

Anatomy of the distal radio-ulnar joint (DRUJ) and the ulno-carpal complex

Anatomie des distalen radioulnaren Gelenkes (DRUG) und des ulnocarpalen Komplexes

G. Windisch, A. Weiglein, W. Grechenig, G. Peicha

Summary

The distal radio-ulnar joint (DRUJ) is one of the two synovial joints between the radius and the ulna. Functionally, it is more closely related to the wrist joint than to the proximal radio-ulnar joint. It is completely separated from the wrist joint by the articular disc, which is the central part of the ulno-carpal complex (TFCC). This is an intricate ligamentous system of considerable functional significance, extending from the ulnar notch to the styloid process of the ulna. The tendon of ECU, which is the wide longitudinal connection between the styloid process and the TFCC, extends down to the fifth metacarpal, triquetrum and hamate bones. Furthermore, the complex consists of radio-ulnar and ulno-carpal ligaments, the ulno-carpal meniscus (Meniscus Homologue) and the ulnar collateral ligament.

The main functions of the TFCC are to stabilize the DRUJ, to guide movements such as pronation and supination and to make carpal movements more or less independent of forearm movements.

The articular disc is frequently found to be centrally perforated in persons over 50 years of age. These perforations are of degenerative origin and can also be observed in younger individuals as a result of trauma. Any such change in the structure of the uln-carpal complex can interfere with the function and stability of the DRUJ.

Zusammenfassung

Das distale Radioulnargelenk (DRUG), welches mechanisch an das proximale gebunden ist, wird durch den Discus articularis vollständig von der Art. radiocarpalis getrennt. Der Discus zählt zum ulnocarpalen Komplex (TFCC), der sich zwischen Radius und dem Processus styloideus ulnae ausspannt und von dort, unter Vermittlung der Sehnenscheide des

M. extensor carpi ulnaris, zum Os metacarpale V, Os triquetrum und hamatum, zieht. Zum ulnocarpalen Komplex zählen weiters noch die Ligg. radioulnaria palmare et dorsale, der Meniscus ulnocarpalis, das Lig. collaterale carpi ulnare und, wie bereits erwähnt, die Sehnenscheide des M. extensor carpi ulnaris.

Der ulnocarpale Komplex dient der Fixation des Radius an die Ulna, unterstützt Pro-, und Supination, und stabilisiert das DRUG, da er auf Grund seiner unterschiedlichen Faserarchitektur Druck, Zug und Abscherkräften entgegenwirken kann.

Fissuren, Perforationen oder andere degenerative Veränderungen können erheblich die biomechanischen Verhältnisse des ulnocarpalen Komplexes stören, und die Funktion im DRUG beeinflussen.

Anatomie

Das distale Radioulnargelenk (DRUG) (Abb. 1) stellt die Verbindung zwischen der Circumferentia articularis capitis ulnae und der Incisura ulnaris radii dar. Mechanisch ist dieses Gelenk an das proximale Radioulnargelenk, funktionell an das Handgelenk gebunden, und erlaubt eine Rotation im



Abb. 1: Distales Radioulnargelenk von palmar.
1 Discus articularis

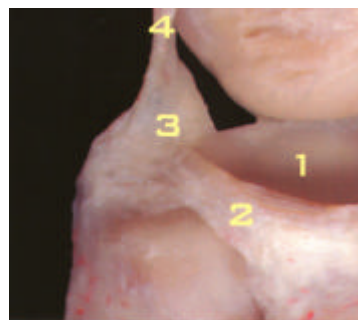
Unterarm ohne die Art. radiocarpalis zu beeinflussen.

Die sehr schlaffe, aber fest angelegte Gelenkkapsel, entspringt direkt an der Knorpel- Knochengrenze der Elle und Speiche und setzt an der unteren, proximalen Seite des Discus articularis an, welcher dieses Gelenk vollständig von der Art. radiocarpalis trennt. Die Gelenkkapsel besteht auf der dorsalen Seite aus schräg und quer verlaufenden, derben Faserzügen, die den Sehnnenscheiden des M. extensor digiti minimi und M. extensor carpi ulnaris als direkte Unterlage dienen. An der Vorderseite ist die Kapsel wesentlich dünner, und wird vom tiefen Anteil des M. pronator quadratus bedeckt [2, 13].

