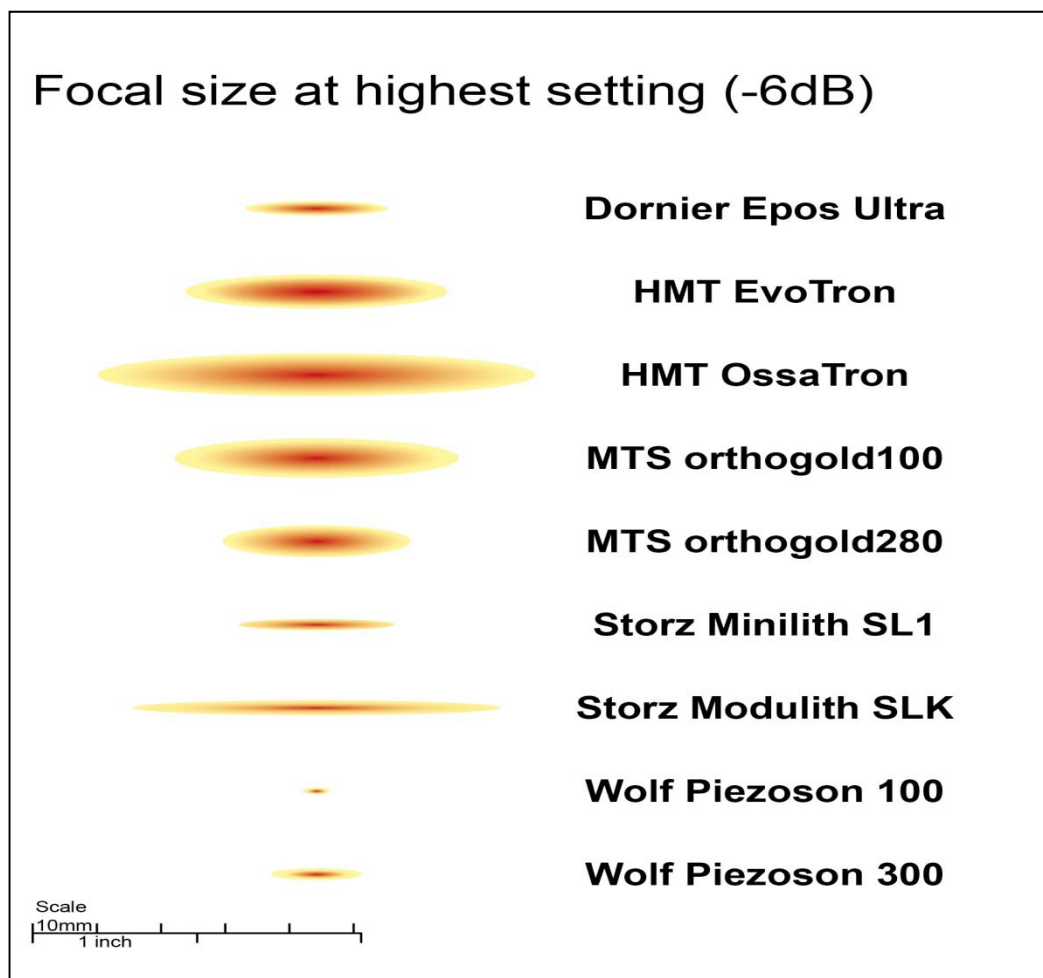
Source:
 electrohydraulic shock wave: MTS Europe GmbH, measurement orthogold100, focused applicator
 diagnostic ultrasound: sine wave, calculated with 1 MPa peak pressure at 2MHz
 radial pressure wave: R. O. Cleveland, P. V. Chitnis, and S. R. McClure, Acoustic field of a ballistic shock wave therapy device. *Ultrasound Med Biol*, 33(8):1327–1335, 2007, Figure 6a

Welche Parameter bei Stoßwellen die am besten geeigneten sind, ist heute noch nicht völlig klar, immer wieder stößt man an Grenzen, weil man mit dem einen oder dem anderen Parameter den charakteristischen Eigenschaften nicht gerecht wird. Die Techniker der Hersteller von den in der Orthopädie verwendeten Geräte haben mehr oder weniger von Ärzten gedrängt besonders die EFD (Energieflussdichte), den Spitzendruck P und die Gesamtenergie E im -6dB-Fokus ins Zentrum des Interesses. Als wichtige weitere Parameter sollten auch die Frequenz und die Gesamtenergie im 5MPa-Fokus dokumentiert sein.

Positiver Druck	MPa
-6dB Fokus	mm
5 MPa Fokus	mm
Positive Energieflussdichte (EFD+)	mJ/mm ²
Totale Energieflussdichte	mJ/mm ²

Positive Energie im -6dB Fokus	mJ
Totale Energie im -6dB Fokus	mJ
Positive Energie im 5 MPa Fokus	mJ
Totale Energie im 5 MPa Fokus	mJ
Positive Energie im 5 mm Fokus	mJ
Totale Energie im 5 mm Fokus	mJ

Wie unterschiedlich Stoßwellen aussehen, wenn man ihre Energieflüsse graphisch darstellt, sieht man in der nächsten Abbildung.

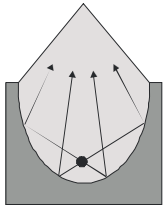


Erzeugung von Stoßwellen

Aus der Darstellung wird ersichtlich, dass es offenbar sehr unterschiedliche Geräte gibt. Diese Unterschiede kommen großteils auch durch die unterschiedlichen Erzeugungsweisen der Stoßwellen zustande.

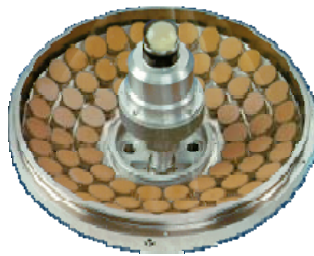
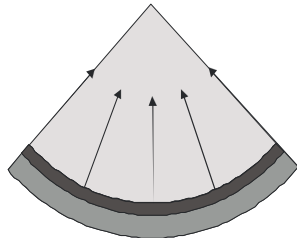
Die Stoßwellen werden für medizinische Anwendungen in einem Therapiekopf erzeugt und mittels eines gewöhnlich flexiblen Koppelstückes in Form einer Membran oder eines dreidimensionalen Körpers angekoppelt. Um eine geeignete Ankopplung zu erzielen ist es notwendig zwischen den Grenzflächen ein Koppelmedium wie z.B. Ultraschallgel einzubringen, sonst kommt es durch die selbst kleinsten Luftblasen zu Störungen der Schallausbreitung, eine Schicht aus Luft unterbindet die Ausbreitung der Stoßwellen sehr effektiv.

**Elektro-
hydraulisches
Ellipsoid**



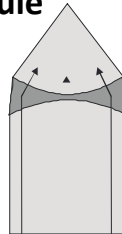
1980

**Piezo-
eletrische
Sphäre**



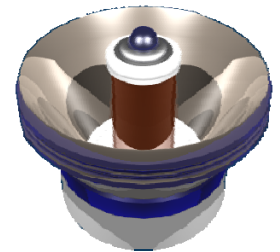
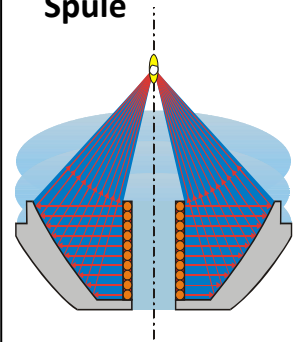
1985

**Akustische Linse
u. flache
elektromagnet.
Spule**



1986

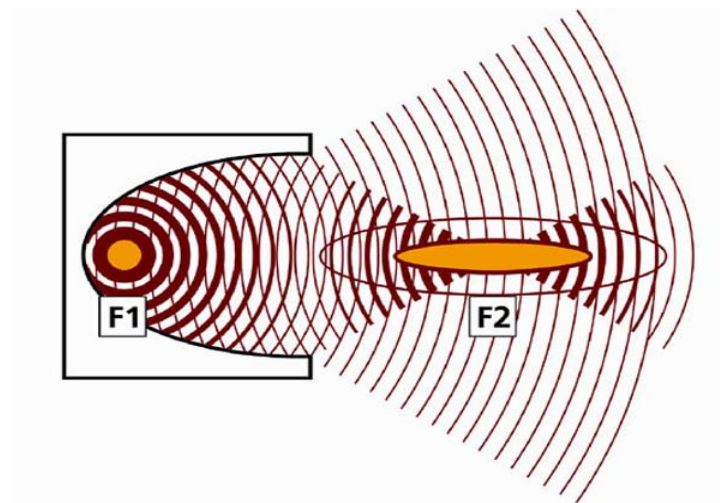
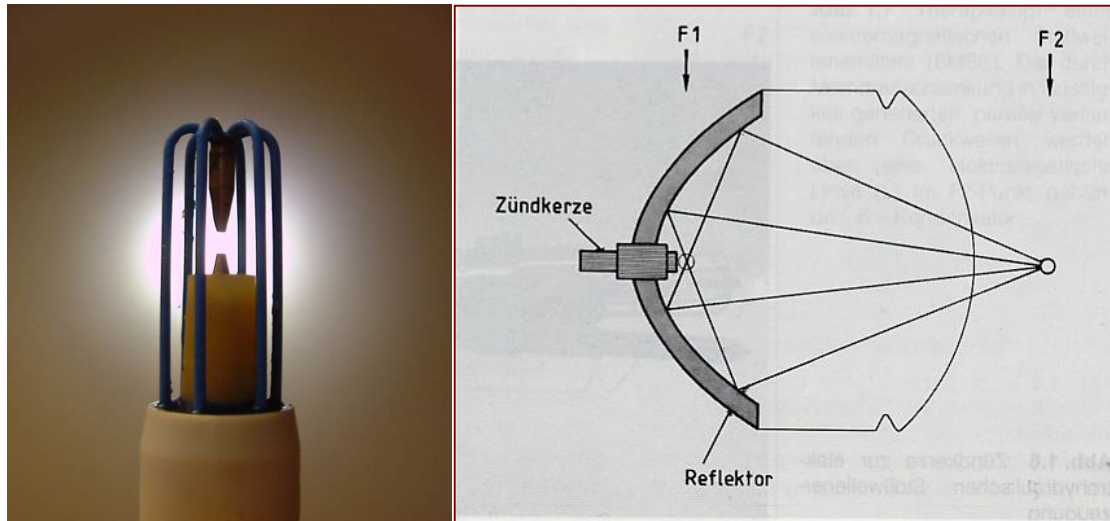
**Zylindrische
elektromagnet.
Spule**



1989

Elektrohydraulisches Erzeugungsprinzip

Das älteste Prinzip ist jenes, bei welchem die Stoßwellen durch eine Zündkerze erzeugt werden, das elektrohydraulische Prinzip. Die Stoßwellen breiten sich in einem Medium (Wasser) aus und werden auch noch mit einem Parabolspiegel in einen Ort fokussiert.



Elektrohydraulische Funkenstrecken/Reflektor-Konfiguration. Die Welle wird im ersten Fokus (F1) des Ellipsoids erzeugt und im 2. Fokus (F2) konzentriert.

Piezelektrisches Erzeugungsprinzip

Das piezelektrische Prinzip beruht auf einer Fokussierung von Druckwellen, welche durch elektrische Aktivierung piezelektrischer Kristalle entsteht, die in einer Schale so angebracht sind, dass sich die Druckwellen jedes Kristalls in einem Fokus treffen.

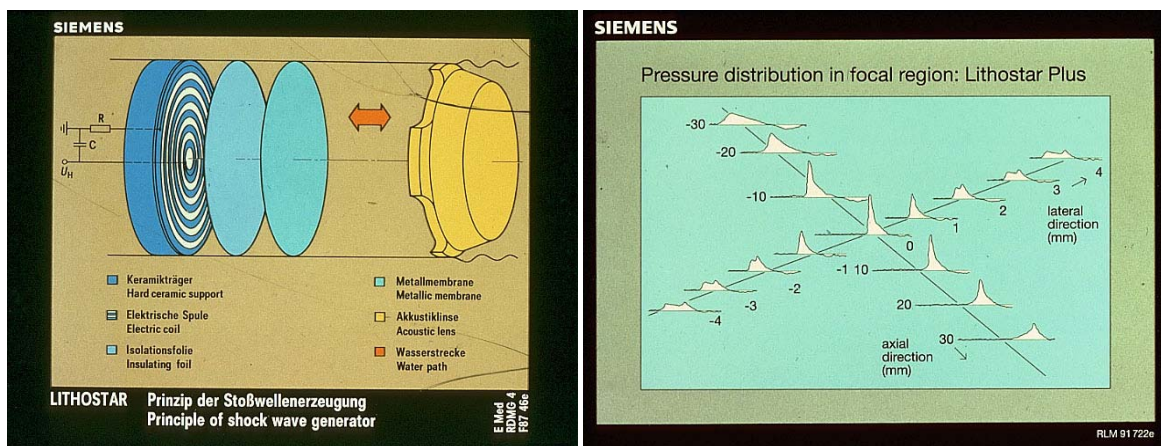


Schema der piezelektrischen Stoßwellenerzeugung

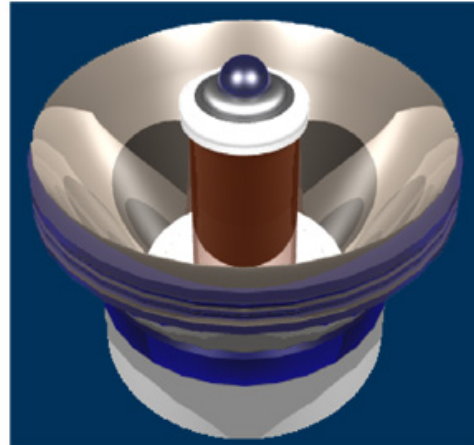
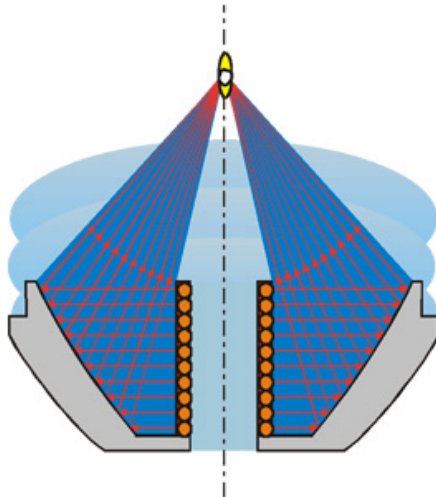
Elektromagnetisches Erzeugungsprinzip

Bei der elektromagnetischen Stoßwellenerzeugung wird die Druckwelle von einer Flachspule oder einer Zylinderspule durch elektrische Impulse ausgesandt, bei der Flachspule wird eine Membran ausgelenkt, welche ein Medium (Wasser) komprimiert, der Impuls wird mittels einer akustischen Linse fokussiert, bei der zylindrischen Spule wird die Druckwelle durch einen Reflektor fokussiert.

Die elektromagnetischen und die piezoelektrischen Systeme produzieren Druckwellen, die im Fokus erst durch die Summation der Energie zu Stoßwellen werden, die elektrohydraulischen Systeme produzieren Stoßwellen schon im Fokus 1, im Fokus 2 sind die Energien aber deutlich höher.



A) Die hellblaue Membran wird durch die Spule ausgelenkt, was den Druck im Behälter zwischen Membran und Linse erhöht. Der Druck wird durch die Linse fokussiert. B) Man sieht, dass nur im Zentrum (Fokus) die Wellen so aufgestellt und summiert werden, dass sie die klassische Stoßwellenform bekommen, außerhalb des Zentrums sind es mehr oder wenig energiereiche Druckwellen.



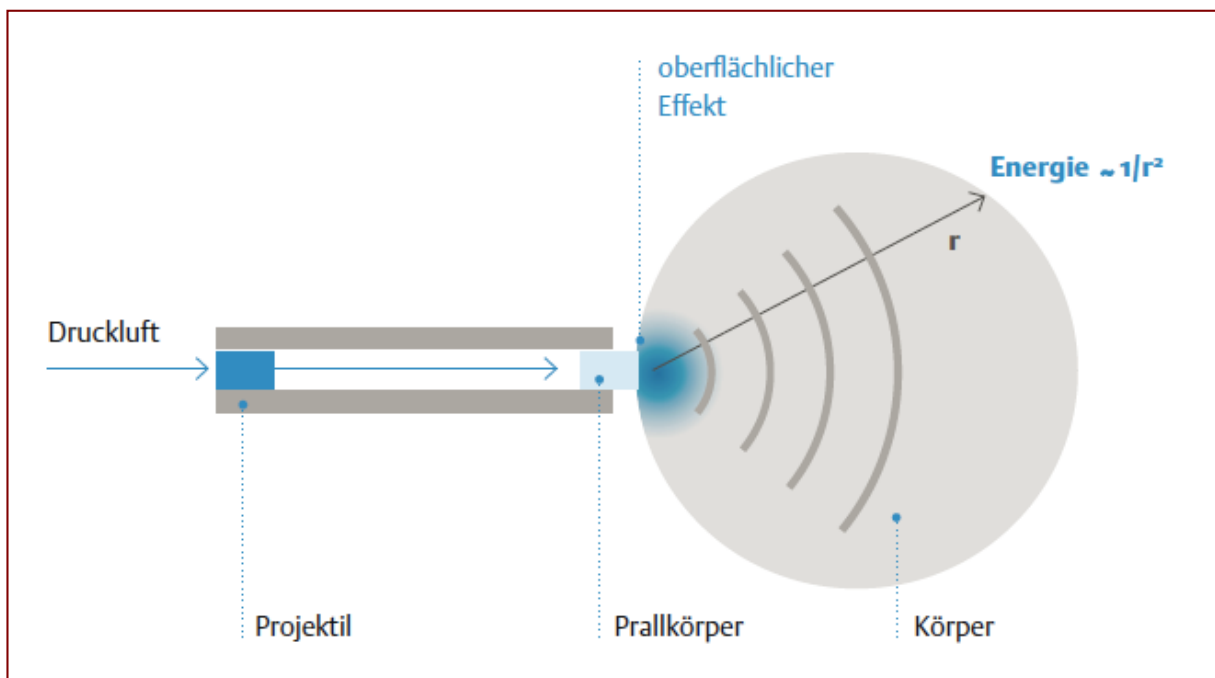
Elektromagnetische Zylinderspulen/Reflektor-Konfiguration.

