

IX-3.6

Dissoziative Instabilitäten der proximalen Handwurzelreihe

T. O. ENGELHARDT, Innsbruck und H. KRIMMER, Ravensburg

Einleitung

Das Handgelenk ist aufgrund seines großen Bewegungsumfangs und der Fähigkeit, in jeder Position Kraft zu übertragen, in seiner Konstruktion einzigartig. Ermöglicht werden diese Eigenschaften durch Einschaltung der proximalen Handwurzelreihe als ein Zwischensegment (sog. Intercalated Segment), welches hohen, axialen Kräften zwischen distalem Unterarm und distaler Handwurzelreihe ausgesetzt ist. An der proximalen Handwurzelreihe setzt keine Muskulatur an. Die regelrechte Artikulation der Vielzahl an kleinen Gelenkflächen wird ausschließlich durch die Gelenkgeometrie und die Integrität des karpalen Bandapparates gewährleistet. Bereits durch leichte Inkongruenzen der Gelenkflächen können im Alltag Beschwerden verursacht werden.

Nach LICHTMAN (1997) wird der Karpus funktionell als ein unter Spannung stehender Ring betrachtet (*Abb. 1*). Die Spannung wird von einem komplexen Bandapparat aufgebaut, der die Bewegungsrichtung der Handwurzelknochen führt und den Bewegungsumfang beschränkt. Das Bandssystem wird in extrinsische, extraartikuläre Bänder, die fest mit der Gelenkkapsel verwachsen sind, und in intrinsische, intraartikuläre Bänder (z.B. Ligamentum scapholunatum = SL-Band, Ligamentum lunotriquetrum = LT-Band) zwischen den Handwurzelknochen mit kürzerer Faserlänge eingeteilt (*Abb. 2*) (TALEISNIK 1976).

Karpale Instabilitäten

Wurden früher auffällige Gefügestörungen des Karpus in einer konventionellen Röntgenaufnahme sichtbar, fasste man sie unter dem historischen Begriff „Karpale Instabilität“ zusammen (GILULA 1978). Das Verständnis zur Entstehung und zur Biomechanik der vielgestaltigen karpalen Instabilitäten hat sich jedoch in den letzten 20 Jahren differenziert und weiterentwickelt. Ein stabiles Gelenk besitzt per Definition die Eigenschaft, unter normaler Belastung die physiologische Lagebeziehung zwischen seinen Gelenkpartnern aufrechtzuerhalten. Im instabilen Gelenk ist das reguläre Zusammenspiel der Gelenkflächen gestört. Unter karpaler Instabilität versteht man daher heute eine komplexe Dysfunktion des Karpus, die aufgrund von abnormer Beweglichkeit (Dyskinematik) und Druckspitzen (Dyskinetik) Gelenkveränderungen und Beschwerden hervorrufen



Abb. 1: Darstellung des Karpus als stabiles Ringsystem nach LICHTMAN



Abb. 2: Dorsopalmare Röntgenbild des Handgelenks: Skapholunares und lunotriquetrales Band blau hervorgehoben

kann. Je nach Ausprägungsgrad werden dynamische Formen, die nur unter Belastung auftreten, von statischen Formen unterschieden, die bereits in Ruhe nachweisbar sind.

Klinisch können sich karpale Instabilitäten neben bzw. belastungsabhängigen Schmerzen als Klick- oder Schnapp-Phänomene bemerkbar machen. Obwohl karpale Instabilitäten meistens durch Verletzungen des Karpus verursacht werden, können die Gründe vielfältig sein (Tab. 1) (SCHMITT et al. 2004):

Tabelle 1: Mögliche Ursachen karpaler Instabilitäten

- Frakturen der Handwurzelknochen
- ligamentäre Verletzungen des Karpus
- chronische Überbelastung
- Chondrokalzinose (Kalzium-Pyrophosphat-Dihydrat-Ablagerungen)
- Hämochromatose
- rheumatoide Arthritis
- neurogene Erkrankungen (z. B. Syringomyelie)

Klassifikation der karpalen Instabilität

Bis heute sind viele wichtige Fragen zu den karpalen Instabilitäten unbeantwortet geblieben. Jeder Versuch der Klassifikation muss deshalb als noch nicht endgültig angesehen werden. Durchgesetzt hat sich vorerst die Einteilung des International Wrist Investigators' Workshop (IWIW). Die karpale Instabilität wird darin in drei verschiedene Muster eingeteilt (Tab. 2). Grundlage der Klassifikation ist die Kontinuität (nicht-dissoziative Instabilität) oder Diskontinuität (dissoziative Instabilität) der proximalen Handwurzelreihe (IWIW Committee 2002, AMADIO 1991).

Bei nichtdissoziativer karpaler Instabilität besteht durch eine Hypermobilität des Karpus eine Fehlartikulation der proximalen gegenüber der distalen Handwurzelreihe (mediokarpale Instabilität) oder eine Subluxationstendenz im Radiokarpalgelenk (radiokarpale Instabilität). Das radiologische Korrelat der mediokarpalen Form kann eine Verkipfung der proximalen Handwurzelreihe sein – häufiger nach palmar im Sinne einer PISI-Stellung (engl.: Palmar Intercalated Segment Instability) (LICHTMAN et al. 1981). Kinetografisch kann ein Schnapp-Phänomen im Mediokarpalgelenk beobachtet werden. Die Ursachen sind meistens Schädigungen des extrinsischen Bandsystems oder ein chronisch laxer Bandapparat (SCHMITT et al. 2004). Oft können keine zufrieden stellenden Erklärungen gefunden werden. Eine nachweisbare Verletzung intrinsischer Bänder findet sich bei der nicht-dissoziativen karpalen Instabilität jedoch nicht.

Das häufigste Muster, die dissoziative karpale Instabilität, tritt im Regelfall infolge von Verletzungen des intrinsischen Bandapparates, Frakturen oder mobilen Pseudar-

Tabelle 2: Klassifikation der karpalen Instabilität

- **Nicht-dissoziative karpale Instabilität**
(engl.: Carpal Instability Non-Dissociative = CIND)
- **Dissoziative karpale Instabilität**
(engl.: Carpal Instability Dissociative = CID)
- **Komplexe karpale Instabilität**
(engl.: Carpal Instability Complex = CIC)



Abb. 3: Dorsopalmares Röntgenbild des Handgelenks bei komplexer karpaler Instabilität infolge perilunärer Luxation. Lunatum (blau), Gelenkfläche (rot) hervorgehoben

throsen der Handwurzelknochen auf. Liegen bei den akuten Handwurzelluxationen/-Luxationsfrakturen (z. B. perilunäre Luxation) beide Instabilitätsmuster vor, spricht man von komplexer karpaler Instabilität (Abb. 3 und 4) (SAFFAR 1984).

Durch Anpassung des extrinsischen Bandapparates wie z. B. bei einer fehlverheilten, extraartikulären distalen Radius-Extensionsfraktur ohne begleitende Bandverletzung kann es zu sekundären Gefügeveränderungen zwischen proximaler und distaler Handwurzelreihe sowie im Radiokarpalgelenk kommen. Die Ursache liegt in diesen Fällen extrakarpal, sodass von „adaptiven Vorgängen“ des Karpus (sog. Adaptive Carpus) als von adaptiver karpaler Instabilität gesprochen wird (Abb. 5 und 6) (ALLIEN 1984, IWIW Committee 2002).

Vor allem posttraumatische karpale Instabilitäten kön-



Abb. 4: Seitliche Röntgenaufnahme des Handgelenks bei komplexer karpaler Instabilität infolge perilunärer Luxation. Lunatum (blau), Gelenkfläche (rot) hervorgehoben

nen unbehandelt zu schweren arthrotischen Folgeschäden führen (Abb. 7). Da bei chronischem Verlauf oft nur noch rekonstruktive Maßnahmen oder letztendlich Rettungsoperationen möglich sind, ist eine frühzeitige Diagnose und ein rascher Behandlungsbeginn notwendig. Aufgrund ihrer Häufigkeit im klinischen Alltag wird nachfolgend ausführlicher auf Diagnostik und Therapie dissoziativer karpaler Instabilitäten eingegangen.

Dissoziative karpale Instabilitäten

Die dissoziative karpale Instabilität ist die klinisch bedeutendste Instabilitätsform. Neben frischen Frakturen der Handwurzelknochen sind die veraltete Ruptur des skapholunären Bandes und die mobile Skaphoid-Pseudarthrose die häufigsten Ursachen (GARCIA-ELIAS 1997, KRIMMER et al. 1996); zur Diagnostik und Behandlung der Skaphoid-Pseudarthrose s. Kap. IX-3.3. Dissoziative Instabilitäten aufgrund einer Ruptur des lunotriquetralen Bandes sind dagegen selten. Die weiteren in *Tabelle 1* genannten Ursachen stellen in der Praxis eher Ausnahmefälle dar und müssen



Abb. 5: Dorsopalmare Röntgenaufnahme einer fehlverheilten distalen Radius-Extensionsfraktur



Abb. 6: Fehlverheilte distale Radius-Extensionsfraktur mit adaptiver Gefügestörung im seitlichen Strahlengang (Verkipfung der proximalen Handwurzelreihe im Vergleich zur Radiuslängsachse nach dorsal)



Abb. 7: Dorsopalmare Röntgenaufnahme einer schweren posttraumatischen radio- und mediokarpalen Arthrose (karpaler Kollaps, SNAC-Wrist °III) bei dissoziativer karpaler Instabilität infolge mobiler Skaphoid-Pseudarthrose

differenzialdiagnostisch bei Situationen in Erwägung gezogen werden, in denen kein Unfallereignis mit dem pathologischen Befund in Zusammenhang gebracht werden kann.

Verletzungen des skapholunären Bandes

Ätiologie

Auslösemechanismus ist in der Regel ein Sturz auf das extendierte Handgelenk. Auch bei distalen, intraartikulären Radiusfrakturen muss stets an eine begleitende SL-Bandverletzung gedacht werden. Neben der häufigeren, traumatischen Ruptur kann auch die Elongation des SL-Bandes zu einer Teilruptur im mechanisch schwächeren, membranösen Bandabschnitt führen und langfristig in eine Komplett-ruptur des stabileren dorsalen Anteils übergehen. Die zeitlichen Intervalle sind hierbei unterschiedlich (Abb. 8 und 9).