Der Gelenksraum setzt sich nach proximal in den Recessus sacciformis fort, der als geräumiger Blindsack Pro- und Supinationsbewegungen im distalen Radioulnargelenk zulässt. Nach distal ist der Gelenksraum nahezu rechtwinkelig abgelenkt und erstreckt sich auf den Spalt zwischen Ulnaköpfchen und Discus articularis, welcher zusammen mit den distalen Ligg. radioulnaria palmare et dorsale für die ligamentäre Stabilisierung zwischen Radius und Ulna zuständig ist [7].

Der Dreieckknorpel, oder Discus articularis, trennt nicht nur das distale Radioulnargelenk von der Art. radiocarpalis, sondern ist auch wesentlicher Bestandteil des ulnocarpalen Komplexes, welcher auch Triangular- Fibrocartilage Complex (TFCC) (Abb. 2), bezeichnet wird. Dieser besteht aus:

1. Discus articularis, oder Discus triangularis,
2. Ligg. radioulnare palmare et dorsale,
3. Meniscus ulnocarpalis (Meniskus- Homolog),
4. Lig. collaterale ulnare,
5. Sehenscheide des M. extensor carpi ulnaris [10, 12, 13].



- 1 Discus triangularis
- 2 Lig. radioulnare palmare
- 3 Meniscus ulnocarpalis
- 4 Lig. collaterale carpi ulnare

Abb. 2: Triangular Fibrocartilage Complex (TFCC). Ansicht von palmar.

Im Laufe der embryonalen Entwicklung der Hand schiebt sich der ulnocarpale Komplex allmählich zwischen proximale Handwurzelreihe und Ulna, welche sich immer weiter zurückzieht, und dadurch auch der Processus styloideus ulnae den Kontakt zur proximalen Handwurzelreihe verliert.

Der kollagenfaserige Discus articularis ist eine ca. 15mm lange, dreieckige, bikonkave Scheibe, deren Basis am distalen Rand der Incisura ulnaris radii entspringt. Von seinem Ursprung, der bis zu 2mm dick sein kann, zieht der Discus ulnarwärts und teilt sich in zwei plattenartige Faserstränge: Der proximale Strang zieht zur Basis des ulnaren Griffelfortsatzes während der distale bis zur Spitze des Processus styloideus ulnae reicht. Die distalen Fasern ziehen weiter an das Os triquetrum, hamatum und zur Basis des Os metacarpale V [6], und werden als Meniscus ulnocarpalis, oder Meniscus-Homolog bezeichnet, der ein Residuum eines langen Processus styloideus bei niedrigen Primaten darstellt [7]. Der Meniscus- Homolog steht in enger Verbindung zum Lig. collaterale carpi ulnare.

Zwischen dem proximalen und distalen Ansatz des Discus articularis findet sich ein Raum, der als Recessus prestyloideus oder Recessus ulnaris bezeichnet wird. Er stellt eine stark vaskularisierte, schlauchförmige Aussackung dar, welche palmar-, radial- oder ulnarseitig dem Griffelfortsatz anliegt [6]. Der Recessus ist mit lockerem Bindegewebe ausgefüllt und für frühpathologische Prozesse im Rahmen der rheumatoiden Arthritis bedeutsam [1]. An seiner dorso- ulnaren Seite ist er nur durch eine sehr dünne Membran von der Sehnnenscheide des M. extensor carpi ulnaris getrennt. Der Boden dieser Sehnnenscheide wird von Fasern des Discus gebildet, die am streckseitigen Teil des Griffelfortsatzes ansetzen. Durch diese fibröse Verbindung erhält der Discus articularis Anschluß an das Os metacarpale V. Entwicklungsgeschichtlich können in diesem Teil des ulnocarpalen Komplexes akzessorische Knochen (Os styloideum, Os triquetrum secundarium, Os triangulare) gefunden werden.

