

Aus dem Lehrstuhl für Chirurgie
Prof. Dr. Hans J. Schlitt
der Fakultät für Medizin der Universität
Regensburg

Infektionsrate von mittels Kirschner-Draht
versorgten kindlichen distalen Radiusfrakturen.
Perkutane Drahtlage vs. versenkte Kirschner-
Drahtlage

Inaugural – Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades der Medizin

Fakultät für Medizin
der Universität Regensburg

vorgelegt von
Eva Scheerer-Harbauer, geb. Scheerer

2023

Aus dem Lehrstuhl für Chirurgie
Prof. Dr. Hans J. Schlitt
der Fakultät für Medizin der Universität
Regensburg

Infektionsrate von mittels Kirschner-Draht
versorgten kindlichen distalen Radiusfrakturen.
Perkutane Drahtlage vs. versenkte Kirschner-
Drahtlage

Inaugural – Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades der Medizin

Fakultät für Medizin
der Universität Regensburg

vorgelegt von
Eva Scheerer-Harbauer, geb. Scheerer

2023

Dekan:

Prof. Dr. Dirk Hellwig

1. Berichterstatter:

Prof. Dr. Hans J. Schlitt

2. Berichterstatter:

Prof. Dr. Wolfgang H. Rösch

Tag der mündlichen Prüfung: 19.10.2023

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	6
1.1. Zielsetzung der Arbeit	9
2. Grundlagen	11
2.1. Epidemiologie	11
2.2. Anatomie	11
2.3. Frakturen im Kindesalter	13
2.3.1. Wulstfrakturen	13
2.3.2. Grünholzfrakturen	14
2.3.3. Biegungsfrakturen	15
2.3.4. Frakturen mit Beteiligung der Wachstumsfuge	16
2.3.5. Vollständige Frakturen	17
2.3.6. Frakturklassifikation	18
2.4. Frakturheilung	22
2.4.1. Primäre Frakturheilung	22
2.4.2. Sekundäre Frakturheilung	23
2.5. Therapie der distalen Radiusfrakturen Im Kindesalter	29

2.5.1. Konservative Therapie	29
2.5.2. Operative Therapie	33
2.6. Postoperativer Wundinfekt	36
2.6.1. Definition	36
2.6.2. Einteilung	37
2.7. Postoperativer Wundinfekt nach Kirschner-Draht Osteosynthese am distalen Radius	39
2.8. Lachgas in der medizinischen Anwendung	39
3. Material und Methoden	42
3.1. Patientenkollektiv	42
3.2. Ein- und Ausschluss Kriterien	42
3.3. Ausgeschlossene Fälle im DASH- Bewertungsscore	46
3.4. DASH-Score	46
3.5. Umfragetool Lama-Poll	49
3.6. Statistische Analyse	50
3.6.1. Statistische Tests in der Arbeit	51
4. Ergebnisse	53
4.1. Auswertung Patientenumfrage Lama-Poll	53

4.1.1 Prüfung der Ausfüllge- Geschwindigkeit	53
4.1.2. DASH Deskriptiv	55
4.1.3. Blicke auf die einzelnen Items	57
4.1.2. präferierte Behandlung (Lachgas/Narkose)	59
4.2. Auswertung der Studiendaten	61
4.2.1. Frakturklassifikation	61
4.2.2. Altersverteilung	62
4.2.3. Geschlechterverteilung	63
4.2.4. Anzahl der Drähte	65
4.2.5. Seitenverteilung	66
4.2.6. Unfallursache	67
4.2.7. Zusammenhang Alter, Ge- Schlecht und K-Drähte im Kollektiv	68
4.2.8. Wundinfekte im Kollektiv	74
5. Zusammenfassung	76
6. Diskussion	77
7. Limitation der Studie	87
8. Anhang	88

8.1. Anschreiben an die Familien	88
8.2. DASH- Fragebogen auf Lama-Poll	90
9. Literaturverzeichnis	97
10. Abbildungsverzeichnis	104
11. Tabellenverzeichnis	105
12. Danksagung	
13. Lebenslauf	
14. Eidesstattliche Erklärung	

Abkürzungen

Abb.	Abbildung
AO	Arbeitsgemeinschaft Osteosynthese
a.p.	anterior posterior
CT	Computer Tomographie
ESIN Nagelung	Elastische stabile intramedulläre
Et al	und andere
i.v.	intravenös
K-Draht	Kirschner Draht
LiLa e.V.	Licht und Lachen für Kinder in der Medizin, Effizienz in der Medizin e.V
OAI	Osteosynthese assoziierte Infektion
Op	Operation
PAEG	AO Paediatric Expert Group
Proc.	Processus
SSI	surgical site infection
SPSS Sciences	Statistical Package for the Social
Tab.	Tabelle

1. Einleitung

Distale Vorderarmfrakturen sind die häufigsten Frakturen im Kindes- und Jugendalter(1). Bei dislozierten distalen Radiusfrakturen außerhalb der altersabhängigen spontanen Korrekturgrenzen erfolgt, bei Kindern üblicherweise in Vollnarkose, die geschlossene Reposition der Fraktur und Sicherung des Repositionsergebnisses mittels eines oder zweier transkutaner, bikortikaler Kirschner-Drähte (K-Drähte). Anschließend erfolgt die Anlage einer Unterarmgipsschiene bis zur K-Drahtentfernung (2). Bislang existiert keine eindeutige Leitlinien-Empfehlung, ob die Enden der K-Drähte über das Hautniveau hinausragen (epikutan) oder unter das Hautniveau (subkutan) versenkt werden sollen.

Viele Traumatologen wählen weiterhin häufiger das subkutane Versenken der K-Drähte. Das häufigste Argument ist die Sorge vor einer Infektion bei über die Haut überstehenden Drähten. Weiterhin wird eine Traumatisierung des Kindes befürchtet, wenn Drähte aus der Haut herausschauen (3). Ein weiterer Grund ist, dass in vielen Krankenhäusern in der

Ambulanz kein Lachgas vorgehalten wird und somit natürlich auch die Erfahrung mit dieser Art der Analgosedierung fehlt.

Bei der Entfernung subkutan versenkter K-Drähte ist für das Kind eine erneute Narkose mit insgesamt mehrstündigem Krankenhausaufenthalt notwendig. Somit bedeutet das Entfernen der versenkten K-Drähte sowohl für die Familien als auch die Klinik einen höheren logistischen-, zeitlichen- und finanziellen Aufwand als das Entfernen überstehender Drähte.

Weiterhin kann es nach Abschwollen der Weichteile und/oder Migration der subkutan versenkten Drähte zu einer Druckschädigung mit Hautnekrose und anschließender Perforation der Drähte durch die Haut kommen. In einer vergleichbaren Studie bei kindlichen Frakturen des Condylus ulnaris drangen bei 13 von 55 Patienten die zuvor versenkten K-Drähte sekundär nach Abschwollen durch die Haut, davon entwickelte sich bei drei Patienten ein oberflächlicher, bei einem Patienten ein tiefer

Wundinfekt. Von den primär überstehenden K-Drähten entwickelte sich bei zwei von 12 Kindern eine oberflächliche Infektion. Somit ergab sich hier keine eindeutige Empfehlung zum Management der K-Drahtenden (4).

Dagegen hat eine andere Studie bei isolierten distalen Radiusfrakturen bei Erwachsenen eine deutlich erhöhte Infektionsrate bei überstehenden K-Drahtenden vs. versenkten K-Drahtenden gezeigt (5). Bei adulten Patienten ist somit der epikutane K-Drahtversorgung einer distalen Radiusfraktur obsolet. Eine eindeutige Empfehlung für das Vorgehen bei der Versorgung der kindlichen Radiusfraktur existiert allerdings bislang nicht.

In der Klinik für Kinderchirurgie und Kinderorthopädie im Krankenhaus der Barmherzigen Brüder Regensburg, Klinik St. Hedwig, werden standardmäßig bei kindlichen distalen Radiusfrakturen, die operativ mit K-Drahtosteosynthese versorgt werden, die K-

Drahtenden nicht unter Hautniveau versenkt. Sie bleiben über das Hautniveau überstehend. Bei Ausbleiben von Besonderheiten bleibt der intraoperativ angelegte Verband und die darüber angelegte Gipsschiene bis zum Zug der K-Drähte geschlossen. Ein Verbandswechsel erfolgt in dieser Zeit nicht.

Die Entfernung der Drähte erfolgt üblicherweise geplant vier Wochen nach der operativen Versorgung unter Analgosedierung mit Lachgas (Livopan). Die Familien haben hierdurch bedeutende Vorteile: es fällt eine zweite Vollnarkose für das Kind weg, der Aufenthalt in der Klinik ist deutlich kürzer und auch für die Klinik ist das Vorgehen attraktiv, da der hohe logistische und medizinische Aufwand für den operativen Eingriff finanziell nicht abgebildet wird.

1.1. Zielsetzung der Arbeit

Nach unserer Beobachtung funktioniert die Versorgung der Kinder mittels K-Drahtzug unter

Livopan bei hoher Patientenzufriedenheit sehr gut. Auch unter Belassen des Verbandes und der Gipsschiene für vier Wochen, in denen keine Wundinspektion erfolgt, beobachteten wir keine K-Draht Infekte.

Allerdings werden in Deutschland weiterhin in 69% der Fälle bei distalen kindlichen Radiusfrakturen die Drähte subkutan versenkt (3). Die Gründe hierfür sind unterschiedlich und reichen von Sorge vor erhöhter Infektionsrate, Sorge vor zusätzlichen Ängsten der Kinder vor den herausschauenden Drähten bis hin zu organisatorischen Problemen wie nicht vorhandenem Livopan bzw. fehlende Erfahrung mit Sedierung/Analgesiedierung von Kindern.

In der vorliegenden Studie soll gezeigt werden, dass die oben genannten Vorteile der überstehenden K-Drähte nach Versorgung dislozierter distaler Radiusfrakturen die möglichen Risiken überwiegen und die Infektionsrate nicht höher liegt als bei subkutan versenkten Drähten. Als Vergleichsgruppe dient eine ausführliche Literaturrecherche.

2. Grundlagen

2.1. Epidemiologie

Die distale Radiusfraktur ist die häufigste Fraktur bei Kindern und Jugendlichen. Die Inzidenz liegt bei 337/100.0000 pro Jahr, in 25% aller kindlichen Frakturen ist der Radius betroffen. Jungen sind mit 61% häufiger betroffen als Mädchen, der Altersgipfel liegt bei Mädchen bei 11-12 Jahren, bei Jungen bei 13-14 Jahren (6,7).

2.2. Anatomie

Aufgrund der vorhandenen Wachstumsfuge ergeben sich am kindlichen Knochen die Bereiche der Epiphyse, Metaphyse und Diaphyse. Die Epiphyse ist der Gelenkbildende Anteil des jeweiligen Knochens und befindet sich somit an dessen jeweiligem Ende. Die Epiphysenfuge trennt die Epiphyse von der Metaphyse. Die Metaphyse geht in die Diaphyse über. Die Metaphyse wird in der Frontalaufnahme einer konventionellen Röntgenaufnahme eines Gelenks definiert: Es wird

die Breite des Knochens in Höhe der Epiphysenfuge nach proximal abgetragen. Das entstandene Quadrat wird als Metaphyse definiert (siehe rote Linie Abb.1). Bei paarigen Knochen wird von beiden Knochen die Breite nach proximal abgetragen, das so entstandene Quadrat wird als diametaphysärer Übergang definiert. Die Diaphyse ist der Schaftbereich des Knochens.

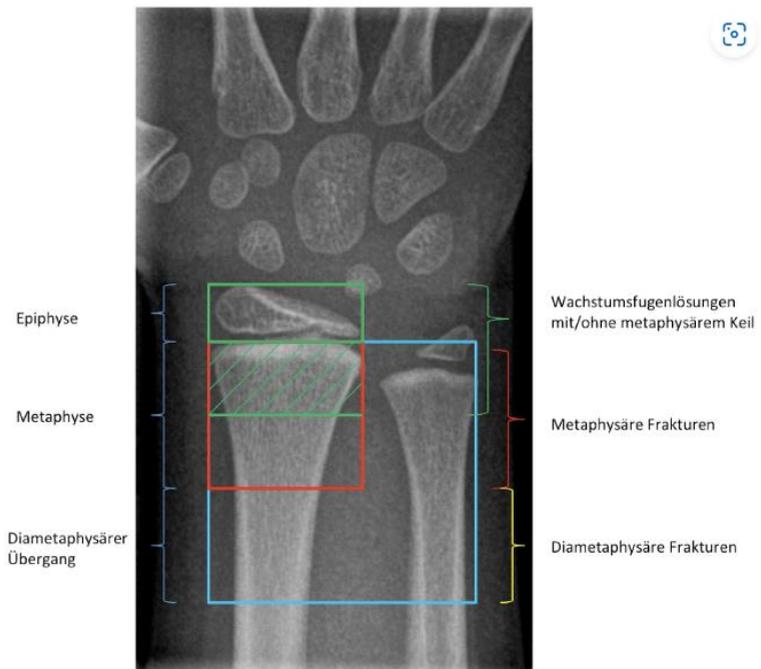


Abb. 1.: Frakturzonen am kindlichen Radius (8)

2.3. Frakturen im Kindesalter

Die Frakturmorphologie im Kindesalter unterscheidet sich in vielen Punkten grundlegend von Frakturen im Erwachsenenalter. Der augenscheinlichste Grund ist, dass sich der kindliche Knochen noch im Wachstum befindet. Daraus resultieren Unterschiede in den physikalischen Eigenschaften kindlichen Knochens vs. adulten Knochens. Kindlicher Knochen ist elastisch, das Periost sehr stabil und widerstandsfähig (9). Zudem existiert an den langen Röhrenknochen am Übergang von der Meta- zur Epiphyse die Wachstumsfuge. Daraus resultieren spezielle Frakturformen des Kindesalters: Die Wulstfraktur, Grünholzfraktur, der Biegungsbruch und Frakturen mit Beteiligung der Wachstumsfuge.

2.3.1. Wulstfrakturen

50% der kindlichen Handgelenksfrakturen sind Wulstfrakturen, der Altersgipfel liegt zwischen 7 und 12 Jahren. Der Frakturmechanismus liegt in einer

axialen Stauchung z.B. durch Sturz auf den ausgestreckten Arm. Es kommt im Rahmen des Traumas zu einer Infraktion des Knochens, das umgebende, stabile Periost bleibt unverletzt. Diese Frakturform gilt definitionsgemäß als stabil, benötigt in keinem Fall weitere Therapie als 2-3wöchige Ruhigstellung zur Schmerztherapie (10).

2.3.2. Grünholzfraktur

Grünholzfrakturen treten meist im Bereich der Diaphyse langer Röhrenknochen auf. Ähnlich wie bei einem noch grünen, flexiblen Ast kommt es zu einer Verbiegung des Knochens mit einseitigem Riss der Kortikalis und des Periostes, auf der Gegenseite bleiben Kortikalis und Periost intakt. Abhängig vom altersspezifischen Korrekturpotential können diese Frakturen konservativ oder operativ versorgt werden. Grünholzfrakturen haben ein hohes Refrakturrisiko, da es nur einseitig zur Kallusbildung kommt, was sich ungünstig auf die Biomechanik des Knochens auswirkt. So kommt es bei 30% der konservativ

versorgten Grünholzfrakturen zur Refraktur innerhalb eines Jahres (11). Bei der operativen Versorgung sollte deswegen auch die gegenüberliegende, intakte Kortikalis gebrochen werden, um eine stabile, zirkuläre Kallusbildung zu erreichen und das Refrakturrisiko so zu senken. Bei der konservativen Frakturversorgung mittels Gips wird ebenfalls wegen des erhöhten Refrakturrisikos, eine im Vergleich zu anderen Frakturformen, verlängerte Ruhigstellung von 6 Wochen in jedem Alter empfohlen (12).

