Versorgung von frischen Beugesehnenverletzungen

Eine differenzierte Fingerfunktion setzt das optimale Zusammenspiel des tiefen und oberflächlichen Beugesystems sowie die intakte Funktion des Streckapparats voraus. Eine inadäquate Versorgung von Beugesehnenverletzungen kann zu schwerwiegenden Einschränkungen der Greiffunktion bis hin zum Funktionsverlust der betroffenen Hand führen. Historisch gesehen besitzen Beugesehnenverletzungen seit jeher einen hohen therapeutischen Anspruch. Heutzutage ist eine möglichst zeitnahe Versorgung innerhalb von wenigen Tagen von zentraler Bedeutung. Dieses Vorgehen kommt v. a. bei Verletzungen in der Zone II zum Tragen, weshalb sich die folgende Darstellung auf die Behandlung in dieser Zone konzentriert.

Epidemiologie

Beugesehnenverletzungen zeigen eine Berufsassoziation von bis zu 25 % [7]. Im Hinblick auf die geschlechtsspezifische Verteilung findet sich bei Männern eine 4fach höhere Verletzungsrate verglichen mit Frauen [3]. Auch ist eine altersabhängige Beziehung mit einer maximalen Inzidenz für Männer vom 2. bis zum 4. Lebensjahrzehnt und sodann absteigender Häufigkeit mit zunehmendem Lebensalter nachzuweisen [3, 7]. Beugesehnenverletzungen sind zumeist an nur einem Finger lokalisiert und treten mit Abstand am häufigsten in der Zone II auf (ca. 20 %; [7]). Hinsichtlich der Lokalisation ist außerdem festzustellen, dass v. a. die tiefen Beugesehnen des Zeige- und Kleinfingers mit je 15 % von Verletzungen betroffen sind [7]. Insgesamt beträgt die Inzidenz von Beugesehnenverletzungen etwa 1 % aller

Handverletzungen [9]. Angesichts der hohen Anzahl von Handverletzungen in der Primärversorgung ist dies eine nicht zu unterschätzende Zahl mit bedeutenden sozioökonomischen Folgen, da wegen der Nachbehandlungszeit von etwa 3 Monaten ein entsprechender Ausfall der beruflichen Tätigkeit resultiert.

Anatomie

Die anatomischen Kenntnisse des Beugesehnenapparats stellen eine unabdingbare Grundlage für die Diagnostik dar. Prinzipiell unterscheidet man zwischen dem extrinsischen und intrinsischen Beugesystem. Die extrinsische Muskulatur wird weiterführend in die oberflächlichen und tiefen Beugesehnen (M. flexor digitorum superficialis et profundus [FDS et FDP]) unterteilt. Die einzige extrinsische Beugesehne des Daumens ist die Sehne des M. flexor pollicis longus (FPL). Die Namensgebung in oberflächlich und tief ist nur bedingt topografisch einwandfrei, da die tiefe Beugesehne auf Höhe des proximalen Grundgliedes durch das Chiasma der oberflächlichen Beugesehne hindurchtritt, um an der Endgliedbasis des jeweiligen Fingers zu inserieren (Abb. 1). So ergibt sich eine oberflächliche Lage der tiefen Beugesehne ab Grundgliedmitte. Die FDS hingegen inseriert mit einem ulnaren und radialen Zügel auf Höhe der Mittelgliedbasis. Nahe der Ansatzstelle der Beugesehnen am jeweiligen Finger finden sich Vincula, die Blutgefäße enthalten, die die Beugesehnen von dorsal versorgen.

Zur intrinsischen Muskulatur zählen unter anderem die Mm. lumbricales et interossei, die ihren Ansatz an der Dorsalaponeurose der jeweiligen Finger finden

und daher nur eine Beugung in den Metakarpophalangealgelenken bei Streckung der Finger in den Mittel- und Endgelenken bewirken. Aufgrund ihrer tiefen Lage sind diese nur bei ausgeprägten Verletzungen der Hand betroffen.

