

# Der Orthopäde

Organ der Deutschen Gesellschaft für Orthopädie und Orthopädische Chirurgie  
Organ der Union Orthopädie und Unfallchirurgie der Fachgesellschaften DGOOC und DGU

## Elektronischer Sonderdruck für V. Schöffl

Ein Service von Springer Medizin

Orthopäde 2010 · 39:1108–1116 · DOI 10.1007/s00132-010-1688-z

© Springer-Verlag 2010

zur nichtkommerziellen Nutzung auf der  
privaten Homepage und Institutssite des Autors

V. Schöffl · H.-P. Winkelmann

## Traumatische und degenerative Läsionen der Sehnen an der Hand

V. Schöffl<sup>1,3</sup> · H.-P. Winkelmann<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Sektionen Sportorthopädie – Sporttraumatologie – Sportmedizin und Chirurgie der oberen Extremität, Klinik für Orthopädie und Unfallchirurgie, Klinikum Bamberg

<sup>2</sup> Abteilung Hand- und Fußchirurgie, Klinik für Orthopädie und Unfallchirurgie, Klinikum Bamberg

<sup>3</sup> Abteilung für Unfallchirurgie, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, Erlangen

# Traumatische und degenerative Läsionen der Sehnen an der Hand

**Die Hand steht als Greiforgan des Menschen im Mittelpunkt der Alltagsaktivität sowie der beruflichen und sportlichen Tätigkeiten. Durch diese zentrale Stellung ist sie immer wieder Verletzungen und Überlastungen ausgesetzt. Historisch konnte mit dem Umbruch der Industriegesellschaft hin zur Dienstleistungsgesellschaft kein Rückgang der Verletzungen der Hand gesehen werden, denn gleichermaßen nahm die private Exposition durch Sport und Heimwerkertätigkeit zu [27].**

Anhand von 50.272 Verletzungen der Hand konnten Angermann u. Lohmann [1] zeigen, dass diese Verletzungen 28,6% aller Verletzungen in der Notfallbehandlung ausmachen, was einem Verletzungsrisiko von 3,7/100.000 Einwohnern der dänischen Population entspricht. Durchschnittlich sind Handverletzungen bei 14–30% der Notfallpatienten vorhanden. Sehnenverletzungen nehmen hierbei in der Gruppe der Handverletzten die 2. Position ein (42% Frakturen, 29% Sehnenverletzungen, 12% Hautwunden). Auch wenn von diesen nur ca. 2% hospitalisiert werden, nehmen Handverletzungen, und hierbei v. a. Verletzungen der Sehnen, eine zentrale Stelle innerhalb des orthopädisch-unfallchirurgischen Krankheitsgutes ein. Neben den traumatischen Seh-

nenverletzungen müssen aber auch degenerative Sehnenverletzungen berücksichtigt werden [2].

## Anatomie und Biomechanik

Bei der anatomischen Betrachtung gilt es zunächst, den streck- und beugeseitigen Sehnenapparat getrennt zu betrachten, wengleich auch z. B. die Sehnen der Mm. lumbricales eine Sonderstellung einnehmen.

## Strecksehnen

Die Langfinger besitzen insgesamt 4 gemeinsame Strecksehnen, die Extensores digitorum communes, sowie für den 2. und 5. Strahl zusätzlich den Extensor indicis, respektive den Extensor digiti minimi. Die Sehne des Extensor digiti minimi läuft durch das 5. Strecksehnenfach, die übrigen durch das 4. Strecksehnenfach. Auf Höhe des Handrückens und der Metakarpophalangealgelenke (MCP) bestehen zahlreiche Querverbindungen, die Connexi intertendinei. Auf Höhe des proximalen Interphalangealgelenks (PIP)

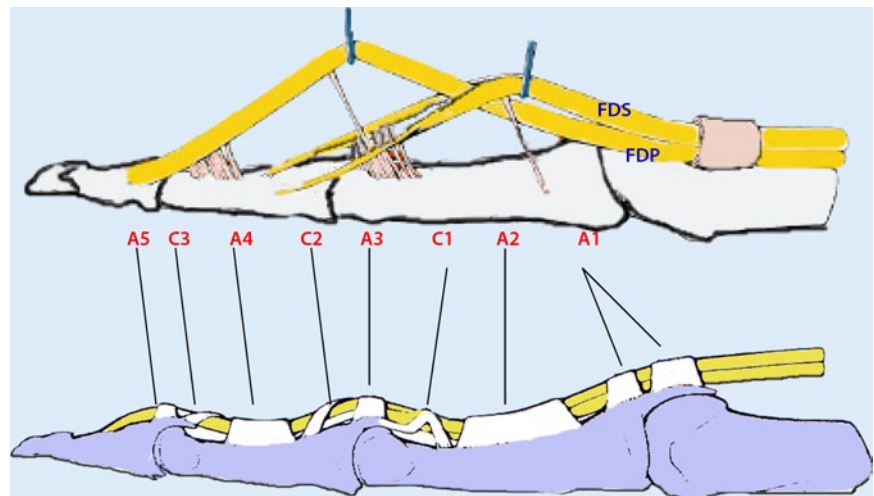


Abb. 1 ▲ Das Ringbandsystem der Langfinger. (Mod. nach Schmidt u. Lanz [17])

teilt sich die Strecksehne in die beiden lateralen und den zentralen Zügel (Tractus intermedius). Der Daumen besitzt mit dem Extensor pollicis longus (3. Strecksehnenfach) und dem Extensor pollicis brevis (1. Strecksehnenfach) 2 Strecksehnen – diese bilden das extrinsische System, d. h. außerhalb der Hand entspringende Fingerstrecker. Unterstützt werden sie durch die Handbinnenmuskulatur, das intrinsische System, die Mm. lumbricales und Mm. interossei sowie die Thenar- und Hypothenarmuskulatur.

### Funktionelle Einheit Beugesehnen-Sehnenscheide und Ringbandsystem

Der Beugesehnenapparat lässt sich nicht isoliert sondern nur als funktionelle Einheit von Sehnen, Sehnnenscheide und Ringbandsystem betrachten. Hierbei muss zwischen Daumen und Langfingern differenziert werden. Die beiden Beugesehnen der Langfinger, der M. flexor digitorum profundus (FDP) und superficialis (FDS) ziehen gemeinsam durch den Karpaltunnel und die Ringbänder und durchscheiden sich dann im Chiasma. Die Beugesehne des Daumens (M. flexor pollicis longus) zieht vom Unterarm radialeseitig durch den Karpaltunnel und dann durch den osteofibrösen Kanal, verstärkt durch 2 Ringbänder, zur Basis der Phalanx.

Das Ring- und Kreuzbandsystem an den Fingern stellt eine Verstärkung der Beugesehnnenscheiden dar. Dadurch werden die Sehnen in einem osteofibrösen Kanal an den Phalangen fixiert [20]. Es lassen sich 4–5 Ringbänder (A1–A5) und 3 schwächere Kreuzbänder (C1–C3) unterscheiden (Abb. 1; [20]). Variationen in Form und Anordnung kommen vor.

