

Diplomarbeit

**Frykman-Frakturen bei Kindern und
Jugendlichen:**

**Die Auswirkung einer assoziierten Verletzung des
Processus Styloideus Ulnae zur distalen
Radiusfraktur auf das Outcome**

eingereicht von

Silvia Zötsch

zur Erlangung des akademischen Grades

Doktorin der gesamten Heilkunde

(Dr. med. univ.)

an der

Medizinischen Universität Graz

ausgeführt an der

Klinik für Kinderchirurgie

unter der Anleitung von

Doz. Dr. Annelie-Martina Weinberg

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre hiermit ehrenwörtlich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst habe, andere als die angegebenen Quellen nicht verwendet habe und die benutzten Quellen wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Graz, am

Silvia Zötsch

Um die Lesbarkeit der vorliegenden Arbeit zu erleichtern, wird das generische Maskulinum verwendet, das sowohl männliche als auch weibliche Personen beinhaltet.

Danksagung

Der größte Dank gilt Doz. Dr. Annelie-Martina Weinberg, die mir als Betreuerin stets hilfreich zur Seite stand und mir mit ihrem Fachwissen und guten Ratschlägen weiterhalf, wenn mir der Durchblick etwas fehlte oder ich den Faden verloren hatte.

Ein herzliches Dankeschön will ich natürlich auch an meine Eltern aussprechen, die mir mein Studium erst ermöglicht haben, immer hinter mir standen und stets an mich glaubten und so den nötigen Rückhalt boten.

Danke auch an meine Freunde, die mich auf meinen Weg begleiteten, die für meine Probleme immer ein offenes Ohr hatten und mir bei Bedarf unter die Arme greifen.

Danke!

Kurzfassung

Einleitung:

Eine assoziierte Styloidfraktur ist eine häufige Begleitverletzung distaler Radiusfrakturen bei Erwachsenen und bereitet diesen, durch die mögliche Bildung einer Pseudarthrose, häufig Probleme, die oft im Zusammenhang mit der entstehenden Instabilität des Handgelenkes diskutiert werden [Erhalt, 1935; Luther et al, 2007]. Auch für Kinder wird, in einer Studie, eine sehr hohe Pseudarthroserate (80%, 28/35) angegeben, die in 20% (7/35) mit intermittierenden Schmerzen während der Bewegung und radioulnarer Instabilität einhergeht. [Abid et al, 2008]

Letztere Arbeit bezieht sich allerdings ausschließlich auf eine kurzfristige Beobachtung ohne Aussagen über den Langzeitverlauf aufzuzeigen. Daher scheint es interessant, ob eine assoziierte Styloidfraktur Auswirkungen auf das Outcome (Bewegungsumfang, Beschwerden und Gelenkstabilität) distaler Radiusfrakturen im Wachstumsalter im Langzeitverlauf (mindestens 2 Jahre nach dem Trauma) hat. Dies wurde bisher wissenschaftlich nicht ausreichend bzw. gar nicht untersucht.

Das Ziel dieser Studie ist es daher, möglichst viele Informationen über Frykman-Frakturen im Kindesalter zu erhalten. Weiters wurde der Langzeitverlauf dieser Verletzung ermittelt, ebenso wie die Heilungsrate mindestens zwei Jahre nach dem Trauma.

Material und Methode:

Durch die Auswertung der Röntgenbilder aller Patienten, welche in den Jahren 2006 und 2007 wegen einer distalen Radiusfraktur an der Kinderchirurgie Graz vorstellig wurden (n=471), konnten 51 Patienten erhoben werden, welche eine assoziierte Verletzung des Processus Styloideus Ulnae aufwiesen. Aus den Krankenakten und bestehenden Röntgenbilder dieser Patienten wurden die Verletzungsursache, die Art der assoziierten Radiusfraktur, die Lokalisation der Styloidfraktur (Basis oder Spitze), die Primärtherapie, sowie das primäre Behandlungsergebnis ermittelt.

Weiters wurden diese Patienten zu einer klinischen Nachuntersuchung mit Röntgenkontrolle nach durchschnittlich 31 Monaten (SD=7,4 Monate) eingeladen und mittels Fragebogen zum aktuellen Zustand (DASH-Score), zur Verletzungsursache, zur Sportfähigkeit, sowie möglichen Komplikationen und Einschränkungen befragt.

Ergebnis:

Bei 10,8% (n=51) aller distalen Radiusfrakturen, die an der Kinderchirurgie Graz vorstellig wurden, konnte eine assoziierte Fraktur des Processus Styloideus Ulnae festgestellt werden. Das durchschnittliche Verletzungsalter betrug hierbei 13 Jahre (SD=2,13 Jahre).

Als häufigste Verletzungsursachen konnten Stürze (22%) und Sportverletzungen (v.a. Snowboarden [17%] und Fußball [16%]) ermittelt werden. Die Verteilung zwischen rechter und linker Hand war ausgeglichen. In einem Fall konnte sogar ein beidseitiges Auftreten ermittelt werden. Nur 17,5 % (n=9) aller Patienten waren weiblich.

Besonders häufig trat ein Styloidabriss in Kombination mit einer dislozierten kompletten distalen Radiusfraktur (35%) oder einer Salter Harris II-Fraktur (30%) auf.

Bei den Styloidfrakturen handelte es sich in 70,5% (n=36) um einen Styloidspitzenabriss, in den restlichen 29,5% um einen Abriss an der Basis.

Die Frykman-Fraktur wurde in 90,2% (46/51) primär mittels Gipsruhigstellung für 4 bis 6 Wochen konservativ behandelt. Vier Frakturen (7,8%) wurden mit einer Plattenosteosynthese des Radiuses versorgt und bei einem Patienten (1,9%) erfolgte eine Spickdrahtfixierung. Bei allen Patienten konnte eine Konsolidierung der Radiusfraktur nach Primärtherapie beobachtet werden. Die Fraktur des Processus Styloideus Ulnae war zu diesem Zeitpunkt jedoch nur in 9,8% (5/51) der Fälle verknöchert.

Bei der durchgeführten Nachuntersuchung von 19 Patienten konnte festgestellt werden, dass diese ein gutes subjektives Outcome haben, da der ermittelte DASH-Score im Durchschnitt bei 3,73 lag, was einer geringen Einschränkung der Globalfunktion der oberen Extremität entspricht. Klinisch war häufig (73,5%, n=14) eine erhöhte federnde distale Ulna zur Gegenseite zu finden.

Nur sehr selten (15,7%, n=3) konnten Bewegungseinschränkungen (vor allem der Flexion und Extension) ermittelt werden und bei keinem Patienten wurden Schmerzen während der Nachuntersuchung festgestellt. Die Langzeitröntgenkontrolle zeigte bei 79% (n=15) eine vollständige Verknöcherung des Processus Styloideus in korrekter anatomischer Stellung nach durchschnittlich 31 Monaten (SD=7,4 Monate) post Trauma. Bei zwei Patienten (10,5%) wurde eine Pseudarthrose einer Styloidbasisfraktur gefunden. Diese ist mit Problemen (Schmerzen, Stechen), vor allem beim Heben schwerer Lasten bzw. Überkopfarbeiten, behaftet. Es zeigte sich bei der klinischen Untersuchung jedoch keine Instabilität im DRUG (=distales Radioulnargelenk). Nur in einem Fall konnte eine Pseudarthrose eines Styloidspitzenabrisses entdeckt werden, die jedoch asymptomatisch ist.

Schlussfolgerung:

Bei Kindern und Jugendlichen im Wachstumsalter stellt eine assoziierte Fraktur des Processus Styloideus Ulnae zu einer distalen Radiusfraktur eine eher seltene Verletzung (10,8%) dar und ist eher dem Jugendalter vorbehalten.

Im Follow-up von durchschnittlich 31 Monaten (SD=7,4 Monate) konnte gezeigt werden, dass diese begleitende Verletzung bei Kindern und Jugendlichen nur selten Probleme macht. Im Verlauf hinkt die knöcherne Heilung des Styloids jener des Radiuses deutlich nach.

Die Rate der verbleibenden Pseudarthrosen ist im Gegensatz zur Literatur deutlich geringer und liegt bei 15,8% (3/19).

Einen höheren Versorgungsaufwand, bei der primären Therapie, halten wir daher für nicht gerechtfertigt, außer bei vollständiger Dislokation mit Rotation ohne Fragmentkontakt zur Styloidbasis, sowie bei offenen Frakturen.

Abstract

Introduction:

An associated fracture of the ulnar styloid to a Colles' fracture (=Frykman-fracture) is a common injury in adults. A possible nonunion of these fractures can cause complications due to a reduction of stability of the wrist. [Erhalt, 1935; Luther et al, 2007]

There can also be found a high number of nonunions (80%, 28/35) in children and adolescent. Abid et al found out, that 20 % (7/35) of them suffered from radioulnar instability and intermittent pain during movements. [Abid et al, in 2008]

However, the above mentioned study only refers to a short-term observation without any statements about the long-term-outcome. But it seems interesting whether an associated styloid fracture has an effect on the outcome (range of motion, joint stability and other complications) of Colles' fractures in children and adolescents in a long-term-follow-up (at least 2 years after trauma). This hasn't been examined exactly enough in studies.

Therefore the aim of this study is to acquire as much information as possible about the Frykman-fracture (e.g. cause of injury, age, type of radius fracture, type of therapy) Furthermore the long-term outcome of this injury as well as the healing rate after at least two years post trauma should be investigated.

Materials and method:

51 patients with a Frykman-fracture could be found out by evaluating the X-ray pictures of all patients who came to the department of paediatric surgery in Graz in the years 2006 and 2007 because of distal radius fractures (n=471).

By analyzing the X-rays and the medical records histories we investigated the cause of injury, the location of the styloid fracture (tip or base), the type of associated radius fracture, the type of therapy and the result of the therapy.

These patients were invited to a clinical re-examination with X-ray control after an average of 31 months (SD=7.4 months) and were interviewed about their current condition (DASH score), the injury cause, the sports ability as well as possible complications and restrictions by using a questionnaire.

Results:

10.8% (n=51) of all Colles' fractures treated at the department of paediatric surgery in Graz showed a Frykman-fracture. The average age at trauma was 13 years (from 8 to 17 years).

As the most frequent cause of injury falls (22%) and sports injuries (above all snowboarding [17%] and football [16%]) could be determined. The distribution between right and left side was equivalent and in one patient a bilateral fracture could be found. Only 17.5% (n=9) of all patients were female.

Mostly a fracture of the ulnar styloid appeared in combination with a completely dislocated Colles' fracture (35%) or a Salter Harris II fracture (30%). 70.5% (n=36) of the styloidfractures were located on the tip and the rest on the base of the styloid process.

90.2% (46/51) of the patients were primarily treated with a cast for 4 to 6 weeks. Four fractures (7.8%) were fixed up with osteosynthesis and one (1.9%) with K-wires. All these patients showed a healing of the radius after this therapy but only 9.8% (5/51) showed an ossified styloid fracture at this time.

During the re-examination of 19 patients could be found out that they have a good subjective outcome as the average DASH-Score was 3.73 which means a minimal limitation of the function of the upper limb. A reduced stability between radius and ulna was clinically found frequently (73.5%, n=14). The patients suffer very rarely (15.7%, n=3) from movement limitations (especially in flexion and extension) and no patient had any pain during the re-examination. The long-term-X-rays after an average of 31 months (SD=7.4 months) post trauma showed that the ulnar styloid healed in an anatomically correct position in 79% (n=15).

A nonunion of a fracture on the base of styloid was discovered in two patients (10.5%). These patients have been suffering from pain especially while lifting heavy loads and working overhead till now. Nevertheless, no instability in the DRUG could be found during examination. Only in one case a nonunion of the tip of styloid could be seen in the X-ray pictures. This nonunion is asymptomatic.

Conclusion:

The Frykman-fracture is a rather rare injury (10.8%) in children and adolescents.

In the follow-up (average 31 months, SD=7.4 months] could be shown that this associated injury with a distal radius fracture causes hardly any problems during the growing period. The healing of the ulnar styloid is delayed in comparison with the healing of the radius. The rate of nonunions (15.8%, 3/19) is significantly lower as indicated in the literature.

So we think that an improvement of primary care of Frykman-fractures will not be necessary except in open fractures and cases where the fracture fragment is totally dislocated and rotated with no contact to the ulna.

INHALTSVERZEICHNIS

ALLGEMEINER TEIL.....	1
1. WACHSTUM UND ENTWICKLUNG.....	1
1.1. kindlicher Unterarm.....	1
1.2. kindliche Hand.....	2
2. ANATOMISCHE UND FUNKTIONELLE GRUNDLAGEN	3
2.1. Anatomie.....	3
2.2. funktionelle Anatomie.....	8
2.3. Die spezielle Bedeutung des <i>Processus styloideus ulnae</i>	14
3. FRAKTUREN IM WACHSTUMSALTER.....	16
3.1. Einteilung kindlicher Frakturen.....	16
3.2. Diagnostik kindlicher Frakturen.....	20
3.3. Therapie kindlicher Frakturen.....	23
3.4. Komplikationen kindlicher Frakturen.....	24
4. FRAKTUREN DES DISTALEN UNTERARMS.....	25
4.1. Verletzungsmechanismen.....	25
4.2. Klassifikation der distalen Unterarmfrakturen.....	25
SPEZIELLER TEIL – KLINISCHE STUDIE.....	38
I. EINLEITUNG.....	38
I.1. Ziel der Studie.....	39
II. MATERIAL UND METHODEN.....	39
II.1. Der DASH-Score.....	40
II.2. Die klinische Untersuchung.....	43
III. ERGEBNISSE.....	48
IV. DISKUSSION.....	55
ZUSAMMENFASSUNG.....	58
ANHANG.....	61
A) FRAGEBOGEN	61
B) NACHUNTERSUCHUNGSPROTOKOLL.....	65
C) EINVERSTÄNDNISERKLÄRUNGEN.....	66
C.1) Alter: 8 – 14 Jahre.....	66
C.2) Alter: 15 – 18 Jahre.....	67
C.2) Einverständniserklärung ab 18 Jahren.....	69
C.3) Elterninformation.....	71
LITERATURVERZEICHNIS.....	73

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abb. 1) Ossifikation der Hand – Verknöcherungskerne und Wachstumsfugen [Weinberg et al, 2006]	
a) Zeitraum des ersten Auftretens	
b) Zeitraum des kompletten Verschlusses.....	2
Abb. 2) Anatomie des Unterarms [Platzer, 2003].....	3
Abb. 3) Handskelett der rechten Hand von palmar [Sobotta, 2000]	5
Abb. 4) Art. Cubiti von vorne mit entfernter Gelenkkapsel [Platzer, 2003]	7
Abb. 5) Gelenksflächen des Unterarms [Rohen, 2006]	8
Abb. 6) Umwendbewegung des Unterarms: Die Drehbewegung des Radius um die Ulna von der Supination in die Pronation d= das Ausmaß der lateralen Abduktion der Ulna währenddessen [Weinberg et al, 2006].....	9
Abb. 7) Das Handgelenk: Gelenksspalten (rot), Gelenksflächen (hellblau) und Bandverbindungen (violett) [Platzer, 2006]	10
Abb. 8) Bewegungsumfang des Handgelenkes nach der Neutral-Null-Methode [Buckup, 2005]	
a) Flexion/Extension b) Ulnar-/Radialduktion.....	12
Abb. 9) der fibrocartilaginäre Komplex bestehend aus: Diskus, distale radioulnare Bändern, ulnocarpalen Bändern, Sehne des M. Extensor carpi ulnaris.....	14
Abb. 10) metaphysäre Frakturen [Weinberg et al, 2006]	
a) Wulstfraktur b) Grünholzfraktur c) Salter Harris I	
d) Salter Harris II.....	17

Abb. 11) Gelenksfrakturen [Weinberg et al, 2006]	
a) epiphysäre Fraktur bei offener Fuge (Salter Harris III)	
b) epi-metaphysäre Fraktur bei offener Fuge (Salter Harris IV)	
c) epiphysäre Fraktur bei beginnendem Fugenschluss („two-plane“)	
d) epi-metaphysäre Fraktur bei beginnendem Fugenschluss („tri-plane“)	18
Abb. 12) Röntgen rechter Unterarm in 2 Ebenen (ap und seitlich)	
Bei der Abbildung von langen Röhrenknochen sollten immer die angrenzenden Gelenke mit aufgenommen werden, um eine mögliche Luxationsfraktur erkennen zu können	20
Abb. 13) Röntgen rechter Unterarm (ap und seitlich)	
Lösung der distalen Radiusepiphyse, der distale Radius stellt die häufigste Lokalisation der Epiphysenlösung dar	24
Abb. 14) Frakturen des Processus Styloideus Ulnae	
A) basisnaher Abriss B) schaliger Ausriss der Styloidspitze	25
Abb. 15) Klassifikation nach Frykman für Erwachsene [Originalbild aus Weinberg et al, 2006]	26
Abb. 16) Abgeänderte Klassifikation nach Frykman für Frakturen bei noch offenen Fugen. [Originalbild aus Weinberg et al, 2006]	27
Abb. 17) ein geteilter Verknöcherungskern kann ein Hinweis auf eine Styloidfraktur im Kleinkindalter sein	28
Abb. 18) rechter Unterarm (ap und seitlich)	
Distale Radiusfraktur nach Kirschnerdraht-Osteosynthese	30
Abb. 19) linker Unterarm (ap und seitlich)	
Bereits konsolidierte Radiusfraktur nach Plattenosteosynthese mit winkelstabilen Schrauben	31

Abb. 20)	Versorgung der Fraktur des Processus Styloideus Ulnae mittels Zugschraube [Obermaier, 2008]	32
Abb. 21)	Versorgung der Fraktur des Processus Styloideus Ulnae mittels Spickdraht [Obermaier, 2008].....	32
Abb. 22)	Der DASH-Fragebogen – er stellt ein sensibles Instrument zur Analyse der Globalfunktion der oberen Extremität dar und wird inhaltlich in drei Teile aufgeteilt: Teil A: Fragen zur Funktion Teil B: Fragen zu Symptomen im Zusammenhang mit der Verletzung Teil C: Fragen zu speziellen Aktivitäten zB Sport, Spielen von Instrumenten.....	40
Abb. 23)	Der Bewegungsumfang des Handgelenkes und der Umwendbewegung nach der Neutral-Null-Methode [Niethart, 1989] Anmerkung: In der Literatur finden sich verschiedene Werte für Flexion/Extension	41
Abb. 24)	Durchführung der Neutral-Null-Methode für die Umwendbewegung A) Neutralposition B) maximale Supination C) maximale Pronation Hierbei muss darauf geachtet werden, dass die Ellbogen am Körper anliegen, um eine Mitbeteiligung des Schultergelenkes während der Umwendbewegung zu verhindern.....	42
Abb. 25)	Durchführung der Neutral-Null-Methode 1) Flexion 2) Extension 3) Radialduktion 4) Ulnarduktion.....	42

Abb. 26)	Überprüfung auf Vorliegen eine Ulnaminusvariante	
	Als erstes wird der Radiuskopf ertastet (Bild 2) und darauf eine Linie angelegt. Anschließend macht man das Selbe mit dem Ulnakopf (Bild 3). Zum Schluss schaut man, ob diese Linien in einer Ebene liegen....	44
Abb. 27)	Verletzungsursachen für distale Radiusfrakturen mit assoziierter Verletzung des Processus Styloideus Ulnae.....	45
Abb. 28)	Röntgen Handgelenk (ap + seitl.)	
	Die Ulna ist im Sinne einer Ulnaminusvariante um ca. 5 mm verkürzt. Die Fugen sind noch nicht geschlossen.....	49
Abb. 29)	Röntgen Handgelenk (ap + seitl.)	
	A) Processus Styloideus Ulnae gut angelagert bei Z.n. Fraktur des Styloids an der Basis	
	B) Der Processus Styloideus Ulnae ist nach dorsal disloziert eingeeilt.....	50
Abb. 30)	Röntgen Handgelenk (ap + seitl.)	
	Pseudarthrose der Spitze des Processus Styloideus Ulnae bei Z.n. Fraktur des Styloids (Basis und Spitze 2006)	
	Vorstellig aufgrund einer erneuten Fraktur des Radiuses (April 2009)..	50
Abb. 31)	Röntgen Handgelenk (ap), Patient: S.K., Alter: 16 Jahre	
	links) Röntgen vom 21.03.2006 bei St. p. distaler Radiusfraktur mit basisnahe Abriss des Processus Styloideus Ulnae	
	rechts) Kontroll-Röntgen vom 13.05.2009 – hier zeigt sich eine Pseudarthrose an der Basis des Processus Styloideus Ulnae. Der Radius ist komplikationslos verheilt.....	51

Abb. 32) Röntgen Handgelenk (ap), Patient: R.K., Alter: 14 Jahre

links) Röntgen vom 16.09.2007: basisnahe Fraktur des Processus Styloideus Ulnae bei St. p. distaler Radiusstauchungsfraktur

rechts) Kontroll-Röntgen vom 10.05.2009: man findet eine basisnahe Pseudarthrose des Processus Styloideus Ulnae bei noch

offenen Wachstumsfugen..... 51

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1) Kraftgrade – Angabe der aktiven Muskelleistung..... 44

Tabelle 2) Auswertung der Neutral-Null-Methode..... 48

Allgemeiner Teil

1. Wachstum und Entwicklung

1.1. kindlicher Unterarm

Bereits in der 8. Schwangerschaftswoche findet – ausgehend von primären Ossifikationskernen – die Verknöcherung beider Unterarmknochen statt.

