

Aus dem Medizinischen Zentrum für Operative Medizin  
der Philipps - Universität Marburg  
Klinik für Unfall-, Wiederherstellungs- und Handchirurgie  
Geschäftsführender Direktor: Univ.-Prof. Dr. L. Gotzen

**Anatomische und Experimentelle Untersuchungen  
zur Arthroskopie der Gelenke des ersten  
Strahls der menschlichen Hand**

INAUGURAL - DISSERTATION  
zur Erlangung des Doktorgrades der gesamten Medizin  
dem Fachbereich der Humanmedizin  
der Medizinischen Fakultät  
der Philipps-Universität zu Marburg

vorgelegt von  
Andreas M. Sandner  
aus Amorbach / Odw.

Ochsendung 2002

Angenommen vom  
Fachbereich Humanmedizin  
der  
Philipps-Universität Marburg  
am 14.11.2002

Gedruckt mit Genehmigung des Fachbereiches

Dekan: Prof. Dr. Maisch

Referent: Prof. Dr. Gotzen

Korreferent: Prof. Dr. Kienapfel

Herrn Professor Dr. L. Gotzen danke ich für die freundliche Überlassung  
des Themas.

Herrn Dr. G. Böhringer danke ich sehr herzlich für die Betreuung und  
kritische Beratung bei der Durchführung der Arbeit.

Meiner Familie sowie meiner Lebensgefährtin danke ich  
für die uneingeschränkte Unterstützung und die  
große Nachsicht  
zu jedem Zeitpunkt.

## Inhaltsverzeichnis

	<b>Seite</b>
<b>I. Einleitung und Fragestellung</b>	<b>1</b>
1.1. Die Arthroskopie	2
1.2. Eine historische Betrachtung der Entwicklung der Arthroskopie	3
1.3. Die Arthroscopie	11
1.4. Der Aufbau eines Arthroscops	13
1.5. Die Arthroskopie kleiner Gelenke	16
1.6. Anatomische Grundlagen	18
1.7. Allgemeine Anatomie der Hand und des Daumens	20
1.7.1. Die Haut und das Subkutangewebe	20
1.7.2. Die Muskulatur des Daumens	23
1.7.2.1. Lange Daumenmuskeln	23
1.7.2.2. Kurze Daumenmuskeln – Die Thenarmuskulatur	27
1.7.3. Faszien und Sehnenscheiden der Hand und des Daumens	31
1.7.4. Die Musculi interossei	36
1.7.5. Die Arterien der Hand und des Daumens	37
1.7.6. Die Venen des Daumens	41
1.7.7. Die sensomotorische Innervation des Daumens	42
1.7.7.1. Die sensible Innervation des Daumens	43
1.7.7.2. Die motorische Innervation des Daumens	46
1.7.8. Spezielle Anatomie ausgewählter Gelenke des ersten Strahls	50
1.7.8.1. Die Anatomie des Scaphotrapezoidtrapezialgelenks	50
1.7.8.2. Die Anatomie des Trapeziometacarpalgelenks	54
1.7.8.2.1. Die Bewegungen im Daumensattelgelenk	54
1.7.8.2.2. Die artikulierenden Gelenkanteile	58

1.7.8.2.3.	Die Bänder des TMC-Gelenks und seine Stabilität	62
1.7.8.2.4.	Die muskuläre Führung des TMC-Gelenks	66
1.7.8.3.	Die Anatomie des MP-Gelenks des Daumens	67
1.7.8.3.1.	Die knöchernen Strukturen	68
1.7.8.3.2.	Die Kapsel des MP-Gelenkes des Daumens	71
1.7.8.3.3.	Die muskuläre Führung des MP-Gelenks des Daumens	73
1.8.	Die Pathologie der Gelenke des ersten Strahls der Hand	74
1.8.1.	Die Arthrose des Daumensattelgelenks (Rhizarthrose)	75
1.8.1.1.	Ätiologie der Rhizarthrose	75
1.8.1.2.	Die primär idiopathische Form	77
1.8.1.3.	Die sekundär erworbene Form	79
1.8.1.4.	Symptome, Verlauf und Prognose	81
1.8.1.5.	Zusammenfassung der Symptome	85
1.8.1.6.	Die Stadieneinteilung der Rhizarthrose	85
1.8.1.7.	Die Diagnostik der Rhizarthrose	87
1.8.1.8.	Die Differentialdiagnosen der Rhizarthrose	88
1.8.1.9.	Die Therapie der Rhizarthrose	89
1.8.1.9.1.	Die konservative Therapie	90
1.8.1.9.2.	Die operative Therapie	90
1.8.2.	Artikuläre Frakturen des ersten Strahls der menschlichen Hand	93
1.8.2.1.	Die Bennett'sche Luxationsfraktur	93
1.8.2.2.	Die Rolando-Fraktur	95
1.8.3.	Bandverletzungen des Metacarpophalangeal- und Trapeziometacarpalgelenks	95
1.8.3.1.	Die ulnare Kollateralbandruptur – der „Ski-Daumen“	95
1.8.3.2.	Die palmare Instabilität des Metacarpophalangealgelenks	97
1.8.4.	Die Luxation des Trapeziometacarpalgelenks	98

<b>II.</b>	<b>Material und Methodik</b>	<b>99</b>
2.1.	Das Untersuchungsmaterial	99
2.2.	Das Instrumentarium für die anatomische Präparationen	99
2.3.	Das Instrumentarium für die Arthroskopie der peritrapezialen Gelenke	100
2.4.	Methodik	103
2.4.1.	Anatomische Voruntersuchungen der formalinfixierten und kryokonservierten Präparate	103
2.4.2.	Die experimentelle Arthroskopie der Gelenke des ersten Strahls der Hand	110
2.4.2.1.	Anatomische Orientierungspunkte	110
2.4.2.2.	Vorbereitung und Aufbau der experimentellen Arthroskopie der peritrapezialen Gelenke	111
2.4.2.3.	Durchführung der experimentellen Arthroskopie der peritrapezialen Gelenke	116
2.4.2.4.	Aufbau und Durchführung der klinisch durchgeführten Arthroskopien	120
2.4.2.5.	Aufbau und Durchführung der experimentellen Arthroskopie des Metacarpophalangealgelenks des Daumens	123
2.4.3.	Präparation der kryokonservierten Präparate	126
<b>III.</b>	<b>Ergebnisse</b>	<b>130</b>
3.1.	Ergebnisse der Präparation des Kapsel-Band-Apparates des Trapeziometacarpalgelenks des Daumens	130
3.2.	Ergebnisse der kinetischen Versuche	136

3.3.	Die Zugänge zu den Gelenken des ersten Strahls der Hand	141
3.3.1.	Der Zugang zum Scaphotrapezoidtrapezialgelenk	142
3.3.2.	Die Zugänge zum Trapeziometacarpalgelenk des Daumens	143
3.3.3.	Die Zugänge zum Metacarpophalangealgelenk des Daumens	146
3.4.	Die Arthroskopie und arthroskopische Anatomie der Gelenke des ersten Strahls der Hand	147
3.5.	Die arthroskopische Chirurgie der Gelenke des ersten Strahls der Hand	150
3.6.	Bewertung der arthroskopierten Handpräparate	154
3.6.1.	Präparation und Bewertung der relevanten Strukturen	154
3.6.2.	Präparation und Bewertung des Kapsel-Band-Apparates	160
3.6.2.1.	Die Bänder des Scaphotrapezoidtrapezialgelenks	160
3.6.2.2.	Die Bänder des Trapeziometacarpalgelenks	161
3.6.2.3.	Das MP – Gelenk	166
3.7.	Die Ergebnisse der klinisch durchgeführten Arthroskopien der peritrapezialen Gelenke	167
3.7.1.	Das Scaphotrapezoidtrapezialgelenk	167
3.7.2.	Das Trapeziometacarpalgelenk	168
3.7.3.	Das Metacarpophalangealgelenk	169
<b>IV.</b>	<b>Diskussion</b>	<b>170</b>
4.1.	Komplikationen	170
4.2.	Indikationen der Arthroskopie der peritrapezialen Gelenke des ersten Strahls der Hand	171
4.3.	Blutsperre oder Blutleere ?	173
4.4.	Diskussion der anatomischen Ergebnisse	174

4.5.	Diskussion der Arthroskopie der peritrapezialen Gelenke	186
4.6.	Diskussion der Ergebnisse der Arthroskopie des Metacarpophalangealgelenks	196
<b>V.</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>200</b>
<b>VI.</b>	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>203</b>
<b>VII.</b>	<b>Anhang</b>	<b>214</b>

# **Anatomische und Experimentelle Untersuchungen zur Arthroskopie der Gelenke des ersten Strahls der menschlichen Hand**

## **I. Einleitung und Fragestellung**

Kein anderes Organ hat die Differenzierung des menschlichen Gehirnes so entscheidend mitbeeinflusst wie die Hand, deren Funktionstüchtigkeit zu einem Großteil von einer intakten Daumenfunktion, d.h. seiner korrekten Länge in Verbindung mit der Fähigkeit zur Ausführung der Oppositionsbewegung, die Voraussetzung für den Feingriff ist (27).

Das Trapeziometacarpalgelenk des Daumens trägt maßgeblich zu den vielfältigen Greifmustern der menschlichen Hand bei. Aufgrund seiner besonderen Disposition, auf die später noch eingegangen werden wird, in Verbindung mit den außergewöhnlichen Belastungen, welche auf dieses Gelenk wirken, steht es, wie kein anderes Gelenk an der Hand, häufig im Zentrum degenerativer Veränderungen (35). Da ein Verlust der Daumenfunktion den regelgerechten Gebrauch der gesamten Hand erheblich beeinträchtigt, ist eine frühestmögliche Diagnosenstellung mit der Möglichkeit der Einleitung einer sofortigen, adäquaten therapeutischen Intervention indiziert. Die Arthroskopie der peritrapezialen Gelenke könnte die Behandlung degenerativer Veränderungen in diesem Bereich entscheidend mitbeeinflussen, da sie ein hoffnungsvolles Verfahren zur Erweiterung der diagnostischen Möglichkeiten am Daumensattelgelenk darstellt.

Die Arthroskopie der Gelenke des ersten Strahls der Hand ermöglicht eine exakte Darstellung von Knorpel- und Knochenveränderungen, noch bevor diese klinisch oder radiologisch nachweisbar sind (8).

Ziel dieser Arbeit ist es, die Praktikabilität und Effizienz der Arthroskopie der Gelenke des ersten Strahles der Hand bei der Diagnose und Therapie pathologischer Prozesse auf der Grundlage umfassender anatomischer Untersuchungen in diesem Bereich darzulegen und sie als Standardverfahren zu etablieren.

### **1.1. Die Arthroskopie**

Von Anfang an war die Indikation für eine Gelenkspiegelung klar umrissen und nie Gegenstand von Diskussionen. Sie ermöglichte eine völlig neue Art der Diagnostik und schärfte so den Blick von Chirurgen für intraartikuläre pathologische Veränderungen. Zunächst waren jedoch noch eine Vielzahl von Problemen, wie z.B. die notwendige Miniaturisierung und Präzisierung des bildübertragenden Mediums, zu bewältigen. Der Einsatz verbesserter Optiken in Kombination mit effizienten Lichtleitern ermöglichte die Konstruktion von Weitwinkelobjektiven mit ausgezeichneter Tiefenschärfe und exzellenter Beleuchtung. Die weltweite Anerkennung der Methode der Arthroskopie ist vor allen Dingen auf die Entwicklung der Arthroskopie des Kniegelenkes zurückzuführen. Der Einsatz der Gelenkspiegelung in der Kliniksroutine hat das Erkennen pathologischer Veränderungen in den Gelenkräumen erheblich vereinfacht (29).

Allerdings steht außer Zweifel, daß nicht-invasive Verfahren, wie z.B. die Kernspintomographie, in Zukunft die Notwendigkeit diagnostischer Arthroskopien beschneiden werden, doch ist die direkte Inspektion des Gelenkraumes immer noch eine unabdingbare Ergänzung in Diagnostik und Therapie zu anderen klinischen Untersuchungen und zur Röntgennativdiagnostik, insbesondere, da z.B. am Trapeziometacarpalgelenk des Daumens oftmals weder die klinische Untersuchung noch die Röntgendiagnostik in der Lage sind die subjektiven Beschwerden von Patienten

zu erklären. Die Arthroskopie ist, wie kein anderes Verfahren, in der Lage einen Zusammenhang von Beschwerdebild oder Traumata und pathologischer Anatomie herzustellen.

Die Entwicklung kleinkalibriger Arthroskope (2,7 mm, 1,9 mm, 1,7 mm) in Verbindung mit der ständigen Weiterentwicklung und Verbesserung von bild- und lichterzeugenden Systemen hat die Möglichkeit der Beurteilung kleiner Gelenke erst ermöglicht. Darüber hinaus verlangen kleine Gelenke nach einem speziellen Instrumentarium. So wurde anhand dieser die Notwendigkeit von ausgewogeneren, kürzeren und widerstandsfähigeren Arthroskopen erkannt. So wurden z.B. die 3-linsigen Standardarthroskope durch moderne 2-linsige Geräte ersetzt. Diese Entwicklungen haben Ärzte ermutigt, die arthroskopische Beurteilung immer kleinerer Gelenke, Gleiträume oder Körperhöhlen fortzusetzen und auszuweiten. Am erfolgreichsten waren bisher die Gelenkspiegelungen am Knie-, Schulter-, Ellenbogen-, Sprung- und Handgelenk (29).

Gegenstand dieser Arbeit ist diesen etablierten Verfahren die standardisierte Arthroskopie der peritrapezialen Gelenke hinzuzufügen.

## **1.2. Eine historische Betrachtung der Entwicklung der Arthroskopie**

Die erste Untersuchung des Körperinneren ohne chirurgischen Eingriff wurde bereits im 18. Jahrhundert durchgeführt. Dabei handelte es sich um die Betrachtung des Mastdarmes unter Zuhilfenahme eines starren Rohres und einer Kerze (29). Im Jahre 1853 stellte Antoine Désormeaux der Öffentlichkeit ein Gerät vor, das der Untersuchung der Harnröhre dienen sollte, und welches er „Endoskop“ nannte. Das gebündelte Licht einer, mit Alkohol und Terpentingeist betriebenen, Lampe wurde bei diesem Gerät durch einen schrägen Planspiegel in eine endoskopische Sonde gelenkt, und durch eine

kleine Öffnung im Spiegel konnte der Untersucher den beleuchteten Hohlraum betrachten (29).

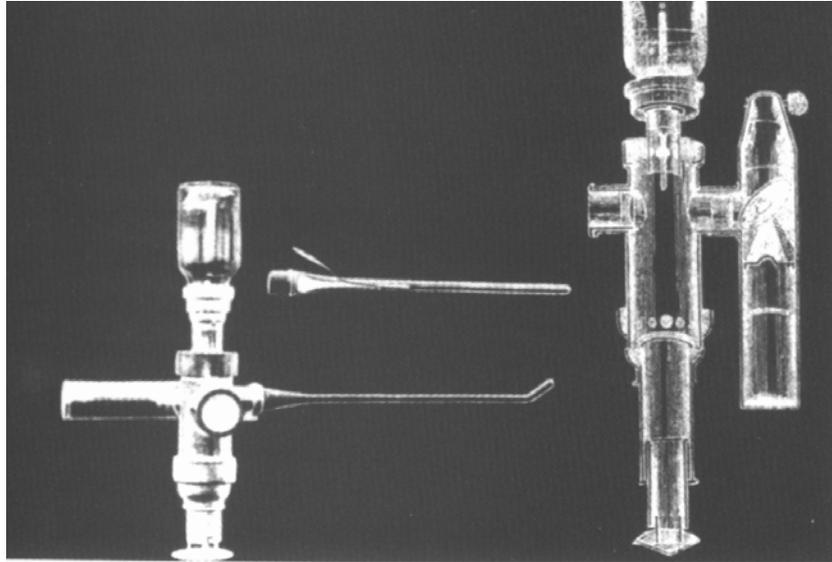


Abb. 1: Endoskop nach Désormeaux aus dem Jahre 1853, aus K. Donner, Geschichte der Arthroskopie, zitiert nach Hempfling, Farbatlas der Arthroskopie großer Gelenke

In Deutschland war es Adolf Kußmaul, der sich als Erster auf dieses Gebiet wagte. 1868 führte er ein starres Rohr in den Magen eines Schwertschluckers ein, gab diese Versuche jedoch auf, da er über keine suffiziente Beleuchtung verfügte (29).

Ein erster Durchbruch gelang dem Wiener Instrumentenbauer Leiter; er entwickelte 1886 ein Instrument zur Ausleuchtung der Harnblase, das an der Spitze eine kleine Kohlefaserlampe trug, womit die Lichtquelle direkt in das auszuleuchtende Organ eingebracht werden konnte. Mittels dieser Technik gelang es 1890 zum erstenmal das Innere der Harnblase zu photographieren (29).

Demselben Bauprinzip unterlag das Laparoskop von Jakobäus. Mit Hilfe dieses Geräts konnte Eugen Bircher (1882-1956), Chefarzt des Kantonsspitals in Aarau (CH), 1921 seine ersten Arthroskopien am Kniegelenk vornehmen.



Abb. 2: Eugen Bircher, aus Hempfling, Farbatlas der Arthroskopie großer Gelenke

Bircher nutze hierbei die schon bekannte Ungefährlichkeit des Stickstoffgases um unsichere Diagnosen am Kniegelenk zu klären. Zu dieser Methode sagte er: „Wir haben [...] versucht einen anderen Weg einzuschlagen und gefunden, daß es auf endoskopischem Weg möglich ist, die Diagnose zu sichern!“ (29).



Abb. 3: Kniegelenksarthroskopie von E. Bircher

Unabhängig voneinander wurde zu dieser Zeit auch in Tokio und New York mit arthroskopischen Untersuchungen experimentiert. Ungeachtet dieser Tatsache stammt jedoch der Erstbericht einer erfolgreich durchgeführten Arthroskopie von Eugen Bircher, der dies im Zentralblatt für Chirurgie 1921 veröffentlichte. Dieser Bericht enthält nicht nur die heute noch gültige Indikationsstellung zur Arthroskopie des Kniegelenkes, sondern auch die Beschreibung der Technik der Narkoseverfahren, der Ergebnisse und Hinweise auf mögliche Entwicklungen. Birchers Resümee zur Arthroskopie lautete: „Die Methode der Arthroskopie gestattet uns [...] die Diagnose aufgrund der Gesichtsbeobachtung sicherzustellen. Sie ist dadurch allen übrigen Untersuchungsmethoden überlegen und läßt, ähnlich wie die Endoskopie der Blase, bestimmte Operationsindikationen stellen. Sie wird wie auch diese auf Widerstände stoßen, sicher aber an Boden gewinnen und sich so ausbauen lassen, daß sie [...] unentbehrlich wird.“ (29).

Schon 1920 stellte K. Takagi (1888-1933) von der Universität Tokio ein von ihm entwickeltes Arthroskop vor, das jedoch mit einem Außendurchmesser von 7,3 mm ein stattliches Kaliber aufwies und sich infolgedessen im klinischen Umgang als eher ungeeignet erwies.



Abb. 4: K. Takagi, aus Hempfling, Farbatlas der Arthroskopie großer Gelenke

Erst 1931 gelang ihm die Entwicklung eines handlicheren Gerätes, mit 3,5 mm Außendurchmesser, womit er erste klinische Untersuchungsergebnisse an 57

Kniegelenken gewinnen konnte. S. lino, der den ersten Schwarzweißfilm aus dem Kniegelenk anfertigte, verfasste 1939 anhand von arthroskopischen Befunden und anschließender Sektion der Leichenkniegelenke eine arthroskopische Anatomie des Kniegelenks, worin er erstmals eine Struktur an der Innenseite der Kniegelenkkapsel beschrieb, die er als „Band“ bezeichnete und die heute Plica mediopatellaris bezeichnet wird (29).

In New York ging die Gruppe um M.S. Burman (1886-1974, siehe Abb.5), Direktor des New Yorker „Hospital for Joint Diseases“, systematischer an das Problem einer Gelenkspiegelung heran und 1931 konnten sie ein Gerät präsentieren, das die Bezeichnung „Arthroskop“ wirklich verdiente.



Abb. 5: M.S. Burman, aus Hempfling, Farbatlas der Arthroskopie großer Gelenke

Es wurde von dem Instrumentenbauer Wappler entwickelt. Es verfügte über eine Trokarhülle von 4 mm Durchmesser mit einem Glühlämpchen an der Spitze und Ventilen für Wasser- und Luftzufuhr. Zusätzlich konnten Probeentnahmezangen und andere Instrumente in die Hülle eingebracht werden. Mit Hilfe dieses Geräts war Burman nun in der Lage verschiedenste Gelenke (Knie-, Schulter-, Ellenbogen-, Sprung- und Handgelenk) zu untersuchen und eine systematische arthroskopische Anatomie zu entwickeln

(29). Der zweite Weltkrieg jedoch lies seine Arbeit, genauso wie die von Bircher, in Vergessenheit geraten.

Nach dem Ende des zweiten Weltkrieges blieb zunächst die Arthroskopie in Europa und USA vergessen, wogegen sie in Japan kontinuierlich seit 1949 von M. Watanabe weiterentwickelt wurde.

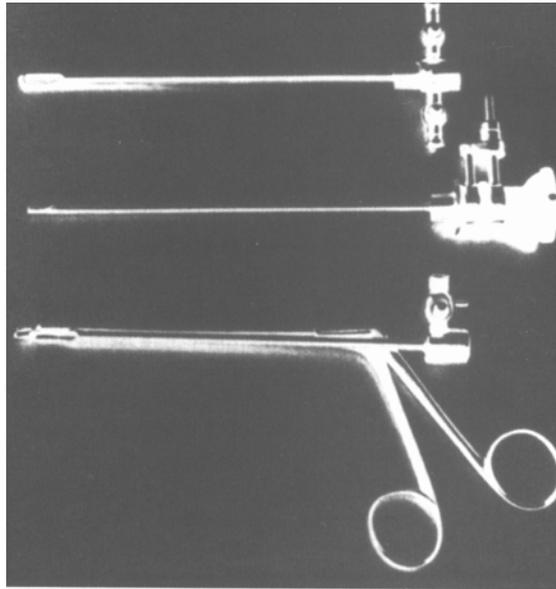


Abb. 6: Arthroskop nach Wappler (1931), aus Hempfling, Farbatlas der Arthrokopie großer Gelenke

Ungeachtet dessen muß jedoch die eigentliche Geburtsstunde der operativen Arthroskopie weniger der ständigen Weiterentwicklung vorhandener Techniken, als mehr einem Zwischenfall während eines arthroskopischen Eingriffs zugeschrieben werden. So berichtete Ikeuchi 1988 von jener Begebenheit aus dem Jahre 1951. Nach seinen Angaben fiel während einer arthroskopischen Untersuchung eines Kniegelenkes das Licht an der Spitze des Gerätes aus. Als man das Arthroskop entfernte, blieb das Lämpchen im Kniegelenk zurück. Watanabe beschloß den Gegenstand über einen weiteren Zugang zu entfernen, was ihm glückte. Somit hatte die erste Gelenkkörperentfernung stattgefunden (29).



Abb. 7: M. Watanabe, aus Hempfling, Farbatlas der Arthroskopie großer Gelenke

1957 erschien der erste Arthroskopieatlas von Watanabe, Takeda und Ikeuchi. Noch immer konnte die Arthroskopie keinen wirklichen Durchbruch erringen, obwohl Watanabe selbst mehrere Kliniken in Europa und USA besuchte und dort für diese Technik warb. In USA hatte er sogar Gelegenheit sich mit Burman auszutauschen. Die Arthroskopie war jedoch nach wie vor eine Randerscheinung, deren Nutzen sehr stark angezweifelt wurde.

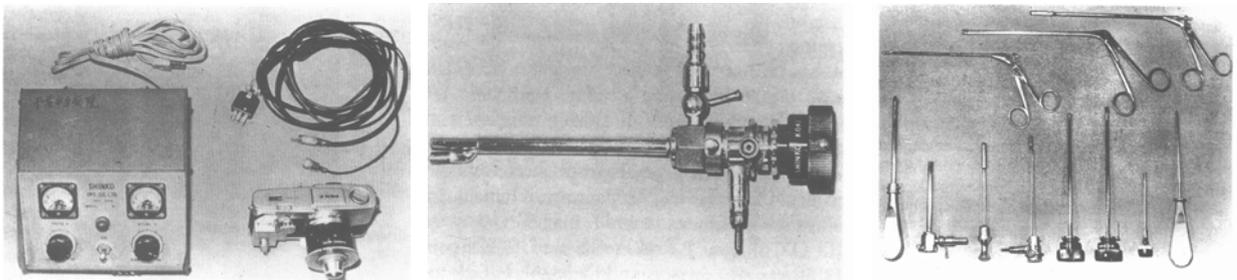


Abb. 8: Arthroskop Nr. 21 nach Watanabe, links: Lichtgerät + Photodokumentation, mitte: Arthroskopenschaft, rechts: Instrumente, aus Hempfling, Farbatlas der Arthroskopie großer Gelenke.

Mit der Entwicklung von Arthroskop Nr. 21 im Jahre 1961 leitete Watanabe eine zweite Periode der Arthroskopie ein (29).

Watanabe hatte mit diesem Gerät bereits über 600 Untersuchungen durchgeführt. Es war in der Lage gute fotografische Aufnahmen und sogar Filmaufnahmen aus dem Kniegelenk zu liefern. Erste Filmaufnahmen aus dem

Kniegelenk präsentierte Watanabe 1964 auf dem Gelenksymposium der amerikanischen und japanischen Gesellschaft für Orthopädie. Dieser 16 - mm - Film zeigt unter anderem die erste arthroskopisch durchgeführte Meniskuslappenresektion. Die Reaktionen waren durchweg ablehnend, da die Risiken der Gelenkspiegelung noch immer nicht genau abgeschätzt werden konnten, die zur Verfügung stehenden Geräte störungsanfällig, Arthrographien einfacher und die diagnostischen Aussagen ebenso gut waren (29).

Der Durchbruch gelang der Arthroskopie mit der Aussicht unter arthroskopischer Sicht operative Eingriffe vornehmen zu können. So konnte Ikeuchi 1969 die erste totale Außenmeniskusresektion unter arthroskopischen Bedingungen vornehmen. Dieser Eingriff dauerte noch über drei Stunden (29). Ein weiterer wichtiger Schritt in Richtung der modernen Arthroskopietechnik gelang O'Connor 1970.



Abb. 9: R. O'Connor, aus Hempfling, Farbatlas der Arthroskopie großer Gelenke

Er entwickelte ein Arthroskop mit Stablinsenoptik, so daß das Licht über ein Fiberglaslichtkabel in das Gelenk geführt werden konnte. Hierdurch war das Gerät wesentlich handlicher, leichter im Gelenk zu führen und zudem die Lichtausbeute erheblich größer (29).

1974 wurde schließlich in Philadelphia die „International Arthroscopy Association“ gegründet, der 1983 in Zürich die „Deutschsprachige Arbeitsgemeinschaft für Arthroskopie“ folgte. Mittlerweile werden in den

Vereinigten Staaten pro Jahr über 500 000 arthroskopische Eingriffe durchgeführt, die Tendenz ist steigend.

### **1.3. Die Arthroskope**

Die historische Betrachtung der Arthroskopie und deren letzlicher Erfolg sind eng mit der technischen Weiterentwicklung der Arthroskope verknüpft, da die Probleme, die es zu lösen galt zunächst rein technischer Natur waren. Die ersten Geräte, die zur Verfügung standen, waren umgebaute Laparoskope, Zystoskope oder Thorakoskope. Prinzipiell war es möglich mit ihrer Hilfe einen Gelenkraum auszuleuchten, doch waren sie unhandlich und ermöglichten nur eine mangelhafte Übersicht.

Um bestmögliche Ergebnisse zu erzielen, müssen sehr strenge Richtlinien an die Qualität eines Arthroskops formuliert werden (29):

- Möglichst kleines Kaliber
- Optik, die einen seitlichen und einen geraden Ausblick ermöglicht
- Verriegelung zwischen Endoskop und Trokarhülse
- Möglichkeit der Einbringung von Spülflüssigkeit
- Möglichkeit der Lufteinblasung bei ins Gelenk eingebrachtem Instrument
- Möglichst helles Licht ohne Überwärmung der Lichtquelle
- Möglichkeit fotografischer Aufnahmen oder Videoaufzeichnungen
- Stabile Konstruktion

Eines der ersten Geräte, welches diese Kriterien erfüllte war das, noch vor dem zweiten Weltkrieg entwickelte Arthroskop Nummer 12 von Takagi. Es vereinigte Optik, Lampe, flexible Biopsiezange und Elektrokauter in einer Hülse mit einem Außendurchmesser von nur 4 mm, war jedoch extrem zerbrechlich (29).

Der gravierendste Nachteil dieser Gerätegeneration war allerdings die Unmöglichkeit der Anfertigung von Farbphotographien. Deshalb zeigte sich sehr schnell, daß die Zukunft der Arthroskopie von der Möglichkeit der glaubhaften, objektiven Dokumentation der Untersuchungsergebnisse abhängen wird. 1960 entwickelte Watanabe das erste Arthroskop mit dem auch Farbphotos möglich waren, das Arthroskop Nummer 21 (siehe Abb. 8). Es verfügte über eine Wolframglühfadenlampe, Teleskopgeradeausoptik mit 100° Blickwinkel, Optikdurchmesser 4,9 mm und Trokarschaft 5,9 mm Durchmesser und war in der Lage durch Überspannung mit Ektachromfilmen ASA 125 ein Farbbild mit einer Belichtungszeit von  $\frac{1}{30}$  Sekunde herzustellen. Es war zugleich das letzte Gerät der ersten Generation. Aufgrund des relativ großen Außendurchmessers, der dadurch eingeschränkten Bewegungsmöglichkeit im Gelenk und der Geradeausoptik war das Gerät ungeeignet zur Beurteilung aller Gelenkbinnenstrukturen. So konnten z.B. am Kniegelenk weder das Innenmeniskushinterhorn noch das hintere Kreuzband dargestellt werden (29).

Die Technik der Arthroscopie und Endoskopie wurde durch die Entdeckung der Lichtleitung durch Quarzstäbe durch Fourestier im Jahre 1952 revolutioniert. Die Wolframglühbirne an der Spitze des Arthroscops wurde durch eine externe Lichtquelle abgelöst, den sogenannten Kaltlichtprojektor (29).

Basierend auf diesen Erkenntnissen wurde 1969 in Deutschland von Wruhs und Ohnsorge das Wolf'sche Arthroskop entwickelt.

Die vorerst letzte elementare Verfeinerung erfuhr das Arthroskop durch die Entwicklung der Stablinientechnik nach Hopkins. Durch die Veränderung des Verhältnisses von Luft zu Gas und der zylindrischen Linsenform erhält man reflexionsärmere Bilder bei erweitertem Gesichtsfeld und erhöhter Lichtintensität (29).

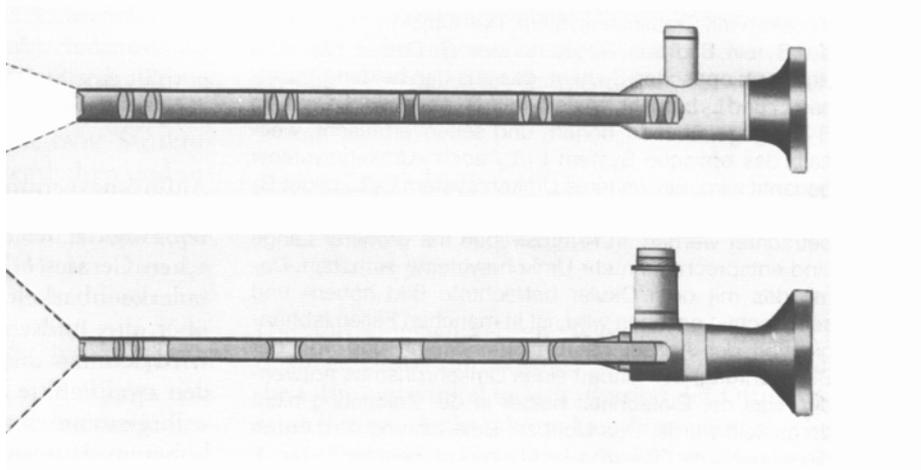


Abb. 10: oben: traditionelles optisches System mit einer Anordnung hintereinander aufgereihter Linsen, die großen Zwischenräume sind mit Luft gefüllt; unten: im Gegensatz dazu Aufbau des Stabliniensystems nach Hopkins; aus Hempfling, Farbatlas der Arthroskopie großer Gelenke

In den folgenden Jahren konnte des weiteren die Streustrahlung reduziert, die Farbqualität und das Auflösungsvermögen erhöht und der Gerätedurchmesser, bei gleichbleibender oder sogar verbesserter Bildqualität, noch verringert werden, was aus didaktischen und dokumentarischen Gründen von entscheidender Bedeutung ist.

#### **1.4. Aufbau eines Arthroskops**

Der Aufbau eines heute gebräuchlichen Arthroskops ist mit Ausnahme weniger technischer Varianten gleich.

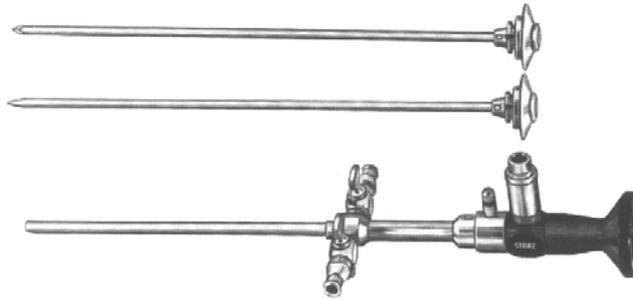


Abb. 11: Beispiel für ein gängiges Arthroskop, anhand dieses Rundarthroskops der Firma Karl Storz, Tuttlingen

Der Arthroskopschaft ist mit einem oder zwei Hähnen ausgestattet, die es erlauben Gas oder Flüssigkeit in das Gelenk einzubringen oder auch abzusaugen. Zur Penetration des Gelenkweichteilmantels stehen immer ein stumpfer und ein scharfer Obturator (Trokar) zur Verfügung.

Unter dem „optischen System“ versteht man das in den Arthroskopschaft einzuführende Endoskop in Verbindung mit der sogenannten Kaltlichtbeleuchtung. Die Optik eines Arthroskops trägt an der Spitze ein kleines Objektiv, an der gegenüberliegenden Seite ein Okular und dazwischengeschaltet ein optisches Bildübertragungssystem. Die Lichtübertragung wird mittels eingebauter Glasfasern sichergestellt. Das Bildübertragungssystem besteht bei starren Endoskopen aus einer Linsenoptik, bei flexiblen Endoskopen aus einem speziellen Glasfaserbündel. Die praktische Anwendung hat gezeigt, daß starre Endoskope in der Arthroskopie den flexiblen überlegen sind, da oftmals wegen der kräftigen Strukturen eines Gelenkes flexible Endoskope unbrauchbar sind. Zudem verfügen sie über ein geringeres Auflösungsvermögen. Durchgesetzt hat sich ebenso wegen seiner höheren Auflösung, der gesteigerten Bildhelligkeit bei gleichzeitig vergrößertem Öffnungswinkel das Stablinsensystem nach Hopkins, gegenüber den traditionellen hintereinander geschalteten Linsen. Die gängigen Optiken verfügen über einen Blickwinkel von  $0^\circ - 120^\circ$  ( Der Blickwinkel ist definiert als

die Richtung des Zentralstrahls des Öffnungswinkels, wobei die Richtung der optischen Achse mit  $0^\circ$  festgesetzt wird ) (29).

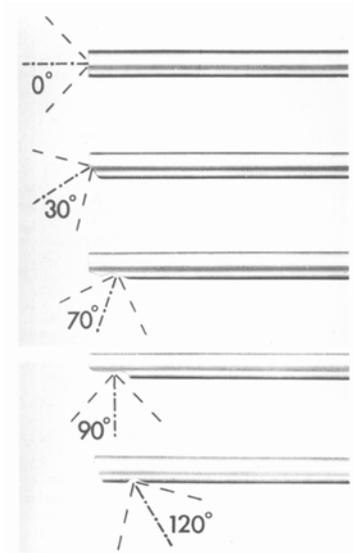


Abb. 12: Möglichkeiten der Blickwinkel, aus Hempfling, Farbatlas der Arthroskopie großer Gelenke

Die Fiberglas-Lichtleitung setzt sich zusammen aus einem Bündel von Glasfasern, von denen jedes einzelne dünner ist als ein menschliches Haar. Diese Glasfasern wiederum bestehen aus zwei verschiedenen Glassorten, dem Kernglas und dem Mantelglas. So entsteht zwischen diesen beiden Glassorten eine Reflexionsfläche. Fällt Licht unter einem bestimmten Winkel in die Glasfasern ein, so wird es an der Grenzfläche zwischen Kern- und Mantelglas komplett reflektiert und kann die Faser erst wieder an deren Ende verlassen (29). Mittels dieser Technik erreicht man eine optimale Ausnutzung des abgestrahlten Lichts bei ausgezeichneter Ausleuchtung des Gelenkes.

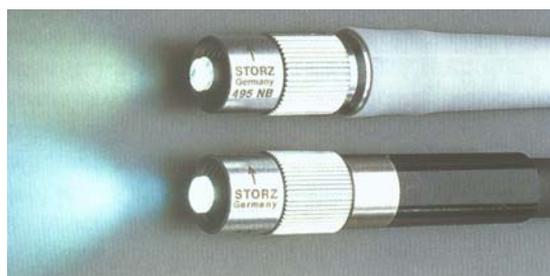


Abb. 13: Fiberglas-Lichtkabel, unten: intakt; oben: Faserbruch; aus Hempfling, Farbatlas der Arthroskopie großer Gelenke

Das Einbringen des Arthroskopschafts in ein Gelenk erfolgt mittels eines spitzen oder stumpfen Obturators (Trokar), der als Führung und zur Perforation dient. Auch der Trokar muß bestimmte Bedingungen erfüllen. Er muß über ein Verriegelungssystem verfügen, durch das Optik und Hülse gesichert werden, um einen Flüssigkeits- oder Gasaustritt zu vermeiden. Der Obturator darf zudem an seiner Spitze nicht zu scharf gearbeitet sein, da sonst die Gefahr von Knorpelverletzungen zu hoch wäre. Er sollte den Arthroskopschaft nicht zu weit überragen, da anderenfalls, besonders in kleinen Gelenken mit dünnem Weichteilmantel, ein Abgleiten des Arthroskops begünstigt würde. Darüber hinaus sollte so präzise wie möglich mit der Hülse abschließen, so daß keine Stufenbildung erfolgt.

### **1.5. Die Arthroskopie kleinerer Gelenke**

Noch im Jahre 1921 postulierte E. Bircher aufgrund seiner an Leichen gewonnenen Erfahrungen, daß die Arthroskopie ein Verfahren sei, welches nur am Kniegelenk möglich wäre. Seine Prophezeiung sollte tatsächlich für fast 50 Jahre Gültigkeit haben, denn bis in die siebziger Jahre spielte die Arthroskopie anderer, und im speziellen auch kleinerer Gelenke, keine Rolle. Die Ursachen hierfür sind zum einen rein technischer Natur, d.h. die damals gängigen Geräte waren zu groß und zu unhandlich um kleinere Gelenke untersuchen zu können. Zum anderen kann die Indikation zur Arthroskopie von kleinen Gelenken oder Gelenken der oberen Extremität wesentlich seltener gestellt werden.

Erst die Entwicklung der sogenannten „Needlescope“ Anfang der siebziger Jahre, die einen Außendurchmesser von rund zwei Millimetern aufwies, ermöglichten die Untersuchungen kleinerer Gelenke. So wurde im Jahre 1972 von Chen die erste arthroskopische Inspektion des Trapeziometacarpalgelenks des Daumens beschrieben. Bei fehlenden therapeutischen Möglichkeiten, blieb es jedoch bei diesem Versuch (29). Dem folgte 1996 Jay Menon mit einer Untersuchung zur arthroskopischen Behandlung der Arthritis des Trapeziometacarpalgelenkes des Daumens (52).

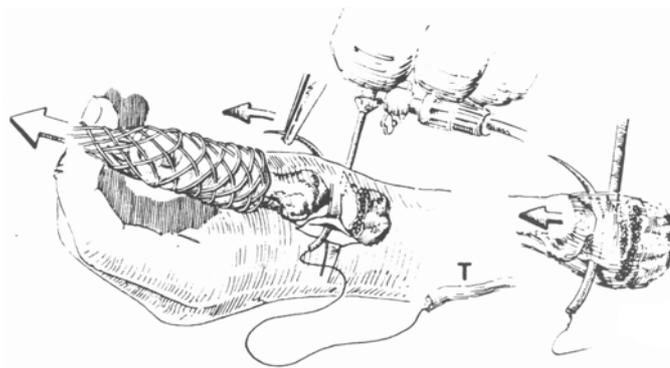


Abb. 14: Versuchsanordnung nach Menon, Nadel im dorsalen Zugang mit angeschlungener Sehne, Arthroskop im volaren Zugang, aus Menon J., Arthroscopic management of trapeziometacarpal joint arthritis of the thumb (52).

Menon lagert den Arm des Patienten im rechten Winkel zum Körper und legt eine Blutsperrre mittels eines Drucks von 250 mmHg an. Ein Mädchenfänger mit einer Traktionskraft von 5 Pfund wird installiert. Anschließend beschreibt er das Ertasten des Gelenkspaltes unter ständigem Bewegen des Daumens und die Punktion des Gelenks mit Instillation von 5 ml Kochsalzlösung. Menon propagiert 2 Zugangswege zum Trapeziometacarpalgelenk, wobei der erste radial der Sehne des M. abductor pollicis longus (volarer Zugang) und der zweite ulnar der Sehne des M. abductor pollicis longus (dorsaler Zugang) auf Höhe des Gelenkspaltes liegt. Zur Inspektion des Gelenkes benutzt er ein 2,7 mm Arthroskop. Hypertrophisches Synovialgewebe wird mittels eines „synovial resector“ zur besseren Gelenkübersicht entfernt. Auf die Bewertung der von

Menon propagierten Methode im Vergleich zu der in dieser Arbeit vorgestellten wird später eingegangen werden (52).

## **1.6. Anatomische Grundlagen**

Der Daumen repräsentiert das zentrale Element der Funktion der Hand. Erst sein großer Bewegungsumfang, der Flexion/Extension, Ab- & Adduktion sowie axiale Rotation umfaßt, macht die, allein dem Menschen vorbehaltene Opponierbarkeit, d.h. die Gegenüberstellung von Fingern möglich. Das außergewöhnliche Bewegungsausmaß wird in erster Linie durch die *Articulatio carpometacarpale pollicis* sichergestellt, deren Gelenkflächen in verschiedenen Achsen aufeinandergleiten können, was allerdings durch eine Instabilisierung des Gelenkes erkaufte werden muß (1, 35).

Aufgrund dieser Wichtigkeit für die regelrechte Funktion der Hand, welche einheitlich mit 50-60% beziffert wird, war der Daumen in Vergangenheit und ist in der Gegenwart häufig Gegenstand von anatomischen und klinischen Untersuchungen (27).

Diese Beweglichkeit des Daumens in Verbindung mit seiner kraftvollen muskulären Ausstattung ermöglicht der Hand als funktionelle Einheit sehr feine, darüber hinaus aber ebenso kräftige Greifbewegungen auszuführen. Der Schlüssel zu diesen Bewegungen liegt in der einzigartigen anatomischen Struktur des Trapeziometacarpalgelenkes, welches zwei ineinandergreifenden Ringen ähnelt; eine Konstruktion die das Sattelgelenk des Daumens zum funktionellen Kugelgelenk werden läßt (10).

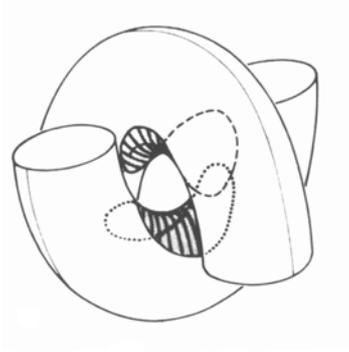


Abb. 15: Geometrische Darstellung der Konfiguration der Trapeziometacarpalgelenks des Daumens, aus Buck-Gramcko, Daumensattelgelenksarthrose

Unabdingbar für das Verstehen der physiologischen und pathologischen Vorgänge sind eine exakte Dokumentation in Verbindung mit einer einheitlichen Terminologie. So wird das Trapezium als Startpunkt aller Daumenbewegungen definiert. Eine gebräuchliche und sinnvolle Beschreibung wurde von Cooney entwickelt, der den dritten Mittelhandknochen als Referenzpunkt heranzog (15). Ausgehend von dieser Prämisse kommt das Os trapezium in  $48^\circ$  Flexion,  $38^\circ$  Abduktion und  $80^\circ$  Pronation zu liegen.

Die Bewegungen stellen sich demnach wie folgt dar: Flexion und Extension verlaufen parallel, Ab- und Adduktion lotrecht zur Ebene der Handfläche; des weiteren sind eine Pro- und Supinationskomponente bei der Opposition zu beobachten, wobei die wirkliche Oppositionsbewegung erst aus der Synthese von Flexion, Abduktion & Pronation resultiert (10).

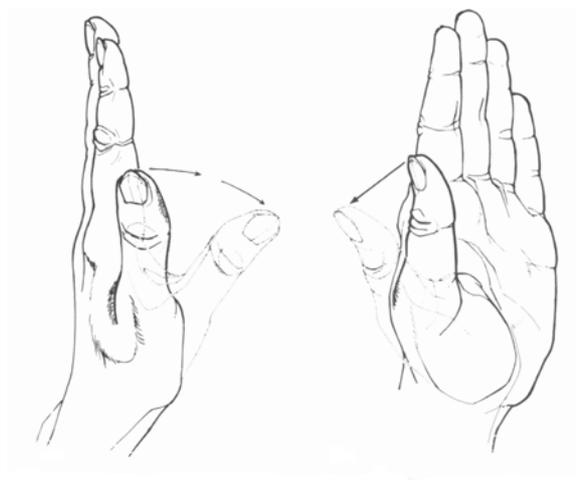


Abb. 16: Daumenbewegungen, aus Buck-Gramcko, Daumensattelgelenksarthrose

## **1.7. Allgemeine Anatomie der Hand und des Daumens**

### **1.7.1. Die Haut und das Subkutangewebe**

Der Daumen nimmt unter den Fingern der Hand eine Sonderstellung ein, da seine Bewegungen weitestgehend unabhängig von denen der übrigen Finger sind. Die Opponierbarkeit des Daumens ist Voraussetzung für die differenzierten Greifbewegungen der Hand (27).

Der Daumen wird durch 2 quere palmare Beugefurchen gegen den Handteller hin abgegrenzt, von denen die proximale als Metacarpophalangealfurche bezeichnet wird. Über dem Grundglied palmar finden sich reichlich Stauchungsfurchen und lediglich ab der dem Handteller zugewandten Seite weist die Haut einige Papillarleisten auf. Im Gegensatz dazu ist die Daumenbeere mit einem stark ausgeprägten Leistenmuster ausgestattet, welches speziell für die Funktion beim Festhalten von Gegenständen ausgerichtet ist. Darüber hinaus existieren noch eine Reihe von zum Teil akzessorischen Furchen und Linienzügen, welche alle schon in der Fetalzeit unabhängig von der Hand oder des Daumens entstehen (65).

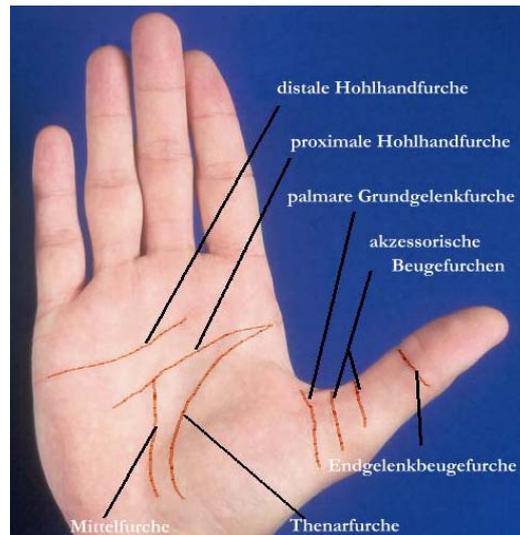


Abb. 17: Die Beugefurchen der menschlichen Hand (Beugefurchen farbig hervorgehoben)

Die Haut an der Dorsalseite des Daumens geht unmittelbar aus der Felderhaut des Handrückens hervor und trägt nach proximal hin noch einige Terminalhaare. Sie ist relativ dünn, gut verschieblich und wirft in Extensionsstellung über den Interphalangealgelenken einige Stauchungsfalten auf. Die sogenannten „winkle lines“, welche zirkuläre von radial nach ulnar um die Extensorenseite des Daumens laufen, entstehen durch die restlichen Falten und Furchen in Verbindung mit den Stauchungsfurchen (65).



Abb. 18: Die Haut der Dorsalseite des Daumens

Die Haut selbst wird über kutane Bänder an tiefere Gewebsschichten gefesselt. Palmar orientiert, vor allem proximal des interphalangealen Gelenkes zwischen

der Sehnenscheide des M. flexor pollicis longus und der seitlichen Haut, sind die sogenannten Grayson'schen Faserzüge ausgespannt. Die Cleland'sche Bänder hingegen lösen sich aus der Sehnenscheide nahe dem Knochenansatz um nach schräg distal zu ziehen und an der radialen und ulnaren Seite des Daumens in die Haut einzustrahlen (65, 54). Die Hauptaufgabe dieser Strukturen ist ein übermäßiges Aufwerfen der Haut bei Bewegungen des Daumens oder dem Ergreifen von Gegenständen zu verhindern. Des weiteren schränken sie die Leitungsbahnen in ihrer Beweglichkeit ein (65).

Es existieren zudem noch peritendinöse, kutane Fasern dorsal der Interphalangealgelenke-, welche die Haut mit der Strecksehne verbinden und so ihre Beweglichkeit einschränken.

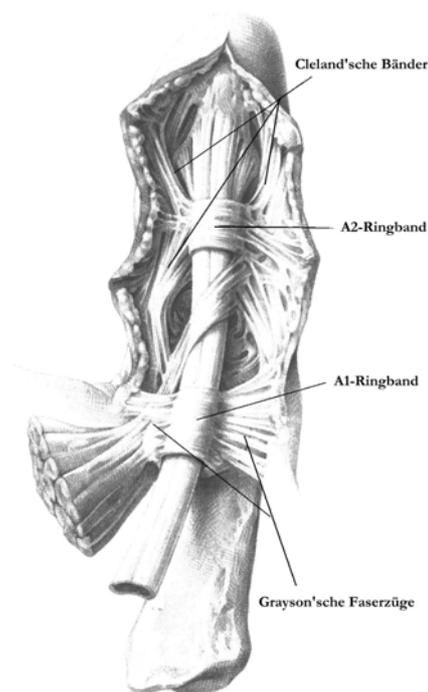


Abb. 19: Hautbänder und Verstärkungen der Sehnenscheiden am Daumen (aus Schmidt/Lanz, Chirurgische Anatomie der Hand)

## **1.7.2. Die Muskulatur des Daumens**

Die Eigenständigkeit des Daumens im Vergleich zu den übrigen Fingern wird durch seine muskuläre Ausstattung unterstrichen. Er wird von insgesamt neun Muskeln bewegt, was ca. 37 % der Gesamtzahl der Muskeln der Hand entspricht (23, 54).

Man unterscheidet am ersten Strahl der Hand lange und kurze Daumenmuskeln, wobei die langen am Unterarm und die kurzen am Thenar entspringen. Hierdurch wird zum einen eine ausgezeichnete muskuläre Führung erreicht, so daß jedes Gelenk für sich alleine oder mit anderen im Verbund bewegt werden kann, zum anderen erzeugt dieser Muskelmantel eine Stabilisierung der Daumengelenke. Der Bewegungsumfang dieser Gelenke nimmt dabei von distal (distales Interphalangealgelenk) nach proximal hin (Trapeziometacarpalgelenk) zu (65).

