

# Die konzeptionelle und technische Entwicklung der Frakturversorgung am Beispiel der distalen Radiusfraktur

Andreas Schierz<sup>a</sup>, Christoph Meier<sup>b</sup>

<sup>a</sup> Chirurgische Klinik, Spital Zollikerberg, Zollikerberg, <sup>b</sup> Chirurgische Klinik, Stadtspital Waid, Zürich

## Quintessenz

- Einige Grundprinzipien der Frakturbehandlung wurden bereits Anfang der 1930er Jahre von Lorenz Böhler definiert und haben bis heute ihre Gültigkeit behalten: «Einrenken, Festhalten, Üben».
- Dank moderner (winkelstabiler) Implantate ist das Einhalten dieser Prinzipien besser möglich. Den je. Patienten profitieren von einer übungstabilen Osteosynthese dank der dadurch möglichen frühfunktionellen Behandlungsmöglichkeit.
- Moderne Implantate ermöglichen auch bei osteoporotischen Knochen immer häufiger eine stabile Frakturversorgung und damit eine frühfunktionelle Nachbehandlung.
- Die Entwicklung der Osteosynthesetechniken und -implantate nimmt an Dynamik zu. Es ist eine der Aufgaben des traumatologisch tätigen Chirurgen, die verschiedenen Möglichkeiten der Frakturversorgung zu kennen und das für seine Patienten ideale Vorgehen anzuwenden.
- Diese Übersichtsarbeit soll allgemein praktizierenden Ärzten bzw. Hausärzten den aktuellen Stand der operativen Versorgung von distalen Radiusfrakturen zeigen und somit Hilfe bei der Beurteilung frischer Verletzungen sowie bei der postoperativen Betreuung dieser Patienten bieten.

## Einleitung

Die Versorgung von Frakturen jeglicher Lokalisation hat die Ärzte aller Epochen beschäftigt. blieb in früheren Zeiten aber oftmals nur die Amputation im chirurgischen Armentarium, stehen uns heute mehrere therapeutische Optionen und vor allem eine Vielzahl von operativen Möglichkeiten offen.

Da die distale Radiusfraktur der häufigste Bruch beim Menschen überhaupt ist, zeigen sich neue Entwicklungen in der Frakturbehandlung häufig zuerst bei diesen Verletzungen. Konservative und operative Therapie sowie Grundlagenforschung (Anatomie, Physiologie, Klassifizierungen) haben sich immer wieder gegenseitig beeinflusst. Ein eindrücklicher Entwicklungsschub zeigte sich vor allem in der zweiten Hälfte des letzten Jahrhunderts, welcher sich bis heute ungebremst fortgesetzt hat. Anhand der distalen Radiusfraktur möchten wir daher in einem kurzen Abriss diese Entwicklung darstellen, den aktuellen Stand der Behandlung aufzeigen und einen Blick in die Zukunft wagen.



Andreas Schierz

Die Autoren erklären, dass sie keine Interessenkonflikte im Zusammenhang mit diesem Beitrag haben.

## Klassifikationen

Bereits im 19. Jahrhundert erfolgten erste Frakturbeschreibungen, wie z.B. 1814 die nach dem Autor be-

nannte Colles-Fraktur [1]. Vor allem in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhundert wurde eine grosse Zahl von verschiedenen Klassifikationen publiziert, deren Aufzählung den Rahmen dieser Arbeit sprengen würde. Je nach Klassifikation wurden verschiedene Kriterien berücksichtigt wie Dislokationsrichtung oder -grade, Fragmentanalyse, intra- oder extraartikulärer Frakturverlauf, Unfallmechanismus, therapeutische Konsequenzen oder auch die zu erwartende Prognose [2]. In unseren Breitengraden wendet man am meisten die Klassifikation der AO (Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen) an, wie sie erstmals von M. E. Müller 1987 [3] für Röhrenknochen publiziert wurde. Die AO-Klassifikation wurde für sämtliche Knochen und Frakturen nach einem einheitlichen Prinzip erstellt, sie ist logisch aufgebaut und gut reproduzierbar. Diese Einteilung soll auch für diese Arbeit zur Anwendung kommen (Abb. 1 ).

