

O. Kwasny, M. Fuchs, R. Schabus

I. Universitätsklinik für Unfallchirurgie (St. Vorstand: Prof. Dr. H. Hertz), Wien

Ergebnisse der Plattenosteosynthese der Radiusschaftfraktur über den volaren Zugang. Theoretische Grundlagen – klinische Ergebnisse

Wir berichten über die Ergebnisse der Plattenosteosynthese nach Radiusschaftfraktur über den volaren Zugang. Aufgrund der komplizierten Biomechanik des Unterarmschaftes und der vom Oberarm auf den Unterarm übergreifenden Muskulatur kann dem Radiuschaft keine eindeutige Zugzugungsseite zugewiesen werden. Die volare und dorsale Plattenlage ist also biomechanisch betrachtet gleichwertig. Der volare Zugang (nach Henry) bietet den Vorteil, daß er problemlos nach proximal und distal verlängert werden kann. Der Nervus radialis superficialis wird immer präpariert und kann so geschont werden. Nötigenfalls kann auch der tiefe Radialisast dargestellt und geschont werden. In den Jahren 1973 bis 1987 wurden 80 Radiusschaftfrakturen über den volaren Zugang versorgt. Ab 1977 wurde als Implantat nur mehr die 3,5-DCP verwendet. An Komplikationen ist es zweimal zu Pseudarthrosen (noch bei Drittelrohrplatten), einmal zur Ausbildung eines Brückenkallus und einmal zu einem Infekt gekommen. Neurologische Störungen sind nur zweimal im Sinne von Irritationen im Bereich des oberflächlichen Radialisastes aufgetreten. Im Bereich des tiefen Radialisastes oder des Nervus medianus ist es nie zu Komplikationen gekommen. In die Nachuntersuchung nach zwei bis 14 Jahren konnten 56 der 80 Patienten einbezogen werden. Entsprechend dem Schema nach Oestern und Tscherne ergibt sich für 48 (85,7%) Patienten ein sehr gutes oder gutes, bei sechs ein befriedigendes und bei zwei ein mäßiges Resultat. Bei 45 der 80 Patienten wurden bisher die Metalle entfernt, zu einer Refraktur kam es bisher einmal nach Entfernung einer Drittelrohrplatte. Seit Verwendung der 3,5-DCP haben wir nie mehr eine Refraktur nach Plattenentfernung gesehen.

Treatment of shaft fractures of the radius with compression plates by a volar approach. Theoretical basis – clinical results

This retrospective study analyses the results of 80 shaft fractures of the radius treated by open reduction and plating by a volar approach. Studies about strain distribution on the radius shaft worked out a varying pattern of tensile forces and a continuously change of the tension bend side through full range of motion. So from the biomechanical aspect an ideal position for compression plating is not determined and dorsal or volar plating brings the same stability. The advantage of the volar approach by Henry is the possibility of an easy extension of the approach to the distal or proximal part of the forearm and an optimal covering of the plate by soft tissue. To expose the superficial radial nerve is obligate, if necessary the deep radial nerve should be exposed too in proximal fractures. From 1973 to 1987 80 fractures of the shaft of the radius were treated by plating using the volar approach, since 1977 3.5 dynamic compression plate of the AO was used exclusively. Only two non-unions occurred in the beginning when the AO's third tube plate was used routinely. One massive callus formation had to be noticed with a complete loss of pronation and supination. One infection occurred, but normal wound healing and bone union could be achieved after early reoperation. Two incomplete lesions of the superficial radial nerve were seen, but normal sensibility occurred spontaneously. No other neural or vascular complication had to be noticed using this approach. In the follow-up 56 patients were seen two to 14 years postoperatively. Using the scheme of Oestern and Tscherne for the evaluation an excellent or good result could be achieved in 48 patients (85.7%), six patients had a fair result. Only in two patients a poor late outcome had to be noticed. The plate was removed in 45 of the 80 patients, only one refracture had to be seen as a late complication, since using the dynamic compression plate no refracture occurred.

Eingang des Manuskripts: 15. 5. 1990.

Annahme des Manuskripts: 21. 6. 1990.

Einleitung

Bei konservativer Therapie der Radiuschaftfraktur muß mit einer hohen Rate an Komplikationen, wie Pseudarthrosenentstehung, verzögerter Knochenbruchheilung und Fehlstellung, gerechnet werden [6, 9, 16, 20, 28, 35].

