

D. Pennig · T. Gausepohl · K. Mader · B. Wolfgarten

Abteilung für Unfallchirurgie, Hand- und Wiederherstellungschirurgie, St. Vinzenz-Hospital Köln

Die Distraktionsarthrolyse mit humeroulnarem Bewegungsfixateur zur Behandlung der posttraumatischen Ellenbogensteife

Zusammenfassung

Zur Behandlung der Ellenbogensteife wird die Distraktionsarthrolyse mit Fixateur externe und nachfolgender fixateurgestützter Mobilisation beschrieben. Die Gelenkdistraktion wird zur allmählichen Dehnung der geschrumpften Kapsel-Band-Strukturen eingesetzt und erlaubt die sichere Separation der Gelenkflächen. Nach der intraoperativen Distraktion folgt eine Relaxationsphase mit nachfolgender fixateurgestützter Mobilisation.

Die Anwendung des Bewegungsfixateurs wird beschrieben, die notwendigen Begleitmaßnahmen werden erörtert. Insbesondere bei Subluxationsstellungen oder persistierenden Luxationen erlaubt die Gelenkdistraktion eine Wiederherstellung der Gelenkkongruenz mit nachfolgender fixateuresicherter Übungsbehandlung. Die Nachbehandlung ist für den Therapieerfolg von ausschlaggebender Bedeutung.

Schlüsselwörter

Ellenbogen · Gelenksteife ·
Distraktionsarthrolyse ·
Bewegungsfixateur · Klassifikation

Die exakte Inzidenz posttraumatischer Funktionsstörungen nach Verletzungen des Ellenbogengelenks ist unbekannt. Soijbjerg [34] nimmt an, dass 5% aller knöchernen Ellenbogenverletzungen eine Einschränkung der Beweglichkeit zur Folge haben und demnach eine posttraumatische Gelenksteife besteht. Morrey [25, 26, 27] stellt fest, dass mit einem Bewegungsumfang von 100° (0–30–130 nach der Neutral-0-Methode) in Bezug auf Extension und Flexion und je 50° Pro- und Supination 90% der Aktivitäten des täglichen Lebens durchgeführt werden können. Einschränkungen der Beweglichkeit in Bezug auf die Extension werden eher toleriert als ein gleichartiger Ausfall der Flexion. Zur Verdeutlichung des Bewegungsausfalls sollte von einem Flexionsdefizit, einem Extensionsdefizit und einer Mischform (Flexions-/Extensionsdefizit) gesprochen werden [21, 28].

Die eigentliche Ursache der Ellenbogensteife lässt sich als intraartikulär, als extraartikulär und als gemischte Pathologie festlegen [11, 15, 17, 33, 35, 37].

Mohan [24] konnte in der Aufarbeitung von 200 Fällen posttraumatischer Ellenbogensteifen zeigen, dass 38% mit Luxationsfrakturen des Gelenks, 20% mit reinen Luxationen und 10% mit Radiuskopffrakturen zusammenhängen. Die knöchernen Verletzungen sowie die begleitenden Bandverletzungen sind jedoch nur ein Aspekt in der Entwicklung der posttraumatischen Ellenbogensteife [10]. Langdauernde Immobilisation des Ellenbogengelenks mit Verklebung

der Gleitschichten, Verkürzung von Kapsel- und Bandstrukturen sowie intraartikuläre Adhäsionen können in der Folge zur Bewegungseinschränkung des Ellenbogengelenks in erheblichem Umfang beitragen [16, 19, 32].

Zwar besteht ein breiter Konsens über die Bedeutung einer frühfunktionellen Behandlung nach Gelenkverletzungen [1, 4, 5, 8, 9, 19], es fehlt jedoch nicht selten an geeigneten Mitteln zur Durchführung der Frühmobilisation ohne Risiko eines Repositonsverlusts [14].

Dass die Ellenbogensteife ein relevantes klinisches Problem darstellt, zeigt die Auseinandersetzung mit diesem Thema bereits im Jahre 1887 durch Julius Wolff, der zur Arthrolysis cubiti in mehreren Abhandlungen Stellung nahm [38, 39].

Die offene Arthrolyse zur Behandlung der Ellenbogensteife ist von verschiedenen Autoren publiziert worden [2, 3, 7, 12, 18, 25, 34, 35]. Die Gelenkdistraktion als Repositionshilfe nach veralteter Luxation ist von Volkov u. Ognesian 1975 [36] mit einem Ringfixateursystem angewendet worden. Kleinere Serien sind seit dieser Erstbeschreibung veröffentlicht worden [6, 20, 23, 30, 31], (Abb. 1).

Prof. Dr. Dietmar Pennig
Abteilung für Unfallchirurgie,
Hand- und Wiederherstellungschirurgie,
St. Vinzenz-Hospital,
Merheimer Straße 221–223, 50733 Köln

Distraction arthroplasty in posttraumatic elbow stiffness with a humeroulnar motion fixator

Abstract

Distraction arthroplasty in the treatment of elbow stiffness with an external fixator and subsequent fixator assisted mobilization is described. Joint distraction is employed to correct the shortened ligaments and capsule and permits the separation of articular surfaces. After intraoperative joint distraction, a phase of relaxation followed by fixator assisted mobilization is carried out. The use of the motion fixator is described and additional measures discussed.

This technique is particularly valuable in joint subluxation or persistent joint dislocation and allows for reduction after distraction in order to secure joint congruity. Postoperative management is a key factor for the success of the management protocol.

Keywords

Elbow · Joint stiffness · Distraction arthroplasty · External fixation · Classification

Zum Thema: Kontrakter Ellenbogen

Indikationen zur Distraktionsarthrolyse

Die Beurteilung des verringerten Ellenbogenbewegungsumfangs muss sowohl die patientenspezifischen Daten als auch die Ursache der Ellenbogensteife berücksichtigen. Neben der allgemeinen ist die Berufs- und Sportanamnese von Bedeutung. Zur Beurteilung der Entstehung ist die Sichtung der Röntgenbilder des gesamten Behandlungsverlaufs erforderlich, insbesondere die Unfallbilder und die Bilder unmittelbar nach Versorgung sind hier von großer Bedeutung (Tabelle 1).

Ein gewisses Extensionsdefizit ist über das Schultergelenks zu kompensieren, sofern dieses frei beweglich ist. Geht das Extensionsdefizit jedoch mit einem Supinationsausfall einher, muss dies das therapeutische Vorgehen beeinflussen. Ein Flexionsdefizit führt am häufigsten zur Vorstellung von Patienten mit der Frage nach operativer Verbesserung.

Präoperative Diagnostik

Im Behandlungsverlauf sind insbesondere stattgehabte Narkosemobilisationen wichtig. Die unter Schmerzaus-

schaltung durchgeführte Narkosemobilisation führt wegen der immer bestehenden Verkürzung der Bänder und Schrumpfung der Gelenkkapsel zu einem hohen Druck auf die Gelenkflächen. Eine Beschädigung des noch verbliebenen Gelenkknorpels steht hier zu befürchten, sodass die Narkosemobilisation grundsätzlich nicht empfohlen wird [19].