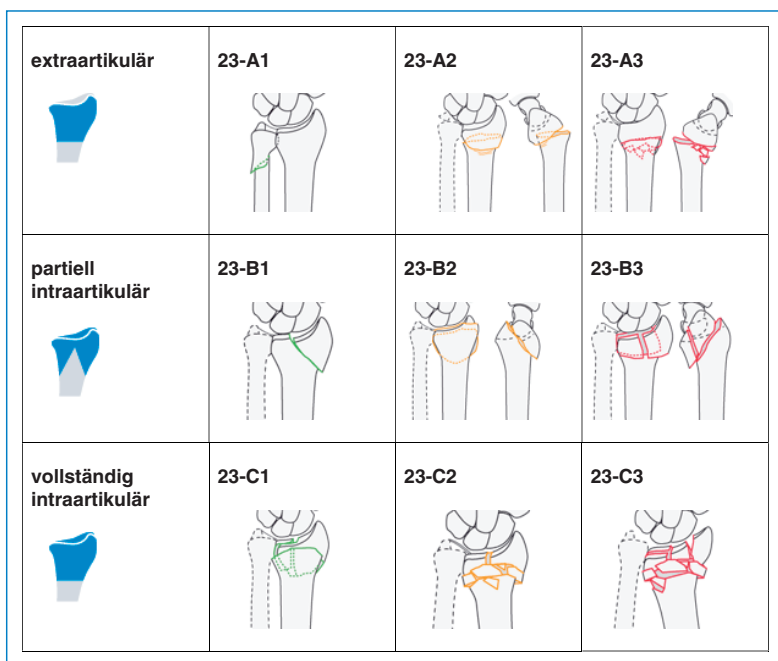
Eine wesentliche Hilfe bei der Entscheidungsfindung bezüglich Therapieverfahren war die Definition von Instabilitätskriterien (Tab. 1 ).

Andere Publikationen wie z.B. 1977 von Vidal [4] zur Reposition der Radiusfraktur über die Ligamentotaxis, die Unterteilung der intraartikulären Frakturen in vier Schlüsselfragmente durch C. P. Melone 1984 [5] oder das 3-Säulen-Modell von Rikli und Regazzoni im Jahr 1996 [6] haben wesentlich zum Verständnis der Versorgung am distalen Radius beigetragen.

## Konservative Therapie

Die konservative Frakturbehandlung ist im deutschen Sprachraum und auch weit darüber hinaus durch die grundlegenden Arbeiten von Lorenz Böhler aus Wien geprägt worden. Die heute nach wie vor gültigen Grundsätze «Einrenken – Festhalten – Üben» hat er erstmals 1932 in seinem Lehrbuch «Die Technik der Knochenbruchbehandlung» publiziert. Das Ideal einer Frakturversorgung wäre demnach eine Methode, die es erlaubt, mit Behandlungsbeginn eine so stabile Situation zu erzielen, dass ein Übungsprogramm ab sofort möglich ist. Dieses Ziel konnte und kann aber in vielen Fällen mit einer konservativen Therapie nicht zufriedenstellend erreicht werden. Die Methodik der Reposition und Ruhigstellung der distalen Radiusfraktur im Gips wurde von Böhler grundlegend beschrieben und hat sich bis auf wenige technische Details bis heute kaum verändert (Abb. 2 .

Trotz aller Sorgfalt sind aber längst nicht alle distalen Radiusfrakturen nach den Böhler-Grundsätzen konser-



**Abbildung 1**  
AO-Klassifikation am distalen Radius (Quelle: <http://www.aofoundation.org/wps/portal/>)  
(Nachdruck mit freundlicher Genehmigung der AO Foundation).

**Tabelle 1. Instabilitätskriterien bei distalen Radiusfrakturen**  
(Quelle: <http://www.dgu-online.de/de/leitlinien/index.jsp>).


