

Journal für
Mineralstoffwechsel

Zeitschrift für Knochen- und Gelenkerkrankungen

Orthopädie • Osteologie • Rheumatologie

**Extrakorporale Stoßwellentherapie
(ESWT) aus orthopädischer und
traumatologischer Sicht**

Auersperg V, Dohnalek C, Dorotka R

Sabeti-Aschraf M, Schaden W

Wanke S

Journal für Mineralstoffwechsel &

Muskuloskelettale Erkrankungen

2004; 11 (4), 19-28

Homepage:

**[www.kup.at/
mineralstoffwechsel](http://www.kup.at/mineralstoffwechsel)**

**Online-Datenbank mit
Autoren- und Stichwortsuche**

Member of the



Indexed in SCOPUS/EMBASE/Excerpta Medica
www.kup.at/mineralstoffwechsel



Offizielles Organ der
Österreichischen Gesellschaft
zur Erforschung des Knochens
und Mineralstoffwechsels



Österreichische Gesellschaft
für Orthopädie und
Orthopädische Chirurgie



Österreichische
Gesellschaft
für Rheumatologie

Krause & Pachernegg GmbH · VERLAG für MEDIZIN und WIRTSCHAFT · A-3003 Gablitz

P. b. b. GZ02Z031108M, Verlagspostamt: 3002 Purkersdorf, Erscheinungsort: 3003 Gablitz

Extrakorporale Stoßwellentherapie (ESWT) aus orthopädischer und traumatologischer Sicht

V. Auersperg¹, R. Dorotka², M. Sabeti-Aschraf², Ch. Dohnalek³, St. Wanke⁴, W. Schaden⁵

Die ESWT ist eine derzeit sehr intensiv erforschte Therapieform und im Vergleich mit anderen Therapien auch durchaus hohen EBM-Kriterien entsprechend. Die **Wirkungsweise** der ESWT ist bis heute nicht ganz geklärt, aus den bisher durchgeführten Untersuchungen (meist Tierversuche) lassen sich folgende Wirkungen unterscheiden:

- Zerreißen (Steindesintegration, Knochenfissuren, Gewebszerreißen)
- Kavitation (mit Bildung von Jet streams und freien Radikalen)
- Thermische und chemische Effekte
- Molekularbiologische und zelluläre Veränderungen
- Hyperstimulationsanalgesie (gate-control-Mechanismus)

Diese Wirkungen rufen sehr komplexe Veränderungen im Gewebe hervor, die beispielsweise zur Knochenneubildung führen, aber auch Neoangiogenese und Nervenveränderungen, die beim Verständnis der Effekte der ESWT an den Weichteil-Indikationen durchaus auch Erklärungshilfen sind. Die meisten, bisher veröffentlichten, klinischen Studien haben biometrische Mängel und ihre Ergebnisse sind sehr kontrovers. Die angeführten **Indikationen** sind die am meisten erforschten und sollen hier bewertet werden. Da für weitere Indikationen die Studien-Daten so spärlich sind, werden sie hier nicht diskutiert. Die Indikationen mit statistisch signifikant guten Behandlungsergebnissen sind:

- Die Tendinitis calcarea (mit niedrigenergetischer und hochenergetischer ESWT)
- Die Fasciitis plantaris mit und ohne plantarem Fersensporn (mit niedrigenergetischer und hochenergetischer ESWT)
- Die Epicondylitis humeri lateralis (mit niedrigenergetischer und hochenergetischer ESWT)
- Verzögerte Knochenbruchheilung (mit hochenergetischer ESWT)
- Pseudoarthrosen (mit hochenergetischer ESWT)

Für die **Durchführung**, die Anzahl der Impulse und die Intervalllänge zwischen den ESWT-Sitzungen läßt sich keine Regel ableiten, dies wird sich vernünftigerweise hauptsächlich an den lokalen Gegebenheiten orientieren. Die bisher (als Richtlinie der ISMST von 2000 → http://www.ismst.com/quality_standards.htm) geforderte Mindesttherapie vor ESWT erscheint sinnvoll, wird aber im Einzelfall bewertet werden müssen und ist subjektiv an die Patientenerfordernisse anzupassen. Wie bisher wird die Durchführung als ärztliche Tätigkeit betrachtet, das bedeutet, daß der Anwender auch entsprechend geschult sein muß.

Einer der größten Vorteile der ESWT ist die geringe Rate an **Nebenwirkungen**, die meist harmlos sind, wenn die gewählte Energie nicht über die vorgeschlagenen Richtwerte der Firmen bzw. Gerätehersteller und ESWT-Gesellschaften geht. Als oberer Grenzwert wird derzeit 0,5 mJ/mm² EFD (Energieflußdichte) angesehen.

- Eventuelle kurzzeitige mäßige Schmerzverstärkung
- Rötungen und Schwellungen
- Hämatome und petechiale Blutungen
- Kopfschmerzen und Kollapsneigung während der ESWT
- Kurzzeitige Hypästhesie

Aufgrund fehlender Studien und mangelhafter Datenlage müssen derzeit folgende **Kontraindikationen** weiter gelten, obwohl wahrscheinlich einige in Zukunft relativiert werden könnten:

- Blutgerinnungspathologie (iatrogen oder kongenital)
- Offene Epiphysenfugen im Fokus
- Schwangerschaft
- Parenchymatöses oder nervales Gewebe (Lunge, Leber, Hirn, Rückenmark etc.)
- Akute Entzündung

Man kann festhalten, daß die ESWT in den besprochenen Indikationen durch Studien der Klasse 1A (EBM-Kriterien) ihre Wirksamkeit und Komplikationslosigkeit bewiesen hat. Auch wenn einzelne Studien die ESWT kontroversiell beurteilen, sind wir in Anbetracht der vielen positiven Anwendungsbeobachtungen und der geringen Nebenwirkungen der Ansicht, daß man die ESWT als Therapie zulassen und insbesondere nach erfolgloser konservativer Therapie einsetzen sollte, vor allem wenn man damit eine Operation verhindern kann.

Aus der ¹Orthopädische Abteilung AKH Linz; ²Orthopädische Universitätsklinik Wien; ³Landesklinik für Orthopädie Salzburg; ⁴Orthopäd. Ordination Wiener Neustadt; ⁵AUVA-Unfallkrankenhaus Wien Meidling

Korrespondenzadresse: OA Dr. med. Vinzenz Auersperg, Orthopädische Abteilung, AKH Linz, Krankenhausstraße 9, A-4020 Linz, E-mail: vinzenz.auersperg@akh.linz.at

ESWT is a form of therapy that is currently being researched very intensively, and in compliance with extremely high EBM criteria by comparison with other therapies. The mode of action of ESWT is not entirely clear yet, but from the investigations conducted so far (mainly animal models) the following **effects** can be distinguished:

- Tears (stone disintegration, bone fissures, tissue tears)
- Cavitation (with the formation of jet streams and free radicals)
- Thermal and chemical effects
- Molecular biological and cellular changes
- Hyper stimulation analgesia (gate-control mechanism)

These effects produce very complex changes in the tissue that can result for example in formation of new bone, but also in neo-angiogenesis and nerve changes that certainly help to explain also the effects of ESWT in soft tissue indications. Many of the until now published clinical studies are biometrically flawed and the results are very controversial. The **indications** named here are the ones that are the most intensively researched and are evaluated here. Since the study data for further indications is too sparse, these indications will not be discussed here. The indications with the best, statistically significant treatment outcomes are:

- Calcar tendonitis (with low-energy and high-energy ESWT)
- Plantar fasciitis with and without plantar heel spur (with low-energy and high-energy ESWT)
- Epicondylitis of the lateral humerus (with low-energy and high-energy ESWT)
- Delayed healing of bone fractures (with high-energy ESWT)
- Pseudarthrosis (with high-energy ESWT)

Rules with regard to the correct **implementation**, number of impulses and intervals between ESWT sessions cannot be set up, these factors will generally be oriented mainly towards the local conditions. The minimum therapy required before ESWT hitherto (as ISMST Guideline 2000 → http://www.ismst.com/quality_standards.htm) would appear sensible, but this must be evaluated individually and modified subjectively to suit the patient's needs. The implementation will remain an activity of medical doctors, which also means that the user must be trained accordingly. One of the greatest advantages of ESWT is the low rate of **side effects**, which are usually harmless if the chosen energy does not exceed the reference values specified by the manufacturers and ESWT-societies, whereby at the moment the value of 0.5 mJ/mm² EFD (energy flow density) may be regarded as the limit.

- Possibly transient moderate increase in pain
- Redness and swelling
- Haematomas and petechial haemorrhage
- Headaches and fainting during ESWT
- Short-term hypaesthesia

Due to the lack of studies and sparse data, the following **contraindications** must continue to apply, although some of them will probably be relativated in the future:

- Coagulopathy (iatrogenic or congenital)
- Open epiphyseal cartilage in the focus
- Pregnancy
- Parenchymatous or nervous tissue (lung, liver, brain, spinal marrow, etc.)
- Acute inflammation

It may be said that in Class 1A studies (EBM criteria) ESWT has proved its effectiveness and uncomplicated nature in the discussed indications. Even if some studies view ESWT controversially, we believe that in view of the many positive case studies and low rate of side effects ESWT should be authorised as a therapy, and should be applied in particular after unsuccessful conservative therapy, especially if this means that an operation can be avoided. **J Miner Stoffwechs 2004; 11 (4): 19–28.**

Die Extrakorporale Stoßwellentherapie (ESWT) wird seit den frühen 90er Jahren in der Orthopädie und in der Traumatologie zur Behandlung schlecht oder nicht heilender Knochenbrüche und Insertionstendopathien angewandt. Unzählige Publikationen wurden veröffentlicht, leider häufig mit vollkommen kontroversen Aussagen, was zu einer enormen Verwirrung geführt hat. Die Arbeiten – häufig mit großem Einsatz und Aufwand durchgeführt – widersprechen einander und der interessierte Leser hat es schwer, sich daraus einen Reim zu machen.

