

# Hochenergetische extrakorporale Stoßwellentherapie bei verzögerter Heilung von Kahnbeinfrakturen und Pseudarthrosen: eine retrospektive Analyse der Konsolidierungsrate und therapieentscheidungsrelevanter Faktoren

## Extracorporeal Shockwave Therapy for the treatment of scaphoid delayed union and nonunion: a retrospective analysis examining the rate of consolidation and further outcome variables

### Autoren

Theresa Fallnhauser<sup>1</sup>, Paul Wilhelm<sup>2</sup>, Andreas Priol<sup>2</sup>, Christian Windhofer<sup>2</sup>

### Institute

- 1 Paracelsus Medizinische Privatuniversität Diplomstudium Humanmedizin
- 2 Unfallkrankenhaus Salzburg Unfallchirurgie und Orthopädie

### Schlüsselwörter

Skaphoidpseudarthrose, verzögerte Heilung, hochenergetische extrakorporale Stoßwellentherapie, ESWT

### Key words

Scaphoid nonunion, delayed union, Extracorporeal Shockwave Therapy, ESWT

eingereicht 28.11.2018

akzeptiert 03.05.2019

### Bibliografie

DOI <https://doi.org/10.1055/a-0914-2963>

Handchir Mikrochir Plast Chir 2019; 51: 164–170

© Georg Thieme Verlag KG Stuttgart · New York

ISSN 0722-1819

### Korrespondenzadresse

Christian Windhofer

Unfallkrankenhaus Salzburg, Unfallchirurgie und Orthopädie

Doktor-Franz-Rehr-Platz 5

5020 Salzburg

Tel.: +43 5 93 93-44000

E-Mail: [christian.windhofer@auva.at](mailto:christian.windhofer@auva.at)

### ZUSAMMENFASSUNG

**Hintergrund** In der Behandlung von Kahnbeinpseudarthrosen gelten operative Verfahren als der „Goldstandard“. Diese sind jedoch mit möglichen Komplikationen vergesellschaftet und bedeuten meist einen beträchtlichen operativen Aufwand. Die hochenergetische extrakorporale Stoßwellentherapie (ESWT) stellt ein nicht-invasives Therapieverfahren dar, welches in der Be-

handlung von Pseudarthrosen eingesetzt wird. Ziel der Studie war die Untersuchung der Konsolidierungsrate und des klinischen Behandlungsergebnisses bei verzögerter Heilung von Kahnbeinfrakturen und bei Kahnbeinpseudarthrosen nach ESWT. **Patienten und Methoden** Von 2010 bis 2017 wurden 42 Patienten (37 Männer und 5 Frauen) mit einem Durchschnittsalter von 28,3 (15–70) Jahren aufgrund einer verzögerten Knochenheilung einer Kahnbeinfraktur (21) bzw. einer Kahnbeinpseudarthrose (21) mittels ESWT und anschließender Ruhigstellung im Unterarmgipsverband mit Daumeneinschluss von 6–8 Wochen behandelt. Bei 13 Patienten war primär eine Behandlung der Kahnbeinfraktur erfolgt, 8mal mittels alleiniger Ruhigstellung, 5mal mittels Verschraubung. Von den 29 primär nicht behandelten Patienten waren 5 sekundär erfolglos operativ therapiert worden, 2mal mittels Verschraubung und 3mal mittels Transplantation einer medialen Femurkondyle. Die Knochenheilung wurde nach 10–12 Wochen mittels Feinschnitt-Computertomographie in Längsrichtung des Kahnbeines überprüft, wobei das Kahnbein als geheilt eingestuft wurde, so sich eine Durchbauung von mehr als 50 % seines Querschnitts fand. Es wurde analysiert, welche Faktoren die Heilung (Lokalisation der Fraktur/Pseudarthrose, skapholunärer Winkel, Alter der Patienten, Body Mass Index (BMI), Tabak sowie Alkoholkonsum) beeinflussen. Zusätzlich konnte eine klinische Nachuntersuchung von 34 Patienten erfolgen, dabei kamen der DASH-Fragebogen, der Mayo Wrist Score sowie zur Analyse der Schmerzangaben die Visuell Analog Skala (VAS) zur Anwendung.

**Ergebnisse** Bei 71 % der Patienten kam es durch die Anwendung der ESWT zu einer Konsolidierung. Bei 7 der 8 Patienten mit Ruhigstellung sowie 4 der 5 Patienten mit Kahnbeinverschraubung als Primärtherapie kam es nach der ESWT zur knöchernen Heilung des Kahnbeines. Bei den sekundär erfolglos operativ behandelten 5 Patienten kam es bis auf einen Patienten nach Transplantation einer medialen Femurkondyle zur knöchernen Heilung. 15 der 24 nicht vorbehandelten Kahnbeine heilten nach der ESWT knöchern aus. Der Zeitraum zwischen der ESWT und der dokumentierten Heilung betrug im Mittel 8,4 Monate (256 Tage).

Hinsichtlich verschiedener Einflussfaktoren wie Frakturlage, skapholunärer Winkel, Alkohol- und Tabakkonsum sowie biometrischen Faktoren wie Alter und BMI konnte kein signifikanter Unterschied zwischen den mittels ESWT erfolgreich bzw. erfolglos behandelten Patienten festgestellt werden. Die Nebenwirkungen der ESWT begrenzten sich auf temporäre lokale Rötungen und petechiale Blutungen.