Abbruch einer beugeseitigen Gelenkklippe
Dorsal und/oder palmar dislozierte Kantenfragmente
Trümmerzonen mit relevanter Verkürzung des Radius
Basisnaher Abbruch des Processus styloideus ulnae und/oder dislozierte Trümmerfraktur
Radio-ulnare Dissoziation
Tendenz zur Redisllokalisierung nach Reposition
Dorsalkippung des peripheren Fragmentes >20° im lateralen Strahlengang
Palmarkippung des peripheren Fragmentes >20°
Relative Ulnarverlängerung >4 mm
Radiale Inklination im ap-Strahlengang (Radiusgelenkwinkel normal ca. 25°) <10° (dorsaler und palmarer Frontalwinkel haben eine Differenz von 7°)
Radiusverkürzung

vativ erfolgreich behandelbar. Viele Frakturmuster verlangen ein anderes Behandlungskonzept, um einen sekundären Repositionsverlust mit nachfolgender funktioneller Einschränkung zu vermeiden. Dabei galt und gilt es, diejenigen Frakturen, welche konservativ nicht zuverlässig zu behandeln sind, möglichst früh mit Hilfe der Klassifikationen und Instabilitätskriterien bzw. einer genauen Frakturanalyse zu erfassen und mit entsprechenden Behandlungsalgorithmen einer operativen Therapie zuzuführen. Dabei sind auch patientenspezifische Faktoren wie Alter, Beruf, Hobby, Funktionsanspruch oder Begleiterkrankungen zu berücksichtigen.

## Operative Therapie

Die Entwicklung der Osteosynthesetechniken wurde und wird nicht nur von den anatomischen, physiologischen und biomechanischen Kenntnissen beeinflusst, sondern auch durch die werkstoff- und bearbeitungstechnischen Möglichkeiten.

Versuche mit Drahtosteosynthesen wurden bereits 1908 von Lambotte erstmals beschrieben. Im weiteren Verlauf wurden dann verschiedene Techniken entwickelt wie z.B. die intrafokale Verdrahtung nach Kapandji 1976 [7] (d.h. perkutane Einbringung von zwei, später drei Kirschnerdrähten in den Frakturspalt und Verankerung in der Gegenkortikalis). Wegen der fehlenden Stabilität genügt aber auch die Drahtosteosynthese nicht den Böhler-Kriterien, und sogenannte instabile Frakturen lassen sich damit häufig nicht zuverlässig halten.

Der Fixateur externe wurde erstmals von Ombredanne 1929 [8] bei Kindern beschrieben, fand aber v.a. nach der Verbesserung der technischen Anwendung durch Hoffmann 1954 [9] vermehrt Anwendung. Während bei der Verdrahtung das «Üben» im Handgelenk wegen der zusätzlich notwendigen Gipsfixation verunmöglicht ist, verhindert dies der gelenküberschreitende Fixateur externe durch dessen Montage selbst. Beim nicht gelenküberschreitenden Fixateur externe, wie er von McQueen [10] und anderen beschrieben wurde, fällt dieser Nachteil weg. Der Fixateur externe kann auch bei Trümmerfrakturen oder zur vorübergehenden Ruhigstellung z.B. bei offenen Frakturen angewendet werden (Abb. 3 )

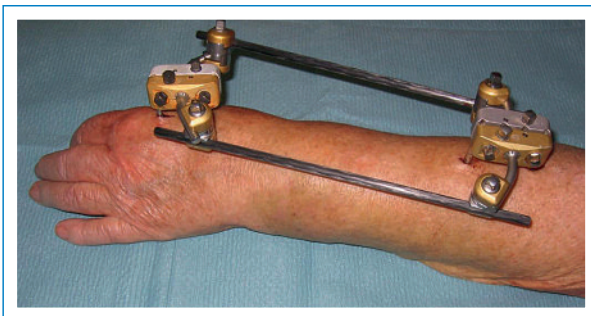
Versorgungen von Frakturen mit Platten und Schrauben wurden bereits gegen Ende des 19. Jahrhunderts mit mässigem Erfolg versucht. Mit der Gründung der AO 1958 in Davos wurde eine systematische Erforschung und Entwicklung der Osteosynthese in die Wege geleitet, welche bis heute weltweit wegweisend und führend ist.