Patho-Biomechanik

Durch das Aufsprengen des stabilen Ringsystems kommen die natürlichen Bewegungstendenzen von Lunatum und Skaphoid vermehrt zum Tragen. Aufgrund der Anatomie



Abb. 8: Dorsopalmare Röntgenbild des Handgelenks bei skapholunärer Bandruptur. Skaphoid und Lunatum (blau), Gelenkflächen (rot) hervorgehoben

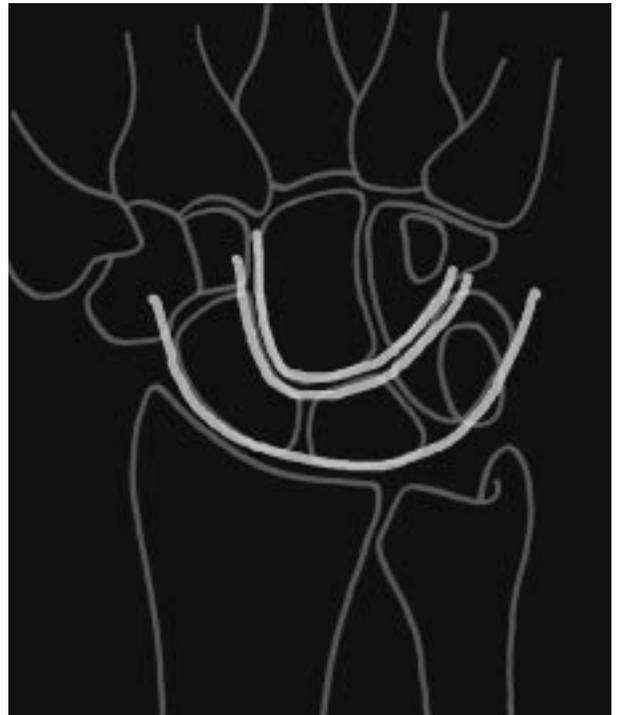


Abb. 9: Zeichnung des Handgelenks ohne Gefügestörung mit physiologischen und harmonischen karpalen Gilula-Bögen



Abb. 10: Achsengerechter Normalbefund des Handgelenks im seitlichen Röntgenbild

des Handgelenks hat das Lunatum die Tendenz, nach palmar aus dem Karpus zu gleiten und gleichzeitig nach dorsal in Extension zu rotieren. Seine Extension im Vergleich zur Radiuslängsachse wird als DISI-Position (engl.: Dorsal Intercalated Segment Instability) bezeichnet. Die Bewegungsneigung des Skaphoid dagegen weist in Richtung Flexion (sog. Rotationsinstabilität). Das Skaphoid wird gleichzeitig nach dorsal verschoben und reitet schließlich auf der dorsalen Radiusgelenk-Lippe (sog. Rotations-Subluxations-Tendenz) (Abb. 10 und 11) (KRIMMER et al. 1997).

Bei einer traumatischen, intrinsischen Bandruptur des Karpus besteht grundsätzlich auch eine Verletzung des extrinsischen Bandapparats. Eine isolierte Durchtrennung des SL-Bandes führte in biomechanischen Versuchen nicht zwangsläufig zu einem statischen Instabilitätsmuster (MITSUYASU et al. 2004). Die Ausprägung des extrinsischen Bandenschadens bestimmt den Grad der Instabilität und ist der entscheidende prognostische Faktor bzgl. zu erwartender Folgeschäden. Biomechanische Arbeiten haben gezeigt, dass insbesondere den extrinsischen Bändern – Lig. intercarpale dorsale und Lig. radiocarpale dorsale – eine größere Bedeutung bei der Stabilisierung von Skaphoid und Lunatum zu-

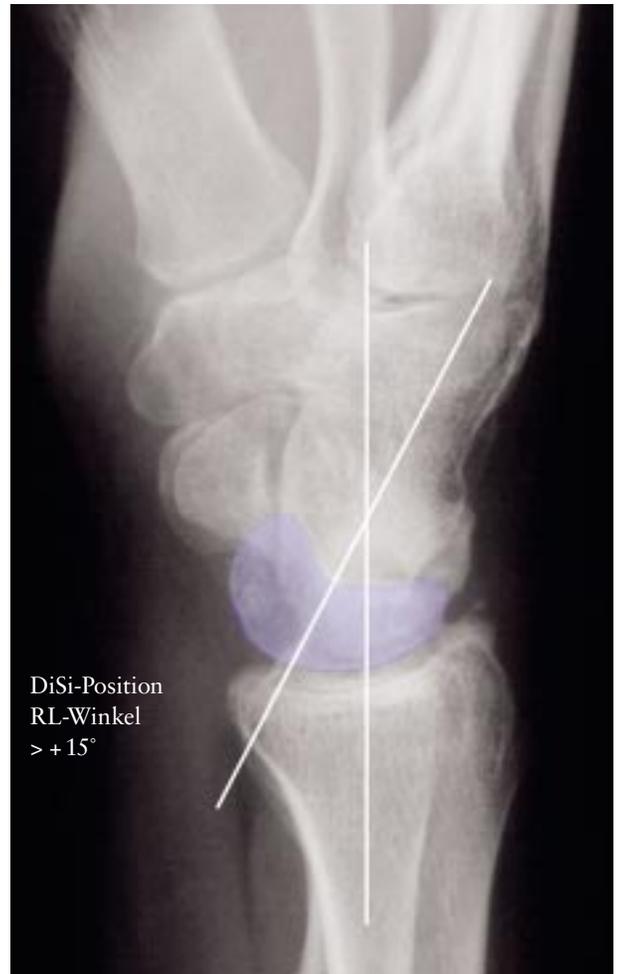


Abb. 11: Dorsalverkipfung des Lunatum (DISI-Position) und Flexion des Skaphoid im seitlichen Röntgenbild infolge SL-Bandruptur

kommt als bisher angenommen wurde (VIEGAS et al. 1999, VIEGAS et al. 1990, HORII et al. 1991). Anatomische Untersuchungen der Sehnenscheide des M. flexor carpi radialis ergaben, dass den Ligamenten des Skapho-trapezio-trapezoidalen-Gelenks (= STT-Gelenk) und dem palmaren Bandkomplex am Boden der FCR-Sehnenscheide besondere Bedeutung bei der Entstehung der Rotationsinstabilität geschenkt werden muss (BRUNELLI und BRUNELLI 1995).

Klinik

Die Klinik reicht bei der nicht mehr akuten Verletzung von ruhe- und belastungsabhängigen radiokarpalen Beschwerden mit begleitender Weichteilschwellung und Kraftminderung bis hin zu einem genau lokalisierbaren dorsalen Druckschmerz am skapholunären Übergang. Sie ist häufig unspezifisch und ähnelt oft den diffusen Beschwerden nach einem Handgelenk-Distorsionstrauma.

Diagnostik

Die Verdachtsdiagnose SL-Bandruptur ist klinisch und radiologisch mittels konventionellem Röntgen, Kinematografie, Arthrografie und MRT bzw. MRT-Arthrografie nur durch einen erfahrenen Untersucher sicher zu stellen (MEIER et al. 2002). Grundsätzlich ist zu einer aussagekräftigen Untersuchung die konventionelle Röntgenaufnahme des Handgelenks in Standardprojektion sowohl von der erkrankten Hand als auch von der gesunden Gegenseite erforderlich. Beim Verdacht auf karpale Instabilitäten ist zusätzlich eine Aufnahme unter axialer Belastung (Ballaufnahme) bzw. alternativ in Ulnarduktion sinnvoll. Beweisend ist allein der Befund der Arthroskopie oder der Arthrotomie des Handgelenks. Über einen radiokarpalen Zugang zwischen dem 3. und 4. Strecksehnenfach mit dem Arthroskop und zwischen dem 4. und 5. Strecksehnenfach mit dem Tasthaken kann das SL-Band bis in das proximale Drittel eingesehen werden. Die Stabilität des skapholunären Gelenkspaltes muss im Zweifelsfall über den radialen und ulnaren mediokarpalen Zugang mit dem Tasthaken überprüft werden (Abb. 12).

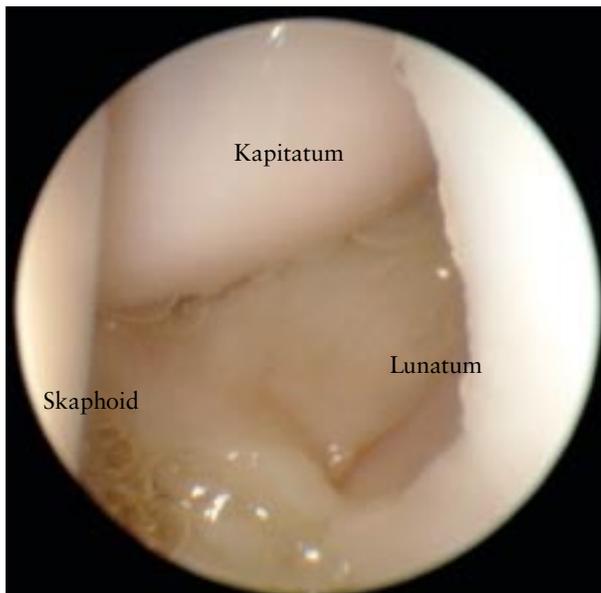


Abb. 12: Arthroskopischer Befund bei Komplettruptur des SL-Bandes von radiokarpal betrachtet mit Blick auf den Kapitulumkopf

Klassifikation der SL-Bandverletzung

Die SL-Bandverletzung wird anhand ihrer Ausprägung und des daraus resultierenden Instabilitätsmusters in drei Schweregrade (Grad I bis Grad III) eingeteilt (Tab. 3) (WATSON et al. 1997). Für die Behandlung ist außerdem die zeitliche Differenzierung zwischen den Stadien „akute“, „subakute“ und „chronische“ Verletzung“ wichtig (KRIMMER et al. 1996).

Tabelle 3: Klassifikation der SL-Bandruptur

SL-Bandruptur	Morphologie	Instabilitätsmuster
Grad I	Teilruptur	kein
Grad II	Komplettruptur	dynamisch
Grad III	Komplettruptur	statisch

SL-Band Teilruptur (Grad I)

Eine partielle Ruptur des SL-Bandes mit intakten dorsalen Bandanteilen geht in der Regel ohne nachweisbares karpales Instabilitätsmuster einher und ist abgesehen von radiokarpalen Schmerzen bei der klinischen Untersuchung nahezu unauffällig. Im Röntgenbild ist die Teilruptur des SL-Bandes in der Regel nicht sichtbar. Beim Übergang zur dynamischen Instabilität ist allenfalls ein keilförmiger SL-Spalt als Frühzeichen auszumachen (SCHMITT et al. 2004).

SL-Bandruptur mit dynamischer Instabilität (Grad II)

Die komplette Ruptur des SL-Bandes mit dynamischer Instabilität kann sich als schmerzhaftes Schnapp-Phänomen beim Skaphoid-Verschiebetest nach WATSON äußern. Hierbei wird die Subluxation des Skaphoid aus der Fossa scaphoidea mittels Kompression auf den distalen Skaphoidpol durch den Daumen des Untersuchers bei der Radial-Ulnarduktion provoziert (WATSON et al. 1988). Es besteht eine Rotationsinstabilität, deren Auswirkung jedoch erst unter axialer Belastung in der Röntgen-Ballaufnahme richtig deutlich wird (Abb. 13). Bei dynamischer Instabilität kann im dorsopalmaren Strahlengang hierbei das Siegelringzeichen des Skaphoid sichtbar werden (Abb. 14). Hierbei bildet sich der distale Skaphoidpol infolge seiner Flexion nach palmar als Siegel ab. Zusätzlich kann sich darin ein im Seitenvergleich erweiterter skapholunärer Gelenkspalt > 3 mm mit unharmonischen proximalen Gilula-Bögen und ulnarer Translokation des Karpus zeigen (SCHMITT et al. 2004). Die Gelenkspalterweiterung wurde nach der auffälligen Zahn-lücke des englischen Komikers Terry Thomas benannt (Abb. 15) (FRANKEL 1977).