Die Sehnen der extrinsischen Muskulatur verlaufen am Finger in einer gemeinsamen Sehnenscheide (Vagina synovialis digitorum manus), die ein reibungsloses Gleiten ermöglicht. Durch die Bewegung der Sehnen in dieser entsteht ein Pumpeffekt, der Synovia in die Sehne transportiert und zur Ernährung des Sehnengewebes beiträgt. An den äußeren Hüllen der Sehnenscheide setzen ligamentäre Strukturen – Ringbänder (Ligg. anularia) und Kreuzbänder (Ligg. obliqua) – an, die ein palmares Abweichen der Sehnen bei Flexion verhindern.

Zoneneinteilung

Entsprechend der Verletzungslokalisation werden unterschiedliche therapeutische Optionen beschrieben [8, 9]. Die topografische Einteilung in 5 Zonen (Abb. 2), beruht auf den Untersuchungen von Verdan [26], wobei die Zonen am Daumen durch den Buchstaben „T“ gekennzeichnet werden.

Verletzungsursachen

Bei jeder Anamneseerhebung ist es essenziell, den Verletzungsmechanismus und die Art der Verletzung zu beschreiben, um mögliche Begleitverletzungen zu erfassen und ggf. eine weitere Diagnostik zu veranlassen. Auch aus versicherungsrechtlicher Sicht ist es – v. a. bei Arbeits-

Abb. 1 ◀ Anatomie der Beugesehnen auf Höhe des Chiasma tendineum. V Vincula, A1/A2 Ringbänder, FDP Flexor digitorum profundus, FDS Flexor digitorum superficialis. (Mit freundl. Genehmigung zur Verfügung gestellt von [18])

Abb. 3 ◀ Tonusveränderung am Ringfinger als Hinweis für eine Beugesehnenverletzung

Abb. 2 ▲ Zoneneinteilung der Beugesehnenverletzungen. (Adaptiert aus [17]; mit freundl. Genehmigung des Thieme Verlags)

unfällen – wichtig, den genauen Unfallhergang zu dokumentieren.

Grundsätzlich wird zwischen offenen und gedeckten Sehnenverletzungen unterschieden. In der Regel sind scharfe oder spitze Gegenstände jeglicher Art (Glassplitter, Sägen, Messer, scharfe Metallkanten etc.) Ursachen einer Beugesehnenverletzung [7]. Bei Schnittverletzungen ist stets darauf zu achten, in welcher Fingerposition die Gewalteinwirkung erfolgte: findet die Sehnendurchtrennung bei gebeugtem Finger statt, rutscht der körperferne Stumpf bei nachfolgender Streckung vom sichtbaren Verletzungsort weiter nach distal [11]. Bei Verletzungen am gestreckten Finger hingegen liegt der distale Stumpf nahe der Wunde, wobei häufig der proximale Anteil durch den Muskeltonus bis in die Hohlhand zurückgleiten kann. Die Kenntnis des Unfallmechanismus beeinflusst also die Schnitterweiterung.

Geschlossene Beugesehnenverletzungen sind vergleichsweise selten und zu meist durch eine unerwartete große Krafteinwirkung bedingt [9, 11]. Im Extremfall kommt es zum knöchernen Ausriss der tiefen Beugesehne aus der Endgliedbasis. Diese Entität ist rar, tritt jedoch am häufigsten beim Sport auf und wird auch als „Rugby-Finger“ bezeichnet. Prozentual gesehen betrifft dieses Verletzungsmuster zu rund 80 % den Ringfinger [9].

Beugesehnenverletzungen ohne adäquates Trauma können infolge bestehender Erkrankungen aus dem rheumatischen Formenkreis durch synovialitische Veränderungen bedingt sein [5]. Scharfkantige Knochenvorsprünge können zudem die Ruptur der entzündlich veränderten Sehne bewirken, wovon v. a. die lange Daumenbeugesehne betroffen ist (Mannerfelt-Syndrom; [5]). Degenerative Knochenveränderungen, etwa arthrotische Exophyten im Karpal-

kanal, und Morbus Kienböck sind als weitere Ursachen von Sehnenrupturen zu nennen [14, 16]. Auch einliegendes Osteosynthesematerial, wie z. B. bei palmar versorgter distaler Radiusfraktur, kann durch mechanische Irritation der darüber liegenden Beugesehnen zu einer gedeckten Verletzung führen [1, 4].

Diagnostik

Bei offenen Verletzungen erlaubt die genaue Lokalisation der Wunde bereits Rückschlüsse auf eine Sehnenbeteiligung. Bei Kleinkindern oder älteren Personen ist eine differenzierte motorische Prüfung oftmals nur erschwert möglich.