Bei knöcherner Fehlstellung und durch Schrumpfungen der Membrana interossea aufgrund der langdauernden Ruhigstellung kommt es zur Einschränkung der Umwendbewegung, insbesondere der Supination [17–19, 33, 35, 38]. Da auch die intramedulläre Osteosynthese die Ergebnisse nicht wesentlich verbessern konnte [7, 16, 31], hat sich in den letzten Jahren die Plattenosteosynthese zunehmend durchgesetzt. Bei Stabilisierung der Fraktur mit Plattenosteosynthese nach den Kriterien der AO [5, 23] kann meist eine funktionelle Nachbehandlung durchgeführt werden. Die Unterarmverplattung ist allerdings, wie die Durchsicht der Literatur zeigt, keine komplikationsfreie Operation. So berichtet Oestern in seiner Sammelstatistik über 2,7% Infekte, 6,2% verzögerte Heilungen und 3,7% Pseudarthrosen [23]. Auch Hadden et al. [11] geben eine Infektionsrate von 7% und eine Pseudarthrosenrate von 5% an. Er berichtet außerdem über fünf postoperative Radialis- und drei postoperative Medianusschädigungen. Die Gefahr der intraoperativen Nervenschädigung wird auch von anderen Autoren wie Anderson und Doge bestätigt [1, 10].

Das Ziel der Osteosynthese am Unterarm muß die anatomische Reposition der Fraktur mit der Möglichkeit einer übungstabilen Nachbehandlung sein. Der operative Zugang soll so gewählt werden, daß die Zahl der Komplikationen, wie Infektion, Pseudarthrose, Nervenschädigung und Brückenkallus, möglichst gering gehalten werden. Insbesondere der operative Zugang zum Radiuschaft ist aufgrund der anatomischen Gegebenheiten nicht einfach. Bei vorgeschädigten Weichteilen und offenen Frakturen ist die Gefahr von Verwachsungen zwischen Haut und Muskulatur gegeben. Zur Verminderung von Infektionen muß eine möglichst gute Weichteildeckung angestrebt werden.

Die Plattenosteosynthese hat nur dann optimale Stabilität, wenn es gelingt, bei der funktionellen Nachbehandlung aufgetretene Zug- und Druckkräfte in reine Druckkräfte im gesamten Frakturspalt überzuführen. Es muß daher versucht werden, die Platte an der „Zuggurtungsseite“ anzulegen, um ein Aufklappen des Frakturspal-

tes und damit den Sprödbbruch der Platte zu verhindern [22, 27]. Ein weiterer Faktor, der bei der Wahl des Zuganges berücksichtigt werden soll, ist die Verhinderung von stark sichtbaren, kosmetisch störenden Narben.

Biomechanische Grundlagen

Bei Beurteilung der „Zuggurtungsseite“ des Unterarmes muß bedacht werden, daß neben der Unterarmmuskulatur auch die Muskulatur des Oberarmes am Unterarm ansetzt. Vereinfacht dreht sich die Speiche während der Umwendbewegung wie ein Türflügel um die Elle [32]. Die in den unterschiedlichen Drehstellungen wechselnd angespannten Züge der Membrana interossea führen zu unterschiedlichen Kraftableitungen zwischen Elle und Speiche [17, 29]. Wie Opitz [25] in seiner biomechanischen Untersuchung gezeigt hat, liegt an der Speiche keine Zuggurtungsseite vor. Während der Unterarmdrehung treten sowohl dorsal als auch palmar Zug- und Druckspannungen auf. Nur radial kommt es vorwiegend zum Auftreten von Druckspannungen. Biomechanisch betrachtet, ist also die Volar- und Dorsalseite bezüglich der Plattenlage als gleichwertig anzusehen. Die radiale Seite ist wegen der vorhandenen Druckspannungen schlechter geeignet [25, 30].

Anatomische Grundlagen

In der Literatur wird der dorsale Zugang (Bourgery-Thomson) als Standardzugang zum Radiuschaft empfohlen. Die Hautinzision liegt hier dorsalseitig über einer Linie zwischen Epicondylus radialis humeri und der Mitte des distalen Speichenendes. Bei der Darstellung des Radiuschaftes müssen die den Radiuschaft kreuzenden Muskeln (Musculus abductor pollicis longus und Musculus extensor pollicis brevis) angeschlungen und weit verlagert werden. Es besteht bei den weit proximal liegenden Frakturen die Gefahr der Schädigung des tiefen Radialisastes. Im distalen Abschnitt ist der sensible Radialisast gefährdet. Beim kombinierten Zugang nach Boyd-Thomson, der für komplexe Verletzungen empfohlen wird, ist eine weite Freilegung notwendig. Wie die Literatur zeigt, ist hier mit einer besonders häufigen Entwicklung von Brückenkallus zu rechnen [3]. Wir haben daher in den letzten Jahren zur Darstellung des Radiuschaftes den von Henry angegebenen volaren Zugang benutzt. Der Patient liegt in Rückenlage, und der Hautschnitt erfolgt beugeseitig lateral entlang der gut tastbaren Unterarmextensoren. Eine Verlängerung nach proximal in Richtung Bizeps-

sehne und nach distal bis zum Handgelenk ist ohne Probleme möglich. Zwischen Musculus brachioradialis und den Unterarmbeugern wird der sensible Radialisast dargestellt (Abbildung 1). Der Musculus supinator kann in Supinationsstellung des Unterarmes subperiostal, ohne Gefährdung des motorischen Radialisastes, abgeschoben und dieser nötigenfalls auch präpariert werden (Abbildung 2). Durch Pronation kann jetzt der gesamte Radiuschaft dargestellt werden. Die Darstellung der Ulna erfolgt über den typischen Zugang entlang der tastbaren Ulnakante. Die Hautbrücke zwischen beiden Inzisionen ist immer ausreichend breit [4, 12, 14, 37].