**Schlussfolgerung** Die ESWT ist sowohl zur Behandlung einer verzögerten Heilung einer Kahnbeinfraktur als auch etablierten Kahnbeinpseudarthrose mit einer Ausheilungsrate von 71 % durchaus geeignet, zumal die klinischen Ergebnisse, was die Komplikationen, die Beweglichkeit und die Schmerzen betrifft, befriedigend sind. Allerdings bedarf es weiterer Untersuchungen z. B. des morphologischen Erscheinungsbildes, um herauszuarbeiten, welche Frakturen/Pseudarthrosen das Potenzial zur knöchernen Heilung nach ESWT haben und welche eher nicht.

## ABSTRACT

**Background** Operative procedures are considered gold standard in the treatment of scaphoid nonunion, albeit their considerable complexity and the risk of intraoperative complications. High energy extracorporeal shockwave therapy (ESWT) offers a non-invasive treatment option for scaphoid nonunion. The aim of this study was to explore the rate of bony consolidation and further outcome variables in patients with delayed union of scaphoid fractures and scaphoid nonunion treated with ESWT.

**Patients and methods** Due to delayed union (21) or nonunion (21) of a scaphoid fracture 42 patients (37 men, and 5 women) with an average age of 48,3 (15–66) years underwent ESWT followed by immobilization in a forearm cast including the proximal phalanx of the thumb for 6 to 8 weeks. In 13 patients the fracture was initially treated, 8 with immobilization, 5 with screw fixation. In 5 of the 29 patients without an initially

treatment, the fracture resp. nonunion was secondarily treated with screw fixation (2) or a medial femur condyle (3) but failed to heal. 10 to 12 weeks after the ESWT bony healing was controlled with computed scanning in the long axis of the scaphoid. If 50 % of diameter of the scaphoid showed trabecula bony healing was considered. Factors with potential influence on bony healing (site of the fracture/nonunion, scapholunate angle, patient's age, Body Mass Index, smoking and alcohol consume) were analyzed. In addition, 34 patients underwent a clinical follow-up examination including DASH and Mayo Wrist Score, pain analyzes (VAS).

**Results** Seventy-one per cent of patients showed scaphoid fracture consolidation using ESWT. In 7 out of 8 patients with conservative treatment and in 4 out of 5 patients with screw fixation of the initial fracture bony healing was achieved. From the 5 patients with secondary surgical treatment of the scaphoid only 1 patient, treated with a medial femur condyle, failed to heal the scaphoid. 15 out of the 24 initially non-treated scaphoid fractures healed. The time between ESWT and the documented bony healing averaged 8.4 months (256 days). Neither fracture site, nor the scapholunate angle, alcohol and tobacco use, as well as biometric factors, such as age and BMI had influence on the success rate of the ESWT. Side effects of the ESWT were limited to local skin irritations and petechial bleedings.

**Conclusion** ESWT has a positive effect regarding bony healing of scaphoid fracture with delayed fracture healing and nonunion with a success rate of 71 %. The complication rate is low, and the clinical results regarding wrist motion and pain are satisfying. Further investigations are necessary to evaluate the input of fracture/nonunion characteristics like the morphological appearance on bony healing.

## Einleitung

Bei 5 % bis 10 % aller Kahnbeinfrakturen kommt es auch bei adäquater Behandlung zu einer verzögerten Heilung oder gar einer Pseudarthrose [1–3]. Der „Goldstandard“ der Behandlung von Kahnbeinpseudarthrosen ist die operative Versorgung. Je nach Lage wird ein nicht-vaskularisierter oder vaskularisierter Knochenspan eingebracht und eine Stabilisierung durchgeführt. Diese operativen Verfahren sind mit Komplikationen und möglichen Therapieversagen vergesellschaftet [4–6].

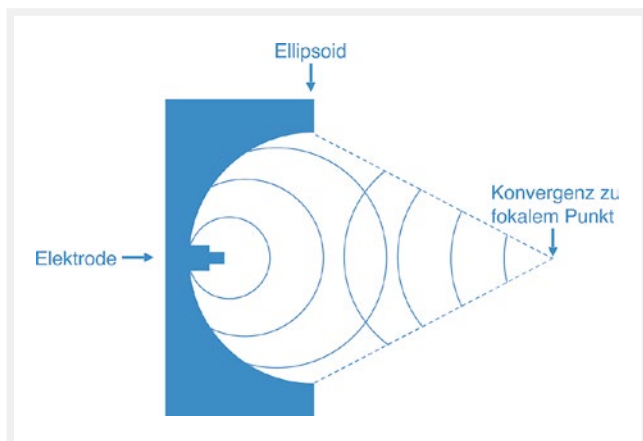
Die hochenergetische extrakorporale Stoßwellentherapie (ESWT) stellt ein nicht-invasives Therapieverfahren dar, welches auch in der Behandlung von Pseudarthrosen des Kahnbeins eingesetzt wird. Die Mehrheit der bisher vorliegenden Publikationen bestätigen eine positive und förderliche Wirkung des Einsatzes der ESWT bei Pseudarthrosen. Die Erfolgsrate liegt laut Literatur zwischen 50 % und 91 %, während sich die Komplikationen im nicht-behandlungswürdigen Spektrum bewegen und auf lokale Petechien und Hämatome beschränken [5, 7–10].