Alle Ringbänder besitzen eine unterschiedliche Bedeutung in der Stabilisation der Beugesehnen an der phalangealen Unterfläche [18]. Das A2-Ringband ist das wichtigste Ringband für die Führung der Beugesehnen, in Bezug auf A3 und A4 herrschen unterschiedliche Meinungen. A1 und A5 spielen eine untergeordnete Rolle für die Kraftübertragung der Beugesehnen [16]. Das Ringbandsystem ermöglicht die optimale Umlenkung der eingesetzten Kraft in der Beugung und der Überstreckung, da durch

die Umlenkung der Ringbänder die „tendon excursion“ gering gehalten wird und damit die volle Beweglichkeit ermöglicht wird [16]. Als weitere Besonderheit stehen die Lumbrikalis- und die Interosseimuskeln, die von den Beugesehnen entspringen und in die Strecksehnenhauben einstrahlen. Damit beugen sie im Grundgelenk und strecken im Mittel- und Endgelenk (Abb. 2, 3).

Die Blutversorgung der Beugesehnen erfolgt proximal aus dem muskulären Ursprung, im Bereich der knöchernen Insertion sowie im Bereich des osteofibrösen Kanals durch Vinculae tendineae, welche auch den venösen Abstrom gewährleisten. Die Beugesehnen sowie auch die Strecksehnen werden nach Verdan [26] in punkto Verletzung, Versorgung und Prognose in unterschiedliche Regionen eingeteilt [27].

### Sehnenheilung

Histologisch gesehen besteht das Sehnen-gewebe aus extrem langen kollagenen Fasern, die in Bündeln angelegt sind. Strickleiterartig ineinander verwoben liegen zwischen diesen Bündeln in einer Art Septen elastische Fasern und Blutgefäße [30]. Um die notwendige Gleitfähigkeit zu erreichen liegen die Sehnen entweder im Paratendineum oder einer Sehnnenscheide eingebettet. Im Fingerbereich verstärken die Ringbänder dieselbige.

### Dem Faktor Reibung zwischen Sehne und Ringband kommt bei der Genese eine wesentliche Rolle zu

Dem Faktor Reibung zwischen Sehne und Ringband kommt dabei eine wesentliche Rolle bei der Genese von Verletzungen und chronischen Entzündungszuständen der Sehnnenscheide und der Ringbänder zu [18, 23, 25].

Die Heilungsprozesse nach Sehnenverletzung gehen einerseits vom Epitendineum und andererseits vom paratendinösen Gewebe aus. Demzufolge lässt sich zwischen einer intrinsischen und einer extrinsischen Sehnenheilung unterscheiden [5, 25, 30].

Die extrinsische Sehnenheilung kennzeichnet eine ausgeprägte inflammato-

Orthopäde 2010 · 39:1108–1116  
DOI 10.1007/s00132-010-1688-z  
© Springer-Verlag 2010

### V. Schöffl · H.-P. Winkelmann Traumatische und degenerative Läsionen der Sehnen an der Hand

#### Zusammenfassung

Sehnenverletzungen sind die zweithäufigsten Verletzungen der Hand und nehmen somit einen hohen Stellenwert innerhalb eines orthopädisch-unfallchirurgischen Krankenguts ein. Während offene Verletzungen der Streck- und Beugesehnen im Vordergrund stehen, gilt es auch seltenere Verletzungen, wie beispielsweise Verletzungen der funktionellen Einheit Sehnnenscheide-Ringband-System und Avulsionsverletzungen zu erkennen. Neben der klinischen Diagnostik hat sich die Sonographie und die Magnetresonanztomographie (MRT) v. a. in der Diagnostik geschlossener Verletzungen etabliert. In der Nachbehandlung von Beugesehnen gilt das Prinzip der frühen passiven Mobilisierung, um möglichst eine „intrinsische“ Sehnenheilung und somit ein gutes klinisches Ergebnis zu erreichen.

#### Schlüsselwörter

Beugesehne · Strecksehne · Sehnnenscheide · Ringband · Sehnenverletzung

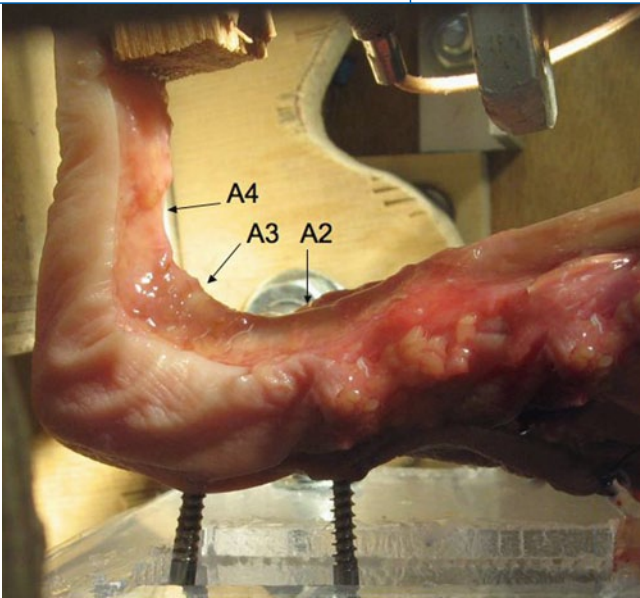
### Traumatic and degenerative tendon lesions of the hand

#### Abstract

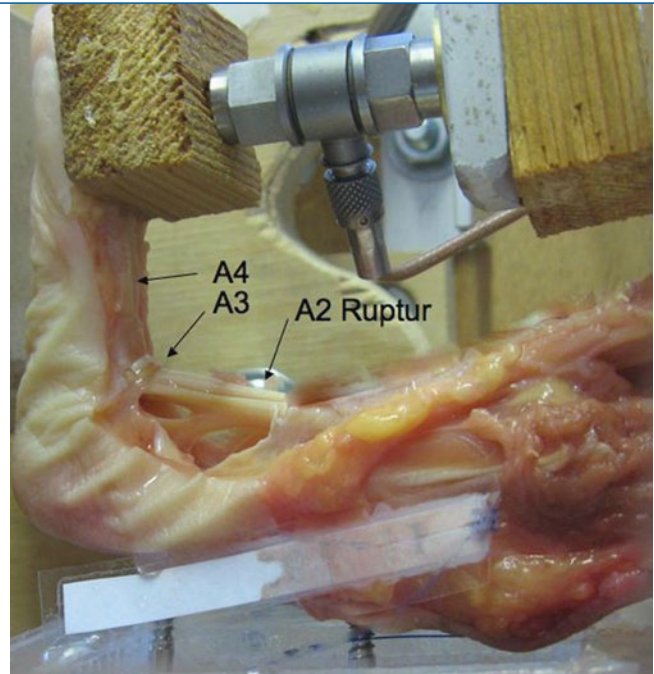
Tendon lesions are the second most common injury in the hand and therefore an important factor in orthopedic patients. Most injuries are open injuries to the flexor or extensor tendons; nevertheless, also less frequent injuries such as damage to the functional system of tendon sheath and pulley or dull avulsions need to be considered. Besides the clinical examination, ultrasound and MRI have proven to be important diagnostic tools. In the postoperative course of flexor tendon injuries, the principle of early passive movement is important to trigger "intrinsic" tendon healing to guarantee a good outcome.