Die oben genannten Systeme können selbstverständlich auch die Druckwellen so abgeben, dass es zu keiner Fokussierung kommt, bzw. der Fokus so groß gewählt ist, dass man von defokussierter oder unfokussierter Stoßwelle spricht.

Radiales bzw. ballistisches Erzeugungsprinzip

Diesen angeführten Techniken steht die Technik der r-ESWT entgegen. Korrekter wäre es, wenn man bei dieser Technik nicht von Stoßwellen spricht, aber im Sprachgebrauch der Mediziner hat sich der Ausdruck radiale Stoßwellentherapie fest etabliert, und es wird allgemein anerkannt, dass diese Technik so genannt wird, auch wenn andere Bezeichnungen auch verwendet werden („Radiale Stoßwellen Therapie“, RSWT; „Extracorporeal Pulse Activation Therapy“, EPAT; „radiale Druckwellentherapie“).

Die Erzeugung der radialen Druckwellen wird durch die Kollision von einem durch Druckluft beschleunigten Projektil auf einem Prallkörper (Applikator) erzeugt. Das Projektil hat eine Geschwindigkeit von ca. 5 bis 25 m/s, der Prallkörper wird durch den Aufprall des Projektils um ca. 0,6 mm ausgelenkt, die meiste Energie wird als Druckwelle in das angrenzende Medium weitergegeben. Die Welle breitet sich radiär vom Applikator aus, mit dem Quadrat der Entfernung vermindert sich die Energie.





*Data origin: EMS Physical Laboratory

Die unterschiedlichen Erzeugungsarten der Stoßwellen (auch der Druckwellen) unterscheiden sich in vielerlei Hinsicht, wie das in der Graphik im Kapitel 1.1 eindrucksvoll gezeigt wird.

Bis heute ist die Bedeutung der verschiedenen Parameter in der orthopädischen Stoßwellentherapie unklar, aber es scheint sinnvoll, diese zu dokumentieren, um beim Vergleich der klinischen Ergebnisse vielleicht auf die idealen physikalischen Einstellungen zu kommen.

Die ISMST (International Society for Medical Shockwave Treatment) hat 2011 auf ihrer Homepage folgende Stellungnahme publiziert:

Consensus Statement „Terms and Definitions“

Focused or defocused extracorporeal shockwaves

Generation: Piezoelectric, electromagnetic, electrohydraulic

Indications: See ISMST-website¹

Application: Trained physicians

Radial extracorporeal shockwaves

Generation:	Air pressure
Indications:	Superficial tendinopathies and muscle pathologies (ISMST-website ¹)
Application:	Trained physicians; after diagnosis of physician trained physiotherapist, technician and nurses may perform ESWT

Siehe auch www.ismst.com → “Terms & Definitions”

The screenshot shows the homepage of the International Society for Medical Shockwave Treatment (ISMST). The header includes the ISMST logo and the text 'International Society for Medical Shockwave Treatment'. Below the header, there is a navigation menu on the left with various categories like Home, News, Society, Members, Congresses, Literature, Shockwave, Technology, and Terms & Definitions. A blue arrow points to the 'Terms & Definitions' link. The main content area displays '14th INTERNATIONAL CONGRESS OF THE ISMST' with a large aerial photograph of a coastal city. On the right side, there is a search bar, a search button, and logos for W3C HTML 4.01 and W3C CSS.

Wirkmechanismen

Hier sind verschiedene Beobachtungen in einer für den Autor logisch erscheinenden Weise zusammen gestellt, es soll vorweg gleich festgehalten werden, dass viele Fragen offen sind.

Geschwindigkeit und akustische Impedanz der Stoßwellen in verschiedenen Medien

Beim Verständnis der Wirkung von Stoßwellen erkennt man die Ähnlichkeit zu anderen Wellen, Stoßwellen durchlaufen ein Medium in einer charakteristischen Geschwindigkeit, die Geschwindigkeit in den unterschiedlichen Medien ist ein typisches Merkmal für Stoßwellen, exemplarisch sollen hier einige aufgelistet werden.

Material	Dichte (kg/m ³)	Schallgeschwindigkeit (m/s)	Akustische Impedanz (kg/m ² s)
Luft	1,2	330	16
Wasser	1000	1437	1,44 x 10 ⁶
Fett	970	1480	1,44 x 10 ⁶
Muscle	1060	1570	1,66 x 10 ⁶
Knochen			
Cortical	1700	3600	6,12 x 10 ⁶
Spongiös	1000	1450	1,4 x 10 ⁶

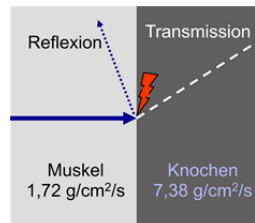
Man kann aus der Tabelle erkennen, wie unterschiedlich die Eigenschaften der Medien auf die Stoßwellen wirken.

Wie bei anderen Wellen wird die Energie an Grenzflächen frei gegeben, an jenen Stellen, wo die Wellen von einem Medium auf ein anderes Medium treffen. An den Grenzflächen treten folgende Phänomene auf, die wir aus der klassischen Wellenlehre auch kennen:

- Transmission (Transversalwelle, Longitudinalwelle)
- (Partielle) Reflexion
- Beugung u./o. Ablenkung, Streuung

- Wellengeschwindigkeit x Dichte des Mediums = akustische Impedanz
- Druck- / Zugwelle → Scherkräfte

Umso höher der Impedanzsprung, das heißt, umso größer die Schalleitungsunterschiede in den angrenzenden Medien, umso mehr Energie wird an dieser Stelle frei. Um den Verlust der Energie zu minimieren, wird als Koppelmedium Ultraschallgel oder ähnliches verwendet, die ersten Behandlungen wurden überhaupt in einer Badewanne durchgeführt.

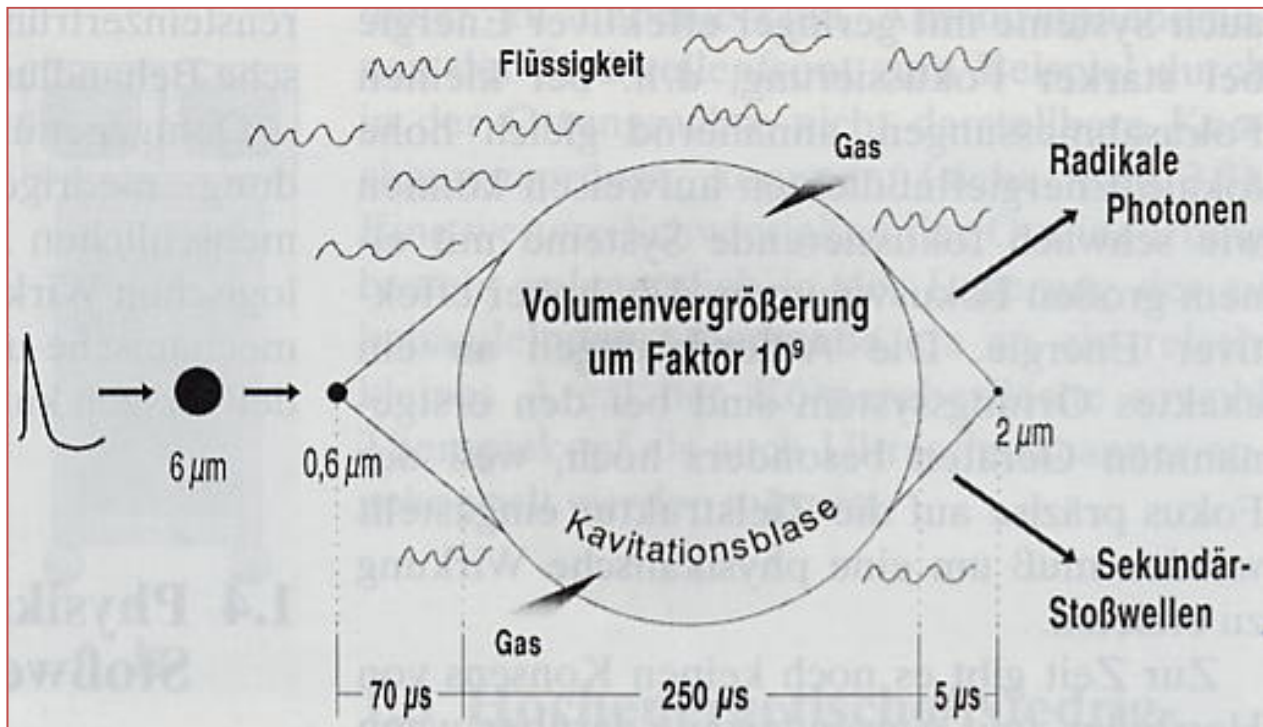


Kavitation

Wenn man bei Wikipedia nachsieht, liest man: „*Kavitation (lat. cavitare „aushöhlen“) ist die Bildung und Auflösung von dampfgefüllten Hohlräumen (Dampfblasen) in Flüssigkeiten. Man unterscheidet zwei Grenzfälle, zwischen denen es viele Übergangsformen gibt. Bei der Dampfkaavitation oder harten (transienten) Kavitation enthalten die Hohlräume hauptsächlich Dampf der umgebenden Flüssigkeit. Solche Hohlräume fallen unter Einwirkung des äußeren Drucks per Blasenimplosion zusammen (mikroskopischer Dampfschlag). Bei der weichen beziehungsweise stabilen Gaskavitation treten in der Flüssigkeit gelöste Gase in die Kavitäten ein und dämpfen oder verhindern deren Kollaps.“*

Es kommt durch die extremen Druckunterschiede zu Bläschenbildung im Medium, die Bläschen kollabieren und die freiwerdende Energie erzeugt weitere Stoßwellen (jet streams) und Photonen bzw. freie Radikale. Dieses Phänomen ist im Versuch nachweisbar, aber man kann heute nicht sagen, wie notwendig die Kavitation ist, um eine biologische Wirkung zu erzeugen.

Wie beschrieben gibt es auch Bläschen in Flüssigkeiten, die präexistent sind, die sich aber ähnlich den harten (transienten) Kavitationsbläschen unter dem Einfluss einer Stoßwelle auch verändern und ähnliche Phänomene bewirken, allerdings nur auf viel niedrigerem Niveau, sie sind auch als Pseudokavitationsbläschen bekannt.



Im folgenden werden verschiedene Auswirkungen beschrieben, die im Medium bzw. im Gewebe beobachtet werden können:

Direkte, mechanische Wirkung bzw. Zerreißen (Steindesintegration, Knochenfissuren, Gewebszerreißen)

Die direkte, mechanische Wirkung hochenergetischer Stoßwellen kennen wir aus der Natur, es ist die Kraft, die bei einem Erdbeben zur Zerstörung von Häusern führt oder bei einem Tsunami bekanntermaßen an der Küste alles dem Erdboden gleich macht; ein Teil der Energie eines Blitzes wird an die Umgebung ebenfalls als Stoßwelle abgegeben, was in weiterer Entfernung als Donner zu hören ist und durchaus zerstörerisch wirken kann, der Knall eines Flugzeugs beim Durchbrechen der Schallgeschwindigkeit ist ebenfalls eine Stoßwelle.

In der Medizin nutzen wir die zerstörerische Wirkung von Stoßwellen zur Desintegration von Konkrementen (Nieren-, Blasen, Harnleiter-, Gallen- oder Speichelsteine).

Bei sehr hohen Energien der Stoßwellen können auch die bindegewebigen Körperteile wie Haut, Muskel, Lunge, parenchymatösen Organen oder Blutgefäße zerreißen, diese Wirkung wird in der Orthopädie nicht angestrebt, darum werden so hohe Energien in der Orthopädie nicht verwendet.

Die Wirkung entsteht an Stellen hoher Impedanzsprünge verschiedener Gewebe, welche die Stoßwelle

durchdringt, also an den Grenzflächen von unterschiedlichen Geweben und von Strukturen, welche im Gewebe eingebettet sind. Die zertrümmernde, zerreiende Wirkung wird heute nur in der Urologie (bzw. Chirurgie) angestrebt, bei der Anregung nicht oder schlecht heilender Knochenbrüche, so genannter Pseudoarthrosen oder verzögerte Knochenbruchheilungen, wurde auch diskutiert, ob die Zerreißung bzw. das Anbrechen der knöchernen Strukturen zur Heilung führt, wie wir aber aus neueren Untersuchungen wissen, kann man davon ausgehen, dass die Desintegration in der Orthopädie nicht benötigt wird.

Würde man die Stoßwellen-Energie entsprechend hoch wählen, könnte man die zerstörerische Wirkungen beobachten. So hat man diese Auswirkungen hoher Stowellenenergien auf Sehnen in Tierversuchen eindrucksvoll zeigen können. Im Rahmen eines Tierversuches für Knochenuntersuchungen hat man sogar zufällig Knochenfragmente („Knochenembolie“) in der Lunge des Versuchstieres finden können. Wir achten also wirklich darauf, keine schädige Wirkung der ESWT zu erzeugen.

Mit der selben Vorstellung der Desintegration (Zerkleinerung) hatte man in Hamburg Anfang der 90-er Jahre mit der Behandlung von Kalkdepots an der Schulter begonnen, allerdings weiß man auch bei der Kalkbehandlung, dass es andere als die desintegrativen Wirkungen sind, die zur Heilung führen, viel eher sind es molekularbiologische Veränderungen im behandelten Gewebe (siehe weiter unten).

Thermische und chemische Effekte

Die Bedeutung dieser ESWT-Wirkung ist unklar: Thermische und chemische Effekte sind nachweisbar, aber ihr Einfluss auf die Gewebsveränderungen ist unklar; wahrscheinlich haben diese Effekte eine wesentlich größere Bedeutung bei sehr hochenergetischen Stoßwellen. Die thermischen Effekte gleichen jenen von Ultraschall, allerdings werden Stoßwellen bei orthopädischen Anwendungen mit so niedriger Frequenz abgegeben, dass die thermischen Effekte vernachlässigbar erscheinen.

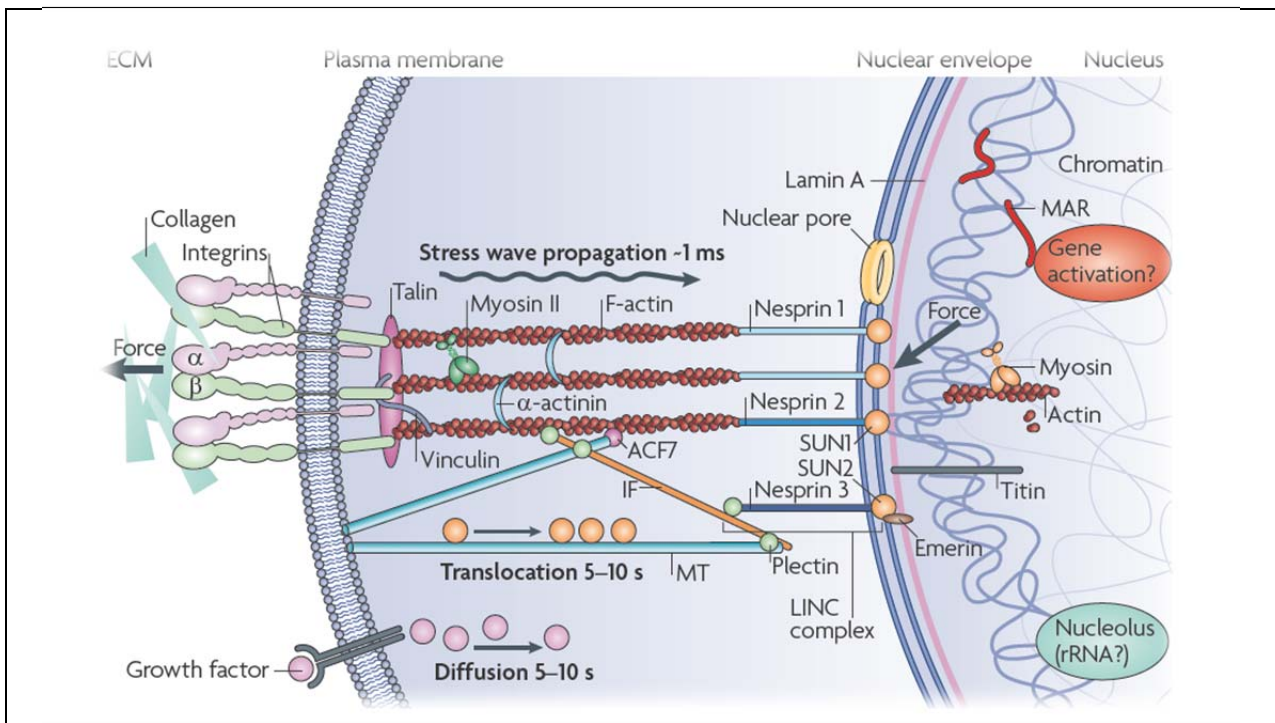
Biologische Wirkungen von Stoßwellen

Viel von dem, was hier beschrieben wird, ist heute noch wenig erforscht, man sollte so weit gehen und sogar schreiben, dass die hier dargestellten biologischen Wirkmechanismen weitgehend Hypothesen sind, aber es gibt einige Publikationen, die Anlass geben, die folgenden Analysen anzustellen.

Am ehesten wird eine Kaskade von Reaktionen auf den mechanischen Reiz der Stoßwelle ausgelöst:

Mechanotransduktion:

Die „Erschütterung“ des Gewebes durch die Stoßwellen ist eine Mechanotransduktion, eine Verwandlung eines mechanischen Reizes auf das Gewebe. Die Übertragung der Mechanischen Energie auf die Zelle erfolgt durch Veränderung des Zytoskeletts und extrazellulärer Moleküle, die eine Verbindung mit dem Zytoskelett haben. Wahrscheinlich kommt es besonders am Zellkern zur Reizübertragung, aber auch in den anderen zellulären Strukturen (endoplasmatisches Retikulum, Mitochondrien, etc.).



