



IPS Implants®

Radius | Forearm Reconstruction

One patient. One solution.



Im Bereich der Handchirurgie bieten wir Ihnen nicht nur Möglichkeiten für Standardversorgungen, sondern auch Lösungen für komplexe Situationen. Deshalb sehen wir uns als hochspezialisierten Partner in allen Aspekten der Handchirurgie.

Inhaltsverzeichnis

	Seiten
Einführung	4 - 5
Eigenschaft, Funktion und Nutzen	6 - 9
Anwendungsbereiche und Operationstechniken	10 - 11
■ Radiusrekonstruktion	12 - 19
■ Unterarmrekonstruktion	20 - 29
■ Radiusrekonstruktion bei Madelung-Deformität	30 - 39
Fallbeispiele	40 - 45
Optionale Standard-Implantate	46 - 47
Osteosynthese-Schrauben	48 - 49
Osteosynthese-Instrumente	50 - 52
Lagerungssystem	53
Die IPS®-Produktfamilie	54 - 55



IPS® – Individual Patient Solutions

IPS Implants®

Radius | Forearm Reconstruction

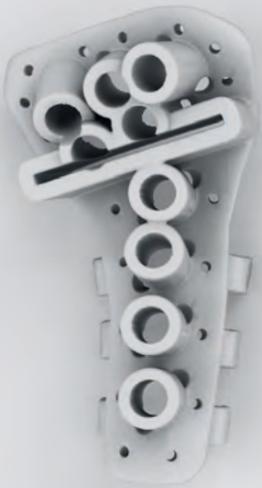
In manchen Fällen können Fehlstellungen nach der Versorgung distaler Radius- und Unterarmfrakturen auftreten. Dies kann zu verminderter Kraft, zu Schmerzen und zu eingeschränkter Mobilität führen. Ähnliche Einschränkungen sind auch bei Fällen kongenitaler Fehlstellung zu beobachten.

Neben den Standard-Fraktur- und Rekonstruktionsplatten bietet KLS Martin sonderangefertigte Lösungen für distale Radius- und Unterarmrekonstruktionen an. Das Portfolio reicht von der Standardversorgung über die Kombination mit Bohr- und Markierungslehren bis hin zur kompletten sonderangefertigten Versorgung. Insbesondere in komplexen Fällen kann die sonderangefertigte Radius- oder Unterarmrekonstruktion eine Lösung sein.

Die IPS Implants® für die Radius- und Unterarmrekonstruktion werden mit unseren bewährten Standard- und winkelstabilen smartDrive®-Schrauben fixiert.

Es werden nur wenige Instrumente für die Anwendung benötigt.

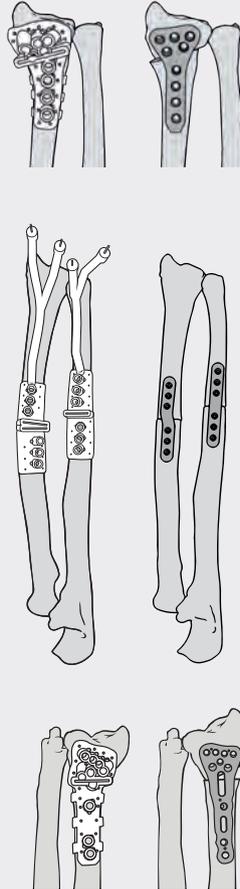
Eigenschaft, Funktion und Nutzen



Um einen neuen IPS®-Fall zu erstellen, werden die CT-Aufnahmen des betroffenen Unterarms des Patienten und des nicht betroffenen kontralateralen Unterarms im IPS Gate® hochgeladen. Das IPS Gate® ist eine webbasierte Plattform und App, die Anwender sicher und effizient durch den gesamten Prozess der Anfrage, Planung und Fertigstellung sonderangefertigter Lösungen leitet. Die integrierte Chat-Funktion ermöglicht den unmittelbaren Kontakt und die direkte Kommunikation zwischen den beteiligten Personen. Das IPS Gate® garantiert dank des HTTPS-Standards eine verschlüsselte Datenübertragung, die zusätzlich durch das TÜV-Süd-Siegel zertifiziert ist.

Auf Grundlage der CT-Aufnahmen des Patienten erstellt und plant der IPS®-Entwickler in Abstimmung mit dem zuständigen Chirurgen die sonderangefertigte Rekonstruktion. Anschließend werden sonderangefertigte Implantate, Bohr- und Markierungslehren und anatomische Modelle gefertigt und für den Eingriff an das Krankenhaus geliefert.

IPS Implants® | Radius and Forearm Reconstruction – Planungsprozess

	Eigenschaft	Nutzen
IPS Gate® 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Einfache und effiziente Interaktion mit den IPS®-Entwicklern über das IPS Gate® ▪ Planung, Fertigung, Versand und Betreuung vor Ort aus einer Hand 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Höchste Mobilität, Flexibilität und Funktionalität ▪ Effiziente und intuitive Führung durch den gesamten Prozess
Diverse Möglichkeiten der Planung 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Anatomische Rekonstruktion der Fehlstellung wird auf Grundlage der gesunden Referenzseite geplant ▪ Virtuelle Vorbestimmung der Osteotomie- und Schraubenpositionen für die sonderangefertigte Lehre ▪ Planung und Gestaltung eines sonderangefertigten Implantats mit individuellen Merkmalen (z. B. Form, Design und Plattenprofil) ▪ Planung mit einer sonderangefertigten Lehre in Kombination mit einer Standardplatte ist eine Möglichkeit für Fälle, die keine sonderangefertigte, additiv gefertigte Platte benötigen 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Optimale anatomische Positionierung und Rekonstruktion ▪ Präzise und vorhersagbare Umsetzung der Planung in der OP ▪ Anatomische Passform des IPS Implant® ist garantiert ▪ Axiale und rotatorische Deformitäten werden rekonstruiert und berücksichtigt ▪ Effiziente und sichere Kombination aus einer Standard-Radiusrekonstruktionsplatte mit virtueller Planung führt zu einer Bohr- und Markierungslehre für eine einfache Rekonstruktion

Behandlung



- Planungs- und Bearbeitungszeit für die sonderangefertigte Lösung (z. B. Lehre und Implantat) beträgt 10 - 12 Arbeitstage
- Zeitersparnis durch effiziente Fallbearbeitung

Eigenschaft, Funktion und Nutzen



Sonderangefertigte Implantate, Bohr- und Markierungslehren und anatomische Modelle werden mit den neuesten Fertigungstechnologien aus verschiedenen Materialien hergestellt.

Anatomische Modelle sind hervorragende visuelle Hilfsmittel und dienen außerdem zur Bestätigung, dass die Bohrlehre und die Platte wie geplant passen. Mit den Implantaten und Lehren wird der zuvor erstellte digitale 3D-Plan in die Operation übertragen. Die Lehren werden mit Kirschnerdrähten am Knochen befestigt. In die Bohrlehre sind prädiktive Schraubenlöcher eingebaut. Nach dem Vorbohren der Löcher können die Osteotomien markiert und nach Entfernen der Lehre vollständig durchgeführt werden. Anschließend bringt das sonderangefertigte Implantat die Knochensegmente in die geplante anatomische Position und wird mit Standard- und/oder winkelstabilen smartDrive®-Schrauben mit \varnothing 2,5 mm oder \varnothing 3,0 mm fixiert.

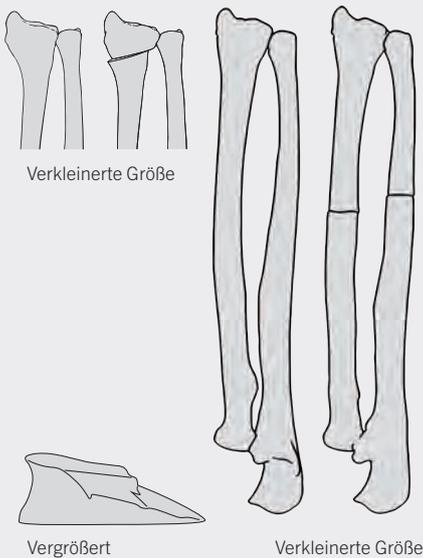
Dank computerbasierter präoperativer Planung können funktionalisierte sonderangefertigte Bohr- und Markierungslehren und Implantate in bisher ungekannter Präzision im OP eingesetzt werden.

IPS Implants® | Radius and Forearm Reconstruction – Modelle, Lehren, Implantate

Eigenschaft

Nutzen

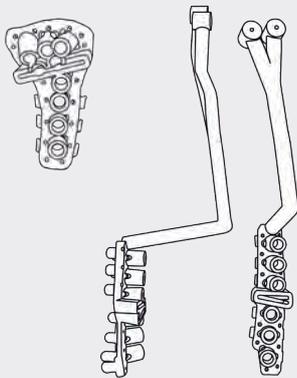
Modell



- Ein anatomisches Knochenmodell für die prä- und postoperative Situation wird hergestellt und ermöglicht eine „Passformkontrolle“ der Lehre und des Implantats in Bezug auf die Anatomie des Patienten
- Darüber hinaus wird ein Verifikationsmodell der exakten anatomischen Form und Abmessungen der offenen Keilosteotomie bereitgestellt

- Bestmögliche dreidimensionale Passgenauigkeit
- Präzise Vorbereitung des Knochen-transportats
- Unterstützung bei der Positionierung der distalen Knochensegmente für intraartikuläre und komplexe verlängerte Radiusrekonstruktionen

Bohr- und Markierungslehre



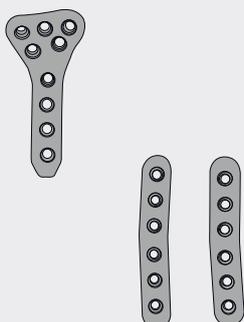
- Neueste Fertigungstechnologien wie Additive Manufacturing
- Fixation mit Kirschnerdrähten
- Löcher zum Vorbohren in der geplanten Angulation
- Mehrere Markierungsschlitze können in einer Lehre kombiniert werden

- Komplette Gestaltungsfreiheit der Lehren durch additive Fertigungstechnologie
- Präzises Rekonstruktionsergebnis
- Effizienter Arbeitsablauf

Speziell für die Unterarmrekonstruktion

- Y-förmiger Arm mit Kirschnerdraht-Fixierung
- Präzise Positionierung der Lehre mittels Bildgebung

Implantat



- Neueste Fertigungstechnologien wie Additive Manufacturing
- Standardmäßig aus Titan-Legierung Ti6Al4V hergestellt
- Möglichkeit zur multivektoriellen Fixierung der Platte mit Standard- oder winkelstabilen Schrauben mit \varnothing 2,5 mm und/oder \varnothing 3,0 mm

- Additive Manufacturing ermöglicht völlige Flexibilität bei der Implantatgestaltung und den funktionalisierten Implantaten
- Keine scharfen Kanten, da Zuschneiden oder Zurechtbiegen nicht erforderlich ist
- Hohe Stabilität des Implantats
- Höchste Individualität und Stabilität

Schritt für Schritt zur optimalen Versorgung

Anwendungsbereiche

IPS Implants® Radius Reconstruction

- Korrekturosteotomien des distalen Radius

IPS Implants® Forearm Reconstruction

- Korrekturosteotomien von Radius und/oder Ulna

IPS Implants® Madelung Deformity Reconstruction

- Korrekturosteotomien von kongenitalen Fehlbildungen

Typische Beispiele



Extraartikuläre Rekonstruktion
des distalen Radius



Unterarmrekonstruktion
einschließlich Radius und Ulna



Rekonstruktion von kongenitalen
Unterarmfehlbildungen
(Madelung deformity reconstruction)



Operationstechniken

Radiusrekonstruktion mit
IPS Implants® Radius Reconstruction

Seiten 12 - 19

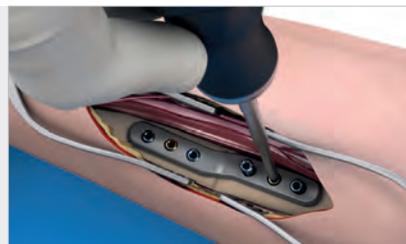
Dr. med. Stephan Schindele



Unterarmrekonstruktion mit
IPS Implants® Forearm Reconstruction

Seiten 20 - 29

Dr. med. Jan-Ragnar Haugstvedt



Radiusrekonstruktion bei
Madelung-Deformität | Virtuelle Planung
mit IPS Implants® Forearm Reconstruction
Prof. Dr. med. Hermann Krimmer

Seiten 30 - 39





Präoperative Darstellung

Es handelt sich um einen 17-jährigen Patienten, der im Alter von 14 Jahren in einen Verkehrsunfall verwickelt wurde und sich dabei eine nach dorsal dislozierte extraartikuläre Radiusfraktur der nicht dominanten linken Seite zuzog. Primär wurde eine geschlossene Reposition und Fixierung mit K-Drähten und entsprechender Gipsimmobilisation durchgeführt. Im Verlauf der Kontrollen zeigte sich eine zunehmende Abkipfung nach dorsal, die auch durch entsprechende Gipswechsel nicht ausreichend behandelt werden konnte. Der Patient stellte sich zwei Jahre nach der traumatischen Verletzung vor, und zu diesem Zeitpunkt wurden seine chirurgischen Optionen besprochen. Der Patient gab Beschwerden bei der Gewichtsbelastung und eine Einschränkung bei Pronation/Supination an. Die radiologischen Befunde zeigten eine deutlich nach dorsal abgekippte Fehlstellung des distalen Radius mit erheblicher Verkürzung. Knapp ein Jahr später stellte sich der Patient erneut in der handchirurgischen Sprechstunde wegen Schmerzpersistenz bei der Handgelenksbewegung vor, wobei insbesondere die Palmarflexion wie auch die Umwendbewegungen schmerzhaft eingeschränkt waren. Bei radiologisch eindeutiger Fehlstellung des distalen Radius wird die Indikation zur Umstellungsosteotomie mit 3D-Rekonstruktion und sonderangefertigtem Implantat gestellt.



Virtuelle Planung

Zur Fallerstellung werden die Patientendaten von beiden Unterarmen und sonstige fallbezogene Informationen in der webbasierten Plattform IPS Gate® hochgeladen.

Auf Grundlage der Informationen und Anforderungen des Anwenders bereitet der IPS®-Entwickler die Fallplanung vor. Zur direkten Kommunikation zwischen IPS®-Entwickler und Anwender stehen eine integrierte Chat-Funktion sowie Webmeetings zur Verfügung.