Patientengut

Es wurden in den Jahren 1973 bis 1987 80 Radiuschaftfrakturen über den oben beschriebenen volaren Zugang versorgt. Bis 1976 wurden wahlweise der dorsale und der volare Zugang, ab 1978 nur mehr der volare Zugang angewendet. In dieser Zusammenstellung scheinen nur

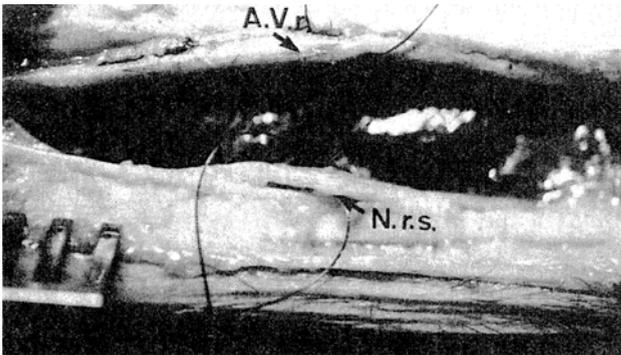


Abbildung 1. Präparation des Radiuschaftes zwischen sensiblen Radialisast und AVN radialis in Supination des Unterarmes. N. r. = Nervus radialis, A. v. r. = Arteria venae radialis.

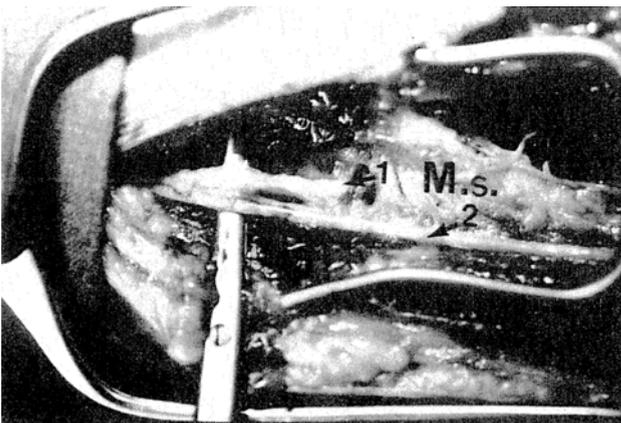


Abbildung 2. Präparation der Teilungsstelle des tiefen (1) und oberflächlichen Radialisastes (2) mit Eintritt des tiefen Radialisastes in den Musculus supinator (M. s.).

jene Patienten auf, bei denen der volare Zugang verwendet wurde. Bei den Patienten handelte es sich um 75 Männer und 25 Frauen mit einem Durchschnittsalter von 39,5 Jahren (17 bis 75 Jahren). Bei 48 Patienten lag eine Fraktur beider Unterarmknochen, bei zwölf Luxationsfrakturen vom Typ Galeazzi und bei 20 isolierte Radiuschaftfrakturen vor. 15 Frakturen waren offen, acht davon erstgradig, vier zweitgradig und drei drittgradig. Die Operation erfolgte 48mal am Aufnahmetag, unter anderem alle offenen Frakturen, und 32mal nach ein bis neun Tagen. Eine Spongiosaplastik wurde siebenmal primär und zweimal geplant sekundär durchgeführt. Ab 1977 wurde als Implantat die 3,5-DCP verwendet ($n = 61$), nur bei zwei weit distal gelegenen Frakturen kam eine Abstützplatte zur Anwendung. In den früheren Jahren kamen Drittelrohr-, Halbrohr- bzw. gelegentlich auch 4,5-DC-Platten zur Anwendung.

Komplikationen

Insgesamt haben wir in unserem Krankengut siebenmal postoperative Komplikationen gesehen. Einmal ist es zu einem tiefen Infekt gekommen, der nach Revision und Débridement sowie nach Einlegen von AB-Kugeln folgenlos ausheilte. Zur Entwicklung einer Pseudarthrose ist es bei zwei Patienten gekommen, bei denen die Frakturen mit einer Drittelrohrplatte versorgt wurden. Unserer Meinung nach ist sie zur Stabilisierung von Unterarmschaftfrakturen ungeeignet. Seit wir ausschließlich die 3,5-DCP verwenden, haben wir keine Pseudarthrose gesehen. Zur Ausbildung eines Brückenkallus ist es in einem einzigen Fall gekommen (Abbildungen 3a und 3b). Bei einem Patienten hat sich nach neuerlichem Sturz die 3,5-DCP verbogen, hier mußte noch einmal verplattet werden (Abbildung 4). Bei zwei Patienten bestand primär eine Radialisläsion, die einmal eine sekundäre Neurolyse notwendig machte. Bei zwei Patienten bestand postoperativ eine Irritation im Bereich des oberflächlichen Radialisastes mit Sensibilitätsstörungen. In beiden Fällen hat sich dies aber spontan, im Laufe eines halben Jahres, gegeben.

