Steifer posttraumatischer Ellenbogen

Eine gute Funktion des Ellenbogengelenks ist essenziell für Tätigkeiten im Alltag, da die Funktion der Hand wesentlich von Beugung und Streckung bzw. Rotation des Unterarms abhängig ist.

Das gesunde Ellenbogengelenk hat ein Bewegungsausmaß von 145-0-0° für die Beugung und Streckung und von 90-0-90° für die Umwendbewegung. Bewegungseinschränkungen des Ellenbogens treten mit einer Inzidenz von ca. 5 % nach Trauma oder einem chirurgischen Eingriff auf [18]. Die Ellenbogensteife wurde 1996 von Søbjerg et al. als Streckdefizit über 30° oder einer Beugung unter 120° definiert [24]. Morrey definierte außerdem einen funktionellen Bogen von 100°, der für eine Ausübung der meisten alltäglichen Tätigkeiten ausreichen soll [15]. Allerdings zeigte auch Morrey in dieser Arbeit höhere Flexionsgrade, die für Tätigkeiten wie bspw. dem Telefonieren notwendig sind [15]. Diese Annahme wurde auch von Sardelli et al. bestätigt, die ebenfalls die Notwendigkeit höherer Bewegungsausmaße als 100° in der Extension-Flexion bzw. Pro- und Supination für alltägliche Aufgaben zeigen konnten [22]. Beispielsweise wird hier nach für die Benutzung einer Computertastatur eine Pronation von ca. 65° und für das Halten eines Mobiltelefons ca. 147° Flexion benötigt [22]. Generell wird eine Beugekontraktur, d. h. eine fehlende volle Extension eher besser toleriert als ein Flexionsdefizit, da die volle Extension nur für Tätigkeiten wie Tennisspielen oder Fahrradfahren erforderlich ist [22]. Für die Indikation einer Therapie sollte daher vielmehr eine individuelle Toleranzgren-

ze für eine eingeschränkte Beweglichkeit des Ellenbogens bestimmt werden.

Ursächlich können Bewegungseinschränkungen des Ellenbogengelenks nach Morrey in extrinsische und intrinsische Ursachen eingeteilt werden (■ Tab. 1; [14]). Im Gegensatz zu ätiologischen Einteilungen (z. B. traumatisch vs. degenerativ) bietet die Einteilung nach Morrey den Vorteil einer direkten therapeutischen Empfehlung, die sich aus der Genese ableitet. Traumafolgen können dabei sowohl extrinsischer als auch intrinsischer Natur sein. Beispielsweise können nach einer Fraktur am Ellenbogen oder nach operativer Versorgung Narben und Verwachsungen oder auch heterotope Ossifikationen auftreten, die als extrinsische Ursachen klassifiziert werden. Frakturen am Ellenbogen können aber auch zu Gelenkinkongruenzen führen, die dann als intrinsische Ellenbogensteife klassifiziert werden würden.

Diagnostik

In der Untersuchung des steifen Ellenbogens steht zunächst die Klärung der Ursache im Vordergrund, um hieraus das weitere therapeutische Vorgehen abzuleiten. Insbesondere sollten vergangene Traumata, vorbestehende Beschwerden und Operationen erfragt werden. Für die Planung der operativen Therapie ist da-

rüber hinaus die Kenntnis über erfolgte Eingriffe wie eine N.-ulnaris-Transposition wichtig, da die veränderte Anatomie das operative Management beeinflussen kann [21].

In der klinischen Untersuchung wird einerseits die Beweglichkeit (Extension und Flexion sowie Pro- und Supination) sowie die Stabilität des Ellenbogengelenks überprüft und dokumentiert. Dem schließt sich eine orientierende neurologische Untersuchung an, bei der insbesondere die Funktion des N. ulnaris überprüft wird. Des Weiteren sollte hier bereits auf die patientenindividuellen Bedürfnisse und die zu erwartenden Ergebnisse oder Limitationen des Ellenbogens eingegangen werden, um in der Folge die Therapie hieran ausrichten zu können. Dabei ist besonders auch auf Schmerzen des Ellenbogens zu achten, die typischerweise bei der posttraumatischen extrinsischen Ellenbogensteife nicht vorhanden sind [16]. Handelt es sich um eine postoperative Ellenbogensteife nach Frakturversorgung, ist insbesondere auf die verwendeten chirurgischen Zugänge zu achten (■ Abb. 1).