#### Keywords

Flexor tendon · Extensor tendon · Tendon sheath · Pulley injury · Tendon lesion



**Abb. 2** ▲ Intaktes Ringbandsystem beim Belastungstest im biomechanischen Labor. Deutlich ersichtlich sind die Ringbänder A2, A3 und A4, welche die Beugesehnen am Knochen führen. (Abbildung mit freundl. Genehmigung von I. Schöffl, Institut für Anatomie I, FAU Erlangen-Nürnberg)



**Abb. 3** ▲ Rupturiertes Ringbandsystem (A2-Ringband) beim Belastungstest im biomechanischen Labor. Deutlich ersichtlich ist die Dehnung der Beugesehne zum Knochen, das A3-Ringband ist intakt. (Abbildung mit freundl. Genehmigung von I. Schöffl, Institut für Anatomie I, FAU Erlangen-Nürnberg)

rische Phase, mit anschließender Proliferation und Remodellierung. Hierbei kommt den Fibroblasten aus dem Paratenon eine wichtige Rolle in der Migration zu, die gefördert durch Immobilisierung der Sehne zu Adhäsionen führt [24, 25].

Bei der intrinsischen Sehnenheilung, gefördert durch Bewegung, kommt es zur Einwanderung von „fibroblast-like tenocytes“, welche die Kollagenproduktion und das anschließende Remodelling übernehmen [24, 25, 30]. Die inflammatorische Phase ist hier minimal, die klinischen Ergebnisse besser. Daraus leitet sich die frühe passive Bewegungstherapie in der Beugesehnenchirurgie ab, welche ebenfalls die Sehne besser ernährt und zu einer erhöhten Festigkeit führt [5, 24, 25, 30].

Die folgenden Faktoren ergeben eine prognostische Wertigkeit für die Sehnenheilung: Alter, allgemeiner Gesundheitsstatus, generelle Bereitschaft zur Narbenbildung, Motivation, Verletzungshöhe bezogen auf Zonen nach Verdan [26], Verletzungsmuster, Intaktheit der Sehnen-scheide inklusive der Ringbänder („synovial containment“) sowie die chirurgische Technik [25]. Es lassen sich 3 Phasen der Sehnenheilung definieren, zunächst findet die Migration und Invasion von pe-

ripheren Zellen und Blutgefäßen statt. In der 2. Phase heilt die Sehne und das umgebende Gewebe ab und in der 3. Phase kommt es zu einem Remodelling aufgrund der Sehnenfunktion [29].

Die Sehne erlangt nach 12 Wochen die volle Belastungsfähigkeit für den Alltag, sportliche Vollbelastungen sind erst nach frühestens 4 Monaten gestattet. Das Remodelling kann bis zu 12 Monaten andauern.

### Verletzungsmuster

Beim Verletzungsmuster gilt es zwischen offener oder geschlossener, spitzer oder stumpfer, traumatischer oder degenerativer, streck- oder beugeseitiger Sehnenverletzung zu unterscheiden. Weitere Untergruppen sind knöchernen Sehnenverletzungen, komplexe Verletzungen mit Begleitverletzungen oder Verletzungen der funktionellen Einheit Sehnen-scheide-Ringband-System.

#### ■ Geschlossene Sehnenverletzungen sind häufig [2].

Hierunter fallen u. a. der „Mallet finger“, oder die Boutonniere-Deformität, Avul-

sionsverletzungen und Verletzungen des Connexus intertendineus. Unter „Mallet-Finger“, „Hammer-“ oder auch „Baseball-Finger“ versteht man hierbei den stumpfen Strecksehnenaustriss an der distalen Insertion am Endglied [2, 5, 15]. Handelt es sich hierbei um einen knöchernen Austriss, spricht man von der „Mallet-Fraktur“ [5], früher war auch der Terminus „Bush-Fraktur“ üblich, welcher mittlerweile verlassen wurde [27]. Bei der Ruptur des Tractus intermedius (Boutonniere-Deformität; franz. für Knopfloch) handelt es sich um eine Durchtrennung des Mittelzügels am PIP-Gelenk mit Abgleiten der beiden Seitzügeln und daraus resultierender Hyperflexion im proximalen (PIP) und Hyperextension im distalen Interphalangealgelenk (DIP). Das Vollbild dieser Verletzung zeigt sich allerdings in der Regel erst sekundär durch palmare Dislokation im PIP-Gelenk, nach Leddy u. Cole ergeben sich 3 unterschiedliche Typen (s. unten [2]).

Durch stumpfe Durchtrennungen des radialen sagittalen Bandes der Strecksehnenhaube auf Höhe der MCP-Gelenke, meist auf dem Boden eines direkten stumpfen Traumas, kommt es zur Subluxation bis Luxation der Streckseh-

ne, meist nach ulnar [8]. Beim differentialdiagnostisch zu bedenkenden „boxers knuckle“, als Folge repetitiver stumpfer Traumata auf die MCP-Gelenke, kommt es im Gegensatz zwar auch zur Verletzung der Strecksehnenhaube, aber ohne Luxation. Avulsionsverletzungen betreffen v. a. die Insertion der FDP-Sehne an der Endphalanx und wurden bereits 1989 erstmals von Von Zander [28] beschrieben. Dies betrifft v. a. den 4. Finger, da dessen FDP-Sehne in der Mittelhand zwischen den beidseitigen Lumbrikalis-sehnen eingeschlossen ist, was Manske u. Lesker [12] anhand einer Kadaverstudie zeigen konnten. Wir sahen diese Verletzung v. a. bei Sportkletterern auf dem Boden einer chronischen Sehnedegeneration, dann auch mit teils schlechten postoperativen Ergebnissen [22].

Vier Faktoren bestimmen die Prognose der Avulsionsverletzung: Der Grad der Sehnenretraktion, die verbleibende Durchblutung der Sehne, die Länge des Intervalls zwischen Trauma und operativer Versorgung und das Vorhandensein sowie die Größe eines ossären Fragments [2]. Daraus ergeben sich nach Leddy u. Parker [10] 3 Typen, welche Prognose und Therapie bestimmen:

- Typ I ist charakterisiert durch eine Retraktion der Sehne in die Hohlhand. Die Vinculae sind rupturiert, die Durchblutung unterbrochen und eine operative Versorgung ist innerhalb von 7–10 Tagen notwendig.
- Bei der Typ-II-Verletzung zieht sich die Sehne bis zum PIP-Gelenk zurück und wird dort vom intakten Vinculum gehalten, wodurch die Durchblutung meist erhalten ist und somit auch eine spätere Reinsertion Erfolg versprechend ist.
- Typ-III-Verletzungen stellen den knöchernen Ausriss der FDP-Sehne an der Endphalanx dar und haben Dank des intakten Vinculum eine gute Prognose. Stumpfe Verletzungen treten zusätzlich an der Sehenscheide und den Ringbändern in Form von Rupturen auf ([5, 20, 21, 23]; **Abb. 4**).

