

TECHNISCHE UNIVERSITÄT MÜNCHEN
Klinik für Orthopädie und Sportorthopädie
Abteilung für Sportorthopädie
Klinikum rechts der Isar
(Leitung: Univ.-Prof. Dr. A. Imhoff)

Osteochondrale Transplantation am Ellenbogen: Langzeitergebnisse bei osteochondralen Schäden

Lizzy Weigelt

Vollständiger Abdruck der von der Fakultät für Medizin der Technischen Universität
München zur Erlangung des akademischen Grades eines
Doktors der Medizin
genehmigten Dissertation.

Vorsitzender: Univ.-Prof. Dr. E. J. Rummeny

Prüfer der Dissertation:

1. Priv.-Doz. Dr. St. W. Vogt
2. Univ.-Prof. Dr. A. Imhoff

Die Dissertation wurde am 21.11.2012 bei der Technischen Universität München eingereicht und durch die Fakultät für Medizin am 12.06.2013 angenommen.

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	6
1.1 Ziel der Arbeit	6
1.2 Osteochondrale Läsionen	7
1.2.1 Osteochondrosis dissecans.....	7
1.2.1.1 Definition und Epidemiologie.....	7
1.2.1.2 Ätiologie	8
1.2.1.3 Pathogenese	12
1.2.1.4 Klinisches Erscheinungsbild.....	13
1.2.2 Morbus Panner	14
1.3 Diagnostik	14
1.3.1 Konventionelle Röntgenaufnahmen.....	14
1.3.2 Magnetresonanztomographie	15
1.3.3 MRT mit intravenöser Kontrastmittelgabe	16
1.3.4 MR-Arthrographie	16
1.3.5 CT-Arthrographie	17
1.4 Überblick der Therapiemöglichkeiten	17
1.4.1 Konservative Therapie.....	17
1.4.2 Symptomatische Verfahren	18
1.4.2.1 Lavage	18
1.4.2.2 Débridement.....	18
1.4.2.3 Closed-wedge-Osteotomie.....	18
1.4.3 Knochenmarkstimulierende Verfahren	19
1.4.3.1 Anbohrung.....	20
1.4.3.2 Abrasionsarthroplastik.....	20
1.4.3.3 Mikrofrakturierung	20
1.4.4 Wiederherstellende Verfahren	21
1.4.4.1 Refixation von Dissekaten.....	21
1.4.4.2 Autologe Chondrozytentransplantation	23
1.4.4.3 Transplantation osteochondraler Autografts	25
1.4.4.4 Transplantation osteochondraler Allografts.....	27
2. Material und Methoden	28
2.1 Patientenkollektiv	28

2.2 Operationsmethode	30
2.2.1 Indikationsstellung	30
2.2.2 Durchführung	31
2.2.3 Nachbehandlung.....	32
2.3 Nachuntersuchung	33
2.3.1 Anamnese.....	33
2.3.2 Klinische Untersuchung	33
2.3.3 Klinische Scores	33
2.3.3.1 ASES-E-Score	33
2.3.3.2 Broberg-Morrey-Score	34
2.3.3.3 DASH-Score.....	35
2.3.3.4 Lysholm-Score	35
2.3.4 Bildgebende Verfahren	36
2.3.4.1 Röntgen.....	36
2.3.4.2 Magnetresonanztomographie	37
3. Ergebnisse	38
3.1 Anamnese	38
3.2 Klinische Untersuchung	41
3.3 Klinische Scores	42
3.3.1 ASES-E-Score	42
3.3.2 Broberg-Morrey-Score	43
3.3.3 DASH-Score	46
3.3.4 Lysholm-Score.....	47
3.4 Bildgebende Verfahren	51
3.4.1 Röntgen	51
3.4.2 Magnetresonanztomographie	53
4. Diskussion	56
5. Zusammenfassung	72
6. Literaturverzeichnis	73
7. Tabellenverzeichnis	87
8. Abbildungsverzeichnis	88
9. Anhang	90
10. Danksagung	100

Abkürzungsverzeichnis

Abb.	Abbildung
ACT	Autologe Chondrozytentransplantation
a.p.	anterior-posterior
bzw.	beziehungsweise
ca.	circa
cm	Zentimeter
CT	Computertomographie
CTA	CT-Arthrographie
FU	Follow-up
Gd-DTPA	Gadolinium-Diethylentriaminpentaacetat
J.	Jahre
kg	Kilogramm
M.	Musculus
m	männlich
MACT	Matrixassoziierte autologe Chondrozytentransplantation
mean	Mittelwert
mg	Milligramm
mm	Millimeter
MRA	MR-Arthrographie
MRT	Magnetresonanztomographie
msec	Millisekunden
N.	Nervus
n	Anzahl
Nr.	Nummer
OATS	Osteochondrales autologes Transfer-System
OCL	Osteochondrale Läsion
OD	Osteochondrosis dissecans
P.	Punkte
Pat.	Patient
postop	postoperativ
SD	Standardabweichung
Tab.	Tabelle

TEP	Totalendoprothese
VAS	Visuelle Analogskala
w	weiblich
y	Jahre
z.B.	zum Beispiel

1. Einleitung

„Vom Zeitalter des Hippokrates bis heute ist es allgemein bekannt, daß ein ulzerierter Knorpel eine schwierige Angelegenheit ist und daß er sich nicht wieder reparieren läßt, wenn er erst einmal zerstört ist“ behauptete schon Hunter im Jahre 1743¹⁷. Und auch heute ist die Behandlung osteochondraler Läsionen noch immer eine Herausforderung. Das Krankheitsbild lässt sich in der Literatur bis zu einer Beschreibung von freien Gelenkkörpern durch Ambroise Paré im Jahre 1558 zurückführen¹⁶². Während Sir James Paget 1870 von der „stillen Nekrose“ der femoralen Kondylen sprach¹²⁷, beschrieb Panner 1929 die Beteiligung des Capitulum als „Perthes-Erkrankung des Ellenbogens“¹²⁸. Franz König führte 1988 als erster den Begriff „Osteochondritis dissecans“ ein⁸⁶. Er postulierte damit eine entzündliche Reaktion des Knorpels und des subchondralen Knochens als Ursache der Erkrankung, die schließlich zur spontanen Nekrose und Ablösung von osteochondralen Fragmenten führt. In histopathologischen Studien ließen sich jedoch keine Entzündungszellen in den betroffenen Arealen finden. Eine Entzündung trägt daher nicht wie ursprünglich angenommen zur Entstehung der Erkrankung bei^{119,129,158}. Der Begriff „Osteochondritis dissecans“ wird trotzdem noch immer, vor allem im englischen Sprachraum, verwendet und führt neben anderen, wie „Osteochondrosis dissecans“, „osteochondraler Läsion“ oder traumatischen Knochen-Knorpel-Läsionen zu Verwirrung in der Nomenklatur. Da jedoch auch traumatisch bedingte osteochondrale Defekte mit den typischen Zeichen der Osteochondrosis dissecans (Sklerosierung, Dissekatbildung) einhergehen können, sollte dieses Krankheitsbild besser unter dem Oberbegriff „osteochondrale Läsion“ (OCL) eingeordnet werden⁶³.

1.1 Ziel der Arbeit

Die Therapie der osteochondralen Läsionen sollte alters- und stadienabhängig sowie unter Berücksichtigung von Größe und Lokalisation des Defekts erfolgen. Die Therapieoptionen sind vielfältig und kontrovers diskutiert. Sowohl konservatives Vorgehen als auch verschiedene operative Verfahren wie Débridement, Mikrofrakturierung, Dissekatrefixierung, autologe Chondrozytentransplantation und Knochen-Knorpel-Transplantation wurden beschrieben.

Ziel dieser Arbeit ist es, die langfristigen Ergebnisse der seit 1996 etablierten OATS-Technik (OATS= Osteochondral autograft transfer system) für osteochondrale Läsionen am Ellenbogen zu erfassen und mit den anderen in der Literatur beschriebenen Techniken zu vergleichen. Konkret ergeben sich folgende Studienziele:

- Erfassung des funktionellen Outcomes im Vergleich zur gesunden Gegenseite
- Beurteilung der sportlichen Leistungsfähigkeit der oberen Extremität anhand funktioneller Scores
- Erfassung von Komplikationen
- Beurteilung von Integration und Vitalität des Transplantats sowie eventueller degenerativer Veränderungen anhand von aktuellen MRT-Aufnahmen
- Erfassung einer möglichen Donor-Site-Morbidität im Bereich der Entnahmestelle am ipsilateralen Kniegelenk durch einen subjektiven kniespezifischen Score
- Beurteilung des Arthrosegrades durch radiologische Verlaufskontrolle

1.2 Osteochondrale Läsionen

Osteochondrale Läsionen können eine Ursache für chronische Schmerzen, Schwellung und Bewegungseinschränkung des Ellenbogens bei Kindern und Jugendlichen darstellen. Morbus Panner und Osteochondrosis dissecans wurden dabei häufig in einem Atemzug genannt oder als ein und dieselbe Erkrankung in einem unterschiedlichem Stadium angesehen, da beide meist das unreife Capitulum betreffen¹⁶². Die Unterscheidung der beiden Entitäten sollte jedoch unbedingt getroffen werden, da sie sich in ihrer Prognose und damit auch den Therapieoptionen stark unterscheiden. Die wesentlichen Unterscheidungskriterien stellen das Erkrankungsalter und das Ausmaß der Läsion innerhalb des Capitulum dar¹¹³.

1.2.1 Osteochondrosis dissecans

1.2.1.1 Definition und Epidemiologie

Die Osteochondrosis dissecans (OD) des Ellenbogens ist eine relativ seltene Erkrankung, die zu einer osteochondralen Läsion im Bereich Capitulum führt. Vereinzelt Fälle von OD der Trochlea^{103,131,181} und des Radiusköpfchens¹⁴¹ wurden beschrieben. Der Häufigkeitsgipfel liegt zwischen dem 12. und 17. Lebensjahr. Es

wird zwischen einer juvenilen und adulten Form unterschieden. Die juvenile OD ist gekennzeichnet durch eine offene Wachstumsfuge und heilt unter konservativer Behandlung vergleichsweise besser aus. Die Patienten sind durchschnittlich 11-13 Jahre¹¹⁷. Die adulte Form manifestiert sich gewöhnlich zwischen 17 und 36 Jahren, kann jedoch prinzipiell in jedem Erwachsenenalter in Erscheinung treten³² und hat eine schlechtere Prognose. Das männliche Geschlecht ist ungefähr doppelt so häufig betroffen⁵⁸. Die Erkrankung manifestiert sich vor allem in den konvex geformten Gelenkanteilen, kann aber grundsätzlich in fast jedem Gelenk auftreten²⁹. Das Kniegelenk stellt mit 75% die häufigste Lokalisation dar, gefolgt von Ellenbogen- und Sprunggelenk³⁶. Die OD des Ellenbogengelenks tritt gehäuft bei jungen männlichen Sportlern, die Wurfsporarten betreiben sowie weiblichen Turnerinnen auf^{6,12,20,69,174}. In den meisten Fällen betrifft die Erkrankung den dominanten Arm, bei 5-20% kommt sie bilateral vor^{162,189}. Bei ungefähr 50% der Patienten kommt es im Laufe der Zeit zur Arthrose des Radiokapitulgelenks⁹.

1.2.1.2 Ätiologie

Bis heute gehen die Meinungen bezüglich der Ätiologie der OD auseinander. Es wurden viele verschiedene Theorien vorgeschlagen, jedoch ist keine davon allgemeingültig akzeptiert worden. Es ist eher von einer multifaktoriellen Genese auszugehen. Die ursächlichen Faktoren haben je nach Gelenk und spezifischer Lokalisation innerhalb des Gelenks unterschiedliche Gewichtung:

➤ Trauma

Im Ellenbogengelenk entsteht die OD typischerweise im anterolateralen oder zentralen Bereich des Capitulum^{129,191}. Die ätiologische Rolle von wiederholten Mikrotraumata wird durch das gehäufte Vorkommen unter jungen Sportlern, insbesondere Werfern, bekräftigt. Schenk et al.¹⁵⁸ zeigten in einer biomechanischen Studie, dass der laterale Anteil des Capitulum weicher ist als der mediale. Das zentrale Radiusköpfchen ist wiederum signifikant härter als das laterale Capitulum. Gerade bei der Wurfbewegung ist das Ellenbogengelenk einem hohen Valgusstress ausgesetzt. Eine häufige Wiederholung dieses Bewegungsablaufs führt schließlich über eine Kompression des Radiokapitulgelenks zur Ermüdungsfraktur des subchondralen Knochens im Bereich des weicheren lateralen Capitulum^{26,106}.

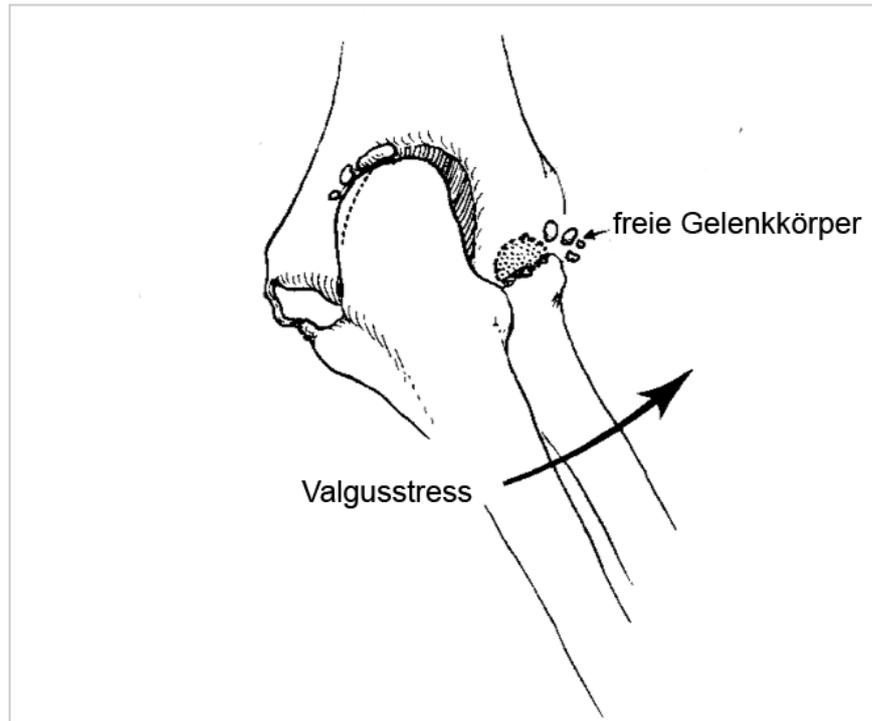


Abb. 1: Rechtes Ellenbogengelenk – Valgusstress; modifiziert aus⁶

Im Gymnastiksport wird das Ellenbogengelenk hingegen hauptsächlich axial in voller Extension belastet. Es konnte jedoch gezeigt werden, dass selbst bei axialer Belastung die Kraftübertragung zu 60% über das Radiohumeralgelenk stattfindet und nur zu 40% über das Ulnohumeralgelenk¹¹². Dies macht eine mikrotraumatische Überbelastung des lateralen Kompartiments, insbesondere des Capitulum, auch bei dieser Sportart wahrscheinlich.

Während im Kniegelenk traumatisch bedingte osteochondrale Läsionen überall auftreten können, ist die OD in über der Hälfte der Fälle im lateralen Anteil des medialen Femurkondylus lokalisiert⁵⁸ und daher eher als atraumatisch anzusehen. In einer Multicenterstudie beschrieben dementsprechend nur 21% der Patienten mit einer OD ein adäquates Trauma⁵⁸. Es ließen sich zudem in verschiedenen Flexionsstellungen im medialen Femurkondylus wesentlich höhere Scherkräfte nachweisen als im lateralen. Hohe Belastungen, in Verbindung mit einer Beugung des Kniegelenks, können daher sukzessive zu einer Frakturierung des subchondralen Knochens im medialen Kompartiment führen¹²¹.

Die OD des Sprunggelenks ist hauptsächlich traumatisch bedingt. Es gelten vor allem zurückliegende Distorsions-Supinations-Traumen als ursächlich¹⁴. In einer biomechanischen Studie wurde der Gelenkflächendruck unter axialer

Belastung abhängig von verschiedenen Gelenkstellungen und lateralen Bandläsionen gemessen. Die Druckmaxima fanden sich immer an der medialen Taluskante – auch bei intaktem lateralen Bandkomplex. Dies entspricht gerade dem Bereich, in dem die OD des Sprunggelenks am häufigsten lokalisiert ist³⁰.

➤ Ischämie

In der Vergangenheit wurden viele verschiedene Auslöser einer Ischämie diskutiert: Fettembolien¹⁴⁶, traumatisch bedingte Durchblutungsstörungen⁹⁷ sowie mykotisch-embolische Nekrosen⁴. Es gibt jedoch keine weiterführenden Untersuchungen zu diesen Theorien.

Haraldsson beobachtete, dass der Wachstumskern des lateralen Capitulums im unreifen distalen Humerus nur durch ein oder zwei große Gefäße versorgt wird, die von posterior in die Chondroepiphyse eindringen. Diese Gefäße sind funktionelle Endarterien, da weder Kollateralkreisläufe mit der Metaphyse noch mit der restlichen Chondroepiphyse bestehen. Die Blutversorgung des lateralen unreifen Capitulums ist somit kritisch und kann unter Einwirkung der oben beschriebenen Mikrotraumen vollständig unterbrochen werden⁵⁷.

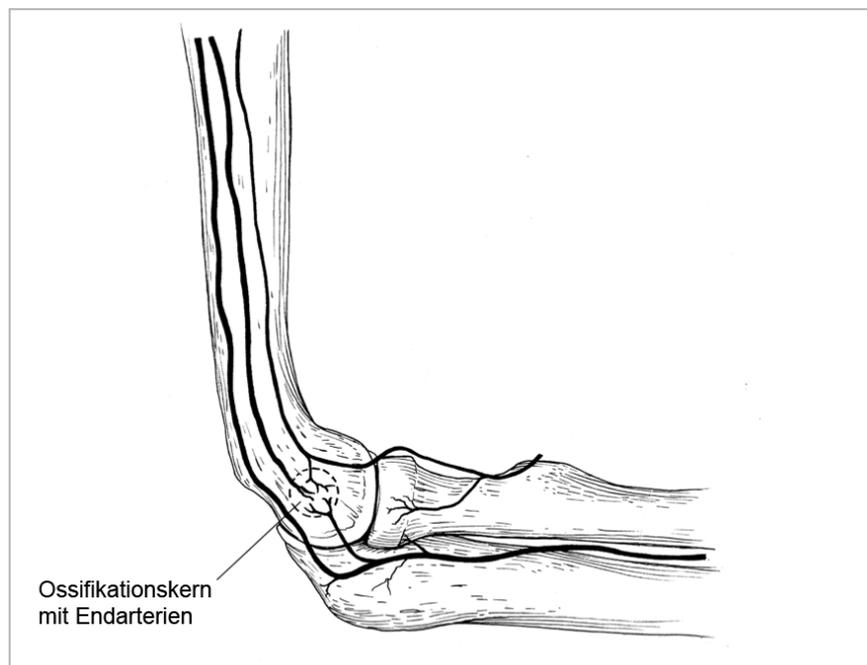


Abb. 2: Rechtes Ellenbogengelenk – Blutversorgung; modifiziert aus⁸¹

Enneking ging bezüglich des Kniegelenks ebenfalls davon aus, dass der gelenknahe subchondrale Knochen des Femurs von funktionellen Endarterien versorgt wird. Gefäßspasmen sollten schließlich zur Nekrose des betroffenen

Areals führen⁴¹. Diese Hypothese wurde jedoch später von Rogers und Gladstone widerlegt, die eine ausgedehnte Blutversorgung mit vielen Anastomosen - auch im unreifen Femur - nachweisen konnten¹⁴⁹.

➤ Ossifikationsstörung

Ribbing¹⁴⁵ sah als Ursache der OD das Zusammenwirken von Trauma und konstitutionellen Faktoren im Sinne einer Ossifikationsstörung. Demnach verschmilzt ein akzessorischer Knochenkern im Jugendalter nur unvollständig mit der angrenzenden Spongiosa. Ein Teil bleibt von dieser durch Knorpelstränge oder -inseln getrennt. Daher können schon kleine Traumen, Überbelastung oder sogar eine normale Belastung des Gelenks zu einer Veränderung der Durchblutungsverhältnisse mit Nekrose des akzessorischen Knochenkerns führen, der sich schließlich als Fragment ablöst.

Die Daten einer röntgenologischen Studie von Sontag und Pyle¹⁶⁷ widersprechen der Hypothese, dass eine abnorme Ossifikation mit einer OD assoziiert ist. Sie konnten die Aufräuhung der Epiphysenbegrenzung der distalen femoralen Epiphyse in Verbindung mit schnellen Phasen des Wachstums bringen, in denen die Knorpelproliferation und -kalzifikation vorübergehend gestört ist, bis nach Invasion von Osteoblasten der kalzifizierte Knorpel durch Knochen trabekel ersetzt wird. Die unregelmäßige Epiphysenbegrenzung ist demnach nur eine Variante des normalen Wachstums.

➤ genetische Prädisposition

Eine OD kann bilateral auftreten oder sich sogar an mehreren Gelenken gleichzeitig manifestieren. Des Weiteren wurde ein gehäuftes familiäres Auftreten der Erkrankung beobachtet und daher immer wieder eine genetische Prädisposition vermutet^{45,116-118,139,140,170}.

Andere sahen einen Zusammenhang mit der autosomal dominant vererbten multiplen epiphysialen Dysplasie, die radiologisch durch ein verspätetes Auftreten von Knochenkernen in der Epiphyse gekennzeichnet ist. Dies soll mit einem verfrühten Schluss der Epiphysenfuge assoziiert sein und im weiteren Verlauf zur Entwicklung einer OD oder Arthrose führen^{36,43,182}.

Ebenso wurden Assoziationen mit Tibia vara¹⁷⁸, Morbus Osgood-Schlatter, nicht ossifizierenden Fibromen und Morbus Legg-Calvé-Perthes^{33,190} beschrieben.

In einer Studie von Petrie¹³⁸ konnte der genetische Faktor hingegen nicht bestätigt werden. Es wurden die Verwandten von 34 Patienten mit OD untersucht. Bei nur einem der 86 Verwandten ersten Grades und bei keinem Verwandten zweiten oder dritten Grades wurde eine OD festgestellt.

1.2.1.3 Pathogenese

Die OD wurde primär als eine Erkrankung des subchondralen Knochens gesehen, die erst sekundär zur Ablösung eines Knochen-Knorpel-Fragments führt, das als Dissekat oder Gelenkmaus bezeichnet wird. Nach der Ablösung liegt das Dissekat als freier Gelenkkörper vor. Im Bereich der Gelenkoberfläche bleibt eine Defektzone zurück, das „Mausbett“. Für die Erkrankung wurden vier Stadien beschrieben^{28,29}:

- Stadium 1: Subchondrale Osteonekrose

Durch die Nekrose werden Reparationsvorgänge im umliegenden Knochen in Gang gesetzt, eine vollständige Restitutio ad integrum noch möglich. Werden die Reparationsvorgänge jedoch gestört, z.B. durch wiederholte Mikrotraumata, so geht die Erkrankung in das nächste Stadium über.

- Stadium 2: Sklerosierung

Am Rand der Nekrose verdichtet sich der subchondrale Knochen zu einer Sklerosezone, die das Fragment vom vitalen Knochen abgrenzt. Die Sklerosierung führt zu einer verminderten Blutversorgung des abgegrenzten subchondralen Knochens. Das Dissekat wird nur noch durch die intakte Knorpeloberfläche und eine fibröse Nekrosezone, zwischen Sklerose und knöchernem Anteil des Dissekats, in situ gehalten.

- Stadium 3: Dissekat in situ

Auf der Knorpeloberfläche lässt sich eine die Läsion zirkulär umgebende Demarkationszone ausmachen, die einem erweichten Knorpel entspricht. Intraoperativ ist das Dissekat deutlich instabil und lässt sich mit einem Tasthaken unterfahren und aus dem Mausbett dislozieren.

- Stadium 4: Freies Dissekat

Das Dissekat löst sich schließlich völlig ab und liegt nun als freier Gelenkkörper vor. Der Knorpel des Dissekats kann noch intakt sein, der knöcherne Anteil ist häufig von lockerem Bindegewebe überlagert.

In älteren histologischen Studien konnte meist ein intakter oder nur minimal veränderter Knorpel über der Läsion nachgewiesen werden^{34,96}. Mithilfe besserer Bildgebung, insbesondere der Magnetresonanztomographie, wurden jedoch immer

häufiger abnorme Veränderungen in diesem Bereich festgestellt^{74,164}. In einer histologischen Untersuchung osteochondraler Zylinder aus dem Kniegelenk fanden Koch et al.⁸² neben Frakturen subchondraler Trabekel auch Aberrationen im Bereich Knorpels. Die tiefen Knorpelschichten wiesen eine Veränderung in der Zusammensetzung der extrazellulären Matrix auf. Aber auch in der superfiziellen Knorpelschicht war einen verminderten Gehalt an Glykosaminoglykanen feststellbar. Es wird daher vermutet, dass die tiefen Knorpelareale nicht nur sekundär durch die Veränderung der subchondralen Knochenplatte, sondern auch durch primäres Trauma des Knorpels geschädigt werden. In neueren Studien konnte zudem keine ausgedehnte Nekrose im Bereich des subchondralen Knochens festgestellt werden. Es zeigten sich lediglich kleine nekrotische Areale in der Umgebung der frakturierten Trabekel. Es ist daher davon auszugehen, dass die Nekrose eher eine Folge der Frakturierung des subchondralen Knochens ist¹⁹². Kusumi et al.⁹⁰ postulierten, dass die primäre pathologische Veränderung der OD nicht die Nekrose des subchondralen Knochens ist, sondern eine Schädigung des Knorpels, bedingt durch wiederholte Mikrotraumen. Diese führen zu Fissuren innerhalb der tiefen Knorpelschicht und in der Folge zu einer Schädigung des subchondralen Knochens mit Frakturierung der Knochen trabekel.

1.2.1.4 Klinisches Erscheinungsbild

Die Erkrankung beginnt schleichend mit dumpfen Schmerzen. Diese werden meist im lateralen Bereich des Ellenbogens angegeben, können aber auch diffus sein¹¹³. Die Schmerzen treten belastungsabhängig auf und bessern sich unter Ruhigstellung¹⁹¹. Anamnestisch finden sich in der Vorgeschichte häufig Sportarten, die mit einer Überlastung des Ellenbogengelenks einhergehen, z.B. Gewichtheben, Turnen oder Baseball¹⁹¹. Nachtschmerzen sind hingegen eher selten und es sollte ein maligner Prozess ausgeschlossen werden²¹. In fortgeschrittenen Stadien geben die Patienten außerdem Bewegungseinschränkungen an, vor allem in Extension. Das Streckdefizit kann mit einer Schwellung des Gelenks einhergehen. Pro- und Supination sind fast immer frei durchführbar¹¹³. Weitere Symptome können Krepitationen bei Bewegung des Gelenks sowie Einklemmungserscheinungen oder Blockaden sein^{113,158}.

1.2.2 Morbus Panner

Morbus Panner ist eine nach dem Erstbeschreiber¹²⁸ benannte juvenile Osteochondrose des Capitulum humeri. Hans J. Panner erkannte die klinische und radiologische Ähnlichkeit zur Legg-Calvé-Perthes-Erkrankung der Hüfte, die ebenfalls zu den avaskulären Nekrosen gezählt wird. Im Gegensatz zur OD kommt es zur Nekrose und Fragmentation des gesamten Capitulums, nicht nur eines bestimmten Anteils. Freie Gelenkkörper werden nur selten beobachtet¹¹⁴. Es sind vor allem Jungen im Alter von 6-10 Jahren ohne vorangegangenes Trauma betroffen¹⁶⁶. Auch bei Morbus Panner ist die Ätiologie nicht gänzlich geklärt und als multifaktoriell anzusehen. Bezüglich der Symptomatik lässt sich die Erkrankung nicht von einer OD des Capitulums unterscheiden. Die Prognose ist jedoch vergleichsweise deutlich besser³³. Es handelt sich um eine selbstlimitierende Erkrankung, bei der es unter Ruhigstellung des Ellenbogengelenks zur Reossifikation des Capitulums kommt mit einhergehendem Verschwinden der klinischen Symptomatik¹¹³.

1.3 Diagnostik

Die Beschwerden, die im Rahmen osteochondraler Läsionen auftreten, sind für die Erkrankung nicht charakteristisch. Die klinische Verdachtsdiagnose muss daher stets mittels bildgebender Verfahren gesichert werden.

1.3.1 Konventionelle Röntgenaufnahmen

Standardmäßig werden zunächst konventionelle Röntgenaufnahmen des Ellenbogengelenks in zwei Ebenen durchgeführt (a.p.-Aufnahme in voller Extension im Ellenbogengelenk, laterale Aufnahme in 90° Ellenbogenflexion). Anhand dieser können osteochondrale Läsionen in drei Schweregrade unterteilt werden¹⁷¹. Grad-I-Läsionen sind durch eine Aufhellung gekennzeichnet, die sich als vermehrt röntgentransparente zystische Läsion im Bereich des lateralen oder zentralen Capitulums darstellt. Ebenso kann es zu einer Abflachung des Capitulums kommen. Grad-II-Läsionen stellen ein nicht disloziertes Fragment dar, das sich durch einen Spalt geringerer Röntgendichte vom darunter liegenden Knochen getrennt darstellt. Bei Grad-III-Läsionen ist das Fragment leicht verschoben oder hat sich schon vollständig abgelöst und liegt als freies Dissekat vor^{21,171}. Freie Gelenkkörper sind häufig in der Fossa olcrani zu finden. Auf diesen Bereich sollte bei der radiologischen

Befundung besonders geachtet werden⁷⁵. Im Spätstadium kommt es zu einer Vergrößerung des Radiusköpfchens sowie zur Ausbildung von Osteophyten.

Tab. 1 Röntgenologische Klassifikation osteochondraler Läsionen, nach¹⁷¹

Grad	Röntgenologischer Befund
I	Aufhellung oder Abflachung des Capitulum
II	Nicht disloziertes Fragment
III	Disloziertes Fragment oder freier Gelenkkörper

Gerade in frühen Stadien zeigen die Standardaufnahmen jedoch häufig keine oder nur subtile Veränderungen. Eine zusätzliche a.p.-Aufnahme in 45° Ellenbogenflexion zur besseren Darstellung des Capitulum hat sich hierbei als hilfreich erwiesen^{75,173,174}.

1.3.2 Magnetresonanztomographie

Nach der Diagnosestellung mittels konventioneller Röntgenbilder ist eine genaue Klassifikation der osteochondralen Läsion für die weitere Therapieplanung wichtig. Die Magnetresonanztomographie (MRT) hat sich hierbei als eine sensitive Methode herausgestellt, die eine genaue Bestimmung von Größe und Lokalisation des Defekts ermöglicht¹⁹. Auch Vitalität und Stabilität der osteochondralen Läsion können beurteilt werden⁵. Als früheste Veränderung zeigt sich in den T1-gewichteten Sequenzen eine verminderte Signalintensität im oberflächlichen Bereich des Capitulum, während T2-Scans noch unauffällig sind¹⁷⁴. Die kernspintomographische Klassifikation erfolgt nach Dipaola et al.³⁹ in vier Schweregrade.

Tab. 2 MRT-Klassifikation osteochondraler Läsionen nach Dipaola et al.³⁹

Grad	MRT-Befund
I	Kein Einriss des Gelenkknorpels Verdickung des Gelenkknorpels
II	Einriss des Gelenkknorpels Geringe Signalintensität hinter dem Fragment als Zeichen von fibröser Anhaftung
III	Einriss des Gelenkknorpels Hohe Signalintensität in T2-gewichteter Sequenz hinter dem Fragment als Zeichen von Flüssigkeit
IV	Freier Gelenkkörper mit einem Defekt der Gelenkfläche

Läsionen vom Grad I oder II sind als stabil anzusehen und werden zunächst konservativ behandelt. Grad-III- oder Grad-IV-Läsionen gelten hingegen als instabil und erfordern ein operatives Vorgehen.

Bei der Evaluation von MRT-Aufnahmen des Ellenbogens ist es wichtig, den sogenannten Pseudodefekt nicht als eine osteochondrale Läsion fehlzudeuten. Dieser scheinbare Defekt wird durch den abrupten Übergang der glatten posterior-inferioren Knorpeloberfläche des Capitulum in den angrenzenden nicht-artikulären lateralen Epikondylus hervorgerufen. Die OD des Capitulum ist hingegen weiter anterior lokalisiert¹⁵⁰.

1.3.3 MRT mit intravenöser Kontrastmittelgabe

Gerade die Entscheidung, ob eine Läsion im MRT zweit- oder drittgradig und somit stabil oder instabil ist, lässt sich oft schwer beurteilen. Die Interpretation einer signalreichen Linie als Flüssigkeit zwischen Fragment und epiphysärem Knochen und damit die Diagnose einer instabilen Läsion kann dabei zu falsch-positiven Ergebnissen führen^{107,163}.