In der bildgebenden Diagnostik wird zunächst ein Röntgenbild in 2 Ebenen (anterio-posterior und lateral) angefertigt. Sollten sich hier bereits eindeutige Pathologien zeigen, die eine Ellenbogensteife erklären, ist eine weitere Diagnostik

Tab. 1 Einteilung der Ellenbogensteife nach Morrey

Intrinsische Faktoren	Extrinsische Faktoren
Intraartikulärer Knorpelverlust	Kontraktur der Gelenkkapsel
Inkongruenz der Gelenkflächen	Kontraktur der Kollateralbänder
Intraartikuläre Verklebungen	Heterotope Ossifikationen
Intraartikulärer Kallus nach Frakturen	In Fehlstellung verheilte Frakturen

Abb. 1 ▲ Patient mit posttraumatischer Ellenbogensteife nach dorsaler plattenosteosynthetischer Versorgung. **a** Ausgeprägtes präoperatives Beuge- und Streckdefizit. **b** Vorhandener dorsaler Zugang nach erfolgter Plattenosteosynthese. Dieser kann für eine offene Arthrolyse benutzt werden

nicht zwingend erforderlich. Eine Computertomographie (CT) sollte großzügig zur Beurteilung einer Frakturheilung, der Lagebestimmung heterotoper Ossifikationen oder freier Gelenkkörper eingesetzt werden. So können knöcherne Pathologien sicher ausgeschlossen werden (■ **Abb. 2**). Eine Magnetresonanztomographie (MRT) ist i. d. R. nicht notwendig, kann aber bspw. bei fraglichen Bandläsionen für die präoperative Vorbereitung in einzelnen Fällen erforderlich werden. Sollte der Verdacht auf eine Infektsituation des Ellenbogengelenks bestehen, sollte darüber hinaus eine Gelenkpunktion durchgeführt werden. Vervollständigt wird die klinische Diagnostik durch eine Narkoseuntersuchung des Ellenbogengelenks, die meist erst bei operativer Versorgung des Ellenbogens durchgeführt wird.

Therapie

Generell lassen sich extrinsische Gelenksteifen, bedingt durch mechanische Probleme wie bspw. heterotope Ossifikationen, Narbenstränge oder Kontrakturen der Gelenkkapsel besser behandeln als intrinsische Gelenksteifen. Bei eindeutigen mechanischen Problemen, wie ein

knöchernes Impingement oder eine in Fehlstellung verheilte Fraktur, ist durch konservative Therapiemaßnahmen keine Verbesserung der Beweglichkeit zu erwarten. Sollten diese Probleme ausgeschlossen sein und es sich nicht um eine lang bestehende Ellenbogensteife handeln, ist zunächst eine konservative Therapie indiziert. Bei fehlendem Therapieerfolg können dann im weiteren Verlauf operative Verfahren erwogen werden. Diese Maßnahmen beinhalten die arthroskopische oder offene Arthrolyse, die Distraktionsarthrolyse, die partielle Resektion von Gelenkteilen (insbesondere des Radiuskopfes), die Resektions- und Interpositionsarthroplastik bis zum prothetischen Ersatz (z. B. Radiuskopfprothese bis zur Totalendoprothese).