In dieser retrospektiven Studie wird die Konsolidierungsrate von 42 mit ESWT behandelten Frakturen analysiert. Es wird erhoben,

bei wie vielen Patienten mit verzögerter Bruchheilung bzw. Kahnbeinpseudarthrose nach der Behandlung mittels ESWT eine Heilung der Fraktur erzielt werden konnte. Darüber hinaus gilt es anhand der Daten Faktoren herauszufiltern, die im Vorhinein erkennen lassen, welche Patienten von dem Einsatz der ESWT profitieren können. Diese Faktoren können dann in einer prospektiven Studie bei allen Patienten erhoben werden und dadurch zur Erarbeitung eines Behandlungsalgorithmus bei nicht geheilter Kahnbeinfraktur bzw. Kahnbeinpseudarthrose beitragen.

## Patientengut und Methoden

In dieser monozentrischen Studie wurden eine retrospektive Datenauswertung, eine Fragebogen-Untersuchung sowie eine klinische Untersuchung durchgeführt. Die Daten für die Untersuchung wurden im Zeitraum von Januar 2010 bis Dezember 2017 generiert. Das Patientengut beinhaltet 37 Männer und 5 Frauen, die mit verzögerter Knochenheilung und damit einer ausbleibenden Heilung von weniger als 6 Monaten bzw. Kahnbeinpseudarthrose und damit einer ausbleibenden Heilung von mehr als 6 Monaten alleinig mit-



► **Abb. 1** Entstehung der Stoßwelle [17]; Die ESWT ist eine Form der Mechanotherapie. Es wird eine hochenergetische Stoßwelle durch die Aufladung einer Elektrode mit Strom generiert, welche sich in einem von Wasser umgebenen Ellipsoid befindetet. Durch die elektrische Ladung verdampft das Wasser und produziert eine Stoßwelle. Die Stoßwelle trifft auf das Ellipsoid, wodurch die Welle konvergiert und zu einem fokalen Punkt wird. Dieser Punkt wird auf die zu behandelnde Stelle des Körpers gerichtet [18, 19].

tels ESWT oder in Kombination mit anderen Behandlungsmethoden behandelt wurden. Es wurden Patienten nach einer traumatischen Kahnbeinfraktur im Alter von 15 bis 70 Jahre eingeschlossen. Ein positives Votum der Ethikkommission ist vorliegend. Die Untersuchung wurde in genehmigter Form durchgeführt.

Ausgeschlossen wurden Patienten mit Morbus Preiser, Frakturen des Kahnbeins im Rahmen komplexer Handverletzungen, Frakturen mit begleitenden Gefäß- und Nervenverletzungen, Polytraumata, De-Quervain-Luxationsfrakturen sowie Patienten mit SNAC wrist (Scaphoid Nonunion Advanced Collapse), Patienten mit Erkrankungen aus dem rheumatischen Formenkreis und mit Autoimmunerkrankungen.

Für die ESWT kam das Gerät orthogold 280® der Firma MTS Europe GmbH zum Einsatz. Die abgegebene Gesamtfokusenergie belief sich auf 41 mJ, die Energieflussdichte auf 0,41 mJ/mm<sup>2</sup>, die Triggerfrequenz betrug 4 Hz, und es wurden 4000 Impulse auf einen bzw. zwei Fokusse abgegeben. Die Stoßwellenbehandlung wurde in Vollnarkose bzw. Regionalanästhesie durchgeführt. Der Behandlungsbereich wurde durch Zuhilfenahme eines Bildwandlers geortet. Um Hämatome an der Eindringstelle der Stoßwelle zu vermeiden, wurde das Koppelkissen des orthogold 280® unter Verwendung von Ultraschallgel mit der Haut der Patienten in Kontakt gebracht. Nach der Stoßwellen-Behandlung erfolgte eine Ruhigstellung von 6 bis 8 Wochen mittels eines Unterarmgipses mit Daumeneinschluss. Nach 10 bis 12 Wochen wurde routinemäßig eine Feinschnitt-Computertomographie in Längsrichtung des Kahnbeins durchgeführt, bei dokumentierter Durchbauung die Ruhigstellung beendet, bei anhaltender Pseudarthrose wurden weitere Therapieoptionen erwogen. Als geheilt wurden Frakturen gewertet, die in mehr als 50 % des Querschnitts des Kahnbeins eine Durchbauung zeigten.

Die Abfrage und die Datengewinnung erfolgte durch das Krankenhaus-Informationssystem ASTRA® (AUVA Österreich) und SHL PaxViewer® (SHL GmbH). Hieraus wurden Informationen bezüg-

