

Lernziele:

Nach Lektüre des Artikels kennen Sie...

- die geschichtliche Entwicklung der ESWT und deren Einzug in die Orthopädie, Traumatologie und Handchirurgie
- die Möglichkeiten der Behandlung bei Erkrankungen der Hand mittels ESWT
- den Wirkmechanismus der ESWT
- das Potential der ESWT als regeneratives Verfahren



Alexander Schuh, Philipp Koehl

ESWT bei Erkrankungen der Hand

Zusammenfassung:

Bei der extrakorporalen Stoßwellentherapie (ESWT) handelt es sich um eine akustische Welle mit einer extrem hohen Amplitude in einer kurzen Anstiegszeit, gefolgt von einer längeren negativen Kavitationswelle. Es wird zwischen der radialen und der fokussierten ESWT unterschieden. Der mechanische Impuls durch die ESWT führt zu einer Mechanotransduktion, der zellulären Übersetzung eines mechanischen Reizes in eine biologische Antwort. Gezielt werden Signalwege in behandelten Zellen induziert, die schlussendlich in den regenerativen Effekten der Stoßwellentherapie münden. Die ESWT hat eine entzündungshemmende und antimikrobielle Wirkung und bewirkt eine Unterdrückung der Nozizeption. Indikationen für die ESWT bei Erkrankungen der Hand stellen das Karpaltunnelsyndrom, der M. Dupuytren, die Tendovaginitis de Quervain, der schnellende Finger, die Rhizarthrose, Knochenheilungsstörungen, M. Kienböck, die Handspastik, Wunden und Narben dar.

Schlüsselwörter:

ESWT, Mechanotransduktion, Karpaltunnelsyndrom, M. Dupuytren, Pseudarthrose

Zitierweise:

Schuh A, Koehl P: ESWT bei Erkrankungen der Hand
 OUP 2026; 15: 87–96
 DOI 10.53180/oup.2026.0087-0096

Grundlagen der ESWT

Bei der extrakorporalen Stoßwellentherapie (ESWT) handelt es sich um eine akustische Welle mit einer extrem hohen Amplitude in einer kurzen Anstiegszeit, gefolgt von einer längeren negativen Kavitationswelle [2, 10, 12, 31, 50, 53–55]. Der weit verbreitete Begriff „Stoßwelle“ ist physikalisch gesehen nicht ganz richtig. Lediglich bei der fokussierten Anwendung handelt es sich wirklich um

Stoßwellen. In der Anwendung sog. radialer Wellen entstehen dagegen Druckwellen. Diese beiden Wellenarten unterscheiden sich hinsichtlich ihrer Entstehung und Charakteristik, die therapeutische Wirksamkeit differiert ebenso [53–55].

Die Erzeugung von Stoßwellen kann elektrohydraulisch, piezoelektrisch oder elektromagnetisch erfolgen. Als Ergebnis entsteht ein Druckimpuls, der in den Körper geleitet

wird. Diese Weiterleitung wird, ähnlich wie beim Ultraschall, durch ein Kopplungsmedium erreicht. Durch Reflektoren unterschiedlicher Form und Größe erfolgt eine Fokussierung der größten Energie der Wellen auf das pathologische Gewebe [2, 10, 12, 31, 50, 53–55]. 1980 fand die erste klinische Stoßwellentherapiessitzung im Klinikum Großhadern statt.

Ein Patient mit einem schmerzhaften Nierenstein wurde in einem

A. Schuh: Klinik für Orthopädie und Unfallchirurgie, Sektion für Muskuloskeletale Forschung, Klinikum Fichtelgebirge, Marktredwitz & Süddeutsches Zentrum für Stoßwellentherapie, Weiden in der Oberpfalz

P. Koehl: Klinik für Orthopädie und Unfallchirurgie, Klinikum Fichtelgebirge, Marktredwitz

ESWT for hand disorders

Summary: Extracorporeal shock wave therapy (ESWT) involves an acoustic wave with an extremely high amplitude in a short rise time, followed by a longer negative cavitation wave. A distinction is made between radial and focused ESWT. The mechanical impulse generated by ESWT leads to mechanotransduction, the cellular translation of a mechanical stimulus into a biological response. Signal pathways are specifically induced in treated cells, ultimately resulting in the regenerative effects of shock wave therapy. ESWT has an anti-inflammatory and antimicrobial effect and suppresses nociception. Indications for ESWT in hand disorders include carpal tunnel syndrome, Dupuytren's contracture, De Quervain's tenosynovitis, trigger finger, rhizarthrosis, bone healing disorders, Kienböck's disease, hand spasticity, wounds, and scars.

Keywords: ESWT, mechanotransduction, carpal tunnel syndrome, Dupuytren's contracture, pseudarthrosis

Citation: Schuh A, Koehl P: ESWT for hand disorders
OUP 2026; 15: 87–96 DOI 10.53180/oup.2026.0087–0096

Wasserbad in Narkose gebadet. Die Stoßwelle wurde hochenergetisch außerhalb des Körpers (daher extrakorporal) generiert und gezielt auf das Nierensteinlager unter Röntgenkontrolle gelenkt, um den Stein zu zerkleinern. Damit hielt die ESWT zunächst in den urologischen Abteilungen in Deutschland Einzug [31, 53–55]. Durch den zufälligen radiologischen Nachweis von ossären Umbeziehungsweise Anbauten im Sinne einer Hypertrophie des Beckenkammes an der Stelle, die die Stoßwelle bei der Behandlung von Harnleiter- oder Blasensteinen durchlaufen hatte, wurde eine stimulierende Wirkung auf den Knochenstoffwechsel erkannt. Dies ebnete den Weg für den Einsatz der ESWT im muskuloskeletalen Bereich (Traumatologie und Orthopädie) [2, 31, 53–55]. Die ESWT wird seit den 90er Jahren bei den Indikationen Tendinosis calcarea der Schulter, Tennisellenbogen, Plantarfasziitis, Pseudarthrosen und der therapierefraktären Achillodynie von den privaten Krankenkassen übernommen, während im GKV-Bereich die ESWT nur bei der therapierefraktären Plantarfasziitis als Kassenleistung anerkannt wird.

In den letzten 20 Jahren hat sich das Verständnis um die Wirkung der ESWT enorm weiterentwickelt, einhergehend mit weiteren Indikationen. Die DIGEST e.V. (Deutschsprachige internationale Gesellschaft für Extrakorporale Stoßwellentherapie) hat in ihrer Leitlinie umfassend die Indikatio-

nen der ESWT dargestellt, aufgeschlüsselt nach Standardindikationen (Tab. 1) [50], allgemein anerkannten Indikationen (Tab. 2) [50] und Expertenindikationen bzw. Ausnahmehandlungen (Tab. 3) [50]. Der Vollständigkeit halber sei auf weitere -aktuelle Entwicklungen hingewiesen, die die ESWT bei Pathologien des Rückenmarkes und des Gehirns betreffen.

