

Harald Hempfling<sup>1</sup>

# Der Diskus am Handgelenk

## *Triangular fibrocartilage of the wrist joint*

**Zusammenfassung:** Der Discus articularis des Handgelenks ist in Funktion und gutachtlicher Beurteilung vergleichbar mit dem Meniskus des Kniegelenks sowie der Bandscheibe der Wirbelsäule.

**Anatomie:** Der Discus articularis gehört zu einem komplex aufgebauten Bandsystem des distalen Radioulnargelenks und besteht aus einer oberflächlichen und einer tiefen Schicht, stabilisiert durch die Ligg. radioulnaria.

**Pathologie:** Unterschieden werden Schäden und Verletzungen, klassifiziert nach Palmer.

**Pathomechanik:** Kompressions- sowie Distorsions- und Rotationstraumen können zu Diskusläsionen führen, meist als Begleitläsion zu werten.

**Schlussfolgerung:** Für die Begutachtung bedarf es der Prüfung des Pathomechanismus, der Diagnose sowie der Begleitschäden.

**Schlüsselwörter:** Discus ulnocarpalis, TFCC-Komplex, Anatomie, Pathologie, Pathomechanismus, Begutachtung

### Zitierweise

Hempfling H. Der Diskus am Handgelenk. OUP 2016; 2: 094–105 DOI 10.3238/oup.2016.0094–0105

**Summary:** The TFCC complex is comparable with the meniscus of the knee joint and the disc of the spinal column.

**Anatomy:** The TFCC of the wrist joint belongs to a complex ligament system of the distal radioulnar joint. The disc consists of a superficial and a profound layer, stabilized by the radioulnar ligaments.

**Pathology:** There is a difference between traumatic and non traumatic (degenerative) lesions.

**Pathomechanism:** Compression and distraction rotation-forces can lead to disc injuries, in the most cases as an accompaniment lesion.

**Conclusion:** For the expert opinion the pathomechanism, the diagnosis and the accompaniment lesions must be considered.

**Keywords:** TFCC, anatomy, pathology, pathomechanism, expert opinion

### Citation

Hempfling H. Triangular fibrocartilage of the wrist joint. OUP 2016; 2: 094–105 DOI 10.3238/oup.2016.0094–0105

## Einleitung

Die Kenntnis von der Pathologie des Discus articularis reicht bis zum Jahr 1726 zurück. Petit [92] sah die Ursache von posttraumatischen Schmerzen des Handgelenks in einer Mitverletzung des Discus articularis [33]. Trotzdem bestehen nach wie vor Unsicherheit und Unkenntnis über diese wichtige Struktur des proximalen Handgelenks. Dies wird schon an ihrer unterschiedlichen Bezeichnung deutlich: Dreieckplatte, Discus articularis, Discus triangularis, Discus carpalis triangularis, Discus ulnocarpalis, Ligamentum triangulare, Meniskus sowie triangularfibrocartilage-complex (TFCC) [28, 60, 61, 68, 70, 86, 106, 125]. So ist es nicht verwunderlich, dass nicht nur bei der Diagnose und Behandlung, sondern auch bei der Begutach-

tung von Diskusläsionen Schwierigkeiten auftreten.

## Nomenklatur und Anatomie

Der Discus articularis des Handgelenks gehört zu einem komplex aufgebauten Bandsystem des distalen Radioulnargelenks, das zusammen mit der Membrana interossea des Unterarms den Radius rotationsstabil an die Ulna und diese wiederum an den Carpus fixiert [95]. Der Diskus als Einzelstruktur spannt sich über der Gelenkfläche des Ellenköpfchens aus, er entspringt am distalen ulnaren Rand des Radius, d.h. am distalen Ansatz der Incisura ulnaris radii, und zieht von da ulnarwärts an den Processus styloideus ulnae und weiter an das Os triquetrum, das Os hamatum und bis

an die Basis des Os metacarpale V. Funktionell kann er in 2 Schichten eingeteilt werden [80, 81, 82] mit verschiedenen Ansatzpunkten an der Elle [11]. Sowohl palmar als auch dorsal sind Faserstrukturen ausgebildet, die das gesamte Ulnaköpfchen umgeben. Es besteht ein komplexes fibröses System, das neben dem Diskus das Lig. radioulnare palmare und dorsale erkennen lässt (Abb. 1). Aufgrund dieser Verbindungsstruktur wird der Diskus des Handgelenks als einziges den Radius und die Ulna distal stabilisierendes Band bezeichnet, das auch die Pronation und Supination zulässt [76].

Der Diskus selbst besteht aus 2 Schichten, die oberflächliche (distale) Schicht und die tiefe (proximale) Schicht. Entsprechend teilen sich beide Ligg. radioulnaria, ausgehend von der palmaren und dorsalen Kante der Sig-

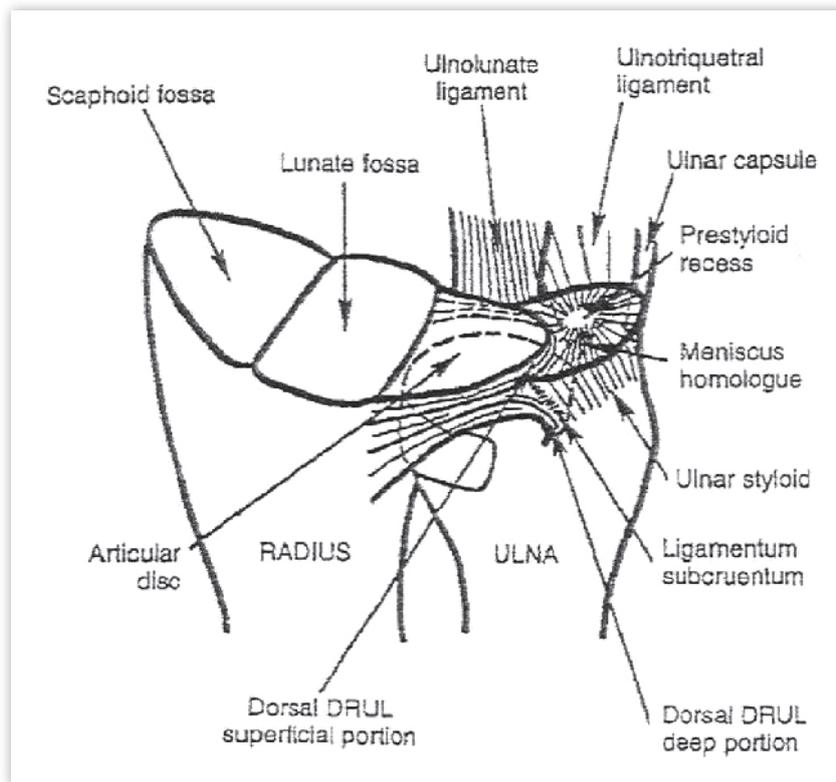
<sup>1</sup> Büro Murnau

moid-Notch in 2 Äste, die zum einen an der Basis des Processus styloideus ulnae und zum anderen (tiefe Schicht) an der Fovea ulnae ansetzen. Zwischen beiden Schichten liegt gefäßreiches, lockeres Bindegewebe, das Lig. subcrumentum, das weder histologisch noch funktionell ein Band ist. Bei Betrachtung von der Gelenkfläche aus bilden die radioulnaren Bänder eine dreieckige Struktur (triangular ligament) unter Differenzierung der oberflächlichen und tiefen Schicht und mit Einbeziehung der Fovea ulnae. Watanabe [119] ordnet der Gelenkkapsel des DRUG einen ähnlichen Effekt wie den Ligg. radioulnaria zu. Die Gelenkkapsel kommt bei Pronation und Supination über die 90° hinaus, ohne Gelenkkapsel wäre die Unterarmrotation um jeweils 10° erweitert [118]. Am Ellenkopf setzt der Diskus nicht nur am Bandapparat, sondern auch an der Fovea des Ellenkopfs an. Das palmare und das dorsale Lig. radioulnare sind die Hauptstabilisatoren des distalen Radio-ulnargelenks. So wie sich jedes radio-ulnare Band nach ulnar erstreckt, teilt es sich auch in 2 Äste (Abb. 2), in einen tiefen Ast, der auf der Fovea der Ulna ansetzt, und in einen oberflächlichen Ast, der sich am Processus styloideus ulnae anheftet. Der Diskus hat also am Ellenkopf 4 Ansätze: einen dorsalen tiefen Ast, einen dorsalen oberflächlichen Ast, einen palmaren tiefen Ast und einen palmaren oberflächlichen Ast.

Mit einbezogen in den Diskuskomplex sind das Meniskushomolog, das Lig. collaterale ulnare und die Sehnen-scheide des Musculus extensor carpi ulnaris. Somit setzt sich der Diskus aus 5 Elementen zusammen, die makroskopisch schwer bis nicht zu unterscheiden sind:

1. Discus articularis,
2. Ligg. radioulnaria,
3. Meniscus ulnocarpalis,
4. Lig. collaterale ulnare,
5. Sehnnenscheide ECU.

Bezieht man die Sehnnenscheide des M. extensor carpi ulnaris anatomisch und funktionell mit ein, dann resultiert der ulnokarpale Komplex. Das Lig. discocarpale (ulnocarpale) ist hierbei nicht auszuschließen [98]. Die knöchernen Befestigungspunkte des Discus articularis können mit denen einer knöchernen Sehneninsertion verglichen werden. Es zeigen sich jedoch Besonderheiten, die den Ansatz des Discus articularis am Ra-



**Abbildung 1** Schematische Darstellung des Diskuskomplexes (aus [56])

dius und in einigen Fällen auch am Proc. styloideus von der typischen knöchernen Sehneninsertion abgrenzen. Die Insertion des Discus articularis am Proc. styloideus entspricht dem von Cooper und Misol [24] beschriebenen 4-Zonen-Aufbau, wogegen der Ansatz des Discus articularis am Radius in 2 Punkten von diesem System abweicht. Anstelle des unmineralisierten Faserknorpels liegt unmineralisierter hyaliner Knorpel sowohl in der Zone 2 als auch in der Zone 3 vor. Insofern und trotz dieser Abweichung kann der Diskus als „Sonderform einer spezialisierten Sehne“ bezeichnet werden.