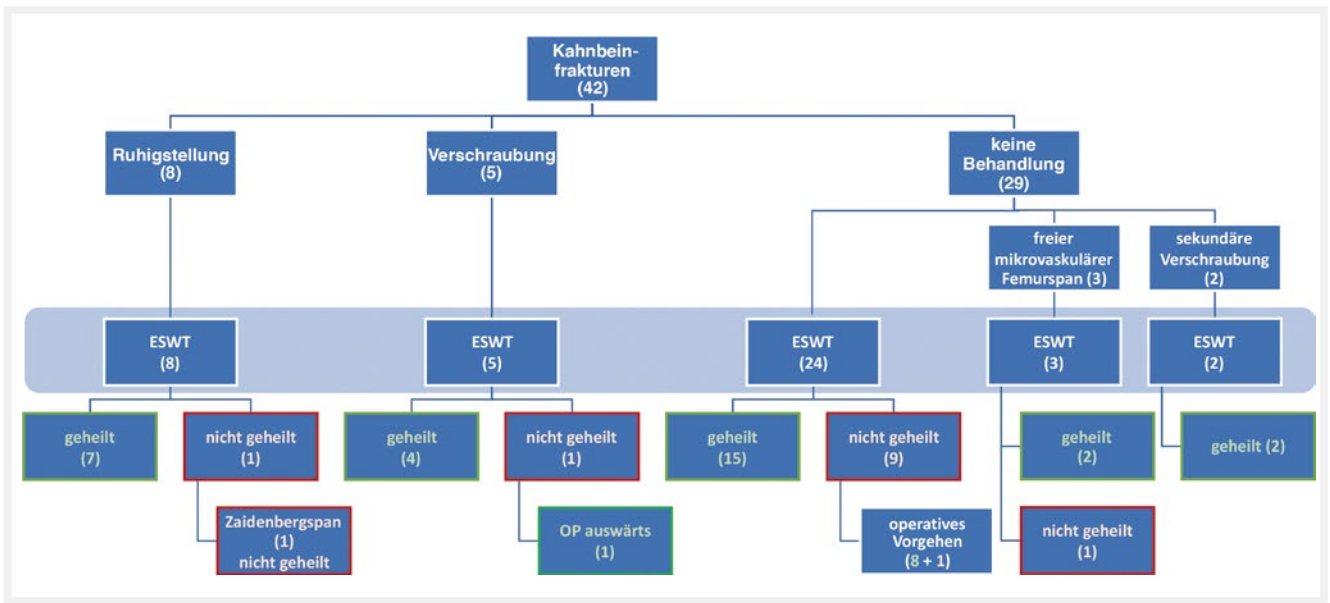
lich des Frakturzeitpunktes, der Frakturlokalisation, der jeweils angewandten Behandlungsmethode mitsamt dem Zeitpunkt, wann diese erfolgte, des skapholunären Winkels (SL-Winkel) sowie Informationen bezüglich des Zeitpunkts der Heilung generiert.

Im Zuge eines Untersuchungstermins wurde eine klinische Untersuchung durch eine Ergotherapeutin durchgeführt, 2 Fragebögen ausgefüllt (Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand Fragebogen (DASH), Mayo Wrist Score) und die Schmerzsituation mittels der Visuell Analog Skala (VAS) erhoben. Im Rahmen der klinischen Untersuchung wurde die Beweglichkeit beider Handgelenke sowie die Handkraft beim Faustschluss gemessen. Beide Ergebnisse flossen in den Mayo Wrist Score ein. Zudem erfolgte die Erhebung demografischer Daten wie Größe und Gewicht, um daraus den Body Mass Index (BMI) zu errechnen, sowie Rauchverhalten, Alkoholkonsum und das Vorliegen einer Erkrankung des Knochenstoffwechsels. Das Rauchverhalten wurde anhand von Pack Years klassifiziert. Der Alkoholkonsum wurde anhand der Anzahl der österreichischen Standardglaseinheiten (ÖSG) pro Woche erfasst.

Für die statistische Analyse wurden sämtliche Daten, welche durch das Dokumentationssystem generiert bzw. im Rahmen der Untersuchung erhoben wurden, in einer Excel-Datei zusammengeführt und für die Berechnungen in das Statistikprogramm GraphPad Prism7 übertragen [11]. Es erfolgte die Überprüfung auf Normalverteilung der einzelnen Variablen mittels Shapiro-Wilk Test und D'Agostino-Pearson Test. Je nach Eigenschaften (kontinuierlich oder kategorial) und Verteilung (Normal- oder Nicht-Normalverteilung) der einzelnen Variablen wurden nichtparametrische oder parametrische Testverfahren zur Auswertung herangezogen, d. h. Mann-Whitney U Test, T-Test, Chi-Square Test, Fisher's Exact Test. Für die Bestimmung der statistischen Signifikanz wurde ein Konfidenzniveau von 95 % und ein p-Wert  $\leq 0,05$  festgelegt.

Für die Auswertung wurden die Daten von 42 Patienten herangezogen. Neben der Analyse der bereits erhobenen Parameter aus dem Dokumentationssystem standen 34 Patienten zu einer Nachuntersuchung zur Verfügung. Die insgesamt 42 Patienten (5 Frauen, 37 Männer) wiesen zum Zeitpunkt der ESWT-Anwendung ein Durchschnittsalter von 28,3 Jahren (15–70) auf. Der Anteil der Raucher belief sich auf 14 Patienten (33 %) mit einem Zigarettenkonsum von durchschnittlich 8,6 Pack Years (1–30), 22 Patienten (53 %) waren Nichtraucher und bei sechs Patienten (14 %) war das Rauchverhalten nicht bekannt. Der Alkoholkonsum belief sich bei zwölf der Patienten (29 %) im Durchschnitt auf 7,8 ÖSG pro Woche (4–21), 23 Patienten (55 %) konsumierten keinen Alkohol und bei sieben Patienten war der Alkoholkonsum nicht bekannt. Der mittlere BMI lag bei 24,5 (18,6–32,4), und keiner der Patienten litt an einer Störung des Knochenstoffwechsels.

