

Aus der Klinik für Kinderchirurgie der Universität zu Lübeck
Kommissarischer Leiter: PD Dr. med. L. Wunsch

Funktionelle und kosmetische Ergebnisse
dislozierter Klavikulafrakturen im Kindesalter -
Vergleich konservative versus operative Behandlung

Inauguraldissertation
zur
Erlangung der Doktorwürde
der Universität zu Lübeck
- Aus der Medizinischen Fakultät -

vorgelegt von

Katharina Sophia Prinz
aus München

Lübeck 2010

1. Berichterstatter: Priv.-Doz. Dr. med. Martin Kaiser
2. Berichterstatter: Priv.-Doz. Dr. med. Arndt-Peter Schulz

Tag der mündlichen Prüfung: 17.02.2011

Zum Druck genehmigt: Lübeck, den 17.02.2011

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Anatomie, Entwicklung und Funktion der Klavikula	1
1.2	Die Klavikulafraktur	2
1.2.1	Inzidenz und Entstehung der Klavikulafraktur	2
1.2.2	Ursachen der Dislokation	2
1.2.3	Einteilung der Klavikulafrakturen	4
1.2.4	Komplikationen bei stark dislozierten Klavikulafrakturen	5
1.2.5	Besonderheiten des wachsenden Skeletts	6
1.2.6	Diagnostik von Klavikulafrakturen	7
1.3	Behandlung von Klavikulafrakturen	9
1.3.1	Historische Entwicklung	9
1.3.2	Die konservative Behandlung von Klavikulafrakturen	11
1.3.3	Komplikationen in der konservativen Behandlung	13
1.3.4	Die operative Behandlung der Klavikulafrakturen	14
1.4	Fragestellung und Studienziel	19
2	Material und Methoden	21
2.1	Patientenkollektiv und Untersuchungszeitraum	21
2.2	Klassifikation der Klavikulafrakturen und Gruppenbildung innerhalb des Patientenkollektivs	21
2.3	Nachuntersuchungsmethoden	25
2.3.1	Die funktionelle Untersuchung des Schultergelenks	25
2.3.2	Ultraschalluntersuchung der Klavikula	29
2.3.3	Der Zufriedenheitsfragebogen ZUF-8	31
2.3.3	Komplikationen, Schmerzwahrnehmung und kosmetisches Ergebnis nach der Frakturbehandlung	33
2.4	Statistische Analysen	34
3	Ergebnisse	35
3.1	Studienpopulation	35
3.2	Ergebnisse in Abhängigkeit des Patientenalters	36
3.3	Ergebnisse der konservativ behandelten Patienten	39
3.4	Ergebnisse für die Altersgruppe der 0-9 Jährigen	40
3.5	Ergebnisse für die Altersgruppe der 10 bis 17-jährigen	45
3.6	Vergleich operativ vs. konservativ behandelter Patienten aller Altersgruppen	55
3.7	Ergebnisse der Ultraschalluntersuchung	55

4	Diskussion	59
5	Schlussfolgerungen	73
6	Ausblick	75
7	Zusammenfassung	76
	Literaturverzeichnis	79
	Anhang 1 Der Nachuntersuchungsbogen	i
	Anhang 2 Der Constant und Murley-Score	iii
Anhang 3	Fragebogen zur Nachuntersuchung bei kindlicher komplizierter Klavikulafraktur	iv
Anhang 4	Zufriedenheitsbogen ZUF-8	vi
Anhang 5	Genehmigung des Ethikantrages	viii
	Danksagung	ix
	Lebenslauf	x

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Dislokationskräfte bei einer Klavikulafraktur	3
Abb. 2: Einfluss des M. pectoralis major auf die Dislokation der Klavikulafraktur	3
Abb. 3: Einteilung der Frakturlokalisation nach Allman	4
A. Fraktur des medialen Drittels der Klavikula (Allman 3), B. Fraktur des mittleren Drittels der Klavikula (Allman 1), C. Fraktur des lateralen Drittels der Klavikula (Allman 2) ...	4
Abb. 4: Röntgendiagnostik der Klavikula	8
A. 45° gekippter Strahlengang, B. a.p. gerichteter Strahlengang	8
Abb. 7: Der Rucksackverband	12
Abb. 8: Varianten der Plattenosteosynthese bei Klavikulafrakturen	15
Abb. 9a: Intraoperative Lagerung bei der intramedullären Osteosynthese der Klavikula ..	17
Abb. 9b: Offene Reposition einer Klavikulafraktur bei ESIN-Osteosynthese durch ca. 2 cm langen Hilfsschnitt in Höhe der Fraktur.....	18
Abb. 9c: Stabilisierung einer Fraktur des mittleren Klavikuladrittels mit ESIN-Osteosynthese, eingebracht von medial, Frakturbereich	19
Abb. 10a: Dislozierte Klavikulafraktur mit Achsknick > 45°	22
Abb. 10b: Klavikulafraktur mit Dislokation um Schaftbreite.....	22
Abb. 10c: Klavikulafraktur mit Dislokation um Schaftbreite mit Kontraktion	23
Abb. 10d: Klavikulafraktur mit Dislokation > Schaftbreite	23
Abb. 10e: Klavikulafraktur mit Dislokation über Schaftbreite mit Kontraktion	23
Abb. 10f: Klavikulafraktur mit Dislokation und Distraktion, Mehrfragmentfraktur.....	24
Abb. 11: Bewegungsgrade im Schultergelenk nach der Neutral-Null-Methode.....	26
Abb. 12a+b: Achsenmessung der Klavikula mittels Ultraschall a.p. und c.c.	30
Abb. 13: Durchführung der Ultraschalluntersuchung bei einem 7-jährigen Patienten	31
Abb. 14a: Fehlstellung und Pseudarthrose der linken Klavikula 21 Monate nach Fraktur	44
Abb. 14b: Pseudarthrose im konventionellen Röntgen links 21 Monate nach Fraktur	44
Abb. 14d: Operative Versorgung der Pseudarthrose mittels intramedullärem Nagel	45
Abb. 14e: Postoperatives Ausheilungsergebnis	45
Abb. 15a: Schmerzscore am Tag 0	48
Abb. 15b: Schmerzscore am Tag 1.....	48
Abb. 15c: Schmerzscore am Tag 2	49
Abb. 16a: Klavikulafraktur rechts bei einer 15-jährigen Patientin mit Dislokation um Schaftbreite mit Kontraktion	50
Abb. 16b: Röntgenbild: Pseudarthrose der rechten Klavikula sechs Monate nach Fraktur	50

Abb.17a: Dislozierte Klavikulafraktur rechts bei einem 16-jährigen Patienten	53
Abb.17b: Intraoperative Durchleuchtungskontrolle bei offener Reposition mittels ESIN-Osteosynthese. Der Nagel entspricht nahezu dem kompletten Markraum und führt zur Dehiszenz der Fraktur.....	54
Abb.17c: Implantatbruch nach erneuter Traumatisierung der Schulter durch Kickboxen .	54
Abb.17d: Ausheilungsergebnis nach vorzeitiger Materialentfernung	54

Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Einteilung der Frakturlokalisation nach Allman (1967).....	4
Tab. 2: Punktvorgabe bei den einzelnen Parametern des C&M-Scores	29
Tab. 3: Alters- , Geschlechts- und Frakturtypverteilung sowie Behandlung der nachuntersuchten Patienten	36
Tab. 4: Ergebnisse der Altersgruppen <10 Jahre vs. >10 Jahre.....	37
Tab. 5: Korrelation zwischen Alter und Behandlungsergebnissen innerhalb der Gesamtpopulation.....	37
Tab. 6a: Ergebnisse des Constant & Murley-Score bei konservativ behandelten Patienten bezogen auf das Alter bei Fraktur	38
Tab. 6b: Erzielte Werte im ZUF-8 bei konservativ behandelten Patienten bezogen auf das Alter bei Fraktur	38
Tab. 6c: Erzielte Werte in der Beurteilung des kosmetischen Ergebnisses bei konservativ behandelten Patienten bezogen auf das Alter bei Fraktur	39
Tab. 7: Ergebnisse der konservativ behandelten Patienten < 10 Jahre vs. > 10 Jahre.....	40
Tab. 8: Ergebnisse der konservativ behandelten Patienten < 10 Jahre: Einfluss des Geschlechtes	41
Tab. 9: Ergebnisse der konservativ behandelten Patienten < 10 Jahre: Vergleich Frakturtyp 1+2 vs. Frakturtyp 3+4	41
Tab. 10: Ergebnisse der konservativ behandelten Patienten <10 Jahre: Vergleich Frakturtyp 1 vs. Frakturtyp 2+3+4	42
Tab. 11: Ergebnisse der Patienten > 10 Jahre: Einfluss des Geschlechtes.....	46
Tab. 12: Ergebnisse der Patienten > 10 Jahre: Einfluss des Frakturtyps	46
Tab. 13: Ergebnisse der Patienten > 10 Jahre: Vergleich konservative vs. operative Behandlung	47
Tab.14: Komplikationen der operativen Behandlung (n = 11).....	55
Tab. 15: Vergleich operativ vs. konservativ behandelter Patienten (alle Altersgruppen)...	55
Tab. 15: Korrelation zwischen sonographisch gemessenen Winkeldifferenzen und den Behandlungsergebnissen	57

Tab. 16: Ergebnisse von Patienten mit und ohne sonographisch gemessenen Längendifferenzen	58
Tab. 17: Vergleich von Patienten ohne Längendifferenzen mit den Ergebnissen von Patienten mit Längendifferenzen	58
Tab. 18: Bivariate Korrelation von sonographisch gemessenen Längendifferenzen und Behandlungsergebnissen	58

Abkürzungsverzeichnis

Abb.	Abbildung
AC-Gelenk	Akromioklavikulargelenk
a.p.	anterior-posteriorer Strahlengang beim Röntgen
bzw.	beziehungsweise
ca.	circa
c.c.	cranio-caudaler Strahlengang beim Röntgen
C&M-Score	Constant & Murley-Score
ESIN	elastisch stabiler intramedullärer Nagel
ggf.	gegebenenfalls
K-Draht	Kirschner-Draht
konservative Pat.	konservativ behandelte Patienten
Kosmetik-Score	Wert des Zufriedenheitsgrades mit dem kosmetischen Ergebnis
Lig.	Ligamentum
M.	Musculus
n.s.	nicht signifikant
OP-Patienten	operativ behandelte Patienten
Proc.	Processus
s.	siehe
SPSS	Statistical Program for Social Sciences
Tab.	Tabelle
vs.	versus
z.B.	zum Beispiel
ZUF-8	Wert der allgemeinen Zufriedenheit ermittelt mit dem Zufriedenheitsbogen ZUF-8

1 Einleitung

1.1 Anatomie, Entwicklung und Funktion der Klavikula

Die Klavikula als paarig angelegter, geringfügig s-förmig gekrümmter Knochen stellt die Verbindung zwischen dem Achsenskelett und der oberen Extremität dar. Die medialen zwei Drittel sind röhrenförmig, das laterale Drittel hingegen abgeflacht und durch die beiden korakoklavikulären Bänder stabilisiert (Rockwood und Wilkins, 2006). Durch die ansetzenden Muskeln sowie das sternoklavikulare und das akromioklavikulare Gelenk trägt das Schlüsselbein wesentlich zur Beweglichkeit der oberen Extremität bei. Für die Bewegung sind zwei an der Klavikula ansetzende Muskeln von wesentlicher Bedeutung: der M. pectoralis major, der für die Adduktion, Innenrotation und Anteversion des Oberarmes verantwortlich ist und der M. deltoideus, der an Abduktion, Innenrotation und Anteversion beteiligt ist. Zusätzlich bewirken der M. subclavius und M. pectoralis minor eine Senkung des Schultergürtels durch ihren Ansatz am lateralen Drittel der Klavikula bzw. an der Spitze des Proc. coracoideus. Der sternale und klavikuläre Anteil des M. sternocleidomastoideus ist mit seinem Ansatz am Proc. mastoideus für die Aufrichtung und Neigung des Kopfes nach vorne sowie die Kopfdrehung in die jeweils entgegengesetzte Richtung verantwortlich (Willital und Lehmann, 2000). Zusammenfassend ist die Integrität der Klavikula für eine optimale Funktion der oberen Extremität unabdingbar.

Das Sternoklavikular- und das Akromioklavikulargelenk werden durch zusätzliche kollagene Bänder stabilisiert: auf der akromialen Seite das Lig. coracoclaviculare und das Lig. acromioclaviculare bzw. das Lig. sternoclaviculare zum Brustbein hin (Willital und Lehmann, 2000).

Die Klavikula ist der erste fetale Knochen, der ossifiziert und der letzte Knochen, welcher sein Wachstum abschließt (McGraw et al., 2009). Die Ossifikation beginnt in der 5. oder 6. Gestationswoche sowohl im medialen als auch im lateralen Bereich der Klavikula. In der 7. bis 8. Gestationswoche sind Umriss und Form des gesamten Knochens vollendet. Im Kindesalter findet dann nahezu 80% des Längenwachstums am medialen Ende der Klavikula statt (McGraw et al., 2009). Der Wachstumsfugenschluss tritt am lateralen Ende um das 18. bis 19. Lebensjahr ein, am medialen Ende hingegen erst um das 23. bis 25. Lebensjahr (Rockwood und Wilkins, 2006). Hieraus ergibt sich eine im Gegensatz zu anderen Knochen zeitlich ausgedehntere Remodellierungspotenz der Klavikula, d.h. Frakturen heilen bis ins Adoleszentenalter hinein aufgrund des noch wachsenden Knochens mit Ausgleich von eventuellen Achsabweichungen (s. 1.2.5).

1.2 Die Klavikulafraktur

1.2.1 Inzidenz und Entstehung der Klavikulafraktur

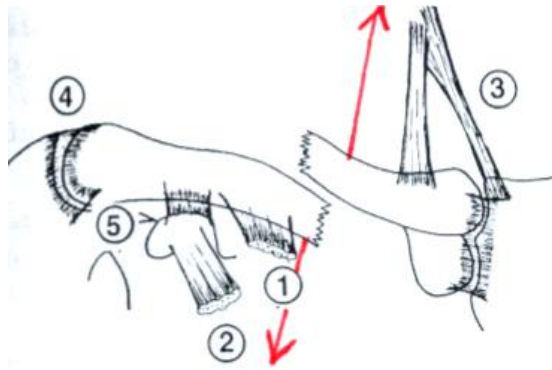
Die Klavikulafraktur ist eine häufige Verletzung im Kindesalter. Die Angaben dazu schwanken in der Literatur zwischen 8 bis 15% aller kindlichen Frakturen (Kubiak und Slongo, 2002; Bishop und Flatow, 2005; Rockwood und Wilkins, 2006). Trompetter und Seekamp (2008) sprechen sogar von einer Häufigkeit zwischen 20 und 25%. Somit handelt es sich neben der Radiusfraktur um die häufigste Fraktur bei Kindern überhaupt (Trompetter und Seekamp, 2008). Etwa 60% aller Klavikulafrakturen ereignen sich bei Kindern vor dem 10. bis 11. Lebensjahr.

Die häufigsten Unfallursachen der Klavikulafraktur im Kindesalter sind der Sturz auf die Schulter, den ausgestreckten Arm oder Ellenbogen sowie seltener die direkte Gewalteinwirkung auf das Schlüsselbein (Rockwood und Wilkins, 2006). Die Inzidenz wird neben im Kindesalter charakteristischen Stürzen durch die direkte subkutane Lage der Klavikula in anterosuperiorer Position erhöht. Außerdem werden nahezu alle Kräfte, die auf die obere Extremität im Falle eines Sturzes einwirken, über die Klavikula auf den Körperstamm übertragen.

Eine Klavikulafraktur als Geburtstrauma tritt bei etwa 1 bis 13% aller Geburten auf (Rockwood und Wilkins, 2006). Geburtstraumatische Frakturen machen jedoch nur etwa 1,7% aller Klavikulafrakturen aus (Willital und Lehmann, 2000).

1.2.2 Ursachen der Dislokation

Bei einer Klavikulafraktur zieht der klavikuläre Anteil des M. sternocleidomastoideus das sternale Klavikulafragment nach kranial, während der M. subclavius und M. pectoralis minor das laterale Klavikulafragment nach kaudal ziehen. Dadurch entsteht bei dislozierten Frakturen eine sicht- und tastbare Frakturdiastase, das sog. „Klaviertasten-Phänomen“ (Abb.1)



- 1: M. subclavius
- 2: M. pectoralis minor
- 3: M. sternocleidomastoideus pars sternalis und pars clavicularis
- 4: Lig. acromioclaviculare
- 5: Lig. coracoclaviculare

Abb. 1: Dislokationskräfte bei einer Klavikulafraktur (aus: Willital und Lehmann, 2000)

Der Schultergürtel verliert durch die dislozierte Fraktur der Klavikula seinen „Kranarm“, der ihn nach lateral auslagert. Das Schultergelenk, zusammen mit dem lateralen Frakturfragment, fällt nun durch die Schwerkraft des Arms und den Zug des M. pectoralis major (Abb. 2) nach vorn und unten (Trompetter und Seekamp, 2008).

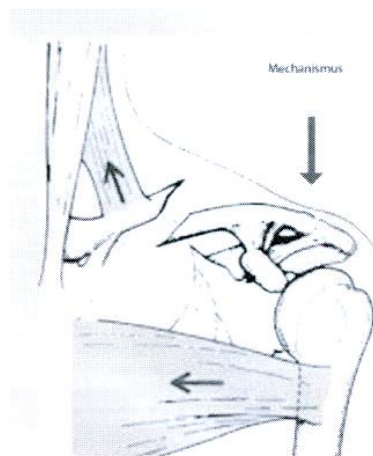


Abb. 2: Einfluss des M. pectoralis major auf die Dislokation der Klavikulafraktur (aus: Trompetter und Seekamp, 2008)

Bei Kindern und Jugendlichen über dem 10. Lebensjahr dominieren mit bis zu 80% komplett dislozierte Frakturen (Willital und Lehmann 2000). Im Gegensatz dazu finden sich bei Kindern unter dem 10. Lebensjahr vor allem Grünholzfrakturen. Diese ähneln – bei erhaltenem Knochenkontakt auf der konkaven Seite – dem Bieungsbruch eines frischen Astes und zählen zu den unvollständigen Frakturen.

Ursächlich für diese Frakturform ist das bei jüngeren Kindern erheblich dickere Periost, das meist nur auf der konvexen Seite einreißt und konkav intakt bleibt.

1.2.3 Einteilung der Klavikulafrakturen

Für Klavikulafrakturen existieren verschiedene Klassifikationen, von denen jedoch nicht alle eine Relevanz für die Kindertraumatologie haben:

- die Klassifikation nach Allman (1967)
- die Klassifikation nach Neer (1968)
- die Klassifikation der lateralen Frakturen nach Jäger und Breitner (1984)
- die Klassifikation der lateralen Frakturen nach Rockwood und Dameron (1990)

Die gebräuchlichste Klassifikation der Klavikulafrakturen ist die nach Allman, die auch den kindlichen Verletzungsmustern am ehesten entspricht. Dabei werden die Frakturen entsprechend ihrer Lage unterschieden (s. Tab. 1 und Abb. 3).

Tab. 1: Einteilung der Frakturlokalisation nach Allman (1967)

Typ	Frakturlokalisation	Häufigkeit
1	Mittleres Drittel	76-85%
2	Laterales Drittel	10-21%
3	Mediales Drittel	3-5%

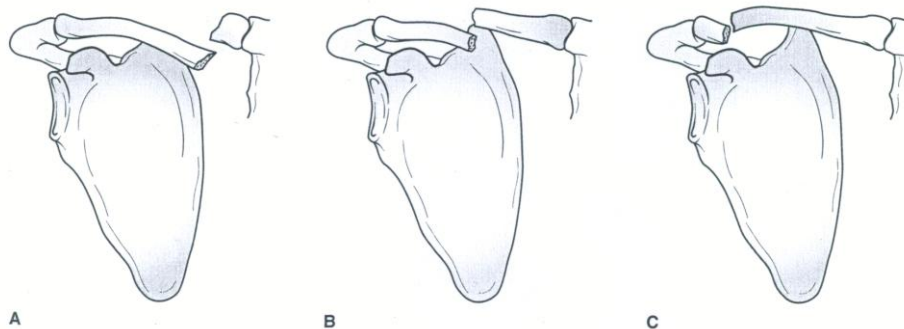


Abb. 3: Einteilung der Frakturlokalisation nach Allman

A. Fraktur des medialen Drittels der Klavikula (Allman 3), **B.** Fraktur des mittleren Drittels der Klavikula (Allman 1), **C.** Fraktur des lateralen Drittels der Klavikula (Allman 2) (aus: Rockwood und Wilkins, 2006)

In 76-85% der Fälle ist die Fraktur bei Kindern im mittleren Drittel der Klavikula lokalisiert (Typ Allman I), 10-21% im lateralen Drittel (Typ Allman II) und ca. 3-5% medial (Typ Allman III). Laut von Laer (2001) handelt es sich bei den medialen Frakturen immer um Epiphysenlösungen der medialen Klavikula.

Die Häufigkeitsangaben bei Erwachsenen stimmen in etwa mit denen bei Kindern überein: bei Erwachsenen liegen 65-81% im mittleren Drittel sowie 15% der Frakturen im lateralen bzw. 10% im medialen Drittel der Klavikula (Müller et al., 2007).

Die seltenen lateralen Frakturen erfordern wegen ihrer unterschiedlichen Beziehungen zum korakoklavikulären Bandkomplex eine zusätzliche Unterteilung. Im deutschsprachigen Raum hat sich für Erwachsene die Klassifikation nach Jäger und Breitner durchgesetzt, für laterale Frakturen im Kindesalter vor allem die nach Rockwood und Dameron. Frakturen der lateralen Klavikula im Bereich der Epi- oder Metaphyse werden oft als Dislokationen des Akromioklavikulargelenkes fehlgedeutet. Da der Wachstumsfugenschluss der distalen Klavikula erst im jungen Erwachsenenalter stattfindet (Rockwood und Wilkins, 2006), handelt es sich jedoch bei Kindern und Jugendlichen fast immer um metaphysäre Frakturen oder Verletzungen der Fuge. Auf diese Frakturen soll hier nicht weiter eingegangen werden, da sie nicht zum Gegenstand der Untersuchung gehören.

Spezielle Klassifikationen der kindlichen Klavikulafrakturen betreffend den Grad der Dislokation sind bislang nicht publiziert worden. Es wird in der Literatur nur unterschieden zwischen:

- a) „nicht disloziert“ und
- b) „disloziert“

In einer Arbeit von Andermahr et al. (2007) werden die grob dislozierten Klavikulafrakturen bei Erwachsenen definiert: Eine grobe Dislokation besteht bei einer Verkürzung der Klavikula von über 1,5 cm oder kranio-kaudaler Dislokation von mehr als doppelter Schaftbreite bzw. einem Achsknick von über 20 Grad. Diese Formen der Dislokation werden in der Erwachsenen-Traumatologie als Indikation für eine operative Versorgung einer Klavikulafraktur gesehen (Andermahr et al., 2007).

1.2.4 Komplikationen bei stark dislozierten Klavikulafrakturen

Folgende seltene Komplikationen sind in der Literatur bei stark dislozierten Klavikulafrakturen beschrieben:

- Kaudale Dislokation mit Kompression des in unmittelbarer Nähe darunter liegenden Gefäß- und Nervenbündels in 1% der Fälle
- Fehlende knöcherne Ausheilung in 0,5 bis 3,7% der Fälle
- Entwicklung einer schmerzhaften Pseudarthrose (sehr selten)
- Arteriovenöse Fisteln (sehr selten)

- Kompression der Trachea oder des Ösophagus durch dislozierte mediale Klavikulafrakturen (sehr selten)
- Pneumothorax (sehr selten)
- Osteomyelitis bei Bakteriämie und gleichzeitig bestehendem massivem Hämatom im Frakturspalt (sehr selten)

(Willital und Lehmann, 2000; Rockwood und Wilkins, 2006)

1.2.5 Besonderheiten des wachsenden Skeletts

Aufgrund des bei Kindern noch wachsenden Knochens besteht die Möglichkeit, posttraumatische Achsabweichungen zu korrigieren, das sogenannte Remodeling:

Osteoblasten und Osteoklasten sorgen für die Bildung von zunächst bindegewebigem Kallus. Dieser wird durch das Einsprossen von Gefäßen in Geflechtknochen und dann in Lamellenknochen umgewandelt (indirekte Frakturheilung). Im Weiteren wird Knochenwachstum und Knochenabbau durch die maximale elastische Verformung des Knochens bestimmt; hierbei sind kurzzeitig auftretenden Maximalkräfte ursächlich. Bei verbliebener Fehlstellung eines Knochens findet entsprechend des Wolff'schen Gesetzes an höher belasteter Stelle ein Anbau von Knochen statt, während im Bereich niedrigerer Belastung Material wieder abgebaut wird (Wolff, 1892). Dieser Vorgang findet wie ein Regelkreis ein Leben lang statt, damit sich der Knochen durch die Geometrie und die Knochenfestigkeit an seine mechanische Funktion adaptiert. Der Vorteil des wachsenden Knochens besteht darin, dass über die noch aktiven Wachstumsfugen das Korrekturpotenzial noch deutlich größer ist. Aufgrund dieser Fähigkeit wird in der Behandlung der Klavikulafrakturen die konservative Therapie mittels Immobilisation bevorzugt eingesetzt (Müller et al., 1992; Willital und Lehmann, 2000; von Laer, 2001; Pring und Wenger, 2005; Rockwood und Wilkins, 2006). Bei starker Dislokation und höherem Alter der Kinder können jedoch die Grenzen der Remodellierungspotenz überschritten werden. In diesen Fällen ist mit dem Verbleiben einer größeren Fehlstellung zu rechnen, aufgrund deren Einbußen der Schulterfunktion drohen können; in diesen Fällen muss somit auch am wachsenden Skelett die achsengerechte anatomische Ausrichtung als vordringliches Ziel gelten (Dietz et al., 1997).

Bei Kindern unter dem sechsten Lebensjahr sehen Willital und Lehmann eine Reposition der Bruchfragmente generell als nicht notwendig an, da die posttraumatisch einsetzende starke Kallusbildung zur Konsolidierung der Fraktur ausreiche und innerhalb von einem Jahr wieder komplett abgebaut werde (Willital und Lehmann, 2000).

Laut von Laer können Seit-zu-Seit-Verschiebungen nach einer Fraktur im Allgemeinen gut ausgeglichen werden. Die Altersgrenze des Remodelings sieht er bei jungen Erwachsenen mit bereits geschlossenen Wachstumsfugen, bei denen Seit-zu-Seit-Verschiebungen persistieren können, ohne unbedingt zu einer sichtbar kosmetischen oder funktionellen Beeinträchtigung führen zu müssen (von Laer, 2001).

1.2.6 Diagnostik von Klavikulafrakturen

Bei der Diagnose der Klavikulafraktur ist aufgrund ihrer exponierten Lage direkt unter der Haut die Inspektion und Palpation wegweisend. Es besteht eine schmerzhaft, sicht- und tastbare Schwellung oder Stufenbildung im Verlauf des Knochens. Tastbare Knochenenden unter der Haut („Klaviertastenphänomen“) oder deutliche Krepitationen sind zwar beweisend für eine Fraktur, sollten aber aufgrund der Schmerzbelastung für den Patienten generell vermieden werden.

Die empfohlene Röntgendiagnostik umfasst die Aufnahme in a.p.-Projektion (von vorne nach hinten) sowie ggf. eine weitere Aufnahme mit 45° gekippter Röhre zur Darstellung des Dislokationsgrades der Fraktur (s. Abb.4). Die Aufnahmen sollten den proximalen Oberarm und das Sternoklavikulargelenk zusammen mit der Klavikula abbilden. Die meisten Frakturen können so gesichert werden. Zielaufnahmen oder Panoramaaufnahmen unter Belastung sind ausschließlich bei vermuteten lateralen Frakturen oder Verletzungen des AC-Gelenkes indiziert (Rockwood und Wilkins, 2006).

Luxationen des Akromioklavikulargelenkes oder laterale Klavikulafrakturen erfordern teilweise eine Stress-Aufnahme. Hierbei hält der Patient ein definiertes Gewicht in der Hand der betroffenen Seite. Aufgrund der Schmerzhaftigkeit dieses Verfahrens werden diese Röntgenaufnahmen bei Kindern jedoch nicht durchgeführt.

Frakturen des sternalen Drittels sind in der konventionellen Röntgenaufnahme häufig durch Wirbelsäule und Rippe überlagert, so dass diese Verletzungen im Zweifelsfall nur durch eine Computertomographie verifiziert werden können (Rang et al. 2005; Trompetter und Seekamp 2008).

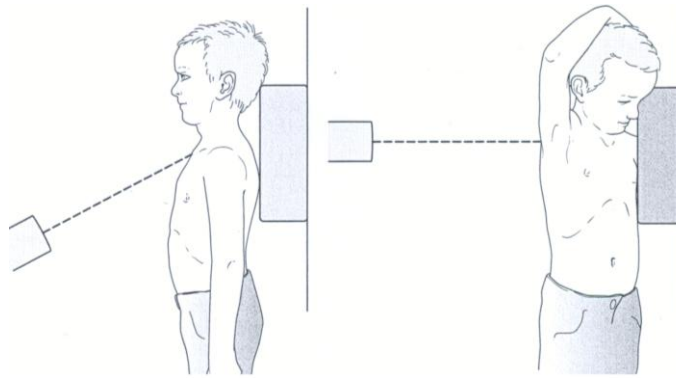


Abb. 4: Röntgendiagnostik der Klavikula

A. 45° gekippter Strahlengang, B. a.p. gerichteter Strahlengang
(Rockwood und Wilkins 2006)

In der Standarddiagnostik wird nur eine Röntgenaufnahme im a.p.-gerichteten Strahlengang durchgeführt. Diese ist in der Regel ausreichend, um eine Klavikulafraktur zu diagnostizieren, zumal die Strahlenbelastung für das Kind möglichst niedrig gehalten werden sollte.