SL-Bandruptur mit statischer Instabilität (Grad III)

Besteht neben der Komplettruptur des SL-Bandes ein extrinsischer Bandschaden größerer Ausprägung, geht die dynamische Instabilität in die statische Form über. Neben positivem Watson-Test und sichtbarem Terry-Thomas-Zeichen sind bei statischer Instabilität die gegenläufigen Rotationen von Skaphoid und Lunatum bereits in Ruhe manifest. Die DISI-Position des Lunatum und die Rotationsubluxation des Skaphoid führen in der seitlichen Röntgenaufnahme zu



Abb. 13: Projektion des flektierten distalen Skaphoidpols in das mittlere Skaphoidtrittel im dorsopalmaren Röntgenbild unter Belastung bei SL-Bandruptur mit dynamischer Instabilität



Abb. 14: Darstellung des Siegelringzeichens im dorsopalmaren Röntgenbild



Abb. 15: Terry-Thomas-Zeichen

einem pathologisch aufgeweiteten skapholunären Winkel (SL-Winkel) von $>60^\circ$ (physiologisch: 30° – 60°) (Abb. 16 und 17). Der radiolunäre Winkel (Normalwert $+15^\circ$ bis -15°) ist ebenfalls auf Werte $>+15^\circ$ aufgeweitet. Die möglichen Röntgenzeichnungen sind in *Tabelle 4* aufgeführt (SCHMITT et al. 2004, LINSCHIED et al. 1972).

Langfristige Folgeschäden

Bei dynamischer und statischer Instabilität verkantet sich der proximale Pol des verkippten Skaphoid bei Bewegungen mit der dorsalen Radiusgelenkklippe. In diesem Bereich können bereits drei Monate nach Erstmanifestation der karpalen Instabilität initiale arthrotische Veränderungen auftreten (BURGESS 1987). Durch Extension und palmare Translation des Lunatum kommt es zum Tiefertreten und zur Radialverschiebung des Kapitatum. Die karpale Höhe verringert sich und der Karpus kollabiert (karpaler Kollaps). Die Reduktion der Kontaktflächen und der Druckanstieg führen langfristig zur Mediokarpalarthrose – dem Vollbild (Grad III) des SLAC-Wrists (engl.: Scapholunate Advanced Collapse) (Abb. 18) (WATSON und BALLETT 1984). Die Patienten leiden an einer schmerzhaften Bewegungseinschränkung des Handgelenks, Kraftverlust und Minderung der Gebrauchsfähigkeit der betroffenen Hand (KRIMMER et al. 1997).

Tabelle 4: Mögliche konventionelle Röntgenzeichen in der dorsopalmaren, seitlichen, Belastungs- und kinematografischen Aufnahme bei skapholunärer Bandruptur

	Instabilität	dorsopalmar	seitlich	Belastung	Radial/Ulnar- duktion
Grad I	Teilruptur keine Instabilität	unspezifisch	unspezifisch	unspezifisch	unspezifisch
Grad II	komplette Ruptur dynamische Instabilität	unspezifisch	unspezifisch	ggf. SL-Spalt > 3 mm evtl. unharmonische Gilula-Bögen	evtl. Aufweiten des SL-Spalt
Grad III	komplette Ruptur statische Instabilität	Siegelringzeichen, keilförmiger SL- Spalt ggf. SL-Spalt > 3mm, un- harmonische Gilula-Bögen	DISI-Fehlstellung: radiolunärer Winkel > 15° Palmarflexion Skaphoid: skapholunärer Winkel > 60°	SL-Spalt > 3mm unharmonische Gilula-Bögen	Aufschnappen des SL-Spalt

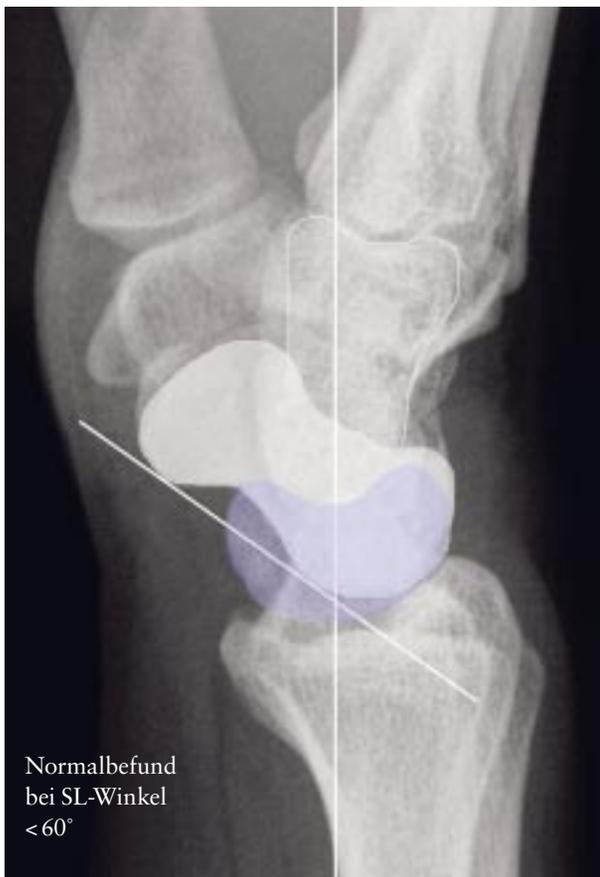


Abb. 16: Seitliches Röntgenbild des Handgelenks ohne Gefügestörung und physiologischem SL-Winkel

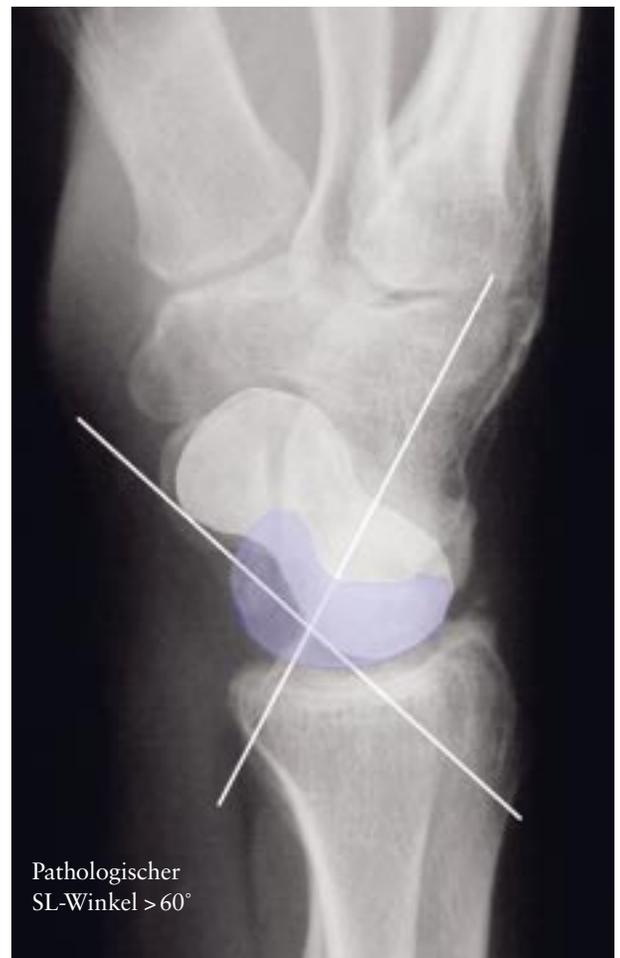


Abb. 17: Seitliche Röntgenaufnahme des Handgelenks mit pathologischer Aufweitung des SL-Winkels bei SL-Bandruptur mit statischer Instabilität



Abb. 18: Chronologische Entwicklung einer unbehandelten SL-Bandruptur Grad III zum SLAC-Wrist Grad III über einen Zeitraum von sieben Jahren

Therapiekonzept der SL-Bandverletzung

Die frühzeitige Behandlung der SL-Bandruptur ist der wesentliche Faktor zur Vorbeugung von Spätschäden. Beim klinischen Verdacht sollte stets die Indikation zur Handgelenkarthroskopie gestellt werden. Vom Schweregrad der SL-Bandruptur (Grad I bis Grad III), den Stadien „akut“ – „subakut“ – „chronisch“ und den Gelenkknorpelverhältnissen wird das Therapieverfahren abhängig gemacht. Angestrebt wird bei der Behandlung die möglichst anatomische Reposition des Karpus. Durch Schmerzreduktion und Erhalt eines ausreichenden Bewegungsumfanges soll eine gute Gebrauchsfähigkeit und Funktionalität der betroffenen Hand unter Berücksichtigung der langfristigen, individuellen Bedürfnisse des Patienten gesichert werden.

Akute SL-Bandverletzung (bis zwei Wochen nach Trauma)

Bei frischen Teilrupturen des SL-Bandes (Grad I) ist – wenn möglich nach einem arthroskopischen Débridement der rupturierten Bandanteile – in der Regel eine vierwöchige Immobilisation mittels einer Unterarm-Handgelenk-Gipschiene mit Einschluss des Daumengrundgelenks ausreichend (RUCH und POEHLING 1996, WEISS et al. 1997).

Im Stadium der akuten kompletten SL-Bandruptur mit dynamischer Instabilität (Grad II) bevorzugen wir nach arthroskopischem Débridement der Bandstümpfe zur sicheren Ruhigstellung die – nach Möglichkeit perkutane – Transfixation mit 1,6 mm Kirschnerdrähten unter Bild-

wandlerkontrolle (Abb. 20). Bei technischen Schwierigkeiten kann auf ein offenes Verfahren übergegangen werden. Wir empfehlen anschließend eine sechs- bis achtwöchige Ruhigstellung in einer Unterarm-Handgelenk-Gipschiene mit Einschluss des Daumengrundgelenks und die Metallentfernung nach acht bis zehn Wochen. Zeigt sich auch unter Belastung keine Achsenfehlstellung, ist gerade beim älteren Patienten eine ausschließlich konservative Behandlung mittels Gipsruhigstellung eine weitere Therapiemöglichkeit (WEISS et al. 1997).

Bei akuter SL-Bandruptur mit statischer Instabilität (Grad III) ist die offene Reposition mit temporärer Kirschnerdraht-Transfixation erforderlich. Die möglichst anatomische Reposition der proximalen Handwurzelreihe erfolgt mittels zweier 1,6 mm Kirschnerdrähte als Repositionshebel (sog. Joysticks), die nach dorsalem Zugang und querer Eröffnung der Handgelenkkapsel vorübergehend in das Lunatum und Skaphoid eingebracht werden (Abb. 19). Wir bevorzugen anschließend die Transfixation sowohl von Skaphoid/Lunatum als auch von Skaphoid/Kapitatum, um keine Durchblutungsstörungen des Lunatum hervorzurufen und mit möglichst niedriger Drehzahl, um keine thermischen Osteonekrosen zu verursachen (Abb. 20 und 21).