Die Patienten zogen sich die Kahnbeinfrakturen im Rahmen von Unfällen im Bereich Freizeit (24 Patienten, 57 %), der Arbeit (6 Patienten, 14 %) oder im Straßenverkehr (4 Patienten, 10 %) zu. In drei (7 %) Fällen war das Trauma nicht erinnerlich, bei den restlichen fünf Patienten (12 %) gibt es bezüglich des Unfallhergangs keine Daten. Bei 18 Patienten (43 %) handelte es sich um eine Fraktur im proximalen Drittel, bei 22 (52 %) war das mittlere Drittel betroffen, zwei Patienten (5 %) erlitten eine Fraktur des distalen Drittels. 21 Patienten, und damit die Hälfte der Patienten, wiesen eine verzögerte Heilung der Kahnbeinfraktur (16 Wochen, 46 bis 172 Tage)



► **Abb. 2** Behandlungsschema der 42 Kahnbeinfrakturen mit verzögerter Heilung der Fraktur bzw. einer Kahnbeinpseudarthrose; rot = nicht geheilt, grün = geheilt

auf, die andere Hälfte litt an einer Kahnbeinpseudarthrose (52 Wochen, 183 bis 1044 Tage).

13 Patienten mit verzögerter Frakturheilung bzw. Kahnbeinpseudarthrosen wurden primär durch eine Ruhigstellung mit Unterarmgips mit Einschluss des Daumens (8 Patienten, 19%) oder durch eine Verschraubung (5 Patienten, 12%) vorbehandelt. Bei einem Großteil der Patienten (29 Patienten, 69%) wurde die Diagnose der Kahnbeinfraktur verspätet gestellt, da sie nicht sofort im Krankenhaus vorstellig wurden oder die Fraktur verzögert erkannt wurde.

## Ergebnisse

Der Zeitraum zwischen der letzten Behandlung der Patienten und der dokumentierten Heilung betrug im Mittel 8,4 Monate (256 Tage). Wie in ► **Abb. 2** dargestellt, konnte in der Gruppe der initial mit Ruhigstellung (8 Patienten) vorbehandelten Patienten sieben Kahnbeine durch die ESWT zur Ausheilung gebracht werden. Ein Patient wurde neun Monate nach der erfolglosen ESWT mit einem Zaidenbergspan und einer Mini-Herbertschraube versorgt, wodurch ebenfalls keine knöcherne Konsolidierung erzielt werden konnte.

Bei fünf Patienten wurde die akute Kahnbeinfraktur durch eine Verschraubung des Kahnbeins erfolglos behandelt. Durch die anschließende ESWT konnten vier der fünf Pseudarthrosen zur Ausheilung gebracht werden, ein Patient wurde nach ausgebliebener Heilung nach einem Jahr in einem auswärtigen Krankenhaus erfolgreich operativ versorgt.

Von den 29 Patienten, die initial nicht behandelt wurden, erhielten zwei eine sekundäre Verschraubung der Fraktur und drei einen mikrovasculär-gestielten Knochenspan vom medialen Femurkondyl, ohne dass eine Konsolidierung erzielt werden konnte und daher mittels ESWT weiterbehandelt wurde. Bei den anderen 24 Patienten erfolgte ausschließlich eine ESWT. Beide Patienten,

► **Tab. 1** Werte der Einflussfaktoren inkl. p-Werte.

Parameter	geheilt	nicht geheilt	p-Wert
Lage der Fraktur			1,000
• proximales Drittel (n = 18)	13	5	
• mittleres Drittel (n = 22)	16	6	
• distales Drittel (n = 2)	1	1	
SL-Winkel			0,923
• präoperativ	Ø 56°	Ø 57°	
• postoperativ	Ø 55°	Ø 56°	
BMI	24,5	24,5	0,617
Alkoholkonsum (n = 12)	10	2	0,250
Rauchen (n = 14)	10	4	0,160
Alter	Ø 30	Ø 23	0,051
DASH Modul 1	32,7	32,5	0,101
DASH Modul 2	13,4	11,6	0,413
DASH Modul 3	5,2	5	1,000
Mayo Wrist Score	81	79	0,974
VAS in Ruhe	0	0	0,251
VAS bei Belastung	1,9	2,8	0,729

den, die nach der sekundären Verschraubung eine ESWT erhalten haben, zeigten eine Konsolidierung des Kahnbeins. Einer der drei Patienten, die mit einem mikrovasculär-gestielten Knochenspan vom medialen Femurkondyl bei ausbleibender Heilung mit ESWT versorgt wurden, konnte nicht zur Ausheilung gebracht werden. Von den 24 Patienten, welche allein durch die ESWT behandelt



► **Abb. 3** CT Aufnahmen einer Kahnbeinpseudarthrose. Der Patient hat sich die Verletzung im Rahmen eines Verkehrsunfalls zugezogen, wurde jedoch erst nach 6 Monaten durch persistierende Beschwerden im Handgelenk auffällig (a, b). Es erfolgte die alleinige Behandlung mittels ESWT mit anschließender 8-wöchigen Gipsruhigstellung. Die CT Aufnahmen nach 11 Wochen zeigen eine Konsolidierung der Knochenfragmente (c, d).