Die bildgebende Diagnostik stützt sich auf die Standardröntgenaufnahmen mit Rechts/links-Vergleich und die Arthrographie zur Beurteilung des proximalen Radioulnargelenks und der Kapselfibrosierung. Die Arthrographie sollte kombiniert werden mit einem Spiral-CT (Nativ- und Arthro-CT). Ebenfalls wird präoperativ die Messung der Nervenleitgeschwindigkeit aller 3 das Ellenbogengelenk kreuzenden Nervenstämme vorgenommen. Hier ist insbesondere bei Flexionsdefiziten der N. ulnaris zu beurteilen (Tabelle 2).

Zeitpunkt der Operation

Vor der Indikationsstellung zur operativen Maßnahme sollten die konservativen physiotherapeutischen Anwendungen ausgereizt worden sein. Es ist erforder-

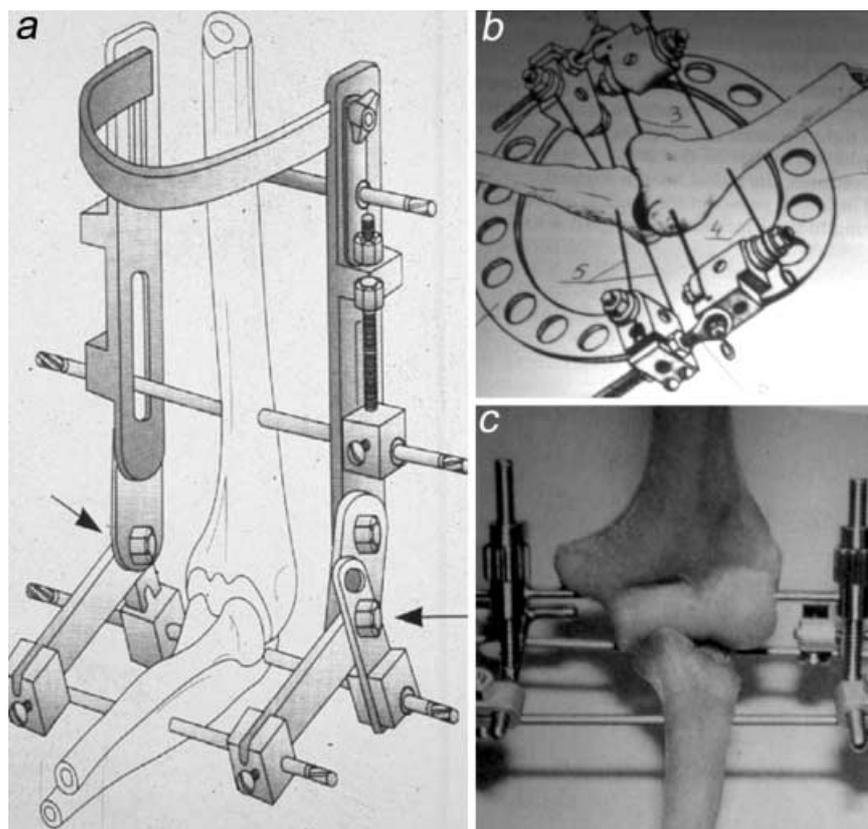


Abb. 1 ▶ a Distraktionsfixateur nach Judet; b Ringfixateur nach Volkov; c Distraktionsfixateur nach Morrey

Tabelle 1

Posttraumatische Ellenbogensteife: präoperative Maßnahmen

Maßnahmen

Anamnese

Röntgenverlauf

Unfallbilder, Versorgung, aktuelle Situation

Diagnostik

Klinische Untersuchung
Konventionelle Röntgenbilder
Arthrographie
Spiral-CT
EMG/NLG
Messblatt obere Extremität

**Physiotherapie/
Patientenkontakt**

Indomethacin 2-mal 50 mg

derlich, die Entwicklung des Bewegungsumfangs unter adäquater physiotherapeutischer Behandlung zu überprüfen. Kommt es trotz regelmäßig und vollständig durchgeführter Physiotherapie zu keinem Bewegungszugewinn oder sogar zu einer Abnahme der Beweglichkeit sollte eine operative Intervention ohne weiteren Zeitverlust in Erwägung gezogen werden.

Bei jüngeren und aktiven Patienten mit Beeinträchtigung der dominanten Extremität stellt ein Gesamtbewegungsausmaß von unter 100° bei Vorliegen eines Flexionsdefizits eine Indikation zur operativen Intervention dar.

Der Zeitpunkt der operativen Intervention ist in Abhängigkeit vom Behandlungsverlauf zu wählen. Bei ausbleibendem Bewegungszugewinn unter Physiotherapie sollte so bald wie möglich operiert werden. Bei Vorliegen heterotoper Ossifikationen, die den Gleitweg des humeroulnaren Gelenks beeinträchtigen, muss nach unserer Auffassung nicht mehr bis zur vollen Ausreifung abgewartet werden. Hier ist bereits nach 4 Monaten eine Ausräumung des heterotopen Knochens möglich. Die Distractionsarthrolyse wird von uns auch bei jahrelang bestehender Ellenbogensteife eingesetzt, wobei die Indikation mit zunehmendem zeitlichem Abstand zur ursprünglichen Verletzung strenger zu stellen ist.

Grundsätzlich muss der Patient in der Lage sein, die postoperativ durchzuführende Physiotherapie im vollen Umfang wahrzunehmen. Nur der motivierte Patient ist geeignet, eine fixateurgestützte Behandlung der posttraumatischen Ellenbogensteife erfolgreich um-

zusetzen. Generelle Kontraindikationen wie nicht suffizient eingestellter Diabetes mellitus, HIV-Infektionen und mangelnde Compliance sind zu beachten. Bei assoziiertem Hand-Schulter-Syndrom ist eine Algodystrophiekomponente zu prüfen und die Indikation mit Zurückhaltung zu stellen.

Die operative Technik

Die Operation wird in Allgemein- oder Plexusanästhesie durchgeführt. Eine Blutleere wird nicht angelegt, ein Handtisch ist erforderlich (Tabelle 3).

Bei Vorliegen eines Flexionsdefizites wird die Dekompression des N. ulnaris als erste Maßnahme vorgenommen. Dies geschieht über den in der Literatur beschriebenen Standardzugang in Form von Dekompression und Neurolyse. Bei Knochenfragmenten im osteofibrösen Kanal des N. ulnaris ist eine Ausräumung dieser Fragmente zu empfehlen. Eine routinemäßige Transposition des Nerven sollte nach unserer Auffassung jedoch nicht durchgeführt werden. Die sorgfältige Blutstillung ist selbstverständlich. Die Operationswunde im ulnaren Bereich wird zunächst nicht verschlossen, um die Nervenspannung nach Distractionsarthroplastik und verstärkter Flexion zu beurteilen.

Unter Innenrotation der Schulter wird der Ellenbogen auf 2 oder 3 gefalteten Tüchern gelagert, um eine möglichst horizontale Position zu erreichen. Mit Hilfe des Röntgenbildwandlers wird ein exakt seitliches Röntgenbild eingestellt. Die Ringstrukturen der Trochlea müssen genau übereinanderliegen, wobei die radial liegende Knochenkante diese Ringstruktur im kranialen Anteil schneidet. Diese radiale Knochenkante unterteilt den distalen Humerus in 1 ventrales und 2 dorsale Drittel (Abb. 2, 3).