Die Österreichische Gesellschaft für Orthopädie und Orthopädische Chirurgie (ÖGO) hat sich sehr bald mit der ESWT beschäftigt und 1996 zu diesem Thema einen Arbeitskreis (AK-ESWT) gegründet, der sich mit dem Thema ESWT intensiver auseinandersetzt. In Anbetracht der Widersprüchlichkeit der Literatur und in der Hoffnung, etwas mehr Klarheit verschaffen zu können, haben sich die Autoren der vorliegenden Arbeit – alle sind Mitglieder des AK-ESWT der ÖGO – zusammengefunden, um die relevant erscheinenden Publikationen zu diskutieren und daraus Empfehlungen für die klinische Anwendung zusammenzustellen. Man muß vorweg festhalten, daß der Wissenszuwachs auch auf dem Gebiet der ESWT sehr schnell ist, daß die Beurteilung der vorliegenden Publikationen eine persönliche Meinung der Autoren ausdrückt und daß jeder Anwender der ESWT letztlich selbst verantwortlich ist für die Indikationsstellung und die Durchführung.

Um die Stoßwellentherapie beurteilen zu können, muß man sich mit mehreren Bereichen ihrer wissenschaftlichen Erforschung auseinandersetzen. Es wäre nicht gut, aufgrund von – vielleicht heute noch nicht ganz verständlichen – widersprüchlichen Forschungsergebnissen den Wert der ESWT zu unterschätzen. Es sind viele Millionen Euro und Dollar ausgegeben worden, um ESWT-Forschung durchzuführen – man kann hundertprozentig davon ausgehen, daß Stoßwellentherapie eine Wirkung im Körper hat. Unklar ist, welche Wirkung zu welcher Gewebsveränderung führt und inwieweit dies klinisch relevant und statistisch signifikant ist.

Die Kollegen, welche die ESWT erforschen, sind durchwegs äußerst engagiert und ließen sich durch herbe Kritik und heftige Diskussionen nicht davon abhalten, die Studien fortzusetzen. Als 1997 und 1998 durch die Entscheidungen der Krankenkassen (erst die öffentlichen, danach auch die privaten [1, 2]) alle Kostenübernahmen zurückgezogen wurden und damit ein Boom gestoppt wurde (es wurden allein in Deutschland 1997 ca. 60.000 Behandlungen durchgeführt), kam es zu einer unglaublichen Entwicklung, mit der man nicht rechnen konnte. Es wurde mehr denn je geforscht und das in einer Qualität, die in der Orthopädie vorher in kaum einem Bereich so hochwertig war.

Die erfolgreichsten Kollegen, die sich teilweise auch mit der Stoßwellentherapie habilitieren konnten, sind profunde Kenner der Biometrie, weil sie – durch harte Diskussionen gezwungen – ihre Studien statistisch sauber und korrekt durchführen mußten; häufig unter Zuhilfenahme biometrischer oder statistischer Institute. Zwei von ihnen leiten heute den Arbeitskreis für biometrische Fragen in der DGOOC (Deutsche Gesellschaft für Orthopädie und Orthopädische Chirurgie).

Es soll in dieser Arbeit versucht werden, durch Hinweis auf die wichtigsten Erkenntnisse die Wirkungen der ESWT zusammenzufassen und daraus auch eine brauchbare Empfehlung für die tägliche Praxis zu entwickeln. Da sich die Autoren diese Aufgabe geteilt haben, sind die Teilbereiche auch mit den Namen der hauptverantwortlichen Kollegen versehen.

Um die ESWT in ihrer Gesamtheit darzustellen, muß man folgende Bereiche beleuchten:

- Grundlagenforschung
- Klinische Forschung
- Anwendungspraxis

In diesem Beitrag war geplant, die ESWT am Knochen auch zu integrieren. Es hat sich aber gezeigt, daß die Arbeit von Wolfgang Schaden stark von den Ergebnissen seiner Arbeitsgruppe geprägt ist, weshalb wir diese Arbeit eigenständig publiziert sehen wollen. Es sei aber darauf hingewiesen, daß die beschriebene Art der Anwendung am Knochen ganz im Sinne des AK-ESWT der ÖGO ist.

Bezüglich der Anwendung bei Indikationen, die nicht in dieser Arbeit beschrieben sind, möchte der AK-ESWT dringend empfehlen, sich an die gesetzlichen Regelungen betreffend nicht eingeführter bzw. nicht allgemein anerkannter Behandlungsmethoden zu halten.

Jedenfalls hat der AK-ESWT den Eindruck, daß die ESWT auch in Zukunft die Palette der Therapien in der Orthopädie und in der Traumatologie erweitern wird und durchaus auch das Potential für ganz neue Indikationen vorhanden ist. Weltweit laufen Forschungen, die sich mit weiteren Indikationen auseinandersetzen, beispielsweise gibt es bereits Untersuchungen zur Behandlung an Achillodynien, Bursitis trochanterica, Adduktoren-Syndrom, Patellaspitzen-syndrom und anderen Sehnenansatzerkrankungen. Im Bereich des Knochens gibt es vielversprechende erste Berichte zur Behandlung von Streßfrakturen, OD (Osteochondrosis dissecans) und aseptischen Knochennekrosen im frühen Stadium. In der Veterinärmedizin nimmt die ESWT bei der Behandlung von Sehnenkrankungen vor allem bei Pferden bereits einen festen Platz ein.

Stoßwellen-Wirkungen

Es soll hier versucht werden, die Grundlagenforschung in einer kurzen und vereinfachenden Form darzustellen. Ausführliche Arbeiten diesbezüglich sind beispielsweise durch Maier, Rompe und Gerdemeyer bereits publiziert [3–5]:

Physiker beschreiben Stoßwellen als Druckwellen mit äußerst rasch und hoch ansteigenden bzw. abfallenden Flanken des positiven Anteils der Amplitude und verhältnismäßig gering und etwas länger verlaufenden Zugwellen. Man unterscheidet heute in der orthopädischen Forschung physikalische und molekularbiologische Wirkungen von Stoßwellen.

Die Erforschung der Stoßwellen hat zunächst nur die Techniker und Physiker interessiert, erst durch die Untersuchungen der Stoßwellen-Wirkung auf den Menschen und menschliches Gewebe (initiiert beispielsweise vom deutschen Verteidigungsministerium in den 60er Jahren), entdeckte man die Stoßwellen für die Medizin. 1980 konnte Chaussy berichten, daß mit Stoßwellen Nierensteine ohne chirurgischen Eingriff zerkleinert und beseitigt werden konnten [6, 7]. Die **direkte, mechanische Wirkung** der hohen Energie einer Stoßwelle führt zur Desintegration von Konkrementen (Nieren-, Blasen-, Harnleiter- und Gallensteine). Bei Energieflußdichten über dem therapeutischen Niveau kann es auch zu Zerreißen im gesunden Gewebe kommen (Haut, Muskel, Parenchym oder Blutgefäße). Die Wirkung entsteht an Stellen hoher Impedanzsprünge verschiedener Gewebe, durch welche die Stoßwelle durchdringt, also an den Grenzflächen von unterschiedlichen Geweben und von Strukturen, welche im Gewebe eingebettet sind. Die zertrümmernde, zerreißende Wirkung wird nicht nur in der Urologie angestrebt, teilweise wurde und wird sie bei der Anregung nicht oder schlecht heilen-

der Knochenbrüche, so genannter Pseudoarthrosen oder verzögerter Knochenbruchheilungen, diskutiert. Valchanou (Bulgarien) konnte als erster von Erfolgen bei Knochenbruchbehandlungen berichten [8]. Die Zerkleinerung von Zementköchern mittels Stoßwellen bei Wechseloperationen von Hüft- und Knie-Endoprothesen wies allerdings keine ausreichenden Erfolge auf [9] und hat sich nicht durchgesetzt. Die selbe Idee hatte Dahmen in Hamburg, als er Anfang der 90er Jahre mit der Behandlung von Kalkdepots an der Schulter begann [10], allerdings hat sich aufgrund der wissenschaftlichen Erkenntnisse bald gezeigt, daß andere Stoßwellen-Wirkungen als die mechanische Wirkung eher die Desintegration der Kalkdepots herbeiführt. Dahmen selbst hat die häufig analgesierende Wirkung von Stoßwellen beobachtet und daraus weitere Indikationen entwickelt [11]. Die Desintegration des Kalkdepots an der Schulter ist anzustreben, das zeigen viele Untersuchungen, wie jene von Gerdsmeyer [12]; die zerkleinernde, direkte, mechanische ESWT-Wirkung dürfte eher eine untergeordnete Rolle spielen, viel eher sind es molekularbiologische Veränderungen im behandelten Gewebe, die zur Abheilung (Desintegration) der Kalkdepots führen; Veränderungen, die auch bei der Behandlung der knochenahnen Sehnenansatzbeschwerden und anderer Weichteil-Indikationen wirksam sind. Die verschiedenen Stoßwellenwirkungen sind in mehrere Gruppen einzuteilen:

Thermische und chemische Wirkungen sind nachweisbar, haben aber keinen sicheren Einfluß auf Gewebsveränderungen. Die thermischen Effekte gleichen jenen von Ultraschall, allerdings sind Stoßwellen so niedrigfrequent, daß die thermischen Effekte vernachlässigbar erscheinen. Zur **Kavitationswirkung** kommt es durch die Kompression präexistenter Gasbläschen, die daraufhin enorm expandieren und zuletzt kollabieren, gleichsam implodieren, und dabei Energie freisetzen, die auch freie Radikale entstehen läßt. Ob diese eine besondere Wirkung haben, kann nicht gesagt werden, aber die entstehenden „jet streams“ und weiteren Stoßwellen (ein Teil der Energie wird als Druckwelle an die Umgebung abgegeben) sind mit großer Wahrscheinlichkeit an der Stoßwellenwirkung beteiligt.

Die interessantesten Wirkungen der Stoßwellen im Gewebe aus medizinischer Sicht dürften die **molekularbiologischen und zellulären Veränderungen** des Gewebes sein. Es ist anzunehmen, daß Stoßwellen die Permeabilität von Zellmembranen und damit die Ionenflüsse der Zellen verändern. Jedenfalls kann beobachtet werden, daß sich manche zellulären Substanzen signifikant durch Stoßwellen verändern lassen. So hat Maier nachweisen können, daß zwar Prostaglandin E2 sich durch Stoßwellenbehandlung nicht verändern läßt, aber die Substanz P nach 6 und 24 Stunden erhöht ist und 6 Wochen nach der Therapie signifikant erniedrigt [13].

Wang und seine Arbeitsgruppe haben signifikante Änderungen von eNOS (endothelial nitric oxide synthetase), VEGF (vascular endothelial growth factor) und PCNA (proliferating cell antinuclear antigen), von signal-regulated kinase (ERK) und p38 kinase, sowie die Unterdrückung von COX-2 bzw. Prostaglandin E2 gefunden, was eine Verringerung der inflammatorischen Mediatoren bedeutet und die komplexe molekularbiologische Veränderung durch ESWT widerspiegelt [14–17].