Körperliche Schäden, verursacht durch Röntgenstrahlung, sind bei einer Strahlendosis von ca. 1 mSv pro Untersuchung als sehr gering einzuschätzen. Als strahlensensibles Organ befindet sich die Schilddrüse in unmittelbarer Nähe des Strahlenfeldes bei Darstellung der Klavikula. Nach Maßgabe der Röntgenverordnung sind insbesondere im Rahmen der medizinischen Forschung strahlenbelastende Untersuchungen, wenn möglich, zu vermeiden und durch nicht-strahlenbelastende Untersuchungen zu ersetzen (Röntgenverordnung Paragraph 28b).

Eine röntgenstrahlenfreie Methode zur Diagnostik und Verlaufskontrolle kindlicher Klavikulafrakturen stellt die Ultraschalluntersuchung dar. Die Lage der Klavikula direkt unter der Haut prädestiniert für diese Art der Untersuchung.

Neben der fehlenden Strahlenbelastung scheint die Ultraschalluntersuchung sogar genauer zu sein: Blab et al. (1998) fanden in ihrer Studie eine größere Genauigkeit in der Diagnose von kindlichen Klavikulafrakturen bei der Ultraschall-Untersuchung (Sensitivität: 96%) im Vergleich zur konventionellen Röntgenuntersuchung (Sensitivität: 91%). Der Grund hierfür wurde hier in der besseren Darstellung von Grünholzfrakturen gefunden, die in konventionellen Röntgenaufnahmen übersehen werden könnten.

Genaue Messwerte wie Längen- oder Winkelangaben für die Klavikula beim noch wachsenden Skelett finden sich in der Literatur jedoch nicht. So lässt sich keine definitive

Aussage treffen, welche Länge bzw. welcher Krümmungswinkel in Abhängigkeit vom Alter als „normal“ gelten.

1.3 Behandlung von Klavikulafrakturen

1.3.1 Historische Entwicklung

Schon 400 v. Chr. beschrieb Hippokrates einige Beobachtungen zur Klavikulafraktur: „Eine gebrochene Klavikula heilt wie alle spongiösen Knochen schnell, denn all diese Knochen bilden in kurzer Zeit Kallus. Wenn es dann zur Fraktur gekommen ist, messen die Patienten dieser eine große Bedeutung bei, in der Annahme, dass das Problem größer ist als in Wirklichkeit ...; aber, nach kurzer Zeit beachten die Patienten ihre Schmerzen oder Behinderung nicht mehr und werden nachlässig. Und die Ärzte, feststellend, dass sie es nicht fertig bringen, die heilenden Bruchstücke gut aussehen zu lassen, ziehen sich zurück und bedauern die Nachlässigkeit der Patienten nicht, und in der Zwischenzeit bildet sich schnell Kallus“ (Adams et al., 1945).

Somit schrieb bereits Hippokrates der Kallusbildung unter der konservativen Behandlung eine zentrale Rolle bei der spontanen Heilung zu, die keine wesentliche ärztliche Kunst erforderlich macht.

Eine schon in früheren Jahrhunderten gebräuchliche Form, Klavikulafrakturen zu behandeln, bestand in einem Zurückziehen der Schulterblätter in liegender Position (beschrieben in Papyri des alten Ägypten), um den knöchernen Kontakt der dislozierten Frakturrenden zu begünstigen. Später folgten immobilisierende Verbände aus Gips, die den gleichen Zweck verfolgten (Rowe, 1983). Den Vorgänger des heutigen Rucksackverbandes (Abb. 7) beschrieb Lucas Championnière um 1860. Mit den Möglichkeiten der modernen Medizin wurde zunehmend seit den 1960er Jahren die operative Behandlung eingesetzt. Damit sollte dem erweiterten Indikationsfeld bei polytraumatisierten Patienten sowie den erhöhten Ansprüchen der Patienten an Funktionsfähigkeit und ästhetischen Vorstellungen entsprochen werden.

Für das Kindes- und Jugendalter finden sich in der Literatur die folgenden Indikationen zu einer operativen Versorgung der Klavikulafrakturen:

Bei akuter Verletzung:

- grob dislozierte distale oder proximale Frakturen im Adoleszentenalter und erhebliche akzessorische Weichteilverletzungen nach Direkttrauma (von Laer, 2001)

- Konsekutive Verletzungen und Kompressionen des Plexus brachialis bzw. der Arteria und Vena subclavia (Willital und Lehmann, 2000)
- eine drohende oder stattgehabte Hautperforation sowie signifikante Verkürzungen im Bereich des Schultergürtels (Kubiak und Slongo, 2002)
- Kombinationsverletzungen von Klavikula und Skapulahals (Müller, 1992)

Bei Komplikationen konservativer Behandlung:

- weiter bestehende starke Achsabweichung der Fraktarenden (Willital und Lehmann, 2000)
- bei bestehenden Pseudarthrosen (Müller, 1992)

Die hier angeführten Operationsindikationen sind in der Literatur jedoch stark umstritten. Aufgrund der „Spontankorrektur“ durch die Bildung und den Abbau von Kallus gilt die Klavikulafraktur bei vielen Autoren nach wie vor als Domäne der konservativen Behandlung: „Klavikulafrakturen aller Lokalisationen werden grundsätzlich konservativ behandelt.“ Als Ausnahme werden lediglich die oben erwähnten grob dislozierten Frakturen bei älteren Jugendlichen gesehen (von Laer, 2001).

Gegenüber diesen Vorstellungen muss jedoch auch in Betracht gezogen werden, dass sich die operativen Methoden zur Korrektur dislozierter Klavikulafrakturen besonders um die Jahrtausendwende veränderten und somit die operationsbedingten Belastungen für die jungen Patienten wesentlich reduziert werden konnten.

In den letzten Jahrzehnten wurden Klavikulafrakturen bei bestehender Operationsindikation vornehmlich mittels Plattenosteosynthese versorgt (Müller, 1992), seltener mit Kirschner-Drähten (Lee et al., 2008) oder durch Zugschraubenosteosynthese bei Beteiligung des Akromioklavikulargelenkes. In den letzten Jahren konnte bei Klavikulafrakturen zusätzlich mit Erfolg die minimal invasive intramedulläre Osteosynthese eingesetzt werden, welche die Markhöhle als Raum für eine innere Schienung benützt.

Die Idee der intramedullären Osteosynthese begann mit groben Knochenbolzungen, welche erstmals 1848 von Diffenbach mit Elfenbeinstiften durchgeführt wurde und die keinesfalls die Wachstumszonen berücksichtigen konnten. Die erste intramedulläre Schienung einer Klavikulafraktur eines Erwachsenen wurde 1907 von Albin Lambotte beschrieben (zitiert in Dietz et al., 1997).

Über die Entwicklung der überdimensionalen Marknagelung nach Küntscher und der teilweise instabilen Rush-Pin-Versorgung kam die Erkenntnis, dass die Wachstumszonen des kindlichen Skeletts unbedingt zu schonen sind (Dietz et al., 1997).

Laut Dietz konnte erst die „elastisch stabile intramedulläre Nagelung (ESIN)“ nach Firica und Metaizeau für sich das Prädikat der kindgerechten intramedullären Osteosynthese beanspruchen (Dietz et al., 1997).

Die Arbeit der Autoren Liger und Metaizeau aus Nancy muss als eine der wenigen Veröffentlichungen gelten, die sich explizit mit der operativen Versorgung kindlicher Klavikulafrakturen befassen (Metaizeau und Liger, 1984). „Mit der intramedullären Osteosynthese steht heute ein Implantat zur Verfügung, das ohne zusätzliche Traumatisierung des Gewebes frakturfern eingebracht wird, zu einer ausreichenden axialen Stabilität führt und den Erfordernissen des kindlichen Knochens in idealer Weise gerecht wird“ (Dietz et al., 1997).

Es finden sich in der Literatur nur sehr wenige Daten (weniger als 20 Artikel unter „PubMed“, darunter meist Arbeiten vermischt mit erwachsenen Patienten) bezüglich der operativen Versorgung von Klavikulafrakturen im Kindesalter, was deutlich macht, wie selten die Operationsindikation im Kindesalter bislang gestellt oder wie wenig der operativen Therapie an Bedeutung zugemessen wurde. Die meisten Daten zur operativen Frakturbehandlung beziehen sich ausschließlich auf das Erwachsenenalter.

Prinzipiell zeigt die historische Entwicklung, dass sowohl konservative als auch operative Therapieoptionen in der Behandlung von Klavikulafrakturen möglich sind; beide sind mit jeweils spezifischen Vorteilen und Problemen assoziiert. Es besteht auch heute kein Konsens über Indikation und Kontraindikation der Behandlungsoptionen oder ein Algorithmus, welches Osteosyntheseverfahren bezogen auf das Alter des Patienten und den Frakturtyp als ideal zu bewerten ist.

1.3.2 Die konservative Behandlung von Klavikulafrakturen

Etwa 90% aller Klavikulafrakturen im Erwachsenenalter sollen unter konservativer Behandlung mit gutem Ergebnis ausheilen (Trompetter und Seekamp, 2008). Ein operatives Vorgehen ist nach dieser Einschätzung bei den Frakturen des mittleren Drittels in den meisten Fällen nicht erforderlich. In der Literatur finden sich weniger konkrete Angaben zu kindlichen Klavikulafrakturen: „in den meisten Fällen heilen Klavikulafrakturen im Kindesalter unter konservativer Behandlung gut aus“ (Willital und Lehmann, 2000; von Laer, 2001; Pring und Wenger, 2005; Rockwood und Wilkins, 2006).

Bei vollständig dislozierten kindlichen Frakturen besteht laut von Laer (2001) vor allem bei Verkürzungsfehlstellungen eine hohe Rate von Spontankorrekturen im Verlauf des weiteren Wachstums. Geringgradige Längendifferenzen ziehen meist keine funktionellen oder kosmetischen Behinderungen nach sich. Die Seit-zu-Seit-Verschiebungen werden altersabhängig im Allgemeinen gut ausgeglichen. Das Remodeling sowohl dieser Fehlstellung als auch der nahezu immer auftretende ausgeprägte Kallus kann bis zu einem halben Jahr dauern. Erst dann ist wieder mit der vollständigen Herstellung eines symmetrischen Dekolletés zu rechnen. Bei Jugendlichen mit schon geschlossenen Fugen können Seit-zu-Seit-Verschiebungen persistieren, ohne unbedingt zu einer sichtbar kosmetischen oder funktionellen Beeinträchtigung zu führen (von Laer, 2001). Aufgrund der hohen Spontankorrekturrate sieht von Laer die Indikation zur primären konservativen Behandlung grundsätzlich bei allen Klavikulafrakturen im Kindesalter als gegeben.

Die konservative Behandlung zentral gelegener Klavikulafrakturen erfolgt mittels Rucksackverband (s. Abb. 7), welcher hierbei als Methode der Wahl gilt.

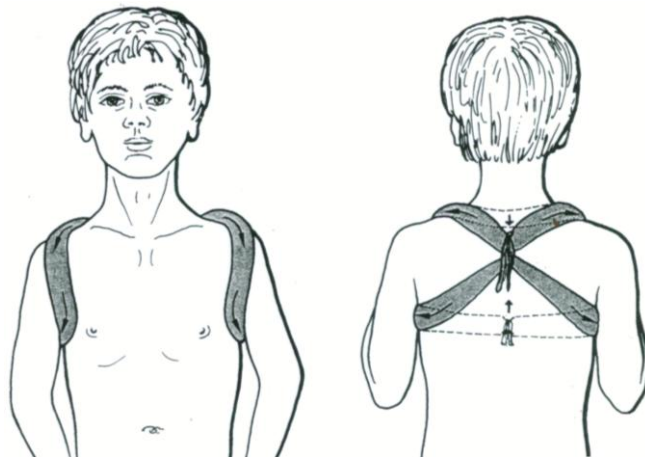


Abb. 7: Der Rucksackverband (von Laer, 2001)

Eine weitere Möglichkeit besteht in der passageren Ruhigstellung der Fraktur durch eine Fixierung des betroffenen Armes am Körperstamm mittels Gilchrist-Verband oder durch die einfache, kurzfristige Ruhigstellung durch einen Schlingenverband.

Willital (2000) empfiehlt, den Rucksackverband täglich nachziehen zu lassen, damit durch Zug des Schultergelenkes nach dorsal ein Kontakt der Fragmente entsteht (Willital und Lehmann, 2000). Im Gegensatz dazu sieht von Laer den Rucksackverband als eine schmerzlindernde Stabilisierung, die nicht der Reposition der Fragmente dient. Zur Stabilisierung der Fraktur ist es seiner Meinung nach ausreichend, den Verband nach fünf Tagen einmal anzuziehen. Neben einer möglichen Mazeration der Haut der Achselhöhle

kann als Nebenwirkung eines zu strammen Verbandes die Kompression von Nerven und Gefäßen eintreten, weswegen ein tägliches Nachziehen nicht empfohlen wird (von Laer, 2001).

Die Behandlung mittels einfachem Schlingenverband wird von Rockwood und Wilkins bevorzugt: Sie fanden gute Behandlungsergebnisse in der Behandlung sowohl von nicht-dislozierten, als auch von dislozierten Frakturen bei Kindern. Als Nachteile des nicht korrekt angewendeten Rucksackverbandes sehen sie mögliche Komplikationen wie Ödeme, die Kompression der axialen Gefäße oder des Plexus brachialis (Rockwood und Wilkins, 2006).

Die Dauer der Ruhigstellung wird in der Literatur mit 10-14 Tagen (Willital und Lehmann, 2000) bzw. 14-21 Tagen (von Laer, 2001) angegeben.

Ob vor dem Anlegen eines Rucksackverbandes eine Reposition der Fragmente durchgeführt werden soll, wird in der Literatur kontrovers diskutiert: Von Laer (2001) hält die Reposition in Lokalanästhesie für weder effektiv noch effizient, weswegen er grundsätzlich auf solche Repositionsmanöver verzichtet. Er vertraut darauf, dass die Kallusbildung auch deutliche Dislokationen ausgleicht. Rockwood und Wilkins (2006) betrachten die Reposition bei jüngeren Kindern aufgrund der hohen Remodelingrate als „im Allgemeinen“ nicht nötig. Willital (2000) dagegen sieht die Indikation zur Reposition oder geschlossenen Readaptation der Fragmente in kurzer Narkose bei Kindern über zehn Jahren mit erheblicher Dislokation als gegeben an. Damit soll das Risiko der Ausheilung in Fehlstellung gemindert werden.

Eine Ausnahme in der konservativen Behandlung stellen laterale Klavikulafrakturen dar: Da hier der Rucksackverband die Fragmente nicht erreichen kann, wird in diesen Fällen die Behandlung mittels Gilchrist-Verband empfohlen (Trompetter und Seekamp, 2008).

1.3.3 Komplikationen in der konservativen Behandlung

- Nervenschädigung durch Druck des Rucksackverbandes auf den Plexus brachialis (Rockwood und Wilkins, 2006)
- Bildung einer Pseudarthrose durch fehlenden Kontakt der Frakturenenden (ca. 0,5% der Frakturen sind betroffen (Willital und Lehmann, 2000))
- Refrakturen bei zu geringer knöcherner Durchbauung aufgrund verfrühter Belastung in Kombination mit einem erneuten Trauma (von Laer, 2001)

- Minorkomplikation: relativ lange Immobilisation von drei bis vier Wochen bis zur vollständigen Belastbarkeit, was bei Kindern zum Teil zu mangelhafter Compliance führt. Gelegentlich noch längere Tragezeiten bei Adoleszenten (Prinz et al, 2009).

1.3.4 Die operative Behandlung der Klavikulafrakturen

Die Indikation für eine operative Versorgung von Klavikulafrakturen bei Kindern und Jugendlichen wird in der Literatur nur sehr zurückhaltend gestellt: schwer dislozierte distale und proximale Frakturen bei älteren Jugendlichen, erhebliche akzessorische Weichteilverletzungen nach Direkttrauma sowie Gefäß- und Nervenverletzungen oder der misslungene konservative Behandlungsversuch mit persistierender schweren Fehlstellung erfordern eine operative Behandlung (Willital und Lehmann, 2000; von Laer, 2001).

Weiterhin besteht bei einer drohenden oder stattgehabten Hautperforation und signifikanten Verkürzungen im Bereich des Schultergürtels (Kubiak und Slongo, 2002), bei Kombinationsverletzungen von Klavikula- und Skapulahals und den seltenen Pseudarthrosen (Müller, 1992) die Indikation zur operativen Behandlung mittels Osteosynthese.

In der operativen Behandlung der Klavikulafrakturen sind verschiedene Osteosyntheseverfahren möglich:

1. Plattenosteosynthese
2. Versorgung mittels Kirschner-Draht (K-Draht-Osteosynthese)
3. Intramedulläre Stabilisierung mittels elastisch stabilem Nagel (ESIN-Osteosynthese, auch ENDER- oder NANCY-Nagel genannt)

Während bei der Plattenosteosynthese in jedem Fall eine offene Frakturversorgung durchgeführt werden muss, bieten K-Drähte und intramedulläre Osteosyntheseverfahren die Möglichkeit der geschlossenen Frakturversorgung.

1.3.4.1 Die Plattenosteosynthese

Bei Erwachsenen war die Plattenosteosynthese lange Zeit die Methode der Wahl in der Behandlung dislozierter Klavikulafrakturen. In der Kinderchirurgie wird die Plattenosteosynthese heute nur noch selten eingesetzt (Prinz et al., 2009). In der Literatur findet sich bei Willital und Lehmann (2000) und Pring und Wenger (2005) die Plattenosteosynthese noch als Methode der Wahl in der Behandlung von komplizierten kindlichen Klavikulafrakturen. Standardwerke wie Rockwood und Wilkins (2006) empfehlen die intramedulläre Osteosynthese in der Behandlung von kindlichen Frakturen.

Auch in unserer Klinik wird die Plattenosteosynthese bei kindlichen Klavikulafrakturen nur in Ausnahmefällen verwendet.

Die Operationstechnik der Plattenosteosynthese wird von Weller et al. (1995) folgendermaßen beschrieben:

Es erfolgt zunächst ein sagittaler oder horizontaler Schnitt von mehreren Zentimetern über der Klavikula. Aus kosmetischen Gründen empfehlen Trompetter und Seekamp (2006) den Zugang nicht in der supra- oder infraklavikulären Grube, sondern in den Spaltlinien der Haut (Langer-Linien), rechtwinklig zur Klavikula in Form eines sogenannten Säbelhiebschnitts zu führen. Es folgt die Darstellung der Klavikula und die Reposition der Frakturfragmente. Nach Auswahl der entsprechenden Platte (s. Abb. 8) wird diese mit einer leichten Überbiegung entlang der ventralen Fläche des Knochens angepasst und angeschraubt, wobei mindestens 3 Schrauben jedes Fragment sicher fassen sollten. Abschließend erfolgt der Wundverschluss.

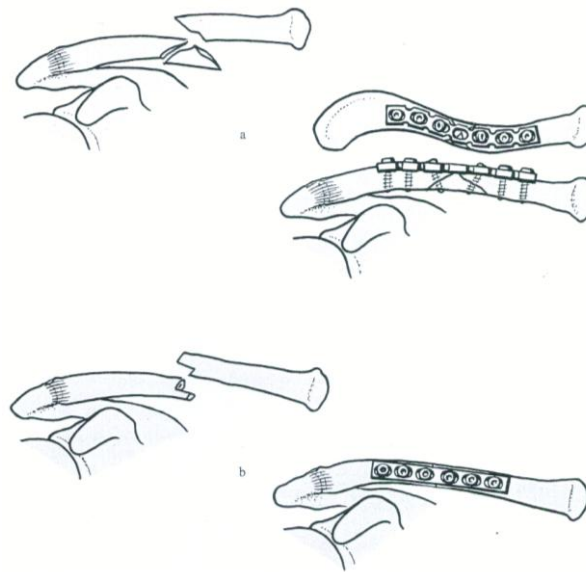


Abb. 8: Varianten der Plattenosteosynthese bei Klavikulafrakturen (Müller, 1992)

Eine Metallentfernung wird bei diesem Verfahren bei Erwachsenen nach frühestens 18 Monaten empfohlen (Trompetter und Seekamp, 2008), für Kinder finden sich zum Zeitpunkt der Metallentfernung keine Angaben. Diese rigide Stabilisierung bietet ohne äußere Fixierung den Vorteil der sofortigen anatomischen Reposition. Nachteilig werden jedoch die Länge und Hypertrophieeigung der Narbe und der notwendige Zweiteingriff zur Metallentfernung gesehen (Dietz et al. 1997; Rehm et al., 2004).

1.3.4.2 K-Draht-Osteosynthesen

Die Kirschner-Draht-Osteosynthese wird auch als Minimalosteosynthese bezeichnet. Sie beschränkt sich - so der ursprüngliche Verwendungszweck - auf die Retention von Epiphysen- und epiphysennahen Frakturen, wenn die Wachstumsfuge oder die Gelenkfläche wiederhergestellt werden muss (Dietz et al., 1997).

Kirschner-Drähte können perkutan oder nach Freilegung der Fraktur offen eingeführt werden. Zum Anbohren der ersten Kortikalis bis zur sicheren Führung der Spitze wird der Draht zunächst senkrecht aufgesetzt und dann in die gewünschte Richtung dirigiert. Bei der unter der Haut versenkten K-Draht-Verwendung bei Klavikulafrakturen wird der Draht unter schonendem Andrücken der Weichteile so weit gekürzt, dass er ausreichend subkutan verlagert ist (Breitner, 1987).

Gefürchtete Komplikationen dieser Art der Osteosynthese sind K-Draht-Wanderungen von der ursprünglichen Lokalisation in verschiedene extraossäre anatomische Orten wie z.B. nach intrathorakal, pericordial, beschrieben sind auch die Wanderung in die Lunge, die Wirbelsäule, die Trachea, durch den Thorax ins Abdomen sowie in einem Fall in die Orbita (Lyons und Rockwood, 1990).

1.3.4.3 Intramedulläre Osteosynthese mit elastisch stabilen Nägeln (ESIN-Osteosynthese)

Erstmals wurde die intramedulläre Schienung einer Klavikula 1907 von Albin Lambotte beschrieben (zitiert in Dietz et al., 1997). Die Methode der elastisch stabilen Nagelung wurde dann 1977 von Firica und Troianescu veröffentlicht (Firica und Troianescu, 1977). Sie hatten hauptsächlich erwachsene Patienten mit Klavikulafrakturen behandelt. Metaizeau und Ligier setzten die elastisch stabile Nagelung dann erstmals auch bei Kindern ein. Die erste Veröffentlichung dieser Autoren aus Nancy – woraus die Bezeichnung „Nancy-Nagel“ für die elastisch stabile Nagelung resultiert - erfolgte im Jahr 1984 (Metaizeau und Ligier, 1984).



Abb. 9a: Intraoperative Lagerung bei der intramedullären Osteosynthese der Klavikula (aus Rehm et al., 2004)

Das Operationsprinzip besteht in einer langstreckigen intramedullären Verspannung eines elastischen, vom sternalen Ende aus eingebrachten Titannagels im Markraum der Klavikula (Jubel et al., 2007, Rehm et al., 2004) (s. Abb. 9a-c). Bei dieser Methode wird die Haut über dem medialen Klavikulaende über eine Strecke von ca. 1,5 cm eröffnet, danach wird die Klavikula mit dem Pfriem aufgebohrt. Es folgt das Verschieben eines - je nach Durchmesser des Markraumes 1,5 mm, 2mm oder 2,5 mm durchmessenden - Titannagels bis zur Fraktur. Die Reposition der Fraktarenden wird dann unter Durchleuchtungskontrolle durchgeführt; hilfreich kann die Verwendung z.B. einer Tuchklemme oder das Zurückdrücken der Schulter sein.

Bei schwierigem Repositionsmanöver, bedingt z.B. durch zusätzliche Ausbruchfragmente oder durch ein Interponat, ist eine zusätzliche Inzision direkt über dem Frakturspalt (ca. 2-3 cm) mit sagittaler Schnittführung erforderlich, um unter Sicht das distale Fragment aufzufädeln (s. Abb. 9b). Bei distal verschlossenem oder zu engem Markraum ist ein Aufbohren medullär erforderlich, bevor der Nagel in das laterale Fragment eingefädelt werden kann.

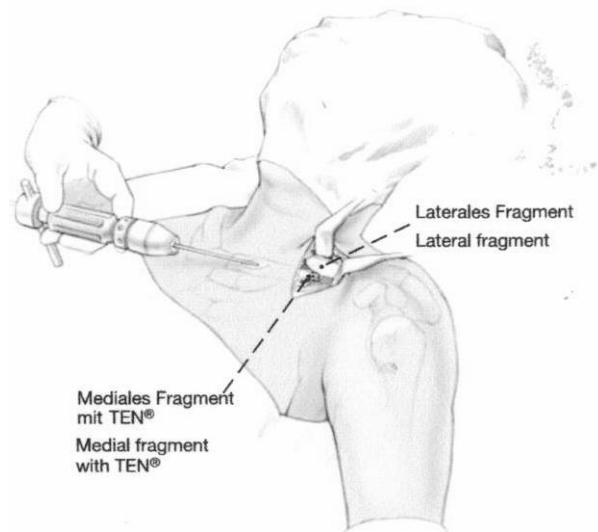


Abb. 9b: Offene Reposition einer Klavikulafraktur bei ESIN-Osteosynthese durch ca. 2 cm langen Hilfsschnitt in Höhe der Fraktur (aus Rehm et al., 2004)

Der Titannagel wird danach über den Frakturspalt bis in das laterale Ende der Klavikula vorgeschoben und unter Hautniveau gekürzt. Die postoperative Ruhigstellung zur Schmerzbehandlung mit einem Gilchrist-Verband ist in der Regel nicht nötig, die Patienten können nach 1 bis 2 Tagen spontan einer funktionellen Nachbehandlung zugeführt werden (Rehm et al., 2004; Prinz et al., 2009). Eine Physiotherapie ist ebenfalls nicht erforderlich.

Die Metallentfernung kann nach entsprechender Knochenkonsolidierung schon nach ca. 2-3 Monaten ambulant, bei Kindern jedoch erneut unter Vollnarkose, durchgeführt werden. Im Rahmen dieser kurzen Operation wird die Narbe medial wiedereröffnet und der ESIN herausgezogen (Prinz et al., 2009).

Beschriebene Komplikationen bei der Behandlung mittels ESIN-Osteosynthese bei Erwachsenen sind Migrationen des Nagels und Implantatbrüche (Müller et al., 2007), sowie Pseudarthrosenbildung postoperativ in 1,7% (Jubel et al., 2003) bzw. 2,3% der Fälle (Kettler et al., 2007).

Die Patienten müssen darüber aufgeklärt werden, dass in ca. der Hälfte der Fälle eine zusätzliche Inzision zur offenen Reposition erforderlich ist. Bei Irritation der Weichteile im Bereich des Nageleintrittes oder drohender Hautperforation in diesem Bereich muss ggf. frühzeitig der Nagel entfernt werden, was ein Risiko für eine Re-Fraktur darstellen kann (Rehm et al., 2004; Prinz et al., 2009). Grundsätzlich können bei der elastisch stabilen Nagelung - wie auch bei der Platten- oder K-Draht-Osteosynthese - Verletzungen des

subklavikulären Gefäß-Nerven-Bündels oder der Pleurakuppe entstehen. Weiterhin sind Dislokationen des Implantates und die laterale Perforation der Kortikalis durch das intramedulläre Implantat möglich (Rehm et al., 2004).

Nach den bisherigen Ergebnissen ist diese Form der Osteosynthese eine sichere, minimalinvasive Operationstechnik, die funktionell und kosmetisch zu guten Resultaten führt und sehr selten mit Komplikationen assoziiert ist (Jubel et al., 2002, 2003, 2007; Rehm et al. 2002; Kettler et al., 2007; Müller et al., 2007, 2008; Prinz et al., 2009; Smekal et al., 2009; Walz et al. et al., 2006; Witzel, 2007).