Zur genaueren Beurteilung dieser Grenzzone wurde daher die intravenöse Gabe von Kontrastmittel (Gd-DTPA) vorgeschlagen. Ist das Fragment noch durch fibröses durchblutetes Granulationsgewebe mit dem darunterliegenden Knochen verbunden (Grad II), so kommt es zu einer Kontrastmittelanreicherung und einem damit verbundenen Signalanstieg in den T1-gewichteten Bildern, sowohl im Bereich der Grenzzone als auch innerhalb des Fragments. Dies spricht für eine gute Blutversorgung und damit Vitalität der Läsion. Eine bessere Beurteilung der Knorpeloberfläche ist mit dieser Technik jedoch auch nicht möglich¹³⁴.

1.3.4 MR-Arthrographie

Die Knorpeldicke des Ellenbogengelenks ist mit ca. 2 mm deutlich geringer als die des Kniegelenks (ca. 5 mm) und stellt somit eine besondere diagnostische Herausforderung dar. Mithilfe der sogenannten MR-Arthrographie (MRA), einer kombinierten Anwendung von MRT und intraartikulärem Kontrastmittel, kann die Sensitivität weiter erhöht werden, vor allem bezüglich der Detektion von Knorpeldefekten^{44,50,88}. Unter Durchleuchtungskontrolle wird eine Punktionsnadel in das Gelenk eingeführt. Durch die Injektion des Kontrastmittels (Gd-DTPA) wird eine Distension der Gelenkhöhle bewirkt, wodurch intraartikuläre Strukturen besser

beurteilbar sind. Die noch nicht dislozierten, jedoch instabilen Fragmente bei Grad-III-Läsionen werden von Kontrastmittel umspült und sind dadurch besser abgrenzbar von stabilen Grad-II-Läsionen. Der Nachteil gegenüber der nativen MRT-Diagnostik ist die Invasivität durch die Gelenkinjektion und die damit verbundene erhöhte Gefahr einer Infektion des Gelenks.

1.3.5 CT-Arthrographie

Bei der CT-Arthrographie (CTA) kommt als Kontrastmittel Iod zum Einsatz. Beide Arthrographie-Techniken erzielen experimentell ähnlich gute Ergebnisse. Im Vergleich zur MRA ist die CTA aufgrund der signifikant niedrigeren Scan-Zeit deutlich weniger anfällig für Bewegungsartefakte. Neben der Invasivität ist als weiterer Nachteil die bei der Computertomographie anfallende Strahlenbelastung zu nennen, die jedoch bei peripheren Gelenken, wie dem Ellenbogengelenk, als tolerabel anzusehen ist^{59,185}.

1.4 Überblick der Therapiemöglichkeiten

Die Behandlung chondraler und osteochondraler Läsionen stellt aufgrund der geringen Regenerationsfähigkeit des Knorpels noch immer eine große Herausforderung dar. Neben der konservativen Therapie wurden viele verschiedene operative Therapieansätze entwickelt, die sich zu drei prinzipiellen Ansätzen zusammenfassen lassen:

1. Symptomatische Verfahren
2. Knochenmarkstimulierende Verfahren
3. Wiederherstellende Verfahren

1.4.1 Konservative Therapie

Der Erfolg einer konservativen Therapie hängt wesentlich vom Stadium der Erkrankung und der Stabilität der Läsion ab. Bei primär instabilen Läsionen oder freien Gelenkkörpern hat ein konservativer Behandlungsansatz keinen Sinn und es sollte baldmöglichst eine operative Therapie geplant werden¹⁰⁶. Bei stabilen Läsionen besteht die konservative Therapie aus einer Reduzierung des sportlichen Aktivitätsniveaus für mindestens sechs Monate. Wurfsporarten, Turnen oder Gewichtheben sollten während dieser Zeit komplett gemieden werden. In der Akutphase können zur Verbesserung der Schmerzsymptomatik die vorübergehende Ruhigstellung des Ellenbogens sowie die Gabe von nichtsteroidalen Antiphlogistika

sinnvoll sein. Nach dem Abklingen der Symptome sollte mit Kräftigungsübungen begonnen werden. Die Rückkehr zum ursprünglichen sportlichen Level sollte nach sechs Monaten nur dann erfolgen, wenn der Patient klinisch beschwerdefrei ist. Die Veränderungen im Röntgenbild sollten hierbei nicht als Kriterium herangezogen werden, da diese noch Jahre später vorhanden sein können¹⁷².

1.4.2 Symptomatische Verfahren

1.4.2.1 Lavage

Bei der arthroskopischen Lavage werden durch Spülung des Gelenks freie Partikel, z.B. abgescherte Knorpelfragmente, entfernt. Im Kaninchenmodell wurde gezeigt, dass diese freien Fragmente eine Entzündung der Synovialis mit konsekutivem Gelenkerguss bewirken. In der Gelenkflüssigkeit wurde ein erhöhter Anteil an proteolytischen Enzymen mit Anstieg der kollagenolytischen Aktivität beobachtet. Der Erfolg der Lavage kann somit durch die Verminderung dieser entzündlichen Prozesse durch das Auswaschen der Partikel erklärt werden⁴². Der positive Effekt der Gelenkspülung ist jedoch rein symptomatisch und nicht von Dauer.

1.4.2.2 Débridement

Die Technik des Débridements wurde erstmals 1941 von Magnuson⁹⁸ beschrieben und wird heute fast ausschließlich arthroskopisch durchgeführt. Mithilfe eines Shavers werden abgescherte Knorpelanteile entfernt und die geschädigte Knorpeloberfläche bis zum vitalen stabilen Knorpelrand getrimmt. Gegebenenfalls erfolgt zusätzlich die Entfernung freier Gelenkkörper, die Abtragung von Osteophyten oder eine Teilsynovektomie. Das Verfahren bewirkt eine Verbesserung der Beweglichkeit des Gelenks sowie eine Reduktion der Schmerzsymptomatik. Mögliche Einklemmungsphänomene, die durch freie Knochen- oder Knorpelfragmente hervorgerufen werden, können dadurch ebenfalls beseitigt werden. Die Linderung der Beschwerden ist jedoch auch bei diesem Verfahren zeitlich begrenzt, da weder die Regeneration des ursprünglichen hyalinen Knorpels noch die Neubildung von Knorpelersatzgewebe gefördert wird. Die Entwicklung bzw. das Fortschreiten einer Arthrose kann daher nicht verhindert werden⁷⁶.

1.4.2.3 Closed-wedge-Osteotomie

Die von Yoshizu¹⁹⁴ entwickelte Closed-Wedge-Osteotomie führt zu einer Reduktion der Kompressionskräfte auf das Capitulum und fördert dadurch die Revaskularisation

und das Remodelling der osteochondralen Läsion. Ungefähr 2 cm proximal des lateralen Epikondylus wird ein Keil mit einem Winkel von 10° entnommen, dessen Spitze am medialen Rand des Capitulum ausläuft. Der posteriore Anteil des Capitulum wird intakt gelassen, um die Blutversorgung nicht zu gefährden.

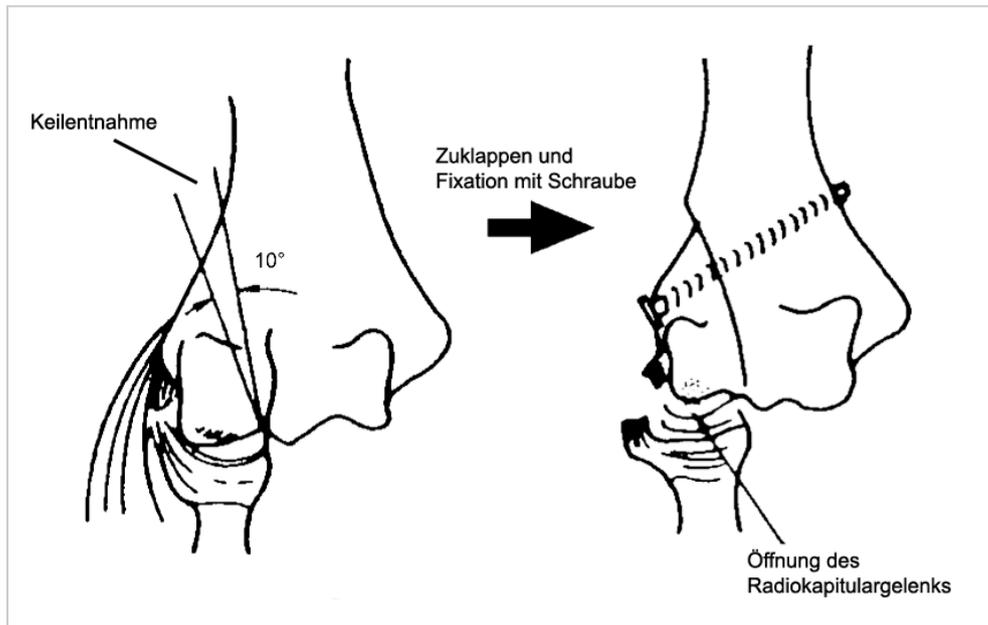


Abb. 3: Rechtes Ellenbogengelenk - Closed-Wedge-Osteotomie, modifiziert nach¹⁹⁴

1.4.3 Knochenmarkstimulierende Verfahren

Die knochenmarkstimulierenden Verfahren führen alle über das gleiche Prinzip zu einer Entstehung von faserknorpelartigem Ersatzgewebe: Nach Eröffnung der Blutgefäße des subchondralen Knochens wird die Läsion von einem Blutkoagel (=Blut-Clot) bedeckt. In der Phase der Knorpelneubildung muss dieser vor Scher- und Druckkräften geschützt werden. Die Einhaltung des Nachbehandlungsschemas ist somit für den Erfolg dieser Techniken von entscheidender Bedeutung^{110,159}. Aus dem Blut-Clot bildet sich schließlich ein Fibrin-Clot. Die darin enthaltenen undifferenzierten mesenchymalen Stammzellen differenzieren zu Fibrochondrozyten, die faserknorpeltypische extrazelluläre Matrix produzieren. Von der Matrix des hyalinen Knorpels unterscheidet sich diese vor allem durch den hohen Anteil an Kollagen I. Im hyalinen Knorpel findet sich vorwiegend Kollagen II. Des Weiteren weist der Faserknorpel einen verminderten Gehalt an Proteoglykanen auf. Diese Unterschiede gehen mit einer minderwertigen Qualität und geringeren Haltbarkeit des neugebildeten Knorpels einher und führen in der Folge zum Fortschreiten der Degeneration^{1,159}.

1.4.3.1 Anbohrung

Eine Möglichkeit zur Eröffnung des Markraums ist die Anbohrung des Defekts. Mithilfe eines arthroskopisch eingebrachten Bohrers werden in möglichst regelmäßigen Abständen Löcher in die Defektzone gebohrt. Die Bohrung kann ante- oder retrograd erfolgen.

1.4.3.2 Abrasionsarthroplastik

Bei dieser erstmals von Johnson beschriebenen Technik wird nach sorgfältigem Débridement der Läsion bis zum angrenzenden gesunden Knorpel die gesamte oberflächliche Schicht des subchondralen Knochens im Bereich des Defekts mittels Kürette abgetragen.

1.4.3.3 Mikrofrakturierung

In den letzten Jahren wurden die oben genannten knochenmarkstimulierenden Techniken zunehmend durch die von Steadman¹⁶⁹ entwickelte Mikrofrakturierung abgelöst. Durch sorgfältiges Débridement werden stabile Knorpelränder geschaffen und der subchondrale Knochen in der Defektzone durch Entfernung der kalzifizierten Knorpelschicht vollständig freigelegt. Danach erfolgt die eigentliche Mikrofrakturierung. Mithilfe eines arthroskopischen Stößels werden Löcher in den subchondralen Knochen eingeschlagen. Dies sollte in solchen Abständen erfolgen, dass die Löcher gerade nicht ineinander einbrechen (3-4 mm). Die Perforationen müssen ausreichend tief sein (2-4 mm), sodass Blut aus dem Knochenmark ausströmen kann. Die Mikrofrakturierung erzeugt in der subchondralen Knochenschicht eine raue Oberfläche, die gegenüber der glatten Oberfläche der Bohrlöcher den Vorteil hat, dass sich der Blut-Clot besser anheften kann. Im Gegensatz zur Anbohrung führt das Einstößeln der Löcher außerdem zu keiner Hitzenekrose. Die Stößel sind in verschiedenen Winkeln verfügbar, wodurch das rechtwinklige Einbringen der Löcher zur subchondralen Knochenplatte vereinfacht wird. Das Nachbehandlungsschema sieht eine Teilbelastung sowie kontinuierliche passive Bewegung des Gelenks mithilfe einer Motorschiene für 6-8 Wochen vor. Diese Maßnahmen sind sowohl für die Knorpelneubildung als auch für die Schmerzreduktion essentiell.

1.4.4 Wiederherstellende Verfahren

1.4.4.1 Refixation von Dissekatoren

Drahtfixierung

Das Fragment wird zunächst vom vitalen Knochen, mit dem es meist noch über Granulationsgewebe verbunden ist, abgelöst. Das Defektbett wird kürettiert. Manche Autoren empfehlen die zusätzliche Anbohrung¹²⁴ oder das Auffüllen der kürettierten Läsion mit Spongiosa aus dem proximalen Ulnaschaft¹⁷⁶. Die Fixierung erfolgt vorübergehend mit zwei parallelen Kirschnerdrähten, die vom lateralen Epikondylus zum Fragment in Richtung Gelenkspalt vorgebohrt werden. Der mediale Kirschnerdraht wird entfernt. Durch das zurückbleibende Bohrloch wird das eine Ende eines beweglichen Drahts in das Gelenk gefädelt. Nach Entfernung des lateralen Kirschnerdrahtes wird das intraartikuläre Ende des beweglichen Drahts mithilfe einer Injektionsnadel durch das laterale Bohrloch gezogen. Beide Enden werden mit einem Knopf fixiert. Nach röntgenologisch gesicherter knöcherner Einheilung des Fragments kann der Draht entfernt werden^{124,176}.

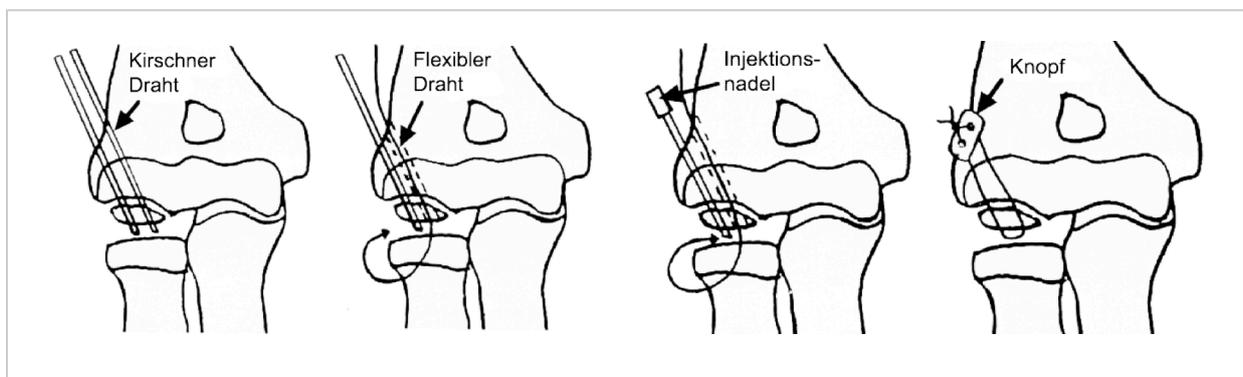


Abb. 4: Rechtes Ellenbogengelenk – Refixation mit Drähten, modifiziert nach¹⁷⁶

Schraubenfixierung

Die Fixierung des Fragments kann auch durch eine sogenannte Herbert-Schraube erfolgen. Es handelt sich hierbei um eine Zugschraube mit zwei endständigen Gewinden. Dies führt zu einer Kompression und dadurch zu einer erhöhten Stabilität des Fragments²². Die Schraube wird vollständig im Knochen versenkt und kann dadurch nicht zu einer Schädigung der gegenüberliegenden Knorpeloberfläche führen. Durch die Kompression kann jedoch eine Unregelmäßigkeit der Gelenkoberfläche entstehen, die wiederum die Entwicklung einer Arthrose begünstigt^{66,91,177}.

Knochenspanbolzung

Für die Knochenspanbolzung werden autologe Knochenspäne aus der proximalen Ulna gewonnen. Mit Kirschnerdrähten werden Löcher durch die Knorpeloberfläche des Dissekats bis in die Spongiosa vorgebohrt. Die Knochenspäne werden schließlich soweit in diese Bohrlöcher eingeschlagen, bis das distale Ende des Spans ca. 1 mm unterhalb der Knorpeloberfläche zu liegen kommt. Dadurch wird zum einen die Neubildung von Faserknorpel über dem Span ermöglicht, zum anderen sollen die autologen Späne im Gegensatz zu den synthetischen Schrauben den Knochenaufbau fördern^{126,171}.

Refixation mittels resorbierbarer Pins

In einer neueren Studie wurden anstatt der autologen Späne resorbierbare Pins arthroskopisch eingebracht. Diese Technik ist weniger invasiv und leichter durchführbar, da vorher keine Knochenspäne gewonnen werden müssen¹⁷⁵.

Refixation mittels dynamischer Klammern

Eine weitere Methode der Refixation, bei der die Knorpeloberfläche nicht penetriert wird, ist die Anwendung von dynamischen Klammern. Ein monokortikaler Knochenspan aus dem Beckenkamm wird von lateral in ein vorgebohrtes Loch in das Capitulum eingebracht. Das Loch hat ein Ausmaß von 5x10 mm und befindet sich auf der Höhe des Übergangs von Fragment, Granulationsgewebe und Knochenbett. Das Fragment sollte dabei nicht abgelöst werden. Eine Schädigung der Knorpeloberfläche oder des subchondralen Knochens des Fragments ist ebenso zu vermeiden. Schließlich werden das Fragment und der Knochenspan mithilfe einer dynamischen Klammer am Knochenbett befestigt⁵⁶.

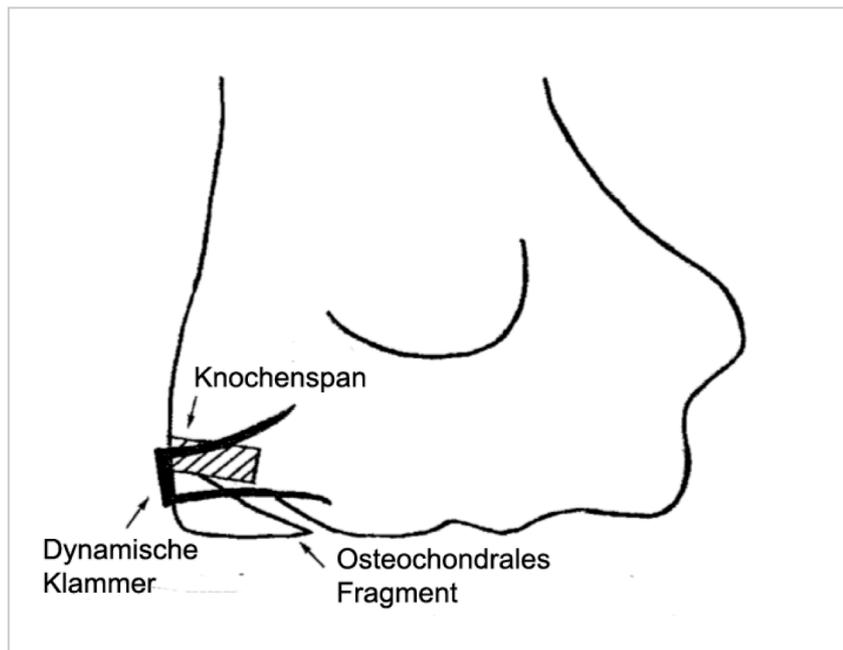


Abb. 5: Rechter distaler Humerus – Dynamische Klammer, modifiziert nach⁵⁶

1.4.4.2 Autologe Chondrozytentransplantation

Chondrozyten wurden 1965 erstmals durch Smith¹⁶⁵ erfolgreich isoliert und kultiviert. Zwei Jahrzehnte später erfolgte die Transplantation der Zellen im Kaninchenmodell, jedoch war die Versagerquote anfangs aufgrund mangelnder Fixation groß³. Peterson et al.¹³⁶ lösten dieses Problem, indem sie die autologen Chondrozyten von Kaninchen unter einen Periostlappen spritzten. Ziel des Verfahrens ist die Entstehung eines hyalinartigen Knorpelgewebes, das sich sowohl in der Zusammensetzung als auch in den biomechanischen Eigenschaften nur gering vom echten hyalinen Knorpel unterscheidet¹³⁵. Jedoch kann auch mit dieser Technik nur die Knorpelschicht wiederhergestellt werden. Der subchondrale Knochen muss daher intakt sein. Liegt eine osteochondrale Läsion vor, so muss der knöcherne Defekt zunächst mittels Spongiosaplastik aufgefüllt werden. Die Prognose ist in diesem Fall schlechter.

Die ersten klinischen Ergebnisse nach ACT wurden im Jahre 1994 durch Brittberg et al.²⁵ publiziert. Das Verfahren besteht grundsätzlich aus drei Einzelschritten: Knorpelzellentnahme, Zellvermehrung und Retransplantation der Zellen. Aus einer arthroskopisch gewonnenen Knorpelbiopsie aus einer geringer belasteten Knorpelzone (anterolateraler Femurkondylus) werden die Chondrozyten enzymatisch isoliert und anschließend im autologen Patientenserum vermehrt. Nach einigen Wochen erfolgt die Retransplantation.

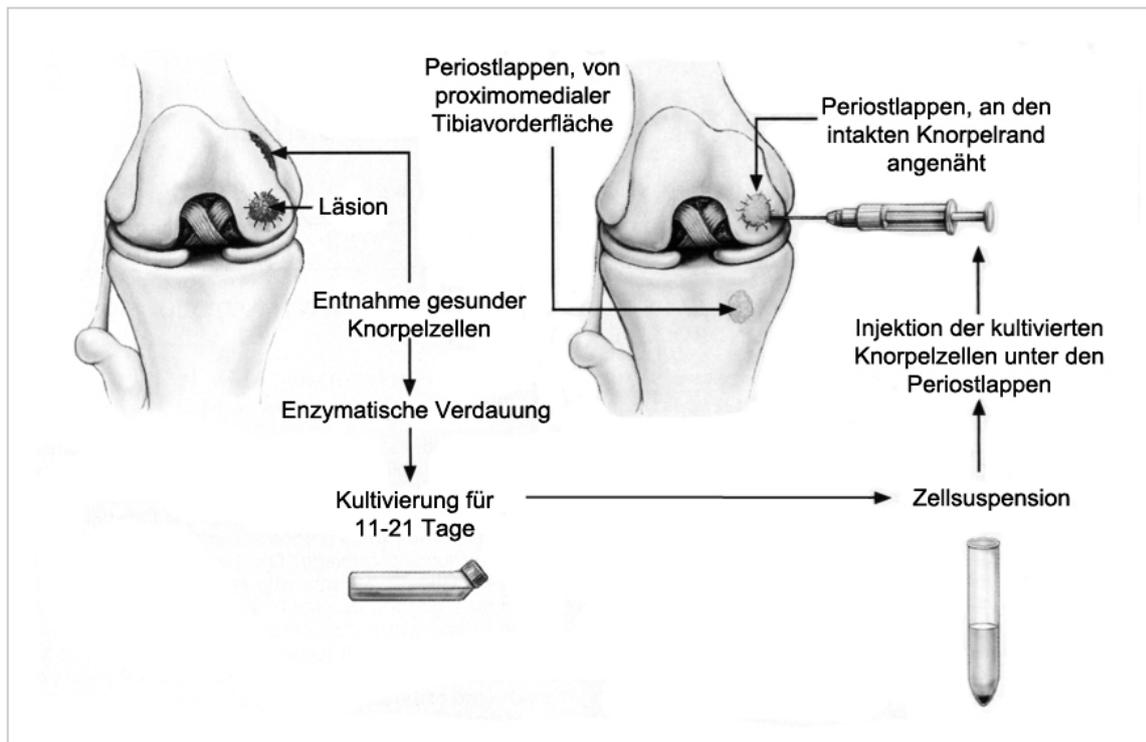


Abb. 6: Autologe Chondrozytentransplantation, modifiziert nach²⁵

Bei der ursprünglichen klassischen Form der ACT wird hierfür ein Periostlappen aus der proximomedialen Tibiakante gewonnen und auf den Defekt genäht. Die Chondrozyten werden anschließend darunter gespritzt. Als Hauptkomplikation der klassischen Technik stellte sich die Periostlappenhypertrophie oder –verkalkung heraus. Der Periostlappen wurde daher im Verlauf durch resorbierbare Biomaterialien, meist Kollagenmembranen, ersetzt. Dadurch entfiel auch der technisch schwierige Schritt der Periostentnahme¹³⁷.

Fortschritte im Bereich des „Tissue Engineering“ ermöglichen heute die Implantation der Chondrozyten in oder auf resorbierbare dreidimensionale Trägermaterialien. Mit dieser sogenannten matrixassoziierten Chondrozytentransplantation kann eine gleichmäßigere Verteilung der Chondrozyten im Defekt erreicht werden. Das operative Vorgehen wird vereinfacht, da das Zell-Matrix-Konstrukt ohne weitere Abdeckung in den Defektbereich eingebracht werden kann. Die Trägersubstanz bietet den Chondrozyten mechanischen Schutz. Die implantierten Chondrozyten produzieren eine hyalinähnliche extrazelluläre Matrix, parallel dazu werden die Trägermaterialien abgebaut.

Autologe matrixinduzierte Chondrogenese (AMIC)

Einen neuen therapeutischen Ansatz stellt die kombinierte Anwendung aus Mikrofrakturierung und Biomaterialien dar. Nach Mikrofrakturierung des Defekts wird

dieser mit einer zelllosen Kollagenmatrix bedeckt. Diese Matrix stellt für die aus dem Knochenmark ausströmenden Stammzellen ein natürliches Gerüst dar und fördert dadurch das Einwachsen und die Differenzierung der Zellen zu Chondrozyten. Da die vorherige Entnahme und Anzüchtung von Knorpelzellen entfällt, kann die Operation einzeitig durchgeführt werden¹⁰. Auch bei dieser Technik muss ein intakter subchondraler Knochen vorliegen.

1.4.4.3 Transplantation osteochondraler Autografts

Während die Chondrozytentransplantation nur zu einer Bedeckung des Defekts mit Knorpelgewebe führt, ist die Transplantation körpereigener (autologer) Knochen-Knorpel-Zylinder die derzeit einzige Technik, die gleichzeitig den subchondralen Knochen wiederherstellen kann. Das Operationsverfahren wurde erstmals 1964 von Wagner¹⁸⁴ erwähnt. Im Jahre 1993 publizierten Matsusue et al.¹⁰⁴ die arthroskopische Durchführung dieser Technik, die später insbesondere durch Hangody⁵⁵ und Bobic¹⁶ weiterentwickelt wurde. Als Entnahmestellen der osteochondralen Zylinder bieten sich die laterale und mediale Trochlea nahe der Linea terminalis sowie die interkondyläre Notch an. Diese Bereiche unterliegen, verglichen mit anderen Gelenkflächenanteilen des Kniegelenks, einer geringeren Druckbelastung⁴⁶. Anfangs wurde die Transplantation ausschließlich im Bereich der Hauptbelastungszonen der Femurkondylen durchgeführt. Mittlerweile erfolgen Knochen-Knorpel-Transplantationen auch in Defektzonen von Tibiakondylen⁵⁴ und Patellarrückfläche¹²² sowie als Zwei-Gelenks-Operation in Läsionen von Talus^{53,65}, Ellenbogen^{2,193}, Femur^{8,54} und Humeruskopf^{130,157}. Die Verfügbarkeit der osteochondralen Zylinder ist dabei der wesentliche limitierende Faktor dieses Verfahrens. Anhand von Größe und Anzahl der Zylinder unterscheidet man zwei verschiedene Techniken:

Mosaikplastik

Bei der Mosaikplastik werden mehrere kleinere Zylinder transplantiert, wodurch die Form der ursprünglichen Knorpeloberfläche besser nachgebildet werden kann⁵³. Ein Nachteil gegenüber der OATS-Technik ist die geringere Primärstabilität des Transplantats, die mit dem Durchmesser der Zylinder zunimmt⁴⁰. Es kommt zwar zur knöchernen Einheilung der Transplantate, im sogenannten Interface zwischen dem Knorpel der einzelnen Zylinder sowie dem angrenzenden intakten Knorpelrand bleibt jedoch immer eine Schicht aus Faserknorpel zurück^{60,100}. Je mehr Zylinder

eingebraucht werden, desto höher ist außerdem die Gefahr, dass es zu minimalen Niveauunterschieden zwischen den Transplantaten kommt. Beim Einbringen eines Zylinders über das Niveau der Gelenkfläche kommt es dabei zu signifikant höheren Druckverhältnissen. Koh et al.⁸⁴ zeigten, dass ein Zylinder von 0,5-1 mm über dem Niveau zu ca. 50% höheren Spitzendrücken bei Belastung führt. Die überstehenden Zylinder sind außerdem vermehrten Scherkräften ausgesetzt. Die dadurch hervorgerufenen Mikrobewegungen scheinen eine knöcherne Integration der Transplantate in den umgebenden subchondralen Knochen zu verlangsamen oder sogar zu verhindern¹³³. Wird die Länge der Spenderzylinder als Vorsichtsmaßnahme hingegen kürzer gewählt als die Tiefe des Defekts, so kann es postoperativ unter Belastung zu einem Nachsintern der Zylinder kommen⁸⁷. Auch dies führt zu höheren Spitzendrücken⁸⁴.

OATS-Technik (Osteochondral Autologous Transfer System)

Die OATS-Zylinder haben einen Durchmesser von 7-15 mm. Das Einbringen der Zylinder in das Transplantatbett erfolgt in der sogenannten Press-Fit-Technik. Der Durchmesser des Transplantats wird hierbei 0,3-1 mm größer als das präparierte Defektbett gewählt, wodurch eine höhere Primärstabilität erreicht werden kann. Gleichzeitig führt diese leichte Überdimensionierung der Zylinder auch zur Erhaltung der histologischen Eigenschaften des transplantierten Knorpelgewebes. Bei exakt eingebrachten Knochen-Knorpel-Zylindern mit identischem Durchmesser zeigte sich hingegen eine Zunahme der Zelldichte und der Dicke des Knorpels¹⁰¹. Bei der Entnahme der Zylinder muss außerdem auf einen möglichst ähnlichen Krümmungsradius der Knorpeloberfläche geachtet werden, der jedoch gerade bei der Transplantation in andere kleinere Gelenke (Ellenbogen, Talus) stark von der Krümmung der Gelenkfläche des Spenderareals abweichen kann. Durch die Inkongruenz der Gelenkoberflächen können degenerative Veränderungen beschleunigt werden.

Einige Autoren beschrieben die Gewinnung eines osteochondralen Transplantats aus der Übergangszone von Rippe und Rippenknorpel zur Behandlung der OD des Capitulum und bieten damit eine Alternative zum Zwei-Gelenk-Eingriff^{108,125,153,154}. Diese Technik ist allerdings aufgrund des geringen Rippendurchmessers nur bei kleinen Defekten möglich und birgt zudem die Gefahr der Rippenfellperforation.