Die Problematik der gelenksnahen Fraktur besteht zum einen darin, dass die Fragmente oft zu klein für eine suffiziente Schraubenverankerung sind. Zum anderen wurde rasch bemerkt, dass die Binnenkräfte bei instabilen Frakturen mit einfachen Platten-Schrauben-Montagen nicht zu neutralisieren sind und es trotz Osteosynthese zu sekundären Dislokationen kam. Es entstanden in der Folge verschiedene Konzepte, die auch heute noch z.T. Verwendung finden, wie dorsale Unterfütterung mit Spongiosa- bzw. Knochenspan [11] oder Doppelplatten-Osteosynthesen. Viele Frakturen liessen sich so gut behandeln, v.a. aber vollständig intraartikuläre Frakturen (AO 23-C3) blieben problematisch.

Erst die Entwicklung von sogenannten winkelstabilen Implantaten [12–14], also solchen, bei denen die Schraube oder ein Stift mit einem dafür vorgesehenen Gewinde in einem vorgegebenen Winkel in der Platte selbst fixiert wird, brachte hier wesentliche Fortschritte. Dabei hat sich die anatomisch eher günstigere Plattenlage palmar gegenüber der problematischeren Lage dorsal unmittelbar unter dem Strecksehnenapparat vielerorts durchgesetzt. Spongiosa-Plastiken sind






**Abbildung 2**  
Konservative Therapie der Radiusfraktur:  
Aushängen mit «Mädchenfänger» und Gipsanlage.



**Abbildung 3**  
Gelenksüberbrückender Fixateur externe.

mit dem winkelstabilen Prinzip nur noch in Ausnahmefällen nötig.


Der grosse Erfolg der winkelstabilen Plattenosteosynthese führte dazu, dass, angesichts des riesigen potentiellen Marktes, viele Hersteller von Osteosynthesematerialien eigene Systeme nach dem gleichen biomechanischen Grundprinzip entwickelt haben. Waren erste Modelle noch relativ grob (z.B. Schraubendurchmesser 3,5 mm), so wurde innert kurzer Zeit eine grosse Zahl verschiedener Plattenformen und -grössen mit unterschiedlicher Anzahl von Schrauben oder Stiften mit deutlich kleinerem Kaliber angeboten. Die Plattenform sowie die Schraubenrichtung in Bezug auf die Plattenebene wurden der Anatomie immer besser angepasst, so dass ein Nachteil der win-

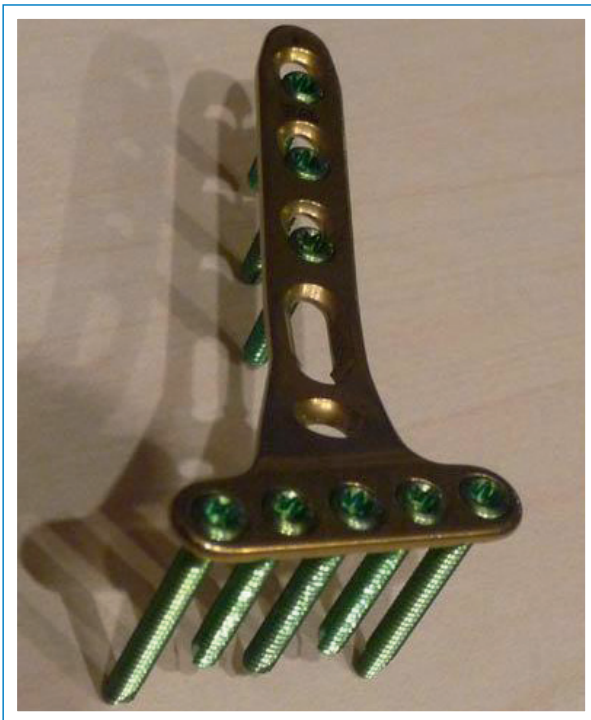
kelstabilen Platte gegenüber der konventionellen Montage weniger ins Gewicht fiel: Die Schraubenrichtung ist durch das Gewinde in der Platte vorgegeben und kann nicht mehr frei bestimmt und dem Frakturmuster angepasst werden (Abb. 4 ). Dadurch kann es gelegentlich vorkommen, dass eine Schraube nicht im Fragment, sondern im Frakturspalt zu liegen kommt. Dieses Problem kann erst seit 3–4 Jahren mit sogenannten multidirektionalen oder polyaxialen Systemen umgangen werden [15]. Hier kann der Operateur bis zu einem maximalen Winkel von z.B. 15° in jeder Richtung zur vorgegeben zentralen Achse die Schraubenrichtung selbst bestimmen und somit individuell dem Frakturverlauf anpassen (Abb. 5 ). Der Schraubenkopf wird dann in der Platte, je nach Hersteller, mit unterschiedlichem Mechanismus verankert. Dadurch können Fragmente gezielter gefasst und stabiler fixiert werden. Damit kann man auch bei komplexen Frakturen (AO 23-C3) (Abb. 6 ) dem ursprünglich definierten Ziel von Böhler recht nahe kommen: Es ist nun möglich, wenige Tage nach der operativen Stabilisierung eine funktionelle Therapie zu beginnen. «Einrenken» und «Festhalten» wird mit der Operation erzielt, «Üben» ist praktisch unmittelbar postoperativ möglich. Mit heutigen Implantaten sind auch osteoporotische Frakturen, wie sie in der Gerontotraumatologie häufig vorkommen, meist zuverlässig stabilisierbar.