2.3.3. Biegungsfrakturen

Unter Biegungsfrakturen versteht man Frakturen meist des Schaftes der langen Röhrenknochen, bei denen es zu keiner Kortikalis Unterbrechung kommt, der Knochen aber verbogen ist. Die Therapie richtet sich nach der Achsabweichung der Fraktur und den zu erwartenden altersabhängigen spontanen Korrekturgrenzen.

2.3.4. Frakturen mit Beteiligung der Wachstumsfuge

Bei kindlichen Frakturen mit Beteiligung der Wachstumsfuge spricht man aufgrund der gängigen Klassifikation von Salter-Harris-Frakturen. 1963 kreierten zwei kanadische Unfallchirurgen, Robert B. Salter (1924–2010) und W. Robert Harris (1922–2005), eine Frakturklassifikation für kindliche Frakturen mit Beteiligung der Wachstumsfuge. Die Klassifikation basiert auf Anatomie, Frakturmorphologie und Prognose (13).

Im deutschen Sprachgebrauch wird analog zur Salter-Harris Klassifikation auch noch die Klassifikation nach Aitken gebraucht. Da aber in der englischsprachigen Literatur ausschließlich die Salter-Harris Klassifikation angewandt wird, verliert die Aitken-Klassifikation an Bedeutung. Auch in die AO-Klassifikation der kindlichen Frakturen fließt die Salter-Harris-Klassifikation mit ein. Die Frakturform ist identisch in beiden Einteilungen, lediglich die Nummerierung ist unterschiedlich.



Abb. 2: Einteilung von Frakturen mit Beteiligung der Wachstumsfuge nach Salter Harris bzw Aitken (14)

Typ **I/0**: Fraktur läuft durch die Wachstumsfuge (=Epiphysiolyse) Typ **II/I**: Fraktur läuft in der Fuge und tritt metaphysär aus, Typ **III/II**: Fraktur läuft in der Fuge und tritt epiphysär aus, Typ **IV/III**: Fraktur kreuzt die Fuge, Typ **V/IV**: Stauchung der Wachstumsfuge

2.3.5. Vollständige Frakturen

Bei vollständigen Frakturen kommt es zu einer Kontinuitätsunterbrechung des betroffenen Knochens mit unterschiedlicher Ausprägung der Dislokation der Fraktarenden. Je nach Lokalisation der Fraktur, Dislokation der Fraktarenden und Alter des betroffenen Kindes ergibt sich die Indikation zur konservativen oder operativen Frakturbehandlung.

2.3.6. Frakturklassifikation

Eine codierte Frakturklassifikation bei kindlichen Frakturen, analog zur AO-Klassifikation beim Erwachsenen, hat sich im Alltag außer bei den Salter-Harris-Frakturen bislang nicht durchgesetzt. Im klinischen Alltag hat sich eine Beschreibung der Fraktur unter Berücksichtigung der Richtung der Dislokation mit Gradangabe der Abweichung etabliert (siehe Abb. 3). So lautet eine gängige Beschreibung einer kindlichen Radiusfraktur beispielsweise: metaphysäre distale Radiusfraktur mit 30°Dislokation nach dorsal und Translation des Radius um halbe Schaftbreite.

Hieraus ergibt sich unter Berücksichtigung des Alters des Kindes und des daraus resultierenden spontanen Korrekturpotentials der Fraktur eine Konsequenz für die Therapieentscheidung.

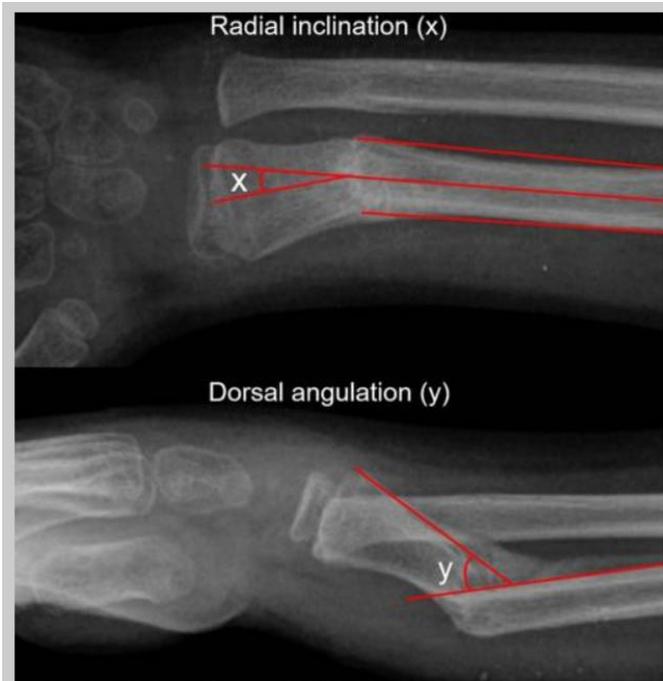


Abb. 3: Messung der Dislokationswinkel in der a.p. und seitlichen Ebene sowie der Translation (18) **x:** Achsabweichung nach radial/ulnar, **y:** dorsale/palmare Achsabweichung

Die Klassifikation der AO Paediatric Expert Group (PAEG) wird aus 5 (Knochen-, Segment-, Typ-, Kinder- und Frakturschwerekode) bzw. 6 Kodes gebildet, in Abhängigkeit davon, ob ein Ausnahme-

bzw. Zusatzkode angewendet wird. Die Einteilung ist damit sehr komplex und sehr zeitintensiv.

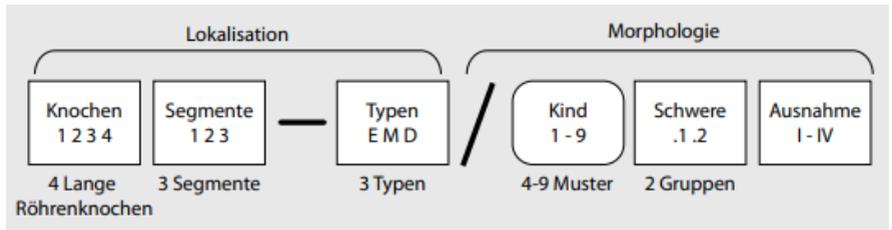


Abb. 4: Prinzip der Frakturklassifikation im Kindesalter nach AO (15)

In einer Untersuchung wurde die Reliabilität der Einteilung kindlicher Frakturen nach AO untersucht. Hier wurde gezeigt, dass die Übereinstimmung in den jeweiligen Segmenten zwischen den befragten Traumatologen bei 95% lag. Bei den Frakturtypen lag die Übereinstimmung noch bei 79%, den Gruppen 63% und bei den Subgruppen nur noch bei 45% (16). Die AO-Klassifikation für kindliche Frakturen hat sich somit aufgrund der fehlenden Konsequenz und komplizierten Codierung in der klinischen Anwendung genauso wenig durchgesetzt wie die LiLa-Klassifikation (LiLa e.V. - Licht und

Lachen für Kinder in der Medizin, Effizienz in der Medizin e.V). Die Reliabilität dieser Klassifikation ist vergleichbar zur AO-Klassifikation (17).

1. Stelle Lokalisation im Skelett: (1-4)	2. Stelle Lokalisation im Knochen (Segment): (1-3)	3. Stelle Morphologie: – Gelenk (a) – Schaft (s)	4. Stelle Spezifizierungen Morphologie: – Gelenk (1-5) – Schaft (1-5)	5. Stelle Dislokationsausmass: – undisloziert (0) – tolerabel (1) – nicht tolerabel (2)	6. Stelle (Ausnahme) paariger Knochen nicht tragend – Ulna (U) – Fibula (F)
---	---	--	--	--	---

Abb. 5: Übersicht der kindlichen Frakturklassifikation nach LiLa (17).

Auch in der Literatur werden kindliche Frakturen üblicherweise weder nach der AO-Klassifikation noch nach der LiLa-Klassifikation eingeteilt. Der größte Kritikpunkt beider Klassifikationen ist die Nichtbeachtung des Alters des Kindes und somit des spontanen Korrekturpotentials der jeweiligen Fraktur. Es ergibt sich somit keine Konsequenz aus der Kodierung. Die gängige Einteilung erfolgt, wie oben erwähnt, nach Art der Fraktur und Dislokationsausmaß und -richtung.

2.4. Frakturheilung

2.4.1. Primäre Frakturheilung

Die primäre Knochenheilung, auch intramembranöse Ossifikation genannt, erfordert eine direkte Transformation von mesenchymalen Stammzellen in Osteoblasten. Zur primären Knochenheilung kommt es ausschließlich bei Kontakt der Fraktur- bzw. Osteotomieenden ohne Frakturspalt (<1mm) und bei unbeweglicher Fixation der Fraktur durch osteosynthetische Versorgung mittels Platte. Aus den Kapillaren im Havers-Kanal, dem Zentrum des Osteons, wandern mesenchymale Stammzellen ein, die sich zu Osteoblasten differenzieren. Diese Osteoblasten bilden Lamellenknochen parallel zur Longitudinalachse des Knochens. Diese Art der Frakturheilung ist nach etwa drei Wochen stabil verheilt, es bildet sich kein Kallus (19).

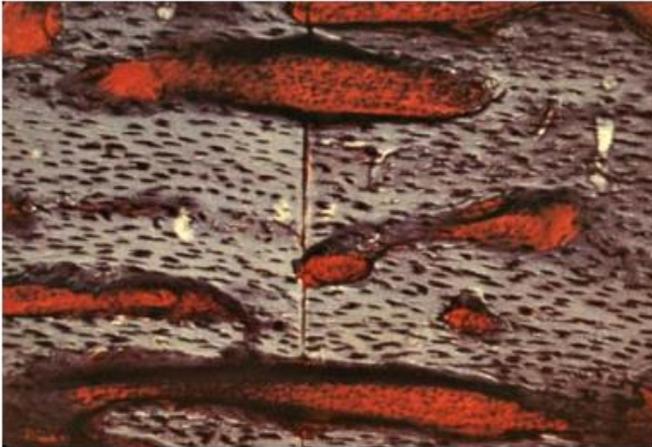


Abb 6: Darstellung primärer Knochenheilung anhand einer Osteotomie und anschließenden Versorgung mittels Kompressionsplatte am Radius eines Hundes. Die Knochenheilung läuft über die Längsachse des Knochens (19)

2.4.2. sekundäre Frakturheilung:

Bei der weitaus häufigeren sekundären Frakturheilung, auch endochondrale Frakturheilung genannt, kommt es zunächst zu einem knorpeligen „Ersatzgerüst“, dem weichen Kallus. Dieser weiche Kallus wird von vielen zellulären und molekularen

Prozessen gesteuert und letztendlich wieder zu dem ursprünglichen, stabilen Knochen remodelliert.

Bereits während der ersten Minuten nach der Fraktur bildet sich ein fibrinreiches Blutkoagel im Bereich der Fraktur. Zytokine, freigesetzt aus Thrombozyten innerhalb des Blutkoagels, rekrutieren inflammatorische Zellen wie Lymphozyten, Makrophagen, eosinophile und neutrophile Granulozyten. Makrophagen setzen Interleukin 1 (IL1) frei, welches zur Freisetzung von Cyclooxygenasen (Cox1 und Cox2) führt, welche wiederum zur Freisetzung von Prostaglandin 2 (PG2) in dem verletzten Gewebe führen. PG2 wiederum startet eine Kaskade aus Zytokinen, die am Ende für die Osteogenese entscheidend ist. Aus diesem Grunde können auch nicht steroidale Antiphlogistica (NSAR), die in den Prostaglandin-Stoffwechsel eingreifen, die Frakturheilung verzögern (20).

Nach der inflammatorischen Phase beginnt die Reparatur mit der fibrovaskulären Phase. Diese ist

definiert sowohl als vaskuläres Remodeling mit Angiogenese und Neovaskularisation als auch dem Einwandern von mesenchymalen Stammzellen, die sich dann weiter in Chondrozyten und Osteoblasten differenzieren.

Die direkte Differenzierung von mesenchymalen Stammzellen in Osteoblasten ist ein Mechanismus der primären Knochenheilung bei vollkommen stabilen Faktor-Verhältnissen. Allerdings läuft dieser auch bei weniger stabilen Frakturen bei der sekundären Frakturheilung entlang der periostalen und endostalen Oberfläche ab (21). Zeitgleich kommt es hier durch Differenzierung von Stammzellen in Chondrozyten zur Chondrogenese. Die Umwandlung von Kallus in Knochen geschieht über mehrere Schritte: zunächst wandeln sich proliferierende Chondrozyten in hypertrophe Chondrozyten um, die Kollagen Typ X produzieren. Das Geflecht aus Kollagen Typ X ist das Gerüst für die nachfolgende Mineralisation. Ebenso produzieren die hypertrophen Chondrozyten BMPs

(bone morphogenetic proteins), diese steuern die Kalzifikation des weichen Kallus. Die hypertrophen Chondrozyten reifen weiter zu Osteozyten (22), die am Ende für das Entstehen des ursprünglichen Lamellenknochens verantwortlich sind. Das Entstehen des Kallus ist für das weitere Remodeling verantwortlich (23).

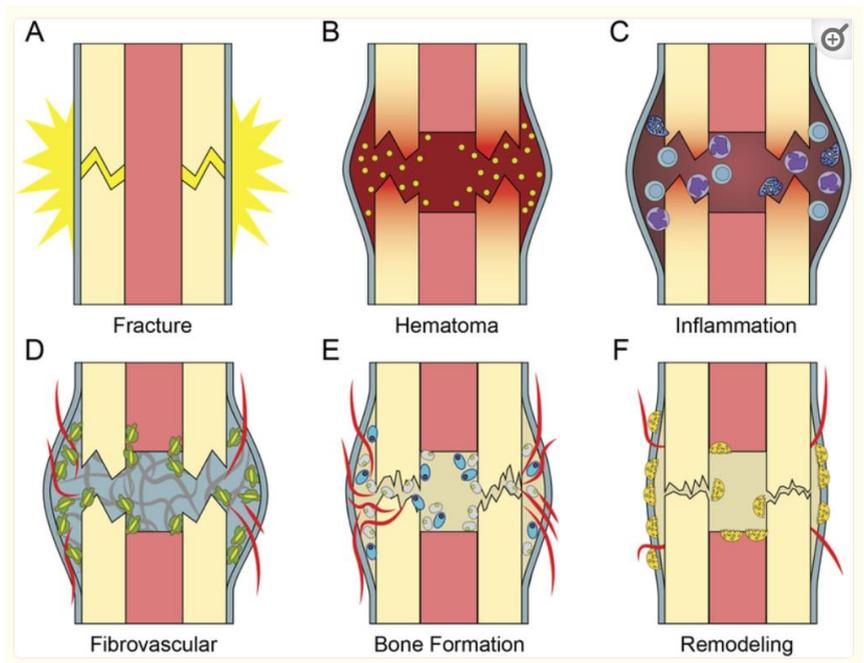


Abb 7. Der Prozess der sekundären Frakturheilung schematisch dargestellt; Während der Verletzung kommt es zur Zerstörung von Knochen und Periost (A) Das entstandene Hämatom bildet eine provisorische Matrix, Thrombozyten setzen Chemokine frei und induzieren so Inflammation (B). Während der Inflammationsphase (C) kommt es zur Einwanderung von mesenchymalen Stammzellen und es

startet die Reparatur Phase: Durch Differenzierung der mesenchymalen Stammzellen kommt es zur Neovaskularisation (D) und über Osteoblasten und Chondrozyten zu Knochenneubildung (E). Im Anschluss resorbieren Osteoklasten den neu gebildeten Knochen (Kallus) und der Prozess des Remodelings stellt die ursprüngliche Form und Struktur des Knochens wieder her (F) (24)

2.5. Therapie der kindlichen distalen Radiusfrakturen

2.5.1. Konservative Therapie

Die Therapie der kindlichen distalen Radiusfrakturen mit oder ohne Fraktur der Ulna ist eine Domäne der konservativen Therapie.