Im Ruhezustand zeigt die Hand einen zunehmenden Beugesehnentonus der Finger vom Zeigefinger hin zum Kleinfinger [5]. Jede Abweichung dieses Spannungsverlaufs ist Hinweis auf eine Beugesehnenverletzung (Abb. 3). Bei komplettem Tonusverlust eines Fingers ist eine kombinierte Durchtrennung beider Beugesehnen anzunehmen. Isolierte Durchtrennungen der FDS hingegen führen nur zu einer minimalen Veränderung der Fingerspannung, da die intakte FDP den Tonus aufrechterhält.

Folglich ist die Durchführung aktiver und passiver Tests zur Diagnosesicherung unerlässlich.

Die Beugung im Fingerendgelenk wird allein durch die FDP vollzogen. Bei Durchtrennung dieser – egal in welcher Zone – bleibt das Endgelenk beim Faustschluss gestreckt (Winfield-Zeichen; [9]). Die aktive Überprüfung der tiefen Beugesehne erfolgt bei Fixierung des Mittelgliedes und Aufforderung der Patienten, den jeweiligen Finger im Endgelenk zu beugen. Bei Teildurchtrennung der Sehne ist eine aktive Beugung noch möglich; bei Testung gegen Widerstand zeigt sich oftmals eine Schmerzsymptomatik.

Die Funktionsprüfung der FDS ist erheblich schwieriger, da auch die tiefe Beugesehne das Mittelgelenk beugt. Die Testung erfolgt daher nach einem funktionellen Ausschalten der FDP. Hierzu bedient man sich des sog. Quadrigaphänomens: Die benachbarten Finger werden in Überstreckung fixiert und die Patienten zur aktiven Beugung des zu untersuchenden Fingers aufgefordert. Die Beugung im Mittelgelenk erfolgt sodann alleinig durch eine intakte FDS. Am Kleinfinger sind anatomische Varianten der FDS häufig: In etwa 26 % ist diese an die FDS-4 gekoppelt und in bis zu 20 % sogar fehlend [22]. Ein negativer Test muss hier also nicht zwingend auf eine Durchtrennung der Sehne hinweisen. Besondere Aufmerksamkeit verdient auch der Zeigefinger. An diesem ist die FDP häufig nicht gekoppelt mit jener des Mittelfingers und formt in bis zu 20 % einen eigenständigen Muskelbauch, wodurch sie sich ebenso der Fixierung entzieht [28]. So kann durch Beugung des Mittelgelenks eine intakte FDS am Zeigefinger vorgetäuscht werden [9]. Deshalb ist eine Testung der FDS jeden Fingers gegen Widerstand zu empfehlen: Bei Beugung im Mittelgelenk von etwa 90° und kräftigem Zug am Mittelglied muss das Endgelenk an jedem Finger bei passiver Bewegung widerstandslos und locker beweglich sein. Ist dies nicht der Fall, erfolgt die Beugung über die FDP, die durch den angespannten Tonus die Endgelenkbeweglichkeit einschränkt (■ Abb. 4).

Bei nichtkooperativen Patienten kann der Tenodeseeffekt hilfreich sein [9]. Da-

Trauma Berufskrankh 2018 · 20 (Suppl 3):S171–S176
<https://doi.org/10.1007/s10039-018-0359-x>
 © Springer Medizin Verlag GmbH, ein Teil von Springer Nature 2018

I. A. Ederer · A. Nusche · A. Daigeler · C. Bösch

Versorgung von frischen Beugesehnenverletzungen

Zusammenfassung

Ziel der chirurgischen Versorgung von Beugesehnenverletzungen ist die frühzeitige Wiederherstellung der Kontinuität durch eine ausreichend stabile Naht, um eine frühfunktionelle passive oder aktive Behandlung zu erlauben und so Adhäsionen der Sehne – insbesondere im osteofibrösen Kanal der Finger – zu vermeiden. In den letzten Jahren wurde eine Vielzahl an Nahttechniken in den unterschiedlichsten Modifikationen beschrieben. Im Sinne „je mehr Nahtmaterial, desto stabiler“ wurde der Fokus auf die Erhöhung der Stranganzahl der Kernnaht gelegt, um frühzeitig aktive Nachbehandlungskonzepte zu erlauben. Trotz der höheren initialen biomechanischen Stabilität dieser Nahttechniken in experimentellen Studien konnte in