Arbeiten über Stickoxid und die Veränderungen desselben durch ESWT sind auch von anderen Arbeitsgruppen durchgeführt worden, die Ergebnisse bestätigen die Erkennt-

nisse von der Arbeitsgruppe um Wang, so zum Beispiel die Arbeitsgruppe um Russo in Neapel und die Gruppe um Neuland in Hamburg, wobei dort auch die Entstehung von Hitzeschockproteinen gefunden wurde [18, 19]. Ohtori fand, daß es bei niedrigerenergetischer ESWT zu einer Abnahme von PGP (protein gene product) und CGRP (calcitonin gene related peptide) im subepidermalen Nervengeflecht (auf der plantaren Haut von Ratten-Hinterpfoten) kommt [20].

Die Aufzählung der genannten Arbeiten soll zeigen, daß offensichtlich äußerst komplexe Veränderungen im Gewebe durch Stoßwellen induziert werden und wir zwar ein wenig in die Vorgänge hineingeblickt haben, daß aber die Forschung der kommenden Jahre noch vieles klären wird.

An dieser Stelle sollen nun die Folgen der bisher genannten Stoßwellen-Auswirkungen besprochen werden: Wenn man die Energie hoch wählt, dann wird man nur zerstörerische Wirkungen beobachten können. So hatten Rompe und Maier die Auswirkung hoher Stoßwellenenergien auf Sehnen eindrucksvoll zeigen können [21–23]. Maier hatte im Rahmen eines Tierversuches für Knochenuntersuchungen zufällig Knochenfragmente („Knochenembolie“) in der Lunge des Versuchstieres finden können [24]. Man sollte also wirklich darauf achten, welche Energiedosis man im klinischen Alltag verwendet, eine Gewebsschädigung sollte tunlichst vermieden werden.

Wang (Kaohsiung, Taiwan) konnte nachweisen, daß offensichtlich eine Neovaskularisation entsteht, beachtenswert ist dabei das Versuchsmodell, in dem frisch operierte Kreuzbänder mit ESWT behandelt und dadurch ein schnelleres Einheilen der Transplantate erreicht wurde – ein interessanter Aspekt, wenn man sonst behauptet, ESWT sei eine „Therapie letzter Wahl“ und nur als letzte Möglichkeit vor einer Operation gedacht [25].

Hatte man früher eher gedacht, daß ein „gate-control-Mechanismus“ eine Schmerzlinderung herbeiführt (nach Melzak) [26], so vermutet man heute viel eher die oben beschriebenen molekularbiologischen Veränderungen. Ebenso hat sich die Sichtweise bei den Knochen gewandelt, wo man früher das „Anfrischen“ der Pseudoarthrose erreichen wollte, werden heute viel mehr molekularbiologische Wirkungen der ESWT vermutet [27–29]. Auch die Arbeitsgruppe um Maier hat gezeigt, daß Knochen nicht „angebrochen“ werden muß, um durch Stoßwellen eine Knochenbildungsaktivität zu bewirken, wobei eine Dosis-Wirkungs-Beziehung festgestellt wurde. Substanz P (ein Polypeptid aus 11 Aminosäuren) ist ein Neurotransmitter und wirkt prä- und postsynaptisch, sie findet sich in hohen Konzentrationen in C-Nerven-Fasern gering oder nicht myelinisierter Nervenfasern der Hinterwurzel und ist besonders für die Schmerzübertragung verantwortlich, aber auch für Berührungs- und Hautrezeptoren. Man bringt diese Substanz in Verbindung mit Induktion neurogener Entzündungen, mit Extravasation von Plasma und mit Stimulation und Proliferation von verschiedenen Zellen, beispielsweise Osteoblasten. Man hat anhaltende Veränderungen dieser Substanz gefunden, aber auch eine Reduktion der Anzahl der nicht-myelinisierten Nervenfasern nach Stoßwellenbehandlung nachweisen können [13], weshalb auch der Ausdruck „extrakorporale Stoßwellenchirurgie“ von einigen Autoren verwendet wurde.

Maier diskutiert in einer anderen Publikation die negativen Ergebnisse von einer Haake-Studie dahingehend, daß

eine veränderte Versuchsanordnung sehr wohl positive Ergebnisse bringen könnte. Dabei geht es um die Faserdichte der Nervenfasern in Lamina I und II der Segmente L4–L5 des Rückenmarks von Ratten nach ESWT, gemessen mit polyklonalen Anti-Dynorphin- bzw. Anti-Metenkephalin-Primärantikörpern [3, 30].

Es hat in den letzten 5 Jahren eine Flut an ESWT-Grundlagenkenntnissen gegeben, die Stück für Stück einem Puzzle gleich ein interessantes Gegenstück zu den klinischen Forschungsergebnissen darstellen. Daher sollen die klinischen Studien hier ganz besonders besprochen werden, da diese ja kontroverse Ergebnisse gezeigt haben. An diesem Punkt möchte ich Schaden zitieren, der in einer sehr schönen Arbeit mit seiner Gruppe die vorliegenden hochwertigen klinischen Arbeiten untersuchte und herausfand, daß selbst äußerst renommierte Journale nicht immer biometrisch und statistisch ganz nachvollziehbare Arbeiten publizieren [31]. Bei dieser Gelegenheit sei uns erlaubt, der Verwunderung darüber Ausdruck geben zu dürfen, wie sorglos und ungenau manche Journale mit biometrischen Aussagen der Studien umgehen. Es ist schon mehrmals passiert, daß dadurch die Hersteller der Stoßwellengeräte in wirtschaftliche Bedrängnis gebracht wurden, weil unbedachte Schlußfolgerungen gezogen wurden. Schaden wies eindrucksvoll auf die mangelhaften Randomisierungen, die ungünstige Parameterwahl und das offensichtliche Ignorieren der Erkenntnisse von Psychologen und Schmerzforschern hin. So weist Schaden in seiner Analyse insbesondere auf die Probleme bei der Verwendung der Visuellen Analog-Skala zur Schmerzbeurteilung hin. Bei keiner der ausgewählten Studien wurde darauf geachtet, ob die Skala einteilung optimal gewählt wurde [32], ob der Schmerz mit standardisierten Schmerzen gekankert wurde [33, 34] und ob die Randomisierungsgruppen bezüglich der Zusammensetzung keine Unterschiede in bezug auf das persönliche Ansprechverhalten auf Schmerzreize aufwiesen (Diskriminierung eines Unterschiedes erst ab Steigerung von ca. 50 % bei Männern und ca. 20 % bei Frauen) [35]. Bei der Beurteilung der verschiedenen Studien sollte man sich stets vor Augen halten, daß RCTs (randomized controlled trials) ein sehr kleines Patientenkollektiv beobachten und wenn die verwendeten statistischen Methoden und die angewandten Behandlungsregime sich nicht gleichen, allgemeine Aussagen sehr schwierig und mitunter zweifelhaft sind.

Wir kennen in der Medizin neben der RCT auch andere Verfahren, die Qualität einer Behandlung zu beurteilen, so sind die Phase-IV-Studien und die Anwendungsbeobachtungen sehr großer Patientenkollektive nicht zu unterschätzen. Wenn nun besonders heterogene Patientenkollektive nicht in randomisierten Studien untersucht werden, sind diese Untersuchungen nicht wertlos, sondern einfach nur anders zu werten. So erachten wir den Versuch, die Behandlungen an schlecht oder nicht heilenden Knochenbrüchen gegen die natürliche Verlaufskurve zu vergleichen, als einen sehr guten Ansatz, die Ergebnisse zu werten [36].

Epicondylitis humeri radialis

Christian Dohnalek

Eine wissenschaftlich basierte Therapie der Epicondylitis humeri radialis (EHR) im Sinne der Evidence-based Medicine existiert zur Zeit nicht. Sowohl für die bekannten konservativen wie auch operativen Maßnahmen ist die derzei-

tige Datenlage als ungenügend zu bezeichnen, dies gilt auch für die ESWT, bei der die Publikationen besonders kontroversiell sind. Im folgenden sollen die wichtigsten Arbeiten kurz diskutiert werden:

Bei der von Rompe im Jahr 1996 [37] publizierten Arbeit handelt es sich um eine prospektive, randomisierte, kontrollierte Studie mit zwei Gruppen. Eine Gruppe erhielt 3 x 1000 Impulse mit einer Energieflußdichte (EFD) von 0,08 mJ/mm². Die Vergleichsgruppe erhielt 3 x 10 Impulse mit der gleichen EFD. Der Unterschied zwischen den beiden Gruppen war zum Follow-up (FU) von 24 Wochen signifikant. 48 % der Verum-ESWT-Patienten hatten ein sehr gutes bis gutes und 42 % ein ausreichendes Ergebnis im Vergleich zur Placebogruppe mit nur 6 % sehr gut bis gut und 24 % ausreichendem Ergebnis.

In der großen doppelblind randomisierten Studie von Haake [38] kam eine niederenergetische Stoßwelle mit einer EFD von 0,07–0,09 mJ/mm², welche in wöchentlichem Abstand mit jeweils 2000 Impulsen unter LA 3mal appliziert wurde, zum Einsatz. Hier kam es zum FU zu keiner signifikanten Verbesserung im Vergleich zur Kontrollgruppe. Es zeigte sich eine Erfolgsrate von 25,8 % in der mit ESWT behandelten Gruppe im Vergleich zu 25,4 % in der Placebogruppe.

In einer weiteren prospektiven, randomisierten, multi-zentrischen, doppelblind placebokontrollierten FDA-Studie von Siemens mit Pettrone [39] erhielt die Verumgruppe 3 x 2100 Impulse mit einer EFD im niederenergetischen Bereich bis zu einer in allen Sitzungen applizierten Gesamtenergie von 9,27 J. Die ESWT wurde mit einem Siemens Sonocur appliziert. Zum FU nach 3 Monaten zeigte sich ein signifikanter Unterschied zwischen der Verum- und Placebogruppe. 60 % der behandelten Patienten zeigten zum FU eine > 50 % Schmerzreduktion im Vergleich zu 29 % in der Placebogruppe.