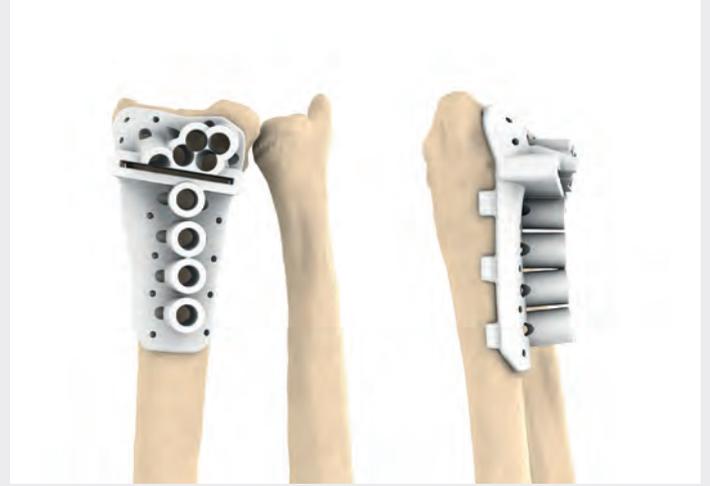
Man beachte, dass die obere und alle weiteren Abbildungen die palmare Ansicht zeigen. Der linke distale Radius ist betroffen.



Virtuelle Planung: Spiegelung und Osteotomiespalt

Die gesunde anatomische Region wird gespiegelt und mit der betroffenen Region verglichen. Anhand der klinischen Vorgaben und Voraussetzungen werden die postoperative Position und die Osteotomielinie definiert. Die Knochensegmente werden analog zur gesunden Seite repositioniert.

Der entstehende Osteotomiespalt wird vermessen.

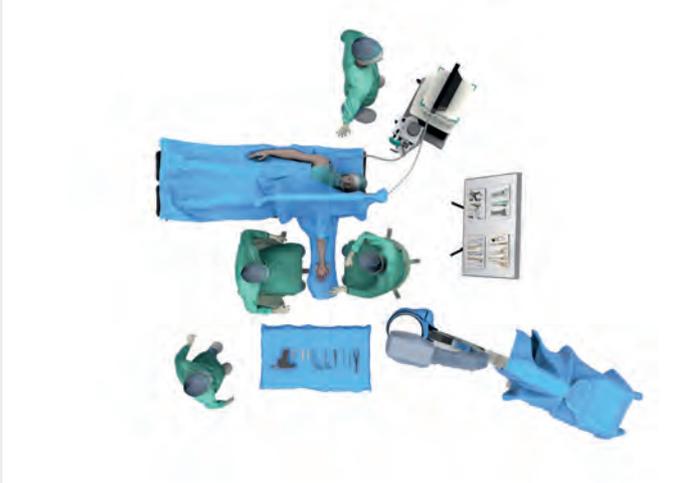


Virtuelle Planung: Lehre und Implantat

In Absprache zwischen dem IPS®-Entwickler und dem Chirurgen wird die optimale postoperative anatomische Position definiert sowie die Anzahl und Lage der Schraubenlöcher in der Lehre und dem Implantat festgelegt.

Zum Abschluss gibt der Anwender das Implantatdesign zur Produktion frei.

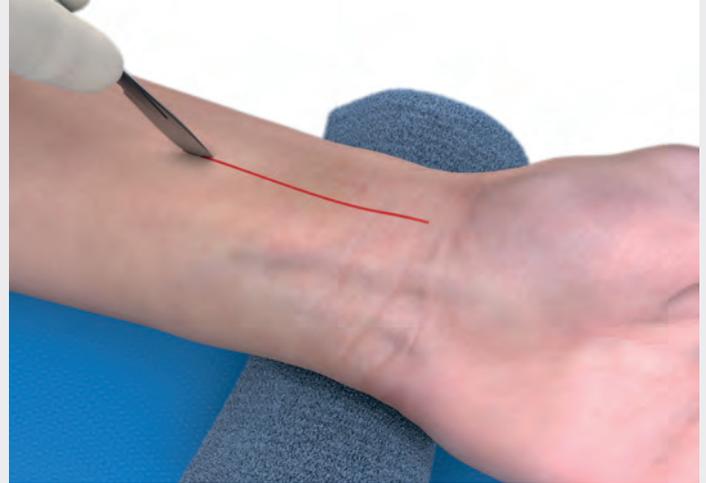




Lagerung des Patienten

Der Patient wird in Rückenlage auf dem Operationstisch gelagert. Am Oberarm wird ein Tourniquet angelegt, und die Hand wird auf den Operationstisch gelegt.

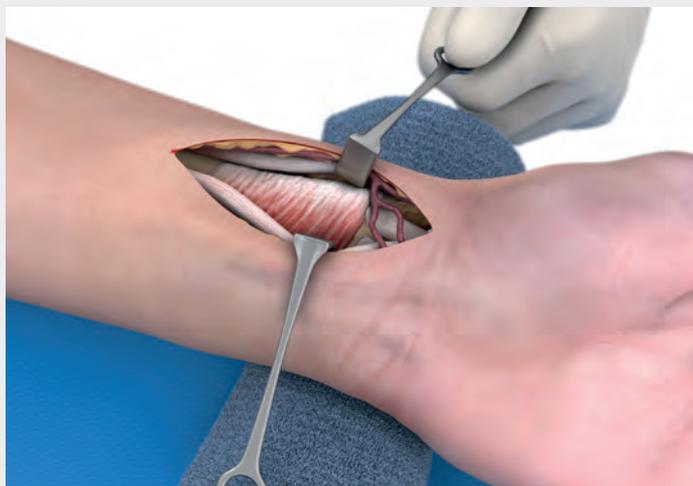
Neben den allgemeinen chirurgischen Instrumenten wird zur intraoperativen Kontrolle ein Röntgen-Bildwandler benötigt. Das für den Eingriff verwendete Bildgebungsgerät ist mit sterilen Tüchern vorzubereiten und im Operationssaal entsprechend zu positionieren. Die einmal gewählte exakte Einstellung bleibt dadurch erhalten und verringert die Strahlendosis für Patient und Operateur. Bei bestimmten Indikationen kann die Verwendung einer horizontalen Handextension hilfreich sein.



Radiopalmarer Zugang

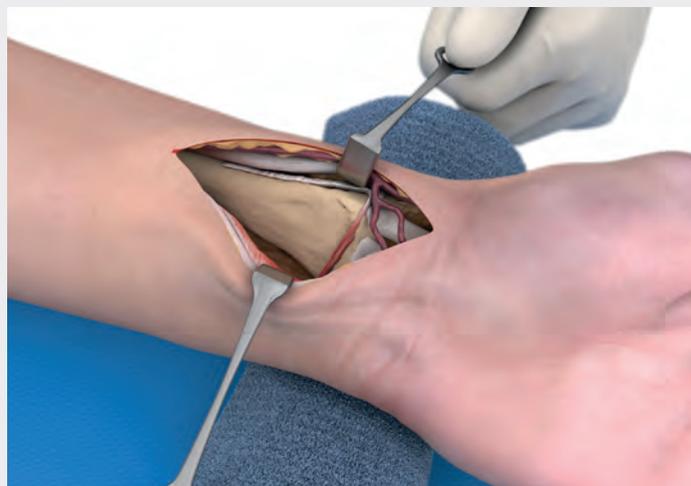
Am distalen Radius erfolgt radiopalmar ein ca. 7 cm langer gerader Hautschnitt, der je nach Korrektursituation nach distal und radial winkelförmig über die Handgelenksbeugefurche verlängert werden kann. Die Längsachse sollte dabei zwischen der Sehne des Flexor carpi radialis (FCR) und der Arteria radialis liegen. Bei Bedarf kann der Hautschnitt auch nach proximal gerade verlängert werden.





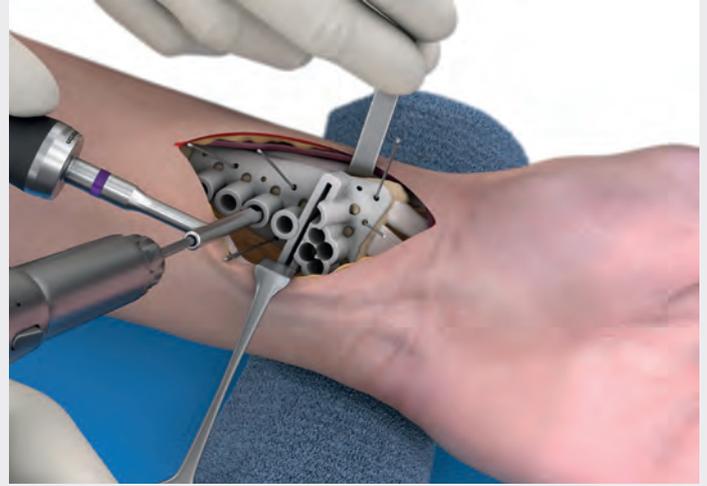
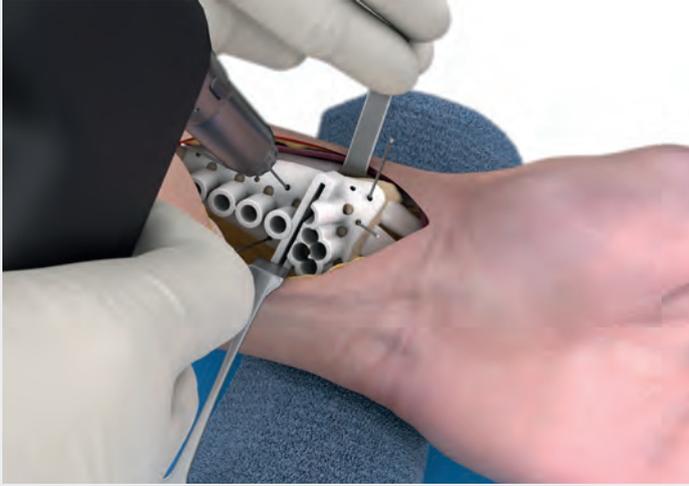
Eröffnung

Nach subkutaner Präparation und Blutstillung wird radial zwischen der FCR-Sehne und der Arteria radialis in die Tiefe eingegangen. Etwaige kleine Hautnerven und insbesondere der Ramus palmaris des Nervus medianus müssen geschont werden. Mit stumpfen Haken wird das Weichgewebe nach radial und ulnar weggehalten. Sehne und Muskel des langen Daumenbeugers (M. flexor pollicis longus; FPL) werden mobilisiert und ebenfalls nach ulnar weggehalten. Nun erfolgt die Darstellung des M. pronator quadratus, der den distalen Radius breitflächig bedeckt.



Darstellung des Radius

Der M. pronator quadratus wird L-förmig gemeinsam mit seiner Faszie radialseitig scharf vom distalen Radius abgelöst und nach ulnar präpariert; dann wird das Weichgewebe weggehalten. Der distale Radius sollte nun palmarseitig vollständig dargestellt und vom Muskel abgelöst sein. Weiter erfolgt die radialseitige Präparation bis auf die dorsale Seite des Radius. Hierzu muss einerseits die Sehne des Brachioradialis partiell bis vollständig am Radius abgelöst werden, und zusätzlich empfiehlt sich zur sicheren Platzierung der Lehre eine Eröffnung des 1. Strecksehnenfaches und die Darstellung der darin vorhandenen Sehnen (APL und EPB). Es folgt die Präparation knochenah posterior bis in Höhe des vierten Strecksehnenfaches. Die Superficialis-Äste des Nervus radialis sollen im Subkutangewebe verbleiben. Das zweite, dritte und vierte Strecksehnenfach wird ebenfalls stumpf vom Radius abgelöst. Nach Eröffnung des dritten Strecksehnenfaches wird die lange Daumenstrecksehne (EPL) mobilisiert. Die Arteria radialis und ihre Begleitvenen werden, wenn möglich, im subkutanen Gewebe zur Schonung belassen. Nur bei ausgedehnten und komplexen Korrekturen sowie bei vorbestehenden streckseitigen Vernarbungen nach Voroperationen wird die Arteria radialis so präpariert, dass sie nach ulnar weggehalten werden kann. Somit gelingt ein besserer Überblick auf den streckseitigen distalen Radius. M. flexor carpi radialis, M. flexor pollicis longus und gegebenenfalls weitere Muskulatur werden gemeinsam mit dem M. pronator quadratus durch Langenbeck-Haken nach ulnar weggehalten. Radialseitig wird die Arteria radialis mit dem Subkutangewebe und den Strecksehnen durch einen Hohmann-Haken geschützt.



Positionierung und Verwendung der Bohr- und Markierungslehre

Die Lehre wird wie in der präoperativen Planung festgelegt und wie im Case Report (individuelle Planungsdokumentation) abgebildet ausgerichtet. Es empfiehlt sich, die Positionierung der Lehre am mitgelieferten Knochenmodell zu prüfen, z. B. dass diese exakt am distalen Radius aufgesetzt und fixiert wird. Die exakte Positionierung der Lehre am Knochen wird durch die bauliche Integration von anatomischen Landmarken unterstützt. Die provisorische Fixierung der Lehre erfolgt mit mindestens 3 bis 4 K-Drähten in den bevorzugten Bohrungen.

Im Anschluss findet eine Bildwandlerkontrolle statt, um die korrekte Positionierung der Lehre zu bestätigen. Nur bei korrekter Platzierung der Lehre dürfen die weiteren OP-Schritte durchgeführt werden.

Vorbohren

Im nächsten Schritt werden mithilfe der IPS Implants® Bohr- und Markierungslehre und der entsprechenden smartDrive®-Bohrführung die Kernlochbohrungen für die spätere Schraubenimplantation vorgebohrt. Es ist unbedingt darauf zu achten, dass die richtige, dem Schraubendurchmesser entsprechende Bohrführung, in die prädiktiven Schraubenlöcher eingesetzt wird. Die bikortikale Bohrung und Schraubenplatzierung im proximalen Schaft sind obligatorisch. Beim Setzen distaler Schrauben können jedoch eine monokortikale Bohrung und Fixation ausreichend sein. Je nach Situation können Schrauben mit Ø 2,5 mm oder Ø 3,0 mm verwendet werden. In der Regel werden smartDrive®-Schrauben mit einem Durchmesser von 2,5 mm verwendet.

smartDrive®-Schrauben	Kernloch	Bohrführung	Farbcodierung
Ø 2,5 mm	Ø 2,0 mm	26-166-25-07	Lila
Ø 3,0 mm	Ø 2,5 mm	26-166-27-07	Orange





Markieren der Osteotomielinie

Die Osteotomielinie in der Lehre ist mit einer piezoelektrischen Säge zu markieren. Sobald dies erfolgt ist, werden die K-Drähte gelöst und die Lehre abgenommen.