Die zentrale Faserplatte des Discus articularis wird palmar vom Lig. radioulnare palmare und dorsal vom Lig. radioulnare dorsale bedeckt, welche die äußeren Ränder des Discus darstellen. Beide Bänder sind etwa 4-5 mm breit und fesseln

den Radius in allen Stellungen an die Ulna ohne jedoch die Umwendbewegungen einzuschränken.

Die Dicke im Zentrum der Faserplatte beträgt 0-2 mm und hängt von der relativen Länge der Ulna im Vergleich zum Radius ab: der Knorpel ist umso dicker, je kürzer die Ulna ist [10, 11].

Degenerative Veränderungen im Bereich der Faserplatte sind das Korrelat seiner mechanischen Beanspruchung und können als präarthrotische Deformität gesehen werden [10], da über sie Ulnakopf und Os lunatum direkten, inkongruenten Kontakt bekommen. Perforationen des Discus bis zum zwanzigsten Lebensjahr [8] sind, bis auf eine möglicherweise kongenitale Perforation bei einer 17-jährigen [4], nicht beschrieben, und werden ab dem dritten Lebensjahrzehnt mit einer Häufigkeit von etwa 8% angegeben. Erst mit zunehmendem Alter treten sie vermehrt auf, und erreichen vom sechzigsten Lebensjahr an eine Häufigkeit von 53% [10].

Für die Blutversorgung des Discus articularis ist hauptsächlich die Art. ulnaris verantwortlich, die den Faserknorpel auf der dorsalen Seite versorgt; palmar erhält er seinen Zufluß von der Art. interossea ant. Alle Blutgefäße dringen aber nur in die äußeren Randschichten des Discus ein, während die zentralen 80% des Discus avaskulär bleiben.

Histologie des Discus articularis

Histologisch besteht der Discus aus straffen Faserzügen, die am radialen Ansatz und im Zentrum Faserknorpel tragen, und ulnarwärts allmählich in straffes Bindegewebe übergehen. Die Verlaufsrichtung der Fasern lassen sich in verschiedene Systeme unterteilen, die sich aus der Beanspruchung des Knorpels ergeben. Sie verlaufen palmar und dorsal in Längszügen, ebenso in den oberflächlichen Schichten proximal und distal, und können den Discus gegen Abscherung schützen. In den mittleren Abschnitten zeigen sich die Fasern als ein ineinander verflochtenes Netzwerk. Der s-förmige Verlauf einiger Fibrillenbündel in radio-ulnare Richtung dient zur Übertragung des Druckes mit zugleich dämpfender Wirkung [3].

Biomechanik

Der ulnocarpale Komplex dient als wesentlicher Stabilisator des DRUG. Der Discus articularis übernimmt den Hauptteil dieser Stabilisierung, wird aber vom Lig. radioulnare palmare, welches bei Supination, und Lig. radioulnare dorsale, welches bei Pronation gespannt wird, unterstützt. Eine alleinige Läsion des Discus ohne Beteiligung der

Bänder führt daher nicht zur Instabilität im distalen Radioulnargelenk [14].

Der Discus selbst bleibt in vollständiger Pronation und Supination entspannt, und gleitet während den Umwendbewegungen auf der distalen Ulnafläche wie ein Scheibenwischer hin und her. Nur in Mittelstellung des Gelenkes ist er maximal angespannt, da er eine weite Strecke von seiner Insertion bis hin zur Incisura ulnaris radii überbrücken muß. In dieser Position verleiht der Discus dem Gelenk größt mögliche Stabilität [5].

Die druckübertragende und zugleich dämpfende Funktion des Discus wird durch dessen Faserarchitektur erzielt. Diese unterschiedliche Anordnung aus längsgerichteten und s-förmig verlaufenden Fasern, welche in radioulnarer Richtung wahrgenommen werden, kann funktionellen Beanspruchungen wie Druck, Zug und Abscherkräften entgegenwirken. Der Discus überträgt normalerweise 18% des axialen Druckes zwischen Hand und Unterarm. Eine Verschiebung des Radius nach proximal von mehr als 7mm, führt zur Ruptur des ulnocarpalen Komplexes.