Es existieren sehr heterogene Empfehlungen verschiedener Autoren bezüglich der zu tolerierenden Fehlstellung bei kindlichen metaphysären Radiusfrakturen.

Autor	Akzeptable Fehlstellung der distalen Vorderarmfrakturen
Fuller and McCullough, 1979	20° (<14 Jahre) sagital und dorsal/volar
Larsen et al., 1988	28° (<11Jahre) sagital und dorsal/volar
Roy, 1989	16° Dislokation nach radial, 20° sagital und dorsal/volar

Wilkins and O'Brien, 1996	30°-35° in der Sagitalebene
Zimmerman et al., 2004	10-15° dorsal/volar (<9Jahre)
Roth et al., 2014	30° (<9 Jahre)/25°(9-12 Jahre)/20°>12 Jahre
Lutz von Laer, 1986	Max 40° in der Sagitalebene, max 20° in der Frontalebene (<10-12 Jahre), >12 Jahre ideale Stellung angeben
Ingo Marzi, 2006	< 12 Jahre bis 30° in allen Ebenen, >12 Jahre ideale Stellung anstreben

Tab. 1: Übersicht zu Empfehlung akzeptabler Fehlstellungen von kindlichen Frakturen des distalen Drittels des Unterarms.

Obwohl gerade am distalen Radius während des Wachstums ein sehr hohes Korrektur-Potential besteht und in einigen Studien die Empfehlung zur Akzeptanz noch deutlich größerer Dislokationen der

Frakturen am distalen Drittel des Unterarms bei Kindern gegeben wird (18), zeigt eine Studie von Jeroense et al., dass das Korrekturpotential der Frakturen nicht linear verläuft. Vielmehr kann man zwar im Schnitt mit einer Korrektur von etwa $2,5^\circ$ pro Monat im Wachstum rechnen, allerdings ist das Korrekturpotential in der Zeit direkt nach der Fraktur am höchsten und fällt dann exponentiell ab, so dass es auch bei jüngeren Kindern bei starken Dislokationswinkeln zu einer verbleibenden Fehlstellung kommen kann (25).

Letztendlich hat sich im angloamerikanischen Raum als Entscheidungsrichtlinie eine Empfehlung von Ploegmakers and Verheyen (2006) durchgesetzt: Für Kinder unter 10 Jahren wird ein Dislokationswinkel a.p. und seitlich von bis zu 30° akzeptiert und für Adoleszente bis 15 Jahren von maximal 14° (26).

Im deutschsprachigen Raum hat sich eine stärkere Aufteilung nach Alter durchgesetzt:

Alter	Korrekturgrenzen
< 5 Jahre	Bis 50° Achsabweichung a.p. und seitlich, Translation bis Schaftbreite des Radius
6-12 Jahre	Bis zu 30° Achsabweichung a.p. und seitlich, Translation bis halbe Schaftbreite
>12 Jahre	Nur mehr geringes Korrekturpotential zu erwarten, Achsabweichung bis maximal 10° a.p. und seitlich, keine Translation

Tab. 2: Tolerable Achsabweichungen kindlicher distaler Unterarmfrakturen (27)

Eine weitere Form der konservativen Therapie stellt die Gipskeilung dar. Hier wird die Fraktur mittels geschlossenen Gipses ruhiggestellt und nach vollständigem Trocknen des Gipses erfolgt dann etwa 5 Tage nach Trauma die Keilung. Es gibt verschieden Techniken: eine aufklappende Keilung auf der konkaven Seite der Fraktur, eine zuklappende Keilung auf der konvexen Seite der Fraktur. Die häufigste angewandte Technik ist das Aufklappen des Gipses auf der Konkavseite und fixieren der Korrektur mittels Platzhalter, z.B. ein

Stück Kork. Ziel ist es eine Fraktur außerhalb der spontanen Korrekturgrenze in eine Fraktur innerhalb der spontanen Korrekturgrenze zu überführen oder eine sekundär im Gips dislozierte Fraktur geschlossen zu reponieren. Die Gipskeilung funktioniert gut, es konnte gezeigt werden, dass 95,6% der Frakturen mit dieser Methode zur achsgerechten Ausheilung gebracht werden. Lediglich bei 4,4% der Patienten kam es auch nach Keilung zu keinem guten Repositionsergebnis und es wurde auf eine andere Technik konvertiert (28). Die Technik benötigt allerdings Erfahrung: das Aufschneiden des Gipses darf weder zu nah auf Frakturhöhe noch zu weit proximal davon erfolgen und ist zeit- und somit kostenintensiv.

2.5.2. Operative Therapie

Die Indikationen zur operativen Intervention ergibt sich bei offenen Frakturen und sobald das Maß der Dislokation das zu erwartende Korrekturpotential der Fehlstellung übersteigt (23).

Als Therapieoptionen stehen die geschlossene Reposition in Narkose und Cast-Anlage sowie die geschlossene Reposition und Kirschner-Draht Osteosynthese mit ebenfalls Cast-Anlage zur Verfügung. An selten gewählten und bei Kindern nur auf Ausnahmesituationen beschränkten operativen Verfahren steht der Fixateur extern oder eine Plattenosteosynthese zur Verfügung. Da es in 21-39% der geschlossenen Repositionen und alleiniger Cast-Anlage zu einer sekundären Dislokation der Fraktur kommt (29) und diese sekundär dislozierten Frakturen in 59,8% der Fälle eine erneute Intervention benötigen (1), fällt die Entscheidung bei dislozierten Frakturen außerhalb des Korrekturpotentials häufig primär zugunsten der geschlossenen Reposition mit zeitgleicher Kirschner Draht Stabilisierung aus. Dies geschieht in der Überlegung, dem Kind zeit- und schmerzintensive Prozeduren wie Gipskeilungen, Gipswechsel oder einen erneuten operativen Eingriff mit daraus resultierender längerer Therapiezeit zu ersparen.

Bislang existieren keine eindeutigen Empfehlungen dazu, wann nach geschlossener Reposition die Anlage eines Gipses reicht und wann man die Reposition mittels K-Drähten stabilisieren sollte. Allerdings zeigen sich in einigen Studien Risikofaktoren, die zu einem erhöhten Dislokationsrisiko beitragen wie z.B. die Fraktur beider Vorderarmknochen sowie und eine initiale vollständige Dislokation der Fraktarenden ohne Kontakt zueinander (29).

Im eigenen Patientenkollektiv wird so vorgegangen, dass bei distalen Radius- und Unterarm Frakturen, die sich außerhalb des zu erwartenden Korrektur-Potentials befinden, die geschlossene Reposition und anschließende K-Drahtstabilisierung durchgeführt wird. Nur in Ausnahmefällen, wenn die Fraktur nach Ansicht des Traumatologen stabil reponiert wurde, wird in der Operation nach Reposition auf die Osteosynthese verzichtet und lediglich eine Gipsruhigstellung durchgeführt.

Die Entfernung der K-Drähte erfolgt vier Wochen nach Osteosynthese nach radiologischer Konsolidierungskontrolle der Fraktur.

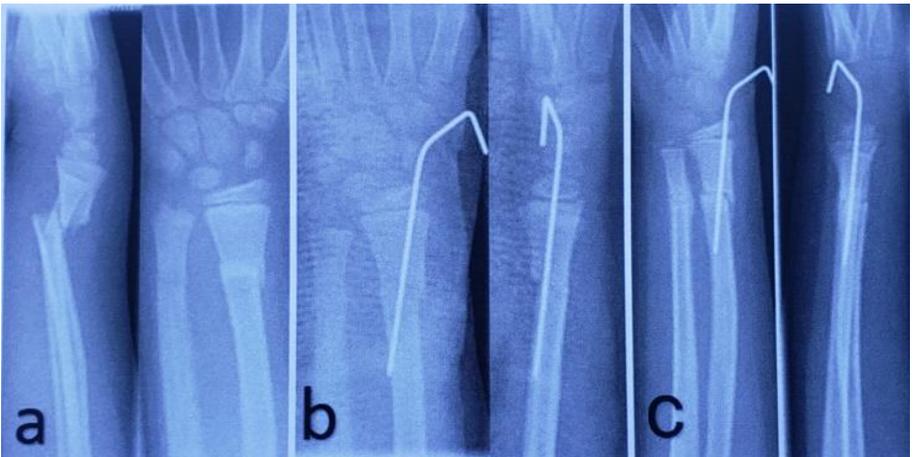


Abb 8.: Distale Unterarmfraktur, zu dem Zeitpunkt 8jähriger Junge aus dem eigenen Kollektiv, a) Unfallaufnahme, b) postoperative Aufnahme im Gips, c) Kontrolle vor K-Drahtzug

2.6. Postoperative Wundinfektion

2.6.1. Definition

Unter einem postoperativen Wundinfekt (SSI = surgical site infection) versteht man eine Wundinfektion, die innerhalb von 30 Tagen nach einem chirurgischen Eingriff im Bereich des Operationssitus auftritt (30).

2.6.2. Einteilung

Die Einteilung von postoperativen Wundinfekten erfolgt anhand der international verbreiteten Klassifikation für chirurgische Wundinfektionen des Center for Disease Control and Prevention (CDC). Dort werden drei Grade der SSI unterschieden:

- oberflächlicher Wundinfekt
- tiefer Wundinfekt
- Infektion von Organ oder Körperhöhle

Kategorie	Lokalisation	Symptome
Oberflächlicher Wundinfekt	Haut und Subkutangewebe	<p>eitrige Sekretion aus dem oberflächlichen Wundbereich, zusätzlich</p> <ul style="list-style-type: none"> - Schmerz oder Berührungsempfindlichkeit - Schwellung, Rötung oder Überwärmung - Wunde bewusst durch Chirurgen eröffnet
Tiefer Wundinfekt	Muskulatur und Faszienschicht	<p>eitrige Sekretion aus der Tiefe der Wunde, zusätzlich</p> <ul style="list-style-type: none"> - spontane Wunddehiszens oder Wunde bewusst durch Chirurgen eröffnet; - Abszess oder sonstige Zeichen einer Infektion, die tieferen Schichten betreffend und durch einen Arzt diagnostiziert wurden.
Infekt von Organen/Körperhöhlen	Organe oder Körperhöhlen, die im Rahmen der Operation eröffnet wurden bzw. manipuliert wurden.	<p>eitrige Sekretion aus einer Drainage, die Zugang zum Organ oder Körperhöhle hat oder kultureller Erregernachweis oder Abszess oder sonstige Zeichen einer Infektion des Organs bzw. der Körperhöhle</p>

Tab. 3: Einteilung postoperativer Wundinfekte (30)

2.7. Wundinfekt nach Kirschner-Draht Osteosynthese am distalen Radius

Es gibt wenige Studien zur Infektionsrate von überstehenden Kirschner-Drähten am distalen Radius, keine davon bei Kindern. Eine Studie aus dem Jahr 2010 bei Erwachsenen ergab eine Infektionsrate von 21%. Hier wurden die epikutanen K-Drähte mit in den postoperativ angelegten Gips integriert, eine Pin-Pflege konnte somit nicht stattfinden, die Gipstragedauer betrug 6 Wochen. Es wurde eine eindeutige Empfehlung ausgesprochen, die Kirschner Drahtenden subkutan zu versenken (31).

In einer Studie mit 124 Kindern mit mittels K-Draht versorgten Condylus radialis Frakturen wurden 60 Patienten mit versenkten K-Drähten behandelt, 64 mit überstehenden K-Drahtenden.

Es zeigte sich kein signifikanter Unterschied in der Infektionsrate. Bei den versenkten K-Drähten zeigte sich allerdings eine hohe Rate an Hautaffektionen

durch die Drahtenden unter der Haut (23%) mit einer erhöhten Infektionsrate in dieser Subgruppe (40%). Hier wurde für diese Frakturen eine Empfehlung zu überstehenden K-Drahtenden ausgesprochen (4).

2.8. Lachgas in der medizinischen Anwendung

Lachgas ist als Livopan® (Fa. Linde Healthcare, 85764 Oberschleißheim) im Handel. Die Zulassung in Deutschland und Österreich zur „Behandlung kurzzeitiger Schmerzzustände von leichter bis mittlerer Intensität“ liegt gemäß Fachinformation für Patienten jeden Alters > 1 Monat seit 2008 vor. Es ist das einzige für Kinder zugelassene Präparat dieser Wirkstoffgruppe.

Das Gasgemisch besteht zu 50 % aus Distickstoffmonoxid. Distickstoffmonoxid hat schmerzstillende Eigenschaften, verringert die Schmerzwahrnehmung und erhöht die Schmerzschwelle, wirkt außerdem entspannend und leicht beruhigend. Die Konzentration an Sauerstoff

ist mit 50 % mehr als doppelt so hoch wie in der Umgebungsluft und gewährleistet einen ausreichend hohen Sauerstoffanteil in dem eingeatmeten Gasgemisch.

Bei kurzfristiger Anwendung drohen außer Übelkeit und Bewusstseinsbeeinträchtigung aufgrund der geringen Metabolisierung keine relevanten Nebenwirkungen (32).

Laut Fachinformation soll LIVOPAN® nur unter der Aufsicht von kompetentem medizinischem Fachpersonal angewendet werden, ein spezielles technisches Monitoring ist nicht empfohlen. Nach der Anwendung sollte der Patient für etwa 5 Minuten in einer ruhigen Umgebung überwacht werden, bis er sich erholt hat oder aber so lange, bis die Reaktionsfähigkeit/das Bewusstsein des Patienten vollständig wiederhergestellt ist (33).

3. Material und Methoden

3.1. Patientenkollektiv

In der vorliegenden retrospektiven Studie wurden 152 pädiatrische Patient/innen mit 157 K-Drahtosteosynthesen des distalen Radius im Alter von 2,75 – 16,4 Jahren untersucht. Die Patienten wurden in der Abteilung für Kinderchirurgie und Kinderorthopädie des Krankenhauses der Barmherzigen Brüder Regensburg, Kinderklinik St. Hedwig behandelt.

3.2. Ein- und Ausschlusskriterien

Die Kinder hatten sich im Zeitraum vom 01.12.2015 – 31.12.2020 eine isolierte distale Radius- oder kombinierte distale Radius- und Ulnafraktur zugezogen. Als distal galt eine Fraktur dabei, wenn die Fraktur distal des diaphysären Übergangs lag. Alle Frakturen lagen außerhalb der zu erwartenden Spontankorrektur und wurden

geschlossen reponiert und mittels epikutaner K-Draht-Osteosynthese versorgt.

Standardisiert erfolgt vier Wochen nach K-Draht-Implantation in der chirurgischen Ambulanz zunächst die Gipsabnahme, dann die Röntgenkontrolle des Handgelenks in zwei Ebenen und, bei den Frakturspalt überbrückender Kallusbildung, dann der Zug der K-Drähte unter Livopan©.

Der K-Drahtzug erfolgte bei 151 Kindern unter Lachgas vier Wochen nach osteosynthetischer Versorgung. Lediglich ein Kind kam nach 6 Wochen zum K-Drahtzug, wegen Sprachbarriere war es hier zu Missverständnissen gekommen und die Vorstellung erfolgte später als eigentlich geplant.