klinischen Übersichtsarbeiten hinsichtlich der Rupturrate kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen Zweistrang- und Mehrstrangnähten nachgewiesen werden. Auch bezüglich des funktionellen Ergebnisses war keine Überlegenheit der Mehrstrangtechniken gegenüber den Zweistrangtechniken nachzuweisen. Dementsprechend gibt es bis heute, abgesehen von einer stabilen Kernnaht und einer glättenden Feinadaptation, keinen Goldstandard hinsichtlich der idealen Nahttechnik oder des optimalen Nahtmaterials zur Versorgung von Beugesehnenverletzungen.

Schlüsselwörter

Nahttechnik · Ergebnisse · Zweistrangnaht · Vierstrangnaht · Ruptur

Management of acute flexor tendon injuries

Abstract

The aim of acute flexor tendon repair is to establish a strong and stable suture, which enables a smooth gliding of the tendon and early mobilization to prevent postoperative adhesion formation. This is especially important in fingers which have fibrous tendon sheaths. The evolution of different suture techniques in the past decades provides an abundance of surgical options for primary flexor tendon repair. *In vitro* studies have shown that multistrand core sutures have enhanced biomechanical properties compared to two-strand core sutures. This achievement, however, was not demonstrated in clinical studies as there

was no statistically significant difference when looking at the outcomes of rupture rate and function between two-strand and multistrand core sutures. The published literature supports the use of a strong core suture and circumferential epitendinous suture to minimize complications; however, so far there has not been a consensus on the optimal suture technique or material for primary flexor tendon repair.

Keywords

Suture technique · Results · Two-strand suture · Four-strand suture · Rupture

runter versteht man eine zunehmende Beugung der Finger bei Streckung im Handgelenk und Streckung der Finger bei Beugung im Handgelenk. Dieser lässt sich durch Druck auf die Muskulatur der entsprechenden Sehnen am Unterarm verstärken. Nach Beugesehnen durchtrennungen ist der Tenodeseeffekt pathologisch. Auch tastbare Unregelmäßigkeiten im Sehnenverlauf bei gleichzeitiger passiver Bewegung des Fingers können auf eine Sehnenverletzung hinweisen.

Jede Handuntersuchung muss auch die Überprüfung der Sensibilität und

Durchblutung beinhalten. Begleitende Nerven- und Gefäßverletzungen sind aufgrund der anatomischen Lagebeziehung nicht selten und unbedingt präoperativ zu erfassen. Zusätzlich sollte ein Röntgenbild in 2 Ebenen angefertigt werden, um Fremdkörper, knöcherne Sehnenaustrisse oder Begleitfrakturen auszuschließen. Bei gedeckten Rupturen oder Verdacht auf Ringbandverletzungen ist die Sonographie ein zuverlässiges und meist gut verfügbares diagnostisches Verfahren.

Abb. 4 ◀ Funktionsüberprüfung der oberflächlichen Beugesehne gegen Widerstand: Das Endgelenk muss bei passiver Flexion (a) und Extension (b) leicht beweglich sein. Ansonsten erfolgt die Beugung im Mittelgelenk durch die Flexor-digitorum-profundus(FDP)-Sehne

Abb. 5 ◀ Atraumatisches Fixieren der Beugesehne mit Kanüle vor Beginn der Kernnaht (Schnittterweiterung nach Bruner)

Operative Therapie

Beugesehnenverletzungen sind möglichst zeitnah nach dem Trauma zu versorgen, um einer Ausbreitung der Keimbesiedlung entgegenzuwirken. Sollte eine primäre Versorgung in den ersten 24 h nach dem Trauma nicht möglich sein, ist eine spätprimäre Naht innerhalb von 14 Tagen anzustreben [11]. Ein definitiver Zeitpunkt, ab wann eine primäre Naht nicht mehr möglich ist, wird in der Literatur nicht beschrieben. Allerdings können beim Erwachsenen nach der 6. Woche aufgrund von Adhäsionen und der durch die Retraktion der Sehnenstümpfe hervorgerufenen Minderperfusion keine vergleichbaren Ergebnisse mehr erzielt werden [9]. Sehnennähte sollten von Operateuren mit handchirurgischer Erfahrung durchgeführt und im Bedarfsfall an ein Zentrum für Handchirurgie transferiert werden.