Wirkmechanismus der ESWT

Der mechanische Impuls durch die ESWT führt zu einer Mechanotransduktion, der zellulären Übersetzung eines mechanischen Reizes in eine biologische Antwort. Gezielt werden Signalwege in behandelten Zellen induziert, die schlussendlich in den regenerativen Effekten der Stoßwellentherapie münden [10, 12, 31, 50, 53–55]. Regenerationsmechanismen, die als biologische Antwort auf ESWT ausgeübt werden, umfassen die Initiierung der Gefäßneubildung, die Rekrutierung von mesenchymalen Stammzellen, sowie die Stimulation der Zellproliferation und -differenzierung; außerdem sind entzündungshemmende und antimikrobielle Wirkungen und die Unterdrückung der Nozizeption bekannt [10, 12, 31, 50, 53–55]. Bei der Angiogenese sprossen neue Kapillaren aus existierenden Gefäßen aus. Dieser Prozess wird durch angiogenetische Faktoren initiiert. Der bekannteste angiogenetische Faktor ist der Vascular Endothelial Growth Faktor (VEGF). Dieser ist in 4

unterschiedlichen Isoformen vorhanden: VEGF-A, VEGF-B, VEGF-C und VEGF-D. Diese Proteine können ihre spezifischen Rezeptoren (VEGF receptor (VEGFR)1–3) aktivieren und somit ihre biologische Wirkung entfalten. VEGFR3 ist hauptsächlich auf lymphatischen Endothelzellen vorhanden und wird durch VEGF-C und VEGF-D aktiviert. VEGFR2 bindet die wichtigste Isoform von VEGF, nämlich VEGF-A und führt zur Proliferation, Migration und Überleben von Endothelzellen. ESWT führt zur Freisetzung von VEGF aus der extrazellulären Matrix und zur Stimulation von VEGFR2 [2, 10, 12, 31, 50, 53–55].

In einer Dosis-Wirkungs-Studie wurden von Zang et al. [68] unterschiedliche Energieflussdichten von 0,04–0,16mJ/mm² mit 250 Impulsen auf endotheliale Vorläuferzellen gebracht. Die besten Effekte wurden in dieser Untersuchung bei Energieflussdichten von 0,1–0,13mJ/mm² und 250 Impulsen hinsichtlich der Proteinexpression erzielt. In Bezug auf Zellen wurde gezeigt, dass ESWT die Lebensfähigkeit und Proliferation verschiedener Zelltypen positiv beeinflusst, einschließlich mesenchymaler Stammzellen aus Fettgewebe und Knochenmark, primären Sehnenzellen und endothelialen Vorläufern. ESWT führt zu einer sofortigen Freisetzung von Adenosintriphosphat (ATP) [68].

In früheren Studien wurden die Eigenschaften und die Funktionalität von Zellen nach ESWT analysiert. Da-

bei wurden eine erhöhte ATP-Freisetzung durch ASC („adipose-derived stromal/stem cells“) nach ESWT sowie eine erhöhte Anzahl von Zellen, die mesenchymale und endotheliale/perizyotische Marker exprimieren, nachgewiesen. Auch konnte gezeigt werden, dass die wiederholte ESWT-Einwirkung auf ASC zur Erhaltung und signifikanten Erhöhung von mesenchymalen Markern führte und die behandelten Zellen ein erhöhtes Potenzial für die osteogene und adipogene Differenzierung sowie für die Differenzierung zu Schwann-Zell ähnlichen Zellen haben [31].

Im Gegensatz zur Angiogenese bezeichnet die Vasculogenese die Entstehung neuer Blutgefäße aus Vorläuferzellen. ESWT führt zur Ausschüttung von stromal cell-derived factor 1 (SDF-1). Dies stellt den wichtigsten „Lockstoff“ für endotheliale Vorläuferzellen aus dem Knochenmark dar. Über seinen Rezeptor CXCR4 lockt er die Vorläuferzellen aus der Blutstrombahn zum behandelten Areal. Die neu eingewanderten Vorläuferzellen differenzieren zu Blutgefäßen und leisten somit einen wichtigen Teil bei der Regeneration des Gewebes. Die Konzentration von SDF-1 in behandeltem Gewebe ist nach ESWT erhöht [50, 53, 54].

Stoßwellen lösen eine Gewebeparaturreaktion aus, sodass sie Zeit benötigen, um ihre klinische Wirkung zu entfalten. Es wurde berichtet, dass eine klinische Verbesserung durch die Stoßwellentherapie innerhalb von 3–12 Wochen nach der Behandlung eintritt und die Vorteile im Vergleich zu einem Placebo bis zu 2 Jahre anhalten. Die besten Ergebnisse mit der Stoßwellentherapie scheinen bei Patientinnen und Patienten unter 60 Jahren und mit einer Symptombdauer von weniger als 12 Monaten erzielt zu werden [10].

Im Folgenden werden die Möglichkeiten und Indikationen der ESWT bei Erkrankungen der Hand dargestellt:

Karpaltunnelsyndrom (Abb. 1)

Eine der ersten Berichte zur ESWT bei Karpaltunnelsyndrom ist auf das Jahr 2011 datiert, wo 40 Patientinnen und Patienten mit chronischem Schmerz > 6 Monate nach bereits erfolgter chi-

urgischer Karpaldachspaltung eingeschlossen und mit ESWT behandelt wurden [49]. Dabei konnte das Schmerzniveau 120 Tage nach der Behandlung von $6,2 \pm 1,0$ auf $0,4 \pm 0,6$ reduziert werden. Gleichzeitig verbesserten sich die Rötung der chirurgischen Narbe am Handgelenk sowie die Schwellung signifikant [33, 49]. Der Wirkmechanismus der ESWT beim Karpaltunnelsyndrom ist noch nicht vollständig geklärt; zu den vorgeschlagenen Theorien zählen die entzündungshemmende Wirkung und die neuronale Regeneration als mögliche Wirkmechanismen. Die entzündungshemmende Wirkung ähnelt derjenigen, die bei anderen mit ESWT behandelten Erkrankungen des Bewegungsapparats beobachtet wird. Diese Wirkung auf die Strukturen innerhalb des Karpaltunnels kann den perineuralen Druck modulieren und zur Beseitigung der Symptome beim Karpaltunnelsyndrom beitragen. Der zweite vorgeschlagene Mechanismus ist die Induktion der peripheren Nervenregeneration durch Beschleunigung der Eliminierung des verletzten Axons, Erhöhung der Schwann-Zell-Proliferation und Steigerung der axonalen Regeneration. Diese Mechanismen können sich auf die Verbesserung der klinischen Symptome und elektrophysiologischen Parameter auswirken [69, 71]. Rattenmodelle deuten darauf hin, dass die ESWT die Nervenregeneration und Schmerzen verbessern kann [14, 19]. Xu et al. [620] berichteten über die Ergebnisse einer randomisierten Studie im Vergleich der Wirkung von ESWT zu Steroidinjektionen bei leichtem und mittelschwerem Karpaltunnelsyndrom. Bei der Nachuntersuchung nach 3 Monaten wurde eine statistisch signifikant größere Wirkung auf die Verringerung der Symptome und die Verbesserung der Funktion in der ESWT-Gruppe als in der Steroidinjektionsgruppe festgestellt. Bei der Nervenleitungsuntersuchung zeigte sich eine signifikante Verbesserung der distalen Latenz des sensorischen Nervenaktionspotentials des Nervus medianus bei der Nachuntersuchung nach 3 Monaten in der ESWT-Gruppe. Die Autoren kommen zu dem Schluss, dass die ESWT eine nützliche nicht-invasive Behandlung für das leichte bis mittelschwere Karpaltunnelsyndrom



Abb. 1–4: A. Schuh

Abbildung 1 Karpaltunnelsyndrom

ist und eine bessere Genesung bewirkt als die lokale Steroidinjektion [62].