Nach Nakamura [9] lassen sich drei Teile des ulnocarpalen Komplexes unterscheiden: der distale Teil entspricht dem Meniscus ulnocarpalis, welcher eine stabile Hängematte für den ulnaren Carpus bildet. Der proximale Teil besteht aus der Faserknorpelplatte des Discus articularis, und sichert den Radius während Pro- und Supinationsbewegung gegen die Ulna. Das Lig. collaterale carpi ulnare stellt den ulnaren Teil dar, und stabilisiert die Handwurzel gegen die Ulna und wird bei Umwendbewegungen des Unterarms torquiert.

Alle Alterationen im Bereich des ulnocarpalen Komplexes können also zu Störungen der biomechanischen Verhältnisse – und im weiteren zu erheblichen Beeinflussung der Funktion in diesem Gelenk führen.

Ulnocarpales Impingementsyndrom

Der chronische, nicht durch ein eindeutiges Trauma bedingte Schmerz an der ulnaren Seite des Handgelenkes kann sowohl im Bezug auf die Diagnose als auch auf das therapeutische Vorgehen Schwierigkeiten bereiten. Eine exakte klinische Untersuchung, das Wissen um die differenzierte Anatomie und Biomechanik sowie der Einfluß physiologischer Bewegungsabläufe auf den ulnocarpalen Kraftfluß gelten als Grundlage einer

differenzierten, stadiengerechten Therapieplanung. Durch eine chronische Drucküberbelastung im ulnocarpalen Bandapparat mit vermehrter Kompression der Strukturen zwischen Ulnaköpfchen einerseits und Lunatum und Triquetrum auf der anderen Seite kommt es zu fortschreitenden degenerativen Veränderungen der Bandstrukturen, der Knorpeloberfläche und der Gelenks- und Kapselbänder.

In der Differenzialdiagnose müssen isolierte Instabilitäten des distalen Radioulnargelenkes mit und ohne sekundäre Arthrose ebenso berücksichtigt werden als auch ein Kompressionssyndrom des Nervus ulnaris in der Guyon'schen Loge oder ein Karpaltunnelsyndrom mit atypischer Symptomatik. Weiters müssen primäre chronische Bandinstabilitäten, Intercarpalarthrosen und eine Subluxation der Extensor carpi ulnaris Sehne in Betracht gezogen werden, weiters chronisch entzündliche Gelenkserkrankungen bei Polyarthrose, Ablagerung von Harnsäurekristallen bei Gicht oder Weichteiltumore (okkulte Ganglien).

- Die häufigste Ursache ergibt sich nach fehlerheilender Radiusfraktur an typischer Stelle, welche zu einem relativen Ulnavorschub geführt hat. Durch die Kompression der Spongiosa durch das Trauma und Zersplitterung der dorsalen bzw. palmaren Radiuskortikalis kommt es nach Reposition zu einer echten Knochenlücke. Hieraus resultiert die Tendenz zur Redislodation und posttraumatischen Fehlstellung mit bekanntem Ulnavorschub (Abb. 3).
- Z.n. Radiusköpfchenresektion mit proximaler Migration des Radius und dadurch bedingtem relativem Ulnavorschub
- Madelung'sche Deformität
- Z.n. Unterarmfraktur mit Längenverlust am Radius
- Z.n. kindlichem Trauma mit vorzeitigem Epiphysenschluß
- gesteigerte axiale Kraftübertragung, z.B. bei Turnern
- eine angeborene Ulna-Plus-Variante
- chronische Überbelastung im Sport (z.B. Gewichtheben, Motocrossfahren)
- Wichtig ist darauf hinzuweisen, daß eine sogenannte dynamische Ulna-Plus-Variante vorliegen kann, welche bei Patienten mit Neutralstellung der Ulna zu Beschwerden und Überlastung im ulnocarpalen Bandapparat führen kann. Pronation, Faustschluß (besonders bei gestrecktem Ellbogen) kann zu einer dynamischen Ulnaverlängerung von bis zu 2mm führen

- Nach Radiusverkürzungsosteotomie in der Behandlung von Lunatummalazie Stadium I-II und nach Handgelenksarthrosen



Abb.3: Handgelenksröntgen ap: deutlicher Ulnavorschub bei Z.n. konsolidierter Radiusfraktur I.t.

