

Michael Hahn¹, Thorsten Schulz², Klaus Peikenkamp², Jörg Jerosch²

Knochenstrukturanalyse nach Oberflächenersatz an der Schulter

Reaction of the bone below a resurfacing at the shoulder

Zusammenfassung: Die vorliegende Arbeit befasst sich mit der retrospektiven Analyse der knöchernen Reaktion nach erfolgter Therapie mit einer Oberflächenersatz-Endoprothese am Humerus.

Material und Methodik: Insgesamt 13 explantierte Oberflächenersatz-Endoprothesen mit unterschiedlichen Standzeiten wurden im Verbund mit anhaftendem Knochengewebe für die histologischen Untersuchungen unentkalkt aufgearbeitet. Es folgte eine qualitative Befundung und quantitative Analyse etablierter Knochenstrukturparameter. Diese wurden in Zusammenhang mit der Standzeit sowie mit dem Alter der Patienten bewertet.

Ergebnisse: Die Untersuchungen zeigen, dass die Knochenzellaktivität bzw. der Knochenumbau in den meisten Fällen reduziert ist, wobei vereinzelt eine Knochenverdichtung am Kappenrandbereich zu finden ist. Generell ist aber ein Knochenstoffverlust unterhalb der Kappe zu beobachten. Der Knochenstoffverlust ist altersunabhängig, korreliert aber signifikant mit der Standzeit der Implantate.

Fazit: Die Ergebnisse werden als Resultat einer veränderten mechanischen Belastungssituation nach Einbau des Implantats interpretiert. Das heißt, der Knochen unter der Kappe passt sich hinsichtlich Form, Struktur und Masse der neuen funktionellen Beanspruchung durch das Implantat an, was bei einer notwendigen Wechsellagerung zu berücksichtigen ist.

Summary: This study attends to the retrospective analysis of bony reaction after the ensured therapy with a humeral head resurfacing prosthesis.

Material and Methods: Overall 13 explanted humerus caps with different lifetimes in combination with adherent bone tissues could be refurbished for the histological analysis. Afterwards there was a qualitative appraisal and a quantitative analysis of established bone tissue parameters. These were evaluated with the lifetime as well as the patient's age.

Results: Our findings show that the bone cell activity respectively the bone remodeling was reduced in most cases. Some cases show a bone densification at the edge of the cap. Generally bone loss is observed beneath the cap. The bone loss does not depend on the age, but correlates significantly with the lifetime of the implants.

Conclusion: The outcomes are interpreted as a result of the changing mechanical stress situation after the implantation. Therefore the bone beneath the cap adapts his form, structure and mass to the new functional load of the implant (Transformation law of Wolff).

Keywords: shoulder, resurfacing, bone loss

Schlüsselwörter: Schulter, Oberflächenersatz, Knochenverlust

Zitierweise

Hahn M, Schulz T, Peikenkamp K, Jerosch J: Knochenstrukturanalyse nach Oberflächenersatz an der Schulter
OUP 2016; 1: 054–060 DOI 10.3238/oup.2015.0054–0060

Citation

Hahn M, Schulz T, Peikenkamp K, Jerosch J: Reaction of the bone below a resurfacing at the shoulder?
OUP 2016; 1: 054–060 DOI 10.3238/oup.2015.0054–0060

Einleitung

Zur Therapie pathologisch veränderter Schultergelenke kommen seit geraumer Zeit vermehrt Oberflächenersatz-Implantate zum Einsatz. Diese Implantate sind von verschiedenen Herstel-

lern auf dem Markt, wobei die Implantate grundsätzlich vergleichbar aufgebaut sind. Sie bestehen alle aus einer annähernden Halbkugelschale (Kappe) mit einem darin liegenden Zapfen. Das Implantat dient zur Rekonstruktion des zerstörten Caput Humeri und

zur Wiederherstellung der Anatomie bei minimaler Knochenresektion, wodurch sich Rückzugswege für den späteren Einsatz einer Endoprothese im Zuge einer Wechsellagerung ergeben [1]. Unterschiede gibt es im Material, und auch das Design weist zum Teil Be-

¹ Institut für Osteologie und Biomechanik des Universitätsklinikums Hamburg-Eppendorf

² Labor für Biomechanik, Fachhochschule Münster, Steinfurt

³ Klinik für Orthopädie, Unfallchirurgie und Sportmedizin, Johanna-Etienne-Krankenhaus, Neuss

sonderheiten auf, wie z.B. Beschichtungen.