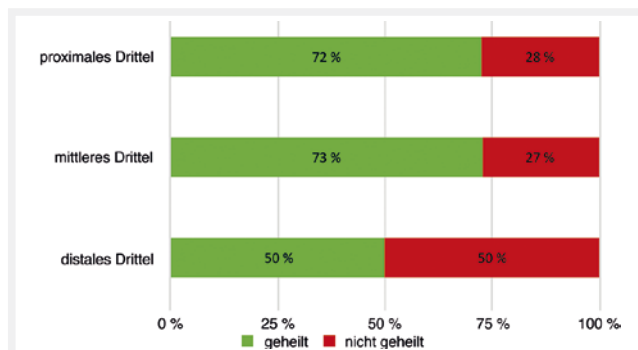
wurden, zeigten 15 eine Konsolidierung. Bei neun kam es zu keiner Heilung. Diese wurden mittels verschiedenen operativen Verfahren (gefäßgestielter Radiusspan, Zaidenbergspan, mikrovaskulär-gestielter Knochenspan vom medialen Femurkondyl, Auffüllung mit Spongiosa) versorgt. Eine der Kahnbeinpseudarthrosen konnte trotzdem nicht zur Ausheilung gebracht werden.

Insgesamt konnte bei 71 % der Kahnbeinfrakturen mit verzögerter Heilung bzw. Kahnbeinpseudarthrose durch die Anwendung der ESWT eine Konsolidierung erzielt werden. Durch die operative Versorgung der nicht geheilten Patienten konnte die Konsolidierungsrate auf 93 % gesteigert werden. Letztlich konnten alle Patienten mit verzögerter Heilung (21 Patienten) und 18 der 21 Patienten mit Kahnbeinpseudarthrose zur Ausheilung gebracht werden.

Im Hinblick auf die Frakturlage (proximales, mittleres oder distales Kahnbeindrittel) und die Konsolidierungsrate konnte kein signifikanter Unterschied zwischen den drei Gruppen nachgewiesen werden. Bei 18 der Patienten betraf die akute Kahnbeinfraktur das proximale Kahnbeindrittel. Sechs der Patienten wurden mit einer Gipsruhigstellung behandelt, ein Patient mittels einer Verschraubung, und elf Patienten erhielten keine sofortige Behandlung. Insgesamt konnte bei 13 eine Konsolidierung des Kahnbeins erzielt werden.

Bei 22 Patienten betraf die Kahnbeinfraktur das mittlere Drittel. Zwei Patienten wurden initial mittels Gipsruhigstellung versorgt, drei Patienten erhielten eine Verschraubung und 17 hatten keine Behandlung der akuten Kahnbeinfraktur. Insgesamt konnte bei 16 Patienten eine Konsolidierung erzielt werden.

Zwei Patienten zogen sich eine Fraktur des distalen Kahnbeindrittels zu. Eine Patient erhielt als Erstversorgung eine Verschraubung, welche zu keiner Heilung führte. Durch die anschließende Stoßwellentherapie konnte eine Konsolidierung erreicht werden.



► **Abb. 4** Die Konsolidierungsrate in Bezug auf die Lage der Fraktur zeigte keinen signifikanten Unterschied.

Der zweite Patient wurde verzögert vorstellig, und es konnte durch die ESWT keine Konsolidierung erzielt werden.

Im Hinblick auf die Veränderung des prä- und postinterventionellen SL-Winkels zeigte sich kein signifikanter Unterschied zwischen den Patienten, die erfolgreich bzw. ohne Erfolg mittels ESWT behandelt wurden. Das Rauchverhalten, der Alkoholkonsum, der BMI sowie das Alter hatten statistisch ebenfalls keinen Einfluss auf die Heilungsrate.

Im Rahmen der Erhebung des DASH-Scores, des Mayo Wrist Scores sowie der Schmerzsituation zeigte sich, dass zwischen den Patienten, deren letzte Behandlung die ESWT war und denen die eine Folgeoperation benötigten, kein Unterschied im Behandlungsergebnis bestand.

Im Durchschnitt ergab der erste, allgemeine Teil des DASH-Fragebogens einen Score von 32,5. Das zweite Modul, welches Fragen zu den Themen Sport und Musik umfasst, ergab einen durchschnittlichen Score von 15,4, das dritte Modul (Arbeits- und Berufsmodul) einen Score von 5,1. Insgesamt konnte ein Mayo Wrist Score von durchschnittlich 80 erreicht werden. Dies entspricht einem guten Ergebnis. Die Einschätzung des Schmerzes anhand der Visuell Analog Skala lag im Durchschnitt bei 0 in Ruhe und bei 2 bei Belastung. Das Bewegungsausmaß des Handgelenks in Extension, Flexion, Radialduktion, Ulnarduktion sowie Pro- und Supination betrug im Vergleich zur unverletzten Seite 97 %.

Ein Patient klagte über einen temporären moderaten Anstieg der Schmerzen an den ersten beiden postinterventionellen Tagen. In sieben Fällen kam es zu einer leichten Rötung im Behandlungsgebiet, sechs der Patienten entwickelten lokale Petechialblutungen. Es konnten keine weiteren Nebenwirkungen, wie Verletzung von Gefäßen oder Nerven bzw. Lockerung von Implantaten durch die Anwendung der ESWT, beobachtet werden.

## Diskussion

Bei dem Patientenkollektiv dieser Studie handelt es sich mit 42 Patienten um eine verhältnismäßig kleine Gruppe. Um signifikante Ergebnisse zu erzielen ist der Einschluss einer größeren Patientenkohorte und die Beobachtung über einen längeren Zeitraum notwendig. Zudem handelt es sich bezüglich der Lokalisation der Pseudarthrosen sowie der Dauer um eine heterogene Gruppe. Aufgrund fehlender Daten bezüglich unterschiedlicher Behandlungsparameter der ESWT bezogen auf die Frakturlokalisation sowie der

Dauer der Pseudarthrose wurde in den Geräteeinstellungen nicht darauf Rücksicht genommen und diese standardisiert verwendet.