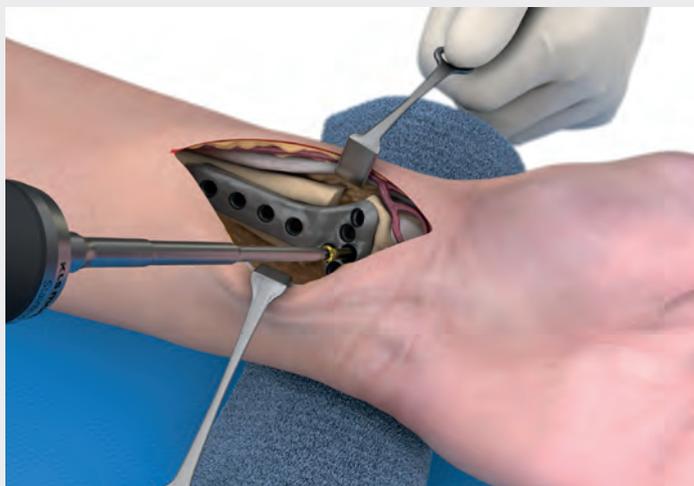
Vervollständigen der Osteotomie

Nach nochmaliger visueller Kontrolle der markierten Osteotomielinie kann die geplante Osteotomie abgeschlossen werden. Es kann ein Sägeblatt mit den folgenden Abmessungen verwendet werden:

- Schnittbreite (Stärke): 0,38 - 0,8 mm
- Breite des Arbeitsblatts: 9 - 15 mm
- Länge: 31 - 40 mm

Es wird ein Sägeblatt mit 0,38 mm Stärke empfohlen. Je geringer die Sägeblatt-Stärke, desto präziser kann die Osteotomie durchgeführt werden und desto weniger Knochensubstanz geht verloren.

Mit der Fertigstellung der Osteotomielinie sind die Weichteile ulnar wegzuhalten, und radialeseitig ist die Arteria radialis zusammen mit den dorsal liegenden Strecksehnen durch einen Hohmann-Haken zu schützen. Insbesondere streckseitig dürfen die Strecksehnen durch das Sägeblatt dorsal nicht verletzt werden. Die Sehnen sind entsprechend mit einem Haken von radial zu schützen. Zur Mobilisation der Weichteile streckseitig kann nach komplett erfolgter Osteotomie mit einem kleinen Arthrodesenspreizer das distale Fragment vom proximalen Radius mobilisiert werden. Der Arthrodesenspreizer muss hierfür auf der dorsalen Seite der Kortikalis aufgesetzt werden.



Distale Fixierung des Implantats

Das sonderangefertigte Implantat wird auf das distale Fragment aufgesetzt, und dann werden in alle Plattenlöcher im distalen Bereich der Platte Schrauben eingebracht. Um die Platte vollständig am Knochen zu fixieren, empfiehlt es sich, ein bis zwei Bohrungen mit Standard-Kortikalisschrauben zu besetzen. Es können winkelstabile Schrauben verwendet werden, um die Fixation in evtl. verbleibenden offenen Schraubenlöchern abzuschließen. Um eine korrekte Platzierung der Schrauben in den Bohrungen zu gewährleisten, sollten alle Schrauben vor dem Festziehen in die entsprechende Bohrung eingebracht werden. Die Kortikalisschraube(n) zum Heranziehen der Platte an das Fragment sollte(n) zuerst festgezogen werden. Die Längen der jeweiligen Schrauben sind mit dem Tiefenmesser zu bestimmen. Alternativ können diese Maße dem Case Report entnommen werden.

Proximale Fixierung des Implantats

Nach korrekter Fixation der Platte auf dem distalen Fragment kann die Platte auf den proximalen Radius reponiert werden. Bei großen Korrekturen mit langstreckiger Verlängerung des distalen Fragments empfiehlt sich der Einsatz von Repositionszangen. Nun werden die vorgebohrten Bohrungen am Radiuschaft mit den entsprechenden smartDrive®-Schrauben besetzt. Auch hier empfiehlt es sich, primär zwei smartDrive®-Standardschrauben in die Schraubenbohrungen einzubringen, sodass eine korrekte Platzierung der Platte auf dem Radiuschaft erfolgt. Je nach Ausmaß der Korrektur kann in manchen Fällen eine Knochentransplantation zwischen den proximalen und distalen Fragmenten erforderlich sein; dabei wird autologer Knochen empfohlen. Bei Spaltgrößen von wenigen Millimetern ist meist das Auffüllen mit autologer Spongiosa ausreichend.

Optional: Zur Gewinnung eines bikortikalen Knochenspans aus dem Beckenkamm kann die Beckenkammfräse (23-190-05-07) verwendet werden. Der entnommene Knochenspan kann vor dem Einbringen in den Spalt entsprechend dem mitgelieferten Modell passgenau anmodelliert werden.

Zum Bestimmen der Schraubenlängen kann wieder der Tiefenmesser Einhandprinzip und zum Fixieren der Schrauben der Schraubendreher verwendet werden.



Tiefenmesser
Einhandprinzip



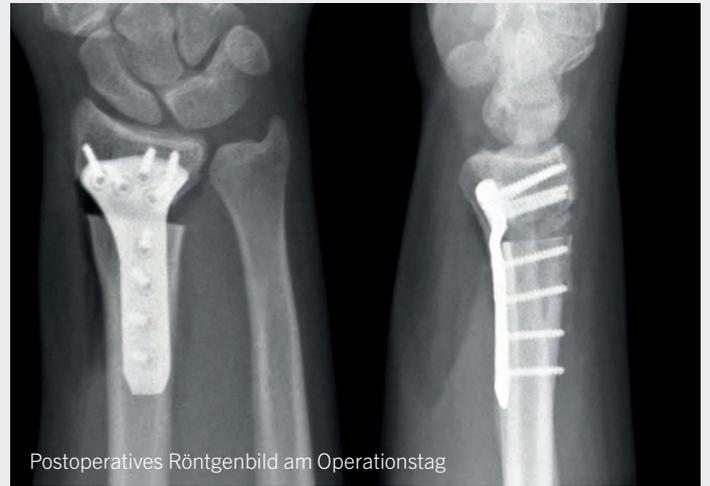
Schraubendreher



Wundverschluss

Soweit wie möglich erfolgt die Repositionierung des M. pronator quadratus über der Platte, um den Kontakt zu den Beugesehnen und -muskeln zu minimieren. Nach Spülung und Kontrolle auf Blutstillung wird eine Redondrainage eingelegt und die Wunde durch Subkutannähte und atraumatische Hautnaht verschlossen.

Dann wird das postoperative Ergebnis mit einem abschließenden Röntgenbild dokumentiert. Abschließend werden ein steriler Verband und ein Unterarmgips angelegt.



Postoperatives Röntgenbild am Operationstag

Nachbehandlung

In der ersten postoperativen Phase erfolgt eine konsequente Hochlagerung des betroffenen Armes und die Instruktion über entsprechende Übungen zur Fingermobilisation. Es ist ein postoperatives Schmerzmanagement in Betracht zu ziehen.

Nach 2-5 Tagen postoperativ wird mit dem ersten Verbandswechsel der Unterarmgips durch eine stabile Handgelenksschiene ersetzt. Darüber hinaus wird mit belastungsfreien Mobilisationsübungen für das Handgelenk aus der Schiene heraus in allen Ebenen begonnen.

Nach 6-8 Wochen wird eine erste klinische und radiologische Verlaufskontrolle (betroffenes Handgelenk in zwei Ebenen) mit Beurteilung der Konsolidation durchgeführt. Bis dahin ist das Tragen der Schiene auf jeden Fall vorgesehen. Die Toleranz gegenüber Belastungen sollte auf der Grundlage des Grades der knöchernen Vereinigung beurteilt werden.



Präoperative Darstellung

Bei dem Patienten handelt es sich um einen 18-jährigen Mann, der im Alter von 14 Jahren eine Fraktur des linken Unterarms erlitten hat. Die Fraktur wurde konservativ behandelt. Dies ergab schließlich eine Fehlstellung sowohl beim Radius als auch bei der Ulna, was zu Schmerzen und einer verminderten Rotation des Unterarms, insbesondere in Pronation, führte. Er möchte Elektriker werden, hat aber Probleme bei der Arbeit. Aufgrund der Fehlstellung und nach Gesprächen mit dem Patienten wurde entschieden, Umstellungsosteotomien der Unterarmknochen mithilfe von sonderangefertigter Planung sowie sonderangefertigter Lehren und Implantaten durchzuführen.



Virtuelle Planung

Zur Fallerstellung werden die Patientendaten von beiden Unterarmen und sonstige fallbezogene Informationen in der webbasierten Plattform IPS Gate® hochgeladen. Auf Basis der Anforderungen und der Informationen des Anwenders werden die Daten vom IPS®-Entwickler für die Fallplanung aufbereitet.

Zur direkten Kommunikation zwischen IPS®-Entwickler und Anwender stehen eine integrierte Chat-Funktion sowie Web-meetings zur Verfügung.



Virtuelle Planung: Spiegelung und Osteotomielinie

Die gesunde anatomische Seite wird gespiegelt und mit der betroffenen Region übereinander gelegt und verglichen. Anhand der klinischen Vorgaben und Anforderungen werden die postoperative Position und Osteotomielinien festgelegt.

Die Knochensegmente werden auf Grundlage des gesunden Unterarms positioniert.



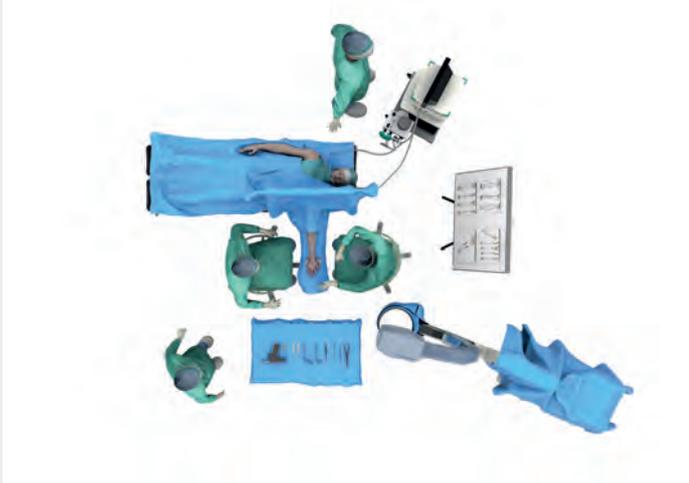
Virtuelle Planung: Lehren und Implantate

Zunächst werden Anzahl und Position der Schraubenlöcher bestimmt. Die chirurgischen Lehren mit Markierungsschlitz für Osteotomien und prädiktiven Schraubenlöchern werden dann zusammen mit den sonderangefertigten Implantaten konstruiert.

Die Bohr- und Markierungslehren verfügen über einen distalen Arm mit einem Y-förmigen Ende, an dem Kirschnerdrähte verwendet werden können, um die Positionierung der Lehre zu unterstützen.

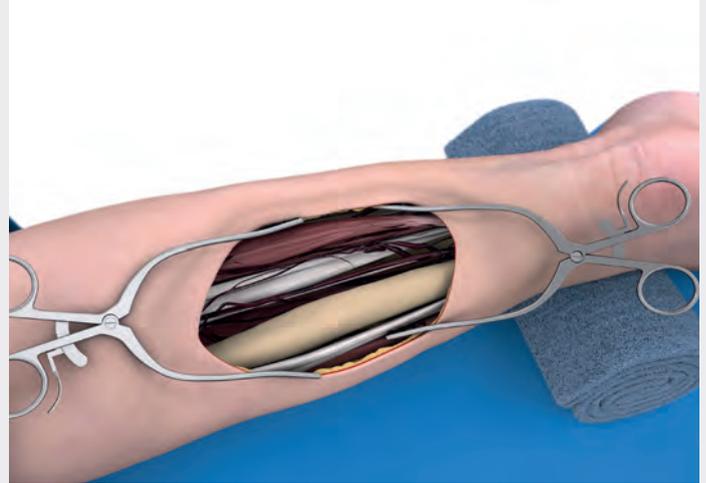
Das Einholen der Bestätigung des Chirurgen ist der letzte Schritt vor der Produktion.





Lagerung des Patienten

Der Patient wird in Rückenlage gelagert. Die zu operierende Hand wird mit einem sterilen Tuch bis zum Ellenbogen auf den Extensionstisch gelegt, so dass eine Beugung und Streckung des Ellenbogens sowie eine volle Rotation des Unterarms möglich sind. Ein Tourniquet wird verwendet, und ein Bildwandler steht während der Operation jederzeit zur Verfügung.

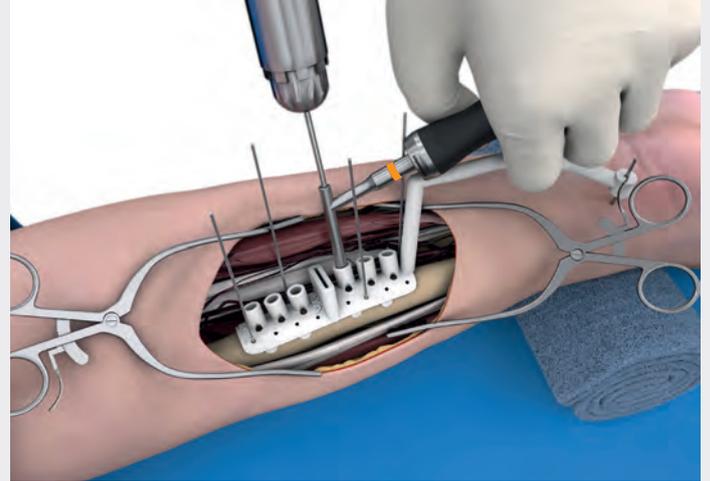
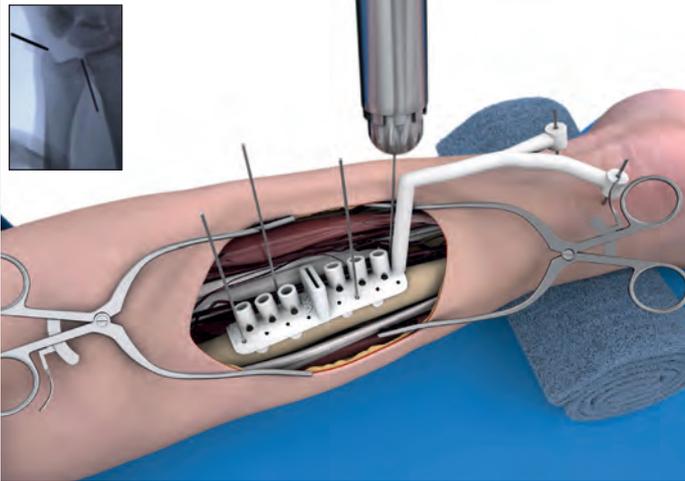


Ulnarer Zugang und Darstellung der Ulna

Ein Hautschnitt mit einer Länge von ca. 9-11 cm wird entlang der distalen Ulna zwischen M. extensor carpi ulnaris (ECU) und M. flexor carpi ulnaris (FCU) angelegt. Der Schnitt wird entsprechend der zuvor geplanten Implantatposition vorgenommen, die im Case Report dargestellt ist.