Später erscheinen zwei weitere *Verknöcherungskerne für die distalen Epiphysen* des Unterarms.

- Jener für den Radius erscheint bei Mädchen im 5. Lebensmonat und bei Jungen etwas später.
- Jener für die Ulna erscheint bei beiden Geschlechtern im 6. Lebensjahr und kann häufig zweigeteilt sein.

Der *proximale Epiphysenkern* des Radius erscheint im 5. bis 7. Lebensjahr und der der Ulna im 9. bis 10. Lebensjahr.

Der Schluss der Epiphysenfugen erfolgt ebenso zeitlich versetzt.

Als erstes schließt sich meist die *distale Radiusepiphyse*. Dies erfolgt bei Mädchen im Alter von 15 Jahren und bei Jungen zwischen 16 und 19 Jahren.

Die *distale Ulnaepiphyse* verbindet sich etwas später mit dem Schaft. (Mädchen: zw. 16. u. 17. Lebensjahr; Jungen: zw. 17. u. 18. Lebensjahr).

Die *proximalen Epiphysen* des Unterarms schließen sich bei beiden Geschlechtern zwischen dem 15. und 18. Lebensjahr. [Weinberg et al, 2006]

Das Wachstum des Unterarmes geht vor allem von den distalen Epiphysen aus (80 %) und nur ein geringer Anteil von den proximalen.

Durch die große Wachstumspotenz des Unterarmes ergibt sich ein ausgezeichnetes Remodelling (Spontankorrektur) bei Frakturen mit Dislokationen.

[Laer, 2001]

1.2. kindliche Hand

Das Handgelenk entwickelt sich aus einer einzigen knorpeligen Struktur, die sich erst ab der 10. Schwangerschaftswoche in acht Teile aufteilt, die bereits der Anordnung der Handwurzel aufweisen, sowie auch Ähnlichkeit mit den Konturen der reifen Handwurzelknochen besitzen.

Die Ossifikation der so entstandenen Knorpelteile erfolgt zu unterschiedlichen Zeitpunkten:

- *Os hamatum*: ab dem 4. Monat
- *Os capitatum*: ab dem 5. Monat
- *Os triquetrum*: ab dem 2. Lebensjahr
- *Os lunatum*: ab dem 4. Lebensjahr
- *Os scaphoideum*: ca. um das 5. Lebensjahr
- *Os trapezium* +
Os trapezoideum: ab dem 5. Lebensjahr
- *Os pisiforme*: 9. bis 10. Lebensjahr

Somit endet die Verknöcherung der Handwurzel mit etwa dem 10. Lebensjahr, wobei bis zum 15. Lebensjahr – aufgrund eines noch nicht ganz ausgereifen *Os scaphoideum* - eine große Lücke zwischen diesen und dem *Os lunatum* vorgetäuscht werden kann. [Weinberg et al, 2006]

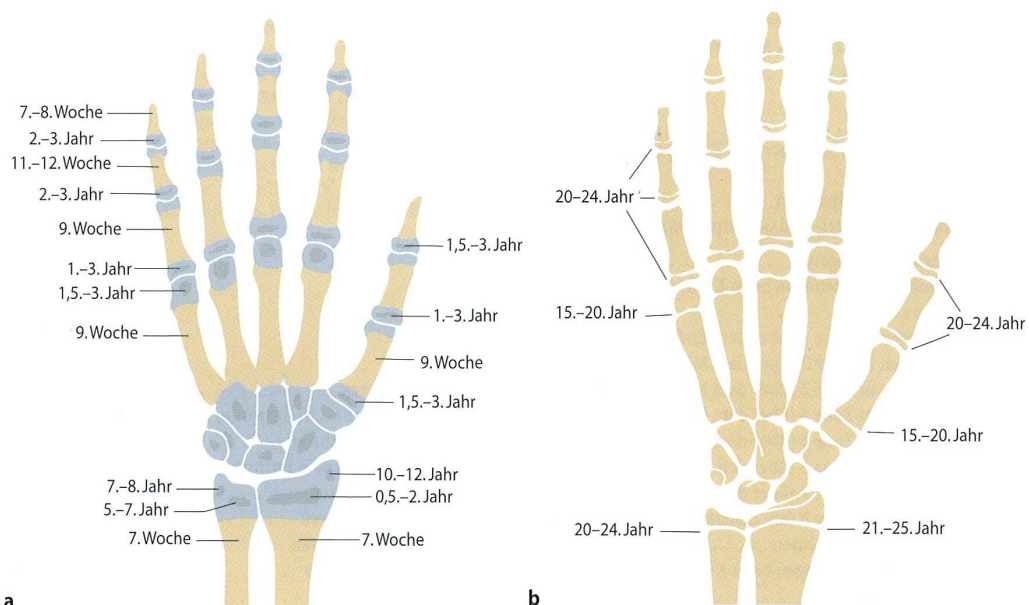


Abb. 1) Ossifikation der Hand – Verknöcherungskern und Wachstumsfugen [Weinberg et al, 2006]

a) Zeitraum des ersten Auftretens

b) Zeitraum des kompletten Verschlusses

2. Anatomische und funktionelle Grundlagen

2.1. Anatomie

2.1.1. Der Unterarm

Zwei lange Röhrenknochen bilden das Grundgerüst des Unterarmes, welche gegeneinander beweglich sind und somit die Umwendbewegung des Unterarms erst ermöglichen.

2.1.1.1. Die Speiche (Radius) liegt lateral der Elle (Ulna) und somit auf der Seite des Daumens. Sie beginnt proximal (körpernah) mit dem Speichenkopf (Caput radii), welcher im Ellbogen mit dem

Oberarmknochen artikuliert und somit den lateralen Teil des Gelenkes bildet, weiters ist der Speichenkopf auch gelenkig mit der Elle verbunden und wird mit dem Ringband (Ligamentum anulare radii) an diese fixiert. Dieses Band erlaubt eine Drehbewegung der Speiche und damit ermöglicht diese Konstruktion die Umwendbewegung des Unterarms.

Distal verbreitert sich die Speiche und bildet die Gelenksfläche (Facies articularis carpalis), die später den Hauptbestandteil der Gelenkspfanne des Handgelenkes bildet.

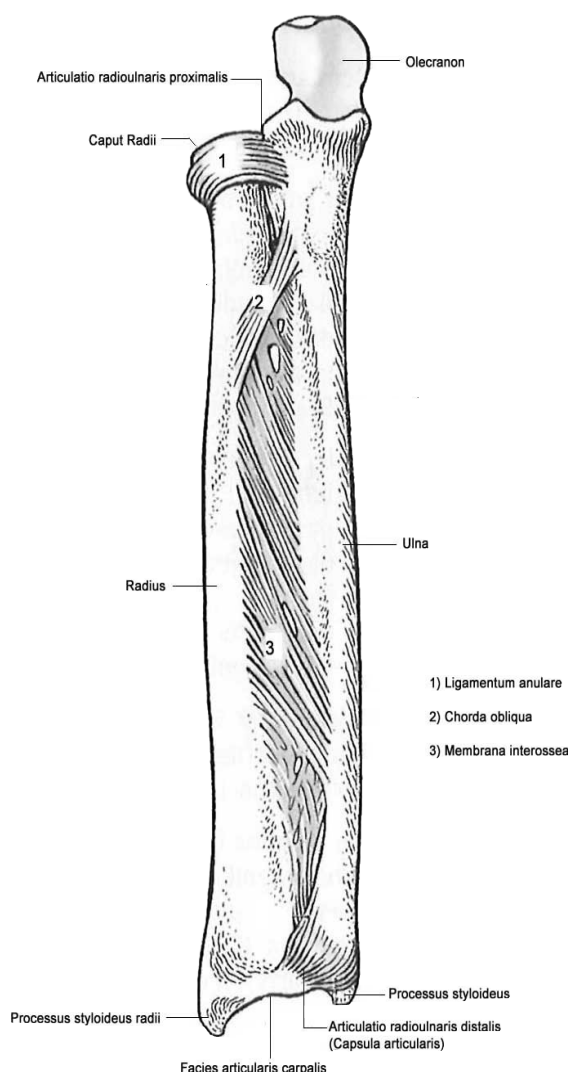


Abb. 2) Anatomie des Unterarms [Platzer, 2003]

Lateral läuft der Radius in den Processus styloideus radii aus und medial befindet sich eine Ausnehmung für einen gelenkigen Kontakt mit der Elle und somit die Gelenkspfanne für das distale Radioulnargelenk.

2.1.1.2. Die Elle (Ulna) läuft nach proximal mit dem hakenförmigen Olecranon aus, an deren Hinterseite der Triceps (Musculus triceps brachii) ansetzt. Mit der vorderen konkaven Fläche bildet es den Hauptbestandteil des Ellbogengelenkes. Etwas distaler (körper ferner) – am Ansatz des Olecranons – befindet sich eine Ausnehmung für den Speichenkopf und damit die Gelenkspfanne für das proximale Radioulnargelenk.

Das distale Ende bildet der Ellenkopf (Caput ulnae) mit der konvexen Gelenksfläche, welche mit der passenden Ausnehmung der Speiche artikuliert.

Der Processus styloideus ist ein stiftartiger Ausläufer und dient als Anheftung des Discus articularis und des ulnaren Kollaralbandes und ist somit für die Stabilität des Handgelenkes sehr wichtig!

Radius und Ulna sind durch die **Membrana interossea** miteinander verbunden, welche die beiden Knochen flexibel aneinander fixieren. Sie ist eine bindegewebige Knochenverbindung, deren Fasern schräg von proximal lateral nach distal medial verlaufen.

Diese Zwischenknochenmembran wird durch die sogenannte Chorda obliqua verstärkt, die proximal von der Tuberositas ulnae schräg distalwärts zum Radius zieht und somit entgegengesetzt der Fasern der Membrana interossea verläuft.

Die Membrana interossea hat außer der fixierenden Funktion - die eine Parallelverschiebung von Radius und Ulna verhindern soll - auch eine wichtige Wirkung durch die Zug- und Druckübertragung von einem auf den anderen Knochen und ist dabei sehr stark, weshalb es bei zu hohen Kräfteinflüssen eher zu einer Fraktur als zu einer Verletzung dieser Membran kommt.

Weiters ist sie auch die Ursprungsfläche für die Unterarmmuskeln. [Rohen, 2006; Platzer, 2003; Waldeyer, 2003]

2.1.2. Die Hand

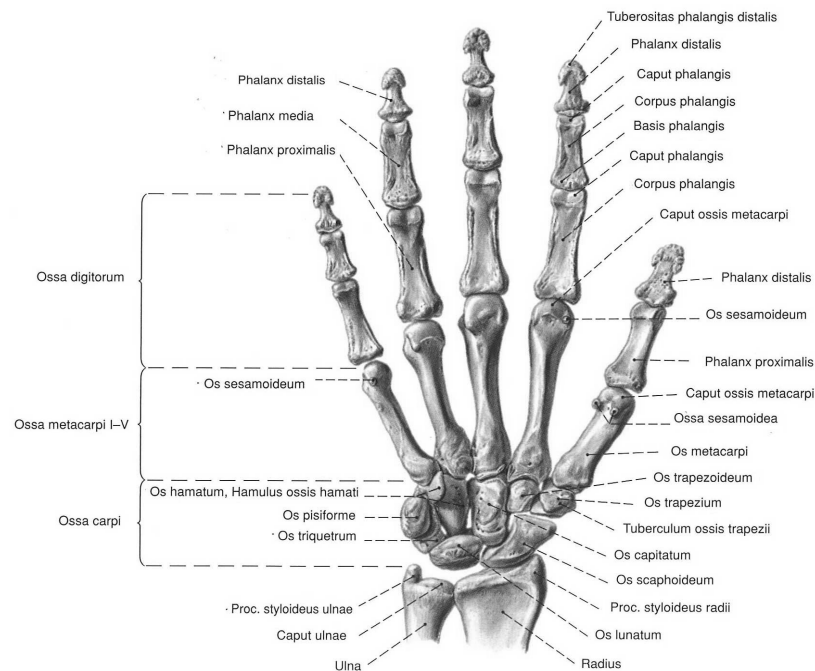


Abb. 3) Handskelett der rechten Hand von palmar [Sobotta, 2000]

Die Hand ist in drei Teile gegliedert, welche von proximal nach distal folgendermaßen eingeteilt sind:

2.1.2.1. Handwurzel (Carpus)

Sie besteht aus den 8 Handwurzelknochen, welche in zwei Reihen angeordnet sind. In der proximalen Reihe findet man drei (Os scaphoideum, Os lunatum, Os triquetrum), in der distalen vier (Os trapezium, Os trapezoideum, Os capitatum, Os hamatum).

Alle Handwurzelknochen zusammen bilden ein queres Gewölbe, den sogenannten Hohlhandbogen, welcher durch das Retinaculum flexorum – ein queres Band – gestützt wird. Unter diesem Band befindet sich ein osteofibröser Tunnel, durch welchen Sehnen und Nerven zur Hand ziehen.

Alle Handwurzelknochen sind gelenkig miteinander verbunden und damit gegeneinander leicht beweglich, wobei zwischen distaler und proximaler Handwurzelreihe ein S-förmiger Gelenksspalt besteht, der das distale Karpalgelenk bildet.

Das Os pisiforme dient als Sesambein und sitzt auf dem Os triquetrum auf.

2.1.2.2. Die Mittelhand (Metacarpus)

Die Metakarpalknochen schließen direkt an die Handwurzelknochen an, wobei jene des 2. bis 5. Fingers mit sehr straffen Bandverbindungen (Liggamenta Metacarpalia) fixiert sind und somit Amphiarthrosen bilden, die nur ein geringes Bewegungsausmaß zulassen.

Eine Ausnahme stellt der Metakarpalknochen des Daumens dar, da dieser durch ein Sattelgelenk mit der Handwurzel verbunden ist und damit zusätzlich zu einer Ab- und Adduktion auch eine Opposition des Daumens ermöglicht, was die Grundlage für eine Greiffunktion der Hand darstellt.

2.1.2.3. Die Finger (Phalanges)

Die Finger bestehen jeweils aus drei Gliedern (Grund-, Mittel- und Endglied), wobei hier wieder der Daumen eine Ausnahme bildet, da dieser nur aus Grund- und Endglied besteht.

Die Fingerknochen sind durch Kugelgelenke mit den Metakarpalknochen verbunden, wobei jedoch funktionell nur zwei Freiheitsgrade vorhanden sind und zwar Flexion/Extension und Ab-/Adduktion. Die rotatorische Komponente kommt nur in einem geringen Ausmaß passiv während der Ab-/Adduktion zu tragen.

Die einzelnen Fingerglieder sind mittels Scharniergelenken miteinander verbunden, die einen Freiheitsgrad – in diesem Fall Flexion und Extension – erlauben. [Rohen, 2006; Platzer, 2003; Waldeyer, 2003]

2.2. funktionelle Anatomie

Für die Funktion des Armes und der Hand ist ein Zusammenspiel vieler Gelenke notwendig, die sehr komplex angeordnet sind.

2.2.1. Das Ellbogengelenk (Art. Cubiti)

Das Ellbogengelenk stellt die Verbindung zwischen Ober- und Unterarm

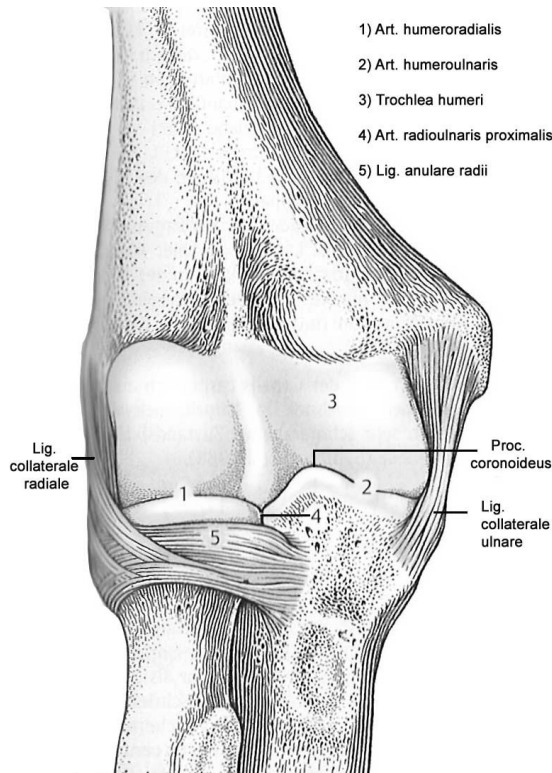


Abb. 4) Art. Cubiti von vorne mit entfernter Gelenkkapsel [Platzer, 2003]

dar, wobei folgende Knochen beteiligt sind: der Oberarmknochen (Humerus), die Speiche (Radius) und die Elle (Ulna)

Es handelt sich hierbei um ein zusammengesetztes Gelenk aus drei Teilgelenken, mit einer einheitlichen Gelenkkapsel.

Funktionell stellen die drei Teile zusammen ein zweiachsiges Dreh-scharniergelenk (Trocho-ginglymus) dar, welches Flexion und Extension um die Beugeachse und Pro- und Supination um eine Drehachse zulässt.

Die drei Teilgelenke sind folgende:

2.2.1.1. *Articulatio humeroulnaris*

Der Oberarmknochen artikuliert hierbei mit der Incisura trochlearis ulna, welche die Vorderseite des Olecranon darstellt.

Das Scharniergelenk des Ellbogens ist sehr gut fixiert und besitzt eine Knochenführung, da der Humerus durch die zangenartige Struktur des proximalen Ulnaendes – das Olecranon auf der Rückseite und der Processus Coronoideus auf der Vorderseite - gut umschlossen wird und die Incisura trochlearis genau in die entsprechende Vertiefung im Oberarmknochen eingreift.

Die Bewegungsachse läuft quer durch die Trochlea humeri und um diese erfolgt die Flexion und Extension des Unterarms.

2.2.1.2. *Articulatio humeroradialis*

Hierbei bildet der Speichenkopf die Pfanne und die Trochlea Humeri den Gelenkskopf.

Dieses Gelenk ist ein Kugelgelenk, verfügt funktionell jedoch nur über 2 Freiheitsgrade, da eine Ab-/Adduktion durch die starke Bandverbindung des Ligamentum collaterale radiale, welches in das Ligamentum anulare radii übergeht, nicht möglich ist.

Es verbleibt die Scharnierbewegung für die Beugung des Unterarms und die Rotationsbewegung des Radius, welche für die Umwendbewegung des Unterarms Voraussetzung ist.

Die Achsen verlaufen hier wiederum quer durch die Trochlea Humeri für die Flexion/Extension und schräg vom Caput radii nach distal zum Processus styloideus ulnae für die Pro- und Suppination

2.2.1.3. *Art. radioulnaris proximalis*

Bei diesem Gelenk handelt es sich um ein einachsiges Drehgelenk, wobei sich der Radiuskopf mit der Circumferentia articularis radii in der Incisura radialis ulnae dreht.

Fixiert wird hierbei der Radius durch das Ligamentum anulare radii sowohl an die Ulna, als auch an den Humerus, da dieses Band ein Ausläufer des Ligamentum collaterale laterale ist.

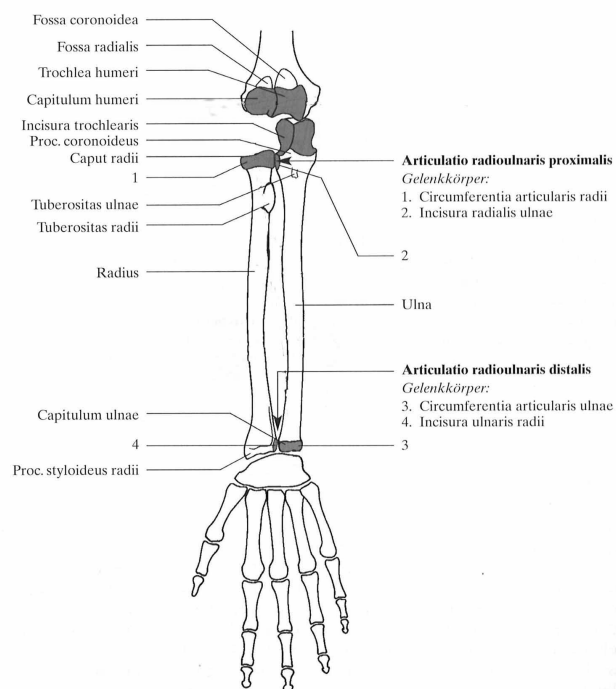


Abb. 5) Gelenksflächen des Unterarms [Rohen, 2006]

2.2.2. Das distale Radioulnargelenk = DRUG (Art. radioulnare distale)

Dieses Gelenk wird vom Caput ulnae und der Incisura ulnaris gebildet und es handelt sich hierbei wiederum um ein einachsiges Drehgelenk und bildet mit dem proximalen Radioulnargelenk immer eine funktionelle Einheit, die die Umwendbewegung des Unterarms ermöglicht.

Der Discus articularis (welcher vom Processus styloideus entspringt) trennt das DRUG vom proximalen Handgelenk und fixiert zusammen mit der Membrana interossea das Gelenk.