Konservative Therapie

Die konservative Therapie besteht zunächst aus der physiotherapeutischen Bewegung des Ellenbogengelenks. Durch aktive und passive Dehnungsübungen soll die Beweglichkeit des Ellenbogens verbessert werden. Unterstützt werden kann dies durch eine aktive oder passive Schienung, bei der der Ellenbogen aktiv oder passiv an die maximale Beweglichkeit

herangeführt und diese durch Dehnung des Gewebes langsam verbessert wird [7]. Die Benutzung der Motorschiene („continuous passive motion“, CPM) limitieren wir auf den postoperativen Einsatz nach Arthrolyse.

Mit Verbesserungen der Beweglichkeit unter konservativer Therapie ist noch nach bis zu einem Jahr nach Behandlungsbeginn zu rechnen [17]. Sollte sich allerdings insgesamt 3 Monate lang kein Fortschritt der Ellenbogensteife unter konservativer Therapie zeigen, muss man davon ausgehen, dass eine weitere konservative Therapie keinen Erfolg hat. Die Indikation zur operativen Therapie sollte dann in Abhängigkeit von den individuellen Anforderungen überprüft werden.

Operative Therapie

Ein früher häufig propagiertes Verfahren ist die Narkosemobilisation. Hierbei wird eine passive Dehnung des Ellenbogens unter Überwindung des passiven Widerstands unter Narkose vollzogen. Generell sollte dieses Verfahren nur bei fehlenden mechanischen Hindernissen eingesetzt werden. Allerdings wird die Narkosemobilisation aufgrund der nur mäßigen Erfolge, hoher Rezidiv- und Komplikationsraten wie bspw. N.-ulnaris-Schädigungen, Frakturen oder heterotoper Ossifikationen zunehmend verlassen [4, 8, 9]. In der eigenen Praxis wird dieses Verfahren nicht mehr durchgeführt.

Durch eine Arthrolyse ist prinzipiell eine deutliche Verbesserung des Bewegungsausmaßes möglich. Von dem intraoperativ erreichten Bewegungsausmaß kann aber i. d. R. im postoperativen Verlauf durchschnittlich nur 86 % gehalten werden [1, 5]. Wie oben beschrieben, werden die Aussichten auf den Erfolg einer Arthrolyse dann als besonders hoch eingeschätzt, wenn eine Pathologie klar adressierbar ist. Dies gilt im Besonderen für heterotope Ossifikationen, Kapselkontrakturen oder einen knöchernen Sporn. Der Goldstandard in der Versorgung ist aktuell weiterhin die offene Arthrolyse (■ **Abb. 3**; [6]). Der operative Zugangsweg richtet sich dabei nach der Pathologie, die hierdurch adres-

siert werden soll. Es sollten keinesfalls vorhandene Zugangswege lediglich als Kompromiss gewählt werden, durch die dann ggf. nicht die gesamte Pathologie angegangen werden kann. Generell sind Verbesserungen der Extension durch eine anteriore Kapsulotomie und Adhäsionslyse zwischen dem M. brachialis und dem Humerus sowie Entfernung von Osteophyten zwischen Olekranon und Fossa olecrani zu erreichen [2]. Verbesserungen der Flexion lassen sich analog mit einer posterioren Kapsulotomie und Adhäsionslyse zwischen M. triceps brachii und der dorsalen Gelenkkapsel sowie Entfernung von Osteophyten oder Ossifikationen zwischen Koronoid, Radiuskopf und Humerus erreichen. Die Pro- und Supination des Unterarms ist schwieriger zu adressieren, am ehesten können hierfür Adhäsionen und kontraktiles Gewebe am Radiushals und Radiuskopf entfernt werden. Eine Radiuskopfresektion kann bei posttraumatischer radiokapitellärer Arthrose oder fehlverheilter Radiuskopffraktur notwendig werden.