Speed [40] konnte in seiner doppelblind randomisierten Studie keinen signifikanten Unterschied im Vergleich zur Kontrollgruppe feststellen. Die Patienten erhielten hier eine ESWT mit 1500 Impulsen und einer EFD von 0,12 mJ/mm². Zum 3-Monats-FU kam es bei 35 % der Verum- und bei 34 % der Placebogruppe zu einer 50%igen Reduktion des angegebenen Schmerzes.

Das Protokoll von Rompe (2003) [41] ist ident zur Arbeit von Pettrone (2002) [39]. Es handelt sich hier ebenfalls um eine einfach-blinde, placebokontrollierte, randomisierte Studie. In der Verumgruppe wurde eine ESWT mit 3 x 2100 Impulsen und einer EFD von 0,12 mJ/mm² appliziert. Nach 3 Monaten zeigte sich ein signifikanter Unterschied zwischen Verum- und Placebogruppe, mit einer > 50%igen Schmerzreduktion bei 59 % der Patienten in der ESWT-Gruppe und bei nur 27 % der Patienten in der Vergleichsgruppe. Nach 12 Monaten war jedoch kein Unterschied zwischen den Vergleichsgruppen mehr nachweisbar – ident wie bei der Arbeit von Pettrone [39].

Bei der Arbeit von Wang [42] handelt es sich um eine nicht randomisierte Studie mit 2 Vergleichsgruppen. Die ESWT erfolgte in der Verumgruppe mit 1000 Impulsen im hochenergetischen Bereich. Zum 1–2-Jahres-FU konnte ein signifikanter Unterschied zwischen den Vergleichsgruppen für die ESWT festgestellt werden. 61,4 % waren komplett beschwerdefrei, 29,5 % deutlich gebessert, 6,8 % leicht gebessert und nur 2,3 % als Therapieversager zu bezeichnen.

Ko [43] berichtet in seiner nicht randomisierten Arbeit ohne Vergleichsgruppe ebenso von einem positiven Ergebnis in der Anwendung einer hochenergetischen ESWT. Die Patienten erhielten 1000 Impulse mit 14 kV. Zum 12-Wochen-FU hatten 58 % der behandelten Patienten ein sehr gutes bis gutes, 27 % ein ausreichend gutes Ergebnis. 5 % der Patienten hatten unveränderte Symptome. Zum 24-Wochen-FU zeigten 73 % ein sehr gutes bis gutes Ergebnis.

In der prospektiven, nicht randomisierten Studie von Maier [44] erhielten die Patienten 2000 Impulse mit einer EFD von 0,09–0,18 mJ/mm². Es zeigte sich in der Gruppe mit EHR eine signifikante Verbesserung der Schmerzen auf der Visuellen Analogskala (VAS). 20 Wochen nach ESWT konnte eine 87,5 %ige Verbesserung der Beschwerden anhand der VAS als auch im SF-36 Score (36-item short-form health survey/SF-36TM Medical Outcomes Trust Inc., Boston, Massachusetts) festgestellt werden.

Decker [45] konnte in seiner prospektiven Arbeit eine signifikante Verbesserung der Schmerzen feststellen, evaluiert anhand der VAS, nach Anwendung einer Stoßwelle mit 3 x 2000 Impulsen mit einer EFD von 0,18 mJ/mm². Zum FU von im Schnitt 30,7 Monaten zeigte sich bei 74 % der Patienten ein sehr gutes bis gutes Ergebnis, 11 % gaben eine deutliche noch tolerable Verbesserung der Schmerz-situation an und lediglich 15 % hatten unverändert starke Beschwerden. Die durchschnittliche Dauer bis zum Eintreten einer deutlichen Schmerzlinderung betrug 42 Tage.

In der Cochrane Analyse von Buchbinder [46] wurden die Daten der zwei Studien von Rompe [37] und Haake [38] zusammengefaßt und daraus eine neue Berechnung und Auswertung der Daten durchgeführt. Hier kam es in Folge zu keiner signifikanten Verbesserung der Symptomatik bei EHR. Das relative Risiko für einen Therapieversager (definiert als Roles-Maudsley-Score von 4) lag jetzt im Vergleich zur Placebogruppe bei 0,40 (95 % CI, 0,08 bis 1,91) zum 6-Wochen-FU. Zum 1-Jahres-FU lag es bei 0,44 (95 % CI, 0,09 bis 2,17). Buchbinder lehnt aufgrund dieses Ergebnisses ESWT als Therapieform in der Indikation bei EHR ab.

In einigen Arbeiten wird die Problematik eines nicht existenten Schemas bezüglich der einzusetzenden Parameter (Impulse, EFD, Frequenz) angesprochen und auch beanstandet [38, 44]. Auch in Hinblick auf die Energie im mittel- bis hochenergetischen Bereich gibt es keine aussagekräftigen, prospektiven, randomisierten Studien, wobei die Arbeiten von Wang, Ko [42, 43] und auch Decker [45] in diesem Energiebereich lagen und durchwegs positive Ergebnisse brachten. Dies deckt sich auch mit der Aussage von Haake [38], der in seiner Diskussion von einer möglichen Wirksamkeit der ESWT im hochenergetischen Bereich spricht.

Ein weiteres Problem in der Interpretation bzw. im Vergleich der einzelnen Studien liegt in der Anwendung unterschiedlicher Stoßwellengeräte. Dies ist auch ein Schwachpunkt der Haake-Studie [38], wo zentrumsabhängig unterschiedliche Stoßwellengeräte mit unterschiedlichen physikalischen Parametern zum Einsatz gelangten, was zum Zeitpunkt der Studienplanung nicht bekannt war, sondern erst durch Messungen der Parameter mit moderneren Meßmethoden zu Tage trat, als die Studie schon lief. Es ist deshalb eine Schwäche in der Einteilung der Randomisierungsgruppen entstanden, aber es wird bei der Auswertung kein Unterschied zwischen den Zentren gefunden. Die Arbeit von Pettrone [39] ist diesbezüglich in

der Aussagekraft höher zu bewerten und führte auch zur Zulassung der ESWT durch die FDA mit dem Siemens Sonocur in den Vereinigten Staaten bei Epicondylitis humeri radialis. Rompe et al. aus dem Jahr 2003 [41] hat sich an das Protokoll der Pettrone-Studie gehalten und es konnte hier das positive Ergebnis bestätigt werden.

Der Vergleich dieser Arbeiten von Haake [38], Pettrone [39] und Rompe [41] zeigt einen sehr deutlichen Unterschied, der uns in der Erklärung der kontroversen Ergebnisse weiter bringen kann: Bei allen drei Studien ist das Design sehr ähnlich: 3 x 2000 Imp., EFD < 0,1 mJ/mm², 3 Monate Follow up, Untersucher-Verblindung. Die Unterschiede sind: a) Rompe führte seine Untersuchung an Sportlern (Tennispielern) durch, b) Haake führte die Studie in Lokalanästhesie durch. Es ist erstaunlich, daß die Arbeiten von Pettrone und Rompe fast die selben Ergebnisse bringen, obwohl einmal Sportler und das andere Mal nicht besonders sportliche Patienten gewählt wurden, hingegen die Studien von Rompe und Pettrone ohne Lokalanästhesie wesentlich bessere Ergebnisse zeigen als die Haake-Studie. Das bestätigt, was im übrigen auch von einer österreichischen Studie [47] sehr deutlich gezeigt wurde, die zwar nicht an Ellbögen, sondern bei plantarer Fasciitis durchgeführt wurde, aber sich ebenfalls nur durch die Nicht-Verwendung von Lokalanästhetikum von der Haake-Studie betreffend die plantare Fasciitis unterschied [48]. In Anbetracht der biometrisch sehr genauen und gründlichen Durchführung der Haake-Studien ist also nur ein methodischer Fehler im Behandlungsdesign wahrscheinlich, was durch die vergleichbaren Arbeiten bestätigt wurde.

Ebenso gilt ein hoher Placeboeffekt zwischen 25 % und 50% heute als gesichert. Die klinischen Ergebnisse bisher publizierter Studien zur Epicondylitis humeri radialis sind trotz einer sehr hohen Qualität miteinander kaum zu vergleichen. Die Unterschiede der Studien liegen in den applizierten Energiestärken, der Impulszahl, der Anzahl und Frequenz der Therapiesitzungen, der verwendeten Lokalanästhesie sowie dem Einsatz unterschiedlicher Stoßwellengeräte. Lediglich die Arbeiten von Pettrone [39] und Rompe [41] lassen hier einen Vergleich zu und kamen auch zum selben positiven Ergebnis. Als erfolgsentscheidende Kriterien erscheinen derzeit die Patientenselektion und die Nicht-Verwendung eines Lokalanästhetikums, mögliche Kriterien der Erfolgsbeeinflussung sind der Abstand zwischen den Stoßwellenbehandlungen sowie die Wahl der Energiestärke, der Impulsanzahl, der Frequenz, der EFD und der Gesamtenergie.

Zusammenfassend kann man festhalten:

- Die klinischen Ergebnisse bisher publizierter Studien zur Epicondylitis humeri radialis sind trotz hoher biometrischer Qualität miteinander kaum zu vergleichen.
- Eine strikte Standardisierung der ESWT wäre wünschenswert, ist aber aufgrund der Datenlage derzeit noch nicht möglich.
- Die Verwendung einer Lokalanästhesie ist zumindest bei niedrigerenergetischer ESWT umstritten und wahrscheinlich nicht sinnvoll.
- Zielsetzung sollte für alle Anwender die Feststellung eines idealen Behandlungsschemas sein. Wissenschaftliche Foren wie der AK-ESWT der ÖGO oder die International Shockwave Foundation könnten hier als Forum für weitere Studien dienen.
- Für den Einsatz der Stoßwelle spricht weiters die kaum vorhandene Komplikationsrate und die Einfachheit der Anwendung [48].

Trotz der sehr widersprüchlichen Datenlage sollte die ESWT in der Indikation der Epicondylitis humeri radialis auch in Zukunft zumindest als letzte Therapie vor einer Operation empfohlen werden, keine andere Therapie zeigt derzeit eine Evidenz nach den EBM-Kriterien und die Nebenwirkungen sind vernachlässigbar klein bzw. harmlos.

Fasciitis plantaris mit oder ohne Fersensporn

Ronald Dorotka

Anwender der ESWT haben in den letzten Jahren mehrere hochqualitative Studien veröffentlicht, die nicht zuletzt für eine neue medizinische Methode notwendig sind, um die Berechtigung gegenüber Sozialversicherungen, öffentlichen Institutionen und anderen Kostenträgern untermauern zu können.

