

Obere Extremität 2020 · 15:160–171
<https://doi.org/10.1007/s11678-020-00585-x>
 Eingegangen: 23. April 2020
 Angenommen: 29. Juni 2020
 Online publiziert: 31. Juli 2020
 © Springer Medizin Verlag GmbH, ein Teil von Springer Nature 2020



Jan-Philipp Imiolczyk¹ · Florian Freislederer² · Patric Raiss³ · Markus Scheibel^{1,2}

¹ Centrum für Muskuloskeletale Chirurgie (CMSC), Charité-Universitätsmedizin Berlin, Berlin, Deutschland

² Schulthess Klinik Zürich, Zürich, Schweiz

³ Orthopädische Chirurgie München (OCM), München, Deutschland

Langzeitergebnisse in der inversen Schulterendoprothetik

Die inverse Schultertotalendoprothese (iSTEP) genießt seit einigen Jahren stetig wachsende Aufmerksamkeit. Seit der Einführung des Grammont-Konzepts weist sie gute klinische Ergebnisse auf und gilt als hervorragende Therapieoptionen für schmerzhaft, pseudoparalytische Schultern beim älteren Patienten. Schnell wurde die Indikationsstellung auf Omarthrose, Frakturen und Frakturfolgezustände, Revisionen und für Tumorpatienten erweitert. Die steigende Zahl an iSTEP-Implantationen lässt auf eine hohe Patientenzufriedenheit schließen. Doch wie lange hält die iSTEP tatsächlich stand und hält sie auch, was sie anfänglich verspricht?

Die moderne iSTEP basiert auf dem Konzept Paul Grammonts aus den 1980er-Jahren (**Abb. 1c,d**). Eine Medialisierung und Kaudalisierung des Drehpunktes durch eine Glenosphäre („third of a sphere“) mit großem Durchmesser (36 oder 42 mm) verringert die Scherkräfte auf die Verankerung und verbessert die Hebelwirkung des M. deltoideus. Zusätzlich erhält der M. deltoideus durch die humerale Kaudalisierung (155°) eine größere Vorspannung, wodurch eine größere Hebelwirkung generiert und das Defizit der meist insuffizienten Rotatorenmanschette (RM) teilweise kompensiert werden kann [1]. Aufgrund hoher Patientenzufriedenheit und guter kurz- und mittelfristiger Ergebnisse bei Patienten mit Defektarthropathie erlangte die iSTEP früh viel Aufmerksamkeit und Zuspruch. Daraufhin wurde die Indikationsstellung auf andere Pathologien

erweitert, sodass gegenwärtig weltweit mehr inverse Endoprothesen im Vergleich zu anatomischen Endoprothesen eingesetzt werden [2].

Diese Übersichtsarbeit befasst sich mit den aktuell publizierten Langzeitergebnissen der iSTEP basierend auf dem oben genannten Konzept von Paul Grammont.

Irreparable RM-MR bzw. Defektarthropathie

Irreparable Rotatorenmanschetten-Massenrupturen (RM-MR) bzw. Defektarthropathien („cuff-tear arthropathy“, CTA) werden unterteilt in Pathologien ohne (Hamada- und Fukuda-Stadium 1–3) und mit begleitender Omarthrose (Hamada- und Fukuda-Stadium 4–5; [3]).

Patienten mit irreparablen Defekten der RM weisen früh, aufgrund der muskulären Dysbalance, eine superiore Migration des Humeruskopfes über eine zur Azetabularisierung bis hin zu einer Humeruskopfnekrose auf (**Abb. 1a, b**). Dieses Patientenkollektiv ist jung (<65 Jahre) und zeigt häufig vermehrte Voroperationen auf, da Therapieversuche mittels Débridement, RM-Rekonstruktionen oder Sehnentransfers ausgeschöpft werden, bevor die iSTEP als Ultima Ratio verwendet wird.

Gonzales et al. [4] konnten 112 Patienten mit einer primären, nicht-voroperierten RM-MR (Hamada- und Fukuda-Stadium 1–3) nach 97 (60–246) Monaten nachuntersuchen. Der Constant-Murley-Score (CS) verbesserte sich signifikant von 28 (5–61) auf 61 (23–85) Punkte bei Zunahme in allen Bewegungsumfängen (ROM; Flexion: 70 auf 137°;

Außenrotation: 14° auf 19°) mit Ausnahme in Innenrotation. Die Patienten wurden abhängig von ihrem Nachuntersuchungszeitraum aufgeteilt: Patienten mit einer Nachuntersuchung (NU) von über 8 Jahren (42%) zeigten eine signifikante Abnahme in den CS-Subkategorien Schmerz und Aktivitäten auf, die Tendenz der ROM war auch rück-

Abkürzungen

aCS	Alters- und geschlechtsadaptierter Constant-Murley-Score
ASES	American Shoulder and Elbow Surgeons Shoulder Score
CS	Constant-Murley-Score
CTA	Defektarthropathie
FFX	Frakturfolgezustände
HEP	Hemiendoprothese
HKF	Proximale Humeruskopffrakturen
iSTEP	Inverse Schultertotalendoprothese
NU	Nachuntersuchung
OA	Primäre Omarthrose
ORIF	Plattenosteosynthese
RA	Rheumatoide Arthritis
RM	Rotatorenmanschette
RM-MR	Irreparable Rotatorenmanschetten-Massenrupturen
ROM	Bewegungsumfang („range of motion“)
SN	Skapuläres Notching
SSV	„Subjective shoulder value“
TEP	Anatomische Schultertotalendoprothese

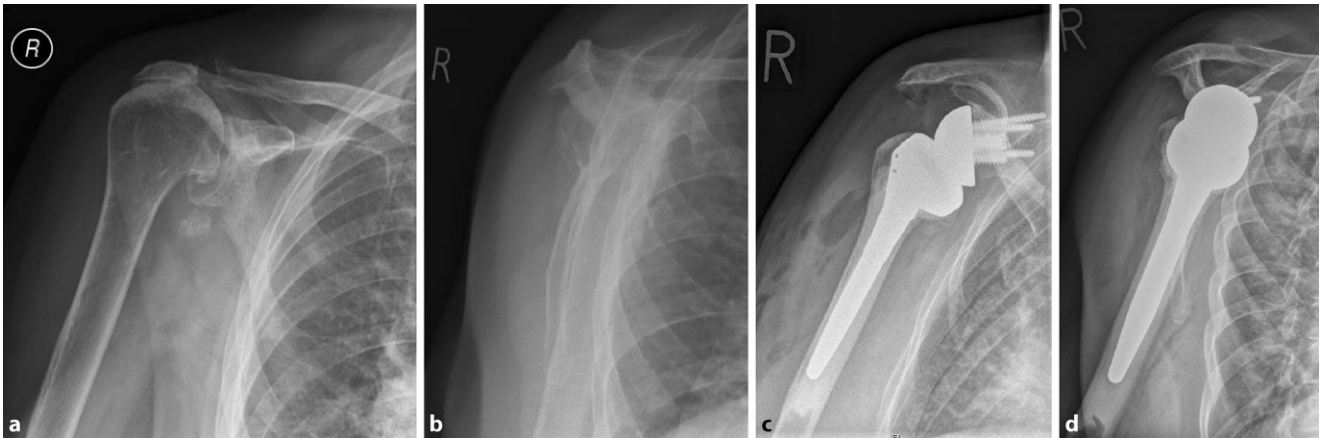


Abb. 1 ▲ a–d (von links nach rechts): Versorgung einer Defektarthropathie mittels „Grammont-iSTEP“ (inverse Schultertotalendoprothese). Röntgen einer ausgeprägten Defektarthropathie mit superiorer Migration und Azetabularisierung des Humeruskopfes in True-a.-p.- (a) und axialer (b) Aufnahme. Versorgung mittels iSTEP nach Paul Grammont mit 155° „neck-shaft angle“ in True-a.-p.- (c) und axialer (d) Röntgenaufnahme

läufig, wenn auch nicht statistisch signifikant. Des Weiteren schlussfolgerten die Autoren, dass die präoperative Funktion einen Einfluss auf das finale funktionelle Ergebnis hat: Patienten mit Schultersteife erzielen weniger ROM (Flexion: 111° vs. 142°; Außenrotation: 11° vs. 21°) und weniger Punkte im CS (53 vs. 63) als Patienten mit einer präoperativen, passiven globalen Abduktion von >90°.