Die vollständige Behandlung aller untersuchten Kinder fand im Krankenhaus der Barmherzigen Brüder Regensburg, Klinik St. Hedwig statt. Auch Patienten, die von anderen Krankenhäusern zur operativen Versorgung zugewiesen wurden, sind mit einbezogen.

Röntgenaufnahmen der Frakturen liegen jeweils als Unfallbild, als direkte postoperative Kontrolle und als Konsolidierungskontrolle vor K-Drahtentfernung vier Wochen postoperativ jeweils in zwei Ebenen vor.

Bei Patienten/innen, die sich beim selben Unfall auf beiden Seiten eine handgelenksnahe Radius- oder Unterarmfraktur zuzogen, wurden auch beide Seiten ausgewertet, wenn beide Seiten mittels K-Draht Osteosynthese versorgt wurden. Das war im Kollektiv bei 5 Kindern der Fall.

Ausgeschlossen wurden Fälle, deren Behandlung nicht vollständig in der Kinderklinik St. Hedwig erfolgt war oder deren Dokumentation nicht vollständig vorlag. Von initial 16 Patienten lag bei sechs Kindern nach Durchsicht keine vollständige Röntgenbilddokumentation vor, bei fünf Kindern war der Hautzustand um die Eintrittsstelle des K-Drahtes nicht dokumentiert.

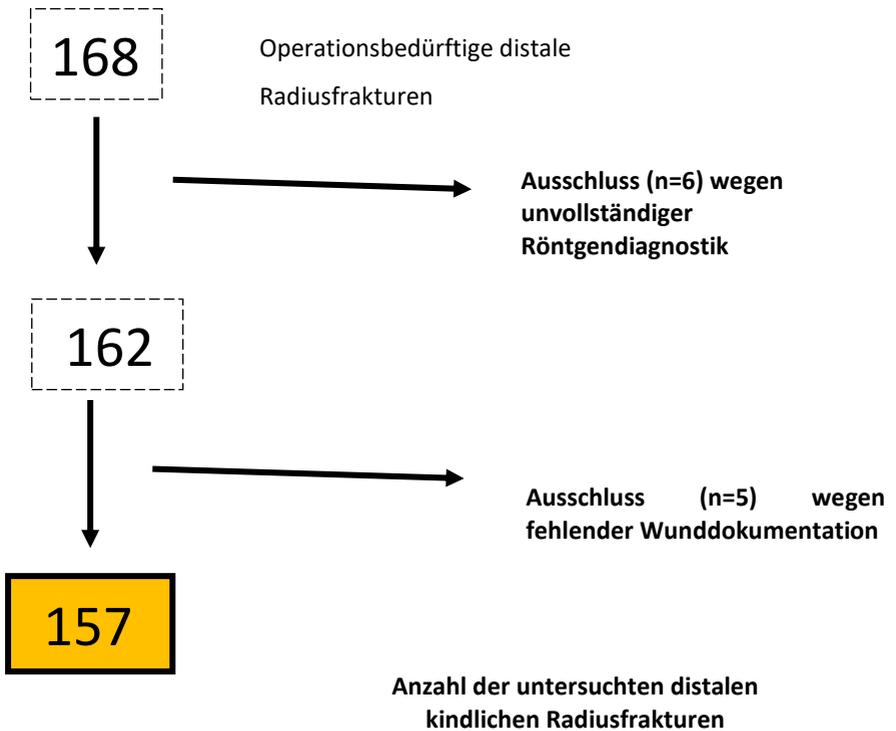


Abb. 9: Patientenkollektiv, Ausschlusskriterien

3.3. Ausgeschlossene Fälle im DASH-Bewertungsscore

Beim DASH-Score sind max. 10% fehlende Werte erlaubt (siehe Absatz unten). Aus diesem Grund musste eine Person ausgeschlossen werden (ID 36 hatte zu 8 Items fehlende Werte). Eine Person (ID 35) hat die Auswertungen nicht abgeschlossen und wurde ebenfalls ausgeschlossen. Die ersten sechs Fälle im Datensatz bestanden nur aus Missings (evtl. waren das Probeeinträge) und konnten ebenfalls nicht berücksichtigt werden. Es verbleiben insgesamt 36 auswertbare Fälle. Bzgl. der Ausfüllzeit wurden keine Fälle ausgeschlossen, da man anhand der Daten davon ausgehen kann, dass sich alle Befragten ausreichend Zeit für die Beantwortung der Fragen genommen haben.

3.4. DASH-Score

Der DASH Score wurde erstmals 1996 im American Journal of Industrial Medicine durch eine

Zusammenarbeit von der American Academy of Orthopedic Surgeons (AAOS), dem Council of Musculoskeletal Specialty Societies (COMSS) und dem Institute for Work and Health (Toronto, Ontario) vorgestellt. Er wurde entwickelt, um ein standardisiertes Messinstrument für mögliche Funktionseinschränkungen der oberen Extremität bei Alltagsaktivitäten nach unterschiedlichen muskuloskelettalen Erkrankungen und Traumata zu erhalten.

Der DASH umfasst 30 Fragen, die Antworten werden auf einer Skala mit einem Ranking von 1-5 angegeben. Das Ergebnis wird anhand einer Formel in Punkte umgerechnet. Die Antwortpunkte der Fragen 1-30 werden summiert und bilden den Rohwert. Der maximal mögliche Rohwert beträgt 150 Punkte und das mögliche Minimum liegt bei 30 Punkten.

Der Rohwert der ersten 30 Fragen (Teil 1) wird wie folgt in den DASH-Funktionsfähigkeits-Wert umgerechnet.

$$\text{Teil 1: } \frac{(\text{Rohwert}-30)}{1,2} = \text{DASH} - \text{Wert} (0 - 100)$$

Im Endergebnis bedeuten 0 Punkte: keine Einschränkung, 100 Punkte bedeuten maximale Einschränkung im Gebrauch der oberen Extremität (34).

Der Score wurde im Verlauf um zwei weitere Module erweitert, das erste Modul umfasst Fragen zu möglichen Einschränkungen bei sportlichen und musikalischen Aktivitäten. Das zweite Modul enthält Fragen zu Einschränkungen bei Arbeit und Beruf. Beide Module sind optional zu beantworten.

Wie in Teil 1 werden für Teil 2 und 3 die Antwortpunkte addiert und diesen bilden den Rohwert. Der maximale Rohwert beträgt 20 Punkte, der minimale Rohwert 4 Punkte.

Der Rohwert wird in den Wert für Freizeitaktivität (DASH-Sport/Musik) umgerechnet (34):

$$\text{Teil 2: } \frac{(\text{Rohwert}-4)}{0,16} = \begin{cases} \text{DASH} - \text{Sport} (0 - 100) \\ \text{DASH} - \text{Arbeit} (0 - 100) \end{cases}$$

Wurden im Teil 1 weniger als 10% (3 Fragen) nicht beantwortet, so darf der Mittelwert aller anderen Fragen für den bzw. die fehlenden Werte verwendet werden. Sind 3 oder mehr Fragen nicht beantwortet, so kann der Teil nicht verwendet werden. In Teil 2 und 3 dürfen keine Antworten fehlen.

Da ein vergleichbarer Score für die Einschränkungen im Alltag durch Schmerzen und oder Funktionseinschränkung für Kinder fehlen, wurden zwei Fragen aus dem ersten Teil nach „sexueller Aktivität“ und „mit motorisierten Fortbewegungsmitteln zurecht kommen (z.B. Autofahren, Motorradfahren)“, weggelassen.

3.5. Umfragetool Lama-Poll

Die Kinder wurden eingeladen an einer Nachuntersuchung mittels online-Umfrage teilzunehmen. Hierzu wurde auf LamaPoll, einem deutschen software-service Anbieter, eine Umfrage erstellt und den Familien ein QR-Code zugesandt,

mit dem man kostenfrei an der Umfrage teilnehmen konnte. Alternativ wurde die entsprechende Mailadresse, unter der die online-Umfrage aufgerufen werden konnte, mit angegeben. Alle 152 Familien wurden angeschrieben, 56 der angeschriebenen Familien haben die Internetseite besucht (36,8%), 44 haben an der Umfrage teilgenommen (29%), 41 haben die Fragen vollständig beantwortet (27%). Die Fragen wurden der deutschen Version des DASH-Score (Disabilities of the arm, shoudler and hand) entnommen (34,35).

3.6. Statistische Analyse

Alle patientenbezogenen Daten entstammen dem SAP der Klinik St. Hedwig der Barmherzigen Brüder Regensburg. Die Datenerfassung und -strukturierung erfolgte mit Hilfe des Tabellenkalkulationsprogrammes Microsoft Office Excel, Version 2021. Die in der Arbeit verwendeten deskriptiven und induktiven Auswertungen wurden

mit dem statistischen Programmpaket SPSS Statistics 28.0 erstellt (IBM, 2021).

3.6.1. Statistische Tests in der Arbeit

Mit dem in der Auswertung verwendete Chi-Quadrat Test werden Zusammenhänge zwischen Variablen untersucht. Besteht ein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen zwei Variablen oder sind die Variablen unabhängig zueinander? Die Darstellung und Berechnung erfolgt über die Kreuztabelle (crosstable). Voraussetzung für den Test ist, dass jedes der N Individuen bzw. Merkmalsträger nur einer der k Kategorien der Kreuztabelle zugewiesen werden kann.

Da der Chi-Quadrat-Wert nicht standardisiert und daher nur begrenzt vergleichbar ist, wird der Chi-Quadrat-Wert in Cramers V umgewandelt.

$$V = \sqrt{\frac{x^2}{n x (M - 1)}}$$

V	Cramers V
χ^2	Chi-Quadrat
n	Gesamtzahl der Stichproben
M	M= $\min(k,m)$ Die kleinere der beiden Zahlen für die Zeilenzahl (m) und die Spaltenzahl (k in der Kreuztabelle)

Tabelle 4: Umrechnung Chi-Quadrat-Test in Cramers V

Cramers V liegt immer zwischen 0 und 1, dabei bedeutet 0, dass es keinen Zusammenhang zwischen den beiden Variablen gibt, und 1, dass es einen perfekten Zusammenhang gibt.

Dabei gilt, dass ein Wert von:

Unter 0,3	Einem kleinen Effekt entspricht
0,3-0,7	Einem mittleren Effekt entspricht
Größer als 0,7	Einem großen Effekt entspricht

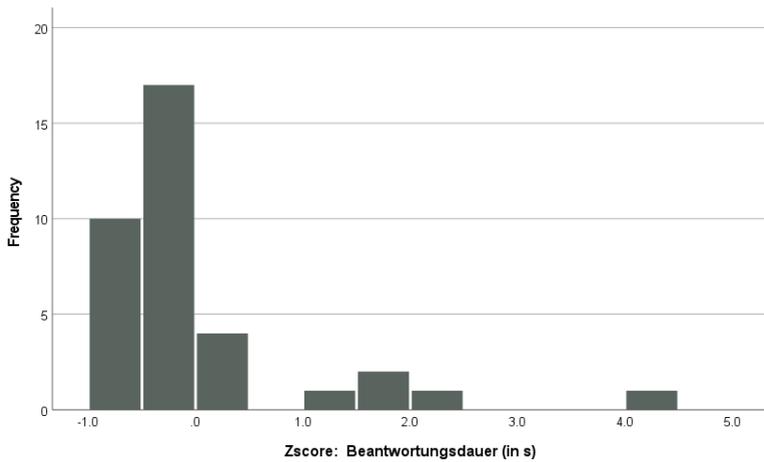
Tabelle 5: Effektgröße Cramers V

4. Ergebnisse

4.1. Auswertung Patientenumfrage auf Lama Poll

4.1.1. Prüfung der Ausfüllgeschwindigkeit

Auch die Beantwortungszeit der Fragen wurde in den Daten erfasst. Durch eine Transformierung dieser Werte in eine z-Standardisierte Variable kann ermittelt werden, ob es sign. schnelle Ausfüllzeiten gab. Dies würde auf ein nicht sorgfältiges Ausfüllen schließen. Z-Standardisierte Werte haben den Mittelwert 0 und die Standardabweichung 1. Werte kleiner als -1.96 sind sign. klein. Der kleinste vorliegende Wert beträgt jedoch nur -.785. → Es liegen keine auffälligen schnellen Werte vor.



Statistiken

Zscore:

Beantwortungsdauer

Mittelwert	.0000000
Median	-.3264295
Std.-	1.0000000
Abweichung	0
Minimum	-.78502
Maximum	4.14490

4.1.2. DASH Deskriptiv

Je kleiner der Wert ist, desto geringer die Beeinträchtigung. Es kann ein Wert zwischen 0 und 100 Punkten erzielt werden. 0 Punkte stehen dabei für eine uneingeschränkte Funktion der oberen Extremitäten, während 100 Punkte die größtmögliche Funktionsbeeinträchtigung darstellen. Hier die entsprechende Umrechnungsformel:

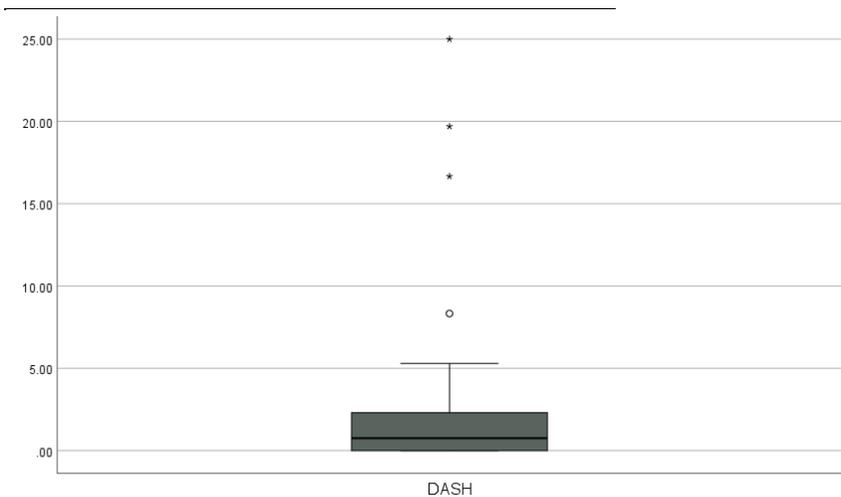
DASH disability/symptom score

$$= \frac{[(\text{sum of } n \text{ responses}) - 1] \times 25}{n}$$

n ist die Anzahl der vollständigen Antworten

Es ergibt sich deskriptiv folgende Variable:

