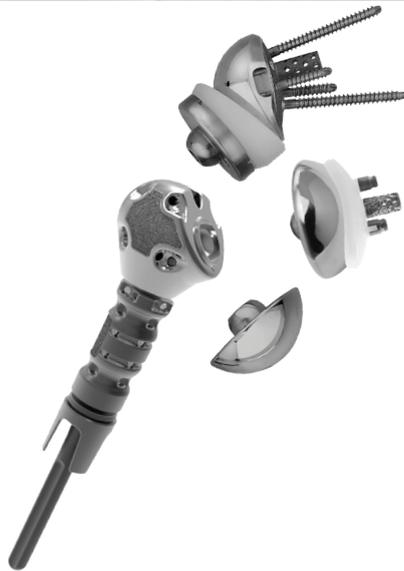




EXACTECH | SCHULTER

Design Rationale



equinox[®]
PLATFORM SHOULDER SYSTEM

Prothese zur Humerusrekonstruktion

HRP

equinoxe®

Prothese zur Humerusrekonstruktion (HRP)

INHALTSVERZEICHNIS

EINLEITUNG	3
EXACTECH DESIGN PHILOSOPHIE	4
Modularität	4
Biomechanik	5
Rotationsstabilität	8
Doppeltes Offset von Diaphysekragen und distalen Schaft	10
Methoden der Weichteilfixierung	11
FAZIT	11
RADIOGRAPHIC OUTCOMES	12
REFERENZEN	13



Einleitung

Die Equinox® Prothese (Abb. 1) zur Humerusrekonstruktion ist für anspruchsvolle Fälle mit signifikantem humeralen Knochenverlust konzipiert.* Das Plattformsystem wurde entwickelt, um das definitive Schulterrevisionssystem für die Vielzahl von Revisionsanforderungen zu sein, die sich aus dem dynamischen Entwicklung im Bereich Schulterarthroplastik in den letzten 15 Jahren ergeben haben. Diese Humerusschaft-Plattform lässt sich mit dem gesamten Equinox® Schulterssystem kombinieren und gibt dem Chirurgen die intraoperative Flexibilität, zwischen einer Hemiarthroplastik, einer primären Totalarthroplastik oder einer inversen Totalarthroplastik der Schulter zu wählen. Aufgrund der unterschiedlichen Niveaus möglicher Humerusresektionen verfügen die Mittelsegmente und proximalen Körper über zahlreiche Ansatzpunkte für die Weichteilfixierung sowie eine Reihe von Größen zur Rekonstruktion der Länge von 50 bis 222,5 mm in 12,5 mm Schritten. Die anatomisch geformten¹ proximalen Körper sind mit dem Ziel

konzipiert, die Positionen der Muskelansätze der Rotatorenmanschette wiederherzustellen, die Deltoideus-Umhüllung^{3-6,17} zu erhöhen und auf diese Weise die Gelenkstabilität zu verbessern. Darüber hinaus sind der distale Offset-Schaft und die Krage so konstruiert, dass sie eine externe Fixierung und Rotationsstabilität gewährleisten, während der distale Offset-Schaft zugleich eine optimale Einpassung in den Markkanal ermöglicht. Abschließend ist anzumerken, dass Schulterrekonstruktionen anspruchsvolle Eingriffe sind, insbesondere bei Fällen mit signifikantem humeralen Knochenverlust, und von Chirurgen mit großer Erfahrung durchgeführt werden sollten. Das medizinische Trainingsprogramm von Exactech mit stipendiengeschulten Schulter spezialisten und Onkologen kann Chirurgen helfen, Erfahrungen mit dieser Rekonstruktionsprothese zu sammeln.

**Die HRP ist bei onkologischen Anwendungen nicht indiziert für den Einsatz mit inversen Komponenten.*



Abbildung 1
Equinox Humerus
Konstruktionsprothese

C. Parker Gibbs, MD
University of Florida
Gainesville, FL, USA

Mark Scarborough, MD
University of Florida
Gainesville, FL, USA

Thomas W. Wright, MD
University of Florida
Gainesville, FL, USA

Pietro Ruggieri, MD, Ph.D.
University of Padova
Padova, Italien

Pierre-Henri Flurin, MD
Clinique du Sport
Merginac, Frankreich

Joseph D. Zuckerman, MD
NYU Hospital for Joint Diseases
New York, N.Y., USA



Abbildung 2
Equinox Humerus
Rekonstruktionsprothese



Abbildung 3
Konfigurationen der Equinox Prothesen zur
Rekonstruktion des Humerus von 50 bis 222,5 mm
Länge

Exactech Design Philosophie

- Modularität
- Biomechanik
- Rotationsstabilität
- Weichteilfixierung

MODULARITÄT

Jüngste Fachartikel beschreiben die Verwendung von inverser Schulterarthroplastik zur Behandlung von Knochenverlust oder Humerusresektionen.^{8,42} Das Exactech-Plattform-Schulterssystem ist seit November 2004 auf dem Markt, mehr als 60 Artikel wurden in den letzten 10 Jahren dazu veröffentlicht. Das Plattformsystem bietet die Möglichkeit, eine inverse, hemi- oder anatomische Schultertotalendoprothese mit derselben Humerusschaftkomponente zu verwenden. Mit dem Design der Humerusrekonstruktionsprothese (Abbildung 2) haben wir versucht, eine Lösung für Patienten mit proximalem Humerusknochenverlust und auch für primäre onkologische Anwendungen bereitzustellen. Die Notwendigkeit, diese unterschiedlichen Patientenprobleme mit einer inversen, hemiarthroplastischen oder anatomischen totalen Schulterarthroplastik zu behandeln – und die Möglichkeit, mehrere Resektionshöhen (von 50 bis 222,5) (Abbildung 3) zu behandeln – waren die treibenden Kräfte hinter dem modularen Design dieser Humerusschaftprothese.