Nachuntersuchung

Wir konnten von den 80 Patienten 56 in einem durchschnittlichen Zeitraum von sechs Jahren (zwei bis 14 Jahren) nachuntersuchen. Es wurden bei allen Patienten Röntgenbilder des Unterarmes anterior-posterior und seitlich sowie im Seitenvergleich durchgeführt. Die Patienten wurden klinisch untersucht und die Beweglichkeit im Ellbogen und Handgelenk sowie die Unter-

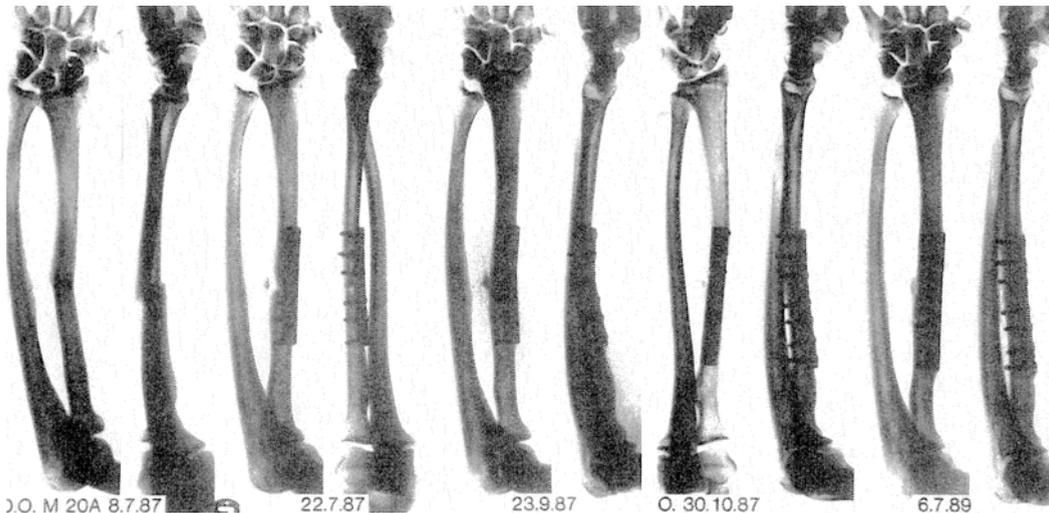


Abbildung 3a

Abbildung 3b

Abbildungen 3a und 3b. 20-jähriger Patient mit isolierter Radiuschaftfraktur, Verplattung am Aufnahmetag. Nach Sturz Verbiegung der Platte, Reosteosynthese nach drei Monaten. Zwei Jahre später ist die Fraktur knöchern geheilt und Patient beschwerdefrei.

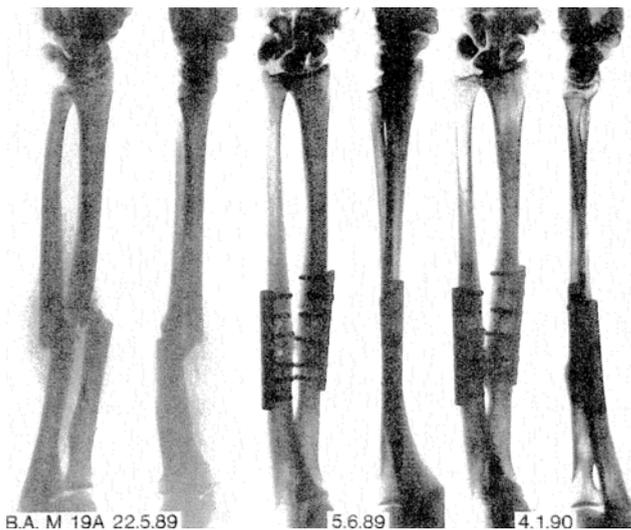


Abbildung 4. Einziger Patient mit Brückenkallus nach Fraktur beider Unterarmknochen, wobei die Schrauben in Richtung Musculus interossea liegen. Eine Lage, die vermieden werden sollte.

armdrehung anhand der Neutral-Null-Methode bestimmt. Die Kraft des Faustschlusses wurde mittels Druck auf einen Gummiballon, der an ein Manometer angeschlossen war, gemessen, wobei eine Abweichung bis 15 % toleriert wurde. Die Patienten wurden bezüglich ihrer Beschwerden befragt.