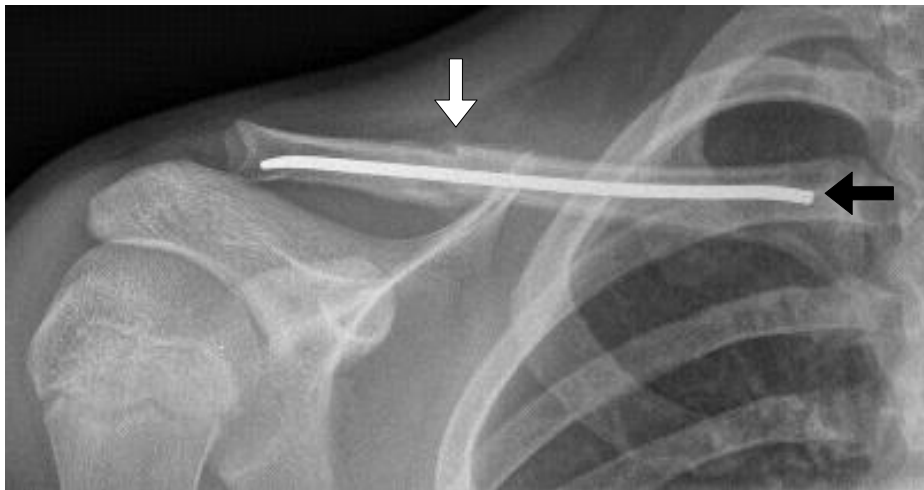


Abb. 9c: Stabilisierung einer Fraktur des mittleren Klavikuladrittels mit ESIN-Osteosynthese, eingebracht von medial (schwarzer Pfeil), Frakturbereich (weißer Pfeil)

1.4 Fragestellung und Studienziel

Ziel der Behandlung kindlicher stark dislozierter Klavikulafrakturen ist die rasche Wiederherstellung der funktionellen Integrität der Schulterbeweglichkeit und der Kosmetik. Weiterhin wird seitens der Patienten und der Eltern eine möglichst schmerzarme Behandlung erwartet. In der Regel wird bei Kindern und Jugendlichen zunächst die konservative Therapie empfohlen, da – wie auch andere Knochen auch - die Klavikula des wachsenden Skelettes über das Remodeling verbliebene Fehlstellungen nach konservativer Behandlung oft korrigieren kann. In der Literatur sind jedoch die Grenzen der „Spontankorrektur“ von grob dislozierten Schlüsselbein-Frakturen im Kindes- und Jugendalter bislang nicht klar definiert worden. Ebenso wird in keiner der vorliegenden Arbeiten der Grad der Dislokation in die Ergebnisse mit einbezogen. Insbesondere existieren keine Untersuchungen, die hierzu Daten in Abhängigkeit vom Alter des Patienten liefern. Somit ist die Frage, bis zu welchem Lebensjahr das kindliche Skelett in der Lage ist, verbliebene starke Fehlstellungen nach konservativer Therapie

auszugleichen bzw. ab wann dies nicht mehr der Fall ist, bislang nicht eindeutig geklärt worden. Untersuchungen, die den Anteil grob dislozierter kindlicher Klavikulafrakturen an der Gesamtzahl der Klavikulafrakturen beschreiben, konnten nicht gefunden werden. Unklar bleibt, ob neben bislang wenigen gesicherten Indikationen wie z.B. offenen Frakturen bestimmte Patienten bzw. Frakturtypen von einer operativen Versorgung profitieren würden. Spezielle Daten hinsichtlich der eingetretenen Schmerzen und der Behandlung sind ebenso in keiner Studie dokumentiert, auf die Zufriedenheit der Kinder und ihrer Eltern wurde bislang ebenso nicht eingegangen. Um diese Lücken zu schließen und damit kompetenter unsere Patienten beraten zu können, sollen in dieser Studie die folgenden Fragen beantwortet werden:

- 1) Wie hoch ist die Inzidenz von dislozierten Frakturen bezogen auf alle Klavikulafrakturen bei Kindern und Jugendlichen in der Universitätsklinik Lübeck?
- 2) Wie sind die Ergebnisse der konservativen Behandlung dislozierter Klavikulafrakturen bei Kindern und Jugendlichen, wenn man diese unter besonderer Berücksichtigung des Patientenalters, der Schulterfunktion, der Patientenzufriedenheit, des kosmetischen Ergebnisses und der erlittenen Schmerzen analysiert?
- 3) Gibt es wesentliche Unterschiede im Vergleich konservative vs. operative Behandlung bezogen auf die kosmetischen Resultate, die Langzeitergebnisse der Schulterfunktion sowie die Patientenzufriedenheit und die erlittenen Schmerzen bis zur Heilung?
- 4) Ist bei Kindern und Jugendlichen mit dislozierten Schlüsselbeinbrüchen grundsätzlich eine konservative Behandlung möglich oder gibt es einen altersbezogenen „Cut-off“ bzw. einen Dislokationsgrad, ab dem eine operative Versorgung empfohlen werden sollte oder gar sicher indiziert ist?

2 Material und Methoden

2.1 Patientenkollektiv und Untersuchungszeitraum

Retrospektiv wurden über einen Zeitraum von 10 Jahren (Januar 1997 bis Dezember 2007) alle in der Kinderchirurgie der Universitätsklinik Lübeck behandelten Kinder mit Klavikulafrakturen (Altersspanne 0-17 Jahre) erfasst.

Mittels Durchsicht aller Röntgenbilder konnten aus dem Gesamtkollektiv die Patienten mit einer grob dislozierten Klavikulafraktur isoliert werden. Diese wurden in der Kinderchirurgie der Universitätsklinik Lübeck entweder einer konservativen oder einer operativen Versorgung zugeführt.

Die Ausschlusskriterien für unsere Studie lauteten:

- Geburtstraumatische Frakturen
- Laterale und mediale Frakturen sowie
- AC-Gelenk-Verletzungen

Die Patientenrekrutierung erfolgte schriftlich, nachdem die Studie in der Sitzung der Ethik-Kommission vom 18. Juli 2006 (Aktenzeichen 06-104) geprüft und genehmigt worden war (s. Anhang 5). Die initial nicht über die dokumentierte Adresse erreichbaren Patienten wurden versucht, über den Hausarzt zu kontaktieren. Weiterhin wurden die Einwohnermeldeämter nach neuen Adressen befragt. Eine Einwilligung zur Teilnahme an der Studie wurde von den Eltern bzw. Erziehungsberechtigten eingeholt.

2.2 Klassifikation der Klavikulafrakturen und Gruppenbildung innerhalb des Patientenkollektivs

Spezielle Klassifikationen der kindlichen Klavikulafrakturen betreffend den Grad der Dislokation konnten in der Literatur nicht gefunden werden. Hier wurde nur unterschieden zwischen „nicht disloziert“ und „disloziert“.

Um eine Aussage treffen zu können, inwieweit der Grad der Dislokation Einfluss auf das funktionelle und kosmetische Outcome für den Patienten und die Wahl der Behandlungsoption hat, erstellten wir eine eigene Klassifikation, welche die stark dislozierten Frakturen in vier Gruppen unterteilt, die identisch sind mit den Einschlusskriterien unserer Studie:

Frakturtyp I: Fraktur mit Achsknick $> 45^\circ$ (s. Abb. 10a)

Frakturtyp II: Dislokation um Schaftbreite mit oder ohne Kontraktion der Fraktarenden (s. Abb. 10b/c)

Frakturtyp III: Dislokation $>$ Schaftbreite mit oder ohne Kontraktion der Fraktarenden (s. Abb. 10d/e)

Frakturtyp IV: Dislokation mit Distraktion der Fraktarenden und Mehrfragmentbrüche (s. Abb. 10f)

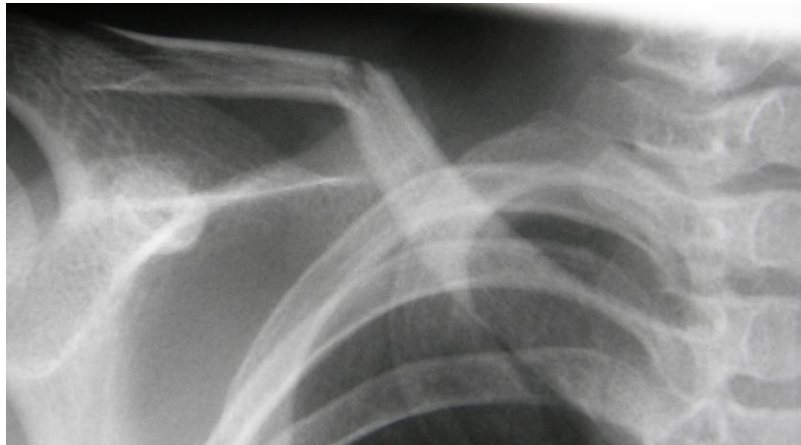


Abb. 10a: Dislozierte Klavikulafraktur mit Achsknick $> 45^\circ$

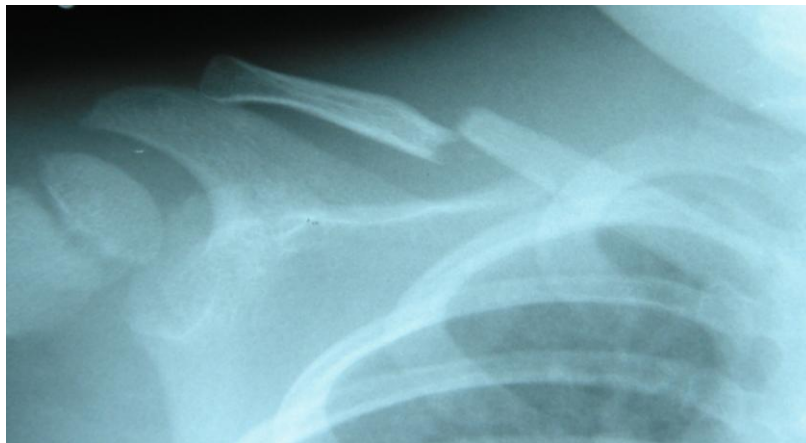


Abb.10b: Klavikulafraktur mit Dislokation um Schaftbreite



Abb. 10c: *Klavikulafraktur mit Dislokation um Schaftbreite mit Kontraktion*



Abb. 10d: *Klavikulafraktur mit Dislokation > Schaftbreite*

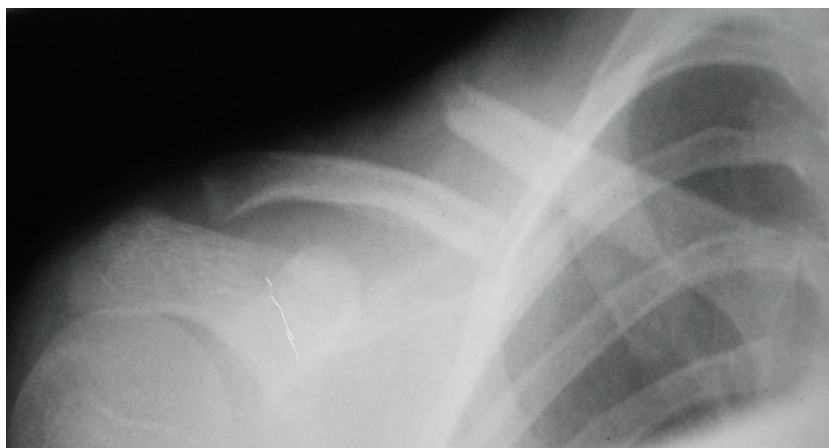


Abb. 10e: *Klavikulafraktur mit Dislokation über Schaftbreite mit Kontraktion*



Abb. 10f: *Klavikulafraktur mit Dislokation und Distraktion, Mehrfragmentfraktur*

Neben der Zuordnung der Probanden zu definierten Klassifikationsgruppen – bezogen auf den Frakturtyp – wurden die Kinder nach Alter, Geschlecht und Behandlungsmethode in Einzelgruppen aufgeteilt.

Zur Bestimmung eines möglichen Alters-Cut-off wurde die Gesamt-Stichprobe sowohl nach Jahrgängen als auch in zwei große Altersgruppen unterteilt. Um die Ergebnisse des jüngeren Kindesalters von denen älterer Kinder und Adoleszenten unterscheiden zu können, wurde die Zäsur am Ende des 9. Lebensjahres gesetzt. Ziel dieser Unterteilung war es, die Einflüsse des Lebensalters auf den Heilungsprozess und das Remodeling nach dislozierter Fraktur genauer nachzuweisen, da generell das Korrekturpotential grob dislozierter kindlicher Frakturen mit zunehmendem Alter sinkt.

Die Unterteilung in „männlich“ und „weiblich“ begründete sich in der Annahme, dass das Kriterium „Geschlecht“ Einfluss sowohl auf das Frakturereignis und den Heilungsprozess als auch später auf die patienteneigene Beurteilung des kosmetischen Ergebnisses hat. Daher wurden bei der weiteren Interpretation die erhobenen Daten auch geschlechtsspezifisch analysiert.

Die Unterteilung der Stichprobe nach der Behandlungsmethode der Fraktur diente der zentralen Fragestellung dieser Studie: Es sollte untersucht werden, welchen Einfluss – unter Berücksichtigung der bereits angeführten Einteilungskriterien – die konservative im Vergleich mit der operativen Versorgung auf den Heilungsprozess und die Qualität des Ergebnisses bei kindlichen dislozierten Klavikulafrakturen hatte.

2.3 Nachuntersuchungsmethoden

Die Probanden wurden untersucht bzw. befragt hinsichtlich

- der Schulterfunktion mit Hilfe des Constant-und-Murley-Scores (C&M-Score) und der Neutral-Null-Methode
- der Knochenkonsolidierung und Konfiguration nach Klavikulafraktur mittels Ultraschall
- der Zufriedenheit mit der jeweiligen Behandlung und dem kosmetischen Ergebnis mit einem standardisierten Interview, dem „Zufriedenheitsbogen (ZUF-8)“.
- der Schmerzstärke mit der für Kinder angepassten visuellen analogen Skala an den ersten 3 Tagen nach dem Frakturereignis bzw. nach operativer Versorgung

2.3.1 Die funktionelle Untersuchung des Schultergelenks

Die Nachuntersuchung wurde mit Hilfe eines Bogens (s. Anhang 1) standardisiert durchgeführt. Zur Datenerhebung wurden dabei folgende Instrumente eingesetzt:

a) Die Neutral-Null-Methode

Bei der Neutral-Null-Methode wird der Bewegungsumfang des Schultergelenks auf eine einheitlich definierte „Neutralstellung“ bezogen. In der Neutralstellung beträgt die Gradzahl definitionsgemäß 0 Grad (Rössler und Rütger, 2005) (s. Abb. 11).

Die Bewegungsgrade wurden entsprechend der drei Raumebenen in Anteversion, Retroversion, Abduktion sowie Außen- und Innenrotation geprüft.

In jeweils 10°-Schritten wurde der Bewegungsumfang bis zum Maximum mittels Goniometer erfasst. Dies war im Einzelnen in der

- | | |
|-------------------|-----------|
| i. Anteversion | 0° - 180° |
| ii. Retroversion | 0° - 50° |
| iii. Abduktion | 0° - 180° |
| iv. Außenrotation | 0° - 60° |
| v. Innenrotation | 0° - 100° |

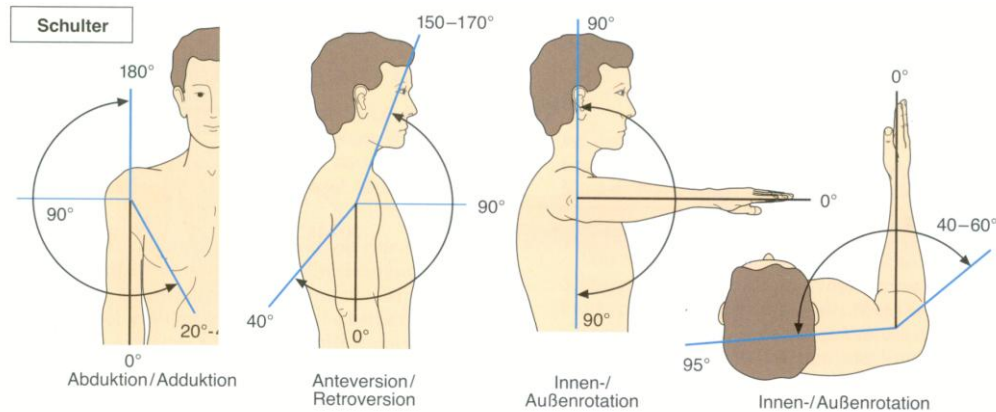


Abb. 11: Bewegungsgrade im Schultergelenk nach der Neutral-Null-Methode

(aus: Rössler und Rütther, 2005)

b) Der Constant und Murley-Score (C&M-Score)

Der C&M-Score (s. Anhang 2) ist ein validierter und etablierter Score zur Bestimmung der Schulterfunktion. Es erfolgt eine Punktvergabe nach subjektiven und objektiven Kriterien, wobei maximal 100 Punkte erreichbar sind. 100 Punkte können gleichgesetzt werden mit einer schmerzfreien, voll beweglichen und funktionstüchtigen Schulter. Null Punkte bedeuten dementsprechend einen Zustand maximalen Schmerzes bei nicht vorhandener Schulterfunktion.

Untersucht werden im C&M-Score subjektive und objektive Parameter, die im Verhältnis 35:65 stehen. Entsprechend den Angaben von Constant gewährleistet erst der Einschluss sogenannter subjektiver und objektiver Parameter die erforderliche Genauigkeit eines derartigen Scores (Constant und Murley, 1987).

A) Bei den subjektiven Parametern des C&M-Scores beurteilt der Patient selbst:

- a) Schmerzen
- b) Aktivitäten des täglichen Lebens
- c) Arbeitshöhe in Bezug auf die Schulterbeweglichkeit

B) Bei den objektiven Kriterien des C&M-Scores beurteilt der Untersucher:

- a) Bewegungsumfang im Schultergelenk
- b) Kraft

Der vom Patienten empfundene Schmerz (Aa) wird in 4 Kategorien eingeteilt: starke – mäßige – milde – keine Schmerzen, wobei jeder Kategorie eine definierte Punktzahl zugeordnet ist. Maximal erreichbar sind 15 Punkte bei einer völlig schmerzfreien Schulter, milde Schmerzen entsprechen 10 Punkten, mäßige Schmerzen 5 Punkten und starke Schmerzen bei täglichen Verrichtungen 0 Punkten.

Das zweite subjektive Kriterium des C&M-Scores ist die Beurteilung von Aktivitäten des täglichen Lebens (Ab). Insgesamt können vom Patienten 10 Punkte erreicht werden.

Hierbei handelt es sich im Einzelnen um die Einschätzung der Arbeitsfähigkeit (keine Einschränkung 4 Punkte), die Einschätzung der Sportfähigkeit (keine Einschränkung 4 Punkte) und die Einschätzung der Schlafqualität (keine Einschränkung 4 Punkte).

Drittes subjektives Kriterium ist die Angabe der Arbeitshöhe (Ac), die der Patient mit der Hand erreichen kann. Auch hier können maximal 10 Punkte erzielt werden. Arbeiten bis zur Hüfthöhe werden mit 2 Punkten bewertet, Arbeiten bis Brusthöhe mit 4 Punkten, Arbeiten bis Nackenhöhe mit 6 Punkten, Arbeiten bis Stirnhöhe mit 8 Punkten und Arbeiten über Kopf bedeuten 10 Punkte.

Insgesamt können in diesem Teil des C&M-Scores Punktwerte 0 bis maximal 35 Punkte erzielt werden.

Im sogenannten „objektiven“ Teil des C&M-Scores wird vom Untersucher zunächst der aktive Bewegungsumfang im Schultergelenk geprüft (Ba). Unterteilt wird dieser Parameter entsprechend den möglichen Bewegungsebenen des Schultergelenkes: Für die Anteversion, Abduktion, Außenrotation und Innenrotation werden jeweils 10 Punkte bei maximaler Beweglichkeit vergeben.

Die Anteversion und Abduktion werden entsprechend den Angaben von Constant (Constant und Murley, 1987) jeweils in Gradzahlen notiert und mittels Goniometer am stehenden Patienten ermittelt. Ein Bewegungsausmaß in beiden Bewegungsebenen zwischen 151 und 180° bedeutet 10 Punkte, zwischen 121 und 150° 8 Punkte, 91-120° 6 Punkte, 61-90° 4 Punkte 31-60° 2 Punkte und kleiner/ gleich 30° 0 Punkte.

Die Bestimmung des Ausmaßes der Außenrotation wird anhand der Stellung von Hand und Ellenbogen definiert. Auch hier sind maximal 10 Punkte erreichbar.

Die nun folgenden Teilkomponenten werden jeweils mit 2 Punkten bewertet, wenn der Patient sie ausführen kann:

- i. Hand hinterm Kopf / Ellenbogen vorne
- ii. Hand hinterm Kopf / Ellenbogen hinten
- iii. Hand auf dem Kopf / Ellenbogen vorne
- iv. Hand auf dem Kopf / Ellenbogen hinten
- v. Volle Elevation vom Kopf aus

Das Ausmaß der Innenrotation wird nach der Höhe auf der Körperrückseite bestimmt, die mit dem Handrücken des Arms der zu untersuchenden Schulter erreicht werden kann. Maximal sind wieder 10 Punkte zu erreichen. Die folgenden Teilkomponenten werden in dieser Kategorie unterschieden:

- | | |
|--|-----------|
| i. Handrücken auf Höhe des Trochanter major = | 0 Punkte |
| ii. Handrücken auf Höhe der Glutäen = | 2 Punkte |
| iii. Handrücken auf Höhe des Ileosakralgelenkes = | 4 Punkte |
| iv. Handrücken auf Höhe des lumbosakralen Überganges = | 6 Punkte |
| v. Handrücken auf Höhe des 12. Brustwirbels = | 8 Punkte |
| vi. Handrücken auf Höhe des 7. Brustwirbels = | 10 Punkte |

Der zweite objektive vom Untersucher zu prüfende Parameter des C&M-Scores ist die Kraft (Bb), wobei für jedes gehaltene englische Pfund (entspricht 0,453 kg) ein Punkt notiert wird. Maximal erreichbar sind hier 25 Punkte. Constant empfiehlt die Messung der Schulterkraft mittels einer Federwaage mit einem Messbereich bis zu 12 kg. Damit soll die Fähigkeit des Patienten geprüft werden, eine Abduktion von 90° beizubehalten.

In der für Kinder adaptierten Studie prüften wir lediglich die Fähigkeit der jungen Patienten, die Schulter in 90°-Abduktion der betroffenen Seite gegen Widerstand durch die Hand des Untersuchers zu halten. Der ausgeübte Druck der Untersucherhand ist mit etwa 9-10 kg einzuschätzen.

Die einzelnen Parameter des C&M-Scores sowie die entsprechende Punktvergabe sind in der folgenden Tabelle (s. Tab. 2) noch einmal zusammengefasst:

Tab. 2: Punktvergabe bei den einzelnen Parametern des C&M-Scores

Parameter	Punkte
Schmerzbeurteilung durch Patienten	0-15
Alltagsfunktionstüchtigkeit	0-10
<i>Arbeitsfähigkeit</i>	<i>0-4</i>
<i>Sportfähigkeit</i>	<i>0-4</i>
<i>Schlafqualität</i>	<i>0-2</i>
Arbeitshöhe	0-10
Bewegungsumfang	0-40
<i>Anteversion</i>	<i>0-10</i>
<i>Abduktion</i>	<i>0-10</i>
<i>Außenrotation</i>	<i>0-10</i>
<i>Innenrotation</i>	<i>0-10</i>
Kraftmessung	0-25
Summe	0-100

Eine Beurteilung der vom Patienten erreichten Punktzahl, d.h. ab welchem Punktwert die Schulterfunktion beispielsweise als „schlecht“ zu beurteilen ist, wird in der Publikation (Constant und Murley, 1987) nicht angegeben.

Der Nachuntersuchungsbogen, der für unsere Studie verwendet wurde, enthielt ferner einen neurologischen Untersuchungsteil. Hier wurde die Intaktheit der Nervi radialis, ulnaris und medianus mittels orientierender Untersuchung und Befragung überprüft wie auch die Hautsensibilität über dem ehemaligen Frakturgebiet. Auffälligkeiten, wie z.B. Sensibilitätsausfälle, wurden dementsprechend dokumentiert.

2.3.2 Ultraschalluntersuchung der Klavikula

Aufgrund ihrer exponierten Lage direkt unter der Haut ist die Klavikula für den Ultraschall gut zugänglich. Wir führten die Untersuchung mit einem 7,5-MHz-Linear-Schallkopf eines Ultraschallgerätes der Firma Siemens durch. Hierbei wurde zum einen die Knochenkonsolidierung nach stattgehabter Klavikulafraktur betrachtet, zum anderen eine Messung der Knochenachsen und Knochenlängen im Seitenvergleich durchgeführt. Die Klavikula wurde bei sitzendem, dem Untersucher zugewandten Patienten jeweils in zwei Ebenen im anterior-posterioren Strahlengang (a.p.) und im cranio-caudalen Strahlengang (c.c.) links und rechts im Seitenvergleich untersucht.

Bei der Messung wurde vom zentralen Drittel des leicht s-förmig geschwungenen Knochens ausgegangen.

Eine stabile, geheilte Klavikula ist im Ultraschall definiert als eine homogene Knochenstruktur mit (wenn noch bestehendem) homogenem Kallus ohne Anzeichen einer Pseudarthrose, mit intakter Kortikalis, sowie in der klinischen Untersuchung stabilem, schmerzfrei palpablem Knochen (Blab et al., 1999). Eine noch fehlende Durchbauung sechs Monate nach Frakturereignis wurde als Pseudarthrose definiert (Rowe, 1968).

Der Krümmungswinkel der Klavikula wurde ausgehend vom zentralen Drittel im anterior-posterioren (a.p.) und cranio-caudalen (c.c.) Strahlengang jeweils im Seitenvergleich gemessen.

Achsabweichungen wurden in beiden Ebenen (a.p. und c.c.) mit Hilfe einer Winkelmessung in der Ultraschallgerät-Software jeweils im Seitenvergleich dokumentiert. Die Winkelangabe erfolgte in Grad (s. Abb. 12a+b und 13).

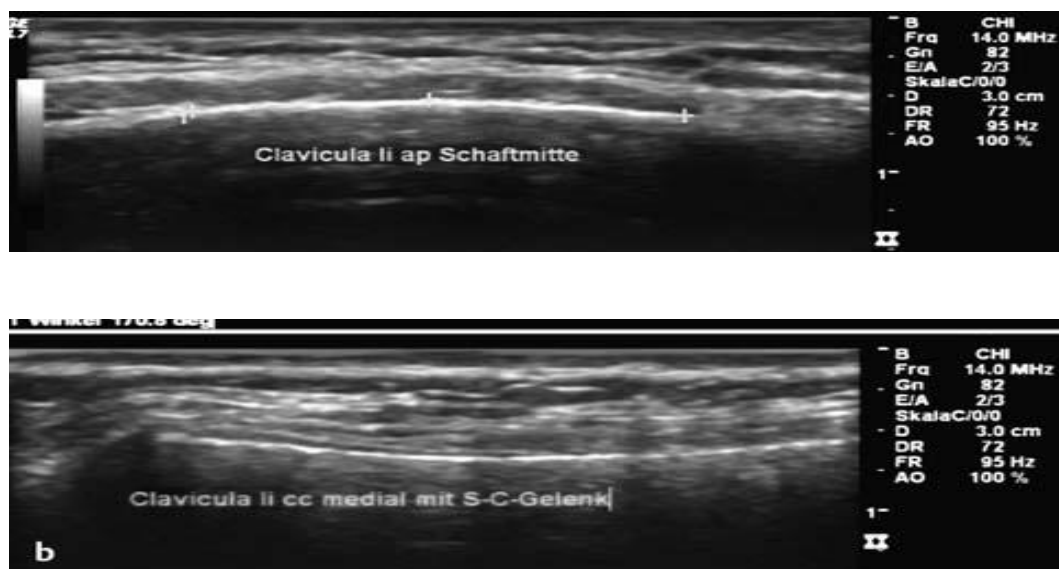


Abb. 12a+b: Achsenmessung der Klavikula mittels Ultraschall a.p. (oben) und c.c. (unten)



Abb. 13: Durchführung der Ultraschalluntersuchung bei einem 7-jährigen Patienten

Da in der Literatur keine Messwerte im Ultraschall für die kindliche Klavikula existieren, wurde von uns folgendes definiert:

Nach einer Fraktur galten Winkeldifferenzen im Vergleich der betroffenen mit der gesunden Seite als unauffällig, wenn sie $< 10^\circ$ sowohl im a.p.-Strahlengang als auch im c.c.-Strahlengang betrugen. Alle darüber hinaus bestehenden Winkeldifferenzen wurden als eine in Fehlstellung verheilte oder inkomplett remodelierte Fraktur definiert. Zusätzlich führten wir die Berechnung einer nichtparametrischen Korrelation durch, um den Einfluss der Winkeldifferenzen auf die Behandlungsergebnisse zu erfassen.

Weiterhin führten wir eine Längenmessung der Klavikula im Seitenvergleich durch. Dazu wurde im Ultraschall das Akromioklavikulargelenk dargestellt und der Gelenkspalt auf der Haut des Patienten mit einer Markierung versehen. Von der Markierung über dem AC-Gelenk wurde dann mit einem Maßband die Länge der Klavikula bis zum sonographisch dargestellten Sternoklavikulargelenk gemessen und dokumentiert.

Für diese Messung wurden als nicht signifikante Differenzen nach einer Fraktur Längendifferenzen bis zu 1 cm definiert. Alle darüber hinaus bestehenden Längendifferenzen wurden als Verkürzungs- / Verlängerungsfehlstellung der Klavikula nach einer Fraktur definiert.

2.3.3 Der Zufriedenheitsfragebogen ZUF-8

Der Zufriedenheitsfragebogen ZUF-8 (s. Anhang 4) ist ein validierter Fragebogen, der von Schmidt und Wittmann 1989 zur globalen Erfassung der Patientenzufriedenheit entwickelt wurde.

Es handelt sich um ein Selbstbeurteilungsverfahren, welches innerhalb der stationären Behandlung in der Reha-Klinik, im Krankenhaus oder auch in der stationären Psychotherapie bzw. psychosomatischen Rehabilitation angewendet wird. Bei dem Modell von Schmidt und Wittmann (1989) handelt es sich um die deutschsprachige Adaptation des amerikanischen „Client Satisfaction Questionnaire (CSQ-8)“ von Attkisson und Zwick (2002).