Selbstverständlich haben alle beschriebenen Methoden auch ihre Nachteile und Probleme. Neben den allgemeinen Operationsrisiken wie Wundheilungsstörungen, Hämatome, Infekte oder Verletzung von Gefässen und Nerven kann es zu implantatbedingten Irritationen oder gar Rupturen von Beuge- oder Strecksehnen kommen. Auch Implantatversager, sekundäre Dislokationen oder Pseudarthrosen sind beschrieben worden. Oft wird vom Patienten im Verlauf eine Metallentfernung gewünscht, was einen zweiten Eingriff bedingt.

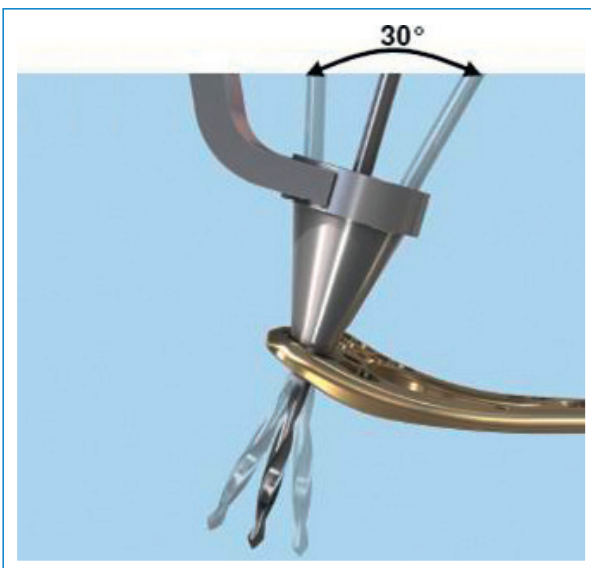
### Eigenes Vorgehen

Die Möglichkeiten der Frakturversorgung mit modernen Implantaten und Techniken zwingt den Chirurgen dazu, sich noch eingehender als zuvor mit der Verletzung auseinanderzusetzen, um ein möglichst exaktes Resultat zu erzielen. Bei sorgfältiger Handhabung und Beachtung von Details, wie z.B. korrekte Platten- und Schraubenlage oder Schraubenlänge, sind unseres Erachtens diese Risiken gering, und die Vorteile der Osteosynthese überwiegen bei weitem. In einer Serie von 63 (Oktober 2008 bis Mai 2009) implantierten polyaxialen palmaren Radiusplatten (System VA-LCP/Fa. Synthes®) (Abb. 6) konnten wir bisher keine Sehnenverletzungen feststellen, und der einzige Implantatversager ist auf unsachgemässe Montage zu Beginn der Serie zurückzuführen [16].