Kim et al. präsentierten die Ergebnisse einer Metaanalyse randomisierter kontrollierter Studien zur Wirkung der ESWT beim Karpaltunnelsyndrom. Die Autoren fanden 6 Studien, die die Anforderungen für die Analyse erfüllten und insgesamt 261 Patientinnen und Patienten umfassten. Auf der Grundlage der Ergebnisse dieser Analyse stellten sie fest, dass die ESWT-Behandlung die Symptome, funktionelle Ergebnisse und elektrophysiologischen Parameter bei Patientinnen und Patienten mit Karpaltunnelsyndrom verbessert, jedoch gab es keinen offensichtlichen Unterschied zwischen der Wirksamkeit der ESWT und der lokalen Kortikosteroidinjektion. In allen eingeschlossenen Studien wurden keine schwerwiegenden Nebenwirkungen berichtet [29].

Im Gegensatz dazu zeigten die Ergebnisse einer aktuellen Metaanalyse von Chen et al. [5], die 7 randomisierte kontrollierte Studien mit insgesamt 376 Teilnehmerinnen und Teilnehmern umfasste, dass bei der Nachuntersuchung nach 3 Monaten die ESWT keine überlegene Wirksamkeit im Vergleich zur Behandlung mit einer Nachtlagerungsschiene allein zeigte. Die Autoren kommen zu dem Schluss, dass die therapeutische Wirkung der ESWT vorübergehend und meist nicht signifikant ist [5]. Die hoch dosierte ra-

Tendinopathien	Knochenpathologien	Pathologien der Haut	Neurologie
<ul style="list-style-type: none"> Plantare Fasciitis mit oder ohne Fersensporn 	<ul style="list-style-type: none"> Verzögerte und nicht heilende Knochenbrüche (Pseudoarthrosen) 	<ul style="list-style-type: none"> Wundheilungsstörungen unterschiedlicher Genese 	<ul style="list-style-type: none"> Spastik
<ul style="list-style-type: none"> Achillodynien 	<ul style="list-style-type: none"> Ermüdungsbrüche, Stressfrakturen 	<ul style="list-style-type: none"> Verbrennungen (nicht zirkumferent) 	
<ul style="list-style-type: none"> Radiale Epicondylopathie („Tennisellbogen“) 	<ul style="list-style-type: none"> Frühe Stadien der avaskulären Knochennekrose 		
<ul style="list-style-type: none"> Tendinosis calcarea der Schulter („Kalkschulter“) 	<ul style="list-style-type: none"> Frühe Stadien der Osteochondritis dissecans (OD) nach Wachstumsabschluss 		
<ul style="list-style-type: none"> Patellaspitzensyndrom („Jumper`s knee“) 			
<ul style="list-style-type: none"> Bursitis trochanterica, Greater trochanteric pain syndrom (GTPS) 			
<ul style="list-style-type: none"> Schnellender Finger (A1-Ringbandstenose) 			

Tabelle 1 Standardindikationen [50]

diale extrakorporale Stoßwellentherapie ist signifikant besser als die niedrigdosierte radiale extrakorporale Stoßwellentherapie mit kleinen bis moderaten Effektstärken bei der Wiederherstellung der Funktion und den Parametern der Nervenleitungsstudien bei Patientinnen und Patienten mit Karpaltunnelsyndrom [4].

Mehrere aktuelle Arbeiten weisen darauf hin, dass sowohl die fokussierte, als auch radiale ESWT zu Symptomlinderung, Funktionsverbesserung und elektrophysiologischer Parameterverbesserung bei Patientinnen und Patienten mit leichtem bis mittelschwerem Karpaltunnelsyndrom zu jedem Zeitpunkt der Nachuntersuchung führt [2, 15, 41, 42, 67].

Tendovaginitis de Quervain (Abb. 2)

Die ESWT ist eine nicht invasive, sichere und wirksame Behandlungsmethode bei der Behandlung der Tendovaginitis de Quervain [1, 7, 28, 46].

Haghighat et al. [18] untersuchten 26 Patientinnen und Patienten prospektiv randomisiert mit einer Tendovaginitis de Quervain, die entweder mit radialer ESWT (1000 Impulse, 2 bar, 15 Hz) bzw. einer Scheinbehandlung behandelt wurden. Nach der Behandlung sanken der DASH-Score und

die VAS-Werte, während die Handgriffstärke in den Gruppen signifikant zunahm. Die DASH- und VAS-Werte waren in der Interventionsgruppe nach der Behandlung signifikant niedriger als in der Scheingruppe ($p < 0,05$). Die Autoren kommen zu dem Schluss, dass die ESWT eine sichere und einfache Methode zur Schmerzlinderung und Verbesserung der Funktionen der oberen Extremitäten sowie der Handgriffstärke bei Patientinnen und Patienten mit Tendovaginitis de Quervain darstellt.

Durch eine ESWT bei Tendovaginitis de Quervain kann eine signifi-

kante und kontinuierliche Verbesserung der Schmerzen und Druckempfindlichkeit der behandelten Patientinnen und Patienten unmittelbar nach der letzten Sitzung erzielt werden, die bis zu 6 Monate nach der Behandlung anhält. Sowohl die Parameter VAS-Score, die Ritchie-Druckempfindlichkeitsskala, der DASH-Score als auch der allgemeine Gesundheitszustand, gemessen anhand des SF-36, verbessern sich signifikant [1, 46].