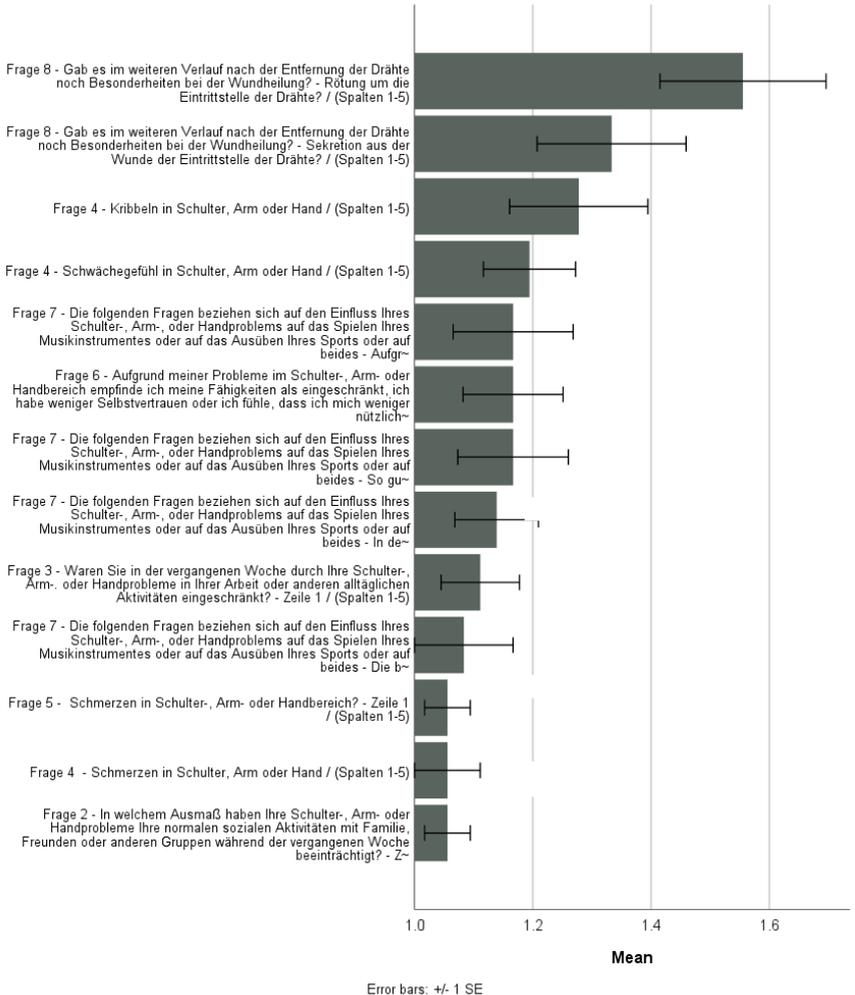
DASH (n=36)	
Mean	2.9481
Median	0.7576
Std. Deviation	5.74874
Minimum	0.00
Maximum	25.00



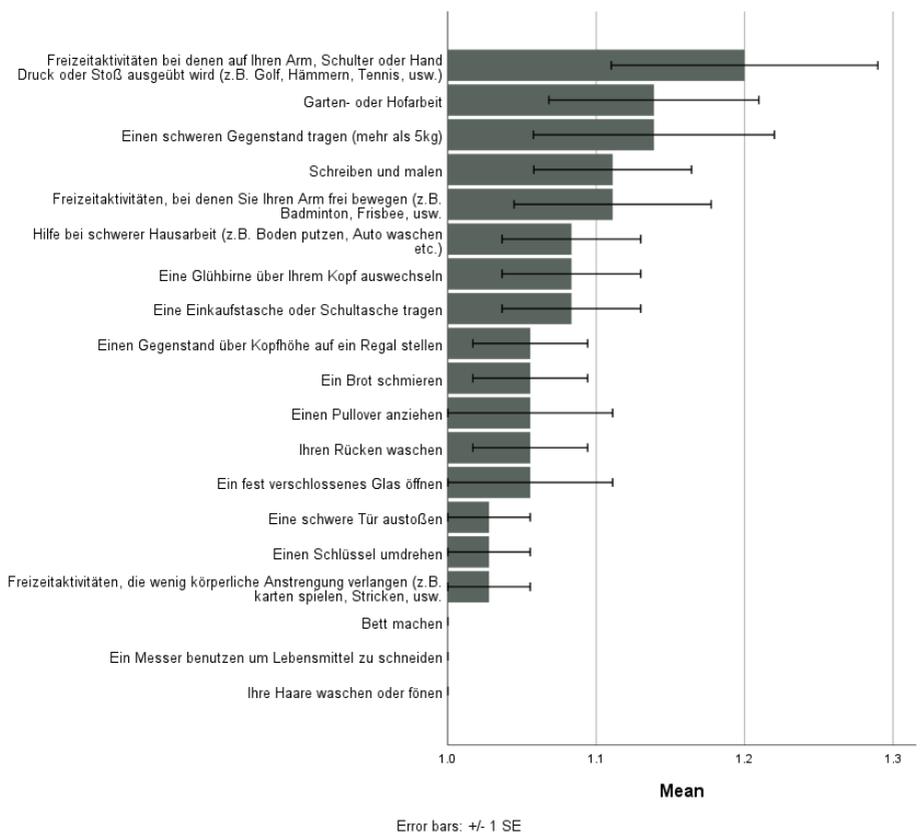
Interpretation:

Bei einem erreichbaren Wert zwischen 0 und 100 steht der Mittelwert von 2.95 also für eine sehr schwache Beeinträchtigung im Gebrauch der oberen Extremität. Im Boxplot erkennt man, dass die meisten Werte sehr niedrig sind, es aber auch vereinzelt extreme Ausreißer gibt (die bis 25 gehen). Die Daten sind nicht normalverteilt.

4.1.3. Blick auf die einzelnen Items



Interpretation: Die Werte in den Daten gehen von 1 (Keine Schwierigkeiten) bis 5 (nicht möglich). Der obige Plot zeigt nur den Wertebereich 1 bis 1.6 an → Es handelt sich durchwegs um kleine Werte.



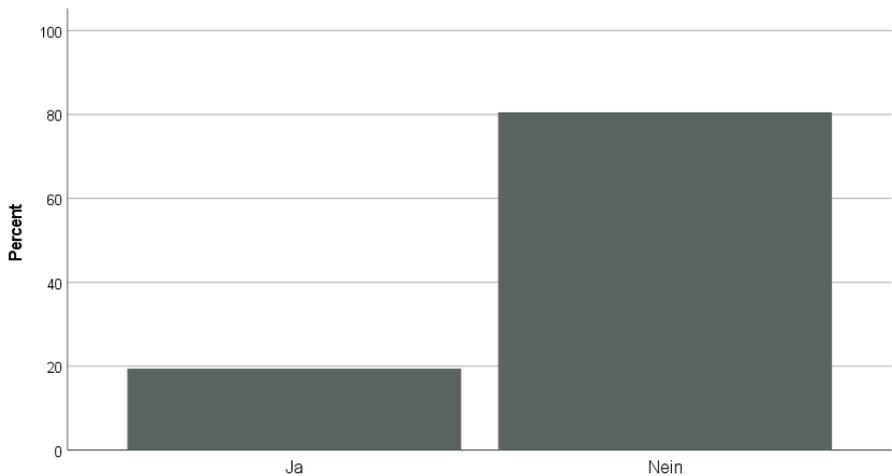
Interpretation: Hier sind die Werte noch kleiner, der Wertebereich geht bis 1.3, wobei drei Fragen immer mit 1 beantwortet wurden.

4.1.4. Präferierte Behandlung (Lachgas / Narkose)

Im Rahmen der Befragung über Lama Poll wurde nicht nur der DASH Score abgefragt, sondern auch direkt die Frage nach der bevorzugten Behandlung bei der Entfernung der K-Drähte gestellt.

Fragestellung: Hätten Sie sich statt Lachgas in der Ambulanz lieber im OP zur Drahtentfernung gewünscht?

	n	%
Ja	7	19.444
Nein	29	80.556
Total	36	100



Frage 12 - Hätten Sie sich statt Lachgas in der Ambulanz lieber eine Vollnarkose im Op zur Drahtentfernung gewünscht?

Interpretation: 4/5 der Personen präferieren die Lachgasbehandlung

Man kann davon ausgehen, dass die Befragten die Therapie unter Lachgas präferieren.

4.2. Auswertung der Studiendaten

4.2.1. Frakturklassifikation

Von den insgesamt 157 operierten distalen Vorderarmfrakturen waren 23 Salter-Harris-II-Frakturen (14,65%), 49 isolierte distale Radiusfrakturen (31,21%), 81 distale Unterarmfrakturen (51,6%) und 4 Epiphysiolysen des distalen Radius (Salter-Harris-I-Frakturen) (2,55%)

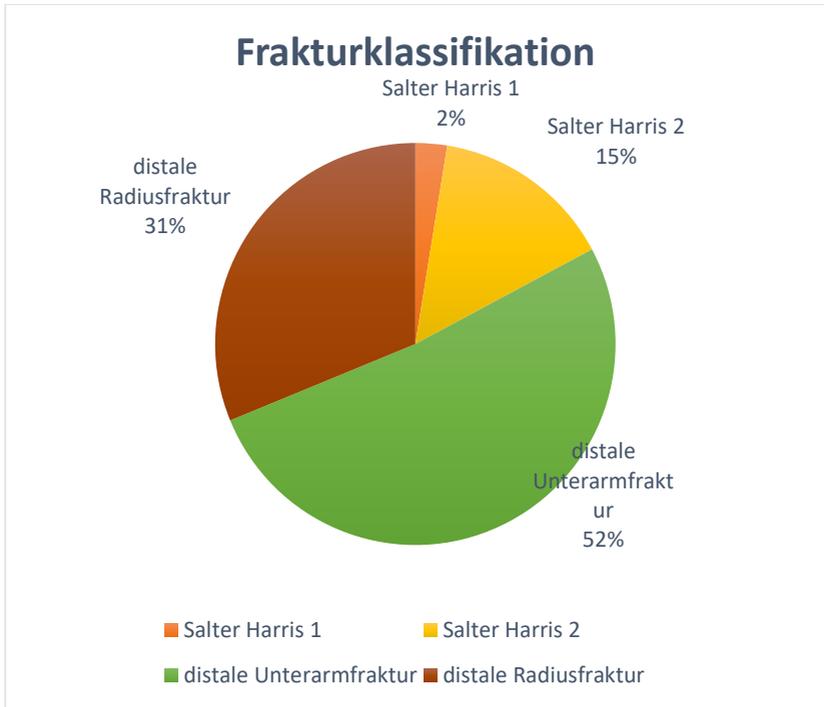
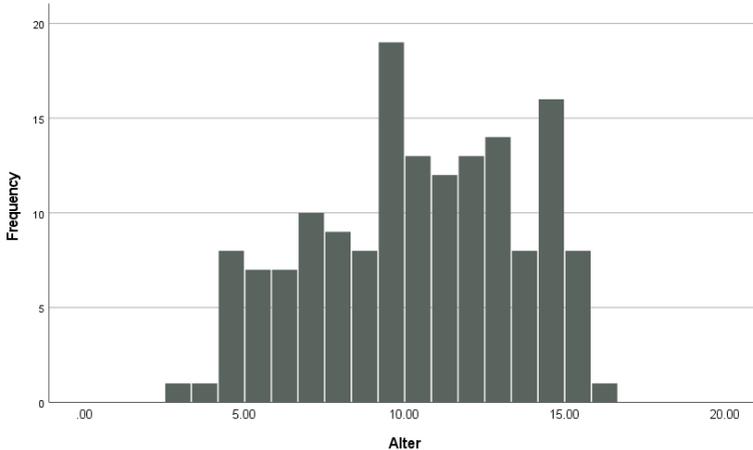


Abb. 10: Frakturverteilung im Kollektiv

4.2.2. Altersverteilung:

Von den 152 untersuchten Kindern war das Jüngste 2,75 Jahre alt, das älteste 16,42 Jahre alt.



Alter		
N	Valid	155
	Missing	2
Mean		10.3586
Median		10.3333
Std. Deviation		3.23401
Minimum		2.75
Maximum		16.42

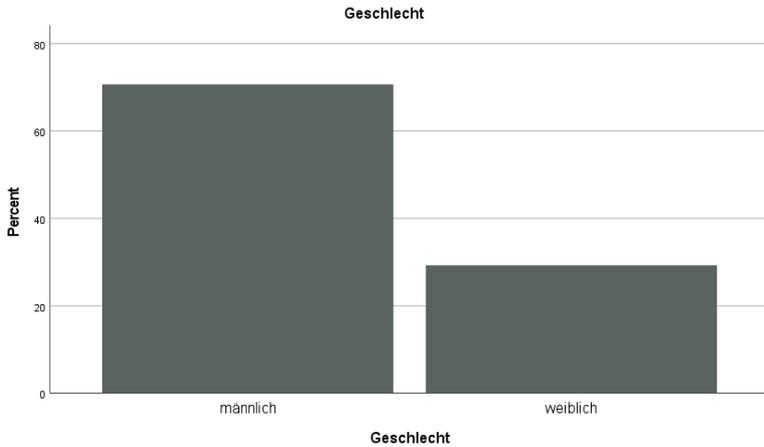
4.2.3. Geschlechterverteilung:

		Häufigkeit	Prozent
Valid	männlich	111	70.7
	weiblich	46	29.3

Total

157

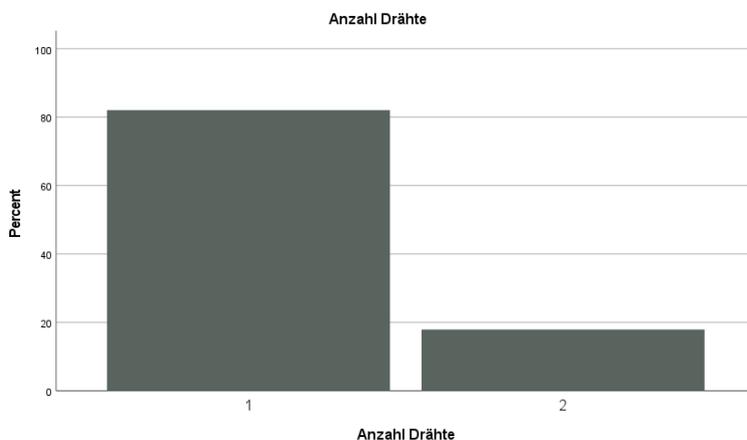
100.0



Interpretation: Im Datensatz gibt es deutlich mehr Jungen (70.7%) als Mädchen.

4.2.4. Anzahl Drähte

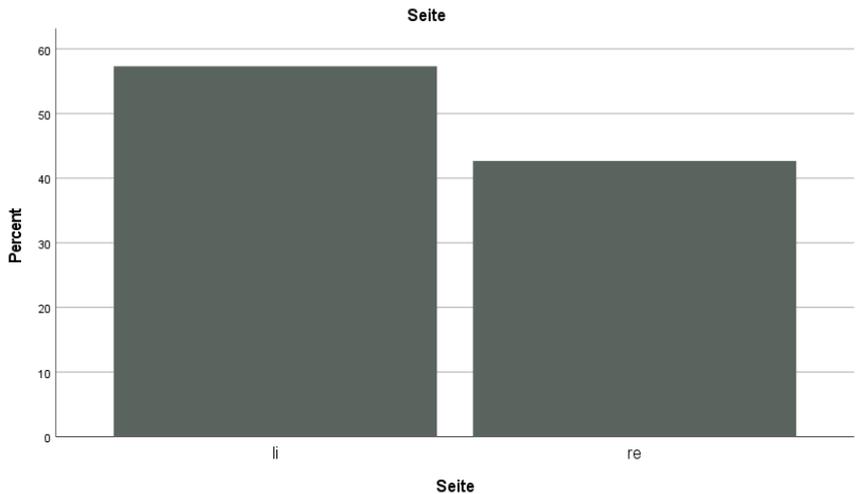
		Häufigkeit	Prozent
Valid	1	128	81.5
	2	28	17.8
	Total	156	99.4
Missing	System	1	0.6
Total		157	100.0



Interpretation: In den meisten Fällen (81.5%) wurde ein Draht verwendet, im Rest der Fälle 2 Drähte.