Veranschaulichung der Mechanotransduktion durch Wang, Tytell, Ingber (Nature Rev 2009)

Genexpression:

Die Reizung des Zellkernes über das erregte Zytoskelett dürfte eine Genexpression zur Folge haben, jedenfalls haben Wang et al. 2004 gezeigt, dass durch ESWT an der Ratte das RAS-System angeregt wird und dass man beispielsweise m-RNA für VEGF ausgeschüttet wird, eine Leistung, die nur im Zellkern vollbracht wird.

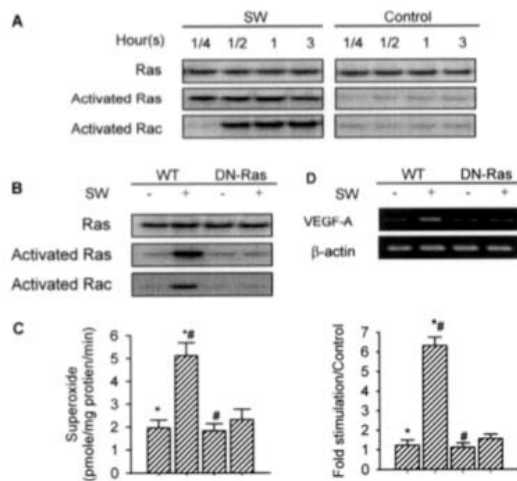


FIG. 4. Ras and Rac activation in SW-treated osteoblasts. SW activated Ras protein in 15 min and Rac protein in 30 min. Cell cultures with and without SW treatment were subjected to immunoprecipitation and immunoblotting (A). Transfection of dominant negative Ras mutant suppressed SW-enhanced Ras and Rac activation in 15 and 30 min, respectively (B). Dominant negative Ras mutant reduced SW-induced superoxide production in 30 min. * ($p < 0.001$) and # ($p < 0.001$) represent a significant difference between two groups (C). Dominant negative Ras mutant abrogated SW-enhanced VEGF-A mRNA expression in 12 h. After standardization of housekeeping gene expression, equal amounts of cDNA from each sample were subjected to 40 cycles of PCR to amplify VEGF-A expression. * ($p < 0.001$) and # ($p < 0.001$) indicate a significant difference between two groups (D). Results are presented with mean values \pm S.E. calculated from six paired triplicate experiments.

Wang et al. (2004 J.Biolchemistry): Ras Induction of Superoxide Activates ERK-dependent Angiogenic Transcription Factor HIF-1 α and VEGF-A Expression in Shock Wave-stimulated Osteoblasts

Enzymatische Gewebsantwort

Analog zur Gentherapie findet man eine Gewebsantwort, die durch unterschiedliche Enzymveränderungen auch messbar wird. So wie bei der Gentherapie kann man die enzymatische Veränderung auch noch lange nach der Gentherapie bzw. der Genexpression beobachten.

In Tierversuchen (Ratten, Kaninchen, Hunde) konnten durch Stoßwellenwirkung Veränderungen folgender Substanzen gefunden werden:

- Stickoxid (NO)
- Prostaglandin E2
- COX-2
- Substanz P

- PGP (protein gene product)
- CGRP (calcitonin gene related peptide)
- eNOS (endothelial nitric oxide synthetase)
- VEGF (vessel endothelial growth factor)
- PCNA (proliferating cell antinuclear antigen)
- signal-regulated kinase (ERK)
- p38 kinase.

Im Zusammenhang mit NO wurde auch die Entstehung von Hitzeschockproteinen gefunden.

Tierversuche sind nicht 1 : 1 auf Menschen übertragbar, die Auflistung der vielen Substanzen, welche in den Tierversuchen erfolgreich überprüft wurden, soll zeigen, dass offensichtlich äußerst komplexe Veränderungen im Gewebe durch Stoßwellen induziert.

Makroskopisch erkennbare Heilung

Das Heilen der Gewebe ist ein monatelanger Prozess und entsprechend spät makroskopisch und mikroskopisch nachweisbar.

Wir vermuten heute also, dass Neovascularisation eine zentrale Rolle in der Heilung der ESWT-behandelten Areale spielt (Neubildung von Blutgefäßen).

Weiters kann man aber auch Veränderungen der Nervenzellen feststellen, die eine Schmerzveränderung nach ESWT erklären würde (Reduktion der Anzahl der nicht-myelinisierten Nervenfasern durch ESWT). Es hat in den letzten 5 Jahren eine Flut an ESWT-Grundlagenerkenntnissen gegeben, die Stück für Stück einem Puzzle gleich ein interessantes Gegenstück zu den klinischen Forschungsergebnissen darstellen.

Hyperstimulationsanalgesie (gate-control-Mechanismus)

Die Bedeutung dieser ESWT-Wirkung wurde durch Tierversuche nie bestätigt und wird heute als wenig wahrscheinliche Hypothese betrachtet:

Wiederholte Nervenreizung kann eine Veränderung der Schmerzverarbeitung im Rückenmark bzw. Zentralnervensystem bewirken (gate control). Früher hatte man gedacht, dass ein solcher „gate-control-Mechanismus“ eine Schmerzlinderung herbeiführt (nach Melzak), heute vermutet man viel eher die oben beschriebenen molekularbiologischen Veränderungen.

Kontraindikationen und unerwünschte Wirkungen von ESWT

Folgende Liste führt die Kontraindikationen an, bei denen die ESWT nicht durchgeführt wird:

1. Epiphysenfuge im Fokus
2. Koagulopathie (bei hochenergetischer ESWT besteht eine Blutungsgefahr, auch bei Marcoumarisierung)
3. Akute Infektion (die chronische Infektion wurde als Kontraindikation fallen gelassen)
4. Lunge im Fokus
5. Hirn oder Nerv im Fokus
6. Schwangerschaft
7. Maligner Tumor im Fokus

Es gibt keine sicheren Nachweise für anhaltende Komplikationen durch die ESWT, allerdings kam es beispielsweise zu Sehnenrupturen nach ESWT, weshalb man die ESWT dafür anschuldigte. Rompe und Maier hatten eindrucksvolle Versuche mit Sehnen durchgeführt, bei denen gezeigt wird, dass solche bei Energien $> 0,6 \text{ mJ/mm}^2$ Schäden davon tragen. Die geschilderten Sehnenrupturen haben immer nach mehrmaliger Kortison-Infiltration stattgefunden, die ESWT dürfte also viel mehr die Ruptur nicht mehr verhindern können, als dafür Ursache gewesen sein.

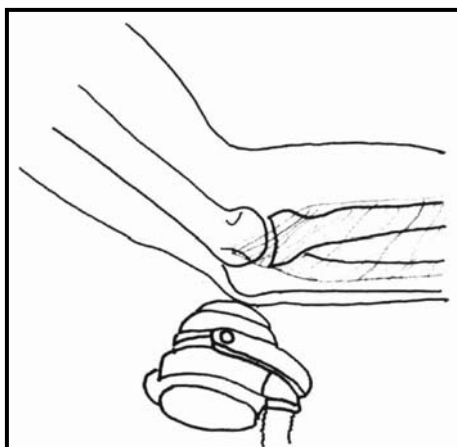
Unter anderem können üblicherweise während und nach der Behandlung **Schmerzen** (auch Kopfschmerzen – Migräne), **Hautrötungen** (Blasenbildung) und **Blutergüsse** (Hämatome) auftreten. **Sehnenauflockerungen** (Ödeme, vereinzelt auch Sehnenrisse) wurden nach der Behandlung beobachtet. Auch bisher nicht bekannte Komplikationen können auftreten.

Ablauf der Stoßwellenbehandlung:

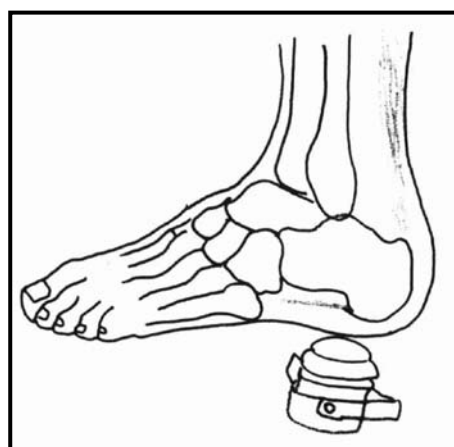
- ⇒ Andere Behandlungsmöglichkeiten (Ruhigstellung, Schienen, Bandagen, Tapeverbände, Kälte, Wärme, Strom, Ultraschall, Dehnungs- und Heilgymnastikübungen, Medikamente als Salbe, zum Einnehmen oder als Infiltration, Akupunktur, alternative Methoden, Operation,...) werden vor der ESWT erklärt.
- ⇒ Patienten willigen schriftlich in die ESWT ein.
- ⇒ Die **Behandlung** erfolgt **durch den Arzt!**
- ⇒ Die Behandlung ist schmerzhaft! Trotzdem ist eine **Schmerzbetäubung** (Narkose oder örtliche Betäubung) ist zur Behandlung **meist nicht nötig**.
- ⇒ Die Stoßwellen werden über einen an die Haut geführten Gummibalg (mit Kontaktgel) eingebracht (siehe Abb.1). Die Einstellung erfolgt vor und während der Behandlung mittels klinischer Untersuchung und Schmerzbeschreibung des Patienten (Bio-feed-back), Ultraschall, Röntgen oder Laser. Eine **ruhige Lage** ist wichtig, eine **Unterbrechung** der Behandlung z.B. bei Schmerzen ist **jederzeit möglich**. Zumeist werden 1000 – 3000 Einzelstöße (1 – 5 Impulse in der Sekunde) bei einer Behandlung durchgeführt, bei kleinen Wunden zumindest 500 Impulse pro Behandlung. Die Behandlungsdauer beträgt etwa 10 – 60 Minuten.
- ⇒ Je nach Erkrankung sind eine oder mehrere Behandlungen nötig (siehe auch im Kapitel, wo die Indikationen beschrieben sind). Die Behandlungsdaten werden genau festgehalten.

⇒ **Als Nachbehandlung** empfiehlt sich möglicherweise Medikamentengabe (Schmerzmittel), bei Knochenbruchbehandlung weitere Ruhigstellung (**Gips**, Fixateur,..) mit Entlastung und entsprechender zusätzlicher Thrombosevorbeugung, **Kontrollen** sollten nach der ESWT vereinbart werden.

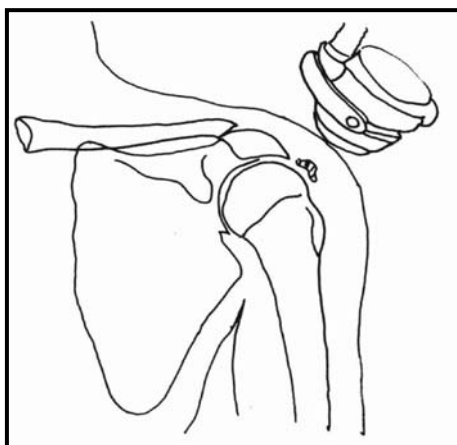
Die Erfolgsaussichten werden in der Literatur unterschiedlich angegeben, eine Auflistung und genaue Diskussion derselben sprengt hier den Rahmen. Diesbezüglich sollte jeder Anwender sich mit der rezenten Literatur auseinander setzen bzw. am laufenden halten.



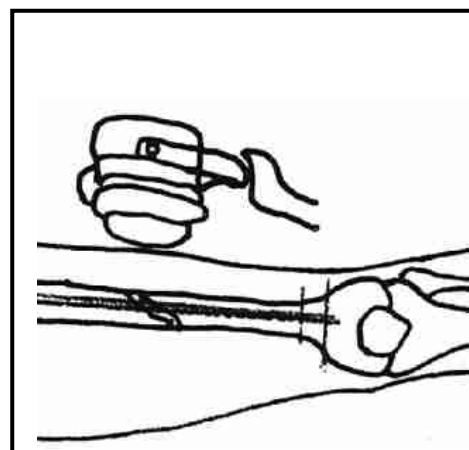
Skizze 3: ESWT am Ellbogen
bei Epicondylitis humeri lateralis



Skizze 4: ESWT bei plantarer
Fasciitis mit/ohne Fersensporn



Skizze 3: ESWT an der
Schulter bei Tend.calc.



Skizze 4: ESWT bei
einer Pseudoarthrose

2 Praktische Anwendung

Achillessehnentendinopathie

Klassifikation

M77.3 ICD 10

Synonyme

Achillodynie, dorsaler Fersenschmerz mit/ohne Sporn

Ätiologie

Chronische Überlastung/Fehlbelastung

Trainingsfehler

Irritation der Achillessehne im Verlauf oder am Ansatz

Degenerative Veränderungen,

Strukturelle Läsion

Symptome

Lokaler Druckschmerz, Funktionsschmerz

Wechselnde Intensität

Typisch lokalisiert im Sehnenverlauf und/oder am Ansatz

Apparative Diagnostik:(mindestens 1 bildgebendes Verfahren)

Ultraschall

MRT

Röntgen

Differentialdiagnose

Achillessehnenruptur/-partialruptur

Systemische Erkrankungen (M. Reiter, M. Bechterew, rheumatische Erkrankungen)

Bursitis

Haglund Exostose

Konservative Therapie (alphabetische Reihenfolge)

Dehnung/Gymnastik/

Orthesen, Pufferabsatz

Infiltration (peritendinös), Neuraltherapie

NSAR

Elektrotherapie/Ultraschall/Thermotherapie

Akupunktur

Ruhigstellung/Entlastung

Operative Therapie (alphabetische Reihenfolge)

Debridement der Sehne

Stichelung der Sehne
Refixation
(offen)

Stoßwellentherapie

Indikation: Indikationsstellung durch einen Arzt

Kontraindikation: maligner Tumor im Fokus, offene Epiphysenfuge im Fokus.

Räumliche Anforderungen: Zertifizierungskriterien einer Arztpraxis z.B. Hygieneplan, Notfallmanagement verfügbar nach DIN-Norm

Vorbereitung des Patienten: differenzierte und dokumentierte Aufklärung und Information (Wirkungseintritt nach Wochen), explizite Aufklärung über Gefahr der Sehnenruptur bei Vorschäden und vorzeitiger Sportbelastung nach der Behandlung.

Durchführung der Therapie:

Die ESWT ist eine durch den qualifizierten Arzt persönlich zu erbringende Leistung!

keine Lokalanästhesie, ggf.

Leitungsanästhesie, ggf.

Kryotherapie

Benennung der SW Quelle

einmalig /mehrmalig (Standard bis 3, max 5)

Gesamt EFD: 0,08 – 0,25 mJ/mm²

Intervall 1-2 Wochen

Frequenz: 2-10 Hz

1000 – 3000 Impulse/Sitzung

Koppelmedium Ultraschallgel ggf. Vaseline/Rizinusöl

Ortung: Patienten orientierte Fokussierung

Nach der Therapie: ggf. Überwachung der Kreislauffunktion

Komplikationen: Hämatomverfärbung, Temporäre Schmerzverstärkung, Nervenirritation

Nachbehandlung:

Sportkarenz 4 Wochen (individuelle Sportanpassung)

Fortsetzen der Dehnungsübungen, exzentrisches
Muskeltraining
Klinische Erfolgskontrolle nach 8-12 Wochen

Literatur

Rompe JD, Nafe B, Furia JP, Maffulli N. Eccentric loading, shock-wave treatment, or a wait-and-see policy for tendinopathy of the main body of tendo Achillis: a randomized controlled trial. *Am J Sports Med* 2007; 35:374-383.

Rompe JD, Furia J, Maffulli N. Eccentric loading compared with shock wave treatment for chronic insertional achilles tendinopathy. A randomized, controlled trial. *J Bone Joint Surg Am* 2008;90:52-61.

Plantare Fasciitis mit/ohne Fersensporn

Klassifikation

M77.3 ICD 10

Synonyme

Kalkaneussporn, Fersensporn, Fasciitis plantaris, plantarer Fersenschmerz, medialer Fersenschmerz

Ätiologie Übergewicht

Überlastung/Fehlbelastung

Verlust des Längsgewölbes

Trainingsfehler (Zunahme der Distanz, Dauer, Geschwindigkeit)

Stehende Berufe

Bursitis/Irritation am Ansatz der Plantaraponeurose

Periostale Reizung

Symptome

Anlaufschmerz

Wechselnde Intensität

Meist einseitig

20 – 30% beidseitig

Typisch lokalisiert am Tub. med. calcanei

Gelegentliche Ausstrahlung nach lateral oder distal

Apparative Diagnostik:(mindestens 1 bildgebendes Verfahren)

Ultraschall

Röntgen

MRT

Differentialdiagnose

Tarsaltunnelsyndrom

Achillodynie

Kalkaneusfrakturen

Kompartmentsyndrom

Ruptur der Plantaraponeurose

Systemische Erkrankungen (SLE, RA, M. Bechterew, M. Reiter, Gicht)

Osteomyelitis

Radikuläre Symptomatik

Konservative Therapie (alphabetische Reihenfolge)

Dehnung/Gymnastik

Infiltration (Kortison, LA), Neuraltherapie

Einlagen NSAR

Elektrotherapie/Ultraschall/Thermotherapie
Akupunktur
Röntgenreizbestrahlung
Ruhigstellung/Entlastung/Nachtschiene

Operative Therapie (alphabetische Reihenfolge)

Neurolyse (N. plant. med.)
Neurektomie des N. plant. med./ Rr calcanei
Kalkaneusosteotomie
Osteotomie des Spornes
Exzision des Spornes/Tub med. Calcanei
Anbohrung
Plantarfaszienrelease (offen / endoskopisch)

Stoßwellentherapie

Indikation: Indikationsstellung durch einen Arzt

Kontraindikation: maligner Tumor im Fokus, offene Epiphysenfuge im Fokus,

Räumliche Anforderungen: Zertifizierungskriterien einer Arztpraxis z.B. Hygieneplan, Notfallmanagement verfügbar nach DIN

Vorbereitung des Patienten: differenzierte und dokumentierte Aufklärung und Information (knöcherner Sporn persistiert, Wirkungseintritt nach Wochen). Explizite Aufklärung über Gefahr der Sehnenruptur bei Vorschäden und vorzeitiger Sportbelastung nach der Behandlung.

Arzt- und Assistenzpersonal: Die ESWT ist eine durch den qualifizierten Arzt persönlich zu erbringende Leistung!