Ek et al. [5] legen ihr Augenmerk auf das junge Patientenkollektiv unter 65 Jahren, Ernstbrunner et al. [6] befassen sich gar ausschließlich mit unter 60-Jährigen. Die Delta III-Endoprothese (DePuy Synthes Inc., Warsaw, Indiana, USA) fand in 80% [5] bzw. 61% [6] Verwendung; die restlichen Patienten wurden mit der Anatomical Shoulder Reverse (Zimmer Biomet Holdings Inc., Warsaw, Indiana, USA) versorgt.

Ek et al. [5] konnten 40 Patienten (46–64 Jahre) mit einer durchschnittlichen NU von knapp 8 Jahren einschließen, von denen 58% mindestens eine Voroperation aufwiesen. Bei einer Komplikationsrate von 37,5% mussten 15% revidiert werden; 21% wiesen bei der finalen NU ein skapuläres Notching (SN) von Grad 3–4 auf. Abgesehen von der Kraft (4,1 vs. 5,0 kg) weisen Patienten mit Voroperationen bessere funktionelle und subjektive Ergebnisse auf (CS: 60 vs. 53 Punkte; „subjective shoulder value“ [SSV]: 68% vs. 61%; Flexion: 126° vs. 109°).

Ernstbrunner et al. [6] beschreiben gute klinische Ergebnisse (CS: 59 ± 19 Punkte; Flexion: 117 ± 34°; SSV: 71 ± 27%) bei 95% SN nach über 10 Jahren, wobei im Vergleich zu den NU-Ergebnissen von 8–10 Jahren ein Leistungsknick von 5 Punkten im CS und 7% im SSV zu verzeichnen ist. Insgesamt waren 65% der Patienten voroperiert. Es wurden Komplikationen von 39% und ein SN Grad 3–4 in 29% der Fälle beobachtet. 26% mussten aufgrund von Infektionen oder Glenoidlockerungen revidiert werden und ähnlich den Revisionen bei Ek et al. [5] wurde eine Explantation und Konversion zur Hemiondoprothese (HEP) angestrebt [6].

Gerber et al. [7] verweisen trotz einer hohen Rate an Komplikationen (59%) und daraus resultierenden Reoperationen (55%) nach über 15 Jahren auf gute klinische Ergebnisse (CS: 58 ± 19 Punkte; Flexion: 101 ± 27°; SSV: 78 ± 26%) und eine hohe Patientenzufriedenheit (63% exzellent) sofern, die Explantation der iSTEP verhindert werden konnte. 6 von 22 eingeschlossenen Patienten (27%) mussten aufgrund Versagens auf eine HEP konvertiert werden und wurden aus den klinischen Ergebnissen ausgeschlossen.

Cuff et al. [8] und Bacle et al. [9] veröffentlichten 2017 zwei Langzeitstudien, die heterogene Patientengruppen zusammenfassen und diese Subgruppen differenziert analysieren.

Bacle et al. ([8]; CTA; n = 27) beobachteten eine Verbesserung des (CS) von präoperativ 22 (±11) Punkten auf mittelfristig 70 (±11) und letztlich auf 63 (±13) nach über 10 Jahren. Obwohl sich der Bewegungsumfang nicht veränderte (29 ± 6 Punkte), ließ die Abduktionskraft im Vergleich zu mittelfristigen NU bei relativ stabiler Flexion (147° ± 17 auf 146° ± 26) im Schnitt um fast 2 kg nach.

Cuff et al. ([9]; CTA; n = 19) verzeichneten eine Verbesserung des American Shoulder and Elbow Surgeons Shoulder Score (ASES) von 36 (0–63) Punkten auf 79 (17–100) nach 5 Jahren und bis hin zu 76 (58–90) Punkten nach 10 Jahren. Bei einer Abduktion von 137° (45–180) und aktiver Außenrotation von 53° (0–90) lag die durchschnittliche Flexion bei 132° (10–180). Im Vergleich von 5- zu 10-Jahres-NU wurden keine signifikanten Bewegungsverschlechterungen festgestellt (alle Ebenen), wobei 70% der Patienten keine Schmerzprogredienz oder eine weitere Schmerzreduktion beschrieben.

Bassens et al. [10] untersuchten 58 Patienten mit CTA nach primärer Versorgung mit Delta Xtend (DePuy Synthes Inc., Warsaw, Indiana, USA) nach. Bei einer durchschnittlichen NU von fast 10 Jahren wurde ein alters- und geschlechtsadaptierter CS (aCS) von 81 (±19) Punkten erreicht [10].

Trotz guter funktioneller Ergebnisse nach 10 Jahren lässt sich zwischen mittel- und langfristigen Ergebnissen

J.-P. Imiolczyk · F. Freisleder · P. Raiss · M. Scheibel

Langzeitergebnisse in der inversen Schulterendoprothetik

Zusammenfassung

Hintergrund. Die inverse Endoprothetik gewinnt einen immer höheren Stellenwert in der Versorgung von degenerativen Erkrankungen, in der Frakturversorgung, bei posttraumatischen Folgezuständen und in der Revisions- und Tumorchirurgie des Schultergelenks.

Fragestellung. Fokus dieser Übersichtsarbeit ist die Evaluation von klinischen und radiologischen Langzeitergebnissen von inversen Schulterendoprothesen (iSTEP; Grammont-Typ, 155°). Dazu werden die funktionellen Scores, Bewegungsumfänge, Komplikationen und Standzeiten im Hinblick auf die Indikation verglichen.

Material und Methode. Klinische Studien, Diskussionen von neuesten Entwicklungen und Expertenempfehlungen werden ausgewertet.

Ergebnisse. Die iSTEP ist eine hervorragende Therapieoption für irreparable Rotator-manschetten-Massenrupturen (RM-MR), fortgeschrittene Defektarthropathien (CTA) und primäre Omarthrosen (OA) in Bezug auf Schmerzreduktion, Funktions- und Bewegungsverbesserung. Auch in der primären Frakturversorgung, der Revisions- und Tumorchirurgie profitieren Patienten von der Therapie mittels iSTEP. Trotz einer sehr hohen Rate an skapulärem Notching (SN) von bis zu 95 % in Langzeitergebnissen erreichen die Patienten meist zufriedenstellende funktionelle Ergebnisse mit einem Constant Score von ca. 60 Punkten (Maximalwert = 100 Punkte) im Durchschnitt. Obgleich ein Viertel der Patienten im Langzeitverlauf ein SN Grad 3–4 aufweisen, wird bei einer Revisionsrate von ca. 10 % eine Standzeit

von 90 % nach 10 Jahren beschrieben. Auch wenn Bewegungsumfänge und Kraft nach ca. 8 Jahren nachlassen, bleibt die Patientenzufriedenheit unverändert. Die besten funktionellen Ergebnisse erreichen Patienten nach RM-MR, CTA und OA, während Patienten nach Revisionen und Frakturfolgezuständen schlechtere Resultate aufweisen.

Schlussfolgerung. Die iSTEP liefert gute und zuverlässige klinische Ergebnisse in der Primärversorgung, als auch bei Revisionen. Trotz hoher Raten an SN profitieren die meisten Patienten auch im Langzeitverlauf (>10 Jahre) von der Operation.

Schlüsselwörter

Defektarthropathie · Omarthrose · Proximale Humerusfrakturen · Tumor · Revisionen

Long-term results of reverse shoulder arthroplasty

Abstract

Background. Reverse shoulder arthroplasty (RSA) is steadily gaining influence in the treatment of degenerative pathologies, fracture treatment posttraumatic situations, revision and tumor surgery of the shoulder.

Objectives. Determination of subjective results and clinical function such as range of motion and complication of RSA (Grammont type, 155°) in long-term results in relation to indication.

Materials and methods. Evaluation of clinical studies with regard to long-term results, discussion of latest developments and expert opinions.

Results. RSA provides very good results for patients with irreparable massive rotator cuff tears, cuff-tear arthropathy and glenohumeral

osteoarthritis with regard to pain relief and improvement in range of motion and function. Even patients suffering from proximal humerus fractures, fracture sequelae, tumors or in revision situations benefit from treatment with RSA. Although there is a high rate of scapular notching reported in the literature of up to 95% in long-term results, patients reach satisfying functional results with a mean Constant score of about 60 points (maximum = 100 points). Although more than one quarter of patients display notching of grade 3 to 4 at long-term follow-up, RSA demonstrates a 10-year survival of 90% with a revision rate of 10%. While range of motion and strength seem to decline around 8 years after implantation, patients' satisfaction

remains unaffected. Patients with massive rotator cuff tears, cuff-tear arthropathy and glenohumeral osteoarthritis achieve the best results, whereas patients after revision surgery and fracture sequelae perform worse.