4.2.5. Seitenverteilung

		Häufigkeit	Prozent
Valid	li	90	57.3
	re	67	42.7
	Total	157	100.0



Interpretation: Die linke Seite ist etwas häufiger vertreten (57.3%)

4.2.6. Unfallursache

Stürze aus erhöhter Position sind die häufigste Ursache für handgelenksnahe Knochenbrüche bei Kindern. Z.B. Sturz aus Hochbett, von Baum oder Baumhaus, von Klettergerüst etc. (20,4%). Als zweithäufigste Ursache wird Stolpern beim Gehen oder Rennen angegeben (18,5%), gefolgt von Stürzen beim Fahrradfahren (15,9%). Insgesamt vier Kinder zogen sich eine Refraktur einer Grünholzfraktur zu (2,6%) und bei drei Kindern kam es unter konservativer Behandlung zu einer sekundären Dislokation (1,9%). Als weitere Unfallursachen wurden Sturz beim Trampolinspringen (4,5%), beim Skateboardfahren (3,8%) und beim Reiten (3,2%) angegeben. Auch für das pädiatrische Patientenkollektiv unerwartete Ereignisse wie Motocross, Sturz beim Schuhe binden oder Sturz unter Alkoholeinfluss wurden berichtet.

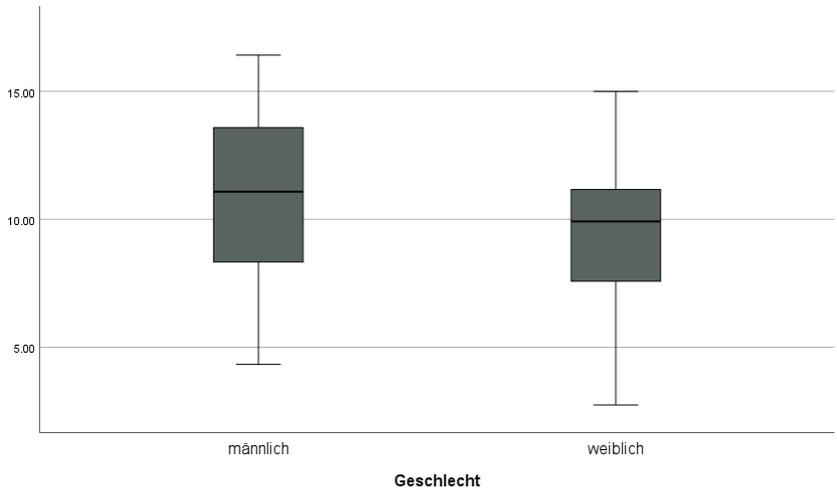
4.2.7. Zusammenhang Alter, Geschlecht und Anzahl der K-Drähte

Der Unterschied zwischen den beiden Geschlechtern wurde mit dem t-Test untersucht:

Group Statistics $t(153)=2.148, p=0,033, d=0,380$

Geschlecht		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Alter	männlich	110	10.7114	3.29660	0.31432
	weiblich	45	9.4963	2.93468	0.43748

Interpretation: Der p-Wert des t-Tests ist signifikant, $p=0,033$. Die Jungen sind sign. älter als die Mädchen (10,7 Jahre vs. 9,5 Jahre)



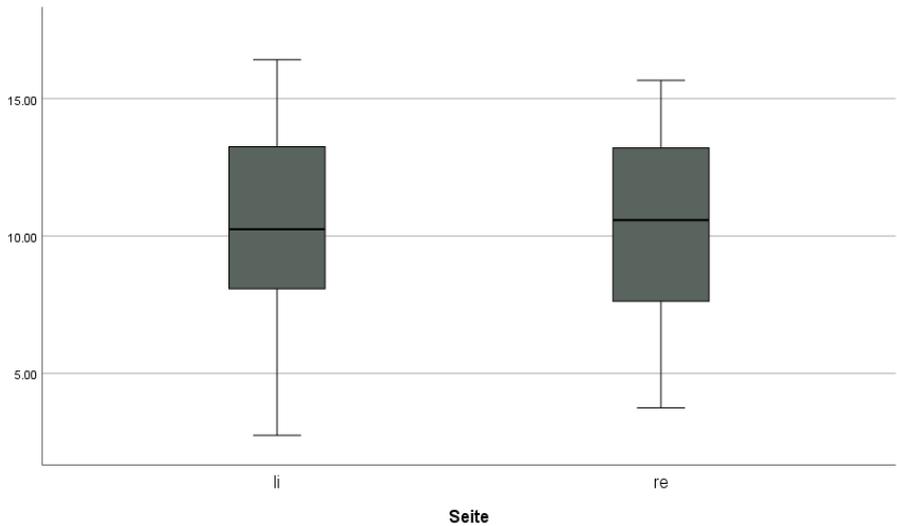
Auch die Unterschiede bzgl. der Seite wurden untersucht, es ergab sich hier jedoch keine Signifikanz, $p=0,821$.

Group Statistics

Side		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Alter	li	88	10.4100	3.23152	0.34448

re	67	10.29	3.2604	0.398
		10	2	32

t(153)=0,226, p=0,821,
d=0,037



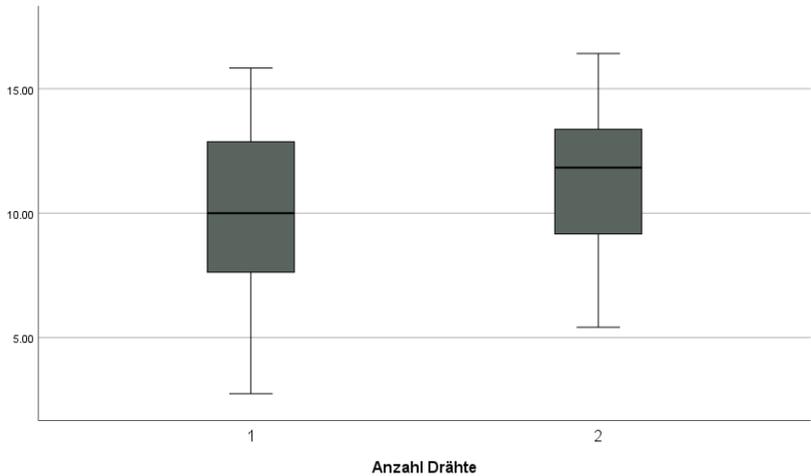
Auch bzgl. der Anzahl der Drähte zeigt sich kein Unterschied, $p=0,075$.

Group Statistics

Anzahl Drähte		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Alter	1	127	10.11	3.2450	0.287
			15	5	95
	2	27	11.32	2.9269	0.563
			41	4	29

t(152)=-1,792, p=0,075,
d=-0,380

Interpretation: Rein deskriptiv sind die Personen mit 2 Drähten etwas älter, dies zeigt sich auch im Boxplot. Die Unterschiede waren jedoch nicht groß genug, um bei dieser Fallzahl zu einer Signifikanz zu führen.



Geschlechtseffekte

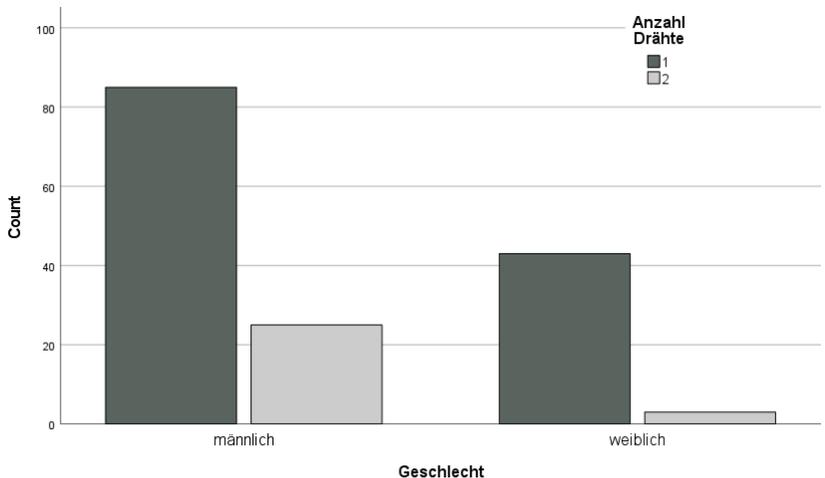
Weiter oben zeigte sich bereits ein Unterschied zwischen den Geschlechtern beim Alter.

Es werden nun noch die kategorialen Variablen bzgl. des Geschlechts auf Effekte untersucht. Auch bzgl. der Anzahl der Drähte wurde ein Chi-Quadrat Test berechnet. Hier ergibt sich ein sign. Effekt:

Crosstab

		Anzahl Drähte			
			1	2	Total
Geschlecht	männlic	Count	85	25	110
	h	% within	77.3	22.7	100.0
		Geschlec	%	%	%
		ht			
	weiblic	Count	43	3	46
	h	% within	93.5	6.5%	100.0
		Geschlec	%		%
		ht			
Total		Count	128	28	156
		% within	82.1	17.9	100.0
		Geschlec	%	%	%
		ht			

Chi²(1)=5.784, p=0,016, Cramers V=0,193



Interpretation: Nur in 6.5% der Fälle wurden bei Mädchen zwei Drähte verwendet, jedoch immerhin in 22.7% der Fälle bei den Jungen. Es ergibt sich ein signifikanter Effekt. Cramers $V=0,193 \rightarrow$ Es handelt sich um einen kleinen Effekt.

4.2.8. Wundinfekte im Kollektiv

Bei keinem der Kinder zeigte sich ein Wundinfekt zum Zeitpunkt der Entfernung der K-Drähte (0%)

Die Datenerhebung, ob ein postoperativer Wundinfekt bei einem Kind vorlag oder nicht, erfolgte anhand der Dokumentation. Zu jedem Kind lag ein Op-Bericht über die K-Drahtentfernung vor, inklusive einer Stuserhebung der Eintrittsstelle der K-Drähte. Eine Sekretion war in keinem Fall beschrieben worden.

5. Zusammenfassung

Die anfangs in der Zielsetzung formulierte Annahme, dass es bei Kindern zu keiner höheren Infektionsrate bei über die Haut überstehenden K-Drähten nach operativer Versorgung einer distalen Radiusfraktur kommt, konnte bestätigt werden: In der vorliegenden Untersuchung kam es bei keinem der 152 Kinder bzw. 157 versorgten distalen Radiusfrakturen zu einer Wundinfektion durch über die über die Haut überstehende K-Drähte.

Bei allen Kindern waren die Frakturen zeitgerecht verheilt und eine zeitgerechte Metallentfernung nach vier Wochen konnte erfolgen.

80% der betroffenen Familien würden wieder den Zug der K-Drähte unter Livopan in der Ambulanz wählen, 20% infolgedessen hätten lieber eine Vollnarkose gehabt.

Der DASH-Score zeigt in der Nachuntersuchung eine sehr schwache Beeinträchtigung der oberen

Extremität nach der operativen Versorgung mittels überstehender K-Drahtenden.

6. Diskussion

Das Überstehen der K-Drähte mit der Entfernung des/der Drähte/s unter Lachgas erfordert eine intensive Kommunikation mit den Familien. Allein das Wissen um das Herausschauen der Drähte über Hautniveau weckt Sorgen und Ängste sowohl bei dem betroffenen Kind als auch den betreuenden Personen. Es gilt klarzumachen, dass die Drähte nicht sichtbar sind und der Verband für vier Wochen bis zum Entfernen der Drähte geschlossen bleibt. Die Gipsschiene wird um die Drähte zum Schutz gegen Anstoßen an modelliert. Dieses Vorgehen sollte auch im Entlass-Brief aus dem stationären Aufenthalt konsequent schriftlich für den behandelnden Kinderarzt fixiert werden, so dass auch dort klar ist, dass keine Wundkontrollen erfolgen müssen bzw. dürfen. Der Verband soll für

vier Wochen geschlossen bleiben. Die Zufriedenheit der Patienten bzw. Familien ist in der Umfrage zwar eindeutig zugunsten der überstehenden Drähte und Lachgasbehandlung ausgefallen, trotzdem beträgt die Zustimmung keine 100%. Warum Eltern in Einzelfällen doch die Vollnarkose präferieren würden, gilt es für uns noch besser herauszufinden und zu erfragen. Die Eltern können bei uns nicht wählen, welche Methode sie wünschen, von uns wird die Lachgasbehandlung geplant und kommuniziert.

Auch das Prozedere der Livopan©-Sedierung mit Aufsetzen einer Maske auf das Gesicht und der Änderung des Verhaltens des Kindes unter Lachgas muss im Vorfeld mit den Kindern und begleitenden Personen besprochen werden. Hier stellt die Sprachbarriere bei Familien mit Migrationshintergrund eine nicht immer befriedigend zu lösende Problematik dar und führt sicher auch zu vermehrter Verunsicherung bei den Familien.

Ein weiterer Grund für Verunsicherung kann sein, dass die Gipsschiene bereits abgewickelt wird und

somit bereits vor der Gabe des Lachgases die Drähte für das Kind und die Begleitperson zum ersten Mal zu sehen sind. Auch wenn die Kinder darauf vorbereitet werden, kann die Situation belastend sein. Grund hierfür ist, dass die Röntgenkontrolle vor K-Drahtzug ohne Gipsschiene durchgeführt wird, um eine sichere Kallusbildung überlagerungsfrei von Fremdmaterial im Röntgenbild beurteilen zu können. Da aber die Drähte nach Entfernen von Verband und Gips in allen Fällen der Studie gezogen wurden, kann dieses Vorgehen diskutiert werden. So könnte auch die Schienen- und Verbandabnahme bereits unter Livopan erfolgen und die Röntgenkontrolle nach bereits gezogenen Drähten durchgeführt werden. Bei ggf. unzureichender Kallus Bildung kann dann eine alleinige Ruhigstellung mittels Gipses oder Orthese nachgeschaltet werden. Vorteil dieses Vorgehens ist es zusätzlich zu der geringeren psychischen Belastung für das Kind, dass keine Wundkontrollen bei noch einliegenden Drähten nach

eröffnetem Verband erfolgen müsste, sollte man sich für eine längere Frakturbehandlung entscheiden.

Das Überstehen lassen der K-Drähte ist vor allem sinnvoll, um eben die rasche und ressourcenschonende Entfernung der Osteosynthese unter Livopan© durchzuführen. Viele Kliniken halten aber gar kein Lachgas vor. Eine Kirschner-Drahtentfernung unter Analgo-Sedierung mit einem oder der Kombination mehrerer Medikamente ist nebenwirkungsreicher, flutet nicht so schnell ab und ist damit deutlich überwachungs- und zeitintensiver als eine Sedierung mit Livopan© (32). Der zeitliche, personelle, apparative und somit organisatorische Aufwand würde deutlich steigen. Somit bietet eine anderweitige Analgosedierung als Lachgas keinen wesentlichen Vorteil mehr zu einer konventionellen Metallentfernung im Op.

Lachgas erlaubt es als einziges Analgetikum auch ohne i.v. Zugang zu arbeiten, also auch die Angst vor dem „Piks“ kann den Kindern bei dieser Methode genommen werden.

Bislang existiert nach ausführlicher PubMed-Recherche keine Studie, die die Infektionsrate bei kindlichen, mit K-Draht versorgten Frakturen untersucht hatte. Eine Studie zu versenkten Drähten nach Condylus ulnaris Frakturen zeigte, dass es nach Anschwellen der Weichteile und/oder Migration der Drähte zu einer Druckschädigung mit Hautnekrose und anschließender Perforation der Drähte durch die Haut kommen kann. So drangen bei 13 von 55 Patienten die zuvor versenkten K-Drähte sekundär nach Anschwellen durch die Haut, davon entwickelte sich bei drei ein oberflächlicher, bei einem ein tiefer Wundinfekt. Allerdings entwickelte in der Vergleichsgruppe mit primär überstehenden K-Drähten bei zwei von 12 Kindern eine oberflächliche Infektion. Somit ergab sich in dieser Lokalisation keine eindeutige Empfehlung zum Management der K-Drahtenden (4).