Durchführung der Therapie:

Keine Lokalanästhesie,
ggf. Leitungsanästhesie,
ggf. Kryotherapie
Benennung der SW Quelle
Einmalig /mehrmalig (Standard bis 3, max 5)
Gesamt EFD: 0,08 – 0,35 mJ/mm²
Intervall 1-2 Wochen
Frequenz: 2-10 Hz
1000 – 3000 Impulse/Sitzung
Koppelmedium Ultraschallgel ggf. Vaseline/Rizinusöl

Ortung: Patienten orientierte Fokussierung

Nach der Therapie: ggf. Überwachung der Kreislauffunktion

Komplikationen: Hämatomverfärbung, Temporäre Schmerzverstärkung, Nervenirritation

Nachbehandlung:

Sportkarenz 4 Wochen (individuelle Sportanpassung)

Fortsetzen der Dehnungsübungen

Klinische Erfolgskontrolle nach 8-12 Wochen

Literatur upDate erforderlich

J. Ogden et al: Clin Orthop, 2001, 387, 47-59

R.Buchbinder et al: JAMA;2002,288(11), 1364-72

J. Rompe et al: Am J Sp Med,2003,31(2),268-75

M. Haake et al: BMJ, 2003, 327, 75ff

C. Speed et al: J orthop res;2003,21(5),937-40

G. Theodore et al: Foot&Ankle

G. Labek et al: Z Orthop 2005, 143:240-46

Rompe 2005 : Lokalanästhesie

Maier et al 2000 : MRT Sporn

Gerdesmeyer et al : AJSM

Trochanter Schmerzsyndrom

Klassifikation

M70.6 ICD 10

Synonyme

Bursitis trochanterica,

Ätiologie

Chronische Überlastung/Fehlbelastung
Irritation der Glutealmuskulatur/Tractus
Degenerative Veränderungen,
Strukturelle Läsion
Fragliche Bursitis

Symptome

Lokaler Druckschmerz, Funktionsschmerz
Nachtschmerz
Wechselnde Intensität
Typisch lokalisiert am Trochanter major/Tractus iliotibialis
Pos. Provokationstest

Apparative Diagnostik:(mindestens 1 bildgebendes Verfahren)

Röntgen
Ultraschall
MRT

Differentialdiagnose

Coxarthrose, Hüftkopfnekrose
Metastase im Schenkelhals,
Piriformissyndrom
Ischialgie
Fibromyalgie
Systemische Erkrankungen (Bechterew, rheumatische Erkrankungen)
Trochanter Exostose

Konservative Therapie (alphabetische Reihenfolge)

Dehnung/Gymnastik/
Infiltration mit Kortison , Neuraltherapie
NSAR
Elektrotherapie/Ultraschall/Thermotherapie
Akupunktur

Operative Therapie

Debridement der Bursa
Tractusverlängerung
Stichelung der Sehne

Stoßwellentherapie

Indikation: Therapieresistente Symptomatik, Indikationsstellung durch einen Arzt

Kontraindikation: maligner Tumor im Fokus , offene Epiphysenfuge im Fokus,

Räumliche Anforderungen: Zertifizierungskriterien einer Arztpraxis z.B. Hygieneplan, Notfallmanagement verfügbar nach DIN-Norm

Vorbereitung des Patienten: differenzierte und dokumentierte Aufklärung und Information (Wirkungseintritt nach Wochen)

Durchführung der Therapie:

Die ESWT ist eine durch den qualifizierten Arzt persönlich zu erbringende Leistung keine Lokalanästhesie, ggf.

Leitungsanästhesie, ggf.

Kryotherapie Benennung

der SW Quelle

einmalig /mehrmalig (Standard bis 3, max 5)

Gesamt EFD: 0,15 – 0,35 mJ/mm²

Intervall 1-2 Wochen

Frequenz: 2-10 Hz

1000 – 3000 Impulse/Sitzung

Koppelmedium Ultraschallgel ggf. Vaseline/Rizinusöl

Ortung: Patienten orientierte Fokussierung

Nach der Therapie: ggf. Überwachung der Kreislauffunktion

Komplikationen: Hämatomverfärbung, Temporäre

Schmerzverstärkung, Nervenirritation

Nachbehandlung:

Sportkarenz 4 Wochen (individuelle Sportanpassung)

Fortsetzen der Dehnungsübungen

Klinische Erfolgskontrolle nach 8-12 Wochen

Literatur upDate erforderlich

Furia JP, Rompe JD, Maffulli N. Low Energy Extracorporeal Shock Wave Therapy as a Treatment for Greater Trochanteric Pain Syndrome. Am J Sports Med 2009, in press.

Rompe JD, Segal NA, Cacchio A, Furia JP, Morral A, Maffulli N. Home training, local corticosteroid injection or radial shockwave therapy for greater trochanter pain syndrome. Am J Sports Med 2009; in press.

Tendinosis calcarea

ICD-10: M-75.3, M 11.1

Synonyme

Kalkschulter, Tendinitis calcarea, calcific lesion,

Schlüsselwörter

Schmerzhafte Schulter, Schultergelenk, Rotatorenmanschette, Arthrose, Stosswellentherapie, ESWT, PHS

Definition

Kalzifikation in der rotatorenmanschette als Folge einer dystrophen Sehnenkrankung mit fakultativer chondroider Metaplasie

Ätiologie

Die Tendinosis calcarea der Rotatorenmanschette ist eine häufige Ursache von Schulterschmerzen. Angaben zur Inzidenz der Erkrankung zeigen eine erhebliche Variationsbreite. Sie wird mit 2.5% bis 20% angegeben. Es handelt sich in der Regel eine sich selbst limitierende Erkrankung mit hohen Spontanheilungsraten. Bei einer klinisch symptomatischen Kalkschulter mit Kalkdepots mit radiologisch scharfen Rändern und einer homogenen oder inhomogenen Struktur (Typ Gärtner 3 und 2) kommt es innerhalb von 3 Jahren in 33% der Fälle zu einer spontanen Resorption. Wesentlich höher ist die Spontanauflösungsrate bei Kalkdepots mit weichen Rändern und inhomogener Röntgenstruktur (Typ Gärtner 3) mit bis zu 85%. Innerhalb eines Jahres kommt es bei asymptomatischen Kalkschultern in 6,4% zur spontanen Resorption. Angaben bei einer chronischen und konservativ erfolglos therapierten Tendinosis calcarea fehlen. Es gibt keine sichere Korrelation zwischen Tendinosis calcarea und Rotatorenmanschettenläsionen. Ein beidseitiges Auftreten wird zwischen 9%-40% der Fälle beobachtet. In 82%-94,5% ist die Supraspinatussehne betroffen. Das klassische Kalkdepot liegt in der hypovaskulären Zone, ca 1,5 cm proximal der Ansatzzone.

Pathogenese

Man unterscheidet eine akute von einer chronischen Phase. Die akute Phase beginnt plötzlich mit heftigen Schmerzen über einen Zeitraum von 2-3 Wochen mit Schwellung, Überwärmung und deutlichem Nacht – und Ruheschmerzen. Danach klingen die Schmerzen allmählich bis zur völligen Beschwerdefreiheit ab. Es können Restbeschwerden über Monate hinweg bestehen bleiben (Postkalzifikationstendinitis).

Makroskopisch findet sich eine pastöse milchige Emulsion die mineralogisch aus schlecht kristallisiertem Carbonat- Apatit besteht. Die Kristalle werden in der Sehne oder nach Durchbruch in die Bursa subacromialis / subdeltoidea resorbiert (Resorptionstadium).

Die chronische Phase der Tendinosis calcarea ist gekennzeichnet durch langsam zunehmende Schmerzen. Dabei ist der selbstlimitierende zyklische Verlauf der Erkrankung der über eine Präkalzifikationsphase in die Kalzifikationsphase und

letztlich in eine Postkalzifikationsphase mündet, unterbrochen. Chronische Patienten befinden sich über Jahre in der Kalzifikationsphase. Als mögliche Ursache der Kalzifikation werden mechanische, vaskuläre und biochemische Faktoren diskutiert.

Lokale Druckerhöhungen führen zur Minderdurchblutung und Hypoxie des Sehngewebes mit Degeneration der Sehnenzellen und einer dystrophischen Kalzifikation.

Klassifikation

Die Einteilung erfolgt zum einen nach Größe, zu anderen nach radiologischen Kriterien. Es hat sich die Einteilung nach Gärtner etabliert..

Einteilung nach Gärtner	
Grad I	Scharfe Ränder, homogene Struktur, röntgendicht
Grad II	Scharfe Ränder, inhomogene Struktur, geringer röntgendicht
Grad III	unscharfe Ränder, inhomogene Struktur, gering röntgendicht

Medizinische Schlüsselssysteme

ICD 10

M 75.3 Tendinitis calcarea im Schulterbereich

M 11.1 Kristall Arthropathie Schulterregion

S 46.0 Verletzung einer Sehne der Rotatorenmanschette

S 46.7 Verletzung mehrerer Muskeln und Sehnen in Höhe der Schulter und des Oberarmes

Anamnese

Spezielle Anamnese

Krankheitsdauer

Unfallanamnese

direkte, indirekte Gewalteinwirkung, Pseudoparalyse

Schmerzen

Lokalisation, Ausstrahlung, schmerzhafte Bewegungseinschränkung, Nacht - Ruheschmerz

Funktionseinschränkung Beweglichkeit,

Funktionsgriffe Allgemeinerkrankungen und

Risikofaktoren

Skelett- oder Bindegewebs-Erkrankungen, Stoffwechselerkrankungen,

Diagnostik

Klinische Diagnostik

Inspektion:

Muskelrelief, Symmetrie, Hautrötung

Palpation:

tastbare Resistenz im Bereich der Ansatzzone der Rotatorenmanschette

Befund:

Bewegungsausmaß (aktiv und passiv), Bewegungsschmerz, spezifische positive

Tests zur Differentialdiagnostik Rotatorenmanschettenruptur und subacromiales Impingement (Drop arm sign, Jobe-Test, Patte-Test, Palm-up Test, O`Brian Test, Lift off Test, Impingement-Zeichen nach Neer, Matsen, Hawkins.
Beurteilung von Durchblutung ,Motorik und Sensibilität

Apparative Diagnostik

Notwendige apparative Untersuchungen
Röntgen der Schulter in 3 Ebenen
a. p., in 45° Innenrotation
a.p. in 45° Außenrotation
y-view Aufnahme nach Neer

Fakultative apparative Untersuchung

Sonographie
MRT
Röntgen benachbarter Gelenke (z.B. HWS)
Klinisch chemisches Labor

Differentialdiagnosen

Impingement Syndrom (Mechanisches Outlet, Sekundäres oder funktionelles Impingement)
Frozen shoulder
Vertebragene, vasculäre, neurovasculäre Schulterschmerzen
Neuralgische Schulteramyotrophie
Rotatorenmannschettenläsionen
Gichtarthropathie
Klinische Scores
Constant Score
Therapie
Allgemeines

Ziele:

Wiederherstellung einer schmerzarmen Schulterfunktion
Beseitigung des Kalkdepots
Induktion der Kalkdepotresorption
Therapie Prinzip
Die Behandlung der Tendinosis calcarea der Schulter kann konservativ oder operativ erfolgen. Vor Durchführung operativer Verfahren sind konservative Behandlungen durchzuführen. Bleiben diese erfolglos, so ist die extrakorporale Stosswellentherapie indiziert. Erst danach ist die chirurgische Intervention indiziert.

Konservative Therapie

Medikamentös:
Systemische NSAR
Systemische Analgetika
Lokale Infiltration mit lokalen Anästhetika
Lokale Infiltration mit kristalloiden Kortikosteroiden
Lokale kombinierte Infiltration mit kristalloiden Kortikosteroiden und lokalen

Anästhetika
Infiltration mit PRP (Platelet Rich Plasma)

passive Bewegungsübungen
aktive Muskelkräftigung zur Depression und Zentrierung des Humeruskopfes,
Ergotherapie
medizinische Trainingstherapie

operative Therapie:

Sonographisch oder radiologisch kontrolliertes Needling des Kalkdepots
Arthroskopische Resektion
Offene Resektion

Indikation: Therapieresistente Symptomatik, Indikationsstellung durch einen Arzt

Kontraindikation: maligner Tumor im Fokus , offene Epiphysenfuge im Fokus,

Räumliche Anforderungen: Zertifizierungskriterien einer Arztpraxis z.B. Hygieneplan, Notfallmanagement verfügbar nach DIN-Norm

Vorbereitung des Patienten: differenzierte und dokumentierte Aufklärung und Information (Wirkungseintritt nach Wochen). Explizite Aufklärung über Gefahr der Sehnenruptur bei Vorschäden und vorzeitiger Sportbelastung nach der Behandlung.

Für die Behandlung der Tendinosis calcarea kommen bevorzugt hochenergetische Behandlungen mit focussierter Stosswelle zur Anwendung. Die Behandlung erfolgt kontrolliert und wird durch bildgebende Verfahren erleichtert (Röntgen oder Ultraschall). Das Behandlungsziel ist das Kalkdepot. Im Rahmen der Behandlung ist bei Bedarf eine lokale Anästhesie, ggfs eine systemische Analgesie notwendig. Mögliche Komplikationen sind: Hämatomverfärbung, petchiale Hautblutungen, Nerven – und Gefäßverletzungen.

Die mittlere Energieflussdichte der Stosswellen sollte zwischen 0,08 und 0,32 mJ/mm² liegen. Die dafür geeigneten Geräte und deren spezifische Parameter können unter der DIGEST Website abgerufen werden (www.Digest-ev.de). Es werden bis zu 3 Behandlungssitzungen mit einem Abstand zwischen 1-2 Wochen durchgeführt. Pro Behandlungssitzung werden bis zwischen 1500 und 2000 Stosswellen appliziert.

Durchführung der Therapie:

Die ESWT ist eine durch den qualifizierten Arzt persönlich zu erbringende Leistung

Literatur upDate erforderlich

Bosworth B. Calcium deposits in the shoulder and subacromial bursitis: a survey of 12122 shoulders. JAMA 1941;116:2477-2489

Uthoff HK, Loehr JF Calcifying tendinitis. In: Rockwood CA, Matsen FA (eds): The shoulder. Saunders, Philadelphia (1998),989-1008

Harmon PH. Methods and results in the treatment of 2580 painful shoulders with special reference to calcific tendinitis and the frozen shoulder. Am J Surg 1958;95:527-544

Gärtner J. Tendinosis calcarea - Behandlungsergebnisse mit dem needling. Z Orthop Ihre Grenzgeb 1993;131:461-469

Rompe JD, Buch M, Gerdesmeyer L, Haake M, Loew M, Maier M, Heine J. Muskuloskeletale Stosswellenapplikation - Aktueller Stand der klinischen Forschung zu den Standardindikationen. Z Orthop Ihre Grenzgeb 2002;140:267-274

Green S, Buchbinder R, Glazier R, Forbes A. Systematic review of randomised controlled trials of interventions for painful shoulder: selection criteria, outcome assessment, and efficacy. BMJ 1998;316:354-360

Rochwerger A, Franceschi JP, Viton JM. Surgical management of calcific tendinitis of the shoulder: an analysis of 26 cases. Clin Rheumatol 1999;18:313-316

Loew M, Daecke W, Kusnierczak D, Rahmanzadeh M, Ewerbeck V. Extracorporeal shock wave application – an effective treatment for patients with chronic and therapy-resistant calcifying tendinitis? J Bone Joint Surg 1999;81-B:863-867

Constant CR, Murley AHG. A clinical method of functional assessment of the shoulder. Clin Orthop 1987;214:160-164

Rompe JD, Zoellner J, Nafe, B. Bedeutung der Kalkdepotelimination bei Tendinosis calcarea der Schulter. Z Orthop Ihre Grenzgeb 2000;138:335-339

Daecke W, Kusnierczak D, Loew M : Importance of extracorporeal shockwave therapy (ESWT) in chronic calcific tendinitis of the shoulder. Orthopade 2002;31:645–651

Gerdesmeyer L, Wagenpfeil S, Haake M, Maier M, Loew M, Wörtler K, Lampe R, Seil R, Handle G, Gassel S, Rompe JD: Extracorporeal shock wave therapy for the treatment of chronic calcifying tendonitis of the rotator cuff – a randomized controlled trial. JAMA (2003);290:2573-258

Radiale Epikondylopathie

Klassifikation

M77.1 ICD 10

Synonyme

Tennisellenbogen, Epikondylitis, Schreibkrampf, Tennisarm, Mausarm

Ätiologie

Chronische Überlastung/Fehlbelastung

Trainingsfehler

Irritation des sehnigen Ursprungs der Extensoren am Epikondylus humeri radialis

Degenerative Veränderungen,

Strukturelle Läsion

Symptome

Lokaler Druckschmerz, Funktionsschmerz

Positive Provokationstests

Wechselnde Intensität

Meist einseitig

Typisch lokalisiert am lat. Epikondylus

Gelegentliche Ausstrahlung nach distal

Apparative Diagnostik:(mindestens 1 bildgebendes Verfahren)

Ultraschall

Röntgen

MRT

Differentialdiagnose

Supinatorschlitzsyndrom

Kompartmentsyndrom

Systemische Erkrankungen

Osteomyelitis

Cubitalarthrose

HWS Syndrom

Konservative Therapie (alphabetische Reihenfolge)

Dehnung/Gymnastik/

Orthesen

Infiltration (Kortison, LA), Neuraltherapie

NSAR

Elektrotherapie/Ultraschall/Thermotherapie

Akupunktur

Röntgenreizbestrahlung

Ruhigstellung/Entlastung/Nachtschiene

Operative Therapie (alphabetische Reihenfolge)
Verschiedene Operationsverfahren (Sehnenkerbung – Denervierung)
(offen / endoskopisch)

Stoßwellentherapie

Indikation: Therapieresistente Symptomatik, Indikationsstellung durch einen Arzt

Kontraindikation: maligner Tumor im Fokus , offene Epiphysenfuge im Fokus,

Räumliche Anforderungen: Zertifizierungskriterien einer Arztpraxis z.B. Hygieneplan, Notfallmanagement verfügbar nach DIN-Norm
Vorbereitung des Patienten: differenzierte und dokumentierte Aufklärung und Information (Wirkungseintritt nach Wochen)

Durchführung der Therapie:

Die ESWT ist eine durch den qualifizierten Arzt persönlich zu erbringende Leistung
keine Lokalanästhesie, ggf.