Offene Sehnenverletzungen finden sich häufig in einem unfallchirurgisch-orthopädische Krankheitsgut und bedürfen der

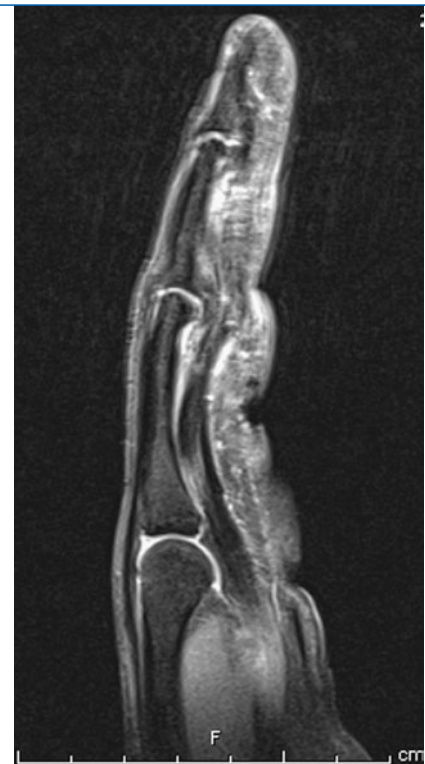
primären operativen Versorgung. Hierbei gilt es zu unterscheiden, ob eine komplette Durchtrennung oder nur eine Partiaalläsion vorliegt. Sehnteilrupturen, welche <60% des Gesamtquerschnitts betreffen, sollten nicht operativ versorgt werden [5]. Multiple Studien konnten in vivo und ex vivo biomechanisch belegen, dass die nicht versorgten partial rupturierten Sehnen eine höhere Reißfestigkeit aufwiesen ( $p < 0,05$ ) als die Versorgten [5]. Von diesen frischen Sehnenverletzungen sind chronisch degenerative Rupturen zu trennen, wie sie z. B. beim Rheumatiker auftreten. Gemischt degenerative, stumpfe Ausrisse sehen wir im eigenen Patientengut v. a. bei Sportkletterern. Bedingt durch die hochintensiven Belastungen in Zusammenhang mit einer chronischen Tenosynovitis (Peritendinose) und Tendinose (Endotendinitis) kommt es bei vergleichsweise harmlosen Belastungen zur Ruptur [22]. Nachdem hier zusätzlich zur schlechten arteriellen Versorgung der Sehne mikrostrukturelle Veränderungen hinzukommen, ist die Prognose oft mäßig (**Abb. 5, 6**).

### Verletzungen der Sehnscheide und der Ringbänder

Verletzungen der Sehnscheide und des Ringbandsystems sind eng mit Beugesehnenverletzungen verknüpft, da sie mit diesen eine funktionelle Einheit bilden [1, 5, 16, 18, 20, 23, 27, 30]. Bei offenen Verletzungen müssen diese soweit möglich rekonstruiert werden, um die biomechanische Effektivität und Nutrition der Sehne zu gewährleisten [5, 25]. Geschlossene Verletzungen v. a. der anulären Ringbänder aber auch der C-Bänder treten bei Sportlern (Kletterern) häufig auf [13, 16, 20, 21, 23], finden sich aber auch in einem normalen Patientenkollekt [19].

### Diagnostik

Während die klinische Diagnose bei offenen Verletzungen vergleichsweise einfach ist, kann sich dies bei geschlossenen Verletzungen schwieriger gestalten.



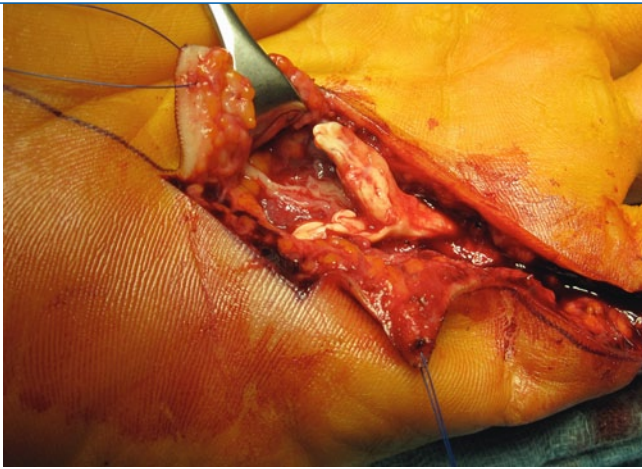
**Abb. 4** ▲ Stumpfe Beugesehnenruptur der Flexor-digitorum-profundus-Sehne auf Höhe der Mittelphalanx (Kletterer)



**Abb. 5** ▲ Beugesehnenruptur bei langjährigem Kletterer auf dem Boden einer chronischen Tendinose (Pfeil)

### Die Diagnose ist bei geschlossenen Verletzungen schwieriger

Gerade hier gilt es, nicht nur die Verletzung der Sehne zu diagnostizieren, sondern in Hinblick auf die operative Ver-



**Abb. 6** ◀ Beugesehnenruptur bei langjährigem Kletterer auf dem Boden einer chronischen Tendinose. Die Histologie ergab eine mukoide Degeneration mit zahlreichen Gefäßproliferaten und einer Siderose als Zeichen einer älteren Einblutung

Hier steht eine Anzeige.

 Springer

sorgung diese topographisch möglichst exakt zuzuordnen. In der klinischen Untersuchung von Schnittverletzungen gilt es zu bedenken, dass auch kleine Schnittverletzungen in der Tiefe erheblichen Schaden erwirken können und dass eine z. B. 90%ige Teilruptur zwar zunächst eine vorhandene Funktion zeigen kann, dann allerdings innerhalb weniger Tage bei entsprechender Belastung sekundär komplett rupturiert [5]. Die Funktion der FDS- und FDP-Sehnen sind getrennt zu untersuchen, einer Ringbandverletzung kann durch ein „Bogensehnenphänomen“ auffallen. Begleitverletzungen des Gefäß-Nerven-Bündels oder Eröffnungen des Gelenks mit Verletzungen der palmaren Platte sind unbedingt auszuschließen.

Neben der klinischen Untersuchung hat sich die Sonographie und die MRT v. a. bei der Detektion von geschlossenen Verletzungen sowie zur Beurteilung von Verletzungen der Sehnenscheide und der Ringbänder etabliert. Die Sonographie erfolgt in Längs- und Querschnitten mittels linearem Schallkopf (10–13 MHz) mit Vorlaufstrecke in Form eines Gelkissens oder im Wasserbad [13, 20]. Wesentlicher Vorteil der Sonographie ist die Möglichkeit einer dynamischen Untersuchung. Zusätzlich lassen sich entzündliche Prozesse sehr gut darstellen und auch z. B. eine Beugesehnenscheidenphlegmone gut beurteilen [14].

Zur Diagnostik der Ringbandverletzung erfolgt die Untersuchung in sog. „forcierter Flexion“, d. h. durch aktiven Gegendruck des Fingers auf den Schallkopf [20]. Dadurch lässt sich der bei Bandruptur vorhandene vergrößerte Abstand

zwischen Beugesehnen und Knochen gut quantifizieren [20]. Als weiteres Diagnostikum steht die MRT zur Verfügung [4, 13], und kommt im eigenen Vorgehen immer dann zum Einsatz wenn die Sonographie keine eindeutige Aussage ergibt. Die MRT erlaubt allerdings eine bessere Abgrenzung entzündlicher Prozesse gegenüber posttraumatischen Ödemen.