### **1.7.2.1. Lange Daumenmuskeln**

Der *Musculus flexor pollicis longus* ist nur bei höheren Säugetieren vollständig vom *Musculus flexor digitorum profundus* getrennt und somit ein eigenständiger Muskel (65).

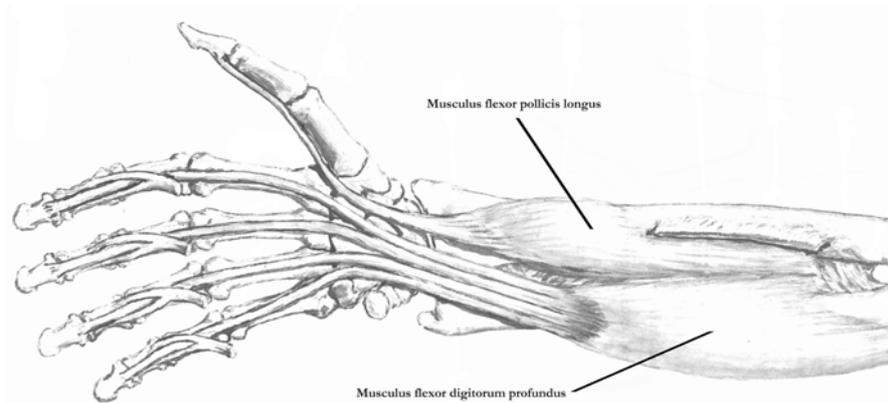


Abb. 20: Der Musculus flexor pollicis longus

Die zwischen diesen beiden Muskeln entstehende Rinne wird von den Vasa interossea und dem Ramus interosseus anterior nervus mediani durchlaufen. Der lange Daumenbeuger entspringt an der Radiusvorderfläche distal des Ansatzes des M. supinator und dem angrenzenden Teil der Membrana interossea. Sein Ursprungsgebiet kann sich bis zur Tuberositas radii hin ausdehnen, in ca. 40 % der Fälle sind Ursprungsbündel vom Epicondylus medialis humeri oder vom Processus coronoideus ulnae nachzuweisen (47). In seinen proximalen Anteilen wird er teilweise vom Caput radiale des M. flexor digitorum superficialis bedeckt. Die Sehne des M. flexor pollicis longus verläuft in einer eigenen Sehnenscheide durch den Canalis carpi und gelangt zwischen oberflächlichem und tiefem Kopf des M. flexor brevis zu seiner Insertionstelle an der Endphalanx des Daumens. Er wird vom N. interosseus ant. n. medianus versorgt (C<sub>6</sub>-C<sub>8</sub>). Er beugt die End- und Grundphalanx des Daumens und unterstützt die radiale Abduktion im Handgelenk (48).

Der Musculus abductor pollicis longus gehört gemeinsam mit den beiden Daumenextensoren zur tiefen Schicht der dorsalen Muskeln. Sein Ursprungsfeld breitet sich von der dorsalen Fläche der Ulna über die Membrana interossea bis hin zur dorsalen Fläche des Radius aus. Er inseriert an der Basis des Os metacarpale I, in selteneren Fällen auch am Os trapezium. Die Sehne des langen Daumenabziehers kann gemeinsam mit der des M. extensor pollicis brevis oder auch getrennt von dieser durch das erste Sehnensfach

hindurchziehen. Nicht selten ist diese Loge eingengt; in diesem Fall spricht man von der Tendovaginitis stenosa de Quervain (65). Der M. abductor pollicis longus wird vom Ramus profundus des Nervus radialis (C<sub>7</sub>-C<sub>8</sub>) versorgt. Seine Sehne liegt so weit volar, daß der Muskel zum Beuger in den Handgelenken wird. Infolge seiner randständigen Lokalisation unterstützt er die Radialabduktion der Hand. Wichtig ist darüber hinaus seine unterstützende Wirkung bei der Oppositionsbewegung, da er den Daumen im Trapeziometacarpalgelenk abduziert und streckt (48, 65).

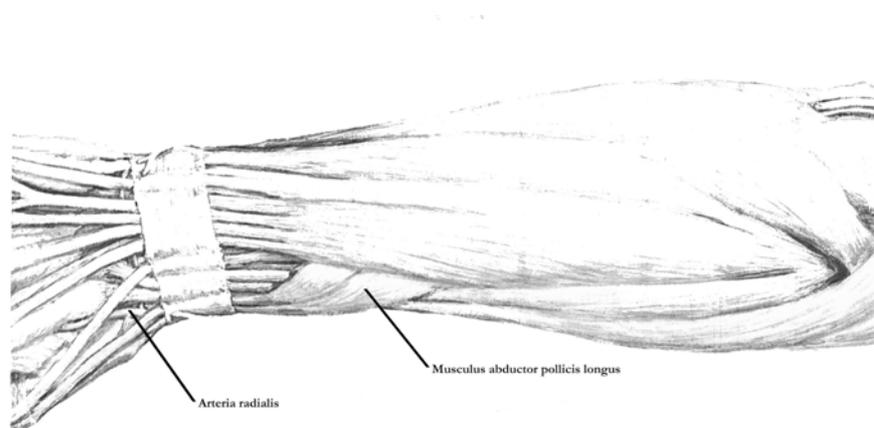


Abb. 21: Der Musculus abductor pollicis longus

Der Ursprung des kurzen Daumenstreckers liegt distal des Ursprungs des M. abductor pollicis longus an der Facies posterior der Ulna, der Membrana interossea und der Facies posterior des Radius (46). Er kommt zwischen den Mm. abductor pollicis longus und extensor pollicis longus auf der Membrana interossea zu liegen und überkreuzt in seinem Verlauf, gemeinsam mit dem M. abductor pollicis longus die Sehnen der Mm. extensores pollicis longus et brevis. Seine Ansatzsehne zieht durch das erste Sehnenscheidenfach und inseriert an der Basis der Grundphalanx des Daumens (48).

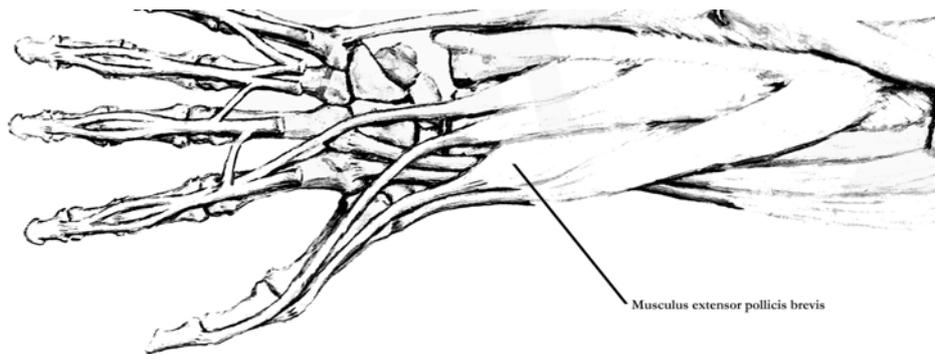


Abb. 22: Der Musculus extensor pollicis brevis

Nicht selten ist eine vollständige Verwachsung des M. extensor pollicis brevis mit dem M. abductor pollicis longus festzustellen, wobei Muskelbauch oder Ansatzsehne verdoppelt sein können. Der kurze Daumenstrecker wird ebenfalls vom Ramus profundus des N. radialis motorisch versorgt (C<sub>6</sub>-C<sub>7</sub>). Er streckt den Daumen im Metacarpophalangealgelenk und unterstützt im Sattelgelenk die Reposition und Abduktion, sowie im Handgelenk die Radialabduktion (48).

Der lange Daumenstrecker entspringt an der Dorsalseite der Membrana interossea antebrachii sowie an der Facies posterior der Ulna und zieht mit seiner Sehne durch das dritte Sehnenfach unter dem Retinaculum extensorum (23).

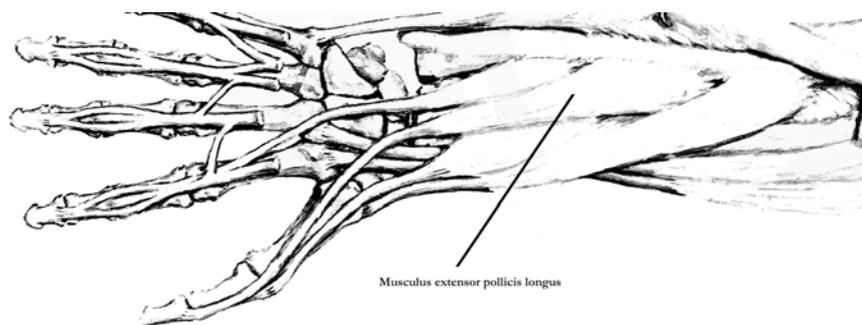


Abb. 23: Der Muskulus extensor pollicis longus

Die Ansatzsehne des M. extensor pollicis longus kreuzt an der dorsalen Seite der Hand in diagonaler Richtung die Sehnen der Mm. extensores carpi radialis

longus et brevis und inseriert an der Basis der Phalanx distalis I. Unter dem Retinaculum extensorum gleitet seine Sehne in einer Rinne an der Rückseite des Radius und legt sich, bevor sie sich in Richtung des Daumens wendet, dem Tuberculum dorsale (= Tuberculum Listeri, 48) an, welches ihr als Hypomochlion dient. Dies ist eine Prädilektionsstelle für druckbedingte Schädigungen der Sehne. In seltenen Fällen ist zu beobachten, daß die Sehne proximal der anderen Strecksehnen aus dem Retinaculum hervortritt (65). An der Hand selbst ist diese Sehne sehr leicht zu identifizieren, da sie die ulnare Begrenzung der sogenannten „Tabatière“ darstellt, eine Vertiefung am Übergang vom Handrücken zum Daumen, an deren radiale Grenze die Sehnen des M. abductor pollicis longus und des M. extensor pollicis brevis verlaufen. Sie ist ein wichtiger anatomischer Orientierungspunkt, da in ihrer Tiefe der Processus styloideus radii, das Os scaphoideum sowie der Puls der Arteria radialis zu tasten ist (47). Die Wirkungen des langen Daumenstreckers sind sehr vielfältig. So streckt er das Daumengrund und –endgelenk, führt am Sattelgelenk Reposition und Abduktion und am Handgelenk zu einer Radialabduktion und Dorsalextension. Da seine wirksame Endstrecke am Tuberculum Listeri beginnt wirkt er als Adduktor des gesamten Daumens und wird somit zum Antagonisten zu den im ersten Sehnenfach verlaufenden Mm. abductor pollicis longus et extensor pollicis brevis. Die Innervation des M. extensor pollicis longus übernimmt der Ramus profundus des Nervus radialis (C<sub>6</sub>-C<sub>7</sub>) (47).

#### **1.7.2.2. Kurze Daumenmuskeln – Die Thenarmuskulatur**

Der proportional größere Anteil, gemessen am Gesamtquerschnitt, der Thenarmuskulatur, der M. adductor pollicis sowie der ulnare Kopf des M. flexor pollicis brevis, sind aufgrund ihrer Stärke die wesentlichen Träger des kräftigen

Schlusses der Hand. Im Gegensatz dazu dienen der M. abductor pollicis brevis und der M. opponens in erster Linie als Stellmuskeln.

Der radiale Kopf des M. flexor pollicis brevis hingegen kann als zu beiden Gruppen zugehörig angesehen werden (19).

Die Wölbung des Thenars wird in der Hauptsache von dem direkt unter der Haut liegenden M. abductor pollicis brevis bestimmt (65).

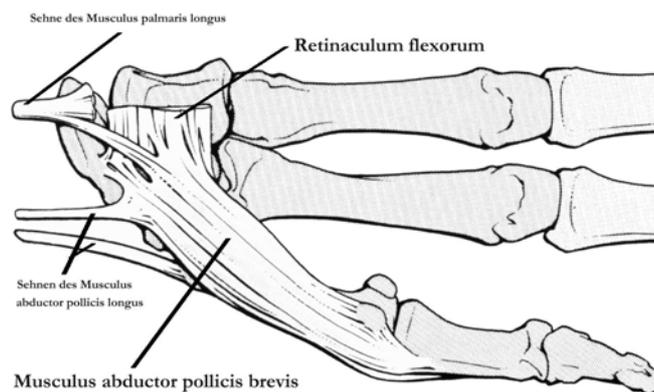


Abb. 24: Der Musculus abductor pollicis brevis

Er nimmt seinen Ursprung am Retinaculum flexorum und an der Tuberositas ossis scaphoidei. Er inseriert über das radiale Sesambein an der Phalanx proximalis I. Er entfaltet seine Wirkung vor allem am Trapeziometakarpalgelenk, an dem er als Abduktor wirkt und zudem wirkungsvoll die Oppositionsbewegung mitträgt. Darüber hinaus unterstützt er am Metacarpophalangealgelenk die Flexion. Der M. abductor pollicis brevis wird vom Nervus medianus innerviert (C<sub>6</sub>-C<sub>7</sub>) (47).

Der Musculus opponens pollicis ist der tiefste Muskel des Thenars und wird zu seinem größten Teil vom kurzen Daumenabzieher verdeckt, mit dem er gemeinsame Ursprünge an der Tuberositas ossis scaphoidei und am Retinaculum flexorum hat. Des Weiteren ist zu beobachten, dass er nicht selten vom Os trapezium entspringt. Er setzt am gesamten radialen Rand des Os metacarpale I an, wobei er auf die Dorsalseite des Knochens übergreift. Der M. opponens pollicis ist in der Lage den ersten Mittelhandknochen bei der

Opposition um die eigene Achse zu rotieren und leistet damit einen entscheidenden Beitrag zur Ausführung dieser elementaren Bewegung. Darüber hinaus beugt und adduziert er den Daumen. Auch dieser Muskel wird vom N. medianus (C<sub>6</sub>-C<sub>7</sub>) versorgt (47, 23).

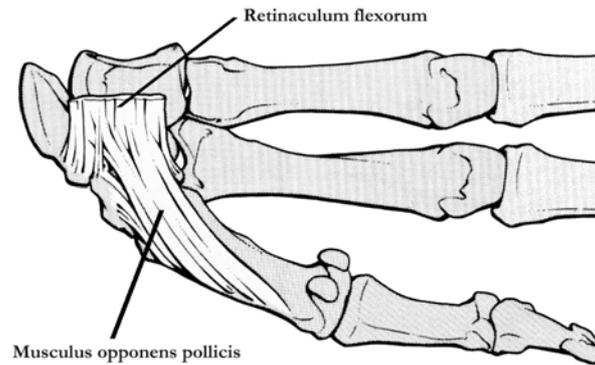


Abb. 25: Der Musculus opponens pollicis

Der Musculus flexor pollicis brevis besitzt zwei Muskelbäuche. Er teilt sich in ein Caput superficiale, welches vom Retinaculum flexorum, und ein Caput profundum, das vom Os trapezium, Os trapezoideum, Os capitatum und Os metacarpale I entspringt, auf.

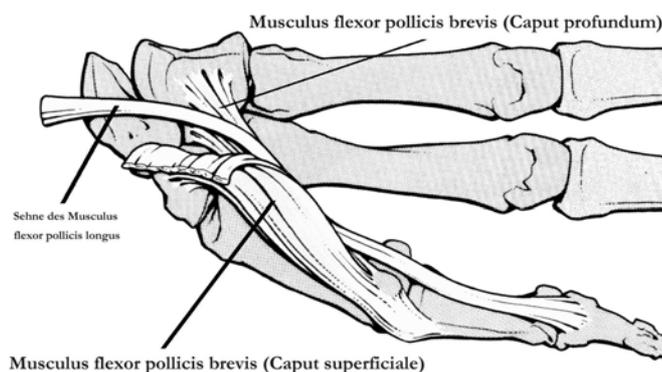


Abb. 26: Der Musculus flexor pollicis brevis

Der Muskel setzt über das mehr radial gelegene Sesambein an der Phalanx proximalis I an. Zwischen diesen beiden Muskelbäuchen verläuft die Sehne des M. flexor pollicis longus. Die Innervation des kurzen Daumenbeugers ist sehr

variabel (siehe unten). Den gängigen Anatomieatlanten ist zu entnehmen, daß das Caput superficiale vom Nervus medianus und das Caput profundum vom Ramus profundus des Nervus ulnaris (C<sub>7</sub>-Th<sub>1</sub>) versorgt wird, wobei dieses Muster in seiner Reinform nicht die häufigste Variante ist (siehe unten). Der M. flexor pollicis brevis adduziert und opponiert das Trapeziometacarpal- und flexiert das Metacarpophalangealgelenk (23, 48, 69).

Der kräftigste Muskel des Thenars ist der Musculus adductor pollicis. Sein distaler Rand ist in der Hautfalte zwischen Daumen und Zeigefinger vor dem Rand des M. interosseus dorsalis I bei der Adduktion gegen Widerstand zu tasten. Er wird von der Thenarfaszie eingeschlossen. Auch er verfügt über zwei Muskelbäuche, das Caput obliquum und das Caput transversum (65).

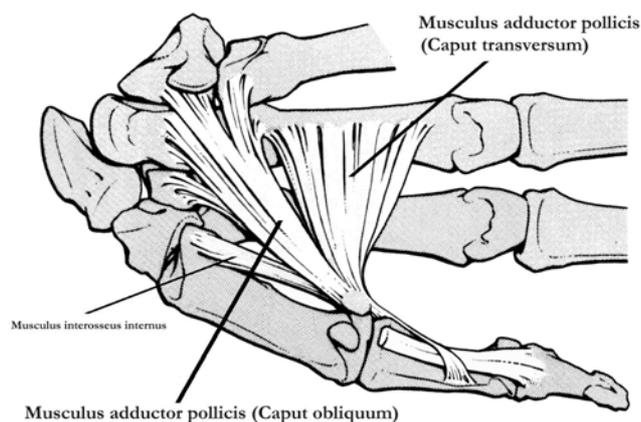


Abb. 27: Der Musculus adductor pollicis

Zwischen diesen beiden Anteilen verlaufen der Arcus palmaris profundus und der Ramus profundus des N. ulnaris. Das Caput obliquum entspringt an den Basen der Ossa metacarpalia II und III sowie am Os capitatum, das Caput transversum an der Diaphyse des Os metacarpale III. Der M. adductor pollicis setzt über das mehr ulnar gelegene Sesambein an der Phalanx proximalis I sowie an der Gelenkkapsel der Articulatio metacarpophalangea pollicis an. Der Muskel adduziert den Daumen im Sattelgelenk und unterstützt die Oppositionsbewegung. Im Daumengrundgelenk wirkt er als Beuger. Er wird vollständig vom Ramus profundus des N. ulnaris (C<sub>8</sub>-Th<sub>1</sub>) versorgt (47, 48).

Im Folgenden ist ein Teil der Thenarmuskulatur anhand eines aufgearbeiteten Frischpräparates dargestellt.

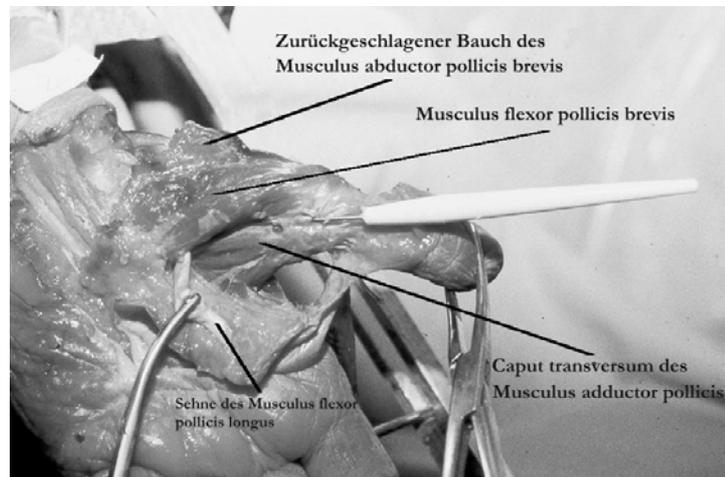


Abb. 28: Handpräparation der Thenarmuskulatur

### 1.7.3. Faszien und Sehnenscheiden der Hand und des Daumens

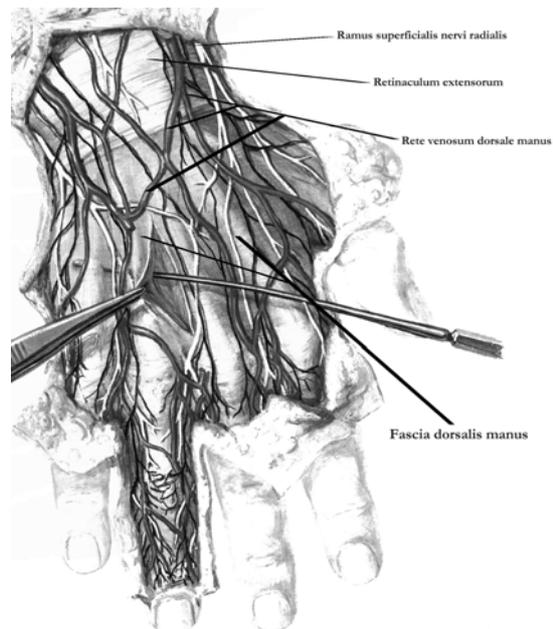


Abb. 29: Die Fascia dorsalis manus (Sonde zwischen Fascia dorsalis manus und den Musculi interossei dorsales)

Die Fascia dorsalis manus bedeckt den Handrücken. Sie setzt sich aus der oberflächlichen Lamina superficialis, welche aus der Fascia antebrachii hervorgeht und radial sowie ulnar mit der Fascia palmaris in Verbindung steht, und der Lamina profunda, die die Dorsalflächen der Mm. interossei dorsales und der Ossa metacarpalia bedeckt, zusammen. Über der Handwurzel nimmt die Faszie eine bandartige Struktur an und bildet gemeinsam mit der Fascia antebrachii das Retinaculum extensorum. Es verstärkt das Stratum fibrosum der Sehnenscheiden in denen die Strecksehnen durch die osteofibrösen Kanäle (Sehnenfächer) zu den Fingern ziehen (65).

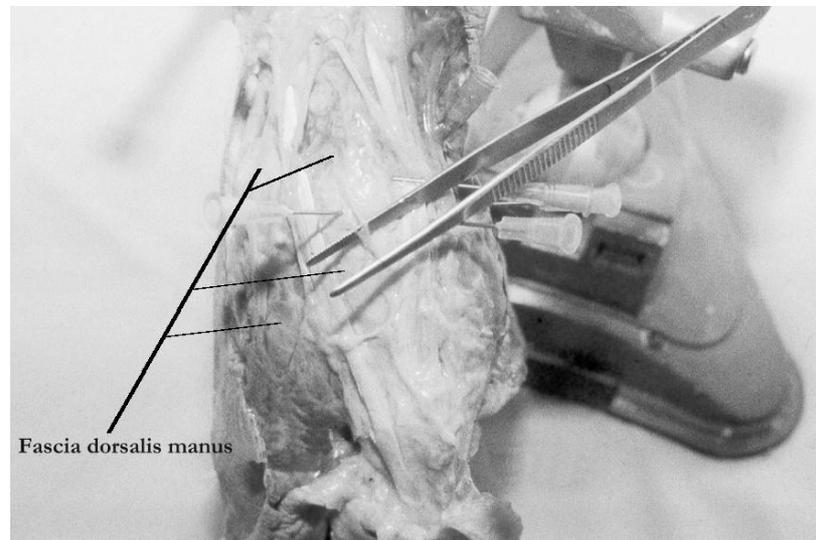


Abb. 30: Die Fascia dorsalis manus im Handpräparat (Kanülen in den Zugangsportalen zum Daumensattelgelenk; Pinzette markiert einen oberflächlichen Ast des Nervus radialis)

Die unter dem Retinaculum extensorum verlaufenden Sehnen des Handrückens werden von Sehnenscheiden umhüllt, welche etwa fünf Millimeter proximal des Retinaculums beginnen und unterschiedlich weit nach distal reichen.

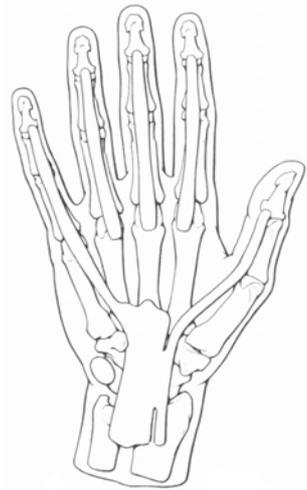


Abb. 31: Muster der Sehnenscheiden der menschlichen Hand, Ansicht von palmar (häufigste Verteilung, ca. 70%)

Am längsten sind die Sehnenscheiden des M. extensor digiti minimi und des M. flexor pollicis brevis, die sich bis in den distalen Bereich der Mittelhandknochen erstrecken. Jedoch unterliegen diese Sehnenscheiden einer großen Variationsbreite, weshalb keine exakte anatomische Beschreibung dieser Strukturen möglich ist. Die obige Skizze zeigt ein Muster, welches in ca. 70% der Fälle anzutreffen ist (65).

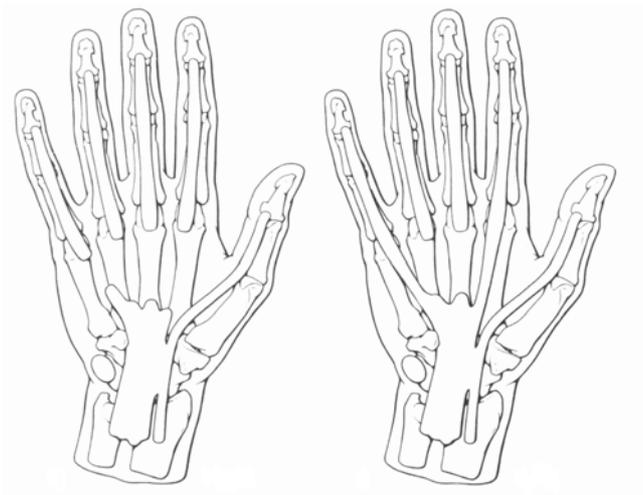


Abb. 32: Variationsmuster der Sehnenscheiden der menschlichen Hand, Ansicht von palmar (rechts ca. 17%, links ca. 3%)

Abbildung 32 zeigt im Gegensatz dazu zwei andere Variationsmuster, welche sich entscheidend in ihrem Kommunikationsverhalten abweichend verhalten.

Im ersten Sehnenfach werden meist die Sehnen des M. abductor pollicis longus und des M. extensor pollicis brevis von einer gemeinsamen Sehnhenscheide eingefasst. Im zweiten Sehnenfach liegen die Mm. extensores carpi radialis longus et brevis, deren Sehnhenscheide proximal noch vereint ist, sich jedoch distal V-förmig aufteilt (48). Die Sehne des M. extensor pollicis longus zieht durch das dritte Sehnenfach und überkreuzt die Sehnen der Mm. extensor carpi radialis longus et brevis. An dieser Stelle ist nicht selten eine Kommunikation der Sehnhenscheiden zu beobachten (47, 48). Das vierte Sehnenfach beherbergt die Sehnen der Mm. extensor digitorum und extensor indicis, welche in einem großen, gemeinsamen Sehnhenscheidensack liegen. Im fünften Sehnenfach läuft die Sehne des M. extensor digiti minimi. Durch das sechste schließlich zieht der am Os metacarpale V ansetzende M. extensor carpi ulnaris.

Unter pathologischen Bedingungen können sämtliche Sehnhenscheiden mit der Gelenkhöhle des proximalen Handgelenkes kommunizieren (65).

Die Faszien der Palma manus bilden drei Logen für die Muskulatur der Hand und der Finger. Das Thenar besitzt, ebenso wie das Hypothenar, eine eigene, kräftige Faszie, welche an den Ossa metacarpalia befestigt ist und die osteofibrösen Logen für die Muskulatur des Daumenballens bildet. Die Sehnen der langen Fingerflexoren, die Mm. lumbricalis sowie Gefäße und Nerven verlaufen zwischen diesen beiden Logen. Thenar und Hypothenar stellen jeweils durch ihre Faszien nach proximal abgeschlossene Einheiten dar, wogegen der das mittlere Fach bildende Canalis carpi nach proximal mit der Regio antibrachii und nach distal mit den Fingern in Verbindung steht. Aus diesem Grund können sich Infektionen hier deutlich besser ausbreiten.

Im Bereich des Daumenballens ist die Faszie an der Radialseite des Os metacarpale I angeheftet. Sie spannt sich über die Mm. abductor pollicis brevis

und flexor pollicis brevis aus und zieht über den M. adductor pollicis bis zur ulnare Kante des Os metacarpale III. Das Thenarfach liegt somit keilförmig zwischen der tiefen und oberflächlichen Schicht des Hohlhandkanals und wird durch die tiefe Hohlhandfaszie von den Mm. interossei getrennt (65).

Diese drei Faszienkompartimente der Hand sind, abgesehen von Ein- und Austrittsstellen von Gefäßen und Nerven, voneinander getrennt. So bilden sie Kammern, die den auf die Hand übertragenen Druck gleichmäßig verteilen, so daß mechanisch bedingte, örtliche Irritationen oder gar Schädigungen von Muskeln, Nerven oder Gefäßen unter normalen Umständen vermieden werden können (48, 65).

Das folgende Bild zeigt einen Querschnitt durch den Unterarm in Höhe des distalen Radioulnargelenks eines Fetus in der 20. SSW (61). Es soll hier noch einmal die exakte anatomischen Zusammenhänge dieser schwierigen Region verdeutlicht werden.

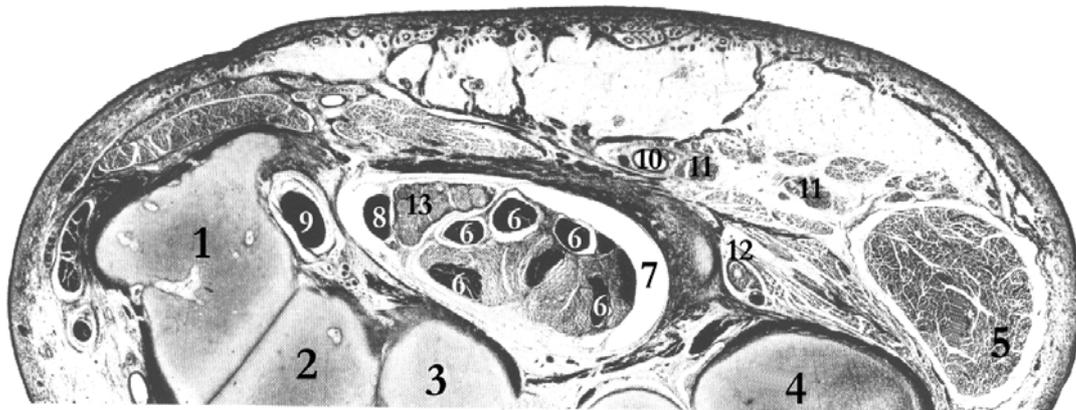


Abb. 33: Querschnitt durch die Hand eines 20 Wochen alten Fetus (10x Vergrößerung)

- |                          |  |
|--------------------------|--|
| 1 = Os trapezium         | 2 = Os trapezoideum                            |
| 3 = Os capitatum         | 4 = Os metacarpale V                           |
| 5 = Hypothenarmuskeln    | 6 = M. flexor digit. superf. und prof. (tendo) |
| 7 = Canalis carpi        | 8 = M. flexor pollicis long                    |
| 9 = M. flexor carpi rad. | 10 = A. ulnaris                                |

11 = Nn. digitalis palm. com.      12 = R. profundus n. ulnaris  
 13 = N. medianus

#### 1.7.4. Die Musculi interossei

Die Spatia interossea an der Hand werden von den Mm. interossei ausgefüllt, welche sich funktionell und anatomisch in drei Mm. interossei palmares und vier Mm. interossei dorsales einteilen lassen. Die palmaren Mm. interossei liegen unmittelbar unter der tiefen Hohlhandfaszie und entspringen an den Ossa metacarpalia, wobei ihr Ansatz jeweils an dem, dem Muskel zugehörigen, Finger liegt. Ihre Sehnen strahlen fächerförmig auseinander und nehmen einen transversalen Verlauf zur dorsalen Fläche der Basis der Grundphalanx. Die Ansatzfasern, die von radial und ulnar kommen, breiten sich, ähnlich einer Aponeurose auf dem Fingerrücken aus; sie werden als Interosseuszügel bezeichnet. Der Rand der Streckaponeurose wird von den distalen, etwas stärkeren Fasern gebildet. Diese ziehen schräg zur Kapsel des Mittelgelenks um durch deren Vermittlung an der mittleren Phalanx anzusetzen. Tiefe Fasern erreichen über die dorsale Fläche der Mittelphalanx die Endphalanx. Die palmaren Mm. Interossei dienen der Flexion und Adduktion in den Fingergrundgelenken sowie der Extension in den proximalen und distalen Interphalangealgelenken (65). Die vier dorsalen Mm. interossei entspringen zweiköpfig von einander zugewandten Seiten zweier Metakarpalknochen. Das Verhalten ihrer Endsehnen entspricht dem ihrer palmaren Gegenspieler. Funktionell betrachtet gruppieren sich die Mm. interossei um eine dorso-palmare Achse, welche durch den Mittelfinger verläuft. Die palmaren Muskeln sind also eher Adduktoren, welche den Zeige-, Ring- und Kleinfinger zum Mittelfinger heranführen. Die dorsalen Muskeln sind im Gegensatz dazu Abduktoren; sie spreizen, gemeinsam mit dem M. abductor pollicis brevis und dem M. abductor digiti minimi, die Finger. Wirken die Mm. interossei palmares

et dorsales gemeinsam, so beugen sie Grund- und strecken gleichzeitig die Mittel- und Endphalangen (46). Unterstützend wirken hierbei die Mm. lumbricales. Die Mm. interossei werden vom Ramus profundus des Nervus ulnaris (C<sub>8</sub>-Th<sub>1</sub>) versorgt. Ein Ausfall dieses Nerven führt zur typischen, sogenannten „Krallenhand“, mit Streckung in den Grund- sowie Beugung in den Mittel- und Endgelenken.

Der M. interosseus dorsalis I zieht vom Os metacarpale I schräg zum Os metacarpale II und zum Teil auch zur Grundphalanx des zweiten Fingers. Proximal findet man ihn nicht selten in unmittelbarer Nähe zum Trapeziometacarpalgelenk des Daumens (65). Direkt proximal dieses Muskels ist das Lig. intermetacarpale dorsale I zu finden, welches zwischen den Basen der ersten beiden Mittelhandknochen ausgespannt ist und dem eine wichtige Stabilisierungsfunktion am Sattelgelenk (siehe unten ) zukommt (37).

#### **1.7.5. Die Arterien der Hand und des Daumens**

Die beiden Unterarmschlagadern teilen sich die arterielle Versorgung der Hand, wobei die A. ulnaris proximal des Hypothenars tastbar ist und für die Versorgung des Daumens kaum eine Rolle spielt. Sie entspringt aus der A. brachialis, verschwindet unter dem M. pronator teres und verläuft zwischen den oberflächlichen und tiefen Flexoren zur ulnaren Seite des Armes, wo sie in Begleitung des N. ulnaris an der radialen Seite des M. flexor carpi ulnaris zur Handwurzel zieht. Hier liegt sie über dem Retinaculum flexorum und unter der Palmaraponeurose und bildet den Arcus palmaris superficialis. Ein wichtiger Ast der A. ulnaris ist der Ramus palmaris profundus, welcher distal vom Os pisiforme die Hypothenarmuskulatur durchbohrt um in der Tiefe mit der A. radialis zu anastomosieren und so den auf den Basen der Ossa metacarpalia liegenden Arcus palmaris profundus zu bilden.

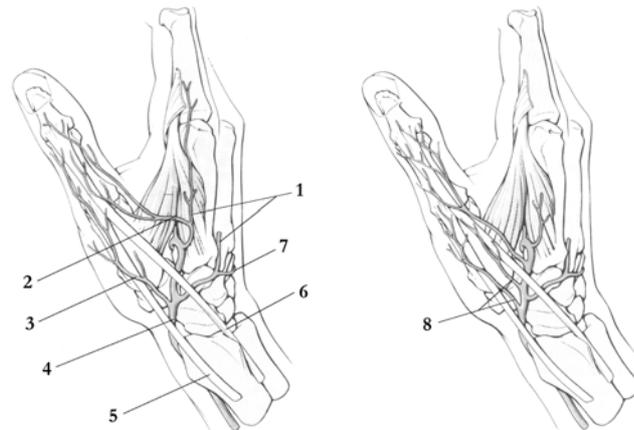


Abb. 34: Variationen der dorsalen Daumenarterien

1 = A. metacarpalis dorsalis I und II

2 = A. ulnodorsalis pollicis

3 = A. radiodorsalis pollicis

4 = A. radialis

5 = Sehne des M. extensor poll. brev.

6 = Sehne des M. extensor poll. long

7 = Ramus carpalis dorsalis

8 = A. radiodorsalis pollicis (gedoppelt)

Dieser wird allerdings hauptsächlich aus der A. radialis und weniger aus der A. ulnaris gespeist (48).

Die A. radialis setzt die Richtung der A. brachialis nach distal fort. Sie folgt hierbei dem Verlauf des Radius. Sie ist im proximalen Drittel des Unterarmes zwischen dem M. brachioradialis und dem M. pronator teres zu finden, weiter distal kommt sie dann zwischen dem M. brachioradialis und dem M. flexor carpi radialis zu liegen. Auf diesem Weg wird sie vom Ramus superficialis des N. radialis begleitet. Im distalen Viertel des Unterarmes ist sie leicht radial der Beugesehnen zu tasten da sie hier relativ oberflächlich liegt.

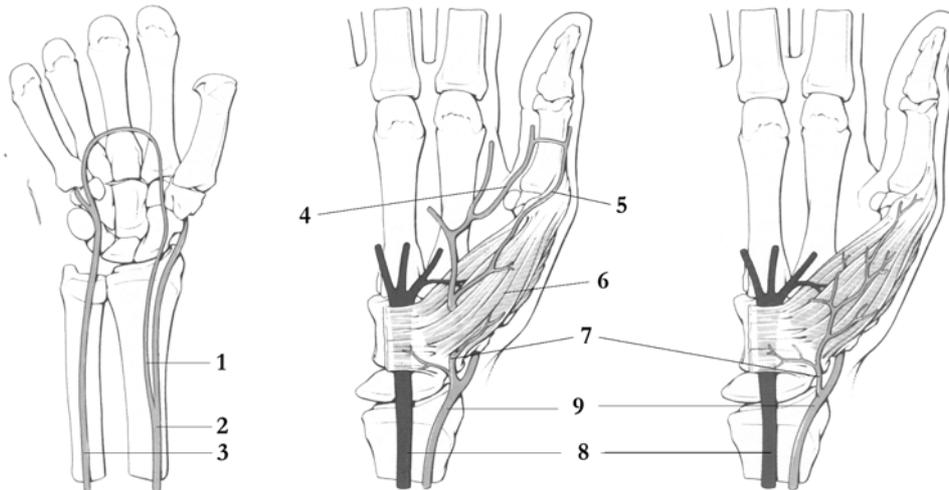


Abb. 35: Variationen des Ramus palmaris superficialis der Arteria radialis

1 = Ramus palmaris superficialis

2 = A. radialis

3 = A. ulnaris

4 = A. ulnopalmaris pollicis

5 = A. radiopalmaris pollicis

6 = M. abductor pollicis brevis

7 = Ramus palmaris superficialis

8 = N. medianus

9 = A. radialis

Auf Höhe der Handwurzel wendet sie sich durch die „Tabatière“ zum Handrücken und dringt zwischen den Basen der Ossa metacarpalia I und II in die Hohlhand ein um mit der A. ulnaris zu anastomisieren (47). Die für den Daumen relevanten Gefäße sind die A. metacarpea dorsalis I, die, im Gegensatz zu den Metakarplagefäßen der übrigen Finger, direkt aus der A. radialis entspringt. Die A. princeps pollicis entsammt ebenfalls aus der A. radialis, verläßt diese kurz nach ihrem Durchtritt durch den M. interosseus dorsalis I und teilt sich in zwei Aa. digitales palmares propriae für die Versorgung des Daumens.

Abgang und Verlauf der dorsalen Arterien für den Daumen unterliegen einer großen Variationsbreite. Meist stammen sie aus der A. metacarpalis dorsalis I, welche ihrerseits einfach, gedoppelt oder gar dreifach angelegt aus der A.

radialis entspringen kann, bevor diese in die Hohlhand absteigt. Häufig anzutreffen sind radiodorsale Daumenarterien, die als Einzel- (55%) oder Doppelgefäße (15%) aus der Tabatière kommend entlang der Sehne des M. abductor pollicis brevis nach distal ziehen. Ulnodorsale Daumenarterien sind entweder Äste der A. metacarpalis dorsalis I (30%), dem dorsalen Ast der A. radialis (30%), der A. princeps pollicis (= A. metacarpalis palmaris I, 10%), welche ihrerseits in etwa 2,4% der Fälle fehlen kann. In den noch ausstehenden 30% sind keine ulnodorsalen Daumenarterien auszumachen (61). Bei der Betrachtung der palmaren Daumenarterien imponiert zunächst ein Kalibersprung, d.h. in 90% der Fälle ist das ulnopalmarare Gefäß ( $\varnothing$  1,8 mm Außendurchmesser) etwa doppelt so kräftig angelegt wie das radiopalmare ( $\varnothing$  1,1 mm Außendurchmesser), welches meist (90%) aus der A. princeps pollicis entspringt, wobei sie die Sehne des M. flexor pollicis longus proximal des Daumengrundgelenkes unterkreuzt. Seltener (10%) ist zu beobachten, daß sie aus dem Muskelast für den M. abductor pollicis brevis oder direkt aus dem Ramus palmaris superficialis abzweigt.

In noch stärkerem Maß variieren die Abgänge des ulnopalmararen Astes. Diese entspringen nur in rund 50% der Fälle aus der A. princeps pollicis. Sie überquert hierbei den Ansatz des M. adductor pollicis am ulnaren Sesambein in 30% der Fälle (pre-adductor-type) oder unterquert diesen (70%) (post-adductor-type). In den verbleibenden 50% entspringt die ulnopalmarare Arterie aus Endästen des Ramus palmaris superficialis der A. ulnaris (15%), aus Ästen des Ramus superficialis der A. radialis (15%), der A. metacarpalis dorsalis I (5%), der ulnodorsalen Daumenarterie (5%) oder aus Verbindungsästen zwischen der A. princeps pollicis und dem Arcus palmaris superficialis der A. ulnaris (10%). Die palmaren Daumengefäße stehen über den sogenannten digitopalmararen Bogen sowie die distale Arkade der Daumenbeere in Verbindung. Der digitopalmarare Bogen gibt in Höhe des schrägen Bandes der Flexorensehnscheide Äste an die Sehne des M. flexor pollicis longus über das oben schon erwähnte Vinculum breve an die palmare Platte und an die Sehnscheide ab. Die distale Arkade versorgt den Knochen des Endgliedes, das Nagelbett und die Beere des Daumens (65).

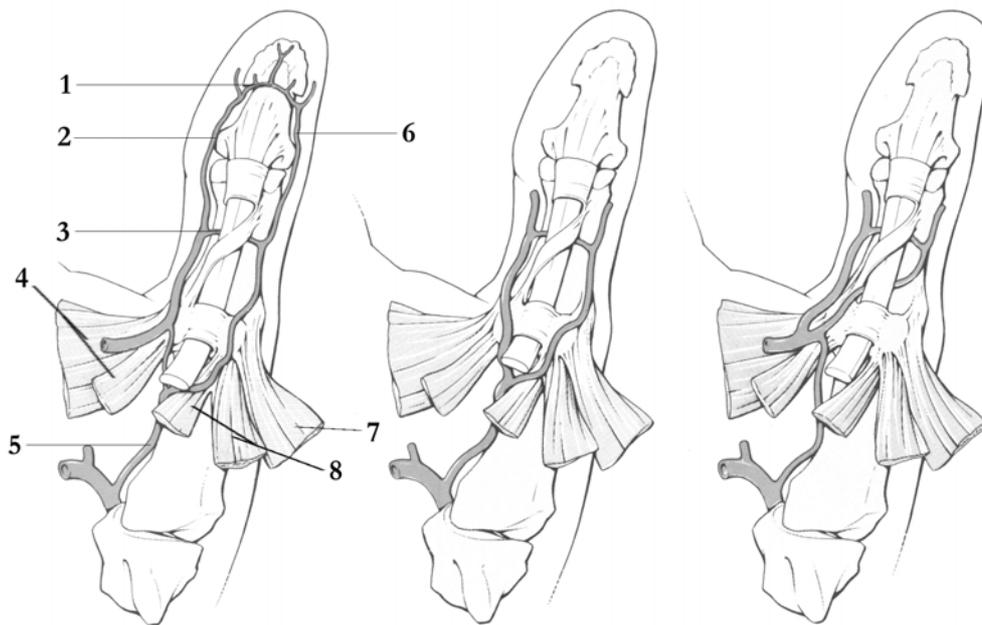


Abb. 36: Variationen der Arteria princeps pollicis

- |                              |                                 |
|------------------------------|---------------------------------|
| 1 = Pulpaarkade              | 5 = A. princeps pollicis        |
| 2 = A. ulnopalmaris pollicis | 6 = A. radiopalmaris pollicis   |
| 3 = Digitopalmarer Bogen     | 7 = M. abductor pollicis brevis |
| 4 = M. adductor pollicis     | 8 = M. flexor pollicis brevis   |

#### 1.7.6. Die Venen des Daumens

Der oberflächliche venöse Abfluß erfolgt über ein stärkeres ulnodorsales und ein schwächeres radiopalmares Venennetz. Die Venenklappen sind in Höhe des Daumenend- und Grundgiedes in kurzen Abständen hintereinander zu finden. In mehreren, zum Teil parallel verlaufenden Bahnen ziehen größere Venenstämme nach proximal um in eine metakarpale Arkade einzumünden. Von hier aus strömt das Blut der ulnodorsalen Seite des Daumens unmittelbar

in die V. cephalica ein. Um das Daumensattelgelenk herum sind zahlreiche Vv. perforantes zu finden (47, 48).

### **1.7.7. Die sensomotorische Innervation des Daumens**

Der Daumen ist auch aus neurologischer Sicht einzigartig, da seine sensomotorische Versorgung von allen vier Hauptnerven ( N. musculocutaneus, N. radialis, N. ulnaris, N. medianaus ) abhängen kann (65).

Viele chirurgische Eingriffe erfordern einen Zugang über die radidorsale oder radiopalmare Seite der Hand, wie z.B. die Radiusfrakturen, die de Quervain-Tendovaginitis, Strecksehnenrupturen oder der dorsale Zugang für die Arthroskopie des Trapeziometacarpalgelenkes (8). Schon vor über 100 Jahren verwies de Quervain auf die Tatsache, daß der sensible Ast des N. radialis eben diese Region durchläuft und deshalb beim operativen Vorgehen größte Vorsicht geboten wäre. Ungeachtet dessen sind iatrogene Verletzungen nicht selten, was zu Parästhesien, Hypästhesien oder schmerzhaften Neuomen führen kann. Darüber hinaus ist die Anfälligkeit des N. radialis für eine Neuritis ein bekannter Faktor (2).

Hinzu kommt der hohe Grad an Variabilität nicht nur im Hinblick auf die Anlage der Äste, sondern auch ihre Verzweigungen unterliegen starken Schwankungen (2), was eine Verletzung bei prinzipiell jedem Schnitt möglich werden läßt. Obwohl die meisten Autoren exakt definierte und getrennte Dermatome postulieren, kann ein allgemeingültiges Versorgungsmuster nicht formuliert werden. Dies gilt für die sensible, wie auch für die motorische Innervation.

### 1.7.7.1. Die sensible Innervation des Daumens

Vereinfachend dargestellt kann gesagt werden, daß die Hand volar vom N. medianus und dorsal vom N. radialis versorgt wird. Das Autonomiegebiet des N. radialis ist auf die dorsale Spitze des ersten Zwischenfingerraumes beschränkt, das des N. medianus schließt den Daumen völlig aus. Versorgt wird lediglich der volare Teil der Kuppe des zweiten, und eventuell auch des dritten Fingers (47). Das Verständnis dieser Innervationsvielfalt und das beschränkte Vorhandensein sensibler Autonomiegebiete ist für alle wichtig, die sich mit der Beschreibung und Behandlung von Handverletzungen und –veränderungen beschäftigen.

Der N. radialis entstammt dem dorsalen Faszikel des Plexus brachialis. Sein sensibler Ast verläßt den Hauptstamm im Bereich des Ellenbogens, zieht unter dem M. brachioradialis weiter nach distal, gelangt zwischen diese Sehne und die des M. extensor carpi radialis longus und liegt am Handgelenk dorsal-radial relativ oberflächennah. Der Nerv durchstößt die Faszie im Mittel 6 cm proximal des Proc. styloideus radii. Schon vor dem Handgelenk sind regelmäßig ein bis drei Äste anzutreffen, wobei durchschnittlich 6 Äste das Handgelenk überqueren. Das typische Versorgungsgebiet des N. radialis ist die Haut an der Dorsalseite des Daumens, des Zeigefingers, des Mittelfingers und der radiale Teil des Ringfingers. Diese Betrachtung berücksichtigt zwar nicht die große Vielfalt an Variationen, wird aber als die gängigste Variante angesehen, obwohl die meisten Studien zu dem Ergebnis kommen, daß dieses  $3\frac{1}{2}$ -Versorgungsmuster eher die Ausnahme (30%) als die Regel ist (2, 22, 47). Weitaus häufiger (45%) fand sich nur eine sensible Versorgung der radialen  $2\frac{1}{2}$  Finger und immerhin in 6% der Fälle sogar nur ein Versorgung der radialen  $1\frac{1}{2}$  Finger. In seltenen Fällen ziehen Äste des N. musculocutaneus über seinen normalen terminalen Punkt, das radiale Styloid, hinaus bis hinunter zur Hand, beteiligen sich an der sensiblen Innervation des radialen Teils des Thenars und

anastomisieren sogar in einigen Fällen mit dem Hautast des N. medianus (34). Auch Stopford (71) beobachtete diese Variation des N. musculocutaneus, allerdings mit einer Anastomose zum N. radialis auf Höhe des Handgelenkes. Darüber hinaus sind Überlappungen mit dem N. cutaneus antebrachii beschrieben (2). Appleton und Linell (zitiert nach 2) beschreiben sogar ein völliges Fehlen des sensiblen Teiles des N. radialis. In diesem Fall übernahmen der N. cutaneus antebrachii lat. und dorsale Äste des N. ulnaris die Innervation.



Abb. 37: Präparation des sensiblen Äste des Nervus radialis (mit Kanülen markiert sind die Zugangswege zum STT-, TMC- und MP-Gelenk)

Darüber hinaus konnten verschiedene Studien in 70% der Fälle Anastomosen zwischen dem N. radialis und dem N. cutaneus antebrachii lat. und selten auch zwischen dem N. radialis und dem N. ulnaris zeigen (2).

Der N. medianus entsammt dem lateralen und medialen Faszikel des Plexus brachialis, durchbohrt auf seiner Strecke den M. pronator teres, zieht zwischen den Flexoren der Finger nach distal und mit deren Sehnen durch den Canalis carpi zur Hohlhand (45, 46). Stopford (67) studierte die epikritische Sensibilität (die klassische Sinnesphysiologie unterscheidet eine protopathische von einer epikritischen Sensibilität, d.h. gröbere elementare von feiner differenzierbaren und genau lokalisierbaren Empfindungsqualitäten) der Hand nach Verletzungen im ersten Weltkrieg. Er kam zu dem Schluß, daß Verlauf und Versorgungsgebiet des N. medianus sehr konstant sind. Die meisten Autoren

gestehen jedoch der volaren Versorgung eine gewisse Inkonstanz und Überlappungen der Versorgungsgebiete zu, weshalb nur geringe Autonomiegebiete existieren (Autonomiegebiet des N. medianus siehe oben ). Tatsächlich unterliegt das sensible Innervationsgebiet des N. medianus nicht so großen Schwankungen wie das des N. radialis. Er versorgt in den meisten Fällen die radialen  $\frac{2}{3}$  der palmaren Seite der Hand über die Nn. digitales palmares communes (2, 22, 48).