BIOMECHANIK

Exactech nutzte die neuesten Forschungsergebnisse zur Beziehung zwischen dem Design des Humerusschafts und der Biomechanik der Schulter, um diese neuartige Prothese zu entwickeln. Diese veranlassten uns, einen einzigartigen anatomisch geformten proximalen Körper in mehreren Größen zu entwickeln, um die Lateralisierung des Humerus und die Umhüllung des Deltoideus zu verbessern und die Gelenkmechanik und -stabilität zu verbessern. Dabei entwickelte Exactech eine alternative Methode zur Erhöhung der Spannung bei der inversen Schulterprothese, die die Gelenkkompression durch zusätzliche Umhüllung des Deltoideus um den proximalen Humerus erhöht (Abbildung 4) und gleichzeitig den Hebelarm des Deltoideus-Abduktoren erhöht, um die Effizienz des Deltoideus zu verbessern, ohne die Muskelspannung der Rotatorenmanschette erhöhen zu müssen (die bei traditionellen Methoden mit augmentierten Humerusadapterplatte auftritt) (Abbildung 5).²⁰

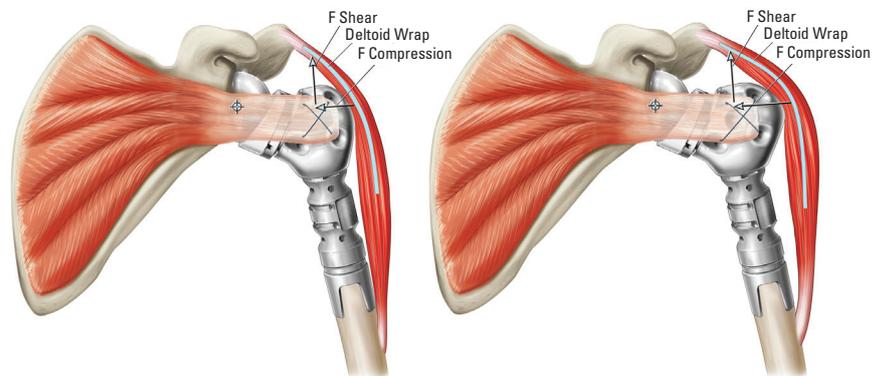


Abbildung 4

Anspannen der Schulter mit kleinen (links) und extra großen (rechts) proximalen Körpern. Größere Proximalkörper erhöhen die Umhüllung des Deltoideus, verbessern die Armlänge des Deltoideus und erhöhen die Kompression/Stabilität des Gelenks.

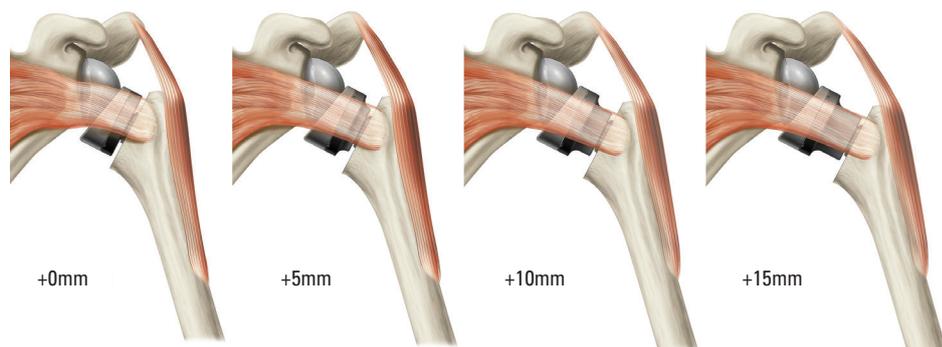


Abbildung 5

Herkömmliche Methode der Verwendung einer augmentierten Humerusadapterplatte/-inlays, um eine instabile inverse Schulterprothese zu spannen, wodurch sowohl der Deltoideus als auch die verbleibende Rotatorenmanschettenmuskulatur gedehnt werden.²⁰

Ausgangssituation: die Kompressionskräfte in der Schulter werden von den Muskeln des Deltoideus und der Rotatorenmanschette aufgebracht. Roche et al. berichteten über die Umhüllungswinkel des Deltoideus bei drei verschiedenen inversen Schulterprothesen und zeigten, dass ein erhöhter seitlicher Versatz des Humerus mit einer stärkeren Umhüllung des Deltoideus und einer anatomischeren Muskelspannung der Rotatorenmanschette verbunden war.⁴ Wenn der Humerus lateralisiert wird, behält der Deltoideus seine Umhüllung um das Tuberculum majus mit Elevation des Humerus, um eine zusätzliche Gelenkkompression zu ermöglichen. Eine reduzierte Umhüllung ist mit einer reduzierten Gelenkkompression und auch einem erhöhten Instabilitätsrisiko verbunden (Abbildung 6). Ähnlich haben Henninger et al. die Auswirkung der Lateralisierung des Humerus auf die Luxationskräfte in der lateralen und anterioren Ebene untersucht.¹⁷ Sie berichteten, dass es einen schrittweisen Anstieg der für die Luxation erforderlichen Kräfte mit erhöhtem lateralen Offset gibt (Abbildung 7).²²