Ergebnisse

Die Ellbogengelenkbeweglichkeit war bei 43 Patienten frei, bei zehn war sie in Flexion bis 10°, bei einem über 10° eingeschränkt. Bei fünf Patienten war sie in Extension bis 10° und bei zwei bis 20° eingeschränkt. Die

Unterarmdrehung war in Pronation bei 48 Patienten frei, bei sechs bis 10° und bei einem völlig aufgehoben (Brückenkallus). Die Supination war bei 47 Patienten frei, bei vier bis maximal 10°, in einem Fall bis 20° und bei einem Patienten mit Brückenkallus vollständig eingeschränkt. Die Beweglichkeit des Handgelenkes war bei 48 Patienten völlig frei (Tabelle 1). Bei acht Patienten bestanden geringgradige Einschränkungen von Flexion in Extension. Bezüglich der objektiven Kraft zeigte sich, daß bei 45 Patienten eine seitengleiche Kraft und bei 13 Patienten eine Kraftminderung von mehr als 15 % (maximal 30 %) bestand, die in vier Fällen als subjektiv störend empfunden wurde. 42 Patienten waren subjektiv völlig beschwerdefrei. Zehn Patienten klagten über geringgradige Schmerzen sowie Wetterfühligkeit, zwei Patienten gaben stärkere Schmerzen an. Zwei Patienten klagten über starke Schmerzen bei Belastung sowie starke Wetterfühligkeit. Bei Berücksichtigung des Schemas nach Tscherne und Oestern (Tabelle 2), in dem zur Beurteilung des Gesamtergebnisses jeweils der schlechteste Parameter bestimmt wurde, ergab sich

| | Ellbogen frei n = 43 | | Unterarmdrehung n = 45 | |
|------------|----------------------|---------|------------------------|-----------|
| | Extension | Flexion | Supination | Pronation |
| Frei | 49 | 45 | 50 | 49 |
| -10° | 5 | 10 | 4 | 6 |
| > -10° | 2 | 1 | - | - |
| -20° | - | - | 1 | - |
| Aufgehoben | - | - | 1 | 1 |

Tabelle 1. Beweglichkeit bei 56 operierten Unterarmschaftfrakturen.

in unserem Patientengut für 48 (85,7%) Patienten ein sehr gutes oder gutes, für sechs ein befriedigendes und für zwei Patienten ein schlechtes Resultat. Tabelle 3 zeigt die Ergebnisse aufgeschlüsselt nach dem Schema von Oestern entsprechend der vorliegenden Frakturen. Man sieht, daß kein wesentlicher Unterschied zwischen Frakturen beider Unterarmschäfte und der isolierten Radiuschaftfraktur besteht. Die Luxationsfraktur nach Galeazzi weist ein etwas schlechteres Ergebnis auf, wobei aber auch die geringe Fallzahl berücksichtigt werden muß. Die beiden Patienten mit schlechten Ergebnissen stammen einmal aus der Gruppe der Patienten mit Frakturen beider Unterarmschäfte, das sind jene Patienten, bei denen eine Synostose vorliegt, sowie aus der Gruppe der Galeazzi-Frakturen. Dies sind jene Patienten, bei denen keine exakte Rekonstruktion des Radiuschaftes gelungen ist und bei denen eine Subluxationsstellung im distalen Radioulnargelenk besteht.

Metallentfernung

Die Metallentfernung wurde bisher bei 45 der 80 Patienten durchgeführt, wobei wir in den letzten Jahren die

Metallentfernung nur mehr bei sehr jungen oder Patienten mit Beschwerden vornehmen. Die Metallentfernung erfolgt aber frühestens zwei Jahre postoperativ, wobei zur Beurteilung des sicheren Knochendurchbaus vorher Drehaufnahmen durchgeführt werden. Bisher ist es nach Metallentfernung einmal zu einer Refraktur gekommen, die nach Entfernung einer Drittelrohrplatte bei Radiuschaftfraktur auftrat. Bei diesem Patienten wurde die Platte im Gegensatz zum sonstigen Vorgehen schon nach 14 Monaten entfernt und außerdem die knöcherne Randleiste entlang der Platte abgetragen.

Diskussion

Die operative Stabilisierung der Unterarmschaftfraktur hat sich in den letzten Jahren zunehmend durchgesetzt, da die funktionellen Endresultate nach anatomischer Reposition und frühfunktioneller Nachbehandlung deutlich besser als nach konservativer Therapie sind [5, 18, 23]. Trotz moderner Osteosynthesetechniken ist allerdings die Unterarmschaftverplattung mit einer großen Zahl operativer Risiken, wie Infekt, Pseud-

| Bewertung | Bewegungseinschränkung | Funktion | Beschwerden |
|--------------|---|---|---|
| Sehr gut | Streckung 0°/Beugung bis 15° Pro-/Supination bis 15° Dorsal-/Palmarflexion bis 15° Radial-/Ulnarabduktion bis 5° | Keine Einschränkung der Kraft oder Nervenfunktion | Keine |
| Gut | Streckung bis 10°/Beugung bis 30° Pro-/Supination bis 25° Dorsal-/Palmarflexion bis 25° Radial-/Ulnarabduktion bis 10° | Leichter bis mäßiger Kraftverlust, keine Einschränkung der Nervenfunktion | Subjektiv mäßige Beschwerden bei freier Bewegung |
| Befriedigend | Streckung bis 20°/Beugung bis 45° Pro-/Supination bis 45° Dorsal-/Palmarflexion bis 35° Radial-/Ulnarabduktion bis 10° | Leichter bis mäßiger Kraftverlust, Einschränkung der Nervenfunktion bei gleichem präoperativen Befund | Subjektiv stärkere Beschwerden bei Bewegung |
| Mäßig | Jeder weitere Verlust | Stärkerer Kraftverlust, Nervenfälle ohne Vorschädigung | Stärkere Beschwerden bei eingeschränkter Funktion |