Nach dem Hautschnitt wird das Weichgewebe eröffnet, wobei darauf zu achten ist, die kleinen Nervenäste zu schützen. Die Faszie wird in einer Linie mit dem Hautschnitt zwischen M. flexor carpi ulnaris und M. extensor carpi ulnaris bis zur Ulna eingeschnitten. Der Nervus ulnaris und die Arteria ulnaris sind stets wegzuhalten. Das Periost über der Ulna wird eingeschnitten und abgelöst, so dass die Ulna volarseitig für die Positionierung der Lehre und die Plattenfixation dargestellt wird.





Positionierung der Bohr- und Markierungslehre auf der Ulna

Die Bohr- und Markierungslehre wird an der Ulna, wie in der präoperativen Planung festgelegt und wie im Case Report abgebildet, ausgerichtet. Es empfiehlt sich, die Positionierung der Lehre am Knochenmodell zu überprüfen, um die korrekte anatomische Platzierung und Fixation der Lehre zu erleichtern. Die exakte Positionierung der Lehre wird durch integrierte anatomische Bezugspunkte unterstützt.

In die beiden Führungslöcher des distalen Arms der Lehre werden Kirschnerdrähte eingeführt und nach unten geschoben, bis sie die Haut erreichen. Visuell und durch Palpation wird die korrekte Position der Lehre anhand der definierten Knochen-Referenzpunkte, auf die die Kirschnerdrähte zeigen, überprüft. Anschließend wird die Lehre mit Kirschnerdrähten an der Ulna fixiert.

Unter Bildwandlerkontrolle wird die korrekte Position der Lehre überprüft, und ggf. werden Korrekturen vorgenommen. Der Übergang zum nächsten Operationsschritt sollte erst erfolgen, wenn die korrekte Positionierung der Lehre bestätigt ist.

Hinweis: Alternativ ist es auch möglich, die distalen Kirschnerdrähte perkutan zu positionieren, bis sie die Knochen-Referenzpunkte erreichen, wobei darauf zu achten ist, dass keine Nerven, wichtigen Blutgefäße, Muskeln oder Sehnen beeinträchtigt werden.

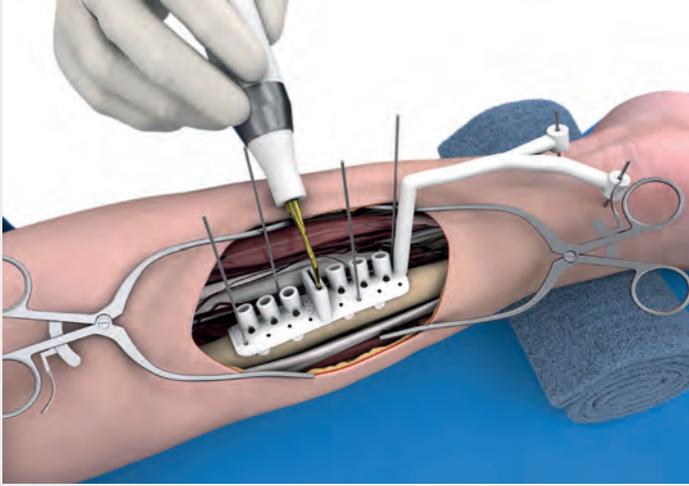


Vorbohren der Ulna

Im nächsten Schritt werden die Kernlochbohrungen bikortikal mit der Bohr- und Markierungslehre und der passenden Bohrführung aus dem Recos®-Standardinstrumentarium vorgebohrt. In der Regel werden smartDrive®-Schrauben mit Ø 3,0 mm verwendet.

smartDrive®-Schrauben	Kernloch	Bohrführung	Farbcodierung
Ø 2,5 mm	Ø 2,0 mm	26-166-25-07	lila
Ø 3,0 mm	Ø 2,5 mm	26-166-27-07	orange

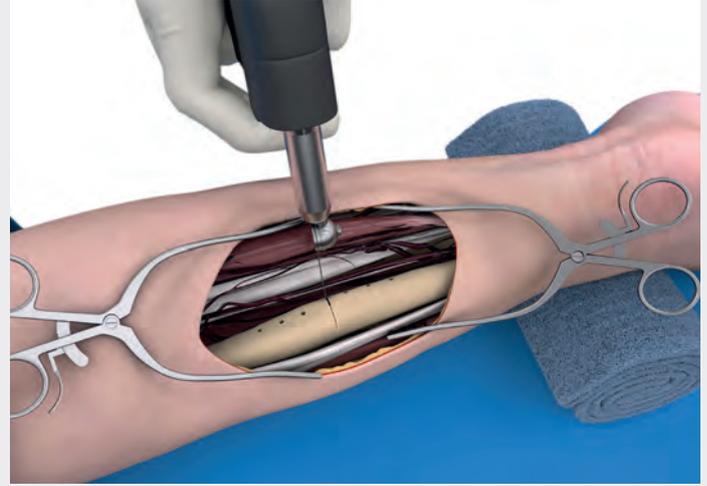




Markieren der Osteotomielinie auf der Ulna

Nun wird die Osteotomielinie mit einer piezoelektrischen Säge auf dem Knochen markiert.

Die Kirschnerdrähte sowie die Bohr- und Markierungslehre werden anschließend entfernt.

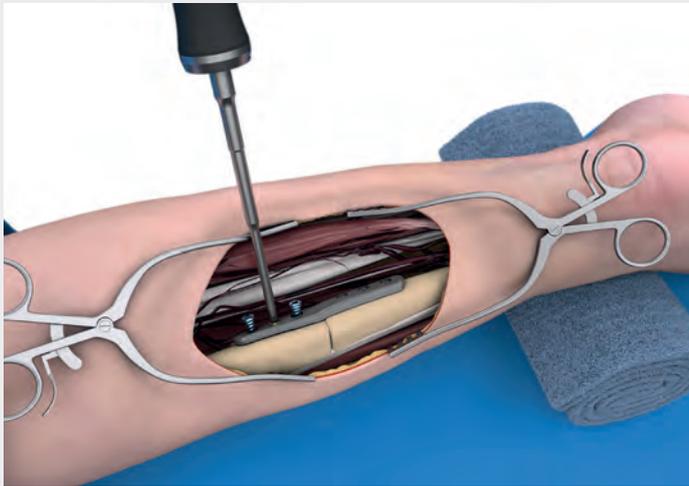


Vervollständigen der Osteotomie an der Ulna

Nach visueller Kontrolle wird die Ulna-Osteotomie durchgeführt. Je dünner das Sägeblatt ist, desto präziser kann die Osteotomie durchgeführt werden und umso weniger Knochensubstanz geht verloren. Es wird ein Sägeblatt mit einer Stärke von 0,38 mm empfohlen, und die folgenden Blattabmessungen können verwendet werden:

- Schnittbreite (Stärke): 0,38 - 0,8 mm
- Breite des Arbeitsblatts: 9 - 15 mm
- Länge: 31 - 40 mm

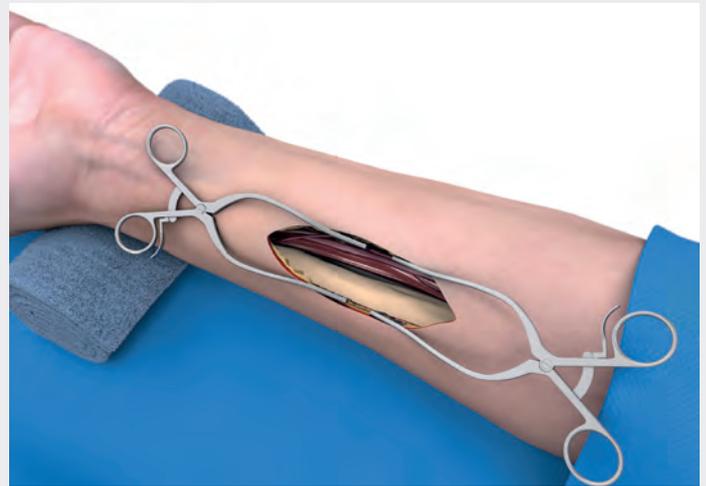
Das Weichgewebe sollte beidseitig weggehalten und vor dem Sägeblatt geschützt werden.



Proximale Fixation des Implantats an der Ulna

Zunächst wird das Ulna-Implantat in der korrekten anatomischen Ausrichtung platziert. Es wird empfohlen, auf der proximalen Seite des Implantats smartDrive®-Standardschrauben in ein oder zwei Kernlöcher einzubringen. Für die anderen Kernlöcher können winkelstabile smartDrive®-Schrauben verwendet werden. Zur korrekten Positionierung der Platte sollten alle Schrauben im proximalen Bereich des Implantats eingebracht werden, bevor die Schrauben endgültig festgezogen werden. Die Schraubenlängen werden mit dem Tiefenmesser bestimmt. Alternativ werden die Maße auch im Case Report festgelegt.

Das Ulna-Implantat wird distal fixiert, bevor das Radiusimplantat proximal fixiert wird.



Henry-Zugang und Darstellung des Radius

Mit dem Arm in Supination wird der Henry-Zugang verwendet. Der Schnitt wird entsprechend der zuvor geplanten Implantatposition vorgenommen, die im Case Report dargestellt ist.

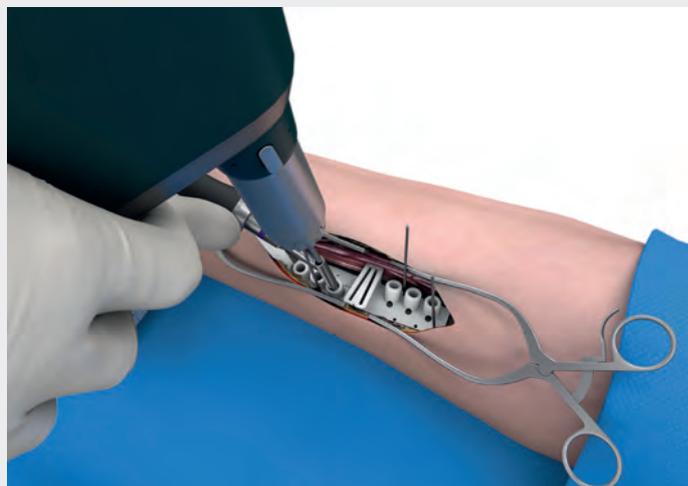
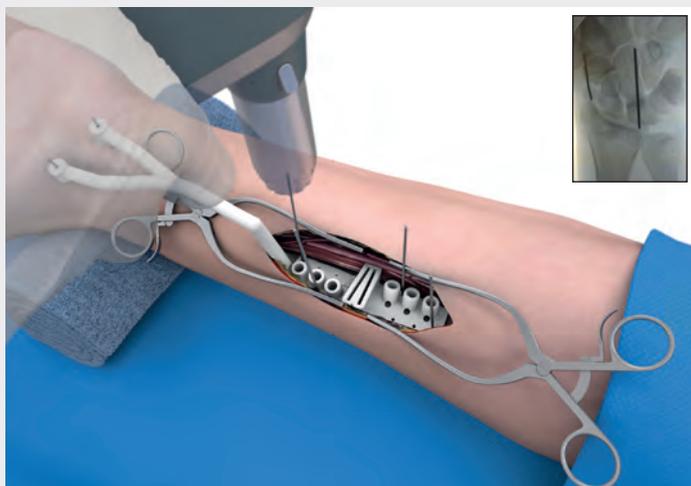
Nach dem Hautschnitt werden die kleineren Nerven geschützt und die Faszie zwischen M. brachioradialis und M. flexor carpi radialis präpariert. Die Arteria radialis wird identifiziert und geschützt. Äste der Arterie werden ligiert, wodurch es möglich ist, die Arterie zu verschieben, um Zugang zum Schaft des Radius zu erhalten. Nerven sind zu identifizieren und zu schützen. Muskeln am Radius (M. flexor pollicis longus und M. pronator teres) werden abgelöst.



Tiefenmesser
Einhandprinzip



Schraubendreher



Positionierung der Bohr- und Markierungslehre auf dem Radius

Die Bohr- und Markierungslehre wird am Radius, wie in der präoperativen Planung festgelegt und wie im Case Report abgebildet, ausgerichtet. Es empfiehlt sich, die Position der Lehre am mitgelieferten Knochenmodell zu prüfen, damit die Lehre exakt positioniert und fixiert werden kann. Die exakte Positionierung der Lehre wird durch integrierte anatomische Bezugspunkte unterstützt.

In die beiden Führungslöcher des distalen Arms der Lehre werden Kirschnerdrähte eingeführt und nach unten geschoben, bis sie die Haut erreichen. Visuell und durch Palpation wird die korrekte Position der Lehre anhand der definierten Knochen-Referenzpunkte, auf die die Kirschnerdrähte zeigen, überprüft. Anschließend wird die Lehre mit Kirschnerdrähten provisorisch an der Ulna fixiert. Unter Bildwandlerkontrolle wird die korrekte Position der Bohr- und Markierungslehre überprüft und ggf. eine Korrektur vorgenommen. Erst wenn die korrekte Position der Lehre erreicht ist, sollten die nächsten Schritte durchgeführt werden.

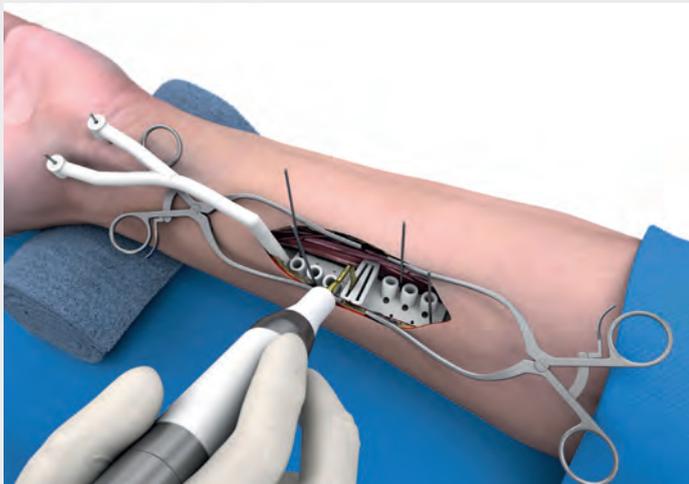
Hinweis: Alternativ ist es auch möglich, die Drähte perkutan zu positionieren, bis sie den Knochen-Referenzpunkt berühren; dadurch dürfen jedoch keine Nerven, wichtigen Blutgefäße, Muskeln oder Sehnen beeinträchtigt werden.