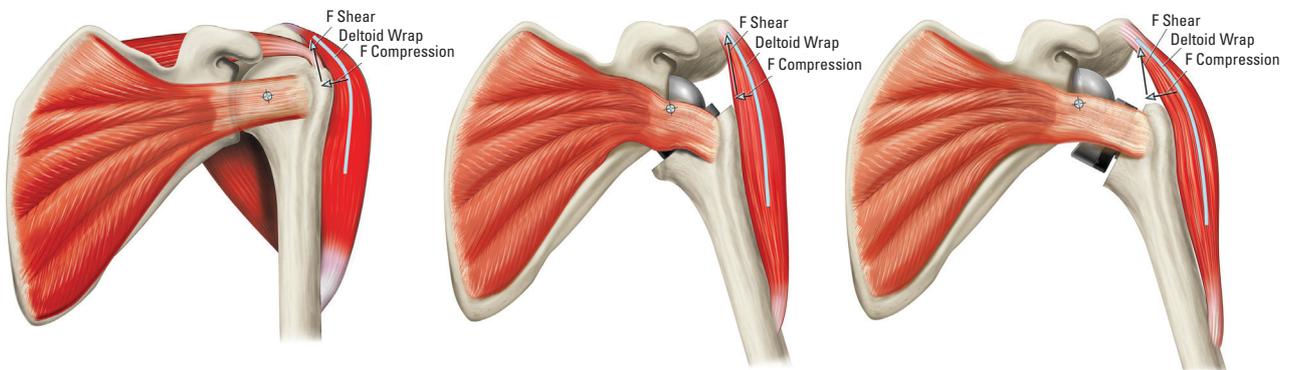


Abbildung 6

Gelenkkompression wird durch Umhüllen des Deltoideus erreicht. Von links nach rechts: Umhüllung des Deltoideus mit der normalen anatomischen Schulter, weniger Umwicklung des Deltoideus mit der inversen Schulter des medialisierten Humerus bei der inversen Grammont Schulter und zusätzliche Umhüllung des Deltoideus mit der inversen Schulter des lateralisierten Humerus Equinox.

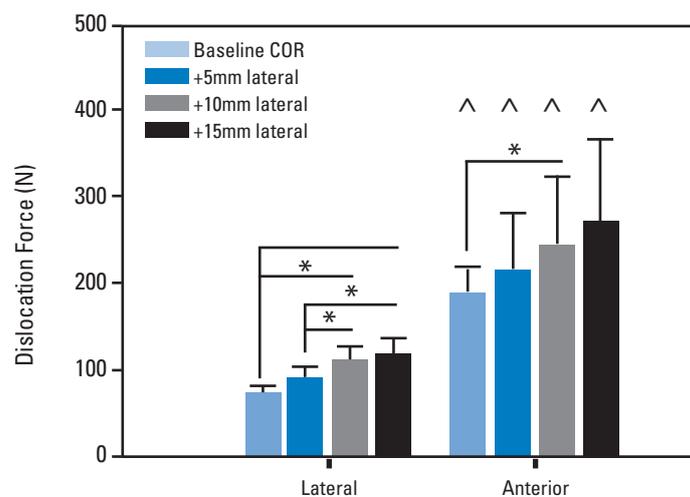


Abbildung 7

Verbesserter Widerstand gegen Gelenkdistraktion bei größerer Humeruslateralisation¹⁷

Exactech entwickelte die anatomische Form dieses neuartigen proximalen Körpers basierend auf den Ergebnissen einer anatomischen CT-Rekonstruktionsstudie an 74 Leichen (37 männlich und 37 weiblich). Aus dem Bereich der beobachteten proximalen Humerusmessungen für männliche und weibliche Humeri (Tabelle 1) haben wir vier proximale Körperoptionen (klein, mittel, groß und extra groß) mit anterior-posterioren Breiten (Abbildung 8) und lateralen Tuberositasbreiten (Abbildung 9) entwickelt, um die unterschiedlichen Morphologien des proximalen Humerus zu simulieren.

Tabelle 1: Vergleich der durchschnittlichen Messung des Humerus: weiblich vs männlich

Anatomic Parameter (mm unless noted)	All Humeri	Female	Male	P Value (Male vs Female)
Zentrum des Humeruskopfs zur Tub. minus	25.3 ± 3.5	22.9 ± 2.7	27.8 ± 2.2	<0.0001
Zentrum des Humeruskopfs zum Tub. Majus	22.4 ± 2.7	21.1 ± 2.5	23.8 ± 2.1	<0.0001
Gesamtbreite	47.7 ± 5.1	43.9 ± 3.4	51.6 ± 3.2	<0.0001



Abbildung 8

Anteriore/posteriore Darstellung für die vier Größen (von links nach rechts: klein, mittel, groß und extra groß) der proximalen Körper, die in der Equinoxe Humerus-Rekonstruktionsprothese verwendet werden

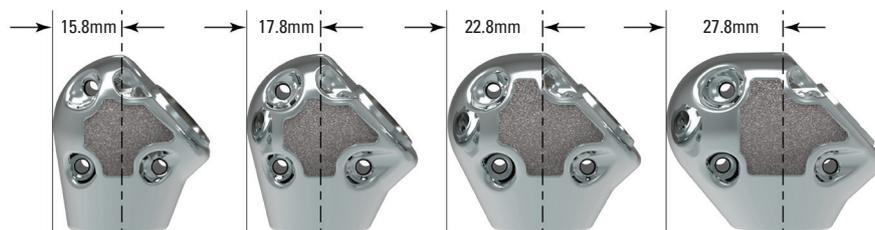


Abbildung 9

Die lateralen Tuberositasbereiche für die vier Größen (von links nach rechts: klein, mittel, groß und extra groß) der proximalen Körper, die in der Equinoxe Humerus-Rekonstruktionsprothese verwendet werden