Bei Erwachsenen hingegen kann eine eindeutige Empfehlung gegen das Überstehen der K-Drahtenden ausgesprochen werden. Hier kam es in

21% der Fälle zu einem Infekt, ähnlich wie bei einem Handgelenkes übergreifenden Fixateur extern, hier lag die Infektionsrate der Pins bei geschlossenen Frakturen bei 20% (31).

Offensichtlich kann die Rate an Infektionen aber nicht von Erwachsenen auf Kinder übertragen werden. Insgesamt ist die Rate an Osteosynthese-assoziierten Infektionen (OAI) bei geschlossenen Frakturen recht gering (1-2%) (36).

Es konnten einige Risikofaktoren unabhängig von der Art der Osteosynthese identifiziert werden: So erhöhten als patientenabhängige Risikofaktoren Zigarettenrauchen, Diabetes mellitus, Osteoporose, Drogen- und Alkoholmissbrauch, Schlaganfall in der Vorgeschichte, Herzfehler, niedriger sozialer Status sowie multiple vorangegangene Operationen das Infektionsrisiko. Patientenunabhängige Faktoren die das Risiko einer OAI erhöhen sind: geringere Erfahrung des Operateurs (37), mehrere notwendige Implantaten sowie zeitgleiche allogene oder autologe Knochenspende. Die Gabe eines

Antibiotikums (single shot) (38) sowie kurze Op-Dauer senken hingegen die Infektionsrate. Diese Liste ist in vielen Punkten altersabhängig, auch Frakturen, für die mehrere Implantate benötigt werden, sind bei Kindern sehr selten. Dies alles erklärt zumindest teilweise die viel niedrigere Rate, bzw. wie hier in der vorliegenden Untersuchung, das Fehlen von oberflächlichen und tiefen Wundinfekten. Zusätzlich kommt bei Kindern eine schnellere Knochenheilung hinzu. So beträgt die Gipsruhigstellung bei kindlichen Frakturen lediglich vier, bei Erwachsenen sechs Wochen bis zur angenommenen stabilen Knochen Heilung. Somit kann die Metallentfernung und das Ende der Ruhigstellung entsprechend früher erfolgen.

Der Altersgipfel lag im untersuchten Patientenkollektiv bei den Jungen bei 10,7 Jahren, bei den Mädchen bei 9,5 Jahren, das ist jünger als in der allgemeine Studienlage angegeben (14 Jahre bei Jungen, 11 Jahre bei Mädchen).

Im Patientenkollektiv waren deutlich mehr Jungen (70,7%) als Mädchen vertreten, das ist mehr als in der allgemeinen Studienlage (61% männliche Betroffene). Ebenso war die linke Seite mit 57,3% etwas häufiger betroffen als die rechte Seite. Dies ist vergleichbar zu vorliegenden Studien, häufig ist die rechte Seite die dominante und somit muskelkräftigere und dadurch wohl besser geschützte Seite.

Im Kollektiv hatten sich 5 von 152 Kindern eine Fraktur beider distaler Unterarme zugezogen (3,3%), das ist mehr als im Durchschnitt (1%) (7).

Die Ergebnisse bei der Auswertung des DASH-Score zeigen eine nur geringe Beeinträchtigung der Betroffenen. Allerdings beschreibt der DASH-Score lediglich eine Funktionseinschränkung der oberen Extremität, ohne zwischen den einzelnen Gelenken zu unterscheiden. Zudem werden vorangegangene Traumata oder vorliegende Funktionseinschränkungen aus einem anderen Grund wie z.B. eine infantile Zerebralparese,

Dysmelien etc. nicht abgefragt. Zudem fehlt auch hier der direkte Vergleich, da bislang keine Untersuchung der Funktion der oberen Extremität bei Kindern nach operativer Versorgung von distalen Radiusfrakturen mit versenkten K-Drähten vorliegt.

Die Ergebnisse der Umfrage spiegeln sicher auch die Meinung und Erfahrung der Eltern wider, so dass nur eingeschränkt auf die Patientenzufriedenheit geschlossen werden kann.

Weiter war die Teilnahme an der Umfrage recht gering: 36,8% der Angeschriebenen hatten die Seite besucht, nur 29% haben dann auch teilgenommen. Abschreckend kann hier der große Umfang des Fragenkataloges sein, bereits im Anschreiben wurde auf einen Zeitbedarf von 12-15 Minuten hingewiesen, dass mag vielen potenziellen Teilnehmern zu umfangreich sein.

Ein Argument für das Versenken der K-Drähte unter die Haut könnte der vollständige Verzicht auf die Metallentfernung und somit generell gegen einen

zweiten notwendigen Eingriff sein. Bei Kindern herrscht jedoch Konsens, dass K-Drähte entfernt werden sollten(39). Zum einen werden Korrosionsprodukte von dem Metallimplantat in den Körper abgegeben. Selbst bei den aktuell gängigen Titanlegierungen der Stahldrähte konnte im Tiermodell nach 16 Wochen eine erhöhte Konzentration von Titan und elektronenmikroskopisch Titanpartikel in der Milz nachgewiesen werden (40). Ob dies für den menschlichen Organismus Folgen hat und, wenn ja welche, ist vollkommen unbekannt. Weiter ist bei K-Drähten bekannt, dass diese durch ihre glatte Oberfläche und die Spitze leicht migrieren können. Zum anderen kann die Wanderung durch die Haut nach außen oder weiter in das Gewebe hinein erfolgen. Beides ist nicht kontrollierbar, macht eine spätere Entfernung ggf. komplizierter oder es kann zur Penetration der K-Drähte durch die Haut kommen. Aus diesen Gründen wird bei uns im Haus

allen Kindern empfohlen, sämtliche Metallimplantate wieder entfernen zu lassen.

7. Limitation der Studie

In dieser retrospektiven Studie konnte zwar eine Infektionsrate von 0% gezeigt werden, aber eine Vergleichsstudie mit der Frage nach Infektionsrate von versenkten K-Drähten bei Kindern am distalen Radius existiert bislang nicht. So wurden die Ergebnisse mit Studien an anderen Patientenkollektiven oder anderen Frakturlokalisationen verglichen.

Da sich in unserer Klinik seit dem Jahr 2015 das Überstehenlassen der Kirschner-Drähte über die Haut durchgesetzt hat, konnte aus dem eigenen Kollektiv keine Vergleichsgruppe von operierten Kindern mit versenkten Kirschner-Drähten rekrutiert werden.

Die Rücklaufquote der Patientenbefragung betrug nur 29%, so dass das Ergebnis der Umfrage nur bedingt verwertbar ist.

8. Anhang

8.1. Anschreiben an die Familien



BARMHERZIGE BRÜDER
Klinik St. Hedwig
Regensburg



Klinik für Kinderchirurgie und
Kinderorthopädie
Chefarzt: PD Dr. Christian Knorr

Steinmetzstraße 1-3, 93049 Regensburg

Telefon: 0941 309-5301
Telefax: 0941 309-5305

kinderchirurgie@
barmherzige-regensburg.de
www.barmherzige-regensburg.de

KH Barmherzige Brüder – Klinik St. Hedwig, Kinderchirurgie
Postfach 10034 | 93006 Regensburg

Patientenanschrift

Liebe ehemalige Patienten, liebe Familien,

Wir in der Klinik St. Hedwig der Barmherzigen Brüder in Regensburg sind stets daran interessiert uns und unsere Behandlungsergebnisse zu überprüfen und stetig zu verbessern.

Sie waren mit Ihrem Kind aufgrund eines handgelenknahen Knochenbruchs bei uns in Behandlung. Für dieses Vertrauen bedanken wir uns herzlich.

Zur Überprüfung des Behandlungsverlaufs und -ergebnisses würden wir Sie bitten, sich etwa 12-15 Minuten Zeit zu nehmen und ein paar Fragen zu beantworten.

Der in der Umfrage verwendete Fragebogen ist genormt und standardisiert, wenn Ihnen Fragen beispielsweise nicht an das Alter Ihres Kindes angepasst erscheinen oder Ihr Kind aufgrund anderer Probleme beispielsweise keinen Sport ausüben kann, so bitten wir dies zu entschuldigen. Bitte beantworten Sie die Fragen trotzdem möglichst vollständig.

Der Fragebogen ist anonym und selbstverständlich kostenfrei und dient ausschließlich der internen, statistischen Datenerfassung zu den eventuellen Folgen des stattgefundenen Knochenbruchs und dessen operativer Behandlung. Lediglich das Geburtsdatum Ihres Kindes wird abgefragt, um eine eventuell auftretende Problematik in einer bestimmten Altersgruppe erfassen zu können.

Geschäftsführer
Christine Kuhn (Vertretende)
Dr. Martin Baumann
Sabine Berger
Dr. Andreas Koster
Madira Kroll
Dr. Nadine Schmitt-Pogareit

Träger: Barmherzige Brüder
gemeinnützige Körperschaft
03a Regensburg
Anlagenstr. Regensburg HRB 10011
Präsident Regensburg
USt-IdNr. DE 815202855

LISA Bank Regensburg eG
IBAN: DE33 7505 0000 0001 1019 38
BIC: GENO3333
Sparkasse Regensburg
IBAN: DE56 7505 0000 0000 0009 00
BIC: SPARKA333

Ärztliches Leitlinieninstitut
der Universität Regensburg
Ein PR-ICO 000-2006
proDum Cert zertifiziert

Am Ende der Umfrage ist auch noch Platz für Ihr Feedback zu der Behandlung Ihres Kindes in der Klinik St. Hedwig. Nutzen Sie dieses Forum sehr gerne, wir sind dankbar für jede Kritik und natürlich auch für jedes Lob.

Sie können die Umfrage ganz einfach mittels unten aufgeführtem QR-Code starten oder unter der folgenden Mailadresse: <https://survey.lamapoll.de/Handgelenkbruch>



DASH-Score, Institute for work & health 2006; Deutsche Version Günter Germann, Angela Harth, Gerhard Wind, Erhan Demir, University of Heidelberg

Wir bedanken uns ganz herzlich für Ihre Mitarbeit
Mit freundlichen Grüßen,

Priv.-Doz. Dr. med. C. Knorr
Chefarzt

Eva Scheerer-Harbauer
Kinderorthopädie

8.2. DASH-Fragebogen auf LamaPoll

DASH-Fragebogen

DISABILITIES OF THE ARM; SHOULDER AND HAND

Bitte schätzen Sie Ihre Fähigkeiten ein, wie Sie folgende Tätigkeit in der **vergangenen Woche** durchgeführt haben

	Keine Schwierigkeiten	Geringe Schwierigkeiten	Mäßige Schwierigkeiten	Erhebliche Schwierigkeiten	Nicht möglich
Ein fest verschlossenes Glas öffnen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Schreiben und malen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Einen Schlüssel umdrehen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ein Brot schmieren	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Eine schwere Tür austoßen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Einen Gegenstand über Kopfhöhe auf ein Regal stellen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Hilfe bei schwerer Hausarbeit (z.B. Boden putzen, Auto waschen etc.)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Garten- oder Hofarbeit	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Bett machen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Eine Einkaufstasche oder Schultasche tragen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Einen schweren Gegenstand tragen (mehr als 5kg)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Eine Glühbirne über Ihrem Kopf auswechseln	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Umfrage erstellt mit
 LamaPoll

Ihre Haare waschen oder fönen	<input type="radio"/>				
Ihren Rücken waschen	<input type="radio"/>				
Einen Pullover anziehen	<input type="radio"/>				
Ein Messer benutzen um Lebensmittel zu schneiden	<input type="radio"/>				
Freizeitaktivitäten, die wenig körperliche Anstrengung verlangen (z.B. Karten spielen, Stricken, usw.)	<input type="radio"/>				
Freizeitaktivitäten bei denen auf Ihren Arm, Schulter oder Hand Druck oder Stoß ausgeübt wird (z.B. Golf, Hämmern, Tennis, usw.)	<input type="radio"/>				
Freizeitaktivitäten, bei denen Sie Ihren Arm frei bewegen (z.B. Badminton, Frisbee, usw.)	<input type="radio"/>				

In welchem Ausmaß haben Ihre Schulter-, Arm- oder Handprobleme Ihre normalen sozialen Aktivitäten mit Familie, Freunden oder anderen Gruppen während der vergangenen Woche beeinträchtigt?

Überhaupt nicht	Ein wenig	Mäßig	Ziemlich	Sehr
<input type="radio"/>				

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
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Bitte schätzen Sie die Schwere der Symptome während der **letzten Woche** ein

	Keine	Leichte	Mäßige	Starke	Sehr starke
Schmerzen in Schulter, Arm oder Hand	<input type="radio"/>				
Schmerzen in Schulter, Arm oder Hand während der Ausführung einer bestimmten Tätigkeit	<input type="radio"/>				
Kribbeln in Schulter, Arm oder Hand	<input type="radio"/>				
Schwächegefühl in Schulter, Arm oder Hand	<input type="radio"/>				

Wie groß waren Ihre Schlafstörungen in der **letzten Woche** aufgrund von Schmerzen in Schulter-, Arm- oder Handbereich?

Keine Schwierigkeiten	Geringe Schwierigkeiten	Mäßige Schwierigkeiten	Erhebliche Schwierigkeiten	Nicht möglich
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Umfrage erstellt mit
 LamaPoll

Aufgrund meiner Probleme im Schulter-, 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
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Umfrage erstellt mit
 LamaPoll

Die folgenden Fragen beziehen sich auf den Einfluss Ihres Schulter-, Arm-, oder Handproblems auf das Spielen Ihres Musikinstrumentes oder auf das Ausüben Ihres Sports oder auf beides

Bitte kreuzen Sie die Antwort an, die Ihre körperlichen Fähigkeiten in der **vergangenen Woche** am besten beschreibt. Hatten Sie irgendwelche Schwierigkeiten:

Keine Schwierigkeiten Geringe Schwierigkeiten Mäßige Schwierigkeiten Erhebliche Schwierigkeiten Nicht möglich

	Keine Schwierigkeiten	Geringe Schwierigkeiten	Mäßige Schwierigkeiten	Erhebliche Schwierigkeiten	Nicht möglich
In der üblichen Art und Weise Ihr Musikinstrument zu spielen oder Sport zu treiben	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Aufgrund der Schmerzen in Schulter, Arm oder Hand Ihr Musikinstrument zu spielen oder Sport zu treiben?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
So gut Ihr Musikinstrument zu spielen oder Sport zu treiben wie Sie es möchten?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Die bisher gewohnte Zeit mit dem Spielen Ihres Musikinstrumentes oder mit Sporttreiben zu verbringen?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Gab es im weiteren Verlauf nach der Entfernung der Drähte noch Besonderheiten bei der Wundheilung?

	Gar nicht	noch wenige Tage nach Drahtentfernung	Über eine Woche nach Drahtentfernung	Eine Antibiotikums war notwendig	erneute Operation war notwendig
Rötung um die Eintrittsstelle der Drähte?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sekretion aus der Wunde der Eintrittsstelle der Drähte?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Gab es Ängste aufgrund der überstehenden Drahtenden?

	Keine	Für einige Tage	während der gesamten Behandlung	auch über die Behandlung andauernd
Bei Ihnen/Eltern/Betreuer	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Bei dem Kind	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Bei mitbehandelnden Ärzten	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Wie belastend war die Entfernung der Drähte mittels Lachgas für das Kind?

Umfrage erstellt mit
 LamaPoll

Wie belastend war die Entfernung der Drähte mittels Lachgas für **Sie/ die betreuende Person**?



Hätten Sie sich statt Lachgas in der Ambulanz lieber eine Vollnarkose im Op zur Drahtentfernung gewünscht?