Distal des Kopfes des Os metacarpale I wird die sensible Versorgung durch radiale und ulnare palmare Fingernerven übernommen, welche aus dem N. medianus stammen , wobei prinzipiell zwei Muster beobachtet werden

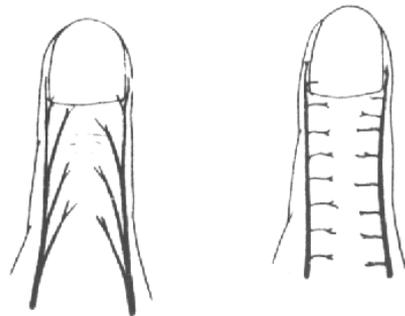


Abb. 38: Versorgungstypen am Daumenrücken (rechts: longitudinales Muster; links: transversales Muster) (22)

Volar und dorsal sind meist superfizielle Äste des N. radialis an der Versorgung beteiligt. Es konnte kein Anhalt für eine dorso-palmare Verbindung unter Perforation des Cleland'schen Bandes gefunden werden.

Auf Höhe des Interphalangealgelenkes teilt sich der palmare, digitale Nerv in drei oder vier terminale Äste, welche den volaren Teil der Fingerkuppe, das dorsale Nagelbett und periunguale Region versorgen (22).



Abb. 39: Versorgungsmuster des Daumens durch den Nervus medianus (volar)

#### 1.7.7.2. Die motorische Innervation des Daumens

An der motorischen Innervation der Muskulatur des Daumens beteiligen sich alle drei Unterarmnerven, wobei der N. radialis nur in sehr seltenen Ausnahmefällen die Mitversorgung eines kurzen Daumenmuskels übernimmt.

Der gängigen anatomischen Literatur (23, 47, 48, 69) ist zu entnehmen, daß der N. medianus an der Innervation des M. flexor pollicis longus, des M. abductor pollicis brevis, des Caput superficiale des M. flexor pollicis brevis sowie des M. opponens pollicis beteiligt ist. Der N. radialis versorgt den M. abductor pollicis longus, den M. extensor pollicis brevis und den M. extensor pollicis longus. Der N. ulnaris schließlich beteiligt sich durch Innervation des Caput profundum des M. flexor pollicis brevis sowie beider Köpfe (Caput obliquum und Caput transversum) des M. adductor pollicis an der Funktion des Daumens (23, 47, 48, 69).

Demgegenüber stehen diverse klinische und elektromyographische Untersuchungen, welche einhellig zeigen, daß dieses klassische Muster der motorischen Innervation des Daumens weit von der Norm entfernt liegt.

Im Bereich des Daumens sind verschiedenartigste Variationstypen zu beobachten. Nicht nur die Zahl der Äste und ihrer Ursprünge ist inkonstant, sondern auch ihr Verlauf und das versorgende Gebiet unterliegen Schwankungen. Darüber hinaus sind einige signifikante Anastomosen zwischen peripheren Nerven beschrieben.

Lanz (45) beschreibt vier Typen von Ursprungsmustern des N. medianus in Relation zum Lig. carpi transversum; er stellt 46% extraligamentäre, 31% subligamentäre, 23% transligamentäre Verläufe fest und darüber hinaus noch frühe Verzweigungen mit distalen oder proximalen akzessorischen Ästen des N. medianus. Andere Autoren beobachteten sogar 80% transligamentäre Verläufe mit Nervenkompressionssyndromen an dieser Stelle.

Die Festlegung, daß der oberflächliche und der tiefe Kopf des M. flexor pollicis brevis getrennt zu betrachten sind, da sie eine geteilte Innervation aufweisen geht auf Brooks (zitiert nach 22) zurück der bei 61% eine Versorgung des Caput superficiale vom N. medianus und des Caput profundum vom N. ulnaris beschrieb, jedoch in immerhin 16% der Fälle eine Versorgung beider Köpfe allein durch den N. ulnaris beobachtete. Die klinische Auswertung dieser Ergebnisse wurde allerdings erschwert durch die Schwierigkeiten die Bewegung der beiden Bänder des M. flexor pollicis brevis getrennt zu betrachten. Schon Cruveilhier (1834, zitiert nach 22) beschreibt einen oberflächlichen Bauch, welcher vom distalen Teil des Lig. carpi transversum entspringt das Os trapezium überkreuzt um am radialen Sesambein anzusetzen und einen tiefen Bauch, der vom Os trapezium entspringt und dem Os capitatum angrenzend ulnar der Sehne des M. flexor pollicis longus dem radialen Sesambein zustrebt. Brooks bezeichnete die beiden letztgenannten zusammen als den „äußeren Bauch“ und einen proximalen, schrägen Teil des M. adductor pollicis als den „tiefen oder inneren Bauch“. Erst vor kurzem wurde dieser umbenannt und als erster interossärer Muskel bezeichnet.

Highet (1943, zitiert nach 22) fand bei 20 Medianusverletzungen in 80% der Fälle und sogar bei 96% der Ulnarisverletzungen keinen Funktionsverlust des M. flexor pollicis brevis. Bei 20% der Medianusverletzungen war zudem kein Funktionsausfall des M. opponens pollicis nachweisbar. Andere Untersuchungen bestätigten diese Beobachtungen anhand elektromyographische Versuche. Sie weisen eine Doppelinnervation des M. flexor pollicis brevis in etwa 70% und des M. opponens pollicis in 25% der Fälle nach. Eine Testung des N. radialis ergab in keinem Fall einen Anhalt für einen Einfluß auf die Daumenmotilität (22).

Im klinischen Umgang mit der Thenarmuskulatur erweist es sich jedoch als sinnvoll den M. flexor pollicis brevis als einen vom N. medianus innervierten Muskel anzusehen.

Des Weiteren sind an der Hand verschiedene signifikante Anastomosen zwischen peripheren Nerven beschrieben. Diese Verbindungen zweier Hauptnerven sind zum einen verantwortlich für beobachteten Dopperversorgungsmuster und zum anderen für Schmerzzustände die in einem Ast bei Reizung des anderen zu verspüren sind (22). In den meisten Fällen jedoch entziehen sich diese Anastomosen einer exakten Beschreibung, da sie sehr inkonstant in Form, Lage, Größe und Vorhandensein sind.

Cannieu (1896, zitiert nach 22) und Riche (1897, zitiert nach 22) beschrieben unabhängig voneinander einen nervale Verbindung, welche vom terminalen Ast des tiefen Anteils des N. ulnaris zwischen den beiden Köpfen des M. adductor pollicis zum terminalen, rekurrenten motorischen Ast des N. medianus zieht, die heute als Cannieu-Riche-Anastomose oder auch als Ansa thenaris bezeichnet wird. Variationen existieren sowohl in Form eines separaten Astes zum oberflächlichen Bauch des M. flexor pollicis brevis als auch in Form des Ersatzes eines kompletten Astes des N. medianus durch andere Fingernerven (22). Die Häufigkeit der Anastomose zwischen dem N. medianus und dem N. ulnaris wurde von Cannieu selbst mit 15% angegeben. Neuere Studien gehen jedoch von weitaus höheren Zahlen aus. Harnes und Sekeles (1971, zitiert nach 22) beschrieben diese Variation in 77% der Fälle.

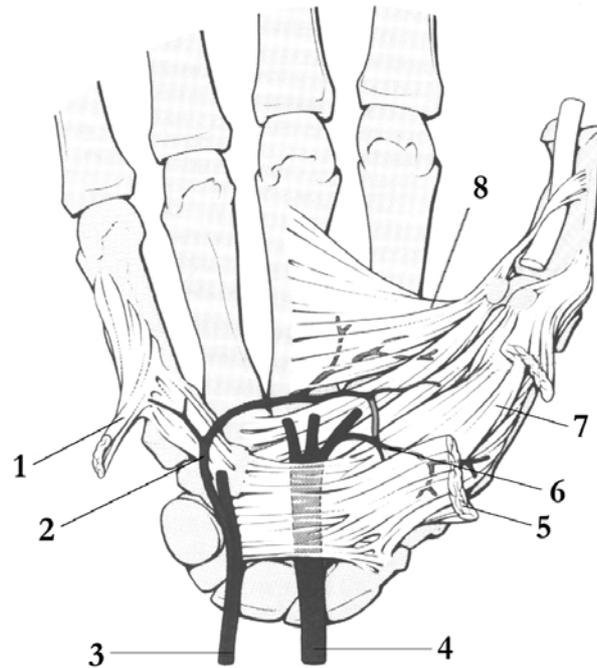


Abb. 40: Ansa thenaris (Cannieu-Riche-Anastomose)

1 = M. opponens digiti minimi

2 = Ramus profundus

3 = Nervus ulnaris

4 = Nervus medianus

5 = M. abductor pollicis brevis

6 = Ramus thenaris

7 = M. flexor pollicis brevis

8 = M. adductor pollicis

Diese Zahl erscheint näher an der Realität, zudem sie sich relativ genau mit der von Brooks beobachteten Prozentzahl für das Vorhandensein einer Doppelinnervation deckt.

Die Wichtigkeit dieser Zusammenhänge wird deutlich, betrachtet man die Art wie sie entdeckt wurden; nämlich durch eine erhaltene Muskelfunktion trotz Nervenläsion. Dies deutet entweder auf eine unvollständige Nervenläsion oder aber eine Doppelinnervation hin.

Insbesondere der M. flexor pollicis brevis trägt eine entscheidende Rolle am Daumen, da er den Daumen beugt, abduziert, proniert und ihn suffizient an die ulnaren Finger heranführt (23, 47). Es konnte gezeigt werden, daß die Greiffunktion der Hand trotz Verletzung des N. ulnaris unbeeinträchtigt und das Froment-Zeichen negativ bleibt bei Patienten, bei denen der tiefe Kopf des M. flexor pollicis brevis vom N. medianus mitinnerviert wird (22).

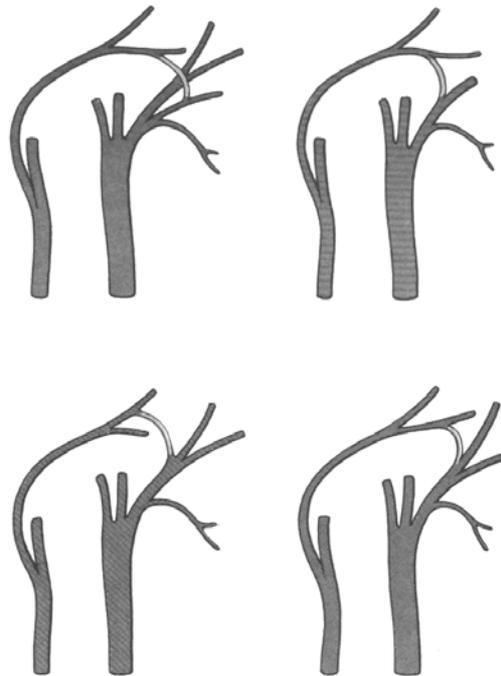


Abb. 41: Variationen der Ansa thenaris

### 1.7.8. Spezielle Anatomie ausgewählter Gelenke des ersten Strahles

### 1.7.8.1. Die Anatomie des Scaphotrapezoidtrapezialgelenkes

Wie der Name schon sagt wird dieses Gelenk aus Anteilen des Os scaphoideum, Os trapezium und Os trapezoideum gebildet.

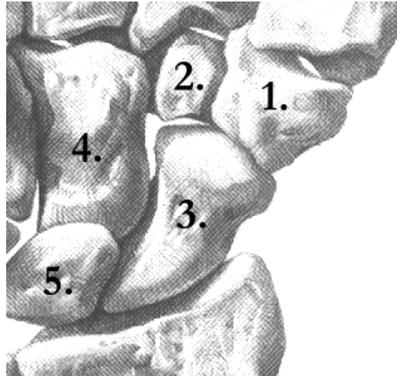


Abb. 42: Das Scapho-trapezio-trapezoid-Gelenk

- 1 = Os trapezium mit Tuberculum ossis trapezii
- 2 = Os trapezoideum
- 3 = Os scaphoideum mit Tuberculum ossis scaphoidei
- 4 = Os capitatum
- 5 = Os lunatum

Gelenkbänder haben die Aufgabe, benachbarte Knochen in ihren Bewegungen zu führen und dabei gleichzeitig die Ausschläge zu limitieren. Zwar sind alle Handwurzelknochen untereinander gelenkig verbunden, doch erlauben die Formen der jeweiligen Gelenkflächen und der interossäre Bandapparat unterschiedliche Bewegungsumfänge (65). Das Scaphotrapezoidtrapezialgelenk wird durch einen kräftigen Bandapparat in seinen Bewegungsmöglichkeiten stark eingeschränkt. Es erscheint relativ statisch. Die kräftigen Lig. carpometacarpalia dorsalia et palmaria gewährleisten einen festen Zusammenhalt der Knochen untereinander. Zudem

wird das Os scaphoideum durch das gut ausgebildete Lig. scaphotrapezium an des Os trapezium fixiert.

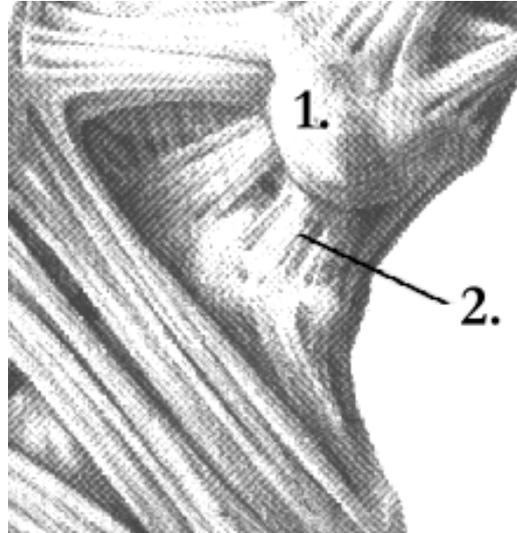


Abb. 43: Das Ligamentum scaphotrapezium

1 = Tuberculum ossis trapezii

2 = Lig. scaphotrapezium

Das Os scaphoideum liegt in der proximalen Handwurzelreihe am weitesten radial. Es artikuliert, neben den eben schon beschriebenen Anteilen, über seine langen, basalen Abschnitte mit dem Radius, nach ulnar mit dem Os lunatum und über eine kleine Fläche nach distal-ulnar mit dem Os capitatum (54). Es besitzt palmar das Tuberculum ossis scaphoidei, an welchem das Retinaculum flexorum ansetzt. Das wichtigste Gelenk des Os scaphoideum ist, abgesehen vom Radioscaphoidgelenk, sicherlich das Scapholunargelenk. Da die Bandführung in der proximalen Handwurzelreihe insgesamt nicht so rigide ist wie der distalen, sind in diesem Gelenk Rotationsbewegungen möglich (65). Zudem steht es relativ häufig im Zentrum von Verletzungen an der Hand. Die Kahnbeinfraktur stellt die häufigste Handwurzelfraktur, meist durch einen Sturz auf die überstreckte Hand, dar. Sie geht manchmal einher mit einer perilunären Luxation und wird in diesem Fall als „de-Quervain-Luxationsfraktur“ bezeichnet (47). Da die Gefäßversorgung des Os scaphoideum nur über ein kleines

Kortikalissegment von distal und dorsal her erfolgt, neigen Kahnbeinbrüche zur Bildung von Pseudarthrosen. Sie benötigen eine relativ lange Heilungszeit, von sechs bis zehn Wochen (47).

Das Os trapezoideum ist der zweite der distalen Handwurzelknochen. Es artikuliert, über die eben beschriebenen Verbindungen hinaus, noch mit dem Os metacarpale II und dem Os capitatum (47, 54).

Das Os trapezium ist der radialste der distalen Handwurzelknochen. Er verfügt palmar über das Tuberculum ossis trapezii, welches als Ansatzpunkt für einige Bänder des TMC-Gelenkes (siehe Abschnitt: Die Bänder des TMC-Gelenkes und seine Stabilität) und das Retinaculum flexorum dient. Es artikuliert mit dem Os metacarpale I, Os metacarpale II, Os scaphoideum und dem Os trapezoideum. Auf die Pathologie dieses Knochens wird in dem Abschnitt „Die Rhizarthrose“ eingegangen.

Das Scaphotrapezoidtrapezialgelenk erlangt seine Bedeutung durch seine Einbindung in arthrotische Veränderungen des benachbarten Trapeziometacarpalgelenkes. Nach Oberlin (1990, 56) ist es in 55% Fälle in die degenerativen Gelenkveränderungen dieses Bereiches miteinbezogen. Er unterscheidet hierbei allerdings eine Miteinbeziehung des Scaphotrapezoidtrapezialgelenkes in arthrotische Prozesse des Trapeziometacarpalgelenkes, welche sich ausschließlich im Strahl der Hand abspielen von einer sich primär in der Handwurzel durch Luxationen der Handwurzelknochen entwickelnden Form (56). Von entscheidender Bedeutung ist die Arthrose dieses Gelenkes für die Stadieneinteilung der Arthrose des Trapeziometacarpalgelenkes des Daumens (Rhizarthrose) und damit für die Einleitung einer adäquaten, stadienbezogenen Therapie. Die Stadieneinteilung von Eaton & Glickel (19) definiert das vierte Stadium als alle in Stadium drei sichtbaren Veränderungen und zusätzlich Arthrosezeichen des Scaphotrapezoidtrapezialgelenkes (Panarthrititis).

### **1.7.8.2. Die Anatomie des Trapeziometacarpalgelenkes**

Die Opponierbarkeit des ersten Strahles der Hand ist eine Eigenschaft, welche, außer dem Menschen, nur den höheren Primaten vorbehalten ist. Doch erst diese Gegenüberstellung des Daumens zu den Langfingern ermöglicht die differenzierten Greifbewegungen und läßt die Hand zu einem universellen und unentbehrlichen Werkzeug für uns werden. Schon Galen erkannte die Wichtigkeit des Daumens für die Funktion der Hand und Hippokrates benannte ihn aufgrund seiner Fähigkeit zur Zirkumduktion als den „Anti-Hand-Finger“ (75). Die Konfiguration dieses Gelenkes ist einzigartig im menschlichen Körper und wird einheitlich als sattelförmig beschrieben, was ihm auch seinen Namen, Daumensattelgelenk (24) einbrachte. Das Trapeziometacarpalgelenk des Daumens muß als evolutionäres Spezialisierungsindiz für die Notwendigkeit differenzierter Bewegungen der Hand betrachtet werden. Eine ebensolche Anpassung ist auch beim Gibbonaffen (*Hylobates*) zu beobachten, der aufgrund seines vorwiegenden Lebens in den Bäumen und den daraus resultierenden Ansprüchen an sein Greiforgan an der Basis des ersten Strahles der Hand ein Kugelgelenk ausgebildet hat.

#### **1.7.8.2.1. Die Bewegungen im Daumensattelgelenk**

Wie oben schon erwähnt sind am Trapeziometacarpalgelenk Bewegungen in prinzipiell drei Achsen möglich, die Flexion/Extension, Ab-/Adduktion sowie Pro-/Supination, wobei die, für eine normale Funktion der Hand so entscheidende Opposition eine zusammengesetzte Bewegung aus Flexion, Abduktion und

Pronation im Sattelgelenk erforderlich macht. Darüber hinaus ist bei der Oppositionsbewegung ein Zusammenspiel aller Daumengelenke nötig, wobei das Sattelgelenk eine Rotation ausführt, die v.a. in den radialen, flacheren Anteilen des Gelenkes stattfindet (9). Nach Pieron resultiert (58) diese Rotation aus einer (Sub-)Luxation des Os metacarpale I und läßt es so funktionell zum Kugelgelenk werden. Diese Interpretation des Trapeziometacarpalgelenkes als Kugelgelenk impliziert, das die Bewegungsachsen nur schwer mit der Gelenkmorphologie in Einklang gebracht werden können.

Darüber hinaus können einfache winkelförmige Bewegungen ohne Rotationskomponente von zusammengesetzten Bewegungen mit Rotationskomponente unterschieden werden. Die einfachen winkelförmigen Bewegungen führen den Daumen auf einer Bewegungsachse, wobei der Daumen nie um seine Longitudinalachse rotiert, was deutlich an der fehlenden Rotation der Daumenkuppe zu erkennen ist. Diese Bewegungen werden bei der palmaren und radialen Abduktion, sowie bei der dorsalen und ulnaren Adduktion vollführt.

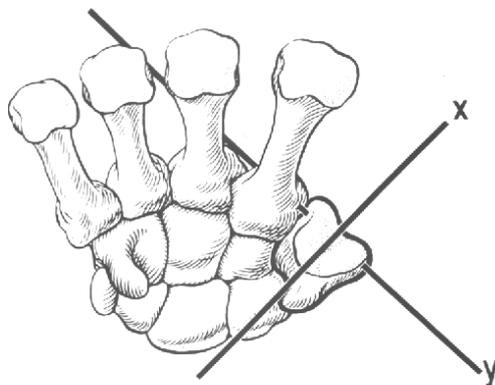


Abb. 44: Hauptbewegungsachsen des Daumensattelgelenks (nach Buck-Gramcko, 1994)

Zusammengesetzte Bewegungen mit Rotationskomponente sind die Opposition und Retroposition, die eine Zirkumduktionsbewegung in ulnarer und palmarer, bzw. radialer und dorsaler Richtung mit axialer Rotation des Os metacarpale I einschließt (75). Die Beweglichkeit steht in engem Zusammenhang mit der Gelenkflächenkonfiguration, welche sich in verschiedenen Positionen

unterschiedlich darstellt. So sind die Gelenkflächen bei maximaler Flexion und Adduktion in relativ engem Kontakt, wodurch der Bewegungsumfang stagniert, wogegen bei maximaler Abduktion und Extension die abgeflachteren Gelenkanteile in Kontakt treten was einen größeren Bewegungsspielraum ermöglicht. Bunnell beschreibt diese geringe Kontaktfläche während bestimmter Bewegungen als eine „Balanceakt“ des Os metacarpale I auf dem Os trapezium, wobei der Kapsel-Band-Apparat die Subluxation verhindert (31).

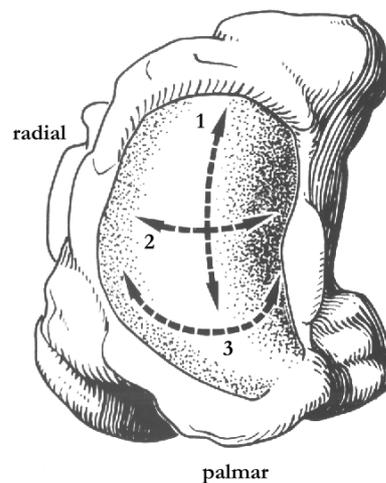


Abb. 45: Die Bewegungen auf dem Os trapezium

- 1 = Flexion- und Extensionsbewegung
- 2 = Ab- und Adduktionsbewegung
- 3 = Pro- und Supinatorische Rotation

Durch die Fähigkeit der Ausführung einer obligaten rotatorischen Komponente ist es dem Daumen möglich sogar jene Bereiche der Palma manus zu erreichen die jenseits der distalen Hohlhandfurche liegen. Sehr kontrovers wird die Frage, welcher Art diese Rotationsbewegung ist und inwieweit sie mit der Gelenkarchitektur vereinbar ist, behandelt. Bausenhardt (1949/50, 5) und Pieron (1973, 61) sind der Ansicht, das eine aktive axiale Rotation nicht mit den Gelenkflächeneigenschaften in Deckung gebracht werden kann. Ihren

Untersuchungen zufolge führt das Os trapezium eine an die flächenadaptierte Zirkumduktionsbewegung gekoppelte Zwangsrotation aus. Kauer (1987, 35) kommt zu dem Schluß, das eine aktive axiale Rotation die Stabilität an der Daumenbasis aufheben würde. Eine konträre Position zu dieser Auffassung nehmen Koebke und Thomas (37) ein. Nach ihren Untersuchungen findet eine aktive pro- und supinatorische Rotation im Daumensattelgelenk statt. Zancolli et al. (75) zeigt sogar, daß diese Rotation nicht mit einer Flächeninkongruenz im Karpometacarpalgelenk des Daumens erkaufte werden muß, da diese Bewegungen zwischen sphärisch gekrümmten, aber kongruenten Flächenabschnitten ablaufen. Allerdings kommen Koebke und Thomas (37) zu dem Ergebnis, das die aktive Rotation zu punktförmigen Belastungen mit zu Spannungsspitzen führenden Flächenkontakten kommt, welcher sich morphologisch in früharthrotischen Knorpeldefekten widerspiegelt (siehe Abschnitt Rhizarthrose).

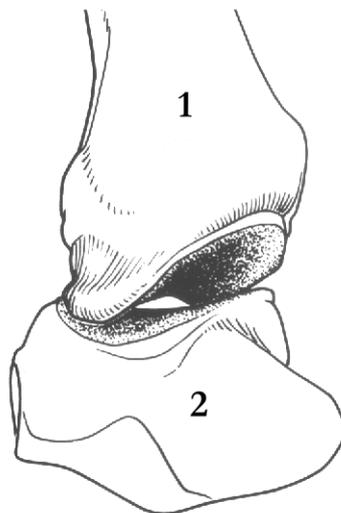


Abb. 46: Flächeninkongruenz während der Rotation

1 = Os metacarpale I

2 = Os trapezium

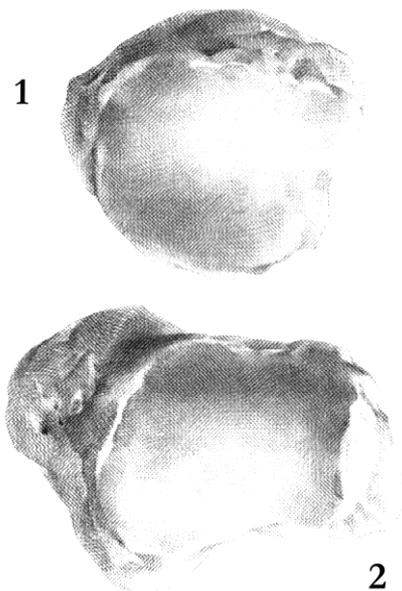
Die Beschreibung der Grundbewegungen wird erheblich erleichtert, wenn man das Os trapezium als zentralen Referenzpunkt betrachtet (15). Ausgehend von dieser Prämisse verlaufen die Flexion und Extension parallel zur Ebene der

Handfläche, Ab- und Adduktion lotrecht zu ihr. Die Abduktionsbewegung führt den Daumen demnach nach distal, radial und palmar wogegen er sich bei der Adduktion nach proximal, ulnar und dorsal bewegt. Die Extension läßt den Daumen nach proximal, dorsal und radial streben und führt ihn bei der Flexion nach distal, palmar und ulnar zurück (10), wobei der Bewegungsumfang nach Cooney (15) für die Ab- und Adduktion 42 Grad und für die Extension und Flexion 53 Grad beträgt. Bei der Pronation gelangen die Fingerkuppen von Daumen und Langfingern in eine Gegenüberstellung, wogegen sie bei der Supination parallel gleich ausgerichtet sind. Der Daumen führt im Trapeziometacarpalgelenk eine pro- und supinatorische Rotation von 10 Grad aus (31).

#### **1.7.8.2.2. Die artikulierenden Gelenkanteile**

Entwicklungsgeschichtlich entsteht das Trapeziometacarpalgelenk des Daumens aus zwei gegenüberliegenden Ossifikationszentren. Der Knochenkern des Os trapezium tritt bei Knaben etwa mit 4 Jahren auf, bei Mädchen im Mittel ein halbes Jahr früher. Die Ossifikation des ersten Mittelhandknochens findet zeitlich vor der des Os trapezium statt. Sie zeigt sich beim männlichen Geschlecht etwa mit 32 Monaten, beim weiblichen Geschlecht schon mit 24 Monaten (30).

Eaton und Littler (19, 20, 21) beschreiben die artikulierenden Gelenkanteile als zwei reziprok geformte, gegenüberstehende, sattelförmige Flächen, deren Longitudinalachsen lotrecht aufeinander stehen. Die Gelenkfläche des Os trapezium ist in dorsopalmarer Richtung konvex und in radioulnarer konkav gebogen. Korrespondierend hierzu ist die basale Gelenkfläche des Os metacarpale I gegensinnig aufgebaut (53).



Ab. 47: Die artikulierenden Gelenkanteile des Trapeziometacarpalgelenks

1 = Os metacarpale I

2 = Os trapezium

Wichtig ist die Beobachtung, daß die dorso-radiale Gelenkfacette weniger steil verläuft als die ulnar-volare, und aus diesem Grund einer dorsoradialen Subluxation weniger Widerstand entgegensetzt (19). Der große Bewegungsumfang, den das Karpometacarpalgelenk des Daumens erlaubt, steht in enger Relation zu einem kräftigen, jedoch physiologisch relativ schlaffen Kapsel-Band-Komplex, sowie einer halbgeführten Gelenkarchitektur, welche einen inkompletten Gelenkschluß durch eine ausgeprägte Inkongruenz der artikulierenden Gelenkanteile bedingt. Aus diesem Grund erscheint es wenig sinnvoll die Gelenkflächen als Teile geometrischer Körper, wie Kreisringe, Kegelsegmente, Ringwülste oder Hyperbelflächen zu beschreiben (5, 18, 24), da dies der tatsächlichen Gelenkarchitektur nicht gerecht wird. Kuczynski (41) und Pieron (61) stellten Inkongruenzen vor allem der dorsopalmaren, Schmidt und Lieb (66) ebenso der radiopalmaren

Krümmungsradien fest, da die Krümmungshalbmesser am Os trapezium ausnahmslos größer sind als an der metacarpalen Gelenkfläche (10). Darüber hinaus fanden sie neben Kreissegmentprofilen auch spiralförmige und s-förmige Profile der trapezialen und metacarpalen Artikulationsfläche. An den ulnopalmaren Gelenkteilen können Belastungszonen beobachtet werden, wogegen die Konturen im dorsoradialen Teil weder in Form noch in Konformität übereinstimmen (35). Die Gelenkflächen können durch First- bzw. Sulkusbildung in Areale unterschiedlicher Krümmungsradien unterteilt werden und weisen einige Besonderheiten auf. (39, 53 61). Das Os trapezium kann als redundanter metacarpaler Knochen angesehen werden (70). Seine Gelenkfläche ist unregelmäßig geformt und weist einen schräg verlaufenden Grat, welcher die Oberfläche an ihrer größten Ausdehnung kreuzt, auf. Er zieht von einem kleinen Tuberkel aus in Richtung des Os metacarpale II hin zum lateralen Rand der Gelenkfläche, wodurch der artikulierende Teil des Os trapezium in eine radiale, mehr palmar gelegene Ebene, und eine ulnare, mehr dorsal gelegene Ebene getrennt wird, wobei beide Teile leicht konkave Krümmungen aufweisen.

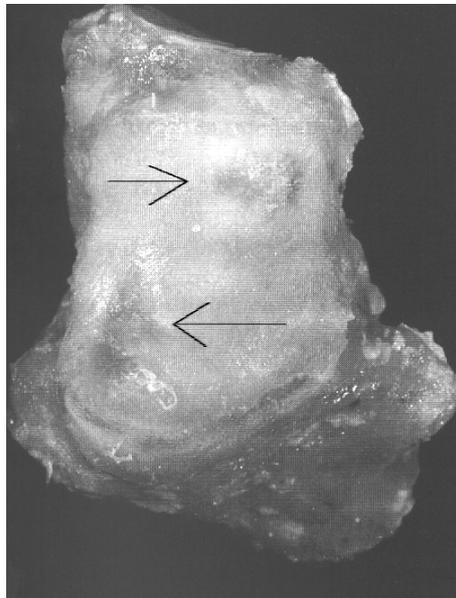


Abb. 48: Präparat des Os trapezium (die Pfeile weisen auf lokale Knorpeldefekte)

Die metacarpale Gelenkfläche besitzt einen dreieckigen Schnabel auf seiner palmaren Gelenkfläche, ist im allgemeinen jedoch weniger uneben als die trapeziale. Sie besitzt einen konkaven dorsoulnaren Teil und einen fast planen lateralen, palmaren Teil, der durch einen Grat getrennt wird, welcher in eine Rinne auf der Oberfläche des Os trapezium paßt (35). Als Fazit muß festgestellt werden, daß sich die artikulierenden Gelenkanteile des Trapeziometacarpalgelenks nur schwer Gesetzmäßigkeiten unterordnen lassen und das es zwischen dem Os trapezium und dem Os metacarpale I keine Gelenkstellung gibt, in der die Gelenkflächen dieser beiden Knochen vollständig kongruent zueinander sind (35, 66), d.h. führt man das Gelenk in eine Position in der ein Gelenkteil gut paßt, so verliert es automatisch an anderer Stelle den Kontakt. So paßt in Adduktionsstellung des Daumens der konvexeste Teil des trapezialen Grats gut zu dem konkavsten Teil der metacarpalen Oberfläche. Die Abduktionsstellung führt den konkavsten Teil der Rinne auf der Oberfläche des Os metacarpale I zu dem flacheren, lateralen Teil der trapezialen Oberfläche (35). Diese Wechsel aus relativ kongruenten Positionen in inkongruente Positionen erklärt der Anstieg der Beweglichkeit in verschiedenen Positionen. Untersuchungen von Pieron (61) zeigten, daß das erste Metacarpale während der Zirkumduktion eine ovale Bahn beschreibt, welche sich aus zwei Teilen zusammensetzt: eine radiale (äußere) und eine ulnare (innere) Bahn, wobei diese Bahnen relativ präzise das Gelenkkontaktmuster widerspiegeln. Bei Bewegungen, welche auf der radialen Bahn verlaufen konzentrieren sich die Kontaktpunkte auf den radialen Teil der trapezialen Gelenkfläche, während diese bei Bewegungen auf der ulnaren Bahn auf der ulnaren Trapeziumseite zu liegen kommen (35).

### 1.7.8.2.3. Die Bänder des TMC-Gelenkes und seine Stabilität

Der Kapsel-Band-Apparat des Trapeziometacarpalgelenkes ist entsprechend des großen Bewegungsspielraumes relativ weit und schlaff. Es ist somit das potentiell instabilste Gelenk der Hand, hat sich jedoch durch die spezielle Gelenkgeometrie und seine besondere Kombination unterstützender Bänder, welche einen großen Bewegungsfreiraum bei gleichzeitiger relativer Stabilität versprechen, an seine außergewöhnliche Aufgabe und die damit verbundenen Belastungen angepaßt (35).

So stellen die Form der Gelenkflächen in Verbindung mit der Position und Länge der Bänder eine gut aufeinander abgestimmte Einheit dar. Ihr Zusammenspiel ermöglicht einen reibungslosen Ablauf der Bewegungen trotz wechselnder Gelenkbeschaffenheit und teilweisem Verlust des Flächenkontakts während bestimmter Bewegungen. Da nur ein gespanntes Band in der Lage ist die Bewegungen eines Gelenkes zu beeinflussen sind in jeder Gelenkstellung eines oder mehrere Bänder des Sattelgelenkes angespannt.

Über die Anzahl, Lage und Beitrag zur Stabilisierung der am Daumensattelgelenk wirksamen Ligamente herrscht in der Literatur Uneinigkeit, was nicht zuletzt an der abweichenden Nomenklatur einiger Autoren liegt. Aus diesem Grund führten wir eigene anatomische Untersuchungen zur Benennung und Bewertung der Strukturen in diesem Bereich durch, auf welche später eingegangen werden wird.

So wird das Ligamentum trapeziometacarpale auch als „volar ligament“, „palmar beak ligament“ oder auch als „ulnares Kollateralligament“ bezeichnet, wobei im letzteren Fall das Ligamentum dorsoradiale als „radiales Kollateralligament“ betitelt wird (11, 59)

Buck-Gramcko und Helbig (10) beschreiben in ihrem Buch drei Hauptligamente, welche vollständig Bestandteil der Kapsel sind. Sie gehen von einem dorsalen und einem palmaren Schrägband sowie von einem radialen Band aus. Als vierte Struktur beschreiben sie das extrakapsuläre Ligamentum metacarpeum

dorsale. Imaeda (33) propagiert, auf Basis einer Nomenklatur von Pieron (61), fünf ligamentäre Strukturen. Im einzelnen sind dies das Lig. obliquum anterior, das Lig. collaterale ulnare, das Lig. intermetacarpale dorsale I, das Lig. obliquum posterior und das Lig. dorsoradiale. Nach Napier (53), welcher als Grundlage seiner Überlegungen die Untersuchungen von Haines (1944, zitiert nach 53) heranzieht, hingegen existieren zwei Bänder am Daumensattelgelenk: ein lateral-metacarpales Ligament und ein posterior-oblique- carpo-metacarpales Ligament. Auch bei der Betrachtung der Funktion der einzelnen Strukturen existiert keine einheitliche Meinung. So führt nach Buck-Gramcko und Helbig (1994) das dorsale Schrägband gezielt die pronatorische Drehung als Gegenspieler zum palmaren Schrägband, daß in ebensolcher Art die supinatorische Rotation beeinflussen soll. Die Bedeutung des Lig. metacarpeum dorsale I sehen sie in einer Fesselung des Os metacarpale I ohne wesentliche Bewegungseinschränkung. Für Toshihiko (1993) zügelt das Lig. obliquum anterior, als wichtigste ligamentäre Struktur am Daumensattelgelenk, die Extension, die Abduktion und die Pronation. Das Lig. collaterale ulnare ist nach seiner Ansicht eine extrakapsuläre Struktur und wird bei Extension, Abduktion und Pronation gespannt. Das Lig. intermetacarpale dorsale I verhindert die übermäßige Abduktion, Opposition und Supination und soll demnach die gleiche Funktion wie das Lig. obliquum posterior haben. Das Lig. dorsoradiale besitzt nach Imaeda nur eine geringe Haltefunktion und vermag lediglich die laterale (radiale) Subluxation zu verhindern. Barmakian (5) kommt bei seinen Untersuchungen zu dem Ergebnis, daß das Lig. obliquum anterior nur geringe Stabilisierung ausübt, da seine Länge ungeachtet von Gelenkbewegungen relativ konstant bleibt. Das Lig. obliquum posterior soll bei Flexion und Abduktion, das Lig. dorsoradiale bei Adduktion und Flexion, das Lig. intermetacarpale dorsale I lediglich in Abduktion gespannt sein.

Der Kapsel-Band-Apparat des Daumensattelgelenkes ist für die Pathogenese der Rhizarthrose von entscheidender Bedeutung. Deshalb ist es unabdingbar seine Konfiguration sowie die Involvierung der einzelnen Komponenten in den Bewegungsablauf exakt zu kennen. Aus diesem Grund wurden von uns

kryokonservierte Handpräparate präparatorisch aufgearbeitet, der Kapsel-Band-Apparat dargestellt und anhand einfacher kinetischer Tests die qualitative Beteiligung der einzelnen Bänder an den drei Grundbewegungen (Adduktion, Abduktion und Opposition) erprobt. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen sind im Kapitel „Ergebnisse der Präparationen und kinetische Untersuchungen zum TMC-Gelenk des Daumens“ zusammengefaßt. Die von uns verwendete Nomenklatur fußt auf den Untersuchungen von Pieron (61), welche ebenfalls von Schmidt und Lanz (65) Unterstützung findet.

In nachfolgender Tabelle sind die verschiedenen Modelle zur Beschreibung der Kapsel-Band-Strukturen sowie deren Funktion am Trapeziometacarpalgelenk des Daumens zusammengefaßt.

Legende :	OT	=	Os trapezium
	OM I / II	=	Os metacarpale I / II
	AOL	=	Lig. carpometacarpale obliquum anterior
	POL	=	Lig. carpometacarpale obliquum posterius
	IML	=	Lig. intermetacarpale dorsale I
	UCL <sup>1)</sup>	=	Lig. collaterale ulnare
	DRL	=	Lig. carpometacarpale dorso-radiale
	TMC <sup>1)</sup>	=	Lig. trapeziometacarpale („volar ligament“)

<sup>1)</sup> Die Durchsicht der Literatur zeigte, daß es sich bei diesen beiden Bändern um identische Strukturen handelt, welchen lediglich von verschiedenen Autoren verschiedene Bezeichnungen zugeordnet wurden (55).

Tabelle I : Übersicht zu verschiedenen Modellen der ligamentären Strukturen des TMC-Gelenks

Bänder		AOL	POL	IML	UCL	DRL	TMC
Autoren							
Buck-Gramcko / Helbig	A	dorsal-distal am OT	ulnare Basis OM I	radial am OM II			
	U	radial-prox. am OM I	dorsoulnare r	ulnar am OM I			
	F	führt supin. Drehung	Höcker OT führt pron. Drehung	Fesselung des OM I			
Imaeda et al.	A	palmar Tub. am OM I	dors.-ulnar	OM I	palmar Tub. am OM I	dors. Rand des OM I	
	U	palmar Tub. am OT	ulnarer Tub. OM I	OM II	Ret. flex.	dorso-rad. Tub. OT	
	F	hemmt Ext., Abd., Pron.	hemmt dorso-ulnar am OT	hemmt Sup., Abd., Opp.	hemmt Ext., Abd., Pron.	verhindert rad. Sublux.	
Kauer et al.	A	ulno-palmar Basis OMI	Sup., Abd., Opp.	Basis OM II	selten Nachweisbar	dorsale Falz am OM I	
	U	palmar Tub. des OT		Basis OM I		dors.-ulnar Tub. OT	
	F		dorso-ulnar am OT	zügelt OM I und OM II			
Joseph et al.	A	Schnabel an		OM II		dors. Rand des OM I	
	U	Basis OM I	Schnabel an	OM I		dorso-rad. Tub. OT	
	F	volarer Tub. am OT	geringe Funktion	hemmt Abd.		hemmt Add., Flex.	
Zancolli et al.	A	palmarer Tub. OM I	ulnar. Seite des OM I		Schnabel am OM I	radial am OM I	
	U	palmarer Rand OT	Lateralseite OT		Trapezialer Kamm	lateral oder radial OT	
	F	produz. Supination	Pronationsband	OM I	verhindert Subluxat.		
Schmidt / Lanz	A	Tub. an Basis OM I	ulnarer	OM II		dors. Rand des OM I	palmare Basis OM I
	U	ulnarer Rand OT	palmar-ulnar am OM I	hemmt Dislokation des OM I		dorso-rad. Tub am OT	Ret. flexorum
	F	hemmt Abd., Opp	dorso-ulnar. Tub. am OT	hemmt Dislokation des OM I			hemmt Abd., Opp.
Pagalidis	A	vol. Tub. des OT	hemmt Add., Abd.	Basis OM II		dors.-rad. Tub OT	vol. Basis OM I
	U	vol.-uln. Tub. OM I		Basis OM I		dors. Basis OM I	rad. Ret. flex. + vol. OM II
	F	hemmt pal. Abd. & Opp.	dors.-uln. Tub OT	hemmt rad. Dislokation		hemmt alle Extrembew.	hemmt rad. & palm. Abd. + Opp.

Die arterielle Versorgung der Kapselstrukturen erfolgt aus Ästen der A. radialis, der A. metacarpalis dorsalis I und den Rr. recurrentes aus dem Arcus palmaris superficialis. Die nervale Versorgung entstammt dem Ramus thenaris des N. medianus und dem N. interosseus posterior (65).

Die Gelenkarchitektur zweier gegenüberliegender, sattelförmiger Flächen erlaubt prinzipiell Bewegungen in der Flexion-Extensions- und Abduktions-Adduktions-Ebene. Mit der Rotationskomponente, welche bei der Oppositionsbewegung entsteht, tritt, wie schon erwähnt, eine dritte Bewegungsebene hinzu, bei der die Gelenkflächen in eine Position der relativen Flächeninkongruenz gebracht werden, was eine Anspannung des Kapsel-Band-Apparates und damit ebenso eine erhebliche Destabilisierung des Gelenkes zur Folge hat. Aus diesem Grunde sind alle Bänder des Daumensattelgelenkes wichtig für die Erhaltung der Stabilität bei bestimmten Bewegungen, insbesondere deshalb, weil eine habituelle Instabilität als kausaler Faktor bei der pathogenese degenerativer Gelenkerkrankungen angesehen werden muß (siehe Abschnitt: Rhizarthrose) (20).

#### **1.7.8.2.4. Die muskuläre Führung des TMC-Gelenks**

Auch der das Sattelgelenk umgebende Muskelmantel trägt einen nicht unerheblichen Teil zur Stabilisierung dieses Gelenkes bei. Besondere Aufmerksamkeit verdienen hierbei die radiale Muskulatur, d.h. der M. abductor pollicis longus und der M. extensor pollicis brevis. Beide sind bekanntermaßen in der Lage das Handgelenk wirkungsvoll zu stabilisieren. Unterstrichen werden muß zudem noch die Verbindung ihrer Sehnen mit der darunterliegenden Gelenkkapsel (35), was einen weiteren Beitrag zur Stabilität leistet. Die Sehne des M. abductor pollicis longus inseriert mit insgesamt fünf Ansatzstellen

proximal und distal des Sattelgelenkes, wobei die einzelnen Ansatzsehnen durchaus gesondert hinsichtlich ihrer Funktion zu betrachten sind, da sich zwischen zweiter und dritter Ansatzsehne eine eigene Bursa befindet (35). Diese fünf Ansatzsehnen können in eine oberflächliche und eine tiefe Gruppe eingeteilt werden. Der oberflächliche Teil überquert den Gelenkspalt und setzt distal des Gelenkes an, wogegen der tiefe Teil, von proximal kommend mit dem Kapsel-Band-Apparat interagiert. Eine dieser Sehnen inseriert direkt im M. abductor pollicis brevis, um die Abduktion zu unterstützen. (33). Diese Beobachtungen bestätigen, daß der M. abductor pollicis brevis in der Lage ist, die Stabilität des Trapeziometacarpalgelenkes spezifisch zu beeinflussen. Die palmaren Muskeln verhalten sich wie „dynamische Bänder“, indem sie die ihnen eigenen Halte- und Bewegungsmöglichkeiten in die Daumenbewegungen miteinfließen lassen.

#### **1.7.8.3. Die Anatomie des MP-Gelenks des Daumens**

Das Daumengrundgelenk nimmt insofern eine Sonderstellung an der Hand ein, da es kein wirkliches mechanisches Äquivalent kennt. Es ist eigentlich wie ein „Eigelenk“ (=Articulatio ellipsoidea) mit drei Freiheitsgraden aufgebaut (32), wird jedoch in seinem Bewegungsumfang von seinem starken Kapsel-Band-Apparat so limitiert, daß es zum Scharniergelenk wird. Es läßt die Flexion und Extension, sowie in sehr geringem Umfang auch die Ab- und Adduktion zu. Der Bewegungsumfang an diesem Gelenk ist jedoch geringer als an den Langfingergrundgelenken.

Die Flexions-Extensions-Amplitude beträgt etwa 50-70 Grad, die maximale aktive Adduktion ist zwischen 10 und 20 Grad möglich. Noch geringer ist dieser Wert für die aktive Abduktion. Eine Rotationsbewegung wäre zwar an diesem Gelenktyp theoretisch denkbar, doch wird diese durch die starke ligamentäre

Führung limitiert. Physiologischerweise kommt es jedoch während der Flexion als Resultat der Form des Kopfes des Os metacarpale I zu einer leichten Rotation, als Teilbewegung der Zirkumduktion (4, 65).

#### 1.7.8.3.1. Die knöchernen Strukturen

Das Os metacarpale I unterscheidet sich in charakteristischer Weise von den anderen metakarpalen Knochen. Es ist eher viereckig und weniger sphärisch geformt.

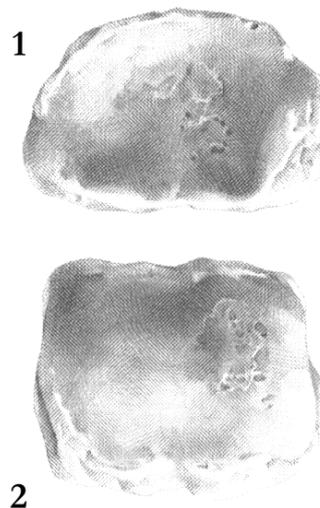


Abb. 49: Die Gelenkflächen des MP-Gelenkes

1 = Basis phalangis proximalis

2 = Caput metacarpale I

Sein Köpfchen weist in dorsopalmarer Richtung eine wesentlich stärkere Krümmung auf als dies radioulnar der Fall ist.

Radiologische Untersuchungen von Barmakian (5) zeigten auch kugelförmige, schwach gekrümmte oder flache Konturen. Im Gegensatz zu anderen Ossa

metacarpalia reicht sein medialer Kondylus weniger weit nach distal als der laterale, was für die leichte Pronation bei Flexion des Metacarpophalangealgelenkes verantwortlich ist.

Darüber hinaus zeigen sich Unterschiede in der Überknorpelung der Gelenkflächen. Am Daumen findet sich dorsal nur wenig Knorpel, wogegen der Knorpelüberzug an der volaren Fläche des Os metacarpale I bis über die palmaren Tuberkel hinwegreicht, um mit den Sesambeinen zu artikulieren (5).

Die beiden Sesambeine sind am Daumen konstante Erscheinungen, wogegen sie an den Lanfingern nur sporadisch anzutreffen sind. Sie sind in die distale Portion des Ligamentum glenoidale eingebettet und bewegen sich mit der proximalen Phalanx während der Flexions- Extensionsbewegung. Hierbei artikulieren sie zu jedem Zeitpunkt mit den palmaren Tuberkeln des Metacarpale-I-Kopfes (5).

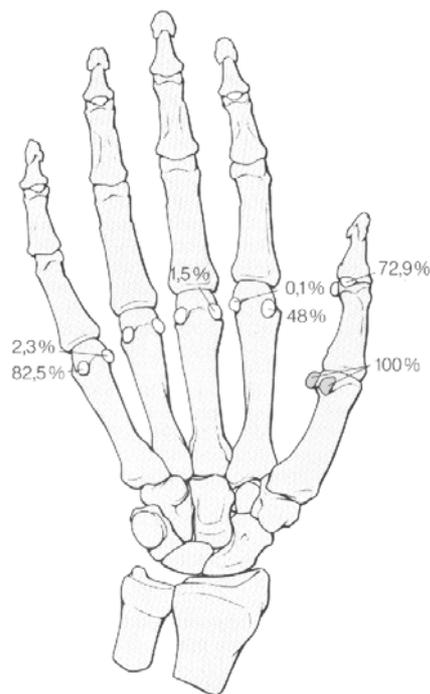


Abb. 50: Die Sesambeine der Hand (Prozentuale Verteilung nach Pfitzner (1895, zitiert nach 17))

Die Ossa sesamoidea bedingen einen mechanischen Vorteil durch Vergrößerung des Hebelarmes der Muskulatur. Sie werden durch ein transversales, fibröses Band zusammengehalten und formen drei Seiten des Tunnels für die Sehne des M. flexor pollicis longus. Dies führt zu einer Stabilisierung der Sehne des M. flexor pollicis longus bei der Überquerung des MP-Gelenks. Die vierte Seite wird durch das A1-Ringband gebildet (5). Die zum ersten Metakarpalen korrespondierende, basale Gelenkfläche der proximalen Phalanx ist in ihrer Ausdehnung insgesamt kleiner und in allen Richtungen konkav gekrümmt, in ihrer Konkavität jedoch ebenfalls flacher als an den Langfingern um das Köpfchen des ersten Metakarpalen aufzunehmen (5,65). Somit entsteht ein recht unterschiedlich großer Flächenkontakt bei Bewegungen.

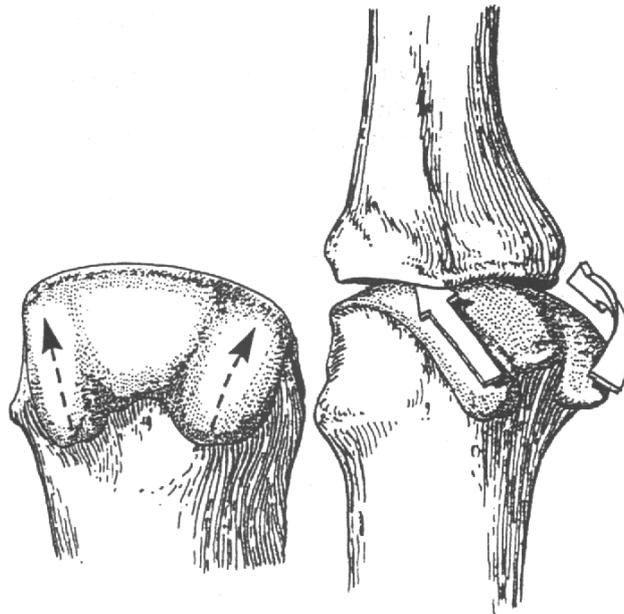


Abb. 51: Die Gleitbahnen der Sesambeine/Gelenkfläche des MP-Gelenks

### 1.7.8.3.2. Die Kapsel des MP-Gelenks des Daumens

Die Kapsel des Metacarpophalangealgelenkes wird durch Kollateralbänder, akzessorische Bänder und eine kräftige volare Platte verstärkt. Die dorsalen Anteile der Kapsel hingegen sind recht dünn ausgebildet. Die Kollateralbänder liegen radial und ulnar relativ oberflächennah und sind kräftige Strukturen von vier bis acht Millimeter Breite und etwa zwölf bis vierzehn Millimeter Länge. Sie entspringen an der radialen, bzw. ulnaren Seite des Os metacarpale I – Köpfchens und ziehen nach schräg distal zum palmaren Drittel der proximalen Phalanx (5).