ROTATIONSSTABILITÄT

Rotationsstabilität und adäquate distale Fixierung sind bei Endoprothesen von Bedeutung, da diese Implantate eine Fixierung im diaphysären Knochen mit geringer proximaler Knochenunterstützung erfordern. Ein primäres Designziel für die Humerus-Rekonstruktionsprothese war die Bereitstellung einer prothetischen Lösung, die die Fixierung sowohl in der Onkologie als auch bei Revisionsanwendungen ohne proximale Knochenunterstützung verbessern könnte. Eine Studie, die die Rotationsstabilität von zementierten vs. Pressfit-Designs in der Hüfte quantifizierte, zeigte eine signifikant bessere initiale Fixierung im zementierten Design.¹⁸ Der Markt tendiert jedoch zur Verwendung von Implantaten mit erhöhtem Osteointegrationspotenzial. Infolgedessen verwendet das Implantatdesign von Exactech einen zementierten distalen Schaft mit zusätzlicher Fixierung durch einen Press-fit verankerten Diaphysenkragen mit Hydroxylapatitbeschichtung. Durch das Hinzufügen dieses Kragens wird der Hebelarm der distalen Fixierung (Abbildung 10) wesentlich erhöht, um dem internen Rotationsdrehmoment zu widerstehen, das bei Aktivitäten des täglichen Lebens auf dieses System ausgeübt wird (Abbildung 11). Wie in Tabelle 2 beschrieben, zeigten Prüfstandstests, dass dieser neuartige Kragen in Verbindung mit dem zementierten distalen Schaft einen signifikant höheren Torsionswiderstand sowohl beim Drehmoment bis zum anfänglichen Gleiten (29,4 vs. 8,2 Nm; $p = 0,0002$) als auch beim maximalen Drehmoment bis zum Versagen zeigte (44,3 vs. 12,1 Nm; $p < 0,0001$) im Vergleich zu einem anderen distal zementierten Schaft ohne zusätzliche Kragenstütze.²

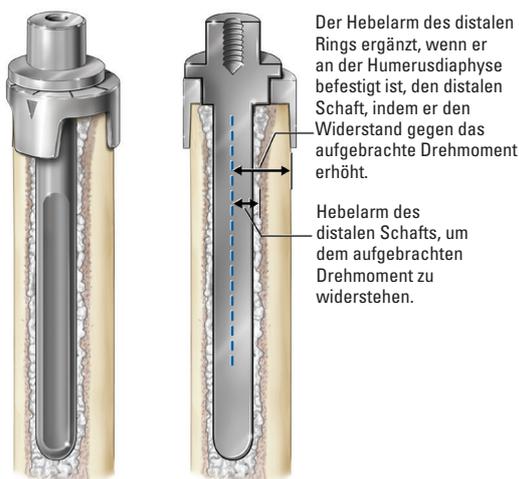


Abbildung 10

Verwendung des zusätzlichen diaphysären Kragens zur Verbesserung der Rotationsstabilität des distalen Schafts

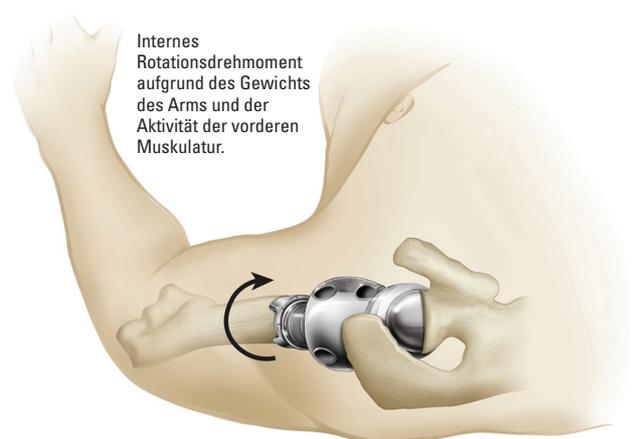


Abbildung 11

Internes Rotationsdrehmoment bei Aktivitäten des täglichen Lebens

Tabelle 2: Drehmoment bis Anfangsschlupf und Spitzendrehmoment bis zum Versagen der Humerus-Rekonstruktionsprothese im Vergleich zu einem standardmäßigen zementierten langen Schaft ohne Kragen²

Sample	Humeral Reconstruction Prosthesis		Cemented Humeral Long Stem	
	Torque to Initiate Slipping (N-m)	Maximum Torque (N-m)	Torque to Initiate Slipping (N-m)	Maximum Torque (N-m)
1	22.6	48.5	14.0	14.0
2	34.3	49.4	5.1	7.0
3	24.2	39.0	11.0	12.5
4	35.7	45.4	5.1	10.4
5	29.4	39.2	5.8	16.6
Average	29.4 ± 5.9	44.3 ± 5.0	8.2 ± 4.1	12.1 ± 3.7
P Value (comparison of stems)	0.0002	<0.0001	0.0002	<0.0001

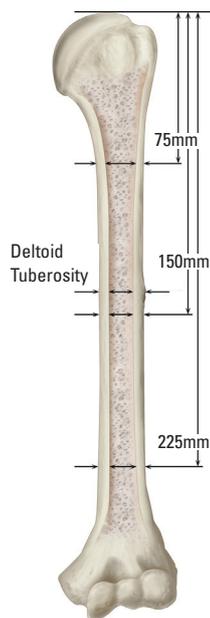


Abbildung 12

Humorale intramedulläre und diaphysäre Messungen aus der CT-Scan-Rekonstruktionsstudie ²³

Die Größe und der Umfang des distalen Kragens basierten auf den Ergebnissen der zuvor erwähnten CT-Studie zur anatomischen Rekonstruktion von 74 Leichenschultern.¹ Die distalen Kragen sind in 17 Größen von 17,5 mm bis 33,5 mm in 1-mm-Schritten erhältlich. Die CT-Studie zur anatomischen Rekonstruktion quantifizierte sowohl den äußeren Diaphysendurchmesser als auch den inneren intramedullären Durchmesser sowie den Versatz zwischen den beiden Durchmessern an mehreren Stellen von der Oberseite des Humeruskopfes (75 mm, 150 mm, 225 mm) und an der Tuberositas deltoidea (Abbildung 12). Wie in Tabelle 3 beschrieben, lagen die durchschnittlichen Außendurchmessergrößen im Bereich von 19,2 mm bis 23,1 mm bei 225 mm bzw. 75 mm.