1.4.4.4 Transplantation osteochondraler Allografts

Auch die Transplantation von Allografts ermöglicht die Wiederherstellung der Gelenkoberfläche durch vitalen hyalinen Knorpel und subchondralen Knochen. Im Gegensatz zur autologen Transplantation sind keine Limitation bezüglich der Größe des Transplantats gegeben. Ebenso wird mit dieser Technik das Problem der Entnahmestellenmorbidity umgangen, ein wesentlicher Kritikpunkt bei der Transplantation autologer Zylinder. Da die Zylinder aus der gleichen Lokalisation entnommen werden können, in die sie transplantiert werden sollen, ist die Krümmung der Knorpeloberfläche annähernd gleich und führt daher zu einer hohen Kongruenz des Transplantats. Es handelt sich zwar auch um eine einzeitige Operationstechnik, jedoch muss zuvor ein passender Spenderkadaver gefunden werden. Die geringe Verfügbarkeit von Spendern sowie die damit verbundenen hohen Kosten stellen dabei wesentliche Nachteile des Verfahrens dar. Die Gefahr einer immunologischen Reaktion gegen den transplantierten Knorpel kann als gering angesehen werden, da die Chondrozyten zwar Antigene exprimieren, jedoch von der umgebenden avaskulären Matrix vor einer Abstoßungsreaktion des Körpers geschützt werden⁹³. Wahrscheinlicher ist hingegen eine Reaktion gegen Antigene von Blut- und Knochenmarkzellen, die sich im transplantierten subchondralen Knochen befinden. Diese sollten daher zuvor mit pulsativer Jet-Lavage entfernt werden. Hierdurch kann gleichzeitig das Risiko einer Übertragung von infektiösen Krankheiten (HIV, Hepatitis C) weiter reduziert werden¹⁷⁹. Eine Tiefgefrierung der Transplantate vermindert zwar die Immunogenität und Infektiosität, führt jedoch gleichzeitig zum Absterben der Chondrozyten und sollte daher nicht mehr angewandt werden¹⁴⁸. Frische allogene Zylinder, die bei 4 °C bis zu acht Tage aufbewahrt werden können, zeigten dagegen gute Überlebensraten der transplantierten Chondrozyten^{38,148,188}. Eine längere Aufbewahrungsdauer führt zu einer signifikanten Abnahme an Proteoglykanen sowie zu einem signifikanten Absterben von Chondrozyten¹⁸⁷. Die Überlebensrate des subchondralen Knochens sinkt hingegen schon nach 24 Stunden auf 10% ab¹⁴⁸. Es handelt sich hierbei also nur um ein avitales Trägermaterial, das den transplantierten Knorpel stützt und nach der Transplantation vom Organismus komplett ersetzt werden muss. Daher sollte nur so viel subchondraler Knochen transplantiert werden, wie nötig ist, um eine ausreichende Primärstabilität des Transplantats zu erreichen³⁵. Bei fokalen Defekten im Bereich des Kniegelenks konnten langfristig gute bis exzellente Ergebnisse bei über 80% der Patienten erzielt werden^{35,37,48}. Bipolare

Defekte, d.h. Defekte korrespondierender Gelenkflächen, wiesen hingegen deutlich schlechtere Ergebnisse auf^{35,48}. Aufgrund der oben genannten Nachteile sollte eine allogene Transplantation daher, wenn überhaupt, sehr großen Defekten im Bereich des Kniegelenks vorbehalten bleiben, die mittels autologer Transplantation wegen des erhöhten Risikos einer Donor-Site-Morbidität nicht behandelt werden können¹. Osteochondrale Läsionen im Ellenbogengelenk stellen keine Indikation dar.

2. Material und Methoden

2.1 Patientenkollektiv

In den Jahren 1996 bis 2010 wurden in der Abteilung für Sportorthopädie des Klinikums Rechts der Isar in München 21 Patienten mit osteochondralen Läsionen des Ellenbogens mit einer autologen Knochen-Knorpel-Transplantation behandelt. Ein Patient erhielt die Operation an beiden Ellenbogengelenken. Im Folgenden wird die Patientenanzahl der Anzahl der Operationen (n=21) gleichgesetzt. Zur Vereinheitlichung wird zudem für alle Patienten die maskuline Form verwendet. Das osteochondrale Transplantat wird aus der gering belasteten Zone des proximalen lateralen Femurkondylus des ipsilateralen Kniegelenks gewonnen. Die Entnahme erfolgte mithilfe des OATS-Instrumentariums (Fa. Arthrex, Naples, Florida, USA). Bei allen Patienten waren postoperativ bis zum Zeitpunkt der Untersuchung mindestens 12 Monate vergangen.

Es konnten 17 der 21 Patienten (80,9%) in die Studie aufgenommen werden. Patient Nr. 9 ist ins Ausland verzogen, Patient Nr. 17 konnte nicht zu einer Nachuntersuchung motiviert werden. Patient Nr. 16 war trotz intensiver Recherche nicht auffindbar. Patient Nr. 2 berichtete am Telefon, dass er mit dem Verlauf sehr zufrieden sei. Er gab weder Schmerzen noch Funktionseinschränkung im Ellenbogen an. Ebenso war das Kniegelenk, aus dem der osteochondrale Zylinder entnommen wurde, asymptomatisch. Letztendlich konnte der Patient jedoch nicht zu einer erneuten klinischen und radiologischen Nachuntersuchung überzeugt werden. Im Rahmen der Nachuntersuchung im Klinikum Rechts der Isar wurden Röntgenbilder des Ellenbogengelenks in zwei Ebenen sowie kernspintomographische Aufnahmen angefertigt. Patient Nr. 21 hatte eine Woche vor der Nachuntersuchung aktuelle MRT-Aufnahmen durchführen lassen und brachte diese zur Untersuchung mit.

Unter den Studienteilnehmern waren 10 Männer und 7 Frauen. Das durchschnittliche Follow-up betrug 72 ± 40 Monate (12-162 Monate/1-14 Jahre). Zum Operationszeitpunkt waren die Patienten im Mittel $18,0 \pm 5$ Jahre (12-33 Jahre) alt.

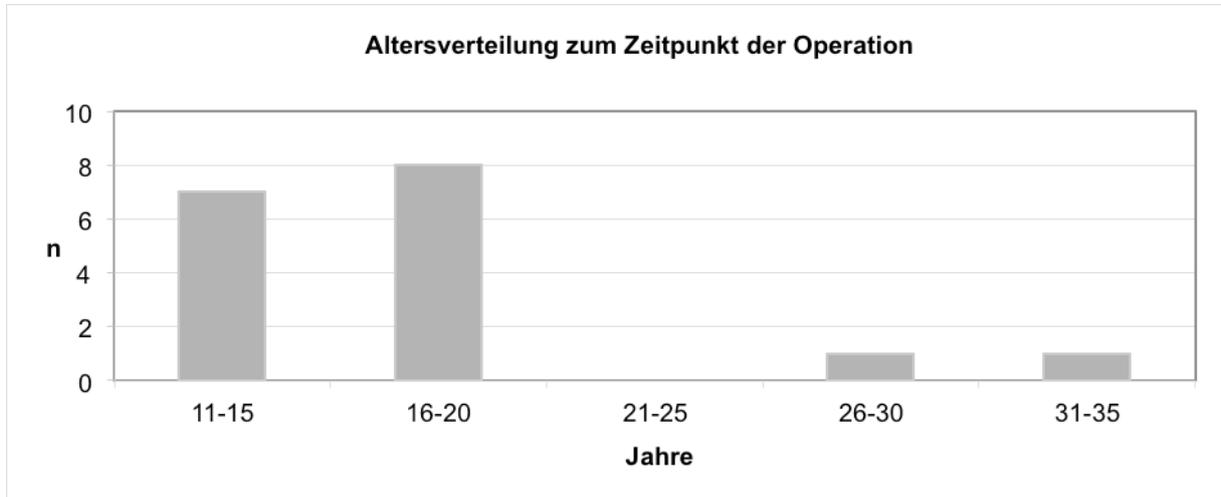


Abb. 7: Altersverteilung zum Zeitpunkt der Operation

Bei 11 Patienten (64,7%) war der rechte Ellenbogen betroffen, bei 6 Patienten (35,3%) der linke. Ein Patient ist Linkshänder. Somit war bei 58,8% aller Patienten die dominante Seite betroffen. Die osteochondrale Läsion war in 15 Fällen im Capitulum humeri lokalisiert, einmal im Radiusköpfchen (Nr. 4) und einmal in der Trochlea humeri (Nr. 6). Der Durchmesser des aus dem ipsilateralen Kniegelenk entnommenen Spenderzylinders betrug im Mittel $9,4 \pm 1,0$ mm (8-11 mm).

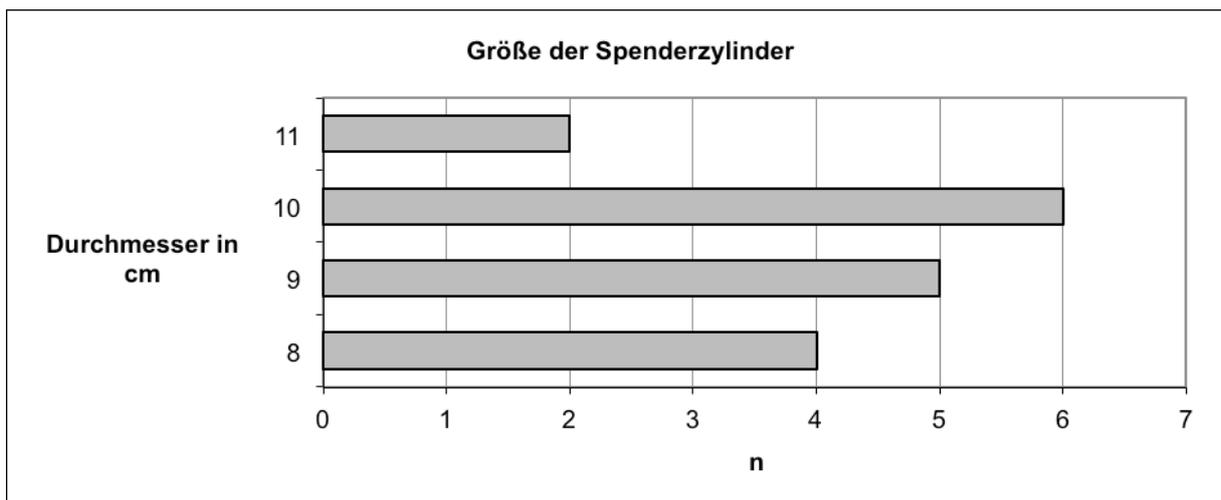


Abb. 8: Größenverteilung der Spenderzylinder

Bis auf Patient Nr. 21, dessen osteochondrale Läsion durch eine traumatische Ellenbogenluxation im Rahmen eines Autounfalls bedingt war, konnten sich alle anderen Patienten an kein adäquates Trauma erinnern. Vier Studienteilnehmer

waren zum Zeitpunkt des Eingriffs bereits voroperiert. Patient Nr. 5 hatte ein arthroskopisches Débridement erhalten. Bei Patient Nr. 11 wurde im Radioulnargelenk eine Plica reseziert. Patient Nr. 18 hatte neben der zweimaligen Entfernung freier Gelenkkörper auch schon eine OATS-Transplantation ohne wesentliche Beschwerdebesserung hinter sich. Bei Patient Nr. 21 war zuvor eine arthroskopische Arthrolyse zur Verbesserung der Beweglichkeit durchgeführt worden.

Tab. 3 Stammdaten des Patientenkollektivs

Patientenkollektiv								
Nr.	OP-Alter	OP-Datum	FU(y)	Zylinder	Seite	Händigkeit	OCL-Lokalisation	Vor-Operationen
1	15,m	10/96	13,5	10	re	re	Capitulum	
2	21,m	02/99	-	11	li	re	Capitulum	1xR
3	15,m	08/99	10,3	9	li	re	Capitulum	
4	15,m	02/01	8,8	10	re	re	Radiusköpfchen	
5	18,w	03/01	8,8	11	li	re	Capitulum	1xD
6	15,w	12/01	8,2	9	re	re	Trochlea	
7	16,w	08/02	7,4	9	li	re	Capitulum	
8	19,m	07/02	7,4	9	re	re	Capitulum	
9	15,w	12/02	-	9	re	n.b.	Capitulum	
10	30,w	05/03	6,7	9	re	re	Capitulum	
11	19,m	03/04	5,8	10	re	re	Capitulum	1xP
12	18,w	06/04	5,6	10	li	re	Capitulum	
13	12,m	07/05	4,5	8	re	li	Capitulum	
14	18,m	12/05	4,4	11	re	re	Capitulum	
15	13,m	07/06	3,5	8	re	re	Capitulum	
16	18,w	11/06	-	8	re	n.b.	Capitulum	2xA,G
17	15,m	12/06	-	8	re	n.b.	Capitulum	
18	33,m	05/07	3,0	10	li	re	Capitulum	2xG, 1xO
19	17,m	08/08	1,5	10	re	re	Capitulum	
20	13,w	08/09	1,0	8	re	re	Capitulum	
21	20,m	10/09	1,2	8	li	re	Capitulum	1xA

A= Anbohrung; D= Débridement; G= Entfernung freier Gelenkkörper; L=Arthrolyse;
O= OATS; P= Plicaresektion; R= Dissekatrefixation;
re= rechts, li= links, n.b.= nicht bekannt, FU(y)= Follow-up in Jahren

2.2 Operationsmethode

2.2.1 Indikationsstellung

Bei Patienten mit offener Epiphysenfuge und einer stabilen osteochondralen Läsion Grad I oder II nach Dipaola et al.³⁹ erfolgte zunächst ein konservatives Vorgehen. Dies galt auch für fokale osteochondrale Schäden Grad III und IV, wenn der Beginn der Beschwerdesymptomatik weniger als 6 Monate zurück lag. Erst nach diesem

Zeitraum und anhaltenden Symptomen wurde die Indikation zur autologen osteochondralen Transplantation gestellt². Die obere Altersgrenze liegt bei ungefähr 45 Jahren, kann jedoch im Einzelfall bei jüngerem biologischen Alter und guter Knochenqualität überschritten werden⁶⁴: Absolute Kontraindikationen stellen eine generalisierte Arthrose des Ellenbogengelenks sowie eine patellofemorale Arthrose am Spenderknie dar²³.

2.2.2 Durchführung

Vorbereitung

Der Patient befindet sich in Rückenlage in Intubationsnarkose. Präoperativ wurden 1,5 g Cefuroxim intravenös verabreicht. Nach dem beweglichen, sterilen Abdecken und Abwaschen des betroffenen Arms und ipsilateralen Beins in hausüblicher Art und Weise wird die Blutsperre am Oberarm mit 200 mmHg angelegt.

Zugang

Der operative Zugang erfolgt über einen bogenförmigen Hautschnitt lateralseitig und proximal des Epicondylus lateralis beginnend bis circa 2 cm distal des Radiusköpfchens ziehend. Der Schnitt sollte entweder über dem Radiusköpfchen oder dorsal einer gedachten Linie zwischen diesem und dem Processus styloideus radii verlaufen, da sich ventral davon der N. radialis befindet. Es wird bis auf die Muskelfaszie präpariert und diese zwischen M. extensor carpi ulnaris und M. anconeus gespalten. Die Gelenkkapsel wird anterior des Radiusköpfchens, unter Schonung des Ligamentum anulare, längs gespalten. Das weitere operative Vorgehen ist von der Defektlokalisierung abhängig. Für anteriore Läsionen wird das laterale Kollateralband proximal 2-3 mm eingekerbt. Bei zentralen Läsionen kann eine komplette Ablösung notwendig sein, wobei das Band später wieder refixiert wird. Liegt eine dorsale Läsion vor, so wird ein dorsolateraler Zugang gewählt, bei dem das radiale Kollateralband unangetastet bleibt. Das freigelegte radiohumereale Gelenk wird während der Durchführung von Extension und Flexion sowie Rotation genau inspiziert. Die osteochondrale Läsion des Capitulum lässt sich dabei meist in endgradiger Streckstellung gut darstellen.

Vorbereitung des Transplantatbettes

Der Durchmesser des Defektareals wird mit einem Messinstrument ausgemessen und anschließend mit einem speziellen „Recipient“-Hohlmeißel (Fa. Arthrex) mit einer Tiefe von 15-20 mm ausgestanzt. Es ist darauf zu achten, dass der gesamte

nekrotische subchondrale Knochen mitentfernt wird. Nach vorsichtiger Impaktation der Spongiosa im Transplantatbett erfolgt die erneute Tiefenbestimmung der Läsion in Bezug auf den umgebenden gesunden Knorpelrand.

Gewinnung des Spenderzylinders

Die Blutsperrung am Oberschenkel wird auf 250 mmHg geschlossen und es erfolgt nach einer Miniarthrotomie etwas proximal und lateral der Patella die Entnahme des Spenderzylinders mithilfe des „Donor“-Hohlmeißels (Fa. Arthrex) aus dem proximalateralen Bereich des ipsilateralen Femurkondylus. Es ist darauf zu achten, dass die Gelenkoberfläche dieses Bereichs, aus dem der Zylinder entnommen wird, zur Oberfläche des Defektareals im Ellenbogen möglichst kongruent ist. Für das spätere Einbringen in Press-Fit-Technik ist der Durchmesser des Spenderzylinders dabei 0,3-1 mm größer zu wählen als der präparierte Defekt, in den er transferiert werden soll. Die Länge des Spenderzylinders wird der Tiefe des Transplantatbettes angepasst. Zu lange Zylinder werden gekürzt, zu kurze können mit Spongiosa unterfüllt werden. Wichtig für die Primärstabilität ist zudem die hebefreie Entnahme und Implantation des Zylinders.

Einbringen des Spenderzylinders

Der Zylinder wird mit einem Stößel eingepasst. Die Schläge müssen vorsichtig erfolgen, da die Knorpelzellen sonst geschädigt werden¹⁸⁶. Die Transplantate müssen schließlich im Niveau der umgebenden Knorpeloberfläche liegen. Eine Stufenbildung würde zu signifikant höheren Druckverhältnissen führen⁸⁴.

2.2.3 Nachbehandlung

Nach der Operation wird eine Gipsschiene in 90° Ellenbogenflexion angelegt, die für eine Woche belassen wird. Ab dem ersten postoperativen Tag erfolgt die freie passive Beübung des Ellenbogengelenks aus der Schiene, wobei besonderen Wert auf das Beibehalten der vollen Extension und Flexion gelegt werden sollte. Pronation und Supination sind ebenfalls frei durchführbar. In den ersten 6 Wochen postoperativ darf der Ellenbogen nicht belastet werden. Insbesondere eine axiale Stützbelastung sollte vermieden werden. In der 3. bis 6. postoperativen Woche ist eine freie aktiv-assistierte Ellenbogenflexion und –extension möglich, danach darf das Gelenk aktiv frei bewegt werden. Schwimmen ist 2 Monate postoperativ erlaubt, Radfahren nach 3 Monaten. Kontakt- und Risikosportarten sollten erst nach 6 Monaten wieder begonnen werden⁶².

2.3 Nachuntersuchung

2.3.1 Anamnese

Alle Studienteilnehmer wurden im Rahmen der Nachuntersuchung im Klinikum Rechts der Isar nach eventuellen Komplikationen nach der Operation (z.B. Infektion, Thrombose, Nervenschäden) befragt. Die Patienten sollten außerdem angeben, in welchen Bereichen des Alltags sie sich durch den Ellenbogen eingeschränkt fühlen. Stattgehabte Folgeoperationen wurden dokumentiert. Zur Erfassung des Schmerzcharakters konnten fünf Unterpunkte angekreuzt werden: gelegentlich Schmerzen, Dauerschmerz, Belastungsschmerz, Gebrauchsstörung, Blockierungen. Mehrfachankreuzungen waren möglich, bei Schmerzfreiheit wurde die Frage übergangen. Des Weiteren wurde die Einnahme von Schmerzmitteln notiert. Die subjektive Gesamtzufriedenheit mit der Operation und dem postoperativen Verlauf wurde anhand einer vorgegebenen Skala (sehr gut, gut, mäßig, schlecht, sehr schlecht) erfasst.

2.3.2 Klinische Untersuchung

Inspektorische Auffälligkeiten der Narbe (Rötung, Keloidbildung) wurden dokumentiert. Die Erfassung von Schwellung, Überwärmung sowie Krepitationen oder Blockierungen erfolgte nach Schweregrad in einfach bis dreifach positiv. Druckschmerzen, insbesondere über dem Radiokapitulumgelenk, sowie die Sensibilität im Bereich der Narbe wurden überprüft. Die Beurteilung von Bewegungsumfang, Stabilität und grober Kraft fand im Rahmen des Broberg-Morrey-Scores statt.

2.3.3 Klinische Scores

2.3.3.1 ASES-E-Score

Der ASES-E-Score (American Society of Elbow and Shoulder Surgeons-Elbow) erlaubt die Bewertung der Ellenbogenfunktion unabhängig von der zugrunde liegenden Diagnose⁷⁷. Der Fragebogen besteht aus den drei Teilbereichen Schmerz, Funktion und subjektiver Zufriedenheit. In der vorliegenden Studie hat man sich auf die Evaluation des Schmerzes beschränkt. Die Beurteilung erfolgt anhand einer visuellen Analogskala von 0 („überhaupt kein Schmerz“) bis 10 („schlimmster Schmerz, den man sich vorstellen kann“) in Bezug auf folgende Zustände:

- stärkster Schmerz in der letzten Woche
- Ruheschmerzen
- Schmerzen beim Heben eines schweren Gewichts
- Schmerzen bei mehrfach wiederholten Bewegungen im Ellenbogengelenk

2.3.3.2 Broberg-Morrey-Score

Der Broberg-Morrey-Score besteht aus den fünf Teilkategorien Schmerz, Kraft, Bewegungsausmaß, Instabilität und Funktion. Die Maximalpunktzahl für jede Kategorie ist nicht gleich hoch. Daraus ergeben sich unterschiedliche Gewichtungen:

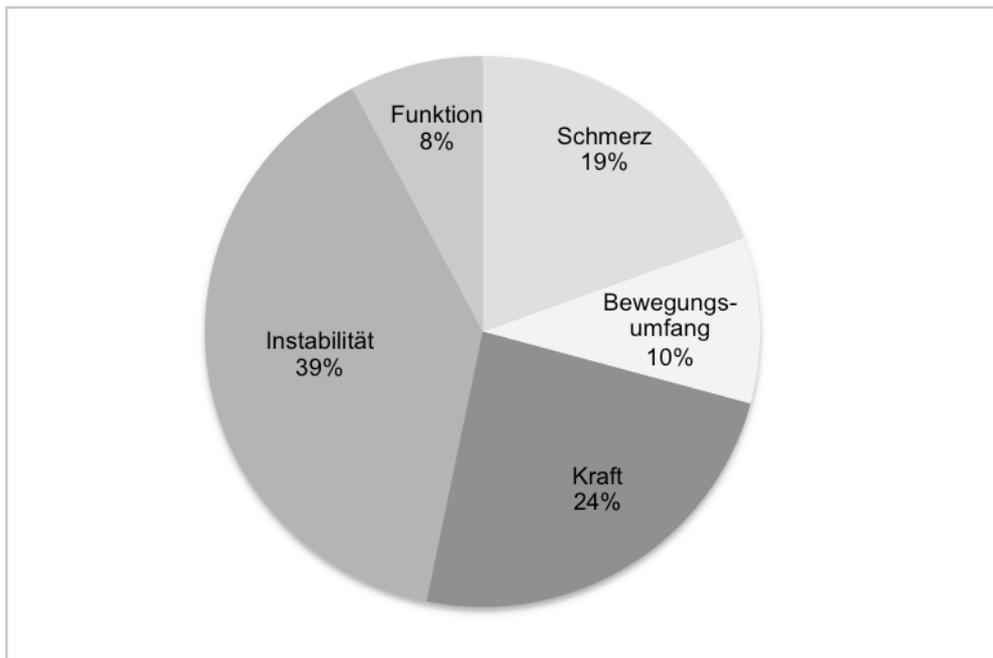


Abb. 9: Kategoriengewichtung des Broberg-Morrey-Scores in % von 100 Punkten

In der Kategorie Schmerz können maximal 30 Punkte („keine Schmerzen“) und minimal 0 Punkte („völlige Behinderung“) erreicht werden. Die Abstufungen dazwischen gehen auf die Einnahme von Schmerzmitteln sowie die Dauer und Intensität der Schmerzen ein. Das Bewegungsausmaß mit maximal 37 erreichbaren Punkten wird in den vier Bewegungsrichtungen Flexion, Extension, Pronation und Supination beurteilt. Auf die gleiche Weise wird die grobe Kraft gemessen (maximal 15 Punkte). Die Instabilität ist untergliedert in die zwei Hauptrichtungen anterior/posterior und medial/lateral. Es werden 0 Punkte („schwere Instabilität $>10^{\circ}$ “) bis 3 Punkte („keine Instabilität“) vergeben. Die Funktion des Ellenbogens wird anhand von zwölf Fragen bezüglich Aktivitäten des Alltags bewertet. Für jede Frage kann höchstens einen Punkt erreichen werden.

Der Score wird durch Addition aller in den Teilkategorien erhaltenen Punkte errechnet, wobei maximal 100 Punkte erzielt werden können. Die Ergebnisse wurden anschließend nach folgendem Schema bewertet:

- 95-100 Punkte: hervorragend
- 80-94 Punkte: gut
- 50-79 Punkte: ausreichend
- < 50 Punkte: schlecht

2.3.3.3 DASH-Score

Der DASH-Score (Disability of Arm, Shoulder, Hand) ist ein subjektiver Fragebogen, der die Globalfunktion der oberen Extremität beurteilt. Er besteht aus drei Teilbereichen. Der erste Teil bewertet die Fähigkeiten im Alltag und besteht bei der kurzen Version des DASH, dem Quick-DASH, aus elf Fragen. Die anderen beiden Teilbereiche sind optional und umfassen die Schwierigkeiten, die im sportlichen/musikalischen und beruflichen Bereich auftreten können. Die Auswertung erfolgt für jeden Teilbereich gesondert. Aus dem jeweiligen Rohwert, der sich aus der Summe der erreichten Punkte ergibt, wird mit folgenden Formeln das Ergebnis des jeweiligen Moduls berechnet:

- Quick-DASH:

$$\left[\frac{\text{Rohwert}}{\text{Anzahl der beantworteten Fragen}} - 1 \right] \times 25 = \text{Quick-DASH-Wert (0-100)}$$

- DASH-Sport/Musik und DASH-Arbeit:

$$\frac{(\text{Rohwert}-4)}{0.16} = \begin{cases} \text{DASH-Sport (0-100)} \\ \text{DASH-Arbeit (0-100)} \end{cases}$$

Ein Punktwert von 0 bedeutet eine völlig intakte Funktion des Ellenbogengelenks ohne Einschränkung, während ein Punktwert von 100 eine maximale Beeinträchtigung darstellt⁴⁷.

2.3.3.4 Lysholm-Score

Der Lysholm-Score wurde ursprünglich für die Bewertung von Bandverletzungen des Kniegelenks entwickelt, ist mittlerweile aber auch für die Beurteilung von Knorpelschäden validiert⁸³ und dient in dieser Studie zur Evaluation der sogenannten

Donor-Site-Morbidität. Darunter versteht man das mögliche Auftreten von Beschwerden im ipsilateralen Kniegelenk durch die Entnahme des Spenderzylinders. Es werden acht Unterkategorien unterschieden: Hinken, Belastung, Blockierung, Instabilität, Schmerzen, Schwellung, Treppensteigen, Hocken. Für jedes Kriterium können vom Patienten verschiedene Punktzahlen in einer Höhe von minimal 0 bis maximal 25 vergeben werden. Die Punkte der einzelnen Kategorien und damit auch deren Gewichtung sind im Fragenbogen fest vorgegeben.

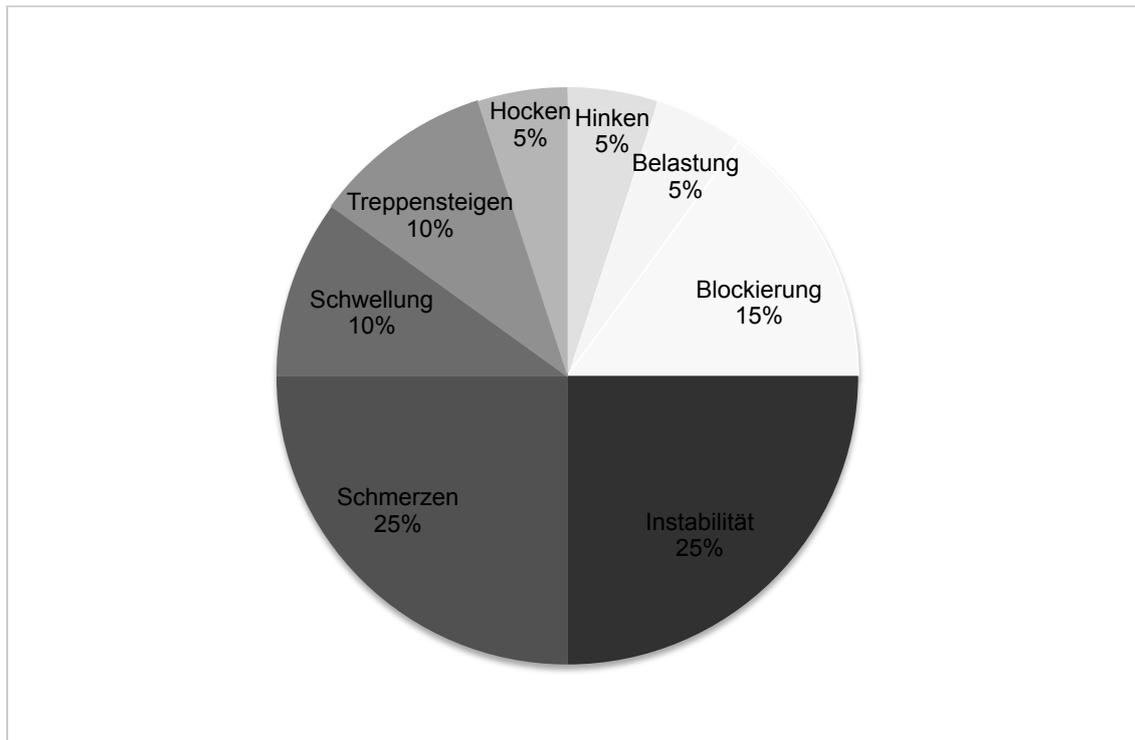


Abb. 10: Kriteriengewichtung des Lysholm-Scores in % von 100 Punkten

Die Auswertung erfolgt durch Zusammenzählen aller in den Kategorien vergebenen Punktzahlen. Minimal können 0 Punkte, maximal 100 Punkte erreicht werden. Je höher die Punktzahl, desto besser die Kniefunktion. Da keiner der Patienten vor der Zylinderentnahme Knieprobleme angab, wurde der präoperative Wert für alle Studienteilnehmer gleich 100 gesetzt.

2.3.4 Bildgebende Verfahren

2.3.4.1 Röntgen

Von allen im Klinikum Rechts der Isar nachuntersuchten Patienten konnten Röntgenbilder des Ellenbogengelenks in zwei Ebenen (a.p. und lateral) angefertigt werden. Diese wurden anhand der Kellgren-Lawrence-Klassifikation auf den Grad

der Arthrose hin überprüft¹⁵⁶. Die Auswertung erfolgte in Zusammenarbeit mit der radiologischen Abteilung des Klinikums Rechts der Isar.

Tab. 4 Klassifikation des Arthrosegrades nach Kellgren und Lawrence, nach¹⁵⁶

Grad	Röntgenologischer Befund
0	Keine Arthrosezeichen
1	Fraglicher Nachweis von Osteophyten
2	Sicherer Nachweis von Osteophyten, keine Gelenkspaltverschmälerung
3	Mäßige Gelenkspaltverschmälerung
4	Gelenkspalt erheblich verschmälert bzw. aufgehoben

2.3.4.2 Magnetresonanztomographie

Mit Ausnahme eines Patienten (Nr. 21) wurden von allen Patienten aktuelle MRT-Aufnahmen in der radiologischen Abteilung des Klinikums Rechts der Isar angefertigt. Patient Nr. 21 hatte eine Woche vor dem Nachuntersuchungstermin MRT-Bilder extern anfertigen lassen und brachte diese Aufnahmen zur Untersuchung mit. Die Magnetfeldstärke des Geräts (Magnetom Verio, Fa. Siemens) betrug 3 Tesla. Unter Anwendung einer Extremitätenspule wurden vier Serien angefertigt:

- cor T1 tse 448 + Drive (= T1-gewichtete Turbo-Spin-Echo-Sequenz mit Drive in koronarer Schichtführung) mit
 - einer Schichtdicke von 2,5 mm
 - einer Aufnahmezeit von 5:02 min, Repetitionszeit von 1130 msec, Echozeit von 13 msec
 - einer Anzahl von 291 Schichten
 - einem Flipwinkel von 176 Grad
- sag T1 tse 448 +Drive (= T1-gewichtete Turbo-Spin-Echo-Sequenz mit Drive in sagittaler Schichtführung) mit
 - einer Schichtdicke von 3 mm
 - einer Aufnahmezeit von 3:45 min, Repetitionszeit von 999 msec, Echozeit von 13 msec,
 - einer Anzahl von 261 Schichten

- einem Flipwinkel von 176 Grad
- cor PD fs 448 p2 (= protonendichte-gewichtete Sequenz mit frequenzselektiver Fettsignalunterdrückung in koronarer Schichtführung) mit
 - einer Schichtdicke von 2,5 mm
 - einer Aufnahmezeit von 5:16 min, Repetitionszeit von 3350 msec, Echozeit von 37 msec,
 - einer Anzahl von 291 Schichten
 - einem Flipwinkel von 162 Grad
- sag PD fs 448 p2 (= protonendichte-gewichtete Sequenz mit frequenzselektiver Fettsignalunterdrückung in sagittaler Schichtführung) mit
 - einer Schichtdicke von 3 mm
 - einer Aufnahmezeit von 3:40 min, Repetitionszeit von 2880 msec, Echozeit von 37 msec,
 - einer Anzahl von 261 Schichten
 - einem Flipwinkel von 162 Grad

Die Auswertung erfolgte in Zusammenarbeit mit der Radiologie anhand eines dafür speziell erstellten MRT-Protokolls mit folgenden Kriterien:

- Integration und Vitalität des transplantierten Zylinders
- Inkongruenz
- Zysten
- subchondrales Ödem
- Knorpeldefekt am Capitulum humeri
- Knorpeldefekt am Radiusköpfchen

3. Ergebnisse

3.1 Anamnese

Komplikationen

Mit Ausnahme eines Patienten (Nr. 19), dessen Knie nach der Operation geschwollen war, gaben alle anderen Patienten bei der Befragung keine postoperativen Komplikationen an.