Schnellender Finger (Abb. 3)

In einer randomisiert-kontrollierten Studie verglichen Yildirim et al. [65]



Abbildung 2 Tendovaginitis de Quervain



Abbildung 3 Schnellender Finger

Tendinopathien	Pathologie der Muskulatur	Knochenpathologien	Neurologie	Weichteilgewebe
• Tendinopathien der Rotatorenmanschette ohne Verkalkungen	• Myofaszielles Syndrom	• Knochenmarködem unterschiedlicher Genese	• Mildes bis moderates Karpaltunnelsyndrom	• Lymphödem
• Ulnare Epicondylopathien („Golferarm“)	• Muskelverletzung ohne Kontinuitätsunterbrechung	• Morbus Osgood Schlatter		
• Adduktoren Syndrom		• Frühe Stadien der Osteochondrosis dissecans (OD) vor Wachstumsabschluss		
• Pes anserinus Syndrom		• Schienbeinkantensyndrom		
• Peronealsehnen Syndrom		• Kniearthrose		
• Schienbeinkantensyndrom				
• Tendinopathie der Tibialis anterior Sehne				
• Tendinopathie der Tibialis posterior Sehne				
• Tendinopathie der Flexor hallucis longus Sehne				

Table 2 Allgemein anerkannte Indikationen [50]

bei A1-Ringbandstenosen der Hand die radiale ESWT (2,1 bar, 1000 Impulse, n = 40) mit der peritendinösen Kortikosteroid-Injektion. Zu den Nachuntersuchungszeitpunkten nach 1, 3 und 6 Monaten zeigten beide Gruppen signifikante Verbesserungen des Schmerzes und des Quick-DASH als Funktions-Score – ohne, dass sich die Gruppen in der Effektivität unterschieden.

In einer doppelblinden randomisierten Studie wurden 60 Patientinnen und Patienten mit schnellendem Finger Grad II nach der Quinnell-Klassifikation zufällig und gleichmäßig auf 3 Behandlungsgruppen verteilt. Die 3 Behandlungsgruppen umfassten eine Gruppe mit hochenergetischer ESWT (HS) (Energieflussdichte von 0,01 mJ/mm², 5,8 bar, 1500 Impulse, einmal pro Woche über 4 Wochen), eine Gruppe mit niederenergetischer ESWT (LS)-Gruppe (Energieflussdichte von 0,006 mJ/mm², 3 bar, 1500 Impulse, einmal pro Woche über 4 Wochen) und eine

Scheininterventionsgruppe (Schein-Gruppe). Alle Teilnehmerinnen und Teilnehmer wurden nach der Intervention 6 Monate lang nachbeobachtet, wobei nur Schmerzmittel als Begleitbehandlung erlaubt waren. Die HS-Gruppe zeigte ein höheres Ausmaß an Verbesserung als die LS- und die Scheingruppe. Darüber hinaus berichtete die HS-Gruppe 6 Monate nach den Interventionen über signifikant geringere Schmerzen (p = 0,01) und niedrigere DASH-Werte (p = 0,008) als die Scheingruppe. In den HS- und LS-Gruppen wurden innerhalb von 6 Monaten nach der Nachuntersuchung keine Nebenwirkungen berichtet [6].

Durch die ESWT können im kurz- und mittelfristigen Verlauf sowohl die Schmerzen als auch das Schnappen vollständig, zumindest deutlich reduziert (94%) werden [70]. In der Arbeit von Zyluk et al. [70] waren nach 3 Monaten 30/32 Patientinnen und Patienten vollkommen symptomfrei, 2 zeigten keine Verbesserung und wur-

den als Versagen der Behandlung gewertet. In einer weiteren Arbeit hielten diese Effekte bis zur 18. Woche nach der Behandlung an [60].

Malliaropoulos et al. [39] veröffentlichte 2016 eine Kohortenstudie mit 44 Patientinnen und Patienten mit A1-Ringbandstenose zum Einfluss der radialen ESWT (2000 Impulse, 5–6 Hz, 1–3 bar je nach Schmerz). Dabei war die durchschnittliche Behandlungssequenz $6 \pm 1,3$ radialen ESWT-Behandlungen mit im Mittel $1,4 \pm 0,3$ bar Behandlungsdruck und $5 \pm 0,4$ Hz bei 2000 Impulsen. Er konnte auch eine Beziehung herstellen zwischen der Beschwerdedauer bei A1-Ringbandstenose und der Anzahl der notwendigen radialen ESWT-Sitzungen: Je länger die Beschwerdedauer bei A1-Ringbandstenose vorab vorhanden war (< 3 Monate, 3–6 Monate, 6–12 Monate, > 12 Monate), desto mehr radiale ESWT-Sitzungen waren nötig (von 4,8 Sitzungen bei < 3 Monaten bis 7,5 Sitzungen bei > 12 Monaten Beschwerdedauer) [33, 39].



Abbildung 4 Rhizarthrose

Morbus Kienböck

Die ESWT wird angewendet bei der Osteochondrosis dissecans, der Osteonekrose, und dem Knochenmarködem [2, 12, 20, 33, 38, 50, 56]. Während es für die ESWT bei der Hüftkopfnekrose eine Vielzahl an Veröffentlichungen gibt, existiert bislang nur eine Arbeit für die ESWT bei Morbus Kienböck [9]. D'Agostino et al. untersuchten 22 Patientinnen und Patienten mit Morbus Kienböck in verschiedenen Stadien, die mit hochenergetischen Stoßwellen behandelt wurden. Es konnte ein positiver Effekt auf Schmerzen und Funktionsbeeinträchtigungen des Handgelenks nachgewiesen und eine chirurgische Behandlung verzögert werden [9].

Morbus Dupuytren

Die lokale Fibromatose der Handfläche als Morbus Dupuytren und die dorsal über dem PIP-Gelenken gelegenen Knuckle Pads als Fingerknöchelpolster sind durch die fokussierte ESWT in bestimmten Stadien behandelbar. Ein Morbus Dupuytren beginnt häufig im Knotenstadium Tubiana N (nodulär), und sollte auch hinsichtlich der Therapieoptionen vom strangförmigen Dupuytren mit Gelenkkontraktur (entsprechend Tubiana Grad 1–4) differenziert werden. Beim frühen Knotenstadium Tubiana N, wenn Schmerzen vorliegen, kann die dreimalige fokussierte hoch-

energetische Stoßwellentherapie diese Schmerzen um bis zu 60% nach 6 Monaten reduzieren [33].

Die Fallserie von Taheri et al. [59] zeigte eine statistisch signifikante ($p < 0,05$) Verbesserung des Kontrakturwinkels bis zu 14 Wochen nach der Intervention. Notarnicola et al. [47] zeigten eine statistisch signifikante Zunahme der Gesamtstreckung am Ende der Behandlung und einen Monat nach Abschluss der Behandlung.

Aykut et al. [3] berichteten, dass der Tisch-Test bei 16 von 23 Teilnehmerinnen und Teilnehmern negativ ausfiel. Sowohl die VAS-Werte, als auch die DASH-Score-Werte zeigten eine signifikante Verbesserung gegenüber den präoperativen Werten ($p < 0,05$).