Vorborenen des Radius

Im nächsten Schritt werden die Bohrungen bikortikal mit der Bohr- und Markierungslehre unter Verwendung der passenden Bohrführung aus dem Recos®-Standardinstrumentarium vorgebohrt. In der Regel werden smartDrive®-Schrauben mit einem Durchmesser von 3,0 mm verwendet.

smartDrive®-Schrauben	Kernloch	Bohrführung	Farbcodierung
Ø 2,5 mm	Ø 2,0 mm	26-166-25-07	lila
Ø 3,0 mm	Ø 2,5 mm	26-166-27-07	orange

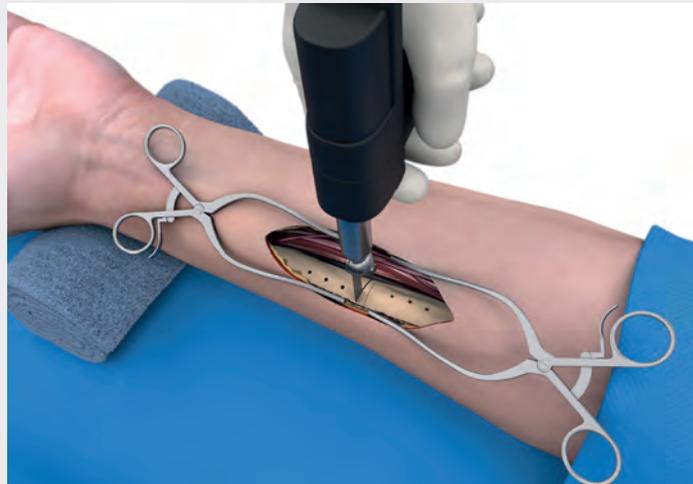




Markieren der Osteotomielinie auf dem Radius

Nun wird die Osteotomielinie mit einer piezoelektrischen Säge auf dem Knochen markiert.

Die Kirschnerdrähte sowie die Bohr- und Markierungslehre werden entfernt.

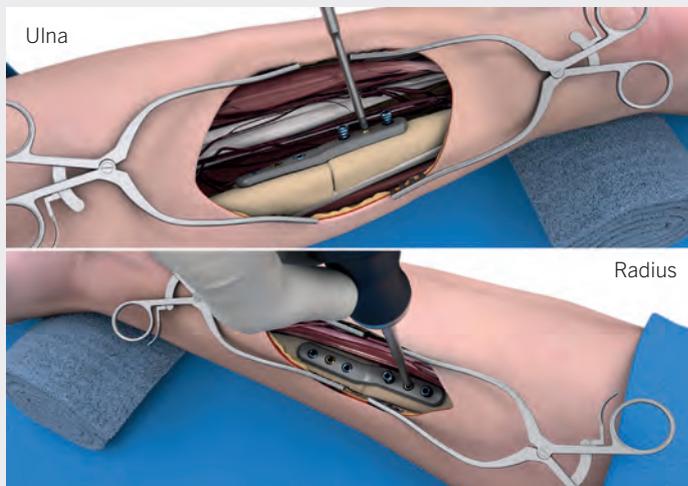
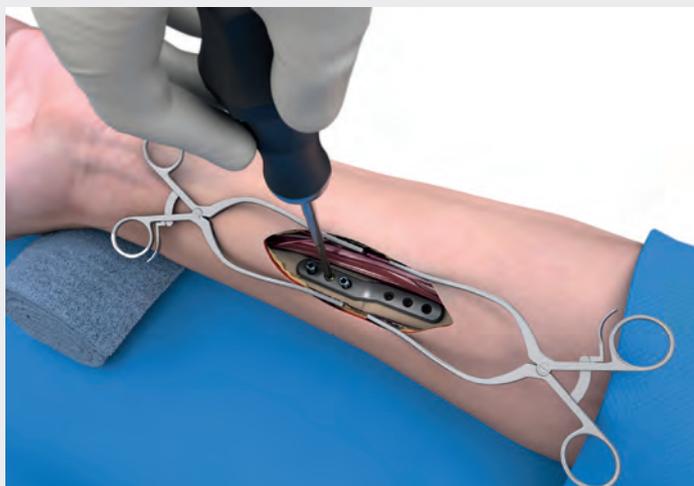


Vervollständigen der Osteotomie am Radius

Nach visueller Kontrolle wird die Radius-Osteotomie durchgeführt. Je dünner das Sägeblatt ist, desto präziser kann die Osteotomie durchgeführt werden und umso weniger Knochen geht verloren. Es wird ein Sägeblatt mit einer Stärke von 0,38 mm empfohlen, und die folgenden Blattabmessungen können verwendet werden:

- Schnittbreite (Stärke): 0,38 - 0,8 mm
- Breite des Arbeitsblatts: 9 - 15 mm
- Länge: 31 - 40 mm

Das Weichgewebe sollte beidseitig weggehalten und vor dem Sägeblatt geschützt werden.



Distale Fixation des Implantats am Radius

Zunächst wird das Radiusimplantat in der korrekten anatomischen Ausrichtung positioniert. Es wird empfohlen, in den distalen Bereich des Implantats smartDrive®-Standardschrauben in ein oder zwei Plattenlöcher einzubringen. Für die anderen Plattenlöcher können winkelstabile smartDrive®-Schrauben verwendet werden. Zur korrekten Positionierung der Platte sollten alle Schrauben im distalen Bereich des Implantats eingebracht werden, bevor die Schrauben endgültig festgezogen werden. Die Schraubenlängen werden mit dem Tiefenmesser bestimmt.

Alternativ können die Längen auch dem Case Report entnommen werden.

Endgültige Fixation der Implantate an Ulna und Radius

Zum Auffüllen kleinerer Lücken kann autologe Spongiosa verwendet werden. Knochen aus dem Beckenkamm oder verbliebene Fragmente aus dem distalen Radius können verwendet werden, wenn Knochentransplantate für größere Lücken benötigt werden. Zu diesem Zweck kann die Beckenkammfräse (23-190-05-07) verwendet werden.

Da die Ulna der stabile Knochen des Unterarms ist, wird zunächst die Fixation der Ulna abgeschlossen. Dazu wird nun der distale Teil der Ulna fixiert (oberes Bild). Es wird empfohlen, auf der distalen Seite der Platte smartDrive®-Standardschrauben in ein oder zwei Plattenlöcher einzubringen. Für die übrigen Löcher können winkelstabile smartDrive®-Schrauben verwendet werden. Zur korrekten Positionierung der Platte sollten alle Schrauben im distalen Bereich des Implantats eingebracht werden, bevor die Schrauben endgültig fixiert werden. Die Schraubenlängen werden mit dem Tiefenmesser bestimmt. Alternativ können die Längen auch dem Case Report entnommen werden.

Nach der Fixierung der Ulna (und dem Einbringen des Knochentransplantats) kann nun die proximale Seite der Radiusplatte fixiert werden (unteres Bild), wie oben für die Ulna beschrieben.

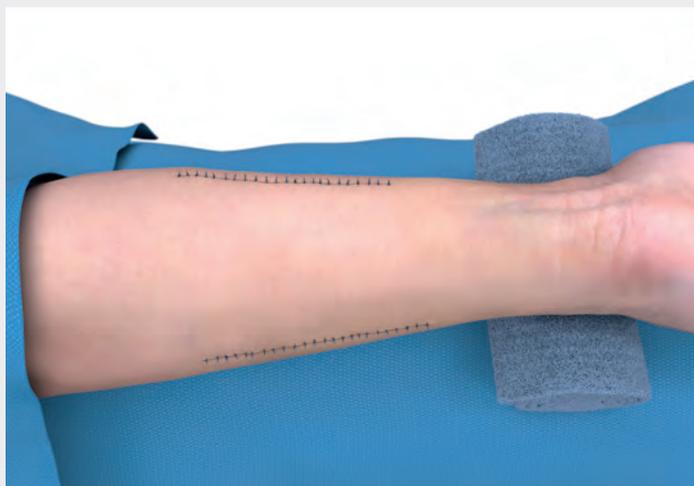
Zum Bestimmen der Schraubenlängen kann wieder der Tiefenmesser Einhandprinzip und zum Fixieren der Schrauben der Schraubendreher verwendet werden.



Tiefenmesser
Einhandprinzip



Schraubendreher



Wundverschluss

Die Muskeln werden, soweit möglich, wieder angenäht. Das Tour-niquet wird gelöst, Blutstillung durchgeführt und ggf. eine Redon-drainage eingelegt. Die Wunden werden schichtweise verschlossen. Die geschlossenen Wunden werden mit sterilen Verbänden abgedeckt, und der Arm wird in einem Unterarmgips ruhiggestellt. Nach Abschluss der Korrektur wird das Ergebnis im OP-Saal mittels Bildgebung dokumentiert.



Nachbehandlung

In der ersten postoperativen Phase wird der operierte Arm hochgelagert und eine entsprechende Schmerzbehandlung durchgeführt. Die Hand bzw. der Arm sollte im Hinblick auf Veränderungen bei Temperatur, Farbe und/oder Empfindung beobachtet werden. Ist dies der Fall, ist der Gips zu öffnen oder zu entfernen.

Wenn im Operationsaal Röntgenbilder angefertigt und zur Dokumentation aufbewahrt wurden, sind postoperativ keine Röntgenbilder erforderlich. Der Gips sollte 14 Tage lang getragen werden und entfernt werden, wenn der Patient zum Entfernen der Nähte und zur Wundkontrolle zurückkehrt. Es wird empfohlen, zu diesem Zeitpunkt Röntgenaufnahmen anzufertigen. Wenn eine Doppelosteotomie durchgeführt wurde, sollte der Gips 4 bis 6 Wochen lang getragen werden, jedoch sollte ein Oberarmgips nicht notwendig sein.

Der Patient kommt zur Gipsentfernung zurück, und zu diesem Zeitpunkt werden Röntgenaufnahmen angefertigt, um die Heilung der Osteotomien zu beurteilen. In der Regel sind die Osteotomien für längere Zeit deutlich sichtbar, jedoch sollten Handgelenksbewegung und Unterarmrotation unter Anleitung eines Handtherapeuten begonnen werden. Der Patient sollte zur Nachuntersuchung kommen, wenn die Funktion zurückgekehrt ist, keine Schmerzen bestehen und die Osteotomien abgeheilt sind.



Präoperative Darstellung

Es handelt sich um eine 15-jährige Patientin mit angeborener, beidseitig ausgeprägter Wachstumsstörung des Unterarms (Madelung Deformität), welche mit einer charakteristischen Fehlstellung einhergeht.

Vor der Operation hatte die Patientin Schmerzen im Handgelenk, eine typische dreidimensionale Fehlstellung des Radius und daraus resultierende Inkongruenz des distalen Radioulnargelenkes (DRUG).

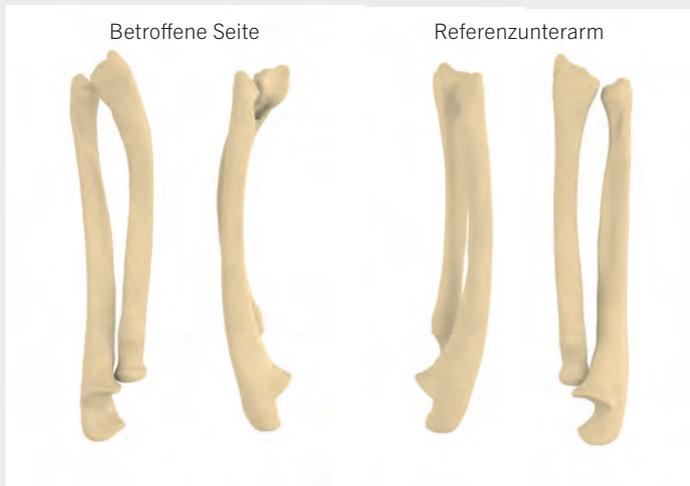
Virtuelle Planung

Zur Fallerstellung werden die Patientendaten von beiden Unterarmen und sonstige fallbezogene Informationen in der webbasierten Plattform IPS Gate® hochgeladen.

Auf Grundlage der Informationen und Anforderungen des Anwenders bereitet der IPS®-Entwickler die Fallplanung vor. Zur direkten Kommunikation zwischen IPS®-Entwickler und Anwender stehen eine integrierte Chat-Funktion sowie Webmeetings zur Verfügung.

Hinweis:

Die Festlegung der Osteotomien erfolgt entsprechend der individuellen Ausprägung des Befundes. Bei weitreichenden, ausgedehnten Fällen sind die Versorgung der zwei Osteotomien mit jeweils zwei Platten vorgesehen. Im Falle eines geringeren Abstands zwischen den Osteotomien wird eine einzelne, längere Platte zur Stabilisierung verwendet. Für weniger ausgeprägte Fälle ist hingegen lediglich die Versorgung mit einer kürzeren distalen Platte indiziert.



Virtuelle Planung: Referenzarm und Osteotomielinien

Aufgrund der angeborenen Deformität beider Unterarme ist die kontralaterale Seite als Referenz in der Regel nicht verwendbar. Daher wird für die Planung ein gesunder Referenzunterarm herangezogen.

Anhand der klinischen Vorgaben und Anforderungen wird die Korrektur des Unterarms geplant und die hierfür notwendigen Osteotomielinien festgelegt. Die Knochensegmente werden dabei auf Grundlage des gewählten Referenzunterarms positioniert.



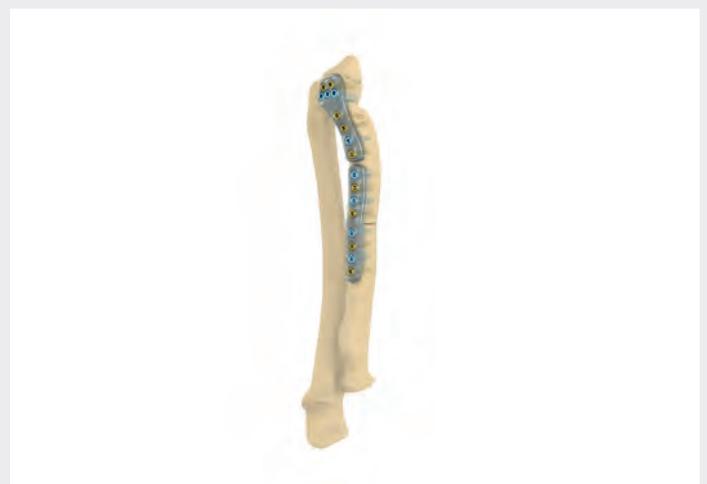
Virtuelle Planung: Lehren und Implantate

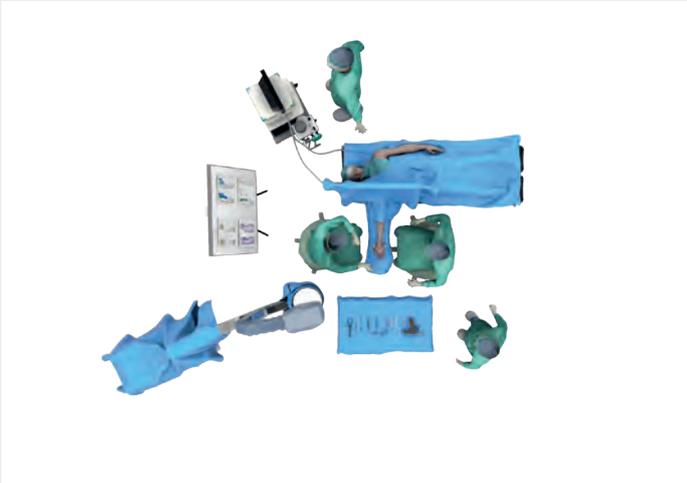
In Absprache zwischen dem IPS®-Entwickler und dem Chirurgen wird die optimale Korrektur des Unterarms definiert sowie die Anzahl und Lage der Schraubenlöcher in den Lehren und der Implantate festgelegt.