Einschränkungen im Alltag

13 der 17 Patienten fühlen sich weder im Beruf noch in der Freizeit (z.B. beim Sport) durch das betroffene Ellenbogengelenk eingeschränkt. Zwei Patienten (Nr. 4 und 10) verspüren Schmerzen nach ungefähr einer Stunde Tennis spielen. Ein Patient (Nr. 4) hat Probleme beim Schreiben in der Universität, ein anderer (Nr. 5) beim Heben von schweren Gewichten, vor allem mit gestrecktem Ellenbogen. Bei Patient Nr. 18 war die Beeinträchtigung durch den Ellenbogen so groß, dass er seinen Beruf aufgeben musste und auch nach der Operation bis zum Untersuchungszeitpunkt nicht mehr arbeitsfähig war.

Sportliche Leistungsfähigkeit

Vor dem Auftreten der Beschwerden im Ellenbogengelenk betrieben sieben Patienten (Nr. 3, 4, 5, 8, 12, 13, 15) Leistungssport im Bereich Turnen, Ski-Alpin, Fußball oder Tennis. Neun Patienten machten Sport in der Freizeit (Fußball, Volleyball, Handball, Tennis, Schwimmen). Ein Patient (Nr. 18) war nicht sportlich aktiv. Zum Zeitpunkt des Follow-up gaben noch zwei Patienten (Nr. 13 und 15) einen Leistungssport an. 12 Patienten treiben Sport in der Freizeit und drei Patienten (Nr. 5, 12, 18) machen keinen Sport mehr. Keiner dieser Patienten gab jedoch eine Ellenbogenproblematik als Grund für die abgenommene sportliche Leistungsfähigkeit an. Zwei Patienten (Nr. 5 und 12) können momentan aus zeitlichen Gründen keinen Sport mehr treiben. Die meisten Patienten, die zuvor Sport auf Leistungsniveau betrieben hatten, mussten diesen aufgeben, da sie in ihrer Altersklasse nicht mehr mithalten konnten.

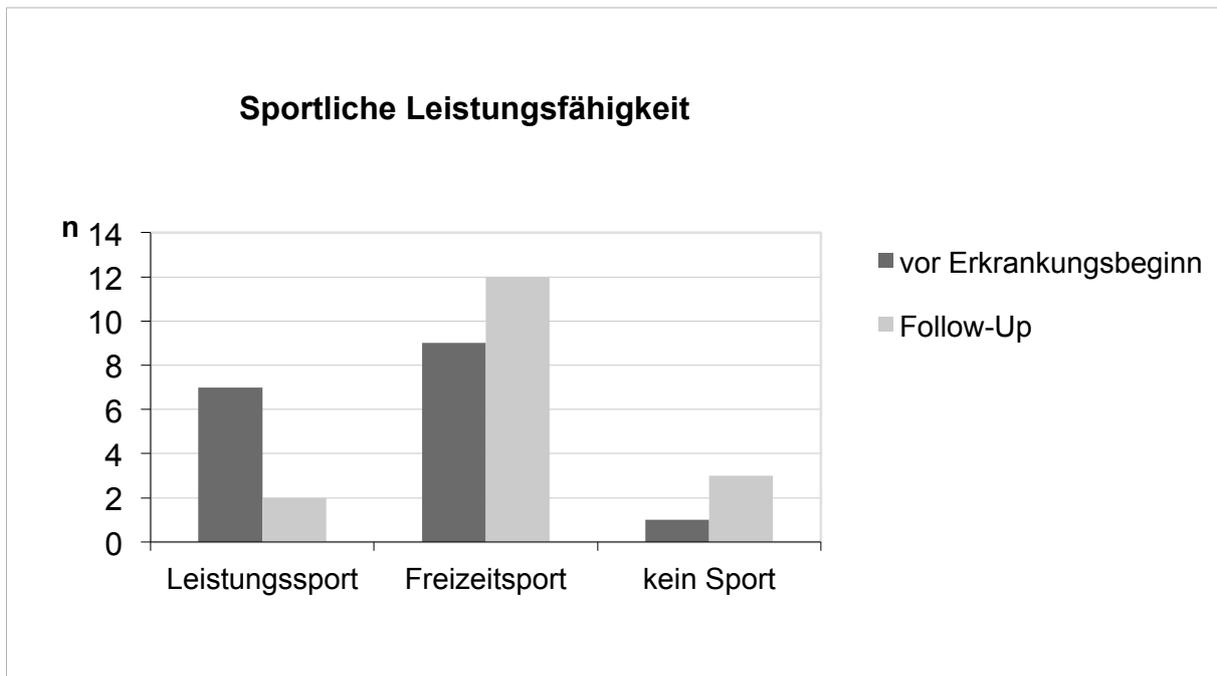


Abb. 11: Sportliche Leistungsfähigkeit vor Erkrankungsbeginn und zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung

Schmerzcharakter

Sieben Patienten sind völlig schmerzfrei. Gelegentlich Schmerzen haben sieben Patienten (Nr. 1, 4, 5, 6, 8, 11, 20), Schmerzen bei Belastung gaben drei Patienten an (Nr. 4, 15, 18). Zwei Studienteilnehmer (Nr. 4 und 18) beschrieben eine Gebrauchsstörung. Niemand klagte über Dauerschmerz oder Blockierungen.

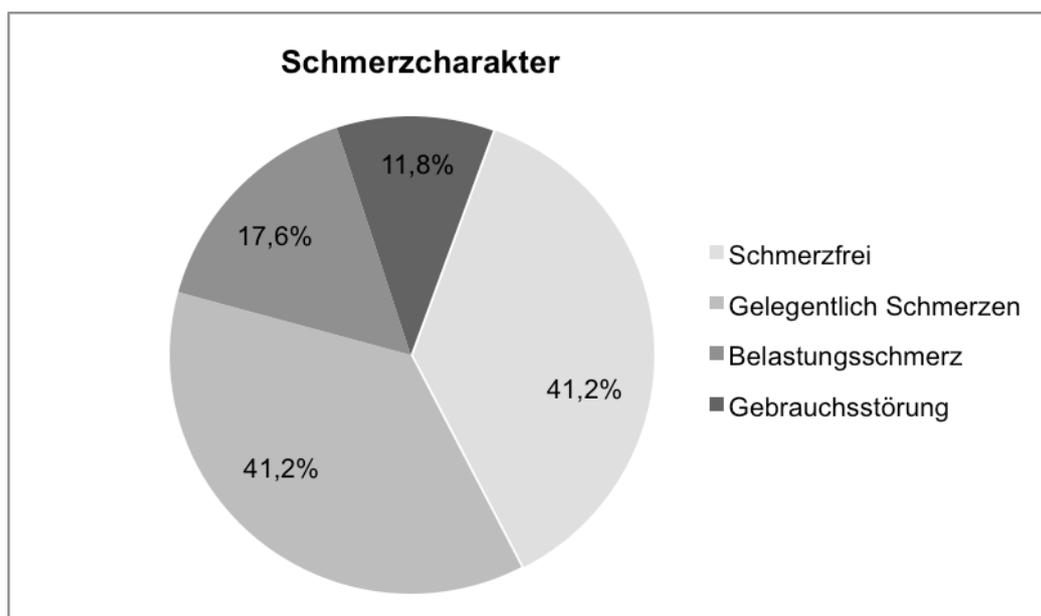


Abb. 12: Schmerzcharakter des betroffenen Ellenbogengelenks

Ein Patient (Nr. 18) nahm bei Bedarf Schmerzmittel ein. Alle anderen benötigten keine Schmerzmedikation.

Folgeeingriffe

Ausgenommen eines Patienten (Nr. 18) wurde bei allen Patienten nach der OATS-Operation bis zum Untersuchungszeitpunkt kein weiterer Eingriff am Ellenbogen vorgenommen. Patient Nr. 18 erhielt im Jahre 2007 eine Arthrolyse ex domo.

Patientenzufriedenheit

Das Globalurteil zur subjektiven Zufriedenheit mit der Operation und dem postoperativen Verlauf wurde anhand einer Ordinalskala (Sehr gut, gut, mäßig, schlecht, sehr schlecht) erfasst.

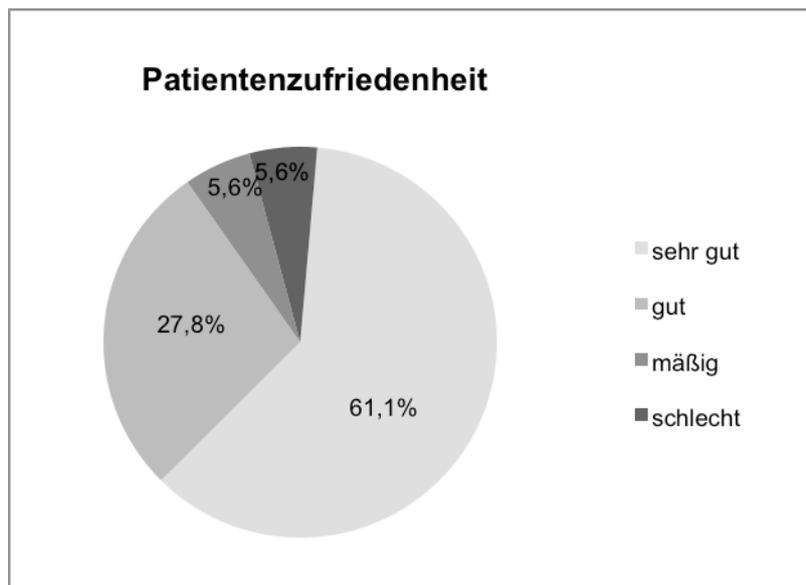


Abb. 13: Zufriedenheit der Patienten mit der Operation und dem postoperativen Verlauf

3.2 Klinische UntersuchungInspektion

Bei der Inspektion erschienen alle Narben reizlos und blande ohne jegliche Rötung oder Keloidbildung. Das Ellenbogengelenk war bei keinem der Patienten geschwollen oder überwärmt. Blockierungen waren ebenso nicht vorhanden. Bei zwei Patienten waren Krepitationen spürbar. Diese waren bei Patient Nr. 1 einfach positiv und bei Patient Nr. 18 zweifach positiv.

Palpation

Drei Patienten (Nr. 12, 18, 21) gaben einen Druckschmerz über dem Capitulum an. Bei allen anderen war kein Druckschmerz auslösbar. Es bestand bei Patient Nr. 20 eine leichte Hypästhesie im Narbenbereich, alle anderen hatten eine intakte Sensibilität.

Funktion

Der Bewegungsumfang wurde von beiden Ellenbogengelenken notiert. Im Vergleich zum gesunden Ellenbogen ergab sich keine Einschränkung in Flexion und Extension. Pronation und Supination wurden ebenfalls bei allen Patienten seitengleich gemessen.

Tab. 5 Bewegungsumfang des operierten Ellenbogengelenks verglichen mit der kontralateralen Seite

Bewegungsumfang in °				
Betroffene Seite	Flexion	Extension	Pronation	Supination
Mean ± SD	132 ± 4	-2 ± 4	90 ± 0	90 ± 0
Maximum	140	-10	90	90
Minimum	130	5	90	90
Gegenseite	Flexion	Extension	Pronation	Supination
Mean ± SD	132 ± 4	-2 ± 4	90 ± 0	90 ± 1
Max.	140	-10	90	90
Min.	130	0	90	85
Differenz	0	0	0	0

3.3 Klinische Scores

3.3.1 ASES-E-Score

Bei der Beurteilung des Schmerzes anhand einer visuellen Analogskala von 0 bis 10 ergaben sich bei der Nachuntersuchung für die in 2.3.3.1 beschriebenen Situationen im Durchschnitt folgende Ergebnisse:

Die Studienteilnehmer vergaben für den schlimmsten Schmerz, den sie in der letzten Woche im betroffenen Ellenbogen verspürt hatten, einen mittleren Punktwert von $1,5 \pm 1,5$ Punkten (0-5 P.), wobei sechs Patienten überhaupt keine Schmerzen hatten. Mit Ausnahme eines Patienten (Nr. 18), der 5 Punkte vergab, hatten alle Patienten keine Ruheschmerzen. Daraus ergab sich eine durchschnittliche Punktzahl von $0,3 \pm 1,2$ Punkten (0-5 P.).

Die Bewertung des Schmerzes beim Heben eines schweren Gewichts betrug im Mittel $2,6 \pm 2,0$ Punkte (0-8 P.).

Für die Situation „Schmerz bei wiederholten Bewegungen im Ellenbogengelenk“ wurden durchschnittlich $1,5 \pm 2,1$ Punkte (0-8 P.) vergeben.

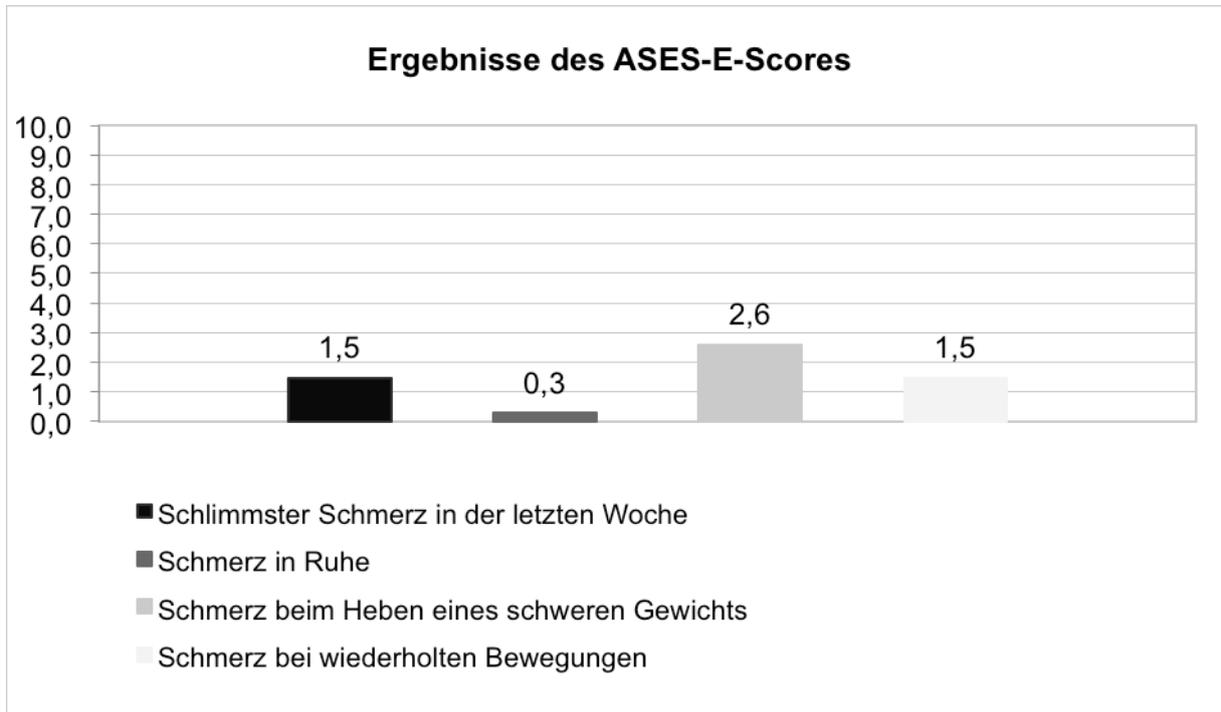


Abb. 14: Ergebnisse des ASES-E-Scores

3.3.2 Broberg-Morrey-Score

In den fünf Subkategorien des Broberg-Morrey-Scores wurden folgende Ergebnisse erzielt:

- Schmerz:

Bei maximal erreichbaren 30 Punkten ergab sich ein durchschnittlicher Wert von $25,9 \pm 4,6$ Punkten (10-30 P.). Sechs Patienten (Nr. 2, 4, 12, 13, 14, 19) hatten keine Schmerzen, zehn Patienten (Nr. 1, 5, 6, 7, 8, 10, 11, 15, 20, 21) leichte Schmerzen nach längerer körperlicher Aktivität (25 P.) Nur ein Patient (Nr. 18) hatte stärkere Schmerzen bzw. nahm häufiger Schmerzmittel ein (10 P.).

- Bewegungsumfang:

Innerhalb dieser Kategorie mit maximal 37 Punkten werden die einzelnen Bewegungsrichtungen unterschiedlich gewichtet. Beträgt die Flexion über 120° , so wird das Maximum von 17 Punkten erreicht. Bei einer Extensionseinschränkung von weniger als 10° erhält der Patient das Maximum von 8 Punkten. Für Pro- und Supination werden pro Grad 0,1 Punkte vergeben, maximal je 6 Punkte.

Alle Patienten erhielten in allen Bewegungsrichtungen die volle Punktzahl.

- Kraft:

Mit normaler Kraft (100%) erreicht der Patient 15 Punkte, davon 5 Punkte für Flexion, 4 Punkte für Extension und jeweils 3 Punkte für Pro- und Supination. Die Kraft wird dabei prozentual abgestuft. Kann der Studienteilnehmer nur noch weniger als 10% seiner ursprünglichen Kraft aufbringen, so erhält er in allen Teilkategorien 0 Punkte.

Bis auf Patient Nr. 18 hatten alle Patienten volle Kraft und damit die maximale Punktzahl. Im Mittel erzielten die Patienten $4,9 \pm 0,2$ Punkte für die Flexion, $3,9 \pm 0,2$ Punkte für die Extension, $2,9 \pm 0,2$ Punkte für die Pronation und $2,9 \pm 0,2$ Punkte für die Supination. Der durchschnittliche Gesamtwert in dieser Kategorie lag bei $14,8 \pm 0,2$ Punkten (11-15 P.).

- Instabilität:

Ist der Ellenbogen in a.p.- und mediolateraler Richtung stabil, werden je drei Punkte erreicht. Eine leichte Instabilität liegt bei einer Aufklappbarkeit des Ellenbogens von weniger als 5 mm bzw. 5° zugrunde (2 P.). Das Gelenk ist schwer instabil, wenn es um mehr als 10 mm bzw. 10° aufklappbar ist (0 P.). Ein Wert dazwischen ist als mäßige Instabilität anzusehen (1 P.).

Es erreichten alle Studienteilnehmer die volle Punktzahl (6 P.).

- Funktion:

Die Funktion des Ellenbogens wird anhand von Fähigkeiten bemessen, bestimmte Bewegungen des Alltags durchführen zu können. Die zwölf Fähigkeiten werden jeweils mit maximal einem Punkt bewertet. Bei leichter Beeinträchtigung erhält man 0,75 Punkte. Bei größeren Schwierigkeiten, die Tätigkeit durchzuführen, gibt es 0,5 Punkte. Benötigt man dabei Hilfe, so werden 0,25 Punkte vergeben. Null Punkte werden notiert, wenn die Durchführung überhaupt nicht möglich ist. Nach folgenden Fähigkeiten wurde gefragt:

1. Schürzengriff
2. Aufstehen vom Stuhl
3. Analhygiene
4. Waschen der gegenseitigen Achselhöhle
5. Essen mit Besteck
6. Haare kämmen

7. 5-7 kg tragen
8. Anziehen
9. Ziehen
10. Werfen
11. Normale Arbeit verrichten
12. Normalen Sport ausüben

Mit Ausnahme eines Patienten (Nr. 18) konnten alle die oben genannten Tätigkeiten voll ausführen. Es wurden durchschnittlich $11,8 \pm 0,2$ Punkte (8-12 P.) erreicht. Patient Nr. 18 gab eine leichte Beeinträchtigung bei Schürzengriff, Aufstehen vom Stuhl, Analhygiene, Waschen der gegenseitigen Achselhöhle, Essen mit Besteck, Anziehen, Haare kämmen und Verrichtung der normalen Arbeit an. Beim Tragen von 5-7 kg, Ziehen und Werfen sowie der Ausübung von Sport habe er größere Schwierigkeiten.

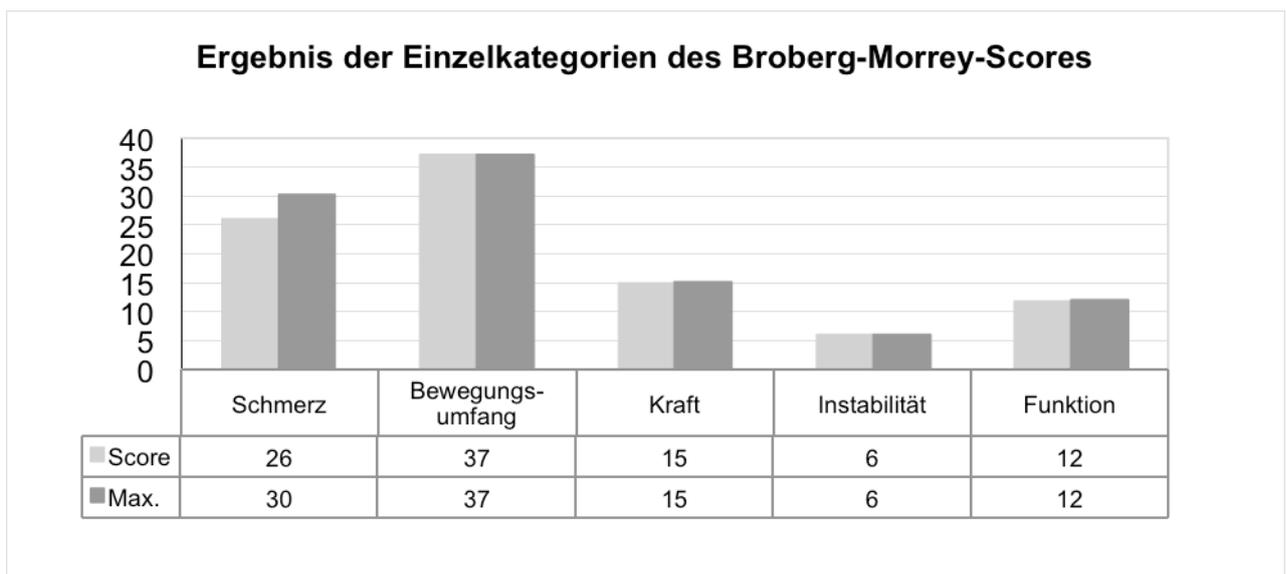


Abb. 15: Ergebnisse der einzelnen Kategorien des Broberg-Morrey-Scores

Die Gesamtpunktzahl des Broberg-Morrey-Scores beträgt maximal 100 Punkte. Es wurden durchschnittlich $95,4 \pm 6,3$ Punkte (72-100 P.) erreicht. Sechs Patienten (Nr. 2, 4, 12, 13, 14, 19) hatten volle Punktzahl, zehn Patienten (Nr. 1, 5, 6, 7, 8, 10, 11, 15, 20) erzielten 95 Punkte. Somit ergab sich bei 16 Patienten (94,1%) ein hervorragendes Ergebnis. Lediglich bei einem Patienten (Nr. 18) war das Ergebnis mit 72 Punkten ausreichend.

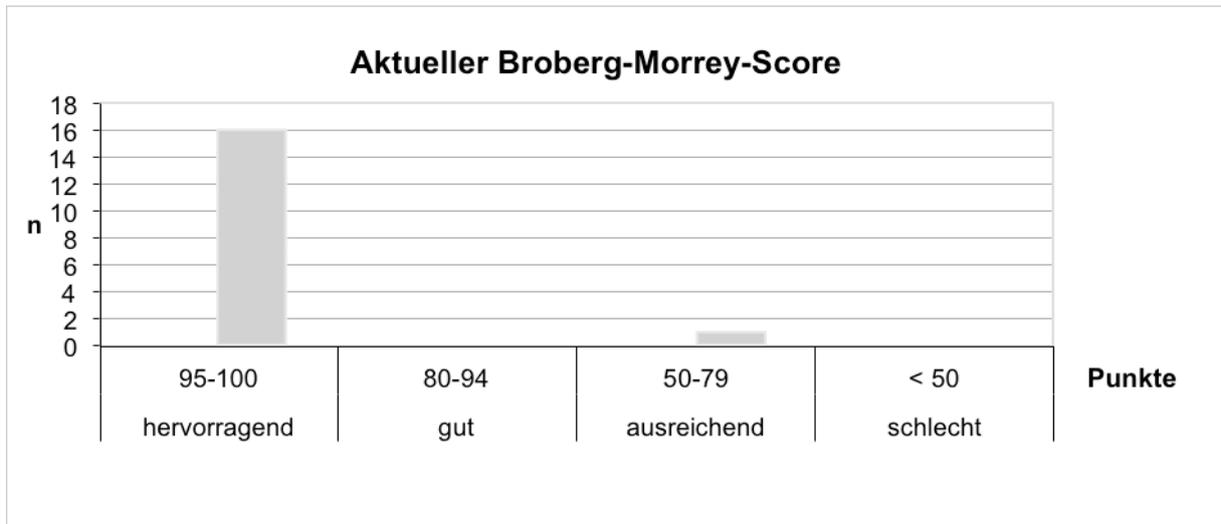


Abb. 16: Bewertung der Ergebnisse des aktuellen Broberg-Morrey-Scores

3.3.3 DASH-Score

Die elf Fragen des allgemeinen Teils des Quick-DASH zielen auf die Funktion (z.B. „Rücken waschen“, „Einkaufstasche tragen“, „Messer benutzen“) und Beschwerdesymptomatik der oberen Extremität (Schmerzen, Parästhesien, schmerzbedingte Schlafstörungen) in der vergangenen Woche ab. Pro Frage können minimal ein Punkt (= keine Schwierigkeiten, die Tätigkeit auszuführen) bis maximal fünf Punkte (= Ausführen der Tätigkeit nicht möglich) erreicht werden. Es kann eine Gesamtpunktzahl von 0-100 erzielt werden. Je höher diese ausfällt, desto höher ist die subjektiv empfundene Einschränkung. Im Mittel ergab sich für den Quick-DASH ein Wert von $10,4 \pm 17,0$ Punkten (0-73 P.).

Das optionale Sport/Musik-Modul geht auf die Einschränkungen bei speziellen Aktivitäten von Musikern oder Athleten ein, die im ersten allgemeinen Teil nicht ausreichend erfasst werden. Nicht sportlich/musikalisch aktive Patienten ließen diesen Teil aus. Das Modul besteht aus vier Fragen, deren Punkteabstufung dem allgemeinen Teil gleicht. Es wird darauf eingegangen, ob die Aktivität noch in der gewohnten Art und Weise sowie Dauer ausgeführt werden kann oder durch Schmerzen beeinträchtigt wird. Zwölf Patienten (71%) machten zu diesem Teilbereich Angaben. Durchschnittlich wurden $15,8 \pm 25,8$ Punkte (0-88 P.) erreicht.

Das optionale Arbeits-Modul erfasst, analog zum Sport/Musik-Modul, die Schwierigkeiten, die Hauptbeschäftigung auszuführen. Patienten, die nicht berufstätig waren, füllten dieses Modul nicht aus. Bei den elf berufstätigen Patienten (65%) zeigte sich eine mittlere Punktzahl von $4,5 \pm 7,1$ (0-19 P.).

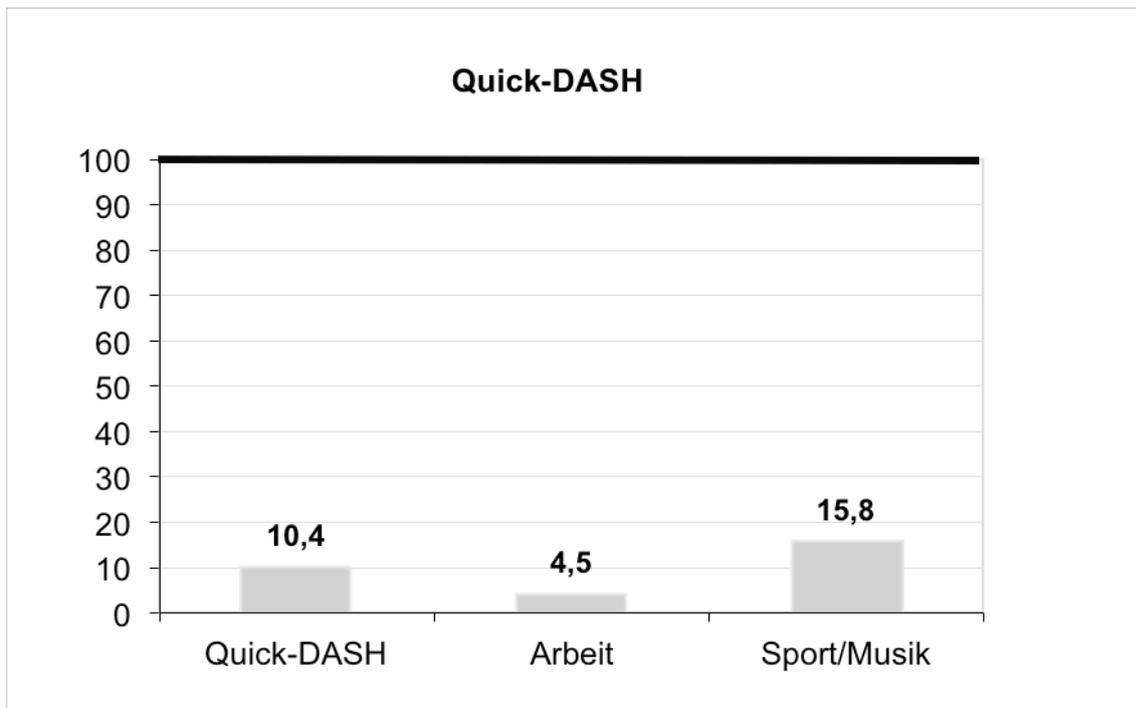


Abb. 17: Ergebnisse des aktuellen Quick-DASH

3.3.4 Lysholm-Score

Für die acht Teilkategorien des Lysholm-Scores ergaben sich folgende Ergebnisse:

- **Hinken:**
In der Kategorie Hinken wird zwischen „kein Hinken“ (5 P.), „geringes bzw. zeitweises Hinken“ (3 P.) und „starkes bzw. ständiges Hinken“ (1 P.) differenziert.
14 Patienten hinken nicht, zwei Patienten (Nr. 10, 18) gaben leichtes bzw. zeitweises Hinken an, keiner hinkte schwer. Für die Studienteilnehmer ergab sich somit im Durchschnitt eine Punktzahl von $4,8 \pm 0,6$ (3-5 P.).
- **Belastung:**
Bei Vollbelastung können fünf Punkte erreicht werden, unter Zuhilfenahme von Gehstützen drei Punkte. Ist keine Belastung möglich, so wird kein Punkt vergeben.
Alle Patienten konnten das Kniegelenk voll belasten und erreichten somit den Maximalwert von 5 Punkten.
- **Blockierung:**
Haben die Patienten weder Blockierungen noch ein Gefühl der Einklemmung so werden 15 Punkte vergeben. Besteht ein Gefühl der Einklemmung, aber keine Blockierung, gibt es 10 Punkte. Es folgt eine weitere Abstufung nach

„gelegentlichen Blockierungen“ (6 P.), „häufigen Blockierungen“ (2 P.) und „blockiertes Gelenk bei Untersuchung“ (0 P.).

15 Patienten erreichten die Maximalpunktzahl, zwei Patienten (Nr. 7, 8) hatten ein Einklemmungsgefühl, aber keine Blockierung. Es ergab sich im Mittel ein Punktwert von $14,4 \pm 1,6$ (10-15 P.).

- Instabilität:

Die Instabilität des Kniegelenks wird anhand des sogenannten „Giving way“-Phänomens gemessen. Es handelt sich dabei um ein Wegknicken bzw. Nachgeben des Kniegelenks beim Laufen oder Gehen. Wird dieses Phänomen vom Patienten nie beobachtet, so erreicht er 25 Punkte. Tritt das „Giving way“ nur selten während des Sports oder bei einer anderen schweren Anstrengung auf, erhält man 20 Punkte. Kommt es häufiger bei diesem Aktivitätsgrad vor, werden 15 Punkte vergeben. Das gelegentliche oder häufige Wegknicken schon bei Tätigkeiten des Alltags wird mit 10 bzw. 5 Punkten bemessen. Spürt der Patient bei jedem Schritt ein Nachgeben des Kniegelenks, erreicht er keinen Punkt.

Innerhalb dieser Kategorie wurden durchschnittlich $21,5 \pm 5,6$ Punkte (10-25 P.) vergeben. 11 Patienten zeigten keine Instabilität. Bei drei Patienten (Nr. 8, 10, 15) ist das Kniegelenk selten während des Sports oder anderer schwerer Anstrengung instabil. Ebenfalls drei Patienten (Nr. 6, 7, 18) gaben ein „Giving way“ gelegentlich bei Alltagstätigkeiten an.

- Schmerzen:

Ohne Schmerzen im Kniegelenk erreicht der Patient 25 Punkte. Intermittierende oder leichte Schmerzen werden mit 15 Punkten, regelmäßige oder ausgeprägte Schmerzen bei schwerer Anstrengung mit 10 Punkten bewertet. Weiter unterscheidet man zwischen dem Auftreten von deutlichen Schmerzen während oder nach dem Gehen von mehr (10 P.) oder weniger (5 P.) als 2 km. Bei ständigen Schmerzen erhält der Patient null Punkte.