Der 2-mm-Kirschner-Draht wird am Schnittpunkt von radialer Knochen-

Tabelle 2

Diagnostik Ellenbogensteife

Verfahren	Bedeutung
Unfallröntgenbilder	Ausmaß der Gelenkschädigung
Operative Versorgung (Operationsbericht(e), Röntgen)	Qualität der Reposition, Gelenkkongruenz, Knorpelschaden?
Konventionelles Röntgen	Gelenkkongruenz, Knochenqualität Implantatlage und Fixationsqualität Osteophyten, Olecranon/Processus coronoideus
CT (1-mm-Schichten)	Humeroulnare (Sub) Luxation Intraartikuläre Fehlstellung Osteophyten, Olecranon/Processus coronoideus Ausmauerung der Fossa olecrani/Fossa coronoidea Lage der heterotopen Ossifikationen
Arthrographie/Arthro-CT	Fibrosierung der Gelenkkapsel Ausmauerung des proximale Radioulnargelenks
MRT	Beurteilung der Gelenkknorpeldichte und der Bandstrukturen Lage der Nerven
Nervenleitgeschwindigkeit N. ulnaris, N. medianus und N. radialis	Evaluation einer möglichen Vorschädigung

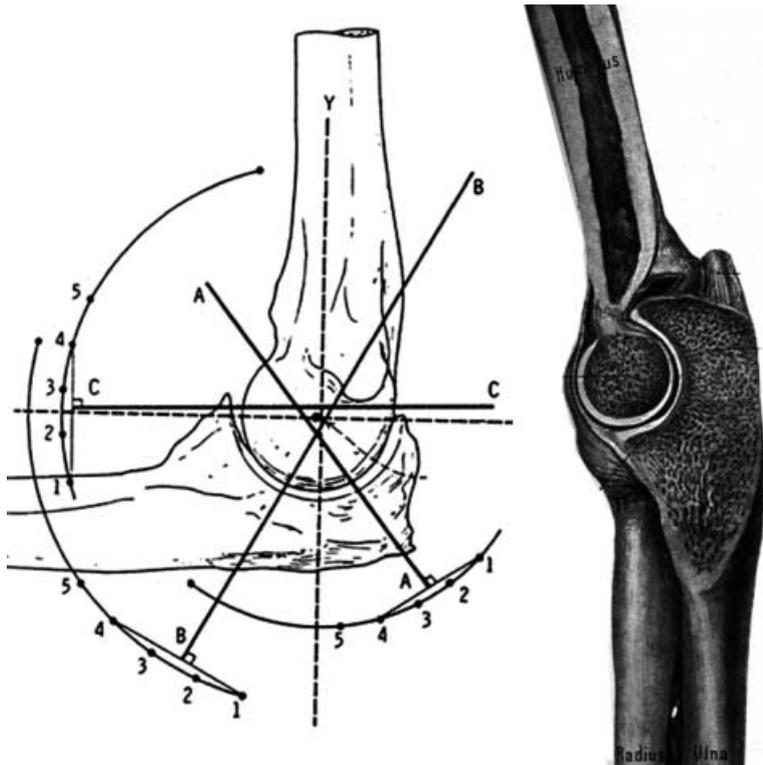


Abb. 2 ▲ Das humeroulnare Gelenk als idealisiertes Scharniergelenk. Das Dreieck der Linien A, B und C legt das Rotationszentrum fest (s. auch [22])

kante und Trochlearingstruktur perkutan platziert. In Richtung des Röntgenstrahls wird dieser Kirschner-Draht 2–3 cm in die Trochlea vorgebohrt. Wenn der Eintrittspunkt des Kirschner-Drahts von lateral korrekt war, aber dieser nicht in der Achse des Röntgenstrahls liegt, lässt sich durch ein Verbie-

gen des aus der Haut herausragenden Kirschner-Drahtanteils dennoch eine punktförmige Struktur am oberen Rand der Trochlearingstruktur erzielen (Abb. 3). Die Montage des Fixateurs darf nicht begonnen werden, bevor der Zentrier-Kirschner-Draht korrekt platziert ist.

Einbringen der humeralen Fixateurpins

Über diesen Kirschner-Draht wird die Zentraleinheit des Fixateurs (Orthofix GmbH, 83620 Valley) aufgesetzt, die humerale Schiene liegt außen, die ulnare Schiene kommt innen zu liegen. Der Fixateur fungiert als Zielschablone zur Platzierung der Fixateurpins. Im Humerus wird der proximale Fixateurpin am Ansatzpunkt des M. deltoideus von streng lateral eingebracht. Zur Implantation der beiden Fixateurpins ist ein offener Zugang empfehlenswert, um die sichere Schonung des dorsal am Humerus verlaufenden N. radialis zu gewährleisten.

Die Lage der Fixateurpins im Humerus muss die Notwendigkeit der Distraction berücksichtigen. Die humerale

Schiene muss daher eine Verschiebung der Zentraleinheit von 12–15 mm nach distal ermöglichen. Die Dimension der Fixateurpins richtet sich nach dem Querschnitt des Humerus (5/6 mm oder 3,5/4,5 mm Gewindedurchmesser).

Einbringen der ulnaren Fixateurpins

Die Platzierung der ulnaren Fixateurpins erfolgt in Neutralstellung des Unterarms von dorsal am Übergang des proximalen zum mittleren Drittel der Ulna. Auch hier ist ein offenes Vorgehen zu empfehlen, da eine bikortikale Verankerung der Fixateurpins zwingend erforderlich ist. Der Gewindedurchmesser der Fixateurpins beträgt hier 3,5/4,5 mm. Die korrekte Penetration der Gegenkortikalis im Bereich der humeralen und ulnaren Fixateurpins wird radiologisch überprüft.

Anbringen des Distraktionsfixateurs

Der humeroulnare Bewegungsfixateur wird entfernt und die zusätzlich einzubringenden Pins im Bereich des Olecranon für die Montage des eigentlichen Distraktionsfixateurs wird vorgenommen. Der ideale Ort zur Platzierung der beiden Pins liegt im Olecranon selbst und in der Basis des Processus coronoidius. Eine weiter distale Implantation der Fixateurpins ist nicht empfehlenswert, da es zu Fissuren der Ulna bei der Mobilisation des eingesteiften Ellenbogens kommen könnte. Auch hier werden 3,5/4,5 mm Gewindedurchmesser empfohlen. Die korrekte Platzierung der

Tabelle 3

Operative Technik

- Handtisch, keine Blutleere
- Dekompression N. ulnaris
- Ggf. Entfernung heterotoper Ossifikationen und Osteophyten
- Zentrierdraht, Humerus- und Ulnapins mit Bewegungsfixateur
- Olecranonpins mit Distraktionsfixateur
- Distraction um 15 mm (unter Bildwandlerkontrolle, 2-mal)
- Entfernung Olecranonpins, Bewegungsfixateur
- Redistraction humeraler Distraktor (12 mm)
- Ggf. ulnare Distraction
- Probemobilisation unter Distraction
- Fixierung in 110° Beugung