Abb. 52: Präparat des ulnaren Kollateralbandes (Sonde im Gelenk)

An dieser kritischen Stelle werden sie von den Sehnen der Mm. abductor pollicis brevis et adductor pollicis unterstützt, welche ebenfalls dort ansetzen (33). Die akzessorischen Bänder, die auch Ligg. metacarpoglenoidale genannt werden, entspringen ebenfalls am Köpfchen des ersten Metacarpalen und ziehen zur proximalen Phalanx, liegen jedoch palmar des ulnaren und radialen Kollateralbandes. Sie setzen meist mit einigen Ausläufern an die palmare Platte

und die Sesambeine an. Das laterale Sesambein ist im Allgemeinen etwas größer als das mediale. Das ulnare und das radiale Kollateralband werden bei Flexion ge- und bei Extension entspannt, wogegen sich die akzessorischen Bänder genau reziprok verhalten; sie sind bei Flexion ent- und bei Extension gespannt (5). Das ulnare Kollateralband ist gewöhnlich stärker ausgebildet als das radiale. Die Längenänderung der Bänder des Daumengrundgelenks ist signifikant geringer als an den Grundgelenken der Langfinger, da der Daumen in der Lage sein muß, Ab- und Adduktionskräften zu widerstehen, gleich in welcher Flexions- oder Extensionstellung er sich befindet (5). Die palmare Platte, welche auch als glenoidales Ligament bezeichnet wird, ist quer gestellt, rechteckig gestaltet und damit erheblich kürzer als an den Langfingern. Sie stellt eine hochspezialisierte volare Verdickung der Gelenkkapsel dar. Das proximale Drittel (=membranöser Teil) ist dünner als die distalen zwei Drittel und am Metacaraple I – Köpfchen befestigt. Der distale Teil (=fibröser Teil), der aus Faserknorpel und festem Bindegewebe besteht, ist fest mit der proximalen Phalanx verbunden (5, 65).

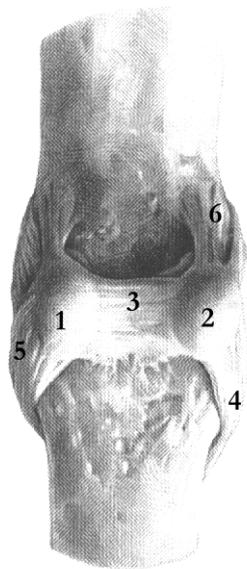


Abb. 52: Palmare Ansicht des Daumengrundgelenks

1 = Ulnares Sesambein

2 = Radiales Sesambein

3 = Palmare Platte

4 = Radiales Kollateralband

5 = Ulnares Kollateralband

6 = Lig. phalangoglenoidale

Die palmare Platte erfährt eine zusätzliche Verstärkung durch den Ansatz der intrinsischen Daumenmuskeln an den Sesambeinen (siehe auch: muskuläre Führung des MP-Gelenkes). Sie hat keine oder nur sehr kurze Zügelbänder (= „chek-rein-ligaments“). Sie ist erheblich stabiler als an den anderen Fingern, d.h. sie reißt erst bei Kräften ein, die etwa um den Faktor drei größer sein können als an den Interphalangealgelenken der Langfinger. Bei der Prüfung der Seitenstabilität muß darauf geachtet werden, daß das MP-Gelenk etwas gebeugt ist, da sonst die gespannte, äußerst rigide volare Platte eine nicht vorhandene Stabilität vortäuschen kann (65).

#### **1.7.8.3.3. Die muskuläre Führung des MP-Gelenks des Daumens**

Auch am Metacarpophalangealgelenk des Daumens beeinflußt die Muskulatur in nicht unerheblichen Ausmaß, neben der aktiven Beweglichkeit auch die Stabilität dieses Gelenks. Die muskuläre Führung wird durch drei intrinsische und drei extrinsische Muskeln sichergestellt. Der M. adductor pollicis wird als der wichtigste intrinsische Muskel angesehen. Er unterstützt die dynamische Widerstandsfähigkeit bei Greiftätigkeiten und verstärkt das ulnare Kollateralband (33). Der M. abductor pollicis brevis übernimmt an der Radialseite des Daumens eine ähnliche Funktion, ist jedoch aufgrund des an ihn gestellten geringeren Kraftanspruchs vergleichsweise schwächer ausgebildet und die Stabilitätsausbeute geringer. Der dritte intrinsische Muskel ist der M. flexor pollicis brevis, der v.a. Scherkräfte, welche die proximale Phalanx nach dorsal translatieren könnten, abfängt. Hierbei wird er vom M.

flexor pollicis longus unterstützt (33). Obwohl dieser nicht über einen Sehnenansatzpunkt an der Basis der Phalanx proximalis verfügt, spielt er dennoch eine entscheidende Rolle in der Gelenkbeugung und –stabilisierung, da er über einen sehr großen Kraftarm verfügt, welcher über das MP-Gelenk hinwegzieht. Zudem steigern die Traktionskräfte des kurzen Daumenbeugers die Effektivität des langen Daumenbeugers durch Maximierung dieses Kraftarmes (33). Die relativ kleinen Mm. extensores pollicis longus und brevis sind die anderen wichtigen extrinsischen Muskeln. Sie sind mit den dorsalen Kapselanteilen verbunden und verstärken diese somit (5). Auch sie haben, zusätzlich zum M. flexor pollicis brevis, eine Adduktionsfunktion und unterstützen auf diese Art den M. adductor pollicis bei der Kompensation von Flexionskräften welche beim Greifvorgang entstehen (33). Verletzungen am Daumengrundgelenk entstehen klassischerweise an der Ulnarseite, weniger häufig an der Radialseite. Ein Beispiel hierfür ist der Riß des ulnaren Kollateralbandes, der sogenannte „Ski-Daumen“ (siehe Abschnitt: Bandverletzungen des MP-Gelenkes). Der Riß des radialen Kollateralbandes wird als „Golfer-Daumen“ bezeichnet.

### **1.8. Die Pathologie der Gelenke des ersten Strahls der Hand**

Es existieren eine Reihe von Krankheitsbildern im und um das Daumensattelgelenk bei denen eine arthroskopiegestützte Diagnostik erfolgversprechend ist. Im folgenden werden diese aufgeführt und erläutert.

### **1.8.1. Die Arthrose des Daumensattelgelenks (Rhizarthrose)**

Die Arthrose des Daumensattelgelenkes ist durch die funktionelle Beanspruchung des radialen Strahles die häufigste degenerative Gelenkerkrankung an der Hand (73). Aufgrund der Bedeutung des Daumens für die Funktion der Hand stellt eine Einschränkung oder gar ein Verlust seiner uneingeschränkten Gebrauchsfähigkeit eine starke Beeinträchtigung der betroffenen Person in Beruf und Alltag dar. Insofern muß der Wiederherstellung der Daumenfunktion größte Aufmerksamkeit gewidmet werden; eine Herausforderung für alle in diesem Gebiet tätigen Mediziner

Die Rhizarthrose kommt bei etwa 10 % der Bevölkerung vor, insgesamt jedoch etwa 10 mal häufiger beim weiblichen Geschlecht. Über 30 % aller Frauen jenseits des 50. Lebensjahres sind von ihr betroffen (10).

Auffällig ist, das nicht unbedingt Schwer- oder Schwerstarbeiter unter dieser Arthrose des ersten Strahles der Hand leiden, sondern hauptsächlich Menschen mit geringer bis mittlerer funktioneller Beanspruchung oder feinmechanischen Tätigkeiten des Daumens, wie Hausfrauen, Pianisten oder Handwerker, die den sogenannten „Präzisionsgriff“ häufiger gebrauchen (10, 73).

#### **1.8.1.1. Ätiologie der Rhizarthrose**

Allgemein betrachtet kann ein Arthrose nur unter dem Einfluß der Funktion eines Gelenkes, d.h. niemals in Ruhe entstehen. Sie entwickelt sich über die Vorstufe einer Präarthrose, welche die Gelenkform, die funktionelle Belastung, qualitative Minderwertigkeit der Gelenkstrukturen oder auch spezifische oder unspezifische Entzündungen beinhalten kann (63).

Die Arthrose des Daumensattelgelenkes ist das Ergebnis des Zusammenwirkens verschiedenartigster pathologischer Vorgänge in diesem Bereich, an dem Knorpel, Knochen, Bänder, Muskeln, Sehnen und das synoviale Kapselgewebe beteiligt sind (10). Generell kann eine primär idiopathische von einer sekundär erworbenen Form unterschieden werden, wobei die primäre Form bei weitem die häufigste ist. Im Gegensatz dazu teilt Burton (12) Patienten, die an Rhizarthrose leiden in drei Gruppen ein. Die erste, deren Pathogenese mit der primären Form übereinstimmt, betrifft vor allem Patienten mittleren Alters, im Allgemeinen Frauen in der Postmenopause ohne anamnestischen Hinweis auf ein traumatisches Ereignis in diesem Gebiet. Die zweite Gruppe umfaßt in erster Linie jüngere Patienten, meistens männlichen Geschlechts mit stattgehabter spezifischer Verletzung (z.B. Bennett-Fraktur, Rolando-Fraktur). Die dritte Gruppe setzt sich aus Patienten mit rheumatoider Arthritis zusammen, die in 35 % der Fälle eine Arthrose des Trapeziometacarpalgelenks entwickeln (12).



Abb. 53: Röntgenbild einer Rhizarthrose

Im Bild eindrucksvoll dargestellt sind neben den klassischen Zeichen des Gelenkverschleisses auch die typische, radiale Subluxationsstellung des Os

metacarpale I, sowie eine beginnende, kompensatorische Hyperextension im Daumengrundgelenk. Hier ist also schon der Weg zur Z-Deformität des Daumens, und damit zum weitgehenden Funktionsverlust geebnet.

#### **1.8.1.2. Die primär idiopathische Form**

Entscheidend für die Pathogenese der primär idiopathischen Rhizarthrose ist das Zusammenwirken genetischer, mechanischer und biochemischer Faktoren. Sie tritt in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle beiderseitig auf (37, 60, 63). Zunächst muß festgehalten werden, daß das Trapeziometacarpalgelenk schon beim Handgesunden physiologischerweise durch die funktionelle Beanspruchung als Kugelgelenk einer präarthrotischen Belastung ausgesetzt ist (73). Zwar ist das Sattelgelenk an die für diese Gelenkform spezifischen Bewegungen der Flexion/Extension sowie Ab- und Adduktion angepaßt und auch der Verlauf der kollagenen Fasern des Gelenkknorpels zeigt eine Ausrichtung, die den Belastungen während dieser Bewegungen funktionell angepasst ist, doch ergibt sich aus der Oppositionsbewegung eine besondere Form der Beanspruchung (73). Durch die Aufhebung des kongruenten Flächenschlusses bei dieser Bewegung kommt es schon physiologisch zu einer extremen Verkleinerung der kraftübertragenden Flächen und somit zu punktuellen Spannungsspitzen (73) mit daraus resultierenden Überlastungen des Gelenkknorpels. Zudem zeigt die anatomische Betrachtung der Gelenkflächen bereits physiologisch eine geringere Ausprägung der radio-dorsalen im Gegensatz zur ulno-volaren Fläche und kann aus diesem Grund der dorsoradialen Luxationstendenz weniger Widerstand entgegenbringen (60) was die Vulnerabilität des Gelenkes entscheidend erhöht. Wie schon erwähnt sind von der Rhizarthrose besonders Menschen betroffen, die z.B. aufgrund beruflicher Disposition den Präzisions- oder Spitzgriff der Hand oft gebrauchen.

Darüber hinaus müssen Formvarianten des Os trapezium sowie eine angeborene, unphysiologisch hohe Bandinstabilität am Daumensattelgelenk bei der Betrachtung der Ätiologie eine Berücksichtigung finden. Aufgrund der Gelenkform neigt das Sattelgelenk schon bei Handgesunden zur Subluxation, was dieser jedoch mittels des Bandapparates und der muskulären Führung kompensieren kann. Beim Spitzgriff wandert das Os metacarpale I auf der trapezialen Gelenkfläche dorsoradialwärts, d.h. aus einer konkruenten in eine inkongruente Position, wodurch die kraftübertragende Fläche erheblich verkleinert wird. Diese Stellung wird beim Handgesunden durch den kräftigen Kapsel-Band-Komplex stabilisiert (28). Ist der Bandapparat zu schlaff angelegt oder die radiale Sattelhöhe zu flach ausgebildet, so gerät die Basis des Os metacarpale I schon bei physiologischen Belastungen immer wieder in eine dorsoradiale Subluxationsstellung, wodurch Drücke entstehen, denen der Gelenkknorpel auf Dauer nicht gewachsen ist (10, 28, 73). Diese erhöhte Bandlaxizität führt kompensatorisch zu einem gesteigerten Einsatz muskulärer Kräfte (M. flexor pollicis longus & M. abductor pollicis longus) mit dem Ziel einer Stabilisierung des ligamentär zu schwach geführten Gelenks bei Präzisionsgriffen, was den Druck auf die Gelenkflächen zusätzlich erhöht (19). So gelangt das Daumensattelgelenk in einen „circulus vitiosus“ aus Bandlaxizität, Subluxationstendenz, gesteigerter muskulärer Führung und damit weiterer Druckerhöhung auf die ohnehin schon überlasteten Gelenkflächen.

Aufgrund des überzufälligen Auftretens arthrotischer Gelenkveränderungen am Daumen bei Frauen in der Postmenopause sollte ebenso eine hormonelle Genese in Betracht gezogen werden. Der Pathomechanismus ist zwar noch unbekannt, doch ist erwiesen, dass die Bandlaxizität beim weiblichen Geschlecht generell höhere Werte zeigt (28) was uns ätiopathologisch zum vorherigen Punkt führt. Beschrieben ist zudem eine gewisse familiäre Häufung, da bei manchen Frauen die Rhizarthrose mit einer kongenitalen Hüftluxation vergesellschaftet auftritt (60).

Als sehr seltene Ursache ist die sogenannte „Platthand“, ein Analogon des Plattfußes, anzusehen. Es handelt sich um eine Störung im Handgefüge, wodurch es zu einer Subluxationsstellung im Trapeziometacarpalgelenk des

Daumens kommt. Dies muß ebenso als präarthrotische Deformität angesehen werden (63).

### **1.8.1.3. Die sekundär erworbene Form**

Der ätiologisch am einfachsten nachzuvollziehende Mechanismus bei der Entstehung der Rhizarthrose sind akute oder wiederholte, spezifische oder unspezifische Verletzungen in diesem Gebiet.

Dies können zum einen Verletzungen sein, welche primär den Bandapparat betreffen, oder auch Traumata der knöchernen Strukturen.

Akute oder wiederholte Luxationen oder Subluxationen im Daumensattelgelenk können zu Dehnungen oder gar Zerreissungen der kapsulären Strukturen führen. Die Pathogenese arthrotischer Veränderungen in diesem speziellen Fall ist äquivalent zur idiopathischen, angeborenen Form der Bandinstabilität.

Bei Traumata mit knöcherner Beteiligung gewinnt die Gelenkarchitektur des Sattelgelenkes bei der Entstehung der Verletzungen eine wichtige Bedeutung. Da die proximale Gelenkfläche des Os metacarpale I um 12 % größer ist als die distale des Os trapezium wirkt diese wie ein Meißel gegenüber der größeren, korrespondierenden Fläche bei entsprechendem Traumat (63). Die bekannteste und sicher verbreitetste Verletzung am Daumensattelgelenk ist die Bennett'sche Luxationsfraktur (siehe Abschnitt: Artikuläre Frakturen des ersten Strahles der Hand). Insgesamt seltener, jedoch gravierender auf Grund der Mehrfachverletzung des Gelenks ist die Rolando-Fraktur. Bei beiden Formen resultiert aus einer inadäquaten Behandlung oder inkongruenter Verheilung eine so nachhaltige Störung der Gelenkarchitektur, daß eine posttraumatische Arthrose mehr als wahrscheinlich wird.

Des weiteren ist das Daumensattelgelenk häufig vergesellschaftet mit entzündlichen Gelenkerkrankungen. Überdurchschnittlich häufig trifft man bei Vorliegen einer Heberden- oder Bouchard-Arthrose gleichzeitig eine

Rhizarthrose an (10). Die Heberden-Polyarthrose ist eine primäre Form der Osteoarthrose, welche bevorzugt die distalen Interphalangealgelenke befällt. Charakteristisch sind die etwa erbsgroßen, knorpelig-knöchernen, sogenannte „Heberden-Knoten“, die mit Hyaluronsäure gefüllte, zystenähnliche Gebilde darstellen. Die Erkrankung ist genetisch bedingt und bei Frauen, wie auch die Rhizarthrose, um den Faktor Zehn häufiger anzutreffen. Die Bouchard-Arthrose ist unklarer Ätiologie, zieht vor allem die Fingermittelgelenke in Mitleidenschaft und führt zu Kapselschwellungen der Gelenke durch eine Begleitsynovitis. Auch bei der rheumatoiden Arthritis sind Gelenkbeteiligungen des Trapeziometacarpalgelenks nicht selten. Diese ätiologisch unklare Allgemeinerkrankung des mesenchymalen Gewebes manifestiert sich meist zunächst als symmetrische Synovialitis kleiner, stammferner Gelenke. Der Verlauf ist chronisch-progredient mit ausgeprägten Schüben, selten nur ist eine Totalremission anzutreffen. Es kommt zunächst zu Schwellungen der Gelenke, dann folgt ein tumorartiges Einwachsen von proliferierendem Pannusgewebe in Gelenkknorpel und Knochen, wodurch diese Strukturen allmählich destruiert werden. Im weiteren Verlauf folgen Gelenkdeformierungen, Muskelatrophien und Tendinitiden. Die Gelenke erscheinen zunächst noch instabil, gehen aber bei Fortschreiten des Krankheitsprozesses in die Ankylosierung über .

Ebenso ist die Arthrose des Sattelgelenkes nach Sudeck'scher Dystrophie als Zeichen der Minderung der Gewebequalität beschrieben.

Letztlich kann auch die Gicht, oder die, heute selten gewordene Tuberkulose, der Wegbereiter einer Rhizarthrose sein (63).

#### 1.8.1.4. Symptome, Verlauf und Prognose

Die normale Funktion des Daumens ist untrennbar mit weitgehender Schmerzfreiheit, ausreichender Kraft und uneingeschränktem Bewegungsumfang verbunden. Diese drei Säulen der Funktion eines Gelenkes werden durch degenerative Erkrankungen nachhaltig gestört, was den Betroffenen beruflich und privat schwer behindern kann. Die Symptome einer Rhizarthrose entsprechen, generell gesagt, denen anderer Arthrosen, jedoch mit einigen sehr spezifischen Ausnahmen. Darüber hinaus wird die exakte Diagnose durch die Tatsache erschwert, daß das Trapeziometacarpalgelenk unter einer Reihe von Sehnen, Gefäßen und Nerven, sowie in enger Nachbarschaft zu anderen synovialen Gelenken liegt. Zudem ist die ulnare Hälfte des Sattelgelenkes unter der Thenarmuskulatur verborgen, so daß zum einen die Schmerzlokalisierung, zum anderen aber auch die direkte Palpation durch den Untersucher erschwert wird (20).

Der Beginn der Arthrose des Sattelgelenkes ist schleichend und wird dem Träger meist nicht bewußt. Oftmals bemerken die Patienten die Erkrankung in diesem frühen Stadium durch eine gewisse Ungeschicktheit im Umgang mit Gegenständen, welche häufig fallen gelassen werden. Früher reibungslos angewendete Handgriffe fallen den Trägern der Arthrose zunehmend schwerer. Da die weiblichen Patienten nicht selten gleichzeitig unter einem Karpaltunnelsyndrom leiden, verstärkt sich durch die Sensibilitätsstörungen im Bereich des Versorgungsgebiets des N. medianus das Gefühl der Ungeschicklichkeit (49).

Häufig klagen die Patienten zunächst über diffuse Schmerzen am proximalen Rand der Thenarmuskulatur oder der Daumenwurzel (20, 60). Sie treten in Abhängigkeit von Belastungen oder Bewegungen auf, wobei durchaus keine Schwerstarbeit nötig ist, sondern vielmehr Tätigkeiten, die den Präzisionsgriff erforderlich machen, wie zum Beispiel das Drehen eines Schlüssels im Schloß (28). Dorsale Scherkräfte oder axiale Rotation führen das Gelenk in eine Stellung in der die Hauptbelastungszonen im Druckbereich liegen und somit zu

einer erheblichen Steigerung der Schmerzen (20). Die Beschwerden sind oftmals durch Kälte oder Klimawechsel triggerbar und strahlen in das Thenar oder sogar in den Unterarm aus. Die Bewegungen in diesem frühen Stadium (Stadium I, siehe Abschnitt: Stadieneinteilung) sind nur geringgradig eingeschränkt, insbesondere wenn sie aktiv ohne Belastung oder passiv ausgeführt werden (60).

Im weiteren Verlauf kommt es durch die aktivierte Arthrose zu einer synovialitischen Kapselschwellung (Gelenkerguß), mit Überwärmung und Rötung im Bereich des Sattelgelenks. Histopathologisch betrachtet entsteht eine chronische Synovialitis (10). Dieser Reizzustand des Gelenks bezieht zunehmend das umgebende Gewebe mit ein, was die Schmerzsymptomatik noch verstärkt. Unter dem Einfluß dieser Schmerzen stagniert der Bewegungsumfang des Daumensattelgelenks progredient (36).

Bei der manuellen Untersuchung des Daumens fällt eine deutliche Krepitation im Gelenk auf, was dem Patienten starke Schmerzen bereitet. Das Gelenk erscheint stark instabil. Schmerzen sind sehr leicht durch verhältnismäßig geringen dorsoradialen Druck auf die Os metacarpal-I-Basis auslösbar. Das Gelenkreiben geht der Subluxation oder Fehlstellung meist lange voraus (60). Morphologisches Korrelat sind makroskopisch sichtbare Knorpeldefekte, welche vor allem in den palmaren Anteilen des Gelenkes zu finden sind. Diese können sich ausweiten bis hin zum völligen Fehlen der Überknorpelung (36). Der Gelenkspalt erscheint radiologisch durch Ergußbildung zunächst erweitert.

Die fortgeschrittenen Stadien der Rhizarthrose künden sich an durch eine intermittierende, progrediente Schmerzsymptomatik, welche mittels nichtsteroidaler Antiphlogistika kaum beeinflussbar sind. Es kommt zu einer synovialen Proliferation, der Gelenkerguß verstärkt sich (20). Meist sind in Höhe des Gelenkspaltes schmerzhafte Knochenvorsprünge tastbar. Subjektiv verspüren die Patienten neben den Schmerzen eine zunehmende Bewegungseinschränkung und deutliche Kraftminderung (20). Der Untersucher kann heftigste Schmerzen durch Stauchung des 1. Strahles oder durch laterales Zusammendrücken des 1. und 5. Strahles auslösen (63). Morphologisch-radiologisch ist in diesem Stadium der Erkrankung eine

Gelenkspaltverschmälerung und Sklerosierung des subchondralen Knochens nachweisbar. Nicht selten sind sogenannte Geröllzysten sichtbar.

Die in den früheren Stadien noch vorherrschende, ausgeprägte Schmerzsymptomatik nimmt bei Fortschreiten der Erkrankung unter Abnahme des Bewegungsumfanges und Zunahme der Deformität ab (60).

Bei weiterer Progredienz der Arthrose kommt es zu einer Subluxation der Os metacarpale-I-Basis, welche manuell tastbar und in den allermeisten Fällen auch sichtbar ist. Diese Fehlstellung führt zu pathologisch hohen Anpressdrücken auf die palmaren und z.T. auch ulnaren Gelenkanteile, was zu weiteren Knorpel- und auch Knochendestruktionen führt (36). Radiologisch können osteophytäre Randwucherungen oder freie Gelenkkörper nachgewiesen werden, wobei die Gelenkkörper stets in den palmaren Anteilen des Gelenkes zu finden sind und als frakturierte und in der Folge freiständig gewordene Randwucherungen zu interpretieren sind (36).

Eine entscheidende Rolle bei der Betrachtung der arthrosebedingten Fehlstellungen im Trapeziometacarpalgelenk fällt der Muskulatur zu. Physiologisch befinden sich die an den Daumengelenken wirksamen Muskeln in einem Gleichgewicht, so lange die Bewegungen nicht eingeschränkt sind. Die arthrotischen Destruktionen führen zu Veränderungen der Gelenkmorphologie und -mechanik, was letztlich die Muskulatur des Daumens in ein Ungleichgewicht bringt. Man beobachtet eine Verminderung des Querschnitts des oberflächlichen Kopfes des M. flexor pollicis brevis, wodurch es zu einer Dominanz der Mm. adductor pollicis et interosseus dorsalis I kommt. Diese muskuläre Dysbalance erzeugt die für die Rhizarthrose typische Adduktionsfehlstellung des ersten Metakarpalen. Diese Fehlstellung wird fixiert durch die Kontraktur der Mm. adductor pollicis und interosseus dorsalis I. Nach Untersuchungen von Schöneberger (68) ist es vor allen Dingen der M. abductor pollicis brevis, der nicht mehr in der Lage ist, das Muskelgefüge zu erhalten. Von besonderer Bedeutung ist die Tatsache, daß seine Sehne physiologischerweise in die Dorsalaponeurose unter Umgehung des radialen Sesambeines einstrahlt. Bei fortgeschrittener Rhizarthrose vergrößert sich der Anstellwinkel der Muskelhauptlinie zum Schaft des Os metacarpale I. Sie

kommt nun dorsal der den Extensionssegmenten des Metacarpophalangealgelenks zugehörigen Drehzentren zu liegen, hat jedoch aufgrund der festen Fixierung des Muskels an die Dorsalaponeurose keinen Bewegungsspielraum mehr nach palmar. Somit hat der M. abductor pollicis brevis seine Funktion als Beuger des MP-Gelenkes verloren und wird nun zum starken Strecker. Es resultiert eine Hyperextension des MP-Gelenks. Der Daumen nimmt in diesem späten Stadium der Arthrose eine Z-Fehlstellung ein („Bajonettstellung“, 63; „le pouce en Z“, Marie und Lérie, 1913, nach Schöneberger zitiert, 68). Der stark kraftgeminderte M. flexor pollicis brevis ist nicht mehr in der Lage in diesen Zustand regulierend einzugreifen (68). Die Fehlstellung verursacht nur so lange Beschwerden, so lange sie nicht durch Osteophytensäume, Gelenkkörper und die Muskelkontrakturen fixiert ist. Dies erklärt auch die oftmals beeindruckende Diskrepanz zwischen klinischen und radiologischen Befund und der vom Patienten subjektiv empfundenen Beschwerden (60).

Letztendlich schreitet die Erkrankung bei fehlender Therapie bis zur vollständigen Blockierung des Gelenkes in einer Fehlstellungsposition voran, was einen weitgehenden Funktionsverlust zur Folge hat. In diesen Fällen kommt es zu einer ausgeprägten Thenaratrophy, was differentialdiagnostisch an das Karpaltunnelsyndrom denken lassen muß (siehe Abschnitt: Differentialdiagnose) (10, 60).

Die Krankheit verläuft, wie schon gesagt, schleichend, tritt zumeist doppelseitig auf, wobei ihr Beginn dem Patienten selten bewußt wird. Die Beschwerden steigern sich entweder kontinuierlich oder phasenhaft und erreichen ein Maximum, welches Monate bis wenige Jahre anhält, um dann allmählich wieder zu stagnieren. Als Residuen verbleiben dem Patienten die oben beschriebenen Symptome des Endstadiums der Erkrankung, wie Versteifung des Sattelgelenks, Kraftminderung und Funktionsverlust. Die Rhizarthrose kommt in den allermeisten Fällen nach etwa 5 Jahren zum Stillstand, wobei rund ein Viertel der Patienten nach dieser Zeit an einem völligen Funktionsausfall des Sattelgelenkes leiden.

Die Prognose der Arthrose des Trapeziometacarpalgelenks ist auf lange Sicht also recht günstig, da mit zunehmender Fixierung der Beweglichkeit die Schmerzen stagnieren und viele Patienten lernen den Verlust der Daumenfunktion zu kompensieren (60).

#### **1.8.1.5. Zusammenfassung der Symptome**

- Bewegungs- und Belastungsschmerz
- Synovialitische Kapselschwellung durch Gelenkerguß
- Instabilitäten, Krepitation
- Schmerzhaftige Bewegungseinschränkung
- Entzündlicher Reiz der aktivierten Arthrose führt zu Schwellung, Überwärmung und Rötung im Bereich der Daumenwurzel
- Chronische Synovialitis
- Subluxation des Os metacarpale I nach dorsoradial bis hin zur Adduktionsfehlstellung
- Kompensatorische Hyperextension des MP-Gelenks → Z-Fehlstellung
- Blockierung des TMC-Gelenks mit Inaktivitätsatrophie der Thenarmuskulatur

#### **1.8.1.6. Die Stadieneinteilung der Rhizarthrose**

Es existieren verschiedene Modelle zur Beschreibung der Stadien der Arthrose des Sattelgelenks, jedoch ist die Einteilung nach Eaton et al. (1985, 21) die gängigste und soll deshalb hier Verwendung finden.

Nach Eaton et al. (21) sollte die röntgenologische Untersuchung des Sattelgelenks einen entscheidenden Teil der präoperativen Diagnostik bei der Behandlung der Rhizarthrose darstellen. Diese Einteilung basiert aus diesem Grund auf röntgendiagnostischen Untersuchungen.

Eaton et al. (21) unterscheiden vier Stadien der Rhizarthrose :

**Stadium I:** Wegbereiter dieses Stadiums sind Degenerationen des Gelenkknorpels. Die Gelenkkonturen erscheinen radiologisch normal, der Gelenkspalt ist aufgrund eines leichten Gelenkergusses in Verbindung mit der Bandinstabilität diskret erweitert. Dieser Zustand kann als prä-arthrotisches Stadium aufgefasst werden.

**Stadium II:** Die Gelenkflächen nähern sich allmählich, wenn auch diskret, an, wobei noch keine Destruktionen der artikulierenden Gelenkanteile sichtbar sind. Häufig sind Osteophyten oder freie Gelenkkörper nachweisbar, die jedoch kleiner zwei Millimeter sind. Die Bandinstabilität, und damit die Subluxationstendenz, nimmt zu.

**Stadium III:** Zunehmend wird eine deutliche Destruktion des Daumensattelgelenks sichtbar. Der Gelenkspalt verschmälert sich zunehmend. Es kommt zu zystischen und sklerotischen Umwandlungen im subchondralen Knochen, die Osteophyten sind größer als zwei Millimeter. Das Sattelgelenk zeigt verschiedene Grade der Subluxation. Es ist keine Beteiligung der peritrapezialen Gelenke erkennbar.

**Stadium IV:** Das Daumensattelgelenk ist weitestgehend zerstört, die Gelenkflächen kaum noch differenzierbar. Die Subluxation ist sehr ausgeprägt. Hinzu treten in diesem Stadium Veränderungen der peritrapezialen Gelenke, d.h. dieser Zustand ist gleichbedeutend mit einer pantrapezialen Arthritis.

### 1.8.1.7. Die Diagnostik der Rhizarthrose

Bei der Diagnose der Arthrose des Daumensattelgelenks kann der sogenannte „grind test“ hilfreich sein. Der Untersucher umfasst hierfür den Daumen des Patienten mit der rechten Hand, während seine linke Hand die Daumenbasis und die Handfläche fixiert. Der linke Daumen und Zeigefinger des Untersuchers liegen auf dem Sattelgelenk des Patienten. Durch eine passive Zirkumduktion mit gleichzeitiger axialer Rotation des ersten Strahls sind starke Schmerzen sowie auch meist eine fühlbare Krepitation auslösbar. Dieser Test ist in den meisten Fällen schon deutlich vor einer Subluxationsstellung des Os metacarpale I positiv (10).

Wegweisend bei der Diagnostik war bisher die Nativröntgenaufnahme. Sie zeigt die typischen Erscheinungen einer degenerativen Gelenkerkrankung wie Gelenkspaltverschmälerung, Sklerose des subchondralen Knochens mit zystischen Veränderungen, marginale Ausziehungen an den Gelenkflächen, Osteophyten verschiedener Größe und im weit fortgeschrittenen Stadium ein Auseinanderweichen der Ossa metacarpalia I und II (10).

In der Literatur sind verschiedene Standardröntgenaufnahmen beschrieben, welche die Interpretierbarkeit und Vergleichbarkeit der Ergebnisse erleichtern. Dies ist zum einen eine Aufnahme des ersten Strahles p.a., wobei die Ebene des Daumennagels der Filmebene parallel aufliegt. Um das Sattelgelenk überlagerungsfrei darstellen zu können ruht der Unterarm auf dem Röntgentisch, die Hand ist maximal proniert und somit das Hypothenar aus der Blickrichtung gedreht. Zentriert wird bei dieser Aufnahme das Os metacarpale I (14, 39)

Die zweite Aufnahme erfolgt in der sogenannten Schreibstellung der Hand, d.h. das Handgelenk wird in 45° Pronation a.p. dargestellt. Das Os metacarpale II liegt hierbei in axialer Verlängerung des Radius. In dieser Stellung ist das Os trapezium durch eine leichte Radialduktion des Daumens weit aus dem Verband der Handwurzelknochen herausgedreht, wodurch es gut abgebildet

werden kann. Diese Aufnahme zeigt zudem recht gut die Subluxationsstellung des Os metacarpale I bei fortgeschrittener Arthrose (39). Die dritte Aufnahme ist eine Funktions- oder gehaltene Aufnahme. Das Handgelenk wird a.p. in 60° Pronation mit Adduktion und Dorsalextension des Daumens dargestellt. Der Patient bewegt sodann seinen Daumen in eine maximal mögliche Adduktionsstellung bei gleichzeitiger maximale Dorsalextension, wodurch eine Gelenkflächeninkongruenz und ein Abgleiten nach radial-volar bei instabilem Kapsel-Band-Apparat erzeugt werden kann. Diese Aufnahme ist in jedem Fall erforderlich wenn eine pathologische Gelenkinstabilität nachgewiesen werden soll (14, 39). Mittels dieser drei Aufnahme ist eine exakte Darstellung des Daumensattelgelenks, des Os trapezium sowie aller peritrapezialen Gelenke möglich. Somit sind sie ebenso geeignet traumatische Schäden in diesem Bereich hinreichend darzustellen.

#### **1.8.1.8. Die Differentialdiagnosen der Rhizarthrose**

Differentialdiagnostisch müssen verschiedene Erkrankung am und um das Daumensattelgelenk in Betracht gezogen werden, welche alle rhizarthrosetypische Symptome nachahmen können.

Zunächst sollte die de Quervain'sche Tendovaginitis genannt werden, bei welcher allerdings die Druckempfindlichkeit im Normalfall etwas weiter proximal, über dem Processus styloideus radii ihr Maximum erreicht. Eine sorgfältige körperliche Untersuchung ist hier durchaus ausreichend für die Differenzierung der beiden Krankheitsbilder, da bei der Tendovaginitis keine Schmerzsymptomatik durch axiale Kompression und Rotation ausgelöst werden kann (12, 60).

Des weiteren muß die Rhizarthrose gegen das Karpaltunnelsyndrom abgegrenzt werden. Beide Erkrankungen zeigen in ihrem Verlauf eine nächtliche Schmerzverstärkung (Brachialgia parästhetica nocturna) sowie bei

längerem Bestehen eine Thenaratrophy, was die manchmal zu beobachtenden Verwechslungen erklären kann. Im besonderen bei weiblichen Patienten bestehen beide Krankheiten oft nebeneinander, was stets in Betracht gezogen werden muß. Ein Hinweis auf das Vorliegen eines Karpaltunnelsyndroms kann der Hoffmann -Tinel - Test liefern, bei welchem durch Beklopfen des über einem geschädigten Nerven liegende Hautareals, als Zeichen der beginnenden Regeneration des Achsenzylinders, eine Schmerzsymptomatik erzeugt werden kann. Wegweisend für die exakte Diagnose des Karpaltunnelsyndroms ist jedoch die Elektroneurographie (60).

Darüber hinaus können Pseudarthrosen des Os scaphoideum Symptome verursachen die denen einer Rhizarthrose ähneln. Wichtig ist aus diesem Grund die sehr sorgfältige Befundung der Röntgenbilder (12).

Neben diesen, wohl wichtigsten Differentialdiagnosen sind weiterhin noch die Styloiditis radii, ein Sehnenabriß, die Tuberkulose der Handwurzel, eine Osteomyelitis, eine Ostitis cystica Jüngling, aseptische Knochennekrosen, Tumormetastasen, radikuläre Beschwerden bei cervikaler Osteochondrose oder die sehr seltene Cheiralgia parästhetica, die Folge einer Reizerscheinung des Radialisastes bei längerem Gebrauch z.B. einer Schere ist, in Betracht zu ziehen (10, 60).

#### **1.8.1.9. Die Therapie der Rhizarthrose**

Das Therapieschema der Rhizarthrose entspricht zunächst einmal dem an den anderen Fingergelenken und sollte in erster Linie konservativ erfolgen.

#### **1.8.1.9.1. Die konservative Therapie**

Im Anfangsstadium der Erkrankungen können zunächst Therapieversuche mit physikalischen Maßnahmen, wie Fangopackungen, Infrarot- und Kurzwellenbehandlung, Lasertherapie und Iontophorese unternommen werden (10). Des Weiteren sollte versucht werden durch eine medikamentöse Intervention mit nichtsteroidalen Antirheumatika und chondroprotektiven Substanzen dem Patienten Linderung zu verschaffen. Die medikamentöse Therapie ist so lange indiziert, so lange sie eine zweifelsfrei positive Wirkung entfalten und ohne schwerwiegende, unerwünschte Wirkungen vom Patienten toleriert werden kann. In Ausnahmefällen steht bei therapieresistenten Beschwerden die intraartikuläre Injektion von Steroiden zur Verfügung, wobei sie keinesfalls in die das Gelenk umgebenden Sehnen, Gefäße oder Nerven injiziert werden dürfen. Die mehrmalige Anwendung dieser Maßnahme ist jedoch nur dann angezeigt, wenn der Patient dadurch eine langanhaltende Beschwerdelinderung erfährt (28).

Während der schmerzhaften Intervalle der meist schubweise verlaufenden Erkrankung können die Beschwerden durch die individuelle Anpassung orthopädischer Hilfsmittel und der hierdurch erreichten Schonung des Gelenkes reduziert werden (10).

Bei Persistenz der Beschwerden und Funktionsverlust des Daumens ist eine operative Intervention indiziert.

#### **1.8.1.9.2. Die operative Therapie**

Dem Chirurgen stehen mehrere operative Verfahren zur Behandlung der Rhizarthrose zur Verfügung, wobei prinzipiell chirurgische Eingriffe mit und

ohne Knochenresektion unterschieden werden können. Aus der Vielzahl von derzeit durchführbaren operativen Interventionen sollen hier nur einige wichtige Beispiele angeführt werden.

- Denervation des Trapeziometacarpalgelenks : Die Schmerzausschaltung durch Denervation ist bereits ein Standardverfahren bei Handgelenksarthrose, welches gute Resultate zeigt. Für eine effektive Behandlung der Daumensattelgelenksarthrose müssen der Ramus superficialis des N. radialis einschließlich des Ramus articularis spatii interossei und des N. cutaneus antebrachii radialis sowie die Gelenkäste des N. dorsalis proprius I und der Ramus articularis r. palmaris n. mediani durchtrennt werden (10). Ob eine Denervation des Sattelgelenks ähnlich gute Ergebnisse wie am Handgelenk zeigt ist jedoch fraglich, da bei Verbrauch des Gelenkknorpelüberzugs eine endostale Schmerzleitung resultiert, welche die Denervation umgehen würde (49).
- Kapsel- und ligamentverstärkende Eingriffe : Diese Verfahren werden hauptsächlich bei Rhizarthrosen im Anfangsstadium mit ausgeprägter Instabilität empfohlen. Eaton und Littler (1973, 19) verwendeten den mobilisierten Streifen der Sehne des M. flexor carpi radialis, zogen ihn durch ein gebohrtes Loch im Os metacarpale I und vernähten ihn am Periost. Sie konnten bei Frühstadien recht gute Ergebnisse erzielen (10,43).
- Silastik-Membran-Interposition : Mittels dieser Methode soll die endostale Schmerzleitung aufgrund aufgebrauchter Knorpelanteile durchbrochen werden, das Gelenk selbst bleibt unberührt. Durch das Einlegen einer Folie wird der Kontakt der entknorpelten Gelenkanteile verhindert. Es ist allerdings fraglich ob das eingebrachte Material dauerhaft für eine Linderung der Beschwerden sorgt oder ob es ebenfalls innerhalb kürzester Zeit aufgebraucht wird (10, 43).
- Exstirpation des Os trapezium mit Sehneninterposition : Diese Behandlung ist zu empfehlen bei progredienter Schmerzsymptomatik mit weitgehendem Verlust der Daumenfunktion. Nach Entfernung des Os trapezium wird die Sehne des M. flexor carpi radialis auf einer Länge von 12 cm halbiert und

als Interponat in den Operationsdefekt eingelegt. Die Ergebnisse sind befriedigend hinsichtlich Schmerzlinderung, Funktionsverbesserung und grober Kraft, können allerdings noch verbessert werden durch eine Kombination mit einer Bandplastik.

- Alloplastik mit Totalendoprothese : Bei dieser Technik, wie sie von de la Caffinière (1973) oder in ähnlicher Form von Zippel (zitiert nach Mannerfelt, 49) entwickelt wurde, wird eine Metallkugel, welche mit einer Polyäthylen-Schale artikuliert, fest im Os trapezium verankert. Der Vorteil dieser Endoprothese soll in einer ausreichenden Luxationssicherheit bei Schmerzfreiheit, guter Beweglichkeit und Kraft liegen. Nach abgeschlossener Wundheilung kann mit Bewegungsübungen begonnen werden, es sollen jedoch Tätigkeiten die eine dauerhaften Griff verlangen, sowie Tätigkeiten mit häufigen Erschütterungen vermieden werden, da dies zu Lockerungen der Prothesen führen kann. Die Totalendoprothese sollte nur bei isolierter Arthrose des Trapeziometacarpalgelenkes zum Einsatz kommen, da bei gleichzeitig bestehender Arthrose des Scaphotrapezoidtrapezialgelenks (STT-Gelenks) oftmals die Durchblutung des Os trapezium stagniert und so ebenfalls einer Prothesenlockerungen der Weg geebnet wird. (10, 49).
- Resektionsarthroplastik mit Silasticinterponat : Das am häufigsten verwendete Interponat ist das Silasticimplantat nach Swanson. Nach vollständiger Entfernung des Os trapezium wird der Operationsdefekt mit der Prothese rekonstruiert und eine Kapselplastik durchgeführt, um die Luxationsgefahr zu verringern. Auch bei dieser Technik darf keine Panarthritits vorliegen. Die Ergebnisse erscheinen befriedigend hinsichtlich Schmerzfreiheit und Funktionalität des Daumens. (43, 49).
- Arthrodesse des Sattelgelenkes : Die Versteifung des TMC-Gelenkes ist vor allen Dingen indiziert bei Patienten, die ein hohes Maß an Stabilität für einen festen Griff benötigen und die daraus resultierende Minderung der Beweglichkeit tolerieren können. Dies betrifft vornehmlich jüngere Patienten, z.B. mit Zustand nach inadäquat versorgter Bennett-Luxationsfraktur und posttraumatischer Rhizarthrose. Die Resultate nach Arthrodesse sind gut im

Bezug auf Schmerzlinderung und Stabilität. Viele Patienten berichten über eine erhebliche Steigerung der groben Kraft. Andererseits werden Präzisionsarbeiten schwieriger und oftmals haben auf diese Art versorgte Patienten Probleme die Hand durch Engpässe zu führen (13, 67).

- Sehneninterpositionsarthroplastik mittels eines Teils des M. flexor carpi radialis: Hierbei wird ein Teil des Os trapezium entfernt, der Sehnenteil durch ein Loch im Os metacarpale I gezogen und das Interponat im Gelenkspalt plaziert. Dieses Verfahren welches auf Eaton und Glickel (21) zurück geht, wird in erster Linie für Patienten mit Rhizarthrose im Stadium III empfohlen. Ein Großteil der Patienten profitiert durch die Linderung der Schmerzen und die zunächst deutliche Besserung des Bewegungsumfangs. Relativiert werden diese positiven Ergebnisse durch die drohende Proximalisierung des ersten Strahls durch eine muskelzugbedingte Kompression des Interponats. Hierdurch wird im Extremfall vor allem die Oppositionsbewegung eingeschränkt und somit der Nutzen des Eingriffs stark in Frage gestellt (21).

## **1.8.2. Artikuläre Frakturen des ersten Strahles der Hand**

### **1.8.2.1. Die Bennett'sche Luxationsfraktur**

Die Bennett Luxationsfraktur ist definiert als intraartikuläre Schrägfraktur der Basis des Os metacarpale I. Sie entsteht durch eine axiale Stauchung des adduzierten Daumens. Hierbei verbleibt ein annähernd dreieckiges Fragment durch die rigide Fixierung des Ligamentum trapeziometacarpale und der Ligg. metacarpalia interossea an seiner anatomischen Stelle medio-volar, wogegen

der frakturierte Schaft durch den Zug des M. abductor pollicis longus nach proximal-radial disloziert wird.



Abb. 54: Die Bennett'sche Luxationsfraktur

1 = Lig. metacarpale dorsale I

2 = Lig. trapeziometacarpale

3 = Sehne des M. abductor pollicis longus

Pfeil = Markiert die Zugrichtung des Muskels

In obiger Zeichnung ist die Normalstellung des Os metacarpale I im Hintergrund zu sehen. Die beiden eingezeichneten Bänder halten das Fragment in seiner Position.

Bei guter Reposition unter Längszug in Abduktion und leichter Palmarduktion des Daumens und gleichzeitigem dorso-radialen Druck auf die Basis des Os metacarpale I kann ein Therapieversuch im Gipsverband unter Röntgenkontrolle unternommen werden. Allgemein empfiehlt sich jedoch aufgrund der Redislokationstendenz des Fragments die operative Einrichtung und Fixierung durch Zugschrauben- oder Kirschner-Draht-Osteosynthese. Die exakte Behandlung der Bennett Fraktur ist erforderlich, da eine insuffiziente

Wiederherstellung der Gelenkflächen des Daumensattelgelenks pathogenetisch mit der Entwicklung einer Rhizarthrose in Verbindung steht.

#### **1.8.2.2. Die Rolando-Fraktur**

Ihr Entstehungsmechanismus ist dem der Bennett'schen Fraktur ähnlich, allerdings entstehen zwei Fragmente, mit dementsprechend zwei in den Gelenkspalt einstrahlenden Frakturlinien, weshalb sie auch als Y- oder T-Fraktur bezeichnet wird.

Es sind jedoch auch mehrere Fragmente möglich. Diese Fraktur sollte in jedem Fall operativ versorgt werden. Es empfiehlt sich eine Fixation mittels einer Plattenosteosynthese, falls das medio-volare Fragment ausreichend groß ist um gefasst zu werden. Gegebenenfalls kann auch eine Versorgung mittels Kirschner-Drähten indiziert sein.

#### **1.8.3. Bandverletzungen des Metacarpophalangeal- und Trapeziometacarpalgelenks**

##### **1.8.3.1. Die ulnare Kollateralbandruptur - der „Ski-Daumen“**

Die Ruptur des ulnaren Kollateralbandes am MP-Gelenk ist eine häufige Verletzung, die jedoch oftmals übersehen, fehlinterpretiert oder nicht entsprechend behandelt wird.

Der im englischen Sprachraum gebräuliche Ausdruck „game-keeper's thumb“ („Wildhüterdaumen“) wird oftmals fälschlicherweise synonym verwandt, bezeichnet jedoch eine ligamentäre Instabilität, welche nicht das Ergebnis eines Traumas ist, sondern vielmehr als Folge einer chronischen Überdehnung des Ligaments entsteht.

Die meisten Patienten, die diese Verletzung zeigen, sind junge, sportlich aktive Menschen, welche frühzeitig den Arzt zwecks Abklärung der Beschwerden konsultieren. Verzögerungen in der adäquaten Behandlung ergeben sich daher meist aus der Unzulänglichkeit des Untersuchers die richtige Diagnose zu stellen und dementsprechend die Therapie einzuleiten. Die häufigste Fehldiagnose die bei der ulnaren Kollateralbandruptur gestellt wird, ist die einer einfachen Bandüberdehnung.

Die Patienten berichten auf die Frage des Unfallherganges meist eine Dehnung in radialer oder ulnarer Richtung, welche häufig mit einer Hyperextension oder Rotation verbunden war. Ein typischer Unfallmechanismus, welcher der ulnaren Kollateralbandruptur den Namen „Ski-Daumen“ einbrachte, ist ein Hyperabduktionstrauma, bei dem der Daumen in der Schlaufe des Skistockes hängenbleibt.

Die klinische Untersuchung zeigt meist eine lokale ulnarseitige Druckempfindlichkeit über dem MP-Gelenk, verbunden mit einer Schwellung aufgrund eines Gelenkergusses. Die Patienten klagen über eine schmerzhafteste Bewegungseinschränkung. Das Gelenk erscheint bei der manuellen Untersuchung ulnar instabil.

Der Röntgenbefund ist meist negativ, jedoch lässt sich in einigen Fällen eine knöcherner Beteiligung in Form eines Ausrisses nachweisen, was eine radiologische Untersuchung in jedem Fall rechtfertigt. Bevorzugt Anwendung sollten gehaltene Aufnahmen bei ulnarem Stress im Vergleich zur Gegenseite finden.

Die Therapie sollte bei folgenden Befunden operativ erfolgen :

- Bei der klinischen und radiologischen Untersuchung signifikante Instabilität im MP-Gelenk
- Vorliegen eines dislozierten knöchernen Bandausrisses

- Gelenkbeteiligungen jeder Art

In einigen Fällen genügt eine Transfixation mittels eines Kirschner-Drahtes. Ist das Band stark zerstört oder extrem disloziert empfiehlt sich die Durchführung einer Ligamentrekonstruktion mittels eines Teils einer dort verlaufenden Sehne durch ein Borloch am Os metacarpale I und Befestigung an der proximalen Phalanx. Hierbei stehen u.a. die Sehne des M. flexor pollicis brevis (Technik nach Strandell) oder die Sehne des M. abductor pollicis longus (Technik nach Johansen) zur Verfügung.

Da die korrekte Funktion des MP-Gelenkes nur bei intaktem Kapsel-Band-Apparat gegeben ist, sollte die operative Versorgung der ulnaren Kollateralbandruptur das Mittel der Wahl bei der Behandlung dieser Verletzung sein.

Die Ruptur des radialen Kollateralbandes ist weitaus seltener. Diese Verletzung wird auch als „Golfer-Daumen“ bezeichnet. Diagnostik und Therapie entsprechen der der ulnaren Kollateralbandruptur.

#### **1.8.3.2. Die palmare Instabilität des Metakarpophalangealgelenks**

Diese ist Folge eines Hyperextensionstraumas, wobei meist ein Sturz, seltener ein Ballspiel als Mechanismus beschrieben wird. Die Klinik ist meist eindeutig, so daß die Patienten selbständig den Arzt konsultieren. Nachweisen läßt sich die Läsion mittels gehaltener Aufnahmen.