Conclusion. RSA provides reliable and good clinical results in primary surgery as well as in revisions. While scapular notching is frequently observed, patients still profit from this treatment in the long run.

Keywords

Cuff-tear arthropathy · Glenohumeral osteoarthritis · Proximal humerus fractures · Tumor · Revisions

ein leichter Abfall sowohl hinsichtlich der Kraft als auch im CS erkennen [10]. Erstmals wurde dieser Trend in der Multicenterstudie von Favard et al. [11] beschrieben, wobei 8 Jahre nach der Implantation ein relativer Einbruch zu erkennen ist. Radiologische Auffälligkeiten, wie SN und „radiolucency lines“ werden vermehrt nach 5 Jahren beobachtet. Alle 297 CTA-Patienten aus diesem Patientenkollektiv wiesen, beschrieben von Brunet et al. [12], nach

über 8 Jahren (NU 60–239 Monate) eine signifikante Verbesserung im CS von 29 (±10) auf 63 (±4) Punkte, sowie im Bewegungsumfang (Flexion: 79° ± 34 auf 138° ± 28; Außenrotation: 8° ± 20 auf 13° ± 21) auf. Die Ergebnisse waren unabhängig vom SN, welches zu 65 % (Grad 1–4; 26 % Grad 3–4) insgesamt, jedoch seltener nach „bony-increased offset reverse shoulder arthroplasty“ (BIO-RSA; 15 vs. 37 %) auftrat.

Aufgrund der breiten Verteilung der finalen NU, haben Bassen et al. [10] ihre Gesamtkohorte (78 % CTA) in Subgruppen unterteilt. Die Patienten mit NU von 8–9 Jahren (n = 28), 9–10 Jahren (n = 24) und über 10 Jahren (n = 22) wurden untereinander und mit den frühen NU verglichen. Bei den NU von 9–10 Jahren und jenen über 10 Jahren wurde verglichen mit den 5-Jahres-Ergebnissen eine signifikante Verschlechterung im CS ermittelt.

Eine Erklärung für die Abnahmen des CS ist v. a. auf eine Kräfteinschränkung durch die altersbedingte Ermüdung des M. deltoideus zurückzuführen, die auf unphysiologischen, biomechanischen Voraussetzungen des M. deltoideus basiert [8]. Die Muskelkontraktionen des M. deltoideus entsprechen aufgrund des adaptierten, medialisierten und distalisierten Rotationszentrums repetitiven und nicht-physiologischen Kontraktions-Dehnungs-Zyklen, welche die motorische Leistung verringern [13–15]. Bassens et al. [8] konnten daraufhin jedoch feststellen, dass Patienten eine unverminderte Zufriedenheit aufweisen, selbst wenn die Kraft und der Bewegungsumfang nachgelassen hatten.

Omarthrose

Primäre Omarthrose

Die genaue Pathogenese der primären degenerativen Schultergelenkerkrankung ist noch unvollständig eruiert. Ätiologisch wird eine multifaktorielle Genese mit Einfluss von Alter, genetischen Faktoren, Bindegewebeigenschaften und der mechanischen Belastung im Beruf sowie im Freizeitsport angenommen [16]. Die Gelenkpfanne kann anfangs konzentrisch degenerieren (Walch A1 und A2), weist jedoch meist einen frühen posterioren Substanzverlust (je nach Schweregrad des posterioren Substanzverlusts eingeteilt nach Walch B1, B2, B3) auf, der bis zur Subluxationsstellung führen kann [17, 18]. Klinisch stehen zunehmende Bewegungseinschränkungen mit Krepitationen bei Schmerzprogredienz im Vordergrund, die in einer funktionellen Schultersteife und sekundären RM-Insuffizienz resultieren können.

Während die Versorgung mit einer anatomischen Totalprothese anfangs einen höheren Stellenwert innehatte, gewinnt auch hier die iSTEP zunehmend an Einfluss. Moderne anatomische Implantate versprechen zukünftig Vorteile insbesondere bei jungen Patienten, doch sind sie nur bei leichten Glenoiddefekten Erfolg versprechend und begegnen bei schweren glenoidalen Substanzverlusten weiterhin großen Herausforderungen.

Erstmalig beschäftigten sich Mizuno et al. [19] mit der Versorgung von primären Omarthrosen (OA) bei intakter RM. Sie konnten zeigen, dass iSTEP bei posteriorer Subluxation (Walch B2) mittelfristig sehr gute klinische Ergebnisse ($n = 27$; CS: 76 Punkte; SN: 37%) aufweisen und nahmen an, dass die Fixation mittels zentraler Schraube Vorteile hinsichtlich Stabilität und Langlebigkeit im Vergleich zur anatomischen Schultertotalendoprothesen (TEP) mit zementierter Glenoidkomponente aufzeigen könnte.

Die französische Multicenterstudie von Collin et al. [20] beschreibt erstmalig Langzeitergebnisse einer Patientenkohorte mit OA (Walch B1, B2, B3, C) nach durchschnittlich 7,7 (5–16) Jahren: 45 Patienten mit 49 Schultern. Der CS verbesserte sich präoperativ von 30 (± 12) auf 68 (± 13) Punkte, der aCS von 43 (± 19) auf 105 (± 19). Es wurde eine Flexion von 145° (± 26), Außenrotation von 18° (± 14) und durchschnittliche Innenrotation höher LWK3 erreicht. Patienten, deren posteriorer Substanzverlust mithilfe eines Knochenspans aufgefüllt worden war (33%), zeigten kein signifikant besseren CS auf. Innerhalb der verschiedenen Glenoidmorphologien gab es keine signifikanten Unterschiede auch wenn Patienten mit einem Walch-B2-Glenoid die besten Ergebnisse erreichten. Trotz einer moderat hohen Rate an SN (43%), erreicht diese Patientenkohorte mit OA die besten klinischen Ergebnisse im Vergleich zu allen anderen Indikationen (■ Tab. 1).

Bacle et al. [8] konnten in ihrer heterogenen Kohorte von 87 nachuntersuchten Patienten 9 OA-Patienten verzeichnen. Hier verbesserte sich der CS von präoperativ 26 (± 11) auf 70 (± 6) in mittelfristigen Ergebnissen und 62 (± 8) Punkte bei einer Flexion von 140° (± 27) nach über 10 Jahren.

Rheumatoide Arthritis

Anders als bei der Omarthrose stehen bei der rheumatoiden Arthritis (RA), neben der durch jahrelange Kortikosteroideinnahme herabgesetzten Knochenqualität, v. a. die horizontale und kraniale Erosion der Schulterpfanne im Vordergrund.

Aufgrund der starken Glenoiderosion wird die ohnehin bei Rheumatikern schlechte Sehnenqualität der RM weiter belastet und führt zur sekundären RM-Insuffizienz. Infolge dessen können RM-MR entstehen, die zu Erosionen am kora-koakromialen Bogen führen. Sie ähneln einer Humeruskopfdezentrierung nach kranial wie bei CTA. Patienten, die eine sehr fortgeschrittene Progredienz ihrer rheumatoiden destruktiven Gelenkerkrankung aufweisen, zeigen RM-Rupturen sowie sehr geringe Knochenmasse auf und wurden erstmals von Neer als „End-stage-Patienten“ beschrieben und stellen eine besondere Herausforderung für Chirurgen dar [21].

Woodruff et al. [22] untersuchten in ihrer retrospektiven Studie 12 Frauen (13 Schultern; durchschnittliches Alter: 64 [43–72] Jahre) nach durchschnittlich 87 (60–110) Monaten. Ausgeschlossen wurden 12% der Patienten aufgrund eines Schraubenbruchs vor der letzten NU, 18% zeigten geringe Lockerungszeichen und weitere 18% zeigten bei letzten Röntgenaufnahmen eine komplette Glenoidlockerung auf. Der durchschnittliche CS lag bei 69,0 (95%-Konfidenzintervall [-KI] 50,7–64,3) Punkten, 77% (10/13) waren zum Zeitpunkt der letzten NU schmerzfrei. Die Autoren resümierten, dass die iSTEP gute Schmerzbefreiung der Patienten bei sehr variablen funktionellen Ergebnissen liefert.