Diese beiden Strukturen sind daher essentiell für die Stabilität und somit auch für eine problemlose Pro- und Supination.

Die Umwendbewegung des Unterarms

Lange Zeit war man der Meinung, dass sich der Radius während der Umwendbewegung halbkreisförmig um die Ulna bewegt, wobei die Ulna den Drehpunkt darstellt und sich nicht dreht. [Dwight, 1884] Später entdeckte man jedoch, dass die Ulna eine halbkreisbogenförmige Bewegung um den Radius durchführt [Duchenne, 1949], was auch später durch Studien mittels Kernspintomographie bestätigt werden konnte. [Weinberg et al, 2001]

Die Umwendbewegung stellt somit eine komplexe Bewegung dar, bei welcher der Radius in seiner Längsachse um die Ulna rotiert und diese währenddessen eine laterale Abduktion durchläuft. Es handelt sich hierbei um eine annähernd halbkreisförmige Abduktions-Extensions-Adduktionsbewegung.

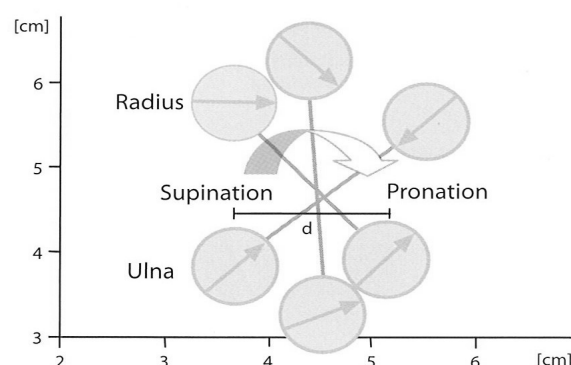


Abb. 6) Umwendbewegung des Unterarms: Die Drehbewegung des Radius um die Ulna von der Supination in die Pronation.
d = das Ausmaß der lateralen Abduktion der Ulna währenddessen
[Weinberg et al, 2006]

2.2.3. Das Handgelenk (Art. manus)

Das Handgelenk hat funktionell den Charakter eines Kugelgelenks, wobei die Drehbewegungen jedoch aus Umwendbewegungen des Unterarms resultieren und nicht durch das Handgelenk bewirkt werden.

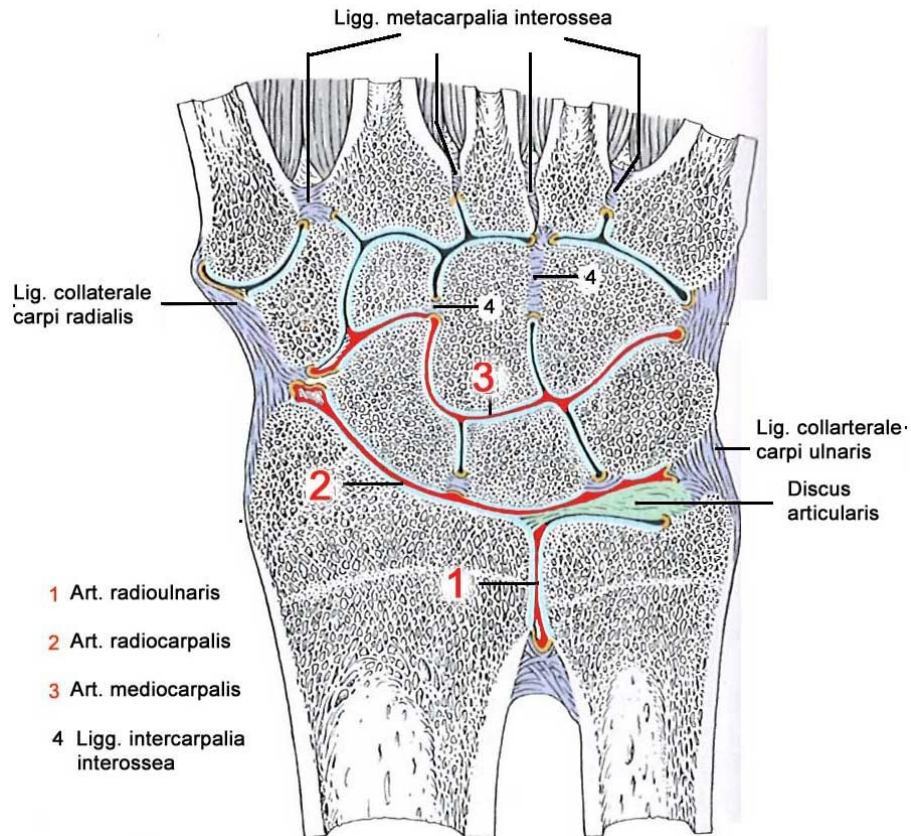


Abb. 7) Das Handgelenk: Gelenkspalten (rot), Gelenksflächen (hellblau) und Bandverbindungen (violett) [Platzer, 206]

Es setzt sich aus zwei Gelenken zusammen, die jedoch funktionell zusammenspielen.

2.2.3.1. Das proximale Handgelenk (Art. radiocarpalis)

Hierbei handelt es sich um ein Eigelenk (Art. ellipsoidea), welches einerseits aus dem Radius und dem Discus articularis (einer dreieckigen Faserknorpelplatte) und andererseits aus der proximalen Handwurzelreihe besteht, welche den Gelenkskopf bilden.

Es sind jedoch nicht alle Handwurzelknochen ständig mit der Gelenkspfanne in Kontakt. Das Os triquetrum verliert ihn bei der Ulnarduktion und kommt erst bei der Radialabduktion in einen sehr engen Kontakt damit.

Dieses Gelenk ist durch eine schlaaffe Gelenkkapsel umgeben und dadurch vom distalen Handwurzelgelenk abgeschlossen, es kann jedoch eine Verbindung zwischen den Handwurzelknochen geben. Stabilisiert wird es durch einen komplizierten Bandapparat, bestehend aus Bändern, die die Unterarmknochen mit den Karpalknochen verbinden.

Diese sind:

- *Lig. collaterale carpi ulnare* (vom Proc. styloideus ulnae zum Os triquetrum und Os pisiforme)
- *Lig. collaterale carpi radiale* (vom Proc. styloideus radii zum Os scaphoideum)
- *Lig. radiocarpale palmare* (vom Radius zum Os capitatum und Os lunatum)
- *Lig. radiocarpale dorsale* (vom Radius zum Os triquetrum)

Und auch die Handwurzelknochen der proximalen Reihe werden durch Bänder miteinander gut - aber beweglich - miteinander verbunden.

2.2.3.2. Das distale Handgelenk (Art. mediocarpalis)

Hierbei entsteht ein S-förmiger Gelenkspalt zwischen den beiden Handwurzelreihen, wodurch man von einem verzahnenden Scharniergelenk (Töndury) spricht.

Die proximale Reihe ist untereinander beweglich durch Bänder verbunden, wohingegen die distale Reihe unbeweglich durch ein sehr

straffes Bandsystem (Ligg. intercarpalia) miteinander und auch mit den Metakarpalknochen (Ligg. carpometacarpalia) verbunden sind. Damit bilden die distale Handwurzelreihe und die Mittelhand eine funktionelle Einheit.

Auch das Art. mediocarpalis besitzt eine eigene Gelenkkapsel, wobei jedoch – wie bereits erwähnt – Lücken zwischen den Handwurzelknochen der proximalen Reihe vorhanden sein können, die proximales und distales Handwurzelgelenk verbinden.

Beide Teilgelenke zusammen bilden immer eine funktionelle Einheit und verfügen über zwei Freiheitsgrade und zwar Flexion/Extension mit einem Ausmaß von insgesamt 170° und Ulnar-/Radialabduktion die etwa 45° beträgt, wobei der größere Anteil der Ulnarabduktion zukommt. [Rohen, 2006; Platzer, 2003; Waldeyer, 2003]

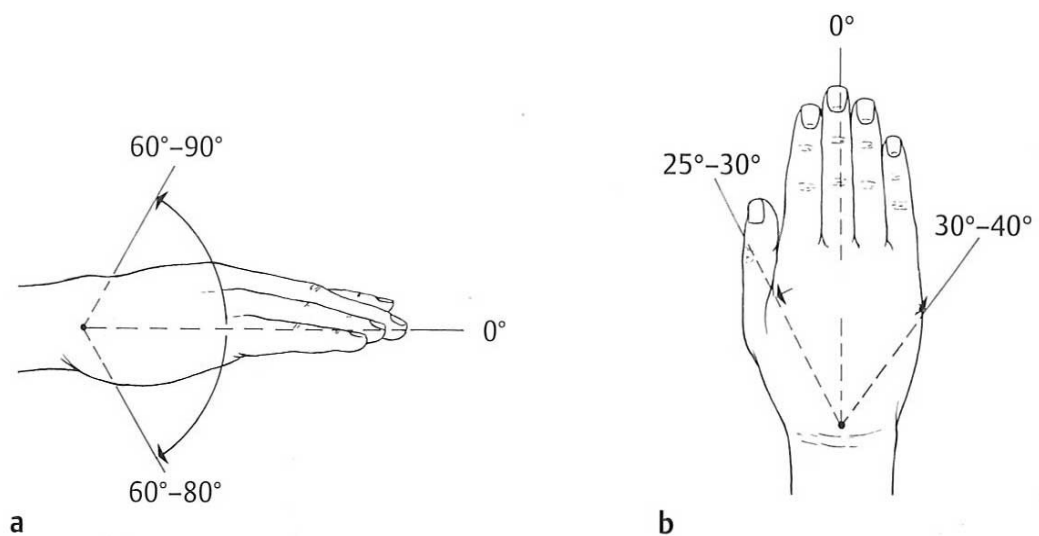


Abb. 8) Bewegungsumfang des Handgelenkes nach der Neutral-Null-Methode [Buckup, 2005]
a) Flexion/Extension b) Ulnar-/Radialabduktion

2.3. Die spezielle Bedeutung des **Processus styloideus ulnae**

Dieser Fortsatz bildet den distalen Ausläufer der Elle mit einer Länge von ca. 2 bis 6 mm und ist fest in das ligamentäre und kartilaginäre Systems der Hand eingebunden.

Dieses System wird **trianguläre fibrocartilaginäre Komplex (TFCC)** genannt und durch folgende Strukturen gebildet:

- 1) Discus articularis
- 2) Meniscus ulnocarpalis
- 3) Ligamentum collaterale carpi ulnare
- 4) Scheide der Sehne des Musculus extensor carpi ulnaris
- 5) Ligamentum radioulnare dorsale et volare
- 6) Ligg. radiotriquetrum dorsale
- 7) Lig. ulnolunatum et ulnocapitatum

Der TFCC ist der Hauptstabilisator des distalen Radioulnargelenks (DRUG) und der somit ulnaren Handwurzel.

Der **Processus styloideus ulnae** ist einer der beiden Befestigungsstellen des Diskus articularis (eine dreieckige Faserknorpelplatte) und dieser stellt das kräftigste „Band“ zwischen Radius und Ulna dar. Dieser Diskus dient auch als Stoßdämpfer und gleicht Längenunterschiede zwischen Radius und Ulna aus. [Langenberg, 1989]

Jedoch bedeutet eine Fraktur des Processus nicht unbedingt, dass sich der Diskus ulnar komplett löst, da die basisnahen Verankerungen meist erhalten bleiben. [Weinberg et al, 2006]

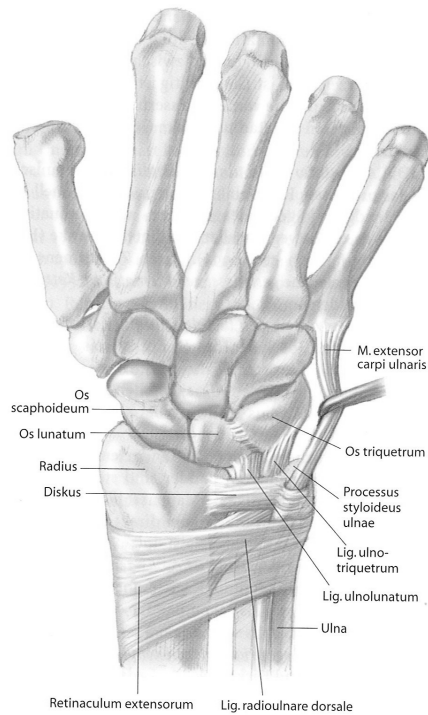


Abb. 9) der fibrocartilaginäre Komplex bestehend aus: Diskus, distale radioulnare Bändern, ulnocarpalen Bändern, Sehne des M. Extensor carpi ulnaris. [Weinberg et al, 2006]

Weiters setzt an der Basis des Ellengriffels das ulnare Kollateralband an, das sich von dort zum Os triquetrum und Os pisiforme zieht und auch das Lig. ulnocarpale palmare nimmt hier seinen Ursprung. [Langenberg, 1989; Luther et al, 2007]

3. Frakturen im Wachstumsalter

Verletzungen im Wachstumsalter sind, solange die Fugen noch weit offen sind, meist äußerst stereotyp. Hierbei schützt die Epiphysenfuge das Gelenk, weshalb Gelenksverletzungen bei Kindern ganz selten sind, es jedoch häufiger zu Epiphysenlösungen und Metaphysenfrakturen kommt.

Das Verhältnis von Gelenksfrakturen und extraartikulären Frakturen beträgt somit 1:50. [Marzi, 2006]

3.1. Einteilung kindlicher Frakturen

Die Einteilung erfolgt wie bei jeder Fraktur nach Lokalisation und Morphologie.

Grundsätzlich sollte jedoch unabhängig von der endgültigen Klassifikation zwischen

- a) *Retentionsfraktur* und
- b) *Repositionsfraktur*

unterschieden werden, da dies für die Therapieentscheidung besonders relevant ist.

ad a) hierbei handelt es sich um dia- bzw. metaphysäre Querfrakturen oder Schrägfrakturen die durch einen intakten Partnerknochen stabilisiert werden und um undislozierte epiphysäre Frakturen, deren Frakturspaltweite unter 2 mm beträgt.

Die Behandlung erfolgt bei diesen Frakturen in einer konservativen Therapie mittels Gipsruhigstellung!

ad b) darunter werden alle vollständig dislozierten Frakturen mit entsprechender Verkürzung bzw. Gelenksfrakturen mit einem Frakturspalt über 2 mm zusammengefasst.

Bei der Behandlung dieser Knochenbrüche ist eine Anästhesie und nachfolgende Reposition notwendig. [Laer, 2001]

Weiters wird eine Unterscheidung zwischen Schaft- und Gelenkfrakturen getroffen.

3.1.1. Schaftfrakturen

Bei den Schaftfrakturen wird zwischen Verletzungen der Dia- und Metaphyse unterschieden.

3.1.1.1. Frakturen der Diaphyse

Bei diaphysären Frakturen ist eine Unterscheidung zwischen stabil (Fragmente stehen gerade aufeinander, höchstens ein Achsenknick vorhanden) und instabil (vollständig disloziert oder erhebliche Verkürzungstendenz) grundlegend.

Wie beim Erwachsenen unterscheidet man auch hier: *Schräg-, Torsions-, Trümmer- und Querfrakturen.*

Eine typische Frakturform des Kindesalters ist die Grünholzfraktur:

Hierbei handelt es sich um einen Biegebruch, bei dem eine Kortikalis angebrochen und die Gegenkortikalis komplett durchgebrochen ist.

Oft liegt eine Achsabweichung vor und bei inadäquater Therapie kann es zu partiellen Konsolidationsstörungen mit Gefahr der Refraktur kommen.

3.1.1.2. Frakturen der Metaphyse

Auch in diesem Bereich können Grünholzfrakturen auftreten, wobei es hier wegen einer Konsolidationsstörung zu einer partiellen Stimulation der Wachstumsfuge kommen kann, wodurch eine primär vorhandene Fehlstellung weiter verstärkt werden kann.

Metaphysäre Wulstfrakturen sind unproblematische Frakturen, bei welchen es zu einer Einstauchung der Spongiosa und der dünnen Kortikalis in Bereich der Metaphyse kommt.

Epiphysenlösungen:

Sind die periphersten Schaftfrakturen, wobei im metaphysären Teil der Wachstumsfuge - in dem keine Zellproliferation mehr stattfindet – eine Lösung erfolgt.

Die Epiphyse selber bleibt hierbei unversehrt, jedoch sind Wachstumsstörungen möglich. [Laer, 2006]

Epiphysenlösungen werden nach *Salter Harris* eingeteilt:

- *Salter Harris I*: ohne metaphysären Biegungskeil
- *Salter Harris II*: mit metaphysären Biegungskeil

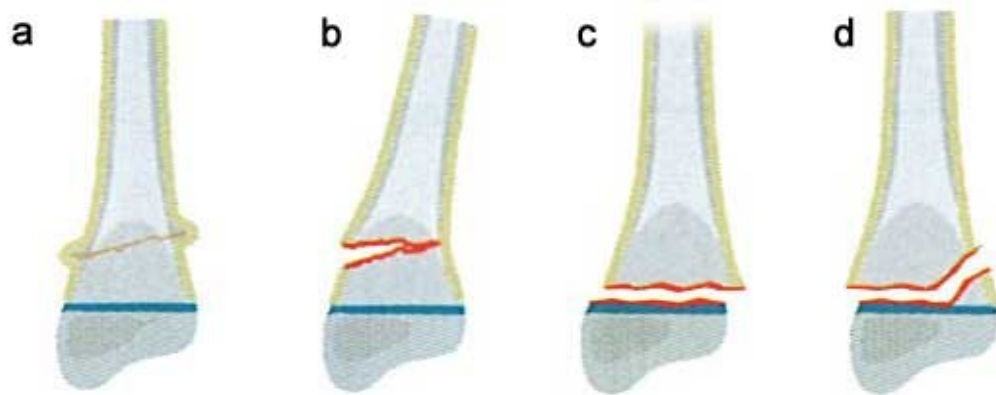


Abb. 10) metaphysäre Frakturen [Weinberg et al, 2006]

a) Wulstfraktur

b) Grünholzfraktur

c) Salter Harris I

d) Salter Harris II

3.1.2. Gelenksfrakturen

Diese kommen im Kindesalter relativ selten vor.

Bei den Gelenksfrakturen muss der Zustand der Epiphysenfuge genau beachtet werden, da eine Unterscheidung zwischen Frakturen einer weit offenen Wachstumsfuge und einer mit beginnendem Schluss zu treffen ist.

3.1.2.1. Frakturen bei noch weit offenen Fugen

Epiphysenfrakturen:

Hierbei kreuzt der Frakturspalt den meta- und epiphysären Teil der Fuge, wobei ein metaphysärer Biegungskeil vorhanden sein kann.

Bei einer knöchernen Auffüllung des Frakturspaltes, im Rahmen der Heilung, kann es zu einer sogenannten Ausheilungsbrücke kommen und somit ein konsekutives Fehlwachstum nach sich ziehen.

Diese Frakturen werden ebenfalls nach Salter Harris eingeteilt.

- *Salter Harris III*: rein epiphysäre Fraktur
- *Salter Harris IV*: epi-metaphysäre Fraktur

Epiphysäre Bandausrisse:

Sie sind ebenfalls bei noch weit offenen Fugen anzutreffen und sind meist chondrale, periostale oder ossäre Ausrisse, welche meist nicht zu Wachstumsstörungen führen. [Laer, 2001]

Diese Verletzung kommt vor allem bis zum 10. Lebensjahr vor, wenn die Bänder noch stabiler als ihr Ansatz sind. Jenseits dieses Alters findet man häufiger Bandrupturen. [Marzi, 2006]

3.1.2.2. Gelenksfrakturen bei beginnendem Fugenschluss

Übergangsfrakturen (Two-plane und Tri-plane)

Bei dieser Fraktur – die im Übergangsalter vom Jugendlichen zum Erwachsenen auftritt – hat der Fugenschluss schon partiell eingesetzt.

Wachstumsstörungen sind aufgrund des fortgeschrittenen Alters kaum mehr zu erwarten.

Hier unterscheidet man:

- *Two-plane*: ohne Mitbeteiligung der Metaphyse
- *Tri-plane*: mit Beteiligung der Metaphyse

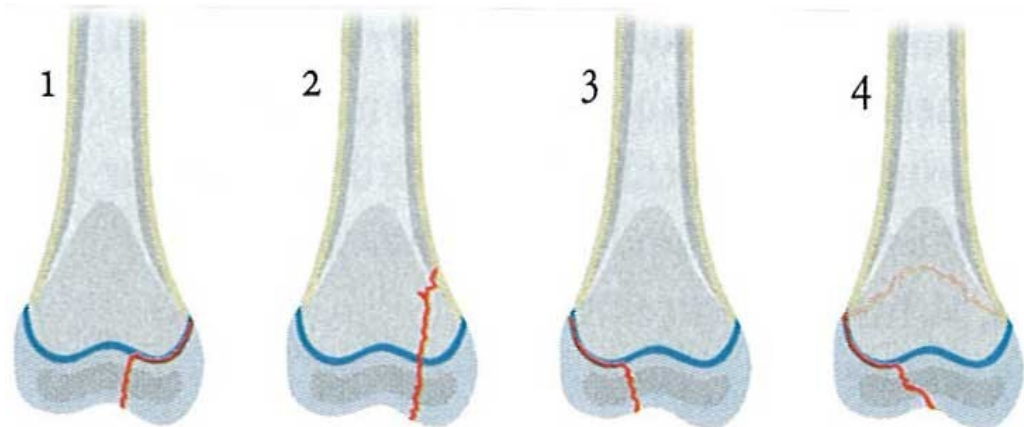


Abb. 11) Gelenksfrakturen [Weinberg et al, 2006]

- a) epiphysäre Fraktur bei offener Fuge (Salter Harris III)
- b) epi-metaphysäre Fraktur bei offener Fuge (Salter Harris IV)
- c) epiphysäre Fraktur bei beginnendem Fugenschluss („two-plane“)
- d) epi-metaphysäre Fraktur bei beginnendem Fugenschluss („tri-plane“)

3.2. Diagnostik kindlicher Frakturen

3.2.1. Anamnese

Wie bei jeder Verletzung ist auch bei einer potentiellen Fraktur eine ausführliche Anamnese die Basis für die Entscheidung über die weitere diagnostische Vorgehensweise.