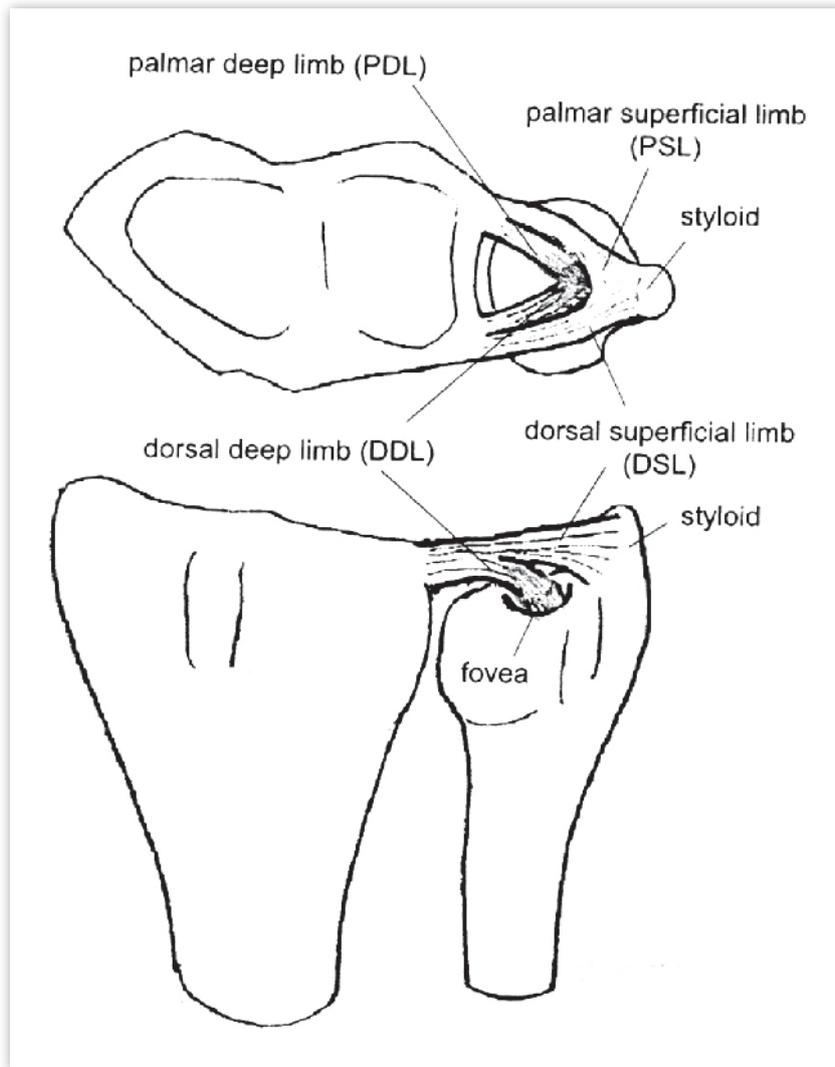
Eine weitere Sonderstruktur ist eine stark vaskularisierte synoviale Aussackung der Articulatio ulnocarpalis mit topografischer Beziehung zum Proc. styloideus ulnae: der Recessus praestyloideus ulnae. Die Öffnung zum Handgelenk ist meist mit Synovialiszotten bedeckt und liegt auf Höhe der Spitze des Discus articularis. Eine pathologische Bedeutung erlangt der Recessus praestyloideus ulnae durch die frühe Beteiligung bei der rheumatoiden Arthritis des Handgelenks. Er liegt genau am Übergang zwischen Diskus und Menis-

kus, Recessus ulnaris, und entspricht einer proximalen Aussackung des Handgelenkraums bei Anthropoiden [129]. Der ulnare Recessus besitzt eine enge Beziehung zum Proc. styloideus ulnae (prestyloid recess).

Der Meniskus des Handgelenks wird wiederholt in der Literatur genannt [70, 60, 61, 86, 74, 124]. In der Klassifikation der Diskusschäden [88] ist er jedoch nicht berücksichtigt.

Der Handgelenkdiskus ist randständig blutversorgt mit 10–40 % in der Peripherie. Die von der Kapsel ausgehenden Gefäße dringen von palmar, dorsal und ulnar in den Diskus ein. Der innere horizontale Diskusteil am Radiusansatz ist ohne Blutgefäße [8]. Daraus resultiert, dass eine Heilung im Zentrum und am radialen Ansatz nicht möglich ist; lediglich randständig an der Gelenkkapsel ist eine Naht des Diskus erfolgversprechend. Der Diskus erhält seine Blutversorgung von der Arteria ulnaris (R. carpeus palmaris et dorsalis) und der A. interossea posterior (dorsaler Ast und palmarer Ast).

Der Discus articularis wird innerviert durch Äste des Nervus interosseus posterior, N. ulnaris und N. cutaneus an-



**Abbildung 2** Strukturaufbau der Diskusansatzstellen am Ellenkopf (nach [78])

tebrachii posterior [37, 69]. Der radiale und zentrale Diskusteil ist nerval nicht versorgt.

Aus der teilweise fehlenden Innervation lässt sich ableiten, dass bei radialen oder zentralen Diskusschäden (die häufigste Form) die ellenseitige Schmerzsymptomatik durch destabilisierte Diskusbegleitstrukturen entsteht [37].

Die Funktionen des Diskus unterliegen den Einflüssen der sogenannten Plus- und Minus-Varianten in der Länge der Unterarmknochen. Kommt der Diskus zwischen Handwurzelreihe und Elle unter Druck, so ist ein verschleißbedingter Aufbrauch die Folge. Des Weiteren führen Änderungen im Längenverhältnis Elle zu Speiche, zum Beispiel nach der Radiusköpfchenresektion [95], zur Änderung der radioulnaren Differenz und damit zur Diskusdrucküberlastung.

Durch die Arbeit von Kim [63] ist bekannt, dass Ulna-Plus-Varianten beim Fötus nicht vorkommen. Die Ulna-Null-Variante findet man mit 20 % Häufigkeit, die Ulna-Minus-Variante überwiegt mit 80 %. Vergleicht man diese Zahlen mit der Verteilung der Ulna-Varianten beim Erwachsenen, so zeigt sich, dass mit zunehmendem Alter die Ulna-Plus-Varianten von 0 % bei unter 20-Jährigen auf 64 % bei über 60-Jährigen ansteigen. Entsprechend kommt es auch zur Häufung der Diskusdefekte (Tab. 1), da der Druck zwischen Elle und Lunatum mit Zunahme der Ellenlänge ansteigt [109].

Ausgehend von der maximalen Pronation kommt es mit zunehmender Supination zu einer relativen Verkürzung der Elle gegenüber der Speiche. Es entsteht auch eine Verlagerung des Ellenkopfs in der Incisura radii von dorsal

nach palmar unter gleichzeitiger Rotation der Elle (Roll-Gleit-Bewegung). Somit entsteht eine Bewegung der Elle zum Radius bei Pronation-Supination in axialer Richtung, von dorsal nach palmar, und dies unter Rotation (Abb. 3).

Um eine vergleichbare und reproduzierbare Ulnavarianz (radioulnare Differenz) am Röntgenbild messen zu können, bedarf es einer standardisierten PA-Aufnahme in Neutralstellung bei Abduktion des Oberarms im Schultergelenk um 90°, 90° Beugung im Ellenbogen und damit Lagerung der Hand in Schulterhöhe. Bei korrekter Lagerung wird am Röntgenbild der Proc. styloideus ulnae im Profil an der Außenseite des Ulnakopfs abgebildet.

Die Struktur des Diskus hängt von der Ulna-Stellung ab, denn die 3 Typen der Ulna-Variante „zeigen ein verschiedenes Verhalten im Aufbau des Diskus“ [68]. Beim normalen Handgelenk geht der Radiusknorpel ohne Niveaudifferenz in den Diskus über, gleichgültig, welcher der 3 Typen vorliegt. Bei der Minus-Variante ist der Diskus dicker, bei der Plus-Variante dünner als bei der Null-Variante [68]. Mit zunehmender Ulna-Variante nimmt die Diskusdicke (mm) ab [29, 30, 90, 26]. Laut Mikic [74] variiert die Diskusdicke im Zentrum zwischen 0,5 mm und 3,0 mm, durchschnittlich beträgt sie 1 mm. Mit zunehmendem Alter nimmt die Diskusdicke ab [66]. Die dann folgenden Diskusdefekte entstehen nicht durch unzureichende Vaskularisation, sondern durch hohe mechanische Beanspruchung. Während bei Neugeborenen und Kindern histologisch lediglich Fibrozyten zu finden sind, zeigen sich bei Erwachsenen zunehmend Knorpelzellen, die nach Pauwels [91] auf eine Druckbeanspruchung des Gewebes mit intermittierender Deformation der Chondrozyten schließen lassen. Dies ist Folge der druckaufnehmenden Funktion und nicht unbedingt eine Degeneration [51], vielmehr eine Texturstörung [50].

Daraus resultiert bezogen auf das zunehmende Alter:

- Die Elle wird länger bzw. der Radius wird kürzer [63].
- Hultén-Plus nimmt zu, Hultén-Minus nimmt ab [128].
- Der Diskus wird dünner [30]).
- Diskusdefekte nehmen an Anzahl zu [73, 116].

Diskusdefekte können auch Normvarianten sein, d.h., man findet sie im jugendlichen Alter bei Ulna-Minus-Varianten sogar auch beidseitig [65].

## Biomechanik – Pathomechanik

Die Funktion im distalen Radioulnargelenk sieht die Pronation und Supination vor, wobei sich der Radius um die Ulna dreht. Gleichzeitig kommt es bei der Pronation zur Ulna-Plus-Verschiebung und zur Dorsalversetzung des Ellenkopfs, bei der Supination entsteht eine Ulna-Minus-Verschiebung und eine Volarverlagerung des Ellenkopfs [9, 10], d.h., bei der Supination resultiert eine Palmar- und bei der Pronation eine relative Dorsalverschiebung des Ellenkopfs [1], was zu entsprechenden Druckbelastungen in der Sigmoid-Notch führt [35].

Des Weiteren ist das proximale Handgelenk einer Druckbelastung ausgesetzt. Sie verteilt sich zu 80 % auf den Radius und zu 20 % auf den Diskus bzw. die Elle [86, 89, 111, 112, 22]. Dementsprechend kann das Radioulnargelenk durch Zug- und Druckkräfte geschädigt werden (vgl. Abb. 3).