Auch beim Vorliegen einer kompletten palmaren Instabilität wird zunächst eine konservative Therapie in Form eines Unterarmgipsverbandes mit Daumeneinschluß in mittlere Beugestellung aller Gelenke über drei Wochen empfohlen (58).

#### **1.8.4. Die Luxation des Trapeziometacarpalgelenks**

Die Luxation des Daumensattelgelenks erfolgt meist in dorso-radialer Richtung. Entprechend der Luxationsrichtung zereissen hierbei überwiegend die Ligg. carpometacarpale dorsoradiale et obliquum posterius. Bei sehr schweren Luxationstraumen ist zusätzlich auch das Lig. metacarpale dorsale I in Mitleidenschaft gezogen, welches einen Großteil der Stabilität im Sattelgelenk trägt (siehe Abschnitt: Anatomie). Die Diagnostik ist insofern leicht, da das Gelenk häufig in dieser Stellung verbleibt und deshalb im frischen Zustand unter Längszug in Abduktionsstellung reponiert werden muß. Dennoch sollte in jedem Fall eine gehaltene Aufnahme im Seitenvergleich angefertigt werden um die Verdachtsdiagnose zu sichern. Da jegliche Gelenkinstabilitäten den Weg zur Arthrose des TMC-Gelenkes bereiten empfiehlt sich stets eine perkutane temporäre Transfixation mit Kirschner-Drähten um das Repositionsergebnis zu sichern. Anschließend wird der Daumen im Gipsverband für sechs Wochen immobilisiert (30).

## II. Material und Methodik

### 2.1. Das Untersuchungsmaterial

Für unsere Untersuchungen standen uns 32 formalinfixierte Unterarm-Hand-Paare des Anatomischen Instituts der Philipps-Universität Marburg und 20 frische, kryokonservierte Unterarm-Hand-Präparate, welche uns freundlicherweise von der Firma 3M® bereitgestellt wurden, zur Verfügung. Alle Präparate wurden mittels konventioneller Röntgenaufnahmen, in a.p. und seitlicher Aufnahme, radiologisch voruntersucht um schon bestehende Gelenkdestruktionen beurteilen zu können und sie mit den späteren Arthroskopiebefunden in Relation setzen zu können, bzw. sie wegen zu gravierender Vorschäden von den Untersuchungen ausschliessen zu können.



Abb. 55: Röntgenbild eines kryokonservativen Präparats (ohne Anzeichen einer degenerativen Veränderung)

Die insgesamt 32 formalinfixierten Präparate dienten uns zu anatomischen Voruntersuchungen, welche Grundlage der Bestimmung der Lage der Zugangswege zu den peritrapezialen Gelenken waren.

Die Arthroskopie der Gelenke des ersten Strahles wurde an den 20 kryokonservierten Frischpräparaten durchgeführt, welche anschließend ebenfalls präparatorisch untersucht wurden.

## **2.2. Das Instrumentarium für die anatomischen Präparationen**

Für die anatomische Aufarbeitung der Handpräparate ist lediglich ein feines chirurgisches Besteck bestehend aus folgenden Komponenten nötig:

- 1 feine Pinzette chirurgisch + 1 feine Pinzette anatomisch
- Einmalskalpelle der Größe 10 & 11
- 1 feine Schere
- mehrere feine Sonden
- spezielle Tasthaken
- Phenoxetol-Lösung /Wasserstoffperoxid-Lösung
- mehrfarbige Markierungen

## **2.3. Das Instrumentarium für die Arthroskopie der peritrapezialen Gelenke**

Folgende instrumentelle Ausstattung ist Voraussetzung für die Durchführung der experimentellen Arthroskopie der peritrapezialen Gelenke sowie des MP-Gelenks:



mittels des Shavers entfernt werden. Hierfür wird von uns ein handelsüblicher Shaver mit einem Dyonics® Full radius, 2,0 mm-Aufsatz ausgestattet, wodurch die meisten synovialen Wucherungen entfernt werden können. Darüber hinaus kann der Shaver auch für eine arthroskopisch kontrollierte Gelenkflächenabrasio zur Vorbereitung der artikulierenden Gelenkanteile auf eine Therapie eines möglichen Befundes verwendet werden. Hierbei kommt ein Dyonics® 2,9 mm Abrader-Aufsatz zum Einsatz .

- Arthroskopieturm: Dieser verfügt, neben der Betriebseinheit für Optik und Shaver, über einen Bildschirm, eine Spülpumpe, einen Videorekorder sowie einen Farbdrucker für das direkte Anfertigen intraartikulärer Bilder.
- Kleines chirurgisches Instrumentarium: Dieses setzt sich zusammen aus Stichskalpell (Größe 11), einer kleinen Schere, einer kleinen chirurgischen Pinzette sowie speziellen Arthroskopieinstrumenten wie speziellen Tasthaken, Faßzangen und Scheren.
- Haltevorrichtung für die Handpräparate: Speziell für diese Anwendung wurde eine Haltevorrichtung angefertigt, die ein günstiges Arbeiten ermöglicht (s.u.).

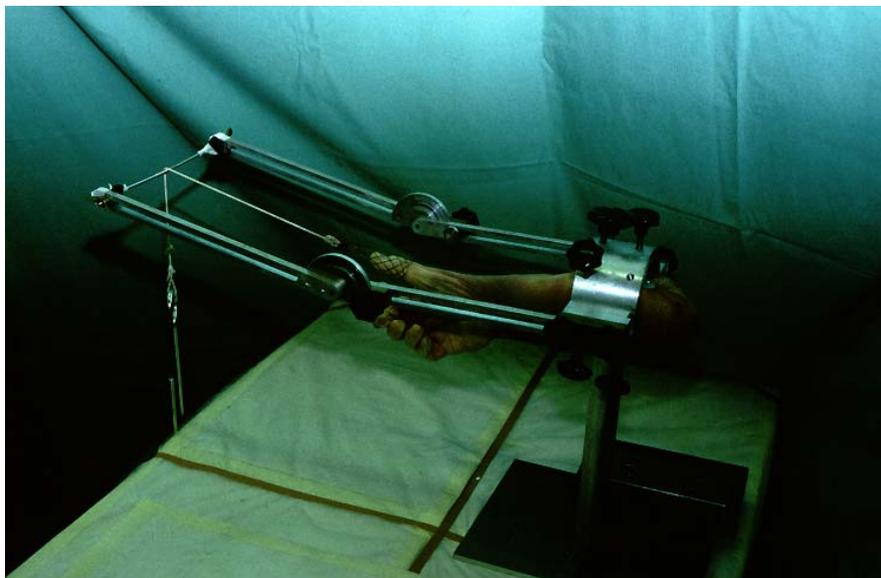


Abb. 57: Haltevorrichtung zur Präparation und Arthroskopie

## **2.4. Methodik**

### **2.4.1. Anatomische Voruntersuchungen der formalinfixierten und krykonservierten Präparate**

Es werden 32 formalinfixierte und 20 krykonservierte Handpräparate anatomisch aufgearbeitet um eine exakte Übersicht der physiologischen und pathologischen Anatomie der menschlichen Hand, sowie der möglichen Variationen in diesem Gebiet zu erhalten. Beide Präparattypen werden aus Gründen der Standardisierung auf die gleiche Art präparatorisch aufgearbeitet, mit dem Unterschied, daß die krykonservierten Hände als Unterarm-Hand-Präparate vorlagen und somit nicht von einem Korpus abgetrennt werden mußten. Der zunächst beschriebene Arbeitsschritt der Präparatgewinnung durch Exartikulation gilt also nur für die formalinfixierten Leichenpräparate. Die folgenden Arbeitsschritte hingegen sind identisch.

Vor Beginn der eigentlichen Präparation müssen die Hände von den Leichen getrennt werden. Die Entfernung erfolgt durch eine Exartikulation im Ellenbogengelenk, so daß komplett erhaltene Unterarm-Hand-Präparate entstehen. Jede Präparation wird mittels eines elliptisch geführten Schnitts, beginnend im radialen Handwurzelbereich (siehe Abb. 58) begonnen und somit zugleich der Startpunkt festgelegt, da die Präparationen stets von proximal nach distal ausgeführt werden.



Abb. 58: Hautpräparation

Zunächst werden allen Präparate von Haut und Unterhautfettgewebe befreit.

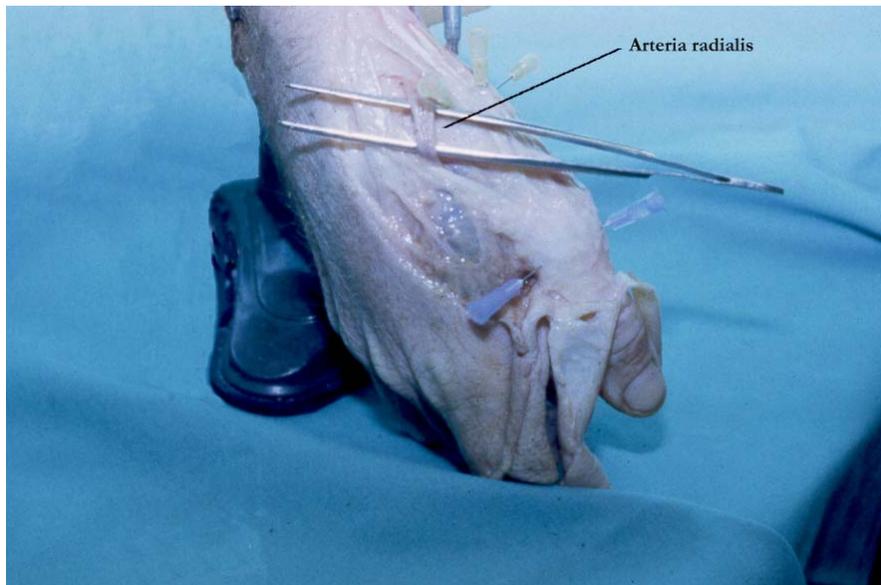


Abb. 59: Präparation der Arteria radialis

Hierfür wird die proximale Hautkante mit einer chirurgischen Pinzette angehoben und mit der stumpfen Seite eines Skalpells die Haut von der Unterhaut abgetrennt. Die korrekte Schicht ist eindeutig zu identifizieren indem man die entfernte Haut von innen betrachtet. Die Koriumzotten müssen als kleine, zur Oberfläche gerichteten Aussparungen zu erkennen sein. Das Unterhautfettgewebe befindet sich noch als gelb-weiße, amorphe Masse auf dem Präparat. Es muß durch zarte Streichbewegungen mit der stumpfen Kante einer Pinzette vorsichtig entfernt werden. Hierbei ist streng auf die Schonung oberflächlicher, relevanter Strukturen, wie Nerven und Gefäße, zu achten. Um alle sichtbaren Strukturen exakt zu erfassen werden nach jedem Präparationsschritt die Bestandteile der freipräparierten Gebiete identifiziert und eventuelle Besonderheiten dokumentiert.

Im Anschluß an die Dokumentation werden die für unsere Untersuchungen nicht relevanten Strukturen aus Gründen der Übersichtlichkeit abgesetzt. Nun können die oberflächlichen und tiefen Unterarmmuskeln in ihrem Ursprungsgebiet abgesetzt, ihr Verlauf bis zu ihrem Ansatzpunkt nachvollzogen und anschliessend entfernt werden. Der Verlauf und die Abgänge der A. radialis werden in ihrer Gesamtheit dargestellt und dokumentiert. Da im besonderen Gefäße und Nerven an den Extremitäten starken Schwankungen in ihrem Auftreten unterliegen ist bei diesen Strukturen auf das Vorhandensein von Variationen zu achten. Darüber hinaus werden die für die Versorgung des Thenars wichtigen Nerven, der Nervus radialis und der Nervus medianus in ihrem gesamten Verlauf am distalen Unterarm exakt dargestellt.

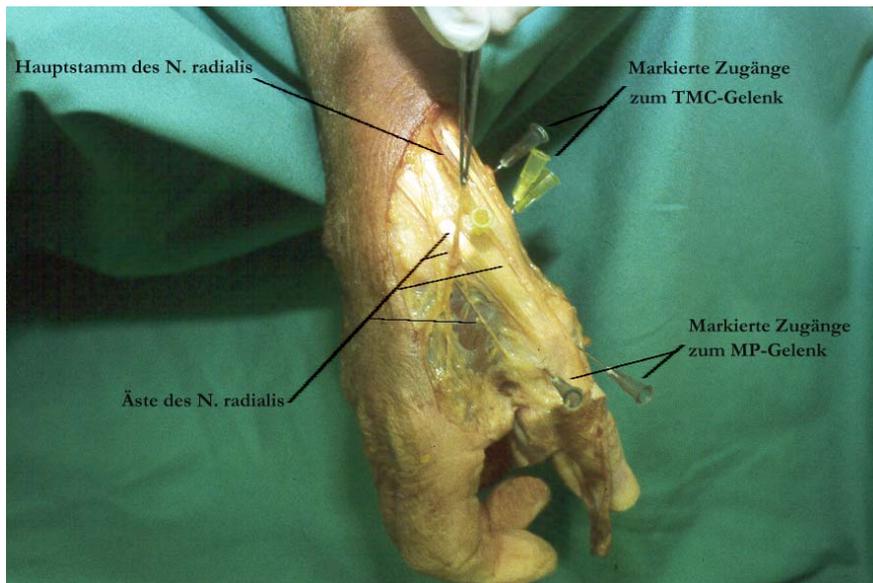


Abb. 60: Präparation des Nervus radialis

Unsere anatomischen Beobachtungen sind im Kapitel „Anatomische Grundlagen“ ausführlich dargestellt. Nach abgeschlossener Präparation des Unterarms können wir nun das Augenmerk auf die genaue Untersuchung der Hand richten. Nach Entfernung von Haut und Unterhaut kann auch hier mit der Präparation der Muskulatur begonnen werden.

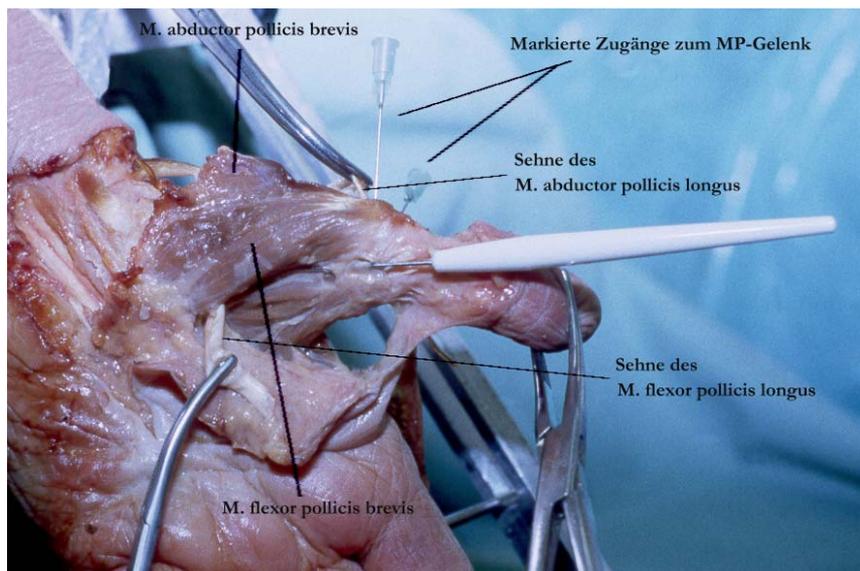


Abb 61: Präparation der Muskulatur

Zunächst wird der oberflächlichste Muskel des Thenar, der M. abductor pollicis brevis an seinem Ansatzpunkt am lateralen Sesambein und an der Phalanx proximalis I abgesetzt und bis zu seinem Ursprung am Os scaphoideum und am Retinaculum flexorum vom darunterliegenden Gewebe abgehoben. Es folgt die Ablösung des M. flexor pollicis brevis, der mit seinen beiden Köpfen über das radiale Sesambein an der Phalanx proximalis I ansetzt, bis zu seinen Ursprüngen am Retinaculum flexorum und den Ossa trapezium, trapezoideum, capitatum und metacarpale I. Nun kann der M. opponens pollicis entfernt werden. Er entspringt am Os trapezium und dem Retinaculum flexorum und zieht zum Os metacarpale I. Um das Trapeziometacarpalgelenk von allen Seiten inspizieren zu können ist es sinnvoll die Mm. interossei und lumbricales ebenfalls von proximal nach distal abzusetzen.

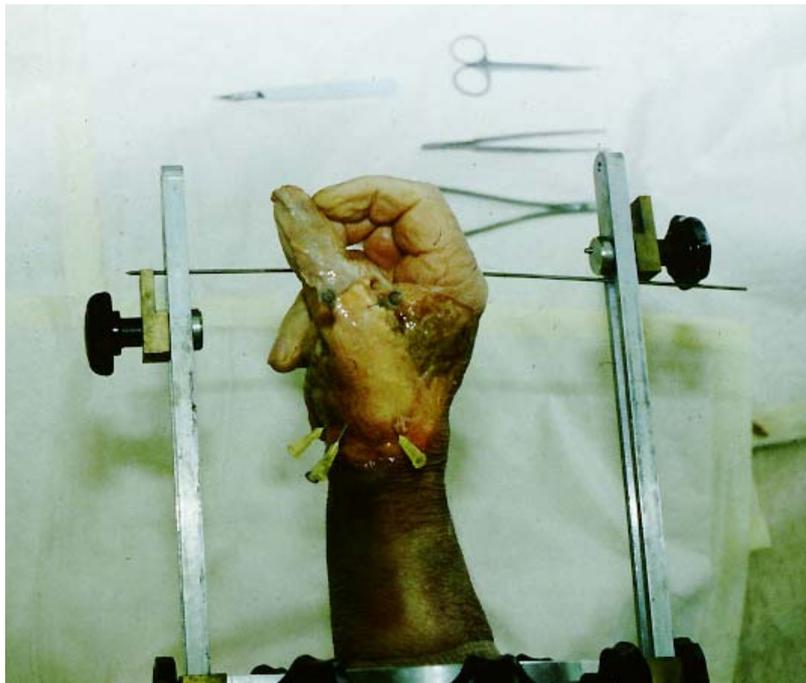


Abb. 62: Handpräparat, Haut entfernt

Nach dem Entfernen der gesamten Muskulatur liegt nun der Kapsel-Band-Apparat des Sattelgelenks gut beurteilbar vor.

Er erscheint zunächst als homogenes, wenig differenziertes Gebilde. Der exakte Verlauf der einzelnen Faserzüge wird erst eindeutig sichtbar, wenn man diese durch vorsichtige Präparation mit der stumpfen Seite eines Skalpell (Größe 11) von der Gelenkkapsel trennt.



Abb. 63: Präparat des Kapsel-Band-Apparates am Daumensattelgelenk

Das anschließende Bestreichen der Bänder mit Phenoxetol-Lösung, welche uns freundlicherweise vom anatomischen Institut der Philipps-Universität zur Verfügung gestellt wurde, führt zu einem Quellungsvorgang, der die Bänder deutlich vom umgebenden Gewebe abhebt. Hilfreich zur Identifizierung der ligamentären Strukturen des STT-, TMC- und MP-Gelenks ist es zudem die Gelenke durchzubewegen, wodurch die Ausrichtung der Bänder deutlicher hervortritt.

Alle identifizierbaren Bänder werden so dargestellt und deren Ursprung, Verlauf und Ansatzpunkt exakt ermittelt und dokumentiert.

Dargestellt werden bei diesen anatomischen Voruntersuchungen stets alle muskulären Strukturen sowie ihre Sehnen, die A. radialis und ihre Äste, der R.

superficialis des Nervus radialis und seine Äste, die Venen in diesem Gebiet sowie sämtliche Kapsel-Band-Strukturen des Trapeziometakarpalgelenks des Daumens.

Im Anschluß wird jeweils ein Kirschner-Draht (Größe 10) in Neutralstellung des Gelenks im 90°-Winkel zur Achse des ersten Strahles und parallel zueinander durch das Os trapezium (und Teile der Handwurzel) und das Os metacarpale I geführt. Wichtig ist hierbei, daß der proximale K-Draht in der Handwurzel fixiert ist und nur der distale beweglich ist. Anhand dieses Versuchsaufbaus werden ausgehend von einer definierten 0-Stellung, die Grundbewegungen (Abduktion, Adduktion, Opposition) des ersten Strahles simuliert und die Involvierung der einzelnen Bänder qualitativ festgestellt. Die 0-Stellung ist definiert als Zustand kompletter Relaxation des Bandapparates am Daumensattelgelenk. Im Anschluß daran werden die einzelnen Bänder nach einem vorgegebenen Schema durchtrennt und die dadurch erzeugte Instabilität überprüft. Alle Ergebnisse werden im Bild festgehalten.

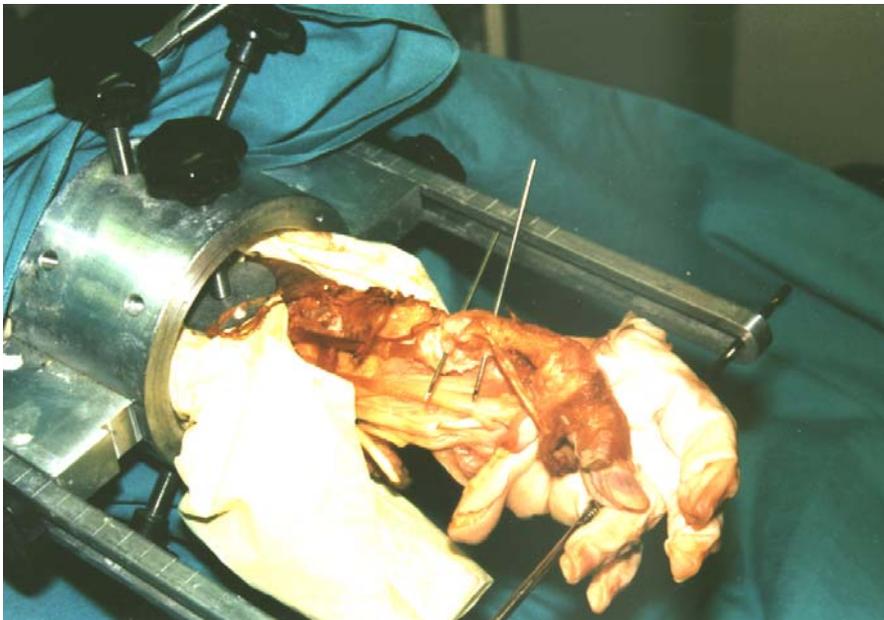


Abb. 64: Vorbereitung der kinetischen Versuche, K-Drähte plaziert

## 2.4.2. Die experimentelle Arthroskopie der Gelenke des ersten Strahles

### 2.4.2.1. Anatomische Orientierungspunkte

Bevor mit der Arthroskopie begonnen werden kann muß sich der Untersucher über die anatomischen Gegenbenheiten Klarheit verschaffen. Es ist hilfreich einige wichtige Orientierungspunkte sicher zu identifizieren und diese zu markieren.

#### TMC-Gelenk

- **Processus styloideus radii:** Dieser Punkt ist in der Mehrzahl der Fälle recht einfach zu tasten und bietet eine gute erste Orientierung, da das Daumensattelgelenk in direkter Verlängerung des Griffelfortsatzes zu finden ist.
- **Sehne des M. extensor pollicis longus:** Sie liegt am distalen Unterarm direkt radial des Tuberculum dorsale radii (Listeri) und repräsentiert die ulnare Begrenzung der Fovea radialis
- **Sehne des M. extensor pollicis brevis:** Sie repräsentiert die radiale Begrenzung der Fovea radialis.
- **Sehne des M. abductor pollicis longus:** Unmittelbar radial ihres tastbaren Ansatzgebietes ist der Gelenkspalt des Sattelgelenkes gut, besonders bei gleichzeitigen Daumenbewegungen, zu tasten.
- **Fovea radialis („Tabatière“, frz. Schnupftabakdose):** Dies ist die Vertiefung, welche bei Extension & Abduktion des Daumens zwischen den Sehnen der Mm. extensores pollicis longus et brevis entsteht. In ihrer Tiefe ist der Puls der A. radialis, Os scaphoideum sowie der Gelenkspalt des Sattelgelenkes tastbar.

## **MP-Gelenk**

Da das MP-Gelenk nicht über einen starken Weichteilmantel verfügt genügen als Orientierungspunkte die Sehne des M. extensor pollicis longus, sowie der von allen Seiten gut tastbare Gelenkspalt.

### **2.4.2.2. Vorbereitung und Aufbau der experimentellen Arthroskopie der peritrapezialen Gelenke**

Die kryokonservierten Frischpräparate müssen zuerst bei Raumtemperatur über etwa 12 Stunden aufgetaut werden bevor sie eine für die Arthroskopie adäquate Temperatur erreicht haben. Zunächst werden die Hände in einer eigens für diesen Zweck angefertigten Haltevorrichtung befestigt. An den Daumen wird ein „Mädchenfänger“ angelegt und ein Zugbelastung von zwei Kilogramm eingerichtet. Es empfiehlt sich nun die relevanten Strukturen im distrahierten Zustand zu ertasten, da es durch die Zugbelastung zu einer Verschiebung der Haut gegenüber den Sehnen, Bändern und Gefäßen kommt.



Abb. 65: Aufbau und Instrumentarien der experimentellen Arthroskopien

Falls nötig können hierbei die oben beschriebenen Orientierungspunkte hilfreich sein. Ertastet und nachfolgend markiert werden müssen die Sehnen der *Mm. extensores pollicis longus, brevis et abductor pollicis longus*, die *Arteria radialis* sowie die Lage des Gelenkspaltes. Dieser lässt sich erheblich leichter bei gleichzeitiger Durchbewegung des Daumens lokalisieren. Nun werden die Zugangswege zu den peritrapezialen Gelenken gemäß dem erarbeiteten Schema, in Relation zu den palpatorisch erhobenen anatomischen Zusammenhängen, eingezeichnet. Jetzt wird eine handelsübliche Kanüle (*Sterican®*) über den dorsalen Zugangsweg zum TMC-Gelenk in den Gelenkspalt eingeführt.



Abb. 66: Injektion von Flüssigkeit in das TMC-Gelenk

Bei der Einstichrichtung ist zu beachten, daß das Daumensattelgelenk im Vergleich zur Horizontalebene nach vorn-seitlich-unten gekippt liegt (72). Die Kanüle sollte ohne aufgesetzte Spritze eingeführt werden, da dies dem Untersucher ein besseres Gefühl für die Lage der Spitze vermittelt. Durch Bewegung der Kanüle ist es möglich ihre korrekte Position im Gelenkspalt zu eruieren. Nach der Prüfung der sicheren intraartikulären Lage der Injektionsnadel werden etwa ein bis zwei Milliliter NaCl-Lösung instilliert. Die Auffüllung des Gelenkes ist an der konvexen Vorwölbung der Gelenkkapsel zu erkennen. Die Kanüle kann nun entfernt werden.

Die Punktion der Zugänge erfolgte stets von dorsal nach palmar. Wie im Bild 64 zu sehen wurde von uns ebenfalls eine primäre Injektion über den radialen Zugangsweg erprobt, was sich jedoch nicht bewährte. Der Injektionskanal wird jetzt durch eine längsverlaufende Stichinzision (Skalpell Größe 11) von etwa zwei Millimeter Länge unter ständigem Anheben der Haut, um die Verletzungsgefahr für darunter liegende Strukturen zu reduzieren, erweitert. Es muß streng darauf geachtet werden, daß nur die Haut von der Inzision erfaßt wird, da ein tieferer Schnitt die Gefahr der Verletzung feiner Nervenäste oder sogar Sehmenteile in sich birgt.



Abb. 67: Stichinzision über dem dorsalen Zugang

Diese Schnittlänge sollte den Wert von zwei Millimetern nicht übersteigen, da auf diese Weise eine allzu starker Flüssigkeitsaustritt entlang des Arthroskopenschafts während der Gelenkspiegelung zu vermeiden ist. Nun wird mittels einer kleinen Schere unter spreizenden Bewegungen über den Stichkanal stumpf in die Tiefe bis an den Kapsel-Band-Apparat heranpräpariert und dieser

anschließend vorsichtig penetriert. Hierdurch können die Strukturen in diesem Bereich, wie Nerven, Gefäße oder Sehnen zur Seite gedrängt, und auf diese Art geschont werden. Nach Penetration der Gelenkkapsel quillt das instillierte NaCl als Zeichen der korrekt intraartikulären Lage aus dem Stichkanal hervor.

Jetzt kann unter vorsichtigen rotierenden Bewegungen der, mit einem stumpfen Trokar versehene, Arthroskopenschaft in den Gelenkspalt eingeführt werden.



Abb. 68: Trokar im dorsalen Zugang

Auch hier ist bei der Einführungsrichtung die Lage des Daumensattelgelenks im Raum zu beachten um eine möglichst geringe Traumatisierung des Gelenks und des umliegenden Gewebes zu gewährleisten. Der Kapselwiderstand eines intakten Kapsel-Band-Komplexes ist zwar mit dem stumpfen Trokar nicht einfach zu überwinden, doch sollte in jedem Fall von der Verwendung eines spitzen Trokars abgesehen werden, da dies das Risiko irreversibler Knorpelläsionen birgt. Der Untersucher spürt das Eindringen in den Gelenkspalt durch einen Ruck. Die Beweglichkeit der korrekt intraartikulär liegenden Trokarspitze ist deutlich an der plötzlich verbesserten Beweglichkeit erföhlbar. Anschließend wird der Trokar entfernt und die Optik (Dyonics® 30°-Optik, 1,9 mm) kann über die Schleuse in das Gelenk eingeföhrt werden. Eine

Rollenpumpe zur Gelenkspülung und –absaugung wird mit dem System verbunden und ein Spüldruck von 100 mmHg eingestellt. Dieser Wert sollte während der gesamten Spiegelung nicht überschritten werden, da sonst mit ausgeprägten Gewebsödemen gerechnet werden muß.

#### **2.4.2.3. Durchführung der experimentellen Arthroskopie der peritrapezialen Gelenke**

Beginnend vom dorsalen Zugang aus kann sich der Untersucher einen Überblick über den Gelenkraum des TMC-Gelenkes verschaffen. Ist das Instrument über den dorsalen Zugang in das Gelenk eingeführt und seine korrekte Lage arthroskopisch gesichert, kann mit der Penetration der anderen beiden Zugangswege begonnen werden, wobei per Diaphanoskopie die Lage des Gelenkspaltes leicht identifizierbar ist.

Um den gesamten Gelenkraum inspizieren zu können ist ein Wechsel der Zugangswege notwendig, wobei das Vorgehen bei den anderen Zugängen dem eben beschriebenen entspricht.

Es ist empfehlenswert eine bestimmte Systematik bei der Inspektion des Gelenkraumes einzuhalten und zur Dokumentation der Befunde die artikulierenden Teile von Os trapezium und Os metacarpale I in vier Quadranten einzuteilen. Das Arthroskop sollte zur besseren Orientierung so ausgerichtet werden, daß das Videobild mit den tatsächlichen anatomischen Gegenbenheiten in Deckung gebracht werden kann, d.h. das Os metacarpale sollte oben im Bild zu sehen sein und das Os trapezium unten.

Die Inspektion beginnt vom dorsalen Zugang aus an den beiden radialen Quadranten des Os trapezium, über die zentralen Anteile hinweg zu den beiden ulnaren Quadranten. Der Untersucher sollte stets bedenken auch die

abschüssigen Teile der sattelförmigen Gelenkfläche mit den Bereichen zu inspizieren, in denen die Kapsel mit dem Knochen in Verbindung steht. In gleicher Weise kann die Gelenkfläche des Os metacarpale I untersucht werden. Durch den Wechsel der Zugangswege ist es nun möglich alle Teile des Gelenks einzusehen.



Abb. 69: Arthroskop im dorsalen Zugang

Für eine präzise Inspektion einer Gelenkfläche wurden etwa 3 Minuten benötigt.

Falls die Beobachtungen optisch allein nicht zu verifizieren sind, steht dem Untersucher offen über einen zweiten Zugangsweg einen Tasthaken einzuführen und so die ligamentären Strukturen auf ihre Unversehrtheit hin zu untersuchen oder Knorpeldefekte zu ertasten, bzw. den Zustand der Knorpeloberfläche palpatorisch zu erfassen.

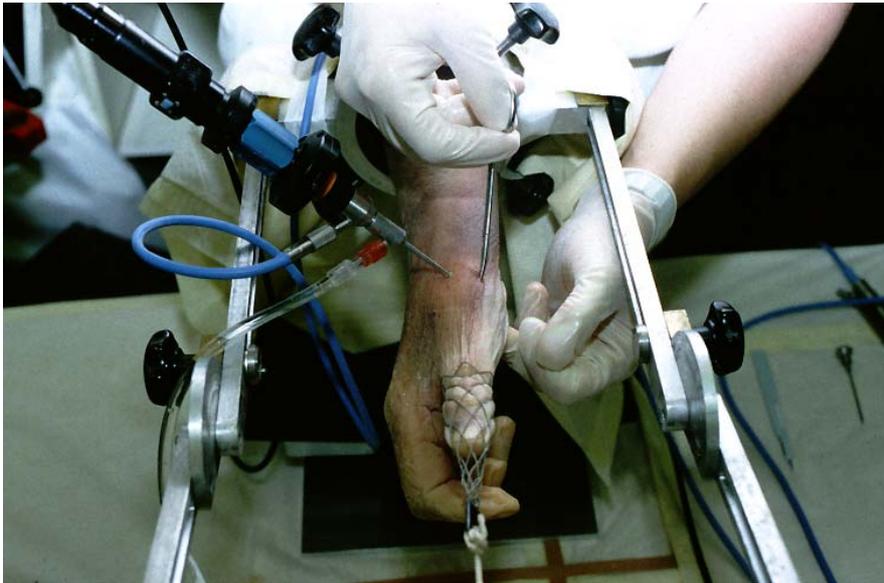


Abb. 69: Spreizen der Weichteile im radialen Zugang

Besteht eine Vorschädigung des Knorpels, so ist es dem Untersucher möglich ohne größeren Widerstand durch senkrechten Druck eine Mulde im Knorpel zu erzeugen, als sichtbares, morphologisches Korrelat eines Knorpelödems. Im Wechsel mit dem optischen Gerät wird der Tasthaken zur eingehenden Untersuchung des Gelenkbinnenraumes eingeführt. Um Traumatisierungen zu minimieren muß stets zunächst das Arthroskop in das Gelenk eingeführt, so daß der Tasthaken ausschließlich unter Sicht in das Gelenk eingebracht werden kann. Eine Identifizierung der kräftigen Ligg. trapeziometacarpale et carpometacarpale dorsoradiale gelingt meist ohne Schwierigkeiten.

Beide können mit dem Tasthaken auf ihre Unversehrtheit hin überprüft werden.

Bei schlechter Sicht kann mit einem Shaver (Dyonics®, Full radius 2,0 mm) ein arthroskopisches Débridement durchgeführt werden. Die exakte Beschreibung des Zustandes der peritrapezialen Gelenke erfordert des weiteren eine Inspektion des Scaphotrapezoidtrapezialgelenks, welches in gleicher Weise wie eben beschrieben punktiert, arthroskopiert und somit beurteilt werden kann.



Abb. 70: Stichinzision über dem STT-Gelenk (Zugänge zum TMC-Gelenk mit Kanülen markiert)

Zwecks Durchführung einer arthroskopisch kontrollierten Gelenkflächenabrasio wird ein Shaver mit Fräsevorrichtung (Dyonics®, 2,9-mm-Abrader, 2500 U/min) über einen der Zugangswege in den Gelenkspalt eingeführt und die Gelenkflächen unter arthroskopischer Sicht aufgearbeitet.

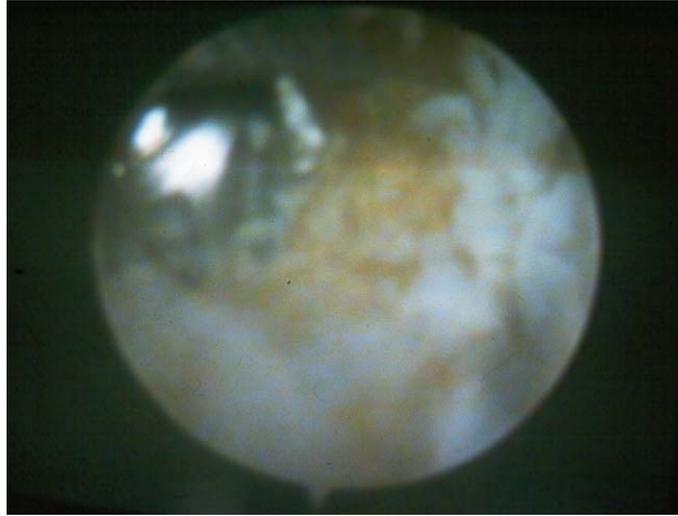


Abb. 71: Kugelfräse im TMC-Gelenk

Auch hierbei kann durch einen Wechsel der Zugangswege der Anteil der bearbeiteten Gelenkfläche erheblich gesteigert werden. Bei diesem Untersuchungsgang muß ebenso die Quadranteneinteilung beachtet und gemäß dieser der Vorgang der Gelenkflächenabrasio systematisiert durchgeführt werden.

Die Bearbeitungszeit wurde pro Gelenkfläche auf zehn Minuten festgesetzt, um die Durchführbarkeit des Verfahrens im klinischen Alltag zu beweisen.

#### **2.4.2.4. Aufbau und Durchführung der klinischen durchgeführten Arthroskopien**

Der Patient liegt auf dem Rücken und der zu operierende Arm wird seitlich auf einem Handtisch gelagert. Wie man es auch von anderen Gelenken kennt

stehen neben der Vollnarkose verschiedene Formen der Regionalanästhesie (z.B. Plexusanästhesie) zur Verfügung. Die Vollnarkose bietet zum einen den Vorteil einer optimalen Distraction und zum anderen eine für den Patienten schmerzfreie Lagerung, weswegen wir sie favorisieren. Nach Auswicklung des Arms wird eine Blutsperrenmanschette am Oberarm befestigt und ein Druck von 250-300 mmHg aufgebaut. Im Mittel verwendeten wir eine Druck von 280 mmHg. Der zu untersuchende Finger wird in einen Mädchenfängers eingespannt und durch Anlegen von zwei Kilogramm Gewicht distrahiert. Bei sehr dünnen Fingern besteht die Gefahr des Abrutschens des Mädchenfängers; aus diesem Grund kann wahlweise die Distraction mittels einer Binde vorgenommen werden, welche z.B. auf Höhe des Daumengrundgelenks befestigt wird. Nach Anlegen der Blutsperre wird der Arm des Patienten bis zum Ellenbogen desinfiziert. Der Handtisch wird steril abgedeckt und ein Schlitztuch am Oberarm befestigt. Nun wird ein Extremitätentuch, wie z.B. auch bei der Kniearthroskopie, über die gelagerte Hand gestülpt, so daß eine sichere Abdeckung gewährleistet ist. Das benötigte Instrumentarium entspricht dem bei der experimentellen Arthroskopie benötigten.



Abb. 72: Experimentelle Arthroskopie des TMC-Gelenks, Arthroskop im volaren Zugang

Das Gelenk wird punktiert und mit Flüssigkeit gefüllt, wobei hierfür sterile Ringer-Laktat oder auch eine elektrolytfreie Lösung zur Verfügung stehen. Das weitere Vorgehen sowie die Durchführung ist mit dem experimentellen Vorgehen identisch und soll deshalb nicht mehr wiederholt werden.



Abb. 73: Experimentelle Arthroskopie des TMC-Gelenks, Arthroskop im volaren Zugang, Shaver im radialen Zugang



Abb. 74: Experimentelle Arthroskopie, Tasthaken im Gelenk

#### 2.4.2.5. Aufbau und Durchführung der experimentellen Arthroskopie des MP-Gelenks des Daumens

Das Metacarpophalangealgelenk des Daumens ist aufgrund seiner disponierten Lage einer Palpation gut zugänglich. Als Leitstrukturen dienen hier die Sehnen der Mm. extensores pollicis longus et brevis, welche ertastet und markiert werden. Die Vorgehensweise entspricht der eben schon am TMC-Gelenk vorgestellten. Auch hier sollte die Untersuchung systematisch erfolgen. Letztlich ist bei diesem Gelenk nicht entscheidend ob zunächst der radiale oder ulnare Zugang gewählt wird, jedoch sollte je nach primär gewähltem Zugang die Arthroskopie diesem angepaßt erfolgen.



Abb. 75: Stichinzision über dem MP-Gelenk

Bei den von uns durchgeführten experimentellen Arthroskopien wurde stets der radiale als primärer Zugangsweg gewählt. Somit beginnt der Untersuchungsgang an den ulnar-palmaren Anteilen des Kopf des Os metacarpale I. Zur Darstellung kommt ebenfalls der ulnare Recessus.

Anschließend wird die Basis der proximalen Phalanx nach dem gleichen Schema untersucht. Über den ulnaren Zugang können nun die radialen Gelenkanteile, sowie der radiale Recessus untersucht werden. Bei primärer Auswahl des ulnaren Zugangs werden demzufolge zunächst die radialen Gelenkanteile dargestellt. Unter Verwendung beider Zugänge kann der Gelenkraum sowie die ligamentären Strukturen begutachtet werden, wobei auch hier ein Tasthaken die Untersuchung bereichern kann. Auch hier wurde die Dauer des Untersuchungsganges auf zehn Minuten pro Gelenkfläche beschränkt.

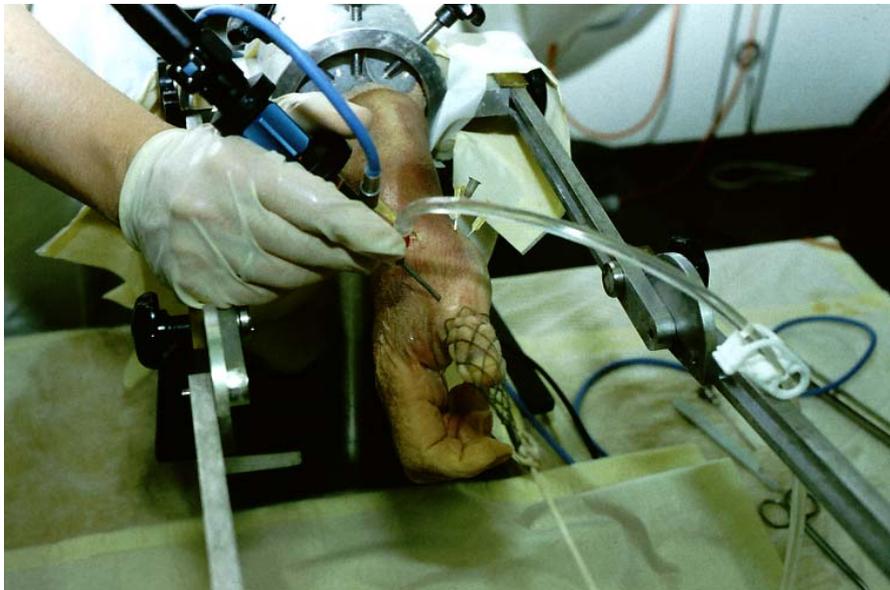


Abb.76: Arthroskop im ulnaren Zugang zum MP-Gelenk

Zum Abschluß der Arthroskopien wurden unter arthroskopischer Kontrolle verschiedene Kanülen parallel am Arthroskopschaft entlang in den Gelenkspalt eingeführt, um so die Zugangswege bei der Präparationen genau indentifizieren zu können.



Abb. 77: Plazierte Kanülen nach Abschluß der Arthroskopien

Alle kryokonservierten Leichenhände wurden im Anschluß an die Arthroskopien präparatorisch aufgearbeitet, um entstandene Schäden an relevanten Strukturen beurteilen zu können. Dargestellt wurden stets die A. radialis, der R. superficialis der A. radialis, der R. superficialis des N. radialis und dessen Äste, der N. medianus und seine Äste, die Sehnen der Mm. extensor pollicis longus et berris, des M. abductor pollicis longus und des M. flexor carpi radialis, die Thenarmuskulatur, die Endäste der V. cephalica, die Ansa thenaris sowie der komplette Kapsel-Band-Apparat des STT-, TMC- und MP-Gelenkes. Die Entfernung der eben genannten Weichteilstrukturen zum jeweiligen Zugang kann abschließend vermessen und dokumentiert werden.

### 2.4.3. Präparation der kryokonservierten Präparate

Das Vorgehen bei der Präparation der kryokonservierten Leichenhände entspricht in seinem Ablauf der Aufarbeitung der formalinfixierten Präparate. Nach jedem Präparationsschritt erfolgt eine exakte photographische Dokumentation des Präparationsstandes und der Befunde. Wichtig ist, daß die eingeführten Kanülen während des gesamten Präparationsvorganges in ihrer Position verbleiben um den Weg des Arthroskopenschafts exakt rekonstruieren zu können und auf diese Art eventuelle Schädigungen mit der Lage der Zugangswege, mit vorhandenen Variationen oder mit unsachgemäßer Arthroskopietechnik in Relation setzen zu können.

Zunächst erfolgt ein bogenförmiger Schnitt etwa zwei Zentimeter distal des Processus styloideus radii. Es muß streng darauf geachtet werden, daß hierbei nur die Haut durchtrennt wird, um feine, subkutan gelegene Strukturen, wie etwa Hautnerven, nicht schon in diesem frühen Stadium der Präparation zu verletzen.



Abb. 78: Hautpräparation

Die Haut wird nun von proximal nach distal vorsichtig abpräpariert, wobei der Daumen vollständig freigelegt wird. An den Langfingern ist eine Entfernung der Haut bis zu den PIP-Gelenken ausreichend. Der Präparator befindet sich in der korrekten Schicht, wenn die entfernte Haut von unten weißlich erscheint, die Koriumzapfen als feine, in Richtung Oberfläche weisende Einstülpungen zu sehen sind und das darunterliegende subkutane Fettgewebe unversehrt ist. Auf diese Art wird gewährleistet, daß keine unter der Haut gelegenen Strukturen verletzt werden und so einer objektiven Beurteilung entgehen. Durch streichende Bewegungen mit der stumpfen Seite eines Skalpells oder einer Pinzette von proximal nach distal kann nun das Unterhautfettgewebe entfernt werden. Es ist hierbei auf die Schonung der sensiblen Hautäste zu achten, welche als feine, gelbliche Stränge zwischen den Fettzellen sichtbar sind. Oftmals ist es nötig die, die Fettzellen verbindenden Bindegewebssepten mit dem Skalpell scharf abzutrennen. Hierbei ist es empfehlenswert das abzutrennende Gewebestück im Durchlicht (Diaphanoskopie) auf das Vorhandensein schonenswerter Strukturen zu untersuchen, um diese gegebenenfalls erhalten zu können. Eingebettet in das Unterhautfettgewebe liegen oberflächliche venöse Gefäße, die sich als kräftige blau-schwarze Stränge darstellen.

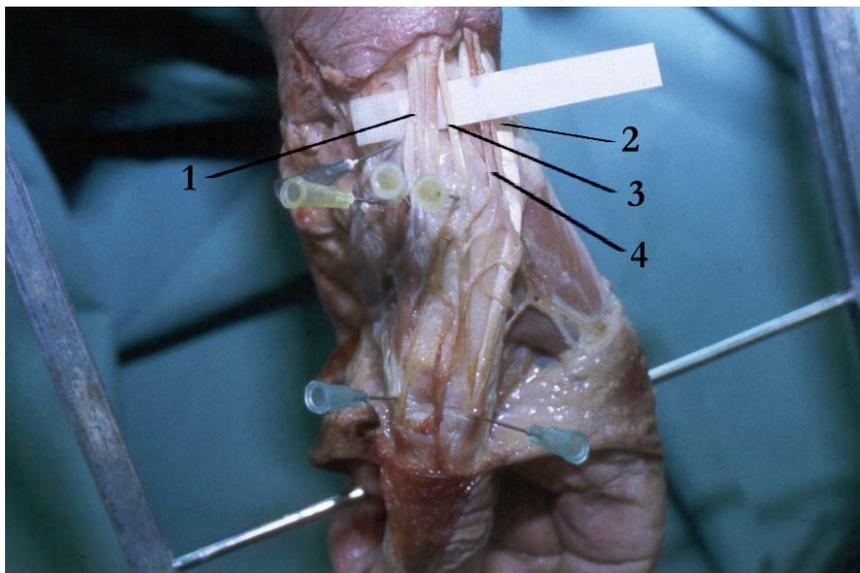


Abb. 79: Präparierte Venen, Arterien und Sehnen

Nach dem Entfernen dieser Schicht gelangt man an die Faszien der Muskulatur sowie an kleine arterielle Gefäße. Die Faszien werden vorsichtig von der Muskulatur abgehoben. Die arteriellen Gefäße sind optisch kaum von Venen zu unterscheiden, lassen sich jedoch aufgrund ihres Verlaufs, ihrer Lage und ihrer Herkunft eindeutig identifizieren. Sichtbar sind in diesem Stadium der Präparation die mittleren und großen arteriellen Gefäße (A. radialis, R. superficialis a. radialis), mittlere venöse Gefäße (Rete venosum dorsale manus, Endäste der V. cephalica), die Hauptstämme der sensiblen Nerven (R. superficialis n. radialis) sowie die Muskeln und Sehne der oberflächlichen Muskulatur. Nach der exakten Identifizierung der sichtbaren Strukturen und ihrer Dokumentation (Anfertigung von Photographien) kann damit begonnen werden die Sehnen der langen Daumenmuskeln in ihrem Ansatzgebiet zu durchtrennen und nach proximal umzuklappen um so tiefere Schichten freizulegen. Es ist nun möglich den Verlauf der kleineren arteriellen Äste (R. superficialis a. radialis, A. princeps pollicis) zu verfolgen.



Abb. 80: Präparation der Arteria radialis

Ihre Lage unterliegt großen interindividuellen Schwankungen (siehe Abschnitt: 3.1.). Die nächsten Schritte erfordern große präparatorische Sorgfalt. Da einige

kurze Daumenmuskeln direkt in die Gelenkkapsel des Daumensattelgelenks einstrahlen müssen diese vorsichtig abpräpariert werden. Wichtig ist darüber hinaus die Darstellung der Cannieu-Riche-Anastomose, falls diese vorhanden ist. Sie findet sich unter dem M. abductor pollicis brevis, auf dem M. flexor pollicis brevis etwa auf Höhe der ulnaren Kante des Os metacarpale II. Nach Darstellung dieser Struktur können die kurzen Daumenmuskeln komplett entfernt werden. Somit ist der erste Strahl der Hand völlig vom Weichteilgewebe befreit und der Kapsel-Band-Komplex des TMC- und MP-Gelenks kann von allen Seiten eingesehen werden. Die einzelnen Ligamente lassen sich gut anhand des Faserverlaufes und ihrer, im Vergleich zur Gelenkkapsel, kräftigeren Struktur identifizieren. Zuletzt wird die Kapsel von den Bändern getrennt und das Ergebnis der Präparation sowie eventuelle Verletzungen des Bandapparates photographisch dokumentiert.

Nachdem alle relevanten Strukturen dargestellt und auf Schädigung hin untersucht wurden, kann das Gelenk vollständig eröffnet, die bearbeitete Gelenkfläche dargestellt, vermessen und prozentual bewertet werden.

### III. Ergebnisse

#### 3.1. Ergebnisse der Präparation des Kapsel-Band-Apparates des Trapeziometacarpalgelenks des Daumens

Die präparatorische Aufarbeitung der Handpräparate ergab in allen Fällen eine identische Konfiguration des Kapsel-Band-Komplexes am Trapeziometacarpalgelenk des Daumens. Es konnten fünf Bänder regelhaft dargestellt werden.

Im einzelnen sind dies :

- Lig. trapeziometacarpale: Es entspringt 2-schenklig einerseits von einem volaren Höcker am Os trapezium unmittelbar volar des Ursprungs des vorderen Schrägbandes, andererseits ca. 4 mm medial davon an der Basis des Os trapezium um, ähnlich den Schenkeln eines Dreiecks, einem gemeinsamen Ansatzpunkt an der volaren Basis des Os metacarpale I zuzustreben.