Leitungsanästhesie, ggf.

Kryotherapie

Benennung der SW Quelle

einmalig /mehrmalig (Standard bis 3, max 5)

Gesamt EFD: 0,08 – 0,25 mJ/mm²

Intervall 1-2 Wochen

Frequenz: 2-10 Hz

1000 – 3000 Impulse/Sitzung

Koppelmedium: Ultraschallgel ggf. Vaseline/Rizinusöl

Ortung: Patienten orientierte Fokussierung

Nach der Therapie: ggf. Überwachung der Kreislauffunktion

Komplikationen: Hämatomverfärbung, Temporäre

Schmerzverstärkung, Nervenirritation

Nachbehandlung:

Sportkarenz 4 Wochen (individuelle Sportanpassung)

Fortsetzen der Dehnungsübungen

Klinische Erfolgskontrolle nach 8-12 Wochen

Literatur

Crowther A, Bannister GC, Huma H et al. (2002) A prospective study to compare extracorporeal shock wave therapy and injection of steroid for the treatment of tennis elbow. *JBJS*, 84-B, 678 – 679.

Melikyan EY, Shahin E, Miles K et al. (2003) Extracorporeal shock wave therapy for tennis elbow. A randomized double blind study. *JBJS*, 85-B, 852 – 855.

Pettrone F, McCall B (2005) Extracorporeal shock wave therapy without local anaesthesia for chronic lateral epicondylitis. *JBJS*, 87-A, 1297 – 1304.

Rompe JD, Decking J, Schoellner C et al. (2004) Repetitive low energy shock wave treatment for chronic lateral epicondylitis in tennis players. *Am J Sports Med*, 32, 734 – 743.

Rompe JD, Hopf C, Kullmer K et al. (1996) Analgesic effects of extracorporeal shock wave therapy on chronic tennis elbow. *J Bone Joint Surg*, 78-B, 233 – 237.

Spacca G, Necozone S, Cacchio A (2005) Radial shock wave therapy for lateral epicondylitis: a prospective randomised controlled single-blind study. *Eur Med Phys*, 41, 17 – 25.

Speed C, Nichols D, Richards C et al. (2002) Extracorporeal shock wave therapy for lateral epicondylitis: a double blind randomized controlled trial. *J Orthop Res*, 20, 895 – 898.

Staples MP, Forbes A, Ptasznik R, Gordon J, Buchbinder R (2008): A randomized controlled trial of extracorporeal shock wave therapy for lateral epicondylitis (tennis elbow). *J Rheumatology*, 2008; 35:10; 2038-46

Patellaspitzensyndrom

Klassifikation

M76.5 ICD 10

Synonyme

Jumpers knee

Ätiologie

Chronische Überlastung/Fehlbelastung

Trainingsfehler

Irritation des Ursprungs der Patellarsehne an der Patellaspitze

Degenerative Veränderungen,

Strukturelle Läsion

Symptome

Lokaler Druckschmerz, Funktionsschmerz

Wechselnde Intensität

Typisch lokalisiert an der Patellaspitze

Apparative Diagnostik: (mindestens 1 bildgebendes Verfahren)

Ultraschall

MRT

Röntgen

Differentialdiagnose

Systemische Erkrankungen

Osteomyelitis

Gonarthrose

Kniebinnenschaden

Bursitis

M. Osgood-Schlatter

M. Sinding Laarsen

Partielle Patellarsehnenruptur

Konservative Therapie (alphabetische Reihenfolge)

Dehnung/Gymnastik/

Orthesen, Pufferabsatz

Infiltration (Kortison, LA), Neuraltherapie

NSAR

Elektrotherapie/Ultraschall/Thermotherapie

Akupunktur

Ruhigstellung/Entlastung

Operative Therapie (alphabetische Reihenfolge)

Debridement der Sehne

Denervation

Refixation (offen/endoskopisch)

Stoßwellentherapie

Indikation: Therapieresistente Symptomatik, Indikationsstellung durch einen Arzt

Kontraindikation: maligner Tumor im Fokus , offene Epiphysenfuge im Fokus,

Räumliche Anforderungen: Zertifizierungskriterien einer Arztpraxis z.B. Hygieneplan, Notfallmanagement verfügbar nach DIN-Norm

Vorbereitung des Patienten: differenzierte und dokumentierte Aufklärung und Information (Wirkungseintritt nach Wochen). Explizite Aufklärung über Gefahr der Sehnenruptur bei Vorschäden und vorzeitiger Sportbelastung nach der Behandlung.

Durchführung der Therapie:

Die ESWT ist eine durch den qualifizierten Arzt persönlich zu erbringende Leistung
keine Lokalanästhesie, ggf.

Leitungsanästhesie, ggf.

Kryotherapie Benennung

der SW Quelle

einmalig /mehrmalig (Standard bis 3, max 5)

Gesamt EFD: 0,08 – 0,25 mJ/mm²

Intervall 1-2 Wochen

Frequenz: 2-10 Hz

1000 – 3000 Impulse/Sitzung

Koppelmedium Ultraschallgel ggf. Vaseline/Rizinusöl

Ortung: Patienten orientierte Fokussierung

Nach der Therapie: ggf. Überwachung der Kreislauffunktion

Komplikationen: Hämatomverfärbung, Temporäre

Schmerzverstärkung, Nervenirritation

Nachbehandlung:

Sportkarenz 4 Wochen (individuelle Sportanpassung)

Fortsetzen der Dehnungsübungen

Klinische Erfolgskontrolle nach 8-12 Wochen

Literatur upDate erforderlich

Lohrer H, Schöll J, Arentz S (2002): Achillodynie und Patellaspitzensyndrom - Ergebnisse der Behandlung austherapierter, chronischer Fälle mit radialen Stosswellen. (Achilles tendinopathy and patellar tendinopathy. Results of radial shockwave therapy in patients with unsuccessfully treated tendinoses). Sportverletzung Sportschaden : Organ der Gesellschaft für Orthopädisch-Traumatologische Sportmedizin; VOL: 16 (3); p. 108-14

Hyman GS, Malanga GA, Alladin I (2008): Jumper's Knee. Medicine.medscape [http://emedicine.medscape.com/article/89569-print] © 1994-2009 by Medscape, All Rights Reserved (<http://www.medscape.com/public/copyright>)

van Leeuwen MT, Zwerver J, van den Akker-Scheek I (2008): Tendinopathy; a review of the Literatur upDate erforderliche Extracorporeal Shockwave Therapy for Patellar. Published online 21 Aug 2008 Br. J. Sports Med. doi:10.1136/bjism.2008.050740

Wang CJ, Ko JY, Chan YS, Wenig LH, Hsu SL: Extracorporeal shockwave for chronic patellar tendinopathy. Am J Sports Med 2007; 35; 972-978

Pseudarthrose u. verzögert heilende Knochenbrüche

ICD-10 (Version 2011): M-84.1, M-84.2

Klassifikation

Pseudarthrose: Ausbleiben der Knochenheilung > 6 Monate

Verzögerte Frakturheilung: Keine Knochenheilung 3-6 Monate nach Fraktur/OP

Synonyme

Falschgelenk

Non-union

Delayed union

Ätiologie

Interposition von Weichteilen in den Frakturspalt

Dislokation bzw. Distraction (ungenügender Kontakt der Fragmente)

mangelhafte Ruhigstellung oder zu frühe Mobilisierung

ungenügende Blutversorgung

Infekt

systemische Krankheiten (Diabetes mellitus, arterielle Verschlusskrankheit, Kortison, Rauchen etc.)

Symptome

Biege – und Stauchungsschmerz, Belastungs- und Entlastungsschmerz, Schwellung, Rötung, Überwärmung, (abnorme Beweglichkeit)

Apparative Diagnostik: (Kombination bildgebender Verfahren)

Röntgen

CT

(MRT)

Differentialdiagnose

Osteomyelitis

Pathologische Fraktur

Angeborene Anomalien

Stressfraktur

Stoßwellentherapie

Indikation:

Nicht durchbaute Fraktur ohne wesentliche Dislokation gemäß der o.g. Definition ohne Progredienz im Verlauf der Röntgenkontrollen, persistierender Frakturspalt. Bei langen Röhrenknochen sinkt die Erfolgsquote bei Frakturspalt < 5mm.

Indikationsstellung durch einen Arzt.

Kontraindikation:

Epiphysenfuge im Fokus
Hirngewebe oder Rückenmark im Fokus
Tumorgewebe im Fokus
Lungengewebe im Fokus
Erhebliche Koagulopathie (Gerinnungsstatus kontrollieren)

Räumliche Anforderungen:

Möglichkeit zur Regional- oder Allgemeinanästhesie
Röntgenortung
Zertifizierungskriterien einer Arztpraxis z.B. Hygieneplan, Notfallmanagement verfügbar nach DIN-Norm

Vorbereitung des Patienten: differenzierte und dokumentierte Aufklärung und Information

Arzt- und Assistenzpersonal: Die ESWT ist eine durch den qualifizierten Arzt persönlich zu erbringende Leistung

Durchführung der Therapie:

Leitungsanästhesie/Allgemeinanästhesie
Stabile Lagerung des Patienten/der Extremität
Koppelmedium: Ultraschallgel ggf. Vaseline/Rizinusöl
Ortung: Radiologisch
Vermeidung großer Gefäße/Nerven im Fokus

Elektrohydraulisch:

Einmalbehandlung, nach 3 bis 6 Monaten Zweit- bzw. Drittbehandlung möglich
Frequenz: 1- 4 Hz
3000 (2000 – 4000) Impulse
EFD: 0,3 – 0,4 mJ/mm²

Elektromagnetisch:

3 bis 4 Behandlungen; in 3 bis 7 Tagen Intervall
Frequenz: 1- 4 Hz
4000 Impulse
EFD: 0,4 – 0,7 mJ/mm² (lange Röhrenknochen); 0,1 mJ/mm² (Kahnbein)

Piezoelektrisch:

Keine Referenzliteratur verfügbar (entsprechend Präambel)

Radial:

Keine Referenzliteratur verfügbar (entsprechend Präambel)

Komplikationen:

Temporäre Hämatomverfärbung, Schmerzverstärkung, Nervenirritation, Ausbleiben der knöchernen Durchbauung

Nach der Therapie:

Nach ESWT sollte die Pseudarthrose je nach Lokalisation zwischen 3 und 5 Wochen exakt ruhiggestellt werden, um die neu einsprossenden Kapillaren nicht zu gefährden (das kann vor allem im Bereich der unteren Extremität eine Entlastung für diesen Zeitraum zur Folge haben).

Bei liegendem Osteosynthesematerial ohne klinische und/oder radiologische Lockerungszeichen sind keine weiteren Maßnahmen erforderlich.

Bei gelockertem Implantat und konservativ vorbehandelten Frakturen sollte eine Fixation entsprechend den Richtlinien der konservativen Knochenbruchbehandlung angewandt werden. Bei besonders mobilen Pseudarthrosen vor allem im Unterschenkelbereich muss in Einzelfällen auch ein Fixateur externe angelegt werden. Bei nicht dislokationsgefährdeten Frakturen sind Röntgenkontrollen im vierwöchigen Abstand ausreichend (ansonsten in entsprechend kürzeren Intervallen).

Literatur:

Publikationen mit Evidenzgrad von Ib bis IIb (Pubmed 5.10.2012):

- [1] Cacchio, A., Giordano, L., Colafarina, O., Rompe, J. D., Tavernese, E., Ioppolo, F., Flamini, S., Spacca, G., and Santilli, V. Extracorporeal shock-wave therapy compared with surgery for hypertrophic long-bone nonunions. *J Bone Joint Surg Am* 91, 11 (Nov 2009), 2589–97.
- [2] Furia, J. P., Juliano, P. J., Wade, A. M., Schaden, W., and Mittermayr, R. Shock wave therapy compared with intramedullary screw fixation for nonunion of proximal fifth metatarsal metaphyseal-diaphyseal fractures. *J Bone Joint Surg Am* 92, 4 (Apr 2010), 846–54.
- [3] Stojadinovic, A., Kyle Potter, B., Eberhardt, J., Shawen, S. B., Andersen, R. C., Forsberg, J. A., Shwery, C., Ester, E. A., and Schaden, W. Development of a prognostic naive bayesian classifier for successful treatment of nonunions. *J Bone Joint Surg Am* 93, 2 (Jan 2011), 187– 94.
- [4] Notarnicola, A., Moretti, L., Tafuri, S., Gigliotti, S., Russo, S., Musci, L., and Moretti, B. Extracorporeal shockwaves versus surgery in the treatment of pseudoarthrosis of the carpal scaphoid. *Ultrasound Med Biol* 36, 8 (Aug 2010), 1306–13.

Sonstige Publikationen (PubMed 5.10.2012)

1: Hak, D. J. Management of aseptic tibial nonunion. *J Am Acad Orthop Surg* 19, 9 (Sep 2011), 563–73.

- 2: Alvarez, R. G., Cincere, B., Channappa, C., Langerman, R., Schulte, R., Jaakkola, J., Melancon, K., Shereff, M., and Cross, 3rd, G. L. Extracorporeal shock wave treatment of non- or delayed union of proximal metatarsal fractures. *Foot Ankle Int* 32, 8 (Aug 2011), 746–54.
- 3: Notarnicola, A., Moretti, L., Tafuri, S., Gigliotti, S., Russo, S., Musci, L., and Moretti, B. Extracorporeal shockwaves versus surgery in the treatment of pseudoarthrosis of the carpal scaphoid. *Ultrasound Med Biol* 36, 8 (Aug 2010), 1306–13.
- 4: Stojadinovic A, Kyle Potter B, Eberhardt J, Shawen SB, Andersen RC, Forsberg JA, Shwery C, Ester EA, Schaden W. Development of a prognostic naive bayesian classifier for successful treatment of nonunions. *J Bone Joint Surg Am*. 2011 Jan;93(2):187-94. PubMed PMID: 21248216.
- 5: Ayeni OR, Busse JW, Bhandari M. Using extracorporeal shock-wave therapy for healing long-bone nonunions. *Clin J Sport Med*. 2011 Jan;21(1):74-5. PubMed PMID: 21200178.
- 6: Furia JP, Rompe JD, Cacchio A, Maffulli N. Shock wave therapy as a treatment of nonunions, avascular necrosis, and delayed healing of stress fractures. *Foot Ankle Clin*. 2010 Dec;15(4):651-62. PubMed PMID: 21056863.
- 7: Salas AE. Extracorporeal shock-wave therapy compared with surgery for hypertrophic long-bone nonunions. *J Bone Joint Surg Am*. 2010 May;92(5):1316; author reply 1316. PubMed PMID: 20439690.
- 8: McKee MD. Extracorporeal shock-wave therapy compared with surgery for hypertrophic long-bone nonunions. *J Bone Joint Surg Am*. 2010 May;92(5):1316; author reply 1316. PubMed PMID: 20439689.
- 9: Furia JP, Juliano PJ, Wade AM, Schaden W, Mittermayr R. Shock wave therapy compared with intramedullary screw fixation for nonunion of proximal fifth metatarsal metaphyseal-diaphyseal fractures. *J Bone Joint Surg Am*. 2010
- 10: Elster EA, Stojadinovic A, Forsberg J, Shawen S, Andersen RC, Schaden W. Extracorporeal shock wave therapy for nonunion of the tibia. *J Orthop Trauma*. 2010 Mar;24(3):133-41. PubMed PMID: 20182248.
- 11: Cacchio A, Giordano L, Colafarina O, Rompe JD, Tavernese E, Ioppolo F, Flamini S, Spacca G, Santilli V. Extracorporeal shock-wave therapy compared with surgery for hypertrophic long-bone nonunions. *J Bone Joint Surg Am*. 2009 Nov;91(11):2589-9
- 12: Ikeda K. [Bone fracture and the healing mechanisms. Application of the extracorporeal shock wave on treatment of fracture]. *Clin Calcium*. 2009 May;19(5):718-25. Japanese. PubMed PMID: 19398841.
- 13: Xu ZH, Jiang Q, Chen DY, Xiong J, Shi DQ, Yuan T, Zhu XL. Extracorporeal shock wave treatment in nonunions of long bone fractures. *Int Orthop*. 2009 Jun;33(3):789-93. Epub 2008 Apr 25. PubMed PMID: 18437381; PubMed Central PMCID: PMC2903117
- 14: Bara T, Synder M. Nine-years experience with the use of shock waves for treatment of bone union disturbances. *Ortop Traumatol Rehabil*. 2007 May-Jun;9(3):254-8. English, Polish. PubMed PMID: 17721422.
- 15: Wang CJ, Liu HC, Fu TH. The effects of extracorporeal shockwave on acute high-energy long bone fractures of the lower extremity. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2007 Feb;127(2):137-42. Epub 2006 Oct 13. PubMed PMID: 17053946.
- 16: Biedermann R, Martin A, Handle G, Auckenthaler T, Bach C, Krismer M. Extracorporeal shock waves in the treatment of nonunions. *J Trauma*. 2003 May;54(5):936-42. Review. PubMed PMID: 12777907.
- 17: Narasaki K, Shimizu H, Beppu M, Aoki H, Takagi M, Takashi M. Effect of extracorporeal shock waves on callus formation during bone lengthening. *J Orthop Sci*. 2003;8(4):474-81. PubMed PMID: 12898297.
- 18: Schatz KD, Nehrer S, Dorotka R, Kotz R. [3D-navigated high energy shockwave therapy and axis correction after failed distraction treatment of congenital

- tibial pseudarthrosis]. *Orthopade*. 2002 Jul;31(7):663-6. German. PubMed PMID: 12219665.
- 19: Schoellner C, Rompe JD, Decking J, Heine J. [High energy extracorporeal shockwave therapy (ESWT) in pseudarthrosis]. *Orthopade*. 2002 Jul;31(7):658-62. German. PubMed PMID: 12219664.
- 20: Wang CJ, Chen HS, Chen CE, Yang KD. Treatment of nonunions of long bone fractures with shock waves. *Clin Orthop Relat Res*. 2001 Jun;(387):95-101. PubMed PMID: 11400901.
- 21: Schaden W, Fischer A, Sailer A. Extracorporeal shock wave therapy of nonunion or delayed osseous union. *Clin Orthop Relat Res*. 2001 Jun;(387):90-4. PubMed PMID: 11400900.
- 22: Rompe JD, Rosendahl T, Schvöllner C, Theis C. High-energy extracorporeal shock wave treatment of nonunions. *Clin Orthop Relat Res*. 2001 Jun;(387):102-11. PubMed PMID: 11400870.
- 23: Ikeda K, Tomita K, Takayama K. Application of extracorporeal shock wave on bone: preliminary report. *J Trauma*. 1999 Nov;47(5):946-50. PubMed PMID: 10568728.
- 24: Beutler S, Regel G, Pape HC, Machtens S, Weinberg AM, Kremeike I, Jonas U, Tscherne H. [Extracorporeal shock wave therapy for delayed union of long bone fractures - preliminary results of a prospective cohort study]. *Unfallchirurg*. 1999 Nov;102(11):839-47. German. PubMed PMID: 10551931.
- 25: Vogel J, Rompe JD, Hopf C, Heine J, Bvörger R. [High-energy extracorporeal shock-wave therapy (ESWT) in the treatment of pseudarthrosis]. *Z Orthop Ihre Grenzgeb*. 1997 Mar-Apr;135(2):145-9. Review. German. PubMed PMID: 9214173.
- 26: Heinrichs W, Witzsch U, Bvörger RA. [Extracorporeal shock-wave therapy (ESWT) for pseudoarthrosis. A new indication for regional anesthesia]. *Anaesthesist*. 1993 Jun;42(6):361-4. German. PubMed PMID: 8342745.
- 27: Schleberger R, Senge T. Non-invasive treatment of long-bone pseudarthrosis by shock waves (ESWL). *Arch Orthop Trauma Surg*. 1992;111(4):224-7. PubMed PMID: 1622713.
- 28: Park SH, Park JB, Weinstein JN, Loening S. Application of extracorporeal shock wave lithotripter (ECSWL) in orthopedics. I. Foundations and overview. *J Appl Biomater*. 1991 Summer;2(2):115-26. Review. PubMed PMID: 10149079.
- 29: Augat P. The application of extracorporeal shock wave lithotripter in orthopedics. *J Appl Biomater*. 1991 Winter;2(4):286-7. PubMed PMID: 10149401.
- 30: Valchanov, V. D., and Michailov, P. High energy shock waves in the treatment of delayed and nonunion of fractures. *Int Orthop* 15, 3 (1991), 181–184.