Diskusrupturen entstehen durch Kräfte, die entlang der Unterarmachse auf das Handgelenk wirken. Durch die feste Verbindung der beiden Vorderarmknochen über die Membrana interossea werden Kräfte, die bei einem Sturz auf die dorsal flektierte Hand primär über die Elle wirken, auf die Speiche übertragen. Neben den dadurch entstehenden Brüchen der Speiche an typischer Stelle geben sie auch nur zu isolierten Diskusverletzungen Anlass bzw. führen sekundär zu Schaftfrakturen des Vorderarms, meistens im distalen Drittel.

Die 4 Hauptmechanismen für eine Diskusverletzung sind [34]:

1. Das Kompressionstrauma, wobei eine Stoßwirkung in der Längsachse des Unterarms – wie es beim Sturz auf die abstützende Hand der Fall ist – zu einer Kraftübertragung von der proximalen Handwurzelreihe auf den Diskus und das distale Unterarmende führt. Der Diskus kommt dabei zwischen Os lunatum und Capitulum ulnae zu liegen und ist dadurch gerade an seiner schwächsten Stelle einer hohen Druckbelastung ausgesetzt, die zu

Alter	Hultén –	Hultén 0	Hultén +
20–29	36 %	64 %	0 %
30–39	39 %	42 %	19 %
40–49	14 %	79 %	7 %
50–59	13 %	67 %	20 %
60–69	0 %	36 %	64 %

**Tabelle 1** Häufigkeit der Hultén-Varianten in Abhängigkeit vom Lebensalter

- einer Schädigung des Diskus führen kann (vgl. [41]).
2. Die zweite Möglichkeit einer Diskuschädigung ist gegeben durch eine unphysiologische Zug- oder Druckbelastung des Diskus bei Fehlstellungen am distalen Unterarmende, wie es speziell nach knöchern geheilten Frakturen mit Längendifferenzen der beiden Vorderarmknochen zu beobachten ist (Verletzungsfolge).
3. Bei allen Frakturen im Handgelenkbereich, die mit einer Verschiebung der knöchernen Ansatzpunkte des Diskus einhergehen, ist eine besondere Zugbeanspruchung des Diskus gegeben, die zur zentralen Rissbildung oder zum Ausriss am radialen oder ulnaren Ansatz des Knorpels führen kann.
4. Das Hypersupinationstrauma forcierter Art führt zu einer Zerreißen des Lig. radioulnare, woraus eine Abrissverletzung des Diskus vom Radius und/oder vom Ligament resultiert [36].

Als geeignete Unfallmechanismen (Abb. 4) werden in der Literatur folgende genannt:

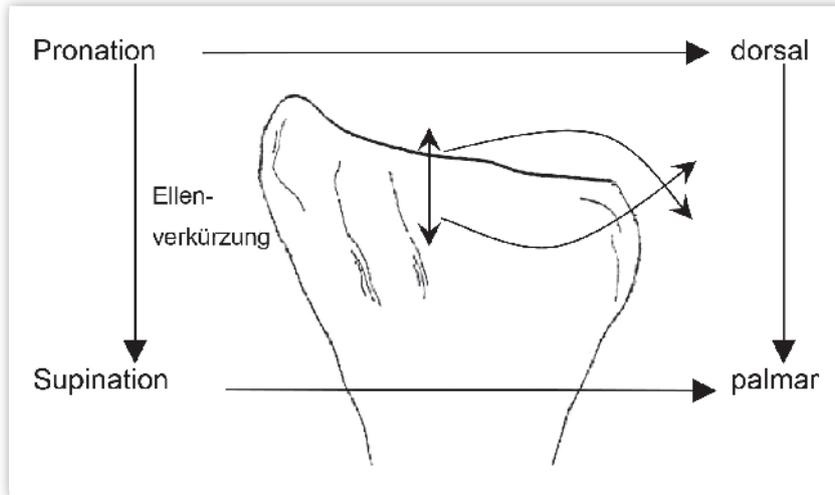
- Fall auf pronierte, extendierte Hand [123, 9, 10, 88, 7, 34, 25, 108, 101, 102, 97]
- Extreme Extension und Pronation [23]
- Ellenseitige Zugverletzung (Traktionsverletzung) [10, 25]
- Traktions-Pronations-Verletzung [2, 88]
- Extreme Extension und Supination [23]
- Zug- und Druckbelastungen bei Fehlstellungen am distalen Unterarmende [34]
- Extreme Extension [23]

- Als Begleitverletzung bei allen Frakturen im Handgelenkbereich, die zu einer Verschiebung der knöchernen Diskusansatzpunkte führen [34]
- Bei distalen Radiusfrakturen [101]
- Bei Galeazzi-Verletzung bzw. Luxation im DRUG [34]
- Hypersupinationstrauma [36, 20]
- Hyperpronationstrauma [20]

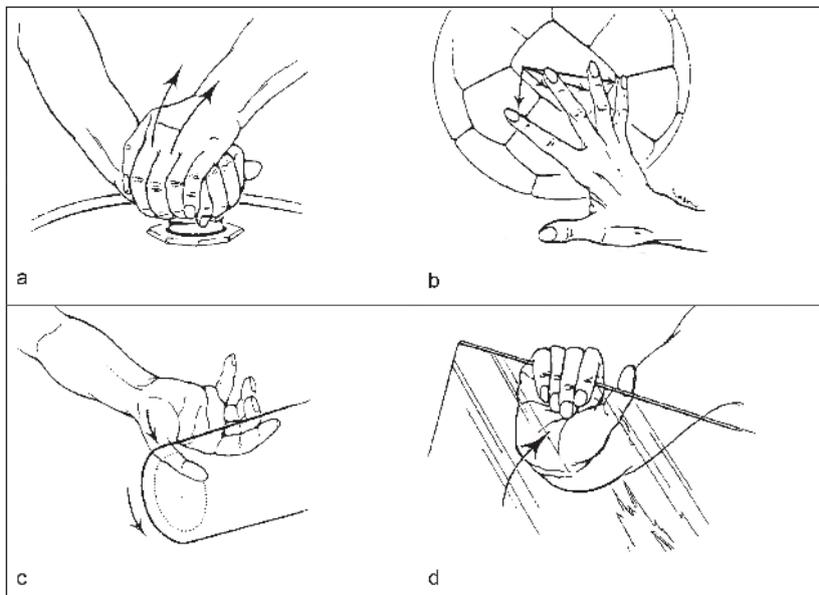
Ein allgemein geeigneter Mechanismus, der zu einem Diskusabriss von der Fovea ulnare führt, ist ein exzessiver Zug auf das Lig. ulnocapitatum durch eine Hyper-radial-Extension, d.h. durch einen Sturz auf die ausgestreckte Hand [78, 79]. Die meisten der fovealen Abrisse beginnen palmar durch Zug am Lig. ulnocapitatum, wodurch der dorsale, superfizielle Zügel intakt bleibt bis zum kompletten Abriss des ulnaren Ansatzes. Der radiale Abriss entsteht durch Sturz auf die pronierte, extendierte Hand, wobei es durch die Kompression im distalen Ulnokarpalgelenk gleichzeitig zu einer Distraction im distalen Radioulnargelenk kommt mit Folge der Abrissverletzung vom Radius.

## Pathologie

Die pathologische Beurteilung des Discus articularis lässt zu einem eine Betrachtung des intraartikulär gelegenen Teils der Diskusplatte zu, zum anderen aber auch eine Betrachtung des Diskus in seinem Gesamtkonzept. Von diesem muss dann der Handgelenkmeniskus mit seinen Veränderungen abgegrenzt werden [99]. Der Diskus im Gesamtkonzept ist insbesondere dann von Bedeutung, wenn das distale Radioulnargelenk mit betroffen ist, d.h., wenn zum



**Abbildung 3** Komplexbewegung der Elle bei Rotation



**Abbildung 4a–d** Geeignete Mechanismen für eine Diskusschädigung nach Coleman [23]:

**a)** Extensions-Pronations-Trauma: Wenn der Tankdeckel unter Druck mit der linken Hand plötzlich nachgibt. **b)** Extension-Pronation: Bei mit gestreckten Fingern erzeugter Handextension, **c)** Extensions-Supinations-Trauma: Unterarmdrehung bei fixiertem Daumen durch ein sich wegrehendes schweres Rohr, **d)** extremes Extensionstrauma.

Beispiel eine Beteiligung der Lig. radioulnaria vorliegt, die ja zusammen mit dem Diskus die Stabilisierung des distalen Radioulnargelenks vornehmen. Die Bänder allein sind nicht für die Stabilität verantwortlich, der Diskus in seiner Gesamtverspannung trägt ebenfalls dazu bei [52]. Ob nun die Ligamenta radioulnaria eigenständige Strukturen darstellen oder nur randständige Verdichtungen des Diskus sind, ist bis heute

nicht ausdiskutiert. Auch die Gelenkkapsel des DRUG sei ähnlich den Lig. radioulnaria für die Stabilität mitverantwortlich [119].