Wichtig für die Implantation ist, dass ausreichend Knochensubstanz zur Verankerung der Kappe vorhanden ist. Fink et al. [2] weisen darauf hin, dass es gerade bei jungen Patienten indiziert sei, eine Kappe zu implantieren, da mit dem Oberflächenersatz bei dieser Patientengruppe der Einsatz einer Totalendoprothese für einige Jahre überbrückt werden kann. Diese setzt voraus, dass es durch den langjährigen Einsatz der Oberflächenimplantate zu keiner gravierenden Veränderung des periprothetischen Knochengewebes kommt und sich der nach der Explantation der Kappe verbleibende Knochen als Lager für eine Totalendoprothese eignet.

Klinisch von Interesse ist in diesem Zusammenhang die Frage, wie sich der Knochen unter dem Oberflächenersatz nach längerer Standzeit des Implantats verhält, und ob mögliche Veränderung Auswirkungen auf eine nachfolgende Implantation haben.

Material und Methoden

Für die Untersuchungen standen 13 explantierte Kappenendoprothesen der Schulter mit dem verbliebenen Knochengewebe innerhalb der Kappe zur Verfügung. Die Explantate wurden über einen Zeitraum von 6 Jahren gesammelt. Für alle 13 Fälle lagen die klinischen Daten vor. Sieben Fälle stammen von weiblichen und 6 von männlichen Patienten im Alter von 50–84 Jahren. Die untersuchten Kappen unterteilen sich in 4 verschiedene Modelle (Abb. 1). Alle Kappen wurden im Zeitraum von 2005–2012 implantiert und zwischen 2006 und 2012 explantiert. Die Standzeit variierte zwischen 3 und 79 Monaten, der Mittelwert lag bei 19,6 Monaten, der Median hingegen bei 7 Monaten. Die häufigste Diagnose, die zum Einbau der Oberflächenersatzendoprothesen geführt hat, war die Omarthrose ($n = 6$), gefolgt von der Defektarthropathie ($n = 3$), Rheuma ($n = 1$), sekundäre Omarthrose nach Defektarthropathie ($n = 1$) und posttraumatische Arthrose nach Plattenosteosynthese einer Oberarmkopffraktur ($n = 1$). Bei einem Fall konnte die Diagnose aus den Unterla-

gen nicht nachvollzogen werden. Die Explantation der Kappenimplantate erfolgte aufgrund unterschiedlicher Diagnosen, die in Tabelle 1 aufgeführt sind.

Aufarbeitung der Präparate

Alle Kappenpräparate mit den anhaftenden Humeruskopfanteilen wurden zunächst in 3,5 % gepuffertem Formalin fixiert. Danach wurde je eine Gewebeprobe zu Schliffpräparaten, bei denen das Knochengewebe im Verbund mit dem Implantat bearbeitet werden kann, aufgearbeitet und jeweils eine weitere Gewebeprobe zu Schnittpräparaten, für die eine Gewebeprobe vorsichtig vom Implantat abgelöst wurde. Zusätzlich wurden in einigen Fällen Blockpräparate von 1 mm Dicke erstellt, um einen besseren Eindruck der 3D-Knochenstruktur im Bereich des Implantats zu erhalten [3].

Schliffpräparate

Mit einer Bandsäge mit diamantbeschichtetem Trennband (Exakt) wurden aus jeder der Kappenendoprothesen 4 mm dünne Präparatescheiben aus der Medianebene mit den darin befindlichen Resten des Humeruskopfs herausgetrennt (Abb. 2a). Anschließend wurden von den 4 mm dicken Scheiben zur Dokumentation und ersten Beurteilung der Gewebestruktur eine Kontaktradiografie (Abb. 2b) sowie eine Makroaufnahme angefertigt (Abb. 2a).

Die weitere Aufarbeitung der Präparatescheiben zu unentkalkten Schliffen erfolgte nach der in früheren Veröffentlichungen im Detail be-

schriebenen Technik [3] (Abb. 3). Das Gewebe wurde zunächst über eine aufsteigende Ethanolreihe entwässert und anschließend mit Kunststoff (Technovit 7200, Kulzer) infiltriert. Nach der Polymerisation durch Blaulicht wurden die im Kunststoff eingebetteten Proben auf einen Objekträger geklebt und mit Hilfe von automatischen Tellerschleifmaschinen (Exakt) und Sandpapieren unterschiedlicher Körnung planparallel auf eine Dicke von etwa 100 μm geschliffen. Anschließend wurde die Oberfläche poliert und Toluidinblau gefärbt (Abb. 3).