Hauptziel hierbei ist es, zu eruieren, ob ein adäquates Trauma zu einer behandlungs- und diagnosebedürftigen Verletzung geführt hat. Weitere wichtige Aspekte, die durch das ärztliche Gespräch herausgefunden werden sollen, sind die Lokalisation und das subjektive Schmerzbefinden. [Laer, 2001]

3.2.2. klinische Untersuchung

Die Inspektion bei Kindern sollte ausschließlich visuell erfolgen, um weitere Schmerzen für das Kind zu vermeiden und somit eine möglichst gute Compliance zu erhalten.

Wichtig ist jedoch die Prüfung der Peripherie, wobei Motorik, Durchblutung und Sensibilität geprüft werden müssen. [Laer, 2001]

3.2.3. Röntgendiagnostik

Da Röntgenaufnahmen eine Strahlenbelastung für das Kind bedeuten, sollten Röntgenuntersuchungen ohne therapeutische Konsequenz so weit wie möglich vermieden werden. So kann man zB auf eine zweite Ebene bei der Primärdiagnostik von klinisch sichtbar dislozierten Frakturen verzichten. [Weinberg et al, 2006]

Bei einer fehlenden sichtbaren Deformität muss jedoch auf jeden Fall ein Röntgen in zwei Ebenen durchgeführt werden, da viele Frakturen nur in einer Ebene sichtbar sein können. [Laer, 2001]



Abb. 12) Röntgen rechter Unterarm in 2 Ebenen (ap und seitlich)

Bei der Abbildung von langen Röhrenknochen sollten immer die angrenzenden Gelenke mit aufgenommen werden, um eine mögliche Luxationsfraktur erkennen zu können.

Vor allem bei Kindern sollten - bei Aufnahmen langer Röhrenknochen - immer auch die benachbarten Gelenke mitabgebildet werden, da im Kindesalter Luxationsfrakturen häufiger sind, als bei Erwachsenen.

Weiters ist es auch wichtig, die Entwicklung der Knochen zu kennen, um Verknöcherungskern nicht als Fraktur fehlzuinterpretieren. [Weinberg et al, 2001]

3.2.4. Weitere bildgebende Diagnostik

CT und MR sind im Prinzip für die Diagnostik frischer Extremitätenfrakturen unnötig. [Laer, 2001]

3.2.4.1. MRT

Das MRT ist das sensitivste Verfahren zur Untersuchung von Knochen- und Weichteilverletzungen. Außerdem ist diese Methode strahlungsfrei.

Hiermit lassen sich auch Frakturvorstufen und Verletzungen der knorpeligen Epiphysenanteile darstellen, die mit dem konventionellen Röntgen nicht ermittelt werden können.

Ein Nachteil des MRT ist, dass eventuell eine Narkose bei kleinen Kindern notwendig ist, um eine gute Bildqualität zu erzielen.

3.2.4.2. CT

Diese Untersuchung liefert wichtige Zusatzinformationen für die Frakturdiagnostik und ist dadurch gut für die Diagnostik von okkulten Frakturen und Stressfrakturen.

Das CT ist im Kindesalter gut geeignet zur Darstellung komplexer Frakturen (zB Hand- und Fußwurzelverletzungen) und auch um Verknöcherungsbrücken nach Epiphysenverletzungen darzustellen.

Hierbei sollte jedoch beachtet werden, dass jede CT-Untersuchung eine Strahlenbelastung für das Kind darstellt. [Weinberg et al, 2006]

3.3. Therapie kindlicher Frakturen

Ziel jeglicher Therapie von metaphysären Frakturen und auch von Epiphysenlösungen ist es, sowohl ein funktionell, als auch ein kosmetisch einwandfreies Ergebnis zu erhalten. [Laer, 2001]

Bei der Therapie kann man zwischen konservativem und operativem Vorgehen unterscheiden:

3.3.1. konservative Therapie

Frakturen im Kindesalter werden zum größten Teil konservativ – nach geschlossener Reposition - mittels Gips versorgt. Hierbei sollte die Möglichkeit einer Spontankorrektur von Achsenabweichungen - bei noch wachsendem Skelett - beachtet und in die Primärtherapie einkalkuliert werden. [Laer, 2001]

Die wichtigste Indikation für eine konservative Therapie stellen stabile und teilweise undislozierte instabile Frakturen dar.

Hierbei wird aufgrund einer auftretenden Schwellung immer erst ein zirkulär gespaltener Gips angelegt, welcher dann zwischen dem 6. und 8. Tag geschlossen werden kann. [Weinberg et al, 2006]

Die Behandlungsdauer hängt von der Art und Lokalisation der Fraktur ab.

3.3.2. operative Therapie

Indikationen für eine operative Therapie sind:

- dislozierte instabile Frakturen
- dislozierte intraartikuläre Frakturen
- Frakturen mit 2° und 3° Weichteilschaden
- Traumatisches Karpaltunnelsyndrom
- Sekundär nach nichtoperativem Behandlungsversuch und Redislokation
- Akute Durchblutungsstörungen nach Reposition
- Komplexe Verletzungen des Handgelenkes und der Handwurzel

[Stürmer, 1999]

Möglichkeiten einer operativen Versorgung besteht – je nach Frakturtyp und –lokalisierung - mittels perkutanen Kirschnerdrähten, intramedullärer Nagelung, Plattenosteosynthesen, Schraubenosteosynthesen, Fixateur externe..., um nur einige zu nennen. [Laer, 2001; Weinberg et al, 2006; Stürmer, 1999]

Ein weiterer wichtiger Teil der Therapie ist auch die **Nachbehandlung**, welche - je nach Therapie- und Frakturform – unterschiedlich verläuft.

3.4. Komplikationen kindlicher Frakturen

Nach Frakturen am wachsenden Skelett kann es zu Wachstumsstörungen kommen, wobei meist eine stimulative Wachstumsstörung auftritt. Meist kommt es zu einem vermehrten Längenwachstum im Bereich der Fraktur, welche jedoch im späteren Wachstumsverlauf ausgeglichen werden kann.

Diese Wachstumsstörung kann an der unteren Extremität klinische Bedeutung haben.

Bei Verletzungen der Epiphysenfugen kann es zu einem partiellen oder vollständigen vorzeitigen Verschluss der Fuge kommen, was zu einem Fehlwachstum bzw. ausbleibenden Wachstum führen kann. [Laer, 2001]

Es kann nach Frakturen auch zu funktionellen Deformitäten kommen, die zu Bewegungseinschränkungen führen können. Hierbei ist vor allem die Störung der Unterarmumwendbewegung bei Frakturen des Unterarms relevant, da diese bereits bei einer Achsabweichung von 10° eintreten können. [Weinberg et al, 2001]

Diese Deformitäten sind vor allem bei Kindern über 10 Jahren problematisch, da hier die Remodellingkapazität teilweise nicht mehr ausreichend ist. Bei Kindern unter 10 Jahren erholen sich die Bewegungsdefizite durch die ausgezeichnete Remodellingkapazität meist sehr gut. [Weinberg et al, 2006]

4. Frakturen des distalen Unterarms

Distale Unterarmfrakturen sind bei Kindern mit 75 % die häufigsten Unterarmfrakturen und stellen außerdem 20 % aller Extremitätenfrakturen dar, wobei isolierte distale Radiusfrakturen hierbei etwa doppelt so häufig auftreten, wie andere Frakturen dieses Bereiches. [Weinberg et al, 2006; Dicke et al, 1993]

4.1. Verletzungsmechanismen

Als Unfallmechanismus konnte meist ein Sturz auf die dorsalflektierte Hand ermittelt werden, die sich bei Kindern vor allem im Rahmen von sportlichen Aktivitäten ereignen. [Weinberg et al, 2006] Hierbei entstehen größtenteils sowohl Druck- als auch Rotationskräfte auf den Unterarm, die vor allem auf den Radius wirken. [Rang, 1983]

4.2. Klassifikation der distalen Unterarmfrakturen

Im distalen Drittel des Unterarms findet man Grünholzfrakturen vor allem im diaphysären Übergangsbereich, ansonsten größtenteils Stauchungsfrakturen, welche ggf. mit einer Abkipfung verbunden sein können. Vollständig dislozierte Frakturen findet man hier seltener, ebenso wie Biegungsbrüche, welche in diesem Bereich jedoch keinerlei klinische Bedeutung haben.

Für Epiphysenlösungen ist der distale Radius allerdings die häufigste Lokalisation. [Laer, 2001]

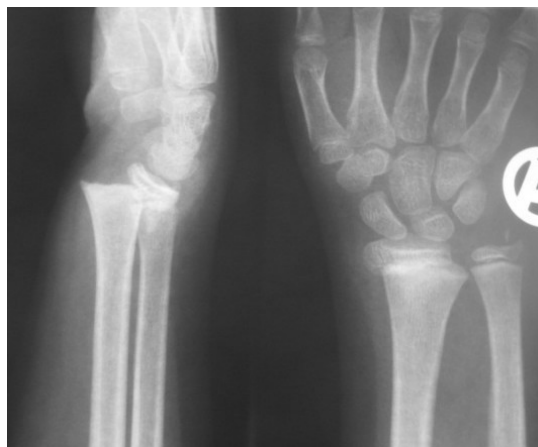


Abb. 13) Röntgen rechter Unterarm (ap und seitlich)
Lösung der distalen Radiusepiphyse, der distale Radius stellt die häufigste Lokalisation der Epiphysenlösung dar

4.2.1. distale Radiusfrakturen mit assoziiertem Abriss des Processus Styloideus Ulnae (= Frykman-Frakturen)

Eine assoziierte Fraktur des Processus Styloideus ulnae gehört zu den häufigsten Begleitverletzungen der distalen Radiusfraktur und tritt in etwa 50 % der Fälle bei Erwachsenen auf.[Erhalt, 1935] Bei Kindern stellt diese Verletzungskombination 33 % (45/222) aller distalen Unterarmfrakturen dar [Stansberry et al, 1990] und ist eher dem Jugendalter vorbehalten.[Laer, 2001]

Das durchschnittliche Verletzungsalter beträgt hierbei 13 Jahre (8 bis 16). [Stansberry et al, 1990]

Bei 86 % (n=40) der Fälle handelt es sich um eine Styloidspitzenfraktur und der Rest (n=6) stellt eine Fraktur an der Basis des Processus Styloideus dar [Abid et al, 2008], welche einem knöchernem Ausriss des triangulären fibrokarilaginären Komplexes entspricht [Erhalt, 1935]), wobei zwischen 20 und 35 % (9/45 bzw. 16/46) aller Frakturen des Styloids im Wachstumsalter verschoben sind. [Stansberry et al, 1990; Abid et al, 2008]



Abb. 14) Frakturen des Processus Styloideus Ulnae
A) basisnaher Abriss
B) schaliger Ausriss der Styloidspitze

4.2.1.1. Klassifikation

Die Verletzungskombination aus distaler Radiusfraktur und Processus Styloideus Ulnae kann nach Frykman für Erwachsene folgendermaßen eingeteilt werden:

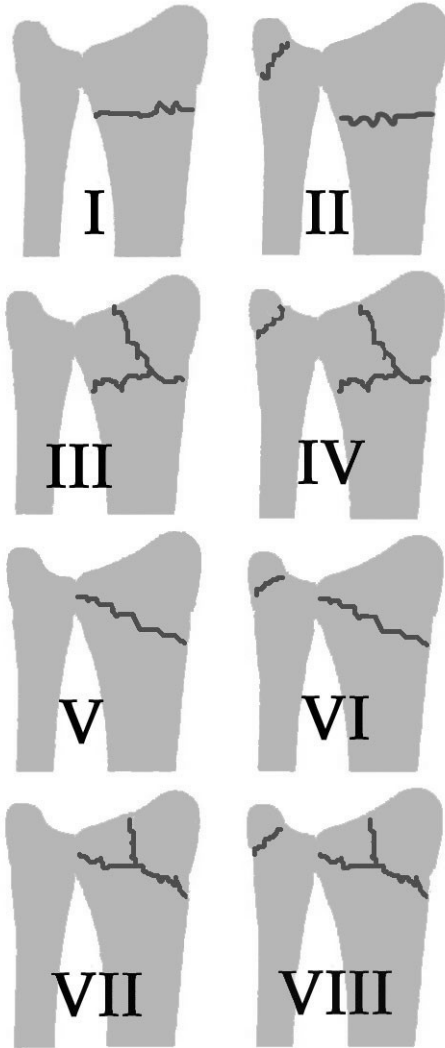
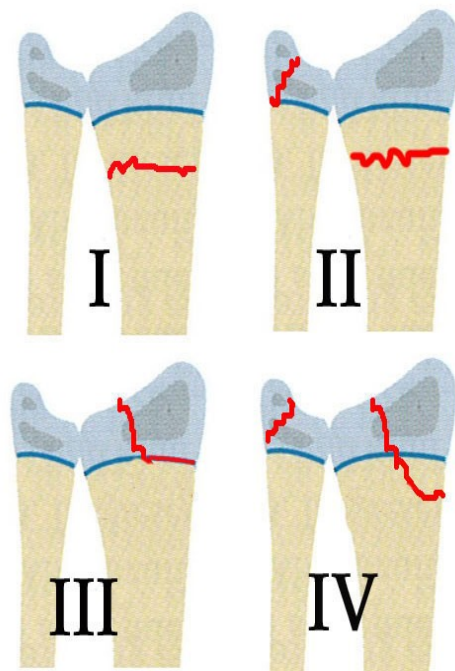
- 
- *Typ I:* extraartikuläre Radiusfraktur
 - *Typ II:* extraartikuläre Radiusfraktur + Fraktur des Proc. Styloideus ulnae
 - *Typ III:* Beteiligung der radiokarpalen Gelenkfläche
 - *Typ IV:* Beteiligung der radiokarpalen Gelenkfläche + Fraktur des Proc. Styloideus ulnae
 - *Typ V:* Beteiligung der radioulnaren Gelenkfläche
 - *Typ VI:* Beteiligung der radioulnaren Gelenkfläche + Fraktur des Proc. Styloideus ulnae
 - *Typ VII:* Beteiligung beider Gelenkflächen
 - *Typ VIII/VIII:* Beteiligung beider Gelenkflächen + Fraktur des Proc. Styloideus ulnae [Stürmer, 1999]

Abb. 15) Klassifikation nach Frykman für Erwachsene [Originalbild aus Weinberg et al, 2006]

Da intraartikuläre Frakturen im Kindesalter jedoch nicht so vorkommen, muss man diese Klassifikation für Frakturen im Wachstumsalter geringfügig abändern.

Man findet daher nur Typ I und II in der von Frykman angeführten Form. Typ III und IV können mit den entsprechenden Salter Harris-Frakturen angepasst werden.



- *Typ I:* extraartikuläre Radiusfraktur (Grünholz-, Wulstfraktur, Salter Harris I und II)

- *Typ II:* extraartikuläre Radiusfraktur + Fraktur des Proc. Styloideus ulnae

- *Typ III:* intraartikuläre Radiusfraktur (Salter Harris III und IV)

- *Typ IV:* intraartikuläre Radiusfraktur + Fraktur des Proc. Styloideus ulnae

Abb. 16) Abgeänderte Klassifikation nach Frykman für Frakturen bei noch offenen Fugen. [Originalbild aus Weinberg et al, 2006]

4.2.1.2. Diagnostik

Die Diagnostik erfolgt wie bei jeder Fraktur durch ein Röntgen in 2 Ebenen, welche gegebenenfalls durch weitere bildgebende Verfahren (CT o. MRT) verfeinert werden kann. [Weinberg et al, 2006]

Ein Problem in der Diagnostik einer Frykman-Fraktur bei Kindern unter 7 Jahren stellt die späte Verknöcherung des Processus Styloideus ulnae dar [Stansberry], da diese bei Mädchen im Alter zwischen 4,5 und 7 Jahren und bei Knaben erst zwischen 5,5 und 9,5 Jahren erfolgt.[Landfried, 1991]

Dadurch kann eine Styloidfraktur im Kleinkindalter häufig erst später, durch eine fehlende Vereinigung der Bruchenden oder als „zweiter Verknöcherungskern“ im Röntgenbild erkannt werden. [Stansberry, 1990; Landfried, 1991]



Abb. 17) ein geteilter Verknöcherungskern kann ein Hinweis auf eine Styloidfraktur im Kleinkindalter sein

4.2.1.3. Therapie

Ziel der Therapie ist – neben der korrekten Ausheilung des Radius – eine möglichst korrekte Position des Processus Styloideus oder zumindest die Bildung einer sogenannten straffen Pseudarthrose zu erreichen. Damit beugt man einer Insuffizienz des Bandapparates vor und sorgt somit für eine ausreichende Stabilität des distalen Radioulnargelenks. [Hagert, 1994; Sarimento et al, 1975; Rappold et al, 1997]

Leider fehlen bei Kindern bisher noch genaue Erkenntnisse zur Therapie und zur Auswirkung assoziierter Styloidfrakturen. Abid et al. rät aufgrund seiner Untersuchungsergebnisse daher zu einer Reposition eines dislozierten Styloids durch eine leichte Ulnarduktion des Handgelenkes und darauf folgender Gipsruhigstellung. [Abid et al, 2008]

Bisheriger Standard bei der Therapie dieser Verletzungskombination ist eine Reposition des Radiuses und der Anlage eines Unterarmgipses. Der frakturierte Processus Styloideus Ulnae wird hierbei meist nicht gesondert therapiert.

Möglichkeiten der Therapie:

konservative Therapie

Bei Kindern werden Frykman-Frakturen konservativ - analog zu einer isolierten distalen Radiusfraktur - mittels Ruhigstellung im Gips therapiert, ohne die Styloidfraktur weiter zu beachten.

Hierzu wird vorher, je nach Achsenabweichung des Radius und Alter des Kindes, eine geschlossene Reponierung unter Bildwanderkontrolle vorgenommen und danach bei stabilen Frakturen eine Unterarmgipsлонette bzw. bei instabilen Frakturen oder bei Beteiligung des distalen Radioulnargelenks ein Oberarmspaltgips für 3 bis 4 Wochen angelegt.

Durch die gute Remodellingfähigkeit bei kindlichen Frakturen ist mit einer guten Ausheilung des Radius, auch bei größeren Achsenabweichungen zu rechnen, da bis zum 6. Lebensjahr bis zu 40°, bis zum 12. Lebensjahr noch immer bis zu 20° Achsenabweichung problemlos korrigiert werden können.

[Weinberg et al, 2006]

operative Therapie

A) der Radiusfraktur:

Behandlungsoptionen:

Kirschner-Draht-Fixierung

Diese Art der Fixierung ist besonders für Kinder und Jugendliche im Wachstumsalter geeignet, da hier durch die gute Remodellingkapazität keine vollständige anatomische Reposition erreicht werden muss.

Es sollte bei der Einbringung der Drähte darauf geachtet werden, dass diese möglichst zentral durch die Wachstumsfuge eingebracht werden, da ansonsten die Durchblutung der Fuge behindert werden könnte. Außerdem sollte die Fuge nicht mehrmals durchstochen werden. [Weinberg et al, 2006; Laer, 2001; Marzi 2006]



Abb. 18) rechter Unterarm (ap und seitlich)
Distale Radiusfraktur nach Kirschnerdraht-
Osteosynthese

Marknagelung (elastische stabile Marknagelung)

Diese Therapiemethode ist besonders bei Schaftfrakturen geeignet und ist relativ komplikationsarm. Hierbei wird frakturfern ein Implantat eingebracht, das Bruchfragment – nach geschlossener Reposition - aufgefädelt und somit eine anatomische Stellung wiederhergestellt. [Walz et al, 2006; Schmittenbecher, 2005]

Plattenosteosynthese (palmar oder dorsal)

Diese Methode wird vor allem bei intraartikulären Frakturen verwendet, die erst in der Adoleszenz auftreten.

Hierbei kann man zwei Zugangsarten unterscheiden:

- a) dorsaler Zugang: bei starker Dislokation nach dorsal
- b) volarer Zugang: bei instabilen Frakturen mit Gelenksbeteiligung und fehlender volarer Abstützung, sowie bei metaphysären Frakturen.