Die Bohr- und Markierungslehren für den distalen Radius und des Radiuschafts verfügen jeweils über identische, parallel verlaufende distale Arme mit einem Y-förmigen Ende, an welchem Kirschnerdrähte verwendet werden können, um die optimale Positionierung der Lehren am Radiusknochen zu unterstützen. Die Referenzarme können gleichzeitig auf den Radius angelegt werden.

Hinweis:

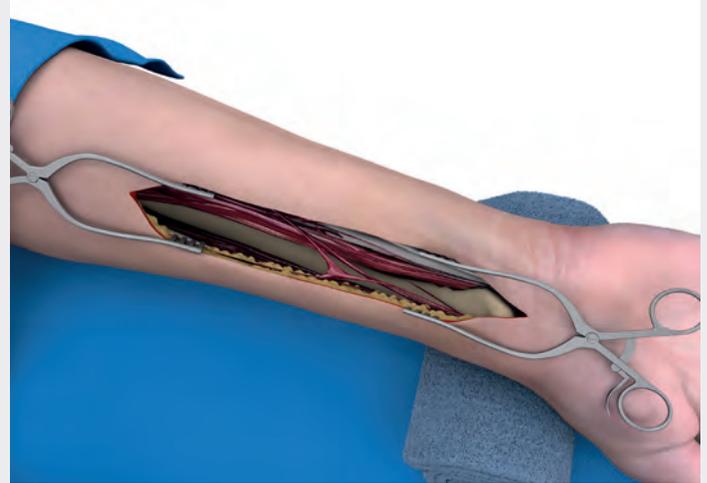
Nach der präoperativen Besprechung des Case Reports zwischen dem Chirurgen und dem Patienten ist die Freigabe des Chirurgen der letzte Schritt vor der Produktion.





Lagerung des Patienten

Der Patient wird in Rückenlage auf dem Operationstisch gelagert. Die zu operierende Hand wird mit einem sterilen Tuch bis zum Ellenbogen auf den Extensionstisch gelegt, so dass eine Beugung und Streckung des Ellenbogens sowie eine volle Rotation des Unterarms möglich sind. Ein Tourniquet wird verwendet, und ein Bildwandler steht während der Operation jederzeit zur Verfügung.

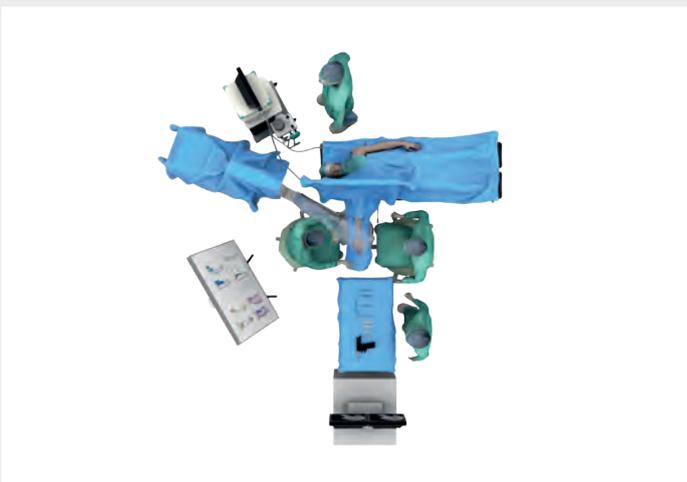


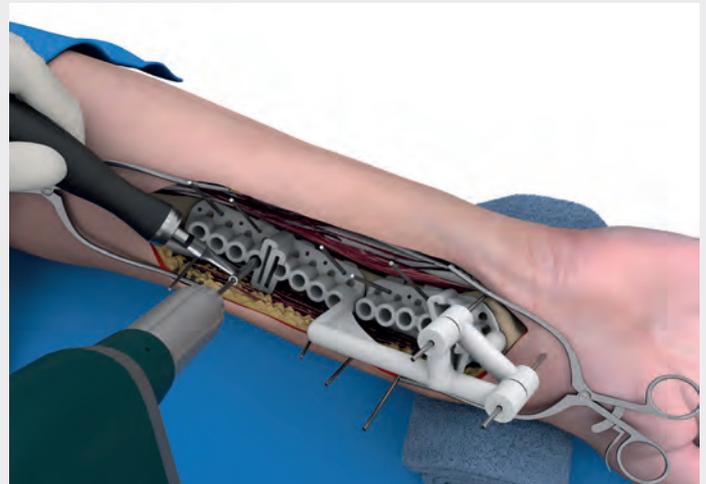
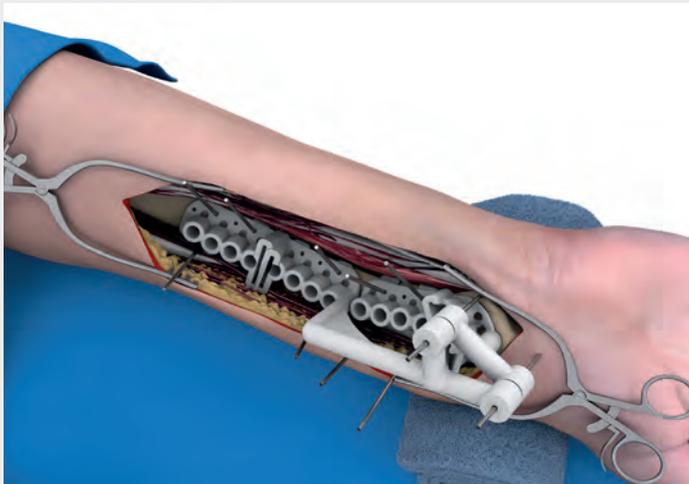
Henry-Zugang und Darstellung des Radius

Mit dem Arm in Supination wird der Henry-Zugang verwendet. Der Schnitt wird entsprechend der zuvor geplanten Implantatposition vorgenommen. Diese ist im Case Report dargestellt. Nach dem Hautschnitt werden die kleineren Nerven geschützt und die Faszie zwischen M. brachioradialis und M. flexor carpi radialis präpariert. Die Arteria radialis wird identifiziert und geschützt. Äste der Arterie werden ligiert, wodurch es möglich ist, die Arterie zu verschieben, um Zugang zum Schaft des Radius zu erhalten. Nerven sind zu identifizieren und zu schützen. Muskeln am Radius (M. pronator quadratus, M. flexor pollicis longus und M. pronator teres) werden abgelöst.

Hinweis:

Die Länge des Hautschnitts wird basierend auf den Maßen der Modelle und der Guides bestimmt.





Positionierung und Verwendung der Bohr- und Markierungslehre

Die proximale und distale Bohr- und Markierungslehre werden gemäß der präoperativen Planung und dem Case Report am Radius gleichzeitig ausgerichtet. Es ist ratsam, die Position der Lehren am mitgelieferten Knochenmodell zu überprüfen, um eine genaue Platzierung und Fixierung zu gewährleisten. Anatomische Referenzpunkte unterstützen die exakte Positionierung der Lehren. Die distalen Arme werden übereinander positioniert und in die Führungslöcher der distalen Arme beider Lehren werden K-Drähte eingeführt. Die korrekte Position der Lehren wird visuell und durch Palpation anhand definierter Knochen-Referenzpunkte überprüft, auf welche die K-Drähte zeigen. Anschließend werden die Lehren mit Kirschnerdrähten an den Radius fixiert. Die Position der Bohr- und Markierungslehren wird unter Bildwandlerkontrolle überprüft und gegebenenfalls korrigiert. Erst nach korrekter Positionierung der Lehren sollten die nächsten Schritte erfolgen.

Hinweis:

Im weiteren Verlauf wird zunächst das proximale Implantat fixiert, gefolgt vom distalen Implantat. Bei Korrekturen mit milderer Ausbildung und alleiniger distaler Osteotomie ist lediglich eine Bohr- und Markierungslehre sowie ein Implantat vorhanden.



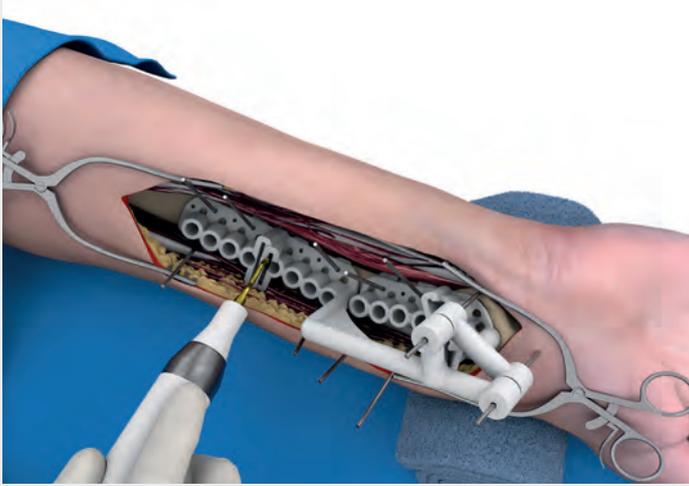
Vorborenen des Radius

Im nächsten Schritt werden die Kernlochbohrungen bikortikal mit der proximalen Bohr- und Markierungslehre und der passenden Bohrführung aus dem Recos® Standardinstrumentarium vorgebohrt.

In der Regel werden smartDrive®-Schrauben mit einem Durchmesser von 2,5 mm verwendet, bei Bedarf kann auch ein Durchmesser von 3,0 mm verwendet werden.

smartDrive®-Schrauben	Kernloch	Bohrführung	Farbcodierung
Ø 2,5 mm	Ø 2,0 mm	26-166-25-07	lila
Ø 3,0 mm	Ø 2,5 mm	26-166-27-07	orange





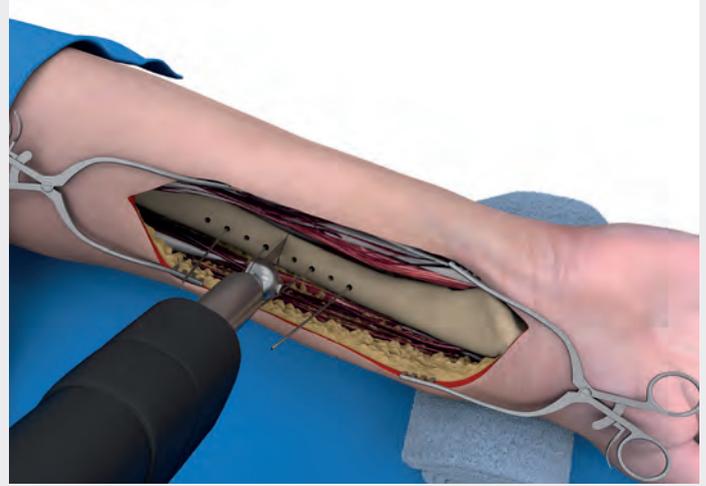
Markieren der Osteotomie am Radius

Nun wird die Osteotomielinie beispielsweise mit einer piezoelektrischen Säge auf dem Knochen zur ca. der Hälfte durchgesägt.

Je dünner das Sägeblatt ist, desto präziser kann die Osteotomie durchgeführt werden und umso weniger Knochen geht verloren. Es sollte immer ein neues Sägeblatt und eine leistungsstarke oszillierende Säge mit entsprechender Kühlung verwendet werden, um unnötige Hitzeentwicklung und damit einhergehende Knochennekrosen zu verhindern.

Ebenfalls ist es ratsam, vor dem Sägen zu prüfen, ob das Sägeblatt durch den Osteotomiespalt passt. Es wird ein Sägeblatt mit einer Stärke von 0,38 mm empfohlen, und die folgenden Blattabmessungen können verwendet werden:

- Schnittbreite (Stärke): 0,38 - 0,8 mm
- Breite des Arbeitsblatts: 9 - 15 mm
- Länge: 31 - 40 mm

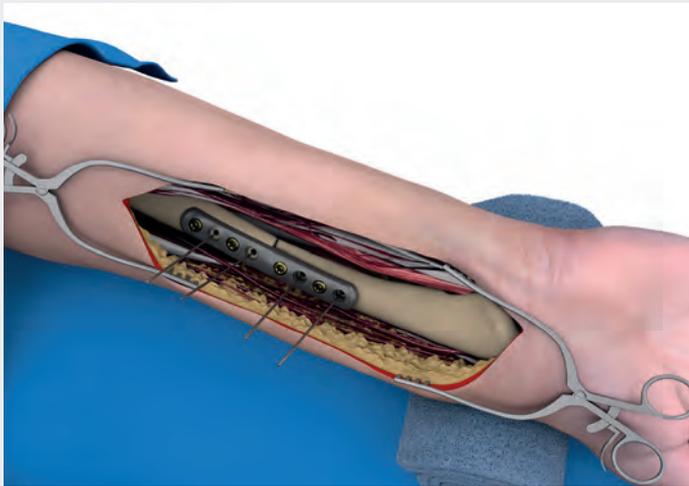


Vervollständigen der Osteotomie am Radius

Die Kirschnerdrähte sowie die Bohr- und Markierungslehren werden anschließend entfernt.

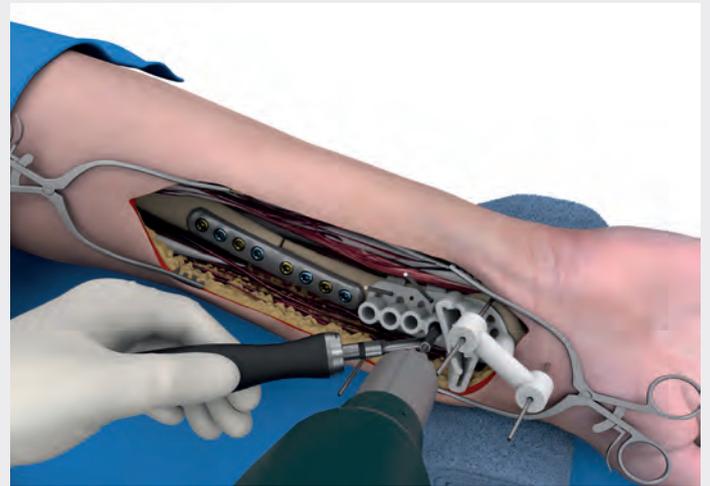
Vor Entfernung der proximalen Bohr- und Markierungslehre können jeweils in 2 distal und 2 proximal vorgebohrte Schraubenlöcher Kirschnerdrähte eingebracht werden, über welche im weiteren Verlauf das Implantat positioniert werden kann.