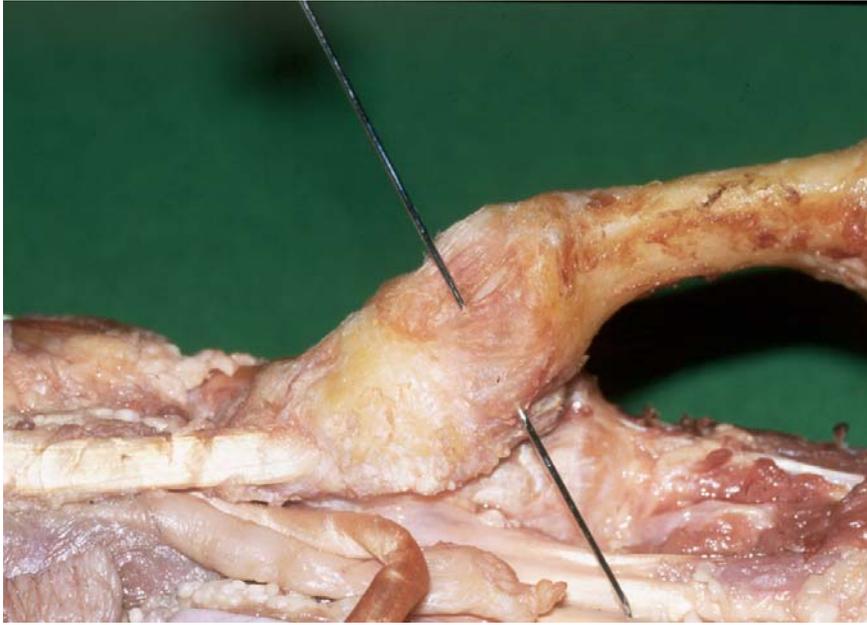


Abb. 81: Das Ligamentum trapeziometacarpale („volar ligament“, Sonde hinter beiden Schenkeln des Bandes)

- Lig. carpometacarpale dorsoradiale: Es entspringt breitflächig an der lateralen Kante des Os trapezium und zieht in der Verlaufsrichtung des ersten Strahles zur Basis des Os metacarpale I.

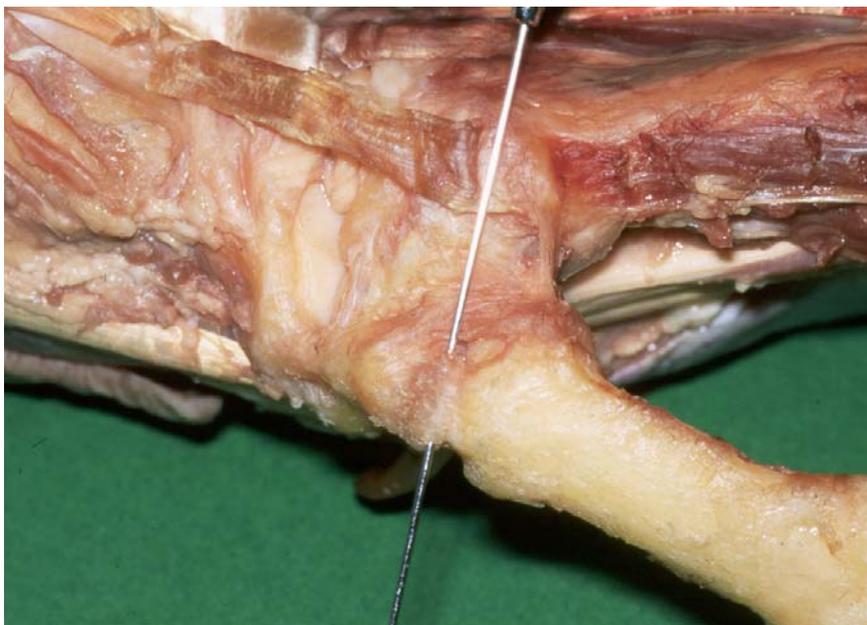


Abb. 82: Das Ligamentum carpometacarpale dorsoradiale

- Lig. carpometacarpale obliquum anterius: Es entspringt von einem latero-volaren Höcker des Os trapezium und nimmt einen schrägen Verlauf zur volaren Kante des Os metacarpale I.

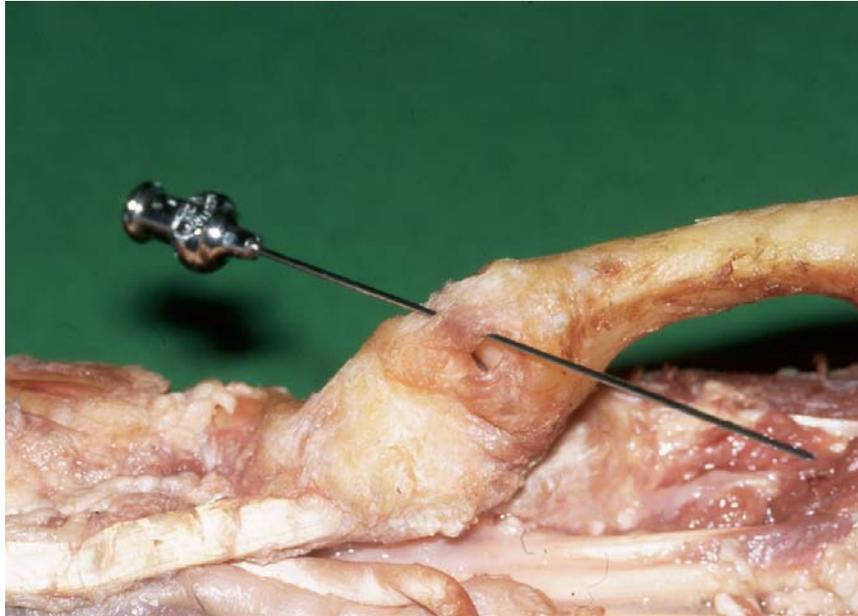


Abb. 83: Das Ligamentum carpometacarpale obliquum anterius

- Lig. carpometacarpale obliquum posterius: Auch dieses Band zeigte regelhaft zwei Schenkel, von denen einer stets erheblich stärker ausgebildet war als der andere (siehe Tabelle II). Es entspringt zum einen von einem distal-dorsalen Höcker am Os trapezium und zieht nach schräg medial zur medialen Kante des Os metacarpale I. Der schwächere Schenkel entspringt weiter proximal an der Dorsalfläche des Os trapezium.

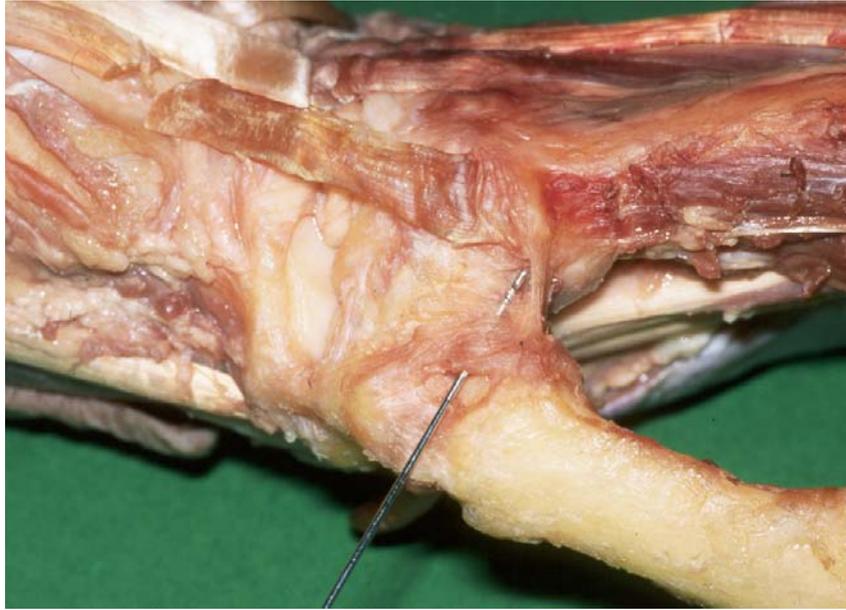


Abb. 84: Das Ligamentum carpometacarpale obliquum posterius

- Lig. intermetacarpale dorsale I: Es handelt sich bei diesem Band um eine extrakapsuläre Struktur. Es entspringt von der Basis des Os metacarpale I und zieht orthogonal zur Achse des ersten und zweiten Strahls zur Basis des Os metacarpale II.

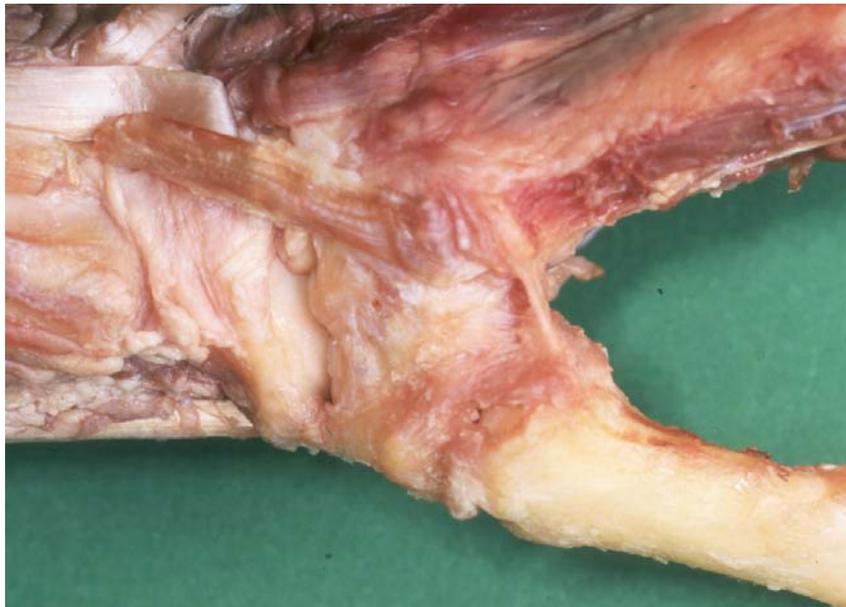


Abb. 85: Das Ligamentum intermetacarpale dorsale I

Weitere Daten zu den Bändern des Daumensattelgelenks sind nachstehender Tabelle zu entnehmen.

Tabelle II: Vermessungsdaten der Bänder des Daumensattelgelenks (alle Angaben in mm)

Band	Durchschnittliche Länge	Durchschnittliche Breite
Lig. trapeziometacarpale	1. 7,95 2. 5,59	1. 5,1 2. 3,27
Lig. intermetacarpale dorsale I	8,7	4,6
Lig. carpometacarpale dorsoradiale	7,4	5,1
Lig. carpometacarpale obliquum ant.	10,3	7,05
Lig. carpometacarpale obliquum post.	1. 11,6 2. 15,1	1. 4,1 2. 1,7

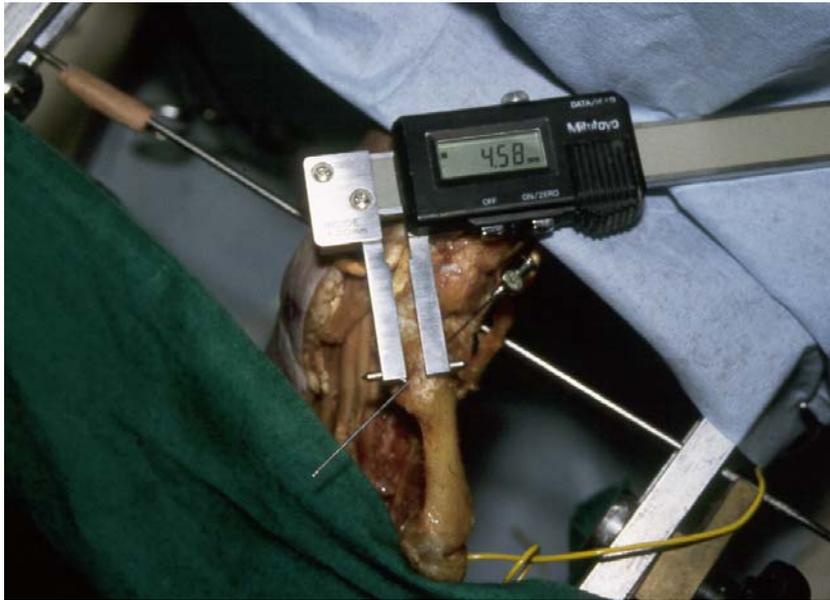


Abb. 86: Versuchsaufbau zur Vermessung der Bänder

Dargestellt werden bei diesen anatomischen Voruntersuchungen stets alle muskulären Strukturen sowie ihre Sehnen, die A. radialis und ihre Äste, der R. superficialis des Nervus radialis und seine Äste, die Venen in diesem Gebiet sowie sämtliche Kapsel-Band-Strukturen des Trapeziometakarpalgelenks des Daumens.

Im Anschluß wird jeweils ein Kirschner-Draht (Größe 10) in Neutralstellung des Gelenks im 90°-Winkel zur Achse des ersten Strahles und parallel zueinander durch das Os trapezium (und Teile der Handwurzel) und das Os metacarpale I geführt. Wichtig ist hierbei, daß der proximale K-Draht in der Handwurzel fixiert ist und nur der distale beweglich ist. Anhand dieses Versuchsaufbaus werden ausgehend von einer definierten 0-Stellung die Grundbewegungen (Abduktion, Adduktion, Opposition) des ersten Strahles simuliert und die Involvierung der einzelnen Bänder qualitativ festgestellt. Die 0-Stellung ist definiert als Zustand kompletter Relaxation des Bandapparates am Daumensattelgelenk. Im Anschluß daran werden die einzelnen Bänder

nach einem vorgegebenen Schema durchtrennt und die dadurch erzeugte Instabilität überprüft.

Alle Ergebnisse werden im Bild festgehalten.

### 3.2. Ergebnisse der kinetischen Versuche

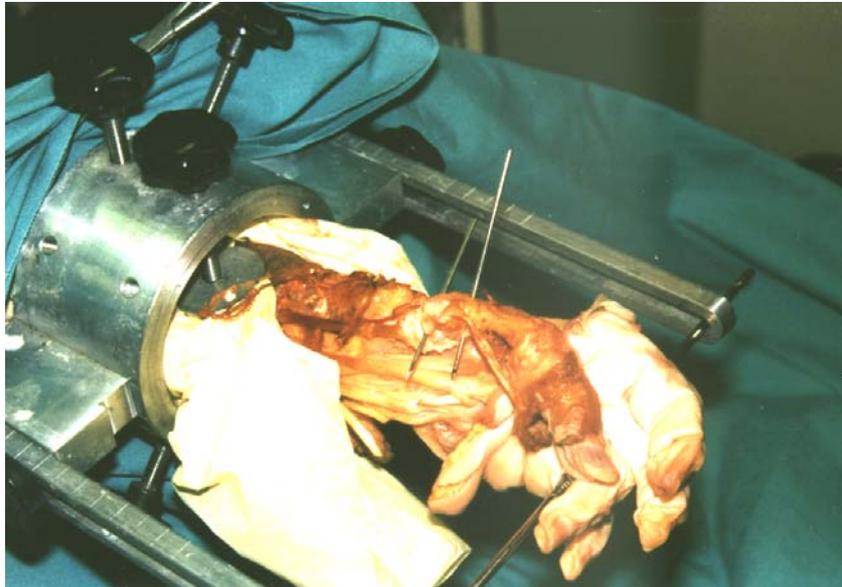


Abb. 87: Vorbereitung der kinetischen Versuche, K-Drähte platziert



Abb. 88: Neutralstellung des TMC-Gelenks, Gelenkkapsel entspannt

Ausgehend von dieser Neutralstellung werden nun die nachfolgend beschriebenen Bewegungen im Daumensattelgelenk erprobt.

Zunächst wird eine maximale Abduktion im Trapeziometacarpalgelenk des Daumens ausgeführt. Wie das folgende Bild (Nr. 89) belegt, sind hierbei das Lig. intermetacarpale dorsale I sowie der mediale Schenkel des Lig. trapeziometacarpale angespannt.



Abb. 89: Maximale Abduktion im TMC-Gelenk

Bei maximaler Adduktion spannen sich hingegen das Lig. carpometacarpale dorsoradiale, das Lig. carpometacarpale obliquum ant. sowie der laterale Schenkel des Lig. trapeziometacarpale an.

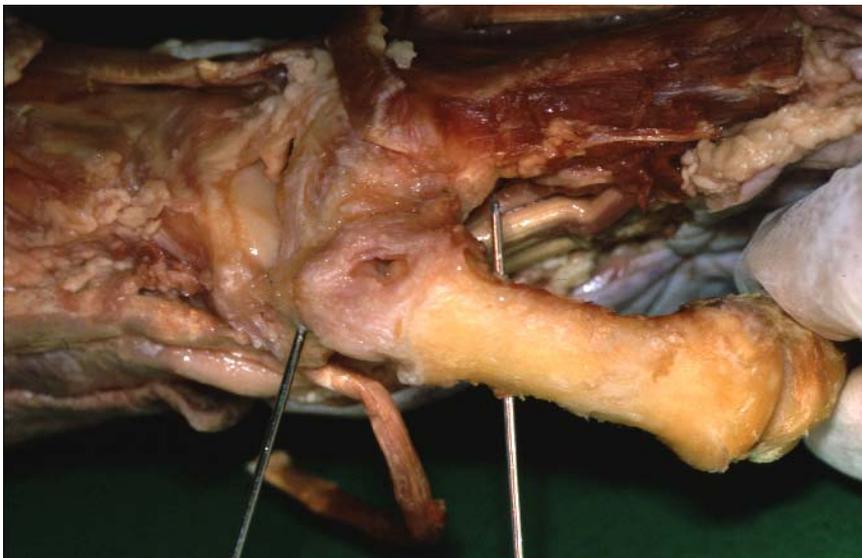


Abb. 90: Maximale Adduktion im TMC-Gelenk

Bei der Oppositionsbewegung, welche zweifelsohne aus gelenkmechanischer Sicht die komplizierteste ist, sind das Lig. intermetacarpale dorsale I, das Lig. carpometacarpale obliquum post. und das Lig. carpometacarpale dorsoradiale redressierend involviert.



Abb. 91: Maximale Opposition im TMC-Gelenk

Es konnte gezeigt werden, daß im Gegensatz zum Lig. trapeziometacarpale, dessen beide Schenkel nahezu unabhängig voneinander in verschiedene Bewegungen miteinbezogen sind, die beiden Schenkel des Lig. carpometacarpale obliquum post. als eine Einheit in die Oppositionsbewegung eingreifen, ohne daß eine funktionelle Aufteilung der beiden Schenkel beobachtet werden konnte.

Die beobachteten Ergebnisse sind in nachfolgender Tabelle aufgeführt.

**Tabelle III: Ergebnisse der kinetischen Tests**

Bewegung	Angespannt sind
Abduktion	Lig. intermetacarpale dorsale I Lig. trapeziometacarpale (med. Schenkel)
Adduktion	Lig. carpometacarpale dorsoradiale Lig. carpometacarpale obliquum ant. Lig. trapeziometacarpale (lat. Schenkel)
Opposition	Lig. intermetacarpale dorsale I Lig. carpometacarpale obliquum post. Lig. carpometacarpale dorsoradiale

Unsere Untersuchungen zeigten, daß es nur einen theoretischen Zustand gibt, der sich durch eine Anspannung aller Bänder auszeichnet. Es handelt sich hierbei um eine Rotation zwischen Os trapezium und Os metacarpale in der Achse des ersten Strahles ohne oppositorische Komponente.

Im folgenden werden alle Bänder des Daumensattelgelenks in einer vorgegebenen Reihenfolge durchtrennt. Zunächst das Lig. intermetacarpale dorsale I , dann das Lig. trapeziometacarpale , das Lig. carpometacarpale dorsoradiale, das Lig. carpometacarpale obliquum post. und schließlich das Lig. carpometacarpale obliquum ant.

Wie schon durch die kinetischen Versuche zu erwarten, zeigen sich Instabilitäten nur bei Bewegungen in welche das betreffende Band aktiv eingebunden ist. Somit zeigt sich, daß nicht ein einzelnes Band die Hauptstabilität im Daumensattelgelenk trägt, da kein Band in jede Bewegung redressierend eingreift. Vielmehr muß davon ausgegangen werden, daß die Gelenkstabilität Ergebnis des Zusammenspiels mehrerer, gleichwertiger Bänder ist, welche durch Zusatzstrukturen unterstützt werden.

Eine Durchtrennung des Lig. intermetacarpale dorsale I tangiert v.a. die Opposition und Abduktion, die Durchtrennung des Lig. trapeziometacarpale

in erster Linie die Abduktion und Adduktion. Wird das kräftige Lig. carpometacarpale dorsoradiale abgesetzt, so ist in besonderem Maße die Oppositionsbewegung und in geringerer Weise die Adduktionsbewegung beeinflusst. Die von einigen Autoren postulierte herausragende Stellung des Lig. carpometacarpale dorsoradiale konnte in diesen Versuchen nicht bestätigt werden.

Vielmehr konnte gezeigt werden, daß sich die Ligg. trapeziometacarpale, intermetacarpale dorsale I und carpometacarpale dorsoradiale gleichwertig die Gelenkstabilisierung teilen, wobei ein Verlust des einen oder anderen Bandes zu relativ isolierten Instabilitäten führt. Unterstützt werden diese drei Bandsysteme durch das vordere und hintere Schrägband, denen keine Hauptstabilisierungsfunktion zukommt.

Daher können diese drei eben genannten Bandsysteme als die Säulen der Stabilität am Daumensattelgelenk bezeichnet werden.

### **3.3. Die Zugänge zu den Gelenken des ersten Strahles der Hand**

Für eine sinnvolle Auswahl der Zugangswege zu einem Gelenk ist die exakte Kenntnis der Anatomie eine Grundvoraussetzung. Anhand der anatomischen Voruntersuchungen der 32 formalinfixierten Präparate konnten die folgenden Zugangswege zu den Gelenken des ersten Strahles theoretisch und praktisch als komplikationsarm und praktikabel eruiert werden.

### 3.3.1. Der Zugang zum Scaphotrapezoidtrapezialgelenk

Das Scaphotrapezoidtrapezialgelenk ist aufgrund seiner Nähe zum TMC-Gelenk häufig in degenerative Veränderungen miteinbezogen (56). Insofern stellt die Inspektion des STT-Gelenkes eine wichtige diagnostische Maßnahme zur exakten Stadieneinteilung der Rhizarthrose dar. Häufig wird ein dorsaler Zugang zum STT-Gelenk propagiert (72). Dieser liegt unmittelbar ulnar der Sehne des M. extensor pollicis longus in Höhe des distalen Skaphoidpols auf einer gedachten Verbindungslinie zum radialen Rand des Os metacarpale II.

Wir favorisieren hingegen einen palmaren Zugangsweg zum Scaphotrapezoidtrapezialgelenk. Die Verletzungsgefahr relevanter Strukturen ist in diesem Bereich sehr gering. Auch bei diesem Zugang ist die Penetration der oberflächlichen Thenarmuskeln (M. abductor pollicis brevis und M. opponens pollicis) nötig.

Folgender Zugangsweg zum STT-Gelenk konnte theoretisch und praktisch als komplikationarm, aussagekräftig und praktikabel etabliert werden:

- **Palmarer Zugang zum STT-Gelenk:** Er liegt zehn Millimeter proximal des palmaren Zugangs zum TMC-Gelenk in Höhe des Gelenkspaltes; er passiert die A. radialis in etwa 15 Millimeter, den R. palmaris superficialis der A. radialis in etwa fünf Millimeter Entfernung und tritt ca. fünf Millimeter palmarwärts des Lig. scaphotrapezium in den Gelenkspalt ein.



Abb. 92: Markierter Zugang zum STT-Gelenk

### 3.3.2. Die Zugänge zum Trapeziometacarpalgelenk des Daumens (8)

Die Präparationen ergaben drei praktikable und komplikationsarme Zugangswege zum Trapeziometacarpalegelenk des ersten Strahls der menschlichen Hand: ein dorsaler, ein radialer sowie ein palmarer Zugang (siehe Bild 93).



Abb. 93: Markierte Zugangswege zum TMC-Gelenk

Die Wahl der Zugangswege erfolgte einerseits anhand der Lage der Sattelnasen als potentielles Penetrationshindernis und andererseits nach Lage der relevanten Strukturen (Gefäßen, Nerven, Sehnen, Bänder, Muskeln), welche nach Möglichkeit geschont werden sollten. Da das Daumensattelgelenk relativ oberflächennah liegt ist es einer Palpation gut zugänglich und somit leicht zu identifizieren. Besonders gefährdet in diesem Bereich ist die Arteria radialis, welche ihren Verlauf durch die Fovea radialis („Tabatière“ ) nimmt und dabei bis auf einigen Millimeter an das TMC-Gelenk des Daumens heranreicht. Besonderes Augenmerk muß des weiteren auf die Schonung des Kapsel-Band-Apparates gelegt werden, um keine Instabilitäten zu erzeugen, welche in kausalem Zusammenhang mit der Entstehung degenerativer Gelenkveränderungen stehen.

Unter diesen Prämissen konnten folgende drei Zugangswege zum Trapeziometacarpalgelenk des Daumens als praktikabel erarbeitet werden.

- **Dorsaler Zugang zum TMC-Gelenk:** Er liegt unmittelbar radial der Sehne des M. extensor pollicis longus und etwa zehn Millimeter ulnarseits des Sehnenansatzes des M. abductor pollicis longus in Höhe des Gelenkspaltes; er passiert die A. radialis palmarseitig in etwa zehn Millimeter Entfernung und tritt zwischen dem Lig. carpometacarpale obliquum posterius und dem Lig. carpometacarpale dorsoradiale in den Gelenkspalt ein. Der Verlauf des medialen und lateralen Astes des R. superficialis des N. radialis in dieser Region ist inkonstant und unterliegt somit einem erhöhten Verletzungsrisiko. Es erscheint daher sinnvoll auf postoperative Sensibilitätsminderungen oder –ausfälle in den Versorgungsgebieten dieser Äste im besonderen zu achten.
- **Radialer Zugang zum TMC-Gelenk:** Er liegt fünf Millimeter palmar der Sehne des M. abductor pollicis longus auf Höhe des Gelenkspaltes; er passiert die A. radialis palmarseitig in etwa 20 Millimeter und die Sehne des M. extensor pollicis brevis in etwa zehn Millimeter Entfernung. Das Arthroskop dringt zwischen dem Lig. carpometacarpale dorsoradiale und dem Lig. carpometacarpale obliquum anterius in den Gelenkspalt ein.
- **Palmarer Zugang zum TMC-Gelenk:** Er liegt 20 Millimeter palmar des „Radialen Zugangs“ in Höhe des Gelenkspaltes. Dieser Zugangsweg unterscheidet sich insofern von den anderen, da die beiden oberflächlichen Thenarmuskeln, der M. abductor pollicis brevis und der M. opponens pollicis penetriert werden müssen. Das Arthroskop passiert die A. radialis palmarseitig in etwa 30 Millimeter, die Sehne des M. extensor pollicis brevis in etwa 20 Millimeter und tritt zwischen den beiden Schenkeln des Lig. trapeziometacarpale („volar ligament“) in den Gelenkspalt ein.

### 3.3.3. Die Zugänge zum Metacarpophalangealgelenk des Daumens

Das Metacarpophalangealgelenk des Daumens ist sehr stark bandgeführt, wobei die lateralen und palmaren Abschnitte des Gelenkes fast vollständig von dem kräftigen Komplex aus Kollateralbändern, akzessorischen Kollateralbändern und der palmaren Platte umschlossen werden. (siehe dazu die Ausführungen in den Kapiteln zur Anatomie). Es ist daher, nicht nur aus Gründen der Schonung der Bänder, sinnvoll den ligamentären Strukturen bei der Wahl der Zugänge große Beachtung zu schenken und sie nach Möglichkeit zum umgehen. Die Verletzungsgefahr relevanter Strukturen ist, abgesehen vom Kapsel-Band-Komplex des MP-Gelenkes, relativ gering.



Abb. 94: Markierte Zugänge zum MP-Gelenk

Um eine optimale Übersicht des gesamten Gelenkraums zu erhalten sind zwei Zugangswege nötig, die zu beiden Seiten des Gelenkes latero- und medio-dorsal zu finden sind.

- **Ulnarer Zugang zum MP-Gelenk:** Er liegt unmittelbar (d.h. etwa 3 mm) ulnar der Sehne des M. extensor pollicis longus in Höhe des Gelenkspaltes. Das Arthroskop dringt somit direkt dorsal des Lig. collaterale ulnare in den Gelenkspalt ein.
- **Radialer Zugang zum MP-Gelenk:** Er liegt fünf Millimeter radial der Sehne des M. extensor pollicis longus in Höhe des Gelenkspaltes. Das Arthroskop dringt direkt dorsal des Lig. collaterale radiale in den Gelenkspalt ein.

### **3.4. Die Arthroskopie und arthroskopische Anatomie der Gelenke des ersten Strahls der Hand**

Die Arthroskopie der peritrapezialen Gelenke sowie des MP-Gelenkes erwies sich bei unseren Untersuchungen als komplikationsarmes, einfach durchzuführendes Verfahren bei der Diagnostik pathologischer Prozesse in diesem Bereich. Sie erlaubt dem Untersucher einen exzellenten Überblick über die Gelenkbinnenräume und ist in der Lage selbst kleine Knorpeldefekte, welche gerade im Anfangsstadium arthrotischer Veränderungen der konventionellen Diagnostik entgehen, zur Darstellung zu bringen. Neben den gut sichtbaren und beurteilbaren Gelenkdestruktionen aller Art können darüber hinaus der Kapsel-Band-Apparat und auch die knöchernen Strukturen auf Unversehrtheit oder Instabilitäten hin untersucht werden. Unsere Versuche zeigten, daß sogar radiologisch diskrete Befunde arthroskopisch als eindrucksvoll einzustufen sind. Kein anderes diagnostisches Verfahren ist in der

Lage ligamentäre Verletzungen so differenziert darzustellen wie die Arthroskopie.

Die experimentell durchgeführten Gelenkspiegelungen zeigten, daß, abgesehen vom STT-Gelenk, ein Zugang nicht ausreicht um den gesamten Gelenkraum nebst ligamentärer Strukturen inspizieren zu können. Am TMC-Gelenk ist es durch Wechsel des Arthroskops zwischen dem radialen und dorsalen Zugangs bzw. zwischen dem radialen und palmaren Zugang möglich den gesamten Gelenkraum (100 % der artikulierenden Flächen von Os metacarpale I und Os trapezium) einzusehen und zu bewerten. Auch am MP-Gelenk ist durch einen Wechsel der Optik zwischen radialem und ulnarem Zugangsweg eine 100% ige Beurteilbarkeit der Gelenkflächen erreichbar. Das STT-Gelenk benötigt zur ausreichenden Inspektion der artikulierenden Anteile von Os trapezium, Os scaphoideum und Os trapezoideum nur den beschriebenen palmaren Zugang. Die Gelenkflächen des Scaphotrapezialgelenks sind vollständig einsehbar, die Gelenkflächen des Scaphotrapezoid- und des Trapeziumtrapezoidgelenks sind jeweils zu 50 % beurteilbar, was zur Dokumentation des Gelenkzustandes völlig ausreichend ist.

Wird ein Tasthaken über einen der anderen Zugangswege zusätzlich in das Gelenk eingeführt so ist der Untersucher in der Lage die ligamentären Strukturen der Gelenke mechanisch zu testen.

Unter arthroskopischer Kontrolle kann mit dem Tasthaken ein Band umfaßt und durch Zug seine Stabilität überprüft werden. Der Untersucher ist in der Lage alle intrakapsulären Bandstrukturen des TMC-Gelenks, d.h. die Ligg. carpometacarpalia obliquum anterius et posterius, dorsoradiale und trapeziometacarpale, optisch und mechanisch zu inspizieren. Somit kann auch die iatrogene Kapselläsion durch die Arthroskopie sofort beurteilt werden, bzw. kann eine Verletzung der Ligamente ausgeschlossen, oder aber bestätigt werden. Das wichtige Lig. intermetacarpale dorsale I ist, da es sich um eine extrakapsuläre Struktur handelt, einer Beurteilung nicht zugänglich. Auch am MP-Gelenk ist eine Untersuchung des ulnaren und radialen Kollateralbandes möglich. Wichtiger hierbei ist, aufgrund der Häufigkeit, die ulnare

Kollateralbandruptur, welche auch als „Ski-Daumen“ bekannt (siehe Kapitel: Bandverletzungen des Metacarpophalangealgelenkes) ist. Es empfiehlt sich, ähnlich wie am TMC-Gelenk, der Einsatz eines Tasthakens um die optischen Befunde mechanisch untermauern zu können.

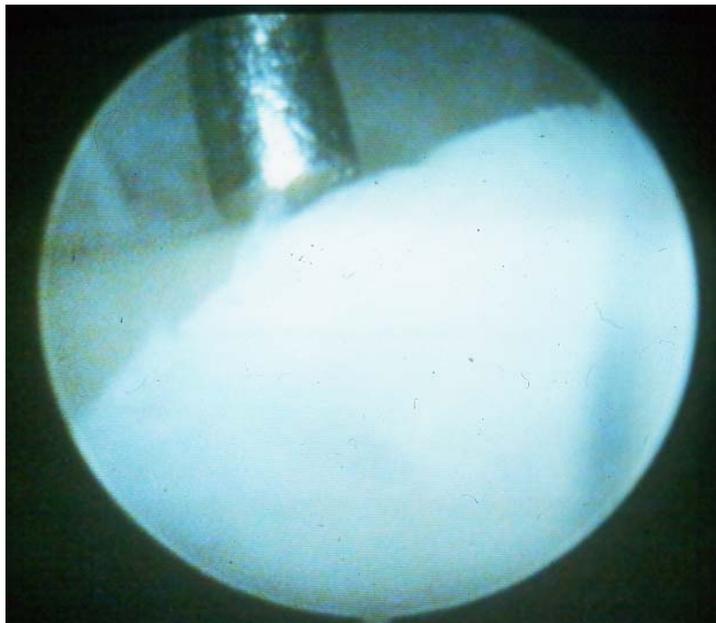


Abb. 95: Tasthaken im TMC-Gelenk

Im Vordergrund des Bildes kommt die Gelenkfläche des Os trapezium mit dem eingebrachten Tasthaken zur Darstellung. Deutlich ist die unregelmäßige Gelenkkontur mit Ausziehungen an der Knorpeloberfläche als Zeichen einer bereits bestehenden Schädigung zu erkennen. Radiologisch erschien dieses Gelenk völlig unauffällig, wie die folgende Aufnahme ein und desselben Daumensattelgelenks zeigt. So kann eindeutig die Überlegenheit der Arthroskopie im Hinblick auf die frühzeitige Diagnose pathologischer Prozesse im Bereich der Gelenke des ersten Strahls der menschlichen Hand auf eindrucksvolle Art nachgewiesen werden.



Abb. 96: Röntgenbild eines Sattelgelenks vor Arthroskopie (keine Zeichen einer Gelenkschädigung)

### **3.5. Die Arthroskopische Chirurgie der Gelenke des ersten Strahles der Hand**

Als Zusatzoption neben der Arthroskopie der Gelenke des ersten Strahles steht dem Untersucher die Möglichkeit zur Bearbeitung der Gelenkflächen mittels einer Fräse zur Verfügung. Hierdurch kann das Gelenk entknorpelt und somit schon in der ersten Sitzung auf eine nachfolgende Therapie (z.B. Arthrodesse) vorbereitet werden. Die Arthroskopie ermöglicht eine exzellente Überwachung der Arbeit am Gelenkknorpel. Um die bearbeitete Fläche des Gelenks zu maximieren ist, wie auch bei der Arthroskopie, ein Wechsel der Zugangswege

notwendig, wobei es sich empfiehlt die Optik mit auszutauschen und somit den Instrumentenzugang zum optischen Zugang werden zu lassen und umgekehrt. Da während das Fräsens relativ viele Trümmer entstehen, welche die Sicht erheblich beeinträchtigen ist ein ständiges Durchspülen und Absaugen des Gelenkbinnenraumes angezeigt. Bei freier Sicht ist es jederzeit möglich den Stand der Entknorpelung zu begutachten um eventuelle Nachbesserungen vornehmen zu können. Sehr gut dargestellt werden kann der subchondrale Knochen nach der Bearbeitung der Gelenkfläche.

Die Präparation der mit der Fräse aufgearbeiteten Gelenkflächen des TMC-Gelenks zeigten, daß 60-85 % der Gelenkflächen im zur Verfügung stehenden Zeitraum (10 Minuten) entknorpelt werden konnten.

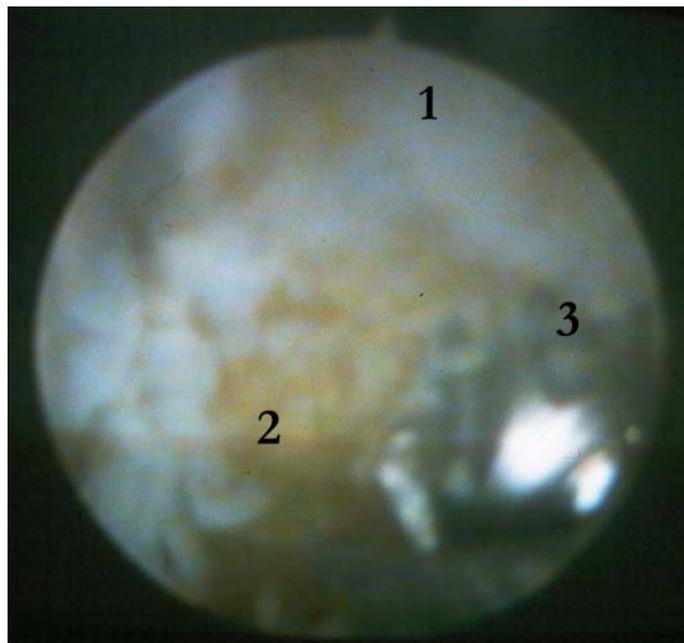


Abb. 97: Kugelfräse bei der Bearbeitung des Os metacarpale I

1 = Noch nicht bearbeitete Gelenkanteile

2 = Entknorpelte Gelenkanteile, der subchondrale Knochen ist sichtbar

3 = Kugelfräse

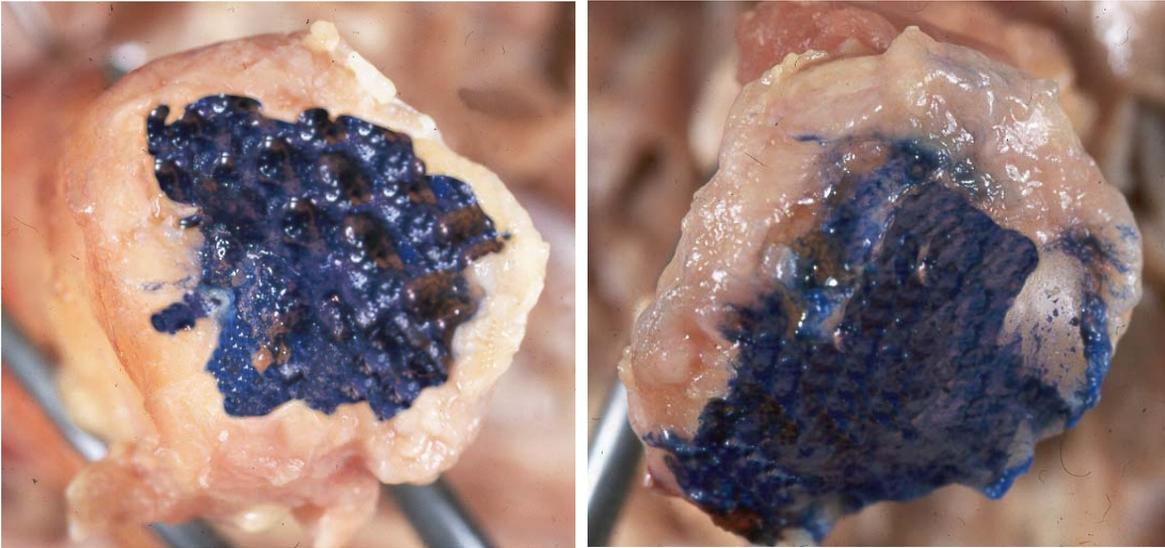


Abb. 98 a und b: Rechts im Bild die Gelenkfläche des Os metacarpale I, links im Bild die Gelenkfläche des Os trapezium. Die mittels einer Fräse bearbeitete Fläche ist jeweils blau markiert.

Die Ergebnisse sind nachstehend tabellarisch dargestellt.

**Tabelle IV: Prozentualer Anteil der arthroskopisch entknorpelten Gelenkflächen (n = 20)**

	<b>OS TRAPEZIUM</b>	<b>OS METACARPALE I</b>
Präparate :		
1	80 %	60 %
2	75 %	65 %
3	70 %	60 %
4	65 %	60 %
5	75 %	70 %
6	85 %	65 %
7	80 %	70 %
8	75 %	65 %
9	70 %	60 %
10	85 %	70 %

### 3.6. Bewertung der arthroskopierten Handpräparate

#### 3.6.1. Präparation und Bewertung der relevanten Strukturen

Die im Anschluß an die Arthroskopie durchgeführten Präparationen dienen der Feststellung von Schädigungen an relevanten Strukturen sowie zur Messung des Abstandes dieser Strukturen zu den Zugangswegen.

Da die Sehnen bei Bewegung des Daumens ihre Position zum Teil erheblich verändern müssen alle Messungen in einer bestimmten Stellung von Hand und Daumen vorgenommen werden. Die Langfinger sind hierbei flach ausgestreckt und geschlossen, der Daumen befindet sich in palmarer Ebene in 70° Abduktion. Im Bild Nummer 99 ist diese Stellung von palmar aus gesehen dargestellt.

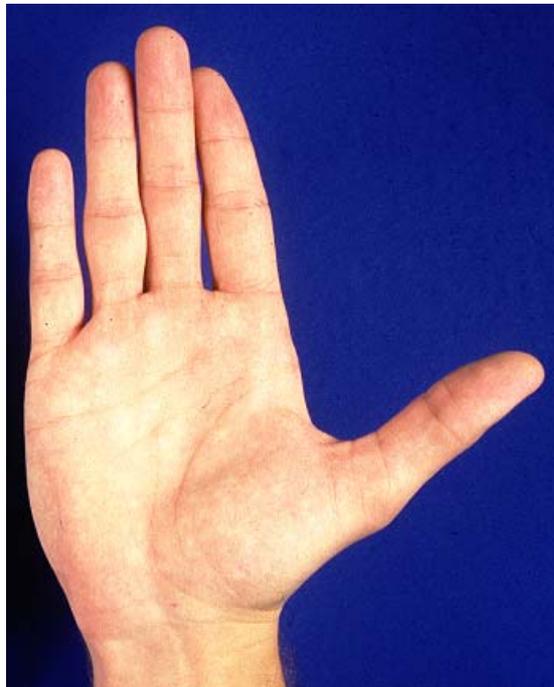


Abb. 99: Ausgangsposition für die Entfernungsmessungen

Als relevant wurden die sensorischen und motorischen Nerven, die venösen und arteriellen Gefäße, die Sehnen der Muskulatur sowie die ligamentären Strukturen der Gelenke eingestuft.

Obwohl der Verlauf des oberflächlichen Astes des N. radialis und seiner Aufzweigungen in dieser Region sehr inkonstant ist, wurden weder der Hauptstamm noch der radiale oder ulnare Ast durch die Manipulationen tangiert. Der radiale Ast war durchschnittlich 16 mm vom dorsalen, 5 mm vom radialen und 16 mm vom palmaren Zugang zum TMC-Gelenk zu finden. Die Entfernung zum STT-Gelenk lag bei rund 12 mm. Der ulnare Ast fand sich im Schnitt etwa 12 mm vom dorsalen Zugang zum TMC-Gelenk, 22 mm vom radialen und sogar 30 mm vom palmaren Zugangsweg entfernt. Der Abstand zum Zugang des STT-Gelenkes lag circa bei 22 mm.

Die motorische Versorgung des Daumens wird von zwei Nerven sichergestellt, dem Nervus ulnaris und dem Nervus medianus, wobei das Innervationsmuster stark schwankt und Doppelinnervationen ebenso häufig sind wie die Dominanz eines der beiden Nerven (siehe Kapitel: Die sensomotorische Innervation). Der Nervus medianus steht mit dem N. ulnaris über eine Nervenastomose, die Ansa thenaris („Cannieu-Riche-Anastomose“, siehe Kapitel 1.2.6.) in Verbindung. Diese konnte bei unseren anatomischen Präparationen bei 61,5 % (32 Präparate) der 52 aufgearbeiteten Hände (32 formalinfixierte + 20 kryokonservierte) nachgewiesen werden, was sich nahezu exakt mit den in der Literatur angegebenen Häufigkeiten von etwa 70% (22, 45) in Deckung bringen läßt. Ihre Entfernung zum dorsalen Zugang lag im Schnitt bei 40 mm, zum radialen bei 32 mm und zum palmaren Zugang des TMC-Gelenkes bei 15 mm. Der Zugangsweg zum STT-Gelenk war etwa 13 mm von ihr entfernt, so daß die Ansa thenaris praktisch außerhalb der Verletzungszone der Zugangswege liegt. Obwohl das Muster der Aufzweigungen und Äste der Arteria radialis in der Literatur als variabel beschrieben wird (65), zeigten unsere Untersuchungen eine relative Konstanz dieser Arterie und ihrer Äste im Hinblick auf Verlauf und Verzweigungsmuster. Festgestellt werden konnte lediglich eine geringgradige Kaliberschwankung des Ramus palmaris superficialis der Arteria radialis,

welcher in den allermeisten Fällen (83,3 % = 43 Handpräparate) erheblich zarter erscheint als der gängigen Literatur (23, 47, 48) zu entnehmen ist. Die Arteria radialis fand sich im Durchschnitt 10 mm entfernt vom dorsalen, 22 mm vom radialen und 32 mm vom palmaren Zugang zum TMC-Gelenk.

Ihre Entfernung zum STT-Zugang war durchschnittlich 22 mm. Der Ramus palmaris superficialis lag im Mittel etwa 35 mm entfernt vom dorsalen Zugang, 24 mm vom radialen und 8 mm vom palmaren, sowie immer noch 5 mm vom Zugang zum STT-Gelenk. Dieser Wert wurde nie unterschritten, so daß auch hier die Gefährdung dieser Strukturen als sehr gering eingestuft werden kann.

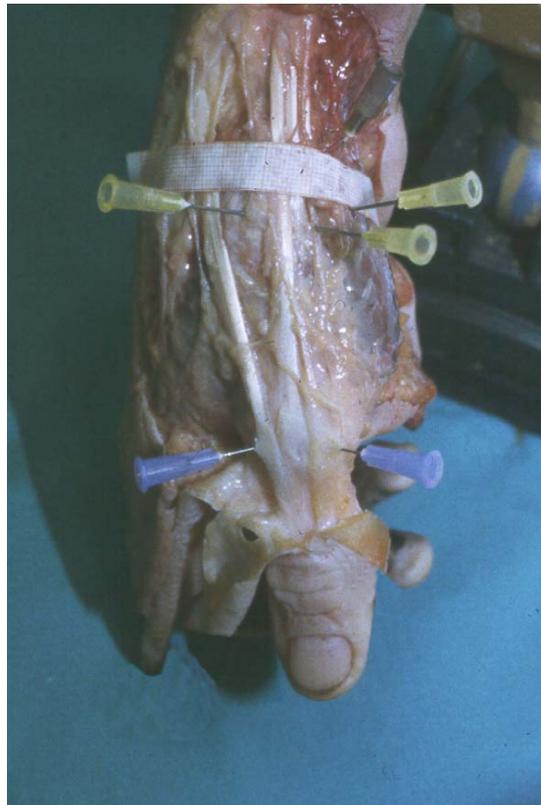


Abb. 100: Handpräparat mit platzierten Kanülen über den Zugangswegen

Eine Verletzung venöser Gefäße ist bei chirurgischen Eingriffen praktisch unvermeidbar, doch an sich meist harmlos. Untersucht wurden aus diesem

Grund nur die oberflächlichen Venen mit einem Kaliber größer als zwei Millimeter. Alle Venen die einen kleineren Durchmesser aufweisen erzeugen bei Verletzung keine relevante Blutung, welche den Erfolg des Eingriffes gefährden oder gar in Frage stellen würde.

Nichts desto trotz sollte eine Beschädigung einer Struktur, gleich welcher Größe, vermieden werden, da hierdurch einer der Vorteile der Arthroskopie, die Möglichkeit des atraumatischen Vorgehens in Verbindung mit einer geringeren Blutungstendenz nämlich, geschmälert werden würde. Erschwert wird die Schonung venöser Gefäße durch die überaus große interindividuelle Variationsbreite der Venen, was jeder Mensch an sich selbst, im besonderen auf dem Handrücken, eindrucksvoll nachvollziehen kann. Andererseits sind gerade die oberflächlichen Venen des Rete dorsale manus sowie die Endäste der Vena cephalica gut sichtbar und für den Untersucher somit recht leicht zu umgehen. Dementsprechend konnten wir nur in einem Fall die Verletzung eines mittleren venösen Gefäßes (3mm  $\varnothing$ ) nachweisen. Im Durchschnitt lagen die Gefäße des Rete dorsale manus sowie die Endäste der Vena cephalica 15 mm vom dorsalen, 20 mm vom radialen und 26 mm vom palmaren Zugang des TMC-Gelenkes entfernt. Der STT-Zugang befand sich im Schnitt etwa in einem Abstand von 24 mm.

Die Sehnen der langen Daumenmuskeln sind aufgrund ihrer Lage leicht palpabel und somit exzellente Orientierungsmarken bei der Auffindung der Penetrationspunkte für die Zugangswege zu den Gelenken des ersten Strahles der Hand. Insofern ist ihre Verletzung zwar theoretisch möglich, bei exaktem Arbeiten jedoch fast auszuschließen. So zeigten auch unsere Präparationen in keinem Fall eine Verletzung an einer Sehne.

Die Sehne des Musculus flexor carpi radialis passiert den dorsalen Zugang zum TMC-Gelenk im Schnitt in 17 mm, den radialen in 36 mm und den palmaren in 45 mm Entfernung. Der STT-Zugang liegt etwa 32 mm von ihm entfernt.

Die Sehne des Musculus extensor pollicis longus findet sich in einem Abstand von 10 mm zum dorsalen, 25 mm zum radialen und 35 mm vom palmaren Zugangsweg des TMC-Gelenks. Ihre Distanz zum STT-Zugang beträgt im Mittel etwa 30 mm.

Deutlich näher an den Zugangswegen liegt die Sehne des Musculus extensor pollicis brevis. Sie kommt in ihrem Verlauf im Durchschnitt bis auf 5 mm an den dorsalen Zugang heran und liegt 10 mm bzw. 20 mm vom radialen bzw. palmaren Zugangsweg entfernt. Der Abstand zum Zugang des STT-Gelenks bemaß sich im Schnitt auf 16 mm.

Die letzte, für unsere Untersuchungen relevante Struktur, ist die Sehne des Musculus abductor pollicis longus. Sie zieht durchschnittlich 8 mm am dorsalen, 5 mm am radiale und 12 mm am palmaren Zugang zum TMC-Gelenk vorbei. Ihre Entfernung zum STT-Zugang lag im Mittel bei 10 mm.

Es kann festgestellt werden, daß die von uns gewählten Zugangswege zum TMC- und STT-Gelenk des Daumens, abgesehen von einer Verletzung eines venösen Gefäßes, immer einen ausreichenden Sicherheitsabstand zu schonenswerten Strukturen gewährleisten und somit die Arthroskopie der peritrapezialen Gelenke als komplikationsarmes Verfahren angesehen werden muß.