Zunehmende Popularität gewinnt die arthroskopische Arthrolyse [11, 19, 26]. Hiermit können die meisten Pathologien wie bspw. Kapselkontrakturen, freie Gelenkkörper etc. unter deutlich geringerer Invasivität adressiert werden. Im Vergleich der Ergebnisse der verschiedenen Arthrolyseverfahren zeigt die offene Arthrolyse in Kombination mit dem Fixateur externe die besten Ergebnisse. Die arthroskopische Arthrolyse hat allerdings nur geringfügig schlechtere Ergebnisse als die offene Arthrolyse. Ob diese klinisch relevant sind und somit die höhere Invasivität rechtfertigen ist unklar, insbesondere da bei der arthroskopischen Arthrolyse mit einer deutlich niedrigeren Komplikationsraten zu rechnen ist [11]. Sollten kombinierte Pathologien zu einem steifen Ellenbogen führen, kann auch in einem kombinierten offenen und arthroskopischen Verfahren die Ellenbogensteife behandelt werden (■ Abb. 4).

Bei intrinsischen (intraartikulären) Pathologien können arthroplastische Eingriffe erforderlich werden. Liegt beispielsweise ein hochgradiger Knorpeldefekt des Radiuskopfes nach Radiuskopffraktur vor, sollte eher die Indikation zur Radiuskopfresektion geprüft wer-

Trauma Berufskrankh 2017 · 19 (Suppl 3):S275–S281
<https://doi.org/10.1007/s10039-017-0329-8>
 © Springer Medizin Verlag GmbH 2017

V. Rausch · A. von Glinski · M. Königshausen · T. A. Schildhauer · D. Seybold · J. Geßmann

Steifer posttraumatischer Ellenbogen

Zusammenfassung

Posttraumatische Ellenbogensteifen können nach Frakturen oder Luxationen des Ellenbogengelenks oder nach chirurgischen Eingriffen auftreten. Bewegungseinschränkungen des Ellenbogens sind für den Alltag der Patienten sehr limitierend, da eine hohe Mobilität des Ellenbogens für alltägliche Aufgaben erforderlich ist. Sind mechanische Hindernisse ausgeschlossen, kann eine Ellenbogensteife zunächst konservativ behandelt werden. Bleibt der Behandlungserfolg aus, können insbesondere bei extraartikulären (extrinsischen) Ellenbogensteifen gute Ergebnisse mit einer Arthrolyse erzielt werden. Derzeit gilt die offene Arthrolyse

noch als das Standardverfahren. Durch den vermehrten Einsatz weitet sich allerdings auch der Einsatz der arthroskopischen Arthrolyse aus, die auch in Kombination mit dem offenen Verfahren eingesetzt werden kann. In dem vorliegenden Artikel werden Indikationen und therapeutisches Vorgehen bei der posttraumatischen Ellenbogensteife zusammengefasst.

Schlüsselwörter

Ellenbogenluxation · Gelenksteife · Konservative Therapie · Arthrolyse · Physiotherapie

Posttraumatic elbow stiffness

Abstract

Posttraumatic elbow stiffness is a common problem following fractures and dislocations of the elbow. Limitations in the range of motion can be restricting for patients, since daily activities require a high degree of elbow mobility. If mechanical obstructions of elbow movement are excluded, first non-operative treatment is indicated. If non-operative treatment does not lead to satisfactory results, especially extra-articular (extrinsic) elbow stiffness can be treated with arthrolysis operatively. Although the open procedure

remains the gold-standard, arthroscopic techniques are more frequently used for arthrolysis. Also, these techniques can be used in combination in the treatment of elbow stiffness. The presented article summarizes indications and therapeutical options for the treatment of elbow stiffness.

Keywords

Elbow dislocation · Joint stiffness · Conservative therapy · Arthrolysis · Physiotherapy

den, da eine Kapsulotomie nur bedingt erfolgversprechend ist. Im Folgenden wird auf die operative Technik der offenen und arthroskopischen Arthrolyse eingegangen.