In einer prospektiven, randomisierten, verblindeten, placebokontrollierten Single-Center-Studie analysierten Knobloch et al. 52 Patientinnen und Patienten (Durchschnittsalter $58,2 \pm 9,2$) mit schmerzhafter knotiger Dupuytren-Krankheit Tubiana N [30]. Die Randomisierung erfolgte entweder (Gruppe A) mit 3 Behandlungen mit fokussierter elektromagnetischer hochenergetischer ESWT (2000 Impulse, 3 Hz, $0,35 \text{ mmJ/mm}^2/\text{Hand}$, Storz Duolith SD1, $n = 27$) oder (Gruppe B) mit Placebo-ESWT (2000 Impulse, 3 Hz, $0,01 \text{ mJ/mm}^2/\text{Hand}$, $n = 25$) in wöchentlichen Abständen. Der primäre Endpunkt war der Schmerzgrad auf einer visuellen Analogskala (VAS 0–10) nach 3/6/12/18 Monaten, sekundäre Endpunkte waren patientenbezogene Scores (DASH-Score, MHQ-Score, URAM-Skala), Griffstärke, Patientenzufriedenheit und das Fortschreiten der Dupuytren-Krankheit über einen Nachbeobachtungszeitraum von 18 Monaten. Die fokussierte ESWT verbesserte die Ergebnisse signifikant. Die Schmerzen wurden von $3,6 \pm 1,8$ auf $1,9 \pm 1,2$ nach 3 Monaten, auf $1,4 \pm 0,7$ nach 6 Monaten, auf $1,7 \pm 1,6$ nach 12 Monaten und auf $1,9 \pm 0,8$ nach 18 Monaten in der Interventionsgruppe reduziert (47% Reduktion, $p < 0,05$).

In der Placebogruppe stieg der Schmerz auf der VAS von $2,2 \pm 1,4$ auf $3,4 \pm 1,7$ nach 3 Monaten, auf $3,4 \pm 1,8$ nach 6 Monaten, auf $3,4 \pm 1,4$ nach 12 Monaten und auf $3,1 \pm 1,1$ nach 18 Monaten (35% An-

stieg, $p < 0,05$). Die Lebensqualität verbesserte sich tendenziell in der Interventionsgruppe (MHQ, 77 ± 19 auf 83 ± 12 ; DASH, 12 ± 18 auf 10 ± 9), während er sich in der Placebogruppe mit fortschreitender Dupuytren-Krankheit verschlechterte (MHQ, 79 ± 15 auf 73 ± 17 ; DASH, 6 ± 10 bis 14 ± 13). Die Zufriedenheit der Patientinnen und Patienten war in der Interventionsgruppe hinsichtlich der Symptomverbesserung (56% gegenüber 12%) und der Verlangsamung des Krankheitsverlaufs (59% gegenüber 24%) höher [30].

Pseudarthrose

Posttraumatische Knochenheilungsstörungen stellen eine relevante Komplikation von Frakturen dar. Die operative Revision hat sich als Standardtherapie etabliert. Als alternatives, nicht operatives Behandlungsverfahren kann die ESWT die Möglichkeit bieten, die potenziellen Komplikationen eines operativen Vorgehens zu vermeiden [21, 32].

Liedl et al. [37] untersuchten 60 Fälle von Knochenheilungsstörungen (verzögerte Heilung: VH, oder Pseudarthrose: PA) an Unterarm und Hand retrospektiv nach Anwendung einer hochenergetischen, fokussierten ESWT hinsichtlich Ausheilungsrate und Konsolidierungszeit. Bei 70% der Fälle kam es im Median nach 2,4 (VH) bzw. 2,8 Monaten (PA) zur Ausheilung. Die Zeit zwischen Trauma/OP und ESWT betrug für VH 4,2 Monate bei Geheilten bzw. 3,7 Monate bei Nichtgeheilten ohne signifikanten Unterschied, bei PA 27 Monate bei Geheilten wie Nichtgeheilten. Auch Alter und Rauchverhalten zeigten keinen Einfluss. Die Ausheilungsrate war am höchsten an Mittelhandknochen/Finger/Daumen (91%), gefolgt von Unterarmschaft (88%), Epi-/Metaphyse des Unterarms (67%) und zuletzt Handwurzelknochen (59%).

Nach konservativer Vorbehandlung heilten 55%, bei > 2 Voroperationen 67%, ohne Vorbehandlung 73% und nach einer Voroperation 75%. Die weitere Analyse hinsichtlich der operativen Vorversorgung ergab nach alleiniger ORIF 85%, ohne Voroperation 64% und nach ORIF mit Knochenanfrischung/-transplantation 57% Heilungsrate. Bei intraoperativer

ESWT kombiniert mit Knochendebridement/transplantation + ORIF heilten 67 %, kombiniert mit einer alleinigen ORIF 86 %. Bei alleiniger ESWT oder mit nur minimalen Maßnahmen (Materialentfernung) konsolidierten 70 % [37].

Die elektromagnetische extrakorporale Magnetotransduktionstherapie (EMTT) zeigt, ergänzend zur ESWT durchgeführt, additive Effekte der Knochenstimulation bei metakarpaler Pseudarthrose [32]. Kahnbeinpseudarthrosen stellen eine gut belegte Indikation zur ESWT insbesondere für hochenergetische fokussierte ESWT dar [33].

Durch eine ESWT bei verzögerter Heilung von Kahnbeinfrakturen und Pseudarthrosen kommt es bei 71 % der Patientinnen und Patienten zu einer Konsolidierung [13]. In der Arbeit von Fallnhauser et al. [31] betrug der Zeitraum zwischen der ESWT und der dokumentierten Heilung im Mittel 8,4 Monate (256 Tage). Hinsichtlich verschiedener Einflussfaktoren wie Frakturlage, skapholunärer Winkel, Alkohol- und Tabakkonsum sowie biomechanischen Faktoren wie Alter und BMI konnte kein signifikanter Unterschied zwischen den mittels ESWT erfolgreich bzw. erfolglos behandelten Patientinnen und Patienten festgestellt werden.

Die einmalige intraoperative ESWT verbessert die Heilungsrate der Skaphoidrekonstruktion mit einem nicht-vaskulären Knochentransplantat und beschleunigt die Knochenheilung während der ersten 12 Wochen postoperativ [45].