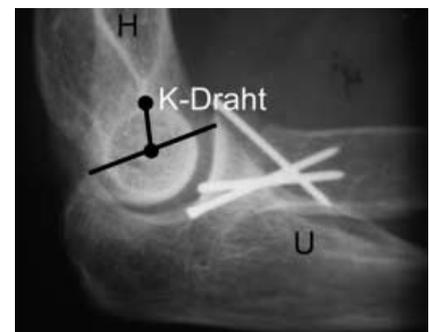


Abb. 3 ▲ Seitliches Röntgenbild zur Positionierung des Ziel-Kirschner-Drahts an Schnittpunkt von radialer Knochenleiste und Trochlearingstruktur. Bei der humeralen Distraction kommt es zur Verschiebung der Fixateurzentraleinheit in das Rotationszentrum des Humeroulnargelenks (H Humerus, U Ulna; s. Abb. 2)

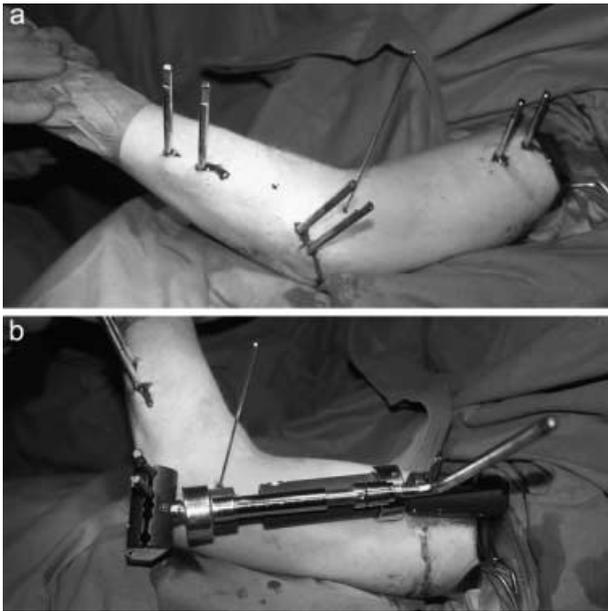


Abb. 4 ◀ **Intraoperatives Bild nach Platzierung des Ziel-Kirschner-Drahts und der Fixateurpins für den Bewegungs- und Distractionsfixateur; b der Standardfixateur ist montiert zur graduellen Distraction des Gelenks**

Olecranonpins muss im seitlichen Röntgenbild kontrolliert werden. Der Standardfixateur mit einer geraden Backe am Humerus und einer T-Backe im Bereich der Olecranonsschrauben wird mit einem Distraktor ausgestattet und die Distraction begonnen. Die Distraction muss langsam vonstatten gehen und sollte 10–15 min in Anspruch nehmen. Die Standarddistractionsstrecke beträgt 15 mm (Abb. 4).

Der Distraktor wird nach Erreichen der Distractionsstrecke entfernt und der Distractionsverlust auf dem kalibrierten Teleskop des Fixateurs abgelesen. Normalerweise ist mit einem Distractionsverlust von 50–60% zu rechnen. Eine neuerliche Distraction über 15 mm wird durchgeführt. Auch hier ist eine Zeitdauer von 10 min zum Erreichen der Distractionslänge zu veranschlagen. Ein Röntgenbild hilft an dieser Stelle, die Separation der Trochlea vom Olecranon zu verifizieren (Abb. 5).

Wird diese Öffnung des Gelenks nicht erreicht, ist eine perkutante Durchtrennung der fibrosierten Kollateralbänder zu erwägen. Im Regelfalle ist dieses Vorgehen jedoch nicht notwendig. Es sollte vielmehr eine neuerliche Distraction vorgenommen werden, um die Separation der Gelenkflächen zu erreichen.

Anlegen des Bewegungsfixateurs

Nach Durchführung der 2. Distractionsphase wird der Distractionsfixateur ent-

fernt und der humeroulnare Bewegungsfixateur nach Überprüfen der korrekten Ausrichtung des Zentrier-Kirschner-Drahts erneut aufgesetzt. Die humerale Fixateurbacke wird als erstes festgezogen mit einem Abstand von ca. 2 cm zur Haut. Vor dem Festziehen der ulnaren Fixateurbacke muss sichergestellt werden, dass sich der Kirschner-Draht in der Zentraleinheit in der gewählten Position dieser Backe auf den ulnaren Fixateurpins nicht verbiegt. Anschließend wird die dreieckige Zentralschraube festgezogen und die Blockierschrauben der humeralen und ulnaren Fixateurschiene ebenfalls arretiert. Eine erneute Überprüfung des verwindungsfreien Sitzes des Zentrier-Kirschner-Drahts wird nun vorgenommen, bevor die Kugelgelenke des Bewegungsfixateurs mittels der Nockenbolzenschrauben arretiert werden.

Der Fixateur ist zu diesem Zeitpunkt mit den Spezialdistraktoren im Bereich der humeralen und ulnaren Schiene armiert. Der humerale Distraktor wird zuerst bedient, nachdem dieser auf die Zentraleinheit geführt und arretiert worden ist. Die Position des Distraktors sowie die Position der Zentraleinheit auf der humeralen Schiene sollte mit Hilfe eines Stiftes markiert werden. Vor Durchführung der 3. Distraction des Gelenks ist der Kirschner-Draht zu entfernen. Nach Öffnen der Arretierschraube der humeralen Schiene wird nun die Distraction vorgenommen (12 mm). Eine ulnare Distraction ent-

lang der ulnaren Schiene ist dann nötig, wenn ein Impingement des Processus coronoideus oder eine dorsale Subluxation des Ellenbogengelenks vorliegt.

Die Tabelle 4 fasst das zeitliche Vorgehen zur Distractionsarthrolyse zusammen.

Durchführung der Gelenkmobilisation

Nach der neuerlichen Distraction wird mit vorsichtigem Druck auf die Unterarmmitte und nicht über die Hand (Cave: Biegebelastung auf Höhe der ulnaren Fixateurpins) zunächst die Flexion verstärkt, anschließend die Extension (Abb. 6). Die Distraction des Gelenks separiert die Gelenkflächen und schützt auf diese Weise den Gelenkknorpel, dennoch ist vor grober Kraftentfaltung zu warnen. Eine dosierte Verstärkung der Flexion ist intraoperativ auch mit Hilfe des in die Nockenbolzenschrauben einzuführenden Quengelkompressors (Abb. 7) möglich.