Schnittpräparate

Die Gewebeproben, die für die Schnittpräparation entnommen wurden, wurden ebenfalls entwässert, dann aber unentkalkt in PMMA (Merck) eingebettet. Mit Hilfe eines Rotationsmikrotoms (Jung) wurden 4 μm dicke Schnitte angefertigt und nach Standardprotokoll Toluindinblau, Kossavan-Gieson und Masson Goldner gefärbt.

Histomorphometrische Auswertung: Zur Beurteilung der Gewebeveränderungen wurden die Präparate histomorphometrisch ausgewertet. Hierfür wurde das mikroskopische Bild der Präparate mithilfe einer Digitalkamera erfasst und mit einer speziellen Software analysiert (Osteomeasure). Da die Kossavan-Gieson-Färbung den größten Kontrast bietet, wurden die so gefärbten Präparate für die Messungen gewählt. Zur Charakterisierung der Knochenstruktur wurden die Parame-

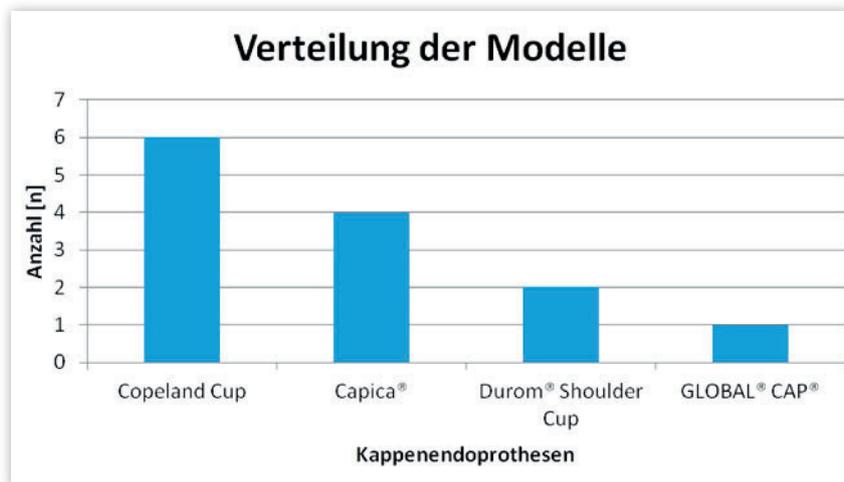


Abbildung 1 Aufteilung der für die Untersuchung generierten Oberflächenersatz-Endoprothesen.

Fall Nr.	M/W	Datum 1. OP	Prothese 1. OP	Diagnose	OP-Datum Explantation	Prothese 2. OP	Diagnose für Explantation	Standzeit in Monaten
1	M	01.02.07	Copeland Cup	Defektarthropathie	09.05.07	Delta	Sturz	3
2	M	16.12.05	Copeland Cup	Omarthrose	25.05.07	Delta	Rotatorenmanschettenruptur	5
3	W	09.10.06	Copeland Cup	Sekundäre Omarthrose bei Defektarthropathie	20.07.07	Inverse Prothese der Fa. LIMA	Anhaltende Omalgie	9
4	W	06.05.05	Copeland Cup	Omarthrose	25.02.08	Delta	Humerusschaftfraktur, Pseudarthrose	33
5	M	17.09.07	Copeland Cup	Defektarthropathie	25.06.08	Delta	Sturz	9
6	W	17.07.08	Capica®	Omarthrose	19.05.10	TESS	Einliegende Capica-Prothese	22
7	W	27.04.09	Capica®	Posttraumatische Arthrose nach Plattenosteosynthese einer Oberarmkopffraktur	26.11.09	Delta	Sekundärer Rotatorenmanschettendefekt	7
8	W	27.07.05	Copeland Cup	Defektarthropathie	16.02.12	Delta Xtend	Sekundärer Rotatorenmanschettendefekt	79
9	W	15.05.12	Capica®	Omarthrose	07.11.12	TESS	Medialer Abrieb des Glenoids	6
10	W	12.04.10	Capica®	Omarthrose	29.07.10	TESS	Suffizienz der Subscapularissehne	3
11	M	07.08.06	GLOBAL® CAP		01.12.06	Totalendoprothese	Schulterluxation	4
12	M	2006	Durom® Shoulder Cup	Rheuma	19.03.12	Affinis-Fracture	Periprothetische Humerusfraktur Pseudoarthrose	70
13	M	09.11.11	Durom® Shoulder Cup	Omarthrose	20.03.12	Humeruskopfprothese	Periprothetischer Infekt	5

Tabelle 1 Darstellung der Falldaten.

ter prozentuales Knochenvolumen (BV/TV), die Trabekeldicke (Tb.Th.), der Abstand zwischen den Trabekeln (Tb.Sp.) und die Trabekelanzahl (Tb.N.) mit dem Analyseprogramm ermittelt.