Aufgrund der Arthrotomie ist unserer Ansicht nach bei der akuten SL-Bandruptur mit dynamischer oder statischer Instabilität zusätzlich die primäre Naht des SL-Bandes gerechtfertigt, um eine stabile anatomische Ausheilung zu gewährleisten (LAVERNIA et al. 1992). Die Bandnaht kann z. B. mittels PDS 3.0-Nahtmaterial erfolgen. Ist das Band knöchern ausgerissen, sollte es mittels kleiner nichtresorbierbarer Ankersysteme oder mit PDS 3.0-Nahtmaterial

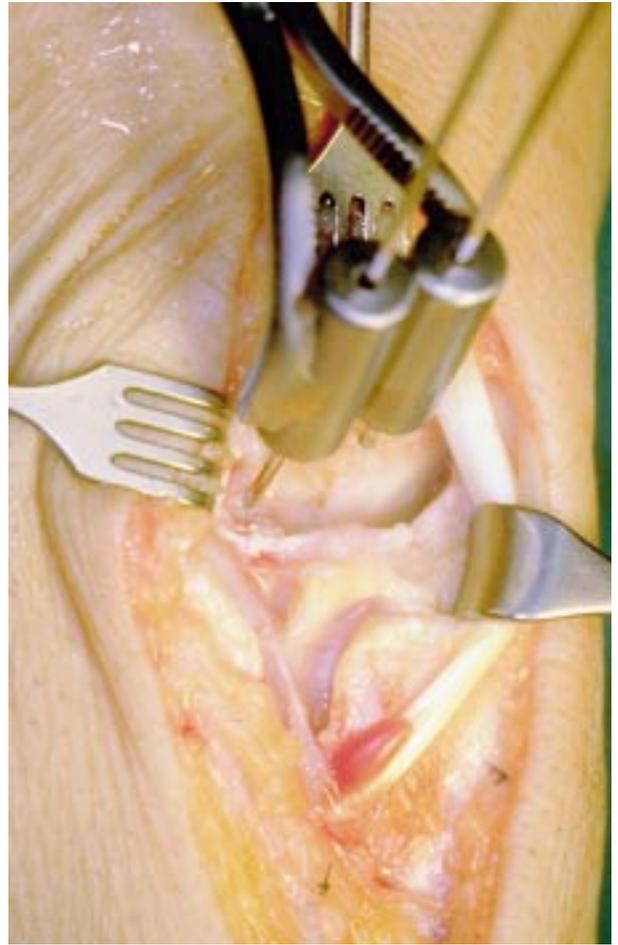
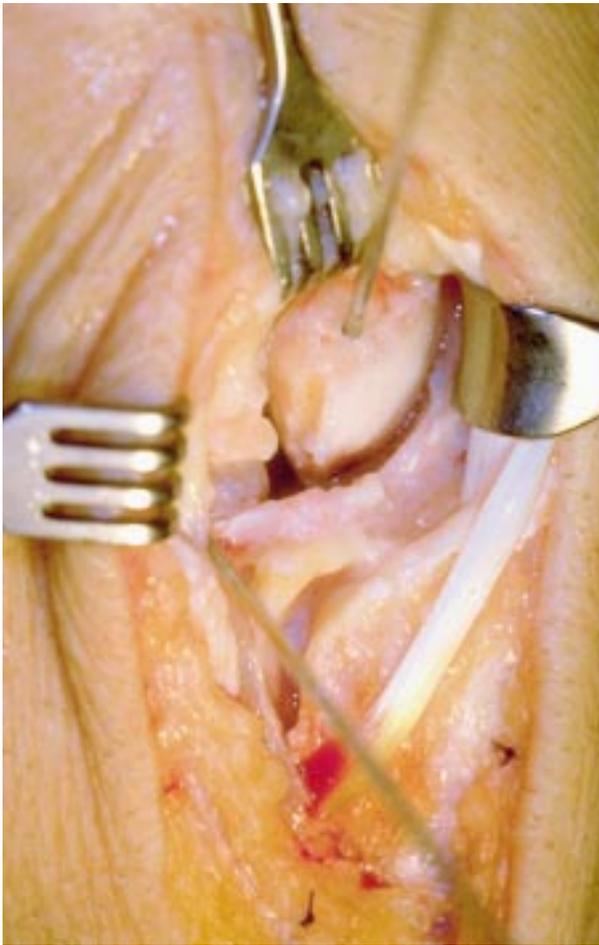


Abb. 19: Intraoperative Aufnahme nach Einbringen zweier Kirschnerdrähte in Skaphoid und Lunatum als Repositionshebel (links) und nach Reposition von Skaphoid und Lunatum mit speziell angefertigten Repositionszangen (rechts)

über Bohrkanäle transossär refixiert werden. Wir empfehlen eine ausreichend lange postoperative Immobilisation von sechs bis acht Wochen und sowohl die Metallentfernung als auch Beginn der Handtherapie nach acht bis zehn Wochen.

Subakute SL-Bandruptur

Im subakuten Stadium steht normalerweise noch nahtfähiges Bandmaterial zur Verfügung. In diesem Stadium muss bei nachweisbarer Instabilität die sekundäre Naht des SL-Bandes bzw. seine transossäre Refixation erfolgen. Zusätzlich empfehlen wir in Kombination die Durchführung einer dorsalen modifizierten Kapsulodese, auf deren Technik noch eingegangen wird. Eine temporäre Kirschnerdraht-Transfixation ist nach achsengerechter Reposition bei dynamischem und statischem Instabilitätsmuster indiziert.

Chronische SL-Bandruptur

Bei veralteten Teilrupturen hat sich das arthroskopische Débridement der Bandreste bewährt, da durch diese Maßnahme das schmerzhafte Einklemmen von Bandanteilen verhindert werden kann (RUCH und POEHLING 1996).

Bis heute gilt die Behandlung der chronischen SL-Bandruptur mit karpaler Instabilität allerdings als schwierig. Hauptproblem ist bei der veralteten Ruptur das Fehlen nahtfähiger Bandreste. Darüber hinaus verringert sich bei statischer Instabilität mit zunehmender Dauer die Möglichkeit einer exakten Reposition des Karpus durch die ligamentäre Fixierung der Fehlstellung. Der chronische extrinsische Bandschaden darf aufgrund seines Beitrags zur Entstehung der Instabilität nicht vernachlässigt werden. Das Behandlungskonzept der chronischen SL-Bandverletzung sollte die Reparatur sowohl des intrinsischen als auch des extrinsischen Bandschadens beinhalten (ENGELHARDT und KRIMMER 2004). Bedingung sind unbeschädigte Gelenk-



Abb. 20: Dorsopalmare Röntgenaufnahme des Handgelenks nach Transfixation von Lunatum/Skaphoid und Skaphoid/Kapitatum

knorpelverhältnisse. Isolierte Rekonstruktionen des SL-Bandes zur Behebung des intrinsischen Bandschadens z. B. mittels Sehnentransplantaten des M. palmaris longus waren allerdings häufig nicht zufrieden stellend (HAHN et al. 1999). Somit sind in diesem Stadium meist alternative, rekonstruktive Therapieverfahren zur Stabilisierung von Skaphoid und Lunatum gefordert.

Chronische SL-Bandruptur mit dynamischer Instabilität

Bei der chronischen SL-Bandruptur mit dynamischer Instabilität führen wir eine modifizierte dorsale Kapsulodese (BERGER 1998) durch, bei der ein Kapselstreifen mit einem zentralen Anteil des Ligamentum intercarpale dorsale gehoben wird (Abb. 22 und 23). Dieser verbleibt gestielt am distalen Skaphoidpol und wird nach dem Repositionsmanöver unter Spannung dorsal am Lunatum und lockerer an der Radiushinterkante fixiert. Das Prinzip ist die Zügelung des Skaphoid im Sinne eines „Checkrein-Mechanismus“ (Scharnier-Anschlag), um seine Rotationsinstabilität und Subluxationstendenz zu reduzieren (BLATT 1987). Dieser Eingriff ermöglicht eine signifikante Schmerzreduktion



Abb. 21: Seitliche Röntgenaufnahme des Handgelenks nach Transfixation von Lunatum/Skaphoid und Skaphoid/Kapitatum

und Kraftzunahme, geht aber mit einer um etwa 30 % verminderten Handgelenkflexion im Vergleich zur gesunden Seite einher (LAVERNIA et al. 1992, BUSSE et al. 2002).

Chronische SL-Bandruptur mit statischer Instabilität

Die Therapie der chronischen SL-Bandruptur mit statischer Instabilität wird kontrovers diskutiert. In diesen Fällen sollte neben der anatomischen Reposition und Transfixation sowohl die Rekonstruktion des SL-Bandes als auch in Kombination eine dorsale modifizierte Kapsulodese durchgeführt werden. Voraussetzung ist die Reponierbarkeit des Karpus. Mittelfristige Resultate nach isolierter dorsaler Kapsulodese bei statischer Instabilität haben gezeigt, dass trotz hoher Schmerzreduktion das erzielte Repositionser-

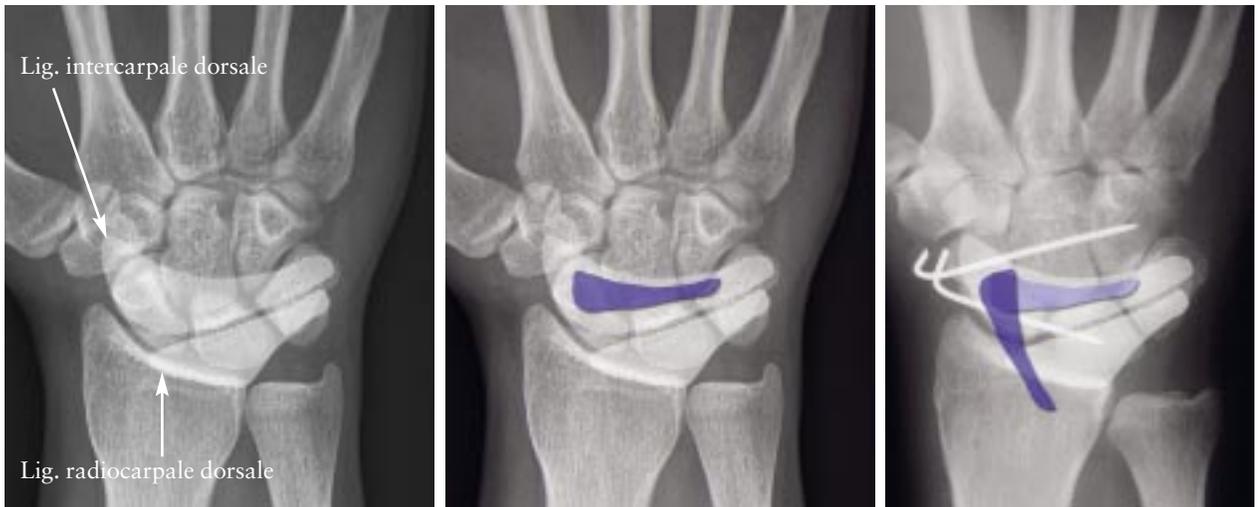


Abb. 22: Schematisierte Ansicht einer dorsalen modifizierten Kapsulodese vor Präparation (links), nach Präparation (Mitte) und nach Umlagerung eines zentralen Anteils des Ligamentum intercarpale dorsale (blau) und anschließender Kirschnerdraht-Transfixation (rechts)