Nach visueller Kontrolle wird die Radius-Osteotomie vervollständigt. Das Weichgewebe sollte beidseitig weggehalten und vor dem Sägeblatt geschützt werden.



Fixierung der proximalen Platte und Setzen der ersten Standardschrauben

Aus Stabilitätsgründen wird zunächst mit der Fixation der proximalen Platte begonnen. Es wird empfohlen, proximal und distal nicht verblockbare smartDrive®-Standardschrauben (um die Platte sicher an den Knochen zu ziehen) in ein oder zwei Plattenlöcher einzubringen. Für die übrigen Löcher können winkelstabile smartDrive®-Schrauben verwendet werden. Die Schraubenlängen werden vor der OP exakt berechnet und werden gemäß Planungsprotokoll (Case Report) verwendet. Alternativ können mit dem Tiefenmesser die Schraubenlängen kontrolliert werden.



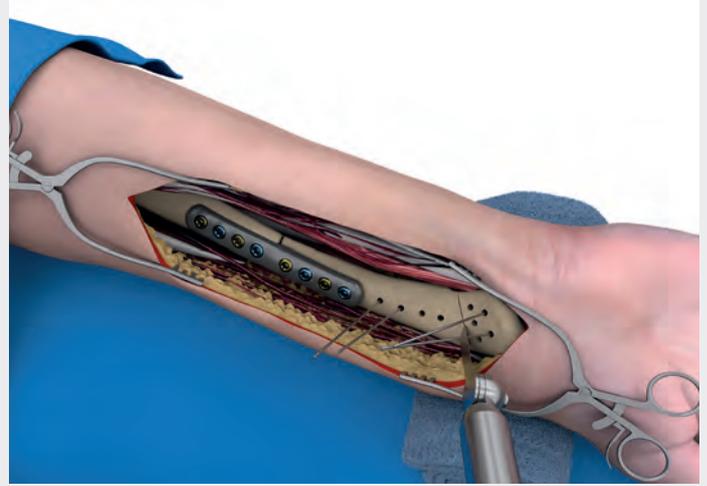
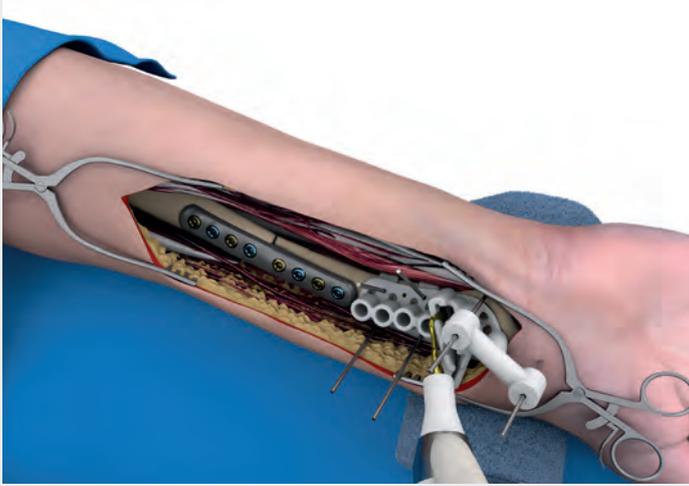
Vorb Bohren des distalen Radius

Im nächsten Schritt folgt die Fixierung des distalen Implantats. Hierfür werden die Bohrungen mithilfe der distalen Bohr- und Markierungslehre unter Verwendung der passenden Bohrführung aus dem Recos®-Standardinstrumentarium vorgebohrt.

Die bikortikale Bohrung und Schraubenplatzierung im proximalen Schaft ist obligatorisch. Beim Setzen distaler Schrauben kann jedoch eine monokortikale Bohrung und Fixation ausreichend sein. Je nach Situation können ebenfalls Schrauben mit $\varnothing 2,5$ mm oder $\varnothing 3,0$ mm verwendet werden. In der Regel werden smartDrive®-Schrauben mit einem Durchmesser von 2,5 mm verwendet.

smartDrive®-Schrauben	Kernloch	Bohrführung	Farbcodierung
$\varnothing 2,5$ mm	$\varnothing 2,0$ mm	26-166-25-07	lila
$\varnothing 3,0$ mm	$\varnothing 2,5$ mm	26-166-27-07	orange





Markieren der Osteotomie am distalen Radius

Die Osteotomie über die Lehre erfolgt erneut zur Hälfte. Sobald dies erfolgt ist, werden die K-Drähte gelöst und die Lehre abgenommen.

Hinweis:

Vor Entfernung des Guides können jeweils in 2 distal und proximal vorgebohrten Schraubenlöchern Kirschnerdrähte eingebracht werden, über welche im weiteren Verlauf das Implantat geführt positioniert werden kann.

Vervollständigen der Osteotomie am distalen Radius

Nach wiederholter visueller Kontrolle der Osteotomielinie kann die geplante Osteotomie vervollständigt werden. Bei der Fertigstellung der Osteotomie sind die Weichteile ulnar wegzuhalten, und radialeseitig ist die Arteria radialis zusammen mit den dorsal liegenden Strecksehnen durch einen Hohmann-Haken zu schützen. Insbesondere streckseitig dürfen die Strecksehnen durch das Sägeblatt dorsal nicht verletzt werden.

Hinweis:

Zur Mobilisation können nach komplett erfolgter Osteotomie die Fragmente mit einem kleinen Arthrosenspreizer mobilisiert werden.



Tiefenmesser
Einhandprinzip



Schraubendreher



Distale Fixierung des Implantats

Das sonderangefertigte Implantat wird auf das distale Fragment aufgesetzt, und dann werden zunächst in die distalen Reihen 2 nicht verblockbare Schrauben eingebracht. Anschließend werden ebenfalls zwei nicht verblockbare Schrauben in den proximalen Anteil der Platte eingebracht. Für die verbleibenden offenen Schraubenlöcher können winkelstabile Schrauben verwendet werden.

Um eine korrekte Platzierung der Schrauben in den Bohrungen zu gewährleisten, sollten alle Schrauben vor dem Festziehen in die entsprechende Bohrung eingebracht werden. Die Kortikalschrauben zum Heranziehen der Platte an das Fragment sollten zuerst festgezogen werden. Die Schraubenlängen werden vor der OP exakt berechnet und werden gemäß Planungsprotokoll (Case Report) verwendet. Alternativ können mit dem Tiefenmesser die Schraubenlängen kontrolliert werden.



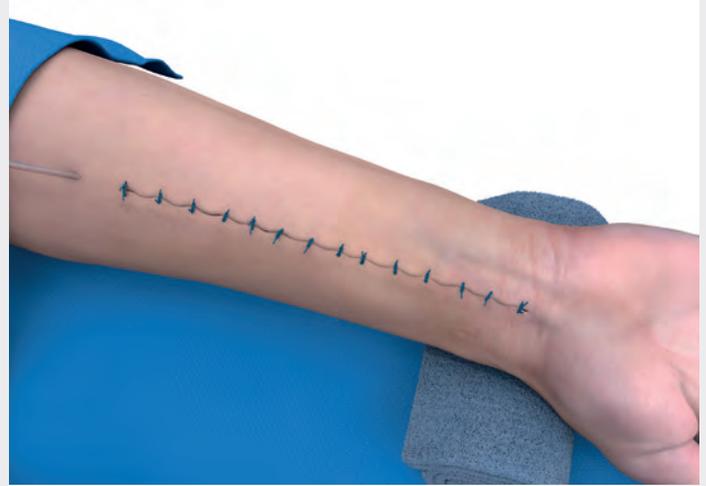
Fixierung des distalen Implantats

Nach korrekter Fixation der Platte auf dem distalen Fragment kann die Platte an das proximale Fragment fixiert werden. Bei großen Korrekturen mit langstreckiger Verlängerung des distalen Fragments empfiehlt sich der Einsatz von Repositionszangen. Nun werden die vorgebohrten Bohrungen am Radiuschaft mit den entsprechenden smartDrive®-Schrauben besetzt. Auch hier empfiehlt es sich, primär zwei smartDrive®-Standardschrauben in die Schraubenbohrungen einzubringen, sodass eine korrekte Platzierung der Platte auf dem Radiuschaft erfolgt. Je nach Ausmaß der Korrektur kann in manchen Fällen eine Knochen- transplantation zwischen den proximalen und distalen Fragmenten erforderlich sein; dabei wird autologer Knochen empfohlen. Bei Spaltgrößen von wenigen Millimetern ist meist das Auffüllen nicht notwendig.



Wundverschluss

Das Tourniquet wird gelöst, die Blutstillung durchgeführt und eine Redondrainage eingelegt. Die Wunden werden schichtweise verschlossen.



Wundverschluss

Die geschlossenen Wunden werden mit sterilen Verbänden abgedeckt. Nach Abschluss der Korrektur wird das Ergebnis im OP-Saal mittels Bildgebung dokumentiert.



Nachbehandlung

In der ersten postoperativen Phase wird der operierte Arm hochgelagert und eine entsprechende Schmerzbehandlung durchgeführt. Die Hand bzw. der Arm sollte hinsichtlich Temperatur, Farbe und/oder Empfindung beobachtet werden. Falls Veränderungen auftreten, ist der Gips zu öffnen oder zu entfernen. Qualitativ ausreichende Röntgenbilder aus dem Operationssaal werden zur Dokumentation aufbewahrt, wodurch postoperativ keine weiteren Röntgenbilder nötig sind.

Bei komplexen/ausgeprägten Fehlstellungen ist die postoperative Erstellung einer Computertomographie zur Dokumentation empfehlenswert. Die Unterarmschiene sollte, abhängig vom Rekonstruktionsausmaß, 4 - 6 Wochen getragen werden. Es empfiehlt sich, nach 4 Wochen Röntgenaufnahmen anzufertigen, um die Osteotomieheilung zu überprüfen. Die Osteotomien sind in der Regel für längere Zeit sichtbar, aber Handgelenksbewegung und Unterarmrotation sollten unter Anleitung eines Handtherapeuten begonnen werden. Ein knöcherner Durchbau wird erfahrungsgemäß nach 3 - 6 Monaten erwartet. Bis dahin ist schwere Belastung zu vermeiden. Der Patient sollte zur Nachuntersuchung kommen, wenn die Funktion wiederhergestellt ist, keine Schmerzen bestehen und die Osteotomien abgeheilt sind.

Fallbeispiele Radiusrekonstruktion



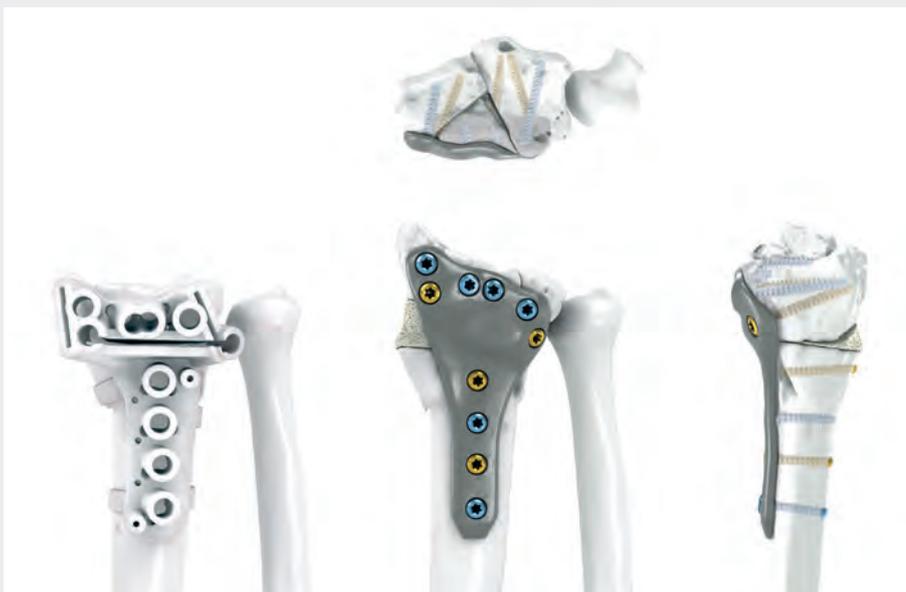
Behandlung einer nach dorsal abgekippten distalen Radiusfehlstellung mit einer extraartikulären Radiusrekonstruktion und Verschiebung des distalen Segments nach volar und ulnar.



Behandlung einer nach dorsal abgekippten distalen Radiusfehlstellung mit einer extra-artikulären Radiusrekonstruktion, einschließlich einer offenen Keilosteotomie.



Behandlung einer distalen Radiusfehlstellung mit einer extraartikulären Radiusrekonstruktion. Das distale Segment wurde verlängert und nach ulnar gedreht. Es wurde ein 8 bis 18 mm großes Knochentransplantat aus dem Beckenkamm entnommen und in den Spalt eingesetzt.



Behandlung einer distalen Radiusfehlstellung mit einer intraartikulären Radiusrekonstruktion mit drei nach ulnar gedrehten distalen Segmenten. Alle drei Markierungsosteotomien wurden in eine einzige Lehre eingearbeitet.

Fallbeispiele Unterarmrekonstruktion



Behandlung einer Radius- und Ulnafehlstellung mit einer Unterarmrekonstruktion. An beiden Knochen waren Resektionen und Rotationskorrekturen erforderlich.



Behandlung einer Radius- und Ulnafehlstellung mit einer Unterarmrekonstruktion. Beim Radius war die Resektion eines 1,8-mm-Knochenkeils erforderlich.



Behandlung einer radioulnaren Synostose mit einer Unterarmrekonstruktion mit Resektionen und Rotationskorrekturen an beiden Knochen.



Behandlung eines Radius mit einer Unterarmrekonstruktion einschließlich eines Spalts von 36 mm. Der Defekt wurde mit einem keilförmigen Knochensegment aufgefüllt, das mit einer smartDrive®-Schraube an der Platte fixiert wurde.

Fallbeispiele Madelung-Deformität



Behandlung einer Madelung-Deformität anhand Korrekturosteotomie des Unterarms und des distalen Radius. Hierfür stand jeweils eine Bohr- und Markierungslehre für Unterarm und distalen Radius zur Verfügung.



Behandlung einer Madelung-Deformität anhand Korrekturosteotomie des Unterarms und des distalen Radius. Hierfür stand eine Bohr- und Markierungslehre für Unterarm und distalen Radius zur Verfügung. Beim Radius war die Resektion eines 13 mm-Knochenkeils erforderlich.