Im ZUF-8 wird über 8 Items die generelle Zufriedenheit mit Aspekten der Klinik bzw. der erhaltenen Behandlung erfasst (s. Anhang 4). Da die Beantwortung des Fragebogens etwa 3 Minuten dauert, wird dies als sehr zeitökonomisches Verfahren angesehen. Da es sich bei unserem Patientenkollektiv um Kinder handelte, richteten sich die Fragebögen in unserer Studie an Eltern und Patienten.

Die 8 Items des Zufriedenheitsbogens sind als Fragen formuliert, die jeweils 4 vorgegebenen Antwortmöglichkeiten anbieten. Eine „neutrale“ Position (Antwort: „weiß ich nicht“) ist naturgemäß nicht vorhanden, weil das Verfahren eine definitive Aussage bezüglich der Fragestellung erreichen will.

Der originale Zufriedenheitsbogen ZUF-8 wurde von uns nur inhaltlich bei Frage 5 angepasst, um relevante Daten zu erheben, da ursprünglich gefragt wurde:

„Wie zufrieden sind Sie (bist Du) mit dem Ausmaß der Hilfe, welche Sie (Du) hier erhalten haben (hast)?“

In unserem Fragebogen lautete die Frage:

„Wie zufrieden sind Sie (bist Du) mit dem Ergebnis der Operation/ Behandlung und der Kosmetik?“

Die Antwortmöglichkeiten wurden nicht verändert.

Die Items werden entsprechend ihrer Polung mit 1 (= ungünstigste Ausprägung) bis 4 (= positivste Ausprägung) verrechnet und zu einem Gesamtscore summiert (Skalenrange: 8-32).

Der ZUF-8 spiegelt somit sowohl die subjektive Zufriedenheit der Patienten mit der erhaltenen Behandlung und Versorgung als auch die Zufriedenheit mit dem kosmetischen Ergebnis der Behandlung wider. Entsprechend wird damit die Ergebnisqualität erfasst.

Eine Beurteilung der vom Patienten erreichten Punktzahl, d.h. ab welchem Punktwert der Patient beispielsweise als „unzufrieden“ gilt, wird von Schmidt und Wittmann (1989) nicht angegeben.

2.3.3 Komplikationen, Schmerzwahrnehmung und kosmetisches Ergebnis nach der Frakturbehandlung

Der Fragebogen mit dem Titel „Fragebogen für die Eltern zur Nachuntersuchung bei kindlicher komplizierter Schlüsselbeinfraktur nach Operation / Behandlung mittels Rucksackverband“ dient der Qualitätssicherung an unserer Klinik (s. Anhang 3).

In 11 Unterpunkten soll die allgemeine Zufriedenheit der Eltern bzw. der Patienten selbst mit der jeweiligen Behandlungsmethode der Klavikulafraktur erfasst werden. Durch die unterschiedlichen Antwortmöglichkeiten besteht der Fragebogen aus drei in der Auswertung unterschiedlich zu würdigenden Teilen:

- Die Fragen 3 bis 5 beziehen sich explizit auf die vom Kind angegebene Schmerzstärke nach einer Operation bzw. nach konservativer Behandlung. Die Antwortmöglichkeiten sind subjektive Beurteilungen mit Neutralposition, die mit Punktwerten von 0 bis 4 gewichtet werden. Gleiches gilt sinngemäß für die Frage 10, die sich auf die Zufriedenheit mit dem kosmetischen Behandlungsergebnis bezieht.
- die Fragen 1, 2, 6 und 9 sind mit ja / nein verschlüsselt.
- die Fragen 7, 8 und 11 sind mit ja / nein verschlüsselt inklusive Neutralposition (Antwort: „weiß nicht“).

Bei der Auswertung wurden die Items der Frage Nummer 10 mit Punkten von 0 (= negativste Ausprägung, d.h. sehr unzufrieden) bis 4 (= positivste Ausprägung, d.h. sehr zufrieden) bewertet.

Die Items der Fragen 3, 4 und 5 wurden bei der Auswertung entsprechend ihrer Polung mit Punkten von 0 (= positivste Ausprägung, d.h. keine Schmerzen) bis 4 (= negativste Ausprägung, d.h. sehr starke Schmerzen) verrechnet. Diese Punktwerte konnten dann zu einem Schmerz-Score zusammengefasst werden, so dass operativ und konservativ behandelte Patienten hinsichtlich der empfundenen Schmerzen direkt verglichen werden konnten.

Die Antwortmöglichkeiten der Frage 11 wurden als relevant für die Zufriedenheit mit einer spezifischen Behandlungsmethode (konservativ vs. operativ) bewertet.

2.4 Statistische Analysen

Die Ergebnisse wurden anhand des Alters der Patienten (Jahrgänge, **Gruppe 1** = 0-9 Jahre; **Gruppe 2** = 10-17 Jahre), des Geschlechts (**Gruppe 1** = weiblich, **Gruppe 2** = männlich), des Dislokationsgrades (Frakturtyp **Typ I bis IV**), bzw. nach operativer und konservativer Behandlung (**Gruppe 1** = operativ, **Gruppe 2** = konservativ) analysiert. Der Gruppenvergleich wurde mit dem Mann-Whitney-U-Test durchgeführt und Korrelationskoeffizienten nach Spearman und Pearson mit einem Signifikanzniveau von $p < 0,05$ ermittelt. Die Berechnungen erfolgten mit dem Statistikprogramm SPSS 17.0 für Windows.

3 Ergebnisse

3.1 Studienpopulation

Zwischen Januar 1997 und Dezember 2007 wurden 320 Patienten mit Klavikulafrakturen behandelt, davon wiesen 101 Kinder entsprechend unserer Definition stark dislozierte Klavikulafrakturen auf. Von den 101 einbestellten Patienten nahmen insgesamt 59 Patienten an der Studie teil, davon konnten 45 Patienten in der Poliklinik der Kinderchirurgie des Universitätsklinikums Schleswig-Holstein Campus Lübeck nachuntersucht werden und die Daten von 14 Patienten vollständig telefonisch erhoben werden. 41 Patienten nahmen nicht an der Studie teil: 8 Patienten waren weder schriftlich noch telefonisch zu erreichen, bei 26 Patienten konnte aufgrund eines Umzuges trotz Kontaktaufnahme mit den jeweiligen Einwohnermeldeämtern und den vormals betreuenden Kinderärzten die aktuelle Adresse nicht ermittelt werden, weitere 7 Patienten verneinten die Teilnahme an der Studie.

Die 59 Patienten, die insgesamt an der Studie teilnahmen, wurden zwischen Juni 2006 und April 2008 nachuntersucht, so dass die Zeitspanne zwischen dem Frakturereignis und der Nachuntersuchung zwischen 12 Monaten und 9 Jahren lag (Mittelwert 3 Jahre).

Ein Patient erlitt eine beidseitige Klavikulafraktur, so dass die Ergebnisse von 60 Klavikulafrakturen ausgewertet werden konnten.

Alle Patienten wurden hinsichtlich Ihrer Schulterfunktion (Constant & Murley-Score und Neutral-Null-Methode), ihrer Zufriedenheit (gemessen mit dem ZUF-8), sowie des kosmetischen Ergebnisses nachuntersucht. Bei allen Patienten, die zur Nachuntersuchung in der Klinik erschienen, wurden zusätzlich die betroffene und die kontralaterale Klavikula sonographiert.

Entsprechend unserer Einteilung des Dislokationsgrades fanden wir

- eine Dislokation der Fraktur Typ I: 13 Patienten (22%)
- eine Dislokation der Fraktur Typ II: 27 Patienten (45%)
- eine Dislokation der Fraktur Typ III: 17 Patienten (28%)
- eine Dislokation der Fraktur Typ IV: 2 Patienten (3%).

Bei 1 Patientin konnte der ursprüngliche Frakturtyp bei initialer Behandlung im Ausland nicht erfasst werden.

Die in der vorliegenden Studie untersuchte Population ist entsprechend Alter, Geschlecht, Frakturtyp und Behandlungsmethode in Tabelle 3 aufgeführt.

Tab. 3: Alters-, Geschlechts- und Frakturtypverteilung sowie Behandlung der nachuntersuchten Patienten

	Anzahl Frakturen (n)	Patienten < 10 Jahre	Patienten > 10 Jahre
	60	28 (47%)	32 (53%)
Geschlecht			
Weiblich	22 (37%)	9 (41%)	13 (59%)
Männlich	38 (63%)	19 (50%)	19 (50%)
Behandlungs- methode			
Operativ	11 (18%)	1 (9%)	10 (91%)
Konservativ (Rucksackverband)	49 (82%)	27 (55%)	22 (45%)
Typ der Fraktur- Dislokation			
Typ I	13 (22%)	6 (46%)	7 (54%)
Typ II	28 (47%)	16 (57%)	12 (43%)
Typ III	16 (27%)	4 (25%)	12 (75%)
Typ IV	2 (4%)	1 (50%)	1 (50%)

Alle 60 erfassten Frakturen waren im mittleren Drittel lokalisiert (Typ Allman I).

3.2 Ergebnisse in Abhängigkeit des Patientenalters

Vergleich der Patienten <10 Jahre und >10 Jahre im Gesamtkollektiv

In der Altersgruppe der unter und über 10-Jährigen wurde das funktionelle Ergebnis durchwegs hoch bewertet (C&M-Score 99,89 bzw. 98,16 Punkte). Die subjektive Zufriedenheit war in der Altersgruppe der unter 10-Jährigen tendenziell höher (29,25 vs. 27,41 Punkte als Mittelwert) als in der Altersgruppe der über 10-Jährigen.

Das subjektive kosmetische Ergebnis wurde in der Altersgruppe der unter 10-Jährigen signifikant höher eingeschätzt (Kosmetik-Score 3,86 vs. 3,34 Punkte als Mittelwert, $p < 0,05$) (s. Tab. 4).

Tab. 4: Ergebnisse der Altersgruppen <10 Jahre vs. >10 Jahre

	< 10 Jahre (Gruppe 1)	> 10 Jahre (Gruppe 2)	p-Wert
Frakturen (n)	28	32	
C&M-Score	99,89 (89-100)	98,16 (83-100)	0,309 (n.s.)
ZUF 8	29,25 (19-32)	27,41 (13-32)	0,147 (n.s.)
Kosmetik-Score	3,86 (3-4)	3,34 (1-4)	0,006*

Korrelation zwischen Alter und Behandlungsergebnissen bei allen Patienten

Es zeigte sich eine signifikante negative Korrelation zwischen Alter und Zufriedenheit, d.h. je höher das Alter, desto unzufriedener waren die Patienten mit dem Ergebnis. Auch Alter und Schulterfunktion zeigten eine schwache, jedoch nicht signifikante negative Korrelation. Die negative Korrelation von Alter und Kosmetik-Score war hoch signifikant, d.h. je höher das Alter, desto niedriger fielen die Werte des Scores bezüglich des kosmetischen Ergebnisses aus (s. Tab. 5).

Tab. 5: Korrelation zwischen Alter und Behandlungsergebnissen innerhalb der Gesamtpopulation

	C&M Score // p-Wert	ZUF-8 // p-Wert	Kosmetik-Score // p-Wert
Korrelation Alter	-,201 // 0,124 (n.s.)	-,256 // 0,049*	-,462 // <0,001*

Ein definitiver „Alters-Cut-off“, ab welchem die Behandlungsergebnisse immer statistisch signifikant variierten, konnte nicht gefunden werden.

Es bestand eine signifikante negative Korrelation zwischen dem Alter der Probanden und der allgemeinen Zufriedenheit bzw. Zufriedenheit mit dem kosmetischen Ergebnis (s. Tab 5). Es konnte ausschließlich eine statistisch belegte Aussage darüber gemacht werden, dass mit steigendem Alter der Probanden die Behandlungsergebnisse in Bezug auf diese beiden Kriterien ungünstiger eingeschätzt wurden. Eine exakte Altersgrenze ließ sich hingegen nicht festlegen.

Die folgenden Tabellen (s. Tab. 6a-c), die die konservativ behandelten Probanden in definierte Altersjahrgänge aufteilen, zeigen als Übersicht, wie sich die Mittelwerte der Scores hinsichtlich der gemessenen Variablen mit dem Alter veränderten.

Tab. 6a: Ergebnisse des Constant & Murley-Score bei konservativ behandelten Patienten bezogen auf das Alter bei Fraktur

Alter bei Fraktur (Jahre)	Anzahl n (Frakturen)	Mittelwert (0-100 Punkte)
2	5	99,6
3	2	100
4	3	100
5	6	99,33
6	1	100
7	4	97,25
8	1	100
9	5	97,2
10	1	100
11	9	98,22
12	4	100
13	3	100
14	-	-
15	3	95
16	1	83
17	1	98
	49	97,84

Tab. 6b: Erzielte Werte im ZUF-8 bei konservativ behandelten Patienten bezogen auf das Alter bei Fraktur

Alter bei Fraktur (Jahre)	Anzahl n (Frakturen)	Mittelwert (8-32 Punkte)
2	5	30,2
3	2	28,5
4	3	29
5	6	30,83
6	1	32
7	4	27,25
8	1	19
9	5	29,4
10	1	28
11	9	29,67
12	4	29,5
13	3	28,67
14	-	-
15	3	22
16	1	16
17	1	20
	49	26,67

Tab. 6c: Erzielte Werte in der Beurteilung des kosmetischen Ergebnisses bei konservativ behandelten Patienten bezogen auf das Alter bei Fraktur

Alter bei Fraktur (Jahre)	Anzahl n (Frakturen)	Mittelwert (0-4 Punkte)
2	5	4,0
3	2	4,0
4	3	3,67
5	6	4,0
6	1	4,0
7	4	3,75
8	1	3,0
9	5	3,8
10	1	3,0
11	9	3,89
12	4	3,25
13	3	3,67
14	-	-
15	3	2,67
16	1	1,0
17	1	3,0
	49	3,38

Die Analyse der drei Tabellen zeigt tendenziell niedrigere Werte hinsichtlich der allgemeinen und kosmetischen Zufriedenheit mit steigendem Alter. Die Auswertung der Ergebnisse hinsichtlich der Schulterfunktion lässt andererseits keinen Einfluss des Alters erkennen. Eine exakte Altersgrenze, z.B. am Ende des 9. Lebensjahres, ab der sich die Punktwerte deutlich veränderten, konnte jedoch nicht herausgearbeitet werden.

3.3 Ergebnisse der konservativ behandelten Patienten

Vergleich der konservativ behandelten Patienten < 10 Jahre mit den konservativ behandelten Patienten > 10 Jahre

In der Altersgruppe der 0-9-Jährigen wurden 27/28 Patienten konservativ behandelt. Die durchschnittliche Tragezeit des Rucksackverbandes betrug hier 2 Wochen.

In der Altersgruppe der 10 bis 17-Jährigen wurden 22/32 Patienten konservativ behandelt. Hier wurden Tragezeiten des Verbandes von 2 bis 6 Wochen angegeben. Damit mussten die Patienten zwischen 10 und 17 Jahren den Rucksackverband im Schnitt 1,5 Wochen länger tragen als Patienten der Altersgruppe 0-9 Jahre.

Das funktionelle Ergebnis wurde in beiden Gruppen durchweg hoch bewertet: der C&M-Score lag bei 98,85 bzw. 97,73 Punkten.

Die subjektive Zufriedenheit war in der Altersgruppe der unter 10-Jährigen nicht signifikant höher (29,15 vs. 27,32 Punkten als Mittelwert) als in der Altersgruppe der über 10-Jährigen. Das subjektive kosmetische Ergebnis wurde in der Altersgruppe der unter 10-Jährigen signifikant höher eingeschätzt. Der Kosmetik-Score lag hier bei 3,85 Punkten (Gruppe I) verglichen mit einem Mittelwert von 3,36 Punkten (Gruppe II, $p < 0,05$) (s. Tab. 7).

Tab. 7: Ergebnisse der konservativ behandelten Patienten < 10 Jahre vs. > 10 Jahre

	< 10 Jahre	> 10 Jahre	p-Wert
Frakturen (n)	27	22	-
C&M-Score	98,85 (89-100)	97,73 (83-100)	0,195 (n.s.)
ZUF 8	29,15 (19-32)	27,32 (13-32)	0,193 (n.s.)
Kosmetik-Score	3,85 (3-4)	3,36 (1-4)	0,015*

3.4 Ergebnisse für die Altersgruppe der 0-9 Jährigen

In der Altersgruppe der 0-9-Jährigen befanden sich insgesamt 28 Kinder. Von diesen wurden 27 konservativ behandelt. Eine Patientin musste 21 Monate nach Fraktur wegen einer Pseudarthrose, die sich unter vorheriger konservativer Behandlung gebildet hatte, operativ versorgt werden. Aufgrund der Besonderheit dieses seltenen Falles wird diese Patientin später gesondert berücksichtigt und als Fallbeispiel im Abschnitt „Sonderfälle in der Altersgruppe der 0-9-Jährigen“ dargestellt. Die folgenden Daten beziehen sich daher auf 27 Kinder im Alter zwischen 0 und 9 Jahren, die alle eine konservative Therapie erhielten (s. Tab. 3).

Der Einfluss des Geschlechtes auf die Behandlungsergebnisse in der Altersgruppe < 10 Jahre

Das funktionelle Ergebnis war durchweg sehr gut (C&M-Score 98,38 bzw. 99,05 Punkte) und zeigte sich nicht vom Geschlecht abhängig. Auch die subjektive Zufriedenheit und die kosmetische Zufriedenheit waren in ihrer Bewertung nicht vom Geschlecht abhängig (s. Tab.8).

Tab. 8: Ergebnisse der konservativ behandelten Patienten < 10 Jahre: Einfluss des Geschlechtes

	< 10 Jahre: weiblich	< 10 Jahre: männlich	p-Wert
Frakturen (n)	8	19	
C&M-Score	98,38 (89-100)	99,05 (93-100)	0,770 (n.s.)
ZUF 8	28,13 (21-32)	29,58 (19-32)	0,192 (n.s.)
Kosmetik-Score	3,75 (3-4)	3,89 (3-4)	0,343 (n.s.)

Einfluss des Dislokationsgrades auf die Behandlungsergebnisse in der Altersgruppe < 10 Jahre

Um einen möglichen Einfluss des Dislokationsgrades auf die Behandlungsergebnisse festzustellen, verglichen wir zunächst die Patienten < 10 Jahre, die konservativ behandelt wurden und einen Frakturtyp bzw. Dislokationsgrad 1 oder 2 hatten (n= 22) mit Patienten der gleichen Alters- und Behandlungsgruppe, die einen Frakturtyp 3 oder 4 aufwiesen (n= 5). Untersucht werden sollte, ob Patienten mit einer weniger starken Dislokation (Achsknick oder Dislokation um Schaftbreite) ein besseres Outcome hatten, als Patienten mit einer Dislokation um mehr als Schaftbreite oder mit Mehrfragmentbrüchen (Typ 3 bzw. 4).

Das funktionelle Ergebnis war jedoch durchweg sehr gut (C&M-Score im Mittel >98 Punkte) und zeigte sich nicht vom Frakturtyp abhängig. Auch bei der Bewertung der subjektiven allgemeinen und kosmetischen Zufriedenheit hatte der Frakturtyp unserer Patienten keinen Einfluss auf das Ergebnis (s. Tab. 9).

Tab. 9: Ergebnisse der konservativ behandelten Patienten < 10 Jahre: Vergleich Frakturtyp 1+2 vs. Frakturtyp 3+4

	< 10 Jahre: Frakturtyp 1+2	< 10 Jahre: Frakturtyp 3+4	p-Wert
Frakturen (n)	22	5	
C&M-Score	98,59 (89-100)	100 (100-100)	0,198 (n.s.)
ZUF 8	29,27 (19-32)	28,60 (27-32)	0,388 (n.s.)
Kosmetik-Score	3,86 (3-4)	3,80 (3-4)	0,723 (n.s.)

Im zweiten Schritt verglichen wir Patienten mit Frakturtyp 1 (Grünholzfraktur mit Fragmentkontakt, n= 6) mit Patienten mit Frakturtyp 2, 3 oder 4 (dislozierte Fraktur ohne verbliebenen Knochenkontakt, n= 21).

Auch hier war das funktionelle Ergebnis durchweg sehr gut (C&M-Score 99,67 bzw. 98,62 Punkte) und zeigte sich nicht vom Frakturtyp abhängig.

Ebenso zeigten sich die subjektive allgemeine und kosmetische Zufriedenheit in ihrer Bewertung unbeeinflusst vom Frakturtyp (s. Tab. 10).

Tab. 10: Ergebnisse der konservativ behandelten Patienten <10 Jahre: Vergleich Frakturtyp 1 vs. Frakturtyp 2+3+4

	< 10 Jahre: Frakturtyp 1	< 10 Jahre: Frakturtyp 2+3+4	p-Wert
Frakturen (n)	6	21	
C&M-Score	99,67 (98-100)	98,62 (89-100)	0,630 (n.s.)
ZUF 8	30 (26-32)	28,90 (19-32)	0,530 (n.s.)
Kosmetik-Score	4 (4-4)	3,81 (3-4)	0,256 (n.s.)

Sonderfälle in der Altersgruppe der 0-9-jährigen

In der Altersgruppe der 0-9-Jährigen erzielten zwei Patienten Ergebnisse, die bezogen auf den gesamten Datensatz als Sonderfälle („Ausreißer“) eingestuft müssen.

Ein 8-jähriger Junge zog sich eine Klavikulafraktur links in Schaftmitte mit Dislokation um eine Schaftbreite mit Kontraktion zu. Es wurde eine konservative Behandlung mit Rucksackverband begonnen. Bei sehr starken Schmerzen erfolgte eine erneute Vorstellung des Patienten bei einem Facharzt für Orthopädie, welcher die Fraktur reponierte und erneut mit einem Rucksackverband für insgesamt 2 Wochen versorgte.

Bei der Nachuntersuchung im Rahmen unserer Studie 2 Jahre nach dem Frakturereignis sahen wir einen mit der durchgeführten Behandlung eher unzufriedenen Patienten mit dessen Mutter. Im Zufriedenheits-Score wurden nur 19 von 32 Punkten erreicht. Die Unzufriedenheit insbesondere von Seiten der Mutter begründete sich in der Tatsache, dass dem Kind keinerlei Schmerzmittel verabreicht wurden und die initiale Anlage des Rucksackverbandes somit ihrer Meinung nach „nicht straff genug“ gewesen sei. Das Reponieren der Fraktur beim niedergelassenen Orthopäden war auch ohne den Einsatz von Analgetika durchgeführt worden und hatte dem jungen Patienten erhebliche Schmerzen bereitet. Trotz der Unzufriedenheit mit der Behandlung bewertete der Patient die funktionellen und kosmetischen Ergebnisse sehr positiv: Die Kosmetik wurde mit 4 von 4 Punkten beurteilt, der Patient zeigte sich in seiner Schulterfunktion völlig unbeeinträchtigt und erzielte im C&M-Score 100 Punkte.

Die Schmerzen während der Behandlung wurden durch die Mutter bewertet und hätten entsprechend dem Schmerzscore maximale Werte zu allen drei abgefragten Zeitpunkten erreicht (Tag der Fraktur = 4 Punkte, 1. Tag nach Fraktur = 4 Punkte, 2. Tag nach Fraktur = 4 Punkte). Die Ultraschalluntersuchung der Klavikula zeigte keine Winkeldifferenzen $> 10^\circ$, jedoch eine minimale Längendifferenz von 0,5 cm, wobei die betroffene linke Seite verlängert war. Dies führte klinisch - wie oben beschrieben - zu keinerlei funktionellen Einschränkungen.

Eine weitere Patientin entwickelte unter initialer konservativer Behandlung die seltene Komplikation einer Pseudarthrose:

Die Patientin hatte sich im Alter von 6 Jahren eine Klavikulafraktur zugezogen, die auswärts fünf Wochen konservativ mittels Rucksackverband behandelt wurde. Ein ursprünglicher Frakturtyp konnte bei fehlenden am Urlaubsort angefertigten Röntgenbildern nicht definiert werden. Auch neun Monate nach dem Frakturereignis klagte das Mädchen weiterhin über anhaltende Schmerzen sowie eine deutliche Vorwölbung im Frakturbereich. Es bestand zu keinem Zeitpunkt eine Bewegungseinschränkung im Schultergelenk. Bei einem niedergelassenen Kollegen erstellte Röntgenbilder zeigten zum damaligen Zeitpunkt eine deutliche Kallusbildung ohne eindeutigen Pseudarthrosespalt. Es wurde eine erneute Ruhigstellung der Klavikula mittels Rucksackverband angeschlossen. 17 Monate nach dem Frakturereignis zeigte sich bei einer ambulanten Röntgenkontrolle nun definitiv eine Pseudarthrose der Klavikula. Klinisch beklagte die Patientin eine deutliche Berührungsempfindlichkeit über der Klavikula, es bestand keine schmerzhaftige Bewegungseinschränkung. Eine OP-Indikation wurde zu diesem Zeitpunkt bei nur geringer Schmerzsymptomatik nicht gesehen.

21 Monate nach dem Frakturereignis erfolgte dann bei nach wie vor ausgeprägter Fehlstellung (Abb. 14a/b/c) und stärkerer Schmerzsymptomatik die operative Versorgung der Pseudarthrose durch eine offener Resektion und Stabilisierung mittels elastisch stabiler intramedullärer Nagelung (Abb. 14d) an unserer Klinik, da die Eltern auf einer operativen Korrektur v.a. der kosmetischen Situation bestanden. Postoperativ war die Patientin beschwerdefrei. Eine Metallentfernung konnte nach 6 Monaten durchgeführt werden.

In der Nachuntersuchung zeigte sich die Patientin und ihre Familie sehr zufrieden mit der operativen Behandlung (ZUF-8: 32 Punkte). Die Kosmetik wurde mit 4 von 4 Punkten

bewertet und die Schulterfunktion war mit 100 von 100 Punkten im C&M-Score komplett uneingeschränkt. Der Schmerzscore am OP-Tag und den ersten zwei postoperativen Tagen wurde mit 3 – 2 – 1 (von jeweils 4 möglichen) Punkten angegeben.

Das objektive kosmetische Ergebnis war sehr gut (Abb. 14e), eine Verkürzung des betroffenen Schlüsselbeins war nicht eingetreten.



Abb. 14a: Fehlstellung und Pseudarthrose der linken Klavikula 21 Monate nach Fraktur

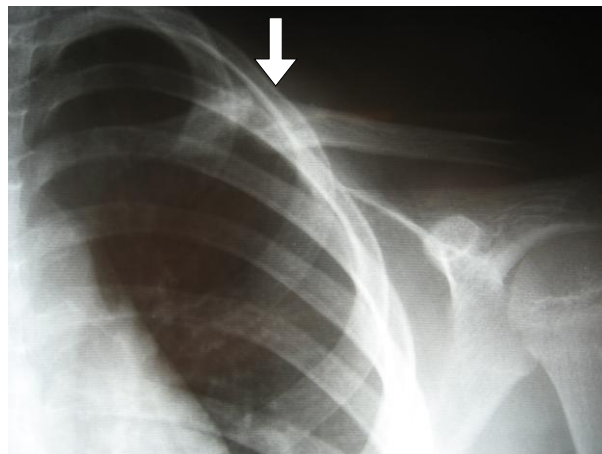


Abb. 14b: Pseudarthrose im konventionellen Röntgen links 21 Monate nach Fraktur (Pfeil)

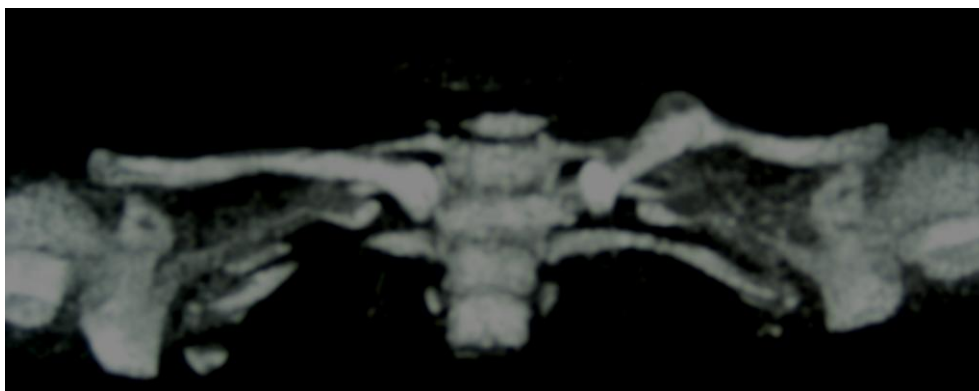


Abb. 14c: Darstellung der Pseudarthrose links mittels Computertomographie

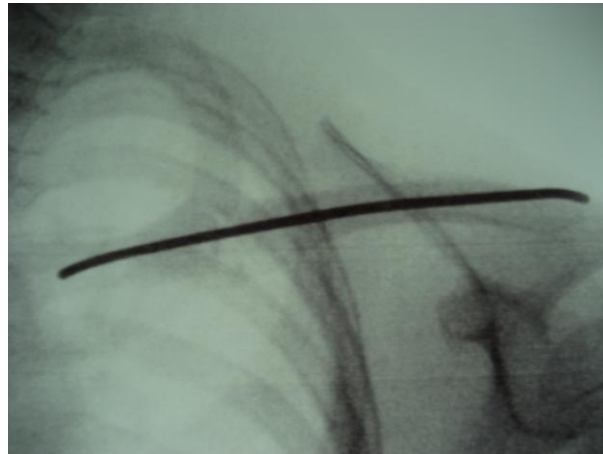


Abb. 14d: Operative Versorgung der Pseudarthrose mittels intramedullärem Nagel



Abb. 14e: Postoperatives Ausheilungsergebnis

3.5 Ergebnisse für die Altersgruppe der 10 bis 17-jährigen

In der Altersgruppe der 10 bis 17-jährigen befanden sich insgesamt 31 Patienten mit 32 Frakturen. Von diesen wurden 22 konservativ behandelt, 10 Frakturen wurden operativ versorgt. Das Kollektiv bestand aus 13 Mädchen und 18 Jungen, wobei ein Junge eine beidseitige Fraktur erlitt, so dass 19 Frakturen ausgewertet wurden (s. Tab. 3).