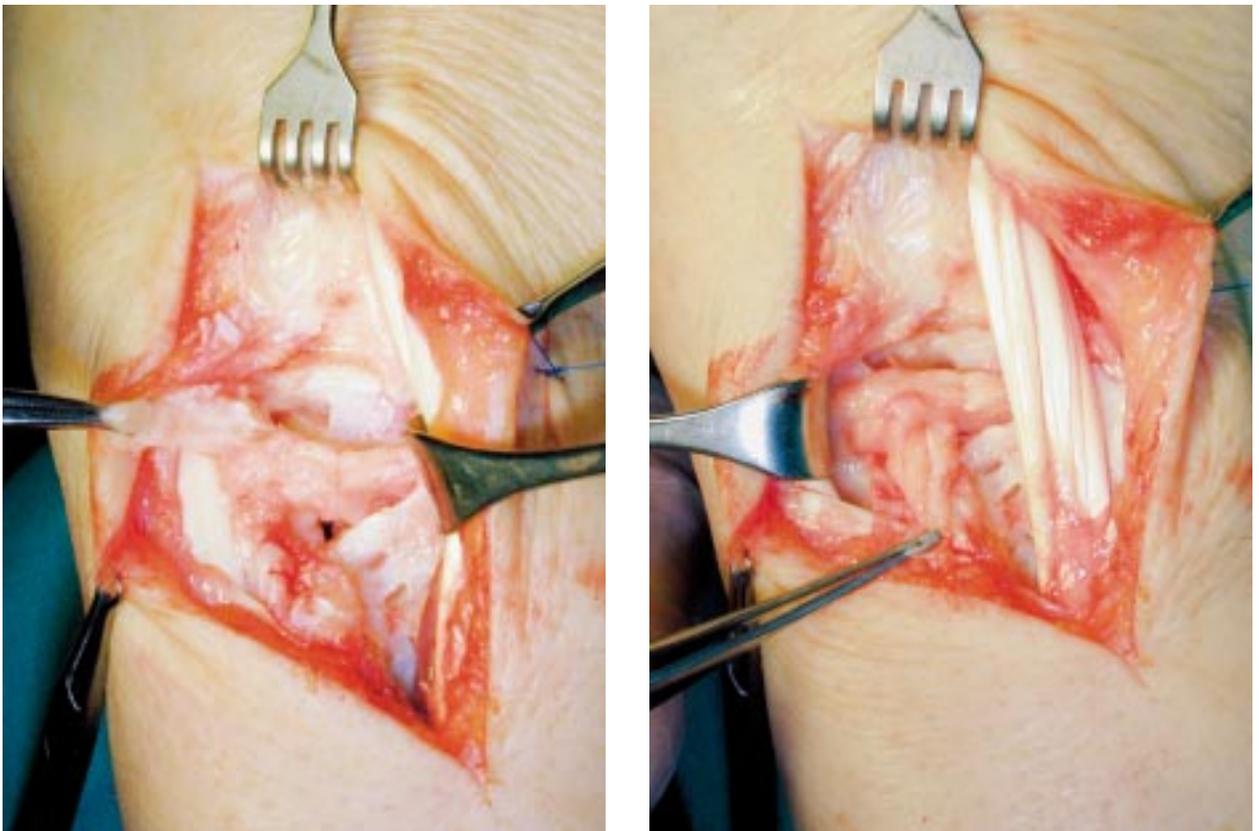


Abb. 23: Intraoperative Aufnahme nach Präparation eines zentralen Anteils des Lig. intercarpale dorsale (links) und nach Umlagerung eines zentralen Anteils des Lig. intercarpale dorsale nach proximal (rechts)

gebnis nicht immer gehalten werden kann (MORAN et al. 2005). Mittelfristige Ergebnisse nach SL-Bandrekonstruktion durch Knochen-Ligament-Knochen-Transplantate von WEISS (1998) und CUENOD (1999) in Kombination mit

Kapsulodese waren erfolgversprechend. Unsere eigenen kurzfristigen Erfahrungen mit dieser Methode waren bei breiter Indikationsstellung zwiespältig und werden weiter beobachtet (KALB und MARKERT 2003).

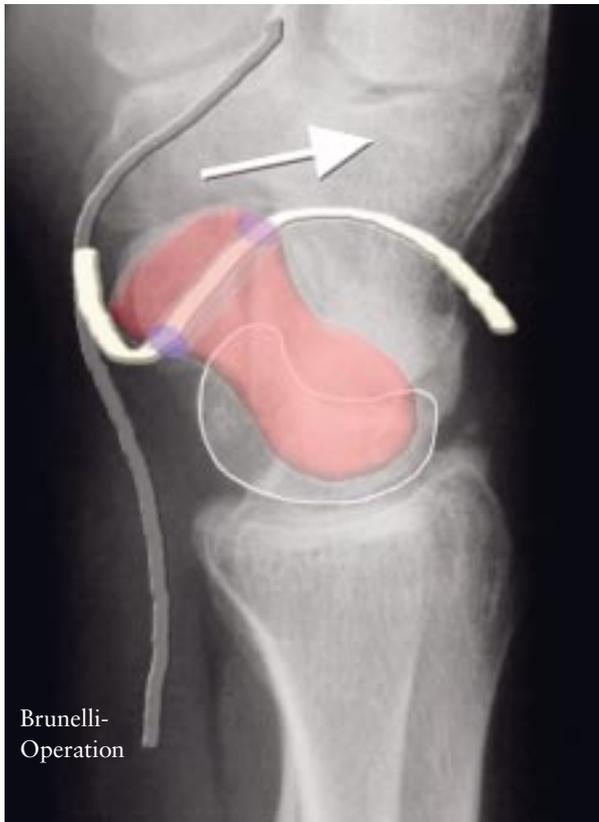


Abb. 24: Prinzip der Operation nach BRUNELLI. Präparation eines Sehnenstreifens des M. flexor carpi radialis und Transposition durch den distalen Skaphoidpol nach dorsal

Bei chronischer SL-Bandruptur mit statischer Instabilität ist derzeit die modifizierte Operation nach BRUNELLI in Kombination mit einer dorsalen modifizierten Kapsulodese unser bevorzugtes Therapieverfahren (Abb. 25). Aufgrund der Bedeutung der Ligamente des skapho-trapezio-trapezoidalen Gelenkes und dem palmaren Bandkomplex am Boden der Sehnenscheide des M. flexor carpi radialis bei der Entstehung der Rotationsinstabilität des Skaphoid haben BRUNELLI und BRUNELLI (1995) ein biomechanisch innovatives Tenodeseverfahren entwickelt. Hierbei erfolgt die Aufrichtung und Zügelung des Skaphoid mittels eines distal gestielten Sehnenstreifens des Musculus flexor carpi radialis, der durch eine Bohrung im distalen Skaphoidpol gezogen und an der Radiushinterkante mittels Knochenankern befestigt wird. VAN DEN ABEELE et al. (1998) modifizierten die Technik und fixierten den Sehnenstreifen in einer Nut am Skaphoid und Lunatum bzw. zusätzlich mit dem Lig. radio-lunotriquetrale, um das Radiokarpalgelenk nicht zu überschreiten. Erste klinische Ergebnisse dieser Methode und ihrer Modifizierungen sind bislang sowohl für die chronisch dynamische als auch chronisch statische Instabilität erfolgversprechend gewesen. Allerdings sind detaillierte radiologische Angaben zur Korrektur der Fehlstellung vereinzelt

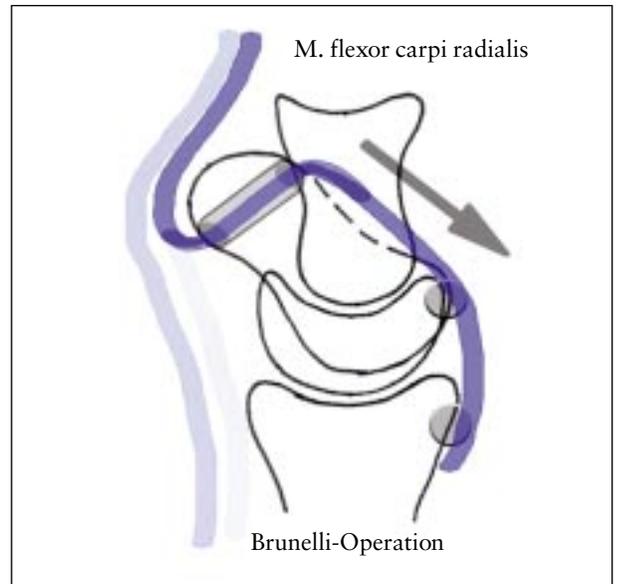


Abb. 25: Prinzip der Operation nach BRUNELLI: Refixation des Sehnenstreifens nach erfolgter Reposition skapholunär bzw. an der Radiushinterkante

noch ausständig (BRUNELLI und BRUNELLI 1995, TALWALKAR et al. 2005). Beim handwerklich tätigen Patienten können in diesem Stadium auch bereits Rettungsoperationen in Erwägung gezogen werden.

Rettungsoperationen

Bei irreponibler statischer Instabilität ist die skapho-trapezio-trapezoidale Teilarthrodese (STT-Arthrodese) des Handgelenks (Abb. 26) indiziert, die zu einer Bewegungseinschränkung zwischen 20 und 50 Prozent im Vergleich zur gesunden Seite führt (MEIER et al. 2003); alternativ ist auch die skaphokapitale Fusion möglich (WATSON et al. 1986 und 1999). Auch bei isolierter Arthrose im Bereich des STT-Gelenks ist die STT-Arthrodese indiziert.

Im fortgeschrittenen Stadium des SLAC-Wrist kann durch die mediokarpale Teilarthrodese die Totalarthrodese des Handgelenks meist vermieden werden (Abb. 27). Hierbei werden die arthrotischen Gelenke nach Entfernung des Skaphoid durch interkarpale Fusion ausgeschaltet, wodurch bei Verbleib einer akzeptablen Restbeweglichkeit eine Funktionsverbesserung und Schmerzreduktion erreicht werden kann (KRIMMER et al. 1992).

Alternativ bietet sich bei erhaltenem Kapitatumkopf und fehlender Arthrose in der Fossa lunata auch die Resektion der proximalen Handwurzelreihe (Proximal Row Carpectomy) an. Der Kapitatumkopf artikuliert dann mit der Radiusgelenkfläche in der Fossa lunata. Der prothetische Ersatz des Handgelenks ist aus unserer Sicht aufgrund der Sta-



Abb. 26: Dorsopalmare postoperative Röntgenaufnahme einer skapho-trapezio-trapezoidalen Arthroese nach Metallentfernung



Abb. 27: Postoperative dorsopalmare (links) und seitliche (rechts) Röntgenaufnahme nach mediokarpaler Teilarthroese des Handgelenks vor Metallentfernung



Abb. 28: Dorsopalmare Aufnahme des Handgelenks bei LT-Bandruptur mit pathologischer Aufweitung des LT-Spaltens. Lunatum und Triquetrum (blau), die Gelenkflächen (rot) hervorgehoben

bilitätsprobleme derzeit noch eine Ausnahmeindikation. Die therapeutische Denervation des Handgelenks nach WILHELM (1966) kann palliativ oder begleitend in allen Stadien durchgeführt werden. Generell halten wir bei Operationen am schmerzhaften Handgelenk mit dorsalem Zugang die Resektion des Nervus interosseus posterior am Boden des 4. Strecksehnenfachs für angebracht.

Verletzungen des lunotriquetralen Bandes

Ulnare dissoziative karpale Instabilitäten durch eine Verletzung des Ligamentum lunotriquetrum (LT-Band) sind eine diagnostische und therapeutische Herausforderung. Nicht selten werden sie aufgrund ihrer Seltenheit, oft uncharakteristischen Klinik und häufig unergiebigen radiologischen Untersuchung verspätet erkannt (Abb. 28).

Ätiologie

Ursächlich liegt der LT-Bandruptur meist ein Sturz auf das extendierte und pronierte Handgelenk zugrunde. In vielen Fällen ist der genaue Unfallmechanismus jedoch nicht ausreichend nachvollziehbar. Weitere regelmäßige Ursachen sind degenerative Bandveränderungen, ein chronischer Ulnavorschub (sog. Ulnokarpales-Impaction-Syndrom) oder eine Ulna-Plus-Situation (ungleiches Längenverhältnis Ulna/Radius).