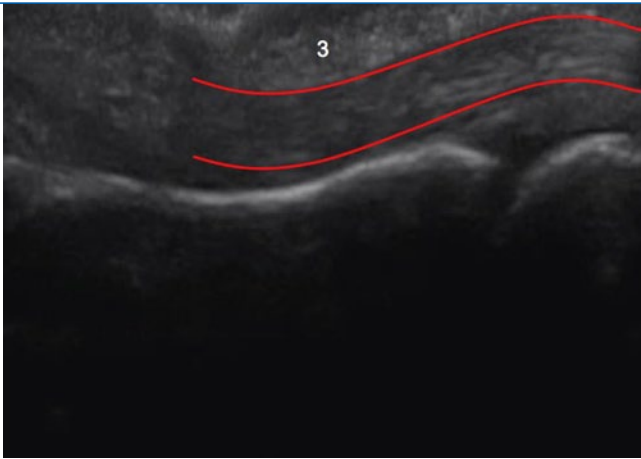
### Therapie

Im Folgenden sollen die wesentlichen therapeutischen Vorgehensweisen dargelegt werden. Schwerpunkt wird auf vergleichsweise seltenere Verletzungen gelegt, da die Behandlung von z. B. offenen Beugesehnen durchtrennungen standardisiert und bereits anderweitig sehr gut dargestellt ist [5, 6, 11, 15, 27, 29, 30].

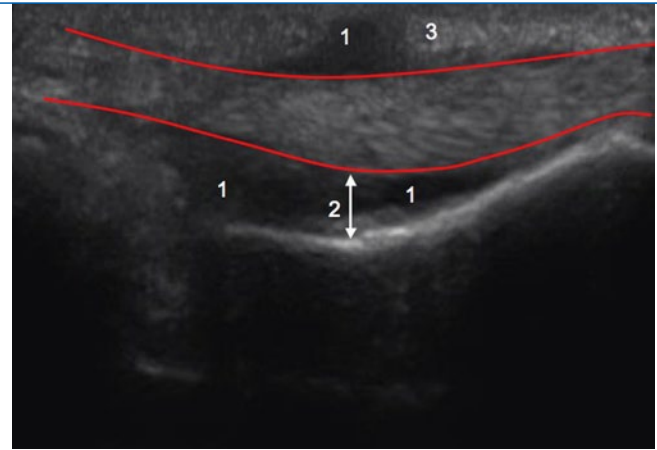
### Strecksehnenverletzungen

Stumpfe Strecksehnenaurisse am Fingergelenk (Mallet-Finger; Zone I nach Verdan [26]) können konservativ mittels „Stack-Schiene“ versorgt werden, wenn es sich nur um Teilrupturen handelt, bei welchen die seitlich gelegenen Fasern der Landsmeer-Bänder (Lig. retinaculare obliquum) intakt sind [15]. Bei einem Streckdefizit von  $>45^\circ$  wird die rupturierte Sehne gleich einer offenen Verletzung chirurgisch versorgt [2]. Eine reine perkutane Spickung in Überstreckstellung empfiehlt sich nicht [15]. „Mallet-Frakturen“ werden mittels Schraube-, Zuggurtungs- oder Drahtosteosynthese versorgt.

Bei der Sehnennaht gilt es, die spezielle Form der Strecksehnen zu berücksichtigen. Je weiter vom Muskelbauch



**Abb. 7** ▲ Sonographie im Längsschnitt eines intakten Sehnencheiden-Ringband-Systems (3 intaktes Ringband)



**Abb. 8** ▲ Sonographie im Längsschnitt einer frischen A2-Ringbandruptur im Grundgliedbereich eines Langfingers mit Hämatom (1) und (2) deutlich vergrößertem Abstand der Beugesehnen zum Knochen (3 rupturiertes Ringband)

entfernt, desto flacher wird die Strecksehne im Querschnitt. Daher sind Nahttechniken wie bei Beugesehnen mit Zentralnaht und zirkulärer Feinadaptation nicht möglich [27]. Bei offenen Verletzungen sollte die Verletzungswunde als Zugang benutzt werden und Z-förmig verlängert werden. Aufgrund des Sehnenquerschnitts empfehlen sich mehrere U-Nähte, ggf. in Kombination mit Feinadaptation durch PDS (5-0, 6-0). Bei Versorgungen des Tractus intermedius (PIP-Gelenk) bzw. Strecksehnenverletzungen auf Endgelenkhöhe sollte die Naht durch eine temporäre Kirschner-Drahtarthrodese (Stärke 0,8-1,0; 6 Wochen, Neutral-Null-Stellung) gesichert werden. Der Draht sollte diagonal durch den Gelenkspalt eingebracht werden und nicht längs durch die Fingerkuppe [15]. Die Technik der Lengenmann-Drahtnaht wird nicht mehr empfohlen [15, 27]. Strecksehnenverletzungen der Hand benötigen die weitere Ruhigstellung in der „Intrinsic-plus-Stellung“. Bei Mitverletzung der Fingergelenke sind diese entsprechend zu revidieren und die Gelenkkapsel zu nähen.

Subluxation- und Luxationen der Strecksehnen auf Höhe der MCP-Gelenke werden meist erst sekundär vorstellig und benötigen die operative Naht oder sekundäre plastische Rekonstruktion [2].

### Beugesehnenverletzungen

Offene Beugesehnenverletzungen bedürfen der chirurgischen Intervention, die von einem handchirurgisch ausgebildeten

Operateur unter Einsatz von Lupenbrille durchgeführt werden sollte [27]. Die operative Versorgung sollte unter Blutsperre in Allgemeinnarkose oder Plexusanästhesie im Operationssaal unter perioperativer Antibiotikagabe durchgeführt werden. Nachdem Beugesehnenverletzungen häufig mit Verletzungen des Gefäß-Nerven-Bündels einhergehen, muss dieses intraoperativ sicher dargestellt werden [3, 5, 6, 7, 11, 25, 27, 29, 30]. Empfohlen wird die palmare Inzision nach Bruner mit anschließender Kernnaht mit geflochtenem, nichtresorbierbarem 4-0-Faden in der Technik nach Kirchmayr-Kessler, mod. nach Zechner [29].

Es folgt die anschließende Adaptationsnaht als „running suture“ mit monofilem 6-0-Faden, welcher resorbierbar oder nicht resorbierbar gewählt werden kann [3, 5, 6, 7, 27, 29, 30]. Falls hierzu Ringbänder geöffnet werden müssen, sollten diese doppelt türflügelartig eröffnet und im Sinne einer Erweiterungsplastik wieder vernäht werden [6]. Bei ausgedehnter Retraktion des proximalen Sehnenstummels kann dieser mittels Hilfsinzision auf einen durch das Sehnencheiden-Ringband-System durchgezogenen flexiblen Katheter aufgenäht und so nach distal gezogen werden [2]. Stumpfe Beugesehnenaurisse werden genäht, oder bei knöcherner Avulsion transossär (ggf. mit periostalem Lappen [2]) reinsertiert. Bei erheblichen Degenerationen der Sehne ist die primäre Endgelenkarthrodese zu erwägen; falls degeneratives Sehnenewebe reseziert wird,

muss die Sehne mittels Z-Plastik oder durch Sehnenrezession am Unterarm verlängert werden.