Lévigne [23] konnte in seiner Kohorte bei 34 Patienten und 39 iSTEP nach 92 (60–147) Monaten zufriedenstellende und reproduzierbare Ergebnisse (CS: 63 Punkte; Flexion 140° ; Außenrotation 13° ; Innenrotation LWK3; SSV: 76%) verzeichnen. Davon waren 6 sog. End-stage-Patienten, welche mit einer BIO-RSA komplikationslos versorgt wurden und eine überdurchschnittlich große Verbesserung zu präoperativen Ergebnissen aufweisen konnten (CS: 72 Punkte; Flexion 138° ; Außenrotation 22° ; Innenrotation LWK3; SSV: 90%). 8 Patienten erreichten eine NU von über 10 Jahren (120–147 Monate) und wiesen vergleichbare Ergebnisse auf (CS: 57 Punkte; Flexion 129° ; Außenrotation 1° ; Innenrotation LWK3; SSV: 68%). Insgesamt wurden abgesehen von den zwei Revisionen (aufgrund eines Infekts)

Tab. 1 Vergleich von Langzeitergebnissen und Standzeiten der inversen Schulterendoprothetik nach Indikation

Autor	n = Patienten (n = Schul- tern)	Alter (Jahre)	Alter range/SD	Diagnose	NU (Mo- nate)	NU range/SD	CS (Punk- te)	CS, range/SD	aCS (Punk- te)	aCS range/SD	Skapuläres Notching Grad 1–4	Skapuläres Notching Grad 3–4	Kompli- katio- nen	10-Jahres- Überleben
Gonzales et al. [4]	112 (114)	73	52–87	RM-MR	97	60–246	61	23–85	92	33–150	59%	18%	19% (20)	–
Ek et al. [5]	35 (40)	60	46–64	RM-MR, CTA	93	60–171	57	22–87	74	31–100	57% (19)	24% (8)	38% (15/40)	88%
Ernstbrunner et al. [6]	20 (23)	57	47–59	RM-MR, CTA	140	96–228	59	19 ^a	69	21 ^a	95% (20)	29% (6)	39% (9)	92%
Gerber et al. [7]	22 (22)	68	54–77	RM-MR, CTA	193	180–228	58	19 ^a	73	23 ^a	73% (11/15)	47% (7)	59% (13/22)	87% (15Y)
Brunet et al. [12]	297 (297)	76	50–88	CTA	97	60–239	63	4 ^a	–	–	65%	26%	10% (29/297)	–
Collin et al. [20]	45 (49)	75	61–86	OA	92	60–192	68	13 ^a	105	19 ^a	43% (20)	17% (8)	6% (3)	94%
Favard et al. [11]	138 (148)	73	40–90	RM-MR, CTA, OA	90	60–204	62	17 ^a	85	24 ^a	–	35%	18% (89/489)	89%
Bacle et al. [9]	84 (87)	83	45–95	CTA, OA, Revision, FFX	150	121–241	55	16 ^a	86	26 ^a	73% (49)	28% (19)	29% (47)	93%
Cuff et al. [8]	40 (42)	78	62–99	RM-MR, CTA, Revision	132	120–147	74 ^b	45–90 ^b	–	–	13% (1/8) (5Y)	0%	–	91%
Bassens et al. [10]	74 (74)	69	32–83	CTA, HKF, FFX, chron. Dislokation, sept. Arthritis	113	97–135	67	15 ^a	80	18 ^a	–	–	–	97% (8Y)
Van Ochten et al. [41]	27 (27)	73	37–81	RM-MR, CTA, OA, RA	110	29 ^a	67	12 ^a	–	–	94% (16/17)	24% (4)	20% (12/61)	–
Woodruff et al. [22]	15 (17)	64	43–72	RA	87	60–110	59	95%-KI 51–64 ^c	–	–	–	–	23% (3/13)	–
Lévine [23]	34 (39)	70	46–86	RA	92	60–147	63	–	92	–	57% (19)	15% (6)	16% (10/64)	–
Decroocq et al. [31]	37 (39)	77	5 ^l	HKF	83	60–146	60	8–81	–	–	–	–	20% (4/39)	–
Seeto et al. [33]	118 (118)	68	29–86	FFX	100	60–185	53	20–91	79	30–137	36% (38)	10% (11)	52% (62)	–
DeWilde et al. [34]	14 (14)	45	19–79	Tumor	92	6–144	–	–	76	56–84	44% (4)	11% (1)	43% (3)	–

Tab. 1 (Fortsetzung)

Autor	n = Patienten (n = Schul- tern)	Alter (Jahre)	Alter range/SD	Diagnose	NU (Mo- nate)	NU range/SD	CS (Punk- te)	CS, range/SD	aCS (Punk- te)	aCS range/SD	Skapuläres Notching Grad 1-4	Skapuläres Notching Grad 3-4	Kompli- katio- nen	10-Jahres- Überleben
Sirveux et al. [35]	31 (31)	52	19-87	Tumor	120	60-168	51	-	62	-	-	-	45%	-
D'Ollone et al. [36]	76 (76)	67	33-81	Revision (HEP)	114	60-204	48	-	71	-	-	-	43% (33)	-
Gauci et al. [37]	45 (48)	69	52-87	Revision (TEP)	102	60-191	57	3 ^a	81	4 ^a	-	-	31% (15)	-
Beck ^d et al. [38]	27 (29) ^d	72	53-88	CTA, FFX, Revision	102	75-142	61	17 ^a	-	-	72%	17%	17%	93%
Teissier et al. [39]	82 (82)	73	55-89	k. A.	80	60-111	66	-	90	-	26%	4%	4% (3)	-

^a ist als Standarddeviation (SD) angegeben, nicht als range

^b American Shoulder and Elbow Surgeons Shoulder Score

^c Wurde als Konfidenzintervall (KI) angegeben

^d Nur 12/29 waren inverse Schultertotalendoprothesen

SD Standardabweichung, CTA Defektarthropathie, FFX Frakturlogezustände, TEP anatomische Schultertotalendoprothese, HEP Hemiodprothese, RM-MR Rotatorenmanschetten-Massenrupturen, OA Omarthrose, HKF proximale Humeruskopffraktur, KI Konfidenzintervall, NU Nachuntersuchung, aCS alters- und geschlechtsadaptierter Constant-Murley-Score, CS Constant-Murley-Score, RA rheumatoide Arthritis

keine Lockerungszeichen beobachtet; SN wurde zu 57% beschrieben. Diese Studie bestätigt die guten Langzeitergebnisse nach RA und beschreibt keine signifikanten Unterschieden im Verlauf zu den kurzfristigen Ergebnissen dieser Kohorte nach 2 Jahren.

Proximale Humeruskopffrakturen

Akute Frakturen

Akute proximale Humeruskopffrakturen (HKF) sind neben Frakturen des Oberarmhalses und des distalen Radius, die dritthäufigste Frakturart bei älteren Menschen [24]. Eine chirurgische Intervention ist insbesondere bei Dislokation der Knochenfragmente indiziert (ca. 20%; [25]). Obwohl die anatomische Rekonstruktion mittels Plattenosteosynthese (ORIF) oder anatomischer HEP lange Goldstandard war, überzeugte die iSTEP auch hier aufgrund zuverlässigerer und besserer klinischer Ergebnisse mit geringeren Revisionsraten bei grob dislozierten 3- und 4-Part-Frakturen [26-28]. Bei der sog. Head-split-Fraktur, einer seltenen Entität (ca. 1% aller Frakturen) der HKF, führt alleine die iSTEP zu zufriedenstellenden Ergebnissen im Vergleich zu HEP und ORIF [29].

In der retrospektiven Studie von Cazaneuve et al. [30] wurden 35 Patienten (33 Frauen, durchschnittliches Alter: 75 [58-92] Jahre) eingeschlossen. Die durchschnittliche NU nach 86 (12-204) Monaten erreichte einen CS von 53 Punkten, der damit 2 Punkte unter dem nach 12 Monaten erhobenen CS von 55 (20-84) Punkten lag. Im Vergleich zu der 1-Jahres-NU verloren die Patienten im Durchschnitt einen Punkt bei der Kraft und einen auf der Schmerzskala; der Bewegungs- und der Rotationsumfang blieben unverändert. Damit lag der CS im Vergleich zur gesunden, kontralateralen Seite bei 69%. Bei 23% traten Komplikationen auf, 17% mussten daraufhin revidiert werden. Trotz langer chirurgischer Erfahrung beschreiben die Autoren 50% SN bei der Versorgung mit Delta III-Prothesen (DePuy Synthes Inc., Warsaw, Indiana, USA). Sie empfehlen eine

Versorgung dieser aufgrund der hohen Komplikationsrate daher nur bei osteoporotischen Patienten über 70 Jahren auf der nicht-dominanten Seite. Vermutlich beeinflussen auch Frakturmorphologie und Versorgungszeitpunkt nach Trauma das endgültige funktionelle Ergebnis.