Patho-Biomechanik

Die Bandverbindung zwischen Lunatum und Triquetrum ist straffer als zwischen Skaphoid und Lunatum. Im Vergleich zum SL-Band ist der palmare Anteil des lunotriquetralen Bandes am kräftigsten aufgebaut (RITT 1998a). Auch die traumatische Ruptur des LT-Bandes destabilisiert das karpale Ringsystem. Wie bei der skapholunären Instabilität besteht bei traumatischer LT-Bandläsion prinzipiell immer eine Verletzung des extrinsischen Bandapparates, deren Ausmaß das Muster der karpalen Instabilität reguliert. Biomechanisch führt auch die Durchtrennung des LT-Bandes alleine nicht zwangsläufig zur Instabilität (VIEGAS et al. 1990). Neben dem LT-Band sind die wichtigsten ulnokarpalen Stabilisatoren das Ligamentum radiocarpale dorsale (proximaler Schenkel des dorsalen V-Bandes), das Ligamentum intercarpale dorsale (distaler Schenkel des dorsalen V-Bandes) und die palmaren Ligamente (HORII et al. 1991, VIEGAS et al. 1999). Weisen neben der LT-Bandruptur zusätzlich die palmaren und dorsalen extrinsischen Bänder eine Verletzung auf, zeigt sich eine statische Instabilitätsform mit Extension, Supination und proximaler Translation des Triquetrum (RITT et al. 1998a und b). Ohne straffe Kopplung an das Triquetrum folgt das Lunatum der natürlichen Bewegungsrichtung des Skaphoid nach palmar. Diese Rotationssubluxation des Lunatum in die Flexion wird in der seitlichen Röntgenaufnahme als PISI-Position sichtbar. Mit dem Verschieben des Kapitatum in proximaler Richtung reduziert sich die karpale Höhe.

Klinik

Klinisch stehen bei nicht mehr akuten LT-Bandverletzungen ulnokarpale, vorwiegend bewegungsabhängige Schmerzen mit begleitender Weichteilschwellung und Kraftverlust im Vordergrund. Darüber hinaus beklagen die Patienten nicht selten ein „Verrenkungsempfinden“ mit demonstrierbarem Schnapp- oder Klickphänomen. Differenzialdiagnostisch muss die seltenere nicht-dissoziative, mediokarpale Instabilität (CIND) in Erwägung gezogen werden.

Tabelle 5: Klassifikation der LT-Bandruptur

LT-Bandruptur	Morphologie	zusätzliche Läsion	Instabilitätsmuster
Grad I	Teil-/Komplett ruptur	keine	kein
Grad II	Komplett ruptur	palmare Bänder	dynamisch
Grad III	Komplett ruptur	palmare Bänder und Lig. radio-/intercarpale dorsale	statisch

Diagnostik

Der Verdacht auf eine LT-Bandruptur kann klinisch und radiologisch mittels Kinematographie und MRT bzw. MRT-Arthrographie nur durch einen erfahrenen Untersucher erhoben werden. Die Wertigkeit der Arthrographie allein wird kontrovers diskutiert, da eine Unterscheidung zwischen Perforation des LT-Bandes, Teilläsion oder kompletter Bandruptur nicht sicher getroffen werden kann. Die Diagnose LT-Bandruptur, auch als Differenzialdiagnose zu Läsionen des ulnokarpalen Bandkomplexes, kann letztendlich mit Sicherheit nur durch die Arthroskopie oder die Arthrotomie des Handgelenks gestellt werden (RITTER et al. 1999). Eine pathologische lunotriquetrale Stufenbildung kann mit dem Arthroskop über den mediokarpalen Zugang gut inspiziert und die Aufklappbarkeit des Gelenkspaltes mit dem Tasthaken überprüft werden. Mediokarpal zeigt sich bei chronischem Verlauf nicht selten ein beginnender Knorpelschaden am korrespondierenden Hamatumpol (OSTERMAN und SEIDMAN 1995).

Klassifikation der LT-Bandverletzung

Nach VIEGAS (1990) wird die LT-Bandverletzung anhand ihrer Ausprägung und dem resultierenden karpalen Instabilitätsmuster in drei Schweregrade (Grad I–III) eingeteilt (Tab. 5). Aus therapeutischer Sicht ist analog zur SL-Bandverletzung die Differenzierung zwischen den Stadien „akute“ und „chronische“ Verletzung wichtig.

LT-Bandruptur ohne Instabilität (Grad I)

Im Schweregrad I liegt eine Teil- oder komplette Bandruptur vor – jedoch ohne Mitbeteiligung der palmaren bzw. dorsalen extrinsischen Bandstrukturen. Demzufolge tritt kein karpales Instabilitätsmuster auf. Die konventionelle Röntgenaufnahme des Handgelenks ergibt im Regelfall einen Normalbefund.

LT-Bandruptur mit dynamischer Instabilität (Grad II)

Vom Grad II spricht man bei kompletter Ruptur des LT-Bandes und dynamischer Instabilität. Die zusätzliche Verletzung der palmaren Ligamente führt kinematografisch bei der Radial- und Ulnarduktion zu einer im seitlichen Strahlengang nachweisbaren Verkippung des Lunatum mit dem Skaphoid nach palmar (dynamische PISI-Position). Nur selten ist der lunotriquetrale Gelenkspalt in der dorsopalmaren Belastungsaufnahme verbreitert (Abb. 30). Durch das Proximaltreten des Triquetrums kann eine Unterbrechung der harmonischen Gilula-Bögen beobachtet werden (Abb. 29). Die dynamische Instabilität kann durch den erfahrenen Untersucher durch einen schmerzhaften Ballotement-Versuch (REAGAN et al. 1984) oder anhand der Subluxationstendenz des Triquetrums im Shear-Test nachgewiesen werden. Beim Shear-Test wird von dorsal Druck auf das Lunatumhinterhorn ausgeübt und von palmar über das Pisiforme manuell eine Kraft entgegengerichtet. Der positive Test kann bei LT-Bandruptur ein schmerzhaftes Krepitieren oder Schnappen ergeben (KLEINMAN und GRAHAM 1996). Schnapp-Phänomene, durch Subluxation des Triquetrums oder Einschlagen von Kapselbandresten, lassen sich meist durch forcierte Radial- und Ulnarduktion bei simultaner Handgelenkextension provozieren (AMBROSE und POSNER 1992).



Abb. 29: Unharmonische Anordnung der proximalen karpalen Gilula-Bögen unter Belastung bei LT-Bandruptur Grad II



Abb. 30: Dorsopalmare kinematografische Röntgenaufnahme des Handgelenks mit Aufweitung des LT-Spalt unter Belastung infolge LT-Bandruptur Grad II

LT-Bandruptur mit statischer Instabilität (Grad III)

Eine zusätzliche Verletzung der dorsalen Ligamente, insbesondere des Lig. radiocarpale dorsale und Lig. intercarpale dorsale, führt zur bewegungsunabhängigen, statischen Form der Instabilität. Zusätzlich zum pathologischen Befund im Schweregrad II zeigt sich bereits in Ruhe eine Verkippung des Lunatum nach palmar im Sinne einer PISI-Position. Es kommt zum pathologischen Aufweiten des radiolunären Winkels (Normalwert: $+15^\circ$ bis -15°) auf $<-15^\circ$ (Abb. 31 und Tab. 6). Der lunotriquetrale Winkel (Normalwert: 10° – 20°), als weiterer diagnostischer Parameter, kann meistens nur schwer und unzuverlässig bestimmt werden (SCHMITT et al. 2004).

Langfristige Folgeschäden

Langfristig kann die dauerhafte Flexion der proximalen Handwurzelreihe zur mediokarpalen Arthrose führen mit Einschränkung der Gebrauchsfähigkeit aufgrund von Ruhe-, Bewegungsschmerzen, Verminderung der Beweglichkeit und Kraftverlust.

Therapiekonzept der LT-Bandverletzung

Für den Chirurgen bietet sich bei der Therapie der LT-Bandverletzung ein breites Indikationsspektrum, welches von der klinisch symptomatischen Partialruptur bis zur schweren statischen, dissoziativen karpalen Instabilität reicht. Die Be-

Tabelle 6: Mögliche konventionelle Röntgenzeichen in der dorsopalmaren, seitlichen, Belastungs- und kinematografischen Aufnahme bei LT-Bandruptur (Grad I–III)

	Dorsopalmar	Seitlich	Unter Belastung	Radial/Ulnarduktion
Grad I	unauffällig	unauffällig	unauffällig	unauffällig
Grad II	unauffällig	unauffällig	LT-Spalt selten erweitert, ggf. Unterbrechung Gilula-Bögen	abrupte Palmarflexion von Lunatum und Skaphoid
Grad III	ggf. LT-Spalt erweitert ggf. Unterbrechung Gilula-Bögen	PISI-Position radio- lunärer Winkel < -15°	ggf. LT-Spalt erweitert, ggf. Unterbrechung Gilula-Bögen	abrupte Palmarflexion von Lunatum und Skaphoid



Abb. 31: Seitliche Röntgenaufnahme des Handgelenks bei LT-Bandruptur Grad III mit statischer Instabilität und PISI-Fehlstellung des Lunatum

handlung muss sowohl vom Stadium „akute“ und „chronische“ Verletzung als auch dem Schweregrad „ohne Instabilität“, „dynamische“ und „statische“ Instabilität abhängig gemacht werden, wobei derzeit noch keine einheitlichen Therapiekonzepte existieren. Als angestrebtes Behandlungsziel gelten achsengerechte Reposition des Karpus zur

Vorbeugung von Langzeitschäden, Schmerzreduktion und Sicherung eines günstigen Bewegungsumfangs. Bei der Therapieplanung müssen darüber hinaus die individuellen Bedürfnisse und Anforderungen des Patienten bedacht werden.

Akute LT-Bandverletzungen

Bei akuten Teilrupturen ohne Instabilität herrscht Einigkeit, dass ein arthroskopisches Anfrischen der Bandreste mit dem Shaver von radio-/ulnokarpal und eine anschließende vierwöchige Immobilisation in einer Unterarm-Handgelenk-Gipsschiene ohne Daumeneinschluss ausreicht (RUCH und POEHLING 1996).

Liegt eine frische Komplettruptur ohne Instabilitätsmuster (Grad I) vor, kann bei älteren, gering aktiven Patienten konservativ mittels sechs- bis achtwöchiger Immobilisation therapiert werden (AMBROSE und POSNER 1992). Beim jüngeren aktiven Patienten konnten nach arthroskopischem Anfrischen der Bandstümpfe gute klinische Resultate erzielt werden (WEISS et al. 2000, OSTERMAN und SEIDMAN 1995). Alternativ kann auch eine – nach Möglichkeit perkutane – Kirschnerdraht-Transfixation unter Bildwandlerkontrolle durchgeführt werden. Wir empfehlen anschließend eine sechs- bis achtwöchige Immobilisation in einer Unterarm-Handgelenk-Gipsschiene ohne Daumeneinschluss. Die Transfixationsdrähte können nach acht bis zwölf Wochen entfernt werden. Anschließend ist eine konsequente Handtherapie zur Verbesserung der Beweglichkeit empfehlenswert.