[Weinberg et al, 2006; Marzi 2006; Walz et al, 2006]

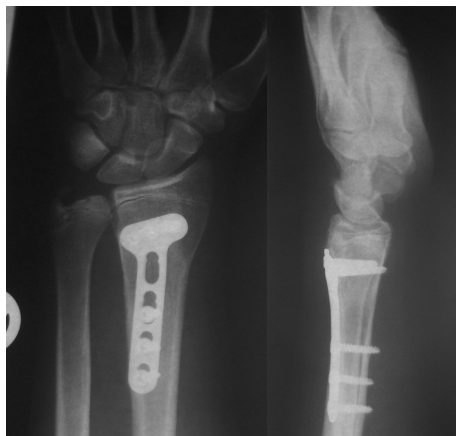


Abb. 19) linker Unterarm (ap und seitlich)
Bereits konsolidierte Radiusfraktur nach
Plattenosteosynthese mit winkelstabilen
Schrauben

Fixateur externe

Diese Behandlungsmodalität sollte nur in Ausnahmefällen bei offenen Frakturen oder Frakturen mit schwerer Weichteilschädigung eingesetzt werden.

[Weinberg et al, 2006]

B) Der Styloidfraktur:

Beim Auftreten einer radioulnaren Instabilität, von bewegungsabhängigen Schmerzen und eingeschränkter Umwendbewegung sollte bei Erwachsenen auch eine operative Refixierung des Styloidfragmentes in Betracht gezogen werden, diese Richtlinien können somit auf Jugendliche mit abgeschlossenem Wachstum übertragen werden.

Behandlungsoptionen:

Fixierung mittels Einbringung einer Zugschraube

Nach der Versorgung der Radiusfraktur wird der Processus Styloideus ulnae reponiert und mittels Kleinfragment-Kortikaliszugschraube fixiert.



Abb. 20) Versorgung der Fraktur des Processus Styloideus Ulnae mittels Zugschraube [Obermaier, 2008]

Osteosynthese mittels Kirschner-Draht-Spickung

Hierbei werden zur Fixierung des abgebrochenen Styloidfragmentes ein oder zwei Kirschnerdrähte verwendet. [Obermaier, 2008; Luther et al, 2007]



Abb. 21) Versorgung der Fraktur des Processus Styloideus Ulnae mittels Spickdraht [Obermaier, 2008]

Diese führt oftmals nur zu einer eingeschränkten Stabilität und es besteht ein Risiko der Implantatdislokation und es wird daher eine zusätzliche Ruhigstellung benötigt. [Rang, 1983]

Refixierung mittels Zuggurtungsosteosynthese [Nürnberg et al, 2006; Obermaier, 2008; Luther et al, 2007]

Leider fehlen bisher aussagekräftige Studien zur operativen Therapie im Wachstumsalter.

4.2.1.3. Nachbehandlung

der konservativen Therapie

Am 7. – 10. Tag nach der Verletzung sollte bei instabilen bzw. dislozierten Frakturen ein Kontrollröntgen im Gips durchgeführt werden. Eine klinische Kontrolle sollte in jedem Fall durchgeführt werden, um eventuelle Probleme (Druckstellen, Durchblutungsstörungen...) frühzeitig erkennen und beheben zu können.

Nach 3 bis 4 Wochen wird der Gips entfernt und bei stabilen Frakturen nur eine klinische Kontrolle durchgeführt. Bei reponierten oder in Fehlstellung belassenen Frakturen sollte auch eine radiologische Kontrolle veranlasst werden.

An die Therapie sollte eine Physiotherapie mit entsprechenden aktiven und passiven Bewegungsübungen angeschlossen werden, [Obermaier, 2008] welche bei Kindern häufig nicht notwendig ist, da diese nach Gipsabnahme die Hand selbstständig mobilisieren.

Funktionsprüfungen sollten in 2- bis 4-wöchigen Abständen bis zur freien Funktion durchgeführt werden. [Weinberg et al, 2006]

der operativen Therapie

Nach der operativen Therapie der Fraktur wird ein gespaltener Oberarmgips - für die Dauer von 3 Wochen – in Supinationsstellung angelegt.

Nach der Abnahme des Gipses sollte sowohl eine klinische als auch eine radiologische Kontrolle durchgeführt werden, wobei die Implantatlage bzw. die Wundheilung genau begutachtet werden soll.

Auch nach einem operativen Verfahren sollten die Mobilisation und Funktionsprüfungen analog zur konservativen Therapie durchgeführt werden.

Metallentfernung: Diese sollte bei Kirschner-Drähten nach Konsolidierung der Fraktur erfolgen, bei Platten nach 4 (noch offene Wachstumsfugen) bzw. 6 Monaten (bereits geschlossene Wachstumsfugen). [Weinberg et al, 2006]

4.2.1.5 Outcome

Frykman-Frakturen haben im Erwachsenenalter ein signifikant schlechteres anatomisches und auch funktionelles Outcome im Vergleich zu isolierten distalen Radiusfrakturen. [Erhalt, 1935; Luther et al, 2007]

Als Ursache dafür wird in jeder Altersgruppe sowohl die radioulnare, als auch ulnokarpale Instabilität aufgrund einer Pseudarthrosebildung vermutet, welche eine Ausheilung in einer Radialdeviation begünstigt. Dies führt zu einer Radiusverkürzung und trägt dadurch zu einer radioulnaren Dislokation mit Mehrbelastung des Discus articularis bei, [Luther et al, 2007] was eine persistierende Schmerzsymptomatik im Handgelenk verursachen kann. [Laer, 2001]

Bei Erwachsenen kommt es häufig (73%; 95/337) zu einer Pseudarthrosebildung, wobei eine Diastase des Frakturfragmentes von mehr als 1 mm immer mit einer fehlenden Verheilung des Styloids einhergeht. [Rappold et al, 1997]

Eine Studie bei Kindern und Jugendlichen zeigte, dass bei 83,7 % (36/43) der Patienten unter konservativer Therapie des distalen Radius (ohne spezielle Berücksichtigung der Styloidfraktur) zum Zeitpunkt der Gipsabnahme noch keine Einheilung des Styloids erfolgt ist. Im Follow-up von durchschnittlich 19 Monaten (10 bis 67 Monate) zeigt sich, dass bei einem Großteil der Patienten (80%, 28/35) ein Pseudarthrose weiterhin bestehen blieb. Aber nur bei 20 % (7/35) äußerten sich Beschwerden, in Form von intermittierenden Schmerzen während sportlicher Betätigung und radioulnare Gelenkinstabilität aufgrund einer Zerstörung des triangulären fibrocartilaginären Komplexes. [Abid et al, 2008]

Eine eingeschränkte Beweglichkeit in der Umwendbewegung wurde bei einem Drittel (2/7) der jugendlichen Patienten mit Beschwerden beobachtet, [Abid et al, 2008] welche durch die Beeinträchtigung des ulnocarpalen Komplexes erklärt werden kann. Weiters konnten auch Einschränkungen in der Flexion und Extension beobachtet werden,

ebenso wie starke Schmerzen bei Ulnardeviation oder bei Druck auf den Processus Styloideus Ulnae. [Xarchas et al, 2004]

Eine weitere Studie im Wachstumsalter zeigte eine deutlich geringere Pseudarthroserate (nur 17,8%; 8/45), wobei hier keine Angaben bezüglich Follow-up und Vorgehensweise gemacht wurden. Außerdem wurden nicht alle Patienten ins Follow-up aufgenommen. [Stansberry et al, 1990]

Spezieller Teil – klinische Studie

I. Einleitung

Frakturen des distalen Unterarms sind im Kindesalter sehr häufig und stellen 20 % aller Extremitätenfrakturen dar. Hierbei handelt es sich doppelt so oft um isolierte Frakturen des Radius, als um andere knöcherne Verletzungen in diesem Bereich.

[Weinberg et al, 2006; Dicke et al, 1993]

Eine häufige Begleitverletzung der distalen Radiusfraktur stellt der Abriss des Processus Styloideus Ulnae dar, welche bei Erwachsenen in bis zu 50 % auftritt.

[Erhalt, 1935] Jedoch findet man in der Literatur eine große Spannweite der Häufigkeitsangaben für das Auftreten dieser Verletzungskombination, welche sich von 50 % bis 80 % erstreckt. [Luther et al., 2007]

Stansberry et al. gibt an, dass dieser Prozentsatz bei Kindern und Jugendlichen im Wachstumsalter deutlich geringer ausfällt (33% [45/222] aller distalen Unterarmfrakturen) [Stansberry et al, 1990], wobei hier eher Jugendliche betroffen sind.

[Laer, 2001]

Bei der Lokalisation der Styloidfrakturen dominieren klar die Styloidspitzenfrakturen mit 80 – 85 %. [Abid et al, 2008; Erhalt, 1935]

Die selteneren basisnahen Frakturen entsprechen häufig einem knöchernen Ausriss des triangulären fibrocartilaginären Komplexes, welcher für die Stabilität des Handgelenkes eine wichtige Rolle spielt und dadurch Probleme verursachen kann. [Erhalt, 1935] In 35 % (16/46) der Fälle war der abgerissene Teil des Processus disloziert. [Abid et al, 2008]

Das Outcome einer distalen Radiusfraktur mit Beteiligung des Processus Styloideus Ulnae ist beim Erwachsenen signifikant schlechter, als bei einer reinen Verletzung des Radius, was vor allem auf die radioulnare und ulnokarpale Instabilität durch die häufige Pseudarthrosebildung zurückgeführt wird. [Luther et al, 2007]

Abid et al. beobachtete bei 87,5 % (36/43) der jugendlichen Patienten eine Pseudarthrose des Processus Styloideus bei Gipsabnahme, wobei 20 % (7/38) davon Komplikationen in Form von intermittierenden Schmerzen während der Bewegung und radioulnare Instabilität im Follow-up aufwiesen. [Abid et al, 2008]

I.I. Ziel der Studie

Da es jedoch bisher nur sehr wenige Studien gibt, die sich mit der Frykman-Fraktur (ein assoziierter Abriss des Processus Styloideus Ulnae zu einer distalen Radiusfraktur) bei Kindern und Jugendlichen im Wachstumsalter beschäftigen, zielt diese klinische Studie auf folgende Punkte ab:

- es sollen genauere Informationen über die Häufigkeit und den Verletzungsmechanismus dieser Verletzungskombination ermittelt werden
- durch eine klinische Nachuntersuchung, soll der Langzeitverlauf dieser Verletzung festgestellt werden (überprüft werden hierzu das funktionelle Behandlungsergebnis, sowie auch das Vorhandensein mögliche Komplikationen - wie Bewegungseinschränkungen, Instabilitäten und Schmerzen - welche aus einer möglichen Fehlverheilung des Processus Styloideus Ulnae resultieren können)
- Ermittlung der Heilungsrate des frakturierten Processus Styloideus Ulnae nach ungefähr 2 Jahren post Trauma.

II. Material und Methoden

In einer retrospektiven Analyse wurden die Röntgenbilder aller Patienten mit distalen Radiusfrakturen - welche im Jahr 2006 und 2007 an der Kinderchirurgie des Universitätsklinikums Graz vorstellig wurden – auf radiologische Hinweise für das Vorliegen einer assoziierten Styloidfraktur durchsucht.

Dadurch wurde das Patientenkollektiv für diese Studie ermittelt, wobei folgende Parameter erhoben wurden: Geschlecht, Alter zum Zeitpunkt der Verletzung, Unfallursache, Frakturtyp der assoziierten distalen Radiusfraktur sowie der Styloidfraktur und Art der Therapie.

Die nötigen Daten wurden hierfür aus den Röntgenbildern und den vorhandenen Patientendokumenten entnommen. Weiters wurde ein Fragebogen erstellt, welcher diverse Fragen zur Verletzung, Sportlichkeit, Komplikationen und das DASH-Score-Formular enthält.

Die Beurteilung des funktionellen Outcomes (vor allem des Bewegungsumfanges, sowie das mögliche Vorhandensein von Schmerzen) wurde im Rahmen einer ambulanten klinischen Nachuntersuchung durchgeführt.

Einschlusskriterien: Zum Zeitpunkt des Unfalles sind die Wachstumsfugen noch offen. Da zur radiologischen Diagnostik einer Verletzung des Processus Styloideus Ulnae dieser bereits verknöchert sein muss, sind bei dieser Studie keine Kinder unter 7 Jahren zu erwarten. Es wurden sowohl männliche als auch weibliche Patienten in diese Studie miteingeschlossen.

II.I. Der DASH-Score

Der DASH-Score (Disability of Arm – Shoulder – Hand) stellt eine gute Methode zur Evaluierung von Behandlungsergebnissen an der oberen Extremität dar. Er wurde von der „American Academy of Orthopaedic Surgeons“, dem „Institute for work and health“, sowie dem Council der „Musculoskeletal Speciality Societies“ (MODEMS) entwickelt.

Es handelt sich hierbei um einen „Self-report“-Fragebogen, bei dem die subjektive Wahrnehmung des aktuellen Befindens des Patienten erhoben wird.

Der DASH-Fragebogen wird in drei Teile eingeteilt:

Teil A) Funktion

Teil B) Symptomatik

Teil C) spezielle Aktivitäten (Instrument, Sport)

Beim C-Teil handelt es sich um ein optionales Modul, das eingefügt werden kann, um eine genauere Einschätzung der sozialen Komponente zu erhalten. Eine weitere Möglichkeit besteht darin, ein Modul, welches sich mit der Berufstätigkeit beschäftigt, einzufügen.

Mit diesem Score kann die Globalfunktion der oberen Extremität erhoben werden, indem ein Punktwert für eine bestimmte „Einschränkung“ erfasst wird. Die bestmögliche Funktion erhält einen Punkt, die Schlechteste fünf Punkte. Je größer nun der endgültige Wert, desto höher der Grad der Beeinträchtigung für den Patienten.

Die Bandbreite des DASH-Scores beträgt bei Teil A und B zusammen 0 bis maximal 100 Punkte, wobei 0 Punkte einer freien Beweglichkeit ohne jegliche Behinderung und 100 Punkte einer maximalen Einschränkung entspricht.

Die Errechnung des DASH-Scores für Teil A und B zusammen erfolgt nach folgender Formel:

$$\frac{\text{Gesamtpunktezahl} - 30 \text{ (=Minimalpunktezahl)}}{1,20 \text{ (=Bandbreite)}} = \text{DASH-Score}$$

Dieser Score stellt eine sensible Methode zur Erfassung von Funktionsverlusten der oberen Extremität dar [Germann et al, 1999] und wird von K.M. Stürmer für die Bewertung des subjektiven Outcomes der distalen Radiusfraktur empfohlen.

Es muss jedoch beachtet werden, dass mindestens 27 der 30 Fragen beantwortet werden, um den Score möglichst richtig zu berechnen. Um nun auch die nicht-beantworteten Fragen zu berücksichtigen und einen aussagekräftigen DASH-Score zu erhalten, eignet sich eine neuere Formel, die besser für diese Berechnung geeignet ist. [Solway et al, 2002]

Diese Formel lautet:

$$\left[\frac{\text{Summe der beantworteten Fragen}}{\text{Anzahl der beantworteten Fragen}} - 1 \right] \times 25 = \text{DASH-Score}$$

[Germann et al, 1999]

Man kann jedoch auch den rechnerisch ermittelten Mittelwert aller anderen Fragen für die fehlenden Werte verwenden.

TEIL A:
Bitte schätzen Sie Ihre Fähigkeit ein, wie Sie die folgenden Tätigkeiten in der letzten Woche durchgeführt haben, indem Sie die entsprechende Zahl ankreuzen.

	Keine Schwierigkeiten	Wenige Schwierigkeiten	Mäßige Schwierigkeiten	Erhebliche Schwierigkeiten	Nicht möglich
Ein neues oder fest verschlossenes Glas öffnen	1	2	3	4	5
Schreiben	1	2	3	4	5
Einen Schlüssel umdrehen	1	2	3	4	5
Eine Mähzeitluise zubereiten	1	2	3	4	5
Eine Schraube für austauschen	1	2	3	4	5
Einen Gegenstand über Kopfhöhe auf ein Regal stellen	1	2	3	4	5
Schwere Hausarbeit (z.B. Wände abwischen/streichen, Boden putzen)	1	2	3	4	5
Garten- oder Holzarbeit	1	2	3	4	5
Bettenmachen	1	2	3	4	5
Eine Einkaufstasche, Schultasche oder einen Rucksack tragen (in der Hand)	1	2	3	4	5
Einen schweren Gegenstand tragen (über Kopf)	1	2	3	4	5
Eine Überhose über Ihrem Kopf auswechseln	1	2	3	4	5
Ihre Haare waschen oder föhnen	1	2	3	4	5
Ihren Rücken waschen	1	2	3	4	5
Einen Nagel anziehen	1	2	3	4	5
Ein Messer benutzen, um Lebensmittel zu schneiden	1	2	3	4	5
Freizeitaktivitäten, die wenig körperliche Anstrengung verlangen (z.B. Karten spielen, Computer spielen ...)	1	2	3	4	5
Freizeitaktivitäten, bei denen auf Ihren Arm, Schulter oder Hand Druck oder Stoß ausgeübt wird (z.B. Golf, Hürmern, Tennis usw.)	1	2	3	4	5
Freizeitaktivitäten, bei denen Sie Ihren Arm frei bewegen (z.B. Badminton, Frisbee)	1	2	3	4	5
Mit Fortbewegungsmitteln zurecht kommen (um von einem Platz zum anderen zu gelangen)	1	2	3	4	5
Sexuelle Aktivität	1	2	3	4	5

In welchem Ausmaß haben Ihre Arm-Handprobleme Ihre normalen sozialen Aktivitäten mit Familie, Freunden ... während der vergangenen Woche beeinträchtigt?	Überhaupt nicht	Ein wenig	Mäßig	Ziemlich	Sehr
	1	2	3	4	5
Wären Sie in der vergangenen Woche durch Ihre Schulter-, Arm- oder Handprobleme in Ihrer Arbeit oder anderen alltäglichen Aktivitäten eingeschränkt?	Überhaupt nicht eingeschränkt	Ein wenig eingeschränkt	Mäßig eingeschränkt	Sehr eingeschränkt	Nicht möglich
	1	2	3	4	5

TEIL B:
Bitte schätzen Sie die Schwere der folgenden Beschwerden während der letzten Woche ein. (Bitte kreuzen Sie in jeder Zeile die entsprechende Zahl an.)

	keine	Leichte	Mäßige	Starke	Sehr starke
Schmerzen in Schulter, Arm und Hand	1	2	3	4	5
Schmerzen in Schulter, Arm oder Hand während der Ausführung einer bestimmten Tätigkeit	1	2	3	4	5
Vibrieren (Nadelstiche) in Schulter, Arm oder Hand	1	2	3	4	5
Schwächegefühl in Schulter, Arm oder Hand	1	2	3	4	5
Stumpfheit in Schulter, Arm oder Hand	1	2	3	4	5
Wie oft waren Ihre Schlafstörungen in der letzten Woche aufgrund von Schmerzen im Arm- oder Handbereich?	Keine Schwierigkeiten	Wenige Schwierigkeiten	Mäßige Schwierigkeiten	Erhebliche Schwierigkeiten	Nicht möglich
	1	2	3	4	5
Aufgrund meiner Probleme im Arm- oder Handbereich empfinde ich meine Fähigkeiten als eingeschränkt, ich habe weniger Selbstvertrauen oder ich fühle, dass ich mich weniger nützlich machen kann.	Stimme überhaupt nicht zu	Stimme nicht zu	Weder Zustimmung noch Ablehnung	Stimme zu	Stimme sehr zu
	1	2	3	4	5

TEIL C:
Folgende Fragen beziehen sich auf den Einfluss Ihrer Verletzung auf das Spielen eines Instrumentes bzw. das Ausüben einer Sportart.
Welches Instrument spielen Sie bzw. welche Sportart betreiben Sie? (Wenn Sie mehrere Instrumente spielen bzw. mehrere Sportarten betreiben, geben Sie bitte die Wichtigste für Sie an.)

Hatten Sie irgendwelche Schwierigkeiten...

	Keine Schwierigkeiten	Wenige Schwierigkeiten	Mäßige Schwierigkeiten	Erhebliche Schwierigkeiten	Nicht möglich
In der üblichen Art und Weise Ihr Instrument zu spielen bzw. Ihren Sport auszuüben?	1	2	3	4	5
Wegen Schmerzen im Arm oder der Hand Ihr Instrument zu spielen bzw. Ihren Sport zu betreiben?	1	2	3	4	5
So gut wie üblich Ihr Instrument zu spielen bzw. Ihren Sport zu betreiben?	1	2	3	4	5
Ihre gewohnte Zeit mit dem Spielen Ihres Instrumentes bzw. dem Ausüben Ihrer Sportart zu verbringen?	1	2	3	4	5

Herzlichen Dank für Deine/Ihre Mitarbeit!!!

Abb. 22) Der DASH-Fragebogen – er stellt ein sensibles Instrument zur Analyse der Globalfunktion der oberen Extremität dar und wird inhaltlich in drei Teile aufgeteilt:
Teil A: Fragen zur Funktion
Teil B: Fragen zu Symptomen im Zusammenhang mit der Verletzung
Teil C: Fragen zu speziellen Aktivitäten zB Sport, Spielen von Instrumenten...