Ein Extensionsdefizit sollte ebenfalls vorsichtig angegangen werden. Liegt ein über Jahre bestehendes Extensionsdefizit von mehr als 40° vor, ist von einer Verkürzung der ventral das Ellenbogengelenk kreuzenden Nerven (N. medianus und N. radialis) sowie der A. brachialis auszugehen. Hier ist besondere Vorsicht geboten, um eine Neurapraxie oder gar eine dehnungsbedingte Stenose der A. brachialis zu vermeiden. Die Extension sollte in diesen Fällen um nicht mehr als 30° verbessert werden. Empfehlenswert ist hier ein allmähliches postoperatives Verbessern der Extension über den in die Nockenbolzenschrauben einzubringenden Quengel-distraktor (Abb. 7). In jedem Fall ist die

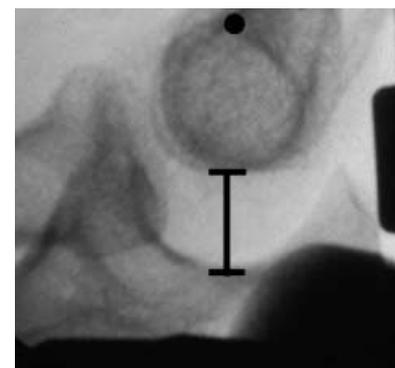


Abb. 5 ▲ **Bildwandlerdarstellung der intraoperativen humeroulnaren Distraction. Beachte die Gelenkspaltweite**



Abb. 6 ◀ a, b Präoperative Streckung und Beugung des rechten Ellenbogens bei einem 30-jährigen Rechtshänder 4 Monate nach Ellenbogenluxation; c, d intraoperative Streckung und Beugung im Bewegungsfixateur unter Distraction

Pulskontrolle bzw. die Messung des digitalen pO₂ postoperativ notwendig. In der Mehrzahl der Fälle werden jedoch Flexionsdefizits zu behandeln sein.

Die Verbesserung der Beugefähigkeit des Ellenbogengelenks muss unter visueller Kontrolle des N. ulnaris erfolgen. Kommt es zu einer erheblichen Anspannung des Nerven, ist die Vollständigkeit der Dekompression zu überprüfen. Ist dies der Fall und lassen sich keine ossären Ursachen finden, muss eine Ventralisierung des Nerven zu dessen Schutz erwogen werden.

Am Ende der Operation wird der humeroulnare Bewegungsfixateur in einer Beugstellung von 110–120° fixiert.

Die Kontrolle des N. ulnaris muss unmittelbar im Aufwachraum erfolgen. Sollte eine motorische Schwäche oder eine ausgesprägte Hyp-/Dystästhesie vorliegen, ist die Beugstellung des Ellenbogens zu verringern. Die Überwa-

chung der Nervenfunktion ist von erheblicher Bedeutung, aus diesem Grunde sollte die Anwendung einer kontinuierlichen Schmerzausschaltung mittels Plexuskatheter mit Zurückhaltung begegnet werden.

Postoperatives Management

Das Gelenk verbleibt in der gewählten Beugstellung für 6 Tage, bei lang bestehenden Einsteifungen (>2 Jahre) auch bis zu 10 Tage. Die Distraction des Ge-

lenks selbst wird durch die Stellung der Zentraleinheit aufrechterhalten. Dies gilt auch für die der initialen Ruhigstellung anschließende Mobilisationsphase. Zur Mobilisierung des Ellenbogengelenks wird die Zentralschraube gelockert, die Arretierschrauben des humeralen und ulnaren Schiene bleiben blockiert, sodass eine Verschiebung der Zentraleinheit ausgeschlossen ist.

Die physiotherapeutische Nachbehandlung ist von entscheidender Bedeutung und sollte 2-mal/Tag durchgeführt werden. Die Krankengymnastik kann eine verstärkte Flexion mit Hilfe des Quengelcompressors herbeiführen. Hierzu sollte in den Zeiträumen zwischen den Physiotherapie-Sitzungen ein Distraktor mit 2–4 mm/30 min zur Verbesserung der Flexion eingesetzt werden. Es handelt sich somit um einen langsamen Prozess zur Verbesserung der Flexion, die ein allmähliches Nachgeben der streckseitigen Weichteile herbeiführt.

Die 2. Physiotherapiesitzung sollte am späten Nachmittag oder gegen Abend erfolgen, sodass der Fixateur an einem Abend in der maximal erreichten Beugstellung arretiert werden kann. Am nächsten Morgen kann dann aus der Beugstellung heraus geübt werden und am folgenden Abend dieses Behandlungstages der Ellenbogenfixateur in der maximal erreichbaren Extension arretiert werden. Dieses Wechseln zwischen nächtlicher Flexion und Extension verbessert die Bewegungsausschläge und wird über einen Zeitraum von ca. 14 Tagen durchgeführt. Danach sollte der Ellenbogenfixateur sowohl tagsüber als auch nachts frei beweglich bleiben.

Zur Verhinderung des Auftretens heterotoper Ossifikation und zur Schmerzbehandlung empfiehlt sich die gewichtsadaptierte Gabe von Indometacin (für Erwachsene 2-mal 50 mg unter Magenschutz) während der gesamten Behandlungszeit. Die Röntgenkontrollen erfolgen postoperativ, zur Erzielung einer

Tabelle 4

Zusammenfassung Distractionsarthrolyse

Distraction	→	Intraoperativ mit Fixateur externe
Relaxation der Kapsel-Band-Strukturen	→	Postoperativ in 110/120° Beugung für 6–10 Tage
Mobilisation	→	Beibehalten der Distraction, Bewegungstherapie für 6 Wochen

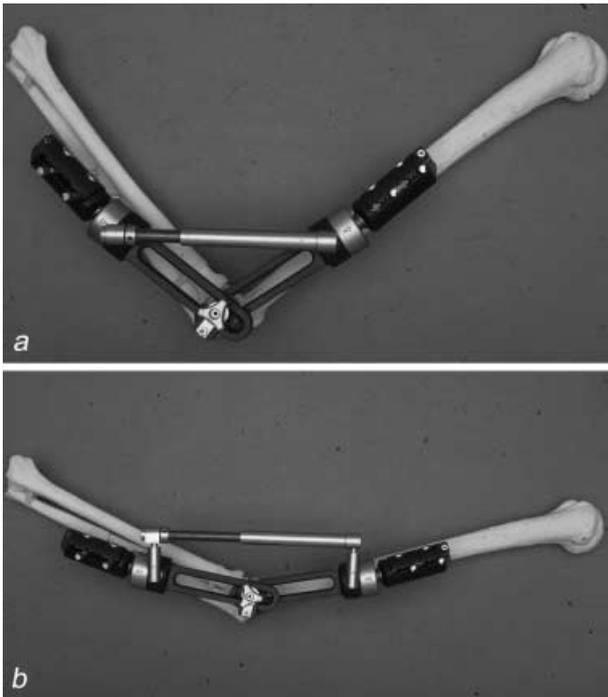


Abb. 7a, b ◀ **Demonstration der Kompressions-Distraktions-Einheit zur postoperativen Quengellung für Streckung und Beugung unter Distraction**

störungsfreien seitlichen Aufnahme ist das Einschieben einer Dentalröntgenfolie zwischen Fixateur und Haut zu empfehlen. Weitere Röntgenkontrollen werden nach Beginn der Mobilisation sowie nach 2, 4, 6 und 8 Wochen vorgenommen.