In nachfolgender Tabelle sind die eben genannten Werte zusammengefaßt :

**Tabelle V: Entfernung der Zugangsportale zu relevanten Strukturen (n=20), Mittelwerte in Millimeter, in Klammern Verletzungshäufigkeit**

Strukturen	Zugänge zum TMC-Gelenk			Zugang zum STT-Gelenk
	Palmar	Dorsal	Radial	Palmar
<u>Nerven</u>				
R. superficialis n. radialis				
• ulnarer Ast	12	22	30	22
• radialerAst	16	5	16	12
Ansa thenaris	40	32	15	13
<u>Gefäße</u>				
A. radialis	10	22	32	22
Ramus palmaris sup. der A. radialis	35	24	8	5
V. cephalica	15 (1x)	20	26	24
<u>Sehnen des</u>				
M. ext. Carpi radialis	17	36	45	32
M. ext. pollicis longus	10	25	35	30
M. ext. pollicis brevis	5	10	20	16
M. abd. pollicis longus	8	5	12	10

### **3.6.2. Präparation und Bewertung des Kapsel-Band-Apparates**

#### **3.6.2.1. Die Bänder des Scaphotrapezoidtrapezialgelenks**

Das STT-Gelenk wird von den palmaren und dorsalen interossären Bändern der Handwurzel eingeschlossen. Somit ist eine Schonung dieser Ligamente zwar nicht möglich, jedoch entsteht durch die Penetration dieses Bandsystems keine nennenswerte Instabilität. Als wichtige Einzelligamente am STT-Gelenk wurden von uns das Ligamentum scaphotrapezium sowie das Ligamentum trapezoidtrapezium dargestellt. Beide Strukturen wurden durch unsere arthroskopischen Untersuchungen nicht tangiert und blieben unversehrt. Der palmare Zugang zum STT-Gelenk liegt nach den durchgeführten Messungen im Mittel circa 6 mm palmar des Ligamentum scaphotrapezium. Das Ligamentum trapezoidtrapezium ist aufgrund seiner Lage und Verlaufsrichtung stets weit außerhalb einer möglichen Gefahrenzone.

Das folgende Bild zeigt die Präparation des Ligamentum scaphotrapezium, welches sich regelhaft an der Radialseite der Handwurzel zwischen dem Os scaphoideum und Os trapezium findet.

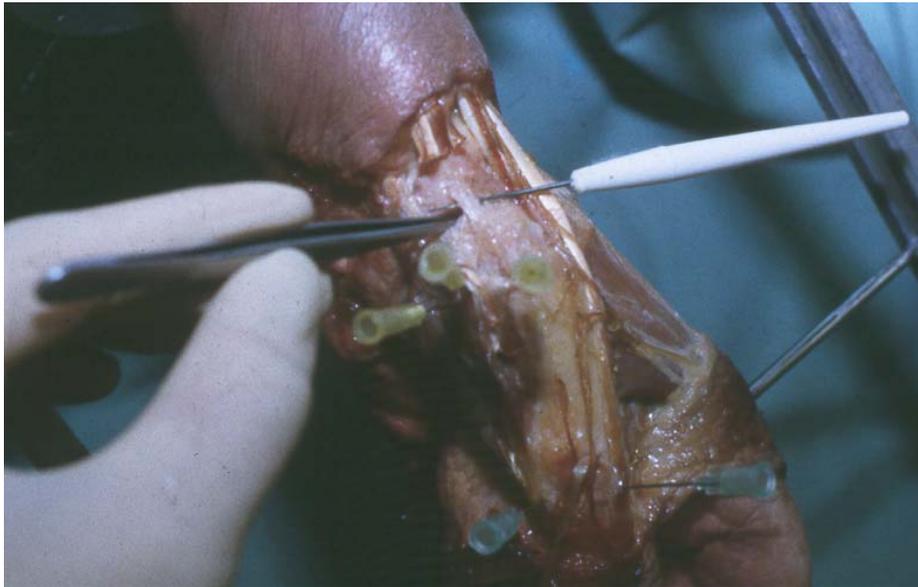


Bild 101: Präparation des Ligamentum scaphotrapeziales

### 3.6.2.2. Die Bänder des Trapeziometacarpalgelenks

Der Kapsel-Band-Apparat des TMC-Gelenkes ist eine komplex aufgebaute Struktur, bestehend aus verschiedenen intra- und extrakapsulären, in verschiedene Richtungen orientierten Ligamenten, welche alle einen Beitrag zur Stabilisierung des Gelenkes leisten. Der Literatur ist keine einheitliche Meinung zur Wichtigkeit der einzelnen Bänder zu entnehmen, doch fokussiert sich das Interesse der Autoren häufig auf das Ligamentum intermetacarpale dorsale I und das Ligamentum trapeziometacarpale. Auch wir kommen, basierend auf unseren anatomischen Untersuchungen (8) zu dem Schluß, daß unter anderem diese beiden Bänder die Träger der Hauptstabilität am Trapeziometacarpalgelenk des Daumens sind, da sie zum einen die, die Gelenkfläche stark belastende Oppositionsbewegung wirkungsvoll zügeln und

zum anderen sind sie bei schon arthrotisch vorgeschädigten Gelenken signifikant ausgedünnt oder sogar völlig zerstört, was zu erheblichen Instabilitäten mit Einschränkung der Funktionalität führt. Röntgenologisch sind bei fortgeschrittenen Arthrosen osteophytäre Randausziehungen und Verknöcherungen des Ligamentum metacarpale dorsale I zu erkennen, welche als morphologisches Korrelat einer anhaltenden Überlastung des Bandes zu werten sind (37). Unabhängig von der Wichtigkeit einzelner Strukturen muß jedoch der Kapsel-Band-Apparat des TMC-Gelenkes als funktionelle Einheit betrachtet und behandelt werden. An seinem physiologischem Aufbau beteiligt sich jedes Element mit unterschiedlicher Quantität und Qualität. Aus diesem Grund stellt sich für den Untersucher nicht primär die Frage der Schonung der wichtigsten Strukturen, sondern wie der Kapsel-Band-Komplex in seiner Gesamtheit erhalten werden kann. Dies ist darüber hinaus wichtig bei der Inspektion des Gelenkinneraumes, da ein Ziel der Arthroskopie des TMC-Gelenks die Begutachtung der ligamentären Strukturen ist und ein iatrogen gesetzter Bandschaden von einem traumatisch bedingten kaum unterscheiden werden kann. Aus eben genannten Gründen geht als Prämisse hervor, daß eine Verletzung des Kapsel-Band-Apparates durch arthroskopieassoziierte Manipulationen unbedingt zu vermeiden ist. Deshalb wurde bei den anatomischen Voruntersuchungen zur Auswahl geeigneter Penetrationspunkte stets ein besonderes Augenmerk auf die physiologische Konfiguration der ligamentären Strukturen gelegt, so daß die Zugangswege dem Anspruch der größtmöglichen Schonung der Weichteile und des Bandapparates gerecht werden.

So ergaben die Präparationen des diffizilen ligamentären Systems des Daumensattelgelenks insgesamt drei Läsionen an Bandstrukturen, wobei zwei sicher im Untersuchungsgangselbst begründet lagen und eine arthrosebedingt war. Im letztgenannten Fall fand sich eine weitgehende Ausdünnung mit teilweiser Zerstörung des Ligamentum trapeziometacarpale bei vorbestehender Rhizarthrose.

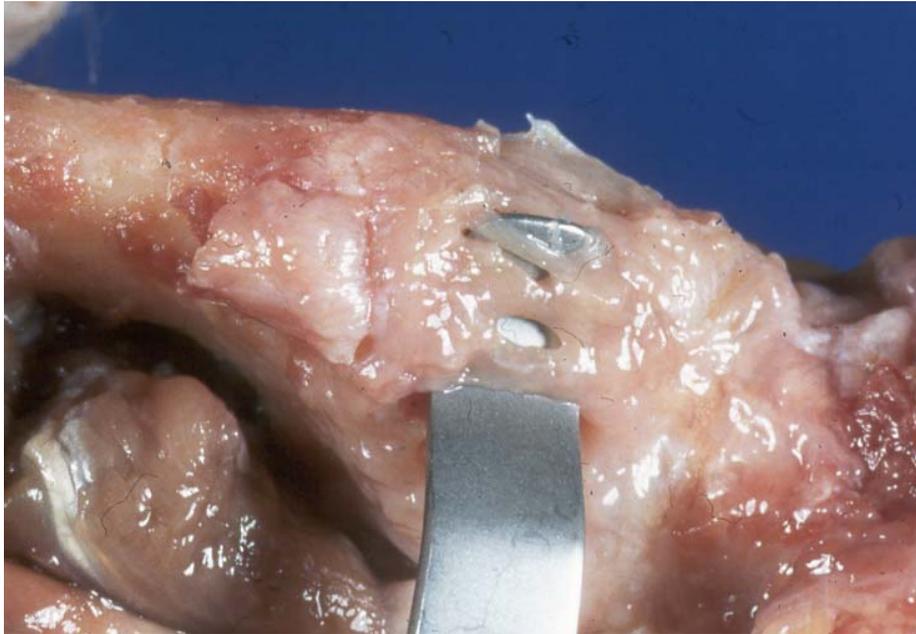


Abb. 102: Ausgedünntes Ligamentum trapeziometacarpale

Dieses Ergebnis deckt sich mit der schon oben erwähnten Involvierung dieses Bandes in pathologische Prozesse am TMC-Gelenk.

An arthroskopieassoziierten Läsionen fand sich in einem Fall eine Verletzung des Ligamentum carpometacarpale obliquum posterius, welches über den dorsalen Zugangsweg zu 80 % zerstört wurde. Obschon dieses Band nicht entscheidend zur Stabilität am Sattelgelenk beiträgt sollte aus oben erwähnten Gründen auch diese Verletzungen vermieden werden. In einem weiteren Fall konnte eine Läsion des Ligamentum trapeziometacarpale („volar ligament“) festgestellt werden. Diese Beschädigung kann jedoch als geringfügig eingestuft werden, da es sich hierbei lediglich um einen Anriß handelte, das Band selbst aber zu 75 % erhalten blieb. Aus diesem Grund resultiert aus einer solchen Läsion mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit keine nennenswerte Instabilität.

Die Häufigkeit der Bandverletzungen beträgt somit bei 20 experimentell durchgeführten Arthroscopien 10 %, wobei beide Schäden für den Patienten keine Konsequenzen ergeben hätten.

Darüber hinaus konnten keine weiteren Bandverletzungen nachgewiesen werden, die in einen kausalen Zusammenhang mit der Durchführung der Arthroscopie gebracht werden können. Somit kann die Arthroscopie des Trapeziometacarpalgelenkes auch aus dieser Hinsicht als sehr sicheres Verfahren gewertet werden.

In nachfolgender Tabelle sind die wichtigsten Daten zusammengefaßt:

Tabelle VI: Verletzungen des Bandapparates (n=20)

Strukturen	Zugänge zum TMC-Gelenk			Zugang zum STT-Gelenk
	Dorsal	Radial	Palmar	Palmar
Bandapparat des				
• TMC-Gelenks				
Lig. carpometac. obl. post.	1x	-	-	-
Lig. carpometac. obl. ant.	-	-	-	-
Lig. carpometac. dorsorad.	-	-	-	-
Lig. trapeziometacarpale = „volar ligament“	-	-	1x	-
Lig. metacarpale dorsale I	-	-	-	-
• STT-Gelenks				
Lig. scaphotrapezium	-	-	-	-
Lig. trapezoidtrapezium	-	-	-	-

### 3.6.2.3. Das Metacarpophalangealgelenk

Die Bewertung der Präparationen am MP-Gelenk gestaltet sich insofern einfacher, da nur wenige relevante Strukturen dieses Gelenk auf eine Art tangieren, die sie in Kontakt mit den Zugangswegen zu diesem Gelenk bringen könnten. Wichtig für eine Beurteilung erschienen uns deshalb nur die Sehnen des langen und kurzen Daumenstreckers, die oberflächlichen Äste des Nervus radialis sowie die ligamentären Strukturen dieses Gelenkes.

Die Sehne des Musculus extensor pollicis longus findet sich im Durchschnitt 4 mm radial des ulnaren Zugangs und 12 mm ulnar des radialen Zugangs zum MP-Gelenk. Die Sehne des kurzen Daumenstreckers liegt im Mittel 5 mm ulnar des radialen Zugangs und 10 mm radial des ulnaren Zugangs. Diese vier Werte sind somit annähernd reziprok, da die beiden Sehnen unmittelbar nebeneinander liegen.

Die Beurteilung der nervalen Strukturen ist schwer, da in diesem Bereich meist nur noch sehr feine Hautäste des Nervus radialis vorliegen. Dem Gesetz folgend, daß die Varianz mit Entfernung vom Körperkern hin ansteigt, ist die Variationsbreite im Hinblick auf das Vorhandensein und die Lage dieser Äste recht groß. Dennoch wurden von uns keine Verletzungen festgestellt. Die nachgewiesenen Äste fanden sich im Mittel in einem Abstand von 6 mm zu beiden Zugangswegen. Dennoch ist die Wahrscheinlichkeit der Beschädigung einer solchen Struktur recht groß, wobei davon ausgegangen werden kann, daß diese Verletzungen beim Patienten keine bleibenden Schäden zurücklassen. Darüber hinaus bleibt die Tatsache bestehen, daß eine offene Vorgehensweise verfahrensbedingt mit einer signifikant höheren Wahrscheinlichkeit einer Nervenläsion behaftet ist.

Die es sich bei den beiden Kollateralbändern des MP-Gelenkes um relativ kräftige Strukturen handelt ist eine präparatorische Darstellung recht einfach. Unsere Untersuchungen zeigten in keinem Fall eine Verletzung des ulnaren

oder radialen Kollateralbandes. Somit konnte eindeutig gezeigt werden, daß die Arthroskopie des MP-Gelenkes ein technisch einfaches und mit nur geringen Komplikationen behaftetes Verfahren ist.

### **3.7. Ergebnisse der klinisch durchgeführten Arthroskopien der peritrapezialen Gelenke**

#### **3.7.1. Das Scaphotrapezoidtrapezialgelenk**

Die nach dem Schema der experimentellen Arthroskopien durchgeführten klinischen Untersuchungen zeigten, daß die Gelenkspiegelung des STT-Gelenks über den von uns gewählten palmaren Zugangsweg eine ausreichende Übersicht über das Gelenk, bei minimaler Komplikationsrate gewährleisten. Es wurden bei der klinischen Erprobung dieses Verfahrens keine Verletzungen an relevanten Strukturen festgestellt, d.h. die Traumatisierung des palmaren Weichteilmantels war sehr gering. Die von uns als relevant bezeichneten ligamentären Strukturen, wie z.B. das Ligamentum scaphotrapezium oder das Ligamentum trapezoidtrapezium blieben unverletzt, so daß es zu keinen registrierbaren Instabilitäten kam.

### 3.7.2. Das Trapeziometacarpalgelenk

Die von uns, im Anschluß an die experimentell an kryokonservierten Leichenpräparaten erprobten Arthroscopien, durchgeführten klinischen Gelenkspiegelungen bestätigten die durchweg positiven Ergebnisse der Experimente. Bisher konnten 41 klinische Arthroscopien durchgeführt werden. Der Aufbau und die Durchführung gestaltet sich komplikationslos. Die Lagerung des Patienten in Rückenlage mit dem Arm auf einem Handtisch plaziert ist äquivalent zur Lagerung bei anderen Handoperationen (z.B. arthroskopische Karpaltunnelsplattung) und ist somit ein standardisiertes Verfahren, welches vom Patienten gut toleriert wird und dem Operateur eine entspannte Operationsposition ermöglicht. Es zeigte sich, daß die Durchführung der Sattelgelenksarthroscopien in der klinischen Erprobung genauso praktikabel ist, wie es schon die Versuche an kryokonservierten Handpräparaten vermuten lies. Die Zugangswege zum Gelenk lassen sich äquivalent zum Experiment exakt darstellen und plazieren. Die Gelenkübersicht ist optimal, d.h. es gelangen alle Bereiche zur Darstellung. Die intraartikulären Aufnahmen, in Verbindung mit dem Tasthaken, zeigten keine Verletzungen des Bandapparates des TMC-Gelenkes. In arthrotisch vorgeschädigten Gelenken wird die Optik meist durch synoviale Wucherungen verlegt, was die Sicht erheblich beeinträchtigt. Dies macht den Einsatz des Dyonics 2,9 mm-Abrader (2500 U/min) zur Entfernung der Zotten erforderlich. Zudem verlangt eine optimale Bildqualität ein ständiges Durchspülen und Absaugen des Gelenks. Für eine komplette Beurteilung aller Gelenkbereiche und des Kapsel-Band-Apprates erscheinen uns zwei Zugangswege als ausreichend. Als einzige postoperative Komplikation beobachteten wir in 2 Fällen ein passageres Sensibilitätsdefizit im Bereich des oberflächlichen Astes des Nervus radialis. Dies ist zurückzuführen auf Irritation des Nerven bei Gebrauch des „dorsalen Zugangs“, da der Nerv und seine Hauptäste, obwohl eine große Variabilität in diesem Bereich existiert, über der

dorso-radialen Handkante seine häufigste Lokalisation hat. Es wurden keine Verletzungen von Arterien, größeren Venen oder Sehnen beobachtet.

Da die Indikation zur klinischen Arthroskopie des TMC-Gelenkes in den meisten Fällen eine mehr oder weniger ausgeprägte, vorbestehende Rhizarthrose war, folgten auch hier den Gelenkspiegelungen Bearbeitungen der Gelenkflächen mittels einer Fräse (Dyonics, 2,0 mm Abrader) zur Vorbereitung des Gelenks auf weitere therapeutische Maßnahmen, z.B. dem Einbringen von Arthrodesematerial (Herbert-Whipple-Schrauben). Es zeigte sich, daß der von uns in den experimentellen Arthroskopien erprobte Zeitansatz von zehn Minuten im klinischen Alltag ausreichend ist um die Gelenkflächen entsprechend zu bearbeiten. Die prozentualen Anteile der bearbeiteten Flächen decken sich mit den experimentellen Beobachtungen von 60-85 %.

Als Ausblick soll nicht unerwähnt bleiben, daß es möglich ist das Arthrodesematerial in minimalinvasiver Technik unter arthroskopischer Kontrolle (MIAD) in das Gelenk einzubringen.

### **3.7.3. Das Metacarpophalangealgelenk**

Auch die klinische Erprobung der Arthroskopie des MP-Gelenkes erwies sich als unkompliziertes, komplikationsarmes Verfahren. Die Gelenkübersicht entspricht den im Experiment festgestellten Beobachtungen, d.h. sie beträgt 100 %. Das ulnare und das radiale Kollateralband kommen gut zur Darstellung und können mittels des Tasthakens auf Unversehrtheit hin untersucht werden. Es konnten keine Beschädigungen an relevanten Strukturen nachgewiesen werden.

## IV. Diskussion

### 4.1. Komplikationen

Vereinfacht kann zunächst festgehalten werden, daß diese besondere Arthroskopieform die selben Grundkomplikationen (Infektionen, Nachblutungen) wie andere operative Eingriffe am menschlichen Körper birgt. Allerdings existieren eine Reihe von arthroskopieassoziierten, spezifischen Problemen, welche dem Operateur bekannt sein sollten. An erster Stelle ist hierbei die Verletzung relevanter Strukturen zu nennen. Prädisponiert durch arthroskopische Manipulation einen Schaden davonzutragen ist in diesem Bereich sicherlich der oberflächliche Ast des Nervus radialis. Da er eine ausgesprochen große Variationsbreite bezüglich seines Verlaufs und seiner Astfolge an den Tag legt, ist eine Kalkulation des Verletzungsrisikos kaum möglich. Zwar konnten experimentell von uns keine Nervenläsionen festgestellt werden, doch zeigten die klinischen Untersuchungen durchaus Beschädigungen oder zumindest Irritationen an diesem, für die Sensibilität der Hand so wichtigen Nerven an. Die folgen können, neben Sensibilitätsdefiziten oder sogar –verlusten, auch schmerzhaftes Neurome sein. In diesem Zusammenhang sollte jedoch nicht unerwähnt bleiben, daß ein offenes Operationsverfahren, wie schon erwähnt, in entscheidend höherem Maße die Gefahr einer Affektion nervaler Strukturen in sich birgt.

Ebenfalls exponiert in ihrer Lage ist die Arteria radialis sowie ihre Hauptäste, wie z.B. der Ramus superficialis palmaris. Exakte anatomische Kenntnisse und vorsichtiges Vorgehen können die Wahrscheinlichkeit einer Verletzung zwar verkleinern, aber nicht ausschließen. Die Folgen einer Beschädigung der Arteria radialis reichen von der Ausbildung eines Hämatoms bis hin zu Minderperfusionen des Daumens oder anderer Finger, wobei normalerweise in ausreichendem Umfang Anastomosen über die Arteria ulnaris zur Verfügung stehen..

Die Gefahr der Verletzung von Sehnen oder venösen Gefäßen ist zwar bei adäquater Ertastung und Anzeichnung dieser Strukturen relativ klein, darf jedoch nicht außer Acht gelassen werden, da sich bei Verletzungen von Sehnen sogar bleibende Funktionsdefizite ergeben können. Des Weiteren kann hierdurch ein Zweiteingriff zur Korrektur der Läsion nötig werden, welcher die Vorteile eines arthroskopischen Vorgehens stark in Frage stellen würde.

Nicht unerwähnt bleiben sollte die Möglichkeit einer Penetration des falschen Gelenks. Da die Gelenke sehr klein sind und z.T. sehr nahe beieinander liegen ist es stets sinnvoll sich mittels Durchbewegen und Ertasten des zu untersuchenden Gelenkes zu vergewissern, daß der sichtbare Gelenkraum auch der gewünschte ist.

Insgesamt gesehen zeigten unsere Untersuchungen eindeutig, daß die Arthroskopie der peritrapezialen Gelenke ein schonendes und komplikationsarmes Verfahren ist, welches die diagnostischen Möglichkeiten in diesem Bereich der Hand entscheidend erweitert.

#### **4.2. Indikationen der Arthroskopie der peritrapezialen Gelenke des ersten Strahls der Hand**

Die Indikationen zur Arthroskopie des TMC- und STT-Gelenks liegen zum einen diagnostisch bei posttraumatischer Arthrose, Rhizarthrose und STT-Arthrose. Darüber hinaus stellt sie eine sinnvolle Erweiterung bei der Diagnose kapsulärer Verletzungen, wie Luxationen oder ligamentäre Rupturen am TMC-Gelenk dar. Des Weiteren kann sie therapeutisch bei Os metacarpale-I-Frakturen (Bennett, Rolando) eingesetzt werden, bei denen eine arthroskopisch kontrollierte Osteosynthese durchgeführt werden kann. Oftmals ist in der Nativröntgenaufnahme nicht immer mit letzter Sicherheit eine Gelenkbeteiligung zu beweisen oder auszuschließen, d.h. liegt noch eine Winterstein- oder schon

eine Bennett-Fraktur vor. Intraoperativ kann durch das arthroskopische Vorgehen eine erheblich exaktere Rekonstruktion der Gelenkfläche erfolgen als dies bei einem offenen Verfahren möglich wäre. Zudem ist die minimalinvasive Chirurgie weit weniger traumatisierend und insofern vorzuziehen.

Zudem sind therapeutische Einsätze möglich bei der Rhizarthrose im Stadium II und III (20), welche mit einer arthroskopisch assistierten minimalinvasiven Arthrodese (MIAD) des Daumensattelgelenks oder eine Resektionsinterpositionsarthroplastik nach Menon (52) versorgt werden kann.

Mittels der Arthroskopie der peritrapezialen Gelenke ist der Untersucher in der Lage das Ausmaß der Gelenkdestruktion und die Beteiligung der umliegenden Gelenke exakt zu bestimmen und somit das Stadium der Rhizarthrose genau festzulegen. Dem Patienten kann hierdurch eine stadienadaptierte Behandlung (Stadium II und III) vorgeschlagen werden. Bei fortgeschrittener Rhizarthrose (Stadium IV), welche mit einer Beteiligung des Scaphotrapezoidtrapezialgelenks einhergeht kann dem Patienten eine erweiterte Therapie angeboten werden.

Die Indikationen für einen solchen Eingriff am MP-Gelenk entsprechen denen am TMC- und STT-Gelenk. So dürfte eine Hauptindikation die Diagnostik und Therapie der Bandrupturen am MP-Gelenk sein. Insbesondere die wesentliche häufigere ulnare Kollateralbandruptur („Ski-Daumen“) kommt hier in Betracht. Darüber hinaus kann auch die seltenere, radiale Kollateralbandruptur („Golfer-Daumen“) arthroskopisch therapiert werden. Des Weiteren sind jedoch auch Einsätze bei Frakturen des Grundgelenks, bei denen eine Gelenkbeteiligung vorliegt, denkbar.

### 4.3. Blutsperre oder Blutleere ?

Für eine Arthroskopie kommt lediglich die Blutsperre in Betracht, niemals jedoch die Blutleere. Ein Vorteil der Arthroskopie besteht darin, daß größere Blutungen vermieden werden können, im Gegensatz zum offenen Vorgehen, bei dem dies nicht immer gewährleistet werden kann. So stellt sich automatisch die Frage, ob es nötig und sinnvoll ist, überhaupt irgendeine Art der Blutarmut im Operationsgebiet zu erzeugen, da die Nachteile der Blutsperre auf der Hand liegen. Durch die Blutsperre wird der wahre Füllungszustand der Synovialgefäße verschleiert und somit iatrogen ein falsches Bild des Zustandes der Synovia erzeugt (29).

Zudem konnte Pedowitz 1991 nachweisen, daß es bereits zwei Stunden nach dem Anlegen der Blutsperre zu Muskelnekrosen distal der Manschette und zu axonalen Degenerationen im Bereich der Manschette kommt (zitiert nach 29).

Andererseits dürfen jedoch auch die Vorteile einer Blutsperre nicht außer Acht gelassen werden. So verspricht sie bei der arthroskopisch assistierten Versorgung von intraartikulären Frakturen eine erheblich bessere Sicht.

Letztlich jedoch erscheint das Anlegen einer Blutsperre sicherlich sinnvoll, da auch durch die Arthroskopie eine Blutung niemals ausgeschlossen werden kann und im speziellen die Arthroskopie der peritrapezialen Gelenke diese zwei-Stunden-Frist nicht erreichen wird.

#### 4.4. Diskussion der anatomischen Ergebnisse

Das Trapeziometacarpalgelenk des Daumens stellt im Gefüge der Hand eine für die normale Funktion des menschlichen Greiforgans entscheidende Komponente dar, da es die meisten Bewegungen des Daumens erst ermöglicht. Um als wirkungsvoller Gegenspieler der Langfinger agieren zu können ist nicht nur eine hinreichende Kraft nötig, sondern ebenso ein ausreichende Bewegungsfreiheit um in Opposition zu jedem einzelnen Finger treten zu können. Generell kann festgestellt werden, daß angeborene oder erworbene Varianten der Gelenkkontur oder der Kapsel-Band-Konfiguration eine Hypermobilität erlauben, welche durch einen erleichterte Subluxation der Entstehung der Rhizarthrose den Weg bereiten.

Um so überraschender erscheint die Tatsache, daß trotz diverser Untersuchungen in der Literatur kein einheitliches Konzept für die Bewertung der Kapsel-Band-Strukturen dieses Gelenks gefunden werden konnte. Für die effiziente Behandlung pathologischer Prozesse am Daumensattelgelenk ist ein exaktes Verständnis für die anatomischen Zusammenhänge als Grundlage der Ätiologie jedoch unabdingbar.

Aus diesem Grunde führten wir eine anatomische und experimentelle Untersuchung der Strukturen am Daumensattelgelenk durch, um so die Basis für ein exaktes Verständnis im Hinblick auf eine arthroskopische Intervention zu schaffen. Die verwendete Nomenklatur geht auf Pieron (1973) und Pagalidis (1981) zurück.

Unsere Untersuchungen werden durch die Arbeit von Pagalidis et al. aus dem Jahre 1981 weitgehend bestätigt. Er konnte fünf verschiedene Bandstrukturen am Trapeziometacarpalgelenk identifizieren: die Ligg. carpometacarpale obliquum anterius et posterius, das Lig. carpometacarpale dorsoradiale, das Lig. trapeziometacarpale („volar ligament“) und das Lig. intermetacarpale dorsale I. Bei der Betrachtung der Wertigkeit der einzelnen Bänder kommt er zu folgenden Ergebnissen. In Übereinstimmung mit

unseren Untersuchungen führt eine isolierte Durchtrennung des Lig. carpometacarpale obliquum anterius oder des Lig. carpometacarpale posterius zu keiner Instabilität am Sattelgelenk. Diese Strukturen können aus diesem Grund als Hilfsligamente der anderen Bänder angesehen werden. Kontrovers sind seine Beobachtungen bezüglich des Lig. intermetacarpale dorsale I zu sehen. Zwar stellt er eine Anspannung dieser Struktur sowohl bei extremer Adduktion als auch bei extremer Opposition fest, spricht ihm dennoch keine tragende Rolle bei der Stabilisierung des Gelenkes zu. Nach seinen Angaben handelt es sich lediglich um eine dorsoradiale Kapselverstärkung. Diese Ansicht wird von uns nicht geteilt, da unsere kinetischen Versuche eine vermehrte dorsoradiale Luxierbarkeit bei Verlust dieses Ligaments zeigten und zum anderen eine signifikante Ausdünnung bei arthrotisch vorgeschädigten Gelenken zu verzeichnen war. Pagalidis schreibt dem Lig. trapeziometacarpale („volar ligament“) die Hauptstabilisierungsfunktion am Daumensattelgelenk zu. Pelligrini et al. (1992) kommt zu einem ähnlichen Ergebnis bezüglich der Bedeutung des Lig. trapeziometacarpale, welches er jedoch als das „palmar beak ligament“ bezeichnet. Er spricht ihm eine tragende Funktion bei der Entstehung der Rhizarthrose zu. Eine derart herausragende Rolle kann zwar von uns nicht bestätigt werden, jedoch wiesen auch unsere Untersuchungen diesem Band eine tragende Funktion zu. Ebenfalls eine wichtige Struktur ist für Pagalidis das intermetacarpale Band. Obschon ein extrakapsuläres Ligament, und als solches nicht exakt dem Trapeziometacarpalgelenk zugehörig, ist es ein wichtiger Stabilisator gegen eine radiale Dislokation des ersten Metacarpalknochens. Folgerichtig stellt auch Pagalidis in seinen Untersuchungen heraus, daß eine Durchtrennung dieses Bandes eine erleichterte Subluxation nach dorsoradial im Sattelgelenk nach sich zieht. Darüber hinaus beschreibt er auch eine eindeutige Elongation bzw. Ausdünnung des Lig. intermetacarpale dorsale I bei arthrotisch veränderten Gelenken.

Richard G. Eaton und J. William Littler erarbeiteten dagegen 1969 in einer Studie über das basale Gelenk des Daumens ein Konzept über den Kapsel-

Band-Apparat, welches von einer Bandführung an der volaren, dorsalen und lateralen Seite des Daumensattelgelenks ausgeht (Eaton & Littler, 1969). Sie erachten das Lig. carpometacarpale obliquum anterius, welches sie auch als tiefes ulnares Band („deep ulnar ligament“) bezeichnen, als das Wichtigste. Nach ihrer Ansicht bedeckt es die volare Seite des Sattelgelenks bis in die intercarpalen Strukturen hinein. Des weiteren beschreiben sie das Lig. carpometacarpale obliquum posterius, welches aufgrund seiner geringeren Stärke durch die Sehne des M. abductor pollicis longus verstärkt wird. Im Gegensatz hierzu konnten wir lediglich eine unterstützende Funktion des Lig. carpometacarpale obliquum anterius feststellen, wobei eine Ausdehnung dieser Struktur auf die gesamte volare Facette des Trapeziometacarpalgelenks in keinem Fall durch unsere anatomischen Untersuchungen bestätigt werden konnte. Es konnte gezeigt werden, daß das Lig. trapeziometacarpale den volaren Bereich des Gelenks überspannt. Naheliegender erscheint also, daß von Eaton und Littler keine exakte Unterscheidung zwischen dem Lig. carpometacarpale obliquum anterius und dem Lig. trapeziometacarpale stattfand. Darüber hinaus zeigten unsere Untersuchungen eindeutig, daß kein einzelnes Band allein, die Stabilität des Daumensattelgelenks sicherstellt, sondern ein Gefüge von mindestens drei Bändern nötig ist, welche durch ihr Zusammenspiel das Gelenk in seinen Bewegungen führen.

Zu ähnlichen Ergebnissen kommt auch Burton in seiner Arbeit über die Arthrose am basalen Gelenk des Daumens aus dem Jahre 1973. Wie die beiden vorher genannten Autoren, so kommt auch er in seinen Ausführungen zu dem Schluß, daß das vordere Schrägband („anterior oblique ligament“) das wichtigste sei. Er stellt darüber hinaus eine dorsoradiale Subluxationstendenz des ersten Metakarpalknochens fest, welche durch eine vermehrte Laxizität des „volar ligaments“ erleichtert wird. Eine solche Involvierung des „volar ligaments“, welches von uns als Lig. trapeziometacarpale bezeichnet wird konnten wir durch unsere Untersuchungen nicht bestätigen, da seine Hauptwirkungsrichtung als volar liegendes Band nahezu orthogonal zur Richtung der Subluxation liegt.

Insofern findet nur eine indirekte Beteiligung an der Zügelung dieser dorsoradialen Bewegung statt. In der Hauptsache sind solche Bänder einbezogen, deren Ausrichtung der Hauptzugrichtung entsprechen. Dies sind die Lig. intermetacarpale dorsale I und carpometacarpale dorsoradiale.

Bojson-Möller zog noch ein weiteres Band in seine Betrachtung der osteoligamentären Führung des Daumensattelgelenks aus dem Jahre 1976 mit hinein. Er beschrieb ein Y-förmiges, extrakapsulär gelegenes, intermetacarpales Band, welches mit zwei Ursprungsschenkeln von der Basis des Os metacarpale II entspringt und mit einem Schenkel an der Basis des Os metacarpale I ansetzt. Eine solche Y-förmige Konfiguration des Bandes konnte von uns in keinem der aufgearbeiteten Präparate nachvollzogen werden. Seinen Beobachtungen nach spannt es sich bei der extremen Abduktion und Adduktion an (Bojson-Möller, 1976). Beobachtet man den exakten Faserverlauf, so ist eine wirkliche Involvierung dieses Bandes in die Adduktion schwer vorstellbar, da seine Hauptwirkungsrichtung nicht mit der Adduktionsbewegung in Deckung gebracht werden kann. Wir konnten dagegen eine eindeutige Anspannung bei der Oppositionsbewegung nachweisen, was durchaus nicht verwunderlich ist, da die Opposition aus einer Abduktionsbewegung heraus entsteht. Zwar stellt er ebenfalls fest, daß dieses Band die Zirkumduktionsbewegung führt, verzichtet jedoch auf eine differenzierte Betrachtung der Involvierung dieser Struktur in die Bewegungen. Hinsichtlich der redressierenden Wirkung des Lig. intermetacarpale dorsale I auf die radiale Subluxation des ersten Strahles besteht keine Uneinigkeit in den Ergebnissen zwischen den von Bojson-Möller und uns durchgeführten Untersuchungen. Es repräsentiert eindeutig (siehe Ergebnisse) einen Hauptfaktor bei der Verhinderung des radialen Abgleitens des Os metacarpale I gegenüber dem Os trapezium, was regelhaft bei der Rhizarthrose zu beobachten ist.

Im Gegensatz zu Eaton und Littler geht er von zwei Bandsystemen aus, welche die Gelenkkapsel dorsal und palmar verstärken. Er differenziert das dorsale Bandsystem in drei weitere Bänder, wobei er das erste als ein fächerförmiges dorsoradiales Ligament, das zweite als ein intermediäres

Ligament und das dritte als ein dorsales Schrägband bezeichnet. Das palmare Bandsystem besteht nach diesen Untersuchungen lediglich aus dem palmaren Schrägband. Diese Beobachtungen decken sich in Verlauf und Ansatz annähernd mit der von uns beschriebenen Kapsel-Band-Konfiguration, allerdings muß der palmare Aspekt des Gelenks differenzierter betrachtet werden, da sich in ihm elementare Strukturen für die Gelenkstabilität finden. Unseren Untersuchungen zufolge erstreckt sich regelhaft des relativ schwach angelegten Lig. carpometacarpale obliquum anterius lediglich auf die radiopalmare Facette und schließt somit den Raum zwischen Ligg. carpometacarpale dorsoradiale et trapeziometacarpale. Stark ausgebildet und dementsprechend wichtig für die Stabilität des palmaren Aspekts ist das eben genannte, aus 2 v-förmig angeordneten Schenkeln bestehende Lig. trapeziometacarpale, welches auch als „volar ligament“ bezeichnet wird, und das Sattelgelenk von palmar bis an die ulnare Kante überspannt. Unterschiede am dorsalen Gelenkaspekt ergeben sich in erster Linie durch die Nomenklatur. Ein wirkliches intermediäres Ligament konnte von uns nicht festgestellt werden. Dagegen wiesen wir nach, daß sich das Lig. carpometacarpale obliquum posterius aus zwei Schenkeln zusammensetzt, welche zwar einen gemeinsamen Ursprung an der dorso-ulnaren Facette des Os trapezium haben, jedoch nach ihrer Trennung, etwa auf halben Weg, strahlt der ulnare Schenkel in das Ansatzgebiet des Lig. intermetacarpale dorsale I an der dorso-ulnaren Seite des Os metacarpale I ein, wogegen der radiale Schenkel etwas weiter distal an einem dorso-ulnaren Tuberkel des Os metacarpale I ansetzt. Einigkeit herrscht, wie schon oben erwähnt, im Hinblick auf das Vorhandensein und die Konfiguration des extrakapsulär gelegenen Lig. intermetacarpale dorsale I.

Bojsson-Möller faßt den dorsalen Bandapparat funktionell zusammen und beschreibt eine Anspannung bei der extremen Abduktion. Auch das palmare Schrägband spannt sich nach seinen Ausführungen lediglich bei der Abduktion an.

Des weiteren stellt er fest, daß eine bei der Opposition stattfindende Rotation die Belastungszone aus dem Zentrum in die radialen Anteile des Gelenks

führt. Hierdurch erklärt sich die meist in diesen Bereichen zu beobachtende Erstmanifestation der Rhizarthrose, was durch unsere Präparationen bestätigt werden konnte. Übereinstimmend mit unseren Untersuchungen stellt auch Bojson-Möller eine flachere Ausprägung der radialen Gelenkfacette als morphologisches Korrelat einer dorsoradialen Subluxationstendenz, der nur ein intakter Kapsel-Band-Apparat widerstehen kann.

Barmakians Beschreibung des Kapsel-Band-Apparates des Daumensattelgelenks von 1992 geht zurück auf die erste Untersuchung dieses Bereiches von Weitbrecht aus dem Jahre 1742. Er geht von vier Hauptligamenten aus, wovon das erste das vordere Schrägband ist, welches er auch als „volar ligament“ bezeichnet. Er stellt anhand seiner kinetischen Versuche fest, daß diese Struktur bei den verschiedenen Daumenbewegungen seine Anspannung und Länge konstant hält. Unter Berücksichtigung des Faserverlaufs können wir diese Beobachtung nicht teilen. Unsere Untersuchungen zeigen eine eindeutige Zügelung der Ab- und Adduktion an, wogegen die Opposition unbeeinflusst bleibt. Des weiteren beschreibt er das hintere Schrägband, welches sich bei der Abduktion strafft. Auch dies kann von uns nicht nachvollzogen werden. Im Gegenteil konnten wir sogar eine Entspannung der Fasern des Lig. carpometacarpale obliquum posterius bei der Abduktionsbewegung feststellen. Übereinstimmend mit unseren Ergebnissen beschreibt er dagegen das Lig. carpometacarpale dorsoradiale als eine kräftige Struktur welche bei der Adduktion angespannt ist und auf diese Art einer dorsoradialen Subluxation entgegenwirkt. Auch er benennt ein intermetacarpales Band, welches sich zwischen den ersten beiden Metakarpalknochen, insbesondere bei der Abduktion ausspannt. Eine Bedeutung für die Verhinderung einer dorsoradialen Subluxation wurde von ihm nicht beobachtet.

Imaeda et al. beschreibt 1993 in seiner Arbeit über die Anatomie der trapeziometacarpalen Ligamente fünf Hauptstrukturen, welche das Sattelgelenk des Daumens unterstützen, wovon sich drei intrakapsulär und zwei extrakapsulär befinden. Er benennt ein vorderes, schräges Band

(„anterior oblique ligament“), welches intrakapsulär an der Palmarseite des Sattelgelenks verläuft. Es handelt sich um eine kräftige Struktur, die sich bei der Abduktion und Extension anspannen soll. Betrachtet man den Verlauf und die Belastungsbewegung so wird deutlich, daß diese Struktur sich mit dem von uns als Lig. trapeziometacarpale bezeichneten Band deckt. Zudem beobachtete er eine signifikante Involvierung in arthrotische Prozesse am Daumensattelgelenk, was wir durch unseren Untersuchungen ebenfalls bestätigen konnten. Des weiteren beschreibt er eine extrakapsuläre Struktur, welche er als ulnares Kollateralband („ulnar collateral ligament“) bezeichnet. Es entspringt vom Retinaculum flexorum und inseriert gemeinsam mit dem Lig. intermetacarpale dorsale I an der Basis des Os metacarpale I. Im Gegensatz hierzu konnte außer dem intermetakarpalen Band von uns bei keinem Präparat eine weitere extrakapsuläre Struktur festgestellt werden. Vergleicht man die Zeichnung Imaedas zur Konfiguration des Kapsel-Band-Komplexes mit unseren Aufnahmen, so wird deutlich, daß das „ulnare Kollateralband“ lediglich der ulnare Schenkel des Lig. trapeziometacarpale ist.

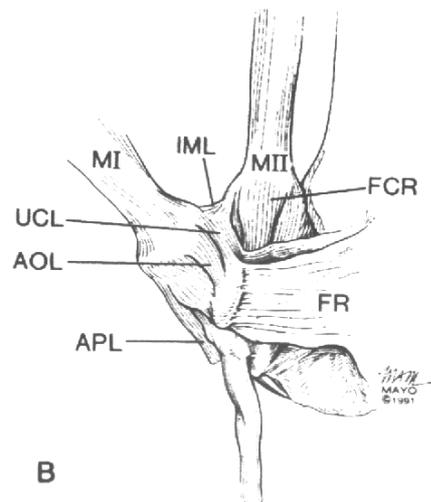
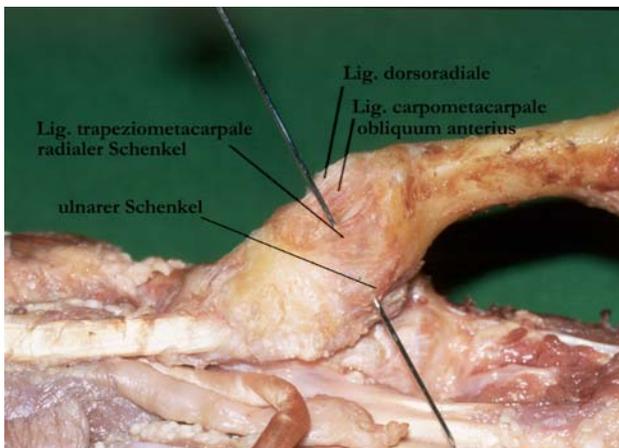


Bild 103: links: Eigene Präparationen des Kapsel-Band-Apparates am TMC-Gelenk  
rechts: Zeichnung des Kapsel-Band-Apparates am TMC- Gelenk nach Imaeda (33)

Ihm spricht Imaeda eine redressierende Funktion bei der Abduktion zu. Betrachtet man jedoch den Faserverlauf des v-förmig konfigurierten Lig. trapeziometacarpale, so wird deutlich, daß es sowohl bei der Ab- wie auch bei der Adduktion angespannt ist.

Das zweite von ihm beschriebene extrakapsuläre Band ist das erste intermetacarpale Ligament („first intermetacarpal ligament“). In Übereinstimmung mit unseren Beobachtungen stellt Imaeda eine Aspannung dieses Bandes während der Abduktion und Opposition fest. Allerdings geht er nicht von einer tragenden Funktion dieser Struktur aus, wogegen wir eindeutig eine vermehrte Subluxierbarkeit des ersten Metakarpalknochens bei fehlendem Lig. intermetacarpale dorsale I feststellen konnten. Darüber hinaus benennt Imaeda noch ein hinteres Schrägband („posterior oblique ligament“), welches in Verlauf und Funktion dem von uns beschriebenen Lig. carpometacarpale obliquum posterius entspricht. Das dritte intrakapsuläre Band ist das dorsoradiale Ligament. Imaeda spricht ihm lediglich eine geringen Funktion am Sattelgelenk zu. Nach seinen Angaben verstärkt es lediglich die radiale Kapsel um so einer Dislokation entgegenzuwirken. Signifikante Affektionen dieses Bandes bei arthrotisch vorgeschädigten Gelenken wurden von ihm nicht beobachtet. Diese Feststellungen können durch unsere Untersuchungen nicht bestätigt werden. Wir erachten das Lig. dorsoradiale als eine der drei tragenden Strukturen des Kapsel-Band-Apparates des Daumensattelgelenks. Wir konnten in allen Fällen einer vorbestehenden Rhizarthrose eine Beteiligung dieses Bandes in Form einer signifikanten Ausdünnung feststellen. Bojson-Möller beobachtete nach seiner Studie aus dem Jahre 1976 das gleiche Phänomen. Da es im Gefolge einer Rhizarthrose regelhaft zu einer dorsoradialen Subluxation im Daumensattelgelenk kommt ist dieses Band, gemeinsam mit dem Lig. intermetacarpale dorsale I, die einzige Struktur an der Radialseite dieses Gelenks, die diesem Zustand entgegenwirken kann.

Kauer geht in seiner Arbeit über die funktionelle Anatomie des Trapeziometacarpalgelenks von 4 Bändern, welche die Gelenkkapsel verstärken aus. Übereinstimmend mit unseren anatomischen

Untersuchungen beschreibt er ein hinteres schräges Band, welches vom Os trapezium aus einem Ansatzpunkt in unmittelbarer Nähe zur Insertionsstelle des Lig. intermetacarpale dorsale I zustrebt und das er ebenfalls als reguläre Bandstruktur des Trapeziometacarpalgelenks ansieht. Einigkeit herrscht auch im Bezug auf das Lig. carpometacarpale dorsoradiale. Wie auch Eaton und Littler (1969) beschreibt er ein vorderes Schrägband, welches sich auf die gesamte volare Facette des Sattelgelenks ausdehnt. Eine Differenzierung in ein klassisches volares Band, wie das Lig. trapeziometacarpale, und ein radiopalmares Unterstützungsband, wie das Lig. carpometacarpale obliquum anterius, findet nicht statt. Ebenso geht Kauer nicht auf die Funktion der Bänder ein und verzichtet ebenfalls auf eine Gewichtung hinsichtlich ihrer Wertigkeit.

Koebke und Thomas hingegen unterstreichen in ihrer Arbeit aus dem Jahre 1981 die Bedeutung des Lig. intermetacarpale dorsale I für die Führung der Bewegungen im Daumensattelgelenk sowie seine frühzeitige Involvierung in arthrotische Prozesse in diesem Bereich. Sie bestätigen unsere Beobachtungen, nach denen es durch die, bei der Rhizarthrose bestehenden muskulären Imbalance (68) und der damit verbundenen, anhaltend gesteigerte Zugbelastung, zu einer Verknöcherung dieses Bandes in seinem Ansatzgebiet am zweiten Metakarpalknochen kommt. Da diese Knochenspornbildung der radiologischen Manifestation einer Rhizarthrose oftmals vorausgeht, propagieren sie die Möglichkeit der frühzeitigen Diagnose dieser Arthrose mittels röntgenologischer Kontrolle des Zustands dieses Ligaments. Wir stehen dieser Art der Frühdiagnostik kontrovers gegenüber, da zum einen nur in etwa 50 % der Fälle der Hinweis auf eine Rhizarthrose mittels einer Kalksalzeinlagerung des intermetacarpalen Bandes gelingt und zum anderen diese Verknöcherung abgegrenzt werden muß gegen eine physiologisch vorhandene Prominenz an der radialen Basis des Os metacarpale II, was nicht immer gelingt. Wir erachten die direkte, arthroskopische Inspektion des Gelenkraumes als ein geeigneteres und vom Untersucher unabhängigeres Verfahren zur Beurteilung des

Gelenkbinnenraumes, insbesondere da in gleicher Sitzung bereits therapeutische Maßnahmen ergriffen werden können.

Einigkeit herrscht dagegen bei der Betrachtung der Funktion dieser Struktur. Sie beschreiben eine Anspannung des Lig. intermetacarpale dorsale I bei der Abduktions- sowie bei der Oppositionsbewegung, was sich exakt mit unseren Untersuchungen deckt und darüber hinaus seine Bedeutung für die Führung dieses Gelenks unterstreicht.

Betrachtet man die Ausrichtung dieses Bands (siehe Bild) so wird klar, daß es sich bei der Adduktion entspannt. Dies bestätigen Koebke und Thomas durch ihre Untersuchungen.

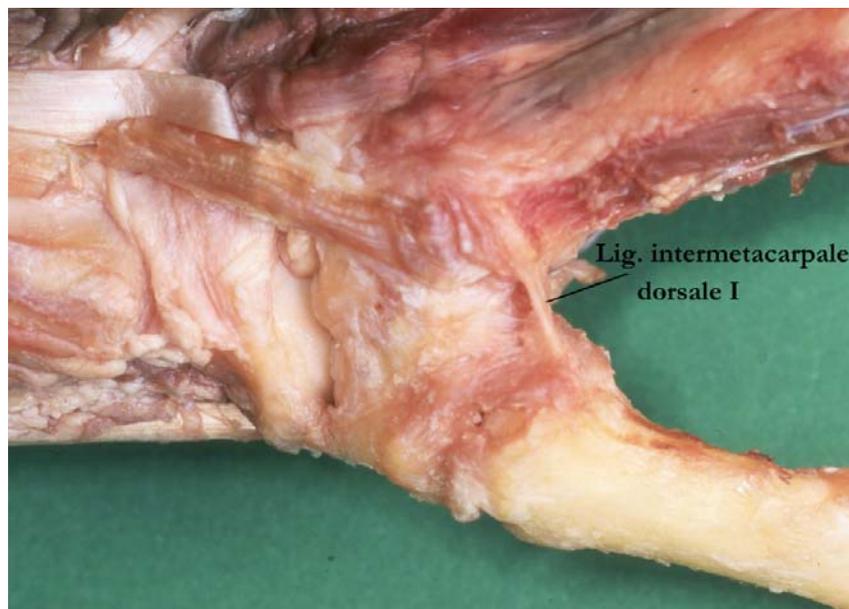


Bild 104: Das Lig. intermetacarpale dorsale I

In der Zusammenfassung muß zunächst festgehalten werden, daß der Kapsel-Band-Apparat des Daumensattelgelenks eng mit der Geometrie der artikulierenden Gelenkanteile verknüpft ist, d.h. diese beiden Systeme sind exakt aufeinander abgestimmt. Diese beiden passiven Elemente schaffen gemeinsam die Grundlage der Bewegungsführung aus Bereichen des

völligen Gelenkschlusses in Bereiche eines teilweisen Kontaktverlustes hinein. Untersuchungen von Kauer (35) bestätigen diese Aussage.

Unsere Untersuchungen wiesen die Ligg. dorsoradiale, intermetacarpale dorsale I und trapeziometacarpale als die wichtigsten ligamentären Stabilisatoren des Trapeziometacarpalgelenks des Daumens aus. Wichtig erscheint die Feststellung, daß es kein einzelnes Band ist welchem eine herausragende Rolle zukommt, sondern vielmehr die Synthese der Wirkungen dieser drei Bänder der Träger einer exakten Bandführung ist. Von einem klinischen Standpunkt aus betrachtet sind diese Ligamente für die Pathogenese der Rhizarthrose von entscheidender Bedeutung da ein insuffizienter Bandapparat der muskulären Imbalance keinen Widerstand mehr entgegensetzen kann und somit ihre Erhaltung oder Rekonstruktion ein wichtiges Ziel jeder chirurgischen Intervention ist.

Bei der Betrachtung der Ergebnisse stellt sich unweigerlich die Frage warum ein einzelnes Band, das Lig. trapeziometacarpale nämlich, in zwei entgegengesetzte Bewegungsrichtungen, nämlich die Abduktion sowie die Adduktion involviert sein kann. Die Begründung fußt in der Tatsache, daß dieses Band aus zwei Schenkeln, einem medialen und einem lateralen, besteht, deren Wirkungsoptimum in verschiedenen Bewegungsachsen liegt. Hieraus läßt sich folgern, daß dem Lig. trapeziometacarpale eine exorbitante Stellung des für die Stabilisierung des Trapeziometacarpalgelenks zukommt, da seine Beschädigung zu Instabilitäten in zwei entgegengesetzten Bewegungsrichtungen führt. Darüber hinaus zeigt dieses Band deutliche Zeichen der Überlastung in den Fällen in denen eine Rhizarthrose nachgewiesen werden konnte, was unsere anatomischen Untersuchungen bestätigten.