Abgesehen vom Normalbefund gibt es eine glatte, stabile Diskusscheibe als Normvariante, die man im Sinne eines zentralen Diskusdefekts ohne Zeichen von Verschleißerscheinungen bezeichnen kann. Eine Erklärung dafür ist die Längenänderung der Ulna zum Radius

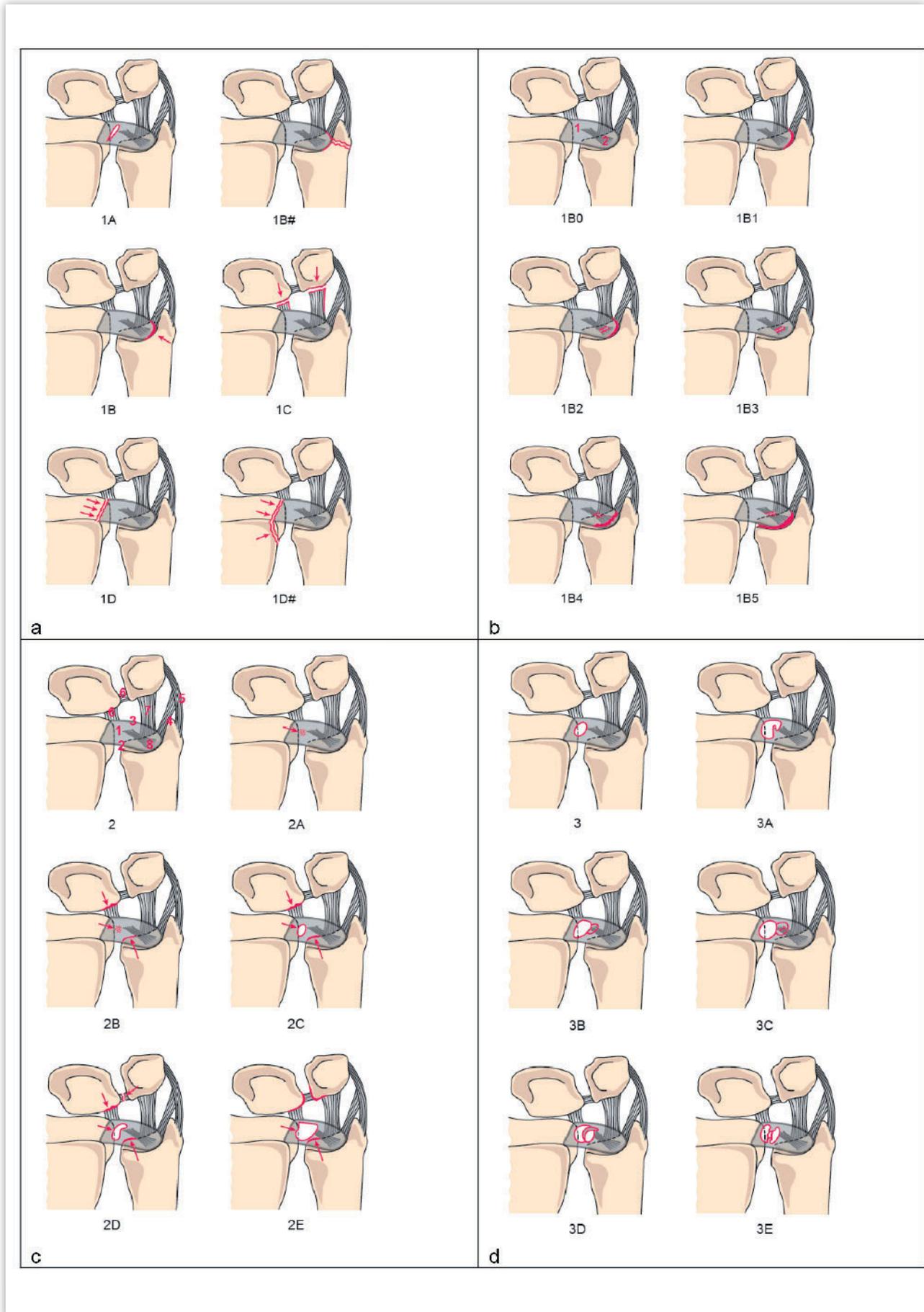
[63], was ja bedeutet, dass der Diskus zwischen proximaler Handwurzelreihe und Ellenkopf unter Druck kommt (altersentsprechende Diskusveränderung). Von diesem intakten Diskus und vom nicht verschleißbedingten Diskusdefekt müssen nun krankhafte Veränderungen abgegrenzt werden, die sich in traumatische Schäden und nicht traumatische Schäden einteilen lassen. Als nicht traumatisch werden Ganglien im Discus triangularis [117] oder auch Verkalkungen [110] gewertet, beides als Folge der alters- oder überlastungsbedingten Texturstörung.

Von den Diskusschäden grenzt man die Meniskus- oder Meniskoidläsionen [99] ab. Neben dem einfachen Radiärriss gibt es Lappenbildungen sowie verschleißbedingte Auffaserungen. Die Meniskuspathologie muss von der Diskuspathologie unterschieden werden, was kernspintomografisch schwierig, arthroskopisch aber möglich ist.

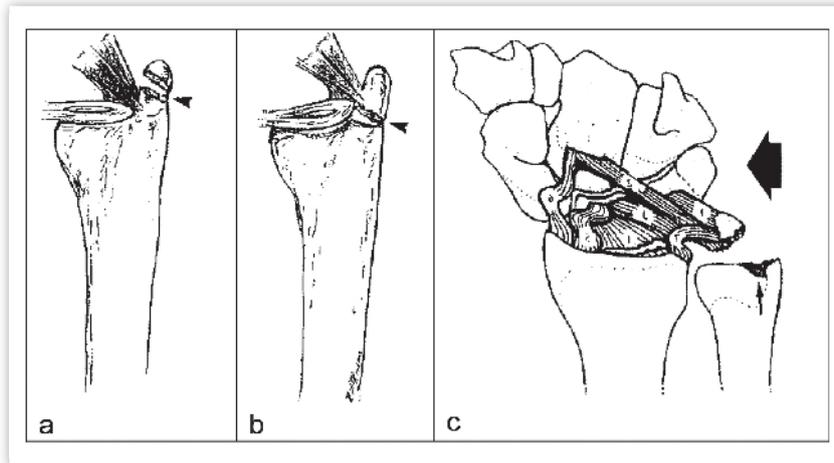
Die grundlegende Klassifikation der Diskusläsionen hat Palmer [88] vorgenommen mit der Unterteilung traumatisch (Klasse 1) und degenerativ (Klasse 2). Diese degenerative, d.h. verschleißbedingte Klasse 2 wird auch als Ulnokarpal-Abutment-Syndrom bezeichnet. Unter der Nennung traumatischer Schäden erscheint auch die zentrale Perforation, obwohl diese als Normvariante von der verschleißbedingten Defektbildung abzugrenzen wäre. Bei den ellenseitigen Abrissen ist abgesehen von der reinen Weichteilruptur und der ossären Mitbeteiligung eine Differenzierung bei den Weichteilrupturen der Klasse I B erforderlich, da es eine Unterscheidung der Diskusschichten in eine oberflächliche und tiefe Diskusschicht gibt. Die oberflächliche Schicht setzt am Proc. styloideus ulnae an, die tiefe Schicht (Lig. subcruentum) an der Fovea der Elle [113], und diese Strukturen können vom Ellenkopf einzeln oder zusammen abreißen. Daraus resultiert eine Unterteilung in

- Klasse I B, ossär,
- Klasse I B a, superfizielle und profunde Schicht,
- Klasse I B b, superfizielle Schicht,
- Klasse I B c, profunde, foveale Schicht.

Zentrale Defekte findet man als kongenital, degenerativ (25,7 % [19], 53 % [88]) und traumatisch [59]. Traumatische Risse sind parallel am oder nahe dem Radius, degenerative Defekte sind mehr zentral und nehmen entsprechend



**Abbildung 5a-d** Klassifikation der Diskusschäden. **a)** Typ 1 [88], **b)** Typ 1b [88] nach [6], **c)** Typ 2 [88], **d)** [47]



**Abbildung 6a-c** Frakturen des Processus styloideus ulnae; **a)** stabil, **b)** instabil (nach [54]), **c)** Radialduktionsinstabilität (nach [5]).

dem Alter zu [73, 115], häufig mit Ulna-Plus-Varianten und degenerativen Veränderungen an den Kontaktgelenkflächen und am LT-Band. Kongenitale Defekte sind isolierter Art bei normaler Anatomie, auch bei Ulna-Minus-Varianten. Traumatische Diskusabrisse können auch als knöcherne Ausrisse am Radius und der Ulna vorkommen [62, 88]. Bezogen auf die Lokalisation des Schadens klassifiziert Blair [12] in Typen (I-IV) ohne Abgrenzung der traumatischen von den verschleißbedingten Schäden: Type I (defect in the radial half of the TFC), Type II (defect in the radial to central portion of the TFC [central perforation]), Type III (defect in the ulnar half of the TFC [ulnar lesion]), Type IV (lesion in the ulnar half of the TFC [ulnar lesion without communication with the distal radio-ulnar joint]).

Palmer [88] nennt eine Zwei-Klassen-Einteilung, Klasse 1 soll traumatische, unfallbedingte Schäden darstellen, Klasse 2 die verschleißbedingten Schäden im Sinne eines Abutment-Syndroms (Abb. 5). In der Klasse 1 ist eigentlich definitionsgemäß, so wie dies dann Böhlinger [14] auch ausführt, die Diskusverletzung zu nennen. Diskusverletzungen sind selten [88]. Die Einteilung der Diskusschäden in „traumatisch“ versus „degenerativ“ als „Abutment-Syndrom“ kann so nicht aufrechterhalten werden, da in der Originalarbeit von Palmer [88] selbst der Typ „Class 1 A“ als „tear or perforation“ definiert ist und die Perforation wohl nicht als Riss bei einer Verletzung zu werten ist.

Es bedarf einer Unterteilung der Klasse-I-B-Läsion ohne Fraktur nach Palmer [88], da die Ansatz-Faszikel des Diskus isoliert und kombiniert geschädigt sein können [78] mit Benennung von 5 unterschiedlichen Schäden [6].

Geht man vom zentralen Diskusdefekt als anatomische Normvariante aus, so entstehen Diskuslappenrisse, korbhenkelartige Risse bzw. Lösungen, die mit den Kniegelenkmenisken vergleichbar sind [47].

Da der Diskus im Nativröntgenbild nicht erkannt werden kann, kommt der Beurteilung der Frakturform des Proc. styloideus ulnae eine besondere Bedeutung zu (Abb. 6). Während der isolierte Spitzenabriss des Proc. styloideus ulnae kein Hinweis für eine Instabilität im distalen Radioulnargelenk ist, bedeutet der Basisabriss des Proc. styloideus ulnae eine Beteiligung des TFCC-Komplexes und damit eine Instabilität im distalen Radioulnargelenk (TYP I und TYP II [40]). Es resultiert eine radiale Translationsinstabilität des Karpus (Abb. 6). Gleichzeitig liegt dann eine Ruptur des Lig. collaterale ulnare vor, die die Instabilität verstärkt [32], und der Diskus in der Fovea ulnaris ist mit betroffen. Die Diskusverletzung ist in aller Regel eine Komplexverletzung [72]. Die isolierte Diskusverletzung ist selten [88].

Jede Klassifikation orientiert sich an der Ätiologie und der daraus resultierenden Behandlungsmöglichkeit, so auch beim distalen Radioulnargelenk. Die Anforderungen an ein funktionierendes distales Radioulnargelenk sind zum ei-

nen intakte Gelenkflächen zwischen Ulna-Ellenbogenkopf und Sigmoid-Notch des Radius, zum anderen ein intaktes ligamentäres System und schließlich ein geeignetes Längenverhältnis zwischen distaler Elle und distalem Radius. Aufbauend auf den Klassifikationen von Vesely [114], Palmer [89], Bowers [17] und Milch [75] schlägt Nathan [84] eine Einteilung der Schäden des distalen Radioulnargelenks in 4 Kategorien vor:

- Instabilität,
- Impingement,
- fehlende Kongruenz und
- isolierte Schäden des Discus articularis.