Für den deutschsprachigen Raum wurde 2002 die wichtigste Metaanalyse in der „Zeitschrift für Orthopädie“ veröffentlicht, die seither die Standards für die ESWT vorgegeben hat [49]. Diese Analyse bezieht sich auf alle einschlägigen Publikationen mit Gewichtung nach Studienqualität. Die Wichtigkeit dieser Studie wurde auch im Editorial durch den Herausgeber der Zeitschrift Univ. Prof. Dr. F. U. Niethard unterstrichen [50].

Für die Fasciitis plantaris lagen demnach 3 Untersuchungen vor, die die Kriterien einer randomisierten, maskierten Studie (sog. Studientyp A) erfüllen. 2 Studien führten auch bereits zur Zulassung der verwendeten Geräte im Einsatz bei der Fasciitis plantaris in den USA durch die Food and Drug Administration (FDA). Die erste Zulassung erfolgte 2001 nach der Publikation von J. A. Odgen und Mitarbeitern. 12 Wochen nach einmaliger Applikation von 1500 Impulsen hoher Energiefußdichte in Lokalanästhesie wurde bei 47% von 119 Patienten ein Therapieerfolg berichtet und bei 30% von 116 Patienten, die eine Placebobehandlung erhielten [51]. Die zweite Untersuchung, die eine FDA-Zulassung zur Folge hatte, liegt allerdings nur in Vortrags- und nicht in Publikationsform vor.

Es wird in der Analyse von Rompe [49] auch auf eine Arbeit hingewiesen, die von ihm 2002 veröffentlicht wurde. Dabei wurden 112 Patienten in eine prospektive, randomisiert-kontrollierte Pilotstudie eingeschlossen, wobei Patienten der Therapiegruppe dreimalig mit 1000 Impulsen niedriger EFD ohne LA behandelt wurden, Patienten der Kontrollgruppe mit je 10 Impulsen. Nach 6 Monaten zeigten sich hochsignifikante Unterschiede zugunsten der Therapiegruppe in bezug auf klinisches Ergebnis und Lokalschmerz. Allerdings konnte nach 5 Jahren kein signifikanter Gruppenunterschied festgestellt werden. Trotzdem waren nur 13% der dann nachuntersuchten 38 Patienten der Therapiegruppe und immerhin 58% der 40 Patienten der Kontrollgruppe operiert worden [52], was volkswirtschaftlich eine beachtliche Relevanz darstellt. Es zeigte sich in der Analyse insgesamt, daß die Datenlage zur ESWT im Vergleich zu bereits etablierten konservativen Therapien als überdurchschnittlich anzusehen ist. In einer weiteren Metaanalyse [53] wird auch darauf hingewiesen, daß neben 3 anderen konservativen Verfahren für die ESWT zumindest eine limitierte Evidenz für Effektivität vorliegt. Keine wissenschaftliche Evidenz für Effektivität gibt es für alle anderen Verfahren, unter anderem Kortikoidinfiltrationen, Ultraschall, operative Behandlung etc.

In der Zeit nach Erscheinen der Analyse von Rompe wurden mehrere Publikationen zu diesem Thema veröffentlicht. Buchbinder et al. publizierten 2002 ihre doppelblinde, randomisiert-kontrollierte Untersuchung mit Ultraschall-gezielter ESWT. Auch hier lag ein Studientyp A vor. 81 Patienten der Therapiegruppe erhielten eine GesamteFD von mindestens 1000 mJ/mm² aufgeteilt auf 3 Sitzungen, während 85 Patienten der Placebogruppe eine GesamteFD von 6 mJ/mm² erhielten. Hinsichtlich Schmerz, Gehfähigkeit, Maryland Foot Score und SF-36 konnten nach 6 und 12 Wochen keine Unterschiede festgestellt werden [54]. Diese Arbeit zeigte allerdings methodische Schwächen. Die kalkulierte Gesamtdosis war bei jedem Patienten unterschiedlich, da bis zur individuellen Schmerzgrenze erhöht wurde. Ebenfalls erhielten Patienten der Placebogruppe wesentlich weniger Stoßimpulse, weswegen eine Maskierung fraglich erscheint. Außerdem könnten die in der Placebogruppe verabreichten 6 mJ/mm² bereits eine therapeutische Wirkung mit sich gebracht haben. Noch weitere Kritikpunkte wurden in mehreren Briefen an den Herausgeber des JAMA diskutiert [55].

Im Jahr darauf wurde eine weitere Studientyp-A-Arbeit veröffentlicht. Auch in dieser von Haake geleiteten Multi-center-Studie mit randomisiert-kontrolliertem, verblindetem Design zeigte sich die ESWT in der Behandlung dieser Indikation ineffektiv. Dabei wurden 271 Patienten in die Studie eingeschlossen. 135 wurden in die Therapiegruppe randomisiert und erhielten 3 x 4000 Impulse im 2-Wochenabstand mit 0,08 mJ/mm² EFD. Im Gegensatz dazu wurde bei 136 Patienten der Placebogruppe durch ein luftgefülltes PE-Kissen keine Stoßwelle in den Körper weitergeleitet. Durch Injektion von 2 ml Lokalanästhetikum wurde die Verblindung aller Patienten gewährleistet. Als primärer Endpunkt zeigte der Roles and Maudsley-Score nach 12 Monaten keine Unterschiede (34% Erfolg in der Therapie- und 30% Erfolg in der Placebogruppe) [56].

Speed et al. schlossen 88 Patienten in eine randomisierte, kontrollierte Doppelblinduntersuchung ein. Patienten der Therapiegruppe erhielten dreimal im Monatsabstand 0,12 mJ/mm². Aufgrund der kleinen Patientenzahl konnte zwischen Therapie- und Placebogruppe nach 3 und 6 Monaten kein signifikanter Unterschied festgestellt werden, obwohl 37% der Therapiegruppe gegenüber lediglich 24% der Placebogruppe über eine Schmerzreduktion berichteten. Die Autoren selbst empfehlen weitere Studien für endgültige Schlußfolgerungen [57].

Eine weitere Studie von Rompe beschäftigte sich mit der ESWT-Applikation bei 45 Laufsportlern. Patienten der Therapiegruppe erhielten 6300 Impulse in 3 Einzeldosen im Wochenabstand mit einer EFD von 0,16 mJ/mm². Placebopatienten wurden identisch behandelt, allerdings wurde auch hier die Weiterleitung der Schockwellen in den Körper durch Luftkissen verhindert. Der morgendliche Anlaufschmerz war nach 6 und 12 Monaten in der Therapiegruppe statistisch signifikant reduziert. Für eine allgemeingültige Schlußfolgerung ist aber auch hier die Patientenzahl zu klein [58].

In einer an der Wiener Universitätsklinik für Orthopädie durchgeführten prospektiven Untersuchung an 40 Patienten mit einer therapieresistenten Fasciitis plantaris mit oder ohne plantarem Fersensporn konnte gezeigt werden, daß 85% des Kollektivs 3 Monate nach Behandlung subjektiv gebessert waren. Alle Patienten führten bereits mindestens 6 Monate vor der ESWT andere konservative

Therapieformen durch, die zu keiner Besserung führten. Durch die ESWT konnten im Schnitt die Belastungsschmerzen um 40 % reduziert werden [59]. Auch hier gilt, daß eine Anwendungsbeobachtung vorlag und die Patientenzahl für endgültige Schlußfolgerungen zu klein war.

Zusammenfassend kann unter Berücksichtigung der zwischenzeitlich guten internationalen Datenlage unter teilweiser Berufung auf die wohl bedeutendste Analyse der letzten Jahre, die einen besonderen Stellenwert im deutschsprachigen Raum einnimmt, folgendes festgestellt werden:

- Die Qualität der Datenlage zur ESWT ist im Vergleich zu der Mehrzahl konkurrierender konservativer oder operativer Therapieverfahren überdurchschnittlich.
- Die Wirkmechanismen der ESWT sowie von alternativen, konservativen oder operativen Verfahren bei den genannten Krankheitsbildern sind bis heute gleichermaßen nicht endgültig schlüssig geklärt.
- Bei der limitierten Evidenz für eine Wirksamkeit der ESWT bei der plantaren Fasciitis, ist, bei vernachlässigbar geringen Nebenwirkungen wie lokaler Schwellung oder Hämatombildung, den chronisch Betroffenen nach wie vor die Stoßwellentherapie zu empfehlen, bevor die Indikation für ein invasiveres Verfahren gestellt wird. Allerdings sollte bei zunehmendem Vorliegen von Studien mit Ineffektivitätsnachweis eine adäquate Patientenaufklärung über Erfolgsaussichten und Kosten-Nutzen-Kalkulation erfolgen. Weitere klinische Studien vom Typ A sollten gefördert werden.

Tendinitis calcarea

Manuel Sabeti

Die Tendinitis calcarea ist eine häufige Erkrankung der Schulter. Die Diagnose wird nach klinischer Begutachtung und Röntgen in 3 Ebenen der Schulter zum Ausschluß eines eventuell sekundären Impingements der Rotatorenmanschette durch einen AC-Sporn gestellt. Eine HLA-Assoziation konnte bis heute noch nicht bewiesen werden. Die Standardtherapie wird in erster Linie durch ein konservatives Vorgehen bestimmt. Nach meist sechsmonatiger frustranter Therapie und anhaltendem Leidensdruck wird dann zumeist ein arthroskopisches oder offenes Verfahren gewählt. Seit Einführung der Stoßwellentherapie in der Orthopädie besteht nun ein weiteres konservatives Verfahren, um einen möglichen chirurgischen Eingriff zu vermeiden.

Erste Studien Anfang und Mitte der Neunziger Jahre zeigten vielversprechende Ergebnisse in der Therapie der Tendinitis calcarea. Sowohl klinische Verbesserung als auch radiologische Kalkdepot-Veränderungen und -Auflösungen wurden beschrieben. Mit der Vorstellung von aufwendigeren Studien flachte die anfängliche Euphorie bezüglich Indikation (Supraspinatus-Sehnensyndrom / Tendinitis calcarea) und Wirkung ab.

Spindler et al. [60] berichteten 1998 über hervorragende Ergebnisse nach einmaliger ESWT an drei Frauen. Es fanden sich klinische Beschwerdefreiheit und radiologisch in allen Fällen eine Auflösung des Kalkdepots nach 7 Tagen. Komplikationen wurden nicht beobachtet.