Des weiteren muß auch dem Lig. carpometacarpale dorsoradiale unweigerlich eine herausragende Rolle zugesprochen werden. Zum einen konnte durch unsere anatomischen Untersuchungen bei arthrotisch vorgeschädigten Gelenken, wie auch schon beim Lig. trapeziometacarpale, eine signifikante Ausdünnung (siehe Ergebnisse) als Zeichen einer direkten

Involvierung in die degenerativen Veränderungen gezeigt werden, zum anderen ist es sicher aufgrund seiner Dimensionen und seiner Ausrichtung wirkungsvoll in der Lage einer Subluxation der Basis des Os metacarpale I entgegenzuwirken. Wir kommen zu dem Schluß, daß im Falle einer Beschädigung diese Struktur in jedem Fall rekonstruiert werden sollte.

Dem Lig. intermetacarpale dorsale I kommt insofern eine Sonderstellung zu, da es sich um eine extraartikuläre Struktur handelt. Trotzdem ist es, wie die beiden vorher genannten, für die Stabilität an der Basis des Daumens von entscheidender Wichtigkeit. Es fixiert wirksam die ersten beiden Metakarpalknochen aneinander und verhindert auf diese Art eine stärkere Subluxation im Trapeziometakarpalgelenk und kann somit als ein Agonist des Lig. dorsoradiale bezeichnet werden. Eine Überlastung dieses Bandes zeigt sich jedoch nicht in einem allmählichem Aufbrauch der Bandstruktur, sondern vielmehr in einer Einlagerung von Kalksalzen, welche radiologisch als eine Verknöcherung imponiert. Dies ist sicher durch die in geringerem Maß vorhandene direkte, mechanische Schädigung aufgrund seiner exorbitanten, d.h. extraartikulären Lage zu erklären. Obwohl diese Verknöcherung nicht in allen Fällen nachweisbar ist und darüber hinaus auch bei nicht vorgeschädigten Gelenken beobachtet werden kann, ist es doch ein hilfreicher Hinweis für den Zustand des Gelenks. Ein weiterer Faktor unterstreicht die Wichtigkeit dieser Struktur. Wird eine Resektionsarthroplastik vorgenommen und hierbei der Kapsel-Band-Apparat zerstört, so bleibt meist das intermetacarpale Band erhalten und steht nach wie vor als Stabilisator am Trapeziometakarpalgelenk zur Verfügung, falls es nicht schon vor dem Eingriff aufgrund der anhaltenden, mechanischen Überlastung während der Entstehung der Arthrose insuffizient wurde. Meist reicht diese Stabilisierungsfunktion jedoch nicht mehr aus, weshalb die Notwendigkeit der postoperativen Stabilisierung des Gelenks unbestritten ist. So beschreibt Swanson (1972) eine Sehnenplastik mittels eines Streifens der Sehne des M. flexor carpi radialis. Eaton dagegen propagiert die Verwendung eines Streifens der Sehne des M. abductor pollicis longus,

welcher durch ein Loch in der einzufügenden Prothese gezogen wird um die Stabilisierung des Gelenks in dorsoradialer Richtung zu gewährleisten.

Die Konsequenz, welche sich aus diesen Versuchen für den klinischen Alltag ergibt ist somit, daß eine Verletzung oder ein Verlust der drei gelenkstabilisierenden Bänder zu exakt definierten Instabilitäten führt und deshalb eine operative Bandrekonstruktion nach sich ziehen sollte, da die Instabilität im Trapeziometacarpalgelenk des Daumens einer der wichtigsten ätiologischen Faktoren für die Rhizarthrose darstellt.

Inwieweit dies minimalinvasiv unter arthroskopischer Kontrolle erfolgen kann ist zu prüfen (8).

#### **4.5. Diskussion der Arthroskopie der peritrapezialen Gelenke**

Obwohl schon eine Vielzahl von Autoren sich mit den verschiedenen Aspekten des Daumens, seiner Form, Funktion, physiologischen und pathologischen Anatomie sowie der Behandlung traumatischer und degenerativer Prozesse befaßt haben, ist die Literatur über die Arthroskopie der peritrapezialen Gelenke insgesamt sehr spärlich und läßt keine Homogenität erkennen. Insbesondere eine Aufarbeitung der anatomischen Strukturen im Bereich der peritrapezialen Gelenke und ihre Relation zueinander wurden nicht exakt dargestellt. Als Orientierungspunkte bieten sich die Sehnen des ersten und dritten dorsalen Sehnenscheidenkompartiments, welche die dorsoradiale Daumenseite durchziehen, sowie die leicht palpablen knöchernen Strukturen der peritrapezialen Gelenke an sich. Von entscheidender Bedeutung in diesem Bereich ist die Lage der Arteria radialis sowie des Nervus radialis, welcher mit mehreren Ästen dieses Gebiet versorgt.

Eine Durchsicht erbrachte drei Arbeiten, welche sich mit den Zugangswegen zum Trapeziometakarpalgelenk des Daumens im Hinblick auf eine arthroskopisch gestützte chirurgische Intervention beschäftigten. Menon et al. (1996), Berger et al. (1997) und Gonzalez et al. (1997) beschäftigten sich eingehend mit der Arthroskopie des ersten Karpometakarpalgelenks.

Menon (52) beschrieb in seiner Arbeit über die arthroskopisch assistierte Resektionsinterpositionsarthroplastik zwei Zugangswege zum TMC-Gelenk. Zentraler Referenzpunkt seiner Zugänge ist die Sehne des Musculus abductor pollicis longus, an dessen ulnarer und radialer Seite diese Portale zu finden sind. Der erste von ihm vorgeschlagene, dorsale Zugang ist zehn Millimeter ulnarseitig des Ansatzpunktes des Musculus abductor pollicis longus lokalisiert und entspricht somit weitgehend dem von uns beschriebenen dorsalen Zugangsweg. Der zweite, von ihm als palmarer Zugang bezeichnete Weg, liegt zehn Millimeter volarseitig des Ansatzes des Musculus abductor pollicis longus. Abweichend hiervon befindet sich der uns beschriebene radiale Zugangsweg fünf Millimeter palmar des Sehnenansatzpunktes des langen Daumenabziehers und penetriert die Gelenkkapsel des Sattelgelenkes zwischen dem ulnar gelegenen Ligamentum carpometacarpale obliquum anterius und dem radial gelegenen Ligamentum carpometacarpale dorsoradiale ohne diese zu beschädigen (siehe Ergebnisse). Wie schon erwähnt ist der Erhalt der Kapsel-Band-Strukturen ein wesentlicher Parameter bei der Planung möglicher Zugangswege zum Daumensattelgelenk. Der von Menon vorgeschlagene, mehr ulnar orientierte, palmare Zugangsweg zum TMC-Gelenk ist nach unserer Auffassung zu dicht am Ligamentum carpometacarpale obliquum anterius, so daß eine erhöhte Verletzungsgefahr dieser Struktur besteht. Augenfälligster Vorteil und zugleich Ziel jeder Arthroskopie sollte es sein, die Gewebetraumatisierungen so gering wie möglich halten. Aus diesem Grund erachten wir den von uns eruierten radialen Zugangsweg im Hinblick auf die Verletzungsgefahr ligamentärer Strukturen als dem von Menon vorgeschlagenen Weg überlegen. Bei unseren Versuchen konnten wir daher folgerichtig keine Verletzung des Ligamentum carpometacarpale obliquum

anterius durch den von uns vorgeschlagenen radialen Zugangsweg feststellen. Hinsichtlich des Ablaufs der von ihm beschriebenen Arthroskopie bestehen verschiedene Unterschiede zu unserem Vorgehen. Einigkeit besteht bezüglich der Lagerung auf einem Armtisch in 90° Abduktion proniertem Unterarm, und Anlage einer Blutsperrung mit 250 mmHg. Auch er verwendet zur Distraction einen Mädchenfänger und legt ein Gewicht von 2,5 kg an. Menon ertastet den Gelenkspalt sowie die Sehne des M. abductor pollicis longus und führt eine Inzision mittels eines 11er Skalpells auf Höhe der von ihm eruierten Zugangswege. Für die Inspektion des Gelenkraumes verwendet er ein Arthroskop mit einem Außendurchmesser von 2,7 mm. Obschon eine Distraction am Gelenk anliegt und dieses hierdurch entscheidend aufgeweitet wird, bevorzugen wir ein Arthroskop mit einem Außendurchmesser von 1,9 mm, da mittels eines kleineren Gerätes die Mobilität in einem so engen Gelenkraum bei gleicher Bildqualität stark verbessert und wird die zu untersuchenden Bereiche leichter einsehbar sind. Auch er verwendet eine Tasthaken um zum einen den Zustand der Knorpeloberfläche und zum anderen die Integrität der Bänder beurteilen zu können. Zur Bearbeitung der Gelenkflächen setzt er eine 2,9 mm große Rundfräse ein, wogegen wir den beschriebene 2,9 mm full-radius-abrader (2500 U/min) bevorzugen. Menon verzichtet in seiner Arbeit auf eine exakte Beschreibung des Kapsel-Band-Apparates, weshalb wir die von uns etablierten Portale als besser mit der Anatomie in Einklang gebracht und somit schonender erachten. Darüber hinaus wird eine arthroskopische Evaluation des Scaphotrapezoidtrapezialgelenks von ihm nicht erwogen. Da die Daten zu einer Beteiligung der peritrapezialen Gelenke bei bestehender Rhizarthrose stark schwanken (55, 56) erachten wir zwecks einer exakten Stadieneinteilung eine Begutachtung der benachbarten Gelenke als unerlässlich. Die Vorteile des arthroskopischen Vorgehens liegen auf der Hand. Insofern besteht Einigkeit in der Arbeit von Menon mit unseren Beobachtungen bezüglich der niedrigeren Komplikationsrate, der exzellenten Übersicht und des postoperativen Ergebnisses.

Auch Berger beschreibt in seiner Arbeit zwei Zugangswege zum Sattelgelenk des Daumens. Hinsichtlich ihrer Lokalisation besteht eine auffällige

Übereinstimmung zwischen den von Menon vorgeschlagenen Zugangswegen und den von ihm gewählten Portalen. Berger schlägt zum einen den eher dorsal gelegenen „1-U-Zugang“ vor, welcher unmittelbar ulnarseitig neben der Sehne des Musculus extensor pollicis brevis lokalisiert ist und zwischen dem Ligamentum carpometacarpale dorsoradiale und dem Ligamentum carpometacarpale obliquum posterius in den Gelenkspalt eindringen soll. Vergleicht man die Angaben bezüglich des Zugangsweges mit der Zeichnung aus Bergers Arbeit, so fällt deutlich ins Auge, daß der „1-U-Zugang“ direkt auf dem Lig. carpometacarpale dorsoradiale lokalisiert ist.

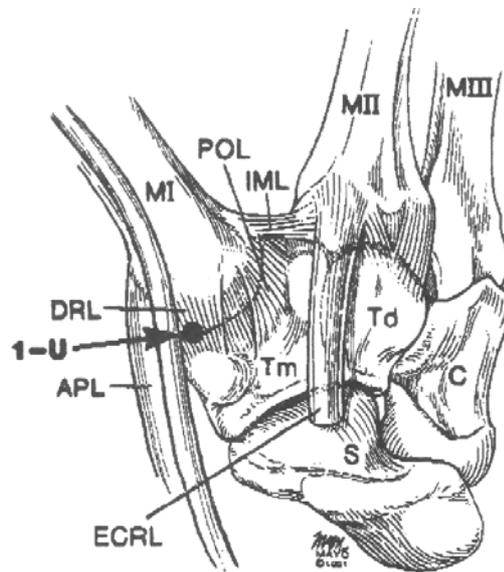


Bild 105: 1-U-Zugang nach Berger (1997)

Somit entspricht dieser Zugangsweg der Beschreibung nach ebenfalls dem von uns beschriebenen dorsalen Zugang des TMC-Gelenks, wobei unseren Untersuchungen zu Folge des Lig. dorsoradiale, als einer der Träger der Gelenkstabilität, in jedem Fall geschont werden sollte.

Zum anderen beschreibt er den radial gelegenen „1-R-Zugang“ der palmarwärts neben der Sehne des Musculus abductor pollicis brevis das Eindringen in das Gelenk erlaubt. Nach seinen Untersuchungen liegt dieser Zugangsweg in einem Bereich der Gelenkkapsel, zwischen dem Sehnenansatzpunkt des Musculus

abductor pollicis longus und dem Ligamentum carpometacarpale obliquum anterius, der völlig frei von ligamentären Strukturen ist. Diese Beobachtungen können aus unserer Sicht nicht bestätigt werden. Unseren anatomischen Präparationen zufolge ist das TMC-Gelenk des Daumens kranzartig an allen Seiten von Bandstrukturen eingehüllt. Größere Strecken ohne ligamentäre Kapselunterstützung konnten durch uns nicht nachgewiesen werden und sind darüber hinaus mit den Belastungen, welche auf dieses Gelenk einwirken nicht in Deckung zu bringen. Unsere Beobachtungen werden zudem von verschiedenen Autoren geteilt. Demzufolge besteht ebenfalls bei diesem eher palmar lokalisierten Zugang eine erhöhte Verletzungsgefahr für ligamentäre Strukturen und insbesondere des Ligamentum carpometacarpale obliquum anterius. Darüber hinaus verzichtet auch Berger auf eine exakte Definition der Daumenstellung, in der die Palpation der Sehnen erfolgen soll. Hierdurch wird eine exakte Platzierung der Portale erschwert und einer Verletzung wichtiger und erhaltenswerter Strukturen der Weg geebnet. Der Ablauf der von ihm vorgestellten Arthroskopie ist standardisiert und entspricht somit bis auf wenige Details unserem Vorgehen. Berger schlägt eine präoperative, einmalige Antibiotikagabe vor, auf welche wir auf Grund der fehlenden Indikation verzichten. Berger lagert die Hand im 90° - Winkel nach oben, wogegen wir die Benutzung eines Handtisches bevorzugen, da wir auf diese Art einerseits falls nötig eine bessere Fixierung erreichen können und andererseits der Operationssitus flexibler gelagert werden kann.

Gonzales et al. (26) beschäftigt sich in seiner Arbeit über die Zugänge zum Trapeziometacarpalgelenk ausschließlich mit den anatomischen Grundlagen, ohne selbst eine Arthroskopie durchgeführt zu haben. Er definiert ebenfalls zwei, von ihm als komplikationslos eingestufte Zugangsportale. Er beschreibt ein Gebiet unmittelbar palmar und radial der Sehne des M. abductor pollicis longus. Auch er verzichtet auf eine exakte Definition der Stellung des Daumens. Legt man das von ihm veröffentlichte Bild zu Grunde, so ist zwar die Gelenkstellung nachvollziehbar, in dieser Zeichnung vermißt der Betrachter jedoch die Darstellung der als Referenzpunkt angegebenen Sehne des M. abductor pollicis longus. Dieser Penetrationspunkt liegt in etwa in dem Bereich

des von uns beschriebenen radialen Zugangsweg. Insofern können wir die Komplikationsarmut und Praktikabilität dieses Portals bestätigen.

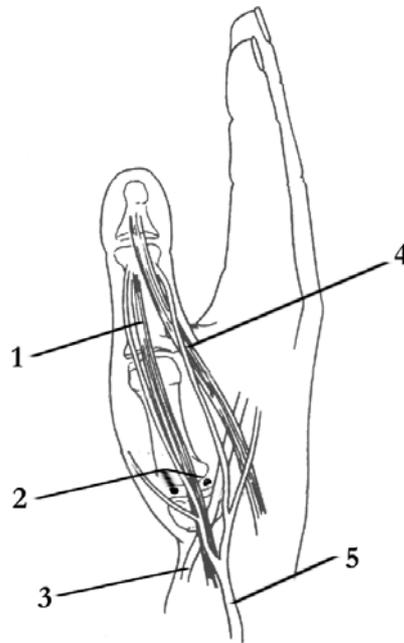


Bild 106: Zugangsportale zum Trapeziometacarpalgelenk nach Gonzalez (26)

- 1 = Sehne des M. extensor pollicis brevis
- 2 = Zugangsportale
- 3 = Arteria radialis
- 4 = Sehne des M. extensor pollicis longus
- 5 = Nervus radialis

Als zweiten, sicheren Zugangsweg bezeichnet Gonzales ein Gebiet unmittelbar ulnar der Sehne des M. extensor pollicis brevis, wie es im obigen Bild dargestellt ist (siehe oben). Dies entspricht also exakt dem Gebiet, welches auch als Fovea radialis oder „Tabatière“ bezeichnet wird. Hier findet sich regelhaft die Arteria radialis, welche meist auch zwischen den Sehnen des langen und kurzen Daumenstreckers leicht zu tasten ist. Als standardisierter Portal zum Sattelgelenk des Daumens erscheint uns dieser Weg gänzlich

ungeeignet, da eine Verletzung der Arteria radialis in diesem Bereich mehr als wahrscheinlich ist. Des weiteren verzichtet Gonzales bei seinen Untersuchungen auf die Berücksichtigung des Kapsel-Band-Apparates am Trapeziometakarpalgelenk. Es ist unbestritten, daß der Erfolg der Arthroskopie am Daumensattelgelenk unter anderem von der Erhaltung der Integrität des Bänder dieses Gelenks abhängt. Insofern erachten wir von ihm vorgeschlagenen Zugangswege als unvollständig beschrieben und deshalb ungeeignet als Standardzugang etabliert zu werden.

Der von den Autoren Menon und Berger beschriebene dorsale gelegene Zugangsweg („1-U-Zugang“ bei Berger, dorsaler Zugang von Menon) wurde von uns aufgrund seiner Nähe zur Arteria radialis, die dort in der Tiefe der „Tabatière“ zu finden ist, sowie zum Nervus radialis, als zu komplikationsbehaftet eingestuft, und kann deshalb als Standardzugang zum TMC-Gelenk von uns nicht empfohlen werden, insbesondere da durch die nicht exakt erfolgte Lokalisation der Zugangsportale das Risiko einer Läsion dieser Strukturen zusätzlich erhöht wird. Aus diesem Grund untersuchten wir einen dritten, von uns als palmaren Zugang bezeichneten Weg um das TMC-Gelenk zu inspizieren. Aufgrund seiner Lage (siehe Kapitel: Zugangswege zum TMC-Gelenk) ist dieser palmare Zugangsweg weit entfernt von relevanten Strukturen wie z.B. der Arteria radialis oder den oberflächlichen Ästen des Nervus radialis. Größere Gefäß- oder Nervenstraßen finden sich in diesem Bereich nicht, so daß bei vorsichtigem Vorgehen kaum Komplikationen zu erwarten sind, was durch unsere Untersuchungen bestätigt werden konnte. Zwar erfordert dieser Zugang die Penetration der beiden oberflächlichen Thenarmuskeln ( Musculus abductor pollicis brevis und Musculus opponens pollicis), jedoch erscheint dies relativ unproblematisch und auch die Präparationsergebnisse zeigen lediglich eine geringgradige Traumatisierung des Muskelgewebes an. Wichtig erschien uns die Frage inwieweit dieser Zugang eine Gefährdung der palmar gelegenen Ansa thenaris („Cannieu-Riche-Anastomose“) darstellt, da ihr eine nicht unerhebliche Funktion bei der motorischen Innervation des Thenars zukommt. Die anatomische Aufarbeitung der kryokonservierten Präparate ergab jedoch keinen Anhalt für eine potentielle Gefahr für diese Struktur. Wie der Tabelle 1

zu entnehmen ist (siehe Ergebnisse) besteht stets ein ausreichender Sicherheitsabstand, so daß bei Vorhandensein dieser inkonstanten Struktur in keinem Fall eine Beschädigung festgestellt werden konnte. Einzig das Ligamentum trapeziometacarpale („volar ligament“), welchem in jedem Fall eine tragende Funktion am Daumensattelgelenk zukommt, ist durch diesen palmaren Zugang einer erhöhten Verletzungsgefahr ausgesetzt. Aus dieser Gefahrenexposition dieses Bandes resultiert die Tabelle IV (siehe Kapitel 3.6.2.2., S. 165) zu entnehmende Beschädigung des „volar ligament“, welche in einem Fall beobachtet werden konnte. Obschon diese Verletzung als eher gering einzustufen ist, da lediglich einer der beiden Schenkel dieses Ligaments beschädigt wurde, das Band jedoch zu 75 % erhalten blieb, ist dies sicherlich die größte Gefahr, welcher der palmare Zugang zum Sattelgelenk birgt. Daher ist bei Penetration des Kapsel-Band-Apprates über diesen Zugangsweg besondere Sorgfalt geboten um Manipulationen am Ligamentum trapeziometacarpale so gering wie möglich zu halten. Unsere experimentell durchgeführten Arthroskopien zeigten eindrucksvoll, daß die Gelenkübersicht des Trapeziometacarpalgelenks bei Benutzung des radialen und des palmaren Zugangs vollständig ist, d.h. daß 100 % der Gelenkflächen von Os trapezium und Os metacarpale I eingesehen und beurteilt werden können. Dies führt uns zu dem Schluß, daß der von Menon (52) und Berger (6) beschriebene dorsale Zugangsweg zum Sattelgelenk des ersten Strahls für die Begutachtung des Gelenkraumes nicht zwingend erforderlich und aus diesem Grund entbehrlich ist. Zudem birgt er ein nicht zu vernachlässigendes Verletzungsrisiko der Arteria radialis und erscheint aus diesen eben genannten Gründen verzichtbar. Obwohl wir bei unseren Untersuchungen den dorsalen Zugangsweg ebenfalls erprobten und als komplikationsarm eruieren konnten (siehe Ergebnisse), erscheint uns das theoretische Risiko einer Verletzung von Arteria oder Nervus radialis zu groß, um diesen zur Gelenkdarstellung nicht unbedingt erforderlichen Zugang zu empfehlen. Die ersten klinischen Erfahrungen zeigten als einzige postoperative Komplikation in einigen Fällen passagere Sensibilitätsstörungen im Bereich des Ramus superficialis des Nervus radialis. Daher empfehlen wir

die von uns als radial und als palmar beschriebenen Zugänge zur Arthroskopie des Trapeziometacarpalgelenkes des Daumens.

Anhand der durchgeführten Präparationen konnte gezeigt werden, daß durch die Wahl der Zugangswege der Kapsel-Band-Apparat in keinem Fall so geschädigt wurde, daß hieraus eine Gelenkinstabilität resultieren würde. Obwohl das Ligamentum carpometacarpale obliquum posterius über den dorsalen Zugangsweg in einem Fall weitgehend zerstört wurde (80%ige Verletzung, siehe Ergebnisse) ist eine klinisch relevante Lockerung des Gelenks nicht zu erwarten, da diesem Band nach der Ansicht der meisten Autoren (65) nur eine geringe Stabilitätsfunktion zukommt. Diese These wird ebenfalls durch unsere kinetisch-anatomischen Untersuchungen am Kapsel-Band-Apparat des Trapeziometacarpalgelenkes bestätigt.

Unsere Präparationen zeigten darüber hinaus in keinem Fall eine Verletzung der Arteria radialis oder eines größeren Astes dieses Gefäßes, wobei stets nur Äste mit einem Kaliber über einem Millimeter in den Präparationen berücksichtigt wurden. Ebenso konnten keine Sehnenverletzungen verzeichnet werden. Die dargestellten oberflächlichen Äste des Nervus radialis waren durch die Manipulationen ebenfalls nicht beschädigt worden. Es muß jedoch angeführt werden, daß die passageren Sensibilitätsstörungen, welche bei unseren klinischen Anwendungen zu beobachten waren, auf eine Verletzung oder Irritation derselben hindeuten. Hieraus kann geschlossen werden, daß entweder die verletzten Äste so klein waren, daß sie unseren Präparationen entgangen sind, oder daß die überaus große Variabilität des nervalen Versorgungsmusters in diesem Bereich diesen Beschädigungen den Weg ebnete. Unabhängig von der Ursache der festgestellten Komplikationen waren diese Sensibilitätsdefizite stets nur von kurzer Dauer, was den Stellenwert dieser Verletzungen relativiert und nahelegt, daß es sich nicht um komplette Nervenläsionen gehandelt haben kann. Trotz allem verbleibt ein nicht unerhebliches Restrisiko der irreversiblen Schädigung des Nervus radialis.

Wie schon erwähnt stellten wir bei den experimentellen Arthroskopien die Verletzung eines mittelgroßen venösen Gefäßes des Zustromgebietes der Vena cephalica fest. Allerdings kann eine solche Beschädigung als eher geringgradig

eingestuft werden und sollte in der klinischen Anwendung der Arthroskopie des TMC-Gelenks kein ausschlaggebender Faktor sein, insbesondere da es sich nicht um einen Hauptstamm handelte und die gängigen offenen Verfahren in jedem Fall traumatisierender sind.

Auch zur Arthroskopie des Scaphotrapezoidtrapezialgelenks (STT-Gelenk) ist die Literatur nicht sehr umfangreich. Poehling (zitiert nach 29) beschreibt einen dorsalen Zugangsweg zum STT-Gelenk. Eine anatomische Beurteilung auf der Basis unserer präparatorischen Aufarbeitungen der formalinfixierten und kryokonservierten Handpräparate dieser Zugangsmöglichkeit führte uns zu der Ansicht, daß diese durch ihre Nähe zum Arteria radialis ein hohes Verletzungsrisiko dieser wichtigen Struktur darstellt. Unsere Untersuchungen bestätigten die Annahme, daß der von uns vorgeschlagene palmare Zugang zum STT-Gelenk weniger komplikationsbehaftet und darüber hinaus praktikabler ist, da er in unmittelbarer Nähe der Zugänge zum Trapeziometacarpalgelenk zu liegen kommt. Er bietet einen ausreichenden Sicherheitsabstand zur Arteria radialis, welche bei den durchgeführten Gelenkspiegelungen in keinem Fall beschädigt wurde. Ebenso konnten keine Verletzungen an Nervenästen, z.B. des sensiblen Astes des Nervus radialis oder an Sehnen festgestellt werden. Der Zugang bietet eine für die Beurteilung des Gelenkzustands optimale Übersicht der die gelenkbildenden Strukturen. Die Indikation der Arthroskopie des Scaphotrapezoidtrapezialgelenks ist enger zu stellen als die an anderen Gelenken der Hand. Nichtsdestoweniger muß sie als integraler Bestandteil der Diagnostik am Daumensattelgelenk angesehen werden, da der Zustand des STT-Gelenks von entscheidender Bedeutung für die Prognose und die Therapie der Rhizarthrose ist. Grundlage der Bewertung des Zustands des Trapeziometacarpalgelenks und somit auch Grundlage einer folgenden Therapie ist, wie schon erwähnt, eine Stadieneinteilung nach Eaton et al. aus dem Jahre 1985. Bekanntermaßen resultiert die Restbewegung des Daumens nach Arthrodese des Trapeziometacarpalgelenks aus den peritrapezialen Gelenken. Aus diesem Grund ist eine solche Versteifung bei bestehender Peritrapezialarthrose, welche dem Stadium IV nach Eaton et al.

entspricht kontraindiziert, da mit einer erheblichen Einschränkung der Beweglichkeit des ersten Strahls gerechnet werden kann. Es ist deshalb für eine exakte Diagnostik im Hinblick auf eine stadienadaptierte Therapie unabdingbar eine mögliche Beteiligung der umliegenden Gelenke auszuschließen.

#### **4.6. Diskussion der Ergebnisse der Arthroskopie des Metacarpophalangealgelenks**

Die Arthroskopie des Metacarpophalangealgelenks (MP-Gelenk) ist ein Verfahren, welches, mit einigen Abwandlungen, schon häufiger praktiziert wurde als z.B. die Arthroskopie des STT-Gelenks. Strobel (72) beschreibt die Inspektion des MP-Gelenkes über zwei Zugangswege, welche ulnar und radial der Strecksehne in den Gelenkspalt führen. Im Prinzip entsprechen diese Zugänge den von uns vorgeschlagenen Penetrationspunkten. Dies ist nicht weiter verwunderlich, da diese beiden Zugangsmöglichkeiten von der Anatomie des MP-Gelenks diktiert werden. Aus diesem Grund beschreibt auch Rozmaryn et al. (62) in seiner Arbeit diese zwei Zugangsportale zum MP-Gelenk.

Dorsal liegt der Sehnenansatzpunkt des kurzen Daumenstreckers sowie die Sehne des Musculus extensor pollicis longus, welche in jedem Fall geschont werden sollte. Palmar ist die kräftige palmare Platte zu finden, die eine Penetration erschweren würde. Die beiden Seiten des Gelenkes werden durch die Kollateralbänder sowie die akzessorischen Kollateralbänder relativ dicht abgeschlossen, so daß auch hier ein Eindringen nicht empfehlenswert und darüber hinaus sogar schädigend wäre. Aus diesen eben genannten Gründen ist nur eine dorso-radiale und eine dorso-ulnare Penetration sinnvoll und komplikationsarm. Es erscheint uns jedoch in jedem Fall angezeigt, die Zugangswege in Relation zu anderen Strukturen mit entsprechenden

Entfernungsangaben genau zu lokalisieren, worauf sowohl Strobel als auch Rozmaryn verzichteten. Dies ist insofern wichtig, da der Abstand der relevanten Strukturen in diesem Gebiet, d.h. der Abstand zwischen den Extensorensehnen und den Kollateralbändern relativ gering ist (ca. 8 mm ulnar, ca. 9 mm radial) und deshalb zur Minimierung der Komplikationsrate eine präzise Wahl der Zugangswege unabdingbar ist. Infolgedessen zeigten unsere Untersuchungen bei der präparatorischen Aufarbeitung der arthroskopierten Hände keine Verletzungen an Gefäßen, Nerven, Bändern oder Sehnen. Die Indikation der Arthroskopie des Metacarpophalangealgelenks ist klar umrissen. Im Vordergrund stehen die Diagnostik und Therapie der radialen und ulnaren Kollateralbandrupturen („Golfer- und Ski-Daumen“). Die Gelenkübersicht ist optimal und die Identifikation der kräftigen Bandstrukturen gelingt problemlos. Mittels manueller Stressung durch Radial- bzw. Ulnarabduktion im MP-Gelenk kann eine Bandläsion eindeutig dargestellt werden und in gleicher Sitzung eine therapeutische Intervention, z.B. in Form einer temporären K-Draht-Arthrodese eingeleitet werden. Unsere Untersuchungen zeigten eindeutig, daß die Arthroskopie des Metacarpophalangealgelenks am ersten Strahl der Hand ein komplikationsarmes, praktikables und einfach durchzuführendes Verfahren ist, welches die Diagnostik der Verletzungen und anderer pathologischer Zustände am Daumen sinnvoll erweitern kann.

Ebenfalls problemlos durchzuführen ist die arthroskopisch kontrollierte Gelenkflächenabrasio. Unsere Ergebnisse belegen experimentell und im klinischen Alltag die Durchführbarkeit einer arthroskopisch assistierten Knorpelentfernung am TMC-Gelenk. Es werden hierbei etwa 3-4 mm Knorpelgewebe entfernt, so daß der darunterliegende Knochen zum Vorschein kommt. Diese Maßnahme ist zum einen nötig zur Vorbereitung auf eine Arthrodese des Gelenks bei vorbestehender Rhizarthrose im Stadium II oder III nach Eaton et al. (21), nach frustrierten konservativen Therapieversuchen oder zur Vorbereitung einer Interpositionsplastik am Trapeziometakarpalgelenk (Sehneninterposition, Silikonspacer). Wie die im Anschluß an jede Arthroskopie durchgeführte Flächenausmessung zeigte, machte der Anteil der bearbeiteten

Gelenkfläche des Os trapezium 60 - 80% der Gesamtoberfläche des überknorpelten Bereichs dieses Knochens aus. Beim Os metacarpale I lagen diese Werte bei 60 – 70%. Somit ist der Anteil der bearbeiteten Gelenkfläche an der Basis des ersten Mittelhandknochens etwas geringer als am Os trapezium, was darauf zurückzuführen ist, daß die Oberflächenanatomie des Os metacarpale I etwas komplexer ist und seine physiologischen Krümmungen der Sattelgelenksflächen ungünstiger Verlaufen. Ungeachtet dieser Tatsache sind jedoch beide prozentualen Flächenanteile, welche dechondriert werden können, ausreichend zur Durchführung einer Arthrodesen wie sie am Sprunggelenk bereits praktiziert wird, da die korrespondierenden Gelenkflächen von Os metacarpale I und Os trapezium nur zu etwa 50 % deckungsgleich sind. Erste arthroskopisch assistierte Arthrodesen konnten am Sattelgelenk des Daumens bereits mit gutem Erfolg erprobt werden.

Aufgrund inadäquater technischer Ausstattungen war die Arthroskopie zunächst nur auf große Gelenke beschränkt. Erst mit der Entwicklung kleiner und leistungsfähiger Arthroskope konnte diese Form der Chirurgie, wie kaum eine andere, eine Siegeszug bis in die kleinsten artikulierenden Bestandteile unseres Körpers antreten. Die Vorteile eines arthroskopisch assistierten Vorgehens liegen auf der Hand und gelten in gleichem Maße für alle Gelenke. Es ist zunächst einmal ein weniger invasives Verfahren und insofern in entscheidenden Maße gewebeschonender. Des weiteren ist es in der Lage Knorpelschäden darzustellen lange bevor diese anderen Untersuchungstechniken, wie z.B. der Röntgendiagnostik zugänglich sind. Im Gegensatz zur offenen Vorgehensweise bleibt die Gelenkkapsel sowie der Bandapparat in seiner Integrität erhalten, was für die Prognose von großer Bedeutung ist. Darüber hinaus bietet sich dem Untersucher eine exzellente Gelenkübersicht sowie eine exakte Darstellung aller wichtigen anatomischen Bezugspunkte. Die Gefahr der Verletzung relevanter Strukturen wie z.B. des oberflächlichen Astes des Nervus radialis oder der Arteria radialis ist um ein vielfaches geringer im Vergleich zu einem offenen chirurgischen Vorgehen. Zudem zeigten unsere klinischen Anwendungen eine deutliche Verminderung

postoperativer Schmerzen sowie eine verkürzte Krankenhausverweildauer, d.h. die Patienten konnten noch am selben Tag entlassen werden.

## V. Zusammenfassung

Der Daumen der menschlichen Hand ist das zentrale Element der meisten differenzierten Greifformen. Entscheidend ist hierbei das Trapeziometacarpalgelenk, welches die Opponierbarkeit des Daumens erst ermöglicht. Dieser Bewegungsumfang erhöht jedoch die Vulnerabilität dieses Gelenks. Ein Hauptfaktor für die Entstehung der Rhizarthrose ist die Integrität des Kapsel-Band-Apparates. Dieser wird jedoch in der Literatur nicht einheitlich bewertet.

In dieser Arbeit konnten die anatomischen Strukturen im Bereich des Scaphotrapezoidotrapezial-, des Trapeziametacarpal- sowie des Metacarpophalangealgelenks des menschlichen Daumens erfasst, in einfachen kinetischen Versuchen der Einfluss des Kapsel-Band-Apparates auf das Daumensattelgelenk festgelegt und Anhand dieser Untersuchungen die Arthroskopie dieser Gelenke als diagnostische Möglichkeit gezeigt werden.

Anhand anatomischer Untersuchungen an 32 formalinfixierten und 20 kryokonservierten Präparaten identifizierten wir regelhaft die Lig. carpometacarpale obliquum anterius, carpometacarpale dorsoradiale, carpometacarpale obliquum posterius, trapeziometacarpale und intermetacarpale dorsale I.

Nach unseren Untersuchungen sind drei Bänder nötig um eine sichere Gelenkführung und Stabilität zu gewährleisten, wobei die kräftigen Lig. trapeziometacarpale, dorsoradiale und intermetacarpale dorsale I hierbei den Hauptanteil tragen und die zwei verbleibenden als Unterstützungsstrukturen fungieren.

Es konnte gezeigt werden, dass der Kapsel-Band-Apparat in seiner Integrität möglichst geschont, erhalten und nötigenfalls rekonstruiert werden sollte.

Die im Anschluss durchgeführten kinetische Tests zeigten bei maximaler Abduktion im Trapeziometacarpalgelenk eine Anspannung des Lig. intermetacarpale dorsale I sowie des medialen Schenkels des Lig. trapeziometacarpale. Bei maximaler Adduktion spannen sich hingegen das Lig.

dorsoradiale, das Lig. carpometacarpale obliquum ant. sowie der laterale Schenkel des Lig. trapeziometacarpale an.

Bei der Oppositionsbewegung sind das Lig. intermetacarpale dorsale I, das Lig. carpometacarpale obliquum post. und das Lig. carpometacarpale dorsoradiale gespannt.

Nun werden alle Bänder des Daumensattelgelenks durchtrennt. Hierbei sind Instabilitäten nur bei Bewegungen zu beobachten, in die das betreffende Band eingebunden ist. Die Durchtrennung des Lig. intermetacarpale dorsale I tangiert die Opposition und Abduktion, die des Lig. trapeziometacarpale die Ab- und Adduktion. Wird das kräftige Lig. dorsoradiale abgesetzt werden die Opposition und Adduktion beeinflusst.

Wir stellten fest, dass sich die Ligg. trapeziometacarpale, intermetacarpale dorsale I und carpometacarpale dorsoradiale gleichwertig die Gelenkstabilisierung teilen. Unterstützt werden diese drei Bandsysteme durch das vordere und hintere Schrägband.

Im Anschluss an diese anatomischen Vorversuche erproben wird die Arthroskopie der peritrapezialen Gelenk.

Die Arthroskopie des Scaphotrapezoidtrapezialgelenks erfolgt über einen palmaren Zugang. Er kommt zehn Millimeter proximal des palmaren Zugangs zum Daumensattelgelenk zu liegen.

Zur Inspektion des Trapeziometakarpalgelenks wurden von uns drei Zugänge erprobt. Der dorsale Zugang liegt unmittelbar radial der Sehne des M. extensor pollicis longus. Der radiale Zugang liegt fünf Millimeter palmar der Sehne des M. abductor pollicis longus. Der palmare Zugang findet sich 20 Millimeter palmar des radialen Zugangswegs. Zur vollständigen Inspektion dieses Gelenks sind zwei der drei beschriebenen Zugänge hinreichend. Es können hierdurch alle Gelenkbereiche eingesehen werden. Das Gelenk kann hinsichtlich traumatischer und degenerativer Veränderungen exzellent untersucht werden. Darüber hinaus steht dem Untersucher die Möglichkeit offen das Gelenk mittels eines Shavers auf eine weitere therapeutische Maßnahme, wie z.B. eine Arthrodesse vorzubereiten. Der Anteil der Gelenkfläche, welcher hierbei erreicht werden kann schwankt zwischen 60% und 85%. Der von

verschiedenen Autoren propagierte dorsale Zugangsweg ist potentiell komplikationsbehaftet und wird deshalb von uns nicht empfohlen.

Das Metakarpophalangealgelenk kann über einen radialen und einen ulnaren Zugang erreicht werden. Hierbei können 100% der Gelenkfläche inspiziert werden.

## VI. Literaturverzeichnis

1. Adler H.  
Zur Frage der normalen Stabilität des Daumensattelgelenks  
Handchirurgie 7 (1975): 115-116
2. Auerbach D.M., D. Evan  
The radial sensory nerve  
Clin. Orthop. Rel. Research, No. 308 (1994): pp 241-249
3. Aune S.  
Osteo-Arthritis in the first carpo-metacarpal joint  
Acta Chir. Scandinav. 109:6., April 1955: 449-456
4. Barmakian J.T.  
Anatomy of the joints of the thumb  
Hand Clinics Vol. 8, No. 4, Nov. 1992, pp.683-691
5. Bausenhardt D.  
Über das Carpo-Metacarpalgelenk des Daumens  
Z. Anat. Entwickl. Gesch., 114(149/50) 159-250
6. Berger R.A.  
A technique für arthroscopic evaluation of the first  
carpometacarpal joint  
J Hand Surg. Vol. 22 A (1997): 1077-1080

7. Blauth W.  
Bemerkungen zur operativen Behandlung der  
Daumensattelgelenksarthrose  
Schleswig-Holsteinisches Ärzteblatt/Heft 3/1978
8. Böhringer G., A.M. Sandner, M. Felix  
Arthroskopie und arthroskopische Chirurgie der peritrapezialen  
Gelenke  
Arthroskopie (1998) 11: 276-282
9. Bojson-Moeller F.  
Osteoligamentous guidance of the movements of the human  
thumb  
Am. J Anat. 1976 Sept., 147 (1): p71-80
10. Buck-Gramcko D., B. Helbig  
Daumensattelgelenksarthrose  
Hippokratesverlag Stuttgart 1994
11. Buck-Gramcko D.  
Posttraumatische Arthrose des Sattelgelenks  
Handchirurgie
12. Burton R.I.  
Basal joint arthrosis of the thumb  
Orthop. Clin. North Am. Vol. 4, No. 2, April 1973, pp. 331-342
13. Conolly W.B., M. Lanzetta  
Surgical management of arthritis of the carpometacarpal joint of  
the thumb  
J Surg. 63 (1993): pp. 596-603

14. Cooke K.S., D. Rolando  
Degenrative changes of the trapeziometacarpal joint: radiologic  
Assessment  
Skeletal Radiol. 24 (1995): 523-527
15. Cooney W.P., M.J. Lucca  
The kinesiology of the thumb trapeziometacarpal joint  
J Bone Joint Surg. (Am 1881 Dec., 63 (9): p 1371-81
16. Dahhan P., L. Fischer  
The trapezio-metacarpal articulation  
Anatomia Clinica 2 (1980): pp. 43-56
17. Desai S.B.,  
„Bare-Back trapezium“, Report of a case  
J Bone Joint Surg., Vol. 48 B, No. 3, Aug. 1996, pp. 510-511
18. Du Bois-Remond  
Die Gelenkbewegungen bei der Opposition  
Anat. Anz. 11; 1896; 464-467
19. Eaton R.G., J.W. Littler  
A study of the basal joint of the thumb  
J Bone Joint Surg. (Am) 1969 Jun., 51 (4): 661-8
20. Eaton R.G., J.W. Littler  
Ligament reconstruction for the painful thumb carpometacarpal  
joint  
J Bone Joint Surg. (Am) 1973 Dec., 55(8): 1655-66
21. Eaton R.G., J.W. Littler  
Tendon interposition arthroplasty for degenerative arthritits of the

Trapeziometacarpal joint of the thumb  
J Hand Surg., 1985, 10A: 645-54

22. Falconer D., M. Spinner  
Anatomic variations in the motor and sensory supply of the thumb  
Clin. Orthop. Rel. Research, No. 195, May 1985, 83-96
23. Feneis H.  
Anatomisches Bildwörterbuch  
Georg Thieme Verlag Stuttgart 1993
24. Fick R.A.  
Über die Bewegungen in den Handgelenken  
Leipzig
25. Frank W.E., J. Dobyns  
Surgical pathology of collateral ligamentous injuries of the thumb  
Clin. Orthop. Rel. Research, No. 83, March-April 1972, pp.102-114
26. Gonzalez M.H., J. Kemmler  
Portals for arthroscopy of the trapeziometacarpal joint  
J Hand Surg. Vol. 22 B (1997):5: 574-575
27. Gschwend N., B. Simmen  
Das Daumensattelgelenk  
Orthopäde (1986) 15: p150-9
28. Gschwend N.  
Rhizarthrose  
Akt. Rheumatol. 11 (1986): 51-52
29. Hempfling H.

Farbatlas der Arthroskopie großer Gelenke, Teil 1 und 2  
Gustav Fischer Verlag Stuttgart 1995

30. Höcker K.  
Die isolierte traumatische Luxation des Daumensattelgelenks  
Handchir. Mikrochir. Plast. Chir. 29 (1997): 83-87
31. Hollister A., D.J. Giurintano  
Thumb movements, motions and moments  
J Hand Ther. 8 (1995): 106-114
32. Imaeda, T.  
Functional anatomy and biomechanics of the thumb  
Hand clinics, Vol. 8, No. 1, Feb. 1992
33. Imaeda T., K. N. An  
Anatomy of the trapeziometacarpal ligaments  
J Hand Surg., Vol. 18 A, No. 2, March 1993
34. Kaplan E.B.  
The blood and the nerve supply of the hand. In functional and  
surgical anatomy  
of the hand, ed. 2. Philadelphia, J.B. Lippincott Company (1965):  
163-168
35. Kauer J.M.  
Functional anatomy of the carpometacarpal joint of the thumb  
Clin. Orthop. 1987 Jul., (220): p 7-13
36. Koebke J., W. Thomas  
Biomechanische Untersuchungen zur Ätiologie der  
Daumensattelgelenksarthrose

Z Orthop. 117 (1979): 988-994

37. Koebke J., W. Thomas  
Das Ligamentum metacarpeum dorsale I und die Arthrose des  
Daumensattelgelenks  
Morphol. Med. 2 (1982): 1-8
38. Kretschmer F.  
Bewegungsmessungen und Normalwerte am Daumensattelgelenk  
nach der Neutral-Null-Durchgangsmethode  
Orthop. Traumat. 34 (1987), H. 1, S. 14-17
39. Kretschmer F.  
Die Röntgendarstellung des Daumensattelgelenks zur Diagnostik  
der Peritrapezialarthrose  
Zbl. Chirurgie 110 (1985): 1205-1210
40. Kretschmer F.  
Zur Stadieneinteilung der Peritrapezialarthrose (PTA)  
Beitr. Orthop. Traumatol. 34 (1987) H. 1, S; 17-23
41. Kuczynski K.  
Carpometacarpal Joint of the human thumb  
J Anat. 1974 sep., 118 (1): p119-26
42. Kuczynski K.  
Configuration of the articular surfaces of the carpometacarpal joint  
of the thumb  
Handchir. Mikrochir. Plast. Chir. 1983 Sep., 15 (3):191-3
43. Kuschner S.H., C.S. Lane  
Surgical treatment for osteoarthritis at the base of the thumb

Am J Orthop., Feb. 1996, pp 91-99

44. Kvarnes L., O. Reikeras  
Osteoarthritis of the carpometacarpal joint of the thumb  
J Hand Surg. 1985, 10 S: 117-20
45. Lanz, U.  
Anatomical variations of the median nerve in the carpal tunnel  
J Hand Surg. 2:44, 1977
46. Lewis O.J.  
Joint remodelling and evolution of the human hand  
J Anat. (1977), 123, 1, pp. 157-201
47. Lippert H.  
Anatomie kompakt  
Springer Verlag Berlin 1994
48. Lippert H.  
Lehrbuch Anatomie  
Urban und Schwarzenberg 1993
49. Mannerfelt L.  
Die Daumensattelgelenksarthrose  
Orthopäde 5 (1976): 34-38
50. Martini A.K.  
Die operative Behandlung der Daumensattelgelenksarthrose  
Z Orthop. 123 (1985): 44-53
51. Masuhr K.F., M. Neumann  
Neurologie

Hippokrates Verlag Stuttgart 1998, 4. Auflage

52. Menon J.  
Arthroskopie management of trapeziometacarpal joint arthritis of the thumb  
Arthroskopie, Vol 12., No. 5 (Oct.), 1996, pp 581-587
53. Napier J.R.  
The form and function of the carpometacarpal joint of the thumb  
J Anat (1955):362-368
54. Netter F.H.  
Atlas der Anatomie des Menschen  
Ciba-Geigy AG, Basel, Schweiz, 1994
55. North E.R., R.G. Eaton  
Degenerative joint disease of the trapezium: A comparative radiographic and  
Anatomic study  
J Hand Surg. Vol. 8, No. 2, March 1983, pp.160-166
56. Oberlin C., O. Daunois  
L'arthrose scapho-trapézo-trapézoïdienne. Son retentissement sur le carpe  
Ann. Chir. Main. 9 (1990), No. 3, 163-167
57. Pagalidis T., K. Kuczynski  
Ligamentous stability of the base of the thumb  
J Hand Surg., Feb. 1988, 13 (1):p 29-36
58. Pechlaner S.

- Die posttraumatische palmare Instabilität des Daumengrundgelenkes. Der „andere Schidaumen“  
Handchir. Mikrochir. Plast. Chir. 31 (1999): 3-9
59. Pellegrini V.D., C.W. Olcott  
Contact patterns in the trapeziometacarpal joint: The role of the palmar beak ligament  
J Hand Surg. Vol 18 A, No. 2, March 1993, pp. 238-244
60. Pfiffner A.  
Die Daumensattelgelenksarthrose oder Rhizarthrose und Ergebnisse ihrer operativen Behandlung  
Arch. Orthop. Unfall-Chir. 70 (1971): 344-59
61. Pieron A.P.  
The mechanism of the first carpometacarpal joint. An anatomical and mechanical Analysis  
Acta Orthop. Scand. Suppl. 1973, 148: 1-104
62. Rozmaryn M.D., N. Wie  
Metacarpophalangeal Arthroscopy  
Arthroscopy, Vol. 15, No. 3 (April), 1999: pp 333-337
63. Schlegel K.F.  
Die Arthrose des Daumensattelgelenks  
Ther. Ggw. 1965 Jun., 104 (6): 761-9
64. Schmidt  
Joint surfaces of the carpometacarpal articulation of the thumb in man  
Gegenbaurs Morphol. Jahrbuch 1983; 129 (5): 505-31, German

65. Schmidt H.-M., U. Lanz  
Chirurgische Anatomie der Hand  
Hippokrates Verlag Stuttgart 1992
66. Schmidt, Lieb  
Die Articulatio metacarpo pollicis des Menschen: Größenelemente  
und Krümmungsprofile der Gelenkflächen  
Verz. anat. Gesch., 75-181; 665-667
67. Schmitt E., J. Heisel  
Die operative Behandlung der Daumensattelgelenksarthrose  
Z Orthop. 123 (1985): 54-59
68. Schönberger V., J. Koebke  
Rhizarthrose und Thenarmuskeln  
Handchir. Mikrochir. Plast. Chir. 21 (1989): 182-188
69. Sobotta  
Atlas der Anatomie des Menschen, 20. Auflage, Band 1 und 2  
Urban und Schwarzenberg 1993
70. Steinberg B.D., D. Kevin  
Percutaneous Kirschner wire fixation through the snuff box: an  
anatomic study  
J Hand Surg. Vol. 20 A, No. 1, Jan. 1995, pp57-62
71. Stopford J.S.  
The variations in distribution of the cutaneous nerves of the hand  
and digits  
J Anat. 53 (1918): 14-25
72. Strobel

Arthroskopische Chirurgie  
Springer Verlag Berlin 1998

73. Thomas W.  
Über die Ätiologie der Daumensattelgelenksarthrose und deren  
Behandlung durch eine spezielle Endoprothese  
Z Orthop. 115 (1977): 699-707
74. Witt A.N.  
Schädigung der Gelenke des Daumenstrahls und ihre Behebung  
Der Chirurg, 27. Jahrg., Heft 5, Mai 1956, 193-199
75. Zancolli E.A., C. Ziadenberg  
Biomechanics of the trapeziometacarpal joint  
Clin. Orthop., Jul. 1987, (220): p 14-26

## VII. Anhang

### Verzeichnis der Akademischen Lehrer

Meine Akademischen Lehrer in Marburg waren die Damen und Herren

Arnold	Joseph	Schmidt
Aumüller	Kaffarnik	Schneider
Barth	Kern	Schüffel
Basler	Kleine	Schulz
Baum	Kleinsasser	Seitz
Berthold	Klenk	Siegel
Bien	Klose	Slencka
Daut	Koolmann	Sommer
Elsässer	Kretschmar	Steiniger
Feddersen	Kroll	Steinmetz
Fruhsdorfer	Kummer	Sturm
Fuhrmann	Lange	Thomas
Ganz	Lauer	Voigt
Gemsa	Lennartz	Wagner
Geus	Leppek	Westermann
Göke	Lorenz	v. Wichert
Görk	Maisch	
Gotzen	Mannheim	
Grau	Mannerz	
Gressner	Niessing	
Griss	Oertel	
Grzeschik	Peter	
Habermehl	Pfab	
Happle	Remschmidt	
Havemann	Riedmiller	
Heidenreich	Röhm	
Heubel	Rothmund	
Hilgermann	Schachtschabel	
Hoffmann	Schindler	