Zur Instabilität gehören die isolierten traumatischen Rupturen des TFCC-Komplexes unter Mitbeteiligung der randständigen Diskusrisse sowie der Verletzungen des fibroossären Bodens der Extensor-carpi-ulnaris-Sehne und der ulnokarpalen Bänder.

Entscheidend, insbesondere für die Begutachtung, ist auch die Unterscheidung traumatisch versus nicht traumatisch. Traumatisch bedingte Diskusrisse sind entweder isoliert oder sie kommen im Verbund mit anderen Verletzungen vor (Komplex), zum Beispiel in Verbindung mit der distalen Radiusfraktur. Des Weiteren sind traumatische Diskusrisse als frisch traumatisch zu bezeichnen (innerhalb der ersten 2 Wochen) bzw. sind veraltete Rupturen. Diese Unterscheidung ist für die Therapie von Bedeutung. Frische traumatische Rupturen können im gefäßversorgten Bereich, also randständig, genäht werden, veraltete Rupturen zeigen das gleiche Problem, wie es sich auch bei der veralteten Knie-meniskusruptur findet.

Nicht traumatische Diskusschäden können ebenfalls isolierter Natur sein oder auch komplexer Art, so wie sich dies bei Kompressionssyndromen findet. Schließlich bedarf es des Hinweises, dass bei der Diskusruptur oder auch bei nicht traumatisch bedingten Schäden eine exakte Lokalisation notwendig ist; liegen randständige Abrisse oder zentral lokalisierte Rupturen vor, sind diese radial- oder ulnarseitig zu finden oder auch palmar- oder dorsalseitig.

## Diagnostik

Die verschiedenen diagnostischen Verfahren zur Klärung einer Handgelenkproblematik sollten im Sinne einer sy-

nergetischen Gelenkdiagnostik [45] eingesetzt werden, um einen Algorithmus anzustreben [107].

Die klinische Untersuchung bei ulnarem Kompressionsschmerz, aber auch bei Zeichen der Instabilität im distalen Radioulnargelenk gibt lediglich Hinweise. Im Vordergrund steht der ulnokarpale Stresstest.

Im Nativröntgenbild finden sich lediglich Hinweise auf knöcherne Verletzungen, die durch eine genauere Unterscheidung der Typenklasse 1B und 1D unterschieden werden, da ja diese TFCC-Läsionen mit oder ohne knöcherne Verletzung bestehen. Des Weiteren erlaubt die Nativröntgenaufnahme eine Bestimmung der Längenverhältnisse zwischen den beiden Unterarmknochen im Sinne der radioulnaren Differenz, die gemäß den Angaben von Hultén [53] als Ulna-Plus-, Ulna-Null- und Ulna-Minus-Variante bestimmt wird. In Abhängigkeit dieser Varianten finden sich Diskusschäden, bei der Hultén-Minusvariante mit 23 %, bei der Hultén-Nullvariante mit 35 % und bei der Hultén-Plusvariante mit 68 %. Die Hultén-Verteilung ändert sich auch in Abhängigkeit vom Lebensalter, gemäß den Angaben von Kim [63] gibt es Hultén-Plusvarianten beim Embryo nicht.

Daraus resultiert, dass mit zunehmendem Lebensalter die Zahl der Hultén-Minusvarianten bis auf null abnimmt, die Zahl der Hultén-Plusvarianten wurde im eigenen Patientengut bis zum 29. Lebensjahr ebenfalls mit 0 % festgestellt. Daraus resultiert, dass, nachdem bei Hultén-Plusvarianten häufiger Diskusschäden gefunden werden als bei Hultén-Minusvarianten, mit zunehmendem Lebensalter auch die Zahl der Diskusschäden zunehmen muss. Es muss beachtet werden, dass statistisch die Ulnalänge rechts und links lediglich in 63 % übereinstimmt. Die Seitendifferenz beträgt bei 37 % 1 mm [31].

Vor der Ära der Arthroskopie und auch der Kernspintomografie war die Arthrografie die Methode der Wahl zur Diskusdiagnostik [77]. Die Kontinuitätsunterbrechung des Diskus mit daraus resultierendem Kontrastmitteldurchtritt durch den Diskus von der proximalen Handgelenkreihe in das distale Radioulnargelenk wurde in aller Regel als „Ruptur“ gedeutet. Tatsächlich kann die Arthrografie aber lediglich den Kontrastmittelweg durch den Diskus in das

distale Radioulnargelenk oder in den Diskus nachweisen [67, 96], dazu auch die Lokalisation dieser Stelle. Eine Unterscheidung, ob nun eine Ruptur frischer Art, eine veraltete Ruptur oder ein verschleißbedingter Defekt besteht, ist arthrografisch nicht möglich [4].

Man versprach sich bezüglich der Diskusdiagnostik mehr von der Magnetresonanztomografie. In Kenntnis der Literatur und auch der eigenen Ergebnisse schwankt die Spezifität zwischen 51 % und 100 %, die Sensitivität zwischen 25 % und 100 % und somit die Genauigkeit zwischen 60 % und 97 %. Die Ergebnisse hängen zum einen davon ab, in welcher Technik gearbeitet wurde, zum anderen aber auch von der Lokalisation der Defekte bzw. Rupturen [85]. Die Sensitivität beträgt bei zentralen Schäden 91 %, bei radialen Schäden schwankt sie zwischen 86 % und 100 %, am schlechtesten kommen die ulnaren Diskusschäden zur Darstellung mit 25–50 %. Diese Angaben bestätigen Blazar [13] sowie Haims [39]; ulnarseitige Diskusschäden sind schwerer zu erkennen als radiale Diskusschäden. Die Schäden des Meniscus ulnocarpalis sind nach Angaben von Schütz [99] kernspintomografisch nicht erfasst worden.

Aktuell wird die Wertigkeit der MRT-Diagnostik beim Diskusschaden im Vergleich zur Arthroskopie wegen der erheblichen Abhängigkeit von der Erfahrung des Radiologen skeptisch betrachtet [21]. Vergleicht man die Genauigkeit der Kernspintomografie (ca. 70 %) mit der der MR-Arthrografie (ca. 94 %), so erscheint Letztere aussagekräftiger mit einer Spezifität von 90 % und einer Sensitivität von 95 %.

Das wohl sicherste Verfahren zur Diagnostik der Diskusschäden ist die Arthroskopie [58]. Neben der Betrachtung des Diskus vom proximalen Radioulnargelenk aus sollte über den dorsoradialen Zugang auch die Unterseite durch Punktion des distalen Radioulnargelenks von dorsal und volar betrachtet werden [103], um keine Schäden an dieser Lokalisation zu übersehen, wenn die klinische Symptomatik darauf hinweist. Unter Verwendung eines Taststabs ist eine sehr präzise Beurteilung und Beschreibung des Diskus möglich, und gleichzeitig kann auch die Abgrenzung zum Diskusschaden vorgenommen werden [42, 43, 44, 46, 49]. Durch die Arthroskopie ist eine exakte Differenzie-

rung von frischen oder verschleißbedingten Diskusschäden bzw. präexistenten Formvarianten möglich [94, 38]. Da der tiefen Schicht des Diskus mit Ansatz in der Fovea ulnaris eine wesentliche Bedeutung in der Stabilisierung des distalen Radioulnargelenks zukommt [27, 100, 41], auch Lig. subcrurum bezeichnet [93], wird zu dessen Beurteilung die Arthroskopie des distalen Radioulnargelenks empfohlen [46, 103, 64], dies zur Betrachtung der Diskusunterseite [83, 104].

Konkrete Hinweise zur Kausalitätsbegutachtung des Diskusschadens liefert die Histologie bis jetzt nur bedingt. Die feingewebliche Untersuchung ist aber unerlässlich, da sie Hinweise über den Zustand des Diskus gibt. Die Histologie ist eine Bestandsaufnahme eines Gewebes zum Zeitpunkt der Entnahme.

## Beurteilung

Die Diskusruptur als Verletzungsfolge muss vom verschleißbedingten Schaden des Diskus, aber auch am skapholunären und am lunotriquetralen Band abgegrenzt werden. Sowohl Risse als auch Defekte kommen nebeneinander vor. Die Problematik liegt in der Häufigkeit der verschleißbedingten Schäden beim klinisch unauffälligen Handgelenk [116, 57, 126]. Im klinischen Alltag handelt es sich bei den verschleißbedingten Schäden entweder um Zufallsbefunde, die nicht Ursache der Beschwerden sind, oder um Vorschäden bzw. Schadensanlagen.

Problematisch ist die Zuverlässigkeit der Diagnostik. So bieten weder die Arthrografie noch die Kernspintomografie eine zuverlässige Aussage über diskoligamentäre Schäden.