Die frische, komplette LT-Bandruptur mit dynamischer oder statischer Instabilität (Grad II/III) zwingt zur offenen, möglichst anatomischen Reposition und Transfixation sowie – sofern durchführbar – zur primären Naht des LT-Bandes bzw. seiner transossären Refixation. Die sekundäre Bandnaht ist analog dem SL-Band meistens noch bis zum subakuten Stadium (bis zwölf Wochen nach dem Unfallereignis) möglich, da in diesem Zeitraum noch nahtfähiges Bandmaterial zur Verfügung steht. Chirurgische Zugangs-

wege werden sowohl von palmar, dorsal als auch kombiniert beschrieben (BERGER 2004, WEISS et al. 2000). Beim dorsalen Zugang erfolgt die Reposition der proximalen Handwurzelreihe mit Hilfe zweier 1,6 mm Kirschnerdrähte, sog. Joysticks, die temporär in das Lunatum und Triquetrum eingebracht werden. Nach Kirschnerdraht-Transfixation und Bandnaht erfolgt die sorgfältige Readaption des Lig. radiocarpale dorsale durch Verschluss der Handgelenks-Kapsel. Der alternative palmare Zugang verläuft radial der Sehne des M. flexor carpi ulnaris bis zur distalen Handgelenks-Beugefurche. Günstig wirkt sich bei der Exposition des LT-Bandes von palmar die Tatsache aus, dass in seinem palmaren Anteil in der Regel kräftiges, nahtfähiges Material vorhanden ist. In beiden Fällen sollte die Immobilisation sechs bis acht Wochen betragen und die Materialentfernung nach acht bis zwölf Wochen erfolgen (BERGER 2004).

Chronische LT-Bandverletzung

Bei klinisch symptomatischer chronischer LT-Bandruptur ohne Instabilität kann nach unserer Ansicht in der Mehrheit der Fälle durch ein arthroskopisches Débridement der Bandreste und der entzündlich veränderten Synovialis eine Besserung der Schmerzsituation erzielt werden.

Chronische LT-Bandverletzung mit dynamischer Instabilität

Bei veralteter chronischer LT-Bandruptur ist aufgrund der Degeneration der Bandstümpfe normalerweise eine sekundäre Bandnaht unmöglich. Bei chronischer dynamischer Instabilität werden deshalb rekonstruktive Verfahren zum LT-Bandersatz, alternative Operationen zur Stabilisierung des Karpus oder auch arthrodetische Verfahren benötigt. Voraussetzung ist stets das Fehlen arthrotischer Veränderungen.

Eine Möglichkeit ist die Rekonstruktion des LT-Bandes z.B. mittels eines Sehnenstreifens des M. extensor carpi ulnaris (Abb. 32) (REAGAN et al. 1984). Dieser wird distal gestielt, transossär durch Lunatum und Triquetrum gezogen und anschließend nach lunotriquetraler Transfixation mit sich selbst vernäht. Die Nachbehandlung sollte aus einer Immobilisation von sechs bis acht Wochen und einer Materialentfernung mit Beginn der Handtherapie nach acht bis zwölf Wochen bestehen. Hierbei konnten bisher zufriedenstellende kurzfristige und mittelfristige Ergebnisse erzielt werden (SHAHANE et al. 2005, SHIN et al. 2001).

Knochen-Ligament-Knochen-Transplantate zur Rekonstruktion des LT-Bandes (BERGER 2004) haben sich bisher noch nicht durchsetzen können und müssen in größeren Patientenkollektiven weiter verfolgt werden. Eine weitere The-



Abb. 32: Darstellung der Rekonstruktion des LT-Bandes mittels eines distal gestielten Sehnenstreifens des M. extensor carpi ulnaris



Abb. 33: Dorsopalmare Röntgenaufnahme des Handgelenks nach lunotriquetraler Arthrodese mittels Herbert-Schraube

rapiermöglichkeit bereits im Stadium der dynamischen Instabilität ist auch die Arthrodese von Lunatum und Triquetrum (Abb. 33).

Eine Alternative zur dorsalen Stabilisierung des Lunatum bietet analog zur skapholunären Instabilität auch eine dorsale Kapsulodese. Hierzu kann nach lunotriquetraler Transfixation ein zentraler Anteil des Lig. radiocarpale dorsale (Lig. radiolunotriquetrum dorsale) präpariert werden, der distal gestielt am Triquetrum verbleibt. Der Kapselstreifen wird nach Anfrischen des Lunatum z.B. mittels eines Ankersystems unter Zug inseriert (BERGER 2004). Im Stadium der prä-dynamischen Instabilität ist die dorsale Kapsulodese eine denkbare Therapiemöglichkeit. Auch hier liegen bisher noch keine aussagekräftigen klinischen Ergebnisse vor.

Chronische LT-Bandruptur mit statischer Instabilität (Grad III)

Studien haben nachgewiesen, dass die statische PISI-Fehlstellung durch Weichteileingriffe nicht immer dauerhaft korrigiert werden kann (RITT et al. 1998b). In diesen Fällen könnte der lunotriquetralen Arthrodese der Vorzug gegeben werden. Voraussetzung ist die Reponierbarkeit von Lunatum und Triquetrum. Die gleiche Indikation stellen wir auch bei Patienten mit chronischer dynamischer Instabilität fest, bei denen durch rekonstruktive Operationen keine ausreichende Reduktion der Beschwerden erreicht werden konnte. Die Beweglichkeit im lunotriquetralen Gelenk ist sehr gering. Zufallsbefunde, wie eine angeborene LT-Fusion machen sich im Alltag klinisch in der Regel nicht bemerkbar. Die Wertigkeit der konsequent erscheinenden LT-Arthrodese wird in der Literatur jedoch widersprüchlich diskutiert, nicht zuletzt wegen der hohen Pseudarthroserate von durchschnittlich rund 30 %. Die klinischen Ergebnisse nach LT-Arthrodese sind in der Literatur uneinheitlich (LARSEN et al. 1997, SIEGEL und RUBY 1996). Technisch führen wir die lunotriquetrale Arthrodese über einen dorsalen Zugang mittels Interposition von Spongiosa durch. Aufgrund der kleinen Kontaktfläche und der erheblichen Rotationskräfte empfehlen wir die Verwendung zweier Mini-Herbert-Schrauben. Alternativ können Kirschnerdrähte eingesetzt werden. Die Immobilisation sollte nach unseren Erfahrungen mindestens acht Wochen betragen.

Rettungsoperationen

Besteht eine fixierte Fehlstellung, die eine anatomische Reposition unmöglich macht, haben Rettungsoperationen zur Prophylaxe bzw. Verzögerung von Langzeitschäden ihre Berechtigung, da die ständige Flexion der proximalen Handwurzelreihe früher oder später zur mediokarpalen Arthrose führt. Meist kann auch bei beginnender posttraumatischer



Abb. 34: Dorsopalmare Röntgenaufnahme nach Entfernung der proximalen Handwurzelreihe (Proximal Row Carpectomy)

Arthrose eine Totalarthrodese des Handgelenks durch eine radioskapholunäre oder mediokarpale Teilarthrodese vermieden werden. Eine weitere Option ist bei erhaltener Gelenkfläche des Kapitatumkopfs und fehlender Arthrose in der Fossa lunata die Entfernung der proximalen Handwurzelreihe (Abb. 34).

Bei LT-Bandruptur durch einen chronischen Ulna-Vorschub ist das arthroskopische Débridement des ulnokarpalen Bandkomplex oder in ausgeprägten Fällen eine Ulna-Verkürzungsosteotomie eine adäquate Therapiemöglichkeit. Bei diesen Verfahren wurden gute klinische Erfolge erzielt, selbst wenn das LT-Band unbehandelt blieb (AMBROSE und POSNER 1992). Die Resektion des Nervus interosseus posterior oder auch die therapeutische Denervation des Handgelenks nach WILHELM (1966) kann palliativ oder begleitend in allen Stadien durchgeführt werden.

Zusammenfassung

Grundsätzlich ist beim Verdacht auf posttraumatische, dissoziative karpale Instabilitäten die frühzeitige diagnostische Abklärung wichtig. Eine entscheidende Rolle kommt hierbei neben Standard-Röntgenaufnahmen der diagnostischen Arthroskopie des Handgelenkes zu. Bei der Behandlung der frischen Verletzung ist die möglichst anatomische Reposition des Karpus, wenn möglich mit Naht der gerissenen Bandstrukturen, die Voraussetzung für eine Ausheilung.

Für akute SL-Band- und LT-Bandverletzungen besteht hinsichtlich der Therapie weitgehender Konsensus. Bei veralteten Verletzungen sind rekonstruktive Therapieverfahren oder letztendlich Rettungsoperationen gefordert. Hierbei muss berücksichtigt werden, dass die traumatischen, dissoziativen karpalen Instabilitäten stets durch eine Kombination eines intrinsischen mit einem extrinsischem Bandschaden verursacht werden. Die Verletzung der extrinsischen Bandstrukturen darf keinesfalls nur als Begleitverletzung betrachtet werden. Da ihr Ausmaß ein wesentlicher prognostischer Faktor ist, muss das Behandlungskonzept besonders bei den dissoziativen, statischen karpalen Instabilitäten auch die Reparatur des extrinsischen Schadens berücksichtigen. Bei der Behandlung der chronischen SL- und LT-Bandverletzung mit chronischer Instabilität werden derzeit unterschiedliche Methoden angewandt und diskutiert. Das Patientengut veröffentlichter Arbeiten zur Therapie der chronischen SL-Bandverletzung ist bisher uneinheitlich gewesen und niedrige Fallzahlen erschweren zurzeit noch den Vergleich einzelner Behandlungsmethoden. Abgesehen von der signifikanten Schmerzreduktion ist derzeit noch nicht gesichert, ob statische chronische Instabilitäten des Karpus durch rekonstruktive Weichteileingriffe langfristig korrigiert und Spätschäden dadurch vermieden werden können. Endgültige Empfehlungen zur standardisierten Behandlung der chronischen SL- und LT-Bandverletzung müssen noch anhand prospektiver Studien sowohl bei unterschiedlichen Stadien, Schweregraden, homogenem Patientengut als auch bei größeren Patientenkollektiven abgewartet werden. Hierbei werden wir den zukünftigen Arbeiten zur Brunelli-Operation und ihrer Modifikationen bei der SL-Bandverletzung mit statischer Instabilität besondere Aufmerksamkeit schenken. Viele Fragen zur Genese karpaler Instabilitäten und zur Optimierung der gestörten Biomechanik des in „seiner Konstruktion einzigartigen Handgelenkes“ bedürfen zur Klärung noch weiterer interessanter, wissenschaftlicher Bemühungen.