Es wurden im Durchschnitt $22,6 \pm 2,5$ Punkte (20-25 Punkte) erreicht. Neun Patienten hatten keine Schmerzen. Acht Patienten (Nr. 6, 7, 8, 10, 11, 13, 18, 20) gaben unregelmäßige oder geringe Schmerzen im Rahmen schwerer Anstrengung an.

- Schwellung:

Ist das Kniegelenk nie geschwollen, so wird dies mit 10 Punkten bewertet. Beim Anschwellen des Kniegelenks bei schwerer Anstrengung werden 6 Punkte vergeben, bei gewöhnlicher Anstrengung 2 Punkte. Mit einem ständig geschwollenen Kniegelenk wird kein Punkt erreicht.

Unter den Studienteilnehmern ergab sich ein mittlerer Wert von $9,8 \pm 0,5$ Punkten (6-10 P.). 16 Patienten hatten keine Schwellung. Lediglich ein Patient (Nr. 20) gab ein Anschwellen des Kniegelenks bei schwerer Anstrengung an.

- Treppensteigen:

Haben die Patienten keine Probleme beim Treppensteigen, so erhalten sie 10 Punkte. Ist die Tätigkeit ein wenig beeinträchtigt, werden 6 Punkte vergeben. Kann eine Treppe nur Schritt für Schritt geschafft werden, gibt es 2 Punkte. „Treppensteigen nicht möglich“ entspricht null Punkten.

Der Mittelwert betrug in dieser Kategorie $9,1 \pm 1,7$ Punkte (6-10 Punkte). 13 Patienten hatten keine Probleme, bei vier Patienten (Nr. 6, 7, 10, 18) war das Treppensteigen etwas beeinträchtigt.

- Hocken:

Kein Problem, in die Hocke zu gehen, führt zu 5 Punkten. Ist das Hocken ein wenig beeinträchtigt, dann erreicht man 4 Punkte. Kann der Patient die Hocke nicht über 90° ausführen, so erhält er 2 Punkte. Null Punkte werden vergeben, wenn das Hocken gar nicht möglich ist.

Es wurden durchschnittlich $4,8 \pm 0,4$ Punkte (4-5 P.) erzielt. 14 Patienten waren ohne Probleme in der Lage, in die Hocke zu gehen. Ein wenig beeinträchtigt war das Hocken bei drei Patienten (Nr. 6, 7, 8).

Die folgende Abbildung zeigt die Zusammenschau der in den einzelnen Subkategorien erreichten mittleren Punktwerte im Vergleich zu den jeweiligen präoperativen Werten (entsprechen den Maximalwerten, da keiner der Patienten vor der Operation Knieprobleme hatte).

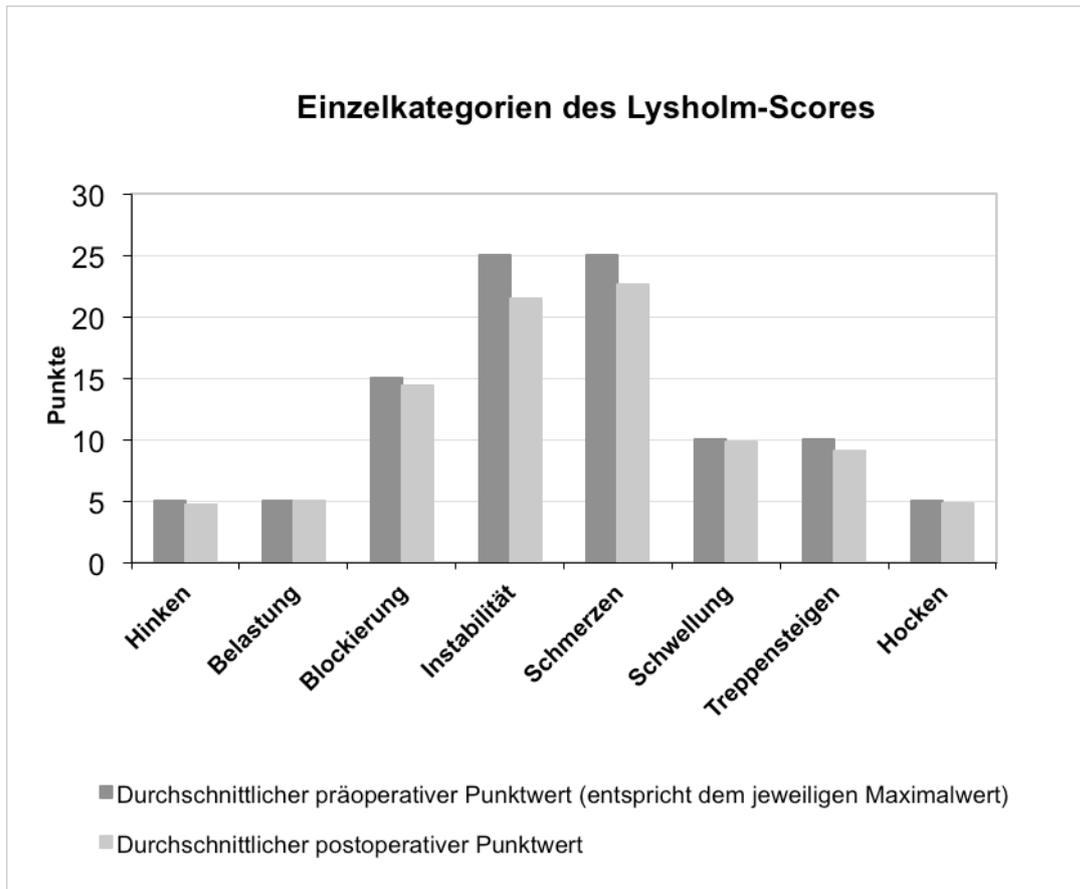


Abb. 18: Ergebnisse der einzelnen Kategorien des Lysholm-Scores

Für den gesamten Score ergibt sich unter den Studienteilnehmern ein Durchschnittswert von $91,9 \pm 10,6$ Punkten (70-100 P.).

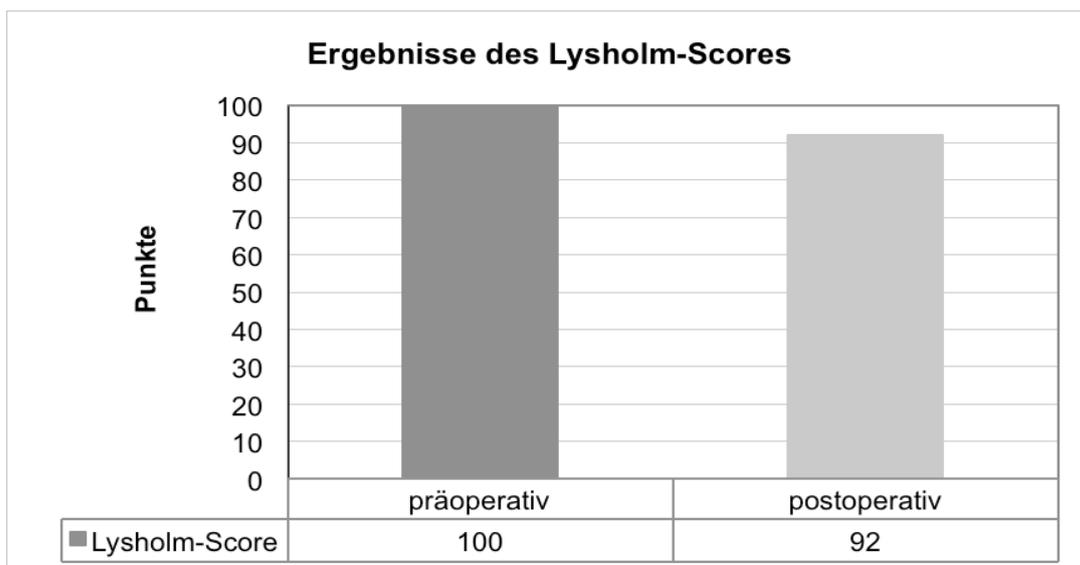


Abb. 19: Gesamtergebnis des aktuellen Lysholm-Scores verglichen mit präoperativ

Acht Patienten (47,1%) erreichten die Maximalpunktzahl. Die prozentuale Verteilung der Gesamtergebnisse des Lysholm-Scores in 10-Punkte-Abstufungen wird in folgender Abbildung aufgezeigt.

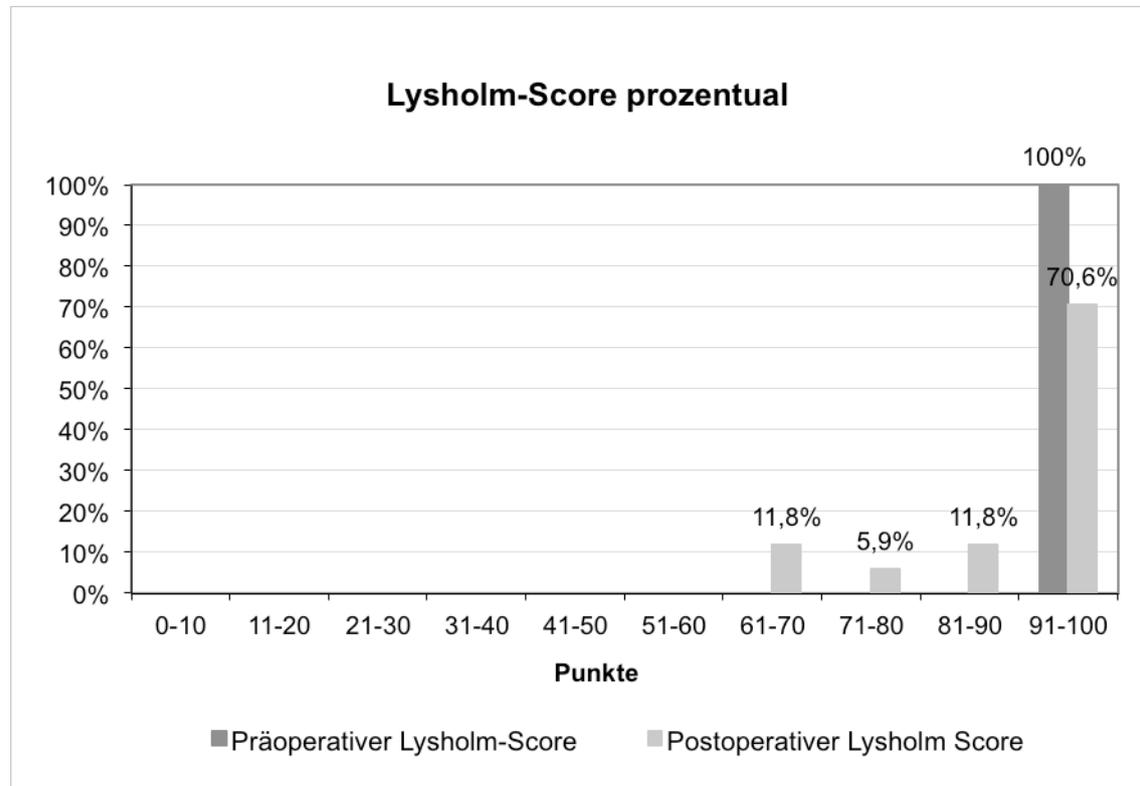


Abb. 20: Prozentuale Verteilung der erreichten Punktwerte des Lysholm-Scores

3.4 Bildgebende Verfahren

3.4.1 Röntgen

Die Evaluation der Röntgenbilder anhand der Klassifikation nach Kellgren und Lawrence ergab, dass 14 der 17 Patienten (82%) keinerlei Zeichen einer Arthrose aufwiesen. Bei zwei Patienten (Nr. 1 und Nr. 3) zeigte sich eine geringgradige Arthrose mit beginnender Ausbildung von Osteophyten. Ein Patient (Nr. 18) hatte deutliche Osteophyten, jedoch noch keine Gelenkspaltverschmälerung. Die Einstufung erfolgte daher als moderate Arthrose.

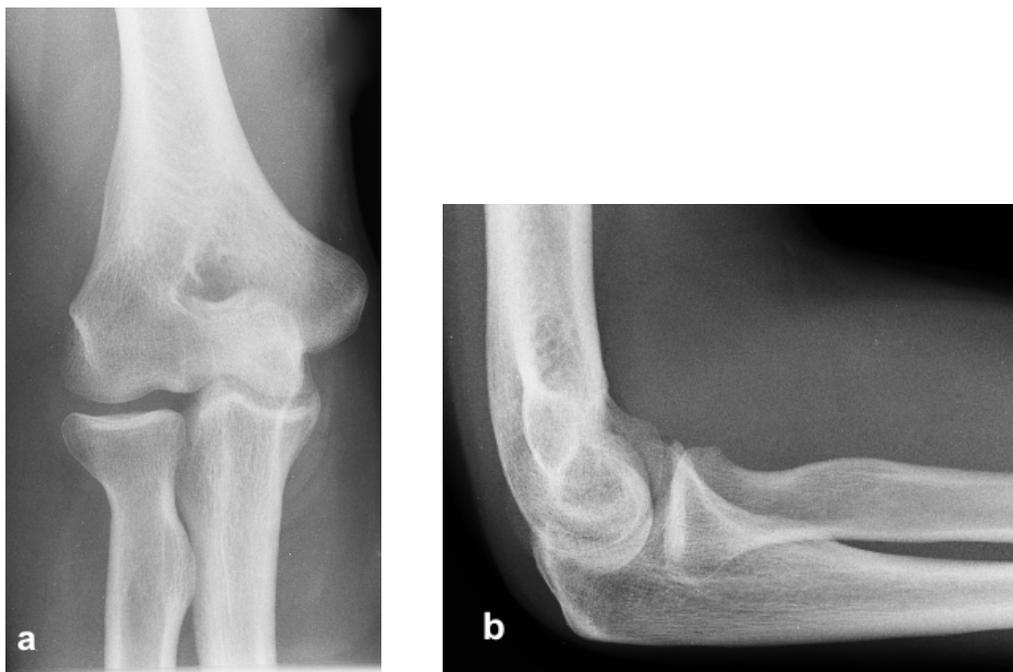


Abb. 21: Rechter Ellenbogen ohne Anzeichen von Arthrose (Pat. Nr. 5; 8,8 J. postop)
a a.p. b lateral

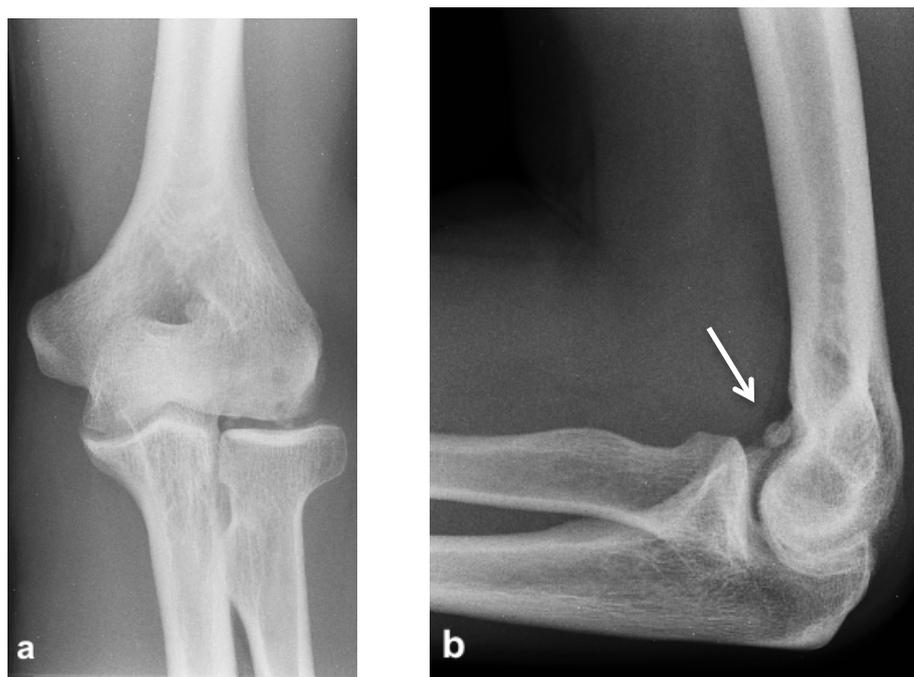


Abb. 22: Geringe Arthrosezeichen (Pat. Nr. 3; 10,3 J. postop)
a a.p. b lateral, freier Gelenkkörper (Pfeil)

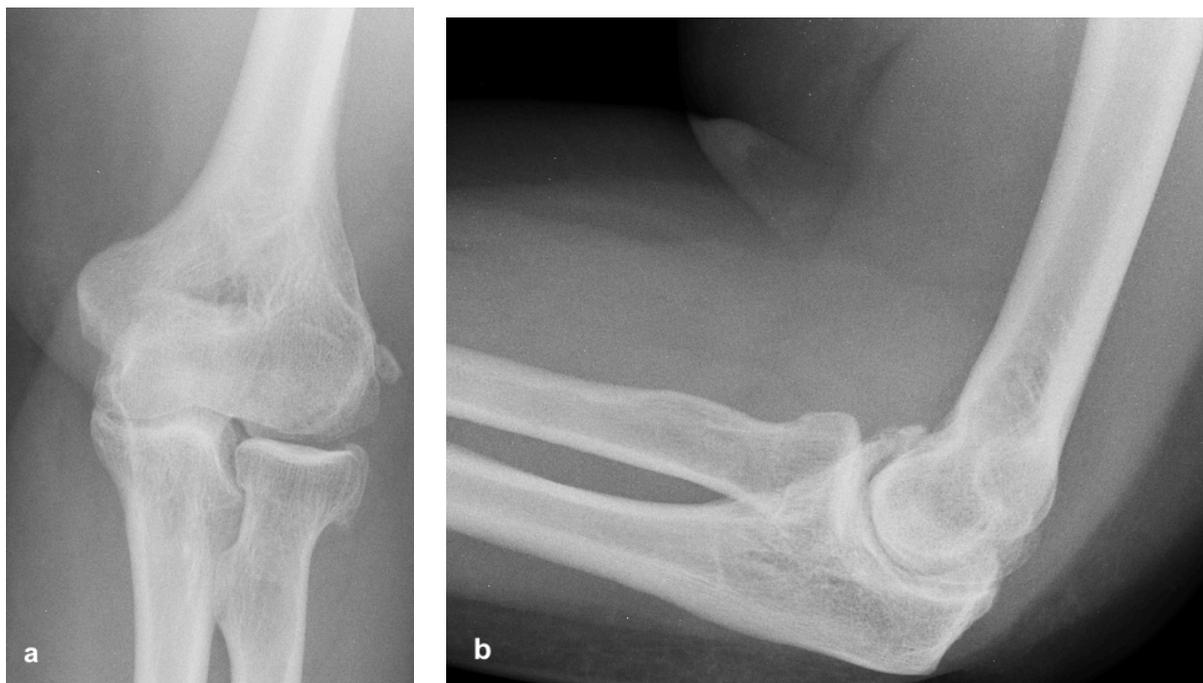


Abb. 23: Moderate Arthrose (Pat. Nr. 18, 3,0 J. postop)
 a a.p. b lateral

3.4.2 Magnetresonanztomographie

Die Auswertung der kernspintomographischen Aufnahmen ergab für die im MRT-Protokoll beschriebenen Kriterien folgende Ergebnisse:

Integration und Vitalität

Die transplantierten Zylinder aller Patienten zeigten eine gute Integration in den umgebenden subchondralen Knochen. Es waren keine Signalalterationen im Sinne einer Nekrose festzustellen. Alle Zylinder waren somit vital.



Abb. 24: Vitaler und gut integrierter Zylinder

a Pat. Nr. 5; 8,8 J. postop, cor T1 **b** Pat. Nr. 8; 7,4 J. postop, cor T1

Inkongruenz

Bei 13 von 15 Patienten (87%) erschien die Gelenkoberfläche kongruent ohne jegliche Stufenbildung, zwei Patienten (Nr. 1, 18) zeigten eine geringe Unregelmäßigkeit. Keiner hatte eine höhergradige Inkongruenz.



Abb. 25: Geringgradige Inkongruenz

a Pat. Nr. 1; 13,5 J. postop; cor PD fs **b** Pat. Nr. 18; 3,0 J. postop; cor T1

Zysten

Es wurde bei diesem Kriterium auf das Vorhandensein und die Anzahl von Zysten sowohl im Bereich des transplantierten Zylinders als auch im daran angrenzenden subchondralen Knochen geachtet.

Bei 12 von 17 Patienten (71%) waren keine Zysten nachweisbar. Eine Zyste war bei vier Patienten (Nr. 1, 3, 7, 15, 21) im subchondralen Knochen des transplantierten Zylinders vorhanden. Keiner der Patienten hatte mehr als eine Zyste.



Abb. 26: Darstellung einer Zyste im linken Capitulum (Pat. Nr. 1; 13,5 J. postop)
a cor PD fs **b** sag PD fs

Ödem

Ein Knochenmarködem im Bereich des angrenzenden Knochens war bei sechs Patienten (Nr. 3, 6, 7, 15, 19, 21) als Signalsteigerung in den protonengewichteten Sequenzen sichtbar. Die MRT-Aufnahmen der anderen Patienten zeigten keine Signalveränderungen in diesem Bereich.

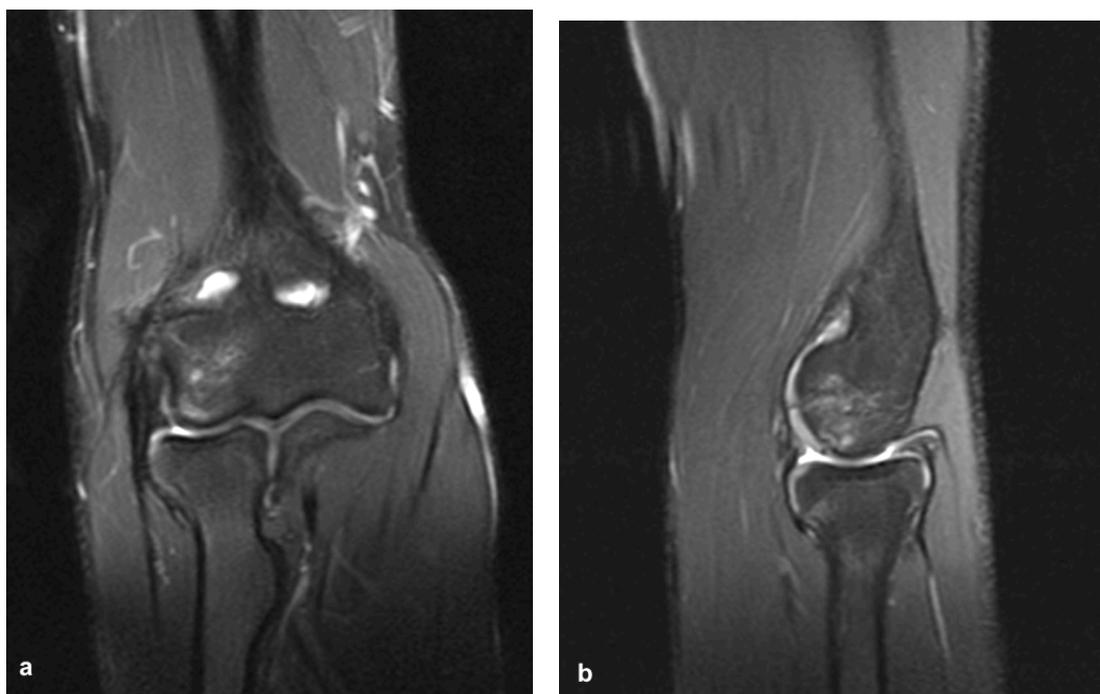


Abb. 27: Knochenmarködem im rechten Capitulum (Pat. Nr. 19; 1,5 J. postop)
a cor PD fs **b** sag PD fs

Knorpeloberfläche des Capitulum

Bei 13 von 17 Patienten (76%) waren keine Alterationen im Bereich der Knorpeloberfläche des Capitulum sichtbar, vier Patienten (Nr. 1, 3, 18, 21) hatten einen oberflächlichen Knorpeldefekt in diesem Bereich.

Knorpeloberfläche des Radiusköpfchens

Der Knorpel des Radiusköpfchens war bei 9 der 17 Patienten intakt (53%), bei 8 Patienten zeigten sich in diesem Bereich Signalveränderungen im Sinne eines Oberflächendefekts.

In der folgenden Tabelle sind die aus den aktuellen MRT-Aufnahmen gewonnenen Daten nochmals zusammengefasst.

Tab. 6 MRT-Protokoll

MRT-Protokoll							
Nr.	Integration	Vitalität	Inkongruenz	Zysten subchondral	Ödem subchondral	Knorpel Capitulum	Knorpel Radiusköpfchen
1	komplett	komplett	1	1	0	1	1
3	komplett	komplett	0	1	1	1	1
4	komplett	komplett	0	0	0	0	1
5	komplett	komplett	0	0	0	0	1
6	komplett	komplett	0	0	1	0	0
7	komplett	komplett	0	1	1	0	1
9	komplett	komplett	0	0	0	0	0
10	komplett	komplett	0	0	0	0	0
11	komplett	komplett	0	0	0	0	0
12	komplett	komplett	0	0	0	0	1
13	komplett	komplett	0	0	0	0	0
14	komplett	komplett	0	1	1	0	0
18	komplett	komplett	1	0	0	1	1
19	komplett	komplett	0	0	1	0	0
20	komplett	komplett	0	0	0	0	0
21	komplett	komplett	0	1	1	1	0

Inkongruenz: 0=keine, 1=geringe, 2=moderate, 3=schwere
 Zysten im subchondralen Knochen: 0=keine, 1=eine, 2=zwei usw.
 Ödem des subchondralen Knochens: 0=kein Ödem, 1= Ödem
 Knorpel Capitulum/Radiusköpfchen: 0= Knorpel intakt, 1= Oberflächendefekt

4. Diskussion

Die Behandlung chondraler und osteochondraler Läsionen wird heutzutage immer noch kontrovers diskutiert. Keine der aktuellen Therapieoptionen ist einer anderen derzeitig deutlich überlegen⁹⁹. Man ist sich mittlerweile jedoch einig, dass die

Therapie stadiengerecht erfolgen sollte und die einzelnen Verfahren bestimmte Indikationsschwerpunkte aufweisen²⁴. Dabei ist insbesondere die Unterscheidung zwischen einem chondralen und osteochondralen Schaden von entscheidender Bedeutung, da bei osteochondralen Schäden nicht nur der Knorpel, sondern auch der subchondrale Knochen adressiert werden muss. Therapiemethoden, die keine Wiederherstellung des geschädigten subchondralen Knochens ermöglichen, sind für osteochondrale Läsionen nicht geeignet.

Die Indikation für einen konservativen Therapieversuch muss streng gestellt werden, da dieser sonst in den meisten Fällen scheitert¹⁷². Laut Takahara et al.¹⁷¹ müssen folgenden Kriterien gegeben sein, dass eine osteochondrale Läsion des Capitulum als stabil gilt und unter konservativer Therapie ausheilen kann: eine offene Wachstumsfuge, ein guter Bewegungsumfang im Ellenbogengelenk, geringe radiologische Befunde (Grad-I-Läsion mit subchondraler Abflachung oder lokaler Aufhellung). Instabile Läsionen gehen mit einer geschlossenen Wachstumsfuge, einer größeren Bewegungseinschränkung ($\geq 20^\circ$) oder einem höheren radiologischen Schweregrad (Grad II: nicht disloziertes Fragment, Grad III: disloziertes Fragment) einher. Von einer Spontanheilung ist in diesen Fällen nicht auszugehen und die Patienten profitieren signifikant besser von einem operativen Eingriff¹⁷¹. In einer Studie von Mihara et al.¹⁰⁹ heilten 94% der Läsionen mit offener Wachstumsfuge konservativ aus, unter den Patienten mit geschlossener Wachstumsfuge waren es hingegen nur 50%. Es zeigte sich außerdem, dass die Heilungsrate mit dem radiologischen Schweregrad abnahm (Grad I: 88%, Grad II: 38%, Grad III: 0%). Matsuura et al.¹⁰⁵ behandelten 101 Patienten in einem frühen Stadium für mindestens sechs Monate konservativ. Eine Heilung zeigte sich radiologisch durch Knochenneubildung und Integration in den umgebenden subchondralen Knochen des Capitulum, während es bei den Therapieversagern zu einer Sklerosierung kam. Nach einem durchschnittlichen Follow-up von 24 Monaten waren 91% der Patienten mit einer Grad-I-Läsion geheilt, Patienten mit nicht disloziertem Fragment (Grad II) hingegen nur in 53% der Fälle. Am schlechtesten war jedoch das Ergebnis bei denjenigen, die ein konservatives Behandlungsschema ablehnten und mit ihrer sportlichen Aktivität fortfuhren. Nur 23% der Patienten erzielten in diesem Fall eine spontane Heilung.

Durch symptomatische Operationsverfahren, wie Lavage oder Débridement, kommt es nur zu einer vorübergehenden Beschwerdelinderung, da diese nicht zu einer Wiederherstellung der Knorpeloberfläche führen und daher ein Fortschreiten der Arthrose nicht verhindern können^{9,76}.

Hubbard⁶¹ zeigte, dass die mittelfristigen Ergebnisse nach Débridement im Bereich des Kniegelenks besser sind als nach alleiniger Lavage. In seiner Studie waren nach 5 Jahren mehr als 50% der Patienten nach Débridement beschwerdefrei, nach Lavage nur 11 %.

Bei Patienten mit osteochondralen Läsionen des Capitulum wurde von guten kurzfristigen Ergebnissen nach Débridement berichtet^{27,31,142,151}. Ruch et al.¹⁵¹ erzielten bei einem durchschnittlichen Follow-up von 3,2 Jahren bei 12 Patienten sehr gute subjektive Ergebnisse. Bei allen Patienten zeigte sich röntgenologisch ein Remodelling des Capitulum ohne Fortschreiten der degenerativen Veränderungen. Es wiesen 42% eine Vergrößerung des Radiusköpfchens auf, aber nur einer dieser Patienten war symptomatisch. Das Extensionsdefizit verringerte sich jedoch im Mittel nur von 23° auf 11° und blieb bis zum Nachuntersuchungszeitpunkt unverändert. In einer prospektiven Studie von Rahusen et al.¹⁴² konnten alle 15 Patienten drei Monate nach Débridement ihre Arbeit wieder aufnehmen. Die Schmerzen nahmen signifikant ab und 80% erreichten das sportliche Level wie vor Beginn der Erkrankung. Jedoch konnte keine Verbesserung des Bewegungsumfanges erzielt werden. In einer Arbeit von Byrd und Jones³¹ mit 15 Patienten fielen die objektiven und subjektiven Scores nach durchschnittlich 3,9 Jahren ebenfalls sehr gut aus, allerdings konnten nur vier der zehn Patienten ihre sportliche Aktivität auf dem vorherigen Level fortführen. Die Datenlage zu langfristigen Ergebnissen ist noch spärlich. Brownlow et al.²⁷ behandelten 29 Patienten mit symptomatischer OD des Capitulum arthroskopisch mit Débridement und Entfernung freier Gelenkkörper. Der Nachbeobachtungszeitraum betrug 6,4 Jahre. Die Mehrheit (59%) gab leichte oder moderate Schmerzen an. 14% der Patienten mussten ihre Sportart aufgrund der Beschwerden aufgeben. Keiner hatte Probleme bei Aktivitäten des Alltags, jedoch berichteten 38% über ein erneutes Auftreten von mechanischen Problemen, wie Blockierungen oder Einklemmungserscheinungen. Eine langfristige Nachbeobachtung von Bauer et al.⁹ von 31 Patienten mit OD des Capitulum und einem durchschnittlichen Follow-up von 23 Jahren bestätigte jedoch, dass ein Débridement das Fortschreiten der Arthrose auch am Ellenbogengelenk nur

hinauszögern kann. Die Hälfte der Patienten war symptomatisch, wobei als Hauptbeschwerden vor allem Belastungsschmerzen und ein Extensionsdefizit genannt wurden. Bei mehr als 50% zeigten sich radiologisch degenerative Veränderungen sowie ein signifikant vergrößertes Radiusköpfchen im Vergleich zur Gegenseite.

Die Closed-Wedge-Osteotomie am lateralen Epikondylus des distalen Humerus ist ein weiteres symptomatisches Verfahren, das den Druck im Radiokapitulgelenk und damit auf die Läsion verringern soll. Es liegen nur wenige Studien dazu vor, die von guten klinischen und radiologischen Ergebnissen berichten^{78,194}. Bei Kiyoshige et al.⁷⁸ gaben sechs der sieben Baseballspieler nach einem durchschnittlichen Beobachtungszeitraum von 9,3 Jahren keine Schmerzen an und erreichten wieder ihr ursprüngliches sportliches Aktivitätslevel. Lediglich ein Patient gab leichte Beschwerden beim Werfen an. Radiologisch zeigte sich bei allen Patienten ein Remodelling des Capitulum sowie eine verbesserte Kongruenz des Radiokapitulgelenks. Gleichzeitig lag jedoch bei allen eine Vergrößerung des Radiusköpfchens vor, die allerdings klinisch zu keiner Einschränkung führte. Zudem ließen sich geringe degenerative Veränderungen im Bereich des Olecranon und des Processus coronoideus feststellen.