Um die Reaktionen des Gewebes im Grenzbereich (Interface) zum Implantat zu erfassen, wurden folgende Parameter bestimmt: Die Membrandicke, die Membranlänge in Relation zur Länge des Interface als Bezugsgröße und der prozentuale Knochenkontakt zum Implantat. Eine breitere und durchgehende, bindegewebige Interfacemembran wird als Zeichen einer Lockerung interpretiert, wohingegen direkte Knochenkontakte als Maß der Integration gesehen werden [4].

Statistische Auswertung: Zur Untersuchung der Zusammenhänge von Standzeit bzw. Alter zu den einzelnen Knochenstrukturparametern und diesen untereinander wurde die 2-seitige Korrelationsanalyse nach Pearson verwendet. Als Signifikanzniveau wurde $p \leq 0,05$ gewählt, als sehr signifikant ein $p \leq 0,01$.

Ergebnisse

Qualitative Auswertung

In einem ersten Untersuchungsgang erfolgte eine qualitative Beurteilung der histologischen Situation im Bereich der Kappenendprothesen. Hierfür wurden auffällige Gewebeveränderungen erfasst und in Verbindung mit Angaben aus den Operationsberichten und den Gutachten der Pathologie dargestellt.

In den histologischen Präparaten sind in den meisten Fällen bindegewebige Membrane im Grenzbereich zum Implantat und Implantatmaterial in Form kleiner Partikel erkennbar (Abb. 4). Auch zeigen sich Knochenverdichtungen und Mikrokallusformationen in Implantatnähe als Folge einer lokal überbelasteten Knochenstruktur. Die Knochenzellaktivität erscheint reduziert, neue Knochenanbauzonen mit Osteoid sind kaum nachweisbar. In den histologischen Präparaten mit längeren Standzeiten der Kappen zeigt sich eine stark reduzierte Spongiosa, es dominieren dünne, schlecht vernetzte Trabekel (Abb. 5).

Quantitative Auswertung

Knochenstruktur: Das Knochenvolumen (BV/TV) unter den Kappen variiert in den untersuchten Fällen stark und beträgt minimal 1,84 % bis maximal 26,98 %. Die Dicke der Trabekel liegt zwischen 28,21 μm und 95,31 μm , deren Anzahl (Tb.N.) in einem Bereich von 0,65 mm^{-1} bis 3,52 mm^{-1} und der Abstand (Tb.Sp.) reicht von 221,83 μm bis 1502,87 μm (Tab 2).

Interface: In der Tabelle 3 sind die Ergebnisse zur Messung der Interfacemembran und die anteiligen direkten Knochenkontakte zum Implantat zusammengestellt. Die Werte für die Membrandicke liegen bei minimal 340,58 μm und maximal bei 1395,71 μm , wobei die Länge der Membran zwischen 3,55 mm und 15,50 mm schwankt. Die Interfacelänge beträgt maximal 23,43 mm und mindestens 8,68 mm, der direkte prozentuale Knochenkontakt zur Oberfläche des Implantats liegt zwischen 0 % bis maximal 45,41 %. Bei Fall 8 waren diese Parameter nicht messbar, weshalb er bei der Auswertung nicht weiter berücksichtigt wurde. Da sich bei den Fällen 1, 9 und 12 keine Interfacemembran gebildet hatte, wurden die Werte bei der Auswertung gleich Null gesetzt und tauchen in der Korrelationsanalyse nach Pearson für die Membran nicht auf.

Statistische Auswertung

Die statistische Auswertung der Daten zeigt, dass BV/TV mit Tb.Th. und Tb.N. einen positiven linearen Zusammenhang hat und mit Tb.Sp. ein negativ linearer Zusammenhang besteht. In Tabelle 4 sind die Werte, die einen linearen Zusammenhang aufweisen, rot gekennzeichnet. Es ist zu sehen, dass die Korrelationen sehr signifikant sind, da sie alle einen p-Wert von $< 0,01$ aufweisen. Weiter ergibt sich auch ein sehr signifikanter negativer linearer Zusammenhang zwischen Tb.N. und Tb.Sp..