Der Diskus des Handgelenks ist nur ein Teil des ellenseitigen Bandkomplexes, bestehend aus Diskus und Meniskus, den Ligg. radioulnare palmare et dorsale, dem Lig. collaterale ulnare, soweit es vorhanden ist, und der Sehnenscheide des M. extensor carpi ulnaris. Der Diskus als ligamentartige Platte mit 2 Schichten ist fest mit dem Lig. radioulnare palmare et dorsale verbunden. Diese Bänder sind von großer Bedeutung für die Stabilität im distalen Radioulnargelenk, und somit ist es verständlich, dass nur dann eine Diskusruptur angenommen werden kann, wenn auch eine Beteiligung der

genannten Bänder vorliegt, denn nur mit der Ruptur eines der Bänder ist auch eine entsprechende Verschiebung des Diskus an Ansatz und Ursprung erklärbar. Anders verhält es sich bei der Axialverschiebung des Diskus, zum Beispiel durch Distalisierung der Elle; hier kann es auch zur Zerreißung ohne Beteiligung der Ligg. radioulnaria kommen. Dieser Stauchungsmechanismus im Radioulnargelenk ist mit einer Distraction im distalen Radioulnargelenk verbunden, was zur Kompression des Diskus führen kann. Ein geeigneter Mechanismus für eine isolierte Diskusverletzung ist auch der Hyperextensions-/Pronationsmechanismus, bei dem durch Annäherung des Lunatum an die dorsale Ellenkante der Diskus zwischen Lunatum und Ulnakopf eingeklemmt und damit auch abgeschert werden kann. Von Bedeutung sind Pronations-/Supinationsbewegungen, da es am Übergang von der Pronation zur Supination zur Längenänderung des Diskus kommt. Entsteht dann noch eine Hyperextension, gelingt die axiale Stauchung des Diskus mit der entsprechenden Verletzungsmöglichkeit, allerdings dann ellenseitig dorsal lokalisiert. Liegt eine Ulna-Plus-Variante vor, so kann auch ohne Unfallereignis mit einem Diskusschaden gerechnet werden, dies mit zunehmendem Alter. Daher muss der Diskusdefekt streng von einer tatsächlichen Diskusruptur abgegrenzt werden. Kommt es zur Ruptur des Diskus, so ist dann, wenn der Riss im gefäßführenden Bereich des Diskus lokalisiert ist, mit einer Einblutung ins Gelenk zu rechnen, d.h., es muss ein Hämarthros entstehen. Anders verhält es sich beim Abriss des Diskus vom Radius: Hier liegt eine weitgehend geffreie Zone vor, und daher muss ein Hämarthros nicht obligat sein. Dann ist auch die Refixation infrage zu stellen, da eine Heilung nur in einem Bereich denkbar ist, in dem sich auch Blutgef befinden. Bei der isolierten Diskusverletzung kann sich die Kausalität lediglich auf den Unfallmechanismus und auf eine exakte Diagnostik beziehen, allerdings auch unter Berücksichtigung der Ulna-Varianten und des Lebensalters des Patienten.

Einfacher ist die Beurteilung eines Diskusschadens, wenn Begleitverletzungen vorliegen. Begleitverletzungen sind in der Instabilität im distalen Radioulnargelenk zu sehen mit oder ohne knöcherne Verletzung im Sinne eines

Abrisses des Proc. styloideus ulnae oder auch eines knöchernen Diskusausrisses aus dem Radius, meist in Verbindung mit einer Radiusfraktur. Liegt eine Instabilität im distalen Radioulnargelenk traumabedingt vor, so ist grundsätzlich von einer Beteiligung des Diskus auszugehen.

Entsteht eine Diskusruptur aufgrund einer Verletzung des distalen Radioulnargelenks (oberflächliche und tiefe Schicht des peripheren Diskus), so entsteht eine Änderung der Ulnavarianz in Richtung Ulna-Plus-Variante (Ulnavorschub). Die Zunahme der radioulnaren Differenz (Ulna-Plus-Zunahme) bis 0,7 mm ist ein Hinweis auf eine Ruptur der oberflächlichen Schicht und bis 1,6 mm auf eine Ruptur der tiefen Schicht im Seitenvergleich zur nicht verletzten Hand [100].

Für die Stabilität im DRUG ist auch die Membrana interossea (IOM) mit verantwortlich [121]. Die gesamte IOM stabilisiert den Radius an die Ulna nach dorsal in Pronation, die distalen Anteile der IOM zusätzlich nach volar und auch in Supination. Somit führt auch eine Zerreißung der Membrana interossea zur Verletzung des Discus articularis.

Die häufigste Form der Verletzung am körperfernen Speichenende ist die Fraktur, die gemäß AO-Klassifikation beim Typ B und C häufiger zu einer Diskusbeteiligung führt als bei Typ-A-Verletzungen. Des Weiteren sind extraartikuläre Frakturen seltener geeignet, den Diskus zu schädigen, als die intraartikulären Frakturen. Liegt eine Radiusfraktur vor und es wird gleichzeitig eine Diskusverletzung festgestellt, so ist der traumatische Charakter des Diskusschadens wahrscheinlich.

Die Beurteilung des Unfallmechanismus sieht eine Einteilung in geeignete und nicht geeignete Mechanismen vor. Im Ausnahmefall kann ein sogenannter erleichterter Mechanismus anerkannt werden, wenn eine altersentsprechende Veränderung besteht, die auch mit geringerem Kraftaufwand geschädigt werden kann. Geeignete Mechanismen sind: der Sturz auf eine pronierte, extendierte Hand, der extreme Extensions-/Pronationsmechanismus, der ellenseitige Zug im Sinne einer Traktionsverletzung, ein extremes Extensions-/Supinationstrauma, auch ein isoliertes extremes Extensionstrauma sowie alle Mechanismen, die zu Begleitver-

letzungen führen, mit denen Diskusverletzungen einhergehen. Nicht geeignete Mechanismen dagegen sind das Verhebetauma, Flexionstraumen, Kontusionstraumen, die axiale Stauchung und Drehbewegungen ohne Gegenkraft.

Die Kernspintomografie ist die Methode zur Feststellung von Diskusverletzungen bzw. Diskusschäden mit der höchsten Aussagekraft ohne Verwendung invasiver Verfahren. Nachdem Diskusschäden mit Knorpelschäden einhergehen (Abutment), muss auf das Knorpelproblem bei der Kernspintomografie hingewiesen werden. Traumatische Knorpelschäden gehen immer mit einer Bone-bruise-Veränderung im geschädigten Bereich einher, diese Bone-bruise-Veränderungen heilen aber in einem Zeitraum zwischen 6 und 12 Monaten folgenlos aus. Bleiben Bone-bruise-Veränderungen längere Zeit bestehen, so sind diese ein Hinweis auf einen länger, schon vor dem Unfall bestehenden Knorpelschaden, da bone-bruise-artige Veränderungen mit der Arthrose einhergehen [15, 16, 48]. Die Kernspintomografie ist auch geeignet, begleitende Bandverletzungen und auch Ergussbildungen zu erfassen. Die ellennahen Kontinuitätsunterbrechungen am Proc. styloideus ulnae müssen kritisch vom Recessus styloideus ulnae abgegrenzt werden [105].

Für eine Diskusruptur geeignete Mechanismen führen zu Begleitverletzungen, entweder zu Rupturen der radioulnaren Bänder oder zu Knochenmarkdemem (Stauchung) im Ulnokarpalgelenk. Beide Verletzungszeichen sollten magnetresonanztomografisch feststellbar sein. Eine tatsächlich isolierte Diskusverletzung ist ebenso wie eine isolierte Meniskus- oder Bandscheibenverletzung unwahrscheinlich. „Es gibt zwar einen isolierten Meniskussschaden, aber keine isolierte ‚Meniskusverletzung‘“ [71]. „Den isolierten Meniskusriss durch indirekte Verletzung gibt es ebenso wenig wie den isolierten Bandscheibenriss an der Wirbelsäule“ [122].

OUP

**Interessenkonflikt:** Keine angegeben

#### Korrespondenzadresse

Prof. Dr. med. Harald Hempfling  
Büro Murnau  
Gabriele-Münster-Platz 2, 82418 Murnau  
hempfling@online.de