Eine Möglichkeit zur Wiederherstellung der Knorpeloberfläche stellen die knochenmarkstimulierenden Verfahren dar. Sie gelten als leicht durchführbare und kostensparende Techniken, die zu einer Neubildung von Knorpelgewebe innerhalb der Defektzone führen und daher den symptomatischen Verfahren überlegen sind. Das entstandene Regeneratgewebe besteht jedoch hauptsächlich aus Faserknorpel, der sich nicht nur in seiner Zusammensetzung, sondern auch in seinen biomechanischen Eigenschaften vom ursprünglichen hyalinen Knorpel unterscheidet. Schon nach einigen Monaten ist eine Degeneration des qualitativ minderwertigen faserknorpelartigen Gewebes histologisch erkennbar¹⁵⁹. Dementsprechend kam es nach anfangs exzellenten Kurzzeitergebnissen im weiteren Verlauf auch klinisch zu einer zunehmenden Verschlechterung⁸⁹.

Mitsunaga et al.¹¹¹ erzielten bei Patienten mit OD des Capitulum nach Fragmententfernung und Anbohrung des Defekts deutlich bessere Ergebnisse als durch alleinige Entnahme des Fragments ohne weitere Verfahren. Das durchschnittliche Follow-up betrug 13,6 Jahre. Kritisch zu sehen ist hier die geringe

Patientenzahl der Gruppe mit Anbohrung (n=5) im Vergleich zur Gruppe mit Fragmentexzision (n=25).

Die von Johnson entwickelte Abrasionsarthroplastik ist heute als obsolet anzusehen. Johnson selbst berichtete 1986 zwar noch von einer Verbesserung der Beschwerdesymptomatik bei 78% der 104 behandelten Patienten⁷², nach einer längeren Beobachtungszeit kam es jedoch schnell zur Degeneration. Sogar das alleinige Débridement schnitt im Vergleich zur zusätzlichen Abrasion im Bereich des Kniegelenks in einigen Studien besser ab^{15,143}. So beobachtete Rand¹⁴³ durchschnittlich drei Jahre nach Débridement bei 70% der Patienten eine klinische Verbesserung. Im Gegensatz dazu gaben nur 39% mit Abrasionsarthroplastik nach einem Follow-up von vier Jahren eine Besserung an und bei 50% der Patienten wurde drei Jahre postoperativ die Indikation zur Knie-TEP gestellt.

Die Mikrofrakturierung wurde von Steadman¹⁶⁹ zur Behandlung von fokalen bis auf den Knochen reichenden Knorpeldefekten am Kniegelenk entwickelt und stellt die derzeit gängigste Methode zur Markraumeröffnung dar. Langzeitergebnisse dieser Technik mit einem Nachbeobachtungszeitraum von 7-17 Jahren waren vielversprechend mit einer signifikanten Verbesserung der Kniefunktion¹⁶⁸. Es handelte sich hierbei jedoch ausschließlich um isolierte Knorpelschäden. Bezogen auf das Ellenbogengelenk ist die Datenlage spärlich. Bisher existiert nur eine Studie von Bojanic et al.¹⁸ über die Anwendung der Mikrofrakturierung am Ellenbogengelenk. Diese wurde an drei Hochleistungsturnern mit OD des Capitulum durchgeführt. Nach einem Durchschnitts-Follow-up von 12 Monaten waren alle drei Patienten symptomfrei und hatten ihr ursprüngliches sportliches Niveau wieder erreicht. Generell ist bei osteochondralen Schäden des Ellenbogens von der Technik der Mikrofrakturierung jedoch abzuraten, da nur die Knorpeloberfläche, nicht aber der geschädigte subchondrale Knochen wiederhergestellt werden kann.

Osteochondrale Läsionen, die noch nicht oder nur teilweise abgelöst sind, können wieder refixiert werden. Es wurden sehr gute kurzfristige Ergebnisse beschrieben^{124,126,171}.

Oka et al.¹²⁶ verwendeten Knochenspäne aus der Ulna und erzielten dabei bei 94% der 16 Patienten eine knöcherne Einheilung nach durchschnittlich 6,5 Monaten mit Wiederherstellung des subchondralen Knochens. Takahara et al.¹⁷¹ erreichten mit der Refixation von Fragmenten mit einem Knochenspan (n=12) signifikant bessere

Ergebnisse als nach alleiniger Fragmentexzision (n=55). Jedoch zeigte sich eine starke Abhängigkeit zur Größe der Läsion. Bei Defekten, die weniger als 50% des Capitulum betrafen, unterschied sich das Outcome von Exzision und Refixation nur gering. Kritisch zu sehen ist die unterschiedliche Anzahl von Patienten in den beiden Therapiegruppen sowie die unterschiedlich langen Nachbeobachtungszeiträume (2,9 Jahre bei Refixation, 9,6 Jahre bei Exzision).

Takeda et al.¹⁷⁶ fixierten die osteochondralen Fragmente von elf Baseballspielern mit flexiblen Drähten, die nach Einheilung wieder entfernt wurden. Vor der Fixation wurde der Defekt mit Spongiosa aus dem Ulnaschaft gefüllt. Nach einem Durchschnitts-Follow-up von 57 Monaten waren alle Fragmente eingeeilt. 91% hatten exzellente Ergebnisse und konnten wieder zu ihrem ursprünglichen sportlichen Level zurückkehren. Bei 27% der Patienten waren jedoch leichte degenerative Veränderungen zu sehen. Nobuta et al.¹²⁴ fixierten die Fragmente von 28 Patienten mit flexiblen Drähten nach vorheriger Anbohrung des subchondralen Knochens und wiesen bei einem Follow-up von durchschnittlich 17 Monaten bei 82% eine Einheilung nach. Sie stellten zudem fest, dass die Heilungsrate wesentlich von der Tiefe der Läsion abhängt. Exzellente Ergebnisse zeigten sich bei einer Defekttiefe von weniger als 9 mm (100% Heilung). Bei größeren Läsionen kam es hingegen nur bei 58% zur Heilung.

Kuwahata und Inoue⁹¹ befestigten die Fragmente mithilfe von Herbert-Schrauben nach vorheriger Unterfütterung des Defekts mit Spongiosa. Nach durchschnittlich 32 Monaten waren die sieben Patienten schmerzfrei und konnten wieder ihrer früheren sportlichen Aktivität nachgehen. Röntgenologisch zeigten sich kongruente Gelenkoberflächen.

Harada et al.⁵⁶ behandelten vier Patienten mit monokortikalem Knochenspan und Fixierung durch dynamische Klammern. Der Beobachtungszeitraum betrug im Mittel 7,5 Jahre. Alle Fragmente zeigten eine gute Verbindung zum umgebenden Knochen, keiner der Patienten hatte Schmerzen bei alltäglichen Tätigkeiten. Drei der vier Patienten erreichten wieder ihren ursprünglichen sportlichen Leistungsstand.

Die Hauptindikation für eine autologe Chondrozytentransplantation stellen größere fokale Knorpelschäden ohne Beteiligung des subchondralen Knochens dar. Von der Arbeitsgemeinschaft „Geweberregeneration und Gewebeersatz“ der DGOOC und DGU wird die autologe Transplantation von Chondrozyten derzeit nur für

Knorpeldefekte des Kniegelenks sowie zentrale chondrale Läsionen des Talus empfohlen¹¹. Die ACT ist vor allem bei symptomatischen Grad-III- oder Grad-IV-Läsionen nach ICRS und einer Ausdehnung von mehr als 2 cm² und maximal 12 cm² indiziert. Ist der subchondrale Knochen ebenfalls betroffen, so sollte ab einer Läsionstiefe von 6-8 mm zuvor ein knöcherner Aufbau mit Spongiosa erfolgen⁷³. Schon allein aufgrund der Defektgröße spielt die ACT im Bereich des Ellenbogengelenks daher keine Rolle. Es existiert derzeit nur eine Fallstudie von Sato et al.¹⁵⁵ über MACT zur Therapie einer OD des Capitulum bei einem 14-jährigen Baseballspieler. Als Trägersubstanz wurde ein Kollagengel verwendet. Die Chondrozyten wurden enzymatisch aus dem Knorpelanteil des abgelösten Fragments isoliert. Auf den Defekt wurde zusätzlich ein Periostlappen von der proximalen Tibia genäht. Nach einem Follow-up von 24 Monaten war der Patient schmerzfrei und konnte alle Tätigkeiten des Alltags durchführen. In der Kontrollarthroskopie zeigte sich eine intakte kongruente Knorpeloberfläche, die Stabilität wurde mit Tasthaken überprüft. Das vorher bestehende Extensionsdefizit wurde von 15° auf 5° vermindert.

Die geeignetste Methode zur Behandlung osteochondraler Defekte ist die Transplantation osteochondraler Zylinder. Diese bietet gegenüber allen anderen vorher genannten Verfahren den Vorteil, dass nicht nur die Knorpeloberfläche, sondern auch der geschädigte subchondrale Knochen ersetzt wird. Ein weiterer Vorteil besteht in dem Transfer von intaktem hyalinen Knorpelgewebe, das sich im Gegensatz zur ACT nicht erst neu formieren muss, sondern sofort eine intakte Gelenkoberfläche darstellt und seine strukturellen und funktionellen Eigenschaften größtenteils dauerhaft beibehält^{54,60}. Dies hat wiederum einen positiven Effekt auf die Rehabilitationsphase, die sich in einer prospektiv randomisierten Studie nach autologer osteochondraler Transplantation als signifikant kürzer erwies als nach autologer Chondrozytentransplantation⁶⁰.

Auch die Transplantation allogener Zylinder wird immer wieder diskutiert. Vorteile der autologen gegenüber der allogenen osteochondralen Transplantation stellen das nicht vorhandene Risiko der Übertragung von Infektionen, eine sofortige Verfügbarkeit der Transplantate sowie geringere Kosten dar¹. Ein wesentlicher Nachteil ist jedoch die begrenzte Verfügbarkeit der Zylinder. Die Zylinder können außerdem nur an ganz bestimmten Stellen innerhalb des Kniegelenks, die einer

geringeren Belastung ausgesetzt sind, entnommen werden⁴⁶. Trotzdem sind diese Areale nicht völlig frei von Belastung¹⁶¹. Kontrollarthroskopien zeigten zwar, dass die Spenderbereiche vollständig mit Faserknorpel bedeckt sind⁵⁴, eine mit der Entnahmestelle am Kniegelenk assoziierte Beschwerdesymptomatik, die sogenannte „Donor Site Morbidity“, wurde jedoch immer wieder beschrieben^{52,94,102,132,144}. Marcacci et al.¹⁰² untersuchten prospektiv 30 Patienten nach arthroskopischer Mosaikplastik und erkannten nach einem Follow-up von zwei Jahren eine signifikante Korrelation zwischen der Anzahl sowie dem Gesamtdurchmesser der entnommenen Zylinder und dem objektiven IKDC-Score, der die Entnahmestell morbidity evaluiert. Je größer die Anzahl und der Gesamtdurchmesser, desto schlechter war das Ergebnis des Scores. Einschlusskriterien für die Studie waren höhergradige fokale begrenzte chondrale Schäden der Femurkondylen mit einer Ausdehnung von 1-2,5 cm². Andere Faktoren (präoperative Behandlungsdauer, sportliches Level, Defektlokalisierung, Alter) hatten hingegen keinen Einfluss auf das klinische Outcome. Paul et al.¹³² konnten diesen Zusammenhang bei Evaluation der Donor-Site-Morbidity von 113 Patienten nach osteochondraler Transplantation am Talus nicht feststellen, ebenso wenig bestand eine Korrelation mit dem Alter der Patienten. Das Mindest-Follow-up betrug zwei Jahre, die Beurteilung der Morbidity erfolgte durch Erfassung des Lysholm- und des WOMAC-Scores. Insgesamt ergab sich eine relativ niedrige Morbidity mit durchschnittlichen Werten von 86 Punkten im Lysholm- bzw. 7,6% im WOMAC-Score. Eine Subgruppenbildung nach Follow-up ergab eine signifikante Verbesserung des Lysholm-Scores mit zunehmender Nachbeobachtungszeit in 6-Monats-Schritten. Ein hoher Body-Mass-Index hatte jedoch einen deutlich negativen Einfluss auf die Ergebnisse des Lysholm-Scores. Iwasaki et al.⁶⁸ untersuchten retrospektiv elf Patienten, die eine Mosaikplastik am Ellenbogen erhalten hatten. Alle Patienten konnten zu ihrem ursprünglichen sportlichen Level zurückkehren und zeigten eine niedrige Entnahmemorbidity (Lysholm-Score: 96-100 Punkte). In den kernspintomographischen Kontrollen erschien das Spenderareal aller Patienten mit Faserknorpel gefüllt. Die Studie zeigt jedoch einige Schwachpunkte. Die Patienten waren mit durchschnittlich 14 Jahren deutlich jünger und der Durchmesser der entnommenen Zylinder (3,5 - 6 mm) kleiner als bei anderen Studien. Hinzu kommen die kleine Fallzahl und das geringe Mindest-Follow-up von 12 Monaten.

Für die Transplantation der autologen Zylinder haben sich zwei Techniken etabliert. Die Mosaikplastik sieht die Entnahme mehrerer kleinerer Zylinder vor, wodurch eine bessere Rekonstruktion der Sphärizität der Knorpeloberfläche erreicht werden kann, jedoch mit dem Nachteil einer geringeren Primärstabilität^{40,87}. Eine gute knöchernen Einheilung der Zylinder in den umgebenden subchondralen Knochen wurde mehrfach beschrieben^{60,92,101}. Im Bereich der Knorpeloberfläche kommt es hingegen nicht zur Integration der Transplantate. Die Knorpeloberflächen der einzelnen Zylinder bleiben untereinander sowie von der angrenzenden ortsständigen Knorpeloberfläche durch Spalten getrennt, die mit Faserknorpel gefüllt sind^{60,92}. Bei der Knochen-Knorpel-Transplantation in OATS-Technik werden hingegen nur einer oder wenige Zylinder größeren Durchmessers in den Defekt eingebracht. Dadurch wird eine möglichst große intakte zusammenhängende Knorpelschicht geschaffen. Jedoch können gerade bei Zwei-Gelenks-Eingriffen, wie dem Transfer osteochondraler Zylinder aus dem Kniegelenk in den Talus oder das Ellenbogengelenk, die teils stark differierenden Krümmungsradien der Knorpeloberfläche zwischen Entnahmestelle und Läsion ein Problem darstellen.

Für beide Techniken liegen mittlerweile gute kurz- bis langfristige klinische Ergebnisse vor^{16,52-54,64,71,95,102}. Hangody et al.⁵² untersuchten in einer prospektiven Studie 354 Patienten mit Mosaikplastik in einem Nachbeobachtungszeitraum von 2-17 Jahren. Die Daten wurden klinisch und radiologisch jeweils sechs Wochen, drei Monate, 6 Monate und jährlich erhoben. Es ergaben sich gute bis exzellente Ergebnisse bei 74-91% der Mosaikplastiken des Kniegelenks, wobei Patienten mit Mosaikplastik an den Femurkondylen am besten abschnitten, diejenigen mit patellarer Mosaikplastik am schlechtesten. Auch nach Mosaikplastik am Talus wurden ähnlich gute Ergebnisse in 92% der Fälle erreicht. In einer prospektiven Studie von Marcacci et al.¹⁰² ergaben sich nach einem Mindest-Follow-up von sieben Jahren nach arthroskopischer Mosaikplastik am Kniegelenk gute bis exzellente Ergebnisse bei 77% der 30 Patienten. Der subjektive IKDC-Score zeigte eine signifikante Verbesserung im Vergleich zu präoperativ. Zudem kam es vom mittelfristigen zum langfristigen Follow-up zu keiner signifikanten Verschlechterung. Lediglich die sportliche Aktivität hatte verglichen mit dem 2-Jahres-Follow-Up abgenommen, was laut den Autoren auch durch das höhere Alter der Patienten bedingt sein könnte. Nach sieben Jahren Nachverfolgung wurde außerdem deutlich, dass sowohl die subjektiven klinischen Ergebnisse als auch die Sportfähigkeit

signifikant von der Anzahl der transplantierten osteochondralen Zylinder beeinflusst wurden. Je mehr Zylinder transplantiert wurden, desto schlechter war das Outcome. Bisher liegen nur wenige randomisierte kontrollierte Studien vor, in welchen die autologe osteochondrale Transplantation mit anderen Techniken verglichen wurde. Bentley et al.¹³ behandelten in einer prospektiv randomisierten Studie 100 Patienten, wovon 58 Patienten eine autologe Chondrozytentransplantation und 42 Patienten eine Mosaikplastik erhielten. Die durchschnittliche Defektgröße betrug 4,66 cm². Läsionen am medialen Femurkondylus waren am häufigsten (53%), gefolgt von Defekten an Patella (25%), lateralem Femurkondylus (18%), Trochlea (3%) und Tibiaplateau (1%). Die Beurteilung des klinischen Outcomes erfolgte anhand kniespezifischer Funktionsscores sowie einer objektiven klinischen Untersuchung und ergab nach einem durchschnittlichen Follow-up von 19 Monaten gute bis exzellente Ergebnisse bei 88% der Patienten nach ACT und bei 69% nach Mosaikplastik. Der Unterschied war jedoch statistisch nicht signifikant. Bei einer Subgruppenanalyse zeigte sich, dass alle Patienten mit Läsionen am medialen Femurkondylus nach Mosaikplastik (74%) schlechtere Ergebnisse erzielten, als diejenigen nach ACT (88%). Auch für die am lateralen Femurkondylus lokalisierte Schäden ergab sich ein großer Unterschied (92% nach ACT /40% nach Mosaikplastik), der jedoch nicht signifikant war. Kontrollbiopsien nach einem Jahr wurden mit dem IKDC-Score evaluiert und erbrachten bei 82% von 37 Patienten nach ACT und bei 34% von 23 Patienten nach Mosaikplastik einen guten oder exzellenten Befund. Die Ergebnisse unterschieden sich signifikant. Die Studie beinhaltet jedoch einige wesentliche Limitationen. Zum einen wurden die osteochondralen Zylinder nicht, wie in der Literatur beschrieben⁵⁵, im Niveau des umgebenden Gelenkknorpels eingebracht, sondern etwas erhaben. Die damit verbundene Inkongruenz und folglich schnellere Abnutzung wurde bereits erläutert^{84,133}. Auch das Nachbehandlungsschema mit sofortiger Vollbelastung nach 24 Stunden sowie die Ruhigstellung in einer Schiene für 10 Tage postoperativ weicht vom normalen Standardprotokoll (4-6 Wochen Entlastung, sofortige passive Mobilisation mit Motorschiene) ab. Von den meisten Autoren wird als Indikation für eine osteochondrale Transplantation eine maximale Defektgröße von 4 cm² angegeben⁵⁴. In dieser Studie wurden diesbezüglich keine Einschränkungen gemacht. Weitere bedenkliche Punkte sind die hohe Varianz der Defektlokalisationen

und Ätiologien (posttraumatische Läsionen, Chondromalacia patellae, Osteochondrosis dissecans).

Horas et al.⁶⁰ verglichen in einer prospektiv randomisierten Studie die Ergebnisse von ACT und osteochondraler Transplantation am Kniegelenk anhand von jeweils 20 Patienten pro Behandlungsgruppe. Einschlusskriterien der Studie waren fokale begrenzte durchgängige Knorpeldefekte ohne ossären Schaden im Bereich der Hauptbelastungszone der Femurkondylen. Die osteochondralen Zylinder wurden mit einer Diamantfräse entnommen. Die Läsionen hatten eine mittlere Größe von 3,75 cm². Die Evaluation erfolgte anhand des Lysholm- und des Meyer-Scores sowie des Tegner-Aktivitäts-Scores 3, 6, 12 und 24 Monate postoperativ. Beide Patientengruppen zeigten während der gesamten Nachuntersuchungsperiode eine zunehmende klinische Verbesserung. Gemessen am postoperativen Lysholm-Score war jedoch bei Patienten nach osteochondraler Transplantation zu allen Erhebungszeitpunkten eine signifikant schnellere Genesung zu verzeichnen als bei Patienten nach ACT. Die Auswertung der Biopsien nach ACT zeigte überwiegend Faserknorpel in den zentralen und oberflächlichen Knorpelschichten. Lediglich die tiefen Knorpelschichten bestanden aus hyalinartigem Knorpelgewebe. Der Knorpel der osteochondralen Transplantate wies hingegen auch nach zwei Jahren keine Unterschiede zum normalen Umgebungsknorpel auf. Von diesem blieb er jedoch durch Faserknorpel getrennt. Die wesentlichen Beschränkungen der Studie stellen die geringe Patientenanzahl und eine unzureichende Wiederfindungsrate im 2-Jahres-Follow-Up (<80%) dar. Außerdem handelte es sich ausschließlich um reine chondrale Läsionen, bei denen eine osteochondrale Transplantation nicht unbedingt notwendig ist. Vergleichende Studien zwischen osteochondraler Transplantation und ACT mit Spongiosaaufbau des knöchernen Anteils bei osteochondralen Defekten liegen derzeit noch nicht vor.

Gudas et al.⁴⁹ veröffentlichten eine prospektiv randomisierte Studie mit dem Vergleich von arthroskopischer autologer osteochondraler Transplantation (n=28) und Mikrofrakturierung (n=29). Die 57 Athleten mit einem Durchschnittsalter von 24,3 Jahren wurden jährlich nachuntersucht und anhand des modifizierten HSS-Scores und des IKDC-Scores evaluiert. Zu den Einschlusskriterien zählten chondrale Läsionen oder Osteochondrosis dissecans an den Femurkondylen mit einem Durchmesser von 1-4 cm². Bei den Patienten handelte es sich um gut trainierte oder Leistungssportler. Die Altersobergrenze lag bei 40 Jahren. Nach einem mittleren

Follow-up von 37,1 Monaten zeigten beide Gruppen eine signifikante Besserung der klinischen Ergebnisse im Vergleich zu präoperativ. 96% der OATS-Gruppe hatten gute bis exzellente Ergebnisse, verglichen mit 52% in der Mikrofrakturierung-Gruppe. Die Ergebnisse nach osteochondraler Transplantation waren zu allen Untersuchungszeitpunkten signifikant besser als nach Mikrofrakturierung. Ebenso waren die MRT- und Arthroskopiebefunde, bewertet anhand des ICRS-Systems, nach einem Jahr signifikant besser. Nach durchschnittlich 6,5 Monaten konnten 93% der Sportler nach OATS zu ihrem ursprünglichen Aktivitätslevel zurückkehren, nach Mikrofrakturierung nur 52%. Die Patienten mit Mikrofrakturierung, deren Defekt entweder in der Hauptbelastungszone des medialen Femurkondylus lag oder größer 2 cm² war, schnitten innerhalb der Gruppe signifikant schlechter ab - ein Zusammenhang, der in der OATS-Gruppe nicht beobachtet wurde.

Zur Anwendung der autologen osteochondralen Transplantation am Ellenbogengelenk liegen bisher nur kurz- bis mittelfristige Ergebnisse vor^{67,120,160,180,193}. Nakagawa et al.¹²⁰ berichteten in einer Fallstudie von einem 13-jährigen Baseballspieler mit fortgeschrittener OD des Capitulum und bereits bestehenden arthrotischen Veränderungen im Ellenbogengelenk. Sie führten zunächst die Closed-Wedge-Osteotomie nach Yoshizu¹⁹⁴ durch, kombiniert mit einem OATS-Transfer aus dem ipsilateralen Kniegelenk in das Defektareal im Capitulum. Nach Ausheilung der Osteotomie erfolgte ein zweiter Eingriff mit Entfernung von Osteophyten zur Verbesserung des Bewegungsumfangs. Nach einem Follow-up von 35 Monaten hatte der Junge keine Schmerzen im Ellenbogen und konnte wieder Baseball spielen. Die Flexion besserte sich von 95° präoperativ auf 116° zum Nachuntersuchungszeitpunkt, das Extensionsdefizit verringerte sich von 25° auf 8°. Shimada et al.¹⁶⁰ behandelten zehn Patienten mit einem Transfer autologer Zylinder aus dem lateralen Femurkondylus in den Ellenbogen. Das Durchschnittsalter der Patienten betrug 14,3 Jahre. Nach einem mittleren Follow-up von 26 Monaten hatten acht der zehn Patienten (80%) ein exzellentes klinisches Ergebnis, die anderen zwei hingegen ein schlechtes Outcome. Die Autoren nannten als mögliche Gründe ein fortgeschrittenes Arthrosestadium sowie eine schwieriger zu erreichende Defektlokalisierung. Neun von zehn Patienten konnten wieder zu ihrem ursprünglichen sportlichen Niveau zurückkehren. Yamamoto et al.¹⁹³ konnten 18 Baseballspieler mit OD des Capitulum durchschnittlich 3,5 Jahre nach osteochondraler Transplantation in OATS-Technik nachuntersuchen. 16 der 18

Patienten (89%) hatten gute bis exzellente Ergebnisse und eine signifikante Verbesserung der subjektiven Scores. Die objektiven Scores waren nur bei Läsionen vierten Grades signifikant besser als präoperativ. Eine Ursache hierfür könnte sein, dass bei drittgradigen Läsionen noch eine gute Beweglichkeit des Ellenbogengelenks besteht und die Verbesserung daher geringer ausfällt. 14 Patienten (82%) erlangten wieder ihr vorheriges sportliches Aktivitätslevel. In einer retrospektiven Studie von Iwasaki et al.⁶⁷ wurden 19 Leistungssportler nach Mosaikplastik im Bereich des Capitulum klinisch und radiologisch nachuntersucht. Das Follow-up betrug mindestens zwei Jahre, im Mittel 3,8 Jahre. Insgesamt erzielten 17 Patienten exzellente Ergebnisse, ein Patient erreichte ein gutes und ein anderer ein mäßiges Ergebnis. Bis auf einen Patienten, der leichte Schmerzen angab, waren alle anderen schmerzfrei. Der Bewegungsumfang in Flexion und Extension hatte sich signifikant gebessert, jedoch hatten fünf Patienten immer noch ein Extensionsdefizit von mehr als 5°. Radiologisch zeigten sich keine Anzeichen von Arthrose. Die Evaluation der Donor-Site-Morbidität erfolgte mithilfe des Lysholm-Scores, bei dem alle Patienten ein exzellentes Ergebnis hatten. 17 der 19 Baseballspieler kehrten wieder zu ihrem ursprünglichen sportlichen Niveau zurück, zwei entschieden sich für eine andere Sportart, nach Angabe der Autoren ohne Zusammenhang mit dem klinischen Ergebnis.

In dieser Studie werden die langfristigen Ergebnisse nach osteochondraler Transplantation am Ellenbogengelenk mittels OATS-Technik (Fa. Arthrex, Naples, Florida, USA) vorgestellt. Die ersten Erfahrungen mit dieser Technik wurden bereits 2007 publiziert². Das mittelfristige Follow-up der sieben nachuntersuchten Patienten (Nr. 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8) betrug zu diesem Zeitpunkt 4,9 Jahre. Die Funktion des betroffenen Ellenbogengelenks, gemessen am Broberg-Morrey-Score, verbesserte sich signifikant von durchschnittlich 76,3 Punkten präoperativ auf 97,6 Punkte zum Nachuntersuchungszeitpunkt. Ebenso kam es zur signifikanten Abnahme des anhand des ASES-Scores dokumentierten Schmerzes. Das präoperative Extensionsdefizit konnte von durchschnittlich 4,7° auf 0° reduziert werden und blieb bis zum Nachuntersuchungszeitpunkt konstant. Die kernspintomographischen Kontrollaufnahmen aller Patienten zeigten vitale und kongruente Zylinder. Zwei der sieben Patienten erreichten nicht mehr das vorherige sportliche Aktivitätslevel, gaben hierfür jedoch nicht den Ellenbogen als ursächlich, sondern berufliche und altersbedingte Gründe, an.

Zwischen 1996 und 2010 wurde in der Abteilung für Sportorthopädie eine autologe osteochondrale Transplantation am Ellenbogengelenk bei 21 Patienten durchgeführt. Im Rahmen der aktuellen Studie konnten 17 der 21 Patienten klinisch und radiologisch nachuntersucht werden (Wiederfindungsrate: 81%). Der durchschnittliche Nachbeobachtungszeitraum betrug 6,0 Jahre (1-14 Jahre). Ein wesentlicher Schwachpunkt der Studie ist die geringe Fallzahl. Außerdem fehlt eine Kontrollgruppe. Durch die geringe Inzidenz der Osteochondrosis dissecans am Ellenbogengelenk im Gegensatz zum Kniegelenk oder Talus scheint dies jedoch durchaus akzeptabel. Bisher haben nur Yamamoto et al.¹⁹³ und Iwasaki et al.⁶⁷ ähnliche hohe Fallzahlen publiziert. Nach unserem Wissen werden in der vorliegenden Studie zudem erstmals Langzeitergebnisse nach osteochondraler Transplantation am Ellenbogengelenk vorgestellt. Eine Schwäche der Studie ist das Fehlen von präoperativen Funktions- und Schmerzscores, die vor der Operation nicht erhoben wurden. Folglich handelt es sich um eine rein deskriptive Studie, die eine Bewertung der Ergebnisse nur absolut ermöglicht, jedoch keine individuelle Verlaufsbeurteilung. Bis auf einen Patienten (Nr. 18) erreichten alle Patienten ein exzellentes funktionelles Ergebnis im Broberg-Morrey-Score mit mindestens 95 von 100 Punkten. Patient Nr. 18 erzielte mit 72 Punkten lediglich ein ausreichendes Ergebnis. Dieser Patient unterscheidet sich jedoch von den anderen Studienteilnehmern in einigen Punkten. Er hatte zum Operationszeitpunkt von allen Studienteilnehmern das höchste Alter. Mit 33 Jahren lag er damit deutlich über dem durchschnittlichen Operationsalter von 18,0 Jahren. Außerdem hatte er vor der Transplantation des osteochondralen Zylinders bereits drei Voroperationen. Nach zweimaliger Entfernung von freien Gelenkkörpern war bereits ein OATS-Transfer aus dem ipsilateralen Kniegelenk erfolgt. Patient Nr. 18 ist zudem der einzige, der nach dem OATS-Transfer nochmals am betroffenen Ellenbogengelenk operiert wurde. Bei persistierenden Beschwerden sei ein Jahr nach der zweiten osteochondralen Transplantation in einer anderen Klinik eine Arthroskopie mit Débridement durchgeführt worden. Jedoch habe auch dieser Eingriff nicht zu einer Verbesserung der Beschwerden geführt. Bei der Bewertung des Schmerzes in verschiedenen Alltagssituationen anhand des ASES-Scores erzielt dieser Patient dementsprechend ebenfalls höhere Werte auf der visuellen Analogskala (VAS). Er gab als einziger einen deutlichen Ruheschmerz an (VAS 5/10). Bei starker Belastung des

Ellenbogengelenks („Heben von schweren Gewichten“) gaben 29,4% der Patienten beachtliche Beschwerden ($VAS \geq 4/10$) an. Die Schmerzsymptomatik korrelierte jedoch nicht mit den im Broberg-Morrey-Score erreichten objektiven funktionellen Ergebnissen. Insgesamt zeigten sich auch radiologisch überwiegend gute bis exzellente Ergebnisse mit vitalen Zylindern bei allen Patienten in den Kernspinaufnahmen. In den konventionellen Röntgenbildern waren bei 14 der 17 Patienten (82%) keinerlei Anzeichen von Arthrose erkennbar. Bei Patient Nr. 18 wurde, passend zur klinischen Symptomatik, ein Arthrosegrad 2 nach Kellgren und Lawrence festgestellt. Das MRT des Patienten wies Oberflächendefekte des Knorpels im Bereich des Capitulum und Radiusköpfchens auf sowie eine geringe Inkongruenz des Zylinders zur umgebenden Gelenkoberfläche. Bei Patient Nr. 1 zeigte sich ein ähnliches radiologisches Bild mit oberflächlichen Knorpeldefekten im Radiokapitulgelenk und geringgradiger Zylinderinkongruenz, jedoch nur eine erstgradige Arthrose in den konventionellen Röntgenaufnahmen. Auch in diesem Fall korrelierte das schlechtere radiologische Ergebnis mit der klinischen Symptomatik. Da dieser Patient der erste ist, an dem die OATS-Technik am Ellenbogengelenk durchgeführt wurde, könnte die fehlende technische Erfahrung ein möglicher negativer Einflussfaktor auf das Ergebnis gewesen sein. Paradoxerweise hatten drei Patienten (Nr. 4, 5, 21), die bei starker Belastung des Ellenbogens einen Wert von 4-5/10 auf der VAS angaben, gute radiologische Ergebnisse ohne Arthrosezeichen mit hoher Kongruenz der transplantierten Zylinder. Bei den Patienten Nr. 4 und 5 fand sich lediglich ein oberflächlicher Knorpeldefekt im Bereich des Radiusköpfchens, bei Patient Nr. 21 waren überhaupt keine degenerativen Veränderungen sichtbar. Eine Diskrepanz zwischen klinischen und radiologischen Befunden war in einem Fall jedoch auch umkehrt vorhanden. Patient Nr. 3 hatte mit einer erstgradigen Arthrose und oberflächlichen Knorpeldefekten in beiden Gelenkflächen des Radiokapitulgelenks eines der drei schlechtesten radiologischen Ergebnisse der Studie. Klinisch zeigte sich jedoch sowohl objektiv als auch subjektiv ein exzellentes Ergebnis. Mögliche Gründe dafür konnten nicht eruiert werden. Der subchondrale Knochen zeigte bei 53% überhaupt keine Auffälligkeiten, bei 35% war ein subchondrales Ödem erkennbar, 29% hatten eine Zyste im Bereich des subchondralen Knochens. Inwieweit die Zysten mit dem postoperativen Ergebnis korrelieren ist unklar. Han et al.⁵¹ verglichen zystische mit nicht zystischen Läsionen am Talus und folgerten aus den Studiendaten, dass das postoperative Ergebnis von

kleinen subchondralen Zysten nicht beeinflusst wird. In der vorliegenden Studie hatten 40% der Patienten mit einer Zyste eine moderate Schmerzsymptomatik ($VAS \geq 4$). Die anderen 60% gaben höchstens geringe Schmerzen an. Ob die Zysten das klinische Ergebnis beeinflussen, ist daher nicht beurteilbar. Ein Hauptkritikpunkt an der Technik der autologen osteochondralen Transplantation am Ellenbogengelenk ist die Exposition des gesunden ipsilateralen Kniegelenks. Eine damit verbundene Morbidität an der Entnahmestelle wurde bei osteochondralen Transplantationen am Knie- und Sprunggelenk beschrieben^{54,132}. Studien zur osteochondralen Transplantation am Ellenbogen haben hingegen bisher keine negativen Effekte auf die Kniefunktion durch Entnahme des Spenderzylinders festgestellt^{68,123}. Dies könnte daran liegen, dass die Ausdehnung der Läsion vergleichsweise gering ist und daher kleinere und weniger Zylinder entnommen werden müssen. Die Ergebnisse bezüglich der Korrelation von Zylindergröße mit einer konsekutiven Morbidität des Spenderkniees sind in Studien zur osteochondralen Transplantation am Knie- und Sprunggelenk jedoch uneinheitlich^{102,132}. Zudem waren die Fallzahlen in den bisherigen Studien zur osteochondralen Transplantation am Ellenbogen mit Evaluation der Entnahmestellenmorbidity gering und die Aussagekraft ist daher fraglich. Zur Erfassung der Donor-Site-Morbidity wurde in dieser Studie der Lysholm-Score erhoben. Gute bis exzellente Ergebnisse im Lysholm-Score und damit keine Anzeichen auf eine Morbidität im Bereich der Entnahmestelle wiesen 14 von 17 Patienten auf (82%). Das schlechteste Ergebnis erzielte Patient Nr. 6/7 mit bilateraler Durchführung der osteochondralen Transplantation. Da bei diesem speziellen Fall beidseits je ein Zylinder entnommen wurde und die Beschwerden in beiden Kniegelenken gleich stark angegeben wurden, steht zur Diskussion, ob in diesem Fall wirklich eine Entnahmestellenmorbidity vorliegt oder die Beschwerden durch altersbedingte Degeneration erklärbar sind. Der Patient muss im beruflichen Alltag schwer heben und tragen. Eine Überbelastung könnte daher durchaus ein Faktor sein. Das zweitschlechteste Ergebnis mit 74 Punkten erzielte Patient Nr. 18. Bei allen Patienten wurde für die Deckung des osteochondralen Defekts im Ellenbogen nur ein Zylinder aus dem Kniegelenk benötigt. Bei Patient Nr. 18 wurde die osteochondrale Transplantation jedoch zweimal durchgeführt. Auch bei der Revisions-Operation wurde der Zylinder wieder aus dem ipsilateralen Kniegelenk entnommen. Der dadurch größere Substanzdefekt könnte die stärkeren Beschwerden erklären. Sportlich hat sich das Leistungsprofil der Patienten deutlich

verändert. Nur noch zwei der ursprünglich sieben Leistungssportler konnten zu ihrem vorherigen sportlichen Niveau zurückkehren. Jedoch gab keiner der Patienten Beschwerden im Ellenbogen als ursächlich an. Zwei Patienten (Nr. 5, 12) schaffen es aus beruflichen Gründen derzeit überhaupt nicht, Sport zu treiben. Alle anderen gaben an, dass sie nach dem Wechsel in höhere Altersklassen nicht mehr mithalten konnten und daher die Sportart nur noch in der Freizeit betreiben. Trotzdem ist zu erwähnen, dass im DASH-Score das Modul Sport im Vergleich zu den Modulen Alltag und Beruf schlechter abschnitt. Mit durchschnittlich 15,8 von 100 Punkten ist die Beeinträchtigung jedoch noch als gering anzusehen.