Decroocq et al. [31] beschreiben zufriedenstellende Ergebnisse (CS: 60 Punkte; Flexion: 128°; Außenrotation: 12°) mit einem frakturspezifischem Schaft bei 39 Patienten, trotz des hohen Alters (77 ± 5 Jahre) und Osteoporose (95% Frauen), sowie Non-union des Tuberculum majus in 23% der Fälle. Eine erfolgreiche Konsolidation des Tuberculum majus korreliert statistisch signifikant mit einer verbesserten Außenrotation.

Frakturfolgezustände

Auch Patienten mit initial konservativ oder osteosynthetisch versorgten HKF können im Verlauf – trotz adäquater Erstversorgung – infolge von Infektionen, Humeruskopfnekrosen, sekundären RM-Insuffizienzen oder Gelenkdestruktionen einer Versorgung mittels iSTEP bedürfen.

Bacle et al. [9] haben 10 Patienten (11%) mit Frakturfolgezuständen (FFX) nachuntersucht. Bei einer durchschnittlichen Flexion von 119° (±31) stieg der CS von präoperativ 27 (±8) auf 55 (±20) in den mittelfristigen Ergebnissen und letztlich auf 45 (±22) nach über 10 Jahren. Die Kraft lag bei der finalen NU bei knapp unter 2 kg, und die Patienten erreichten nur 20 (±11) von maximal 40 Punkten im Bewegungsumfang. Nach Revisionen erreichen Patienten mit FFX hier die schlechtesten klinischen Ergebnisse. Bassens et al. [10] konnten 5 Patienten (7%) mit Malunion nach HKF und 3 (4%) mit avaskulärer Nekrose einschließen. Hier lag der aCS nach mindestens 8 Jahren bei 74,5 (±21) Punkten. Wegen der sehr überschaubaren Patientenzahlen und des heterogenen FFX-Patientenkollektivs können Schlussfolgerungen für die Versorgung mittels iSTEP nur bedingt gezogen werden. Trotzdem erzielen iSTEP bei FFX keine zuverlässigen klinischen Ergebnisse mit einer weiten Streuung und erreichen im Vergleich zu allen

anderen Indikationen in dieser Studie, sowohl im Vergleich zu akuten Frakturen ($n = 3$; aCS: 79 ± 11 Punkte) als auch bei chronischen Dislokationen ($n = 3$; aCS: 75 ± 23 Punkte) und septischen Arthritiden ($n = 2$; aCS: 77 ± 23 Punkte), die schlechtesten Ergebnisse.

Seeto et al. [32] beschreiben eine Komplikationsrate von 73% bei Typ-3- und sogar zu 94% bei Typ-4-FFX nach der Boileau-Klassifikation mit einer Revisionsrate von 33% (Typ 3) und 24% (Typ 4), wovon bei 2 Patienten die iSTEP explantiert werden musste. Die Komplikationsrate nach Typ-1- und Typ-2-FFX lag bei einem Viertel und die Notwendigkeit zur Reoperation bei 0% (Typ 1) bzw. 1 von 7 Patienten (Typ 2). Nichtsdestotrotz wurden von insgesamt 118 Patienten nach gut 8 Jahren relativ ähnliche durchschnittliche, funktionelle Ergebnisse (CS: Typ 1: 56 Punkte, Typ 2: 41 Punkte, Typ 3: 53 Punkte, Typ 4: 51 Punkte; SSV: Typ 1: 68%, Typ 2: 42%, Typ 3: 57%, Typ 4: 62%) bei einer sehr großen Streuweite (CS: 20–91 Punkte; SSV: 0–100%) erreicht. Während die präoperative Steife und Beweglichkeit keinen Einfluss auf das finale Ergebnis hatte, so weisen Patienten mit zuvor gescheiterten Fixationsversuchen eine erhöhte Rate an Komplikationen (37% vs. 27%), Infektionen (2% vs. 0%) und Reoperationen (17% vs. 8%) auf. Das Fehlen des Tuberculum majus ist ein prognostisch prädiktiver Faktor für einen signifikant schlechteren CS (50 vs. 56 Punkte), schlechtere Außenrotation (−4° vs. 12°), ein Außenrotations-Lag-Zeichen (67% vs. 12%) sowie humerale Lockerung (56% vs. 11%). Auch wenn Patienten mit FFX von iSTEP profitieren können, weisen diese mit Voroperationen und fehlendem Tuberculum majus ein erhöhtes, nicht insignifikantes Risiko für Komplikationen und Lockerungen auf [33].

Tumor

Der proximale Humerus ist die dritthäufigste Lokalisation von primären Knochen- und Weichteiltumoren. Die Rekonstruktion und der Funktionserhalt der oberen Extremität gestaltet sich nach der Humerusresektion als schwierig, sobald

die RM vom Tumor infiltriert wird. Diese RM-Resektion hat, ähnlich wie bei der CTA, einen pseudoparalytischen Arm zu Folge und kann mittels iSTEP, gegebenenfalls kombiniert mit einem Sehnentransfer, eine funktionelle Verbesserung erzielen.

DeWilde et al. [34] haben insgesamt 14 Patienten mit einem Tumor des proximalen Humerus mittels iSTEP versorgt. Zwei der Patienten wurden an einem anderen Krankenhaus von einem anderen Operateur und mit einem kombinierten Latissimus-dorsi- und Teres-major-Muskeltransfer versorgt. Insgesamt konnten 7 der 12 Patienten mit konventioneller iSTEP nach durchschnittlich über 9 Jahren nachuntersucht werden; die beiden Patienten mit kombiniertem Muskeltransfer wurden nur ein Jahr nach ihrer Operation nachuntersucht. Bei einer Revisionsrate von 16% lag der durchschnittliche CS bei 78 Punkten. Die aktive Abduktion lag bei 163° (90–180°), die beiden Patienten mit Muskeltransfer erreichten dabei nur 135° (120–150°); die aktive Außenrotation lag bei beiden Patienten mit Muskeltransfer bei 60° in Abduktion, während die 7 mit konventionellen iSTEP versorgten Patienten nur 17° erreichten. Der Score für alltägliche Aktivitäten, die eine Außenrotation voraussetzen (ADLER-Score), wurde erhoben. Er lag bei 27,5 (26–26) vs. 23,6 (14–28) Punkten zugunsten der beiden Patienten mit Muskeltransfer.

Auch wenn diese Studie aufgrund ihrer Limitationen (geringe Fallzahl, verschiedene Operationstechniken, verschiedene NU-Zeiträume) keine statistische Analyse erlaubt, beschreibt sie gute funktionelle Ergebnisse. Die Autoren diskutieren, dass es alleine mithilfe des M. deltoideus nicht möglich ist, Aktivitäten des alltäglichen Lebens, die eine (Außen-)Rotationsbewegung voraussetzen, suffizient auszuführen. Somit kann die Kombination mit einem Muskeltransfer ein möglicher Ansatz sein, die insuffizienten Außenrotatoren zu stärken.

Sirveux et al. [35] konnten 13 Patienten nachuntersuchen, bei denen aufgrund eines primären Tumors oder einer Metastase eine Humerusresektion durchgeführt wurde und zusätzlich

Hier steht eine Anzeige.



mit einer iSTEP versorgt wurden. Nach durchschnittlich 10 Jahren lag der CS bei 51 Punkten und es wurde eine Flexion von 113° erreicht. In allen Fällen wurde der Humeruskopf mitsamt tendinöser Ansätze mit einer durchschnittlichen Länge von 11 (3–20) cm reseziert. In Folge dessen wurden alle Patienten mit einem Langschaft versorgt und erhielten teilweise zusätzlich einen Zementspacer, eine individuelle metaphysäre Prothesenanfertigung oder einen gefrorenen Allograft zur Stabilisierung.