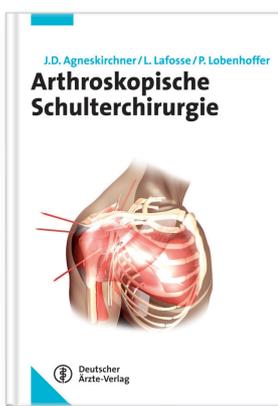
## Literatur

1. Acosta R, Hnat W, Schecker LR. Distal radio-ulnar ligament motion during supination and pronation. *J Hand Surg* 1993; 18B: 502–505
2. Adams BD. Partial excision of the triangular fibrocartilage complex articular disk: A biomechanical study. *J Hand Surg* 1993; 18A: 334–340
3. Adams BD, Holley KA. Strains in the articular disk of the triangular fibrocartilage complex: A biomechanical study. *J Hand Surg* 1993; 18A: 919–925
4. Ahmadi A, Pomsel T. Handgelenkarthroskopie bei unklaren posttraumatischen Beschwerden. *Handchir Mikrochir Plast Chir* 1990; 22: 71–73
5. Allieu Y, Garcia-Elias M. Dynamic radial translation instability of the carpus. *J Hand Surg* 2000; 25B: 33–37
6. Atzei A, Rizzo A, Luchetti R, Fairplay T. Arthroscopic foveal repair of triangular fibrocartilage complex peripheral lesion with distal radioulnar joint instability. *Techniques in Hand and Upper Extremity Surgery* 2008; 12(4): 226–235
7. Baehser-Griffith, Bednar, Osterman. CULP: Arthroscopic Repairs of Triangular Fibrocartilage Complex Tears. *AORN Journal* 1997; 66(1)
8. Bednar MS, Arnoczky SP, Weiland AJ. The microvasculature of the triangular fibrocartilage complex: Its clinical significance. *J Hand Surg* 1991; 16A: 1101–1105
9. Bednar JM, Osterman AL. The role of arthroscopy in the treatment of traumatic triangular fibrocartilage injuries. *Basic wrist arthroscopy and endoscopy* 1994; 10(4)
10. Bednar JM. Repair of Peripheral Triangular Fibrocartilage Lesions. *Therapeutic and Advanced Wrist Arthroscopy*. Birmingham, Alabama: American Society for Surgery of Hand, 1994
11. Benjamin M, Evans EJ, Pemberton DJ. Histological studies on the triangular fibrocartilage complex of the wrist. *J Anat* 1990; 172: 59–67
12. Blair FW, Berer RA, El-Khoury GY. Arthrotomography of the wrist: Experimental and preliminary clinical study. *J Hand Surg* 1985; 10A: 350–359
13. Blazar PE, Chan PSH, Kneeland JB, Leatherwood D, Bozentka DJ, Kowalchick R. The effect of observer experience on magnetic resonance imaging interpretation and localization of triangular fibrocartilage complex lesions. *J Hand Surg* 2001; 26A: 742–748
14. Böhlinger G, Schädel-Höpfner M, Junge A, Gotzen L. Die arthroskopische Therapie frischer Discus articularis-Verletzungen bei distalen Radiusfrakturen. *Handchir Mikrochir Plast Chir* 2001; 33: 245–252
15. Bohndorf K. Injuries at the articulating surfaces of bone (chondral, osteochondral, subchondral fractures and osteochondrosis dissecans). *Eur J Radiol* 1996; 22: 22–29
16. Bohndorf K. Imaging of acute injuries of the articular surfaces (chondral, osteochondral and subchondral fractures). *Skeletal Radiol* 1999; 28: 545–560
17. Bowers WH. Surgical procedures for the distal radioulnar joint. In: Lichtman DM (ed.). *The wrist and its disorders*. Philadelphia, WB Saunders, 1988: 232–243
18. Bowers WH. The distal radioulnar joint. In: Green DP (ed.). *Operative hand surgery*. New York: Churchill Livingstone, 1988: 939–990
19. Braunstein E, Vdarney K, Louis D, Hankin F. Cost effectiveness of wrist fluoroscopy and arthrography in the evaluation of obscure wrist pain. *Radiology* 1985; 157: 29
20. Bruckner JD, Alexander AH, Lichtman DM. Acute Dislocations of the distal radio-ulnar joint. *J Bone Joint Surg* 1995; 77A: 958–968
21. Chochole M, Wlk M, Landsiedl F. Der Befund am Discus triangularis des Handgelenkes in MR und Arthroskopie: Ein Vergleich. 23. AGA Kongress Salzburg, 2006
22. Cober SR, Trumble TE. Arthroscopic repair of triangular fibrocartilage complex injuries. *Orthopedic Clinics of North America* 2001; 30(2)
23. Coleman HM. Injuries of the articular disk at the wrist. *J Bone Joint Surg* 1960; 42B: 522–529
24. Cooper R, MISOL S. Tendon and ligaments insertion. *J Bone Joint Surg* 1970; 52-A: 1–20
25. Dailey SW, Palmer AK. The role of arthroscopy in the evaluation and treatment of triangular fibrocartilage complex injuries in athletes. *Hand Clinics* 2000; 16(3)
26. De Smet L. Ulnar Variance: Facts and fiction review article. *Acta Orthopaedica Belgica* 1994; 60(1)
27. Ekenstam FW, Hagert CG. Anatomical studies on the geometry and stability of the distal radioulnar joint. *Scand J Plast Reconstr Hand Surg* 1985; 19: 17–25
28. Fick SR. *Handbuch der Anatomie und Mechanik der Gelenke unter Berücksichtigung der bewegenden Muskeln*. In 3 Teilen. Jena: Gustav Fischer, 1904, 1910, 1911
29. Fortems Y, de Smet L, Fabry G. Cartilaginous and ligamentous degeneration of the wrist. *Anatomic study*. *Ann Chir Main* 1994; 13(5): 383–386
30. Fortems Y, de Smet L, Dauwe D, Stofflen D, Deneffe G, Fabry G. Incidence of cartilaginous and ligamentous lesions of the radio-carpal and distal radio-ulnar joint in an elderly population. *J Hand Surg* 1994; 19B(5): 572–575
31. Freedman DM, Edwards GS, Willems MJ, Meals RA. Right versus left symmetry of ulnar variance. *Clin Orthop Relat Res* 1998; 354: 153–158
32. Gabl M, Lener M, Pechlaner S, Kathrein A, Judmaier W. Destabilisierung des Discus articularis mit Abriss der ulnaren Styloidspitze bei distaler Radiusfraktur. *Diagnostik und MR Movie*. *Unfallchirurgie* 1993; 19: 108–111
33. Geisl H, Spritzendorfer E. Der Riss des Discus articularis als Ursache des posttraumatischen Handgelenksschmerzes. *Unfallheilkunde* 1981; 84: 55–59
34. Geisl H, Pühringer A. Das Schicksal des Discus triangularis bei der Unterarmfraktur. *Hefte zur Unfallheilkunde* 1989; 201
35. Giunta RE, Krolak Ch, Biemer E, Müller-Gerbl M. Patterns of subchondral bone mineralization in the distal radioulnar joint. *J Hand Surg* 2005; 30A: 343–350
36. Graham HK, Mc Coy GE, Mollan RAB. A new injury of the distal radio-ulnar joint. *J Bone Joint Surg Br* 1985; 67: 302–304
37. Gupta R, Nelson SD, Baker J, Jones NE, Meals RA. The Innervation of the triangular fibrocartilage complex: Nitric acid maceration rediscovered. *Plast Reconstr Surg* 2001; 107: 135
38. Haefeli M, Schaefer DJ, Kalbermatten DF, Honigsmann P. Endoskopie in der Handchirurgie. *Obere Extremität* 2013; 8: 103–110
39. Haims AH, Schweitzer ME, Morrison WB et al. Limitations of MR imaging in the diagnosis of peripheral tears of the triangular fibrocartilage of the wrist. *Am J Roentgenol* 2002; 178: 419–422
40. Hauck RM, Skahan J, Palmer AK. Classification and treatment of ulnar styloid nonunion. *J Hand Surg* 1996; 21A: 418–422
41. Haugstvedt JR, Berger RA, Nakamura T, Neale P, Berglund LJ, An K-N. Relative contributions of the ulnar attachments of the triangular fibrocartilage complex to the dynamic stability of the distal radioulnar joint. *J Hand Surg* 2006; 31: 445–451
42. Hempfling H. *Die Arthroskopie großer Gelenke*. *Klinikarzt* 1985; 14: 816–824
43. Hempfling H. *Neue Techniken der Arthroskopie*. 2. *Handgelenkarthroskopie*. *Chir Praxis* 1988; 39: 231–244
44. Hempfling H. *Die Arthroskopie am Handgelenk*. *Indikation, Technik und therapeutische Konsequenzen*. Stuttgart: Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft mbH, 1992
45. Hempfling H. *Synergistische Gelenkdiagnostik – Arthrographie und Arthroskopie*. *Chir Praxis* 1993/1994; 47: 65–76
46. Hempfling H. *Farbatlas der Arthroskopie großer Gelenke*, 2. Aufl. Stuttgart: Gustav Fischer Verlag, 1995

47. Hempfling H. Die Läsionen des Handgelenkdiskus. *Orthopäde* 2004; 33: 657–675
48. Hempfling H. Klassifikation des Knorpelschadens – traumatisch versus nichttraumatisch. *Orthopädische Praxis* 2004; 40: 528–541
49. Hempfling H, Beickert R, Bauer K, Ishida A. *Arthroskopie des Handgelenks*. Landsberg: Ecomed, 1996
50. Hempfling H, Weise K, Krenn V. Texturstörung. *Trauma und Berufskrankheit* 2011; 13: 65–72
51. Hoegen K, Reske W. Veränderungen an der dreieckigen Bandscheibe des distalen Radio-Ulnar-Gelenkes. *Zeitschrift f. Orthopädie und ihre Grenzgebiete* 1956; 87: 525–532
52. Hoffmann S. Der Bau des Discus articularis articulationis radioulnaris distalis. *Anat Anz* 1958; 106: 173–180
53. Hultén O. Über anatomische Variationen der Handgelenkknöchel. *Acta Radiologica* 1928; 9: 155–168
54. Imbriglia JE, Clifford JW. Management on the painful distal radioulnar joint. In: Watson HK, Weinzweig J (eds.). *The Wrist*. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2001
55. Ishii S, Palmer AK, Werner FW, Short WH, Fortino MD. An anatomic study of the ligamentous structure of the triangular fibrocartilage complex. *J Hand Surg* 1998; 23A: 977–985
56. Ishii S, Palmer AK, Werner FW, Short WH, Fortino MD. Pressure distribution in the distal radioulnar joint. *J Hand Surg* 1998; 23A: 909–913
57. Jeffries AO, Craigen MAC, Stanley JK. Wear patterns of the articular cartilage and triangular fibrocartilaginious complex of the wrist: a cadaveric study. *J Hand Surg* 1994; 19B: 306–309
58. Jordan L. Die Wertigkeit der klinischen und der bildgebenden Diagnostik bei Läsionen des Discus ulnocarpalis. Dissertation Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf, 2000
59. Kaempffe FA. Central perforation of the articular disc of the triangular fibrocartilage complex in a 17 year old girl: could it be congenital? *Am J Orthop (Belle Mead NJ)* 1997; 26(8): 565–567
60. Kauer JHG. The articular disc of the hand. *Acta Anat* 1975; 93: 590–605
61. Kauer JHG. Note sur le développement de ligament triangularis chez l'homme. *Bull Aussic Anat* 1975; 59: 893–898
62. Kikuchi Y, Nakamura T. Avulsion fracture at the fovea of the ulna. *J Hand Surg* 1998; 23B(2): 76–178
63. Kim PR, Giachino A, Uhthoff HK. Histologic analysis of fetal ulnar variance. *J Hand Surg* 1995; 21-A: 114–116
64. Kirchberger MC, Unglaub F, Mühlhofer-Fodor M et al. Update TFCC: histology and pathology, classification, examination and diagnostics. *Arch Orthop Trauma Surg* 2015; 135: 427–437
65. Ko JS, Shih C, Chang C-Y, Tiu C-M, Penn I-W, Wu J-J. Triangular fibrocartilage perforations with bilateral negative ulnar variant wrists: a case report. *Chin Med J (Taipei)* 1998; 61: 556–559
66. Koebke J, Brade A. Zur Läsion des Discus articularis des Handgelenkes. *Z Orthop* 1980; 118: 616
67. Kreuzsch-Brinker R, Zilch H, Sparmann M. Arthrographische Diagnostik isolierter frischer Diskusverletzungen des Handgelenkes. *Orthop Praxis* 1988; 5: 280–284
68. Lang F. Das distale Radio-Ulnargelenk *M Schr Unfallheilk Beiheft* 1942; 36: 1–85
69. La Porte DM, Hashemi SS, Dellon AL. Sensory innervation of the triangular fibrocartilage complex: a cadaveric study. *J Hand Surg Am* 2014; 39: 1122–1124
70. Lewis OJ. The development of the human wrist joint during the fetal period. *Anat Rec* 1970; 166: 499–516
71. Ludolph E. Die Begutachtung des Meniskusschadens. *Unfallchirurgie* 1986; 12: 215
72. Melone CP, Nathan R. Traumatic disruption of the triangular fibrocartilage complex. *Clin Orthop Relat Res* 1992; 275
73. Mikic ZD. Age changes in the triangular fibrocartilage of the wrist joint. *J Anat* 1978; 126(2): 367–384
74. Mikic ZD. Detailed Anatomy of the Articular Disc of the Distal Radioulnar Joint. Novi Sad, Yug: Faculty of Medicine, 1989
75. Milch H. So-called dislocation of the lower end of the ulna. *Ann Surg* 1942; 116: 282
76. Mörike KD. Zur Herkunft und Funktion des ulnaren Diskus am Handgelenk. *Morph Jb* 1963; 105-3: 365–374
77. Mohanti RC, Kar N. Study of triangular fibrocartilage of the wrist joint in Colles' fracture. *Injury* 1980; 11: 321–324
78. Moritomo H. Advantages of open repair of a foveal tear of the triangular fibrocartilage complex via a palmar surgical approach. *Techniques in Hand & Upper Extremity Surgery* 2009; 13: 176–181
79. Moritomo H, Masatomi T, Murase T, Miyake J, Okada K, Yoshikawa H. Open repair of foveal avulsion of the triangular fibrocartilage complex and comparison by types of injury mechanism. *JHS* 2010; 35A: 1955–1963
80. Nakamura K, Beppu M, Patterson RM, Hanson CA, Hume PJ, Viegas SF. Motion analysis in two dimensions of radial-ulnar deviation of type I versus type II lunates. *J Hand Surg* 2000; 25A: 877–888
81. Nakamura T, Yabe Y. Histological anatomy of the triangular fibrocartilage complex of the human wrist. *Ann Anat* 2000; 182: 567–572
82. Nakamura T, Makita A. The proximal ligamentous component of the triangular fibrocartilage complex. *J Hand Surg* 2000; 25B(5): 479–486
83. Nakamura T, Matsumura N, Iwamoto T, Sato K, Toyama Y. Arthroscopy of the distal radioulnar joint. *Handchir Mikrochir Plast Chir* 2014; 46: 295–299
84. Nathan R, Schneider LH. Classification of distal radioulnar joint disorders. *Hand Clin* 1991; 7: 239–247
85. Oneson SR, Timins ME, Scales LM, Erickson SJ, Chamoy L. MR imaging diagnosis of triangular fibrocartilage pathology with arthroscopic correlation. *AJR* 1997; 168: 1513–1518
86. Palmer A, Werner F. The triangular fibrocartilage complex of the wrist: Anatomy and function. *J Hand Surg Am* 1981; 6: 153–162
87. Palmer AK. The distal radioulnar joint. *Orthop Clin North Am* 1984; 15: 321
88. Palmer AK. Triangular fibrocartilage complex lesions: A classification. *J Hand Surg* 1989; 14A: 594–606
89. Palmer AK, Werner FW. Biomechanics of the distal radio-ulnar joint. *Clin Orthop* 1984; 187: 26–34
90. Palmer AK, Glisson RR, Werner FW, Mech E. Relationship between ulnar variance and triangular fibrocartilage complex thickness. *J Hand Surg* 1984; 9A: 681–683
91. Pauwels F. Eine neue Theorie über den Einfluss mechanischer Reize auf die Differenzierung der Stützgewebe. 10. Beitrag zur funktionellen Anatomie und kausalen Morphologie des Stützapparates. *Z Anat Entwickl.-Gesch* 1960; 121: 643; *Ges. Abh.* 1965; 480
92. Petit JL. 1726 in Platt H. *Colle's Fracture*. *Brit Med J* 1932; 11: 288
93. Pillukat T, Fuhrmann R, Windolf J, Van Schoonhoven J. Die Arthroskopie des distalen Radioulnargelenkes. *Oper Orthop Traumatol* 2014; 26: 547–555
94. Pomsel T, Kreuzsch-Brinker R, Ahmadi A. Die arthroskopische Diagnostik der Handgelenks-Diskusverletzung. *Z Orthop* 1989; 127: 331–335
95. Rabinowitz RS, Light TR, Havey RM et al. The role of the interosseous membrane and triangular fibrocartilage complex in forearm stability. *J Hand Surg* 1994; 19A: 385–393
96. Reinus WR, Hardy DC, Totty WG, Gilula LA. Arthrographic evaluation of the carpal triangular fibrocartilage complex. *J Hand Surg Am* 1987; 12: 495–503
97. Schädel-Höpfner M, Müller K, Gehrman S, Lögters TT, Windolf J. Therapie von Läsionen des „triangular fibrocartilage complex“. *Unfallchirurg* 2012; 115: 582–588
98. Schmidt HM. Die Anatomie des ulnokrarpalen Komplexes. *Orthopäde* 2004; 33: 628–637
99. Schütz K, Middendorp J, Meyer VE. Ulnodorsales Impingementsyndrom: Die