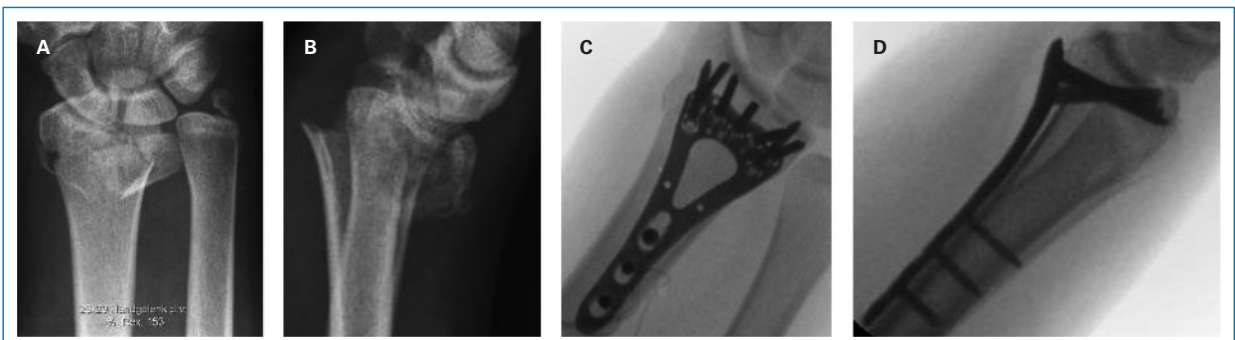
Der Behandlungsalgorithmus bei distalen Radiusfrakturen an unserem Spital ist in Abbildung 7  ersichtlich. Bei der operativen Versorgung bevorzugen wir den palmaren Zugang (in einer Serie im Jahre 2006 von



**Abbildung 4**  
Winkelstabiles Implantat mit fixem, parallelem Schraubenwinkel.



**Abbildung 5**  
Variabler Winkel bei winkelstabilem Implantat.



**Abbildung 6**  
Intraartikuläre Fraktur (A, B), versorgt mit polyaxialem winkelstabilem Implantat (AO 23-C3) bei einem 65-jährigen Patienten (C, D).

81 distalen Radius-Osteosynthesen wurden von uns 74 [91,4%] von palmar versorgt). Die Resultate der winkelstabilen palmaren Plattenosteosynthese sind derart überzeugend, dass wir vermehrt auch bei an und für sich konservativ behandelbaren dislozierten Frakturen (AO 23-A2) den Patientinnen und Patienten die operative Behandlung empfehlen, da so eine frühfunktionelle Nachbehandlung, d.h. ohne mehrwöchige Gipsruhigstellung und mit einer wesentlich kürzeren Gesamtbehandlungsdauer, erreicht werden kann.