Isolierte Schäfte können nur bei kleinen humeralen Defekten zum Einsatz kommen. Die einzige Patientin, die mit kurativem Therapieansatz mit iSTEP versorgt worden war, zeigte nach 14 Jahren Schmerzen und ROM-Verlust nach humeraler Lockerung und ein Notching Grad 4 (CS: 15 Punkte). Die zusätzliche Stabilisierung mithilfe des Zementspacers zeigte auch nach 10 Jahren keine Lockerung auf und ließ sich mit einem Latissimus-dorsi-Transfer kombinieren (CS: 62 Punkte; Flexion: 113°).

Bei der Versorgung mit Allografts sollte auf Zement in der Knochen-Allograft-Schnittstelle verzichtet werden und zur Kompression gegebenenfalls eine laterale Platte angebracht werden, um das Risiko einer Non-union und möglicher folgender Dislokation zu minimieren. Eine erhöhte Infektionsgefahr wurde nicht dokumentiert, wenn auch die Resorption des Allografts beobachtet werden konnte (CS: 52 Punkte; Flexion: 108°). Patienten mit einer individuell angefertigten Endoprothese waren mit durchschnittlich 38 Jahren deutlich jünger, zeigten jedoch initial eine hohe Rate an humeralen Lockerungen (30%) auf, die nach Versorgung mithilfe eines Allografts erfolgreich stabilisiert werden konnten und letztendlich gute Funktion sowie nach Latissimusdorsi-Transfer gute Außenrotation aufweisen konnten (CS: 68 Punkte; Flexion: 150°).

Revisionen

Häufige Anwendung findet die iSTEP in der Revision von aseptischen oder infektiösen Lockerungen von anatomischen HEP und TEP. Des Weiteren führt eine sekundäre RM-Insuffizienz nach

HEP oder TEP zu Bewegungseinschränkungen bis hin zu pseudoparalytischen Ausfällen, die ebenfalls von einem Wechsel auf iSTEP profitieren. Bei Infektionen müssen alle körperfremden Elemente explantiert und das Gelenk saniert und antibiotisch versorgt werden. Ein einzeitiger vs. zweizeitiger Wechsel muss je nach Weichteilsituation und Keimspektrum, sowie vorhandener biofilmaktiver antibiotischer Therapie abgewogen werden. Hierbei ist die Überbrückung mit einem antibiotikabeladenen Spacer die sicherere Wahl zur Keimeliminierung.

D'Ollonne et al. [36] konnten 76 Patienten mit revidierter HEP nach fast 10 (5–17) Jahren nachuntersuchen, welche initial aufgrund einer HKF (66%), OA (17%), FFX (12%) und CTA (5%) versorgt worden waren. Durchschnittlich folgte die iSTEP 48 (35–201) Monate nach primärer Intervention und verbesserte den CS von 32 auf 48 Punkte, den SSV von 10% auf 60% und die Flexion von 57° auf 107°. Die Migration, Lyse oder Malunion des Tuberculum majus stellt sich auch hier als prädiktiver negativer Faktor heraus und führt zu schlechteren ROM und Funktion (aCS: 66% vs. 82%; Flexion: 100° vs. 123°; Außenrotation: 1° vs. 10°).

Gauci et al. [37] haben 48 Patienten mit versagter TEP nach fast 9 (5–16) Jahren nachuntersucht. Der CS verbesserte sich von 31 (±3) auf 57 (±3) Punkte, der SSV von 22 (±5) % auf 65 (±4) %, bei einer Flexion von 124° (±5; präoperativ: 80° ± 10), jedoch einer Verschlechterung der Außenrotation und Stagnation der Innenrotation.

Die Ergebnisse nach Revisionseingriffen wurden auch von Bacle et al. ([9]; n = 21) und Cuff et al. ([8]; n = 10) anhand einzelner Patienten nach gescheiterter TEP analysiert.

Bei Cuff et al. [8] verbesserte sich der ASES von 27 (0–63) auf 72 (37–97) und bis hin zu 68 (48–83) Punkten. Bei einer Abduktion von 89° (0–150) und einer aktiven Außenrotation von 14° (–30–90) lag die durchschnittliche Flexion bei 98° (0–180).

Bei Bacle et al. [9] verbesserte sich der CS von präoperativ 21 (±13) auf mittelfristig 55 (±16) bis hin zu 45 (±17) Punkten nach über 10 Jahren. Es wurde

im Vergleich zu den mittelfristigen Ergebnissen eine signifikante Verschlechterung in Flexion (128° auf 116°) sowie in der CS-Subkategorie Mobilität (22 auf 18) und eine Halbierung der Kraft (2,7 auf 1,35 kg) festgestellt. Die Kohorte der Revisionen in dieser Studie war die Einzige, bei der eine signifikante Abnahme in den CS-Subkategorien Schmerz und Aktivitäten zu verzeichnen war. In dieser Studie erreichen Patienten nach Revisionen nach über 10 Jahren die schlechtesten funktionellen Ergebnisse im Vergleich zu CTA, OA, FFX und RM-MR und wiesen nach 10 Jahren die geringste Abduktionskraft auf.

Schaftlose Endoprothesen

Während in der gesamten Orthopädie ein Trend zu knochensparenden Implantaten besteht und sich erste Modelle in anatomischer Schultertotalendoprothetik bewährt haben, sind im letzten Jahrzehnt immer mehr schaftlose iSTEP zu finden. Schaftlose Komponenten haben einen großen Vorteil bei humeralen Achsendeviationen und können daher in posttraumatischen Situationen und bei metaphysären Deformitäten eingesetzt werden.

In der Studie von Beck et al. [38] wurden 49 Schultern (bei 47 Patienten) operiert. Nach 102 (75–142) Monaten konnten 29 Prothesen (59%) eingeschlossen werden, davon erhielten jedoch nur 12 ein schaftloses Implantat; in 17 Fällen war ein zusätzlicher Kurzschaft nötig, um primäre Stabilität bei schlechter Knochenqualität oder metaphysären Knochendefekten zu garantieren (7 CTA, 7 FFX, 3 Revisionen). Die schaftlose, humerale Komponente konnte trotz ihrer theoretischen Vorteile bei Achsendeviationen in posttraumatischen Situationen nur bei CTA-Patienten Verwendung finden. Nichtsdestotrotz werden gute klinische Langzeitergebnisse mit einem CS von 60,5 (±16,8) Punkten, einer Flexion 135,5° (±26,6°) und einer Schmerzreduktion von 7,5 (±1,2) auf 1,4 (±1,5) Punkten in der visuellen analogen Schmerzskala erzielt. Nach 8,4 Jahren erreichte die TESS trotz einer Komplikationsrate von 17% und einer Rate an SN von 72% (17% Grad 3) eine Stand-

zeit von 93%. Schaftlose Komponenten erreichen ähnlich gute Ergebnisse wie Kurzschäfte.

Teissier et al. [39] konnten 82 schaftlose Implantate mit einer NU von über 6 (5–10) Jahren einschließen. Die finale Flexion verbesserte sich von 96° (0–160°) auf 143° (90–170°), Abduktion von 89° (0–160°) auf 139° (80–160°), Außenrotation von 26° (–60–70°) auf 39° (20–70°), CS von 40 (12–76) auf 68 (37–100) Punkte bei einem Kraftzuwachs von 2 (0–7) auf 6 (2–12) kg. Es wurden keine Lockerungszeichen und ein SN in 26% beobachtet. Die Autoren schlussfolgerten, dass schaftlose Implantate eine gute primäre Stabilität und Integration in den Knochen gewährleisten.

Auch wenn schaftlose Komponenten Revisionen in Zukunft erleichtern können, wird in bestimmten Fällen mit schlechter Knochenqualität eine Kurzschafaltemative unentbehrlich bleiben.

Diskussion

Die iSTEP nach Grammont weist gute Langzeitergebnisse auf, auch wenn Patienten mit einer Defekarthropathie und einer Omarthrose eine deutlich bessere Funktion nach der Versorgung aufzeigen als solche mit einem Frakturfolgezustand oder nach einer Revision. In der Versorgung von akuten Frakturen sowie bei irreparablen RM-MR kommt die iSTEP auch regelmäßig bei jüngeren Patienten zum Einsatz und beweist ihre Funktionsfähigkeit. Selbst in der Tumorchirurgie kann die iSTEP Patienten nach radikalen RM-Resektionen zu Beweglichkeit und Kraft verhelfen.

Ascione et al. [40] beschrieben bei 1035 implantierten iSTEP nach mindestens 5 Jahren insgesamt eine Komplikationsrate von 18,7%. Humerale Komplikationen treten zu 3,3% auf und haben einen negativen Effekt auf das funktionelle Endergebnis. Sie treten jedoch vermehrt bei Patienten mit Revisionen und Tumoren auf.