Die optionalen Module (hier: Teil C) werden getrennt nach folgender Formel berechnet:

$$\frac{\text{Gesamtpunkteanzahl} - 4 \text{ (=Minimalpunktezah)}}{0,16 \text{ (=Bandbreite)}} = \text{DASH-Score}$$

Hier beträgt die maximale Punkteanzahl 20, die Minimale 4 Punkte, jedoch wird der DASH-Score wieder in eine Skala zwischen 0 und 100 konvertiert, wobei auch hier 0 für eine uneingeschränkte Funktion und 100 für eine schwere Behinderung steht. Jedoch müssen in diesen Modulen alle Fragen beantwortet werden, um einen wahrheitsgemäßen Score zu gewährleisten.
[Solway et al, 2002]

II.II. Die klinische Untersuchung

Wichtig bei der klinischen Untersuchung ist der Vergleich zur Gegenseite, denn nur so kann die individuelle Beweglichkeit in die Beurteilung von Bewegungseinschränkungen miteinfließen.

Nach einer genauen Anamnese und einer Inspektion der Extremitäten, sollte man mit einer Palpation beginnen, wobei Schmerzpunkte, Schwellungen, Temperaturalterationen und Ergüsse festgestellt werden können.

Bei der Gelenksuntersuchung werden erst die aktive und später die passive Beweglichkeit nach der Neutral-Null-Methode beurteilt, wobei dieser Bewegungsumfang größer als der Aktive ist. [Buckup, 2005]

II.II.I. Die Neutral-Null-Methode

Diese Methode zur Messung des Bewegungsumfanges von Gelenken wird auch Nulldurchgangsmethode genannt. Sie ist standardisiert, indem eine Neutral- bzw. Nullposition für jedes Gelenk definiert wurde, welche der Stellung der Gelenke beim aufrecht stehenden Menschen entspricht.

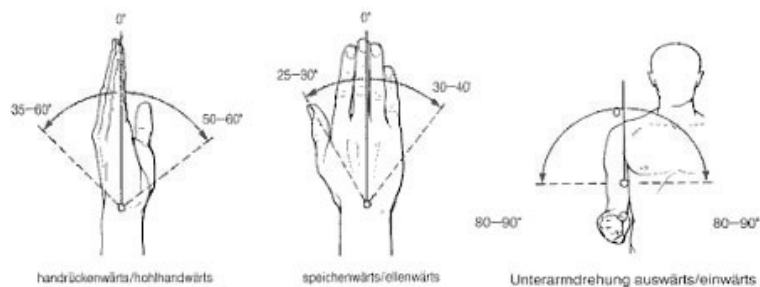


Abb. 23) Der Bewegungsumfang des Handgelenkes und der Umwendbewegung nach der Neutral-Null-Methode [Niethart, 1989]

Anmerkung: In der Literatur finden sich verschiedene Werte für Flexion/Extension

II.II.I.I. Durchführung

Zur Untersuchung der Umwendbewegung sowie der Beweglichkeit des Handgelenkes sollte der Patient mit angelegten Armen und einer Ellbogenflexion von 90° aufrecht sitzen.

Um eine genaue Messung zu erhalten, wird ein so genannter Goniometer (Winkelmesser) verwendet, welcher auf die gedachte Knochenachse ausgerichtet wird und dessen Drehpunkt genau dem des Gelenkes entsprechen soll. Die Messung einer aktiven

Bewegung sollte immer der einer passiven Bewegung vorgezogen werden. [Hütter-Becker, 2005]

Der Patient wird gebeten, die vorgegebene Bewegung maximal auszuführen, wobei der Winkelmesser richtig angelegt wird um das Ergebnis der Abweichung korrekt ablesen zu können.

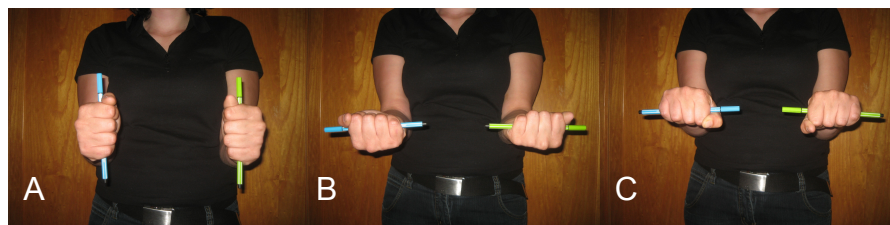


Abb. 24) Durchführung der Neutral-Null-Methode für die Umwendbewegung

- A) Neutralposition
- B) maximale Supination
- C) maximale Pronation

Hierbei muss darauf geachtet werden, dass die Ellbogen am Körper anliegen, um eine Mitbeteiligung des Schultergelenkes während der Umwendbewegung zu verhindern.



Abb. 25) Durchführung der Neutral-Null-Methode

- 1) Flexion
- 2) Extension
- 3) Radialduktion
- 4) Ulnarduktion

II.II.II. Auswertung

Die abgelesenen Grade werden in folgender Form notiert:

Flexion/Abduktion/Außenrotation – 0 – Extension/Adduktion/Innenrotation

Ein Handgelenk mit dem Bewegungsumfang einer maximalen Flexion von 90° und einer maximalen Extension von 80°, würde dementsprechend so notiert: 90 – 0 – 80

Wird jedoch der Neutralwert nicht erreicht, so schreibt man die Null entweder vor oder nach dem entsprechenden Ausschlag, zB bei einer Beugekontraktur von 10°: 90 – 10 – 0 [Hepp, 2004]

Normalwerte Handgelenk:

Flexion/Extension:	60 – 0 – 60
Ulnar-/Radialduktion:	40 – 0 – 30
Pronation/Supination:	85 – 0 – 85

Die Genauigkeit sollte bei der Messung nicht mehr als 5° abweichen, um ein korrektes Ergebnis zur Vergleichbarkeit zu erhalten. [Hütter-Becker, 2005]

Weiters wird bei der Nachuntersuchung des Handgelenkes auch das *Vorliegen einer federnden Ulna* untersucht, um so einen Hinweis auf die Stabilität des distalen Radioulnargelenks (DRUG) zu erhalten, indem man jeweils mit einer Hand Radius und Ulna ergreift und durch Auf- und Abwärtsbewegungen die Beweglichkeit zwischen den Knochen prüft.

Um eine eventuelle *Wachstumsstörung der Ulna* zu ermitteln, wird weiters das distale Ende des Radiuses ertastet und darauf eine gedachte Linie nach ulnar angelegt. Nun wird das distale Ende der Ulna getastet. Stimmt dieses Ende mit der gedachten Linie, welche am Kopf des Radiuses liegt überein, so liegt keine Ulnaminus- bzw. –plusvariante vor. Bei Abweichung kann man diese in Millimeter angeben, indem man auch eine Linie über den Ulnakopf legt.

Hierbei sind Differenzen bis ca. 5 mm in einem akzeptablen Rahmen, bei größeren Abweichungen oder beim Vorliegen von Komplikationen sollte eine Korrektur durchgeführt werden.



Abb. 26) Überprüfung auf Vorliegen eine Ulnarabweichung
 Als erstes wird der Radiuskopf ertastet (Bild 2) und darauf eine Linie angelegt. Anschließend macht man das Selbe mit dem Ulnakopf (Bild 3). Zum Schluss schaut man, ob diese Linien in einer Ebene liegen.

Außerdem sollten die grobe Muskelkraft durch Angabe der Kraftgrade ermittelt werden, um mögliche Einschränkungen zu erkennen.

Grad	Ausmaß	Prozentanteil der Muskelkraft	klinisch-neurologischer Befund
5	normal	100	volles Bewegungsausmaß gegen starken Widerstand
4	gut	75	volles Bewegungsausmaß gegen leichten Widerstand
3	schwach	50	volles Bewegungsausmaß gegen die Schwerkraft
2	sehr schwach	25	volles Bewegungsausmaß ohne Einwirkung der Schwerkraft
1	geringfügig	10	sicht-/tastbare Aktivität, Bewegungsausmaß nicht vollständig
0	null	0	komplette Lähmung, keine Kontraktion

Tabelle 1) Kraftgrade – Angabe der aktiven Muskelleistung

Wichtig ist bei all diesen Untersuchungen immer der *Seitenvergleich!*

III. Ergebnisse

Bei der Untersuchung aller Röntgenbilder der Patienten, welche in den Jahren 2006 und 2007 mit einer distalen Radiusfraktur an der Kinderchirurgie Graz vorstellig wurden (n=471), konnte bei 10,8% (n=51) das Vorliegen einer assoziierten Fraktur des Processus Styloideus Ulnae ermittelt werden.

Das durchschnittliche Verletzungsalter lag hierbei bei 13 Jahren (SD=2,13 Jahre), wobei der jüngste Patient 8 Jahre alt war. Aufgrund der späten Verknöcherung des Styloids, war bereits im Vorhinein damit zu rechnen, dass diese Verletzung bei keinem Kind unter 7 Jahren durch eine reine Röntgendiagnostik zu ermitteln sein wird. Der älteste Patient war zum Zeitpunkt des Traumas 17 Jahre alt.

Nur 17,5% (n=9) aller Patienten waren weiblich.

Als häufigste Verletzungsursache konnten Stürze (22%) und Sportverletzungen (v.a. Snowboarden [17%] und Fußball [16%]) ermittelt werden.

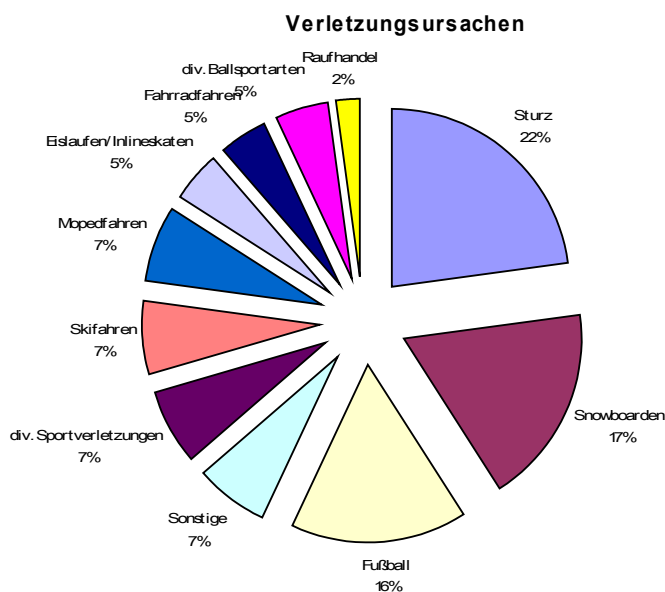


Abb. 27) Verletzungsursachen für distale Radiusfrakturen mit assoziierter Verletzung des Processus Styloideus Ulnae

Die Verteilung zwischen rechter und linker Hand war ausgeglichen und in einem Fall konnte sogar ein beidseitiges Auftreten ermittelt werden. In zwei Drittel (n=34) der Fälle war es die dominante Seite.

Oft trat ein Styloidabriss in Kombination mit einer dislozierten kompletten distalen Radiusfraktur (35%) oder einer Salter Harris II-Fraktur (30%) auf. Außerdem konnten Grünholz-, Wulst- und Stauchungsfrakturen, sowie Salter Harris I und undislozierte Frakturen des Radiuses ermittelt werden. In zwei Fällen (3,9%) fand man eine Epiphysiolyse der distalen Radiusepiphyse.

Therapiert wurde die distale Radiusfraktur zu 90,2% (46/51) konservativ mittels Gipsruhigstellung für 4 bis 6 Wochen. Bei allen diesen Patienten (n=46) kam es zu einer Konsolidierung der Radiusfraktur bei Gipsabnahme. In vier Fällen (7,8%) wurde eine Plattenosteosynthese der distalen Radiusfraktur durchgeführt. Bei einem Patienten (1,9%) erfolgte eine Spickdrahtfixierung. Auch nach der chirurgischen Sanierung konnte eine gute Verknöcherung der Radiusfraktur beobachtet werden.

Alle Patienten mit assoziiertem Abriss des Processus Styloideus Ulnae (n=51) wurden mittels Einladungsschreiben bzw. –anrufen zu einer klinischen Nachuntersuchung eingeladen, welche durchschnittlich 31 Monate (SD=7,4 Monate) nach dem Trauma durchgeführt werden sollte.

Dieser Einladung folgten jedoch nur 19 Patienten (37,3%). Drei Patienten sind unbekannt verzogen und sieben Patienten waren durch diverse Gründe (Auslandsaufenthalt, Bundesheer, zu weite Entfernung zum Wohnort) zur Zeit der Nachuntersuchung nicht erreichbar bzw. verfügbar. Zwölf Patienten lehnten eine Untersuchung aufgrund der Beschwerdefreiheit ab, wovon sich jedoch sieben dazu bereit erklärten, zumindest den Fragebogen zu beantworten. Der Rest (zehn Patienten) war auch nach mehreren Kontaktversuchen nicht erreichbar.

50% (n=26) der Patienten beantworteten den Fragebogen, bei dessen Auswertung festgestellt werden konnte, dass keiner davon an starken Schmerzen leidet. Neun Patienten (34,5%) gaben jedoch an, manchmal Schmerzen bei Belastung (vor allem beim Heben schwerer Lasten und bei Überkopfarbeiten) zu haben. 26,3% (n=7) aller Patienten gaben an hin und wieder an Ruhebeschwerden, wie Ziehen und Kribbeln, zu leiden. Diese treten vor allem bei Wetterumschwüngen in Form von Wetterfühligkeit auf.

Der DASH-Score, welcher die Globalfunktion der oberen Extremität widerspiegelt und von 0 (keine Einschränkung der Globalfunktion) bis 100 (maximale Einschränkung der Globalfunktion) reicht, zeigte eine geringe Beeinträchtigung der befragten Patienten. Er betrug im Mittel 3,27, wobei die Spannweite von 0 bis 29,17 reicht. Die Standardabweichung beträgt 6,45. Hierbei gaben die Patienten vor allem Probleme bei schweren Arbeiten (schwere Gegenstände tragen, Hof- und Gartenarbeiten), Überkopftätigkeiten und bei Freizeitaktivitäten bei denen Druck auf die Hand ausgeübt wird bzw. der Arm frei bewegt werden soll, an.

Beim DASH-Score für die sportliche Betätigung (0 = keine Einschränkung, 100 = maximale Einschränkung), gaben nur wenige Patienten (n=3) eine Behinderung an. Er betrug im Mittel 1,2, wobei die Spannweite 0 bis 18,75 beträgt.

Im Rahmen der Nachuntersuchung zeigten die Patienten ein gutes Outcome. Bei der klinischen Untersuchung konnte in der Mehrheit der Fälle (73,5%, n=14) eine vermehrt federnde Ulna zur Gegenseite festgestellt werden.

Nur bei drei (15,7%) der insgesamt 19 untersuchten Patienten konnten Bewegungseinschränkungen ermittelt werden (siehe Tab. 1). Zwei zeigten eine Einschränkung in Flexion (30° bzw. 10°) und Extension (5° bzw. 20°) im Vergleich zur Gegenseite. Die Radiusfrakturen dieser beiden Patienten wurden primär mittels Plattenosteosynthese versorgt, welche im Verlauf zu hypertrophen Narben und/oder Verwachsungen führten.

In einem Fall (5,3%) war die Umwendbewegung der betroffenen Hand (Pronation: 70°; Supination: 75°) limitiert, wobei auch Schmerzen in der Maximalbewegung angegeben wurden. Eine genaue Ursache für die Bewegungseinschränkung konnte jedoch nicht eruiert werden.

Patient	Flexion re/li	Extension re/li	Radialduktion re/li	Ulnarduktion re/li	Pronation re/li	Supination re/li
D.S.	70° / 70°	80° / 80°	20° / 20°	25° / 25°	90° / 90°	90° / 90°
E.F.	70° / 70°	75° / 75°	30° / 30°	30° / 35°	90° / 90°	85° / 85°
E.I.	65° / 65°	65° / 65°	20° / 20°	20° / 25°	90° / 90°	85° / 85°
E.K.	60° / 60°	60° / 60°	25° / 25°	30° / 30°	85° / 85°	85° / 85°
F.M.	30° / 60°	55° / 60°	20° / 30°	30° / 30°	90° / 90°	90° / 90°
F.S.	60° / 60°	70° / 70°	20° / 20°	30° / 30°	95° / 95°	90° / 90°
G.I.	70° / 70°	60° / 70°	30° / 30°	30° / 30°	85° / 85°	80° / 85°
M.F.	65° / 65°	70° / 70°	25° / 25°	25° / 25°	90° / 90°	80° / 80°
N.M.	65° / 65°	60° / 60°	20° / 20°	30° / 30°	80° / 80°	80° / 80°
P.M.	70° / 70°	80° / 80°	20° / 20°	30° / 30°	85° / 85°	85° / 85°
R.C.	60° / 60°	70° / 70°	30° / 30°	25° / 25°	80° / 80°	85° / 85°
R.D.	75° / 75°	70° / 70°	20° / 20°	30° / 30°	85° / 85°	85° / 85°
R.M.	55° / 45°	60° / 40°	20° / 20°	30° / 30°	80° / 80°	85° / 85°
S.A.	65° / 65°	65° / 65°	20° / 20°	30° / 30°	85° / 85°	80° / 80°
S.K.	65° / 65°	70° / 70°	20° / 20°	20° / 20°	85° / 70°	85° / 75°
S.M.	70° / 70°	75° / 75°	20° / 20°	30° / 30°	85° / 85°	85° / 85°
S.O.	70° / 70°	75° / 75°	30° / 30°	35° / 35°	90° / 90°	90° / 90°
T.O.	60° / 60°	65° / 65°	20° / 20°	25° / 25°	85° / 85°	85° / 85°
W.A.	65° / 65°	70° / 70°	25° / 25°	25° / 30°	85° / 85°	90° / 90°

Tabelle 2) Auswertung der Neutral-Null-Methode
fett = betroffene Hand, gelb = Abweichungen von der Norm

Bei zwei Patienten (10,5%) wurde eine Wachstumsstörung der Ulna in Form einer Ulnaminusvariante von 3 mm bzw. von 5 mm (Gegenseite: 1 mm) im Röntgen festgestellt, welche jedoch klinisch in beiden Fällen keine Probleme bereitet und daher momentan (beide Patienten haben noch offene Fugen) nicht behandlungsbedürftig ist. Diesen Patienten wurde jedoch eine Langzeitkontrolle bis zum endgültigen Fugenschluss empfohlen.



Abb. 28) Röntgen Handgelenk (ap + seitl.)
 Die Ulna ist im Sinne einer Ulnaminusvariante um ca. 5 mm verkürzt.
 Die Fugen sind noch nicht geschlossen

Die Durchsicht aller Röntgenbilder der Patienten mit assoziierter Styloidfraktur (n=51) ergab, dass es sich bei den Styloidverletzungen in 70,5% (n=36) um Styloidspitzenabrisse handelt. Den Rest stellen Frakturen an der Basis des Styloids dar.

Auffallend war, dass nur 9,8% aller Fälle (5/51) zum Zeitpunkt der knöchernen Heilung des Radiuses, ebenfalls eine Verknöcherung des Abrisses des Processus Styloideus - im Rahmen der Primärversorgung - aufwiesen.

Bei den - durchschnittlich 31 Monate (SD=7,4 Monaten) post Trauma - durchgeführten Kontrollröntgen, konnte man jedoch in 79% der nachuntersuchten Fälle (15/19) eine Anheilung des Processus Styloideus Ulnae in korrekter anatomischer Position feststellen. In einem Fall (5,3%) ist das Styloid nach dorsal verlagert verheilt, stellt jedoch in dieser Lage kein Problem dar.



Abb. 29) Röntgen Handgelenk (ap + seitr.)
 A) Processus Styloideus Ulnae gut angelagert bei Z.n. Fraktur des Styloids an der Basis
 B) Der Processus Styloideus Ulnae ist nach dorsal disloziert eingehellt.

In 15,8% (n=3) der Fälle lag bei der Nachuntersuchung keine knöchernerne Ausheilung der Styloidfraktur (=Pseudarthrose) vor. Nur bei einem Patienten, wurde eine Pseudarthrose der Styloidspitze ermittelt, die jedoch klinisch straff erscheint und keinerlei Probleme bereitet.



Abb. 30) Röntgen Handgelenk (ap + seitr.)
 Pseudarthrose der Spitze des Processus Styloideus Ulnae bei Z.n. Fraktur des Styloids (Basis und Spitze 2006)
 Vorstellig aufgrund einer erneuten Fraktur des Radiuses (April 2009)

Zwei Patienten (10,5%) wiesen im Kontrollröntgen eine Pseudarthrose nach einer Fraktur an der Styloidbasis auf. Diese Patienten gaben auch an, immer wieder Probleme an der betroffenen Seite zu haben. Diese äußern sich vor allem beim Tragen schwerer Lasten bzw. bei Überkopfarbeiten. Bei einem, dieser beiden Patienten, zeigte sich auch eine Einschränkung in der Umwendbewegung im Vergleich zur Gegenseite (Pronation: 15°; Supination: 10°).

Klinisch erschienen die Hand- und distalen Radioulnargelenke (=DRUG) bei den Patienten mit Pseudarthrose der Styloidbasis jedoch stabil und es konnten während der Nachuntersuchung keine Schmerzen ausgelöst werden.