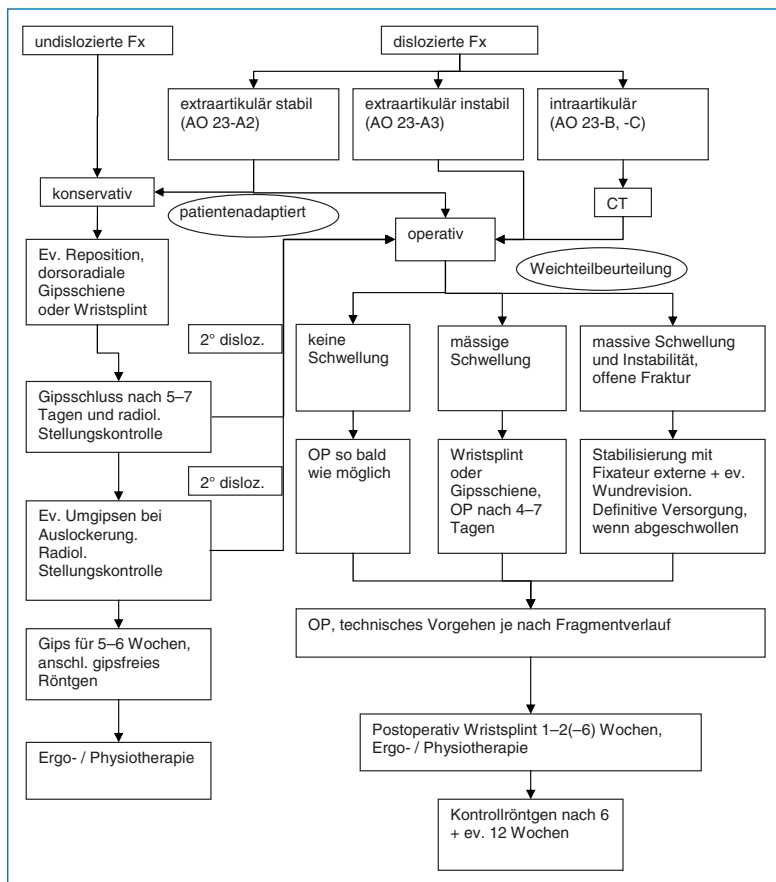
Andererseits sollte nicht jede instabile Radiusfraktur operiert werden. Unser Vorgehen ist patientenorientiert und berücksichtigt die persönlichen Bedürfnisse und Ansprüche der Patientinnen und Patienten. Compliance, das Operationsrisiko sowie die Lebensumstände sind wichtige Faktoren bei der Entscheidungsfindung. In diesem Sinne macht bei einem alten, bettlägerigen Menschen ohne Schmerzen eine aufwendige Rekonstruktion wenig Sinn.

Spickdrahtosteosynthesen am Radius haben in unserer Klinik, ausser bei kindlichen Frakturen, praktisch keinen Stellenwert mehr. Die Verwendung eines einzigen Implantattyps für fast alle Frakturarten hat den Vorteil, dass Operateure und OP-Personal die Implantation routiniert vornehmen können und Details besser kennen.

Grenzen bestehen immer noch bei komplexen Frakturen mit Zertrümmerung der Gelenkflächen oder bei Zusatzverletzungen, z.B. des Carpus. Hier verwenden wir den Fixateur externe für die Behandlung. Die externe Fixierung ist auch sehr hilfreich zur temporären Stabilisierung bei offenen Frakturen bis zur definitiven Versorgung nach Weichteilkonditionierung. Im Einzelfall, z.B. bei isolierten Frakturen des Processus styloideus radii, können auch einfache Verschraubungen zielführend sein. Auch kombinierte dorsopalmare Zugänge oder dorsale Zugänge, z.B. für die Versorgung von AO-23-B2-Frakturen, kommen zur Anwendung.

### Zukünftige Entwicklungen

Zweifellos werden weitere Ingenieurleistungen zu Neuerungen und Verbesserungen auch in diesem Bereich führen. Bestehende Implantate werden laufend optimiert. Die ultraschallinduzierte Verschweissung



**Abbildung 7**  
Möglicher Behandlungsalgorithmus bei distaler Radiusfraktur.

von Knochenstücken mit bioresorbierbaren Pins wird bereits in Teilbereichen der Fussorthopädie angewendet. Robotergesteuerte Einbringung von Implantaten wird erprobt. Möglicherweise führt ein vermehrter Kostendruck zur Entwicklung von stabilen resorbierbaren Osteosynthesematerialien, womit die Metallentfernung entfallen würde. Aber auch Ideen zum Leimen von Frakturen sind im Umlauf.

Letztendlich bleibt aber künftig eine kompetente ärztliche Beratung und Behandlung der Patientinnen und Patienten vor, während und nach der unmittelbaren Frakturversorgung ein entscheidender Schlüssel zum Erfolg in der Behandlung von Knochenbrüchen.