Offene Arthrolyse

Präoperativ muss festgelegt werden, welche Pathologien adressiert werden müssen. Hiernach richtet sich, ob ein medialer, lateraler oder kombinierter Zugang gewählt wird. Darüber hinaus ist eine präoperative Diagnostik des N. ulnaris unabdingbar. Eine Neurolyse ist vor der Arthrolyse bei Ellenbogensteifen empfohlen, bei denen eine Limitierung der Flexion auf <90–100° und Limitierung der Extension auf >60° vorliegt, da es sonst zu Traktionsschäden des N. ulnaris

kommen kann [3, 25]. Andere Autoren empfehlen die routinemäßige Neurolyse des N. ulnaris [13]. Eine Transposition des Nerven stellt im eigenen Vorgehen eine seltene Ausnahme dar.

Ein laterales Release kann über einen lateralen Zugang zur humeroradialen Säule im Kocher-Intervall angegangen werden („column-procedure“; ■ Abb. 5; [12]). Für den Zugang zum Gelenk orientiert man sich am M. brachioradialis und M. extensor carpi radialis longus. Knochennah können diese partiell abgelöst werden, sodass man von anterior an die Gelenkkapsel gelangt. Nach Präparation der Gelenkkapsel wird diese großzügig von lateral bis weitestmöglich nach medial entfernt. Über diesen Zugang ist auch eine dorsale Kapsulotomie

Abb. 2 ▲ Röntgenbilder (a) und Computertomographie (CT; b) eines 52-jährigen Patienten, der über mehrere Monate auf Grund eines isolierten Streckdefizits (c) ohne Fortschritte und klinisch hartem Anschlag in der Streckung konservativ behandelt wurde. In der erst verspätet durchgeführten CT-Diagnostik zeigt sich eine posterolaterale knöcherne Spangenbildung als mechanischer Hindernisgrund für die Streckhemmung

Abb. 3 ◀ a Indikationen zur offenen und arthroskopischen Arthrolyse. b Auch die Kombination der offenen und arthroskopischen Arthrolyse bei kombinierten Pathologien kann eingesetzt werden

sowie das Abtragen von Osteophyten am Koronoid oder am Olekranon möglich.

Der mediale Release erfolgt mittels eines dorsomedialen Hautschnitts, über den auch gleichzeitig die Neurolyse des N. ulnaris problemlos erfolgen kann. Der Zugang zum Gelenk erfolgt durch das

Septum intermusculare und durch partielle Ablösung des M. flexor carpi ulnaris nach proximal. Anterior der Kapsel wird dann die Muskulatur von der darunterliegenden Kapsel präpariert und die Kapsel so weit wie möglich nach lateral exzidiert.

Die dorsale Kapsulotomie und die Resektion von Osteophyten am Olekranon kann sowohl von medial als auch von lateral entlang des Humerus durchgeführt werden. Für die Kapsulotomie wird die dorsale Kapsel vom M. triceps brachii abgelöst und exzidiert.

Arthroskopische Arthrolyse

Generell überschneiden sich die Indikationen zur arthroskopischen und offenen Arthrolyse. Ausgeprägte Ossifikationen können aber unter Umständen besser in offenem Vorgehen reseziert werden. Pathologien, die außerhalb der Gelenkkapsel liegen, werden offen adressiert. Die zuvor erfolgte N.-ulnaris-Transposition sehen wir als relative Kontraindikation für eine Ellenbogenarthroskopie, da aufgrund der veränderten Lageverhältnisse die Gefahr einer akzidentiellen Verletzung des N. ulnaris bei Anlage des (anteromedialen) Standardportals gegeben ist. Bei notwendiger Neurolyse des N. ulnaris wird diese offen vor der arthroskopischen Arthrolyse über einen separaten Zugang durchgeführt.

Zunächst erfolgt dann die Visualisierung des Gelenks über ein anteromediales Portal. Der zweite Zugang wird in Inside-out-Technik anterolateral angelegt.