Seil et al. [61] behandelte in einer prospektiv randomisierten Studie 1999 50 Patienten mit Kalkdepots der Klasse I und II nach Gärtner. Es wurde niederenergetische mit

hochenergetischer ESWT verglichen. Dabei zeigte sich keine Signifikanz im Therapieerfolg; falls eine Kalkresorption eintrat, dann innerhalb der ersten 6 Wochen, ab dem 3. Monat war keine rasche Resorption mehr zu erwarten, insgesamt 40 % Resorption des Kalkdepots (30 % total, 10 % partiell) lassen laut Autor einen Therapieeffekt vermuten.

Haake wies 2001 [62] in einer randomisierten, prospektiven und einfach verblindeten Studie bei 50 Patienten auf die Unabdingbarkeit einer exakten Fokussierung auf das Kalkdepot hin. Er verglich die Fokussierung auf das Kalkdepot mittels Röntgen-Ortung mit Einstellung auf die Insertion des M. supraspinatus am Humerus. In der ersten Gruppe zeigte sich nach 12 Wochen eine 80 %ige Auflösung der Kalkdepots. Im Gegensatz dazu war die radiologische Erfolgsrate in der zweiten Gruppe nur 27 %.

Auch Sabeti et al. [63] beobachteten in einer prospektiv randomisierten und einfach verblindeten Studie (n = 50) klinisch und radiologisch bessere Ergebnisse nach exakter Fokussierung mittels Bildwandler auf das Kalkdepot als in der Biofeedback-Gruppe.

Rompe et al. [64] verglich in einer prospektiv randomisierten, einfach verblindeten Studie 50 Patienten mit ESWT mit 29 arthroskopisch operierten Probanden. 12 Monate nach Therapie zeigten sich klinisch keine statistisch signifikanten Unterschiede. Nach 24 Monaten waren 55 % der Operierten und 43 % der ESW-Therapierten beschwerdefrei. Laut Autor sind Gärtner II-Depots für hochenergetische ESWT wesentlich besser geeignet als Gärtner I-Depots und in diesem Falle der OP ebenbürtig.

Daecke et al. [65] publizierten 2002 eine prospektiv randomisierte Studie mit 115 Probanden. Er verglich das klinische und radiologische Ergebnis von einer Therapie gegen zwei. 4 Jahre nach ESWT zeigten sich keine schwerwiegenden Komplikationen. Bei Pat. mit einer radiologischen Auflösung konnte insgesamt eine höhere Erfolgsquote (80 %) und ein stärkerer Anstieg des funktionellen Befundes (Constant and Murley Score – CS = 78) beobachtet werden, als bei der Gruppe mit radiologischer Desintegration (subjektive Erfolgsquote: 53 %; CS 64). 60 % der Patienten profitierten klinisch und radiologisch 6 Monate nach ESWT. Damit sah der Autor die Wirksamkeit der hochenergetischen ESWT bei der TC als gesichert an.

Po Jung Pan [66] verglich 2003 in einer prospektiven, randomisierten Studie die Ergebnisse von ESWT gegen Transepidermale Neurostimulation (TENS) an 60 Patienten. Klinische und sonographische Kontrollen wurden nach 2, 4 und 12 Monaten durchgeführt. Beide Gruppen zeigten signifikant bessere Ergebnisse (klinisch und sonographisch). Bogenartige Depots sprachen besser auf ESWT als auf TENS an. Laut Autor ist ESWT effektiver und weniger aufwendig als TENS.

Gerdesmeyer et al. [12] bewiesen 2003 in einer prospektiven, randomisierten und placebokontrollierten Studie die Effektivität der ESWT. Hochenergetische ESWT zeigte tendenziell bessere Ergebnisse als niederenergetische ESWT, aber beide Therapieverfahren waren klinisch und radiologisch signifikant besser als die Placebo-Therapie.

Schmitt et al. [67] zeigten 2001 in einer prospektiven, randomisierten und placebokontrollierten Studie an 40 Patienten, daß niederenergetische ESWT gleich gut wie Placebo ist.

Speed et al. [68] fanden ein Jahr später in einer ebenso gestalteten Studie an 74 Patienten dasselbe Ergebnis. Seit diesen Studien ist das bereits zuvor kontroversiell diskutierte Supraspinatus-Sehnensyndrom keine Indikation für niederenergetische ESWT.

Zusammenfassung

- Supraspinatus-Sehnensyndrom ist keine Indikation für ESWT (gleich gut wie Placebo).
- Gärtner II-Depots sprechen am besten auf ESWT an (klinisch und radiologisch).
- Mit Ortungsverfahren zeigen sich tendenziell klinisch und radiologisch bessere Ergebnisse.
- Veränderungen am Depot selbst sind innerhalb der ersten 3 Monate zu erwarten.
- Eine klinische Verbesserung ist ebenso eher innerhalb der ersten 3 Monate zu erwarten.
- Bei mittel- bis hochenergetischer ESWT werden durchschnittlich bessere Resultate erzielt.
- ESWT ist eine besonders komplikationsarme Therapie-modalität (Langzeitergebnisse fehlen).
- ESWT ist eine sehr gute Alternative bei therapierefraktärer TC zur OP.
- ESWT ist im Vergleich tendenziell besser als TENS und somit ist ihr der Vorzug zu geben.

ESWT – Durchführung und Dokumentation

Stefan Wanke

Einleitung

Es versteht sich von selbst bzw. aus der heutigen Gesetzeslage, daß die ESWT wie jede andere Behandlung genau und gewissenhaft dokumentiert gehört. Dokumentation ist ein wesentlicher Teil des medizinischen Alltags, so auch bei der ESWT. Insbesondere in Hinsicht auf den Argumentationsnotstand vor Schiedsstellen oder ähnlichen Institutionen, vor dem begutachtende Ärzte regelmäßig warnen, ist die Dokumentation der medizinischen Tätigkeit heute eine *conditio sine qua non*. Strittige Fälle im Zusammenhang mit ESWT betreffen meist das Aufklärungsgespräch und dessen Dokumentation, aber auch die Durchführung der ESWT, die Ortungs-, Anästhesie- und Nachuntersuchungsmaßnahmen müssen sorgfältig nachgewiesen werden.

Darüber hinaus wäre es sehr wünschenswert, könnte man die vielen Daten poolen und für die weitere Erforschung verwenden; es ist anzunehmen, daß Statistiker bzw. Biometriker aus den Daten der klinischen täglichen Anwendung durchaus auch Erkenntnisse für die Forschung erarbeiten könnten, was die gezielte Durchführung von RCTs wesentlich erleichtern würde. Der AK-ESWT der ÖGO (Arbeitskreis ESWT der Österreichische Gesellschaft für Orthopädie und Orthopädische Chirurgie) würde sich an einer solchen Bestrebung gerne unterstützend beteiligen.

Auch die Bedingung, daß die ESWT eine ärztliche Tätigkeit ist und der Behandler eine entsprechende Ausbildung zur ESWT haben muß, erscheint selbstverständlich. Wie diese auszusehen hat, ist schwer vorzuschreiben, solange keine Richtlinien diesbezüglich vorhanden sind. Es gibt aber Bestrebungen, die Ausbildung zu standardisieren, wobei diesbezüglich alle nationalen Bestrebungen bisher sehr gut in den internationalen Gremien diskutiert und aufeinander abgestimmt werden.

Aufklärung des Patienten

Die Aufklärung des Patienten muß entsprechend den gesetzlichen Richtlinien erfolgen. Sie muß dem Patienten die Möglichkeit geben, seine Erkrankung zu verstehen und über alternativen Behandlungsmethoden zu kennen und über Verlauf und Risiken der ESWT informiert zu sein. Der Patient muß darüber aufgeklärt werden, daß die Stoßwellenwirkung nur unvollständig erforscht ist. Eine Zustimmung zu einer Sitzung bedeutet nicht die automatische Zustimmung zu einer Serie von Behandlungen, der Patient muß die Möglichkeit der Behandlungsunterbrechung haben.

Die Verrechnungsmodalitäten sollten vor allem im Fall der privaten Bezahlung schriftlich vor der ESWT geklärt werden. Der Aufklärungsbogen sollte eine bildliche Darstellung des zu behandelnden Areals enthalten. Die relativen und absoluten Kontraindikationen sollten in einer für den Patienten einfach zu verstehenden Weise aufgelistet werden.

Die Aufklärung sollte aber wegen der bestehenden klinischen Erfahrung aus den letzten 10 Jahren in einer Weise erfolgen, die dem Patienten die ESWT als komplikationsarme Behandlungsmöglichkeit darstellt und ihn insbesondere nicht veranlaßt, unbedacht eine Therapieform zu wählen, die höhere Komplikationsraten aufweist (z.B. operative Verfahren).

Der Zeitpunkt des Aufklärungsgesprächs sollte so gewählt und dokumentiert werden, daß der Patient seine Entscheidung überdenken und auftauchende Fragen noch klären kann.

Voruntersuchungen

Es sollten die Diagnosen korrekt und nachvollziehbar gestellt sein und keine anderen (Begleit-) Erkrankungen vorliegen – eine gründliche Abklärung diesbezüglich wird dringend empfohlen (Röntgen, neurologische Untersuchung, eventuell sogar elektroneurographische Untersuchungen und/oder MRT, CT, Szintigraphie und ähnliche Untersuchungen).

Die Voruntersuchungen und Vorbehandlungen sollten dokumentiert werden, wenn auch nicht unbedingt auf einem speziellen Dokument, die sonst in der Ordination oder Ambulanz üblichen Dokumentationsverfahren sind bestens geeignet. Die Erfahrung zeigt, daß Karteieinträge zu Röntgen-, Sonographie-, Labor- und anderweitigen Behandlungsbefunden hinsichtlich späterer forensischer Fragen, aber auch bezüglich eventueller Kostenrückerstattung durch Krankenversicherer wichtig sind.