Tabelle 3: Vergleich der diaphysären Messungen durchschnittlicher Humeri: weiblich vs männlich

Anatomische Parameter (mm wenn nicht anders angegeben)	All Humeri	weiblich	männlich	P Value (Male vs Female)
Humerus IM Durchmesser (75mm)	14.0 ± 3.0	11.9 ± 2.1	16.2 ± 2.1	<0.0001
Humerus äußerer Durchmesser (75mm)	23.1 ± 3.5	20.4 ± 2.2	25.8 ± 2.4	<0.0001
Humeral IM Diameter (Deltoid Insertion)	10.6 ± 2.4	9.4 ± 2.0	11.7 ± 2.1	<0.0001
Humeral Outer Diameter (Deltoid Insertion)	21.4 ± 2.9	19.2 ± 1.8	23.5 ± 1.9	<0.0001
Humeral IM Diameter (150mm)	10.4 ± 2.4	9.2 ± 1.8	11.5 ± 2.4	<0.0001
Humeral Outer Diameter (150mm)	21.4 ± 2.9	19.2 ± 1.9	23.7 ± 1.9	<0.0001
Humeral IM Diameter (225mm)	9.1 ± 1.9	8.5 ± 1.6	9.8 ± 1.9	0.0030
Humeral Outer Diameter (225mm)	19.2 ± 2.6	17.1 ± 1.7	21.2 ± 1.6	<0.0001
Offset zwischen IM und äußerem Durchmesser (Deltoid Tuberosity)	0.9 ± 0.5	0.8 ± 0.5	1.0 ± 0.5	0.1925
Offset Between IM and Outer Diameters (75mm)	0.8 ± 0.5	0.8 ± 0.4	0.9 ± 0.5	0.2683
Offset Between IM and Outer Diameters (150mm)	0.9 ± 0.6	0.8 ± 0.4	1.1 ± 0.7	0.0401
Offset Between IM and Outer Diameters (225mm)	0.6 ± 0.3	0.5 ± 0.3	0.6 ± 0.3	0.0659

Duales Offset des diaphysären Kragens und des distalen Schafts

Wie in Tabelle 3 beschrieben, zeigten die Ergebnisse der anatomischen Studie, dass der durchschnittliche Versatz zwischen dem diaphysären Humerusdurchmesser und der intramedullären Achse zwischen 0,6–0,9 mm bei Resektionshöhen von 225 mm und dem Tuberositas deltoideus bis 75 mm variierte.¹ Als Ergebnis dieser Erkenntnisse weisen sowohl der distale Schaft als auch der Diaphysenkragen jeweils ein Offset von 1 mm auf, damit das kombinierte doppelte Offset der Komponenten eine anatomische Variabilität von 0–2 mm berücksichtigen kann (Abbildungen 13 und 14). Dieses doppelte Offset gewährleistet einen angemessenen Sitz des Kragens um die Humerusdiaphyse und stellt gleichzeitig sicher, dass der distale Schaft innerhalb des Markkanals zentriert ist, um eine gleichmäßige Dicke des Zementmantels zu gewährleisten (Abbildung 15).

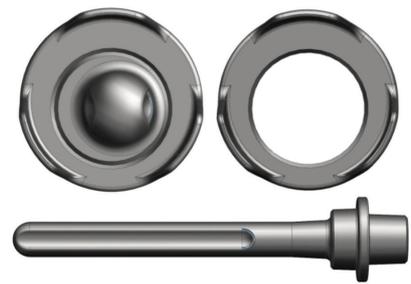


Abbildung 13
Zweifaches Offset durch Kombination distaler Schafts/Kragens: Offset im distalen Schaft (unten) und im diaphysären Kragen (rechts)

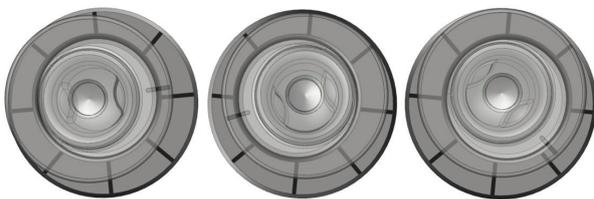
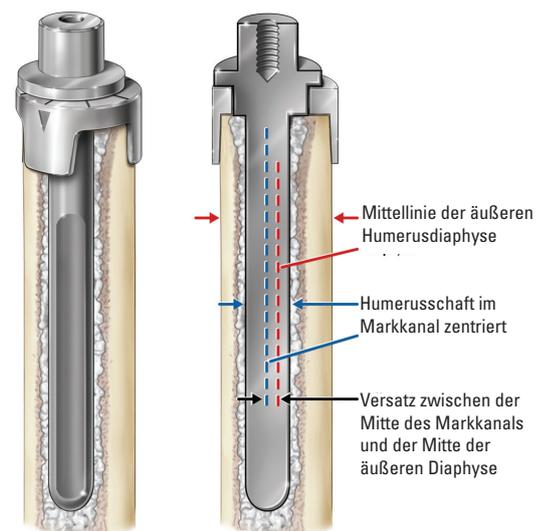


Abbildung 14
Mehrere Dual-Offset-Kombinationen von Schaft und Kragen



Das doppelte Offset von Schaft und Kragen sind notwendig, um den Humerusschaft in der Mitte des Markkanals zu positionieren und so für eine gleichmäßige Zementmantelstärke zu sorgen.

Abbildung 15
Verwendung des doppelten Offsets zur Zentrierung des distalen Schafts innerhalb des Markkanals und zur Herstellung eines gleichmäßig dicken Zementmantels, während gleichzeitig sichergestellt wird, dass die Manschetten an die Humerusdiaphyse angepasst sind