Abb. 31) Röntgen Handgelenk (ap), Patient: S.K., Alter: 16 Jahre
 links) Röntgen vom 21.03.2006 bei St. p. distaler Radiusfraktur mit basisnahe Abriss des Processus Styloideus Ulnae.
 rechts) Kontroll-Röntgen vom 13.05.2009 – hier zeigt sich eine Pseudarthrose an der Basis des Processus Styloideus Ulnae. Der Radius ist komplikationslos verheilt.



Abb. 32) Röntgen Handgelenk (ap), Patient: R.K., Alter: 14 Jahre
 links) Röntgen vom 16.09.2007: basisnahe Fraktur des Processus Styloideus Ulnae bei St. p. distaler Radiusstauchungsfraktur
 rechts) Kontroll-Röntgen vom 10.05.2009: man findet eine basisnahe Pseudarthrose des Processus Styloideus Ulnae bei noch offenen Wachstumsfugen

IV. Diskussion

IV. Diskussion

Die distale Radiusfraktur ist eine der häufigsten Frakturen bei Kindern und Jugendlichen. [Weinberg et al, 2001] Im Wachstumsalter ist jedoch das Vorkommen einer assoziierten Fraktur des Processus Styloideus Ulnae als Begleitverletzung recht selten zu finden (10,8%), wobei vor allem Jugendliche betroffen sind. [Laer, 2001] Bei dieser Studie lag das mittlere Verletzungsalter bei 13 Jahren (SD=2,13 Jahre), wobei der jüngste Patient acht und der Älteste 17 Jahre alt waren.

Dies liegt auch daran, dass der Processus Styloideus Ulnae erst relativ spät verknöchert, wodurch eine Verletzung erst ab einem Alter von ungefähr 7 Jahren rein radiologisch diagnostiziert werden kann.

Bei Erwachsenen – wo diese Begleitverletzung in bis zu 50% der distalen Radiusfrakturen auftritt [Erhalt, 1935] - hat diese Verletzungskombination erwiesenermaßen ein signifikant schlechteres Outcome als eine reine Verletzung des Radiuses. Das kann vor allem auf die radioulnare und ulnokarpale Instabilität durch die häufige Pseudarthrosebildung zurückgeführt werden. [Luther et al, 2007]

In jeder Altersgruppe stellen 70 – 85% der Frakturen des Processus Styloideus Ulnae Styloidspitzenfrakturen dar, [Abid et al, 2008; Erhalt, 1935] die somit klar dominieren.

Seltener sind hingegen basisnahe Frakturen, welche einem knöchernen Ausriss des triangulären fibrocartilaginären Komplexes (=TFCC) entsprechen können. Der TFCC spielt für die Stabilität des Handgelenkes eine wichtige Rolle und durch seine Zerstörung kann ein Basisabriss des Styloids Probleme verursachen. [Erhalt, 1935] In einer Studie sah man, dass der abgerissene Teil des Processus Styloideus bei 35% der Jugendlichen disloziert ist. [Abid et al, 2008]

Abid et al. beobachtete – in der oben genannten Studie - bei 80% der jugendlichen Patienten eine Pseudarthrose des Processus Styloideus bei Gipsabnahme, wobei 20% davon Komplikationen in Form von intermittierenden Schmerzen während der Bewegung und radioulnare Instabilität im Follow-up aufwiesen. [Abid et al, 2008]

Diese Beobachtung konnte in dieser Studie zum Zeitpunkt der Gipsabnahme bestätigt werden, wo tatsächlich nur bei 9,8% der Kinder und Jugendlichen (5/51)

eine knöcherner Heilung des Processus Styloideus Ulnae nachgewiesen werden konnte.

In einem weiterführenden Follow-up von mindestens zwei Jahren post Trauma (durchschnittlich 31 Monate, SD=7,4 Monate), konnte jedoch festgestellt werden, dass 79% (n=15) der Frakturen des Styloids in korrekter anatomischer Position verheilt sind. Dies zeigt, dass die knöcherner Heilung des Processus Styloideus Ulnae jener des Radius deutlich nachhinkt. Nur in drei Fällen (15,7%) konnte im Langzeitkontrollröntgen eine Pseudarthrose ermittelt werden.

Anhand des Fragebogens wurde festgestellt, dass keiner der befragten 26 Patienten (50%) an starken Schmerzen leidet. 34,5% (n=9) gaben an, manchmal Schmerzen bei Belastung (vor allem beim Heben schwerer Lasten und bei Überkopfarbeiten) zu haben. Bei sieben Patienten (26,3%) bestehen hin und wieder Ruhebeschwerden in Form von Ziehen und Kribbeln. Dies tritt vor allem bei Wetterumschwüngen auf.

Der ermittelte DASH-Score (0=keine Einschränkung, 100=maximale Einschränkung) eine recht geringe Beeinträchtigung der Globalfunktion der oberen Extremität, wobei der Durchschnitt bei 3,73 lag. (Spannweite: 0 bis 29,17). Die Standardabweichung beträgt 6,45. Die Einschränkungen für die sportliche Betätigung (DASH-Score Sport) war wesentlich geringer, mit einem Score von durchschnittlich 1,2 (Spannweite: 0 – 18,75).

Bei der klinischen Nachuntersuchung von 19 Patienten konnte bei einem Großteil eine uneingeschränkte Bewegungsfreiheit beobachtet werden. Bei zwei Patienten (10,5%) war eine Einschränkung von Flexion und Extension zu erkennen. In diesen beiden Fällen wurde die Radiusfraktur mittels Plattenosteosynthesen versorgt und es blieben hypertrophe Narben oder Verklebungen bestehen. Ein Patient (5,3%) hatte eine eingeschränkte Freiheit in der Umwendbewegung des Unterarms, mit schmerzhafter Maximalbewegung. Eine genaue Ursache hierfür konnte jedoch nicht eruiert werden.

In zwei Fällen konnte eine hemmende Wachstumsstörung an der Ulna in Form einer Ulnaminusvariante festgestellt werden. Diese waren jedoch asymptomatisch

und daher nicht behandlungsbedürftig, wobei eine Verlaufskontrolle empfohlen wurde.

Weiters konnte in dieser Studie in der Mehrheit der Fälle (n=14; 73,5%) eine erhöhte federnde Ulna zur Gegenseite, als einziges Instabilitätsmerkmal, festgestellt werden.

Die bisherige Standardtherapie dieser Verletzungskombination besteht aus einer Reposition des Radiuses und der Anlage eines Unterarmgipses für 4 bis 6 Wochen. Das frakturierte Styloid wird hierbei nicht gesondert beachtet.

Aufgrund der nachweislich guten funktionellen Ergebnisse, erscheint uns eine zusätzliche Therapie der Fraktur des Styloids und somit ein erhöhter Versorgungsaufwand bei der primären Therapie, als nicht erforderlich. Eine Ausnahme stellen hierbei jedoch offene Frakturen, sowie vollkommen dislozierte und rotierte Styloidfragmente dar, welche keinerlei Kontakt zur Ulna mehr haben.

Zusammenfassung

Einleitung:

Eine assoziierte Styloidfraktur ist eine häufige Begleitverletzung distaler Radiusfrakturen bei Erwachsenen und bereitet bei diesen, durch die mögliche Bildung einer Pseudarthrose, erwiesenermaßen häufig Probleme. Diese stehen oft im Zusammenhang mit der entstehenden Instabilität des Handgelenkes. [Erhalt, 1935;

Luther et al, 2007]

Auch für Kinder wird, in einer Studie, eine sehr hohe Pseudarthroserate (80%, 28/35) angegeben, die in 20% (7/35) mit intermittierenden Schmerzen während der Bewegung und radioulnarer Instabilität einhergeht. [Abid et al, 2008]

Letztere Arbeit bezieht sich allerdings ausschließlich auf eine kurzfristige Beobachtung, ohne Aussagen über den Langzeitverlauf aufzuzeigen. Daher scheint es interessant, ob eine assoziierte Styloidfraktur Auswirkungen auf das Outcome (Bewegungsumfang, Beschwerden und Gelenkstabilität) distaler Radiusfrakturen im Wachstumsalter im Langzeitverlauf (mindestens 2 Jahre nach dem Trauma) hat. Dies wurde bisher wissenschaftlich nicht ausreichend bzw. gar nicht untersucht.

Das Ziel dieser Studie ist es daher, möglichst viele Informationen über Frykman-Frakturen zu erhalten, wie zB Verletzungsursache, Alter, Therapieform, Art der Radiusfraktur und der assoziierten Styloidfraktur. Weiters wurde der Langzeitverlauf dieser Verletzung ermittelt, ebenso wie die Heilungsrate mindestens zwei Jahre nach dem Trauma.

Material und Methode:

Durch die Auswertung der Röntgenbilder aller Patienten, welche in den Jahren 2006 und 2007 wegen einer distalen Radiusfraktur an der Kinderchirurgie Graz vorstellig wurden (n=471), konnten 51 Patienten erhoben werden, welche eine assoziierte Verletzung des Processus Styloideus Ulnae aufwiesen.

Aus den Krankenakten und bestehenden Röntgenbilder dieser Patienten wurden die Verletzungsursache, die Art der assoziierten Radiusfraktur, die Lokalisation der Styloidfraktur (Basis oder Spitze), die Primärtherapie, sowie das primäre Behandlungsergebnis ermittelt.

Diese Patienten wurden auch zu einer klinischen Nachuntersuchung mit Röntgenkontrolle nach durchschnittlich 31 Monaten (SD=7,4 Monate) eingeladen und mittels Fragebogen zum aktuellen Zustand (DASH-Score), zur Verletzungsursache, zur Sportfähigkeit, sowie zu möglichen Komplikationen und Einschränkungen befragt.

Ergebnis:

Bei 10,8% (n=51) aller distalen Radiusfrakturen, die an der Kinderchirurgie Graz vorstellig wurden, konnte eine assoziierte Fraktur des Processus Styloideus Ulnae festgestellt werden. Das durchschnittliche Verletzungsalter betrug hierbei 13 Jahre (SD=2,13 Jahre).

Als häufigste Verletzungsursachen konnten Stürze (22%) und Sportverletzungen (v.a. Snowboarden [17%] und Fußball [16%]) ermittelt werden. Weitere Ursachen waren Rasanzsportarten (zB Skifahren, Inlineskaten, Eislaufen, Trampolinspringen), Moped- und Fahrradunfälle. Die Verteilung zwischen rechter und linker Hand war ausgeglichen. In einem Fall konnte sogar ein beidseitiges Auftreten ermittelt werden. Jene Verteilung zwischen dominanter und nicht-dominanter Hand überwog zu Gunsten der dominanten Hand (n=34; 66,6%). Nur 17,5 % (n=9) aller Patienten waren weiblich.

Besonders häufig trat ein Styloidabriss in Kombination mit einer dislozierten kompletten distalen Radiusfraktur (35%) oder einer Salter Harris II-Fraktur (30%) auf. Außerdem konnten Grünholz-, Wulst- und Stauchungsfrakturen, sowie Salter Harris I und undislozierte Frakturen des Radiuses ermittelt werden. In zwei Fällen (3,9%) fand man eine Epiphysiolyse.

Bei den Styloidfrakturen handelte es sich in 70,5% (n=36) um einen Abriss der Styloidspitze, der Rest der Frakturen befand sich basisnah.

Die Frykman-Fraktur wurde in 90,2% (46/51) primär mittels Gipsruhigstellung für 4 bis 6 Wochen konservativ behandelt. Vier Frakturen (7,8%) wurden mit einer Plattenosteosynthese des Radiuses versorgt und bei einem Patienten (1,9%) erfolgte eine Spickdrahtfixierung. Bei allen Patienten konnte eine Konsolidierung der Radiusfraktur nach Primärtherapie beobachtet werden. Die Fraktur des Processus Styloideus Ulnae war zu diesem Zeitpunkt jedoch nur in 9,8% (5/51) der Fälle verknöchert.

Bei der durchgeführten Nachuntersuchung von 19 Patienten konnte festgestellt werden, dass diese ein gutes subjektives Outcome haben, da der ermittelte DASH-Score im Durchschnitt bei 3,73 lag, was einer geringen Einschränkung der Globalfunktion der oberen Extremität entspricht. Dieser Score reicht von 0 bis 100, wobei 0 keine Einschränkung und 100 eine maximale Behinderung der Funktion des Armes bedeuten.

Klinisch war häufig (n=14; 73,5%) eine erhöhte federnde distale Ulna zur Gegenseite zu finden. Nur sehr selten (15,7%, n=3) konnten Bewegungseinschränkungen (vor allem der Flexion und Extension) ermittelt werden und bei keinem Patienten wurden Schmerzen während der Nachuntersuchung festgestellt. Die Langzeitröntgenkontrolle zeigte bei 79% (n=15) eine vollständige Verknöcherung des Processus Styloideus in korrekter anatomischer Stellung nach durchschnittlich 31 Monaten (SD=7,4 Monate) post Trauma.

In 15,8% kam es zu einer Fehilverheilung des Processus Styloideus Ulnae. Bei zwei Patienten (10,5%) wurde eine Pseudarthrose einer Styloidbasisfraktur gefunden. Diese ist mit Problemen (Schmerzen, Stechen), vor allem beim Heben schwerer Lasten bzw. Überkopfarbeiten, behaftet. Es zeigte sich bei der klinischen Untersuchung jedoch keine Instabilität im DRUG. Nur in einem Fall konnte eine Pseudarthrose eines Styloidspitzenabrisses entdeckt werden, die jedoch asymptomatisch ist.

Schlussfolgerung:

Bei Kindern und Jugendlichen im Wachstumsalter stellt eine assoziierte Verletzung des Processus Styloideus Ulnae zu einer distalen Radiusfraktur eine eher seltene Verletzung (10,8%) dar und ist eher dem Jugendalter vorbehalten.

Im Follow-up von durchschnittlich 31 Monaten (SD=7,4 Monate) konnte gezeigt werden, dass diese begleitende Verletzung bei Kindern und Jugendlichen nur selten Probleme macht. Im Verlauf hinkt die knöcherne Heilung des Styloids jener des Radiuses deutlich nach.

Die Rate der verbleibenden Pseudarthrosen ist im Gegensatz zur Literatur deutlich geringer und liegt bei 15,8% (3/19).

Einen höheren Versorgungsaufwand, bei der primären Therapie, halten wir daher für nicht gerechtfertigt, außer bei vollständiger Dislokation mit Rotation und ohne Fragmentkontakt zur Ulna, sowie bei offenen Frakturen.

Anhang

A) Fragebogen

- 1) Welche ist die dominante Hand? rechts links
- 2) Wodurch ereignete sich der Speichenbruch? Verkehrsunfall
 während einer Freizeitaktivität
 zu Hause
 Sonstiges

Genauere Angabe: _____

- 3) Sind noch Schmerzen vorhanden? ja nein manchmal

Wenn ja: a) in Ruhe? ja nein manchmal

b) bei Belastung? ja nein manchmal

wenn ja oder manchmal bitte genauere Angaben über die Belastung:

c) bei Berührung/Druck? ja nein manchmal

wenn ja oder manchmal bitte wenn möglich genauere Angaben: _____

- 4) wurden Einschränkungen in der Beweglichkeit bemerkt? ja nein

Wenn ja: Bitte genauere Angaben über die Art und das Ausmaß der Einschränkung _____

- 5) Sonstige Beschwerden im Zusammenhang mit dem Speichenbruch?

- 6) Wird regelmäßig Sport betrieben? ja nein

Wenn ja, wie oft und welcher:

DASH - Score

TEIL A:

Bitte schätzen Sie Ihre Fähigkeit ein, wie Sie die folgenden Tätigkeiten in der letzten Woche durchgeführt haben, indem Sie die entsprechende Zahl ankreuzen.

	Keine Schwierigkeiten	Geringe Schwierigkeiten	Mäßige Schwierigkeiten	Erhebliche Schwierigkeiten	Nicht möglich
Ein neues oder fest verschlossenes Glas öffnen	1	2	3	4	5
Schreiben	1	2	3	4	5
Einen Schlüssel umdrehen	1	2	3	4	5
Eine Mahlzeit/Jause zubereiten	1	2	3	4	5
Eine schwere Tür aufstoßen	1	2	3	4	5
Einen Gegenstand über Kopfhöhe auf ein Regal stellen	1	2	3	4	5
Schwere Hausarbeit (zB Wände abwaschen/streichen, Boden putzen)	1	2	3	4	5
Garten- oder Hofarbeit	1	2	3	4	5
Betten machen	1	2	3	4	5
Eine Einkaufstasche, Schultasche oder einen Aktenkoffer tragen (in der Hand)	1	2	3	4	5
Einen schweren Gegenstand tragen (über 5kg)	1	2	3	4	5
Eine Glühbirne über Ihrem Kopf auswechseln	1	2	3	4	5
Ihre Haare waschen oder föhnen	1	2	3	4	5
Ihren Rücken waschen	1	2	3	4	5
Einen Pullover anziehen	1	2	3	4	5
Ein Messer benutzen, um Lebensmittel zu schneiden	1	2	3	4	5
Freizeitaktivitäten, die wenig körperliche Anstrengung verlangen (zB Karten spielen, Computer spielen...)	1	2	3	4	5
Freizeitaktivitäten, bei denen auf Ihren Arm, Schulter oder Hand Druck oder Stoß ausgeübt wird (z.B. Golf, Hämmern, Tennis usw.)	1	2	3	4	5
Freizeitaktivitäten, bei denen Sie Ihren Arm frei bewegen (z. B. Badminton, Frisbee)	1	2	3	4	5
Mit Fortbewegungsmitteln zurecht kommen (um von einem Platz zum anderen zu gelangen)	1	2	3	4	5
Sexuelle Aktivität	1	2	3	4	5

In welchem Ausmaß haben Ihre Arm-/Handprobleme Ihre normalen sozialen Aktivitäten mit Familie, Freunden ... während der vergangenen Woche beeinträchtigt?	Überhaupt nicht	Ein wenig	Mäßig	Ziemlich	Sehr
	1	2	3	4	5
Waren Sie in der vergangenen Woche durch Ihre Schulter-, Arm- oder Handprobleme in Ihrer Arbeit oder anderen alltäglichen Aktivitäten eingeschränkt?	Überhaupt nicht eingeschränkt	Ein wenig eingeschränkt	Mäßig eingeschränkt	Sehr eingeschränkt	Nicht möglich
	1	2	3	4	5

TEIL B:

Bitte schätzen Sie die Schwere der folgenden Beschwerden während der letzten Woche ein. (Bitte kreuzen Sie in jeder Zeile die entsprechende Zahl an)

	Keine	Leichte	Mäßige	Starke	Sehr starke
Schmerzen in Schulter, Arm und Hand	1	2	3	4	5
Schmerzen in Schulter, Arm oder Hand während der Ausführung einer bestimmten Tätigkeit	1	2	3	4	5
Kribbeln (Nadelstiche) in Schulter, Arm oder Hand	1	2	3	4	5
Schwächegefühl in Schulter, Arm oder Hand	1	2	3	4	5
Steifheit in Schulter, Arm oder Hand	1	2	3	4	5
Wie groß waren Ihre Schlafstörungen in der letzten Woche aufgrund von Schmerzen im Arm- oder Handbereich?	Keine Schwierigkeiten	Geringe Schwierigkeiten	Mäßige Schwierigkeiten	Erhebliche Schwierigkeiten	Nicht möglich
	1	2	3	4	5
Aufgrund meiner Probleme im Arm- oder Handbereich empfinde ich meine Fähigkeiten als eingeschränkt, ich habe weniger Selbstvertrauen oder ich fühle, dass ich mich weniger nützlich machen kann.	Stimme überhaupt nicht zu	Stimme nicht zu	Weder Zustimmung noch Ablehnung	Stimme zu	Stimme sehr zu
	1	2	3	4	5

TEIL C:

Folgende Fragen beziehen sich auf den Einfluss Ihrer Verletzung auf das Spielen eines Instrumentes bzw. das Ausüben einer Sportart.

Welches Instrument spielen Sie bzw. welche Sportart betreiben Sie? (Wenn Sie mehrere Instrumente spielen bzw. mehrere Sportarten betreiben, geben Sie bitte die Wichtigste für Sie an.)

Hatten Sie irgendwelche Schwierigkeiten...

	Keine Schwierigkeiten	Geringe Schwierigkeiten	Mäßige Schwierigkeiten	Erhebliche Schwierigkeiten	Nicht möglich
In der üblichen Art und Weise Ihr Instrument zu spielen bzw. Ihren Sport auszuüben?	1	2	3	4	5
Wegen Schmerzen im Arm oder der Hand Ihr Instrument zu spielen bzw. Ihren Sport zu betreiben?	1	2	3	4	5
So gut wie üblich Ihr Instrument zu spielen bzw. Ihren Sport zu betreiben?	1	2	3	4	5
Ihre gewohnte Zeit mit dem Spielen Ihres Instrumentes bzw. dem Ausüben Ihrer Sportart zu verbringen?	1	2	3	4	5

Herzlichen Dank für Deine/Ihre Mitarbeit!!!