### Verletzungen von Sehnen Scheide und Ringbandsystem

Verletzungen der Sehnen Scheide und des Ringbandsystems sind eng mit Beugesehnenverletzungen verknüpft, da sie mit diesen eine funktionelle Einheit bilden [1, 5, 16, 18, 20, 23, 27, 30], (■ **Abb. 7, 8**). Offene Verletzungen sollten ggf. unter Verlängerung rekonstruiert werden. Die Therapie von geschlossenen Ringbandverletzungen erfolgt nach dem Algorithmus in ■ **Abb. 9**.

### ► Singuläre Ringbandverletzungen werden konservativ und Mehrfachverletzungen operativ versorgt

Hierbei werden singuläre Ringbandverletzungen konservativ und Mehrfachverletzungen operativ mittels Ringbandplastik (Plamaris-longus-Transplantat als 1 1/2-Loop nach Widstrom oder Retinaculum-extensorum-Flap nach Lister bzw. Gabl [20]) versorgt.

### Nachbehandlung

Strecksehnenverletzungen erfordern eine Ruhigstellung (Transfixation bzw. Schiene in „Intrinsic-plus-Stellung“; [2, 5, 15, 27]). Neuere Trends diskutieren eine dynamische Nachbehandlung in einer Art

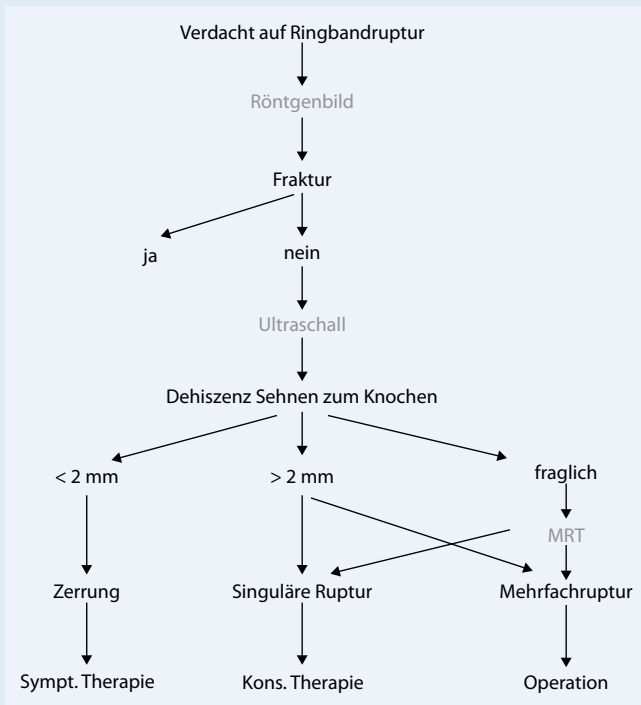


Abb. 9 ▲ Algorithmus der Ringbandverletzung [20]

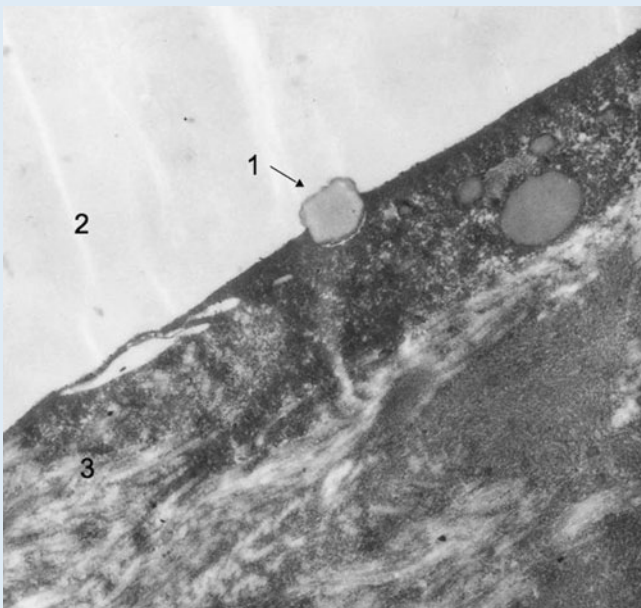


Abb. 10 ▲ TEM-Aufnahme eines A2-Ringbandes (humaner Kadaver) im Querschnitt: Abschnürung eines Hyaluronsäurevesikels (1) in den peritendinösen Raum (2) aus der Oberflächenmatrix des Ringbandes (3). Darunter liegt kollagenreiches Gewebe. (Mit freundl. Genehmigung von I. Schöffl, Institut für Anatomie I, FAU Erlangen-Nürnberg)

umgekehrter Kleinert-Schienenbehandlung [15]. Die Studien zeigen hierbei tendenziell vergleichbare Ergebnisse für Verletzungen in den Zonen II–IV nach Verdán [26]. Für die Zonen V–VII scheint die dynamische Nachbehandlung überlegen zu sein [15].

Die Nachbehandlung von Beugesehnenverletzungen folgt dem Schema der dynamischen Frühmobilisierung von Kleinert [9], die eine passive Beugung mittels Gummizügel und aktive Streckung ermöglicht [3, 5, 6, 7, 27, 29, 30]. Hierbei wird die Flexion im Handgelenk

der Schiene schrittweise reduziert, nach 3 Wochen kann die Zügelung auf einen sog. „Kleinert-Verband“ erfolgen. Freifunktionelle Bewegung war nach 5 Wochen, volle Belastung nach 3–4 Monaten möglich.

➤ **Angestrebt wird eine „intrinsische Sehnenheilung“**

Angestrebt wird eine „intrinsische Sehnenheilung“, welche einer intermittierenden Zugbelastung bedarf [6], erreicht durch das Prinzip der „early passive movement“ [3, 7, 30].

Neuere und progressivere Nachbehandlungsschemata sehen eine aktive Bewegung der Sehne unmittelbar postoperativ vor, sind bis jetzt aber noch nicht etabliert [30].

Lohmeyer et al. [11] evaluierten Therapiestandards nach kombinierten Beugesehnen- und Nervenverletzung der Hand an deutschen handchirurgischen Zentren. Hierbei wurden isolierte Beugesehnenverletzungen der Zone II–IV von allen befragten Zentren fröhodynamisch nachbehandelt, kombinierte Verletzungen zu 55% der Befragten unverzögert dynamisch nachbehandelt. Die Nachbehandlung nach Ringbandplastik erfolgt im eigenen Vorgehen mittels initialer 2-wöchiger Ruhigstellung und dann frühfunktionell mittels Ringbandschutz zunächst durch thermoplastischen Ring, dann durch H-Tape [20].