Nach Untersuchungen von Palmar und Werner laufen ca. 20% der axialen Kraftübertragung am Unterarm über die Ulna an den Carpus. Eine relative Verlängerung an der Ulna von 2,5mm führt zu einer Zunahme der Kraftübertragung auf 42%, eine Verkürzung der Ulna um 2,5mm zu einer Reduktion der Kraftübertragung auf 4%.

Bei relativer Verlängerung der Ulna gegenüber dem Radius führt diese chronische Drucküberlastung zu degenerativen Veränderungen im Bereich des TFCC mit zentralen Rupturen, Diskuslappenbildungen und Desinsertionen. Daraus resultiert eine chronisch-ulnocarpale Synovialitis.

Bei Fortschreiten der Erkrankung kommt es zu chondromalazischen Schäden an Lunatum, Triquetrum und Ulnaköpfchen. Die zunehmende ulnocarpale Chondromalazie führt zu Instabilitäten zwischen Lunatum und Triquetrum und Instabilität der ulnocarpalen Bänder und zu fortschreitender ulnocarpaler Arthrose.

Bedingt durch die Fehlstellung im distalen Radioulnargelenk nach Radiusfraktur entwickelt sich eine degenerative Arthrose und Instabilität des distalen Radioulnargelenkes. Die degenerativen Veränderungen und Beschwerden im Ulnocarpalraum und distalen Radioulnargelenk können nebeneinander oder miteinander in Zusammenhang mit Fehlstellungen entstehen.

Therapeutische Optionen bei ulnocarpalem Impingement

Patienten mit isoliertem ulnocarpalem Impingementsyndrom und fehlendem oder lediglich minimalem posttraumatischem Ulnavorschub reagieren

oft günstig auf konservative Behandlungsmaßnahmen wie Immobilisation, nichtsteroidale Antirheumatika und entsprechende Lokalbehandlung sowie Vermeidung belastender Aktivitäten.

Bei Patienten mit einem radiologisch nachgewiesenen, relativen Ulnavorschub ohne Beteiligung des distalen Radioulnargelenkes kann eine Ulnaverkürzungsosteotomie (Abb. 4) zur Entlastung des ulnocarpalen Gelenkes indiziert sein. Die Ulnaverkürzungsosteotomie ist nur dann in Erwägung zu ziehen, wenn korrekte Gelenkverhältnisse am Radius vorhanden sind. Das Ausmaß der Ulnaverkürzung wird praeoperativ aufgrund der Standard-Röntgenaufnahmen bestimmt, wobei eine Ulna-Null-Variante oder eine Ulna-Minus-Variante von 1-2mm angestrebt wird. Ein Vergleichsröntgen der gesunden Seite ist obligat.

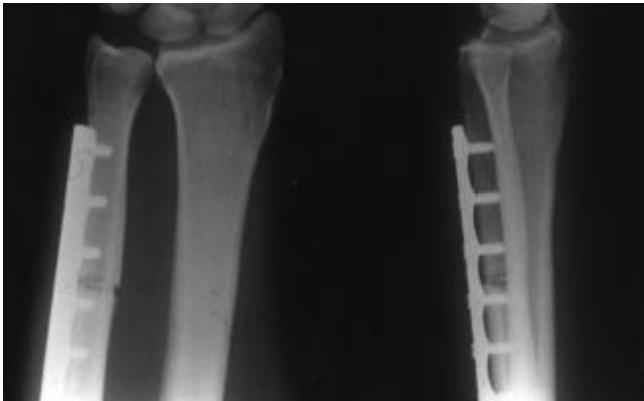


Abb. 4: Z.n. Ulnaverkürzungsosteotomie mit PC-Fix bei querer Osteotomie - 3 Wochen postoperativ.

Bei Beschwerden, hervorgerufen durch degenerative Läsionen des Diskus und lokaler Synovialitis können Eingriffe am TFCC erfolgen. Diese umfassen ein lokales Debridement, eine Refixation traumatischer Desinsertionen sowie partielle oder totale Diskusentfernungen. Diese Eingriffe sind sowohl arthroskopisch als auch offen möglich, wobei das arthroskopische Debridement die bekannten Vorteile bietet.