Literatur

- ALLIEU, Y.: Carpal instability: ligamentous instabilities and intracarpal malalignments. *Ann. Chir. Main.* 3: 317–321 und 366–367 (1984).
- AMADIO, P.C.: Carpal cinematics and instability: A clinical and anatomic primer. *Clin. Anatomy* 4: 1–12 (1991).
- AMBROSE, L., POSNER, M.A.: Lunate-triquetral and midcarpal joint instability. *Hand Clinics* 8: 653–668 (1992).
- BERGER, R.A.: Dorsal capsulodesis. In: COONEY, W.P., LINSCHIED, R.L., DOBYNS, J.H.: *The Wrist: Diagnosis and Operative Treatment*. Mosby, St.Louis: 521 (1998).
- BERGER, R.A.: Lunotriquetral joint. In: BERGER, R.A., WEISS, A.P.: *Hand Surgery*. Lippincott/Williams & Wilkins, Philadelphia: 495–509 (2004).
- BLATT, G.: Capsulodesis in reconstructive hand surgery: Dorsal capsulodesis for the unstable scaphoid and volar capsulodesis following excision of the distal ulna. *Hand Clin.* 3: 81–102 (1987).
- BRUNELLI, G.A., BRUNELLI, G.R.: A new technique to correct carpal instability with scaphoid rotatory subluxation: a preliminary report. *J. Hand Surg.* 20A: 82–85 (1995).
- BURGESS, R.C.: The effect of rotatory subluxation of the scaphoid on radio-scaphoid contact. *J. Hand Surg.* 12A: 771–774 (1987).
- BUSSE, F., FELDERHOFF, J., KRIMMER, H., LANZ, U.: Scapholunate dissociation: treatment by dorsal capsulodesis. *Handchir. Mikrochir. Plast. Chir.* 34: 173–181 (2002).
- CUENOD, P.: Osteoligamentoplasty and limited dorsal capsulodesis for chronic scapholunate dissociation. *Ann. Chir. Main. Memb. Super.* 18: 38–53 (1999).
- ENGELHARDT, T.O., KRIMMER, H.: Dissoziative Karpale Instabilität – Ätiologie und Therapiekonzept. *Chirurgische Allgemeine* 5: 362–367 (2004).
- FRANKEL, V.H.: The Terry Thomas Sign. *Clin. Orthop. Relat. Res.* 129: 321–322 (1977).
- GARCIA-ELIAS, M.: The treatment of wrist instability. *J. Bone Joint Surg.* 79B: 684–690 (1997).
- GILULA, L.A., WEEKS, P.M.: Post-traumatic ligamentous instabilities of the wrist. *Radiology* 129: 641–651 (1978).
- HAHN, P., KRIMMER, H., PROMMERSBERGER, K.J., VAN SCHOONHOVEN, J.: Scapholunate dissociation. Results of ligament suture and ligamentoplasty. *Handchir. Mikrochir. Plast. Chir.* 31: 346–350 (1999).
- HORII, E., GARCIA-ELIAS, M., AN, K.N.: A cinematic study of luno-triquetral dissociations. *J. Hand Surg.* 16A: 355–362 (1991).
- International Wrist Investigators' Workshop Terminology Committee (GILULA, L.A. et al.): Wrist: terminology and definitions. *J. Bone Joint Surg.* 84A; Suppl.1: 9–13 (2002).
- KALB, K., MARKERT, S.: Erste Erfahrungen mit der Osteoligamentoplastik nach CUENOD zur Behandlung der chronischen skapholunären Dissoziation. *Handchir. Mikrochir. Plast. Chir.* 35: 310–316 (2003).
- KLEINMAN, W.B., GRAHAM, T.J.: Distal ulnar injury and dysfunction. In: PEIMER, C.A.: *Surgery of the hand and upper extremity*. McGraw-Hill, New York: 667–710 (1996).
- KRIMMER, H., KRAPHOL, B., SAUERBIER, M., HAHN, P.: Der posttraumatische karpale Kollaps (SLAC- und SNAC-Wrist) – Stadieneinteilung und therapeutische Möglichkeiten. *Handchir. Mikrochir. Plast. Chir.* 29: 228–233 (1997).
- KRIMMER, H., HAHN, P., PROMMERSBERGER, K.J., SAUERBIER, M., LANZ, U.: Diagnostik und Therapie der skapholunären Dissoziation. *Akt. Traumatol.* 26: 264–269 (1996).
- KRIMMER, H., SAUERBIER, M., VISPO-SEARA, J.L., SCHINDLER, G., LANZ, U.: Fortgeschrittener karpaler Kollaps (SLAC-Wrist) bei Skaphoidpseudarthrose – Therapiekonzept: Mediokarpale Teilarthrodese. *Handchir. Mikrochir. Plast. Chir.* 24: 191–198 (1992).
- LARSEN, C.F., JACOBY, R.A., McCABE, S.J.: Nonunion rates of limited carpal arthrodesis: a meta-analysis of the literature. *J. Hand Surg.* 22A: 66–73 (1997).
- LAVERNIA, C.J., COHEN, M.S., TALEISNIK, J.: Treatment of scapholunate dissociation by ligamentous repair and capsulodesis. *J. Hand Surg.* 17A: 354–359 (1992).
- LIGHTMAN, D.M., SCHNEIDER, J.R., SWAFFORD, A.R., MACK, G.R.: Ulnar midcarpal instability – clinical and laboratory analysis. *J. Hand Surg.* 6A: 515–523 (1981).
- LIGHTMAN, D.M.: Introduction to the carpal instabilities. In: LIGHTMAN, D.M.: *The wrist and its disorders*. Saunders, Philadelphia (1997).
- LINSCHIED, R.L., DOBYNS, J.H., BEABOUT, J.W., BRYAN, R.S.: Traumatic instability of the wrist - diagnosis, classification, pathomechanics. *J. Bone Joint Surg.* 54A: 1612–1632 (1972).
- MEIER, R., SCHMITT, R., CHRISTOPOULOS, G., KRIMMER, H.: Scapholunate ligament tears in MR arthrography compared with wrist arthroscopy. *Handchir. Mikrochir. Plast. Chir.* 34: 381–385 (2002).
- MEIER, R., PROMMERSBERGER, K.J., KRIMMER, H.: Teilarthrodesen von Skaphoid, Trapezium und Trapezoideum (STT-Fusion). *Handchir. Mikrochir. Plast. Chir.* 35: 323–327 (2003).
- MITSUYASU, H., PATTERSON, R.M., SHAH, M.A., BUFORD, W.L., IWAMOTO, Y., VIEGAS, S.F.: The role of the dorsal intercarpal ligament in dynamic and static scapholunate instability. *J. Hand Surg.* 29A: 279–288 (2004).

- MORAN, S.L., COONEY, W.P., BERGER, R.A., STRICKLAND, J.: Capsulodesis for the treatment of chronic scapholunate instability. *J. Hand Surg.* 30A: 16–23 (2005).
- OSTERMAN, A.L., SEIDMAN, G.D.: The role of arthroscopy in the treatment of lunotriquetral ligament injuries. *Hand Clinics* 11: 41–50 (1995).
- REAGAN, D.S., LINSCHIED, R.L., DOBYNS, J.H.: Lunotriquetral sprains. *J. Hand Surg.* 9A: 502–514 (1984).
- RITT, M.J., BISHOP, A.T., BERGER, R.A., LINSCHIED, R.L., BERGLUND, L.J., AN, K.N.: Lunotriquetral ligament properties: A comparison of three anatomic subregions. *J. Hand Surg.* 23A: 425–431 (1998a).
- RITT, M.J., LINSCHIED, R.L., COONEY, W.P., BERGER, R.A., AN, K.N.: The lunotriquetral joint: Cinematic effects of sequential ligament sectioning, ligament repair and arthrodesis. *J. Hand Surg.* 23A: 432–445 (1998b).
- RITTER, M.R., CHANG, D.S., RUCH, D.S.: The role of arthroscopy in the treatment of lunotriquetral ligament injuries. *Hand Clinics* 15: 445–454 (1999).
- RUCH, D.S., POEHLING, G.G.: Arthroscopic management of partial scapholunate and lunotriquetral injuries of the wrist. *J. Hand Surg.* 21A: 412–417 (1996).
- SAFFAR, P.: Carpal luxation and residual instability. *Ann. Chir. Main.* 3: 349–352 (1984).
- SCHMITT, R., STÄBLER, A., KRIMMER, H.: Karpale Instabilitäten. In: SCHMITT, R., LANZ, U.: *Bildgebende Diagnostik der Hand*. Thieme, Stuttgart, Springer Verlag: 261–284 (2004).
- SHAHANE, S.A., TRAIL, I.A., TAKWALE, V.J., STILWELL, J.H., STANLEY, J.K.: Tenodesis of the extensor carpi ulnaris for chronic, posttraumatic lunotriquetral instability. *J. Bone Joint Surg.* 87B: 1512–1515 (2005).
- SHIN, A.Y., WEINSTEIN, L.P., BERGER, R.A., BISHOP, A.T.: Treatment of isolated injuries of the lunotriquetral ligament - A comparison of arthrodesis, ligament reconstruction and ligament repair. *J. Bone Joint Surg.* 83B: 1023–1028 (2001).
- SIEGEL, J.M., RUBY, L.K.: A critical look at intercarpal arthrodesis: review of the literature. *J. Hand Surg.* 21A: 717–723 (1996).
- TALEISNIK, J.: The ligaments of the wrist. *J. Hand Surg.* 9A: 110–118 (1976).
- TALWALKAR, S.C., EDWARDS, A.T., HAYTON, M.J., STILWELL, J.H., TRAIL, I.A., STANLEY, J.K.: Results of tri-ligament tenodesis: A modified Brunelli procedure in the management of scapholunate instability. *J. Hand Surg.* 31B: 110–117 (2006).
- VAN DEN ABEELE, K.L., LOH, Y.C., STANLEY, J.K., TRAIL, I.A.: Early results of a modified Brunelli procedure for scapholunate instability. *J. Hand Surg.* 23B: 258–261 (1998).
- VIEGAS, S.F., PATTERSON, R.M., PETERSON, P.D., et al.: Ulnar-sided perilunate instability: an anatomic and biomechanical study. *J. Hand Surg.* 15A: 268–278 (1990).
- VIEGAS, S.F., YAMAGUCHI, S., BOYD, N.L., PATTERSON, R.M.: The dorsal ligaments of the wrist: anatomy, mechanical properties and function. *J. Hand Surg.* 24A: 456–468 (1999).
- WATSON, H.K., ASHMEAD, D., MAKHLLOUF, M.V.: Examination of the scaphoid. *J. Hand Surg.* 13A: 657–660 (1988).
- WATSON, H.K., BALLEE, F.L.: The SLAC wrist: scapholunate advanced collapse pattern of degenerative arthritis. *J. Hand Surg.* 9A: 358–365 (1984).
- WATSON, H.K., RYU, J., AKELMAN, E.: Limited triscaphoid arthrodesis for rotatory subluxation of the scaphoid. *J. Bone Joint Surg.* 68A: 345–349 (1986).
- WATSON, H.K., WEINZWEIG, J., GUIDERA, P.M., ZEPPIERI, J., ASHMEAD, D.: One thousand intercarpal arthrodeses. *J. Hand Surg.* 24B: 307–315 (1999).
- WATSON, H.K., WEINZWEIG, J., ZEPPIERI, J.: The natural progression of scaphoid instability. *Hand Clin.* 13: 39–49 (1997).
- WEISS, A.P.: Scapholunate ligament reconstruction using a bone-retinaculum-bone autograft. *J. Hand Surg.* 23A: 205–215 (1998).
- WEISS, A.P., SACHAR, K., GLOWACKI, K.A.: Arthroscopic debridement alone for intercarpal ligament tears. *J. Hand Surg.* 22(A): 344–349 (1997).
- WEISS, L.E., TARAS, J.S., SWEET, S., OSTERMAN, A.L.: Lunotriquetral injuries in the athlete. *Hand Clinics* 16: 433–438 (2000).
- WILHELM, A.: Die Gelenkdenervation und ihre anatomische Grundlage. *Hefte Unfallheilk.* 86: 1–109 (1966).