Bei der Korrelationsanalyse der gemessenen Parameter am Interface ergeben sich weder bei der Membrandicke, der Membranlänge noch bei den direkten Knochenkontakten zum Implantat statistisch erkennbare lineare Zusammenhänge.

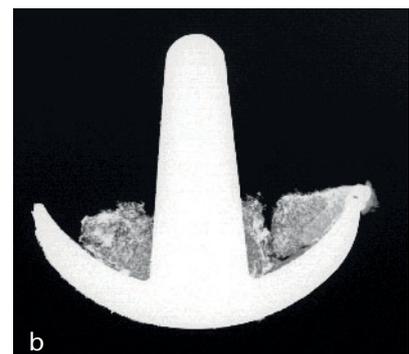
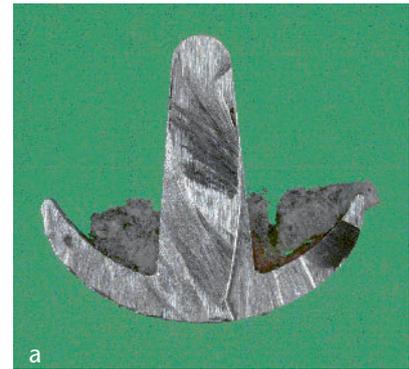


Abbildung 2a-b Präparatescheibe (4 mm) nach dem Heraustrennen aus einer Humeruskappe **a)**, und als korrespondierende Kontaktradiographie **b)**.

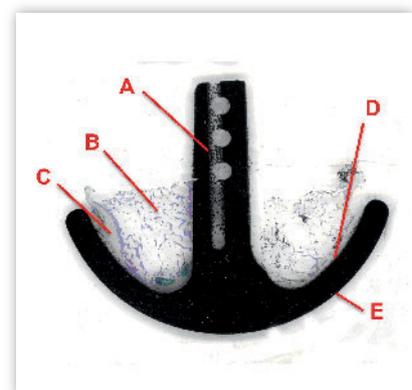


Abbildung 3 Toluidinblau gefärbter Dünnschliff einer Humeruskappe in der Medianlinie. Zu sehen sind das Implantat (A), das Knochengewebe (B), die Bindegewebsmembran (C), das Interface (D) und die Gleitfläche (E).

Die Knochenstrukturparameter BV/TV, Tb.Th. und Tb.N. zeigen bis zu einer Standzeit von ca. 20 Monaten eine Streuung der Werte und folgen dann der linearen Trendlinie. Bei Tb.Sp. liegen die Werte bei geringerer Standzeit näher an der Trendlinie als bei längerer Standzeit.

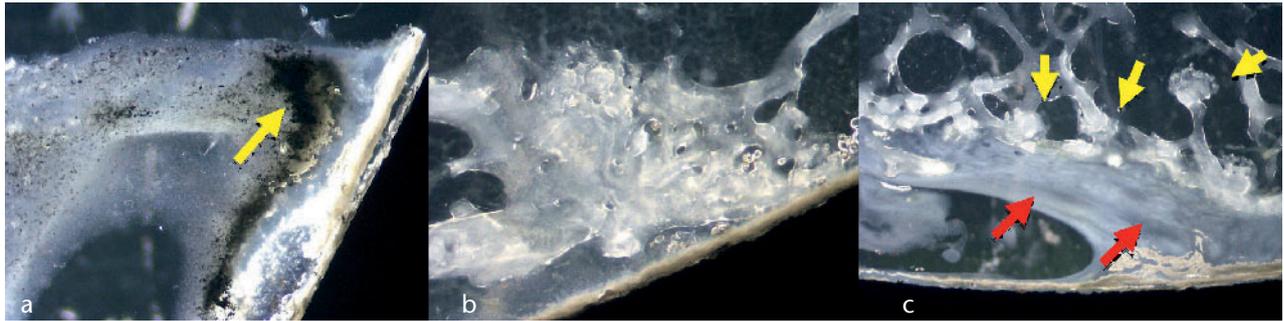


Abbildung 4a-c Im ungefärbten Blockpräparat sind Abriebpartikel (**a**, Pfeile) als Folge einer Lockerung, Knochenverdichtungen (**b**), sowie **c**) Bindegewebemembranen (rote Pfeile) und Mikrokallusformationen (Pfeil) besonders gut darstellbar (100 X, 50 X).