Abb. 4 ◀ Patient aus **Abb. 1**: Kombinierte arthroskopische und offene Arthrolyse. Es erfolgte zunächst die arthroskopische anteriore Kapsulotomie (**b**) der narbig verdickten Kapsel (**a**) und im Anschluss die Neurolyse des N. ulnaris (**c**) sowie die Metallentfernung und Adhäsionslyse des dorsalen Kompartiments. Dokumentation des intraoperativ erreichten Bewegungsausmaßes (**d**)

Abb. 5 ▲ Offene Arthrolyse des Ellenbogens von lateral („column procedure“). **a** Die laterale Säule wurde dargestellt, die anteriore Kapsel mit einer Kocher-Klemme gefasst (Pfeil). **b** Nach Resektion der anterioren Kapsel

Abb. 6 ▲ Arthroskopische Arthrolyse des Ellenbogens. **a** Vor anteriorer Kapsulotomie. **b** Nach anteriorer Kapsulotomie. Die Kapsel wurde längs mit der Schere durchtrennt

Die anteriore Kapsulotomie kann mit einer Schere erfolgen, mit der die Kapsel längs durchtrennt wird (**Abb. 6**). Hierbei sind die anterior verlaufenden neurovaskulären Strukturen, insbesondere der N. radialis Ramus profundus zu schonen. Je nach Bedarf werden weitere Instrumentarien, wie z. B. ein Bone-Cutter für die Osteophytenabtragung, über dieses Portal eingeführt. Osteophyten in der Fossa olecrani oder am Olekranon können ebenfalls arthroskopisch entfernt werden. Das dorsale Kompartiment wird hierfür, je nach Lage der Osteophyten, über ein posteriores und posterolaterales Portal erreicht. Bei schlechter Übersicht ist außerdem eine Fensterung der Fossa olecrani und transhumerales Platzierung des Arthroskops von dorsal in das anteriore Kompartiment beschrieben [23].

Stellenwert des Fixateur externe

Ein weiteres Verfahren für die Arthrolyse ist die Distraktionsarthrolyse über den Bewegungsfixateur [10, 20]. Intraoperativ wird das Gelenk langsam distrahert und der Bewegungsfixateur belassen [20]. Nach 6 bis 10 Tagen Ruhigstellung in 110–120° unter engmaschiger Kontrolle des Nervenstatus wird der Bewegungsfixateur freigegeben und der Ellenbogen beübt [20]. Dabei wird der

Bewegungsfixateur wechselnd in maximaler Extension und Flexion arretiert [20].

Eine gute Indikation für die Verwendung der Distraktionsarthrolyse anstatt einer offenen oder arthroskopischen Arthrolyse sehen wir bei begleitend kompromittierten umliegenden Weichteilen. Sollten diese einen direkten Zugang zum Ellenbogengelenk nicht zulassen, bietet diese Methode eine therapeutische Alternative mit guten Ergebnissen [10]. Allerdings besteht bei dieser Technik die große Gefahr der Fehlanlage des Fixateurs. Da die Anlage und Ausrichtung des Bewegungsfixateurs auf das Rotationszentrum des Ellenbogens große Schwierigkeiten bereiten kann, sollte der routinemäßige Einsatz dem in dieser Technik geübten, erfahrenen Chirurgen überlassen bleiben.

Weitere Indikationen für den Fixateur externe ergeben sich insbesondere im Fall einer begleitenden Instabilität des Ellenbogens. In dieser Situation sind meist begleitende Probleme ursächlich, wie z. B. eine Koronoidfraktur mit folgender Dezentrierung des Ellenbogengelenks, die zusätzlich adressiert werden müssen.

Postoperative Nachbehandlung

In der postoperativen Nachbehandlung ist die intensive Physio- und Manualtherapie von besonderer Bedeutung. Damit diese unmittelbar postoperativ durchgeführt werden kann, erhalten die Patienten einen interskalären Plexuskatheter, der für mindestens 3 bis 5 Tage belassen wird. Dem Patienten wird noch im Aufwachraum unter Regionalanästhesie die verbesserte Beweglichkeit des Ellenbogens visualisiert und die Eigenübung angeleitet. Bestenfalls wird bereits am Operationstag postoperativ mit der physiotherapeutischen Therapie unter Zuhilfenahme der Motorschiene unter Plexusanästhesie begonnen.