Cuff et al. [8] und Bacle et al. [9] konnten mittels Kaplan-Meier-Kurve nach 10 Jahren eine Standzeit von >90% aufzeigen (91% und 93%) und verzeichnen dabei eine Revisionsrate von ca. einem Viertel. Ein großes Problem, das

zu Komplikationen führen kann, ist das SN. Bei bis zu 95% wird SN in Langzeitergebnissen beschrieben. Davon schlägt durch mechanische Knochenerosion bei bis zu 47% die mediale Schaftkomponente bis zur ersten Schraube am Glenoid an (■ Tab. 1).

Favard et al. [11] beschrieben eine Standzeit der iSTEP von 89% nach 10 Jahren. 72% der Patienten erreichten einen CS von >30 Punkten. Bassens et al. [10] zeigen nach 8 Jahren noch eine Standzeit von 97% mit einer Revisionsrate von 3% auf. Mehrere Studien beschreiben einen Funktions- und Kraftverlust nach ca. 8 Jahren [9–11]. Um die motorische Leistung des M. deltoideus in dieser unphysiologischen, biomechanischen Situation beim alternden Patienten zu evaluieren, müssen weitere Studien durchgeführt werden.

Van Ochten et al. [41] konnten mit einer durchschnittlichen NU von 9,2 (±2,4) Jahren bei 27 primär implantierten iSTEP (48% RM-MR, 11% CTA, 22% OA, 19% RA) eine Standzeit von 82,4% insgesamt und 98,3% für die unzementierte, humerale Komponente über 12,5 Jahre beschreiben. SN wurde in 94% beobachtet – davon 24% Grad 3–4.

Patienten mit RM-MR, CTA und OA konnten die besten klinischen Ergebnisse erreichen, während Patienten, insbesondere nach akuten Frakturfolgezuständen und nach Revisionen aber auch im Fraktur-, Tumorsetting und bei entzündlichen Arthritiden im Vergleich deutlich schlechter abschneiden (■ Tab. 1).

Gerber et al. [7] beschrieben in ihrer Kohorte von RM-MR eine Standzeit von 87% nach 10 und 84% nach 15 Jahren.

Neueste Entwicklungen ermöglichen neben knochensparenden, schaftlosen Komponenten v.a. eine Lateralisierung des Drehzentrums. Mit Hilfe eines knöchernen oder metallischen Aufbaus (glenoidal sowie humeral) mittels steilem „neck-shaft angle“ (145° und 135°), gebogener Schäfte oder Onlay-Design soll SN verhindert werden. Die Lateralisierung des Drehzentrums führt auf Kosten eines verminderten Hebelarms zu einer erhöhten Rekrutierung von Muskelfasern und zu einer natürlicheren Schulterkontur. Diese Rekrutierung insbesondere von anterioren und poste-

rioren Fasern des M. deltoideus soll die Innen- sowie Außenrotation verbessern und somit die verbesserte selbständige Ausführung von alltäglichen Bewegungen ermöglichen (Zähneputzen, An- und Auskleiden, Haare kämmen, Toilethygiene etc.). Allerdings erhöht die Lateralisierung des Drehzentrums auch die Scherkräfte, wodurch vermehrt Ermüdungsfrakturen der Spina scapulae zu beobachten sind. Große Glenosphären und inferiorer Tilt verringern ebenfalls den mechanischen Zusammenstoß zwischen medialer Schaftkomponente und inferioren Schrauben, und könnten demnach dazu beitragen die Lockerungsrate zu minimieren und Standzeiten zu verbessern.

Da sich alle hier aufgeführten Studien mit der iSTEP nach Grammont auseinandersetzen, wird es noch einige Jahre dauern, bis diese Neuerungen des Designs auch die ersten Langzeitergebnisse hervorbringen. Weiterhin gilt es zu evaluieren, ob diese Verbesserungen der Biomechanik in der Theorie auch zu einer verbesserten Rotationsbeweglichkeit und weniger SN sowie besseren Bedingungen für den M. deltoideus führen oder ob andere Komplikationen die Erfolgsaussichten schmälern.

Fazit für die Praxis

- Patienten nach Rotatorenmanschetten-Massenrupturen (RM-MR), Defekarthropathie (CTA) und Omarthrose (OA) scheinen die besten Indikationen mit sehr guten klinischen Ergebnissen darzustellen.
- Patienten mit Frakturfolgezuständen (FFX) erzielen schlechtere Ergebnisse in der sekundären Versorgung mittels iSTEP, ähnlich der Patienten nach Revisionseingriffen.
- Die Stagnation im Constant-Murley-Score (CS) ist bedingt durch die Abnahme der Kraft, die auf unphysiologischen, biomechanischen Voraussetzungen des M. deltoideus basiert.
- Es wird eine Standzeit von >90% nach 10 Jahren aufgezeigt.

Korrespondenzadresse



Jan-Philipp Imiolczyk
Centrum für Muskuloskeletale
Chirurgie (CMSC), Charité-
Universitätsmedizin Berlin
Augustenburger Platz 1,
13353 Berlin, Deutschland



Prof. Dr. Markus Scheibel
Centrum für Muskuloskeletale
Chirurgie (CMSC), Charité-
Universitätsmedizin Berlin
Augustenburger Platz 1,
13353 Berlin, Deutschland
markus.scheibel@charite.de

Einhaltung ethischer Richtlinien

Interessenkonflikt. J.-P. Imiolczyk und F. Freisleder geben an, dass kein Interessenkonflikt besteht. P. Raiss und M. Scheibel sind Berater für Wright Medical Inc.

Für diesen Beitrag wurden von den Autoren keine Studien an Menschen oder Tieren durchgeführt. Für die aufgeführten Studien gelten die jeweils dort angegebenen ethischen Richtlinien.