Die ESWT-Behandlung

Die Behandlungen sollen bezüglich folgender Daten genau dokumentiert werden:

- Zeitpunkt der Behandlung und Dauer
- Behandler
- Anästhesist und Anästhesie- bzw. Analgesieverfahren
- Gerätetyp und Geräteparameter
- Anzahl, Energie und Frequenz der Impulse
- Lokalisation des Fokus und Einschallrichtungen
- Ortungsmodalitäten
- Beobachtete Nebenwirkungen und Komplikationen und deren Versorgung
- Röntgen-Dauer und -Intensität
- Vorgesehene weitere Maßnahmen und Kontrollen
- Sonstige Bemerkungen

Bei der Epicondylitis- und bei der Fersen-Behandlung wird kaum eine Anästhesie-Ausrüstung greifbar sein müssen,

die Gegebenheiten einer landesüblichen orthopädischen und/oder traumatologischen Ordination werden im Regelfall ausreichen. Bei der Knochenbehandlung und der Behandlung der Tendinitis calcarea wird eine Analgesie oder sogar Narkose notwendig sein – das ist sehr stark abhängig vom Gerät. In diesen Fällen wird die Ausrüstung der Ordination bzw. Ambulanz oder OP entsprechend umfangreicher sein müssen.

Es müssen selbstverständlich alle Nebenwirkungen und Komplikationen festgehalten werden, auch wenn sie nicht offensichtlich und augenscheinlich mit der ESWT in Verbindung stehen. Nach der ESWT kann es fallweise zu starken Schmerzzuständen kommen, welche den Patienten verunsichern können. Vorkehrungen diesbezüglich sollten getroffen werden und ebenfalls dokumentiert werden. Es liegt nahe, daß der Patient auch bei ambulanten Behandlungen einen Kurzbrief bekommt, in dem seine Behandlung festgehalten wird und wo auch die weiteren Schritte beschrieben sind (Dauer der eventuell verordneten Entlastung bzw. Gipsversorgung, (Bedarfs-) Medikation, Kontrolltermin und Maßnahmen im Falle von Problemen).

Kontrolluntersuchung

Die Nachsorge und Kontrolle von behandelten Pseudarthrosen erfolgt in ähnlicher Weise wie bei frischen Frakturen (Fixateur interne, Gipsverband), Erfolg oder Mißerfolg sollten nach der ESWT unbedingt festgehalten werden. Gefordert wird die Röntgen-Dokumentation bei Knochenindikationen, Röntgen oder Ultraschall-Untersuchung bei Behandlung von Kalkdepots; CT, Szintigraphie, Tomographie und MRI gelten als optionale Untersuchungsmethoden.

Nach Weichteilbehandlungen sollten die Patienten in regelmäßigen Abständen untersucht werden und die Ergebnisse dokumentiert werden. Vorgeschlagen werden Untersuchungen im Abstand von ca. 6 und 12 Wochen sowie nach 6 Monaten.

Zusammenfassend soll festgehalten werden, daß die Dokumentation das Aufklärungsgespräch und alle relevanten klinischen Erkenntnisse und die gerätespezifischen Daten betreffen muß. Um bessere Aussagen über die Ergebnisse machen zu können, wird ein einheitliches Vorgehen bei der Dokumentation gefordert, dies betrifft sowohl die Nomenklatur der Diagnosen und Indikationen, als auch die Angabe der Behandlungsparameter. Auch Röntgen-Verläufe sind der Dokumentation beizufügen.

Der Arbeitskreis für ESWT hat entsprechende Formulare entworfen, welche als Vorlage dienen können. Entsprechend den Richtlinien der internationalen Gesellschaft ISMST wird die Verwendung von international gängigen Scores empfohlen.

Literatur:

1. Polak HJ. Ergebnis der Literaturrecherche der MDK-Gemeinschaft zur ESWT mit orthopädischen Indikationen. In: Siebert W, Buch M (Hrsg.) Stoßwellen-Anwendungen am Knochen – Klinische und experimentelle Erfahrungen. Verlag Dr. Kovac, Hamburg, 1997.
2. Fritze J. Extracorporeal shockwave therapy (ESWT) in orthopaedic indications: a selective review. *Versicherungsmedizin* 1998; 59: 180–5.
3. Maier M, Milz S, Wirtz DC, Rompe JD, Schmitz C. Grundlagenforschung zur Applikation extrakorporaler Stoßwellen am Stütz- und Bewegungsapparat. Eine Standortbestimmung. *Der Orthopäde* 2002; 31: 667–77.
4. Rompe JD, Buch M, Gerdsmeyer L, Haake M, Loew M, Maier M, Heine J. Musculoskeletal shock wave therapy – current database of clinical research. *Z Orthop Ihre Grenzgeb* 2002; 140: 267–74.

5. Gerdsmeyer L, Henne M, Gollwitzer H, Diehl P. Theorien zum Wirkprinzip von ESWT. Auswirkungen in der Praxis. In: Gerdsmeyer L (Hrsg.) Extrakorporale Stoßwellentherapie – Schwerpunkt Radiale Technologie – Grundlagen, Klinische Ergebnisse. Book on Demand GmbH, Norderstedt, 2004; 33–41.
6. Chaussy C, Brendel W, Schmiedt E. Extracorporeally induced destruction of kidney stones by shock waves. *Lancet* 1980; II: 1265–8.
7. Chaussy C, Forssmann B, Brendel W, Jocham D, Eisenberger F, Hepp W, Gokel JM. Berührungsfreie Nierensteinerzürümmerung durch extrakorporal erzeugte, fokussierte Stoßwellen. *Beiträge zur Urologie*, Band 2, Karger Basel, 1980.
8. Valchanou VD, Michailov P. High energy shock waves in the treatment of delayed and nonunion of fractures. *Int Orthop* 1991; 15: 181–4.
9. Karpman RR, Magee FP, Gruen TWS, Mobley T. The lithotripter and its potential use in the revision surgery of total hip arthroplasty. *Orth Rev* 1987; 26: 38–42 (zit. nach Karpman RR, Magee FP, Gruen TWS, Mobley T. The lithotripter and its potential use in the revision surgery of total hip arthroplasty. *Clin Orthop* 2001; 387: 4–7).
10. Dahmen GP, Meiss L, Nam VC, Skruodis B. Extrakorporale Stoßwellentherapie (ESWT) im knochenahnen Weichteilbereich an der Schulter. *Extr Orthopaed* 1992; 11: 25–7.
11. Dahmen GP, Nam VC, Meiss L. Extrakorporale Stoßwellentherapie (ESWT) zur Behandlung von knochenahnen Weichteilschmerzen. Indikation, Technik und vorläufige Ergebnisse. *Konsensus Workshop der Deutschen Gesellschaft für Stoßwellenlithotripsie*. Attempto-Verlag, Tübingen, 1993; 143–8.
12. Gerdsmeyer 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: 2573–80.
13. 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* 2003; 406: 237–45.
14. Wang CJ, Wang FS, Yang KD, Weng L-H, Hsu C-C, Huang C-S, Yang L-C. Shock wave therapy induces neovascularisation at the tendon-bone junction. A study in rabbits. *J Orthop Res* 2003; 21: 984–9.
15. Wang FS, Yang KD, Chen RF, Wang CJ, Sheen-Chen SM. Extracorporeal shock wave promotes growth and differentiation of bone-marrow stromal cells towards osteoprogenitors associated with induction of TGF-beta 1. *J Bone Joint Surg Br* 2002; 84: 457–61.
16. Chen YJ, Wang FS, Wang CJ, Yang KD, Kuo YR, Huang HC, Huang YT. Shockwave attenuates interleukin-1beta, cyclooxygenase-2 and Prostaglandin E2 receptor expression during healing of collagenase-induced achilles tendonitis in rats. *7th ISMST-Congress, Kaohsiung* 2004; 16 (abstr).
17. Chen YJ, Kuo YR, Yang KD, Wang CJ, Chen S-MS, Huang HC, Yang YJ, Yi-Chih S, Wang FS. Activation of extracellular signal-regulated kinase (ERK) and p38 kinase in shock wave-promoted bone formation of segmental defects in rats. *J Bone* 2004; 34: 466–77.
18. Cavaliere E, Amelio E, Russo S, Marlinghaus E, Suzuki H. Effect of shock wave on endothelial NO synthase in HUVEC. In: Maier, Gillesberger (Hrsg.) Abstracts 2003 zur Muskuloskeletalen Stoßwellentherapie – Kongreßband des 3. Dreiländertreffens der Österreichischen, Schweizerischen und Deutschen Gesellschaften für Extrakorporale Stoßwellentherapie. 2003 München-Großhadern. Books on Demand GmbH, Norderstedt, 2003.
19. Neuland H, Kesselman-Evans, Duchstein H-J, Mei W. Outline of the molecularbiological effects of the extracorporeal shockwaves (ESW) on the human organism. *7th ISMST Congress Kaohsiung, Taiwan* 2004.
20. Ohtori S, Inoue G, Mannoji C et al. Shock wave application to rat skin induces degeneration and reinnervation of sensory nerve fibres. *Neurosci Lett* 2001; 315: 57–60.
21. Rompe J-D, Küllmer K, Vogel J, Eckardt A, Wahlmann U, Kirkpatrick CJ, Bürger R, Nafe B. Extrakorporale Stoßwellentherapie: Experimentelle Grundlagen, klinischer Einsatz. *Der Orthopäde* 1997; 26: 215–28.
22. Rompe J-D, Kirkpatrick CJ, Küllmer K, Schwitalle M, Krischek O. Dose-related effects of shock waves on rabbit tendon Achilles. *J Bone Joint Surg Br* 1998; 80: 546–52.
23. Maier M, Tischer T, Milz S, Weiler C, Nerlich A, Pellengahr C, Schmitz C, Refior HJ. Dose-related effects of extracorporeal shock waves on rabbit quadriceps tendon integrity. *Arch Orthop Trauma Surg* 2002; 122: 436–41.
24. Maier M, Freed JA, Milz S, Pellengahr C, Schmitz C. Detection of bone fragments in pulmonary vessels following extracorporeal shock wave application to the distal femur in an in-vivo animal model. *Z Orthop Ihre Grenzgeb* 2003; 141: 223–6.
25. Wang CJ, Huang HY, Pai CH. Shock wave-enhanced neovascularization at the tendon-bone junction: An experiment in dogs. *J Foot & Ankle Surg* 2002; 41: 16–22.