Die operative Versorgung erfolgt prinzipiell unter Lupenbrillenvergrößerung und Anlage einer Blutleere. Begleitverletzungen von Gefäßen oder Nerven erfor-

dern den zusätzlichen Einsatz des Operationsmikroskops und mikrochirurgischen Instrumentariums.

Schnittterweiterung

Schräg verlaufende Wunden können in eine Bruner-Schnittführung (▣ Abb. 5) integriert werden, bis ein Auffinden der Sehnenstümpfe und eine Versorgung von Begleitverletzungen möglich ist [4]. Bei quer über den Finger verlaufenden Verletzungen ist oftmals eine mediolaterale Schnittterweiterung durchzuführen, um einen Hautlappen mit hinreichender Breite zu bekommen. Beim Aufsuchen der Sehnenstümpfe ist auf ein äußerst gewebeschonendes Vorgehen zu achten, um postoperative Adhäsionen zu vermeiden [8]. Distale Sehnenenden lassen sich durch passives Beugen der Finger in die Verletzungszone befördern. Proximale Stümpfe werden durch Beugung im Handgelenk und zusätzliches „Ausmelken“ in die Wunde gebracht. Ist der Sehnenstumpf nicht auffindbar, muss eine Schnittterweiterung oder ein weite-

rer Zugang erfolgen. Um ein erneutes Zurückgleiten der Sehnen zu verhindern, können diese temporär mit Kanülen fixiert werden. Ausgefranzte Sehnenenden sollten vor der Naht geglättet werden. Es empfiehlt sich, einen Teil der Ausfranzung bis zur Vervollständigung der Naht zu belassen, um ebendort die Sehne zu fassen und somit eine atraumatische Fixierung zu gewährleisten [10]. Hinsichtlich der biomechanischen Stabilität bei Fingerbeugung ist auf eine Schonung der Ringbänder zu achten. Sollten diese die Versorgung oder danach das Gleiten der Sehne behindern, ist eine Verschmälerung, Ringbandplastik oder Aufspaltung zu empfehlen [8]. Einige Studien zeigen sogar, dass selbst die A2- und A4-Ringbänder gespalten werden dürfen, sofern die benachbarten Ringbänder in ihrer Kontinuität bestehen bleiben [13, 23, 24].

Nahttechnik

Ziel der operativen Versorgung von Beugesehnenverletzungen ist eine Naht mit ausreichender Stabilität und guter Gleitfähigkeit, um eine frühfunktionelle passive oder aktive Nachbehandlung zu erlauben. Grundsätzlich besteht die Sehnennaht aus einer Kernnaht und einer epitendinösen Adaptationsnaht.

Kernnaht

Bezüglich der Vielzahl an Nahttechniken werden sowohl Zweistrang- als auch Mehrstrangtechniken durchgeführt. Obwohl experimentelle Untersuchungen gezeigt hatten, dass Mehrstrangnähte zwar belastbarer sind als Zweistrangnähte,

Abb. 6 ▲ Zweistrangtechnik nach Kirchmayr-Kessler, in der Modifikation nach Zechner. **a** Anordnung der Nahttechnik, **b** Versenken des Knotens durch Längsinzision der Sehne

konnte die Analyse von Rupturraten in klinischen Studien der letzten 20 Jahre keinen signifikanten Unterschied zwischen Zweistrang- und Mehrstrangtechniken zeigen [24, 25]. Auch bezüglich der Nachbehandlung (aktiv oder passiv) konnte in Übersichtsarbeiten kein statistisch signifikanter Unterschied in den Gesamtkomplikationen gefunden werden [2, 19]. Unter der passiven Nachbehandlung betrug die Gesamtkomplikationsrate 13 % mit 4 % Rupturen und 9 % Bewegungseinschränkungen der betroffenen Finger. Bei aktiver Nachbehandlung lag die Gesamtkomplikationsrate bei 11 % mit 5 % Rupturen und 6 % Bewegungseinschränkungen [19]. Somit hatten passive Nachbehandlungsprotokolle eine statistisch signifikant niedrigere Rupturrate bei höherem Risiko einer Bewegungseinschränkung verglichen mit einer aktiven Nachbehandlung [19]. Bei aktiver Nachbehandlung fand sich kein statistisch signifikanter Unterschied bezüglich der Rupturrate bei Zweistrang- oder Mehrstrangtechniken [24]. Auch hinsichtlich des funktionellen Ergebnisses konnte für Mehrstrangtechniken keine Überlegenheit in klinischen Studien gezeigt werden [6]. Interessant ist jedoch, dass aktuell ein Trend zur Vereinfachung dieser komplexen Nahttechniken zu beobachten ist [24]. Das vermehrte Einbringen von Nahtmaterial in die Sehne vermag nicht nur die Gleitfähigkeit zu beeinflussen, sondern auch störende Effekte auf die Tenozytenaktivität und somit auf die Sehnenheilung zu haben [12, 24, 25]. So könnte es sein, dass die biomechanisch vermeintlich