Acht Patienten konnten nicht motiviert werden, an der klinischen Untersuchung teilzunehmen. Jedoch konnte festgestellt werden, dass bei fünf dieser Patienten vor Beendigung der Behandlung eine Konsolidierung der Fraktur nachgewiesen wurde und lediglich bei drei keine Heilung durch die Anwendung der ESWT erzielt werden konnte. Dadurch ist anzunehmen, dass ein Selection-Bias keinen Einfluss auf die Ergebnisse hatte. Um ein besseres Bild über den Verlauf der Funktionsfähigkeit der Hand sowie der Schmerzentwicklung zu erhalten, sollte vor der ESWT, nach Gipsabnahme und sechs Monate nach der Behandlung mittels ESWT der DASH-Score und die Intensität der Schmerzen erhoben werden.

Der lange Zeitraum von durchschnittlich 8,4 Monaten zwischen der letzten Behandlung der Patienten und der dokumentierten Heilung kann dadurch erklärt werden, dass einige Patienten ihre regulären Kontrolluntersuchungen nicht wahrgenommen haben und erst im Rahmen der Studie die definitive Heilung diagnostiziert werden konnte.

Cacchio und Mitarb. untersuchten in ihrer prospektiven, kontrollierten und randomisierten Studie die Behandlung von Pseudarthrosen mittels ESWT bei langen Röhrenknochen. Sie konnten eine Konsolidierungsrate von über 70 % erzielen. Die Ergebnisse der vorliegenden Studie sind mit einer Konsolidierungsrate von 71 % vergleichbar [12].

Laut Schäfer und Siebert entwickeln unter 2 % der distalen und unter 15 % der Kahnbeinfrakturen im mittleren Drittel eine Pseudarthrose [13]. Bei Frakturen im proximalen Drittel liegt der Prozentsatz mit über 50 % deutlich höher. Im Gegensatz dazu, bildet die Gruppe der Patienten mit einer Pseudarthrose im mittleren Drittel in dem vorliegenden Patientenkollektiv die größte. Diese Diskrepanz lässt sich darauf zurückführen, dass der Anteil derer, die initial nicht behandelt wurden bzw. die Fraktur nicht diagnostiziert wurde, in dieser Gruppe mit 77 % (17 von 22) am höchsten ist. Im Vergleich dazu wurden lediglich 61 % (11 von 18) der Patienten mit einer Fraktur im proximalen Drittel und 50 % (1 von 2) im distalen Drittel verspätet behandelt. In der Mehrzahl der Fälle kam es, wie zu erwarten, zu keiner signifikanten Veränderung des SL-Winkels, d. h. die Geometrie des Karpus wird durch die Stoßwelle nicht verändert.

Ein erhöhtes Risiko für die Entwicklung einer Pseudarthrose tragen laut einer Kohortenstudie von Zura und Mitarb. [14] Patienten mit Übergewicht, Alkoholmissbrauch und Tabakkonsum. Dies konnte in dem vorliegenden Patientengut nur bedingt beobachtet werden. Im Fall des Tabakkonsums konnte ein Trend dahingehend beobachtet werden, jedoch ist das Patientenkollektiv zu klein, um ein signifikantes Ergebnis zu erhalten. Hinsichtlich des Alters konnten Zura und Mitarb. eine inverse Korrelation mit der Entwicklung einer Pseudarthrose verzeichnen. In der vorliegenden Studie konnte diesbezüglich kein signifikanter Unterschied nachgewiesen werden, ein Trend dahingehend ist aber beobachtbar. Es ist anzunehmen, dass hierbei eine höhere Compliance mit fortschreitendem Alter eine Rolle spielt.

Bei 71 % der Patienten konnte eine Konsolidierung der Frakturfragmente erreicht werden. Da alle Patienten mit verzögerter Heilung, jedoch lediglich 18 von 21 mit Kahnbeinspseudarthrose zur Ausheilung gebracht werden konnten, wird angenommen, dass die zeitliche Komponente eine Rolle spielt.

Die Durchsicht aller zwölf Patienten, bei denen die ESWT zu keiner Konsolidierung des von verzögerter Heilung bzw. Pseudarthrose betroffenen Kahnbeins führte, zeigte zum einen, dass in der überwiegenden Zahl der Fälle (7 Patienten) eine Sklerosierung des proximalen Knochenfragments vor der Behandlung mittels ESWT bestand. Zudem wurden zur Evaluation der Vaskularisation keine Magnetresonanztomographie (MRT) angefertigt. Da die Sklerosierung eines Knochenfragments indirekt Rückschluss auf eine verminderte bzw. sistierende Durchblutung des Knochens zulässt, ist die Durchführung einer MRT-Untersuchung vor der Behandlung mittels ESWT zu empfehlen [15,16]. Zum anderen waren in sieben Fällen Resorptionszonen von drei bis vier Millimeter in der Computertomographie sichtbar. Eine Deformierung der Knochensilhouette war bei vier Patienten vor Anwendung der ESWT sichtbar. Ein Patient erlitt eine Refraktur, und es ist davon auszugehen, dass aufgrund der Vorschädigung eine unzureichende Konsolidierung erreicht werden konnte. Aufgrund der rezidivierenden Teilnahme an dem Training eines Fußballvereins (Torwart) ist bei einem Patienten anzunehmen, dass die mangelnde Compliance der Grund für das Fehlschlagen der ESWT war. Diese Beobachtungen führen dazu, dass die Indikationen für die Anwendung der ESWT enger gefasst werden können und die Behandlungsmethode somit gezielter eingesetzt werden kann.