Rhizarthrose (Abb. 4)

Loppolo et al. [23] führten eine randomisiert-kontrollierte Studie bei 58 Patientinnen und Patienten mit Rhizarthrose durch, die entweder wöchentlich eine fokussierte ESWT ($3 \times 0,09$ mJ/mm², 4 Hz, 2400 Impulse) oder eine dreimalige intraartikulären Hyaluronsäure-Injektion in wöchentlichen Abständen erhielten. Die wichtigsten Ergebnisparameter waren Schmerzen und Handfunktion, gemessen anhand der visuellen Analogskala (VAS) bzw. des Duruoz Hand Index (DHI). Sekundäre Ergebnisparameter waren Greifkraft und Kneifkraft. Die Untersuchung wurde zu Beginn der Studie,

Expertenindikationen und Ausnahmeindikationen

- Frühe Stadien der Arthrose
- Polyneuropathie unterschiedlicher Genese
- Frühstadien der Dupuytren'sche Kontraktur
- Morbus Ledderhose
- Tendovaginitis stenosans de Quervain
- Facettengelenksyndrom
- Morton Neurom
- Schmerzhaftes Lipödem
- Herzmuskelschwäche

Tabelle 3 Expertenindikationen und Ausnahmeindikationen [50]

am Ende der Behandlung sowie bei den Nachuntersuchungen nach 3 und 6 Monaten durchgeführt. Gemäß den VAS- und DHI-Werten wurde im Laufe der Zeit in beiden Gruppen eine signifikante Verbesserung beobachtet ($p < 0,001$), wobei in der ESWT-Gruppe bei der Nachuntersuchung nach 6 Monaten eine größere durchschnittliche Verbesserung der schmerzhaften Symptomatik zu verzeichnen war. In beiden Gruppen wurde eine signifikante Verbesserung der Kraft beobachtet, aber die ESWT-Gruppe zeigte unmittelbar nach Behandlungsende bessere Ergebnisse beim Kneiftest. Die Anwendung der ESWT bei Patientinnen und Patienten mit Rhizarthrose führte somit zu einer Verringerung der Schmerzen und einer Verbesserung der Handfunktion, die mindestens 6 Monate anhält.

Im Vergleich zur Übungsbehandlung bei Rhizarthrose kann durch eine ESWT eine hochsignifikante Verringerung von VAS und DASH erreicht werden ($p < 0,001$) [8].

Spastik

Die Handspastik nach einem Schlaganfall erschwert die Aktivitäten des täglichen Lebens erheblich und schränkt die Wirksamkeit der Rehabilitation ein [17]. Die muskuläre Anwendung der ESWT ist u.a. mit einer Detonisierung der betroffenen Muskulatur verbunden. 2005 veröffentlichten der Handchirurg Paolo Man-

ganotti und der Neurologe Ernesto Emilio aus Verona eine Pilotstudie an 20 Patientinnen und Patienten mit Spasmen der oberen Extremitäten nach Schlaganfall [33, 40].

Savevska et al. [51] konnten kürzlich zeigen, dass durch eine radiale ESWT die Spastik der Hand und Finger in der 2., 6. und 14. Woche nach Beginn der Rehabilitation signifikant verringert werden kann ($p < 0,05$). Insgesamt wurden 6 Behandlungen im Abstand von 2–3 Tagen über den spastischen Muskeln durchgeführt: 1.500 Impulse auf den M. flexor carpi radialis und M. flexor carpi ulnaris und 3.500 Impulse auf die Muskeln der Handinnenseite mit einer Energie von 2 Bar und einer Frequenz von 10 Hz. Es kam zu einer signifikanten Verringerung der Beeinträchtigungen bei der Körperpflege, beim Anziehen, bei der Handhaltung und der Schmerzen der Handspastik nach einem Schlaganfall bei ($p < 0,05$).

Durch die radiale ESWT kommt es zu einer Verringerung der Spastik der Flexoren der Hand und des Handgelenks und einer damit einhergehenden Verbesserung der Handfunktion und der Handgelenkskontrolle bei Patientinnen und Patienten mit chronischem Schlaganfall. Darüber hinaus führen wiederholte ESWT-Sitzungen zu einer länger anhaltenden und deutlicheren Wirkung, diese sind für die Verbesserung der funktionellen Motorik erforderlich. Drei Sit-

zungen mit radialer ESWT haben eine länger anhaltende Wirkung als eine Sitzung [36].

Die radiale ESWT ist im Vergleich zur TENS-Behandlung bei der Behandlung chronischer spastischer Paresen der oberen Extremität nach einem Schlaganfall überlegen [57]. Jia et al. konnten in ihrer Metaanalyse darstellen, dass durch die ESWT langfristige Effekte bei der Linderung der Spastik, bei gleichzeitiger Schmerzreduktion, Verbesserung der Beweglichkeit und der motorischen Funktion bei Schlaganfallpatienten und -patientinnen erzielt werden [25].

Akute und chronische Wunden

Die ESWT findet Anwendung bei akuten und chronischen Wunden [34, 54, 55], Verbrennungswunden, Ulcera (z.B. diabetisch [54, 55], venös [54, 55] oder bedingt durch Sklerodermie [24, 54, 55]).

Als chronische Wunden werden persistierende oder (in kurzem Abstand) wiederkehrende Wunden mit Substanzdefekt definiert, die nicht durch die konventionelle Wundtherapie zur Ausheilung gebracht werden können [54]. Die lange Persistenz bzw. das rezidivierende Auftreten der Wunde ist meist durch die regelhaft vorhandene Kolonisation, respektive Infektion gekennzeichnet, die zum großen Teil an die Komorbiditäten dieser Patientinnen und Patienten gekoppelt ist [54]. Dazu gehören Stoffwechselerkrankungen wie z.B. Diabetes mellitus. Des Weiteren begünstigen chronisch venöse Insuffizienz, periphere arterielle Verschlusskrankheiten sowie Lymphödeme die Entstehung chronischer Wunden.

Die ESWT stellt ein sehr wichtiges Behandlungselement bei der Behandlung akuter und chronischer Wunden dar [43, 52, 54, 66].

Eine umfangreiche Meta-Analyse von Zhang et al. [66] zeigte, dass die ESWT die Heilungsrate von akuten und chronischen Weichteilwunden statistisch signifikant um das 2,73-fache erhöht und die Wundheilungsfläche um 30,45 % verbessert. Ebenso verkürzt die ESWT die Wundheilungszeit bei akuten Weichteilwunden um 3 Tage und um 19 Tage bei chronischen Weichteilwunden. Ebenso wurde das Wundinfektionsrisiko bei

chronischen Wunden um 53 % gesenkt.

Schaden et al. [52] verzeichneten in einer prospektiven Studie an 208 Patientinnen und Patienten mit komplizierten, nicht heilenden Wunden unterschiedlicher Ätiologie in 75 % eine vollständige Epithelialisierung durch ESWT (Ulkusgröße zwischen 4 und 16 cm², Energie 0,1 mJ/mm², 100 Pulse/cm², 2 bis 4 Sitzungen im wöchentlichen Intervall).

In ihrer Metaanalyse von 345 Artikeln und 471 eingeschlossenen Fällen kommen Hitchman et al. [22] zu dem Schluss, dass die Zeit bis zur Abheilung des Geschwürs bei Patientinnen und Patienten, die mit ESWT behandelt wurden, kürzer war als bei Patientinnen und Patienten, die nur mit der Standardgeschwürbehandlung behandelt wurden. Bei Patientinnen und Patienten, die mit ESWT behandelt wurden, heilten die Wunden 20 Wochen nach der ESWT mit höherer Wahrscheinlichkeit ab als bei Patientinnen und Patienten, die mit einer Standardtherapie behandelt wurden.