5. Zusammenfassung

Die vorliegende Studie beschreibt die langfristigen Ergebnisse nach autologer osteochondraler Transplantation am Ellenbogengelenk mittels OATS-Technik. Es konnten 17 von 21 Patienten, die im Zeitraum von 1996 bis 2010 operiert worden waren, klinisch und radiologisch nachuntersucht werden. Mit einem Broberg-Morrey-Score von mindestens 95 Punkten erzielten 16 der 17 Patienten (94%) ein exzellentes Ergebnis. 82% hatten keinerlei radiologische Arthrosezeichen. In den kernspintomographischen Kontrollaufnahmen hatten 29% eine subchondrale Zyste. Bei 53% war ein oberflächlicher Knorpeldefekt im Bereich des Radiusköpfchen, bei 20% im Bereich des Capitulum sichtbar. Dies korrelierte jedoch nicht immer mit den klinischen Ergebnissen. Bei allen Patienten zeigte der osteochondrale Zylinder eine gute Integration und Vitalität. Die autologe osteochondrale Transplantation ist somit eine geeignete Technik zur Behandlung von osteochondralen Defekten am Ellenbogengelenk.

6. Literaturverzeichnis

- 1 Alford JW, Cole BJ. Cartilage restoration, part 2: techniques, outcomes, and future directions. *Am J Sports Med* 2005; 33: 443–460.
- 2 Ansah P, Vogt S, Ueblacker P, Martinek V, Woertler K, Imhoff AB. Osteochondral transplantation to treat osteochondral lesion in the elbow. *J Bone Joint Surg Am* 2007; 89: 2188–2194.
- 3 Aston JE, Bentley G. Repair of articular surfaces by allografts of articular and growth-plate cartilage. *J Bone Joint Surg Br* 1986; 68: 29–35.
- 4 Axhausen G. Ist die embolische Genese der freien Gelenkkörper denkbar? *Beitr Klin Chir* 1924; 131: 386–394.
- 5 Bachmann G, Jürgensen I, Siaplaouras J. Die Stadienbestimmung der Osteochondrosis dissecans am Knie- und Sprunggelenk mit der MRT Vergleich mit konventioneller Radiologie und Arthroskopie. *Röfo Fortschr Geb Röntgenstr Neuen Bildgeb Verfahr* 1995; 163: 38–44.
- 6 Barnes DA, Tullos HS. An analysis of 100 symptomatic baseball players. *Am J Sports Med* 1978; 6: 62–67.
- 7 Basad E, Ishaque B, Bachmann G, Stürz H, Steinmeyer J. Matrix-induced autologous chondrocyte implantation versus microfracture in the treatment of cartilage defects of the knee: a 2-year randomised study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2010; 18: 519–527.
- 8 Bastian JD, Büchler L, Meyer DC, Siebenrock KA, Keel MJB. Surgical hip dislocation for osteochondral transplantation as a salvage procedure for a femoral head impaction fracture. *J Orthop Trauma* 2010; 24: e113-8.
- 9 Bauer M, Jonsson K, Josefsson PO, Lindén B. Osteochondritis dissecans of the elbow. A long-term follow-up study. *Clin Orthop Relat Res* 1992; 284: 156–160.
- 10 Behrens P. Matrixgekoppelte Mikrofrakturierung. Ein neues Konzept zur Knorpeldefektbehandlung. *Arthroskopie* 2005; 18: 193–197.
- 11 Behrens P, Bosch U, Bruns J, Erggelet C, Esenwein SA, Gaissmaier C, Krackhardt T, Löhnert J, Marlovits S, Meenen NM, Mollenhauer J, Nehrer S, Niethard FU, Nöth U, Perka C, Richter W, Schäfer D, Schneider U, Steinwachs M, Weise K. Indikations- und Durchführungsempfehlungen der Arbeitsgemeinschaft "Gewebereneration und Gewebeersatz" zur Autologen Chondrozyten-Transplantation (ACT). *Z Orthop Ihre Grenzgeb* 2004; 142: 529–539.
- 12 Bennett GE. Shoulder and elbow lesions distinctive of baseball players. *Ann Surg* 1947; 126: 107–110.
- 13 Bentley G, Biant LC, Carrington RWJ, Akmal M, Goldberg A, Williams AM, Skinner JA, Pringle J. A prospective, randomised comparison of autologous

- chondrocyte implantation versus mosaicplasty for osteochondral defects in the knee. *J Bone Joint Surg Br* 2003; 85: 223–230.
- 14 Berndt AL, Harty M. Transchondral fracture (osteochondritis dissecans) of the talus. *J Bone Joint Surg Am* 1959; 41: 988–1020.
 - 15 Bert JM, Maschka K. The arthroscopic treatment of unicompartmental gonarthrosis: A five-year follow-up study of abrasion arthroplasty plus arthroscopic debridement and arthroscopic debridement alone. *Arthroscopy* 1989; 5: 25–32.
 - 16 Bobic V. Arthroscopic osteochondral autograft transplantation in anterior cruciate ligament reconstruction: a preliminary study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 1996; 3: 262–264.
 - 17 Bobic V. Autologous osteochondral grafts in the management of articular cartilage lesions. *Orthopäde* 1999; 28: 19–25.
 - 18 Bojanic I, Ivkovic A, Boric I. Arthroscopy and microfracture technique in the treatment of osteochondritis dissecans of the humeral capitellum: report of three adolescent gymnasts. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2006; 14: 491–496.
 - 19 Bowen RE, Otsuka NY, Yoon ST, Lang P. Osteochondral lesions of the capitellum in pediatric patients: role of magnetic resonance imaging. *J Pediatr Orthop* 2001; 21: 298–301.
 - 20 Bradley JP, Petrie RS. Osteochondritis dissecans of the humeral capitellum. Diagnosis and treatment. *Clin Sports Med* 2001; 20: 565–590.
 - 21 Bradley JP, Petrie RS. Osteochondritis dissecans of the humeral capitellum. Diagnosis and treatment. *Clin Sports Med* 2001; 20: 565–590.
 - 22 Brauer RB, Dierking M, Werber KD. Die Anwendung der Herbert-Schraube mit der Freehand-Methode zur Osteosynthese der frischen Skaphoidfraktur. *Unfallchirurg* 1997; 100: 776–781.
 - 23 Braun S, Imhoff AB. Autologe Knochen-Knorpel-Transplantation. Biologische und technische Grundlagen der OATS. *Arthroskopie* 2005; 18: 219–225.
 - 24 Braun S, Vogt S, Imhoff A. Stadiengerechte operative Knorpeltherapie. *Orthopäde* 2007; 36: 589–600.
 - 25 Brittberg M, Lindahl A, Nilsson A, Ohlsson C, Isaksson O, Peterson L. Treatment of deep cartilage defects in the knee with autologous chondrocyte transplantation. *N Engl J Med* 1994; 331: 889–895.
 - 26 Brown R, Blazina ME, Kerlan RK, Carter VS, Jobe FW, Carlson GJ. Osteochondritis dissecans of the capitellum. *J Sports Med* 1974; 2: 27–46.
 - 27 Brownlow HC, O'Connor-Read LM, Perko M. Arthroscopic treatment of osteochondritis dissecans of the capitellum. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2006; 14: 198–202.

- 28 Bruns J. Osteochondrosis dissecans. *Orthopäde* 1997; 26: 573–584.
- 29 Bruns J, Behrens P. Osteochondrosis dissecans. Ätiologische und pathophysiologische Aspekte. *Arthroskopie* 1998; 11: 166–176.
- 30 Bruns J, Rosenbach B, Kahrs J. Ätiopathogenetische Aspekte der medialen Osteochondrosis dissecans tali. *Sportverletz Sportschaden* 1992; 6: 43–49.
- 31 Byrd JW, Jones KS. Arthroscopic surgery for isolated capitellar osteochondritis dissecans in adolescent baseball players. Minimum three-year follow-up. *Am J Sports Med* 2002; 30: 474–478.
- 32 Cahill BR. Osteochondritis dissecans of the knee- Treatment of Juvenile and Adult Forms. *J AAOS* 1995; 5:30–36.
- 33 Campbell CJ, Ranawat CS. Osteochondritis dissecans: The question of etiology. *J Trauma* 1966; 6: 201–221.
- 34 Chiroff RT, Cooke CP 3rd. Osteochondritis dissecans: a histologic and microradiographic analysis of surgically excised lesions. *J Trauma* 1975; 15: 689–696.
- 35 Chu CR, Convery FR, Akeson WH, Meyers M, Amiel D. Articular cartilage transplantation. Clinical results in the knee. *Clin Orthop Relat Res* 1999: 159–168.
- 36 Clanton TO, Delee JC. Osteochondritis dissecans. History, Pathophysiology and Current Treatment Concepts. *Clin Orthop Relat Res* 1982; 167: 50–64.
- 37 Convery F. R., Meyers MH, Akeson WH. Fresh osteochondral allografting of the femoral condyle. *Clin Orthop Relat Res* 1991; 273: 139–145.
- 38 Czitrom AA, Keating S, Gross AE. The viability of articular cartilage in fresh osteochondral allografts after clinical transplantation. *J Bone Joint Surg Am* 1990; 72: 574–581.
- 39 Dipaola JD, Nelson DW, Colville MR. Characterizing osteochondral lesions by magnetic resonance imaging. *Arthroscopy* 1991; 7: 101–104.
- 40 Duchow J, Hess T, Kohn D. Primary stability of press-fit-implanted osteochondral grafts: influence of graft size, repeated insertion, and harvesting technique. *Am J Sports Med* 2000; 28: 24–27.
- 41 Enneking WF. *Clinical Musculoskeletal Pathology*. Ed. 3, p. 166. Gainesville, Florida, University of Florida Press, 1990.
- 42 Evans CH, Mazzocchi RA, Nelson DD, Rubash HE. Experimental arthritis induced by intraarticular injection of allogenic cartilaginous particles into rabbit knees. *Arthritis & Rheumatism* 1984; 27: 200–207.
- 43 Fairbank T. Dysplasia epiphysialis multiplex. *Br J Surg* 1947; 135: 225–232.
- 44 Gagliardi J.A., Chung E.M., Chandnani V.P., Kesling KL, Christensen KP, Null

- RN, Radvany MG, Hansen MF. Detection and staging of chondromalacia patellae: relative efficacies of conventional MR imaging, MR arthrography, and CT arthrography. *Am J Roentgenol* 1994; 163: 629–636.
- 45 Gardiner TB. Osteochondritis dissecans in three members of one family. *J Bone Joint Surg Br* 1955; 37-B: 139–141.
- 46 Garretson R. B. Contact pressure at osteochondral donor sites in the patellofemoral joint. *Am J Sports Med* 2004; 32: 967–974.
- 47 Germann G, Wind G, Harth A. Der DASH-Fragebogen - Ein neues Instrument zur Beurteilung von Behandlungsergebnissen an der oberen Extremität. *Handchir Mikrochir Plast Chir* 1999; 31: 149–152.
- 48 Ghazavi MT, Pritzker KP, Am Davis, Gross AE. Fresh osteochondral allografts for post-traumatic osteochondral defects of the knee. *J Bone Joint Surg Br* 1997; 79: 1008–1013.
- 49 Gudas R, Kalesinskas RJ, Kimtys V, Stankevicius E, Toliulis V, Bernotavicius G, Smailys A. A prospective randomized clinical study of mosaic osteochondral autologous transplantation versus microfracture for the treatment of osteochondral defects in the knee joint in young athletes. *Arthroscopy* 2005; 21: 1066–1075.
- 50 Gylys-Morin V.M., Hajek P.C., Sartoris D.J., Resnick D. Articular cartilage defects: detectability in cadaver knees with MR. *Am J Roentgenol* 1987; 148: 1153–1157.
- 51 Han SH, Lee JW, Lee DY, Kang ES. Radiographic changes and clinical results of osteochondral defects of the talus with and without subchondral cysts. *Foot Ankle Int* 2006; 27: 1109–1114.
- 52 Hangody L, Dobos J, Baló E, Pánics G, Hangody LR, Berkes I. Clinical experiences with autologous osteochondral mosaicplasty in an athletic population: a 17-year prospective multicenter study. *Am J Sports Med* 2010; 38: 1125–1133.
- 53 Hangody L, Feczko, Bartha L, Bodó G, Kish G. Mosaicplasty for the treatment of articular defects of the knee and ankle. *Clin Relat Res* 2001; 391: S328-S336.
- 54 Hangody L, Füles P. Autologous osteochondral mosaicplasty for the treatment of full-thickness defects of weight-bearing joints: ten years of experimental and clinical experience. *J Bone Joint Surg Am* 2003; 85-A Suppl 2: 25–32.
- 55 Hangody L, Kish G, Kárpáti Z, Szerb I, Udvarhelyi I. Arthroscopic autogenous osteochondral mosaicplasty for the treatment of femoral condylar articular defects. A preliminary report. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 1997; 5: 262–267.
- 56 Harada M, Ogino T, Takahara M, Ishigaki D, Kashiwa H, Kanauchi Y. Fragment fixation with a bone graft and dynamic staples for osteochondritis dissecans of the humeral capitellum. *J Shoulder Elbow Surg* 2002; 11: 368–

- 372.
- 57 Haraldsson S. On osteochondrosis deformans juvenilis capituli humeri including investigation of intra-osseous vasculature in distal humerus. *Acta Orthop Scandinavica* 1959; 38: 232.
- 58 Hefti F, Beguiristain J, Krauspe R, Möller-Madsen B, Riccio V, Tschauer C, Wetzel R, Zeller R. Osteochondritis dissecans: a multicenter study of the european pediatric orthopedic society. *J Pediatr Orthop* 1999; 8: 231–245.
- 59 Holland P, Davies AM, Cassar-Pullicino VN. Computed tomographic arthrography in the assessment of osteochondritis dissecans of the elbow. *Clin Radiol* 1994; 49: 231–235.
- 60 Horas U., Pelinkovic D., Herr G., Aigner T., Schnettler R. Autologous chondrocyte implantation and osteochondral cylinder transplantation in cartilage repair of the knee joint. A prospective, comparative trial. *J Bone Joint Surg Am* 2003; 85: 185–192.
- 61 Hubbard MJS. Articular debridement versus washout for degeneration of medial femoral condyle. *J Bone Joint Surg Br* 1996; 78: 217–219.
- 62 Imhoff AB (Hrsg. 2010). *Rehabilitationskonzepte in der orthopädischen Chirurgie. OP-Verfahren im Überblick, Physiotherapie, Sporttherapie.* Springer Medizin, Berlin, Heidelberg, New York, NY, 2010.
- 63 Imhoff AB, König U. Arthroskopie - qualifizierte Stadieneinteilung der osteochondralen Läsion (OCL) am Knie. *Arthroskopie* 2003; 16: 23–28.
- 64 Imhoff AB, Öttl GM, Burkart A, Traub S. Osteochondrale autologe Transplantation an verschiedenen Gelenken. *Orthopäde* 1999; 28: 23–44.
- 65 Imhoff AB, Paul J, Ottinger B, Wortler K, Lammle L, Spang J, Hinterwimmer S. Osteochondral Transplantation of the Talus: Long-Term Clinical and Magnetic Resonance Imaging Evaluation. *Am J Sports Med* 2011.
- 66 Inoue G. Bilateral osteochondritis dissecans of the elbow treated by herbert screw fixation. *Br J Sports Med* 1991; 25: 142–144.
- 67 Iwasaki N, Kato H, Ishikawa J, Masuko T, Funakoshi T, Minami A. Autologous osteochondral mosaicplasty for osteochondritis dissecans of the elbow in teenage athletes. *J Bone Joint Surg Am* 2009; 91: 2359–2366.
- 68 Iwasaki N, Kato H, Kamishima T, Suenaga N, Minami A. Donor site evaluation after autologous osteochondral mosaicplasty for cartilaginous lesions of the elbow joint. *Am J Sports Med* 2007; 35: 2096–2100.
- 69 Jackson DW, Silvino N, Reiman P. Osteochondritis dissecans in the female gymnast's elbow. *Arthroscopy* 1989; 5: 129–136.
- 70 Jackson RW, Gilbert JE, Sharkey PF. Arthroscopic debridement versus arthroplasty in the osteoarthritic knee. *J Arthroplasty* 1997; 12: 465-9; discussion 469-70.

- 71 Jakob RP, Franz T, Gautier E, Mainil-Varlet P. Autologous osteochondral grafting in the knee: indication, results, and reflections. *Clin Orthop Relat Res* 2002; 170–184.
- 72 Johnson LL. Arthroscopic abrasion arthroplasty historical and pathologic perspective: present status. *Arthroscopy* 1986; 2: 54–69.
- 73 Jones DG, Peterson L. Autologous chondrocyte implantation. *J Bone Joint Surg Am* 2006; 88: 2502–2520.
- 74 Kijowski R, Smet AA de. MRI Findings of Osteochondritis Dissecans of the Capitellum with Surgical Correlation. *AJR* 2005; 185: 1453–1459.
- 75 Kijowski R, Smet AA de. Radiography of the elbow for evaluation of patients with osteochondritis dissecans of the capitellum. *Skeletal Radiol* 2005; 34: 266–271.
- 76 Kim HKW, Moran M, Salter RB. The potential for regeneration of articular cartilage in defects created by chondral shaving and subchondral abrasion. An experimental investigation in rabbits. *J Bone Joint Surg Am* 1991; 73: 1301–1315.
- 77 King GJW, Richards RR, Zuckerman JD, Blasier R, Dillman C, Friedman RJ, Gartsman GM, Iannotti JP, Murnahan JP, Mow VC, Woo SLY. A standardized method for assessment of elbow function. *J Shoulder Elbow Surg* 1999; 8: 351–354.
- 78 Kiyoshige Y, Takagi M, Yuasa K, Hamasaki M. Closed-wedge osteotomy for osteochondritis dissecans of the capitellum. *Am J Sports Med* 2000; 28: 534–537.
- 79 Knutsen G, Drogset JO, Engebretsen L, Grøntvedt T, Isaksen V, Ludvigsen TC, Roberts S, Solheim E, Strand T, Johansen O. A randomized trial comparing autologous chondrocyte implantation with microfracture. Findings at five years. *J Bone Joint Surg Am* 2007; 89: 2105–2112.
- 80 Knutsen G, Engebretsen L, Ludvigsen TC, Drogset JO, Grøntvedt T, Solheim E, Strand T, Roberts S, Isaksen V, Johansen O. Autologous chondrocyte implantation compared with microfracture in the knee. A randomized trial. *J Bone Joint Surg Am* 2004; 86-A: 455–464.
- 81 Kobayashi K, Burton KJ, Rodner C, Smith B, Caputo AE. Lateral compression injuries in the pediatric elbow: Panner's disease and osteochondritis dissecans of the capitellum. *J Am Acad Orthop Surg* 2004; 12: 246–254.
- 82 Koch S, Kampen WU, Laprell H. Cartilage and bone morphology in osteochondritis dissecans. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 1997; 5: 42–45.
- 83 Kocher M. S., Steadman J. R., Briggs K. K., Sterett W. I., Hawkins R. J. Reliability, validity, and responsiveness of the Lysholm knee scale for various chondral disorders of the knee. *J Bone Joint Surg Am* 2004; 86: 1139–1145.

- 84 Koh JL, Wirsing K, Lautenschlager E, Zhang L. The effect of graft height mismatch on contact pressure following osteochondral grafting: a biomechanical study. *Am J Sports Med* 2004; 32: 317–320.
- 85 Kon E, Gobbi A, Filardo G, Delcogliano M, Zaffagnini S, Marcacci M. Arthroscopic Second-Generation Autologous Chondrocyte Implantation Compared With Microfracture for Chondral Lesions of the Knee: Prospective Nonrandomized Study at 5 Years. *Am J Sports Med* 2008; 37: 33–41.
- 86 König F. Über freie Körper in den Gelenken. *Deutsche Zeitschrift Chirurgie* 1988; 27: 90–109.
- 87 Kordás G, Szabó JS, Hangody L. Primary stability of osteochondral grafts used in mosaicplasty. *Arthroscopy* 2006; 22: 414–421.
- 88 Kramer J, Stiglbauer R, Engel A, Prayer L, Imhof E. MR contrast arthrography (MRA) in osteochondrosis dissecans. *J Comput Assist Tomogr* 1992; 16: 254–260.
- 89 Kreuz PC, Steinwachs MR, Erggelet C, Krause SJ, Konrad G, Uhl M, Südkamp N. Results after microfracture of full-thickness chondral defects in different compartments in the knee. *Osteoarthr. Cartil* 2006; 14: 1119–1125.
- 90 Kusumi T, Ishibashi Y, Tsuda E, Kusumi A, Tanaka M, Sato F, Toh S, Kijima H. Osteochondritis dissecans of the elbow: histopathological assessment of the articular cartilage and subchondral bone with emphasis on their damage and repair. *Pathol Int* 2006; 56: 604–612.
- 91 Kuwahata Y, Inoue G. Osteochondritis dissecans of the elbow managed by herbert screw fixation. *Orthopedics* 1998; 21: 449–451.
- 92 Lane JG, Massie JB, Ball ST, Amiel ME, Chen AC, Bae WC, Sah RL, Amiel D. Follow-up of osteochondral plug transfers in a goat model: a 6-month study. *Am J Sports Med* 2004; 32: 1440–1450.
- 93 Langer F, Gross AE. Immunogenicity of allograft articular cartilage. *J Bone Joint Surg Am* 1974; 56: 297–304.
- 94 LaPrade RF, Botker JC. Donor-site morbidity after osteochondral autograft transfer procedures. *Arthroscopy* 2004; 20: e69-73.
- 95 Laprell H, Petersen W. Autologous osteochondral transplantation using the diamond bone-cutting system (DBCS): 6-12 years' follow-up of 35 patients with osteochondral defects at the knee joint. *Arch Orthop Trauma Surg* 2001; 121: 248–253.
- 96 Linden B, Telhag H. Osteochondritis dissecans. A histologic and autoradiographic study in man. *Acta Orthop Scand* 1977; 48: 682–686.
- 97 Ludloff K. Zur Frage der Osteochondritis dissecans am Knie. *Arch Klin Chir* 1908; 87: 552–570.
- 98 Magnuson PB. Joint debridement. Surgical treatment of degenerative arthritis.

- Surg Gynec and Obstet 1941; 73: 1–9.
- 99 Magnussen RA, Dunn WR, Carey JL, Spindler KP. Treatment of focal articular cartilage defects in the knee: a systematic review. *Clin Orthop Relat Res* 2008; 466: 952–962.
- 100 Makino T., Fujioka H., Kurosaka M., Matsui N., Yoshihara H., Tsunoda M., Mizuno K. Histologic analysis of the implanted cartilage in an exact-fit osteochondral transplantation model. *Arthroscopy* 2001; 17: 747–751.
- 101 Makino T., Fujioka H., Terukina M., Yoshiya S., Matsui N., Kurosaka M. The effect of graft sizing on osteochondral transplantation. *Arthroscopy* 2004; 20: 837–840.
- 102 Marcacci M, Kon E, Delcogliano M, Filardo G, Busacca M, Zaffagnini S. Arthroscopic autologous osteochondral grafting for cartilage defects of the knee: prospective study results at a minimum 7-year follow-up. *Am J Sports Med* 2007; 35: 2014–2021.
- 103 Marshall KW, Marshall DL, Busch MT, Williams JP. Osteochondral lesions of the humeral trochlea in the young athlete. *Skeletal Radiol* 38; 2009: 470–491.
- 104 Matsusue Y, Yamamuro T, Hama H. Arthroscopic multiple osteochondral transplantation to chondral defect in the knee associated with anterior cruciate ligament disruption. *Arthroscopy* 1993; 9: 318–321.
- 105 Matsuura T, Kashiwaguchi S, Iwase T, Takeda Y, Yasui N. Conservative treatment for osteochondrosis of the humeral capitellum. *Am J Sports Med* 2008; 36: 868–872.
- 106 Mcmanama GB, Micheli LJ, Berry MV, Sohn RS. The surgical treatment of osteochondritis of the capitellum. *Am J Sports Med* 1985; 13: 11–21.
- 107 Mesgarzadeh M, Sapega AA, Bonakdarpour A, Revesz G, Moyer RA, Maurer AH, Alburger PD. Osteochondritis dissecans: analysis of mechanical stability with radiography, scintigraphy, and MR imaging. *Radiology* 1987; 165: 775–780.
- 108 Mihara K, Suzuki K, Makiuchi D, Nishinaka N, Yamaguchi K, Tsutsui H. Surgical treatment for osteochondritis dissecans of the humeral capitellum. *J Shoulder Elbow Surg* 2010; 19: 31–37.
- 109 Mihara K, Tsutsui H, Nishinaka N, Yamaguchi K. Nonoperative Treatment for osteochondritis dissecans of the capitellum. *Am J Sports Med* 2009; 37: 298–304.
- 110 Mitchell N, Shepard N. The resurfacing of adult rabbit articular cartilage by multiple perforations through the subchondral bone. *J Bone Joint Surg Am* 1976; 58: 230–233.
- 111 Mitsunaga MM, Adishian DA, Bianco AJ. Osteochondritis dissecans of the capitellum. *J Trauma* 1982; 22: 53–55.

- 112 Morrey B, Sanchez-Sotelo J. The elbow and its disorders. An KN, Morrey BF: Biomechanics of the elbow. Saunders/Elsevier 2009.
- 113 Morrey B, Sanchez-Sotelo J. The elbow and its disorders. Shaugnessy WJ: Osteochondritis dissecans. Saunders/Elsevier 2009.
- 114 Morrey BF. The elbow and its disorders. W.B. Saunders Company, Philadelphia 1985.
- 115 Moseley JB, O'Malley K, Petersen NJ, Menke TJ, Brody BA, Kuykendall DH, Hollingsworth JC, Ashton CM, Wray NP. A controlled trial of arthroscopic surgery for osteoarthritis of the knee. *N Engl J Med* 2002; 347: 81–88.
- 116 Mubarak SJ, Carroll NC. Familial osteochondritis dissecans of the knee. *Clin Orthop Relat Res* 1979; 157: 131–136.
- 117 Mubarak SJ, Carroll NC. Juvenile osteochondritis dissecans of the knee: etiology. *Clin Orthop Relat Res* 1981; 157: 200–211.
- 118 Müller W. Gleichzeitiges Auftreten von Osteochondritis dissecans in 6 Gelenken. *Deutsche Zeitschrift Chirurgie (Dtsch Z Chir)* 1933; 238: 635–640.
- 119 Nagura S. The so-called osteochondritis dissecans of König. *Clinical Orthopaedics and Related Research* 1960; 18: 100–122.
- 120 Nakagawa Y, Matsusue Y, Ikeda N, Asada Y, Nakamura T. Osteochondral grafting and arthroplasty for end-stage osteochondritis dissecans of the capitellum. A case report and review of the literature. *Am J Sports Med* 2001; 29: 650–655.
- 121 Nambu T, Gasser B, Schneider E. Deformation of the distal femur: a contribution towards the pathogenesis of osteochondrosis dissecans in the knee joint. *J Biomech* 1991; 24: 421–433.
- 122 Nho SJ, Foo LF, Green DM, Shindle MK, Warren RF, Wickiewicz TL, Potter HG, Williams RJ. Magnetic resonance imaging and clinical evaluation of patellar resurfacing with press-fit osteochondral autograft plugs. *Am J Sports Med* 2008; 36: 1101–1109.
- 123 Nishimura A, Morita A, Fukuda A, Kato K, Sudo A. Functional recovery of the donor knee after autologous osteochondral transplantation for capitellar osteochondritis dissecans. *Am J Sports Med* 2011; 39: 838–842.
- 124 Nobuta S, Ogawa K, Sato K, Nakagawa T, Hatori M, Itoi E. Clinical outcome of fragment fixation for osteochondritis dissecans of the elbow. *Up J Med Sci* 2008; 113: 201–208.
- 125 Oka Y, Ikeda M. Treatment of severe osteochondritis dissecans of the elbow using osteochondral grafts from a rib. *J Bone Joint Surg Br* 2001; 83: 738–739.
- 126 Oka Y, Ohta K, Fukuda H. Bone-peg grafting for osteochondritis dissecans of the elbow. *Int Orthop* 1999; 23: 53–57.