**Prognose und Komplikationen**

Gefürchtete Komplikation v. a. der Beugesehnenchirurgie sind Adhäsionen, daneben die Nahtdehiszenz, evtl. auf dem Boden einer verfrühten aktiven Beübung [25]. Diese sind v. a. Ausdruck einer extrinsischen Sehnenheilung, gekennzeichnet durch eine ausgeprägte inflammatorische Phase mit Migration von Fibroblasten aus dem Paratenon [24]. Für die dagegen erwünschte intrinsische Sehnenheilung ist ein intaktes System aus Sehnen-scheide und Ringbändern essentiell. Dieses produziert und erhält ein synoviales Milieu, welches die Sehnenheilung unterstützt, bis sich das vaskuläre System regeneriert hat. Während die Sehne gegen die Ringbänder reibt, wird nutritive

synoviale Flüssigkeit in die Tenozyten gepumpt und vermeidet damit Adhäsionen [25]; **Abb. 10**).

In vielen Arbeiten werden etwa 70% sehr gute Ergebnisse nach Beugesehnennähten berichtet, was sich auch mit den Zahlen von Brug [6] deckt. Dieser berichtet anhand von 258 Patienten über 71,8% sehr gute, 13% gute und 8,8% schlechte Ergebnisse entsprechend dem Buck-Gramcko-Score [6]. Nach Geldmacher sind auch bei idealen Voraussetzungen nur in <90% sehr gute Ergebnisse zu erwarten, bei schlechtem Ausgangsbefund bei nur 13% [6]. Stumpfe und degenerative Avulsionsverletzungen der Beugesehnen haben eine deutlich schlechtere Prognose [25].

Verschiedene Agenzien wurden innerhalb von Studien evaluiert, welche die Gleitfähigkeit nach Beugesehnennähten verbessern und Adhäsionen vermeiden sollten.  $\alpha$ -Amino-Propionitrile wurde verwendet, da es die Quervernetzung von Kollagen hemmen soll, zeigte sich aber als toxisch [25]. Auch D-Penicillamin, Cis-hydroxyproline, Tiamcinolone, Polyvinylpyrolidone u. a. konnten keinen sicheren Effekt zeigen, bzw. erwiesen sich als nicht praktikabel [25]. Hyaluronsäure vermag evtl. die intrinsische Sehnenheilung zu verbessern, die Ergebnisse innerhalb verschiedener Studien waren aber bis dato nicht konstant (**Abb. 10**; [25]).

Neben der gefürchteten Bildung von Adhäsionen und der daraus folgenden Notwendigkeit von intensiver Krankengymnastik, Quengelbehandlung und Tenolysen sind Kontrakturen, Sekundärrupturen, Ringbandversagen, Schnappfinger und Infektionen gefürchtete Komplikationen. Beim Versagen des Ringbandsystems durch entweder eine sekundäre Ruptur oder eine mangelhafte initiale Rekonstruktion ergibt sich die Indikation zur sekundären Ringbandplastik [20, 25].

## Sehnersatztransfers

Falls Beugesehnenläsionen nicht primär versorgt wurden muss eine sekundäre Rekonstruktion erfolgen. Ob eine ein- oder zweizeitige Sehnenrekonstruktion notwendig ist, entscheidet sich v. a. nach Lokalisation, Ausmaß an Narbengewebe, Intaktheit des Ringbandsys-

tems etc. [5, 7]. Bereits 1912 berichtete Lexer von freien Sehnentransplantaten [5], 1918 forderte Bunnel eine atraumatische Operationstechnik, die Verwendung der Palmaris-longus-Sehne, sowie eine Blutleere und Schonung des Ringbandsystems zur sekundären Rekonstruktion [5]. Heutzutage wird, auch wenn nicht einheitlich, meist immer noch die Sehne des M. palmaris longus verwendet [5, 7]. Diese ist zu 85% vorhanden [5]. Alternativ bietet sich die Plantarissehne an, welche zu 93% vorhanden ist [5]. Weitere Alternative sind Strecksehnen von Fingern und Zehen oder z. B. die FDP-Sehne des 5. Fingers [5, 25]. Die weitere Rekonstruktion erfolgt dann entweder einzeitig oder zweizeitig nach zunächst Rekonstruktion des Beugesehnenkanals über Silastikstabeinlage und sekundäre Transplantation. Weitere Möglichkeiten ergeben sich durch Sehnentransfers und motorische Ersatzoperationen, welche aber den Rahmen der vorliegenden Arbeit sprengen würden.

## Fazit für die Praxis

- Offene und geschlossene Sehnenverletzungen der Hand (v. a. Beugesehnenverletzungen) sind ernstzunehmende Verletzungen, die in die Hand des Erfahrenen gehören.
- Neben den offenen Verletzungen gilt es nach geschlossenen Verletzungen zu fahnden und diese ebenso konsequent zu therapieren. Hier kann die Sonographie und die MRT bei diagnostischer Unsicherheit eine große Hilfestellung geben.
- Neben der konsequenten initialen Therapie ist die Nachbehandlung für das Gesamtergebnis extrem wichtig und bedarf einer intensiven Zusammenarbeit zwischen Arzt und Patient, flankiert durch physio- und ergotherapeutische Therapie.

## Korrespondenzadresse

**PD Dr. V. Schöffl**

Sektionen Sportorthopädie – Sporttraumatologie – Sportmedizin und Chirurgie der oberen Extremität, Klinik für Orthopädie und Unfallchirurgie, Klinikum Bamberg  
Burgerstraße 80, 96049 Bamberg  
Volker.schoeffl@me.com

**Interessenkonflikt.** Der korrespondierende Autor gibt an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

## Literatur

1. Angermann P, Lohmann M (1993) Injuries to the hand and wrist. A study of 50,272 injuries. *J Hand Surg Br* 18:642–644
2. Aronowitz ER, Leddy JP (1998) Closed tendon injuries of the hand and wrist in athletes. *Clin Sports Med* 17:449–467
3. Bell Krotoski JA (2002) Flexor tendon and peripheral nerve repair. *Hand Surg* 7:83–100
4. Bencardino JT (2004) MR imaging of tendon lesions of the hand and wrist. *Magn Reson Imaging Clin North Am* 12:233–247
5. Boyer MI, Strickland JW, Engles D et al (2003) Flexor tendon repair and rehabilitation: state of the art in 2002. *Instr Course Lect* 52:137–161
6. Brug E (1997) Die primäre Versorgung von Beugesehnenverletzungen der Hand. *Unfallchirurg* 100:602–612
7. Hernandez JD, Stern PJ (2005) Complex injuries including flexor tendon disruption. *Hand Clin* 21:187–197
8. Kettelkamp DB, Flatt AE, Moulds R (1971) Traumatic dislocation of the long-finger extensor tendon. A clinical, anatomical, and biomechanical study. *J Bone Joint Surg Am* 53:229–240
9. Kleinert HE, Kutz JE, Atasoy E et al (1973) Primary repair of lacerated flexor tendons in „no-man’s land“. *J Bone Joint Surg Am* 49:577
10. Leddy JP, Packer JW (1977) Avulsion of the profundus tendon insertion in athletes. *J Hand Surg* 2:66–69
11. Lohmeyer JA, Siemers F, Mailänder P (2009) Therapiestandards nach Beugesehnen- und Nervenverletzungen der Hand. *Unfallchirurg* 113:203–209
12. Manske PR, Leske PA (1978) Avulsion of the ring finger flexor digitorum profundus tendon: an experimental study. *Hand* 10:52–55
13. Martinoli C, Bianchi S, Cotten A (2005) Imaging of rock climbing injuries. *Semin Musculoskelet Radiol* 9:334–345
14. McGeorge DD, McGeorge S (1990) Diagnostic medical ultrasound in the management of hand injuries. *J Hand Surg Br* 15:256–261
15. Partecke B-D, Peterhof G (1998) Die Versorgung und Nachbehandlung von Strecksehnenverletzungen an der Hand. *Unfallchirurg* 101:807–812
16. Roloff I, Schöffl V, Vigouroux L et al (2006) Biomechanical Model for the determination of the forces acting on the finger pulley system *J Biomech* 39:915–923
17. Schmidt HM, Lanz U (2003) *Chirurgische Anatomie der Hand*. Hippokrates, Stuttgart
18. Schöffl I, Oppelt K, Jüngert J et al (2009) The influence of concentric and eccentric loading on the finger pulley system. *J Biomech* 42(13):2124–2128
19. Schöffl V, Jüngert J (2006) Closed flexor pulley injuries in non-climbing activities. *J Hand Surg Am* 31:806–810
20. Schöffl V, Schöffl I (2006) Injuries to the finger flexor pulley system in rock climbers – current concepts. *J Hand Surg Am* 31:647–654
21. Schöffl V, Schöffl I (2010) Isolated cruciate pulley ruptures in rock climbers. *J Hand Surg Eur* 35:245–246
22. Schöffl V, Schöffl I (2007) Finger pain in rock climbers: reaching the right differential diagnosis and therapy. *J Sports Med Phys Fitness* 47:70–78