Bei diesem Madelung-Fall wurden die beiden Bohr- und Markierungslehren mit identischen, parallel verlaufenden Referenzarmen ausgestattet, um die vorgeplante Positionierung beider Lehren zu erleichtern.

Nach der Anbringung der Lehren, wurden zunächst die Bohrlöcher sowie die Osteotomie proximal durchgeführt und die Platte angebracht, bevor man anschließend die distale Korrektur über die zweite Lehre inkl. Platte vornahm.



Behandlung einer Madelung-Deformität anhand einer distalen Korrekturosteotomie des Radius. Bei dieser weniger stark ausgeprägten Madelung-Deformität, erfolgte die Rekonstruktion mithilfe einer distalen Korrekturosteotomie. Hierfür stand eine Bohr- und Markierungslehre zur Verfügung.

Optionale Standard-Implantate für die sonderangefertigte Planung

Recos®-Radiusrekonstruktion 3/2-Loch

Länge 70 mm
Breite 21 mm



Platten

26-166-42-09

 = 2,5 mm



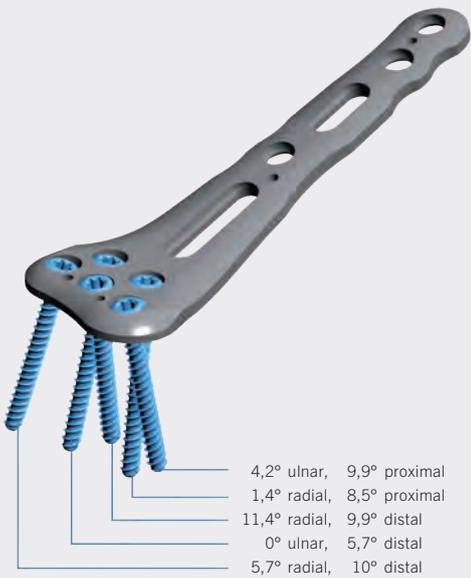
Templates

26-066-42-09

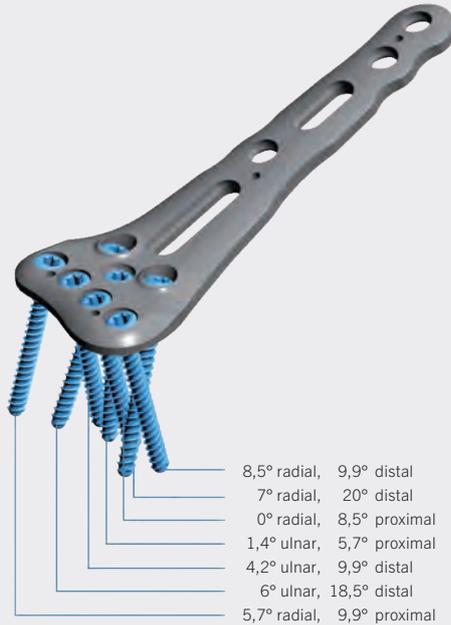
26-166-43-09

 = 2,5 mm

26-066-43-09



4,2° ulnar, 9,9° proximal
 1,4° radial, 8,5° proximal
 11,4° radial, 9,9° distal
 0° ulnar, 5,7° distal
 5,7° radial, 10° distal



8,5° radial, 9,9° distal
 7° radial, 20° distal
 0° radial, 8,5° proximal
 1,4° ulnar, 5,7° proximal
 4,2° ulnar, 9,9° distal
 6° ulnar, 18,5° distal
 5,7° radial, 9,9° proximal

Symbolerklärungen

-  Schraubendurchmesser 2,5 mm
-  Titan
-  Titan, Dotize®
-  Verpackungseinheit
-  Loch für multidirektional-winkel-stabile Schraube
-  Plattenprofil

STERILE Implantate in steriler Verpackung

Recos®-Radiusrekonstruktion 4/3-Loch

Länge 70 mm
 Breite 24 mm



1/1



1/1



Platten

26-166-40-09

 = 2,5 mm



Templates

26-066-40-09

26-166-41-09

 = 2,5 mm

26-066-41-09

Osteosynthese-Schrauben

Schrauben

Multidirektional-
winkelstabile Schraube

Ø 2,5 mm



1/1



Länge	Artikel-Nr.	STERILE
8 mm	26-905-08-09	26-905-08-71
9 mm	26-905-09-09	26-905-09-71
10 mm	26-905-10-09	26-905-10-71
11 mm	26-905-11-09	26-905-11-71
12 mm	26-905-12-09	26-905-12-71
13 mm	26-905-13-09	26-905-13-71
14 mm	26-905-14-09	26-905-14-71
15 mm	26-905-15-09	26-905-15-71
16 mm	26-905-16-09	26-905-16-71
17 mm	26-905-17-09	26-905-17-71
18 mm	26-905-18-09	26-905-18-71
19 mm	26-905-19-09	26-905-19-71
20 mm	26-905-20-09	26-905-20-71
22 mm	26-905-22-09	26-905-22-71
24 mm	26-905-24-09	26-905-24-71
26 mm	26-905-26-09	26-905-26-71
28 mm	26-905-28-09	26-905-28-71
30 mm	26-905-30-09	26-905-30-71

Schrauben

Standard-
Kortikalisschraube

Ø 2,5 mm



1/1



Länge	Artikel-Nr.	STERILE
8 mm	26-906-08-09	26-906-08-71
9 mm	26-906-09-09	26-906-09-71
10 mm	26-906-10-09	26-906-10-71
11 mm	26-906-11-09	26-906-11-71
12 mm	26-906-12-09	26-906-12-71
13 mm	26-906-13-09	26-906-13-71
14 mm	26-906-14-09	26-906-14-71
15 mm	26-906-15-09	26-906-15-71
16 mm	26-906-16-09	26-906-16-71
17 mm	26-906-17-09	26-906-17-71
18 mm	26-906-18-09	26-906-18-71
19 mm	26-906-19-09	26-906-19-71
20 mm	26-906-20-09	26-906-20-71
22 mm	26-906-22-09	26-906-22-71
24 mm	26-906-24-09	26-906-24-71
26 mm	26-906-26-09	26-906-26-71
28 mm	26-906-28-09	26-906-28-71
30 mm	26-906-30-09	26-906-30-71



Symbolerklärungen

-  Schraubendurchmesser 2,5 mm
-  Schraubendurchmesser 3,0 mm
-  Ti Titan
-  T-Drive
-  1 unites Verpackungseinheit

STERILE Implantate in steriler Verpackung

Schrauben

Multidirektional-winkelstabile Schraube

Ø 3,0 mm



Länge	Artikel-Nr.
8 mm	26-908-08-09
9 mm	26-908-09-09
10 mm	26-908-10-09
11 mm	26-908-11-09
12 mm	26-908-12-09
13 mm	26-908-13-09
14 mm	26-908-14-09
15 mm	26-908-15-09
16 mm	26-908-16-09
17 mm	26-908-17-09
18 mm	26-908-18-09
19 mm	26-908-19-09
20 mm	26-908-20-09
22 mm	26-908-22-09
24 mm	26-908-24-09
26 mm	26-908-26-09
28 mm	26-908-28-09
30 mm	26-908-30-09

Schrauben

Standard-Kortikalisschraube

Ø 3,0 mm



Länge	Artikel-Nr.
8 mm	26-909-08-09
9 mm	26-909-09-09
10 mm	26-909-10-09
11 mm	26-909-11-09
12 mm	26-909-12-09
13 mm	26-909-13-09
14 mm	26-909-14-09
15 mm	26-909-15-09
16 mm	26-909-16-09
17 mm	26-909-17-09
18 mm	26-909-18-09
19 mm	26-909-19-09
20 mm	26-909-20-09
22 mm	26-909-22-09
24 mm	26-909-24-09
26 mm	26-909-26-09
28 mm	26-909-28-09
30 mm	26-909-30-09

Osteosynthese-Instrumente



1/2

26-166-13-07
K-Draht-Spender
Ø 1,2 mm
17,5 cm / 6 3/4"

St 1
unit(s)



1/2

22-627-12-05
K-Drähte
Ø 1,2 mm
12 cm / 4 3/4"

St 10
unit(s)



1/2

26-166-27-07
Bohrführung
monoaxial
13,5 cm / 5 1/4"

St Sic 1
unit(s)



1/2

26-166-32-07
Bohrführung
monoaxial
13,5 cm / 5 1/4"

St Sic 1
unit(s)



Symbolerklärungen

- Schraubendurchmesser 2,5 mm
- Schraubendurchmesser 3,0 mm
- Stahl
- Silikon
- T-Drive
- Verpackungseinheit

STERILE Steril verpackt



1/1



1/2

St

26-166-33-71

Bohrbüchsen 3,0

STERILE



Schraube	Ø	Unsteril	STERILE
smartDrive®	2,5 mm		
Kernloch	2,0 mm	26-950-20-07	26-950-21-07
Gleitloch	2,5 mm	26-950-25-07	26-950-26-07
smartDrive®	3,0 mm		
Kernloch	2,5 mm	26-950-30-07	26-950-30-71
Gleitloch	3,0 mm	26-950-31-07	26-950-31-71

Osteosynthese-Instrumente und Lagerungssystem



26-166-21-07
Tiefenmesser
Einhandprinzip
15 cm / 5 3/4"



26-166-18-07
Schraubendreher T8
18 cm / 7"



26-166-19-07
Schraubendreher T8 drehbar
19 cm / 7 1/2"





Symbolerklärungen

-  Schraubendurchmesser 2,5 mm
-  Schraubendurchmesser 3,0 mm
-  Titan, Dotize®
-  Steel
-  Silikon
-  T-Drive
-  Verpackungseinheit

STERILE Implantate in steriler Verpackung

Lagerungssystem

55-910-10-04 Lagerungsset, bestehend aus:
Deckel, Instrumenteneinsatz, Lagerungskorb, kreisförmiges Schraubenrack Ø 2,5 mm, einseitig

55-910-11-04 Lagerungsset, bestehend aus:
Deckel, Instrumenteneinsatz, Lagerungskorb, kreisförmiges Schraubenrack Ø 2,5/3,0 mm, doppelseitig



55-910-59-04
Deckel

1
unit(s)



55-910-13-04
Instrumenteneinsatz für
Lagerungssystem

1
unit(s)



55-910-14-04
Lagerungskorb

1
unit(s)



55-910-39-04
smartDrive® Ø 2,5 mm
kreisförmiges Schraubenrack,
einseitig

1
unit(s)



55-910-12-04
smartDrive® Ø 2,5/3,0 mm
kreisförmiges Schraubenrack,
doppelseitig

1
unit(s)

Die IPS®-Produktfamilie



IPS Implants® | Radius and Forearm Reconstruction

Die Lösung „IPS Implants® | Radius and Forearm Reconstruction“ ermöglicht es dem Anwender, komplexe chirurgische Eingriffe mit einem anwenderfreundlichen, individualisierten Ansatz durchzuführen. Dank CT-basierter Planung und eines mittels 3D-Druck gefertigten Implantats erreicht der Anwender das geplante post-operative Ergebnis mit einem sehr stabilen Konstrukt.

Neben der Standardbehandlung von Radiusfehlstellungen bietet KLS Martin sondedrangefertigte Lösungen für den distalen Radius sowie Verfahren zur Unterarmrekonstruktion an. Eine Möglichkeit ist auch die Erstellung von Operationsplanungen und Lehren zu unseren Standardplatten. Darüber hinaus stehen für komplexe Eingriffe auch sondedrangefertigte Implantate zur Verfügung, die durch additive Fertigung hergestellt werden.

IPS Implants® für die Radius- und Unterarmrekonstruktion werden mit einer Kombination aus Standard- und winkelstabilen smartDrive®-Schrauben fixiert. Es werden nur wenige Instrumente für die Anwendung benötigt.



IPS Gate®

Die webbasierte Plattform und App leiten Chirurgen und Anwender sicher und effizient durch die Anfrage, Planung und Fertigstellung von Sonderanfertigungen. Das IPS Gate® garantiert dank des „HTTPS“-Standards eine verschlüsselte Datenübertragung, welche zusätzlich durch das TÜV-Süd-Siegel zertifiziert wird.



IPS Implants®

Sonderanfertigungen, Planungshilfen und anatomische Modelle werden mit den neuesten Fertigungstechnologien aus verschiedenen Materialien hergestellt. Dank computerbasierter Planung und funktionalisierter Sonderanfertigungen kann die präoperative Planung in bisher ungekannter Präzision im OP umgesetzt werden.



KLS Martin Group

KLS Martin Australia Pty Ltd.

Sydney · Australien
Tel. +61 2 9439 5316
australia@klsmartin.com

KLS Martin do Brasil Ltda.

São Paulo · Brasilien
Tel +55 11 3554 2299
brazil@klsmartin.com

KLS Martin Medical (Shanghai) International Trading Co., Ltd.

Shanghai · China
Tel. +86 21 5820 6251
info@klsmartin.com

KLS Martin India Pvt Ltd.

Chennai · Indien
Tel. +91 44 66 442 300
india@klsmartin.com

KLS Martin Italia S.r.l.

Mailand · Italien
Tel. +39 039 605 67 31
info@klsmartin.com

KLS Martin Japan K.K.

Tokio · Japan
Tel. +81 3 3814 1431
info@klsmartin.com

KLS Martin SE Asia Sdn. Bhd.

Penang · Malaysia
Tel. +604 261 7060
malaysia@klsmartin.com

KLS Martin de México, S.A. de C.V.

Mexiko-Stadt · Mexiko
Tel. +52 55 7572 0944
mexico@klsmartin.com

KLS Martin Nederland B.V.

Huizen · Niederlande
Tel. +31 35 523 45 38
infonl@klsmartin.com

KLS Martin SE & Co. KG

Moskau · Russland
Tel. +7 499 792 76 19
russia@klsmartin.com

KLS Martin Taiwan Ltd.

Taipei · Taiwan
Tel. +886 2 2325 3169
taiwan@klsmartin.com

KLS Martin LP

Jacksonville · Florida, USA
Tel. +1 904 641 77 46
usa@klsmartin.com

KLS Martin SE & Co. KG

Dubai · Vereinigte Arabische Emirate
Tel. +971 4 454 16 55
middleeast@klsmartin.com

KLS Martin UK Ltd.

Reading · Vereinigtes Königreich
Tel. +44 118 467 1500
info.uk@klsmartin.com

KLS Martin SE Asia Sdn. Bhd.

Hanoi · Vietnam
Tel. +49 7461 706-0
vietnam@klsmartin.com



KLS Martin SE & Co. KG

Ein Unternehmen der KLS Martin Group

KLS Martin Platz 1 · 78532 Tuttlingen · Deutschland
Postfach 60 · 78501 Tuttlingen · Deutschland
Tel. +49 7461 706-0 · Fax +49 7461 706-193
info@klsmartin.com · www.klsmartin.com