- 127 Paget J. On the production of some of the loose bodies in joints. *St. Bartholomeu's Hospital Reports* 1870; 6.
- 128 Panner HJ. A peculiar affection of the capitellum humeri, resembling Calve-Perthes disease of the hip. *Acta Radiol* 1929; 10: 234–242.
- 129 Pappas AM. Osteochondrosis dissecans. *Clinical Orthopaedics and Related Research* 1981; 158: 59–69.
- 130 Park T, Kim T, Cho J. Arthroscopic osteochondral autograft transfer in the treatment of an osteochondral defect of the humeral head: report of one case. *J Shoulder Elbow Surg*; 15: e31-6.
- 131 Patel N, Weiner SD. Osteochondrosis dissecans involving the trochlea: report of two patients (and three elbows) and review of literature. *J Pediatr Orthop* 2002; 22: 48–51.
- 132 Paul J, Sagstetter A, Kriner M, Imhoff AB, Spang J, Hinterwimmer S. Donor-site morbidity after osteochondral autologous transplantation for lesions of the talus. *J Bone Joint Surg Am* 2009; 91: 1683–1688.
- 133 Pearce SG, Hurtig MB, Clarnette R, Kalra M, Cowan B, Miniaci A. An investigation of 2 techniques for optimizing joint surface congruency using multiple cylindrical osteochondral autografts. *Arthroscopy* 2001; 17: 50–55.
- 134 Peiss J, Adam G, Casser R, Urhahn R, Giinther RW. Gadopentetate-dimeglumine-enhanced MR imaging of osteonecrosis and osteochondritis dissecans of the elbow: initial experience. *Skeletal Radiol* 1995; 24: 17–20.
- 135 Peterson L, Brittberg M, Kiviranta I, Akerlund EL, Lindahl A. Autologous chondrocyte transplantation. Biomechanics and long-term durability. *Am J Sports Med*; 30: 2–12.
- 136 Peterson L, Menche D, Grande D. Chondrocyte transplantation - an experimental model in the rabbit. In: *Transactions from the 30th Annual Orthopaedic Research Society, Atlanta* 1984: 218.
- 137 Peterson L, Minas T, Brittberg M, Nilsson A, Sjögren-Jansson E, Lindahl A. Two- to 9-year outcome after autologous chondrocyte transplantation of the knee. *Clin Orthop Relat Res* 2000; 374: 212–234.
- 138 Petrie PWR. Aetiology of osteochondritis dissecans. Failure to establish a familial background. *J Bone Joint Surg Br* 1977; 59: 366–367.
- 139 Philips HO, Grubb SA, Hill C. Familial multiple osteochondritis dissecans. Report of a kindred. *J Bone Joint Surg Am* 1985; 67: 155–156.
- 140 Pickering M. Familial osteochondritis dissecans. *J Bone Joint Surg Br* 1955; 37-B: 142–143.
- 141 Popescu D, Alvarez P, Steinbacher G, Cugat R. Bilateral osteochondrosis of radial head. *Eur J Orthop Surg Traumatol* 2007; 17: 367–371.

- 142 Rahusen FTG, Brinkman J-, Eygendaal D. Results of arthroscopic debridement for osteochondritis dissecans of the elbow. *Br J Sports Med* 2006; 40: 966–969.
- 143 Rand JA. Role of arthroscopy in osteoarthritis of the knee. *Arthroscopy* 1991; 7: 358–363.
- 144 Reddy S, Pedowitz DI, Parekh SG, Sennett BJ, Okereke E. The morbidity associated with osteochondral harvest from asymptomatic knees for the treatment of osteochondral lesions of the talus. *Am J Sports Med* 2007; 35: 80–85.
- 145 Ribbing S. The hereditary multiple epiphyseal disturbance and its consequences for the aetogenesis of local malacias-particularly the osteochondritis dissecans. *Acta Orthop Scandinavica* 1954; 24: 286–299.
- 146 Rieger H. Zur Pathogenese von Gelenkmäusen. *Münchener Medizinische Wochenschrift (MMW)* 1920; 67: 67.
- 147 Roberts S, McCall IW, Darby AJ, Menage J, Evans H, Harrison PE, Richardson JB. Autologous chondrocyte implantation for cartilage repair: monitoring its success by magnetic resonance imaging and histology. *Arthritis Res Ther* 2003; 5: R60.
- 148 Rodrigo JJ, Thompson E, Travis C. Deep-freezing versus 4 degrees preservation of avascular osteocartilaginous shell allografts in rats. *Clin Orthop Relat Res* 1987: 268–275.
- 149 Rogers WM, Gladstone H. Vascular foramina and arterial supply of the distal end of the femur. *J Bone Joint Surg Am* 1950; 32: 867–874.
- 150 Rosenberg ZS, Beltran J, Cheung YY. Pseudodefekt of the capitellum: potential MR imaging pitfall. *Radiology* 1994; 191: 821–823.
- 151 Ruch SD, Cory JW, Poehling GG. The arthroscopic management of osteochondritis dissecans of the adolescent elbow. *Arthroscopy* 1998; 14: 797–803.
- 152 Saris DBF, Vanlauwe J, Victor J, Almqvist KF, Verdonk R, Bellemans J, Luyten FP. Treatment of symptomatic cartilage defects of the knee: characterized chondrocyte implantation results in better clinical outcome at 36 months in a randomized trial compared to microfracture. *Am J Sports Med* 2009; 37 Suppl 1: 10S-19S.
- 153 Sato K, Mio F., Hosoya T, Ito Y. Two cases with osteochondritis dissecans of the capitulum humeri treated with costal osteochondral graft transplantation. *J Shoulder Elbow Surg* 2003; 12: 403–407.
- 154 Sato K., Nakamura T., Toyama Y., Ikegami H. Costal osteochondral grafts for osteochondritis dissecans of the capitulum humeri. *Tech Hand Up Extrem Surg* 2008; 12: 85–91.
- 155 Sato M, Ochi M, Uchio Y, Agung M, Baba H. Transplantation of tissue-

- engineered cartilage for excessive osteochondritis dissecans of the elbow. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery* 2004; 13: 221–225.
- 156 Scharf H, Anagnostakos K. Orthopädie und Unfallchirurgie. Facharztwissen nach der neuen Weiterbildungsordnung. 1 Elsevier, Munich ;, Jena 2009.
- 157 Scheibel M, Bartl C, Magosch P, Lichtenberg S, Habermeyer P. Osteochondral autologous transplantation for the treatment of full-thickness articular cartilage defects of the shoulder. *J Bone Joint Surg Br* 2004; 86: 991–997.
- 158 Schenck RC, JR., Goodnight JM. Osteochondritis dissecans. *American Journal of Bone and Joint Surgery* 1996; 78: 439–456.
- 159 Shapiro F, Koide S, Glimcher MJ. Cell origin and differentiation in the repair of full-thickness defects of articular cartilage. *J Bone Joint Surg Am* 1993; 75: 532–553.
- 160 Shimada K, Yoshida T, Nakata K, Hamada M, Akita S. Reconstruction with an osteochondral autograft for advanced osteochondritis dissecans of the elbow. *Clin Orthop Relat Res* 2005: 140–147.
- 161 Simonian PT, Sussmann PS, Wickiewicz TL, Paletta GA, Warren RF. Contact pressures at osteochondral donor sites in the knee. *Am J Sports Med*; 26: 491–494.
- 162 Singer KM, Roy SP. Osteochondrosis of the humeral capitellum. *Am J Sports Med* 1984; 12: 351–361.
- 163 Smet AA de, Fisher DR, Graf BK, Lange RH. Osteochondritis dissecans of the knee: value of MR imaging in determining lesion stability and the presence of articular cartilage defects. *AJR Am J Roentgenol* 1990; 155: 549–553.
- 164 Smet AA de, Omer A, Graf BK, Ilahi OA. Reassessment of the MR criteria for stability of osteochondritis dissecans in the knee and ankle. *Skeletal Radiol* 1996; 25: 159–163.
- 165 Smith AU. Survival of Frozen Chondrocytes Isolated from Cartilage of Adult Mammals. *Nature* 1965; 205: 782–784.
- 166 Smith MGH. Osteochondritis of the humeral capitulum. *J Bone Joint Surg Br* 1964; 46: 50–54.
- 167 Sontag LW, Pyle SI. Variations in the calcification pattern in epiphyses. Their nature and significance. *Am J Roentgenol* 1941; 45: 50–54.
- 168 Steadman JR, Briggs KK, Rodrigo JJ, Kocher MS, Gill TJ, Rodkey WG. Outcomes of microfracture for traumatic chondral defects of the knee: average 11-year follow-up. *Arthroscopy* 2003; 19: 477–484.
- 169 Steadman JR, Rodkey WG, Rodrigo JJ. Microfracture: surgical technique and rehabilitation to treat chondral defects. *Clin Orthop Relat Res* 2001; 391: S362-S369.

- 170 Stougaard J. Familial occurrence of the osteochondritis dissecans. *J Bone Joint Surg* 1964; 46-B: 542–543.
- 171 Takahara M, Mura N, Sasaki J, Harada M, Ogino T. Classification, treatment, and outcome of osteochondritis dissecans of the humeral capitellum. *J Bone Joint Surg Am* 2007; 89: 1205–1214.
- 172 Takahara M, Ogino T, Fukushima S, Tshuchida H, Kaneda K. Nonoperative treatment of the osteochondritis dissecans of the humeral capitellum. *Am J Sports Med* 1999; 27: 728–732.
- 173 Takahara M, Ogino T, Takagi M, Tshuchida H, Orui H, Nambu T, Takahara M, Ogino T, Tsuchida H. Natural progression of osteochondritis dissecans of the humeral capitellum: initial observations. *Radiology* 2000; 216: 207–212.
- 174 Takahara M, Shundo M, Kondo M, Suzuki K, Nambu T, Ogino T. Early detection of osteochondritis dissecans of the capitellum in young baseball players. *J Bone Joint Surg Am* 1998; 80: 892–897.
- 175 Takeba J, Takahashi T, Hino K, Watanabe S, Imai H, Yamamoto H. Arthroscopic technique for fragment fixation using absorbable pins for osteochondritis dissecans of the humeral capitellum: a report of 4 cases. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2010; 18: 831–835.
- 176 Takeda H, Watarai K, Matsushita T, Saito T, Terashima Y. A surgical treatment for unstable osteochondritis dissecans lesion of the humeral capitellum in adolescent baseball players. *Am J Sports Med* 2002; 30: 713–717.
- 177 Thomson NL. Osteochondritis dissecans and osteochondral fragments managed by herbert compression screw fixation. *Clin Orthop Relat Res* 1987; 224: 71–78.
- 178 Tobin WJ. Familial osteochondritis dissecans with associated tibia vara. *J Bone Joint Surg Am* 1957; 39: 1094–1105.
- 179 Tomford WW. Transmission of disease through transplantation of musculoskeletal allografts. *J Bone Joint Surg Am* 1995; 77: 1742–1754.
- 180 Tsuda E, Ishibashi Y, Sato H, Yamamoto Y, Toh S. Osteochondral autograft transplantation for osteochondritis dissecans of the capitellum in nonthrowing athletes. *Arthroscopy* 2005; 21: 1270.
- 181 Vanthournout I, Rudelli A, Valenti P, Montagne JP. Osteochondritis dissecans of the trochlea of the humerus. *Pediatr Radiol* 1991; 21: 600–601.
- 182 Versteylen RJ, Zwemmer A, Lorie CA, Oegema TR. Multiple epiphyseal dysplasia complicated by severe osteochondritis dissecans of the knee. Incidence in two families. *Skeletal Radiol* 1992; 17: 407–412.
- 183 Vogt S, Imhoff AB. Injuries to the articular cartilage. *Eur J Trauma* 2006; 32: 325–331.

- 184 Wagner H. Operative Behandlung der Osteochondrosis dissecans des Kniegelenkes. *Z Orthop Ihre Grenzgeb* 1964; 98:333– 355
- 185 Waldt S, Bruegel M, Ganter K, Kuhn V, Link TM, Rummeny EJ, Woertler K. Comparison of multislice CT arthrography and MR arthrography for the detection of articular cartilage lesions of the elbow. *Eur Radiol* 2005; 15: 784–791.
- 186 Whiteside RA, Jakob RP, Wyss UP, Mainil-Varlet P. Impact loading of articular cartilage during transplantation of osteochondral autograft. *J Bone Joint Surg Br* 2005; 87: 1285–1291.
- 187 Williams R, Dreese JC, Chen CT. Chondrocyte survival and material properties of hypothermically stored cartilage: an evaluation of tissue used for osteochondral allograft transplantation. *Am J Sports Med* 2004; 32: 132–139.
- 188 Williams SK, Amiel D, Ball ST, Allen RT, Tontz WL, JR, Emmerson BC, Badlani NM, Emery SC, Haghghi P, Bugbee WD. Analysis of cartilage tissue on a cellular level in fresh osteochondral allograft retrievals. *Am J Sports Med* 2007; 35: 2022–2032.
- 189 Woodward AH, Bianco AJ. Osteochondritis dissecans of the elbow. *Clin Orthop Relat Res* 1975; 110: 35–41.
- 190 Woodward AH, Decker JS. Osteochondritis dissecans following Legg-Perthes disease. *Southern Med J* 1975; 69: 943–944.
- 191 Yadao MA, Field LD, Savoie FH. Osteochondritis dissecans of the elbow. *Instr Course Lect* 2004; 53: 599–606.
- 192 Yamamoto T, Bullough PG. Spontaneous osteonecrosis of the knee: the result of subchondral insufficiency fracture. *J Bone Joint Surg Am* 2000; 82: 858–866.
- 193 Yamamoto Y, Ishibashi Y, Tsuda E, Sato H, Toh S. Osteochondral autograft transplantation for osteochondritis dissecans of the elbow in juvenile baseball players: minimum 2-year follow-up. *Am J Sports Med* 2006; 34: 714–720.
- 194 Yoshizu T. Closed-wedge osteotomy for osteochondritis dissecans of humeral capitulum [in Japanese]. *Orthopaedics (Seikeigeka)* 1986; 37: 1232–1242.

7. Tabellenverzeichnis

Tab. 1	Röntgenologische Klassifikation osteochondraler Läsionen, nach ¹⁷¹	15
Tab. 2	MRT-Klassifikation osteochondraler Läsionen nach Dipaola et al. ³⁹	15
Tab. 3	Stammdaten des Patientenkollektivs.....	30
Tab. 4	Klassifikation des Arthrosegrades nach Kellgren und Lawrence, nach ¹⁵⁶ ...	37
Tab. 5	Bewegungsumfang des operierten Ellenbogengelenks verglichen mit der kontralateralen Seite	42
Tab. 6	MRT-Protokoll.....	56

8. Abbildungsverzeichnis

Abb. 1	Rechtes Ellenbogengelenk – Valgusstress; modifiziert aus ⁶	9
Abb. 2	Rechtes Ellenbogengelenk – Blutversorgung; modifiziert aus ⁸¹	10
Abb. 3	Rechtes Ellenbogengelenk – Closed-Wedge-Osteotomie, modifiziert nach ¹⁹⁴	19
Abb. 4	Rechtes Ellenbogengelenk – Refixation mit Drähten, modifiziert nach ¹⁷⁶	21
Abb. 5	Rechter distaler Humerus – Dynamische Klammer, modifiziert nach ⁵⁶	23
Abb. 6	Autologe Chondrozytentransplantation, modifiziert nach ²⁵	24
Abb. 7	Altersverteilung zum Zeitpunkt der Operation.....	29
Abb. 8	Größenverteilung der Spenderzylinder	29
Abb. 9	Kategoriengewichtung des Broberg-Morrey-Scores in % von 100 Punkten	34
Abb. 10	Kriteriengewichtung des Lysholm-Scores in % von 100 Punkten	36
Abb. 11	Sportliche Leistungsfähigkeit präoperativ und zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung.....	40
Abb. 12	Schmerzcharakter des betroffenen Ellenbogengelenks	40
Abb. 13	Zufriedenheit der Patienten mit der Operation und dem postoperativen Verlauf.....	41
Abb. 14	Ergebnisse des ASES-E-Scores.....	43
Abb. 15	Ergebnisse der einzelnen Kategorien des Broberg-Morrey-Scores.....	45
Abb. 16	Bewertung der Ergebnisse des aktuellen Broberg-Morrey-Scores.....	46
Abb. 17	Ergebnisse des aktuellen Quick-DASH	47
Abb. 18	Ergebnisse der einzelnen Kategorien des Lysholm-Scores	50
Abb. 19	Gesamtergebnis des aktuellen Lysholm-Scores verglichen mit präoperativ	50
Abb. 20	Prozentuale Verteilung der erreichten Punktwerte des Lysholm-Scores...	51
Abb. 21	Rechter Ellenbogen ohne Anzeichen von Arthrose (Pat. Nr. 5; 8,8 J. postop) a a.p. b lateral.....	52
Abb. 22	Geringe Arthrosezeichen, Pat. Nr. 3; 10,3 J. postop a a.p. b lateral, freier Gelenkkörper (Pfeil).....	52
Abb. 23	Moderate Arthrose; Pat. Nr. 18, 3,0 J. postop a a.p. b lateral	53

Abb. 24	Vitaler und gut integrierter Zylinder	a Pat. Nr. 5; 8,8 J. postop, cor T1	
		b Pat. Nr. 8; 7,4 J. postop, cor T1	54
Abb. 25	Geringgradige Inkongruenz	a Pat. Nr. 1; 13,5 J. postop; cor PD fs	
		b Pat. Nr. 18; 3,0 J. postop; cor T1	54
Abb. 26	Darstellung einer Zyste im linken Capitulum (Pat. Nr. 1; 13,5 J. postop)		
		a cor PD fs b sag PD fs	55
Abb. 27	Knochenmarködem im rechten Capitulum (Pat. Nr. 19; 1,5 J. postop)		
		a cor PD fs b sag PD fs	55

9. Anhang

A - Allgemeiner Teil

PATIENTENDATEN

Patient
geb. am
Telefon
Email
Adresse

Alter Größe Gewicht BMI

A.1 DIAGNOSE

.....
.....

A.2 KRANKHEITSANAMNESE

Unfall ? privat im Beruf (BG-Versicherungsfall)

Beschwerden vor der Operation (Untersuchungsbefund ???)

.....
.....

Voroperationen/ Nebenerkrankungen/ Sonstiges (offene Verletzung, Begleitverletzungen, Medikamente, ...)

.....
.....

A.3 RISIKOFAKTOREN

Sport (Wurfsportarten/ Leistungssport)

.....

Beruf handwerklich nicht handwerklich

.....

Händigkeit Rechtshänder Linkshänder

A.4 BILDGEBUNG im Verlauf nach Operation

- Röntgen Ellenbogen

.....

- MRT ja nein

.....

A.5 OPERATION

Operationsdatum ____ / ____ / ____ (Unfalltag _____)

Follow-up-Zeitraum Monate

A.6 KOMPLIKATIONEN (Infekt, Thrombose, Implantatversagen, Nervenschaden...)

.....
.....

A.7 RE-OPERATION ?

Anzahl : 1 2 3 4 Datum ____ / ____ / ____

.....

A. 8 DAUER der AU (Rückkehr zur Arbeitsfähigkeit, Wiedereingliederungsverfahren)

.....
.....
.....

B - Klinische Untersuchung

Vom Untersucher auszufüllen!

Patientennummer/

Aufkleber

.....

OP-Datum

____ / ____ / ____

Untersuchungsdatum

____ / ____ / ____ (Follow-Up mind. 12 Monate)

Betroffene Seite

rechts links

B.1 INSPEKTION UND PALPATION

1.1. Narben/ Hautstatus

.....

Schwellung	Ø	+	++	+++
Überwärmung	Ø	+	++	+++
Rötung	Ø	+	++	+++
Krepitation	Ø	+	++	+++
Blockierung	Ø	+	++	+++

B.2 FUNKTION

2.1. Beweglichkeit (ROM)

EX / FLEX aktiv ___ / ___ / ___ passiv ___ / ___ / ___

PRO/ SUP aktiv ___ / ___ / ___ passiv ___ / ___ / ___

Gegenseite (gesund)

EX / FLEX aktiv ___ / ___ / ___ passiv ___ / ___ / ___

PRO/ SUP aktiv ___ / ___ / ___ passiv ___ / ___ / ___

2.2. Sensibilität intakt nicht intakt

.....

B.3 BELASTUNGSMASS („was können sie mit dem Ellenbogen, was nicht?“)

Sport

.....

Beruf

.....

B.4 PATIENTENZUFRIEDENHEIT

GLOBALURTEIL ARZT UND PATIENT

Zur Wirksamkeit

Arzt:

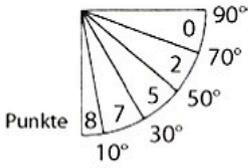
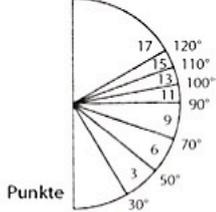
- sehr gut
- gut
- mäßig
- schlecht
- sehr schlecht

Patient:

- sehr gut
- gut
- mäßig
- schlecht
- sehr schlecht

B.5 SCORES

Broberg/ Morrey Elbow Score (vom Untersucher auszufüllen!)

Ellenbogenscore					
Schmerz (30 Punkte)					
Keiner					(Punkte) 30
Leicht, bei andauernder Aktivität, keine Schmerzmittel					(Punkte) 25
Mittelmäßig, bei gelegentlicher Aktivität, wenig Schmerzmittel					(Punkte) 15
Stärker, viel Schmerzen, häufig Schmerzmittel					(Punkte) 10
Stark, ständig Schmerzen, Aktivität eingeschränkt					(Punkte) 5
Gebrauchsunfähig					(Punkte) 0
Bewegungsumfang (37 Punkte)					
Extension		Flexion			
Pronation	0,1 Punkte pro ° (maximal 6 Punkte)				
Supination	0,1 Punkte pro ° (maximal 6 Punkte)				
Kraft (15 Punkte)					
		Flex.	Ext.	Pron.	Sup.
Normal 100%	(Punkte)	5	4	3	3
Gut 75-99%	(Punkte)	4	3	2	2
Ausreichend 50-74%	(Punkte)	3	2	1	1
Schlecht 25-49%	(Punkte)	2	1	0	0
Angedeutet 10-24%	(Punkte)	1	0	0	0
Null 0-9%	(Punkte)	0	0	0	0
Instabilität (6 Punkte)					
		Ant./Post.	Med./Lat.		
Keine	(Punkte)	3	3		
Leicht <5mm, <5°	(Punkte)	2	2		
Mäßig <10mm, <10°	(Punkte)	1	1		
Schwer >10mm, >10°	(Punkte)	0	0		
Funktion (12 Punkte)					
1. Schürzengriff					Punkte
2. Aufstehen vom Stuhl				Normal	1
3. Analhygiene				Leichte Beeinträchtigung	0,75
4. Waschen der gegenseitigen Achselhöhle				Schwierig	0,5
5. Essen mit Besteck				Mit Hilfe	0,25
6. Haare kämmen				Unmöglich	0
7. 5-7 kg Tragen					
8. Anziehen					
9. Ziehen					
10. Werfen					
11. Normale Arbeit verrichten					
12. Normalen Sport ausüben					

Gesamtpunktzahl _____

B.6 BILDGEBUNG (zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung)

- Röntgen

.....

- MRT **Termin** am um

.....

C - Patientenfragebogen

Ellenbogen

C.1 ASES Score

Schmerz: Wie stark sind ihre Schmerzen heute? Markieren Sie diese auf der Linie.

Überhaupt keine Schmerzen Stärkster Schmerz, den ich mir vorstellen kann

C.2 Quick-DASH

Bitte schätzen Sie Ihre Fähigkeit ein, wie Sie folgende Tätigkeiten in der vergangenen Woche durchgeführt haben, indem Sie die entsprechende Zahl ankreuzen.

	Keine Schwierigkeiten	Geringe Schwierigkeiten	Mäßige Schwierigkeiten	Erhebliche Schwierigkeiten	Nicht möglich
1. Ein neues oder festverschlossenes Glas öffnen	1	2	3	4	5
2. Schwere Hausarbeit (z. B. Wände abwaschen, Boden putzen)	1	2	3	4	5
3. Eine Einkaufstasche oder einen Aktenkoffer tragen	1	2	3	4	5
4. Ihren Rücken waschen	1	2	3	4	5
5. Ein Messer benutzen, um Lebensmittel zu schneiden	1	2	3	4	5
6. Freizeitaktivitäten, bei denen auf Ihren Arm, Schulter oder Hand Druck oder Stoß ausgeübt wird (z.B. Golf, Hämmern, Tennis, usw.)	1	2	3	4	5

7. In welchem Ausmaß haben Ihre Schulter-, Arm- oder Handprobleme Ihre normalen sozialen Aktivitäten mit Familie, Freunden, Nachbarn oder anderen Gruppen während der vergangenen Woche beeinträchtigt? (Bitte kreuzen Sie die entsprechende Zahl an)

Überhaupt nicht	Ein wenig	Mäßig	Ziemlich	Sehr
1	2	3	4	5

8. Waren Sie in der vergangenen Woche durch Ihre Schulter-, Arm- oder Handprobleme in Ihrer Arbeit oder anderen alltäglichen Aktivitäten eingeschränkt? (Bitte kreuzen Sie die entsprechende Zahl an)

Überhaupt nicht eingeschränkt	Ein wenig eingeschränkt	Mäßig eingeschränkt	Sehr eingeschränkt	Nicht möglich
1	2	3	4	5

Bitte schätzen Sie die Schwere der folgenden Beschwerden während der letzten Woche ein. (Bitte kreuzen Sie in jeder Zeile die entsprechende Zahl an)

	Keine	Leichte	Mäßige	Starke	Sehr starke
9. Schmerzen in Schulter, Arm oder Hand	1	2	3	4	5
10. Kribbeln (Nadelstiche) in Schulter, Arm oder Hand	1	2	3	4	5

11. Wie groß waren Ihre Schlafstörungen in der letzten Woche aufgrund von Schmerzen im Schulter-, Arm- oder Handbereich? (Bitte kreuzen Sie die entsprechende Zahl an)

Keine Schwierigkeiten	Geringe Schwierigkeiten	Mäßige Schwierigkeiten	Erhebliche Schwierigkeiten	Nicht möglich
1	2	3	4	5

ARBEITS- UND BERUFS-MODUL (OPTIONAL)

Die folgenden Fragen beziehen sich auf den Einfluss Ihres Schulter-, Arm- oder Handproblems auf Ihre Arbeit (einschließlich Haushaltsführung, falls dies Ihre Hauptbeschäftigung ist).

Bitte geben Sie Ihre/n Arbeit/Beruf hier an:

Ich bin nicht berufstätig (Sie können diesen Bereich auslassen).

Bitte kreuzen Sie die Zahl an, die Ihre körperlichen Fähigkeiten in der vergangenen Woche am besten beschreibt. Hatten Sie irgendwelche Schwierigkeiten:

	Keine Schwierigkeiten	Geringe Schwierigkeiten	Mäßige Schwierigkeiten	Erhebliche Schwierigkeiten	Nicht möglich
1. In der üblichen Art und Weise zu arbeiten?	1	2	3	4	5
2. Aufgrund der Schmerzen in Schulter, Arm oder Hand Ihre übliche Arbeit zu erledigen?	1	2	3	4	5
3. So gut zu arbeiten wie Sie es möchten?	1	2	3	4	5
4. Die bisher gewohnte Zeit mit Ihrer Arbeit zu verbringen?	1	2	3	4	5

SPORT- UND MUSIK-MODUL (OPTIONAL)

Die folgenden Fragen beziehen sich auf den Einfluss Ihres Schulter-, Arm- oder Handproblems auf das Spielen Ihres Musikinstrumentes oder auf das Ausüben Ihres Sports oder auf beides. Wenn Sie mehr als ein Instrument spielen oder mehr als eine Sportart ausüben (oder beides), so beantworten Sie bitte die Fragen in Bezug auf das Instrument oder die Sportart, die für Sie am wichtigsten ist.

Bitte geben Sie dieses Instrument bzw. diese Sportart hier an:

Ich treibe keinen Sport oder spiele kein Instrument (Sie können diesen Bereich auslassen).

Bitte kreuzen Sie die Zahl an, die Ihre körperlichen Fähigkeiten in der vergangenen Woche am besten beschreibt. Hatten Sie irgendwelche Schwierigkeiten:

	Keine Schwierigkeiten	Geringe Schwierigkeiten	Mäßige Schwierigkeiten	Erhebliche Schwierigkeiten	Nicht möglich
1. In der üblichen Art und Weise Ihr Musikinstrument zu spielen oder Sport zu treiben?	1	2	3	4	5
2. Aufgrund der Schmerzen in Schulter, Arm oder Hand Ihr Musikinstrument zu spielen oder Sport zu treiben?	1	2	3	4	5
3. So gut Ihr Musikinstrument zu spielen oder Sport zu treiben wie Sie es möchten?	1	2	3	4	5
4. Die bisher gewohnte Zeit mit dem Spielen Ihres Musikinstrumentes oder mit Sporttreiben zu verbringen?	1	2	3	4	5

Knie (Entnahmestelle)

C.3 Lysholm Score

Bitte markieren Sie die Häufigkeit bzw. Intensität der folgenden Symptome bzw. den Grad Ihrer derzeitigen Fähigkeiten:

Hinken	<input type="checkbox"/> nein	5
	<input type="checkbox"/> wenig oder zeitweise	3
	<input type="checkbox"/> stark oder immer	1
Belastung	<input type="checkbox"/> Vollbelastung	5
	<input type="checkbox"/> Gehstützen oder Stock	3
	<input type="checkbox"/> Belastung nicht möglich	0
Blockierung	<input type="checkbox"/> keine Blockierung und kein Gefühl der Einklemmung	15
	<input type="checkbox"/> Gefühl der Einklemmung aber keine Blockierung	10
	<input type="checkbox"/> gelenktliche Blockierung	6
	<input type="checkbox"/> häufige Blockierung	2
	<input type="checkbox"/> blockiertes Gelenk bei Untersuchung	0
Instabilität	<input type="checkbox"/> Niemals "giving way" Phänomen	25
	<input type="checkbox"/> "giving way" selten während des Sports oder anderer schwerer Anstrengung	20
	<input type="checkbox"/> "giving way" häufig während des Sports oder anderer schwerer Anstrengung (oder unmöglich, daran teilzunehmen)	15
	<input type="checkbox"/> "giving way" gelegentlich während Tätigkeiten des Alltags	10
	<input type="checkbox"/> "giving way" oft während Tätigkeiten des Alltags	5
	<input type="checkbox"/> "giving way" bei jedem Schritt	0
Schmerzen	<input type="checkbox"/> keine	25
	<input type="checkbox"/> unregelmäßig and gering während schwerer Anstrengung	20
	<input type="checkbox"/> deutlich/ausgeprägt während schwerer Anstrengung	15
	<input type="checkbox"/> deutlich während oder nach dem Gehen von mehr als 2 km	10
	<input type="checkbox"/> deutlich während oder nach dem Gehen von weniger als 2 km	5
	<input type="checkbox"/> ständig	0
Schwellung	<input type="checkbox"/> keine	10
	<input type="checkbox"/> bei schwere Anstrengung	6
	<input type="checkbox"/> bei gewöhnlicher Anstrengung	2
	<input type="checkbox"/> ständig	0
Treppensteigen	<input type="checkbox"/> kein Problem	10
	<input type="checkbox"/> ein wenig beeinträchtigt	6
	<input type="checkbox"/> Schritt für Schritt	2
	<input type="checkbox"/> nicht möglich	0

9. Anhang

Hocken	<input type="checkbox"/> kein Problem	5
	<input type="checkbox"/> wenig beeinträchtigt	4
	<input type="checkbox"/> nicht über 90°	2
	<input type="checkbox"/> nicht möglich	0

Gesamtpunktzahl _____

10. Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei all denen bedanken, die zu dem Gelingen dieser Doktorarbeit beigetragen haben.

Danken möchte ich **Herrn Prof. Dr. med. A. B. Imhoff** für die Überlassung des Themas, die Möglichkeit der Durchführung dieser Arbeit in seiner Klinik und seine freundliche Unterstützung.

Mein besonderer Dank gilt meinem Doktorvater, **Herrn PD Dr. med. S. Vogt**, für seine hervorragende Betreuung und Zuverlässigkeit während des gesamten Entstehungsprozesses bis hin zur Korrektur der Arbeit.

Bedanken möchte ich mich auch bei meinen wissenschaftlichen Betreuern **Herrn Dr. med. D. Hensler** für die Unterstützung im Anfangsstadium **sowie Herrn Dr. med. S. Siebenlist** für die Hilfe bei der praktischen Durchführung der Arbeit.

Weiterhin gilt mein Dank den **Mitarbeitern des Instituts für Radiologie des Klinikums Rechts der Isar**, insbesondere **Herrn Prof. Dr. med. Klaus Wörtler**, für die Unterstützung bei der Erstellung und Auswertung der MRT-Bilder.

Außerdem danke ich **allen Patienten**, die sich bereit erklärt haben, an dieser wissenschaftlichen Studie teilzunehmen und ohne die diese Arbeit nicht möglich gewesen wäre.

Schließlich möchte ich mich ganz herzlich bei **meinen Eltern** bedanken, die mich in jeglicher Hinsicht unterstützen und mir das Studium und diese Promotion überhaupt erst ermöglicht haben.