Der Einfluss des Geschlechtes in der Altersgruppe > 10 Jahre

Das funktionelle Ergebnis war insgesamt schlechter als in der Altersgruppe der <10-jährigen (dort durchweg Scores >99 Punkte). Im Einzelnen erzielten die Jungen im Mittel 99,47 Punkte gegenüber 96,23 Punkten bei den Mädchen; dies war jedoch statistisch kein signifikanter Unterschied. Ebenso war die subjektive Zufriedenheit bei den

Jungen der Altersgruppe > 10 Jahre nicht signifikant höher als bei den Mädchen dieser Altersgruppe (29,11 vs. 24,92 Punkte als Mittelwert). Das kosmetische Ergebnis wurde von den Jungen höher bewertet als von den Mädchen (3,53 vs. 3,08), aber auch hier konnte kein signifikanter Unterschied errechnet werden.

Ein signifikanter Einfluss des Geschlechtes auf die Behandlungsergebnisse ließ sich zwar statistisch nicht errechnen, jedoch waren deutliche Tendenzen auf ein besseres Outcome in der Gruppe der Jungen über 10 Jahre zu erkennen (s. Tab. 11). Zum Teil wurde das Signifikanzniveau von 5% nur knapp verpasst (Geschlecht und Schulterfunktion mit p-Wert von 0,08).

Tab. 11: Ergebnisse der Patienten > 10 Jahre: Einfluss des Geschlechtes

	> 10 Jahre: weiblich	> 10 Jahre: männlich	p-Wert
Frakturen (n)	13	19	
C&M-Score	96,23 (83-100)	99,47 (94-100)	0,08 (n.s.)
ZUF 8	24,92 (13-32)	29,11 (24-32)	0,12 (n.s.)
Kosmetik-Score	3,08 (1-4)	3,53 (3-4)	0,60 (n.s.)

Der Einfluss des Dislokationsgrades in der Altersgruppe > 10 Jahre

Um den Einfluss des Dislokationsgrades auf die Behandlungsergebnisse festzustellen, verglichen wir Patienten der Altersgruppe 10-17 Jahre, die einen Frakturtyp 1 oder 2 hatten (n= 19) mit Patienten, die einen Frakturtyp 3 oder 4 aufwiesen (n= 13).

Das funktionelle Ergebnis war durchweg gut bis sehr gut (C&M-Score im Mittel >97 Punkte) und zeigte sich nicht vom Frakturtyp abhängig.

Auch die subjektive und kosmetische Zufriedenheit wurden in ihrem Ergebnis nicht durch den Frakturtyp beeinflusst (s. Tab. 12).

Tab. 12: Ergebnisse der Patienten > 10 Jahre: Einfluss des Frakturtyps

	> 10 Jahre: Frakturtyp 1+2	> 10 Jahre: Frakturtyp 3+4	p-Wert
Frakturen (n)	19	13	
C&M-Score	97,16 (83-100)	99,62 (98-100)	0,140 (n.s.)
ZUF 8	26,79 (13-32)	28,31 (20-32)	0,699 (n.s.)
Kosmetik-Score	3,37 (1-4)	3,31 (3-4)	0,156 (n.s.)

Da bereits der Vergleich der Frakturtypen innerhalb des Patientenkollektivs der <10-jährigen keinen Einfluss auf die Behandlungsergebnisse zeigte, wurde in dieser Altersgruppe kein Vergleich der Frakturtypen 2,3 und 4 versus Frakturtyp 1 angestellt.

Der Einfluss der Versorgungsmethode in der Altersgruppe > 10 Jahre

Um den Einfluss der Versorgungsmethode auf die Behandlungsergebnisse festzustellen, verglichen wir Patienten der Altersgruppe 10-17 Jahre, die konservativ mittels Rucksackverband behandelt wurden (n= 22) mit Patienten der gleichen Altersgruppe, die operativ versorgt worden waren (n= 10). Ein operativ versorgter Patient hatte eine beidseitige Fraktur erlitten, somit handelte es sich um 9 Patienten mit 10 Frakturen. Zusätzlich zu den bisher erfassten Testvariablen wurden hier außerdem retrospektiv die von den Patienten empfunden Schmerzen zu drei verschiedenen Zeitpunkten erhoben (s. Kapitel 2.3.3).

Das funktionelle Ergebnis war durchweg gut (C&M-Score im Mittel > 97 Punkte) und zeigte sich nicht von der Behandlung abhängig. Die subjektive Zufriedenheit und die kosmetische Zufriedenheit unterschieden sich in ihrer Bewertung nicht signifikant in den beiden Behandlungsgruppen (Zufriedenheit = 27,6 vs. 27,32; Kosmetik-Score = 3,30 vs. 3,36).

Hoch signifikante Unterschiede zwischen operierten und konservativ behandelten Patienten ergaben sich jedoch in der Beurteilung der Schmerzen (siehe Tabelle 13):

- OP-Tag bzw. Tag der Fraktur (= Tag 0) = 1,5 vs. 3,23
- 1. postoperativer Tag / Tag 1 nach Fraktur (= Tag 1) = 1,20 vs. 3,08
- 2. postoperativer Tag / Tag 2 nach Fraktur (= Tag 2) = 1,0 vs. 2,54.

Tab. 13: Ergebnisse der Patienten > 10 Jahre: Vergleich konservative vs. operative Behandlung

	> 10 Jahre: konservative Behandlung	> 10 Jahre: operative Behandlung	p-Wert
Frakturen (n)	22	10	
C&M-Score	97,73 (83-100)	99,10 (93-100)	0,290 (n.s.)
ZUF 8	27,32 (13-32)	27,60 (13-32)	0,838 (n.s.)
Kosmetik-Score	3,36 (1-4)	3,30 (1-4)	0,820 (n.s.)
Schmerzscore Tag 0	3,23 (2-4)	1,50 (0-3)	<0,001*
Schmerzscore Tag 1	3,08 (2-4)	1,20 (0-3)	0,001*
Schmerzscore Tag 2	2,54 (1-4)	1,0 (0-3)	0,006*

Die folgenden Grafiken zeigen den Verlauf der subjektiven Beurteilung der Schmerzen für die Zeitpunkte Tag 0, Tag 1 und Tag 2:

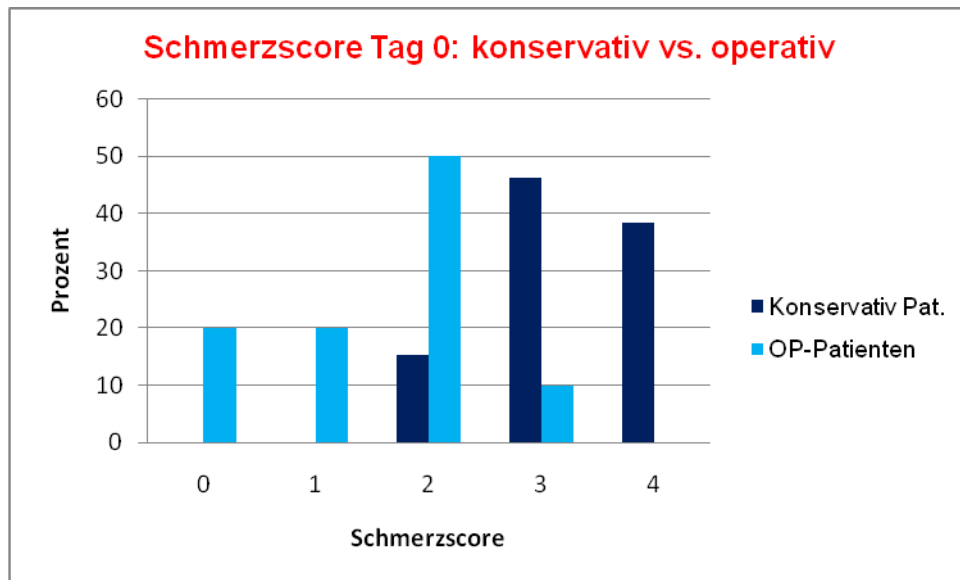


Abb. 15a: Schmerzscore am Tag 0

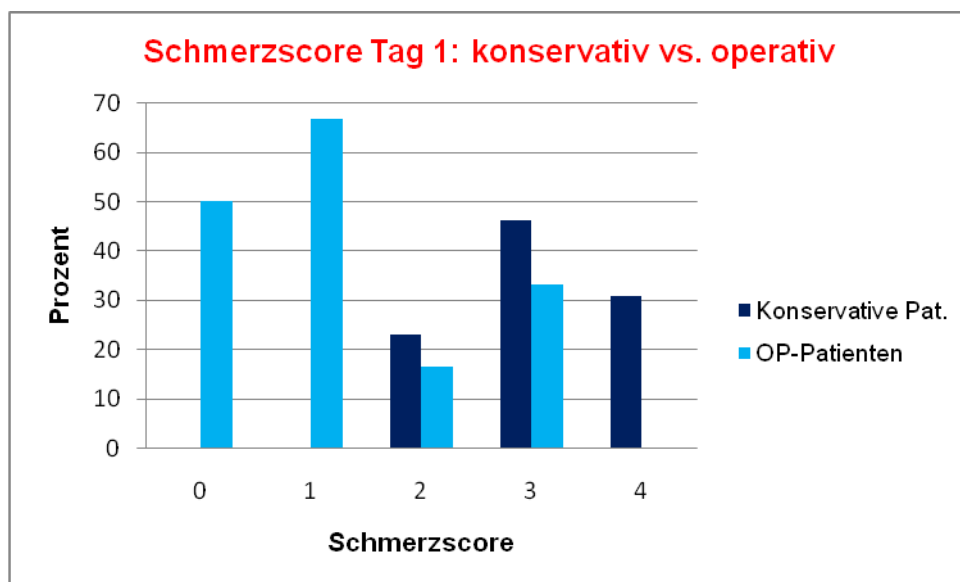


Abb. 15b: Schmerzscore am Tag 1

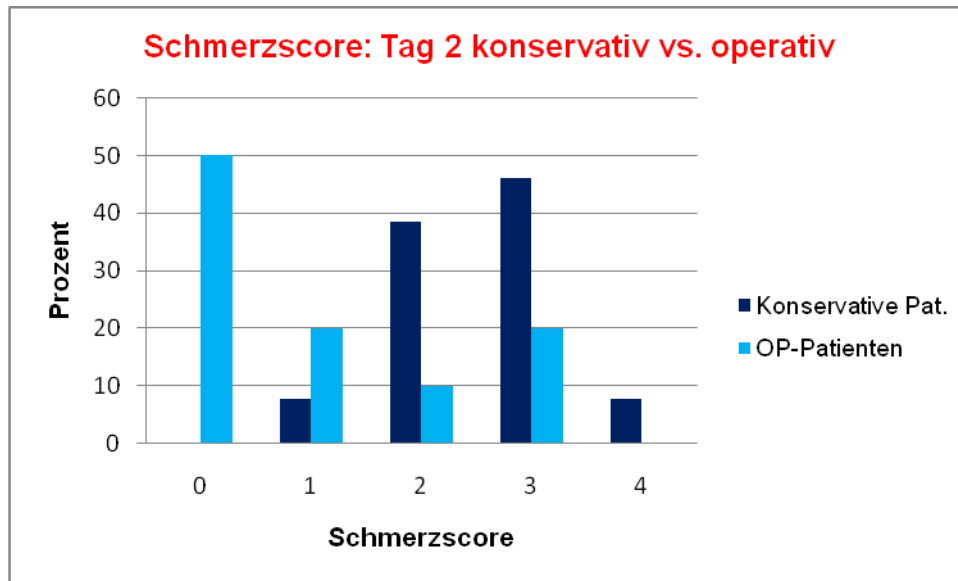


Abb. 15c: Schmerzscore am Tag 2

Die Patienten der konservativ behandelten Gruppe gaben somit über den Zeitraum von drei Tagen deutlich stärkere Schmerzen an als die Patienten der operativ behandelten Gruppe.

Weiterhin gaben bei der Frage nach der Wahl des Therapieverfahrens im neuerlichen Behandlungsfall sieben konservativ behandelte Patienten an, aufgrund der Beschwerden im Falle einer erneuten Klavikulafraktur keine konservative Behandlung mehr zu wählen.

Sonderfälle in der Altersgruppe der 10 bis 17-Jährigen

Wie auch in der Altersgruppe der 0 bis 9-Jährigen gab es in der Altersgruppe der 10 bis 17-Jährigen eine Patientin, die sich sehr unzufrieden mit den Ergebnissen der konservativen Behandlung zeigte (Abb. 16a-d: Pseudarthrose als Komplikation der konservativen Behandlung). Sie zog sich im Alter von 15 Jahren eine Klavikulafraktur rechts in Schaftmitte mit Dislokation um Schaftbreite mit Kontraktion zu (s. Abb. 16a).



Abb. 16a: Klavikulafraktur rechts bei einer 15-jährigen Patientin mit Dislokation um Schaftbreite mit Kontraktion (Pfeile = Frakturverlauf)

Sie erhielt in unserer Klinik eine konservative Behandlung mit einem Rucksackverband über 14 Tage. Bei anhaltender Schmerzsymptomatik und eingeschränkter Schulterbeweglichkeit auch noch nach einem halben Jahr erfolgte die Vorstellung in einer auswärtigen Klinik. Dort wurde eine Pseudarthrose (s. Abb. 16b) diagnostiziert und die Indikation zur operativen Versorgung mittels Plattenosteosynthese (s. Abb. 16c) gestellt.

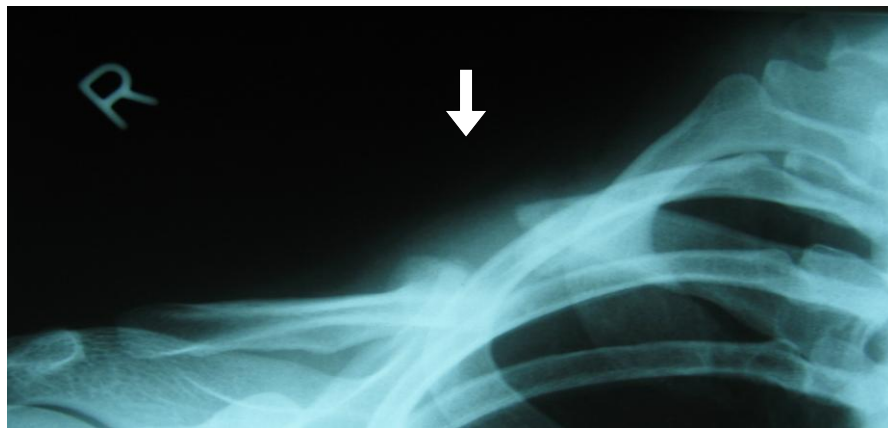


Abb. 16b: Röntgenbild: Pseudarthrose der rechten Klavikula sechs Monate nach Fraktur

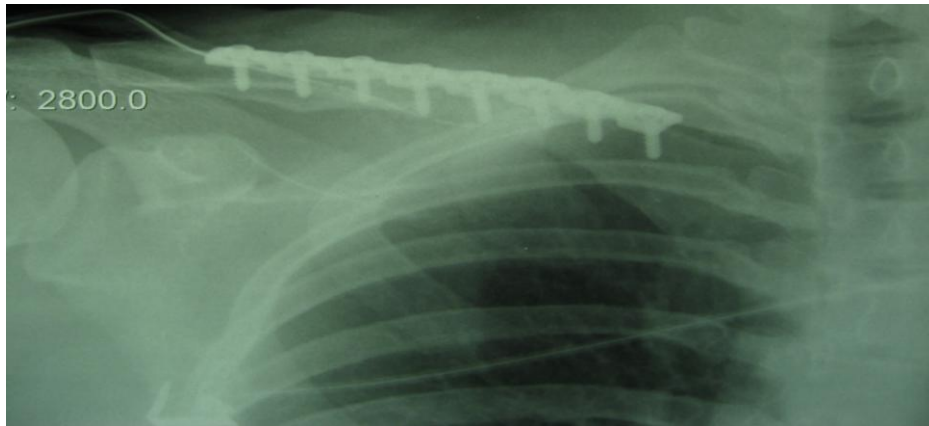


Abb. 16c: Plattenosteosynthese bei Pseudarthrose der Klavikula rechts

Die Metallentfernung erfolgte nach zehn Monaten.

Bei der Nachuntersuchung im Rahmen unserer Studie knapp 3 Jahre nach der auswärtigen operativen Versorgung der Pseudarthrose klagte die Patientin über weiterhin bestehende mäßige bewegungsabhängige Schmerzen im Schultergelenk, eine eingeschränkte Sportfähigkeit und Parästhesien im Bereich der Schulter beim Schlafen auf der betroffenen rechten Seite.

Die objektiv messbare Schulterfunktion war uneingeschränkt, die subjektiven Fragen bei der Erhebung des Constant&Murley- Scores wurden jedoch so bewertet, dass im Score insgesamt nur 87 Punkten erzielt wurden. Mit dem kosmetischen Ergebnis war die Patientin aufgrund der langen Narbe von 12 cm Länge und 0,5 cm Breite sehr unzufrieden (s. Abb.16d).



Abb. 16d: Ausgedehnte Narbe 3 Jahre nach Plattenosteosynthese bei Pseudarthrose

Im Kosmetik-Score wurde von der jungen Frau 1 Punkt vergeben. Im allgemeinen Zufriedenheitsscore ZUF-8 erreichte die Patientin 13 Punkte. Im Schmerzscore gab die Patientin starke Schmerzen (3 Punkte) zu allen drei abgefragten Zeitpunkten an (Tag 0, Tag 1, Tag 2 nach Fraktur).

Die Ultraschalluntersuchung der Klavikula zeigte keine Winkeldifferenzen $> 10^\circ$, jedoch eine Längendifferenz mit Verkürzung der betroffenen rechten Klavikula um 1 cm.

Die Patientin klagte außerdem über eine seit der Operation bestehende Hyperhidrosis der rechten Axilla und einen Sensibilitätsverlust aller Qualitäten über der rechten Klavikula in einem Bereich von ca. 10x10cm bis zur Mamille ziehend.

Primär operativ behandelte Patienten > 10 Jahre

Die operative Versorgung der Patienten erfolgte einmal mittels Plattenosteosynthese, zweimal mittels K-Draht-Osteosynthese und siebenmal mit einem elastisch stabilen intramedullären Nagel. Während die mit ESIN-Osteosynthese behandelten Patienten einen durchschnittlichen Zufriedenheitsscore von 30,5 Punkten und einen Kosmetikscore von im Mittel 3,75 angaben, zeigten sich die beiden Patientinnen, bei denen eine K-Draht-Osteosynthese durchgeführt wurde, eher unzufrieden (Mittelwert ZUF-8 = 18,5 Punkte, Kosmetik-Score 2 Punkte, Mittelwert C&M-Score 96,5 Punkte).

Eine Patientin, die im Alter von 13 Jahren mit K-Draht-Osteosynthese versorgt wurde, gab im Zufriedenheits-Score 13 Punkte und im Kosmetik-Score 1 Punkt an. Bei ihr war postoperativ eine K-Draht-Wanderung ins AC-Gelenk aufgetreten und sie hatte unter erheblichen Bewegungsschmerzen gelitten. Sie bemängelte außerdem die Behandlung durch drei verschiedene Ärzte, die ihr unterschiedliche Empfehlungen zu der Behandlung gaben. Die drei Narben von 6, 3,5 und 1,5 cm Länge empfand sie als kosmetisch störend.

Die zweite Patientin, die im Alter von 12 Jahren im Rahmen eines Polytraumas mittels K-Draht-Osteosynthese behandelt wurde, gab im Zufriedenheits-Score 24 von 32 und im Kosmetik-Score 3 von 4 Punkten an. Bei der Metallentfernung musste zusätzlich eine Hyperostosenabtragung stattfinden, wodurch die Narbe verbreitert wurde. Mit den beiden Narben von 5 und 2 cm Länge zeigte sich die Patientin weitgehend zufrieden.

Der 15-jährige Patient, der mit einer Plattenosteosynthese behandelt wurde, erreichte im ZUF-8 27 von 32 Punkte, im Kosmetik-Score 3 von 4 Punkte und im C&M-Score 98 von 100 Punkte. Die 12cm lange Narbe durch einen „Säbelhieb“-Schnitt über der Schulter wurde von dem jungen Mann nicht als kosmetisch beeinträchtigend empfunden. Er klagte jedoch über einen Sensibilitätsverlust über der ehemaligen Fraktur.

In unserem mit einer ESIN-Osteosynthese behandelten Patientenkollektiv (n = 7 Patienten mit 8 Frakturen) waren keine Majorkomplikationen wie z.B. eine intraoperative Perforation der Gegenkortikalis oder postoperativ die Entwicklung einer Pseudarthrose, Wundinfektion, das Auftreten von Implantatwanderungen, schmerzhaften Hautirritationen, Deformitäten, Refrakturen oder eine Keloidbildung zu beobachten.

In 5/8 Fällen trat eine „Minorkomplikation“ in Form eines erweiterten Zuganges auf: Da eine geschlossene Reposition nicht möglich war, musste über eine ca. 3 cm lange Inzision offen reponiert werden. Dabei war zusätzlich zweimal die Erweiterung des distalen Markraumes erforderlich, um den Nagel dort intramedullär platzieren zu können (s. auch Tab. 14).

Bei einem Jungen der Altersgruppe >10 Jahre war aufgrund eines zu groß gewählten ESIN-Durchmessers die Implantation äußerst schwierig. Im Verlauf kam es nach Kickboxen zu einem ESIN-Bruch mit frühzeitiger Materialentfernung (s. Abb. 17a-d: Implantatbruch als Komplikation der ESIN-Osteosynthese). Die Ergebnisse der Nachuntersuchung waren trotzdem zufrieden stellend: der Patient erzielte im C&M-Score 100 von 100 Punkte, im ZUF-8 29 von 32 Punkte und bewertete das kosmetische Ergebnis mit 3 von 4 Punkten.

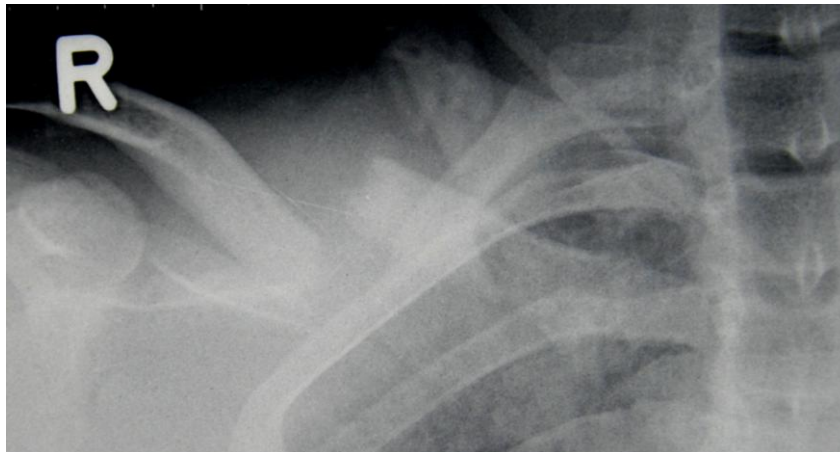


Abb.17a: Dislozierte Klavikulafraktur rechts bei einem 16-jährigen Patienten

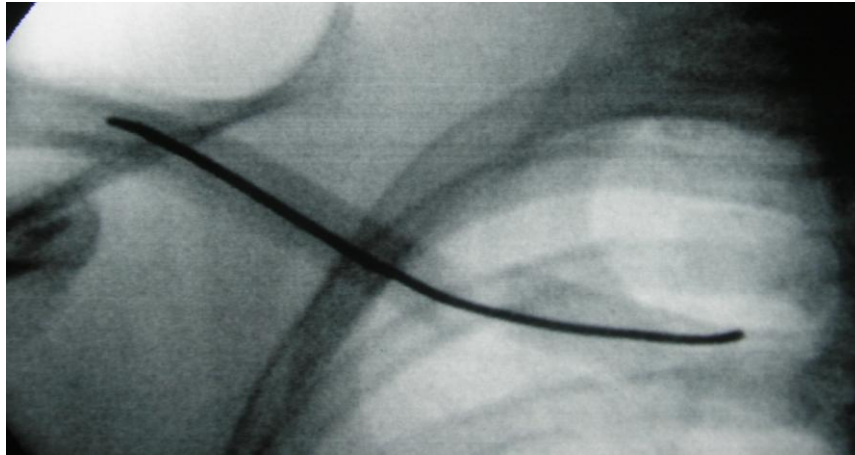


Abb.17b: Intraoperative Durchleuchtungskontrolle bei offener Reposition mittels ESIN-Osteosynthese. Der Nagel entspricht nahezu dem kompletten Markraum und führt zur Dehiszenz der Fraktur

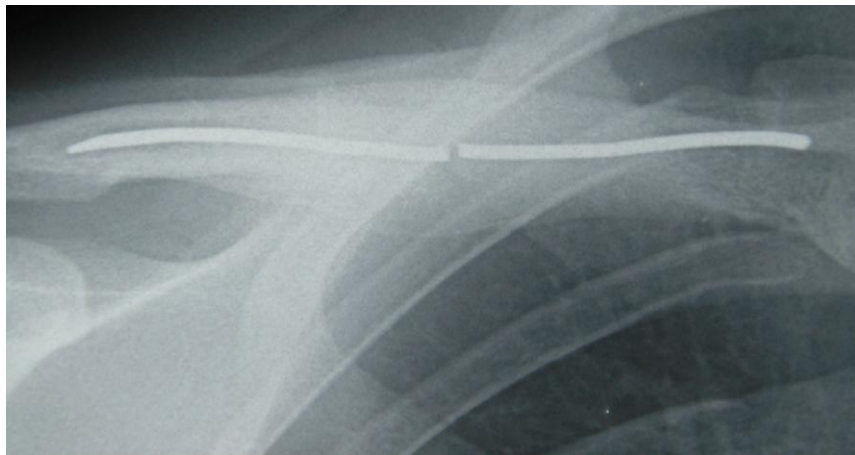


Abb.17c: Implantatbruch nach erneuter Traumatisierung der Schulter durch Kickboxen

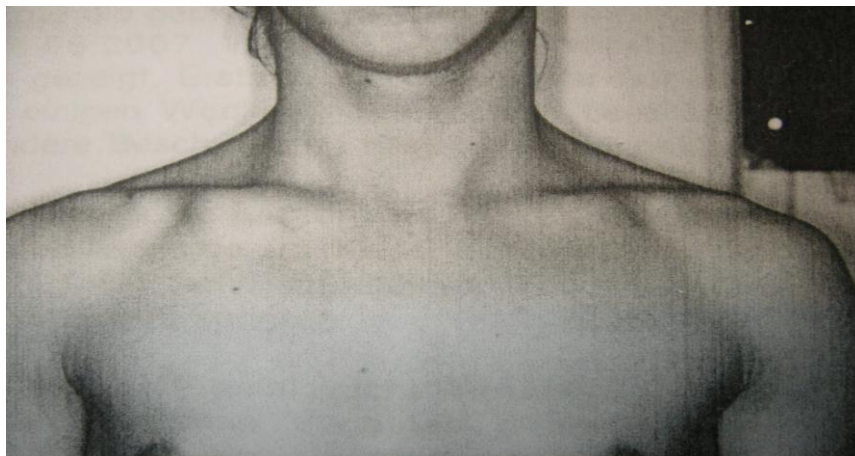


Abb.17d: Ausheilungsergebnis nach vorzeitiger Materialentfernung

Tab.14: Komplikationen der operativen Behandlung (n = 11)

Komplikationen	n
Perforation der Kortikalis	-
Implantatbruch	1
Wundinfektion	-
Kirschnerdraht-Wanderung	1
Hyperostosenbildung (Kirschnerdraht-Osteosynthese)	1
Sensibilitätsverlust (Plattenosteosynthese)	1

3.6 Vergleich operativ vs. konservativ behandelter Patienten aller Altersgruppen

Das funktionelle Ergebnis war durchweg gut bis sehr gut (C&M-Score im Mittel > 98 Punkte) und zeigte sich nicht von der Behandlungsmethode abhängig. Auch die subjektive Zufriedenheit und die kosmetische Zufriedenheit war in der operierten Gruppe nicht signifikant höher bewertet worden als in der konservativ behandelten Gruppe (Zufriedenheit = 28 vs. 28,33; Kosmetik 3,36 vs. 3,63). Operativ versorgte Patienten erreichen somit keine signifikant höheren Werte bei den Messergebnissen (s. Tab. 15).

Tab. 15: Vergleich operativ vs. konservativ behandelter Patienten (alle Altersgruppen)

	Operative Behandlung	Konservative Behandlung	p-Wert
Frakturen (n)	11	49	
C&M-Score	99,18 (93-100)	98,35 (83-100)	0,427 (n.s.)
ZUF 8	28,00 (13-32)	28,33 (13-32)	0,946 (n.s.)
Kosmetik-Score	3,36 (1-4)	3,63 (1-4)	0,265 (n.s.)