Tabelle 2. Nachuntersuchungsschema nach Oestern.

| | Gesamt | Nachuntersuchung | Sehr gut | Gut | Befriedigend | Schlecht |
|------------------------------|--------|------------------|----------|-----|--------------|----------|
| Beide UA-Schäfte | 48 | 36 | 15 | 17 | 3 | 1 |
| | | | 88,8 % | | | |
| Luxationsfraktur (Galeazzi) | 12 | 8 | 3 | 3 | 1 | 1 |
| | | | 75,0 % | | | |
| Isolierte Radiuschaftfraktur | 20 | 12 | 6 | 4 | 2 | 0 |
| | | | 83,3 % | | | |
| | 80 | 56 | 24 | 24 | 6 | 2 |
| | | | 85,7 % | | | |

Tabelle 3

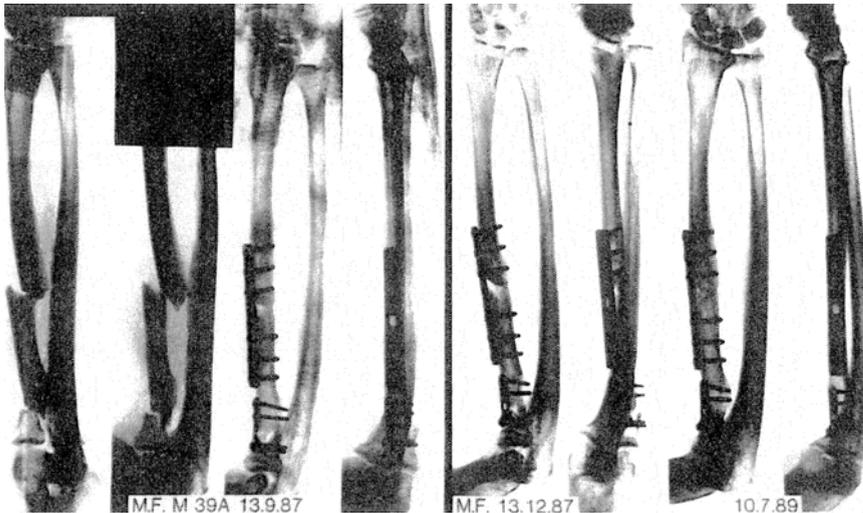


Abbildung 5. Röntgenserie der Unterarmfrakturen eines 39-jährigen Mannes mit Deux-etage-Bruch des Radius. Am Aufnahmetag wurde die Verplattung über einen volaren Zugang vorgenommen, wobei der Nervus radialis dargestellt wurde. Wegen der massiven Trümmerzone im Bereich des Radiusköpfchens erfolgte eine Gipsfixation für drei Wochen, dann weitere funktionelle Therapie. Bei der Nachkontrolle nach zwei Jahren zeigte sich eine freie Beweglichkeit. Der Patient ist völlig beschwerdefrei, und die Frakturen sind knöchern konsolidiert.

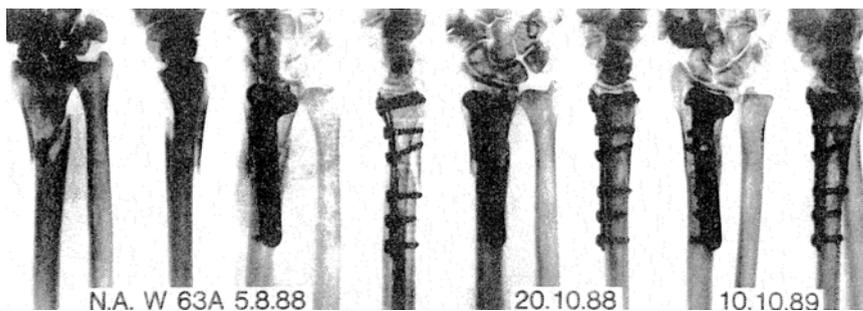


Abbildung 6. Röntgenserie einer 50-jährigen Frau, die bei einem Sturz eine distale Radiuschaftfraktur (Typ Galeazzi) erlitt. Am Aufnahmetag erfolgte die Verplattung von volar, wobei aufgrund des kurzen distalen Fragmentes eine Abstützplatte gewählt wurde. Gipsfixation für drei Wochen, keine Revision des distalen Radioulnargelenkes. Nachher funktionelle Therapie. Bei der Nachuntersuchung zeigten sich ein gutes funktionelles Resultat und freie Beweglichkeit. Es bestanden nur geringe Schmerzen bei Wetterwechsel und bei massiver Belastung.