Der Bewegungsfixateur verbleibt ca. 8 Wochen in situ, das Nachbehandlungsschema kann in Abhängigkeit von dem therapeutischen Erfolg Variationen erforderlich machen. Aufgrund der Bedeutung der Beugung im Ellenbogengelenk ist dieser Bewegungsausschlag des Gelenks naturgemäß stärker zu fördern und wird auch vom Patienten eher nachgefragt. Ein verbleibendes Extensionsdefizit ist bei freier Schulterbeweglich-

keit eher zu kompensieren. Die Entfernung des Fixateurs geschieht ausnahmslos ambulant.

Das krankengymnastische Übungsprogramm zieht sich über das gesamte Jahr nach der Distraktionsarthrolyse hin.

Begleitmaßnahmen

Die Dekompression des N. ulnaris ist bereits eingangs als Routinemaßnahme erwähnt worden.

Die Computertomographie (CT, 1-mm-Schichten) dient dazu, eine mögliche humeroulnare Subluxation zu erfassen. Diese kann auch als Rotationsfehlstellung des Olecranon in Relation zur

Trochlea bestehen. Liegt eine dorsale Subluxation vor, ist die Ursache für diese Subluxation zu identifizieren. Ist sie begründet in einer fehlerverheilten Radiuskopffraktur (Abb. 8), muss die Länge des proximalen Radius über eine Osteotomie und Osteosynthese wiederhergestellt werden, um die Gelenkkongruenz zu sichern. Ist die Ursache der Subluxation jedoch eine Fraktur des Processus coronoideus nach Regan III oder IV sollte wie oben beschrieben nach Distraktion des humeroulnaren Gelenks zunächst eine Reposition vorgenommen werden.

Lässt sich im Bewegungsfixateur die Stellung des Olecranon in der Trochlea halten, ist eine operative Maßnahme am Processus coronoideus nicht notwendig. Kommt es jedoch auch unter Bewegungsfixateur aufgrund der Rückstellkräfte des Kapsel-Band-Apparats zu einer dorsalen Subluxation, ist eine Stabilisierung oder Rekonstruktion des Processus coronoideus in anatomisch korrekter Position über einen ventralen Zugang unumgänglich.

Das Dünnschicht-CT ergänzt die konventionellen Röntgenaufnahme hinsichtlich des Nachweises von Osteophyten. Liegt am Olecranon oder Processus coronoideus ein relevanter Osteophyt vor bei gleichzeitiger Auffüllung der Fossa olecrani und Fossa coronoidea durch heterotopes Knochenmaterial sind sowohl die Osteophyten als auch das heterotope Knochenmaterial in den Fossae zu entfernen. Es ist nicht zu erwarten, dass bei Vorliegen eines Osteophyten am Olecranon und gleichzeitiger Unmöglichkeit des Eintauchens des Osteophyten in die ausgemauerte Fossa eine Verbesserung der Streckung herbeigeführt



Abb. 8 ▲ a Flexionsdefizit bei einem 29-jährigen Mann 4 Monate nach Ellenbogenluxationsfraktur rechts. b Das seitliche Röntgenbild zeigt die dorsale Subluxation bei Fehlverheilung des Radiushalses, einen dorsalen Olecranonosteophyten sowie einen freien Gelenkkörper. c a.-p.-Röntgenbild postoperativ nach Korrekturosteotomie des Radiuskopfes und Anlage des Bewegungsfixateurs. d, e Seitliches und a.-p.-Röntgenbild 1/2 Jahr postoperativ mit korrekter Stellung der humeroulnaren und humeroradialen Gelenkanteile (geringe Arthrosezeichen). f Beugefähigkeit des gleichen Patienten 6 Monate postoperativ



Abb. 9 ▲ a, b Streckung und Beugung des linken Ellenbogens bei einer 32-jährigen Patientin 5 Monate nach Ellenbogenluxations und gleichseitiger komplexer distaler Unterarmfraktur (Bewegungsausmaß 0–35–60). c Präoperative a.-p.-Röntgenaufnahme des betroffenen Ellenbogens mit deutlicher Gelenkspaltverschmälerung und Weichteilverkalkung radial. d Bildwandlerbild a.-p. intraoperativ mit symmetrischer Distraction des Gelenkspalts. e Röntgenbild a.-p. 1/2 Jahr postoperativ mit symmetrisch normal weitem Gelenkspalt im Vergleich zur unverletzten Gegenseite und ohne Anzeichen einer posttraumatischen Arthrose, Osteoporose. f, g Streckung und Beugung mit liegendem Fixateur unter Distraction 4 Wochen postoperativ. h, i Streckung und Beugung 1/2 Jahr postoperativ mit einem Bewegungsausmaß von 0–10–140

wird. Analoges gilt für die Ventralseite des Humeroulnargelenks.

Die Abtragung der Osteophyten bzw. der heterotopen Ossifikation, die den Gleitweg im Humeroulnargelenk behindern, erfolgt nach Distraction des Gelenks.

Die Distraction des Gelenks dient dazu, eine Reposition der möglichen Subluxation durchzuführen. Die erfolgreiche Reposition ist nur dann möglich, wenn Repositionshindernisse nicht vorliegen. Auch Osteosynthesematerialien können als Repositionshindernisse gelten. Wir empfehlen bei der Entfernung der Osteosynthesematerialien defensiv vorzugehen und keine vollständige Ma-

terialentfernung anzustreben. Es sollte nur das Osteosynthesematerial entfernt werden, welches einer korrekten Einrichtung eines Humeroulnargelenks im Wege steht.

Die nicht selten in die therapeutischen Überlegungen einbezogene routinemäßige Entfernung des Radiuskopfes sollte nach unserer Auffassung nicht durchgeführt werden. Lediglich ein aufgrund der Verletzung zerstörter und nicht in eine kongruente Position zu bringender Radiuskopf kann reseziert werden. Inwieweit ein endoprothetischer Ersatz insbesondere beim jüngeren Patienten eine sinnvolle Alternative darstellt, bleibt abzuwarten. Langzeiter-

gebnisse entsprechender Serien liegen hier noch nicht vor. Die Resektion des Radiuskopfes führt zu einer Destabilisierung des radialen Pfeilers mit entsprechender Beanspruchung der ulnaren Kollateralbandstrukturen. Erhalt und Rekonstruktion des Radiuskopfes sollte immer vor Resektion gehen.

Gelegentlich wird im Rahmen der Frakturbehandlung eine Olecranonosteotomie mit beiseitiger Ablösung der Trizepssehne oder ein Zugang durch die Trizepssehne vorgenommen. In beiden Fällen kann es zur Verkürzung der Trizepssehne als Teilursache des Flexionsdefizites kommen. Liegt eine erhebliche Anspannung der Trizepssehne vor, wird sie von uns über eine Drei-Stufen-Tenotomie (analog der perkutanen Achillotomie) verlängert.

Arthroskopische Zusatzmaßnahmen am kontrakten Ellenbogen gestalten sich als ausgesprochen schwierig. Der Gelenkinnenraum ist wie in der Arthrographie regelhaft nachweisbar verkleinert und aufgrund der Fibrose ist eine Auffüllung praktisch nicht möglich.