#### Korrespondenz:

Dr. Andreas Schierz  
Chirurgische Klinik  
Spital Zollikerberg  
Trichtenhauserstr. 20  
CH-8125 Zollikerberg  
[andreas.schierz@spitalzollikerberg.ch](mailto:andreas.schierz@spitalzollikerberg.ch)

#### Empfohlene Literatur

- Müller ME, Nazarian S, Koch P. Classification AO des fractures 1: Les Os Longs. Springer, Berlin 1987.
  - Rikli D, Regazzoni P. Fractures of the Distal End of the Radius Treated by Internal Fixation and Early Function. J Bone Joint Surg. 1996; 78B:588–92.
  - Krimmer H, et al. Palmare winkelstabile Plattenosteosynthese der instabilen distalen Radiusfraktur. Unfallchirurg. 2004;107:460–7.
  - Mehling I, Meier M, Schlör U, Krimmer H. Multidirektionale winkelstabile Versorgung der instabilen distalen Radiusfraktur. Handchir Mikrochir Plast Chir. 2007;39:29–33.
- Die vollständige nummerierte Literaturliste finden Sie unter [www.medicalforum.ch](http://www.medicalforum.ch).

# Die konzeptionelle und technische Entwicklung der Frakturversorgung am Beispiel der distalen Radiusfraktur / Le développement conceptuel et technique du traitement des fractures à l'exemple de la fracture de l'extrémité distale du radius

## Weiterführende Literatur (Online-Version) / Références complémentaires (online version)

- 1 Colles A. On the Fracture of the Carpal Extremity of the Radius. *Edinburgh Med Surg.* 1814;10:182–6.
- 2 Jupiter JB, Fernandez DL. Comparative Classification for Fractures of the End of the Radius. *J Hand Surg.* 1997;22A:563–71.
- 3 Müller ME, Nazarian S, Koch P. Classification AO des fractures 1: Les Os Longs. Springer, Berlin 1987.
- 4 Vidal J, Buscayret, Fischbach C, et al. Une Methode originale dans le traitement des fractures communitives de l'extremite inferieure du radius; le taxis ligamentaire. *Acta Orthop. Belg.* 1977;43:781–9.
- 5 Melone CP Jr. Articular fractures of the distal radius. *Orthop.Clin North Am.* 1984;15:217–36.
- 6 Rikli D, Regazzoni P. Fractures of the Distal End of the Radius Treated by Internal Fixation and Early Function. *J Bone Joint Surg.* 1996;78B:588–92.
- 7 Kapandji A. L'osteosynthese par double embrochade intra – focal. *Ann Chir.* 1976;30:903–8.
- 8 Ombredanne. L'osteosynthese temporaire chez les enfants. *Presse med* 1929;52.
- 9 Hoffmann R, Osteotaxis, osteosynthesis externe par finches et rotules. *Acta Chir Scand.* 1954;107:72.
- 10 McQueen MM. Redisplaced unstable fractures of the distal radius. A randomised prospective studa of bridging versus non-bridging external fixation. *J Bone Joint Surg.* 1998;80B:665–9.
- 11 Leung KS, et al. Ligamentotaxis and Bone Grafting for Comminuted Fractures of the Distal Radius. *J Bone Joint Surg.* 1989;71B:838–42.
- 12 Krimmer H, et al. Palmare winkelstabile Plattenosteosynthese der instabilen distalen Radiusfraktur. *Unfallchirurg.* 2004;107:460–7.
- 13 Uzdil T, Neumann W, Bauschke A, Winker KH. Die palmare winkelstabile Plattenosteosynthese bei distalen Radiusextensionsfrakturen. *Akt Traumatol.* 2001;31:141–8.
- 14 Moser VL, et al. Palmare winkelstabile Plattenosteosynthese der instabilen distalen Radiusfraktur. *Operat Orthop Traumatol.* 2004;16:380–96.
- 15 Mehling I, Meier M, Schlör U, Krimmer H. Multidirektionale winkelstabile Versorgung der instabilen distalen Radiusfraktur. *Handchir Mikrochir Plast Chir.* 2007;39:29–33.
- 16 Schierz A, Meier C. Erste Erfahrungen mit der palmaren winkelstabilen 2 –Säulen Radiusplatte mit variablen Schraubenwinkeln (VA-LCP, Fa.Synthes®): Vorteile und mögliche Pitfalls. Posterpräsentation SGC Kongress 2009, Montreux.