perfekte Nahttechnik ihre Limitierung in den physiologischen Gegebenheiten der Sehnenheilung findet.

Wichtig für die Stabilität der Kernnaht ist das Setzen von Ankerpunkten und die Verwendung von Locking-Nähten [20]. Unter blockierenden Nähten versteht man, dass sich der querverlaufende Faden der intratendinösen Naht bei Längszug wie ein Lasso um das Sehnenbündel zieht [10]. Die Verankerung der Kernnaht sollte prinzipiell 7–10 mm von den Sehnenstümpfen entfernt liegen, da aufgrund von reparativen Vorgängen in der direkt angrenzenden Traumazone kein ausreichender Halt der Naht gegeben ist [8, 21]. Beim Setzen der Knoten ist darauf zu achten, diese nicht außerhalb der Sehne zu positionieren da dadurch die Gleitfähigkeit, z. B. durch ein Verhaken an den Ringbändern, beeinträchtigt werden kann [12]. Darum ist ein Versenken der Knoten innerhalb der Sehne anzustreben. Hierfür kann die Zweistrangtechnik von Kirchmayr-Kessler in der Modifikation nach Zechner als Beispiel dienen (■ Abb. 6; [30]). Weiterhin kontrovers bleibt jedoch die Frage, ob Knoten zwischen den Sehnenstümpfen zu liegen kommen sollen [10, 12]. Auch wenn dadurch eine gewisse Nahtdehizienz und Verminderung der Kontaktfläche der Sehnenstümpfe resultieren, wurde in einer *in vivo* Studie keine Reduktion der Nahtstabilität festgestellt, ja sogar vermutet, dass diese Knotenlage einen positiven Anreiz auf die Sehnenheilung hat [15].

Epitendinöse Naht

Eine zirkulär epitendinöse Naht dient dazu, minimale Lücken nach erfolgter Kernnaht zu schließen, um eine glatte Adaptation zu erreichen [24]. Als essenzielle Komponente der Sehnennaht trägt sie rund 10–50 % zu der Gesamtstabilität bei [8]. Auch hier stehen diverse Nahttechniken zur Verfügung, wie z. B. die einfach fortlaufende Naht nach Kleinert oder Kreuzstichnähte nach Lembrecht und Halsted [10, 27]. Trotz der biomechanischen Überlegenheit anderer Nähte wird die fortlaufende Ringnaht aufgrund ihrer Einfachheit sehr häufig verwendet [27, 29]. Entsprechend den beschriebenen Veränderungen in der unmittelbaren Traumazone soll die Naht mindestens 2 mm davon entfernt gesetzt werden [8, 27].

Nahtmaterial

Die Suche nach dem perfekten Nahtmaterial gestaltet sich ebenso schwierig wie jene nach der optimalen Nahttechnik. Trotz einer Vielzahl an biomechanischen Untersuchungen gibt es keinen einheitlichen Konsens darüber [24]. Die Auswahl beruht vielmehr auf der individuellen Erfahrung des Operateurs bzw. der jeweiligen Verfügbarkeit des Nahtmaterials. Neben der Reißfestigkeit sind v. a. eine geringe Reaktion mit dem umliegenden Sehngewebe und einfache Handhabung zu beachten [29]. Den häufigsten Einsatz finden nicht resorbierbare synthetische Nahtmaterialien, die eine gute Gleitfähigkeit aufweisen (z. B., Supramid® [B. Braun AG, Melsungen, Deutschland], Ethibond®, Ethilon®, Prolene® [alle drei: Ethicon-Germany / Johnson & Johnson Medical GmbH, Norderstedt, Deutschland]). Auch resorbierbare Fäden mit ausreichender Resorptionszeit (z. B. PDS® [Ethicon], Maxon® [Medtronic, Minneapolis, MN, USA]) eignen sich gut für Sehnennähte. Eine sehr hohe Stabilität bietet der FiberWire® (Arthrex, Naples, FL, USA) jedoch ist hier die geringere Knotensicherheit zu beachten [29].