arthrose, Brückenkallus oder Nervenschädigung, verbunden. Alle diese Komplikationen stehen im engen Zusammenhang mit der Wahl des Zugangsweges. Um einerseits eine Nervenschädigung und Brückenkallusbildung zu vermeiden und andererseits möglichst eine Infektion zu verhindern, muß weichteilschonend operiert werden. Der volare Zugang hat unserer Meinung nach den Vorteil, daß eine weitere Darstellung nach proximal und distal (Präparation des tiefen Radialisastes, Präparation bis in den Karpalkanal hinein) möglich ist (Abbildungen 5 und 6). Der Nervus radialis superficialis wird in allen Fällen dargestellt und kann daher sicher geschont werden. Bei exakter Operationstechnik ist der tiefe Radialisast kaum gefährdet. Es gelang in allen Fällen eine ausreichende Weichteildeckung zu erzielen, was sich im Vergleich zur Literatur in einer niedrigen Infektionsrate niederschlägt [1, 11, 15]. Auch die Brückenkallusbildung war in unserem Krankengut mit einem Patienten, wenn man dies mit anderen Statistiken vergleicht, selten [3, 23]. Die Ergebnisse der Frakturen eines bzw. beider Schäfte bzw. der Luxationsfraktur weichen nicht wesentlich voneinander ab. Ausschlaggebend für das Endresultat erscheint viel-

mehr die exakte anatomische Reposition mit der Möglichkeit der frühfunktionellen Nachbehandlung.

Die in der Literatur angegebene Zahl an Refrakturen nach Metallentfernung vom Unterarmschaft ist relativ groß. So berichten Hidaka und Gustilo über sieben Refrakturen bei 33 entfernten Implantaten [13]. Auch Anderson et al. geben eine hohe Refrakturrate an, während Müller et al. in ihrem AO-Manual über eine Refrakturrate von 1% berichten [1, 2, 13, 22]. Diese Refrakturen werden einerseits auf die gestörte Knöchendurchblutung unterhalb der Platte und andererseits auf zu steife Implantate zurückgeführt [15, 22, 25, 27]. Hidaka und Gustilo [13] konnten nachweisen, daß mit späterer Metallentfernung die Zahl der Refrakturen abnimmt. Chapman et al. [8] fanden nach Entfernung der 3,5-DC-Platte eine niedrigere Frakturrate als nach Entfernung von 4,5-DC-Platten. Seit Einsatz der 3,5-DCP ist es nach Metallentfernung nie zu einer Refaktur gekommen. Dies führen wir einerseits auf das Implantat (3,5-DCP) und andererseits auf die Tatsache, daß die Implantate mindestens zwei Jahre belassen bleiben, zurück. Vor der Metallentfernung werden zur

Beurteilung der sicheren knöchernen Heilung außerdem Drehaufnahmen angefertigt.

Bei normaler Armstellung ist eine dorsal gelegene Narbe eher sichtbar als eine Narbe an der Palmarseite des Unterarmes. Der volare Zugang ist daher auch von kosmetischer Seite her vorzuziehen.

Literatur

1. Anderson, L. D.: Compression plate fixation and the effect of different types of internal fixation on fracture healing. *J. Bone Jt. Surg.* 47-A (1965), 191.
2. Anderson, L. D., D. Sisk, R. E. Tooms, W. I. Park III: Compression plate fixation in acute diaphyseal fractures of the radius and ulna. *J. Bone Jt. Surg.* 57-A (1975), 287.
3. Bauer, G., O. Wörsdörfer: Besteht ein Einfluß des operativen Zugangsweges auf die Brückenkallusbildung nach Unterarm-schaftfrakturen? *Mitteilungsbl. der Dtsch. Ges. für Orthop. und Traumatol.* 3 (1989), 73.
4. Bauer, R., F. Kerschbaumer, S. Poisel: Operative Zugangswege in Orthopädie und Traumatologie. Thieme, Stuttgart-New York 1986.
5. Böhler, A., O. Kwasny, R. Schabus, M. Wagner: Rehabilitationszeit nach Verplattung von Unterarmschaftfrakturen. *Hefte Unfallheilk.* 201 (1989), 364.
6. Bolton, H., A. G. Quinlay: The conservative treatment of fractures of the shaft of the radius and ulna in adults. *Lancet* II (1952), 701.
7. Caden, J. G.: Internal fixation of fractures of the forearm. *J. Bone Jt. Surg.* 43-A (1961), 1115.
8. Chapman, M. W., E. Gordon, A. G. Zissimos: Compression-plate fixation of acute fractures of the diaphyses of the radius and ulna. *J. Bone Jt. Surg.* 71-A (1989), 159.
9. De Buren, N.: Causes and treatment of non-union in fractures of the radius and ulna. *J. Bone Jt. Surg.* 44-B (1962), 614.
10. Doge, H. S., G. W. Cady: Treatment of fractures of the radius and ulna with compression plates. *J. Bone Jt. Surg.* (1972), 1167.
11. Hadden, W. A., R. Reschauer, W. Seggl: Results of fixation of forearm shaft fractures in adults. *Injury* 15 (1983), 44.
12. Henry, A. K.: *Extensile exposure*, 2nd ed. Ch. Livingstone, Edinburgh-London-New York 1973.
13. Hidaka, S., R. B. Gustilo: Refracture of bones of the forearm after plate removal. *J. Bone Jt. Surg.* 66-A (1984), 1241.
14. Hoppenfeld, S., P. de Boer: Surgical exposures in orthopaedics. The anatomic approach. J. B. Lippincott, Philadelphia 1984.
15. Jacobs, R. R., B. A. Rahn, S. M. Perren: Effect of plates on cortical bone perfusion. *J. Trauma* 21 (1981), 91.
16. Knight, R. A., G. D. Purvis: Fractures of both bones of the forearm in adults. *J. Bone Jt. Surg.* 31-A (1949), 755.
17. Küsswetter, W.: *Morphologie und Biomechanik der Membrana interossea antebrachii*. Thieme, Stuttgart 1982.
18. Kwasny, O.: Die Unterarmschaftfraktur des Erwachsenen. Anatomie – Biomechanik der Unterarmdrehung – Grundlagen der Therapiewahl – klinische Ergebnisse. *Facultas*, Wien 1991.