26. Melzak R, Wall PD. Pain mechanism: A new theory. *Science* 1965; 150: 971–80.
27. Ikeda K, Tomita K, Takayama K. Application of extracorporeal shock wave on bone: preliminary report. *J Trauma* 1999; 47: 946–50.
28. Chen YJ, Kuo YR, Yang KD, Wang CJ, Huang HJ, Wang FS: Shock wave application enhances pertussis toxin protein-sensitive bone formation of segmental femoral defect in rats. *J Bone Mineral Res* 2003; 18: 2169–79.
29. Wang FS, Yang KD, Kuo YR, Wang CJ, Sheen-Chen SM, Huang HC, Chen YJ. Temporal and spatial expression of bone morphogenetic proteins in extracorporeal shock wave-promoted healing of segmental defect. *J Bone* 2003; 32: 387–96.
30. Haake M, Thon A, Bette M. Absence of spinal response to extracorporeal shock waves on the endogenous opioid system in the rat. *Ultrasound Med Biol* 2001; 27: 279–84.
31. Schaden W, Ponocny E. Value of RCT in ESWT. 6th Congress of the International Society for Musculoskeletal Shockwave Therapy (ISMST) 10th–13th February, 2003, Orlando / Florida.
32. Jensen MP, Turner JA, Romano JM. What is the maximum number of levels needed in pain intensity measurement? *J Pain* 1994; 58: 387–92.
33. Gracely RH. Methods of testing pain mechanisms in normal man. *Textbook of pain* (2nd edition). Churchill Livingstone, New York, 1989; 257–68.
34. Gracely RH. Studies of pain in normal man. *Textbook of pain* (2nd edition). Churchill Livingstone, New York, 1994; 315–36.
35. Price DD, Harkins SW. Psychophysical approaches to pain measurement and assessment. *Handbook of pain assessment*. Guilford Press, New York, 1992; 111–34.
36. Biedermann R, Martin A, Handle G, Auckenthaler T, Bach C, Krismer M. Extracorporeal shock waves in the treatment of nonunions. *J Trauma* 2003; 54: 936–42.
37. Rompe JD, Hopf C, Küllmer K, Heine J, Bürger R. Analgesic effect of extracorporeal shock-wave therapy on chronic tennis elbow. *J Bone Joint Surg Br* 1996; 78: 233–7.
38. Haake M, König I.R., Decker T, Riedel C, Buch M, Müller HH. Extracorporeal shock wave therapy in the treatment of lateral epicondylitis: a randomized multicenter trial. *J Bone Joint Surg Am* 2002; 84A: 1982–91.
39. Petrone F. Randomized clinical Study to evaluate the safety and efficacy of the Siemens Sonocur ESWT System in treating patients with lateral epicondylitis (chronic tennis elbow); <http://www.fda.gov/cdrh/pdf/P010039b.pdf>
40. Speed CA, Nichols D, Richards C, Humphreys H, Wies JT, Burnet S, Hazleman BL. Extracorporeal shock wave therapy for lateral epicondylitis – a double blind randomized controlled trial. *J Orthop Res* 2002; 20: 895–8.
41. Rompe JD, Decking J, Schoellner C, Theis C. Repetitive low-energy shock wave treatment for chronic lateral epicondylitis in tennis players. *AJSM* 2004; vol. 32: 734–43.
42. Wang CJ, Chen HS. Shock wave therapy for patients with lateral Epicondylitis of the Elbow. *Am J Sports Med* 2002; 30: 422–5.
43. Ko JY, Chen HS, Chen LM. Treatment of lateral epicondylitis of the elbow with shock waves. *CORR* 2001; 387: 60–7.
44. Maier M, Dürr H.R., Köhler S, Staupendahl D, Pfahler M, Refior HJ. Analgetische Wirkung niederenergetischer extrakorporaler Stoßwellen bei Tendinosis calcarea, Epicondylitis humeri radialis und Plantarfasziitis. *Z Orthop* 2000; 138: 34–8.
45. Decker T, Kuhne B, Gobel F. Extrakorporale Stoßwellentherapie bei Epicondylitis humeri radialis. *Orthopäde* 2002; 31: 633–6.
46. Buchbinder R, Green S, White M, Barnsley L, Smidt N, Assendelft WJ. Shock wave therapy for lateral elbow pain. *Cochrane Database Syst Rev.* 2002; 1: CD003524.
47. Labek G, Auersperg V, Ziernhöld M, Poullos N, Böhler N. Einfluss von Energie und Lokalinfiltration auf klinischen Outcome nach ESWT bei plantarem Fersensporn. Vortrag beim 2. Drei-Länder-Treffen der Österreichischen, Schweizerischen und Deutschen Gesellschaften für Orthopädische Extrakorporale Stoßwellentherapie. Linz, 19.–20.04.2002.
48. Haake M, Boddeker IR, Decker T, Buch M, Vogel M, Labek G, Ma M, Loew M, Maier-Boerries O, Fischer J, Betthausen A, Rehack HC, Kanovsky W, Müller I, Gerdesmeyer L, Rompe JD. Side effects of extracorporeal shock wave therapy in the treatment of tennis elbow. *Arch Orthop Trauma Surg* 2002; 122: 222–8.
49. 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* 2002; 140: 267–74.
50. Niethard FU. Extrakorporale Stoßwellentherapie in der Orthopädie – Kosten und Nutzen. *Z Orthop* 2002; 140: 265–6.
51. Ogden JA, Alvarez R, Levitt R, Cross GL, Marlow M. Extracorporeal shock wave therapy for chronic plantar fasciitis. *Clin Orthop* 2001; 387: 47–59.
52. Rompe JD, Schöllner C, Nafe B. Evaluation of low energy extracorporeal shock wave application and treatment in chronic plantar fasciitis. *J Bone Joint Surg* 2002; 84A: 335–41.
53. Crawford F, Atkins D, Edward J. Interventions for treating plantar heel pain (Cochrane Review). In: *Cochrane Library*, Issue 3, Oxford 2000.
54. Buchbinder R, Ptasznik R, Gordon J, Buchanan J, Prabaharan V, Forbes A. Ultrasound-guided extracorporeal shock wave therapy for plantar fasciitis – a randomized controlled trial. *JAMA* 2002; 288: 1364–72.
55. Wheelock AJ, Theodore GH, Miller S. Shockwave therapy for treatment of plantar fasciitis. *JAMA* 2003; 289: 172–3.
56. Haake M, Buch M, Schoellner C, Goebel F, Vogel M, Mueller I, Hausdorf J, Zamzow K, Schade-Brittinger C, Mueller HH. Extracorporeal shockwave therapy for plantar fasciitis: randomised, controlled, multicentre trial. *BMJ* 2003; 327: 75.
57. Speed CA, Nichols D, Wies J, Humphreys H, Richards C, Burnet S, Hazleman BL. Extracorporeal shock wave therapy for plantar fasciitis. A double blind randomised controlled trial. *J Orthop Res* 2003; 21: 937–40.
58. Rompe JD, Decking J, Schoellner C, Nafe B. Shock wave application for chronic plantar fasciitis in running athletes. *Am J Sports Med* 2003; 31: 268–75.
59. Dorotka R, Sabeti M, Schatz KD. Vorläufige Ergebnisse einer Vergleichsstudie zwischen röntgen-navigierter und kooperativer Ortung in der Stoßwellenbehandlung des plantaren Fersensporn. Vortrag beim 2. Drei-Ländertreffen der Gesellschaften für orthopädische Stoßwellentherapie, Linz, 2002.
60. Spindler A, Berman A, Lucero E, Briar M. Extracorporeal shock wave treatment for chronic calcific tendinitis of the shoulder. *J Rheumatol* 1998; 25: 1161–3.
61. Seil R, Rupp S, Hammer DS, Enßlin S et al. Extrakorporale Stoßwellentherapie bei der Tendinosis calcarea der Rotatorenmanschette: Vergleich verschiedener Behandlungsprotokolle. *Z Orthop Ihre Grenzgeb* 1999; 137: 310–5.
62. Haake M. Bedeutung der exakten Fokussierung extrakorporaler Stoßwellen (ESWT) bei der Therapie der Tendinitis calcarea. *Biomed Technik* 2001; 46: 69–74.
63. Sabeti M, Dorotka R, Schatz KD. A comparison in the localisation and treatment between biofeedback and 3D computer-assisted navigation of tendinitis calcarea with ESWT. Vortrag: ISMST Winterthur 2002.
64. Rompe JD, Zoellner J, Nafe B. Shock wave therapy versus conventional surgery in the treatment of calcifying tendinitis of the shoulder. *Clin Orthop Rel Res* 2001; 387: 72–82.
65. Daecke W, Kusnierczak D, Loew M. Extrakorporale Stoßwellentherapie (ESWT) bei der Tendinosis calcarea der Rotatorenmanschette. *Orthopäde* 2002; 31: 645–51.
66. Pan PJ, Chou CL, Chiou HJ, et al. Extracorporeal shock wave therapy for chronic calcific tendinitis of the shoulders: a functional and sonographic study. *Arch Phys Med Rehabil* 2003; 84: 988–93.
67. Schmitt J et al. Low-energy extracorporeal shock-wave treatment (ESWT) for tendinitis of the supraspinatus. *J Bone Joint Surg (Br)* 2001; 83: 873–7.
68. Speed CA et al. Extracorporeal shock-wave therapy for tendinitis of the rotor cuff. *J Bone Joint Surg* 2002; 84B: 509–12.

Mitteilungen aus der Redaktion

Besuchen Sie unsere zeitschriftenübergreifende Datenbank

[Bilddatenbank](#)

[Artikeldatenbank](#)

[Fallberichte](#)

e-Journal-Abo

Beziehen Sie die elektronischen Ausgaben dieser Zeitschrift hier.

Die Lieferung umfasst 4–5 Ausgaben pro Jahr zzgl. allfälliger Sonderhefte.

Unsere e-Journale stehen als PDF-Datei zur Verfügung und sind auf den meisten der marktüblichen e-Book-Readern, Tablets sowie auf iPad funktionsfähig.

[Bestellung e-Journal-Abo](#)

Haftungsausschluss

Die in unseren Webseiten publizierten Informationen richten sich **ausschließlich an geprüfte und autorisierte medizinische Berufsgruppen** und entbinden nicht von der ärztlichen Sorgfaltspflicht sowie von einer ausführlichen Patientenaufklärung über therapeutische Optionen und deren Wirkungen bzw. Nebenwirkungen. Die entsprechenden Angaben werden von den Autoren mit der größten Sorgfalt recherchiert und zusammengestellt. Die angegebenen Dosierungen sind im Einzelfall anhand der Fachinformationen zu überprüfen. Weder die Autoren, noch die tragenden Gesellschaften noch der Verlag übernehmen irgendwelche Haftungsansprüche.

Bitte beachten Sie auch diese Seiten:

[Impressum](#)

[Disclaimers & Copyright](#)

[Datenschutzerklärung](#)