Bei Patienten mit arthroskopisch nachgewiesener, degenerativer Diskusperforation und Ulnavorschub kann ein arthroskopisches Waffle-Procedure (Scheibchen-Resektion) (Abb. 6) durchgeführt werden, wobei mit der Fräse vom Radiocarpalgelenk aus durch die Diskusperforation die distalen 1-2mm (bis zu 4mm) des Ulnaköpfchens entfernt werden können, wodurch eine Druckentlastung des Ulnocarpalgelenkbereiches resultiert.

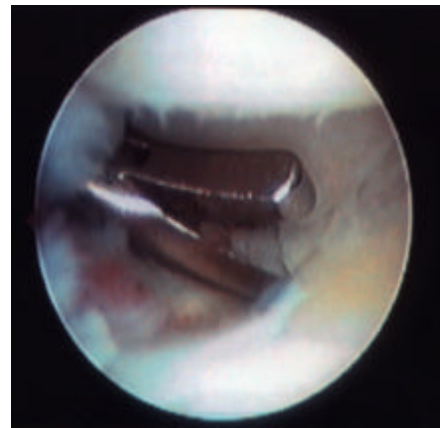


Abb. 6: Handgelenksarthroskopie bei ulnocarpalem Impingement. Diskusteilresektion mit der Zange.

Bei Beteiligung und Inkongruenz des distalen Radioulnargelenkes können eine Arthrodesse des distalen Radioulnargelenkes mit Segmentresektion der Ulna nach Kapandji (Abb. 5), eine Ulnaköpfchenresektion oder eine ihrer zahlreichen Varianten, eine Hemiresektionsarthroplastik des Ulnaköpfchens nach BOWERS oder eine Matched-Ulnaköpfchenresektion nach Watson durchgeführt werden. Diese Eingriffe führen sowohl zu einer Minderung der Kraftübertragung im Ulnocarpalbereich als auch zu einer Eliminierung der Beschwerden im DRUG durch die Beseitigung der Artikulation inkongruenter Gelenkanteile.



Abb. 5: Handgelenk ap und seitlich: Z.n. Arthrodesse des distalen Radioulnargelenkes und Segmentresektion der Ulna (nach Kapandji) mit zwei Spongiosaschrauben.

Referenzen

1. Dihlmann W: Gelenke- Wirbelverbindungen. Klinische Radiologie, Thieme, Stuttgart, New York 1982
2. Fick R: Anatomie der Gelenke; in . Bardeleben: Handbuch der Anatomie des Menschen, vol 2/I/1. Jena, Fischer, 1904
3. Hofmann S: Der Bau des Discus articularis articulationis radio- ulnaris distalis. Anatomischer Anzeiger 1959;106: 173- 184
4. 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 1997;26: 565- 567
5. Kapandji IA: Funktionelle Anatomie der Gelenke, vol 1. Enke Verlag Stuttgart, 1984
6. Kauer JMG: The articular disc of the hand. Acta Anat 1975;93: 590- 605
7. Lewis OJ, Hamshere RJ, Bucknill TM: The anatomy of the wrist joint. Journal Anatomy 1970;106: 539- 552
8. Mikic, Z.: Age changes in the triangular fibrocartilage of the wrist joint. Journal of Anatomy 1978;126: 367- 384.
9. Nakamura T, Yabe Y, Horiuchi Y: Functional anatomy of the triangular fibrocartilage complex. J Hand Surgery Br 1996;21: 581- 586
10. Palmer AK, Werner FW: The triangular fibrocartilage complex of the wrist - anatomy and function. J Hand Surg 1981;6: 153- 162
11. Palmer AK, Glisson RR, Werner FW: Relationship between ulnar variance and triangular fibrocartilage complex thickness. J Hand Surg 1984;9a: 681- 683
12. Schmidt HM, Lanz U: Chirurgische Anatomie der Hand. Hippokrates, Stuttgart, 1992
13. Schwamborn M, Hempfling H: Der Discus articularis; in Hempfling H: Die Arthroskopie am Handgelenk. Stuttgart, Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft, 1992
14. Weigl K, Spira E: The triangular fibrocartilage of the wrist joint. Reconstr Surg Traumatol 1969;11: 139- 153