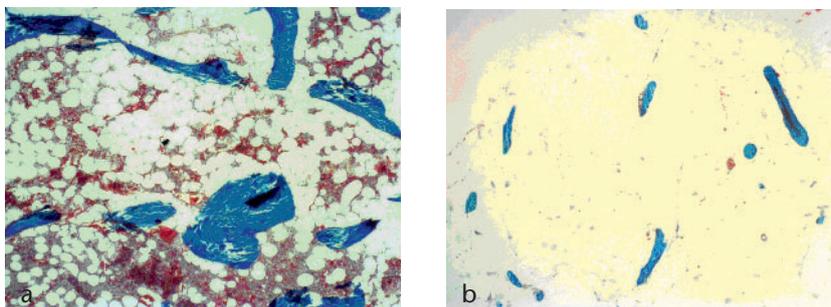


Abbildung 5a-b Darstellung der Knochenstruktur unter der Humeruskappe nach 5 Monaten **a**) und nach 79 Monaten Standzeit **b**) (Goldner, 5x).

Die negativen Steigungen der Trendlinien zeigen an, dass mit längerer Standzeit das Knochenvolumen und die Trabekeldicke abnehmen, wobei die Anzahl der Trabekel nahezu unverändert bleibt. In der Folge ist eine tendenzielle Zunahme des Trabekelabstands zu beobachten.

Die Reduzierung des Knochenvolumens im Bereich der Kappe mit zunehmender Standzeit ist signifikant, wobei der niedrige r-Wert anzeigt, dass hier kein linearer Zusammenhang besteht. Die Abnahme der Trabekeldicke ist sehr signifikant und erfolgt linear zur Standzeit (Tab 5).

Ein Zusammenhang zwischen den Strukturparametern des Knochens und dem Alter der Patienten konnte statistisch nicht nachgewiesen werden.

Diskussion

Bei einer Kopfnekrose, einer Om-arthrose ohne Glenoidbeteiligung oder einer Defektarthropathie ist prinzipiell der Oberflächenersatz indiziert [5, 6, 7, 8]. Sogar die Kombination mit einem Lattissimus-dorsi-Transfer ist möglich [9].

Radiologische Untersuchungen [10, 11, 12] oder computertomografische Auswertungen [10] nach Humeruskappen-Implantation finden sich nur wenige. Systematische Studien, die sich mit der Knochenstruktur unter der Humeruskappe befassen, liegen nach Wissen der Autoren noch nicht vor. Solche Studien finden sich lediglich zum Oberflächenersatz der Hüfte [13, 14]. Mit bildgebenden Verfahren ist die Knochenstruktur unterhalb einer Kappenprothese nicht darstellbar. Eine histologische Beurteilung des

Fallnummer	BV/TV (%)	Tb.Th. (µm)	Tb. N.	Tb. Sp. (µm)
1	20,71	95,31	1,27	686,28
2	21,86	62,04	3,52	221,83
3	3,90	34,65	1,13	852,98
4	6,35	49,28	1,29	726,53
5	11,46	73,24	1,57	565,70
6	11,11	62,33	1,78	498,54
7	18,78	67,26	2,79	290,96
8	1,84	28,21	0,65	1502,87
9	26,98	84,24	3,20	227,94
10	17,28	92,81	1,86	444,24
11	14,01	89,55	1,35	635,56
12	8,71	40,34	2,16	422,94

Tabelle 2 Ergebnisse der histomorphometrischen Auswertung.

Knochengewebes kann nur mit Hilfe entsprechend aufgearbeiteten Präparaten durchgeführt werden.

Die im Rahmen dieser Studie aufgezeigten, altersunabhängigen Knochenstoffverluste unter den Humeruskappen sind z.T. bereits nach relativ kurzer Standzeit hoch. Eine vergleichbar rasche Reduzierung der Knochenstruktur zeigte sich bei Studien an Hüftkappenendoprothesen nicht [15, 16, 17]. Bereits in früheren Untersuchungen konnte ein Zusammenhang zwischen der neuen Belastungssituation nach Implantation einer Endoprothese und Veränderungen des periprothetischen Gewebes aufgezeigt werden [18, 19]. Auch bei den Humeruskappen wird die progrediente Knochenabnahme als Folge einer Gewebeatlastung unterhalb der Kappe interpretiert. Die beobachtete Verdichtung der Knochenstruktur in Arealen am Kappenrand (Abb. 4) scheinen dagegen aus einer lokalen Überbelastung mit Mikrokallusbildung [20] zu resultieren. Da keine Angaben zum Zustand der Kappenverankerung (Lockerung) vorlagen, kann nur spekuliert werden, ob erst in der Lockerungsphase Relativbewegungen der Kappe zur Entstehung der Randverdichtung beigetragen haben. Zumindest in den Fällen mit ausgeprägter, bindegewebiger Membran im Interfacebereich wäre dies zu erwarten.