- Meniskusläsion des Handgelenkes. Handchir Mikrochir Plast Chir 1996; 28: 227–232
100. Shen J, Papadonikolakis A, Garrett JP, Davis SM, Ruch DS. Ulnar-positive variance as a predictor of distal radioulnar joint ligament disruption. J Hand Surg 2005; 30A: 1172–1177
101. Siggelkow G. Schädigung des Discus articularis des Handgelenks nach distaler Radiusfraktur. Zbl Chirurgie 1984; 109: 750–756
102. Sik J. Isolierte Sportverletzungen des Discus articularis (Triangularis) im Handgelenk. Klin Med 1963; 18: 369–371
103. Slutsky DJ. Distal radioulnar joint arthroscopy and the volar ulnar portal. Techniques in Hand and Upper Extremity Surgery 2007; 11(1): 38–44
104. Springorum HR, Winkler S, Maderbacher G et al. Handgelenksarthroskopie. Herausforderndes Verfahren der modernen Handchirurgie. Orthopäde 2015; 44: 89–102
105. Stangier R. Zur topographischen Anatomie des Recessus ulnaris des proximalen Handgelenkes. Dissertation Universität Köln, 1987
106. Taylor GW, Parson CI. The role of the discus articularis in colles fracture. J Bone Joint Surg 1938; 20: 149–152
107. Terrill RQ. Use of arthroscopy in the evaluation and treatment of chronic wrist pain. Hand Clinics 1994; 10(4)
108. Terry CL, Waters PM. Triangular fibrocartilage injuries in pediatric and adolescent patients. J Hand Surg 1998; 23A: 626–634
109. Teurlings L, Miller GJ, Wright TW. Pressure mapping of the radioulnar carpal joint: effects of ulnar lengthening and wrist position. J Hand Surg 2000; 25B(4): 346–349
110. Thoms J. Calcification of the triangular fibrocartilage in the wrist joint – arthrographic study of a case. British J of Radiol 1962; 35: 429–431
111. Trumble TE, Gilbert M, Vedder N. Isolated tears of the triangular fibrocartilage: management by early arthroscopic repair. J Hand Surg Am 1997; 22(1): 57–65
112. Trumble TE, Gilbert M, Vedder N. Ulnar shortening combined with arthroscopic repairs in the delayed management of triangular fibrocartilage complex tears. J Hand Surg Am 1997; 22(5): 807–813
113. Tünnerhoff HG, Langer M. Arthroskopische Refixation des TFCC bei ulnärer Ruptur. Handchir Mikrochir Plast Chir 2014; 46: 286–294
114. Vesely DG. The distal radio-ulnar joint. Clin Orthop 1967; 51: 75–91
115. Viegas SF, Ballantyne G. Attritional lesions of the wrist joint. J Hand Surg 1987; 12A: 1025–1029
116. Viegas SF, Patterson RM, Hokanson JA et al. Wrist anatomy: Incidence, distribution, and correlation of anatomic variations, tears, and arthrosis. J Hand Surg 1993; 19: 463–475
117. Wadstroem J, Nigst H, Ohnacker H. Ganglion im Discus triangularis. Eine Erstbeschreibung. Handchirurgie 1986; 18: 53–54
118. Ward LD, Ambrose CC, Masson MV, Levaro F. The role of the distal radioulnar ligaments, interosseous membrane, and joint capsule in distal radioulnar joint stability. J Hand Surg 2000; 25A: 341–351
119. Watanabe H, Berger RA, An K-N, Berglund LJ, Zobitz ME. Stability of the distal radioulnar joint contributed by the joint capsule. J Hand Surg 2004; 29A: 1114–1120
120. Watanabe H, Berger RA, Berglund LJ, Zobitz ME, An K-N. Dorsal dislocation of the radius relative to the ulna strongly suggests distal IOM rupture. Disengagement of the radius from the DRUJ indicated injury to the distal and middle IOM. J Hand Surg 2005; 30A: 1164–1171
121. Watanabe H, Berger RA, Berglund LJ, Zobitz ME, An K-N. Contribution of the interosseous membrane to distal radioulnar joint constraint. J Hand Surg Am 2005; 30: 1164–1171
122. Weber M. Die Beurteilung des Unfallzusammenhangs von Meniskus-schäden. Orthopäde 1994; 23: 171–178
123. Weigl K, Spira E. The triangular fibrocartilage of the wrist joint. Reconst Surg Traumatol 1969; 11: 139–153
124. Whipple TL. The Wrist. Philadelphia: J.B. Lippincott Company, 1992
125. Wilhelm K. Läsionen des Discus ulnocarpalis. In: Nigst H (Hrsg) Handgelenksverletzungen. Stuttgart: Hippokrates Verlag, 1986
126. Wright TW, Del Charco M, Wheeler D. Incidence of ligament lesions and associated degenerative changes in the elderly wrist. J Hand Surg 1994; 19A: 313–318
127. Wright TW, Dobyns JH, Linscheid RL, Macksoud W, Siegert J. Carpal instability non-dissociative. J Hand Surg 1994; 19B(6): 763–773
128. Ziegler PV. Über die radioulnare Differenz. Dissertation Universität Ulm, 1999: 289
129. Lewis OJ. Evolutionary change in the primate wrist and inferior radioulnar joints. Anat Rec 1965; 151: 275–285

## Arthroskopische Operationstechniken im Überblick



- Diagnostische und therapeutische Methoden
- Läsionen und therapeutische Relevanz
- Instabilität, Schultersteife, Rotatorenmanschetten-, Biceps-, AC-Gelenkläsionen: Welche Portale, Instrumente und Techniken führen zum Behandlungserfolg?

2013, 245 Seiten, 343 Abbildungen  
in 435 Einzeldarstellungen,  
10 Tabellen,  
ISBN 978-3-7691-0549-0  
gebunden € 159,-

### Rund um die Uhr bestellen:

Telefon 02234 7011-314 • Telefax 02234 7011-476  
E-Mail [bestellung@aerzterverlag.de](mailto:bestellung@aerzterverlag.de)  
[www.aerzterverlag.de](http://www.aerzterverlag.de)

Portofreie Lieferung innerhalb Deutschlands  
bei Online-Bestellung