Ja Nein

Bitte geben Sie hier das Geburtsdatum Ihres Kindes an

Hier dürfen Sie noch gerne Wünsche, Kritik oder Anregung äußern

9. Literaturverzeichnis

1. Sengab A, Krijnen P, Schipper IB. Displaced distal radius fractures in children, cast alone vs additional K-wire fixation: a meta-analysis. *Eur J Trauma Emerg Surg.* 2019;45(6):1003–11.
2. Syurahbil A, Munajat I, Mohd E, Hadizie D, Salim A. Displaced Physeal and Metaphyseal Fractures of Distal Radius in Children. Can Wire Fixation Achieve Better Outcome at Skeletal Maturity than Cast Alone? *Malays Orthop J.* Juli 2020;14(2):28–38.
3. Schneidmueller D, Kertai M, Bühren V, von Rüden C. Kirschner-Draht-Osteosynthese bei Frakturen im Kindesalter: Drähte versenken oder nicht? *Unfallchirurg.* 1. Oktober 2018;121(10):817–24.
4. McGonagle L, Elamin S, Wright DM. Buried or unburied K-wires for lateral condyle elbow fractures. *Ann R Coll Surg Engl.* Oktober 2012;94(7):513–6.
5. Hargreaves DG, Drew SJ, Eckersley R. Kirschner wire pin tract infection rates: a randomized controlled trial between percutaneous and buried wires. *J Hand Surg Edinb Scotl.* August 2004;29(4):374–6.
6. Mamoowala N, Johnson N, Dias J. Trends in paediatric distal radius fractures: an eight-year review from a large UK trauma unit. *Ann R Coll Surg Engl.* April 2019;101(4):297–303.

7. Hedström EM, Svensson O, Bergström U, Michno P. Epidemiology of fractures in children and adolescents. *Acta Orthop*. Februar 2010;81(1):148–53.
8. Loose O. CME-Artikel: Distale Radiusfrakturen im Kindesalter – Sinn und Unsinn in der Versorgung - BDC|Online [Internet]. BDC. 2019 [zitiert 11. Januar 2023]. Verfügbar unter: <https://www.bdc.de/cme-artikel-distale-radiusfrakturen-im-kindesalter-sinn-und-unsinn-in-der-versorgung/>
9. Einhorn TA, Gerstenfeld LC. Fracture healing: mechanisms and interventions. *Nat Rev Rheumatol*. Januar 2015;11(1):45–54.
10. Asokan A, Kheir N. Pediatric Torus Buckle Fracture. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2022 [zitiert 11. Januar 2023]. Verfügbar unter: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK560634/>
11. Handoll HH, Elliott J, Ihezor-Ejiofor Z, Hunter J, Karantana A. Interventions for treating wrist fractures in children. *Cochrane Database Syst Rev*. 19. Dezember 2018;2018(12):CD012470.
12. Atanelov Z, Bentley TP. Greenstick Fracture. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2022 [zitiert 11. Januar 2023]. Verfügbar

unter:

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK513279/>

13. Levine RH, Thomas A, Nezwek TA, Waseem M. Salter Harris Fractures. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2022 [zitiert 11. Januar 2023]. Verfügbar unter: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK430688/>
14. Cepela DJ, Tartaglione JP, Dooley TP, Patel PN. Classifications In Brief: Salter-Harris Classification of Pediatric Physeal Fractures. Clin Orthop. November 2016;474(11):2531–7.
15. Fernandez FF, Eberhardt O. Klassifikationen von Frakturen im Kindesalter. Trauma Berufskrankh. 1. August 2010;12(3):323–8.
16. Lichtenhahn P, Fernandez DL, Schatzker J. [Analysis of the „user friendliness“ of the AO classification of fractures]. Helv Chir Acta. Mai 1992;58(6):919–24.
17. Kamphaus A, Rapp M, Wessel LM, Buchholz M, Massalme E, Schneidmüller D, u. a. [LiLa classification for paediatric long bone fractures. Intraobserver and interobserver reliability]. Unfallchirurg. April 2015;118(4):326–35.
18. Akar D, Köroğlu C, Erkus S, Turgut A, Kalenderer Ö. Conservative Follow-up of Severely Displaced Distal

Radial Metaphyseal Fractures in Children. *Cureus*. 5. September 2018;10(9):e3259.

19. Department of Orthopaedic Surgery, Orthopaedic Research Laboratories, Children's Hospital Boston, Boston MA, USA, Shapiro F. Bone development and its relation to fracture repair. The role of mesenchymal osteoblasts and surface osteoblasts. *Eur Cell Mater*. 1. April 2008;15:53–76.
20. Pajarinen J, Lin T, Gibon E, Kohno Y, Maruyama M, Nathan K, u. a. Mesenchymal stem cell-macrophage crosstalk and bone healing. *Biomaterials*. März 2019;196:80–9.
21. Colnot C. Skeletal Cell Fate Decisions Within Periosteum and Bone Marrow During Bone Regeneration. *J Bone Miner Res*. Februar 2009;24(2):274–82.
22. Dy P, Wang W, Bhattaram P, Wang Q, Wang L, Ballock RT, u. a. Sox9 Directs Hypertrophic Maturation and Blocks Osteoblast Differentiation of Growth Plate Chondrocytes. *Dev Cell*. März 2012;22(3):597–609.
23. Naik P. Remodelling in Children's Fractures and Limits of Acceptability. *Indian J Orthop*. 10. März 2021;55(3):549–59.
24. Bahney CS, Zondervan RL, Allison P, Theologis A, Ashley JW, Ahn J, u. a. Cellular Biology of Fracture

- Healing. *J Orthop Res Off Publ Orthop Res Soc.* Januar 2019;37(1):35–50.
25. Jeroense KTV, America T, Witbreuk MMEH, van der Sluijs JA. Malunion of distal radius fractures in children. *Acta Orthop.* April 2015;86(2):233–7.
 26. Ploegmakers J, Verheyen C. Acceptatie van angulatie in de conservatieve behandeling van onderarmfracturen bij kinderen. *Ned Tijdschr Voor Traumatol.* 1. Januar 2007;15:7–10.
 27. Lutz von Laer, Ralf Kraus, Wolfgang E. Linhart. *Frakturen und Luxationen im Wachstumsalter.* 6. Auflage. Stuttgart: Georg Thieme Verlag; 2013. 505 S.
 28. Gaukel S, Leu S, Fink L, Skovgaard SR, Ramseier LE, Vuille-dit-Bille RN. Cast wedging: a systematic review of the present evidence. *J Child Orthop.* 1. Oktober 2017;11(5):398–403.
 29. Sengab A, Krijnen P, Schipper IB. Risk factors for fracture redisplacement after reduction and cast immobilization of displaced distal radius fractures in children: a meta-analysis. *Eur J Trauma Emerg Surg.* 2020;46(4):789–800.
 30. Zabaglo M, Sharman T. Postoperative Wound Infection. In: *StatPearls* [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2022 [zitiert 14. Januar

- 2023]. Verfügbar unter:
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK560533/>
31. Infection Rate of Percutaneous Kirschner Wire Fixation for Distal Radius Fractures [Internet]. [zitiert 14. Januar 2023]. Verfügbar unter:
<https://journals.sagepub.com/doi/epdf/10.1177/230949901001800119>
 32. Trimmel H, Egger A, Doppler R, Beywinkler C, Voelckel WG, Kreuziger J. Volatile Anästhetika zur präklinischen Analgesie durch Rettungssanitäter – Eine Übersicht. *Anaesthesist*. 2022;71(3):233–42.
 33. AT_PL_Livopan_SEH83101IA021_150327_dcs_tcm549-400968.pdf [Internet]. [zitiert 15. Januar 2023]. Verfügbar unter: http://www.linde-healthcare.at/de/images/AT_PL_Livopan_SEH83101IA021_150327_dcs_tcm549-400968.pdf
 34. Hudak PL, Amadio PC, Bombardier C. Development of an upper extremity outcome measure: the DASH (disabilities of the arm, shoulder and hand) [corrected]. The Upper Extremity Collaborative Group (UECG). *Am J Ind Med*. Juni 1996;29(6):602–8.
 35. Germann G, Harth A, Wind G, Demir E. [Standardisation and validation of the German version 2.0 of the Disability of Arm, Shoulder, Hand

- (DASH) questionnaire]. Unfallchirurg. Januar 2003;106(1):13–9.
36. Infection after fracture osteosynthesis – Part I [Internet]. [zitiert 6. Mai 2023]. Verfügbar unter: <https://journals.sagepub.com/doi/epub/10.1177/2309499017692712>
37. Harrison T, Robinson P, Cook A, Parker MJ. Factors affecting the incidence of deep wound infection after hip fracture surgery. J Bone Joint Surg Br. Februar 2012;94(2):237–40.
38. Young S, Lie SA, Hallan G, Zirkle LG, Engesæter LB, Havelin LI. Risk Factors for Infection after 46,113 Intramedullary Nail Operations in Low- and Middle-income Countries. World J Surg. 2013;37(2):349–55.
39. Gorter EA, Vos DI, Sier CFM, Schipper IB. Implant removal associated complications in children with limb fractures due to trauma. Eur J Trauma Emerg Surg. 2011;37(6):623–7.
40. Unterer NN. Verteilung von Abriebpartikeln von Titan und Stahl in verschiedene Organe. Eine vergleichende in-vivo Studie.

10. Abbildungsverzeichnis

Abb.1: Frakturzonen am kindlichen Radius	12
Abb.2: Einteilung von Frakturen mit Beteiligung der Wachstumsfugen	17
Abb.3: Messung der Dislokations-winkel	19
Abb.4: Prinzip der Frakturklassifikation im Kindesalter nach AO	20
Abb.5: Übersicht der kindlichen Fraktur- klassifikation nach LiLa	21
Abb.6: Darstellung primärer Knochenheilung	23
Abb.7: Darstellung sekundärer Knochenheilung	27
Abb.8: distale Unterarmfraktur, eigenes Kollektiv	36
Abb.9: Patientenkollektiv, Ausschlusskriterien	45
Abb.10: Frakturverteilung im Kollektiv	62

11. Tabellenverzeichnis

Tab.1: Übersicht zu Empfehlung akzeptabler Fehlstellungen von kindlichen Frakturen des distalen Drittels des Unterarms	29
Tab.2: Tolerable Achsabweichungen kindlicher distaler Unterarmfrakturen	32
Tab.3: Einteilung postoperativer Wundinfekte	38
Tab.4: Umrechnung Chi-Quadrat Test Cramers V	52
Tab.5: Effektgröße Cramers V	52

Danksagung

Ich danke Herrn Prof. Dr. Hans J. Schlitt, meinem Doktorvater, für die Überlassung des Themas und die Erlaubnis zur Durchführung dieser Doktorarbeit.

Ich danke Herrn Priv.-Doz. Dr. Christian Knorr für die Hilfe bei der Themenauswahl, die Betreuung der Arbeit, das inhaltliche Korrekturlesen der Arbeit, die konstruktive Unterstützung und umfangreichen Ratschläge zur Gestaltung dieser Dissertation.

Ich danke den jungen Patienten und deren Familien, all denen, die an der Umfrage teilgenommen haben und somit diese Arbeit erst möglich gemacht haben.

Ich danke Herrn Dipl. Stat. Frederic Klein für die Beratung bei der statistischen Auswertung.

Ich danke meinem Ehemann sowie meinen beiden Kindern, die im Rahmen der Dissertation viele Stunden auf mich verzichten mussten und trotz allem den Glauben an meine Promotion nie verloren haben.

Ich danke meiner Mutter und meinem inzwischen leider verstorbenen Vater, die mich immer unterstützt und an mich geglaubt haben.

Lebenslauf

Eva Scheerer-Harbauer, geb. Scheerer, geb.

08.04.1976

Fachärztin für Orthopädie und Unfallchirurgie,
Zusatzbezeichnungen Notfallmedizin,
Kinderorthopädie, Röntgendiagnostik

DERZEITIGE POSITION:

Oberärztin Klinik für Kinderchirurgie und
Kinderorthopädie,
Krankenhaus Barmherzige Brüder Regensburg,
Klinik St. Hedwig

SCHULABSCHLUSS, AUSBILDUNG, STUDIUM

09/1993

Mittlere Reife, Realschule
Geisenfeld

10/1993-09/1996 Krankenpflegeausbildung
Klinikum Ingolstadt

04/1998-03/2000 Ausbildung Fachpflegekraft für
Anästhesie und Intensivmedizin
Klinikum Ingolstadt

04/2003-03/2005 Studium der Humanmedizin
Universität Göttingen

10/2005-06/2010 Studium der Humanmedizin
Universität Regensburg

BERUFLICHE ÄRZTLICHE TÄTIGKEIT:

09/2010-08/2012 Assistenzärztin in der
Allgemeinchirurgie Klinik
Kösching

09/2012-06/2013 Assistenzärztin Klinik für
Kinder-, Jugend- und
Neuroorthopädie,
Krankenhaus Rummelsberg,
Schwarzenbruck

- 07/2013-12/2013 Assistenzärztin Klinik für orthopädische Chirurgie der unteren Extremitäten und des Beckens, Krankenhaus Rummelsberg, Schwarzenbruck
- 01/2014-03/2015 Assistenzärztin Unfall-, Wiederherstellungs-, Hand- und Plastische Chirurgie Klinikum Ingolstadt
- 04/2015-02/2017 Assistenzärztin Orthopädie und Unfallchirurgie Kliniken Naturpark Altmühltal
- 03/2017-06/2017 Oberärztin Orthopädie und Unfallchirurgie Kliniken Naturpark Altmühltal
- 07/2017-12/2018 Oberärztin Kinder-, Jugend-, und Neuroorthopädie Krankenhaus Rummelsberg, Schwarzenbruck

01/2019-01/2021 Sektionsleiterin Kinder- und
 Neuroorthopädie Kliniken
 Naturpark Altmühltal

WEITERE TÄTIGKEITEN:

10/1996-03/2003 Tätigkeit als Krankenschwester
 auf Intensivstationen
 unterschiedlicher Disziplin
 sowie in der Anästhesie,
 Klinikum Ingolstadt

04/2003-03/2005 Tätigkeit als Krankenschwester
 auf der neurologischen
 Intensivstation der
 Universitätsklinik Göttingen mit
 25% der wöchentlichen
 Arbeitszeit neben dem Studium
 der Humanmedizin

09/2005-03/2010 Tätigkeit als Krankenschwester
 im ambulanten
 Operationszentrum Dr. Stoffel,

seit 07/2013

Straubing mit ca. 25% der
wöchentlichen Arbeitszeit
neben dem Studium der
Humanmedizin
regelmäßige Teilnahme am
Notarzdienst an
unterschiedlichen
Notarztstandorten

Eidesstattliche Erklärung

Hiermit erkläre ich eidesstattlich, die vorliegende Arbeit ohne unzulässige Hilfe Dritter und ohne andere als die angegebenen Hilfsmittel angefertigt zu haben.

Alle aus anderen Quellen indirekt oder direkt entnommenen Daten, Informationen und Konzepte sind durch entsprechende Quellenangaben gekennzeichnet. Diese Versicherung umfasst auch in der Arbeit verwendete bildliche Darstellungen.

Ich habe keinerlei entgeltliche oder unentgeltliche Hilfe von Vermittlungs- oder Beraterdiensten in Anspruch genommen und niemand hat von mir unmittelbare oder mittelbare Leistungen für Arbeit erhalten, die in Zusammenhang mit der vorliegenden Dissertation steht.

Ich versichere, dass die vorliegende Arbeit bisher nicht in gleicher oder ähnlicher Form einer Prüfungsbehörde vorgelegt wurde.