Die Bewertung der Knochenstruktur wird allerdings durch die Tatsache limitiert, dass keine Informationen zum Knochenstatus zum Zeitpunkt der Kappenimplantation vorliegen. Damit können die Fälle nur in ihrer Gesamtheit in Relation zur Standzeit und unter Berücksichtigung des individuellen Alters bewertet werden. Einzelne Entwicklungsverläufe des Knochengewebes unterhalb der Kappe sind nicht möglich. Auch konnten bisher nur wenige Fälle mit Standzeiten von mehr als 2 Jahren untersucht werden. Unabhängig davon stellt sich aber die Frage, welche Bedeutung die Veränderung der Knochenstruktur für die Verankerung einer Endoprothese im Zuge einer nachfolgenden Wechseloperation hat.

Aus klinischer Sicht lässt sich dazu feststellen, dass das Versagen des Oberflächenersatzes trotz dieser Befunde nicht aufgrund der reduzierten Kno-

Fall	Membrandicke (µm)	Membranlänge (mm)	Interfacelänge (mm)	Knochenkontakt (%)
1	0	0	20,12	18,69
2	340,58	5,97	8,68	31,45
3	352,34	6,62	16,29	3,44
4	1395,71	4,49	22,47	36,05
5	449,17	3,73	20,27	14,70
6	822,98	3,55	14,19	14,45
7	719,21	4,07	12,88	33,54
9	0	0	12,88	41,38
10	937,29	15,5	15,5	0
11	415,79	3,86	23,43	45,41
12	0	0	19,11	22,61

Tabelle 3 Ergebnisse der Messungen Interfacemembran und der Knochenkontakfläche.

Korrelationen					
		BV/TV	Tb. Th.	Tb. N.	Tb. Sp.
BV/TV	Korrelation nach Pearson	1	0,774	0,759	0,754
	Signifikanz (2-seitig)		0,003	0,004	0,005
	N	12	12	12	12
Tb. Th.	Korrelation nach Pearson	0,774	1	0,262	0,518
	Signifikanz (2-seitig)	0,003		0,411	0,084
	N	12	12	12	12
Tb. N.	Korrelation nach Pearson	0,759	0,262	1	0,846
	Signifikanz (2-seitig)	0,004	0,411		0,001
	N	12	12	12	12
Tb. Sp.	Korrelation nach Pearson	0,754	0,518	0,846	1
	Signifikanz (2-seitig)	0,005	0,084	0,001	
	N	12	12	12	12

Tabelle 4 Korrelation nach Pearson der Ergebnisse der histomorphometrischen Auswertung.

Korrelationen			
	Standzeit		
	Korrelation nach Pearson	Signifikanz (2-seitig)	N
BV/TV	0,651	0,022	12
Tb. Th.	0,738	0,006	12
Tb. N.	0,351	0,264	12
Tb. Sp.	0,576	0,050	12

Tabelle 5 Korrelation nach Pearson Standzeit.

chenqualität bedingt ist, sondern aufgrund von Weichteilproblemen (Rotatorenmanschette) oder aufgrund einer Glenoidarosion. Die schlechte Knochenqualität bei Revision eines Oberflächenersatzes erlaubt es jedoch nicht, eine rein metaphysär verankerte Pro-

these als Revisionsprothese zu wählen. Wählt man in einer solchen Situation als Revisionsprothese beispielsweise eine rein metaphysär verankerte TESS Prothese ohne Stielverlängerung, muss man mit einer erhöhten Rate an Frühlockerungen rechnen [21].