Tabelle 5

Postoperative Maßnahmen

- Sofortige Beurteilung der Nervenfunktion und eventuelle Korrektur der Fixateurstellung
- Indomethacin 2-mal 50 mg mit Magenschutz für 6 Wochen
- Eisapplikation und Hochlagerung
- Feststellen des Fixateurs für 6 (bis 10) Tage mit Durchführung der Unterarmdrehung und Mobilisation der angrenzenden Gelenke
- Mobilisation nach Lockerung der Fixateurzentralschraube (Flexion/Extension) unter krankengymnastischer Führung
- Alternierendes Feststellen des Fixateurs in maximaler Flexion/Extension über Nacht für ca. 2 Wochen
- Einsatz der mechanischen Kompressoren/Distraktoren als Quengelverfahren zur Verbesserung der Flexion/Extension
- Regelmäßige Röntgenkontrollen zur Beurteilung der Gelenkkongruenz
- Entfernung des Bewegungsfixateurs nach insgesamt 8 Wochen
- Weiterführen der physikalischen Therapie für 1 Jahr

Das Einführen des Arthroskops und der Zusatzinstrumente ist mit einem erheblichen Risiko einer iatrogenen Knorpelverletzung behaftet.

Nach vorgenommener Distraction des Gelenkes mit Öffnung des Gelenks ist die Einführung des Arthroskops möglich. Sie wird jedoch durch die Lage des Fixateurs beeinträchtigt, sodass die Auswahl der Portale eingeschränkt ist.

Diskussion

Die Wiederherstellung der Ellenbogenfunktion nach Einsteifung ist therapeutisch eine anspruchsvolle Aufgabe. Das grundsätzliche Dilemma besteht darin, dass eine Instabilität nicht zu befürchten ist, wohl aber ein Wiederauftreten der Einsteifung. Prognostisch besonders ungünstig sind nach unserer Erfahrung Narkosemanipulationen mit der Möglichkeit der zusätzlichen Schädigung des Gelenks. Die Narkosemobilisation sollte, wie auch von Itoh [19] nachgewiesen, nicht zur Behandlung der Ellenbogensteife eingesetzt werden. Die Aufarbeitung des gesamten Behandlungsverlaufs, eine subtile präoperative Diagnostik und das Beachten der Operationstechnik sind unabdingbare Voraussetzungen zum erfolgreichen Einsatzes der Distractionsarthroplastik.

Die offene Arthrolyse, wie von Morrey [26] und Sojbjerg [34] beschrieben, stellt sicherlich eine Alternative zur Distractionsarthroplastik dar. Es steht jedoch zu befürchten, dass der operative Eingriff aufgrund des nicht unerhebli-

chen Traumas zu einer neuerlichen Fibrosierung mit Beeinträchtigung der Gleitschichten führt.

Wir halten die Distraction des Gelenks mit daraus resultierender Separation der Gelenkflächen unter Verlängerung der geschrumpften Kapsel-Bandstrukturen für einen Weg, das operative Trauma zu reduzieren (Abb. 9).

Von besonderer Bedeutung für den weiteren Verlauf ist die Funktion der das Ellenbogengelenk kreuzenden Nerven. Insbesondere der N. ulnaris ist aufgrund seiner engen topographischen Beziehung zum Gelenk vulnerabel. Eine Dekompression und Neurolyse ist routinemäßig durchzuführen, präoperativ gilt es auch, eine Verlegung des osteofibrösen Kanals mit heterotopem Knochen oder Osteosynthesematerial zu beurteilen. Hier ist eine Abtragung bzw. die Entfernung des Materials vonnöten. Eine Transposition des Nerven im Sinne der Ventralisierung wird von

uns jedoch nicht empfohlen, da wir um die Funktion des Nerven im vernarbten ventralen Gewebe fürchten. Lediglich bei einer pathologischen Anspannung des Nerven nach Durchführung der Distraction und zunehmender Beugung im Ellenbogengelenk ist die Transposition zu diskutieren.

Nach Distraction des Ellenbogengelenks lassen sich sowohl in bezug auf die Beugung als auch die Streckung intraoperativ deutliche Bewegungszugewinne realisieren (s. Abb. 6). Hier ist jedoch Vorsicht geboten, um die möglicherweise verkürzten neurovaskulären Strukturen nicht zu belasten und zu schädigen. Bei einem lange bestehenden Extensionsdefizit sind sowohl der N. medianus als auch der N. radialis und die A. brachialis im ventral gelegenen Narbengewebe gefangen. Eine vollständige Streckung im Ellenbogengelenk ist intraoperativ nicht anzuraten. Es sollte vielmehr ein Restextensionsdefizit von ca. 45° verbleiben bzw. zusätzlich eine Revision der Nerven auf der Beugeseite des Ellenbogengelenks vorgenommen werden.

Die Extension kann im postoperativen Verlauf (6 Tage postoperativ) mit Hilfe der Quengeldistraktoren (s. Abb. 7) verstärkt werden. Hierbei ist kontinuierlich vorzugehen, damit die neurovaskulären Strukturen wie bei der Gliedmaßenverlängerung reagieren können. Wir empfehlen eine allmähliche Distraction von 1–4 mm nicht zu überschreiten. Das sorgfältige Monitoring der Nervenfunktion versteht sich von selbst (Tabelle 5).

Der erfolgreiche Einsatz von Bewegungsfixateuren verlangt die Beherrschung der operativen Anwendung dieser Systeme, dies ist neben dem Verständnis der zur Ellenbogensteife führenden Faktoren von entscheidender

Tabelle 6

Klassifikation der Ellenbogensteife

Typ	Ellenbogensteife
1	Gelenk kongruent, keine heterotopen Ossifikationen
2	Gelenk kongruent, heterotope Ossifikationen (CT)
3	Gelenk (sub)luxiert, keine heterotopen Ossifikationen
4	Gelenk (sub)luxiert, heterotope Ossifikationen (CT)
5	Gelenk inkongruent, keine heterotopen Ossifikationen
6	Gelenk inkongruent, heterotope Ossifikationen (CT)
7	Ankylose

Literatur

Bedeutung für das Erreichen des Behandlungsziels. Ein Vorschlag zur Klassifikation der Ellenbogensteife wird in Tabelle 6 gemacht.

Die krankengymnastische Übungsbehandlung ist ein integraler Teil des Behandlungskonzepts und muss bereits vor Planung des Operationszeitpunktes in der ambulanten Nachsorge gesichert werden. Es ist zu erwarten, dass die krankengymnastische Übungsbehandlung über 1 Jahr, gelegentlich sogar über 2 Jahre weitergeführt wird. Fixateur-externe-Systeme sind von der Compliance des Patienten abhängig. Wir arrangieren für die betroffenen Patienten aus diesem Grunde regelhaft den Kontakt mit in Behandlung befindlichen oder bereits mit Fixateur behandelten Patienten.

Das Gespräch von Betroffenen zu Betroffenen bringt nach unserer Erfahrung Aspekte zu Tage, die trotz einer ausführlichen Aufklärung durch die behandelnden Ärzte zu kurz kommen können. Das Pflegepersonal ist in der Nachsorge der Fixateursysteme von entscheidender Bedeutung und sollte ebenfalls frühzeitig einbezogen werden. Ohne entsprechend organisierte Pinpflege ist jedes Fixateursystem mit vermeidbaren Problemen belastet.