Stressfrakturen

ICD-10: M-84.3

Synonyme

Ermüdungsbrüche, Marschfrakturen,

Ätiologie

Lokale Überbeanspruchung der knöchernen Strukturen durch ungewohnte äußere Stressfaktoren

Symptome

Lokaler Druckschmerz, Rötung, Schwellung, Biege – und Belastungsschmerz

Apparative Diagnostik: (Kombination bildgebender Verfahren)

Röntgen

CT

MRT

Differentialdiagnose

Osteomyelitis

Pathologische Fraktur

Angeborene Anomalien

Konservative Therapie (alphabetische Reihenfolge)

Ruhigstellung

Entlastung

Pulsierender Ultraschall

Magnetisch induzierte Elektrotherapie

Operative Therapie

Debridement der Fraktur

Spongiosaplastik

Osteosynthese

Stoßwellentherapie

Indikation:

Indikationsstellung durch einen Arzt

Kontraindikation:

Epiphysenfuge im Fokus

Tumorgewebe im Fokus

Erhebliche Koagulopathie (Gerinnungsstatus kontrollieren)

Räumliche Anforderungen:

Möglichkeit zur Regional- oder Allgemeinanästhesie
Röntgenortung
Zertifizierungskriterien einer Arztpraxis z.B. Hygieneplan, Notfallmanagement
verfügbar nach DIN-Norm

Vorbereitung des Patienten: differenzierte und dokumentierte Aufklärung und Information

Durchführung der Therapie:

Die ESWT ist eine durch den qualifizierten Arzt zu erbringende Leistung
Leitungsanästhesie/Allgemeinanästhesie
Stabile Lagerung des Patienten/der Extremität
Benennung der SW Quelle
Einmalbehandlung, nach 3 bis 6 Monaten Zweit- bzw. Drittbehandlung möglich
Gesamt EFD: 0,35 – 0,6 mJ/mm²
Frequenz: 1-4 Hz
1000 - 2000 Impulse/pro cm Pseudarthrose
Koppelmedium Ultraschallgel ggf. Vaseline/Rizinusöl
Ortung: Radiologisch

Komplikationen:

Hämatomverfärbung, Temporäre Schmerzverstärkung, Nervenirritation, Ausbleiben der Durchbauung

Nach der Therapie:

nach ESWT sollte die Stressfraktur je nach Lokalisation zwischen 4 und 6 Wochen entlastet werden. Es kann mit aktiven Bewegungsübungen ohne Belastung sofort begonnen werden.

bei Patienten mit fraglicher Compliance ist eine Fixation im Gips- oder Kunststoffverband angezeigt. Da es sich bei den Patienten mit Stressfrakturen nicht selten um Spitzensportler handelt, die bei Beschwerdeabnahme, die sich häufig unmittelbar nach ESWT einstellt, sofort wieder ihr volles Trainingsprogramm aufnehmen, ist hier auf die Compliance besonders zu achten.

Der Heilungsverlauf wird vor allem durch die klinische Entwicklung beurteilt, lässt sich aber etwas verzögert in entsprechenden, bildgebenden Verfahren nachweisen

Literatur upDate erforderlich

M. Taki, O. Iwata, M. Shiono, M. Kimura, and K. Takagishi. Extracorporeal shock wave therapy for resistant stress fracture in athletes: a report of 5 cases. *Am J Sports Med*, 35(7):1188–1192, 2007.

Leal CA, Herrera JM, Murillo M*, Duran R*, Reyes OE, Lopez JC, ESWT in High Performance Athletes with Tibial Stress Fractures, Presentation 5th Congress of the ISMST, Winterthur, Switzerland, 2002

Robert Gordon, Lisa Lynagh, ESWT Treatment of Stress Fractures, Presentation 5th Congress of the ISMST, Winterthur, Switzerland, 2002

Audain Roberto, Maggiore Giovanni, Herrera Jesus, Almas Miguel, Clinical Case of Treating Stress Fractures with ESWT, Presentation 6th Congress of the ISMST, Orlando, USA, 2003

Aseptische Hüftkopfnekrose

ICD-10: M97.0

Ätiologie, Pathogenese, Pathophysiologie

Die Ätiologie ist noch nicht geklärt, diskutiert werden ein vaskuläres Risiko durch eine subkritische Gefäßversorgung im Prädilektionsalter, konstitutionelle Einflüsse, mögliche mehrzeitige Knocheninfarkte

Die Erkrankung tritt besonders bei Menschen und bei Haushunden auf. Die genauen Ursachen sind nicht restlos geklärt, gehäuft treten Hüftkopfnekrosen bei Diabetes mellitus und beim Alkoholismus auf. Auch eine längere Behandlung mit Antikoagulantien kann eine Hüftkopfnekrose zur Folge haben. Hüftkopfnekrosen können nach Verletzung des Hüftkopfes auftreten. Man spricht dann von posttraumatischen Hüftkopfnekrosen. Typisch ist die Hüftkopfnekrose nach Abscherung des Hüftkopfes bei traumatischer Luxation der Hüfte.

Ohne ersichtliche Ursache, etwa einem Unfall, beginnt eine Hüfte plötzlich zu schmerzen. Die Beweglichkeit des Gelenkes schränkt sich ein, meistens ist die Innenrotation und Streckung gehemmt. Das normale Röntgenbild kann im ersten Stadium oft keine krankhaften Veränderungen zeigen, erst die Untersuchung mit dem MRT zeigt im frühen Stadium die Änderung der Stoffwechsellage im erkrankten Knochen.

Medizinische Klassifikation

Stadieneinteilung nach ARCO

Stadium A0: Schmerz in der Hüfte ohne verifizierbare Zeichen im Röntgen, CT, Szintigramm oder MRI

Stadium A1: Röntgen und CT sind normal, MRI zeigt im medialen Hüftkopf eine Veränderung unter 15 % der Oberfläche

Stadium A2: kein Sichelzeichen, im Röntgen Sklerosierung, Osteolyse und fokale Porose, Fläche 15 – 30 %

Stadium A3: Sichelzeichen auf dem Röntgenbild, im Kernspin und CT mehr als 30 % Oberfläche betroffen

Stadium A4: Osteoarthritis, Arthrosezeichen im Röntgenbild, Verschmälerung des Gelenkspaltes, Veränderung der Acetabula, Gelenkzerstörung

Anamnese

Spezielle Anamnese: Knieschmerz, Hinken, Lauffaulheit, Ermüdbarkeit, Schmerzintervalle, Alkoholkonsum, Stoffwechselfathologien, Medikamentenanamnese

Allgemeine Anamnese: familiäres Vorkommen, Hüftdysplasie, Infekt

Diagnostik

Apparative Diagnostik: s. oben

Differenzialdiagnostik: bakterielle Coxitis, Tumorerkrankungen, Coxarthrose

Therapie

Ziele: Erhalt des Hüftkopfes, Schmerzfreiheit und Mobilität

Konservative Therapie

Iloprost- Infusionstherapie, Analgetika, NSAR, Physiotherapie, Gangschulung, Bewegungsübungen, besonders der Abduktion und Innenrotation, Belastungsreduktion, Orthesenversorgung zur Entlastung, HBO-Therapie

Operative Therapie:

Im Stadium I und II Anbohren zur Dekompression, im Stadium III und IV Gelenkersatz, Hüftendoprothese,

Stoßwellentherapie

Behandlung in Allgemeinnarkose oder Leitungsanästhesie,
Lagerung des Patienten mit Exponierung des Befundes (Außenrotation und Extension),
Darstellen des vorher im Kernspin mit Gadolinium lokalisierten Areals durch Röntgenbildwandler.
Lokalisierung der Gefäßnervenbündel.
Positionierung des hochenergetischen Schallkopfes,
4000 – 6000 Impulse, hochenergetisch 0,35 – 0,6 mJ/mm² Energieflussdichte,
1-3 Behandlung mit 12 Wochen Abstand

Durchführung der Therapie:

Die ESWT ist eine durch den qualifizierten Arzt persönlich zu erbringende Leistung

Postoperatives Follow-up:

Entlastung für 6 Wochen an Gehstützen, physiotherapeutische Mobilisierungs- und Bewegungsübungen,

Dokumentation:

Dokumentation der Behandlungsparameter.

verantwortlicher Arzt für die ESWT

Bei Behandlungen in Allgemein- oder Leitungsanästhesie: OP Bericht

Indikation

Indikationsstellung durch einen Arzt

Literatur upDate erforderlich

AVN

H.-Z. Ma, B.-F. Zeng, and X.-L. Li. Upregulation of vegf in subchondral bone of necrotic femoral heads in rabbits with use of extracorporeal shock waves. *Calcif Tissue Int*, 81(2):124–131, 2007. Department of Orthopedic Surgery, Shanghai Sixth People's Hospital, Shanghai Jiaotong University, Shanghai, 200233, China

H.-Z. Ma, B.-F. Zeng, X.-L. Li, and Y.-M. Chai. Temporal and spatial expression of bmp-2 in subchondral bone of necrotic femoral heads in rabbits by use of extracorporeal shock waves. *Acta Orthop*, 79(1):98–105, February 2008.

Department of Orthopedic Surgery, Shanghai Sixth People's Hospital, Shanghai Jiaotong University, Shanghai, China

S. Lauber. High energy extracorporeal shockwave therapy in femur head necrosis. *Z Orthop Ihre Grenzgeb*, 138(5):Oa3–4, 2000 Sep-Oct.

J. Ludwig, S. Lauber, H. J. Lauber, U. Dreisilker, R. Raedel, and H. Hotzinger. High-energy shock wave treatment of femoral head necrosis in adults. *Clin Orthop Relat Res*, (387):119–126, 2001. M. Maier, S. Milz, D. C. Wirtz, J. D. Rompe, and C. Schmitz. Basic research of applying extracorporeal shockwaves on the musculoskeletal system. an assessment of current status. *Orthopade*, 31(7):667–677, 2002

M. A. Mont, L. C. Jones, T. M. Seyler, G. A. Marulanda, K. J. Saleh, and R. E. Delanois. New treatment approaches for osteonecrosis of the femoral head: an overview. *Instr Course Lect*, 56:197–212, 2007.

M. Tingart, H. Bathis, L. Perlick, K. Lerch, C. Luring, and J. Grifka. Therapy of femoral head osteonecrosis: results of a national survey. *Z Orthop Ihre Grenzgeb*, 142(5):553–558, 2004.

C.-J. Wang, F.-S. Wang, C.-C. Huang, K. D. Yang, L.-H. Weng, and H.-Y. Huang. Treatment for osteonecrosis of the femoral head: comparison of extracorporeal shock waves with core decompression and bone-grafting. *J Bone Joint Surg Am*, 87(11):2380–2387, 2005.

C.-J. Wang, F.-S. Wang, J.-Y. Ko, H.-Y. Huang, C.-J. Chen, Y.-C. Sun, and Y.-J. Yang. Extracorporeal shockwave therapy shows regeneration in hip necrosis. *Rheumatology (Oxford)*, 47(4):542–546, 2008.

C. Wang, F. Wang, K. Yang, C. Huang, M. Lee, Y. Chan, J. Wang, and J. Ko. Treatment of osteonecrosis of the hip: comparison of extracorporeal shockwave with shockwave and alendronate. *Arch Orthop Trauma Surg*, 2007.

M. Mueller, B. Bockstahler, M. Skalicky, E. Mlacnik, and D. Lorinson. Effects of radial shockwave therapy on the limb function of dogs with hip osteoarthritis. *Vet Rec*, 160(22):762–765, 2007.

J. Ludwig, S. Lauber, J. Lauber, and H. Hotzinger. Shockwave treatment of femur head necrosis in the adult. *Z Orthop Ihre Grenzgeb*, 137(4):Oa2–5, 1999

J. Hausdorf, A. Lutz, H. Rohrig, and M. Maier. Extracorporeal shock wave therapy and femur head necrosis—pressure measurements in the femur head. *Z Orthop Ihre Grenzgeb*, 142(2):122–126, 2004.

Osteochondrosis dissecans (adult)

ICD-10:M-93.2

Synonyme

Osteochondrosis dissecans, OD
Osteochondritis dissecans, subchondrale
Osteonekrose dissoziierende Osteochondrose

Definition

Die Osteochondrosis dissecans ist eine im Wachstumsalter entstehende lokalisierte Erkrankung von Gelenken, die zur Gruppe der aseptischen Knochennekrose gerechnet wird. Der segmentale Befall von subchondralen Knochen und darüber liegendem Knorpel kann zur Bildung freier Gelenkkörper führen. Besonders häufig sind Femurkondylen und Talusschulter betroffen.

Ätiologie

Unbekannt, es werden Traumafolgen und Perfusionsstörungen unbekannter Genese diskutiert.

Pathogenese

Subchondrale Nekrose: Initialstadium ggf. mit Induktion reparativer Prozesse aus umgebenden Gewebe.

Sklerosierung bzw. Demarkation: Fortbestehende Belastung oder andere Störung des Umbaus führen zur Knochenverdichtung im Grenzbereich

Dissekatbildung: Demarkation eines chondralen–osteochondralen Fragmentes bei zunächst noch fibröser Fixation (Dissekat in situ), ggf. spätere Lösung aus dem Mausbett (freier Gelenkkörper). Der pathogenetische Ablauf kann in jeder Phase zum Stillstand kommen.

Klassifikationen

Medizinische Klassifikation radiologische
Klassifikation MRT-Klassifikation
arthroskopische Klassifikation kombinierte
Einteilung

Klassifikation nach Berndt und Harty.

Grad 1, in situ Knochennekrose ohne Anzeichen einer Lösung

Grad 2, in situ, Knochennekrose mit / ohne Lösungstendenz aber mit unregelmäßigem Knorpelbezirk

Grad 3, in situ, Knochennekrose mit sich ablösenden Knorpelbereichen, Grad 4, gelöste Knochen- und Knorpelfragmente

Diagnostische Einteilung im MRT nach Pommeranz sequestrierte, elliptische Subkorticaliszeichen, hypertens hypotens in T1 und T2, 65 %
hypertens zentral mit hypotensem Rand in T1 30 %
hypotens oder hypertens in T1 und hypertens in T2 5%

Kriterien für die Fragmentinstabilität oder Lösung

Größe mehr als 1 cm

Hypertensität des umgebenden Randes größer als 3 mm

Hypertenses Flüssigkeitssignal im Fast-Scan oder T2 zwischen Lösung und dem darüber liegenden Femur

Anamnese:

Schmerz, Schwellneigung, Blockierung, Bewegungseinschränkung, Giving way
Spezielle Anamnese: sportliche körperliche Belastung, frühere Gelenkverletzung, hämatologische Erkrankung, Steroidmedikation

Diagnostik

Klinische Diagnostik

Apparative Diagnostik: Rö, CT, MRT mit Gd

Diff Diagnostik:

Therapie

Entlastung, Iloprost- Infusionstherapie, Analgetika, NSAR, Physiotherapie, Gangschulung, Bewegungsübungen, besonders der Abduktion und Innenrotation, Orthesenversorgung zur Entlastung, HBO-Therapie

Ziel

Revitalisierung des osteochondralen Bezirks Verhinderung einer Progression (Dissekatbildung) Prävention der Arthrose

operative Therapien:

Anbohrung, (anterograd, retrograd)

subchondrale Spongioplastik

Dissekatrefixation (z.B. mittels Fibrinkleber, resorbierbaren Stiften, Osteosynthese mit metallischen Implantaten, evtl. Spongiosaplastik)

Dissekatentfernung

Knorpel-/Knochentransplantation

Stoßwellentherapie

Indikation: Indikationsstellung durch einen Arzt

Im möglichst frühen Stadium, vor Lösung des Dissekat.