Literatur

- Boileau P, Watkinson DJ, Hatzidakis AM, Balg F (2005) Grammont reverse prosthesis: design, rationale, and biomechanics. *J Shoulder Elbow Surg* 14(1):S147–S161
- Kim SH, Wise BL, Zhang Y, Szabo RM (2011) Increasing incidence of shoulder arthroplasty in the United States. *J Bone Joint Surg Am* 93(24):2249–2254
- Hamada K, Fukuda H, Mikasa M, Kobayashi Y (1990) Roentgenographic findings in massive rotator cuff tears. A long-term observation. *Clin Orthop Relat Res* 254:92–96
- Gonzalez J-F, Fountzoulas K, Chelli M, Seeto B, Boileau P (2016) Reverse shoulder arthroplasty for non-operated, irreparable massive cuff tear (Hamada I-II-III) minimum 5-year follow up. In: Boileau P, Walch G, Molé D, Favard L, Lévine C, Sirveaux F et al (Hrsg) *Shoulder concepts: reverse shoulder arthroplasty*. Sauramps Medical, Montpellier, S71–80
- Ek ET, Neukom L, Catanzaro S, Gerber C (2013) Reverse total shoulder arthroplasty for massive irreparable rotator cuff tears in patients younger than 65 years old: results after five to fifteen years. *J Shoulder Elbow Surg* 22(9):1199–1208
- Ernstbrunner L, Suter A, Catanzaro S, Rahm S, Gerber C (2017) Reverse total shoulder arthroplasty for massive, irreparable rotator cuff tears before the age of 60 years: long-term results. *J Bone Joint Surg Am* 99(20):1721–1729
- Gerber C, Canonica S, Catanzaro S, Ernstbrunner L (2018) Longitudinal observational study of reverse total shoulder arthroplasty for irreparable rotator cuff dysfunction: results after 15 years. *J Shoulder Elbow Surg* 27(5):831–838
- Cuff DJ, Pupello DR, Santoni BG, Clark RE, Frankle MA (2017) Reverse shoulder arthroplasty for the treatment of rotator cuff deficiency: a concise follow-up, at a minimum of 10 years, of previous reports. *J Bone Joint Surg Am* 99(22):1895–1899
- Bacle G, Nove-Josserand L, Garaud P, Walch G (2017) Long-term outcomes of reverse total shoulder arthroplasty: a follow-up of a previous study. *J Bone Joint Surg Am* 99(6):454–461
- Bassens D, Decock T, Van Tongel A, De Wilde L (2019) Long-term results of the Delta Xtend reverse shoulder prosthesis. *J Shoulder Elbow Surg* 28(6):1091–1097
- Favard L, Levigne C, Nerot C, Gerber C, De Wilde L, Mole D (2011) Reverse prostheses in arthropathies with cuff tear: are survivorship and function maintained over time? *Clin Orthop Relat Res* 469(9):2469–2475
- Brunet J, Berhouet J, Chelli M, Favard L (2016) Reverse prosthesis for cuff tear arthritis—(Hamada IV and V) non operated. In: Boileau P, Walch G, Molé D, Favard L, Lévine C, Sirveaux F et al (Hrsg) *Shoulder concepts: reverse shoulder arthroplasty*. Sauramps Medical, Montpellier, S61–69
- Cutlip RG, Baker BA, Geronilla KB, Mercer RR, Kashon ML, Miller GR et al (2006) Chronic exposure to stretch-shortening contractions results in skeletal muscle adaptation in young rats and maladaptation in old rats. *Appl Physiol Nutr Metab* 31(5):573–587
- Baker BA, Hollander MS, Mercer RR, Kashon ML, Cutlip RG (2008) Adaptive stretch-shortening contractions: diminished regenerative capacity with aging. *Appl Physiol Nutr Metab* 33(6):1181–1191
- Faulkner JA, Brooks SV, Zerba E (1995) Muscle atrophy and weakness with aging: contraction-induced injury as an underlying mechanism. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 50:124–129
- Kircher J (2012) Die Omarthrose: Einteilung, Morphologie und Diagnostik. *Obere Extremität* 7:91–99
- Bercik MJ, Kruse K 2nd, Yalizis M, Gauci MO, Chaoui J, Walch G (2016) A modification to the Walch classification of the glenoid in primary glenohumeral osteoarthritis using three-dimensional imaging. *J Shoulder Elbow Surg* 25(10):1601–1606
- Walch G, Badet R, Boulahia A, Khoury A (1999) Morphologic study of the glenoid in primary glenohumeral osteoarthritis. *J Arthroplasty* 14(6):756–760
- Mizuno N, Denard PJ, Raiss P, Walch G (2013) Reverse total shoulder arthroplasty for primary glenohumeral osteoarthritis in patients with a biconcave glenoid. *J Bone Joint Surg Am* 95(14):1297–1304
- Collin P, Herve A, Walch G, Boileau P, Muniandy M, Chelli M (2019) Mid-term results of reverse shoulder arthroplasty for glenohumeral osteoarthritis with posterior glenoid deficiency and humeral subluxation. *J Shoulder Elbow Surg* 28(10):2023–2030
- Neer C (1990) Glenohumeral arthropathy in rheumatoid arthritis. In: Neer CS II (Hrsg) *Shoulder reconstruction*. Saunders, Philadelphia, S216–222
- Woodruff MJ, Cohen AP, Bradley JG (2003) Arthroplasty of the shoulder in rheumatoid arthritis with rotator cuff dysfunction. *Int Orthop* 27(1):7–10
- Levine C (2016) Reverse shoulder arthroplasty in rheumatoid arthritis. In: Boileau P, Walch G, Molé D, Favard L, Lévine C, Sirveaux F et al (Hrsg) *Shoulder concepts: reverse shoulder arthroplasty*. Sauramps Medical, Montpellier, S95–105
- Palvanen M, Kannus P, Niemi S, Parkkari J (2006) Update in the epidemiology of proximal humeral fractures. *Clin Orthop Relat Res* 442:87–92
- Roux A, Decroocq L, El Batti S, Bonneville N, Moineau G, Trojani C et al (2012) Epidemiology of proximal humerus fractures managed in a trauma center. *Orthop Traumatol Surg Res* 98(6):715–719
- Sebastian-Forcada E, Cebrian-Gomez R, Lizaur-Utrilla A, Gil-Guillen V (2014) Reverse shoulder arthroplasty versus hemiarthroplasty for acute proximal humeral fractures. A blinded, randomized, controlled, prospective study. *J Shoulder Elbow Surg* 23(10):1419–1426
- Cuff DJ, Pupello DR (2013) Comparison of hemiarthroplasty and reverse shoulder arthroplasty for the treatment of proximal humeral fractures in elderly patients. *J Bone Joint Surg Am* 95(22):2050–2055
- Ferrel JR, Trinh TQ, Fischer RA (2015) Reverse total shoulder arthroplasty versus hemiarthroplasty for proximal humeral fractures: a systematic review. *J Orthop Trauma* 29(1):60–68
- Peters PM, Plachel F, Danzinger V, Novi M, Mardian S, Scheibel M et al (2020) Clinical and radiographic outcomes after surgical treatment of proximal humeral fractures with head-split component. *J Bone Joint Surg Am* 102(1):68–75
- Cazeneuve JF, Cristofari DJ (2011) Long term functional outcome following reverse shoulder arthroplasty in the elderly. *Orthop Traumatol Surg Res* 97(6):583–589
- Decroocq L, Sirveaux F, Clavert P, Favard L, Boileau P (2016) Long-term results of RSA for acute fractures. In: Boileau P, Walch G, Molé D, Favard L, Lévine C, Sirveaux F et al (Hrsg) *Shoulder concepts: reverse shoulder arthroplasty*. Sauramps Medical, Montpellier, S107–108
- Boileau P, Walch G, Trojani C, Sinneron R, Romeo A, Veneau B (1999) Sequelae of fractures of the proximal humerus: surgical classification and limits of shoulder arthroplasty. In: Walch G, Boileau P (Hrsg) *Shoulder arthroplasty*. Springer, Berlin, S349–358
- Seeto B, Clowez G, Neyton L, Trojani C, Boileau P (2016) Reverse shoulder arthroplasty for fracture sequelae: a minimum 5-year follow-up. In: Boileau P, Walch G, Molé D, Favard L, Lévine C, Sirveaux F et al (Hrsg) *Shoulder concepts: reverse shoulder arthroplasty*. Sauramps Medical, Montpellier, S109–120
- De Wilde L, Boileau P, Van der Bracht H (2011) Does reverse shoulder arthroplasty for tumors of the proximal humerus reduce impairment? *Clin Orthop Relat Res* 469(9):2489–2495
- Sirveaux F, Jullion S, Raynier J-L (2016) Reverse prosthesis for proximal humeral tumor. In: Boileau P, Walch G, Molé D, Favard L, Lévine C, Sirveaux F et al (Hrsg) *Reverse shoulder arthroplasty for non-operated, irreparable massive cuff tear (Hamada I-II-III) minimum 5-year follow up*. Sauramps Medical, Montpellier, S121–132
- D'Ollonne T, Baring T, Gendre T, Cavalier M, Chelli M, Sabbah Y et al (2016) Reverse shoulder arthroplasty for revision of failed shoulder hemiarthroplasty—Results at a minimum of 5 years follow-up. In: Boileau P, Walch G, Molé D, Favard L, Lévine C, Sirveaux F et al (Hrsg) *Shoulder concepts: reverse shoulder arthroplasty*. Sauramps Medical, Montpellier, S133–140
- Gauci MO, Barret H, Cavalier M, Bessière C, Baring T, Favard L et al (2016) Long term results of reverse shoulder arthroplasty for revision after failed anatomical total shoulder arthroplasty. In: Boileau P, Walch G, Molé D, Favard L, Lévine C,

-
- Sirveaux F et al (Hrsg) Shoulder concepts: reverse shoulder arthroplasty. Sauramps Medical, Montpellier, S 141–145
38. Beck S, Patsalis T, Busch A, Dittrich F, Dudda M, Jager M et al (2019) Long-term results of the reverse Total Evolutive Shoulder System (TESS). *Arch Orthop Trauma Surg* 139(8):1039–1044
39. Teissier P, Teissier J (2016) The TESS RSA for cuff deficient shoulders. In: Boileau P, Walch G, Molé D, Favard L, Lévine C, Sirveaux F et al (Hrsg) Shoulder concepts: reverse shoulder arthroplasty. Sauramps Medical, Montpellier, S 165–172
40. Ascione F, Domos P, Guarrella V, Chelli M, Boileau P, Walch G (2018) Long-term humeral complications after Grammont-style reverse shoulder arthroplasty. *J Shoulder Elbow Surg* 27(6):1065–1071
41. van Ochten JHM, van der Pluijm M, Pouw M, Felsch QTM, Heesterbeek P, de Vos MJ (2019) Long—term survivorship and clinical and radiological follow—up of the primary uncemented Delta III reverse shoulder prosthesis. *J Orthop* 16(4):342–346