In einer Phase-3-Zulassungsstudie untersuchten Ishii et al. 60 Patientinnen und Patienten mit Sklerodermie mit digitalen Geschwüren, die nach mehr als 4 Wochen bestehender Behandlung nicht verschwunden waren [24]: 30 Patientinnen und Patienten wurden mit ESWT und 30 mit konventioneller Therapie behandelt. Die nach einem 8-wöchigen Behandlungszeitraum beobachtete Verringerung der Ulkuszahl wurde zwischen der Stoßwellentherapie und der konventionellen Behandlungsgruppe verglichen. Nach einem 8-wöchigen Behandlungszeitraum betrug die durchschnittliche Verringerung der Anzahl der Geschwüre 0,83 (SD 2,79) in der konventionellen Behandlungsgruppe gegenüber einer stärkeren Verringerung von 4,47 (SD 2,65) in der Stoßwellentherapiegruppe. Die Ergebnisse der Studie weisen auf die Wirksamkeit der ESWT bei refraktären digitalen Ulzera im Zusammenhang mit Sklerodermie hin. Djedovic et al. [11] konnten bei zweitgradigen Verbrennungen im Rattentiermodell eine signifikante Verbesserung der Reepithelialisierungsrate am Tag 15 nach einmaliger ESWT ($p < 0,05$) nachweisen. Der Wundscore zeigte einen signifikanten

Anstieg in der ESWT-Gruppe. Die ESWT verbessert die Hautregeneration von tiefen Verbrennungen bei Ratten.

Ottomann et al. [48] stellte 2012 dar, dass sich durch die ESWT die durchschnittliche Zeit bis zur vollständigen (≥ 95 %) Epithelialisierung signifikant verbesserte, diese betrug bei den Patientinnen und Patienten, die sich einer ESWT unterzogen, $9,6 \pm 1,7$ und bei den Patientinnen und Patienten, die sich keiner ESWT unterzogen, $12,5 \pm 2,2$ Tage ($p < 0,0005$).

Die Ergebnisse einer Meta-Analyse von Yang et al. [64] zeigten, dass die ESWT bei Verbrennungsnarben in Kombination mit einer umfassenden Rehabilitationstherapie im Vergleich zu einer alleinigen Therapie wirksamer bei der Linderung von Schmerzen ($p < 0,0001$), Juckreiz im Zusammenhang mit pathologischen Narben ($p = 0,004$), Verbesserung des Aussehens der Narben ($p < 0,00001$), der Verringerung der Narbendicke ($p = 0,04$) und der Förderung der Narbenreife ($p < 0,00001$) ist.

Die ESWT kann die Heilungszeit tiefer Hautverbrennungswunden an den Händen wirksam verkürzen; gleichzeitig kann die ESWT Wundschmerzen wirksam lindern und die Ausbreitung von Entzündungen in der akuten Phase kontrollieren [63].

Narben

Hypertrophe Narbenbildung nach Verbrennungen ist eine häufige Komplikation bei Verbrennungen an den Händen, die oft mit einer Beeinträchtigung der Handfunktion einhergeht [27]. Nach 6 Monaten kommt es durch die ESWT zu einer statistisch signifikanten Verbesserung der Elastizität ($p = 0,011$) der hypertrophen Verbrennungsnarbe, nicht jedoch zu signifikanten Auswirkungen auf Rötung und transepidermalen Wasserverlust [44].

Des Weiteren konnte gezeigt werden, dass es durch ESWT zu einer Verbesserung der Handfunktion bei Patientinnen und Patienten mit Nervenverletzungen und hypertrophen Narben infolge von Verbrennungen kommt. Es wurden signifikante Verbesserungen für Schmerzen für den VAS-Score ($p = 0,004$), der Beweglichkeit der Handgelenke ($p = 0,02$), des Handfunktionstests Jepsen-Taylor

Hand Function Test- ($p < 0,001$) und der Hautmerkmale (Melanin, Hautdehnbarkeit und Hautelastizität) ($p = 0,004$, $P < 0,001$ und $P < 0,001$) festgestellt [35].

In einer prospektiv-randomisierten, einfach verblindeten Studie an 46 Patientinnen und Patienten (Versuchsgruppe mit ESWT, $n = 23$; Scheinstimulationsgruppe ohne ESWT, $n = 23$) mit stark juckenden Verbrennungsnarben (Juckreiz mit Werten zwischen 5 und 10 auf der visuellen Analogskala) zeigten Joo et al. [26] eine signifikante Verbesserung der Juckreizwerte. Die Dauer, der Schweregrad und die Folgen des Juckreizes auf der Leuven Itch Scale nach der dritten ESWT waren in der Versuchsgruppe im Vergleich zur Scheinstimulationsgruppe signifikant geringer ($p = 0,033$, $p = 0,007$ bzw. $p = 0,009$).

Der 5-D-Juckreiz-Skala-Wert verbesserte sich nach der dritten ESWT in der experimentellen Gruppe im Vergleich zur Scheinstimulationsgruppe signifikant geringer ($p = 0,033$).

Es gibt Hinweise, dass die ESWT den verbrennungsbedingten Juckreiz bei Verbrennungsnarben im Vergleich zur Scheinstimulation verringert [58]. Zudem gibt es Hinweise, dass die ESWT im Vergleich zur Scheinstimulation bei Verbrennungsnarben Schmerzen reduziert [58]. Durch die ESWT-Behandlung hypertropher Narben bei Handverbrennungen kommt es zu einer Verbesserung des Schmerzscores ($p = 0,001$), der Narbendicke ($p = 0,018$), der Narbenvascularität ($p = 0,0015$) und der Handfunktion (simuliertes Kartenumdrehen, $p = 0,02$; Aufnehmen kleiner Gegenstände, $p = 0,004$) [58].

ESWT bei Keloiden

Keloide sind gutartige Wucherungen, die durch Narbengewebe an verletzten Stellen entstehen, zum Beispiel durch Verbrennungen, Operationen oder Infektionen. Keloide stellen eine abnor-

me Reaktion auf den Wundheilungsprozess dar und haben eine Prävalenz von bis zu 16% [55].

Die Behandlung von Keloidnarben mit ESWT führt zu einer signifikanten Abnahme von Kollagenfasern und einem Anstieg des MMP-13-Enzyms. Durch ESWT kommt es zu einer signifikanten Verringerung der Keloidhöhe [16, 61]. Als Monotherapie bei Keloiden zeigt die ESWT analoge Verbesserungen der funktionellen und ästhetischen Ergebnisse im Vergleich zur intraläsionalen Steroidtherapie. Keloide, die mit einer Kombinationstherapie aus ESWT mit intraläsionalen Steroiden behandelt wurden, zeigten bessere Ergebnisse als solche, die nur mit intraläsionalen Steroiden behandelt wurden. Durch die ESWT kommt es zu einer Verbesserung der Kosmetik, der Beschwerden und der Funktion hypertropher Narben [16].