Die Fadenstärke für die Kernnaht liegt in der Regel zwischen 3/0 und 4/0, wobei hinsichtlich der Rupturrate kein Un-

terschied zwischen einem 3/0- und 4/0-Faden aufgezeigt werden konnte [6]. Für Kernnähte nicht zu empfehlen sind Fäden der Stärke 5/0 [29]. Diese eignen sich jedoch sehr gut für epitendinöse Adaptationsnähte, wofür auch Fäden der Stärke 6/0 häufigen Einsatz finden.

Fazit für die Praxis

- Entsprechend der International Federation of Societies for Surgery of the Hand (IFSSH) liegt aktuell kein Goldstandard hinsichtlich der idealen Nahttechnik oder des optimalen Nahtmaterials vor.
- In groß angelegten Studien wurde hinsichtlich der Rupturrate und des funktionellen Ergebnisses kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen Zweistrang- und Mehrstrangtechniken nachgewiesen.
- Die aktive Nachbehandlung führt gegenüber der passiven zu geringfügig besseren funktionellen Ergebnissen auf Kosten einer leicht erhöhten Rupturrate unabhängig von der Anzahl der Kernnähte.
- Die Wahl zwischen einer Zweistrang- oder Mehrstrangnaht sowie dem postoperativen Nachbehandlungskonzept obliegt dem Operateur.
- Um ein zufriedenstellendes funktionelles Ergebnis zu erhalten, ist die frühzeitige aktive oder passive Nachbehandlung unerlässlich.

Korrespondenzadresse

Dr. med. univ. I. A. Ederer
Klinik für Hand-, Plastische, Rekonstruktive und Verbrennungschirurgie, BG Klinik Tübingen
Schnarrenbergstr. 95,
72076 Tübingen, Deutschland
iederer@bgu-tuebingen.de

Einhaltung ethischer Richtlinien

Interessenkonflikt. I.A. Ederer, A. Nusche, A. Daigeler und C. Bösch geben an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Dieser Beitrag beinhaltet keine von den Autoren durchgeführten Studien an Menschen oder Tieren.

The supplement containing this article is not sponsored by industry.