Therapie: hochenergetisch

Lokalisation: entweder arthroskopisch oder nach erfolgtem Kernspintomogramm anatomische Orientierung mittels Röntgenbildwandler

Anästhesie: Leitungs – oder Allgemeinanästhesie

2500 - 3500 Impulse, mit 0,35 – 0,6 mJ/mm², wenn möglich, am Nekroserand

Entlastung für 2-6 Wochen, ggfs orthograde Belastung in Orthese möglich

Follow up: Kernspinkontrolle empfohlen

Durchführung der Therapie

Die ESWT ist eine durch den qualifizierten Arzt persönlich zu erbringende Leistung

Literatur upDate erforderlich

Artikel	Gerät	Parameter
R. Thiele and S. Marx. Fallvorstellung der arthroskopisch kontrollierten Therapie der Osteochondrosis dissecans mittels ESWT. <i>Arthroskopie</i> , 16:266–271, 7 2003.	OssaTron	elektrohydraulisch 0,35mJ/mm ² 2500 Pulse Humanapplikation
R. Thiele and S. Marx. Die Behandlung von osteochondralen Läsionen durch ESWT. <i>Orthopädische Praxis</i> , 42(4):55–59, 4 2006.	OssaTron	elektrohydraulisch 0,35mJ/mm ² 2400 Pulse Humanapplikation
J. Dahlberg, G. Fitch, R. B. Evans, S. R. McClure, and M. Conzemius. The evaluation of extracorporeal shockwave therapy in naturally occurring osteoarthritis of the stifle joint in dogs. <i>Vet Comp Orthop Traumatol</i> , 18(3):147–152, 2005.	EquiTron	elektrohydraulisch 0,15mJ/mm ² Knie, Hund
B. Moretti, F. Iannone, A. Notarnicola, G. Lapadula, L. Moretti, V. Patella, and R. Garofalo. Extracorporeal shock waves down-regulate the expression of interleukin-10 and tumor necrosis factor-alpha in osteoarthritic chondrocytes. <i>BMC Musculoskelet Disord</i> , 9:16, 2008.	Storz Minilith SL1	verschiedene Einstellungen an Chondrocyten
M. Mueller, B. Bockstahler, M. Skalicky, E. Mlacnik, and D. Lorinson. Effects of radial shockwave therapy on the limb function of dogs with hip osteoarthritis. <i>Vet Rec</i> , 160(22):762–765, 2007.	EMS	radial Hüfte Hund
N. Ochiai, S. Ohtori, T. Sasho, K. Nakagawa, K. Takahashi, N. Takahashi, R. Murata, K. Takahashi, H. Moriya, Y. Wada, and T. Saisu. Extracorporeal shock wave therapy improves motor dysfunction and pain originating from knee osteoarthritis in rats. <i>Osteoarthritis Cartilage</i> , 15(9):1093–1096, 2007.	?	? Knie Ratte
J. Pleiner, A. Imhof, and M. Quittan. Extracorporeal shockwave therapy for diseases of bones and joints. <i>Med Monatsschr Pharm</i> , 25(7):236–240, 2002.	Review	?
H. Renz and S. Rupp. Effects of shock waves on chondrocytes and their relevance in clinical practice. <i>Arch Orthop Trauma Surg</i> , 2008.	Piezoson 300	piezoelektrisch 0,08mJ/mm ² und 0,26mJ/mm ² an Humanchondrocyten
N. Vaterlein, S. Lussenhop, M. Hahn, G. Delling, and A. L. Meiss. The effect of extracorporeal shock waves on joint cartilage—an in vivo study in rabbits. <i>Arch Orthop Trauma Surg</i> , 120(7-8):403–406, 2000	?	2000 Pulse 1.2mJ/mm ² Kaninchen: keine Schäden am Knorpel
Lauber H.J., Hausamen K. (1998): Erste Resultate der Stosswellentherapie bei Hüft-kopfnekrosen und Osteochondrosis dissecans; Abstract, 3. Kasseler	OssaTron	elektrohydraulisch 0,35mJ/mm ² Humanapplikation

Stosswellen-symposium, Kassel, 03.-04.04.1998		
Schleberger R. (1997): Stosswellenbehandlung bei Osteochondrosen und Osteonekrosen; in: Siebert W., Buch M. (Eds.) (1997): Stosswellenanwendungen am Knochen: Klinische und experimentelle Erfahrungen - Abstract-Band des Symposiums zur Stosswellentherapie am 11.-12.04.1997 in Kassel; Verlag Dr. Kovac, Hamburg, 1997, p. 62	vermutlich Dornier MFL 5000	elektrohydraulisch

Schmerzsyndrome der Skelettmuskulatur

Präambel: Skelettmuskel-Schmerzsyndrome sind oftmals Ausdruck einer nicht muskulären Pathologie, die der Behandler differentialdiagnostisch abklären muss.

Klassifikation

ICD 10: M79.1

Synonyme

Myofaszielles Schmerzsyndrom, Myogelosen, Muskelhartspann, muskuläre Triggerpunkte, pseudoradikuläres Schmerzsyndrom, RSI-Syndrom (Repetitive Strain Injury), Myalgie

Ätiologie

außerhalb der Muskulatur gelegenen Pathologie, z.B. durch:

Fehlstatik

Fehl – und Schonhaltung

Radikulopathie Arthrogene Reizungen

Viszerale Reizungen

Erkrankung innerer Organe Endokrine Erkrankungen,

metabolische – und Elektrolytstörungen

Mangelernährung

Schlafmangel

Psychische Erkrankungen

Psychologische Störungen

muskuläre Ursachen:

Akute und chronische Überlastung,

chronische Unterlastung der Muskulatur

akute und chronische Verletzung der Skelettmuskulatur,

Fehlbelastung (muskuläre Dysbalance)

Symptome

Muskelverhärtung, lokaler Druckschmerz, Übertragungsschmerz, Anspann- und Dehnschmerz, Muskelverkürzung, Kraftminderung, Koordinationsstörung, vegetative Symptome

Diagnostik

klinisch

Ggfs. Röntgen, Ultraschall, MRT, Labor (Entzündungsparameter, Muskelenzyme)

Differentialdiagnose

Muskel-Tumor, primäre (hereditäre) und sekundäre (erworbene) Myopathien, neurologische Systemerkrankungen, neurogene Ausfälle, entzündlich-rheumatische Erkrankungen, hormonelle Störungen (z.B. Hyperparathyroidismus, Hypothyreose), kardiale Erkrankungen, viszeraler – und kardialer Projektionsschmerz, Erkrankungen innerer Organe, psychisch modulierte Erkrankungen, psychiatrische Erkrankungen (ZNS), medikamentöse Nebenwirkungen

Konservative Therapie (alphabetische Reihenfolge):

Akupunktur, Dehnung, Entlastung, Elektrotherapie, Infiltrationen mit Lokalanästhesie und / oder Kortison, Nadelung, Neuraltherapie, NSAR, Orthesen, Ruhigstellung, Thermotheapie, Ultraschall

Operative Therapie (alphabetische Reihenfolge)

Ablösen der Sehnenansätze, Denervierung

Stoßwellentherapie

Indikation: Indikationsstellung durch einen Arzt

Kontraindikation: Maligner Tumor im Fokus, offene Epiphysenfuge im Fokus

Räumliche Anforderungen: Zertifizierungskriterien einer Arztpraxis z.B. Hygieneplan, Notfallmanagement verfügbar nach DIN-Norm

Vorbereitung des Patienten: Lagerung in entspannter Position der zu behandelnden Muskeln. Allgemeine Aufklärung über Stoßwellentherapie und explizite Aufklärung über Gefahr von Hämatomverfärbungen.

Durchführung der Therapie:

Die ESWT ist eine durch den qualifizierten Arzt persönlich zu erbringende Leistung!

keine Lokalanästhesie

Dokumentation unter Benennung der behandelten Muskeln

3-10 Behandlungen bei myofaszialen Triggerpunkten

3-10 und mehr als adjuvante Schmerztherapie bei chronischen Schmerzsyndromen

EFD: 0,05 – 0,35 mJ/mm²

Intervall 1-3 Behandlungen pro Woche

Frequenz: 4-20 Hz,

maximal 2000 Impulse pro Muskel pro Sitzung

Koppelmedium Ultraschallgel, ggf. Vaseline/Rizinusöl

Ortung: Patienten orientierte Fokussierung

Ggfs. orientierende Ultraschalluntersuchung am Behandlungsort zur verbesserten Lokaldiagnostik und zur Wahl der Fokustiefe

Nach der Therapie: ggf. Überwachung der Kreislauffunktion

Komplikationen: Hämatomverfärbung,
temporäre Schmerzverstärkung, Nervenirritation

Nachbehandlung:

Sportkarenz 4 Wochen (individuelle Sportanpassung) Fortsetzen der

Dehnungsübungen

Klinische Erfolgskontrolle nach 8-12 Wochen

Literatur upDate erforderlich

Hausdorf J, Lemmens MA, Heck KD, et al. Selective loss of unmyelinated nerve fibers after extracorporeal shockwave application to the musculoskeletal system. *Neuroscience*. 2008 Jul 31 2008; 155(1):138-144.

Kraus M, Reinhart E, Krause H, Reuther J. [Low energy extracorporeal shockwave therapy (ESWT) for treatment of myogelosis of the masseter muscle]. *Mund Kiefer Gesichtschir*. 1999; 3(1):20-3.

Maier M, Averbek B, Milz S, Refior HJ, Schmitz C. Substance P and prostaglandin E2 release after shock wave application to the rabbit femur. *Clin Orthop Relat Res*. 2003 Jan 2003(406):237-245.

Mense S, Simons DG. *Muscle pain : Understanding its nature, diagnosis, and treatment*. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2001.

Schenk I, Vesper M, Nam VC. [Initial results using extracorporeal low energy shockwave therapy ESWT in muscle reflex-induced lock jaw]. *Mund Kiefer Gesichtschir*. 2002 Sep 2002; 6(5):351-355.

Shah JP, Danoff JV, Desai MJ, et al. Biochemicals associated with pain and inflammation are elevated in sites near to and remote from active myofascial trigger points. *Arch Phys Med Rehabil*. 2008 Jan 2008; 89(1):16-23.

Travell J, D.G. S. *Handbuch der Muskel-Triggerpunkte. Obere Extremitäten, Kopf und Thorax*. 1 ed. Stuttgart: Gustav Fischer Verlag; 1998.

Travell J, D.G. S. *Handbuch der Muskel-Triggerpunkte. Untere Extremitäten und Becken*. 1 ed. München: Urban & Fischer Verlag; 2000.

Wall PD, Cronly-Dillon JR. Pain, itch, and vibration. *Arch Neurol*. 1960 Apr 1960; 2:365-375.

3 Literatur

Weitere Literatur

AVN	Device	Principle
H.-Z. Ma, B.-F. Zeng, and X.-L. Li. Upregulation of vegf in subchondral bone of necrotic femoral heads in rabbits with use of extracorporeal shock waves. <i>Calcif Tissue Int</i> , 81(2):124–131, 2007. Department of Orthopedic Surgery, Shanghai Sixth People's Hospital, Shanghai Jiaotong University, Shanghai, 200233, China	?	?
H.-Z. Ma, B.-F. Zeng, X.-L. Li, and Y.-M. Chai. Temporal and spatial expression of bmp-2 in subchondral bone of necrotic femoral heads in rabbits by use of extracorporeal shock waves. <i>Acta Orthop</i> , 79(1):98–105, February 2008. Department of Orthopedic Surgery, Shanghai Sixth People's Hospital, Shanghai Jiaotong University, Shanghai, China	?	?
S. Lauber. High energy extracorporeal shockwave therapy in femur head necrosis. <i>Z Orthop Ihre Grenzgeb</i> , 138(5):Oa3–4, 2000 Sep-Oct.	OssaTron	e-h, 28 kV 0.4mJ/mm ²
J. Ludwig, S. Lauber, H. J. Lauber, U. Dreisilker, R. Raedel, and H. Hotzinger. High-energy shock wave treatment of femoral head necrosis in adults. <i>Clin Orthop Relat Res</i> , (387):119–126, 2001.	OssaTron	e-h, 28 kV 0.4mJ/mm ²
M. Maier, S. Milz, D. C. Wirtz, J. D. Rompe, and C. Schmitz. Basic research of applying extracorporeal shockwaves on the musculoskeletal system. an assessment of current status. <i>Orthopade</i> , 31(7):667–677, 2002	?	?
M. A. Mont, L. C. Jones, T. M. Seyler, G. A. Marulanda, K. J. Saleh, and R. E. Delanois. New treatment approaches for osteonecrosis of the femoral head: an overview. <i>Instr Course Lect</i> , 56:197–212, 2007.	?	?
M. Tingart, H. Bathis, L. Perlick, K. Lerch, C. Luring, and J. Grifka. Therapy of femoral head osteonecrosis: results of a national survey. <i>Z Orthop Ihre Grenzgeb</i> , 142(5):553–558, 2004.	?	?
C.-J. Wang, F.-S. Wang, C.-C. Huang, K. D. Yang, L.-H. Weng, and H.-Y. Huang. Treatment for osteonecrosis of the femoral head: comparison of extracorporeal shock waves with core decompression and bone-grafting. <i>J Bone Joint Surg Am</i> , 87(11):2380–2387, 2005.	OssaTron	e-h, 28 kV 0.4mJ/mm ²
C.-J. Wang, F.-S. Wang, J.-Y. Ko, H.-Y. Huang, C.-J. Chen, Y.-C. Sun, and Y.-J. Yang. Extracorporeal shockwave therapy shows regeneration in hip necrosis. <i>Rheumatology (Oxford)</i> , 47(4):542–546, 2008.	OssaTron	e-h
C. Wang, F. Wang, K. Yang, C. Huang, M. Lee, Y. Chan, J. Wang, and J. Ko. Treatment of osteonecrosis of the hip: comparison of extracorporeal shockwave with shockwave and alendronate. <i>Arch Orthop Trauma Surg</i> , 2007.	OssaTron	e-h, 28 kV 0.4mJ/mm ²

MM.Mueller, B. Bockstahler, M. Skalicky, E.Mlacnik, and D. Lorinson.Effects of radial shockwave therapy on the limb function of dogs with hip osteoarthritis. Vet Rec, 160(22): 762-765, 2007	?	radial
J. Ludwig, S. Lauber, J. Lauber, and H. Hotzinger. Shockwave treatment of femur head necrosis in the adult. Z Orthop Ihre Grenzgeb. 137(4):Oa2-5, 1999	OssaTron	e-h, 26 kV 0.35mJ/mm ²
J. Hausdorf, A. Lutz, H. Rohrig, and M. Maier. Extracorporeal shock wave therapy and femur head necrosis–pressure measurements in the femur head. Z Orthop Ihre Grenzgeb, 142(2):122–126, 2004.		
Stress fracture	Device	Principle
M. Taki, O. Iwata, M. Shiono, M. Kimura, and K. Takagishi. Extracorporeal shock wave therapy for resistant stress fracture in athletes: a report of 5 cases. Am J Sports Med, 35(7):1188–1192, 2007.	OssaTron	e-h, 22 - 28 kV 0.29-0.4 mJ/mm ²
Nonunion	Device	Principle
P. Augat, L. Claes, and G. Suger. In vivo effect of shock-waves on the healing of fractured bone. Clin Biomech (Bristol, Avon), 10(7):374–378, 1995.	?	elektromagnetisch negativ
T. Bara, M. Sibinski, and M. Synder. Own clinical experience with functional bracing for treatment of pseudarthrosis and delayed union of the tibia. Ortop Traumatol Rehabil, 9(3):259–263, 2007.	Lithotripter	? hochenergetisch
T. Bara and M. Synder. Nine-years experience with the use of shock waves for treatment of bone union disturbances. Ortop Traumatol Rehabil, 9(3):254–258, 2007.	Lithotripter	? hochenergetisch
T. Bara, M. Synder, and M. Studniarek. The application of shock waves in the treatment of delayed bone union and pseudoarthrosis in long bones. Ortop Traumatol Rehabil, 2(3):54–57, 2000.	Lithotripter	? hochenergetisch
C. D. Baron. Extrakorporale stosswellentherapie bei atropher pseudarthrose – ein in-vivo modell am kaninchen. Dissertation, Orthopädische Klinik und Poliklinik der Ludwig-Maximilians-Universität München, Klinikum Großhadern, Institut für Chirurgische Forschung der Ludwig-Maximilians- Universität München, December 2007.	Dornier XL1	elektrohydraulisch 0.5mJ/mm ²
S. Beutler, G. Regel, H. C. Pape, S. Machtens, A. M. Weinberg, I. Kremeike, U. Jonas, and H. Tscherne. Extracorporeal shock wave therapy for delayed union of long bone fractures - preliminary results of a prospective cohort study. Unfallchirurg, 102(11):839–847, 1999.	Dornier MFL5000	elektrohydraulisch
R. Biedermann, A. Martin, G. Handle, T. Auckenthaler, C. Bach, and M. Krismer. Extracorporeal shock waves in the treatment of nonunions. J Trauma, 54(5):936–942, 2003.	Review	Ergebnis: no evidence
K. Birnbaum, D. C. Wirtz, C. H. Siebert, and K. D. Heller. Use of extracorporeal shock-wave therapy (eswt) in the treatment of non-unions. a review of the Literatur upDate erforderliche. Arch Orthop Trauma Surg,	Review	Ergebnis: no RCT available
H. Brandner and K. Späth. Extrakorporale stoßwellentherapie bei knochenheilungsstörungen. Trauma Berufskrankh, 3(Suppl 2):253–261, 2001.	Dornier Epos Fluoro	0.49-0.76mJ/mm ²