3.7 Ergebnisse der Ultraschalluntersuchung

Bei der Untersuchung mittels Ultraschall untersuchten wir beide Schlüsselbeine sowohl auf mögliche Winkeldifferenzen als auch Längendifferenzen. An der Untersuchung der Winkeldifferenzen nahmen 43 Patienten teil (2 Patienten verweigerten die Untersuchung mittels Ultraschall), an der Untersuchung der Längendifferenzen nahmen 45 Patienten teil.

Die Ergebnisse der Winkelbestimmungen mittels Ultraschall

a) anterior-posteriorer Strahlengang

Bei 35/43 Patienten waren keine Winkeldifferenzen $> 10^\circ$ zu messen.

7/43 Patienten wiesen Winkeldifferenzen $> 10^\circ$ auf. Davon waren 6 Patienten konservativ versorgt worden. Die maximale Winkeldifferenz bei einem der konservativ behandelten Patienten betrug 19° . Dies hatte zwar keine Korrelation zu kosmetischer Zufriedenheit und C&M-Score (C&M-Score: 100 Punkte; Kosmetik-Score: 4 Punkte), jedoch war die Zufriedenheit mit der Behandlung gemindert (ZUF-8: 28 von 32 Punkte).

Bei einer Patientin mit operativer Versorgung mittels K-Draht-Osteosynthese betrug die Differenz 11° . Auch hier zeigte sich keine Korrelation zu der kosmetischen Zufriedenheit und dem C&M-Score (C&M-Score: 100 Punkte; Kosmetik-Score: 3 Punkte). In diesem Fall war jedoch die Patientin mit der Behandlung an sich unzufrieden (ZUF-8: 24 von 32 Punkten).

In den statistischen Berechnungen zeigte sich beim Vergleich der Winkeldifferenzen $> 10^\circ$ vs. $< 10^\circ$ ein signifikanter Einfluss auf die allgemeine Zufriedenheit der Patienten ($p = 0,021$). Die Schulterfunktion und die kosmetische Zufriedenheit waren nicht abhängig von einer Winkeldifferenz $> 10^\circ$.

b) cranio-caudaler Strahlengang

Bei 40/43 Patienten waren keine Winkeldifferenzen $> 10^\circ$ zu messen.

3/43 Patienten wiesen Winkeldifferenzen $> 10^\circ$ auf. Die maximale Winkeldifferenz betrug 38° . Dieser Patient hatte sich im Verlauf das gegenseitige Schlüsselbein gebrochen, welches unter auswärtiger konservativer Behandlung zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung noch einen starken Kallus aufwies. Hier bestand auf der gegenseitig frakturierten Seite eine Bewegungseinschränkung. Von den operierten Patienten wies im c.c.-Strahlengang keine Klavikula eine Winkeldifferenz über 10° auf.

In den statistischen Berechnungen zeigte sich kein signifikanter Einfluss einer Winkeldifferenz über 10° in der cranio-caudalen Ebene auf die Behandlungsergebnisse.

c) Korrelation von Winkeldifferenzen mit Behandlungsergebnissen

In der Berechnung einer nichtparametrischen Korrelation von Winkeldifferenzen mit Behandlungsergebnissen ergab sich eine nicht signifikante negative Korrelation zwischen Winkeldifferenzen $> 10^\circ$ (a.p. und c.c.) und der Schulterfunktion (C&M-Score), eine nicht signifikante negative Korrelation zwischen Winkeldifferenzen $> 10^\circ$ a.p. und der allgemeinen Zufriedenheit (ZUF-8) sowie eine nicht signifikante negative Korrelation

zwischen Winkeldifferenzen $>10^\circ$ a.p. und der kosmetischen Zufriedenheit (Kosmetik-Score) (s. Tab.15).

Tab. 15: Korrelation zwischen sonographisch gemessenen Winkeldifferenzen und den Behandlungsergebnissen

	C&M-Score	p-Wert	ZUF-8	p-Wert	Kosmetik-Score	p-Wert
Korrelation Winkeldifferenz anterior-posterior	-,041	0,796 (n.s.)	-,243	0,117 (n.s.)	-,126	0,420 (n.s.)
Korrelation Winkeldifferenz cranio-caudal	-,121	0,440 (n.s.)	-,359	0,018*	-,437	0,003*

Signifikante negative Korrelationen ließen sich nur für die Winkeldifferenzen gemessen im c.c.-Strahlengang für die Behandlungsergebnisse hinsichtlich der allgemeinen Zufriedenheit und der Zufriedenheit mit dem kosmetischen Ergebnis erkennen.

Je größer die Winkeldifferenz im c.c.-Strahlengang gemessen wurde, desto unzufriedener waren die Patienten mit dem allgemeinen und kosmetischen Ergebnis.

Die Ergebnisse der Längenmessung mittels Ultraschall

Eine Längenmessung der Klavikula konnte bei 45 Patienten durchgeführt werden. Bei 28/45 Patienten wurde keine Längendifferenz gemessen. 14 Patienten wiesen Längendifferenzen von 0,5 bis maximal 2,5 cm aufgrund einer *Verkürzung* der ehemals frakturierten Klavikula auf. 2 Patienten zeigten eine Längendifferenz von 0,5 bzw. 1 cm aufgrund einer *Verlängerung* der betroffenen Klavikula.

Es bestand keine Korrelation zwischen einer Längendifferenz und den Punktwerten im Constant & Murley-Score (C&M-Score im Mittel > 97 Punkte).

Hinsichtlich der Beurteilung der subjektiven Zufriedenheit und der kosmetischen Zufriedenheit konnten bei den Patienten mit bestehenden Längendifferenzen signifikante Unterschiede gefunden werden: Hier lag die Zufriedenheit im Mittel bei 26,18 vs. 29 Punkten, im Kosmetik-Score wurden im Mittel 3,29 vs. 3,71 Punkte erzielt (s. Tab 16/17).

Tab. 16: Ergebnisse von Patienten mit und ohne sonographisch gemessenen Längendifferenzen

	Keine Längendifferenz	Längendifferenz bei Verkürzung des Schlüsselbeins	Längendifferenz bei Verlängerung des Schlüsselbeins
Frakturen (n)	28	14	2
C&M-Score	98,57 (83-100)	97 (87-100)	96 (94-98)
ZUF 8	29,00 (16-32)	25,36 (13-32)	27 (25-29)
Kosmetik-Score	3,71 (1-4)	3,07 (1-4)	3,5 (3-4)

Tab. 17: Vergleich von Patienten ohne Längendifferenzen mit den Ergebnissen von Patienten mit Längendifferenzen

	Keine Längendifferenz	Längendifferenz zur Gegenseite	p-Wert
Frakturen (n)	28	16	
C&M-Score	98,57 (83-100)	96,5 (im Mittel)	0,436
ZUF 8	29,00 (16-32)	26,18 (im Mittel)	0,026*
Kosmetik-Score	3,71 (1-4)	3,29 (im Mittel)	0,008*

Bei der Berechnung der bivariaten Korrelation nach Pearson und Spearman von Längendifferenzen und Behandlungsergebnissen zeigte sich eine negative Korrelation von Längendifferenzen und kosmetischer Zufriedenheit. Je größer die Längendifferenz war, desto unzufriedener waren sich die Patienten mit dem kosmetischen Ergebnis (s. Tab. 18).

Tab. 18: Bivariate Korrelation von sonographisch gemessenen Längendifferenzen und Behandlungsergebnissen

	C&M-Score // p-Wert	ZUF-8 // p-Wert	Kosmetik-Score // p-Wert
Korrelation Längendifferenz	,013 / 0,934	-,257 / 0,092	-,323 / 0,032*

4 Diskussion

Die Klavikulafraktur ist eine der häufigsten Verletzungen bei Kindern und Jugendlichen. Die Angaben zur Inzidenz schwanken in der Literatur zwischen 8 und 15% aller kindlichen Frakturen (Kubiak und Slongo, 2002; Bishop und Flatow, 2005; Rockwood und Wilkins, 2006); Trompetter und Seekamp (2008) sprechen sogar von einer Häufigkeit zwischen 20 und 25%. Damit handelt es sich neben der Radiusfraktur um die häufigste Fraktur bei Kindern überhaupt (Trompetter und Seekamp, 2008). In unserer Klinik stellten sich innerhalb von 10 Jahren 320 Patienten mit Klavikulafrakturen vor, davon wiesen 101 Patienten grob dislozierte Frakturen auf. Der Anteil grob dislozierter Frakturen bezogen auf alle Klavikulafrakturen beträgt also etwa 30%. Trotz dieser Häufigkeit sind Arbeiten, die sich ausschließlich mit kindlichen Klavikulafrakturen beschäftigen, in der Literatur nur selten zu finden. Interessanterweise liegen nahezu keine Daten vor, die sich mit Langzeitergebnissen oder gar der Zufriedenheit der Patienten und ihrer Eltern beschäftigen.

Bis heute werden kindliche Frakturen des Schlüsselbeines nach wie vor als Domäne der konservativen Behandlung gesehen. Der Grund dafür ist, dass das Outcome der konservativen Behandlung mittels Rucksackverband in der Literatur generell als sehr gut beurteilt wird. Ermöglicht wird die breite Anwendung der konservativen Behandlung bei Kindern durch die ausgedehnte Remodellierungspotenz der Klavikula, die bis ins Adoleszentenalter hinein verbliebene Achsabweichungen und Seit-zu-Seit-Verschiebungen gut ausgleichen kann (von Laer, 2007; Kubiak und Slongo, 2002; Bishop und Flatow, 2005; Pring und Wenger, 2005; Rockwood und Wilkins, 2006). Ursächlich dafür ist der sehr späte Wachstumsfugenschluss der Klavikula, der am lateralen Ende um das 18. bis 19. Lebensjahr bzw. am medialen Ende erst um das 23. bis 25. Lebensjahr eintritt (Rockwood und Wilkins, 2006).

Aufgrund dieser weit verbreiteten Sichtweise fehlen nicht nur Daten zur Zufriedenheit der Patienten, sondern auch eine Erfassung der Schmerzen, die die Patienten unter der Therapie erleiden. Bezüglich der konservativen Behandlung fehlt es an einer Differenzierung der funktionellen und kosmetischen Ergebnisse hinsichtlich des Alters der Kinder. Der Frage, ob tatsächlich alle Kinder mit allen Dislokationsgraden konservativ behandelt werden können, wurde bislang nicht nachgegangen.

Für eine mögliche operative Behandlung gibt es bislang nur wenige Indikationen, die übereinstimmend als gesichert gelten: Offene Frakturen des Schlüsselbeines sowie die Kombination aus dislozierten Frakturen und Begleitverletzungen (von Laer, 2007, Kubiak

und Slongo, 2002). Diese Formen der Frakturen müssen als sehr selten angesehen werden und traten in unserem Patientenkollektiv nicht auf. Begünstigt wurde diese Einschätzung sicherlich auch durch die für Klavikulafrakturen bislang hauptsächlich zur Verfügung stehende Plattenosteosynthese. Mit der nun häufiger eingesetzten elastisch stabilen intramedullären Nagelung steht jetzt ein konkurrierendes Verfahren zur Verfügung, unter dem die Option der operativen Therapie neu beleuchtet werden muss.

Aufgrund der in der Literatur favorisierten konservativen Behandlung (Willital und Lehmann, 2000; von Laer, 2001; Pring und Wenger, 2005; Rockwood und Wilkins, 2006; Trompetter und Seekamp, 2008) wurden zunächst alle Patienten unserer Studie analysiert, die mittels Rucksackverband konservativ behandelt worden waren.

Die Zufriedenheit mit der Behandlung und dem Ergebnis im konservativ behandelten Patientenkollektiv erreichte in der vorliegenden Studie mittlere bis gute Resultate. Im Zufriedenheitsscore wurden bei den Kindern < 10 Jahre durchschnittlich 29,15 von maximal 32 Punkten erreicht, bei den Kindern > 10 Jahren mit 27,32 Punkten geringfügig weniger. Dies war jedoch - ebenso wie der Unterschied im funktionellen Ergebnis gemessen mit dem Constant & Murley-Score (98,85 Punkte vs. 97,73 Punkte) - statistisch nicht signifikant. Interessanterweise kam hier die längere Phase der Immobilisation und der Schmerzen bei älteren Kindern nicht zum Tragen.

Mit einem p-Wert von 0,015 hoch signifikant war jedoch die Einschätzung des kosmetischen Ergebnisses nach konservativer Behandlung: Hier gaben die jüngeren Patienten Werte zwischen 3 und 4 (Mittelwert 3,85) an, während in der Altersgruppe der 10 bis 17-Jährigen die Einschätzungen zwischen 1 und 4 mit einem Mittelwert von 3,36 lagen. In dieser Analyse konnten deutlich niedrigere Werte für die Punktvergabe hinsichtlich des kosmetischen Ergebnisses speziell bei Mädchen über zehn Jahre dokumentiert werden.

Als Ursachen für die geringere Zufriedenheit mit dem kosmetischen Ergebnis sehen wir 2 Faktoren:

a) Bei Mädchen ist die Knochenentwicklung grundsätzlich weiter fortgeschritten als bei Jungen. Die Knochenkerne ossifizieren bei Mädchen früher und der pubertäre Wachstumsschub findet schon im Alter von 10,5 bis 14 Jahren, hingegen bei Jungen erst zwischen 12 und 16 Jahren statt (Ranke und Harnack, 2007). Dementsprechend können Frakturen, die sich in der Adoleszenz ereignen, von Jungen länger und besser ausgeglichen werden als von Mädchen

b) Bei adoleszenten Mädchen ist mit größter Wahrscheinlichkeit eine unterschiedliche Körperwahrnehmung im Gegensatz zu den pubertierenden Jungen zu berücksichtigen: ein noch bestehender Kallus oder eine bereits fixierte Fehlstellung wurde von den jungen Frauen in unserer Befragung als kosmetisch wesentlich störender empfunden. Analog dazu fand sich auch eine deutliche Korrelation zwischen einer sonographisch gemessenen Achsenabweichung $> 10^\circ$ in der craniocaudalen Ebene – also ein sichtbarer Achsknick verglichen mit der anteriorposterioren Ebene - und niedrigeren Werten im Zufriedenheitsscore.

Diese Ergebnisse decken sich nicht komplett mit den Aussagen von Lutz von Laer (2001), der für nahezu alle Fälle ein kompletten Remodeling postuliert: Tatsächlich ist bei vollständig dislozierten kindlichen Frakturen vor allem bei Verkürzungsfehlstellungen eine hohe Rate von Spontankorrekturen im Verlauf des weiteren Wachstums zu erwarten; dieses Remodeling der Fehlstellung kann bis zu einem halben Jahr dauern. Es ist jedoch – wie unsere Daten besonders bei Patienten > 10 Jahren zeigen – nicht in jedem Fall mit der vollständigen Herstellung eines symmetrischen Dekolletés zu rechnen. Wenn bei Jugendlichen mit schon nahezu geschlossenen Fugen Seit-zu-Seit-Verschiebungen persistieren, können diese doch im Einzelfall zwar nicht zu funktionellen Einschränkungen, aber zu einer sichtbaren kosmetischen Beeinträchtigung zu führen. Unter diesem Aspekt ist es erforderlich, bei zukünftigen Studien in der Altersgruppe der Adoleszenten zusätzlich den Geschlechtssfaktor zu berücksichtigen und diese Patienten über eine möglicherweise verbleibende Achsfehlstellung des betroffenen Schlüsselbeines aufzuklären.

Nicht-dislozierte Brüche wie auch stark dislozierte Frakturen des Schlüsselbeines können somit in der Altersgruppe der jüngeren Patienten (< 10 Jahre) nahezu uneingeschränkt primär konservativ behandelt werden. In Übereinstimmung mit den Ergebnissen anderer Autoren (von Laer, 2001; Rockwood und Wilkins, 2006; Pring und Wenger, 2005) wurden bei unseren Patienten fast immer exzellente Behandlungsergebnisse erzielt. Als seltene Ausnahme in diesem Alter behandelten wir eine Patientin operativ, nachdem sich unter konservativer Behandlung eine Pseudarthrose entwickelt hatte. Diese Komplikation tritt laut Literatur mit einer Häufigkeit von ca. 0,5% auf (Willital und Lehmann, 2000) und ist aufgrund der geringen Inzidenz kein Argument gegen die konservative Behandlung. Unsere zum Zeitpunkt der sekundären Versorgung 8-jährige Patientin war somit die einzige operierte Patientin unter 10 Jahren. Dieser Einzelfall zeigt aber auch, dass die minimal-invasive Behandlung der Klavikula-Pseudarthrose im Kindesalter sehr gute Ergebnisse erzielen kann. Eine Plattenosteosynthese mit Spongiosaplastik aus dem Beckenkamm (Spapens et al., 2010) scheint unserer Ansicht nach nicht unbedingt

erforderlich zu sein, kann anhand der wenigen vorliegenden Daten jedoch keinesfalls abschließend beurteilt werden.

Insgesamt erzielten die Patienten über 10 Jahre verglichen mit den < 10 Jahren tendenziell etwas schlechtere Ergebnisse hinsichtlich der Messkriterien Zufriedenheit, Schulterfunktion und Kosmetik. Da innerhalb der Gruppe der älteren Patienten sowohl konservativ als auch operativ behandelt worden war, wurden deren Ergebnisse weiter hinsichtlich dieser Kriterien aufgeschlüsselt.

Keine statistisch signifikanten Differenzen gab es hier im Constant & Murley-Score mit 97,7 Punkten (konservativ) vs. 99,1 Punkten (operativ), 27,3 (konservativ) vs. 27,6 (OP) Punkten im ZUF-8-Score bzw. 3,4 (konservativ) vs. 3,3 (OP) Punkten in der subjektiven Beurteilung des kosmetischen Ergebnisses. Im Gegensatz dazu ergaben sich jedoch hoch signifikante (p-Werte < 0,001 bis 0,006) Unterschiede in der Beurteilung der erlittenen Schmerzen: am Tag „0“ (Unfalltag bzw. OP-Tag) lag der Schmerzscore bei den konservativ Behandelten bei 3,23 (2-4), bei den Operierten 1,50 (0-3). Am Tag „1“ lagen die Werte bei 3,08 (2-4) vs. 1,20 (0-3) für die operierte Gruppe sowie am Tag „2“ 2,54 (1-4) bei konservativer bzw. 1,0 (0-3) bei operativer Behandlung.

Diese Daten weisen auf zwei entscheidende Punkte hin:

- a) Ältere Patienten profitieren in Punkto Schmerz von einer Operation. Dies ist zum einen durch die im Rahmen des kurzen stationären Aufenthaltes ermöglichte intravenöse Analgesie begründet. Auf der anderen Seite entstehen durch die kleinen Inzisionen – selbst bei zusätzlicher offener Reposition - nur wenig Schmerzen; dies wird bei weitem dadurch aufgewogen, dass durch den intramedullären Nagel ein immer wieder Auftretendes sehr schmerzhaftes Verrutschen der Fragmente gegeneinander vermieden wird und die Weichteile im Verlauf nicht weiter kompromittiert werden.
- b) Auf der anderen Seite reflektiert es aber auch eine nur mäßige ärztliche Aufklärung hinsichtlich des Verhaltens und eine ungenügende Behandlung bei konservativer Therapie. Offensichtlich wird auch von Seiten der Ärzte die Verletzung eher als Bagatelle betrachtet und keine adäquate Analgesie empfohlen bzw. rezeptiert. Besonders bei dislozierten Frakturen (außer vom Typ Grünholzfraktur) ist innerhalb der ersten 10-14 Tage ein erneutes sehr schmerzhaftes Verrutschen der Fragmente möglich, bis es zu einer zunehmenden Stabilisierung durch den gebildeten Kallus kommt. Essentiell ist somit ein gutes Schmerzmanagement in der Behandlung von Klavikulafrakturen, die aber unter konservativer Behandlung nicht immer selbstverständlich zu sein scheint: Eltern und Patienten unserer Studie waren nach konservativer Behandlung in 23 % der Fälle mit der Schmerzbehandlung sehr unzufrieden, was sowohl die Schmerzen bei Anlage des

Verbandes als auch die Beratung hinsichtlich der Therapie der folgenden Tage betraf. Offensichtlich werden diese Verletzungen nicht nur an unserer Klinik von den behandelnden Ärzten öfter unzureichend analgetisch behandelt: So weisen Rogovic und Goldman in ihrer Arbeit darauf hin, dass die meisten Patienten schon vor Einlieferung in die Klinik keine Schmerztherapie durch die Eltern erhalten und befürworten eine bessere Information der Eltern zur Anwendung von Schmerzmitteln außerhalb des Krankenhauses für ein besseres Schmerzmanagement (Rogovic und Goldman, 2007).

Stellvertretend sei dafür in der Altersgruppe der unter 10jährigen Patienten ein 8-jähriger Junge: Obwohl unter der Behandlung mit dem Rucksackverband ein sehr gutes funktionelles und kosmetisches Ergebnis erreicht werden konnte (Constant & Murley-Score 100 von 100 Punkte, Kosmetik-Score 4 von 4 Punkte), war er insgesamt aufgrund der ungenügenden Schmerzbehandlung höchst unzufrieden mit der Behandlung (ZUF-8 19 von 32 Punkte).

Aufgrund unserer Analyse hatte sich gezeigt, dass Mädchen > 10 Jahre unter einer konservativen Behandlung mit dem kosmetischen Ergebnis unzufriedener waren als jüngere; weiterhin hatten insgesamt unsere Patienten > 10 Jahre hinsichtlich der erlittenen Schmerzen signifikant von einer Operation profitiert. Daher versuchten wir, einen „Alters-Cut-off“ zu bestimmen, ab welchem die Ergebnisse der konservativ behandelten Patienten so stark von denen der operativ Behandelten abwichen, dass eine generelle Empfehlung für eine operative Therapie ausgesprochen werden könnte. Ein solcher „Alters-Cut-off“ konnte anhand der vorliegenden Daten jedoch nicht festgelegt werden. Wir konnten lediglich eine statistisch untermauerte Aussage darüber machen, dass mit steigendem Alter der Patienten diese ihre Ergebnisse der konservativen Behandlung hinsichtlich der allgemeinen Zufriedenheit und des kosmetischen Ergebnisses schlechter einschätzten. Eine exakte Altersgrenze ließ sich insbesondere nicht bezüglich der Schulterfunktion festlegen: Das funktionelle Ergebnis gemessen mit dem Constant & Murley-Score war in den Altersgruppen sowohl < 10 Jahren wie auch > 10 Jahren exzellent (C&M-Score im Mittel > 98 Punkte). Einschränkend muss hinzugefügt werden, dass in der Nachuntersuchung nur das chronologische Alter unserer Patienten bestimmt worden war. Möglicherweise hätte eine Differenzierung nach biologischem Alter, z.B. anhand einer Bestimmung des Pubertätsstadiums, hier zu einem spezifischeren Ergebnis geführt. Innerhalb einer derartigen Nachuntersuchung war jedoch eine solche Erhebung nicht möglich.

Da in der Literatur bislang keine Differenzierung der verschiedenen Dislokationsgrade von Schlüsselbeinfrakturen vorlag, wurden von uns zur weiteren Analyse vier Formen festgelegt: Typ I wurde als Fraktur mit Achsknick > 45° definiert, Typ II als Dislokation um

Schaftbreite, Typ III als Dislokation > Schaftbreite mit oder ohne Kontraktion sowie Typ IV als Dislokation mit Distraktion der Fraktarenden bzw. Mehrfragmentbrüche. Interessanterweise ließen sich hinsichtlich der von uns unterschiedenen Fraktur- bzw. Dislokationsformen keine neuen Schlüsse ziehen. Bei den Patienten unter 10 Jahren wurde der Frakturtyp I (dislozierte Grünholzfraktur, n = 6) mit den Typen II-IV (mindestens Dislokation um Schaftbreite, n = 21) verglichen. In der Funktion (Constant & Murley-Score) lagen die Ergebnisse bei 99,67 (98-100) vs. 98,62 Punkten (89-100), in der Zufriedenheit mit der Behandlung bei 30 (26-32) vs. 28,90 (19-32) Punkten, das kosmetische Ergebnis wurde mit 4 Punkten bzw. 3,81 (3-4) Punkten für die Dislokationsgrade II-IV bewertet. Alle Unterschiede waren somit nicht signifikant. Ebenfalls nicht signifikant waren die Unterschiede in der Gruppe der älteren Patienten: 97,16 (83-100) vs. 99,62 Punkte (98-100) für das funktionelle Ergebnis ($p = 0,140$), bzw. 26,79 (13-32) vs. 28,31 (20-32) Punkte für die Zufriedenheit ($p = 0,699$) und 3,37 (1-4) und 3,31 (3-4) Punkte für das kosmetische Ergebnis ($p = 0,156$). In der Literatur konnte keine Unterteilung der Klavikulafrakturen hinsichtlich des Dislokationsgrades gefunden werden. Die eigenen Ergebnisse der Untersuchungen belegen, dass eine neue Klassifikation, die den Grad der Dislokation unterteilt, bei Kindern und Jugendlichen tatsächlich nicht erforderlich ist. Da starke oder weniger starke Dislokationen hier nahezu gleich gut ausgeglichen bzw. remodeliert werden, ergäbe sich hieraus keine klinische Relevanz.

Zusätzlich verglichen wir die Ergebnisse unserer Patienten hinsichtlich operativer vs. konservativer Therapie aller Altersstufen.

Die elf operierten Patienten erzielten 99,18 (93-100) Punkte im Constant & Murley-Score, die 49 konservativ behandelten 98,35 (83-100). Die Zufriedenheit war mit 28,00 (13-32) vs. 28,33 (13-32) Punkten ebenso wenig statistisch signifikant different wie die Beurteilung des kosmetischen Ergebnisses mit 3,36 (1-4) bzw. 3,63 (1-4) Punkten. Somit zeigten unsere Ergebnisse, dass unabhängig von Alter und Ausmaß der Dislokation, sowohl bei den konservativ als auch bei den operativ behandelten Patienten mit dislozierten Klavikulafrakturen gute bis sehr gute funktionelle Ergebnisse erzielt werden konnten. Ebenso waren die subjektive und die kosmetische Zufriedenheit in der operierten Gruppe nicht signifikant besser als in der konservativ behandelten Gruppe. Als Nachteil der konservativen Behandlung sahen jedoch die Patienten der Altersgruppe der 10 bis 17-Jährigen die lange Ruhigstellung im Rucksackverband: Während in der Altersgruppe der 0-9jährigen der Rucksackverband durchschnittlich 2 Wochen getragen worden war, lag die Tragezeit in der Altersgruppe der 10 bis 17jährigen zwischen 2 und 6 Wochen. Im Schnitt mussten die älteren Patienten den Rucksackverband 1,5 Wochen länger tragen

als die jüngeren Patienten. Dies steht entgegen der Angaben von Laers (2001), der für alle Kinder eine Behandlungsdauer mit dem Rucksackverband von etwa 10 Tagen angibt und eine Ruhigstellung empfiehlt „so lange es der Patient als angenehm und hilfreich empfindet“. Diese bei unseren Patienten erforderliche lange Tragezeit war einer der zwei Gründe, warum sich sieben konservativ behandelte Patienten der Altersgruppe > 10 Jahre im neuerlichen Behandlungsfall für eine Operation entscheiden würden; der zweite Grund waren die erlittenen Schmerzen unter der konservativen Behandlung.

Während der Nachuntersuchung wurde als weiteres Diagnostikum die Sonographie beider Schlüsselbeine eingesetzt. In der Notfalldiagnostik wird nach wie vor (auch an unserer Klinik) die Röntgenaufnahme der Klavikula in anterior-posteriorem Strahlengang bevorzugt. Grundsätzlich sind durch Röntgenstrahlung verursachte körperliche Schäden bei einer Strahlendosis von ca. 1 mSv pro Untersuchung als sehr gering einzuschätzen. Andererseits findet sich die Schilddrüse als strahlensensibles Organ in unmittelbarer Nähe des bestrahlten Gebietes bei einer Klavikulafraktur. Generell gilt jedoch, dass alle radiologisch bildgebenden Verfahren mittels Röntgenstrahlung ein nachgewiesenes Risiko für das Auftreten maligner Erkrankungen haben und zwar unabhängig von der Strahlendosis (Fendel und Steve, 1988). Nach Maßgabe der Röntgenverordnung sind insbesondere im Rahmen der medizinischen Forschung strahlenbelastende Untersuchungen, wenn möglich, zu vermeiden und durch nicht-strahlenbelastende Untersuchungen zu ersetzen (Röntgenverordnung Paragraph 28b). Zusätzlich geben Fendel und Steve (1988) im Kindesalter einen höher zu erwartenden Schaden bei einer Strahlenexposition an als bei Erwachsenen.

Daher galt es in der Untersuchung unserer Patienten, ein strahlenarmes bildgebendes Verfahren einzusetzen. Die Lage der Klavikula direkt unter der Haut prädestiniert für die Ultraschalluntersuchung als röntgenstrahlenfreies bildgebendes Verfahren. Aufgrund unserer Erfahrungen in der Durchführung des Ultraschalls nach Ausheilung einer Klavikulafraktur kann die Knochenkonsolidierung ebenso wie mögliche Achsabweichungen gut bis sehr gut beurteilt werden. Blab et al. (1999) empfahlen die Diagnostik mittels Ultraschall auch für die primäre Diagnostik von kindlichen Klavikulafrakturen. Sie fanden eine größere Genauigkeit bei der Untersuchung mit Ultraschall im Vergleich zur Röntgenuntersuchung. Hübner et al. (2000) erzielten in der Ultraschalluntersuchung von kindlichen Frakturen im Bereich der oberen und unteren Extremität gute Ergebnisse. Die Vorteile der Ultraschalluntersuchung - die schnelle Verfügbarkeit, das Fehlen einer Strahlenbelastung und die Möglichkeit einer sehr genauen Beurteilung der Knochenkonsolidierung – lassen die Diagnostik mittels

Ultraschall für die kindlichen Klavikulafrakturen empfehlen. Dies allerdings nur unter der Voraussetzung eines angemessenen Trainings der Untersucher.