19. Leitz, G.: Die Therapie der Ellen- und Speichenschaftbrüche. *Langenbecks Arch. klin. Chir.* 312 (1965), 61.
20. Mittelbach, H. R., A. Buschmann: Plattenosteosynthese bei Vorderarmschaftbrüchen. *Chirurg* 42 (1971), 514.
21. Moyon, B. J. L., P. J. Lahey, E. H. Weinberg, W. H. Harris: Effects on intact femora of dogs of the application and removal of metal plates. A metabolic and structural study comparing stiffer and more flexible plates. *J. Bone Jt. Surg.* 60-A (1978), 940.
22. Müller, M. E., M. Allgöwer, R. Schneider, H. Willenegger: *Manual of internal fixation. Techniques recommended by the AO group*, 2nd ed. Springer, New York 1979.
23. Oestern, H. J., H. Tscherne: Ergebnisse der AO-Sammelstudie über Unterarmschaftfrakturen. *Hefte Unfallheilk.* 201 (1989), 71.
24. Olerud, S., G. Danckwardt-Lillieström: Fracture healing in compression osteosynthesis in the dog. *J. Bone Jt. Surg.* 50-B (1968), 844.
25. Opitz, A.: Mechanische Dehnungen am Unterarmskelett. *Beilage zur Wiener klin. Wschr.* 95, Suppl. (1983), 141.
26. Perren, S. M.: Physical and biological aspects of fracture healing with special reference to internal fixation. *Clin. Orthop.* 138 (1979), 175.
27. Pollock, F. M., A. M. Pankovich, J. J. Prieto, M. Lorenz, V. P. Shurlam: The isolated fracture of the ulna shaft. *J. Bone Jt. Surg.* 65-A (1984), 339.
28. Profitos, J., M. Gergen: Die Behandlung von Unterarmbrüchen. Ein Auswertung der Spätergebnisse von 100 nachuntersuchten Fällen. *Ergebn. Chir. Orthop.* 47 (1965), 247.
29. Rossak, K.: Experimentelle Druckmessungen am Unterarm und ihre klinischen Folgerungen. *Erg. Chir. Orthop.* 54 (1970), 141.
30. Schabus, R., R. Beer, A. Opitz: Experimentelle Messung der Druckverteilung an der Corticalis des Unterarmschaftes. *Hefte Unfallheilk.* 201 (1989), 20.
31. Smith, H., F. P. Sage: Medullary fixation of forearm fractures. *J. Bone Jt. Surg.* 39-A (1957), 91.
32. Strasser, H.: *Lehrbuch der Muskel- und Gelenkmechanik*. Bd. I: Allgemeiner Teil. Springer, Berlin 1908.
33. Stringa, G.: Ergebnisse konservativer Behandlung der Schaftbrüche von Oberarm, Unterarm, Oberschenkel und Unterschenkel. *Chir. Praxis* 1 (1957), 461.
34. Thomsen, W.: Über Spätfolgen und Verletzungen der Unterarmknochen, insbesondere des Radius. *Arch. Orthop. Unfallchir.* 36 (1935), 580.
35. Trojan, E.: Die Behandlungsergebnisse von 277 frischen geschlossenen Schaftbrüchen beider Vorderarmknochen. *Hefte Unfallheilk.* 46 (1963), 140.
36. Tscherne, H.: *Chirurgische Zugänge am Unterarm*. *Hefte Unfallheilk.* 201 (1989), 1.
37. Tscherne, H., H. J. Oestern, U. Sander: Technik und Ergebnisse der Plattenosteosynthese am Unterarmschaft. *Unfallheilkunde* 81 (1978), 332.
38. Wilhelm, K., F. L. Rueff: Die operative Versorgung von Unterarmschaftfrakturen. *Arch. orthop. Unfall-Chir.* 70 (1971), 215.

Für die Verfasser: Dr. Oskar Kwasny, I. Universitätsklinik für Unfallchirurgie, Alser Straße 4, A-1097 Wien.