Fazit für die Praxis

Im Vergleich zu den offenen Verfahren halten wir die Distractionsarthrolyse für ein physiologischeres Verfahren zur Wiederherstellung der Ellenbogenfunktion bei Ellenbogensteife. Notwendige Begleitmaßnahmen dürfen keinesfalls unterbleiben, um den Behandlungserfolg zu sichern. Entsprechende Erfahrung mit fixateurgestützter Therapie müssen in der Behandlungseinheit vorhanden sein.

- Behrens F, Kraft EI, Oegema T (1989) Biomechanical changes in articular cartilage after joint immobilization by casting or external fixation. *Orthop Res* 7: 355–343
- Bhattacharyya S (1974) Arthrolysis: A new approach to surgery of posttraumatic stiff elbow. *J Bone Joint Surg Br* 56: 567
- Breen TF, Gelbermann RH, Ackermann GN (1988) Elbow flexion contractures. Treatment by anterior release and continuous passive motion. *J Hand Surg Br* 13: 286
- Buckwalter JA (1992) Mechanical injuries of articular cartilage. *Iowa Orthop J* 12: 50–57
- Buckwalter JA (1995) Should bone soft tissue and joint injuries be treated with rest or activity? *Orthop Res* 13: 155–156
- Deland JT, Walter PS, Sledge CB et al (1987) Biomechanical basis for elbow hinge-distractor design. *Clin Orthop* 215: 303–312
- Ewald FC (1986) Reconstruction of complex elbow problem. In: Anderson LD (ed) *Instructional course lectures*, vol XXXV, Mosby, St. Louis Washington Toronto, pp 108–115
- Fick R (1911) Spezielle Gelenk- und Muskelmechanik. Fischer, Jena
- Fischer O (1887) Das Ellenbogengelenk. In: Braune W, Fischer O (Hrsg) *Untersuchungen über die Gelenke des menschlichen Armes*. Theil 1. XIV. Band der Abhandlungen der mathematisch-physischen Classe der königlich Sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften, Leipzig, S 81–106
- Fuss FK (1991) The ulnar collateral ligament of the human elbow joint. Anatomy, function and biomechanics. *J Anat* 175: 203–212
- Gallay SH, Richards RR, O'Driscoll SW (1993) Intraarticular capacity and compliance of stiff and normal elbows. *Arthroscopy* 9: 9–13
- Gates HS, Sullivan FL, Urbaniak JR (1992) Anterior capsulotomy and continuous passive motion in the treatment of post-traumatic flexion contracture of the elbow. *J Bone Joint Surg Am* 74: 1229–1234
- Gausepohl T, Koebeke J, Pennig D et al. (1997a) Anatomische Grundlagen zur Anwendung der unilateralen externen Fixation an Oberarm, Unterarm und Hand. *Osteosyn Int* 5: 76–88
- Gausepohl T, Pennig D, Mader K (1997b) Der transartikuläre Bewegungsfixateur bei Luxationen und Luxationsfrakturen des Ellenbogengelenkes. *Osteosyn Int* 5: 102–110
- Glynn JJ, Niebauer J (1976) Flexion and extension contracture of the elbow: surgical management. *Clin Orthop* 117: 289–291
- Green DP, McCoy H (1979) Turnbuckle orthotic correction of elbow flexion contractures after acute injuries. *J Bone Joint Surg Am* 61: 1092
- Gutierrez LS (1964) A contribution to the study of the limiting factors of elbow extension. *Acta Anat (Basel)* 56: 146–156
- Husband JB, Hastings H (1990) The lateral approach for operative release of posttraumatic contractures of the elbow. *J Bone Joint Surg Am* 72: 1353
- Itoh Y, Saegusa K, Ishiguro T et al. (1989) Operation for the stiff elbow. *International Orthopaedics (SICOT)* 13: 263–268
- Judet R, Judet T (1978) Arthrolyse et arthroplastie sous distracteur articulaire. *Rev Chir Orthop* 64: 353–365
- Koebeke J (1992) Funktionelle Anatomie und Biomechanik des Ellenbogengelenkes. *Klin Arthrol* 3: 11
- London JT (1981) Kinematics of the elbow. *J Bone Joint Surg Am* 64: 529–535
- McKee M, Jupiter J, Toh CL et al. (1994) Reconstruction after malunion and non-union of intraarticular fractures of the distal humerus. *J Bone Joint Surg Br* 76: 614–621
- Mohan K (1972) Myositis ossificans of the elbow. *Int Surg* 57: 475–480
- Morrey BF (1990) Post-traumatic contracture of the elbow. *J Bone Joint Surg Am* 72: 601–618
- Morrey BF (1994a) Distraction arthroplasty. In: Morrey BF (ed) *The elbow*. Raven, New York
- Morrey BF (1994b) Post-traumatic stiffness distraction arthroplasty. In: Morrey BF (Hrsg) *The elbow and its disorders*, 2nd edn., Saunders, Philadelphia
- Pauwels F (1965) Die Bedeutung der am Ellenbogengelenk wirkenden mechanischen Faktoren für die Tragfähigkeit des gebeugten Armes. In: Pauwels F (Hrsg) *Gesammelte Abhandlungen zur funktionellen Anatomie des Bewegungsapparates*. Springer, Berlin Heidelberg
- Pennig D, Gausepohl T (1997) The elbow fixator. Operative technique. Operation manual Orthofix Srl., Busso, Italy
- Pennig D, Gausepohl T (1998) Die posttraumatische Ellenbogensteife – Gelenkdistraction mit Fixateur externe als Behandlungskonzept. In: Meyer RP, Kappeler U (Hrsg) *Ellenbogenchirurgie in der Praxis*. Springer, Berlin Heidelberg New York Tokio
- Regan WD, Reilly CD (1993) Distraction arthroplasty of the elbow. *Hand Clin* 9: 719–728
- Schwab GH, Bennett JB, Woods GW et al. (1980) Biomechanics of elbow instability. The role of the medial collateral ligament. *Clin Orthop* 146: 42–53
- Shahriaree H, Sjadi K, Silver CM et al. (1979) Excisional arthroplasty of the elbow. *J Bone Joint Surg Am* 81: 922–927
- Søjbjerg JO (1996) The stiff elbow. *Acta Orthop Scand* 67: 626–631
- Urbaniak JR, Hansen PE, Beissinger SF et al. (1985) Correction of post-traumatic flexion contracture of the elbow by anterior capsulotomy. *J Bone Joint Surg Am* 67: 1160
- Volkov MF, Ognesian OV (1975) Restoration of function in the knee and elbow with a hinge distractor apparatus. *J Bone Joint Surg Am* 57: 591–600
- Weizenbluth M, Eichenblat M, Lipskeir E et al. (1989) Arthrolysis of the elbow: 13 cases of post-traumatic stiffness. *Acta Orthop Scand* 60: 642
- Wolff J (1895) Über die Operation der Ellenbogengelenkankylose. *Berlin Klin Wochenschr* 43: 44
- Wolff J (1897) Zur Arthrolysis cubiti. *Berlin Klin Wochenschr* 46: 1017–1018