O. Bulut, M. Eroglu, H. Ozturk, G. Tezeren, S. Bulut, and E. Koptagel. Extracorporeal shock wave treatment for defective nonunion of the radius: a rabbit model. <i>J Orthop Surg (Hong Kong)</i> , 14(2):133– 137, 2006.	PCK, Stonalith Smart Lithotripter	animal model, callus volume primary outcome criteria
Y.-J. Chen, Y.-R. Kuo, K. D. Yang, C.-J. Wang, H.-C. Huang, and F.-S. Wang. Shock wave application enhances pertussis toxin protein-sensitive bone formation of segmental femoral defect in rats. <i>J Bone Miner Res</i> , 18(12):2169–2179, 2003.	OssaTron	elektrohydraulisch
Y.-J. Chen, Y.-R. Kuo, K. D. Yang, C.-J. Wang, S.-M. Sheen Chen, H.-C. Huang, Y.-J. Yang, S. Yi- Chih, and F.-S. Wang. Activation of extracellular signal-regulated kinase (erk) and p38 kinase in shock wave-promoted bone formation of segmental defect in rats. <i>Bone</i> , 34(3):466–477, 2004.	OssaTron	elektrohydraulisch
Y. S. Chooi and R. Penafort. Extra-corporeal shock-wave therapy in the treatment of non-unions. <i>Med J Malaysia</i> , 59(5):674–677, 2004.	OssaTron	elektrohydraulisch
T. M. Da Costa Gomez, C. L. Radtke, V. L. Kalscheur, C. A. Swain, M. C. Scollay, R. B. Edwards, E. M. Santschi, M. D. Markel, and P. Muir. Effect of focused and radial extracorporeal shock wave therapy on equine bone microdamage. <i>Vet Surg</i> , 33(1):49–55, 2004.	?, vermutlich VersaTron und EMS	Focused (9,000 shockwaves, 0.15 mJ/mm ² , 4 Hz) and radial (9,000 shockwaves, 0.175 mJ/mm ² , 4 Hz)
M. Delius, K. Draenert, Y. Al Diek, and Y. Draenert. Biological effects of shock waves: in vivo effect of high energy pulses on rabbit bone. <i>Ultrasound Med Biol</i> , 21(9):1219–1225, 1995.	Dornier XL 1	elektrohydraulisch, 27.5kV
R. Diesch and G. Haupt. Anwendung der hochenergetischen extrakorporalen stoßwellentherapie bei pseudarthrosen. <i>Orthopädische Praxis</i> , 33(7):470–471, July 1997.	OssaTron, Dornier MFL5000, Dornier Compact S	66% complete union
S. Endres, M. Weiskirch, C. Hinz, F. Hutter, and A. Wilke. Extracorporeal shock-wave therapy in the treatment of pseudoarthrosis: a case report. <i>Cases J</i> , 1(1):276, 2008 Oct 27.	? nur 1 Fall	positiv
F. Forriol, L. Solchaga, J. L. Moreno, and J. Canadell. The effect of shockwaves on mature and healing cortical bone. <i>Int Orthop</i> , 18(5):325–329, 1994 Oct.	unknown, animal experiment in lambs	ESWT delays healing of bone
H. Gollwitzer. Extracorporeal shock wave therapy what is the evidence? <i>Trauma Berufskrankh</i> , 10, Suppl 2:215–218, 7 2008.	Review	
Haist, J., Steeger, D., Witzsch, U., Bürger, R. A. and Haist, U. The extracorporeal shockwave therapy in the treatment of disturbed bone union. <i>Int. Conf. Biomed. Eng.</i> , p. 222, 1992	Siemens Osteostar	80% complete union
Haupt, G., Haupt, A. and Senge, T.: Die Behandlung von Knochen mit extrakorporalen Stoßwellen - Entwicklung einer neuen Therapie. In: <i>Stoßwellenlithotripsie, Aspekte und Prognosen</i> . Edited by C. Chaussy, F. Eisenberger, D. Jocham and D. Wilbert. Tübingen: Attempto Verlag, p. 120, 1993.	Dornier MFL5000, OssaTron	67% complete union
Haupt, G., Pannek, J., Finke, W. and Senge, Th. Anästhesie und ESWL: Bestandsaufnahme in Deutschland. <i>Dtsch. Gesell. Stoßwellenlithotripsie</i> , 1994.	OssaTron	67% complete union

G. Haupt, P. Katzmeier. Anwendung der hochenergetischen extrakorporalen Stoßwellentherapie bei Pseudarthrosen, Tendinosis calcarea der Schulter und Ansatzentendinosen (Fersensporn, Epicondylitis). In: Chaussy C, Eisenberger F, Jocham D, Wilbert D (Hrsg.) Die Stoßwelle – Forschung und Klinik. Tübingen: Attempto: 143-146, 1995	OssaTron	73%
G. Haupt. Use of extracorporeal shock waves in the treatment of pseudarthrosis, tendinopathy and other orthopedic diseases. J Urol, 158(1):4–11, 1997.	none, Review	positive summary
G. Haupt, A. Haupt, A. Ekkernkamp, B. Gerety, and M. Chvapil. Influence of shock waves on fracture healing. Urology, 39(6):529–532, 1992.	5 times 100 shock waves at 14 or 18 kV	elektrohydraulisch
W. Heinrichs, U. Witzsch, and R. A. Burger. Extracorporeal shock-	Siemens	elektromagnetisch

wave therapy (eswt) for pseu- doarthrosis. a new indication for regional anesthesia. Anaesthesist, 42(6):361–364, 1993 Jun.	Osteostar	
R. W.-W. Hsu, C.-L. Tai, C. Y.-C. Chen, W.-H. Hsu, and S. Hsueh. Enhancing mechanical strength during early fracture healing via shockwave treatment: an animal study. Clin Biomech (Bristol, Avon), 18(6):S33–9, 2003.	?	0,32mJ/mm ²
K. Ikeda, K. Tomita, and K. Takayama. Application of extracorporeal shock wave on bone: preliminary report. J Trauma, 47(5):946–950, 1999.	unknown	canine model, 4 of 6 achieved bony union
E. J. Johannes, D. M. Kaulesar Sukul, and E. Matura. High-energy shock waves for the treatment of nonunions: an experiment on dogs. J Surg Res, 57(2):246–252, 1994.	Siemens Osteostar	0,54mJ/mm ²
D. M. Kaulesar Sukul, E. J. Johannes, E. G. Pierik, G. J. van Eijck, and M. J. Kristelij. The effect of high energy shock waves focused on cortical bone: an in vitro study. J Surg Res, 54(1):46–51, 1993.	Siemens Lithostar Plus	0.23, 0.33, 0.42, o 0.54 mJ/mm ²
M.-Q. Liu, X. Guo, S.-C. Kuang, S.-H. Wang, and G.-W. Rong. Application of extracorporeal shock-wave therapy (eswt) in delayed unions and non-unions. Beijing Da Xue Xue Bao, 36(3):327–329, 2004.	none, Review	unknown
M. Maier, J. Hausdorf, T. Tischer, S. Milz, C. Weiler, H. J. Refior, and C. Schmitz. New bone formation by extracorporeal shock waves. dependence of induction on energy flux density. Orthopäde, 33(12):1401– 1410, 2004.	vermutlich Dornier, elektromagnetisch	1,2mJ/mm ²
L. Martini, G. Giavaresi, M. Fini, V. Borsari, P. Torricelli, and R. Giardino. Early effects of extracorporeal shock wave treatment on osteoblast-like cells: a comparative study between electromagnetic and electrohydraulic devices. J Trauma, 61(5):1198–1206, 2006.	?	0.15 to 0.18 mJ/mm ² and 0.40 mJ/mm ²
D. McCormack, H. Lane, and J. McElwain. The osteogenic potential of extracorporeal shock wave therapy. an in-vivo study. Ir J Med Sci, 165(1):20–22, 1996.	?	?
K. Narasaki, H. Shimizu, M. Beppu, H. Aoki, M. Takagi, and M. Takashi. Effect of extracorporeal shock waves on callus formation during bone lengthening. J Orthop Sci, 8(4):474–481, 2003.	?	0.42 mJ/mm ²
K. Nassenstein, I. Nassenstein, and R. Schleberger. Effects of high-energy shock waves on the structure of the immature epiphysis—a histomorphological study. Z Orthop Ihre Grenzgeb, 143(6):652–655, 2005.	Philips LDM-E	elektrohydraulisch, 0,32mJ/mm ²

F. E. T. Pauwels, S. R. McClure, V. Amin, D. Van Sickle, and R. B. Evans. Effects of extracorporeal shock wave therapy and radial pressure wave therapy on elasticity and microstructure of equine cortical bone. <i>Am J Vet Res</i> , 65(2):207–212, 2004.	vermutlich VersaTron und EMS	elektrohydraulisch 0.15 mJ/mm ² und radial 0.16 mJ/mm ²
J. Pleiner, A. Imhof, and M. Quittan. Extracorporeal shockwave therapy for diseases of bones and joints. <i>Med Monatsschr Pharm</i> , 25(7):236–240, 2002.	?	?
J. D. Rompe, P. Eysel, C. Hopf, J. Vogel, and K. Kullmer. Extracorporeal shockwave treatment of delayed bone healing. a critical assessment. <i>Unfallchirurg</i> , 100(10):845–849, 1997.	??? vermutlich Siemens?	52% complete union
J. D. Rompe, T. Rosendahl, C. Schollner, and C. Theis. High-energy extracorporeal shock wave treatment of nonunions. <i>Clin Orthop Relat Res</i> , (387):102–111, 2001.	Siemens Osteostar	72% complete union
J. D. Rompe, T. Rosendahl, C. Schollner, C. Riedel. Lithotripsie bei femoralen oder tibialen Pseudarthrosen. <i>Trauma Berufskrankh. Vol. 3 Suppl.1</i> , pp. 73-75, 2001	Siemens Osteostar	70% complete union
Russo S, Gigliotti S, De Durante C, Canero R, Corado B (1997)	Storz Modulith	67,2% complete

Treatment of non union with shock waves with special references to carpal scaphoid nonunion. In: Siebert W. Buch M (Hrsg.) Stoßwellenanwendung am Knochen. Dr. Kovac, Hamburg, 40-45	SLV, Minilith	union
S. Sathishkumar, A. Meka, D. Dawson, N. House, W. Schaden, M. J. Novak, J. L. Ebersole, and L. Kesavalu. Extracorporeal shock wave therapy induces alveolar bone regeneration. <i>J Dent Res</i> , 87(7):687–691, 2008.	MTS Orthowave 180	0,1mJ/mm ²
W. Schaden. Extracorporeal shock wave therapy now used to treat non-union fractures. <i>Orthopaedics today International</i> , 1(2):37–38, March/April 1998.	OssaTron	0,35mJ/mm ²
W. Schaden. Extrakorporale stoßwellentherapie (eswt) bei pseudarthrosen und verzögerter frakturheilung. <i>Trauma Berufskrankh</i> , 2(Suppl 3):333–339, 2000.	OssaTron	0,35mJ/mm ² 75,7% complete union
W. Schaden. Anstoß für die knochenheilung. <i>Kurier</i> , page 14, 1 2009.	OssaTron	0,35mJ/mm ²
W. Schaden, A. Fischer, and A. Sailer. Extrakorporale Stoßwellentherapie (eswt) aus der Sicht der Traumatologie. <i>Journal für Mineralstoffwechsel</i> , 11(4):40–45, December 2004.	OssaTron	0,35mJ/mm ²
W. Schaden, A. Fischer, and A. Sailler. Extracorporeal shock wave therapy of nonunion or delayed osseous union. <i>Clin Orthop Relat Res</i> , (387):90–94, 2001.	OssaTron	0,35mJ/mm ² 75.7% complete union, 1 treatment
W. Schaden and H. Kuderna. Single application of extracorporeal shock waves in delayed healing fractures and non-unions. In <i>Proceedings of the 3rd EFORT conference 1997</i> . EFORT, April 1997.	OssaTron	0,35mJ/mm ²
K. D. Schatz, S. Nehrer, R. Dorotka, and R. Kotz. 3d-navigated high energy shockwave therapy and axis correction after failed distraction treatment of congenital tibial pseudarthrosis. <i>Orthopade</i> , 31(7):663– 666, 2002.	vermutlich Dornier	elektromagnetisch
R. Schleberger and T. Senge. Non-invasive treatment of long-bone pseudarthrosis by shock waves (eswl). <i>Arch Orthop Trauma Surg</i> , 111(4):224–227, 1992.	Dornier MFL5000 and HM3 Lithotripter	3 of 4 cases showed bony union

R. Schieberger. Anwendung der extrakorporalen Stoßwelle am Stütz - und Bewegungsapparat im mittelergetischen Bereich. In: Die Stoßwelle-Forschung und Klinik. Edited by C. Chaussy, F. Eisenberger, D. Jocham and D. Wilbert. Tübingen: Attempto Verlag, p. 166, 1995.	Dornier MFL5000	91% complete union
C. Schoellner, J. D. Rompe, J. Decking, and J. Heine. High energy extracorporeal shockwave therapy (eswt) in pseudarthrosis. Orthopade, 31(7):658–662, 2002.	Siemens Osteostar	72,1% complete union
K. Scott. Shock wave therapy may be a viable treatment option for nonunion fractures. Orthopaedics today International, 5(5):14, 2002.	none, summary in Orthopedics today	
O. Seemann, J. Rassweiler, M. Chvapil, P. Alken, and G. W. Drach. Effect of low-dose shock wave therapy on fracture healing: an experimental study. Journal of Endourology, 6(3):219–223, 1992.	Dornier XL 1	elektrohydraulisch 14kV
R. Thiele. Effects of extracorporeal shock wave therapies on the skeleton. Trauma Berufskrankh, 2(Suppl 3):5324–5332, 2000.	Review	
T. Tischer, J. Hausdorf, M. Maier, S. Milz, and S. Zysk. Eswl aus der Sicht des Osteologen. Journal für Mineralstoffwechsel, 11(4):29–35, December 2004.	Review	
T. Tischer, S. Milz, H. Anetzberger, P. E. Müller, D. C. Wirtz, C. Schmitz, F. Ueberle, and M. Maier. Extracorporeal shock waves induce ventral-periosteal new bone formation out of the focus zone—results of an in-vivo animal trial. Z Orthop Ihre Grenzgeb, 140(3):281–285, 2002.	Dornier XL 1	elektrohydraulisch 0,9 + 1,2mJ/mm ²
T. Tischer, S. Milz, C. Weiler, C. Pautke, J. Hausdorf, C. Schmitz, and M. Maier. Dose-dependent new bone formation by extracorporeal shock wave application on the intact femur of rabbits. Eur Surg Res, 41(1):44–53, 2008.	Dornier XL1 ?	0.35, 0.5, 0.9 and 1.2 mJ/mm ²
M. M. Uslu, O. Bozdogan, S. Guney, H. Bilgili, U. Kaya, B. Olcay, and F. Korkusuz. The effect of extracorporeal shock wave treatment (eswt) on bone defects. an experimental study. Bul I Hosp Jt Dis, 58(2):114–118, 1999.	?	?
V. D. Valchanov and P. Michailov. High energy shock waves in the treatment of delayed and nonunion of fractures. Int Orthop, 15(3):181–184, 1991.	Dornier HM3 Lithotripter	85% complete union
O. van der Jagt, W. Schaden, H. T. van Schie, T. Piscaer, J. Waarsing, J. Verhaar, H. Weinans, and J. van der Linden. Unfocused extracorporeal shockwave therapy diminishes bone loss in rats. 2007.	MTS Orthowave 180	0,1mJ/mm ²
J. Vogel, C. Hopf, P. Eysel, and J. D. Rompe. Application of extracorporeal shock-waves in the treatment of pseudarthrosis of the lower extremity. preliminary results. Arch Orthop Trauma Surg, 116(8):480–483, 1997.	Siemens Osteostar	60,4% complete union
J. Vogel, J. D. Rompe, C. Hopf, J. Heine, and R. Burger. High-energy extracorporeal shock-wave therapy (eswt) in the treatment of pseudarthrosis. Z Orthop Ihre Grenzgeb, 135(2):145–149, 1997.	Siemens Osteostar	
C. Wang, F. Wang, and K. Yang. Biological effects of extracorporeal shockwave in bone healing: a study in rabbits. Arch Orthop Trauma Surg, 2008.	OssaTron	elektrohydraulisch
C. J. Wang, H. S. Chen, C. E. Chen, and K. D. Yang. Treatment of nonunions of long bone fractures with shock waves. Clin Orthop Relat Res, (387):95–101, 2001.	OssaTron	80% complete union

C. J. Wang, H. Y. Huang, H. H. Chen, C. H. Pai, and K. D. Yang. Effect of shock wave therapy on acute fractures of the tibia: a study in a dog model. <i>Clin Orthop Relat Res</i> , (387):112–118, 2001.	OssaTron	elektrohydraulisch
C.-J. Wang, H.-C. Liu, and T.-H. Fu. The effects of extracorporeal shockwave on acute high-energy long bone fractures of the lower extremity. <i>Arch Orthop Trauma Surg</i> , 127(2):137–142, 2007 Feb.	OssaTron	11% nonunion ESWT vs. 20% nonunion control
C.-J. Wang, K. D. Yang, F.-S. Wang, C.-C. Hsu, and H.-H. Chen. Shock wave treatment shows dose- dependent enhancement of bone mass and bone strength after fracture of the femur. <i>Bone</i> , 34(1):225– 230, 2004.	OssaTron	elektrohydraulisch
F. S. Wang, C. J. Wang, H. J. Huang, H. Chung, R. F. Chen, and K. D. Yang. Physical shock wave mediates membrane hyperpolarization and ras activation for osteogenesis in human bone marrow stromal cells. <i>Biochem Biophys Res Commun</i> , 287(3):648–655, 2001.	OssaTron	elektrohydraulisch
F.-S. Wang, K. D. Yang, Y.-R. Kuo, C.-J. Wang, S.-M. Sheen-Chen, H.-C. Huang, and Y.-J. Chen. Temporal and spatial expression of bone morphogenetic proteins in extracorporeal shock wave-promoted healing of segmental defect. <i>Bone</i> , 32(4):387–396, 2003.	OssaTron	elektrohydraulisch
L. Wang, L. Qin, H.-b. Lu, W.-h. Cheung, H. Yang, W.-n. Wong, K.-m. Chan, and K.-s. Leung. Extracorporeal shock wave therapy in treatment of delayed bone-tendon healing. <i>Am J Sports Med</i> , 36(2):340–347, 2008.	Dornier Epos	elektromagnetisch 0,43mJ/m ²
R. P. Wirsching, W. Eich, and E. Misselbeck. Langzeitergebnisse nach extrakorporaler stoßwellentherapie bei pseudarthrosen. pages 22-26, 1997.	Siemens Lithostar plus, Siemens	69% complete union
Z. Xu, Q. Jiang, D. Chen, J. Xiong, D. Shi, T. Yuan, and X. Zhu. Extracorporeal shock wave treatment in nonunions of long bone fractures. <i>Int Orthop</i> , 2008.	Osteostar elektrohydraulic deviie 24kV-28kV	75.4% complete union