Die Ergebnisse unserer Nachuntersuchung mittels Ultraschall zeigten beim von anterior nach posterior gemessenen Vergleich der Winkeldifferenzen bezogen auf eine Differenz $>$ bzw. $< 10^\circ$ einen signifikanten Einfluss auf die allgemeine Zufriedenheit der Patienten ($p = 0,021$). Die Schulterfunktion und die kosmetische Zufriedenheit waren von einer Winkeldifferenz $> 10^\circ$ jedoch nicht abhängig. Im Strahlengang von cranial nach caudal konnte eine statistisch signifikante negative Korrelation von einer Winkeldifferenz $> 10^\circ$ herausgearbeitet werden: Je größer die Winkeldifferenz im c.c-Strahlengang war, desto unzufriedener waren die Patienten mit dem Ergebnis im Allgemeinen und mit dem kosmetischen Resultat. Weiterhin ergab sich eine signifikant negative Korrelation von Längendifferenzen und kosmetischer Zufriedenheit. Je größer die Längendifferenz war, desto unzufriedener zeigten sich die Patienten mit dem kosmetischen Ergebnis. Die Schulterfunktion zeigte sich weder durch Winkel- noch durch Längendifferenzen beeinflusst. Die Ergebnisse der sonographischen Untersuchung der Klavikula stützen somit die übrigen Ergebnisse und Aussagen unserer Studie. Patienten, die im Zufriedenheits-Score tendenziell niedrigere Punktwerte angaben, hatten auch messbare Auffälligkeiten in der Sonographie. Somit kann diese Form der Diagnostik als ein mögliches Verfahren in der Nachuntersuchung von kindlichen Klavikulafrakturen angeboten werden und subjektiv vom Patienten empfundene Einschränkungen objektivieren.

Als weitere Ergebnisse erbrachte unsere Studie, dass eine definitive Empfehlung, ab welchem Alter eine operative Versorgung von kindlichen Klavikulafrakturen ein deutliches Benefit für den Patienten bringt, nicht ausgesprochen werden kann. Der erhoffte „Alters-Cut-off“ konnte nicht ermittelt werden. Wann ist nun die Operationsindikation bei kindlichen Klavikulafrakturen zu stellen?

Die in der Literatur beschriebenen Langzeitergebnisse nach einer Klavikulafraktur im Erwachsenenalter ergaben nach konservativer Behandlung zum Teil ausgeprägte Einschränkungen in der Schulterfunktion (Mc Kee, 2006). In Hills Patientenkollektiv zeigten sich 31% der konservativ behandelten Patienten mit der Behandlung unzufrieden, 54% empfanden das kosmetische Ergebnis als unbefriedigend. Der Autor empfahl daraufhin die operative Versorgung von „grob dislozierten“ Klavikulafrakturen bei Erwachsenen, ohne dies genauer zu definieren (Hill et al., 1997). Dahingegen zeigten die Langzeitergebnisse (im Mittel 17 Jahre) von Nordqvist et al. (1998) für erwachsene

Patienten nach einer konservativ behandelten Fraktur ein sehr gutes Outcome der Patienten. Nordqvist sah deshalb eine operative Versorgung nur bei bestehendem neurovaskulärem Defizit oder Hautdurchspießung im Rahmen einer offenen Fraktur als indiziert an. Eine erweiterte Indikation zur operativen Versorgung einer Klavikulafraktur stellte Lee (2008) bei schmerzhafter Pseudarthrose, Polytrauma, offener Fraktur, deutlicher Fehlstellung mit Hautdurchspießung und persistierender grober Dislokation (Lee et al. 2008).

Eine weitere mögliche OP-Indikation wäre das Risiko einer Pseudarthrosenbildung unter konservativer Behandlung. Als Komplikation kann sie für eine später erforderliche operative Korrektur verantwortlich sein. Die Häufigkeit bei Erwachsenen wird mit < 1% der Fälle (Rowe, 1968) bis zu 15,1% der Fälle (Zlowodzki, 2005) sehr unterschiedlich angegeben. Hill et al. (1997) beschrieben in ihrer Studie unbefriedigende Ergebnisse bei konservativ behandelten Erwachsenen: In ihrem Patientenkollektiv traten ebenfalls hohe Raten an Pseudarthrosen auf (15%). Bei in Fehlstellung verheilten und verkürzten Frakturen war dieses Risiko signifikant höher. Dies wurde bestätigt durch die Untersuchungen von Wick et al. (2001), die eine Prädisposition zu einer Pseudarthrose bei Klavikulafrakturen mit einer Verkürzung von mehr als 2 cm durch den in Fehlstellung verheilten Knochen fanden. Wick et al. empfahlen daher eine operative Versorgung der Fraktur, wenn nach 6 Wochen konservativer Behandlung noch keine Anzeichen einer Kallusbildung bestehen und der Patient anhaltend über Schmerzen klagt.

Bei Kindern und Adoleszenten wird das Risiko einer Pseudarthrosebildung hingegen weitaus geringer eingeschätzt. Willital und Lehmann (2000) geben Häufigkeiten von 0,8 bis 3,7% an. In unserer Studie traten bei 59 Patienten mit insgesamt 60 Frakturen 2 Pseudarthrosen auf. Dies würde theoretisch einer Häufigkeit von insgesamt 3,3% entsprechen bzw. 3,5% bei den <10jährigen und 3,1% bei den > 10jährigen. Eine unserer Patientinnen entwickelte im Alter von 15 Jahren nach einer um Schaftbreite dislozierten Klavikulafraktur eine schmerzhafte Pseudarthrose, die auswärts mittels Plattenosteosynthese behandelt worden war. In diesem Fall waren - retrospektiv betrachtet – die Grenzen der konservativen Behandlung in diesem Altersbereich überschritten. Bei dieser Patientin führte die seltene Komplikation zu einem unbefriedigendem funktionellen und kosmetischen Outcome. Eine weitere Patientin entwickelte nach einer dislozierten Fraktur unbekannten Typs schon im Alter von 7 Jahren nach konservativer Behandlung eine Pseudarthrose. Die Ursache bei dieser ansonsten gesunden Patientin bleibt unklar, möglich wären eine zu kurze Tragezeit des

Rucksackverbandes oder ein erneutes Trauma. Nach Korrektur mittels ESIN-Osteosynthese war das funktionelle und kosmetische Outcome dieser Patientin sehr gut.

Die „harten“ Indikationen zur operativen Versorgung im Kindesalter können somit aus der Erwachsenentraumatologie übernommen werden: Schwer dislozierte distale und proximale Frakturen bei älteren Jugendlichen, erhebliche akzessorische Weichteilverletzungen nach Direkttrauma sowie Gefäß- und Nervenverletzungen oder der misslungene konservative Behandlungsversuch mit persistierender schwerer Fehlstellung erfordern auch laut umfangreichen Lehrbüchern der Kinderchirurgie (Willital und Lehmann, 2000; von Laer, 2001) eine operative Behandlung. Weiterhin besteht bei einer drohenden oder stattgehabten Hautperforation und signifikanten Verkürzungen im Bereich des Schultergürtels (Kubiak und Slongo, 2002), bei Kombinationsverletzungen von Klavikula- und Skapulahals und den seltenen Pseudarthrosen (Müller, 1992) die Indikation zur operativen Behandlung mittels Osteosynthese, was auch durch unsere Erfahrungen klar belegt wird.

Heute wird in der Erwachsenentraumatologie zunehmend auch der Wunsch des Patienten nach rascher funktioneller Belastbarkeit und kosmetisch ansprechendem Ergebnis als OP-Indikation gesehen (Andermahr et al., 2008). Besonders die adoleszenten Patienten werden deshalb bei bestehender dislozierter Klavikulafraktur immer über die Möglichkeit einer operativen Versorgung aufgeklärt. Die zügigere Schmerzfreiheit und die frühfunktionelle Nachbehandlung, beides Punkte, denen unsere Patienten eine große Bedeutung zumaßen, spielen bei der Entscheidungsfindung eine zunehmende Rolle.

Wenn eine Indikation für die operative Behandlung einer Klavikulafraktur besteht, sind verschiedene Osteosyntheseverfahren möglich: Die Plattenosteosynthese, die Versorgung mittels Kirschner-Draht und die intramedulläre Stabilisierung mittels elastisch stabilem Nagel. Während bei der Plattenosteosynthese in jedem Fall eine offene Frakturversorgung durchgeführt werden muss, bieten K-Drähte und intramedulläre Osteosyntheseverfahren die Möglichkeit der geschlossenen Frakturversorgung. Bei Kindern berichten Kubiak und Slongo (2002) über 15 operierte Klavikulafrakturen, wovon fünf Adoleszente zwischen 12 und 14 Jahren mit einer elastischen Nagelung versorgt wurden. Major-Komplikationen traten in diesem sehr kleinen Kollektiv nicht auf, die Zufriedenheit und die erlittenen Schmerzen wurden nicht erfasst (Kubiak und Slongo, 2002).

Mehlmann et al. (2009) publizierten über die Ergebnisse von 24 Patienten mit grob dislozierten Klavikulafrakturen im Alter zwischen 7 und 16 Jahren, von denen 22 Patienten mittels Plattenosteosynthese, ein Patient mittels Schraubenosteosynthese und ein Patient mit einer K-Draht-Osteosynthese versorgt worden waren. Bei der Nachuntersuchung nach Materialentfernung gaben alle Patienten an, mit dem Ergebnis zufrieden zu sein, an Komplikationen traten lediglich eine Narbenüberempfindlichkeit bei 2 Patienten und eine sekundäre, vorübergehende Neurapraxie des Nervus ulnaris bei einem Patienten über einen Zeitraum von 3 Monaten auf.

Bei Erwachsenen war die Plattenosteosynthese lange Zeit die Methode der Wahl in der Behandlung dislozierter Klavikulafrakturen. Ihre besondere Problematik besteht darin, dass die Zuggurtungsseite der Klavikula und damit die optimale Lage der Platte je nach Belastungsrichtung und Rotation des Armes variieren. Eine Biegebelastung des Implantates kann durch keine Plattenlage verhindert werden. Es besteht somit die Gefahr eines Implantatausrisses. Weiterhin können durch den ausgedehnten Zugang hypertrophe Keloidnarben entstehen (Jubel et al., 2007). Andere typische Probleme sehen Bostman et al. (1997) und Jubel et al. (2007) im Auftreten von Implantatlockerungen oder Refrakturen nach der Materialentfernung.

In der Kinderchirurgie wird die Plattenosteosynthese heute nur noch selten verwendet (Prinz et al., 2009). In der Literatur findet sich lediglich bei Willital und Lehmann (2000) sowie Pring und Wenger (2005) die Plattenosteosynthese noch als Methode der Wahl in der Behandlung von komplizierten kindlichen Klavikulafrakturen.

In unserer Studie konnten anhand der 15-jährigen Patientin, die bei einer Pseudarthrose mittels Plattenosteosynthese behandelt wurde, die oben beschriebenen möglichen Nachteile der operativen Versorgung mittels Plattenosteosynthese aufgezeigt werden: Eine ausgedehnte Narbe durch einen Schnitt über der Schulter sowie Komplikationen wie Durchtrennung von Hautnerven mit Sensibilitätsverlust oder - wie hier wahrscheinlich aufgetreten - eine Verletzung von parasymphatischen Ganglien mit resultierender Hyperhydrosis.

Ein weiterer Patient unserer Untersuchung, der nach initialer Versorgung mit Rucksackverband in der Kinderchirurgie der Uniklinik Lübeck in einer auswärtigen Klinik im Alter von 15 Jahren mit einer Plattenosteosynthese behandelt wurde, erzielte gute Ergebnisse bezüglich Zufriedenheit, Kosmetik-Score und Schulterfunktion. Die 12 cm lange Narbe durch einen Säbelhiebschnitt über der Schulter wurde von dem jungen Mann

nicht als kosmetisch beeinträchtigend empfunden, was als geschlechtsspezifisch gewertet werden kann. Er klagte jedoch über einen Sensibilitätsverlust über der ehemaligen Fraktur. Die nachteiligen Auswirkungen einer Plattenosteosynthese ließen sich somit auch an diesem Einzelfall darstellen, wenngleich aufgrund geschlechtsspezifischer Beurteilungen vor allem des kosmetischen Outcomes der Zufriedenheits-Score höher ausfiel als bei dem Mädchen gleichen Alters.

Die K-Draht-Fixierung wird in der Literatur nahezu übereinstimmend nicht mehr empfohlen, da sie eine nicht unerhebliche Komplikationsrate aufweist. Besonders die Drahtwanderung wird gefürchtet (Rowe, 1968; Lyons und Rockwood, 1990; Lee et al., 2008). Zwei unserer Patientinnen hatten nach Kirschner-Draht-Osteosynthese eine Majorkomplikation (Drahtwanderung in das AC-Gelenk bzw. massive Kallusbildung) erlitten und waren subjektiv sehr unzufrieden (Zufriedenheits-Score 13 bzw. 24/32 Punkte, Kosmetik-Score 1 bzw. 3/4 Punkte). Beide Patientinnen litten unter den zwei bzw. drei hypertrophen Narben. Diese Erfahrungen stützen die Empfehlung, von der K-Draht-Fixierung als Mittel der minimal-invasiven Osteosynthese auch in der Kinderchirurgie Abstand zu nehmen.

Eine weitere neuere Option der operativen Versorgung von Klavikulafrakturen bietet die elastisch stabile intramedulläre Nagelung (ESIN). Bei Erwachsenen wurde diese bereits vermehrt eingesetzt (Kettler et al., 2007; Müller et al., 2008; Walz et al., 2006; Witzel, 2007; Jubel et al., 2003, 2002). Als Komplikationen bei der Behandlung wurden vereinzelte Migrationen des Nagels nach medial und Implantatbrüche (Müller et al., 2007, 2008) beschrieben sowie postoperative Pseudarthrosenbildungen in 1,7% (Jubel et al., 2003) bzw. 2,3% der Fälle (Kettler et al., 2007). Komplikationen wie Infektionen, Hämatombildung oder Implantatbruch, die unter einer Versorgung mit Plattenosteosynthese aufgetreten waren, wurden bei Erwachsenen nach operativer Versorgung mittels ESIN selten beobachtet (Kettler et al., 2007; Müller et al., 2008; Walz et al., 2006; Jubel et al., 2003). Neben diesen seltenen Komplikationen müssen die Patienten zusätzlich darüber aufgeklärt werden, dass in ca. der Hälfte der Fälle eine zusätzliche Inzision zur offenen Reposition erforderlich ist. So berichteten Kettler et al. (2007) über eine notwendige offene Reposition bei 53/95 (56%) Patienten, Müller et al. wendeten bei 20/33 (61%) einen zusätzlichen Hilfsschnitt an. Bei Irritation der Weichteile im Bereich des Nageleintrittes oder drohender Hautperforation in diesem Bereich im Verlauf muss ggf. frühzeitig der Nagel entfernt werden, was ein Risiko einer Re-Fraktur darstellen kann. Grundsätzlich können bei der elastisch stabilen Nagelung - wie auch bei der Platten- oder K-Draht-Osteosynthese - Verletzungen des subklavikulären Gefäß-

Nerven-Bündels, eine Verletzung der Pleurakuppe oder eine Dislokation des Implantates entstehen. Weiterhin ist die laterale Perforation der Kortikalis durch das intramedulläre Implantat möglich (Rehm et al., 2004).

Da die ESIN-Osteosynthese jedoch im Vergleich zur Platten- oder K-Draht-Osteosynthese seltener mit Komplikationen assoziiert ist, gilt sie mittlerweile in einigen Kliniken für Erwachsenentraumatologie als sicheres minimal-invasives Verfahren, das exzellente funktionelle und kosmetische Ergebnisse erbringt und eine Alternative gegenüber der konservativen Behandlung oder anderen operativen Verfahren darstellt (Jubel et al., 2002, 2003, 2007; Rehm et al., 2002; Kettler et al., 2007; Müller et al., 2007, 2008; Smekal et al., 2009; Walz et al., 2006; Witzel, 2007).

In der Kindertraumatologie empfehlen „Standardwerke“ wie Rockwood und Wilkins (2006) die intramedulläre Osteosynthese in der Behandlung von Frakturen bei Kindern. Auch Kubiak und Slongo (2002) sehen die ESIN-Osteosynthese als operative Methode der Wahl bei Schafffrakturen der Klavikula im Kindesalter an. Durch das elastische Aufspannen im Markraum kann ihrer Meinung nach das Risiko der Materialwanderung vermindert werden. Dabei ist in dieser Studie unklar, wie viele der 15 in ihrer Publikation beschriebenen Patienten tatsächlich mittels ESIN-Osteosynthese operativ behandelt wurden. Vermutlich sind nur fünf intramedulläre Nagelungen des Schlüsselbeines erfasst worden.

Eine Studie, welche isoliert die Ergebnisse von kindlichen, mittels ESIN-Osteosynthese behandelten Klavikulafrakturen darstellt oder diese mit der konservativen Behandlung vergleicht, wurde in keiner Datenbank gefunden. In unserer Studie konnten wir die 8 mit einer ESIN-Osteosynthese behandelten Patienten retrospektiv analysieren: Alle 8 Patienten wiesen ein sehr gutes funktionelles und kosmetisches Ergebnis bei deutlich geringeren Schmerzen und rascher Mobilisation sowie einer hohen allgemeinen Zufriedenheit auf. Im Vergleich zeigten sich die mittels ESIN-Osteosynthese behandelten Patienten deutlich zufriedener mit der durchgeführten Behandlung und dem kosmetischen Ergebnis, als solche, die mittels K-Draht- oder Plattenosteosynthese behandelt worden waren. Fünf von acht Frakturen wurden dabei offen reponiert, was sich in etwa mit den o.g. Angaben der Studien aus der Erwachsenentraumatologie deckt. Trotz der zusätzlichen Inzision unterschied sich die Zufriedenheit mit dem kosmetischen Ergebnis nicht von den Ergebnissen geschlossen reponierter Frakturen.

Major-Komplikationen wie Implantatwanderung traten bei unseren mit ESIN-Osteosynthese behandelten Patienten nicht auf. Die in unserer Studie geschilderte einzige Komplikation des Implantatbruchs ist vermutlich aus der Kombination eines technischen Fehlers bei der Operation und eines erneuten Traumas beim Kickboxen verursacht: Durch einen zu groß gewählten Durchmesser des Nagels wurden zu hohe Kräfte bei der Implantation gefordert und eine Distraction der Frakturenenden verursacht, was wiederum zu einer verzögerten kallösen Überbrückung und einer Art „Sollbruchstelle“ des nicht durch den Markraum geschützten Nagels führte.

Im Rahmen der Nachuntersuchung zeigte sich weiterhin, dass sich ebenso wie bei den Erwachsenen die Ansprüche v.a. der Adoleszenten an die Behandlung einer Klavikulafraktur erhöht haben. Von den Patienten und deren Familien wurde eine rasche Belastbarkeit bei kosmetisch einwandfreiem Ergebnis ebenso wie eine überschaubare Schmerzperiode gewünscht.

Eine eingehende Beratung von Patienten in der beginnenden Adoleszenz über Vor- und Nachteile einer konservativen oder operativen Behandlung ist daher unabdingbar:

Die Vorteile der operativen Behandlung mittels ESIN-Osteosynthese liegen dabei in der raschen Schmerzreduktion, der fehlenden postoperativen Ruhigstellung, der zügigeren Belastbarkeit und der narbenarmen Heilung ohne ausgeprägte Kallusbildung. Die Nachteile wie die Operations- und Narkoserisiken und die erforderliche zweite Operation zur Materialentfernung im Verlauf müssen mit den Patienten besprochen werden. Insbesondere ist darauf hinzuweisen, dass trotz intramedullärer Schienung des Knochens ein Sportverzicht insbesondere für Kontaktsportarten einige Wochen einzuhalten ist, um Refrakturen zu vermeiden.

5 Schlussfolgerungen

Im Rahmen dieser Studie wurden erstmals die Ergebnisse von Patienten mit dislozierten Schlüsselbeinbrüchen standardisiert mit validierten Scores erfasst und die Schlüsselbeine sonographisch nachuntersucht. Über einen Zeitraum von 10 Jahren stellten sich 101 Patienten mit grob dislozierten Klavikulafrakturen in unserer Klinik vor, welches einem Anteil von etwa 30% bezogen auf alle Klavikulafrakturen in diesem Zeitraum entspricht.

Es zeigte sich, dass bei der konservativen Behandlung von Patienten unter zehn Jahren geschlechtsunabhängig sehr gute kosmetische und funktionelle Ergebnisse bei hoher Patientenzufriedenheit erzielt wurden, so dass entsprechend unserer Analyse hier nahezu immer konservativ behandelt werden kann. Die konservative Behandlung dislozierter Brüche erfordert jedoch in jedem Lebensalter ein kompetentes Schmerzmanagement. Für Patienten zwischen dem 10. und 17. Lebensjahr konnte die konservative Behandlung ebenfalls mit insgesamt guten funktionellen und kosmetischen Ergebnissen durchgeführt werden. Bei Beginn der Therapie ist jedoch auf einen langen Schmerz- und Schonungszeitraum bis zu über vier Wochen hinzuweisen sowie auf die mögliche kosmetische Beeinträchtigung durch eine fortbestehend sichtbare Achsabweichung der Klavikula. Die mögliche Pseudarthrose ist zu selten, als dass sie eine Indikation im Sinne einer Prophylaxe darstellen würde.

Weiterhin konnte herausgearbeitet werden, dass eine Unterteilung der einzelnen Dislokationsformen keinen klinischen Vorteil erbringt. Im Vergleich scheinen die bestehenden Achsabweichungen in den beiden Altersgruppen nahezu gleich gut ausgeglichen zu werden, signifikante Unterschiede in Bezug auf die Schulterfunktion oder die kosmetische Zufriedenheit zeigten sich nicht.

Als Diagnostikum wurde in dieser Studie die Untersuchung der Klavikula mittels Sonographie angewandt: Aufgrund der exponierten Lage der Klavikula unter der Haut kann die Sonographie leicht und schnell durchgeführt werden. Das subjektive Empfinden der Patienten, wie Unzufriedenheit aufgrund eines noch bestehenden Kallus oder einer Achsabweichung kann auf diese Weise objektiviert werden.

Als absolute Indikation für ein operatives Vorgehen in allen Altersgruppen gelten in der Literatur die sehr seltene offene Fraktur, Begleitverletzungen und die schmerzhafte Pseudarthrosebildung. Bei Kindern und Jugendlichen über zehn Jahre mit dislozierten Frakturen sind der Wunsch nach einer sofortigen übungsstabilen Versorgung und baldiger sportlicher Betätigung sowie beidseitige Frakturen als relative Operationsindikationen nach ausführlicher Patienten- und Elternberatung anzusehen.

Als Operationsverfahren kann aktuell nur die elastisch stabile intramedulläre Nagelung mit sehr guten funktionellen und kosmetischen Ergebnissen bei hoher Patientenzufriedenheit empfohlen werden, allerdings müssen die technischen Herausforderungen beachtet werden. Bei Pseudarthrosen nach konservativ behandelten Klavikulafrakturen stellt die elastisch stabile intramedulläre Schienung eine sinnvolle Option der operativen Behandlung dar.

Die Versorgung mittels ESIN-Osteosynthese kann unter der Voraussetzung einer ausführlichen geschlechtsspezifischen Beratung als insgesamt komplikationsarmes Verfahren angeboten werden, wenn gerade bei sportlich aktiven Jugendlichen die umgehende und schmerzarme Mobilisation unter Inkaufnahme zweier Operationen gewünscht wird. Zusätzlich wird das Risiko eines möglicherweise mäßigen kosmetischen Ergebnisses durch verbleibende Fehlstellung ebenso wie die Möglichkeit einer Pseudarthrosebildung minimiert. Bei schwieriger Reposition erhöht der minimal-invasive offene Zugang die Sicherheit, Nerven- oder Gefäßschäden zu vermeiden, ohne das kosmetische Ergebnis zu verschlechtern.

6 Ausblick

Als Konsequenz der zwischen 2006 und 2008 durchgeführte Studie zu kindlichen Klavikulafrakturen findet seitdem in der Kinderchirurgie der Universitätsklinik Lübeck speziell bei adoleszenten Patienten mit stark dislozierten Klavikulafrakturen eine spezifischere und ausführlichere Beratung über die zur Verfügung stehenden Therapieoptionen statt. Die Vor- und Nachteile der konservativen und operativen Versorgung werden dabei erläutert. Bei der Entscheidung für ein konservatives Vorgehen wird die Wichtigkeit eines adäquaten Schmerzmanagements bei einer möglichen längeren Schmerz- und Schonungsperiode hervorgehoben. Es zeigte sich, dass gerade sportlich aktive Jugendliche eine gegenüber der konservativen Versorgung raschere Belastbarkeit bei kosmetisch einwandfreiem Ergebnis und eine überschaubare Schmerzperiode wünschen. Durch die dahingehende Beratung in unserer Klinik haben sich in den Monaten nach Abschluss der Studie schon sechs Familien für eine operative Behandlung einer Klavikulafraktur ihres Kindes entschieden. Dies steht der Zahl von 11 operierten Patienten innerhalb eines Zeitraums von 10 Jahren gegenüber. Zur Qualitätssicherung des neuen Verfahrens werden sämtliche Patienten prospektiv erfasst und laufend ausgewertet.

Der postoperative Verlauf dieser operierten Patienten gestaltete sich jedoch nicht komplett komplikationslos. Gerade die zügige Schmerzfreiheit der jungen, aktiven Patienten wurde dabei zum Problem: Zwei Patienten begannen schon einige Wochen nach der operativen Versorgung mit ihrem gewohnten Sportprogramm. Die fehlenden Schmerzen und die freie Schulterbeweglichkeit ließen sie rasch vergessen, dass sie eine ehemals operationswürdige Verletzung erlitten hatten. So kam es zu Stürzen auf das intramedullär geschiente Schlüsselbein mit einer Re-Fraktur bei einer Patientin und einer Verbiegung des elastischen Nagels in der Klavikula bei einem anderen Patienten. Diese beiden Fälle veranlassten uns dazu, jedem Patienten ein Sportverzicht für 8 Wochen nach ESIN-Osteosynthese der Klavikula dringend zu empfehlen, um bis zu diesem Zeitpunkt eine nahezu vollständige Knochenkonsolidierung zu gewährleisten.

Als eine Weiterentwicklung der minimal-invasiven Osteosynthese stellen Andermahr et al. (2008) in ihrer Studie erstmals die perkutane Plattenosteosynthese vor. Bei diesem Verfahren wird eine LC (low contact) -Platte über einen 1cm großen Schnitt über dem Sternoklavikulargelenk eingeschoben und perkutan mit Schrauben fixiert. Das Verfahren wird als intraoperative Alternative bei einem Versagen der ESIN-Osteosynthese dargestellt (Andermahr et al. 2008). Langzeitergebnisse für dieses Verfahren existieren jedoch bisher nicht, insbesondere keine Studien mit Kindern oder Adoleszenten.

7 Zusammenfassung

Hintergrund: Im Kindesalter gelten Klavikulafrakturen als Domäne der konservativen Behandlung. Es existieren jedoch keine Daten, ob damit bei dislozierten Frakturen in allen Altersklassen sehr gute funktionelle Ergebnisse erzielt werden. Ebenso finden das kosmetische Ergebnis und die Zufriedenheit der Patienten kaum Berücksichtigung in der Literatur. Unklar bleibt, ob – bis auf bislang wenige sichere Indikationen wie z.B. offene Frakturen – bestimmte Patienten bzw. Frakturtypen von einer operativen Versorgung profitieren würden. Spezielle Daten hinsichtlich der eingetretenen Schmerzen in Bezug auf die jeweilige Behandlungsform sind ebenso in keiner Studie dokumentiert. Als zentrale Fragestellungen dieser Studie untersuchten wir zunächst die Inzidenz von dislozierten Frakturen und deren Dislokationsgrade bezogen auf alle Klavikulafrakturen der Kinder und Jugendlichen, die an in der Kinderchirurgischen Universitätsklinik Lübeck behandelt worden waren. Weiterhin analysierten wir die Ergebnisse der konservativen Behandlung dislozierter Klavikulafrakturen unter besonderer Berücksichtigung des Patientenalters, der Schulterfunktion, der Patientenzufriedenheit, des kosmetischen Ergebnisses und der erlittenen Schmerzen. Wir stellten uns zum anderen die Frage, ob sich die kosmetischen Resultate, die Langzeitergebnisse der Schulterfunktion sowie die Patientenzufriedenheit und die erlittenen Schmerzen bis zur Heilung beim Vergleich konservativer vs. operativer Behandlung unterscheiden und suchten nach einem altersbezogenen „Cut-off“ bzw. einem Dislokationsgrad, ab dem ggf. eine operative Versorgung empfohlen werden sollte.

Material und Methode: Retrospektiv wurden die Daten von Patienten mit dislozierter Klavikulafraktur hinsichtlich Behandlungsmethode, Komplikationen sowie der Schmerzwahrnehmung ausgewertet. In der Nachuntersuchung wurde die Schulterfunktion mit dem Constant & Murley-Score ermittelt, beide Schlüsselbeine sonographiert und die Patientenzufriedenheit unter Berücksichtigung des kosmetischen Ergebnisses (ZUF-8) erfasst. Die erhaltenen Ergebnisse wurden statistisch ausgewertet und mit SPSS 17 für Windows berechnet.