B) Nachuntersuchungsprotokoll

Betroffene Hand bitte einkreisen:

	rechts	links
Schmerz bei passiver Bewegung		
Druckschmerz über dem Processus styloideus ulnae		
Druckschmerz am Radius		
Flexion *		
Extension *		
Radialduktion *		
Ulnarduktion *		
Pronation *		
Supination *		
Kraftunterschied/-grad		

Anmerkungen:

C) Einverständniserklärungen

C.1) Alter: 8 – 14 Jahre



Universitätsklinik für Kinderchirurgie
Department of Paediatric Surgery
Landeskrankenhaus - Universitätsklinikum
Medical University of Graz
Vorstand/Head: o. Univ.Prof. Dr. M. E. Höllwarth
Auenbruggerplatz 34, A-8036 Graz, Austria/EUROPE
Phone: +43/316/385-3762; Fax: +43/316/385-3775;
E-mail: kinderchirurgie@meduni-graz.at; www.pediatric-surgery.at



Medizinische Universität Graz

Steiermarkische Krankenanstaltenges.m.b.H.

Version 1.2 03-03-2009



Frykmann-Frakturen bei Kindern: Die Auswirkung einer assoziierten Verletzung des Processus Styloideus Ulnae zur distalen Radiusfraktur auf das Outcome

Patienteninformationsblatt für 8- bis 14-Jährige

Lieber Patient!



Wir möchten dich fragen, ob Du uns bei einer Sache hilfst, die wir „Klinische Studie“ nennen. Wir hoffen, dass Du uns hilfst, ein wenig mehr über die Folgen von Knochenbrüchen am Unterarm zu erfahren.

Wir fragen auch andere Kinder und Jugendliche, ob Sie uns ebenfalls helfen möchten.

Was wird mit mir geschehen?

Wie würden gerne wissen wie der Unfall passiert ist und wie es Dir danach gegangen ist. Wir würden gerne deinen Arm genau anschauen, Knochenfotos und Fotos mit einer Kamera machen. Außerdem wollen wir ein paar Übungen mit dir zusammen ausprobieren.

Du müsstest uns dazu nur einmal besuchen. Natürlich darfst du am selben Tag wieder nach Hause gehen.

Kann ich meine Meinung ändern?

Wenn Du Dich dazu entschließt, dass Du bei dieser Studie nicht mitmachen möchtest, sag dies einfach Deiner Mama oder Deinem Papa und dann musst Du es auch nicht. Wenn Du uns jetzt helfen möchtest, Deine Meinung aber später änderst, macht dies auch nichts. Du kannst jederzeit, wann immer Du willst, mit der Studie aufhören.



Wenn Du Fragen hast zu dem, was mit Dir geschieht, kannst Du Deine Mama oder Deinen Papa fragen, oder Du kannst die Ärzte oder unsere Kontaktperson Silvia Zötsch (0664/43 84 331) befragen. Sie werden alle Deine Fragen beantworten. Es macht gar nichts, wenn Du denkst, dass Deine Fragen dumm sind.

Wenn Du irgendetwas wissen möchtest, dann musst Du ganz einfach fragen.

Außerdem sollst du wissen, dass wir Deine Daten auf keinen Fall weitergeben werden, da diese dem Datenschutz unterliegen.

Hinweis: zu dieser klinischen Studie, sowie den Einwilligungs- und Informationsschreiben, wurde eine befürwortende Stellungnahme der zuständigen Ethikkommission abgegeben.

C.2) Alter: 15 – 18 Jahre



Universitätsklinik für Kinderchirurgie
Department of Paediatric Surgery
Landeskrankenhaus - Universitätsklinikum
Medical University of Graz
Vorstand/Head: o. Univ. Prof. Dr. M. E. Höllwarth
Anschbruggplatz 34, A-8036 Graz, Austria/EUROPE
Phone: +43 316/385-3762; Fax: +43 316/385-3775;
E-mail: kinderchirurgie@meduni-graz.at; www.pediatric-surgery.at



Medizinische Universität Graz

Steiermarkische Krankenanstaltenges.m.b.H.

Version 1.2 03-03-2009



Frykmann-Frakturen bei Kindern und Jugendlichen: Die Auswirkung einer assoziierten Verletzung des Processus Styloideus Ulnae zur distalen Radiusfraktur auf das Outcome

Patienteninformationsblatt für 15- bis 18-Jährige

Lieber Patient!

Wir möchten Dich fragen, ob Du bei dieser klinische Studie teilnehmen möchtest. Die Teilnahme an der Studie geschieht ausschließlich auf freiwilliger Basis.

Ziel der Studie:

Ein Bruch der Speiche mit einer damit verbundenen Verletzung des Ellengriffels ist eine recht häufige Verletzungskombination, welche jedoch bei Kindern und Jugendlichen noch sehr wenig untersucht ist.

Daher soll diese Studie dabei helfen, genauere Aussagen über die Verletzungsursache und das funktionelle Ergebnis zu liefern, um mögliche Komplikationen so früh wie möglich erkennen und eventuell verhindern zu können.

Ablauf der Studie:

Die Studie erfordert von Dir einen einmaligen Besuch auf der Universitätsklinik für Kinderchirurgie in Graz.

Im Rahmen dieses Besuches, wird Dir ein Fragebogen ausgehändigt, der diverse Fragen zur Verletzungsursache, Behandlungszeit und möglichen Einschränkungen Ihres Alltages ... - durch die Verletzung - enthält.

Der zweite Teil besteht in einer kurzen klinischen Untersuchung, wo der Bewegungsumfang der Hand und des Unterarmes mit einfachen Bewegungsübungen kontrolliert werden soll. Diese werden zum Teil mittels Foto dokumentiert.

Sollten größere Bewegungseinschränkungen bestehen, kann auch ein Kontrollröntgen veranlasst werden, um eine mögliche Ursache erkennen zu können.

Information über die Freiwilligkeit und Datenschutz:

Deine Teilnahme an dieser klinischen Prüfung erfolgt ausschließlich freiwillig. Auch wenn Du dich bereit erklärst, an der Studie teilzunehmen, kannst Du jederzeit, ohne Angabe von Gründen, Deine Teilnahme beenden.

Mögliche Fragen können natürlich jederzeit an die Ärzte oder unsere Kontaktperson Silvia Zötsch (0664/43 84 331) gestellt werden. Wir bemühen uns stets, diese so gut wie möglich zu beantworten.

Diese Studie unterliegt den strengen Bestimmungen des Datenschutzgesetzes.

Hinweis: zu dieser klinischen Studie, sowie den Einwilligungs- und Informationsschreiben, wurde eine befürwortende Stellungnahme der zuständigen Ethikkommission abgegeben.

Einwilligungserklärung des Patienten

Der/Die Patientin sollte das gesamte Blatt selbst ausfüllen

Hast Du das Informationsblatt gelesen?

Ja Nein

Hast Du alle Fragen gestellt, die Du stellen wolltest?

Ja Nein

Hat der Arzt alle Deine Fragen beantwortet?

Ja Nein

Ist Dir bekannt, dass Du mit der Studie aufhören kannst,
wenn Du das möchtest?

Ja Nein

Möchtest Du teilnehmen?

Ja Nein

Patient

Name (Blockschrift):

Unterschrift:

Datum:

Aufklärender Arzt

Name (Blockschrift):

Unterschrift:

Datum:

Eine Kopie der Einverständniserklärung wird ausgehändigt.

C.2) Einverständniserklärung ab 18 Jahren



Universitätsklinik für Kinderchirurgie
Department of Paediatric Surgery
Landeskrankenhaus - Universitätsklinikum
Medical University of Graz
Vorstand/Head: o. Univ.Prof. Dr. M. E. Höllwarth
Anschbruggplatz 34, A-8036 Graz, Austria/EUROPE
Phone: +43-316/385-3762; Fax: +43-316/385-3775;
E-mail: kinderchirurgie@meduni-graz.at; www.pediatric-surgery.at



Medizinische Universität Graz

Steiermarkische Krankenanstaltenges.m.b.H.

Version 1.2 03-03-2009

Frykmann-Frakturen bei Kindern und Jugendlichen: Die Auswirkung einer assoziierten Verletzung des Processus Styloideus Ulnae zur distalen Radiusfraktur auf das Outcome

Patienteninformationsblatt

Sehr geehrter Patient!

Wir laden Sie ein, an der oben genannten klinischen Studie teilzunehmen. Die Teilnahme an einer klinischen Studie geschieht ausschließlich auf freiwilliger Basis.

Ziel der Studie:

Ein Bruch der Speiche mit einer damit verbundenen Verletzung des Ellengriffs ist eine recht häufige Verletzungskombination, welche jedoch bei Kindern und Jugendlichen noch sehr wenig untersucht ist.

Daher soll diese Studie dabei helfen, genauere Aussagen über die Verletzungsursache und das funktionelle Ergebnis zu liefern, um mögliche Komplikationen so früh wie möglich erkennen und eventuell verhindern zu können.

Ablauf der Studie:

Die Studie erfordert von Ihnen einen einmaligen Besuch auf der Universitätsklinik für Kinderchirurgie in Graz.

Im Rahmen dieses Besuches, wird Ihnen ein Fragebogen ausgehändigt, der diverse Fragen zur Verletzungsursache, Behandlungszeit und möglichen Einschränkungen Ihres Alltages ... - durch die Verletzung - enthält.

Der zweite Teil besteht in einer kurzen klinischen Untersuchung, wo der Bewegungsumfang der Hand und des Unterarmes mit einfachen Bewegungsübungen kontrolliert werden soll. Diese werden zum Teil mittels Foto dokumentiert.

Sollten größere Bewegungseinschränkungen bestehen, kann auch ein Kontrollröntgen veranlasst werden, um eine mögliche Ursache erkennen zu können.

Information über die Freiwilligkeit und Datenschutz:

Ihre Teilnahme an dieser klinischen Prüfung erfolgt ausschließlich freiwillig. Auch wenn Sie sich bereit erklären, an der Studie teilzunehmen, können Sie jederzeit, ohne Angabe von Gründen, Ihre Teilnahme beenden.

Mögliche Fragen können natürlich jederzeit an die Ärzte oder unsere Kontaktperson Silvia Zötsch (0664/43 84 331) gestellt werden. Wir bemühen uns stets, diese so gut wie möglich zu beantworten.

Diese Studie unterliegt den strengen Bestimmungen des Datenschutzgesetzes.

Hinweis: zu dieser klinischen Studie, sowie den Einwilligungs- und Informationsschreiben, wurde eine befürwortende Stellungnahme der zuständigen Ethikkommission abgegeben

Einwilligungserklärung des Patienten

Ich habe die Patienteninformation und Einverständniserklärung gelesen und verstanden. Alle meine Fragen wurden zu meiner Zufriedenheit beantwortet und ich habe zurzeit keine weiteren Fragen mehr. Sollten sich während der Studie Fragen ergeben, kann ich diese jederzeit an die Ärzte stellen. Außerdem wurde mir einer Kopie der Einwilligungserklärung übergeben.

Ich gebe hiermit meine freiwillige Zustimmung zur Teilnahme an dieser Studie.

Patient	Name (Blockschrift):	_____
	Unterschrift:	_____
	Datum:	_____
Aufklärender Arzt	Name (Blockschrift):	_____
	Unterschrift:	_____
	Datum:	_____

C.3) Elterninformation



Universitätsklinik für Kinderchirurgie
Department of Paediatric Surgery
Landeskrankenhaus - Universitätsklinikum
Medical University of Graz
Vorstand/Head: o. Univ. Prof. Dr. M. E. Höllwarth
Anschbruggplatz 34, A-8036 Graz, Austria/EUROPE
Phone: +43 316/385-3762; Fax: +43 316/385-3775;
E-mail: kinderchirurgie@meduni-graz.at; www.pediatric-surgery.at



Medizinische Universität Graz

Steiermarkische Krankenanstaltenges.m.b.H.

Version 1.2 03-03-2009

Frykmann-Frakturen bei Kindern: Die Auswirkung einer assoziierten Verletzung des Processus Styloideus Ulnae zur distalen Radiusfraktur auf das Outcome

Elterninformationsblatt

Liebe Eltern!

Ihr Kind hatte einen Bruch der Speiche mit einer damit verbundenen Verletzung des Ellengriffels, weswegen wir Sie dazu einladen, Ihr Kind an der oben genannten klinischen Studie teilnehmen zu lassen. Die Teilnahme an einer klinischen Studie geschieht ausschließlich auf freiwilliger Basis und kann jederzeit beendet werden.

Ziel der Studie:

Ein Bruch der Speiche mit einer damit verbundenen Verletzung des Ellengriffels ist eine recht häufige Verletzungskombination, welche jedoch bei Kindern und Jugendlichen noch sehr wenig untersucht ist.

Daher soll diese Studie dabei helfen, genauere Aussagen über die Verletzungsursache und auch das funktionelle Ergebnis zu liefern, um mögliche Komplikationen so früh wie möglich erkennen und verhindern zu können.

Ablauf der Studie:

Die Studie erfordert von Ihnen und Ihrem Kind einen einmaligen Besuch auf der Universitätsklinik für Kinderchirurgie in Graz.

Im Rahmen dieses Besuches, wird Ihrem Kind ein Fragebogen ausgehändigt, der diverse Fragen zur Verletzungsursache, Behandlungszeit und möglichen Einschränkungen Ihres Alltages... - durch die Verletzung - enthält, welchen Sie zusammen mit Ihrem Kind ausfüllen sollen.

Der zweite Teil besteht in einer kurzen klinischen Untersuchung, wo der Bewegungsumfang der Hand und des Unterarmes mit einfachen Bewegungsübungen kontrolliert werden soll, welche nicht schmerzhaft oder gefährlich sind. Diese werden zum Teil mittels Foto dokumentiert.

Sollten größere Bewegungseinschränkungen bestehen, kann auch – bei Einverständnis Ihrerseits - ein Kontrollröntgen veranlasst werden, um eine mögliche Ursache erkennen zu können.

Information über die Freiwilligkeit und Datenschutz:

Die Teilnahme an dieser klinischen Prüfung erfolgt ausschließlich freiwillig. Auch wenn Sie sich bereit erklären, an der Studie teilzunehmen, können Sie oder Ihr Kind jederzeit, ohne Angabe von Gründen, die Teilnahme beenden.

Mögliche Fragen von Ihnen oder Ihrem Kind können natürlich jederzeit an die Ärzte oder unsere Kontaktperson Silvia Zötsch (0664/43 84 331) gestellt werden. Wir bemühen uns stets, diese so gut wie möglich zu beantworten.

Weiters wollen wir Sie darauf hinweisen, dass diese Studie den strengen Bestimmungen des Datenschutzgesetzes unterliegt.

Hinweis: zu dieser klinischen Studie, sowie den Einwilligungs- und Informationsschreiben, wurde eine befürwortende Stellungnahme der zuständigen Ethikkommission abgegeben.

Einwilligungserklärung des Patienten

Ich habe die Elterninformation und Einverständniserklärung gelesen und verstanden. Alle meine Fragen und die meines Kindes, wurden zu unserer Zufriedenheit beantwortet und wir haben zurzeit keine weiteren Fragen mehr. Sollten sich während der Studie Fragen ergeben, können wir diese jederzeit an die Ärzte stellen.

Weiters bestätige ich, dass mir eine Kopie der Einwilligungserklärung übergeben wurde.

Ich gebe hiermit meine freiwillige Zustimmung zur Teilnahme meines Kindes an dieser Studie.

Patient Name (Blockschrift): _____

Datum: _____

Erziehungsberechtigter Name (Blockschrift): _____

Unterschrift: _____

Datum: _____

Aufklärender Arzt Name (Blockschrift): _____

Unterschrift: _____

Datum: _____

Literaturverzeichnis

Abid A, Accadbled F, Kany J et al. *Ulnar styloid fractures in children: a retrospective Study of 46 cases*. J Pediatr Orthop 2008;B17:15-19

Buckup K. *Klinische Tests an Knochen, Gelenken und Muskeln; Untersuchungen, Zeichen, Phänomene*, 3. erweiterte und aktualisierte Auflage, 2005, Stuttgart: Thieme Verlag

Dicke TE, Nunley JA. *Distal forearm fractures in children*. Orthop Clin North Am 1993;24:333-340

Duchenne GBA. *Physiology of Motion, demonstrated by means of electrical stimulation and clinical observation and applied to the study of paralysis and deformities*. Lippincott, Philadelphia, S. 101-110

Dwight T. 1884. *The Movements of the Ulna in Rotation of the Forearm*. Journal of anatomy and physiology, 19, (p).186-89

Ehalt W. *Die Bruchformen am unteren Ende der Speiche und Elle*. Arch Orthop Unfall Chir 35: 397-442 (1935)

Germann G, Wind G, Harth A. *Der DASH-Fragebogen – Ein neues Instrument zur Beurteilung von Behandlungsergebnissen an der oberen Extremität*. Handchir. Mikrochir. Plast. Chir. 31: 149-152 (1999), Stuttgart: Hippokrates Verlag

Hagert CG. *Distal radius fracture and the distal radioulnar joint: anatomical considerations*. Handchir Mikrochir Plast Chir 26: 22-26 (1994)

Hepp WR, Debrunner HU. *Orthopädisches Diagnostikum*. 7. überarbeitete und aktualisierte Auflage, 2004, Stuttgart: Thieme Verlag

Hütter-Becker A (Hrsg.), Dölken M (Hrsg.), Salah B. *Untersuchungen in der Physiotherapie*. 2005, Stuttgart: Thieme Verlag

Laer vLR. *Frakturen und Luxationen im Wachstumsalter*, 3. Auflage, 2001, Stuttgart: Thieme Verlag

Landfried MJ, Stenclik M, Susi JG. *Variant of Galeazzi fracture-dislocation in children*. J Pediatr Orthop 1991; 11:332-335

Langenberg R. *Der Abbruch des Processus styloideus ulnae, Sein Einfluss auf die Handgelenksfunktion bei distalen Radiusfrakturen*, Zent.bl. Chir, 114 (1989) 1006-1011

Lascombes P et al. *Elastic stable intramedullary nailing in forearm shaft fractures in children: 85 cases*. Journal of Pediatric Orthopaedic, 10(2), (p).167-71 (1990)

Luther C, Germann G, Krimmer H, Saubier M. *Bedeutung des Ellengriffels bei der Behandlung distaler Radiusfrakturen*, Trauma Berufskrankh Springer Medizin Verlag 2007, 9:31-37

Marzi I, Audigé L. *Kindertraumatologie*, 2006, Frankfurt: Steinkopf-Verlag

Niethard U, Pfeil J. *Orthopädie*, 1989, Stuttgart: Hippokrates Verlag

Nürnbergger HR (Hrsg.), Hasse FM (Hrsg.), Pommer A (Hrsg.). *Klinikleitfaden Chirurgie: Inklusive Common Trunk*. 4. Auflage, 2006, Elsevier-Verlag

Obermaier R (Hrsg.). *Breitner Chirurgische Operationslehre: Band I-XIV – digital*. Unveränderte Sonderausgabe, 2008, Urban & Fischer

Platzer W. *Taschenatlas der Anatomie: 1 Bewegungsapparat*, 9. überarb. Auflage, 2003, Stuttgart: Thieme Verlag

Rang M. *Children's fractures*. 2nd ed. Philadelphia: JB Lippincott, 1983:110-111

Rappold G, Poigenfürst J: *Should an osseous rupture of the ulnar styloid in radius fractures be repaired?* Handchir Mikrochir Plast Chir 29: 234-237 (1997)

Rohen J, Lütjen-Drecoll E. *Funktionelle Anatomie des Menschen*, 11. Auflage, 2006, Schattauer-Verlag

Sarmiento A, Cooper JS, Sinclair WF. *Forearm fractures. Early functional bracing - A preliminary report.* J Bone Joint Surg Am 57: 297-304 (1975)

Schmittenebecher PP *State-of-the-art treatment of forearm shaft fractures.* Injuries, 36, (p).25-34 (2005)

Sobotta J, (Hrsg) Putz R und Pabst R. *Atlas der Anatomie des Menschen, Band 1 Kopf, Hals, obere Extremitäten*, 21. neu bearbeitete Auflage, 2000, München-Jena: Urban&Fischer Verlag

Solway S, Beaton DE, McConnell S, Bombardier C. *The DASH Outcome Measure User's Manual*, Second Edition. Toronto: Institute for Work & Health, 2002.

Stansberry SD, Swischuk LE, Swischuck JL, Midgett TA. *Significance of ulnar styloid fractures in childhood.* Pediatric Emerg Care 1990;6:99-103

Stürmer KM (Hrsg.). *Leitlinien Unfallchirurgie.* 2. Auflage, Thieme, Stuttgart New York 1999, S. 84 - 97

Waldeyer A. *Anatomie des Menschen*, 17. Auflage, 2003, de Gruyter

Walz M, Kolbow B, Möllenhoff G. *Distale Ulnafraktur als Begleitverletzung des körperfernen Speichenbruchs: Minimal-invasive Versorgung mittels elastisch-stabiler intramedullärer Nagelung (ESIN).* Unfallchirurg 2006, 109:1058-1063

Weinberg AM, Tscherne H, Altermatt S, Hell A und Reilmann H. *Tscherne – Unfallchirurgie im Kindesalter*, 2006, Berlin-Heidelberg-New York: Springer Verlag

Weinberg AM, et al. *Die Pronation und die Supination des Unterarms (Unter besonderer Berücksichtigung der Articulatio humeroulnaris)*. Der Unfallchirurg, 104(5), (p).404-09

Xarchas KC, Yfandithis P, Kazakos K. *Malunion of the ulnar styloid as a cause of ulnar wrist pain*. Clinical anatomy 2004, 17:418-422