Literatur

1. Azzi AJ, Aldekhayel S, Boehm KS, Zadeh T (2017) Tendon rupture and tenosynovitis following internal fixation of distal radius fractures. *Plast Reconstr Surg* 139:717e–724e
2. Chesney A, Chauhan A, Kattan A et al (2011) Systematic review of flexor tendon rehabilitation protocols in zone II of the hand. *Plast Reconstr Surg* 127:1583–1592
3. Clayton RAE, Court-Brown CM (2008) The epidemiology of musculoskeletal tendinous and ligamentous injuries. *Injury* 39:1338–1344
4. Esenwein P, Sonderegger J, Gruenert J et al (2013) Complications following palmar plate fixation of distal radius fractures: a review of 665 cases. *Arch Orthop Trauma Surg* 133:1155–1162
5. Hahn P, Unglaub F, Spies CK (2015) Diagnostik der Beugesehnenverletzungen der Hand. *Orthopäde* 44:743–747
6. Hardwicke JT, Tan JJ, Foster MA, Tittley OG (2014) A systematic review of 2-strand versus multistrand core suture techniques and functional outcome after digital flexor tendon repair. *J Hand Surg Am* 39:686–695
7. de Jong JP, Nguyen JT, Sonnem AJM et al (2014) The incidence of acute traumatic tendon injuries in the hand and wrist: a 10-year population-based study. *Clin Orthop Surg* 6:196–202
8. Kamal RN, Yao J (2017) Evidence-based medicine. *Plast Reconstr Surg* 140:130e–139e
9. Langer M, Surke C, Wieskötter B (2011) Prinzipien der Sehnenbehandlung: Beugesehnen. In: Towfigh H, Hierner R, Langer M, Friedel R (Hrsg) *Handchirurgie*, 2. Aufl. Springer, Berlin, S 102–138
10. Langer MF, Oeckenpöhler S, Kösters C et al (2015) Nahttechniken der Beugesehnen der Hand. *Orthopäde* 44:748–756
11. Lögters TT, Windolf J (2015) Flexor tendon injuries. *OPJ* 31:160–166
12. Momose T, Amadio PC, Zhao C et al (2000) The effect of knot location, suture material, and suture size on the gliding resistance of flexor tendons. *J Biomed Mater Res* 53:806–811
13. Moriya K, Yoshizu T, Tsubokawa N et al (2016) Outcomes of release of the entire A4 pulley after flexor tendon repairs in zone 2A followed by early active mobilization. *J Hand Surg Eur Vol* 41:400–405
14. Niwa T, Uchiyama S, Yamazaki H et al (2010) Closed tendon rupture as a result of Kienbock disease. *J Plast Surg Hand Surg* 44:59–63
15. Pruitt DL, Tanaka H, Aoki M, Manske PR (1996) Cyclic stress testing after in vivo healing of canine flexor tendon lacerations. *J Hand Surg Am* 21:974–977
16. Rudigier J, Meier R (2014) Beugesehnenverletzungen. In: *Kurzgefasste Handchirurgie Klinik und Praxis*, 6. Aufl. Thieme, Stuttgart, S 192–209
17. Schünke M, Schulte E, Schumacher U (2009) Obere Extremität – Topographie der Muskulatur. In: *Prometheus – LernAtlas der Anatomie: Allg. Anatomie und Bewegungssystem*, 2. Aufl. Thieme, Stuttgart, S 324–347
18. Schweizer A. Das A2 Ringband und die Beugesehnnenscheide. <http://www.turntillburn.ch/cms/tbt/index.php?id=93&L=2%7C0>. Zugriffen: 03. Febr. 2018
19. Starr HM, Snoddy M, Hammond KE, Seiler JG (2013) Flexor tendon repair rehabilitation protocols: a systematic review. *J Hand Surg Am* 38:1712–1717
20. Strickland JW (1995) Flexor tendon injuries: I. foundations of treatment. *J Am Acad Orthop Surg* 3:44–54
21. Tan J, Tang JB (2004) Locking repairs for obliquely cut tendons: effects of suture purchase and directions of locking circles. *J Hand Surg Am* 29:891–897
22. Tan JS, Oh L, Louis DS (2009) Variations of the flexor digitorum superficialis as determined by an expanded clinical examination. *J Hand Surg Am* 34:900–906
23. Tang JB (2014) Release of the A4 pulley to facilitate zone II flexor tendon repair. *J Hand Surg Am* 39:2300–2307
24. The IFSSH Scientific Committee on Flexor Tendon Repair (2015) Trends in flexor tendon surgery over the last 10 years. *IFSSH Ezine* 5:21–34. <http://ifssh.info/ezine.html>. Zugriffen: 5. Febr. 2018
25. Thurman RT, Trumble TE, Hanel DP et al (1998) Two-, four-, and six-strand zone II flexor tendon repairs: an in situ biomechanical comparison using a cadaver model. *J Hand Surg Am* 23:261–265
26. Verdan CE (1960) Primary repair of flexor tendons. *J Bone Joint Surg Am* 42–A:647–657
27. Wieskötter B, Herbort M, Langer M et al (2018) The impact of different peripheral suture techniques on the biomechanical stability in flexor tendon repair. *Arch Orthop Trauma Surg* 138:139–145
28. Winkelman NZ (1983) An accessory flexor digitorum profundus indicis. *J Hand Surg Am* 8:70–71
29. Wu YF, Tang JB (2014) Recent developments in flexor tendon repair techniques and factors influencing strength of the tendon repair. *J Hand Surg Eur Vol* 39:6–19
30. Zechner W, Buck-Gramcko D, Lohmann H et al (1985) Überlegungen zur Verbesserung der Nahttechnik bei Beugesehnenverletzungen. *Klinische und Experimentelle Studie. Handchir Mikrochir Plast Chir* 17:8–13