Fazit für die Praxis

1. Bei der extrakorporalen Stoßwellentherapie (ESWT) handelt es sich um eine akustische Welle mit einer extrem hohen Amplitude in einer kurzen Anstiegszeit, gefolgt von einer längeren negativen Kavitationswelle. Die Erzeugung von Stoßwellen kann elektrohydraulisch, piezoelektrisch oder elektromagnetisch erfolgen.
2. Es wird zwischen der radialen und der fokussierten ESWT unterschieden.
3. Der mechanische Impuls durch die ESWT führt zu einer Mechano-transduktion, der zellulären Übersetzung eines mechanischen Reizes in eine biologische Antwort (Initialisierung der Gefäßneubildung, Rekrutierung von mesenchymalen Stammzellen, Stimulation der Zellproliferation und -differenzierung, entzündungshemmende Wirkung und Unterdrückung der Nozizeption) und damit zu regenerativen Effekten.

4. Umfangreich untersuchte Indikationen für die ESWT bei Erkrankungen der Hand sind das Karpaltunnelsyndrom, die Tendovaginitis de Quervain, der schnellende Finger, die Rhizarthrose, die Knochenheilungsstörungen, die Handspastik, Wunden und Narben.
5. Wenngleich nur eine Studie zur Osteonekrose des Os lunatum existiert, stellt der M. Kienböck ebenfalls eine gute Indikation für die ESWT dar.

Interessenkonflikte:

Keine angegeben.

Das Literaturverzeichnis zu diesem Beitrag finden Sie auf:
www.online-oup.de.



Foto: privat

Korrespondenzadresse

Prof. Dr. med. habil. Alexander Schuh
Klinik für Orthopädie und Unfallchirurgie
Abteilung für Muskuloskeletale Forschung
Klinikum Fichtelgebirge, Marktredwitz
& Privatpraxis für Orthopädie und Stoßwellentherapie
Süddeutsches Zentrum für Stoßwellentherapie®
Weiden in der Oberpfalz
schuh@stoesswellentherapie.de

CME-Fragen:

1. Welche Wirkung hat die ESWT auf die Nozizeption?

- a) Erhöhung
- b) Unterdrückung
- c) Keine Wirkung
- d) Verstärkung
- e) Modulation

2. Welche Wirkung hat die ESWT auf Gewebe?

- a) Elektrohydraulische Wirkung
- b) Piezoelektrische Wirkung
- c) Elektromagnetische Wirkung
- d) Mechanotransduktion
- e) Embodied Wirkung

3. Welche Aussage zur ESWT bei Kahnbeinpseudarthrose ist richtig?

- a) Die ESWT ist kontraindiziert.
- b) Die ESWT verschlechtert die Konsolidierungsrate.
- c) Die ESWT sollte nicht intraoperativ durchgeführt werden.
- d) Durch die ESWT kann es bei 71 % der Patientinnen und Patienten zu einer Konsolidierung kommen.
- e) Die ESWT ist gut wirksam, hat jedoch eine hohe Komplikationsrate.

4. Was ist ein Ergebnis der ESWT bei Keloiden?

- a) Reduzierung der Narbenbildung
- b) Erhöhung der Schmerzempfindlichkeit
- c) Verbesserung der Hautelastizität
- d) Keine Wirkung
- e) Erhöhung der Narbenbildung

5. Welche Aussage zur ESWT bei Verbrennungsnarben ist richtig?

- a) Juckreizwerte verstärken sich.
- b) Die Narbendicke nimmt zu.
- c) Der Schmerzscore nimmt zu.
- d) Die Handfunktion nimmt ab.
- e) Der Juckreiz nimmt ab.

6. Was bewirkt die radiale ESWT bei Schlaganfallpatientinnen und -patienten?

- a) Verringerung der Spastik
- b) Erhöhung der Schmerzen
- c) Verschlechterung der Beweglichkeit
- d) Keine Wirkung
- e) Sie wirkt schlechter als die TENS-Behandlung.

7. Welche Aussage zur ESWT bei Pseudarthrose der Hand ist richtig?

- a) Die Ausheilungsrate beträgt 30%.
- b) Die Ausheilungsdauer ist abhängig von der Dauer der vorliegenden Pseudarthrose.
- c) Die Ausheilungsrate ist am niedrigsten an Mittelhandknochen/Finger/Daumen.
- d) Alter und Rauchverhalten zeigten einen negativen Einfluss bei der ESWT-Behandlung.
- e) Bei 70 % der Fälle kommt es im Median nach 2,4 bzw. 2,8 Monaten zur Ausheilung.

8. Die ESWT beim schnellenden Finger...

- a) hat nur einen kurzfristigen Effekt von max. 2–3 Wochen.
- b) führt zu einer Schmerzlinderung, wobei das Schnappphänomen verbleibt.
- c) kann 1–6 x durchgeführt werden, wobei es keine Unterschiede beim Ergebnis gibt.
- d) wirkt nach ca. 12 Wochen nach der letzten Behandlung.
- e) mit hochenergetischer ESWT ist effektiver, als mit niederenergetischer ESWT.

9. Welche Aussage zur Behandlung des Morbus Dupuytren mit ESWT ist richtig?

- a) Die ESWT ist kontraindiziert bei Knuckle Pads.
- b) Beim frühen Knotenstadium Tubiana N kann eine dreimalige fokussierte ESWT die Schmerzen um bis zu 60 % nach 6 Monaten reduzieren.

- c) Symptomverbesserung (56 % gegenüber 12 %) Es kommt zu einer nicht relevanten Verbesserung des Kontrakturwinkels.
- d) Die ESWT hat keinen Einfluss auf den Tisch-Test.
- e) Durch die ESWT kommt es zu keiner Verlangsamung des Krankheitsverlaufs.

10. Welche Aussage zur ESWT beim Karpaltunnelsyndrom ist richtig?

- a) Ein möglicher Wirkungsmechanismus der ESWT beim Karpaltunnelsyndrom ist eine Modulation des perineuralen Drucks bzw. Induktion der peripheren Nervenregeneration.
- b) Die fokussierte ESWT führt zu einer Symptomlinderung, zu einer Funktionsverbesserung und elektrophysiologischer Parameterverbesserung bei Patientinnen und Patienten mit schwerem Karpaltunnelsyndrom.
- c) Die radiale ESWT führt zu einer Symptomlinderung, zu einer Funktionsverbesserung und elektrophysiologischer Parameterverbesserung bei Patientinnen und Patienten mit schwerem Karpaltunnelsyndrom.
- d) Die fokussierte und radiale ESWT führt weder zu einer Symptomlinderung, noch zu einer Funktionsverbesserung oder elektrophysiologischer Parameterverbesserung bei Patientinnen und Patienten mit leichtem bzw. mittelschwerem Karpaltunnelsyndrom.
- e) Die niedrigdosierte radiale ESWT ist signifikant besser als die hochdosierte radiale ESWT bei Patientinnen und Patienten mit leichtem bzw. mittelschwerem Karpaltunnelsyndrom.

Die Teilnahme an der CME-Fortbildung ist nur online möglich auf der Website www.online-oup.de.