Literatur

- Liem D, Marquardt B, Witt KA, Steinbeck J. Schulterendoprothetik – Biomechanik und Design. *Orthopäde*. 2007; 36: 1027–36
- Fink B, Niemeier A, Rütther W. Oberflächenersatz des Humeruskopfs. *Orthopäde* 2013; 42: 490–4
- Hahn M, Vogel M, Delling G. Undecalcified preparation of bone tissue: report of technical experience and development of new methods. *Virchows Arch A Pathol Anat Histopathol*. 1991; 418: 1–7
- Busse B, Niecke M, Püschel K, Delling G, Katzer A, Hahn M. Polyethylen-Abrieb: Ursache oder Folge einer Endoprothesenlockerung? Untersuchung an festen und gelockerten Hüftendoprothesen. *Z Orthop Unfall*. 2007; 145: 452–60
- Jerosch J. Klinische Aspekte des Oberflächenersatzes an der Schulter. *Technik in der Orthopädie und Unfallchirurgie* 2007; 1: 2–5
- Jerosch J, Moursi MG, Schunck J. Der Oberflächenersatz bei der degenerativen Omarthrose – klinische und radiologische Ergebnisse. *Orthopädische Praxis* 2007; 43: 635–641
- Jerosch J, Moursi MG, Schunck J. Der Oberflächenersatz des Humeruskopfes bei avaskulären Nekrosen und posttraumatischen Zuständen. *Obere Extremität* 2007; 2: 180–186
- Jerosch J, Schunck J, Moursi MG. Oberflächenersatz bei Rotatorenmanschettendefektarthropathie mit erhaltener Subscapularisfunktion. *Z.Orthop Unfall*. 2008; 146: 206–210
- Jerosch J, Neuhauser C, Sokkar S, Abdulkafy A. Humeral head resurgacing arthroplasty in combination with latissimus dorsi tendon transfer in patients with rotator cuff tear arthropathy and preverved sucaularis muscle function: preliminary report and short term results. *Eur J Orthop Surg Traumatol*. 2014; 24: 1075–83
- Widnall JC, Dheerendra SK, Macfarlane RJ, Waseem M. The use of shoulder hemiarthroplasty and humeral head resurfacing: a review of current concepts. *Open Orthop J*. 2013; 7: 334–7
- Mansat P, Coutié AS, Bonneville N, Rongières M, Mansat M, Bonneville P. Resurfacing humeral prosthesis: do we really reconstruct the anatomy? *J Shoulder Elbow Surg*. 2013; 22: 612–9
- Levy O, Copeland S. Cementless surface replacement arthroplasty (Copeland CSRA) for osteoarthritis of the shoulder. *J Shoulder Elbow Surg*. 2004; 13: 266–71
- Morlock MM, Bishop N, Stahmer F et al. Versagensgründe von Oberflächenersatzimplantaten der Hüfte. *Orthopäde*. 2008; 37: 695–703
- Morlock MM, Bishop N, Zustin J, Hahn M, Rütther W, Amling M. Modes of implant failure after hip resurfacing: morphological and wear analysis of 267 retrieval specimens. *J Bone Joint Surg Am*. 2008; 90: Suppl 3: 89–95
- Zustin J, Hahn M, Morlock MM, Rütther W, Amling M, Sauter G. Femoral component loosening after hip resurfacing arthroplasty. *Skeletal Radiol*. 2010; 39: 747–56
- Krause M, Breer S, Hahn M et al. Cementation and interface analysis of early failure cases after hip-resurfacing arthroplasty. *Int Orthop*. 2012; 36: 1333–40
- Zustin J, Krause M, Breer S et al. Morphologic analysis of periprosthetic fractures after hip resurfacing arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am*. 2010; 92: 404–10
- Priemel MH, Hahn M, Delling G. Reaktionen am Interface zementfreier Endoprothesen. *Orthopädische Praxis* 1999; 35: 263–269
- Hahn M, Vogel M, Schultz C, Niecke M, Delling G. Histologische Reaktion an der Knochen-Implantat-Grenze und der Corticalis nach mehrjährigem Hüftgelenkersatz. *Chirurg*. 1992; 63: 958–63
- Hahn M, Vogel M, Amling M, Ritzel H, Delling G. Microcallus formations of the cancellous bone: a quantitative analysis of the human spine. *J Bone Miner Res*. 1995; 10: 1410–6
- Lars Victor von Engelhardt, Michael Manzke, Timm J. Filler, Joerg Jerosch: Short-term results of the reverse Total Evolutive Shoulder System (TESS) in cuff tear arthropathy and revision arthroplasty cases. *Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery* 2015; 135: 897–904

Fazit

Die in der vorliegenden Arbeit durchgeführten quantitativen Untersuchungen zur Veränderung der Knochenstruktur am Humeruskopf nach Implantation einer Oberflächenersatz-Endoprothese zeigen einen Knochenabbau unter der Kappe und eine Knochenstrukturverdichtung am lastaufnehmenden Rand. Die Knochenveränderungen sollten bei einer nachfolgenden Wechseloperation berücksichtigt werden. 

Interessenkonflikt: Keine angegeben

Korrespondenzadresse

Prof. Dr. med. Dr. h.c. Jörg Jerosch
Klinik für Orthopädie, Unfallchirurgie
und Sportmedizin
Johanna-Etienne-Krankenhaus
Am Hasenberg 46
41462 Neuss
J.Jerosch@ak-neuss.de