23. Schweizer A, Frank O, Ochsner PE et al (2003) Friction between human finger flexor tendons and pulleys at high loads. *J Biomech* 36:63–71
24. Strickland JW (2005) The scientific basis for advances in flexor tendon surgery. *J Hand Ther* 18:94–110; quiz 111
25. Taras JS, Gray RM, Culp RW (1994) Complications of flexor tendon injuries. *Hand Clin* 10:93–109
26. Verdan CE (1966) Primary and secondary repair of flexor and extensor tendon injuries. In: Flynn JE (Hrsg) *Hand Surgery*. Williams & Wilkins, Baltimore, S 220–242
27. Voigt C (2002) Sehnenverletzungen an der Hand. *Chirurg* 73:744–767
28. Von Zander W (1891) Trommerlahmung. Medizinische Fakultät, Berlin
29. Werber KD (2005) Beugesehnenverletzungen der Hand. *Unfallchirurg* 108:873–882
30. Werdin F, Schaller HE (2008) Combined flexor tendon and nerve injury of the hand. *Orthopade* 37:1202–1209

### Global Year against Acute Pain beginnt

Schmerzen sind in der Natur überlebenswichtig – akute Schmerzen im Krankenhaus in den meisten Fällen dagegen nicht: Hier verlangsamen sie zum Beispiel den Heilungsprozess nach einer Operation, verursachen Komplikationen und werden nicht selten chronisch, wenn sie unzureichend behandelt werden.

Die Internationale Schmerzgesellschaft IASP (deutsche Sektion ist die DGSS) widmet daher das nächste „Global Year against Pain“, das am 18. Oktober beginnt, dem Kampf gegen akute Schmerzen.

Internationale Studien haben gezeigt, dass die Therapie von akuten Schmerzen noch weit hinter dem zurückliegt, was wünschenswert wäre. Obwohl ein ausreichendes Schmerzmanagement im Krankenhaus machbar ist, wird es in den meisten Fällen noch nicht umgesetzt.

Mehr als 80% der Patienten in deutschen Krankenhäusern erleiden unnötig starke Schmerzen. Das hat eine Befragung bei über 4.000 Patienten durch das Team des Projekts „Schmerzfreies Krankenhaus“ 2004 bis 2006 ergeben. Sowohl auf konservativen als auch auf chirurgischen Stationen gaben mehr als die Hälfte der Patienten an, unerträgliche Schmerzen zu haben. Nicht zuletzt liegen chronischen Schmerzen oft mangelhaft behandelte akute Schmerzen zugrunde. Ist der Schmerz erst einmal chronisch geworden, durchleiden Patienten oft jahrelange Leidensgeschichten und verursachen hohe Kosten für die Sozialkassen.

Die internationalen Schmerzexperten fordern daher eine bessere Therapie akuter Schmerzen in Notaufnahmen, im Krankenhaus, nach Operationen und an der Schnittstelle zwischen Krankenhaus und hausärztlicher Versorgung. Sie fordern u.a. mehr Studien zum Akutschmerzmanagement, die unter realistischen Bedingungen durchgeführt werden. Leitlinien zum Schmerzmanagement sollen in einer Sprache verfasst sein, die für alle Mitglieder medizinischer Teams verständlich ist, und vor Ort verfügbar sein.

Neben der Umsetzung ist – auch in Deutschland – die Bezahlung der Akutschmerztherapie in Krankenhäusern ein weiteres Problem, da zusätzliche Erlöse für eine

komplexe Akutschmerztherapie nicht vorgesehen sind. So fehlen in vielen Kliniken auch finanzielle Möglichkeiten für die Akutschmerzbehandlung, die somit immer noch auf das Engagement einzelner Personen und klinikinterner Absprachen angewiesen ist. Akutschmerzmanagement soll Pflichtbestandteil der Ausbildung für Mediziner und Pflegepersonal werden.

### Aktivitäten in Deutschland

Wissenschaftliche und klinische Akutschmerzexperten u.a. aus der Deutschen Gesellschaft zum Studium des Schmerzes e.V. (DGSS), der Deutschen Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin (DGAI) und der Deutschen Gesellschaft für Chirurgie (DGCH) arbeiten seit Jahren an neuen und effektiven Therapiemöglichkeiten und geeigneten Umsetzungsstrategien im Rahmen der Akutschmerztherapie. Der Arbeitskreis Akutschmerz der DGSS führt seit mehreren Jahren bundesweit einen Intensivkurs Akutschmerztherapie durch.

Klinisch ziehen seit einigen Jahren Chirurgen und Anästhesisten gemeinsam an einem Strang, um die Therapie akuter postoperativer Schmerzen voranzutreiben; offizielles Organ hierfür ist ein vor einigen Jahren gegründeter gemeinsamer Arbeitskreis postoperativer Schmerzen der DGAI und DGCH mit ihren Berufsverbänden. Die DGSS stellt darüber hinaus allen Medizinfakultäten ein 14-stündiges Kerncurriculum Schmerztherapie zur Verfügung, das von vielen schon eingesetzt wird. Die DGSS plant im Global Year against Acute Pain folgende Veranstaltungen und Aktionen:

- Tag des Akutschmerzes: Ein Aktionstag für Patienten und ihre Angehörigen
- Spezielles Symposium zum Globalen Jahr des Akutschmerzes im Mai/Juni 2011 in Berlin
- Lokale Aktionen an Kliniken in Deutschland

**Mehr Informationen:** <http://www.dgss.org>  
und: <http://www.iasp-pain.org>