METHODEN DER WEICHTEILFIXIERUNG

Das Design der Equinox® Humerus-Rekonstruktionsprothese nutzt zahlreiche Nahtlöcher und Bereiche mit Plasmabeschichtung, die sich an den proximalen Körpern und mittleren Segmenten befinden, um die Fixierung der Weichteile durch eine Vielzahl von Methoden (Abbildung 16) zu erleichtern, wie durch die Literatur unterstützt.^{10,19,33,35-49} Die Stellen mit Plasmabeschichtung bieten Chirurgen Optionen für die Wiederbefestigung von Weichgewebe an anatomischen Stellen oder Muskeltransfers in Fällen, in denen dies für Stabilität und Funktion als notwendig erachtet wird. Titan-Plasmaspray, wie es in anderen gängigen Endoprothesenkonstruktionen verwendet wird, stellt eine rauere Oberfläche bereit, die diese Fixierung unter Verwendung der verschiedenen in der Literatur vorgestellten Verfahren erleichtern kann. Insbesondere berichtet die Literatur, dass erfolgreiche Ergebnisse erzielt werden können, wenn mehrere Endoprothesen mit Weichteilrefixation durch die Verwendung von Dacron/Mersilen-Tape oder nicht resorbierbarem Nahtmaterial verwendet werden^{8,19,38,39,44,45,48} entweder direkt an der Prothese oder über Gortex, Trevira-Schläuche oder andere künstliche kardiovaskuläre Transplantate.^{19,41,43,47} Zusätzlich kann Knochentransplantat um die Prothese herum befestigt werden, um Weichteilgewebe durch das Transplantat hindurch an die Prothese zu bringen.^{35-40,42,44,46,49} Wenn der Chirurg der Meinung ist, dass das Gewebe nicht von ausreichender Qualität oder Länge ist, um es mit diesen Methoden an der Prothese zu befestigen, kann Weichgewebe an anderen umgebenden Weichgewebegruppen befestigt werden, die von der Resektion nicht betroffen sind, wobei Muskelgruppen kombiniert werden, um statische Unterstützung und eine bessere Gelenkstabilität zu erreichen.^{19,33}

Konklusion

Die Equinox® Humerus-Rekonstruktionsprothese repräsentiert die nächste Generation der Behandlung von Verlust des proximalen Humerusknochens in der Schulter. Diese Prothese ist derzeit das einzige System, das von der FDA für die Verwendung bei hemi-, anatomischer und inverser totaler Schulterarthroplastik mit Verlust des proximalen Humerusknochens zugelassen ist. Da Chirurgen mehr inverse Versorgung durchzuführen und mehr Situationen beobachten, in denen proximaler Knochenverlust auftritt oder Resektionen erforderlich sind, kann nur Exactech Lösungen zur Behandlung dieser echten klinischen Herausforderungen bieten. Das Equinox® Plattform-Schulterssystem hat eine Geschichte von mehr als 15 Jahren klinischer Anwendung, und die Hinzufügung der Humerus-Rekonstruktionsprothese differenziert dieses breit angelegte Produktangebot weiter, um die vielen verschiedenen klinischen Herausforderungen besser bewältigen zu können, die bei der Durchführung von Revisionen und/oder Arthroplastiken bei erheblichen Knochenverlust auftreten können.



Abbildung 16
Fadenöffnungen und Bereiche mit Plasmabeschichtung unterstützen bei den 25, 50 und 75 mm Mittelsegmenten die Weichteilfixierung



Radiologische Ergebnisse

FALL 1

Dieser Patient hatte einen Trümmerbruch am gesamten Arm, eine kürzlich ausgeheilte Infektion, ein stark erodiertes Glenoid und einen irreparablen Rotatorenmanschettenruptur. Dies war die sechste Operation, der sich der Patient unterzogen hatte, und als Ergebnis gab es erhebliches Narbengewebe. Wie auf dem beigefügten Röntgenbild unmittelbar nach der Operation dargestellt, befestigte der Chirurg einen 19,5-mm-Kragen um die Humerusdiaphyse mit einem 7 x 80-mm-Humerusschaft, um eine distale Fixierung zu erreichen. Der Chirurg befestigte dann die Knochenfragmente mit der Tuberositas deltoidea um ein 75 mm langes mittleres Segment, um Weichgewebestabilität zu erreichen, und befestigte den kleinen proximalen Körper, um die Prothese auf eine Länge zu bauen, die die ursprüngliche Oberarmlänge des Patienten wiederherstellt. Der Chirurg vervollständigte diese inverse Schulterprothese, indem er zur Fixierung des Glenoids eine lateralisierte Glenosphäre mit einer augmentierten Basisplatte verwendete, während er die Gelenklinie lateralisierte, um eine ausreichende Umhüllung des Deltoideus und eine ausreichende Gelenkstabilität zu erreichen (Abbildung 17).

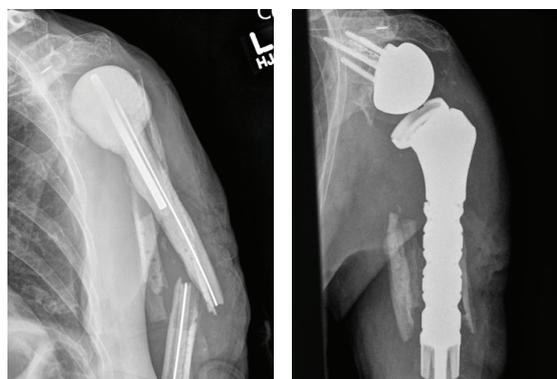


Abbildung 17

Prä-operativ (links), unmittelbar post-operatives Röntgen (rechts)

FALL 2

Dieser Patient hatte einen gut fixierten Biomet-Schaft. Der Schaft wurde hervorstehend implantiert und mit starkem Stress Shielding auf der lateralen Seite präsentiert, was zu metadiaphysärem Knochenverlust führte. Der Chirurg setzte eine inverse Schulterprothese mit einer posterior augmentierten Glenoid-Basisplatte, einer 42-mm-Glenosphäre und einer 0-mm-Humerusadapterplatte und Inlay ein. Die Humerusrekonstruktion erforderte einen kleinen proximalen Körper mit einem 22,5-mm-Kragen und einem 9 x 80-mm-Schaft (Abbildung 18).