## Schlussfolgerung

Die ESWT bestätigt sich als nicht-invasive Methode mit zufriedenstellenden Ergebnissen in Hinblick auf die Komplikationsrate, die Beweglichkeit und die Schmerzsituation in der Behandlung der Kahnbeinspseudarthrose. In ausgewählten Fällen stellt sie eine sehr gute Therapieoption dar. Wir stellen jedoch auch fest, dass aufgrund der Komplexität der Erkrankung in jedem Fall mehrere Therapieoptionen zur Verfügung stehen sollten, um für alle Patienten die jeweils richtige Methode aus mehreren Möglichkeiten auszuwählen.

## Interessenkonflikt

Die Autoren geben an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

## Autorinnen/Autoren



### Theresa Fallnhauser

2010 Abschluss des Bachelorstudiengangs Ergotherapie an der Fachhochschule Salzburg. Mehrjährige Berufserfahrung als Ergotherapeutin in den Bereichen Handchirurgie und Neurologie im Salzkammergutklinikum Bad Ischl und in eigener Praxis. Fortbildungen: u. a.

Manualtherapeutin obere Extremität, Bobath-Konzept und Lymphdrainage. Seit 2014 Studium der Humanmedizin an der Paracelsus Medizinischen Privatuniversität Salzburg. Seit 2017 Lehrtätigkeit an der Fachhochschule Salzburg Studiengang Ergotherapie und im DEFZ – Das Ergotherapeutische Fortbildungszentrum mit Schwerpunkt Anatomie der oberen Extremität.

## Literatur

- [1] Langer MF, Oeckenpöhler S, Breiter S et al. Anatomie und Biomechanik des Kahnbeins. *Orthop* 2016; 45: 926–937
- [2] Krimmer H, Schmitt R, Herbert T. Kahnbeinfrakturen – Diagnostik, Klassifikation und Therapie. *Unfallchirurg* 2000; 103: 812–819
- [3] Haisman JM, Rohde RS, Weiland AJ. Acute Fractures of the Scaphoid. *J Bone Jt Surg Am* 2006; 88: 2750–2758
- [4] Yeo JH, Kim JY. Surgical Strategy for Scaphoid Nonunion Treatment. *J Hand Surg Asian-Pac Vol* 2018; 23: 450–462
- [5] Zelle BA, Gollwitzer H, Zlowodzki M et al. Extracorporeal Shock Wave Therapy: Current Evidence. *J Orthop Trauma* 2010; 24
- [6] Waitayawinyu T, Pfaeffle J, McCallister W et al. Management of Scaphoid Nonunions. *Orthop Clin North Am* 2007; 38: 237–249
- [7] Vogel J, Rompe J-D, Hopf C et al. Die Hochenergetische Extrakorporale Stoßwellentherapie (ESWT) in der Behandlung von Pseudarthrosen. *Z Orthop Unf* 1997; 145–149
- [8] Birnbaum K, Wirtz D, Siebert C et al. Use of extracorporeal shock-wave therapy (ESWT) in the treatment of non-unions. *Arch Orthop Trauma Surg* 2002; 122: 324–330
- [9] Willems A, van der Jagt OP, Meuffels DE. Extracorporeal shock wave treatment for delayed-union and nonunion fractures; a systematic review. *J Orthop Trauma* 2019; 33: 97–103
- [10] Everding J, Freistühler M, Stolberg-Stolberg J et al. Extrakorporale fokussierte Stoßwellentherapie zur Behandlung von Pseudarthrosen. *Unfallchirurg* 2017; 120: 969–978
- [11] GraphPad Software. Prism – graphpad.com. Im Internet: <https://www.graphpad.com/scientific-software/prism/>; Stand: 05.03.2019
- [12] Cacchio A, Giordano L, Colafarina O et al. Extracorporeal Shock-wave Therapy Compared with Surgery for Hypertrophic Long-bone Non-unions. *J Bone Jt Surg Am* 2009; 91: 2589–2597
- [13] Schaefer M, Siebert HR. Fracture of the semilunar bone. *Unfallchirurg* 2002; 105: 540–552; quiz 52–53
- [14] Zura R, Xiong Z, Einhorn T et al. Epidemiology of Fracture Nonunion in 18 Human Bones. *JAMA Surg Am* 2016; 151: e162775–e162775
- [15] Bervian MR, Ribak S, Livani B. Scaphoid fracture nonunion: correlation of radiographic imaging, proximal fragment histologic viability evaluation, and estimation of viability at surgery. *Int Orthop* 2015; 39: 67–72
- [16] Sakuma M, Nakamura R, Imaeda T. Analysis of Proximal Fragment Sclerosis and Surgical Outcome of Scaphoid Non-Union by Magnetic Resonance Imaging. *J Hand Surg Br* 1995; 20: 201–205
- [17] Alvarez R. Preliminary Results on the Safety and Efficacy of the OssaTron® for Treatment of Plantar Fasciitis. *Foot Ankle Int* 2002; 23: 197–203
- [18] Rompe J-D, Küllmer K, Vogel J et al. Extrakorporale Stoßwellentherapie. *Orthop*. 1997;26: 215-228
- [19] Ogden JA, Tóth-kischkat A, Schultheiss R. Principles of Shock Wave Therapy. *Clin Orthop Relat Res* 2001; 387: 8–17