Fazit für die Praxis

- Ellenbogensteifen treten nach knöchernen oder weichteiligen Verletzungen, seltener auch nach Bagateltraumen des Ellenbogens auf.

- Die Behandlung sollte individuell mit dem Patienten auf seinen Bewegungsanspruch abgestimmt sein.
- Primär müssen mechanische Ursachen ausgeschlossen werden.
- Bei fehlenden mechanischen Ursachen ist zunächst die konservative Therapie indiziert.
- Zeigt sich unter konservativer Therapie über 3 Monate kein Fortschritt, ist von einer manifesten Ellenbogensteife ohne konservatives Verbesserungspotenzial auszugehen und die Indikation für eine operative Arthrolyse zu prüfen.
- Es stehen offene und arthroskopische Arthrolysetechniken sowie die Distraktionsarthrolyse zur Verfügung, die individuell an die jeweilige Pathologie angepasst werden müssen und auch kombiniert eingesetzt können.
- Wichtig ist eine intensive physiotherapeutische Nachbehandlung mit postoperativem Plexuskatheter und ausreichender Analgesie.

Korrespondenzadresse

V. Rausch

Chirurgische Universitätsklinik und Poliklinik, Berufsgenossenschaftliches Universitätsklinikum Bergmannsheil
Bürkle-de-la-Camp-Platz 1, 44789 Bochum, Deutschland
valentin.rausch@bergmannsheil.de

Einhaltung ethischer Richtlinien

Interessenkonflikt. V. Rausch, A. von Glinski, M. Königshausen, T. A. Schildhauer, D. Seybold und J. Geßmann geben an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Dieser Beitrag beinhaltet keine von den Autoren durchgeführten Studien an Menschen oder Tieren.

The supplement containing this article is not sponsored by industry.

Literatur

1. Achnich A, Forkel P, Metzlaß S, Petersen W (2013) Die arthroskopische Arthrolyse des Ellenbogengelenks. *Oper Orthop Traumatol* 25:205–214. <https://doi.org/10.1007/s00064-012-0189-0>
2. Aldridge JM, Atkins TA, Gunneson EE, Urbaniak JR (2004) Anterior release of the elbow for extension loss. *J Bone Joint Surg Am* 86-A:1955–1960. [https://doi.org/10.1016/S1551-7977\(08\)70069-4](https://doi.org/10.1016/S1551-7977(08)70069-4)