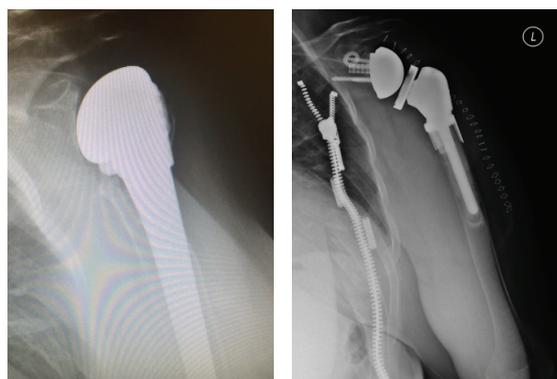


Abbildung 18

Prä-operativ (links), unmittelbar post-operatives Röntgen (rechts)

FALL 3

Dieser Patient hatte eine proximale Humerusfraktur und wurde mit einem Equinox[®] Plattform-Frakturschaft behandelt. Der Patient stellte sich mit einer periprothetischen Fraktur an der Spitze des Implantats sowie schwerem proximalen Knochenverlust vor. Der Chirurg verwendete die Humerus-Rekonstruktionsprothese mit inversem Aufbau, um diesen Patienten zu behandeln. Der Chirurg setzte einen Schaft von 9 x 80 mm, einen Kragen von 18,5 mm, ein Mittelsegment von 75 mm und einen kleinen proximalen Körper ein (Abbildung 19).

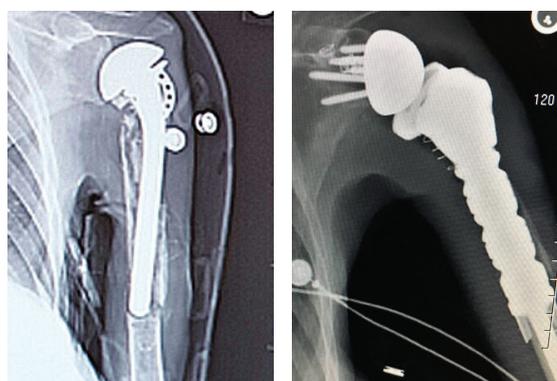


Abbildung 19

Prä-operativ (links), unmittelbar post-operatives Röntgen (rechts)

Referenzen

1. **Jacobson A et al.** Glenohumeral Anatomic Study: A Comparison of Male and Female Shoulders with Similar Average Age and BMI. *Bulletin for the Hospital for Joint Diseases*. Vol. 73: S68-78. 2015.
2. **Jacobson A et al.** Improving Distal Fixation with Total Shoulder Arthroplasty in Cases of Severe Humeral Bone Loss. *Bulletin for the Hospital for Joint Diseases*. Vol. 73: S42-46. 2015.
3. **Roche C et al.** Kinematics and Biomechanics of Reverse Total Shoulder Arthroplasty. Book Chapter. *AAOS Orthopaedic Knowledge Update*. #4: 45-54. 2013.
4. **Roche C et al.** Impact of Inferior Glenoid Tilt, Humeral Retroversion and Bone Grafting on Muscle Length and Deltoid Wrapping in Reverse Shoulder Arthroplasty. *Bulletin for the Hospital for Joint Diseases*. Vol. 71(4):284-93. 2013.
5. **Hamilton M et al.** Effect of Reverse Shoulder Design Philosophy on Muscle Moment Arms. *J Orthop Res*. 33(4):605-13. April 2015.
6. **Hamilton M et al.** Effect of Prosthesis Design on Muscle Length and Moment Arms in Reverse Total Shoulder Arthroplasty. *Bulletin for the Hospital for Joint Diseases*. 71(2):S31-35. 2013.
7. **Routman H et al.** Reverse Shoulder Arthroplasty Prosthesis Design Classification System. *Bulletin for the Hospital for Joint Diseases*. Vol. 73: S5-14. 2015.
8. **Guven MF et al.** Functional Outcome of Reverse Shoulder Tumor Prosthesis in the Treatment of Proximal Humerus Tumors. *J Shoulder Elbow Surg*. 2016 Jan;25(1):e1-6. doi: 10.1016/j.jse.2015.06.012. Epub 2015 Jul 31.
10. **Ross A et al.** Endoprosthetic Replacement of the Proximal Humerus. *J Bone and Joint Surg*. Vol. 69-B(4):656-661. Aug 1987.
13. **Malawer M et al.** Proximal Humerus Resection: The Tikhoff-Linberg Procedure and its Modifications. Book Chapter, *Musculoskeletal Cancer Surgery (Chapter 33 – Proximal Humerus Resection)*. 2001.
14. **Burrows H et al.** Excision of Tumours of Humerus and Femur, with Restoration by Internal Prostheses. *J. Bone Joint Surg*. Vol. 57-B(2):148-159. May 1975.
15. **Freedman EL et al.** A Modular Endoprosthetic System for Tumor and Non-tumor Reconstruction: Preliminary Experience. *Orthopedics*. Vol. 20(1): 27-36. Jan 1997.
16. **Mumith A et al.** The Use of a Novel Laser Sintered Porous Collar in Optimising Osteointegration of Endoprostheses. Abstract number 10747.
17. **Henninger H et al.** Effect of Lateral Offset Center of Rotation in Reverse Total Shoulder Arthroplasty: A Biomedical Study. *J Shoulder Elbow Surg*. Vol.21. 2012.
19. **Malawer M et al.** Proximal Humerus Resection with Endoprosthetic Replacement: Intra-articular and Extra-articular Resections. Chapter 10 in: *Operative Techniques in Orthopaedic Surgical Oncology*. 2012. LWW. ISBN/ISSN: 9781451176285
20. **Roche, C. et al.** Impact of Humeral Offset on Muscle Length with Reverse Shoulder Arthroplasty. *Trans. of the 61st Annual ORS Meeting*. 2015.
33. **Witting J et al.** Overview of Resection around the Shoulder Girdle. Chapter 7 in: *Operative Techniques in Orthopaedic Surgical Oncology*. 2012. LWW. ISBN/ISSN: 9781451176285
34. **Abrahamsson I et al.** Bone and Soft Tissue Integration to Titanium Implants with Different Surface Topography: An Experimental Study in the Dog. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 16(3):323-32. May-Jun 2001.
35. **Abdeen A et al.** Allograft-Prosthesis Composite Reconstruction of the Proximal Part of the Humerus: Surgical Technique. *J Bone Joint Surg Am*. 92 Suppl 1 Pt 2:188-96. Sep 2010. doi: 10.2106/JBJS.J.00167.
36. **Abdeen A et al.** Allograft-Prosthesis Composite Reconstruction of the Proximal Part of the Humerus: Functional Outcome and Survivorship. *J Bone Joint Surg Am*. 91(10):2406-15. Oct 2009. doi: 10.2106/JBJS.H.00815.
37. **Black A et al.** Treatment of Malignant Tumors of the Proximal Humerus with Allograft-Prosthesis Composite Reconstruction. *J Shoulder Elbow Surg*. 16(5):525-33. Sep-Oct 2007.
38. **Bonnevalle N et al.** Reverse Shoulder Arthroplasty for Malignant Tumors of Proximal Humerus. *J Shoulder Elbow Surg*. 24(1):36-44. Jan 2015. doi: 10.1016/j.jse.2014.04.006.
39. **Capanna R et al.** What Was the Survival of Megaprotheses in Lower Limb Reconstructions after Tumor Resections? *Clin Orthop Relat Res*. 473(3):820-30. Mar 2015. doi: 10.1007/s11999-014-3736-1.
40. **Gitelis S et al.** Proximal Humeral Resection with Allograft Prosthetic Composite. Chapter 9 in: *Operative Techniques in Orthopaedic Surgical Oncology*. 2012. LWW. ISBN/ISSN: 9781451176285
41. **Zeegen E et al.** Survivorship Analysis of 141 Modular Metallic Endoprostheses at Early Followup. *Clin Orthop Relat Res*. 420:239-50. Mar 2004.
42. **King J et al.** Allograft-Prosthetic Composite Reverse Total Shoulder Arthroplasty for Reconstruction of Proximal Humerus Tumor Resections. *J Shoulder Elbow Surg*. 25(1):45-54. Jan 2016. doi: 10.1016/j.jse.2015.06.021.
43. **Marulanda G et al.** Proximal and Total Humerus Reconstruction with the Use of an Aortograft Mesh. *Clin Orthop Relat Res*. 468(11):2896-903. Nov 2010. doi: 10.1007/s11999-010-1418-1.
44. **Potter B et al.** Proximal Humerus Reconstructions for Tumors. *Clin Orthop Relat Res*. 467(4):1035-41. Apr 2009. doi: 10.1007/s11999-008-0531-x.
45. **Sharma S et al.** Experience with Cemented Large Segment Endoprostheses for Tumors. *Clin Orthop Relat Res*. 459:54-9. Jun 2007.
46. **Sundar S et al.** Tendon Re-attachment to Metal Prostheses in an In Vivo Animal Model Using Demineralised Bone Matrix. *J Bone Joint Surg Br*. 91(9):1257-62. Sep 2009. doi: 10.1302/0301-620X.91B9.22383.
47. **Gosheger G et al.** Endoprosthetic Replacement of the Humerus Combined with Trapezius and Latissimus Dorsi Transfer: A Report of Three Patients. *Arch Orthop Trauma Surg*. 125(1):62-5. Feb 2005.
48. **Wafa H et al.** Does Total Humeral Endoprosthetic Replacement Provide Reliable Reconstruction with Preservation of a Useful Extremity? *Clin Orthop Relat Res*. 473(3):917-25. Mar 2015. doi: 10.1007/s11999-014-3635-5.
49. **Wang Z et al.** Functional Outcomes and Complications of Reconstruction of the Proximal Humerus after Intra-articular Tumor Resection. *Orthop Surg*. 2(1):19-26. Feb 2010. doi: 10.1111/j.1757-7861.2009.00058.x.

Revisionsfälle können komplex und herausfordernd sein. Die neuesten Revisionsprodukte von Exactech für Hüfte, Knie und Schulter wurden entwickelt, um Chirurgen eine einfache Handhabung und verbesserte Ergebnisse für Patienten zu bieten. Welche Anforderungen Sie auch immer im OP haben, die Produkte von Exactech können Ihnen dabei helfen, diese zu erfüllen. Komplexität vereinfacht.

Exactech verfügt über ein umfangreiches Netz an Distributoren rund um den Globus.
Weitere Informationen über Exactech Produkte in Ihrem Land erhalten Sie auf www.exac.com

Zusätzliche Gebrauchsinformationen finden Sie in den Packungsbeilagen der Systemkomponenten. Für weitere Produktinformationen kontaktieren Sie bitte unseren Kundendienst.

Exactech, als Hersteller dieses Produkts, praktiziert keine Medizin und ist nicht für die Empfehlung einer geeigneten OP-Technik für einen einzelnen Patienten verantwortlich. Dies sind rein informative Richtlinien und jeder Chirurg muss die Eignung dieser Richtlinien auf der Grundlage seiner medizinischen Ausbildung und Erfahrung beurteilen. Vor Gebrauch dieses Systems sollte sich der Chirurg in der Packungsbeilage über umfassende Warnhinweise, Vorsichtsmaßnahmen, Indikationen, Kontraindikationen und Nebenwirkungen informieren..

Das in dieser Broschüre beschriebene System kann in anderen Ländern unter anderen Namen erhältlich sein. Alle Urheberrechte, angemeldete und eingetragene Warenzeichen sind Eigentum der Exactech, Inc. Die Broschüre ist für den alleinigen Gebrauch von Exactech Mitarbeitern und Ärzten bestimmt. Sie darf ohne die ausdrückliche, schriftliche Genehmigung von Exactech Inc. nicht weitergegeben, vervielfältigt oder veröffentlicht werden.

©2022 Exactech, Inc. 12-0003047 Rev A 0722



EXACTECH DEUTSCHLAND GMBH
WERFTSTRASSE 193
24143 KIEL

☎ +49 431 - 990 293 0
📠 +49 431 - 990 293 29
🌐 www.exactech.de