3. Antuna S, Morrey B, Adams R, O'Driscoll S (2002) Ulnohumeral arthroplasty for primary degenerative arthritis of the elbow: long-term outcome and complications. *J Bone Joint Surg* 84-A:2168–2173
4. Araghi A, Celli A, Adams R, Morrey B (2010) The outcome of examination (manipulation) under anesthesia on the stiff elbow after surgical contracture release. *J Shoulder Elbow Surg* 19:202–208. <https://doi.org/10.1016/j.jse.2009.07.060>
5. Bręborowicz M, Lubiatowski P, Długosz J et al (2014) The outcome of open elbow arthrolysis: comparison of four different approaches based on one hundred cases. *Int Orthop* 38:561–567. <https://doi.org/10.1007/s00264-013-2172-2>
6. Cikes A, Jolles B, Farron A (2006) Open elbow arthrolysis for posttraumatic elbow stiffness. *J Orthop Trauma* 20:405–409
7. Doornberg JN, Ring D, Jupiter JB (2006) Static progressive splinting for posttraumatic elbow stiffness. *J Orthop Trauma* 20:400–404. <https://doi.org/10.1097/00005131-200607000-00006>
8. Duke JB, Tessler RH, Dell PC (1991) Manipulation of the stiff elbow with patient under anesthesia. *J Hand Surg Am* 16:19–24. [https://doi.org/10.1016/S0363-5023\(10\)80005-X](https://doi.org/10.1016/S0363-5023(10)80005-X)
9. Evans PJ, Nandi S, Maschke S et al (2009) Prevention and treatment of elbow stiffness. *J Hand Surg Am* 34:769–778. <https://doi.org/10.1016/j.jhsa.2009.02.020>
10. Gausepohl T, Mader K, Pennig D (2006) Mechanical distraction for the treatment of posttraumatic stiffness of the elbow in children and adolescents. *J Bone Joint Surg* 88:1011. <https://doi.org/10.2106/JBJS.D.02090>
11. Kodde IF, van Rijn J, van den Bekerom MPJ, Eygendaal D (2013) Surgical treatment of post-traumatic elbow stiffness: a systematic review. *J Shoulder Elbow Surg* 22:574–580. <https://doi.org/10.1016/j.jse.2012.11.010>
12. Mansat P, Morrey BF (1998) The column procedure. *J Bone Joint Surg Am* 80:1603–1615. <https://doi.org/10.2106/00004623-199811000-00006>
13. Morrey B, Sanchez Sotelo J, Morrey M (2017) The elbow and its disorders, 5. Aufl. Elsevier, Amsterdam, S458–465
14. Morrey BF (1990) Post-traumatic contracture of the elbow. Operative treatment, including distraction arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am* 72:601–618
15. Morrey BF, Askew LJ, Chao EY (1981) A biomechanical study of normal functional elbow motion. *J Bone Joint Surg Am* 63:872–877. <https://doi.org/10.1007/s10439-012-0680-7>
16. Müller LP, Hollinger B, Burkhart KJ (2016) Ellenbogensteifen. In: Expert. Orthopädie und Unfallchirurgie – Ellenbogen. Thieme, Stuttgart, S293
17. Myden C, Hildebrand K (2011) Elbow joint contracture after traumatic injury. *J Shoulder Elbow Surg* 20:39–44. <https://doi.org/10.1016/j.jse.2010.07.013>
18. Nandi S, Maschke S, Evans PJ, Lawton JN (2009) The stiff elbow. *Hand* 4:368–379. <https://doi.org/10.1007/s11552-009-9181-z>
19. Pederzini L, Tosi M, Prandini M, Nicoletta F (2013) Elbow arthroscopy in stiff elbow. In: Pederzini L (Hrsg) *Elbow Arthroscopy*. Springer, Berlin Heidelberg, S43–56 https://doi.org/10.1007/978-3-642-38103-4_5
20. Pennig D, Heck S, Mader K (2011) Distraktionsarthroplastik zur Behandlung der posttraumatischen Ellenbogensteife. *Orthopäde* 40:329–338. <https://doi.org/10.1007/s00132-010-1668-3>

-
21. Sahajpal DT, Blonna D, O'Driscoll SW (2010) Anteromedial elbow arthroscopy portals in patients with prior ulnar nerve transposition or subluxation. *Arthroscopy* 26:1045–1052. <https://doi.org/10.1016/j.arthro.2009.12.029>
 22. Sardelli M, Tashjian RZ, MacWilliams BA (2011) Functional elbow range of motion for contemporary tasks. *J Bone Joint Surg Am* 93:471–477. <https://doi.org/10.2106/JBJS.1.01633>
 23. Savoie FH, Nunley PD, Field LD (1999) Arthroscopic management of the arthritic elbow: indications, technique, and results. *J Shoulder Elbow Surg* 8:214–219
 24. Sojbjerg JO (1996) The stiff elbow: how I do it. *Acta Orthop Scand* 67:626–631. <https://doi.org/10.3109/17453679608997771>
 25. Williams BG, Sotereanos DG, Baratz ME et al (2012) The contracted elbow: Is ulnar nerve release necessary? *J Shoulder Elbow Surg* 21:1632–1636. <https://doi.org/10.1016/j.jse.2012.04.007>
 26. Willinger L, Siebenlist S, Lenich A et al (2017) Arthroscopic arthrolysis provides good clinical outcome in post-traumatic and degenerative elbow stiffness. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. <https://doi.org/10.1007/s00167-017-4630-7>