Ergebnisse: Zwischen 1/1997 und 12/2007 wurden 101 Kinder und Jugendliche unter 17 Jahren wegen einer dislozierten Klavikulafraktur behandelt. 59 Patienten mit 60 dislozierten Klavikulafrakturen konnten 1-10 Jahre nach dem Unfallereignis nachuntersucht werden. Von diesen dislozierten Frakturen waren 49 konservativ und 11 operativ versorgt worden. Alle Patienten unter 10 Jahre waren konservativ behandelt worden und erreichten sehr gute funktionelle und kosmetische Ergebnisse bei hoher Patientenzufriedenheit. Einzig eine 8jährige Patientin entwickelte eine schmerzhafte

Pseudarthrose, welche jedoch nach Resektion und intramedullärer Stabilisierung ein sehr gutes Outcome aufwies. Von den Patienten über 10 Jahre wurden 22 Frakturen konservativ und 10 operativ versorgt (K-Draht-Osteosynthese $n = 2$, intramedulläre Stabilisierung mittels ESIN-Osteosynthese bei 6 Patienten mit 7 Frakturen sowie eine auswärtige Plattenosteosynthese). Operativ und konservativ versorgte Patienten > 10 Jahre wiesen verglichen mit den jüngeren Kindern eine gleich gute Schulterfunktion auf, jedoch waren die Scores für die allgemeine und kosmetische Zufriedenheit tendenziell niedriger. Es ergaben sich keine signifikanten Einflüsse von Geschlecht oder Dislokationsform auf die Ergebnisse der Patienten aller Altersgruppen. Unabhängig von dem Grad der Dislokation wurden die verschiedenen starken Fehlstellungen nahezu gleich gut ausgeglichen. Bezüglich des Einflusses des Geschlechts konnten lediglich Tendenzen auf eine höhere allgemeine und kosmetische Zufriedenheit bei den Jungen der Altersgruppe > 10 Jahre gefunden werden. Noch bestehender Kallus oder Narben postoperativ wurden von den jungen Männern als weniger störend empfunden als bei den Mädchen dieser Altersgruppe, ohne dass sich dies jedoch in der statistischen Auswertung signifikant niederschlug. Im Vergleich zwischen den operierten und konservativ behandelten Kindern > 10 Jahre zeigte sich eine signifikant höhere Schmerzangabe bei den konservativ Behandelten. Operierte Patienten bewerteten die sofortige spontane Mobilisation als äußerst positiv. Die wenigen Patienten unserer Studie, die operativ mittels K-Draht- und Plattenosteosynthese behandelt worden waren, erzielten retrospektiv betrachtet deutlich schlechtere Ergebnisse als Patienten, die mit ESIN-Osteosynthese versorgt worden waren. Die Ultraschalluntersuchung als röntgenstrahlenfreies Diagnostikum in unserer Studie war problemlos durchführbar und zeigte reproduzierbare Ergebnisse. Sie ergab bei 7/43 Patienten im a.p.-Strahlengang und bei 3/43 Patienten im c.c.-Strahlengang eine Winkeldifferenz $> 10^\circ$, die sich in einer signifikanten negativen Korrelation bezüglich der allgemeinen und kosmetischen Zufriedenheit der Patienten widerspiegelte. Auch die wenigen im Ultraschall gemessenen Längendifferenzen > 1 cm korrelierten signifikant negativ mit der kosmetischen Zufriedenheit der Patienten. Bei operativ mit ESIN-Osteosynthese versorgten Patienten zeigten sich weder Winkeldifferenzen $> 10^\circ$, noch Längendifferenzen > 1 cm.

Schlussfolgerung: Für Kinder < 10 Jahren ist die konservative Behandlung dislozierter Frakturen ohne Begleitverletzung bei adäquater Schmerztherapie die Methode der Wahl. Ältere Kinder erzielen gute funktionelle Ergebnisse, beklagen aber längerfristige Schmerzen und sind mit der längeren Immobilisation unzufrieden. Als operative Versorgungsmethode kann nur die intramedulläre Osteosynthese mittels elastisch stabilem Nagel als komplikationsarmes Verfahren empfohlen werden, jedoch sind die Patienten über die Möglichkeit einer offenen Repositionen, die in unserer Studie bei 5/8 Patienten notwendig war, aufzuklären. Als absolute Indikation für ein operatives Vorgehen in allen Altersgruppen gelten die offene Fraktur, Begleitverletzungen und die schmerzhafte Pseudarthrosebildung. Insbesondere bei sportlich aktiven Jugendlichen kann die Versorgung mittels ESIN-Osteosynthese angeboten werden, wenn die umgehende und schmerzarme Mobilisation unter Inkaufnahme zweier Operationen nach ausführlicher Beratung gewünscht wird. Zusätzlich wird das Risiko eines möglicherweise mäßigen kosmetischen Ergebnisses durch verbleibende Fehlstellung ebenso wie die Möglichkeit einer Pseudarthrosebildung durch dieses Verfahren minimiert. Als Diagnostikum für kindliche Klavikulafrakturen kann die Sonographie als schnelle und einfache Methode empfohlen werden, welche das subjektive Empfinden der Patienten, wie Unzufriedenheit aufgrund eines noch bestehenden Kallus oder einer Achsabweichung objektivieren kann.

Literaturverzeichnis

1. Adams, Baltimore et al. (1945). "The genuine works of Hippocrates" In B. Adams, Williams und Wilkins (Hrsg.) *The genuine works of Hippokrates*: 205-215.
2. Andermahr, J., Faymonville, C., Rehm, K. E. und Jubel, A. (2008). "Percutaneous plate osteosynthesis for clavicular fractures: initial description". *Unfallchirurg* 111 (1): 43-45.
3. Andermahr, J., Jubel, A., Elsner, A., Johann, J., Prokop, A., Rehm, K. E. und Köbke, J. (2007). "Anatomy of the clavicle and the intramedullary nailing of midclavicular fractures". *Clin Anat.* (20 (1)): 48-56.
4. Bishop, J. Y. und Flatow, E. L. (2005). "Paediatric shoulder trauma". *Clin Orthop Relat Res* (432): 41-48.
5. Blab, E., Geissler, W. und Rokitansky, A. (1999). "Sonographic management of infantile clavicular fractures". *Pediatr Surg Int* 15 (3-4): 251-254.
6. Bostman, O., Manninen, M. und Pihlajamäki, H. (1997). "Complications of plate fixation in fresh displaced midclavicular fractures". *J Trauma* 43 (5): 778-783.
7. Breitner (1987). "Technik der operative Frakturbehandlung - Technik der Osteosynthese". In Schweiberer, L. *Band VIII der Chirurgischen Operationslehre; Traumatologie 1* (S. 96-97). Urban und Schwarzenberg: München, Baltimore.
8. Brown, J. C., Klein E. J., Lewis, C. W., Johnston, B. D. und Cummings, P. (2003). "Emergency department analgesia for fracture pain". *Ann Emerg Med* 42 (2): 197-205.
9. Bustami, B. (2005). "Der Constant-Murley-Score als Fragebogen - Stellenwert bei der Nachbeobachtung von Patienten nach ESWT bei Tendinosis calcarea der Schulter". Dissertationsschrift aus München: 23-28.
10. Constant, C. R. (1991). "Assesment of shoulder function". *Orthopaede* 20 (5): 289-294.

11. Constant, C. R. und Murley, A. H. (1987). "A clinical method of functional assessment of the shoulder". *Clin Orthop Relat Res* (214): 160-164.
12. Curtis, R. J. Jr. (1990). "Operative management of children's fractures of the shoulder region". *Orthop Clin North Am* 21 (2): 315-324.
13. Dietz, H. G., Schmittenebecher, P. P. und Illing, P. (1997). "Frakturen im Wachstumsalter, historische Betrachtung der intramedullären Osteosynthese". In Dietz, H. G., Schmittenebecher, P. P. und Illing, P. (Hrsg.) *Intramedulläre Osteosynthese im Wachstumsalter* 1: 14-15, 17-24. Urban und Schwarzenberg: München, Wien, Baltimore.
14. Eskola, A., Vainionpää, S., Myllynen, P., Päätiälä, H. und Rokkanen, P. (1986). "Outcome of clavicular fracture in 89 patients". *Arch Orthop Trauma Surg* 105 (6): 337-338.
15. Firica, A., Troianescu, O., Mucichescu, D., Protopopescu, C., Petre, N., und Vladutiu, C. (1977). "Osteosynthese du femur a clous secants". *Lyon Chir* 73: 385-386.
16. Grassi, F. A., Tajana, M. S. und D'Angelo, F. (2001). "Management of midclavicular fractures: Comparison between nonoperative treatment and open intramedullary fixation in 80 patients". *J Orthop Trauma* 50: 1096-1100.
17. Hill, J. M., McGuire, M. H. und Crosby, L. A. (1997). "Closed treatment of displaced middle-third fractures of the clavicle gives poor results". *J Bone Joint Surg Br* 79 (4): 537-539.
18. Hirner, A. und Weise, K. (2004). "Schultergürtel und Schultergelenk: Frakturen und Weichteilverletzungen". In Hirner, A. und Weise, K. *Chirurgie - Schnitt für Schnitt*. (S. 276-281). Thieme Verlag: Stuttgart, New York.
19. Hübner, U., Schlicht, W., Outzen, S., Barthel, M., Halsband, H. (2000). "Ultrasound in the diagnosis of fractures in children". *J Bone Joint Surg Br* 82 (8): 1170-1173.

20. Jubel, A., Andermahr, J., Faymonville, C., Binnebösel, M., Prokop, A. und Rehm, K. E. (2002). "Wiederherstellung der Symmetrie des Schultergürtels bei Klavikulafrakturen: Elastisch stabile intramedulläre Osteosynthese vs. Rucksackverband". *Chirurg* 73: 978-981.
21. Jubel, A., Andermahr, J. und Rehm, K. E. (2007). "Intramedulläre Schienung von Klavikulafrakturen". *Trauma und Berufskrankheit*: 1-11.
22. Jubel, A., Andermahr, J., Schiffer, G., Tsironis, K. und Rehm, K. E. (2003). "Elastic stable intramedullary nailing of midclavicular fractures with a titanium nail". *Clin Orthop Relat Res* (408): 279-285.
23. Kettler, M., Schieker, M., Braunstein, V., König, M. und Mutschler, W. (2007). "Flexible intramedullary nailing for stabilization of displaced midshaft clavicle fractures: technique and results in 87 patients". *Acta Orthop* 78 (3): 424-429.
24. Krämer, K. L. und Maichl, F. P. (1993). "Klavikulafraktur". In Krämer, K. L. und Maichl, F. P. (Hrsg.): *Scores, Bewertungsschemata und Klassifikationen in Orthopädie und Traumatologie*. Thieme Verlag: Stuttgart, New York.
25. Kremer, K., Lierse, W., Platzer, W., Schreiber, H. W. und Weller, S. (1995) "Schultergürtel". In Kremer, K., Lierse, W., Platzer, W., Schreiber, H. W. und Weller, S. (Hrsg.) *Chirurgische Operationslehre - Spezielle Anatomie, Indikationen, Technik, Komplikationen in 10 Bänden* (S. 2-8). Stuttgart, New York: Thieme Verlag.
26. Kubiak, R. und Slongo, T. (2002). "Operative treatment of clavicle fractures in children: a review of 21 years". *J Pediatr Orthop* 22 (6): 736-739.
27. von Laer, L. (2001). "Verletzungen im Bereich des Schultergürtels und des Humerusschaftes". *Frakturen und Luxationen im Wachstumsalter* (S. 92-97) Thieme Verlag: Stuttgart, New York.
28. von Laer, L. (2005). "Frakturen im Wachstumsalter". *Trauma und Berufskrankheit* 7: 6-10.

29. Lee, Y. S., Huang, H. I., Lo, T. Y., Hsieh, Y. F. und Huang, C. R. (2008). "Surgical treatment of midclavicular fractures: a prospective comparison of Knowles pinning and plate fixation". *Int Orthop*. 32 (4): 541-545.
30. Lyons, F. A. und Rockwood, C. A. Jr. (1990). "Migration of pins used in operations on the shoulder". *J Bone Joint Surg Am* 72 (8): 1262-1267.
31. Marti, R. K., Nolte P. A., Kerkhoffs, G. M. M. J., Besselaar, P. P. und Schaap, G. R. (2003). "Operative treatment of mid-shaft clavicular non-union". *Int Orthop* 27 (3): 131-135.
32. McGraw, M. A., Mehlman, C. T., Lindsell, C. J., und Kirby, C. L. (2009). "Postnatal growth of the clavicle: birth to 18 years of age". *J Pediatr Orthop* 29 (8): 937-943.
33. McKee, M. D., Pedersen, E. M., Jones, C., Stephen, D. J. G., Kreder, H. J., Schemitsch, E. H., Wild, L. M. und Potter, J. (2006). "Deficits following nonoperative treatment of displaced midshaft clavicular fractures". *J Bone Joint Surg Am* 88 (1): 35-40.
34. McKee, M. D., Wild, L. M. und Schemitsch, E. H. (2003). "Midshaft malunion of the clavicle". *J Bone Joint Surg Am* 85-A (5): 790-797.
35. Mehlman, C. T., Yihua, G., Bochang, C. und Zhigang, W. (2009). "Operative treatment of completely displaced clavicle shaft fractures in children". *J Pediatr Orthop* 29 (8): 851-855.
36. Metaizeau, J.-P. und Ligier, N. (1984). "Le traitement chirurgical des fractures des os longues chez l'enfant". *Chir. Paris* 121: 527-537.
37. Müller, M., Rangger, C., Striepen, N. und Burger, C. (2008). "Minimally invasive intramedullary nailing of midshaft clavicular fractures using titanium nails". *Journal of Trauma* 64: 1528-1534.
38. Müller, M., Burger, C., Florczyk, A., Striepenz, N. und Rangger, C. (2007). "Elastischer Titannagel zur minimal-invasiven Osteosynthese der Klavikulaschaftfraktur". *Chirurg* 78: 349-355.

39. Müller, M. E., Allgöwer, M. und Schneider, R. (1992). "Klavikulafrakturen". In Müller, M. E., Allgöwer, M. und Schneider, R. (Hrsg.) *Manual der Osteosynthese* (S. 432-435). Springer: Heidelberg.
40. Nordqvist, A., Petersson, C. J. und Redlund-Johnell, I. (1998). "Mid-clavicle fractures in adults: end result study after conservative treatment". *J Orthop Trauma* 12 (8): 572-576.
41. Nordqvist, A., Redlund-Johnell, I., von Scheele, A., und Petersson, C. J. (1997). "Shorting of clavicle after fracture. Incidence and clinical significance, a 5-year follow-up of 85 patients". *Acta orthop Scand* 68 (4): 349-351.
42. Nowak, J., Holgersson, M. und Larsson, S. (2005). "Sequelae from clavicular fractures are common; A prospective study of 222 patients". *Acta orthopaedica* 76 (4): 496-502.
43. Pring, M. und Wenger, D. (2005). "Clavicle". In Wenger, D. und Pring, M. (Hrsg.) *Rang's Children's Fractures* (S. 75-83). Lippincott, Williams and Wilkins: Philadelphia.
44. Prinz, K., Rapp, M., Kraus, R., Wessel, L. M. und Kaiser, M. M. (2009). "Dislozierte Klavikulafrakturen im Kindes- und Jugendalter: Wer profitiert von einer Operation?" *Z Orthop Unfall* 147: 1-6.
45. Ranke, M. B. und Harnack, G. A. (2007). „Wachstum, Entwicklung und Reife“. In Koletzko, B. (Hrsg.): *Kinder- und Jugendmedizin* (S.3-4). Springer-Verlag
46. Rehm, K. E., Andermahr, J. und Jubel, A. (2004). „Die intramedulläre Osteosynthese der Klavikula mit einem elastischen Titannagel“. *Operat Orthop Traumatol* 4: 365-379.
47. Rockwood und Wilkins (2006). "Fractures of the clavicle". In Beaty, J. H., Kasser, J. R. (Hrsg.): *Fractures in Children* (S. 721-731). Lippincott, Williams and Wilkins: Philadelphia.

48. Rogovik, A. L. und Goldman, R. D. (2007). "Prehospital use of analgetics at home or en route to the hospital in children with extremity injuries". *Am Emerg Med* 25 (4): 400-405.
49. Rogovik, A.L., Rostami, M., Hussain, S. und Goldman, R. D. (2007). "Physician pain reminder as an intervention to enhance analgesia for extremity and clavicle injuries in pediatric emergency". *J Pain* 8 (1): 26-32.
50. Röntgenverordnung (RöV) – Verordnung über den Schutz vor Schäden durch Röntgenstrahlen (2002). "Genehmigungsvoraussetzungen für die Anwendung von Röntgenstrahlung am Menschen in der medizinischen Forschung". Unterabschnitt 2a, Paragraph 28b
51. Rössler, H. und Rüther, W. (2005). "Manuelle Untersuchung in der Orthopädie - Prüfung der Gelenke". In Rössler, H. und Rüther, W. (Hrsg.) Orthopädie und Unfallchirurgie (S. 18-19). Urban und Fischer: München.
52. Rowe, C. R. (1968). "An Atlas of Anatomy and Treatment of Midclavicular Fractures". *Clinic Orthop Relat Res* 58: 29-42.
53. Rowe, C.R. (1983). "Historical development of shoulder care". *Clinics in Sports Medicine* 2: 231-240.
54. Schmidt, J., Lamprecht, F. und Wittmann, W. (1989). "Zufriedenheit mit der stationären Versorgung. Entwicklung eines Fragebogens und erste Validitätsuntersuchungen". *Psychotherapie und medizinische Psychologie* 39: 248-255.
55. Schmidt, J., und Wittmann, W. (2002). "ZUF-8; Fragebogen zur Messung der Patientenzufriedenheit". In Brähler, S., Schumacher, J. und Strauß, B. (Hrsg.) Diagnostische Verfahren in der Psychotherapie (S. 392-396). Hogrefe: Göttingen.
56. Smekal, V., Irenberger, A., Struve, P., Wambacher, M., Krappinger, D. und Kralinger, F. S. (2009). "Elastic stable intramedullary nailing versus nonoperative treatment of displaced midshaft clavicular fractures- a randomized, controlled, clinical trial". *J Orthop Trauma* 23 (2): 106-112.

57. Society C. O. T. (2007). "Nonoperative treatment compared with plate fixation of displaced midshaft clavicular fractures". *J Bone Joint Surg Am* 89-A (1): 1-10.
58. Trompetter, R. und Seekamp, A. (2008). "Klavikulafrakturen". *Unfallchirurg* 111 (1): 27-39.
59. Walz et al., M., Kolbow, B. und Auerbach, F. (2006). "Elastisch stabile intramedulläre Nagelung (ESIN) von Klavikulaschaftfrakturen - Wandel eines Therapiekonzeptes?" *Unfallchirurg* 109: 200-211.
60. Weller, S., Hierholzer, G., Platzer, W., Trentz, O. (1995). "Schultergürtel, obere Extremität". In Weller, S., Hierholzer, G., Platzer, W., Trentz, O. (Hrsg.) *Schädel, Haltungs- und Bewegungsapparat* (S. 24-27). Thieme Verlag: Stuttgart.
61. Wick, M., Muller, J., Kollig, E. und Muhr, G. (2001). "Midshaft fractures of the clavicle with a shortening of more than 2 cm predispose to nonunion". *Arch Orthop Trauma Surg* 121 (4): 207-211.
62. Willital, G. H. und Lehmann, R. R. (2000). "Klavikulafraktur". In Willital, G.H. und Lehmann, R.R. (Hrsg.) *Chirurgie im Kindesalter* (S. 1044-1049). Spitta Verlag: Balingen.
63. Witzel, K. (2007). "Intramedullary osteosynthesis in fractures of the mid-third of the clavicle in sports traumatology". *Z Orthop Unfall* 145 (5): 639-642.
64. Zlowodzki, M., Zelle, B. A., Cole, T. A., Jeray, K. und McKee, M. D. (2005). "Treatment of acute midshaft clavicle fractures: systematic review of 2144 fractures". *J Orthop Trauma* 19: 504-507.

Anhang 1 Der Nachuntersuchungsbogen

Kinderchirurgie Lübeck

Clavicula - Schulter - Proximaler Oberarm

Nachkontrolle **N**

Seite ☐ rechts ☐ links	Fragearten ☐ nur 1 Antwort erlaubt ☐ mehrere Antworten erlaubt	Patientenetikett		
Nachname		Vorname		Geschlecht
Strasse		Pat.-Nr.		
Postleitzahl		Wohnort		
Beruf		Geburtsdatum (TT.MM.JJJJ)		Telefon

Arzt:

Anamnese / Behandlung

Nachuntersuchung

Tag ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐ 9 ☐ 10 ☐ 11 ☐ 12 ☐ 13 ☐ 14 ☐ 15 ☐ 16 ☐ 17 ☐ 18 ☐ 19 ☐ 20 ☐ 21 ☐ 22 ☐ 23 ☐ 24 ☐ 25 ☐ 26 ☐ 27 ☐ 28 ☐ 29 ☐ 30 ☐ 31
 Monat ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐ 9 ☐ 10 ☐ 11 ☐ 12 Jahr ☐ 04 ☐ 05 ☐ 06 ☐ 07 ☐ 08 ☐ 09 ☐ 10 ☐ 11 ☐ 12 ☐ 13 ☐ 14 ☐ 15 ☐ 16

Primäre Therapie

☐ operativ ☐ konservativ

OP-Tag (falls zutreffend)

Tag ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐ 9 ☐ 10 ☐ 11 ☐ 12 ☐ 13 ☐ 14 ☐ 15 ☐ 16 ☐ 17 ☐ 18 ☐ 19 ☐ 20 ☐ 21 ☐ 22 ☐ 23 ☐ 24 ☐ 25 ☐ 26 ☐ 27 ☐ 28 ☐ 29 ☐ 30 ☐ 31
 Monat ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐ 9 ☐ 10 ☐ 11 ☐ 12 Jahr ☐ 04 ☐ 05 ☐ 06 ☐ 07 ☐ 08 ☐ 09 ☐ 10 ☐ 11 ☐ 12 ☐ 13 ☐ 14 ☐ 15 ☐ 16

Anamnese
Besonderheiten
Befundbeschreibung
Massnahmen

Score nach Constant und Murley

SUBJEKTIVE KRITERIEN	Schmerzen		Arbeitshöhe			
	☐ stark ☐ mild		☐ bis Hüfthöhe ☐ bis Brusthöhe	☐ bis Nackenhöhe ☐ bis Stirnhöhe	☐ über Kopf	
	☐ mässig ☐ keine					
	ADL					
OBJEKTIVE KRITERIEN	Arbeitsfähigkeit	keine ☐	☐	☐	☐	☐ uneingeschränkt
	Sportfähigkeit	keine ☐	☐	☐	☐	☐ uneingeschränkt
	Schlaf	kein ☐	☐	☐	☐ ungestört	
	Bewegungsumfang					
	Anteversion	☐ 0 - 30° ☐ 31 - 60° ☐ 61 - 90° ☐ 91 - 120° ☐ 121 - 150° ☐ 151 - 180°				
	Abduktion	☐ 0 - 30° ☐ 31 - 60° ☐ 61 - 90° ☐ 91 - 120° ☐ 121 - 150° ☐ 151 - 180°				
OBJEKTIVE KRITERIEN	Aussenrotation					
	☐ Hand hinter Kopf / Ellenbogen vorne	☐ Hand auf dem Kopf / Ellenbogen vorne	☐ volle Elevation vom Kopf aus			
	☐ Hand hinter Kopf / Ellenbogen hinten	☐ Hand auf dem Kopf / Ellenbogen hinten				
	Innenrotation					
OBJEKTIVE KRITERIEN	☐ bis Trochanter major ☐ bis Mm. glutei	☐ bis ISG ☐ bis LSU	☐ bis 12. BWK ☐ bis 7. BWK			
	Kraft					
	keine Kraft ☐ 0 ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐ 9 ☐ 10 ☐ 11 ☐ 12 ☐ 13 ☐ 14 ☐ 15 ☐ 16 ☐ 17 ☐ 18 ☐ 19 ☐ 20 ☐ 21 ☐ 22 ☐ 23 ☐ 24 ☐ 25 volle Kraft					

Kinderchirurgie Lübeck
Clavicula - Schulter - Proximaler Oberarm

Nachkontrolle **N**

Neutral-Null-Methode

Anteversion (0) (10) (20) (30) (40) (50) (60) (70) (80) (90) 100 110 120 130 140 150 160 170 180
Retroversion (0) (10) (20) (30) (40) (50)
Abduktion (0) (10) (20) (30) (40) (50) (60) (70) (80) (90) 100 110 120 130 140 150 160 170 180
Aussenrotation (0) (10) (20) (30) (40) (50) (60)
Innenrotation (50) (40) (30) (20) (10) (0) (10) (20) (30) (40) (50) (60) (70) (80) (90) 100

Befunde

Röntgen
Neurologie
N. radialis
N. ulnaris
N. medianus
Sonstiges

Procedere

Abschluss / WV in:
Weiterbehandlung Hausarzt / Chirurg:
ME am / in:
KG / EAP:
Nächstes RÖ:
MRT / CT:
Ruhigstellung:
OP am:

Unterschrift Assistenzarzt:

Unterschrift Oberarzt:

Anhang 2 Der Constant und Murley-Score

Score nach Constant und Murley	
SUBJEKTIVE KRITERIEN	Schmerzen ☐ stark ☐ mild ☐ mässig ☐ keine
	Arbeitshöhe ☐ bis Hüfthöhe ☐ bis Nackenhöhe ☐ über Kopf ☐ bis Brusthöhe ☐ bis Stirnhöhe
	ADL
	Arbeitsfähigkeit keine ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ uneingeschränkt
	Sportfähigkeit keine ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ uneingeschränkt
	Schlaf kein ☐ ☐ ☐ ungestört
OBJEKTIVE KRITERIEN	Bewegungsumfang
	Anteversion ☐ 0 - 30° ☐ 31 - 60° ☐ 61 - 90° ☐ 91 - 120° ☐ 121 - 150° ☐ 151 - 180°
	Abduktion ☐ 0 - 30° ☐ 31 - 60° ☐ 61 - 90° ☐ 91 - 120° ☐ 121 - 150° ☐ 151 - 180°
	Aussenrotation ☐ Hand hinter Kopf / Ellenbogen vorne ☐ Hand auf dem Kopf / Ellenbogen vorne ☐ volle Elevation vom Kopf aus ☐ Hand hinter Kopf / Ellenbogen hinten ☐ Hand auf dem Kopf / Ellenbogen hinten
	Innenrotation ☐ bis Trochanter major ☐ bis ISG ☐ bis 12. BWK ☐ bis Mm. glutei ☐ bis LSÜ ☐ bis 7. BWK
	Kraft keine Kraft ☐ 0 ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐ 9 ☐ 10 ☐ 11 ☐ 12 ☐ 13 ☐ 14 ☐ 15 ☐ 16 ☐ 17 ☐ 18 ☐ 19 ☐ 20 ☐ 21 ☐ 22 ☐ 23 ☐ 24 ☐ 25 volle Kraft

Anhang 3 Fragebogen zur Nachuntersuchung bei kindlicher komplizierter Klavikulafraktur

Fragebogen für die Eltern zur Nachuntersuchung bei kindlicher komplizierter Schlüsselbeinfraktur nach Operation

Klinik für Kinderchirurgie , Universitätsklinikum S –H, Campus Lübeck

Liebe Eltern,

wir möchten Sie bitten, einige Fragen zur Ihrer Zufriedenheit mit der Schlüsselbeinbruch-Behandlung Ihres Kindes zu beantworten.

- 1) Waren Sie mit der Aufklärung über die Studie zufrieden? ☐ ja ☐ nein
- 2) Wurde bei Ihrem Kind eine Operation durchgeführt? ☐ ja ☐ nein
- 3) Wie schätzen Sie die Schmerzen Ihres Kindes unmittelbar nach der OP ein?
☐ keine Schmerzen ☐ wenig Schmerzen ☐ Mittelstarke Schmerzen ☐ Starke Schmerzen ☐ sehr starke Schmerzen
- 4) Wie schätzen Sie die Schmerzen Ihres Kindes am Tag nach der OP ein?
☐ keine Schmerzen ☐ wenig Schmerzen ☐ Mittelstarke Schmerzen ☐ Starke Schmerzen ☐ sehr starke Schmerzen
- 5) Wie schätzen Sie die Schmerzen Ihres Kindes 2 Tage nach der OP ein?
☐ keine Schmerzen ☐ wenig Schmerzen ☐ Mittelstarke Schmerzen ☐ Starke Schmerzen ☐ sehr starke Schmerzen
- 6) Waren Sie mit der Wundheilung zufrieden? ☐ ja ☐ nein
- 7) Ist erneut ein Schlüsselbeinbruch aufgetreten? ☐ ja ☐ nein ☐ weiß nicht
- 8) Traten nach der OP Komplikationen auf? ☐ ja ☐ nein ☐ weiß nicht

Wenn ja, welche:

9) War eine erneute Operation notwendig (außer der Metallentfernung)?

☐

ja

☐

nein

10) Wie zufrieden sind Sie mit der Narbe?

☐

sehr
zufrieden

☐

zufrieden

☐

teils/teils

☐

wenig
zufrieden

☐

sehr
unzufrieden

11) Würden Sie diese Art der Behandlung wieder durchführen lassen?

☐

ja

☐

nein

☐

weiß
nicht

Vielen Dank!

Anhang 4 Zufriedenheitsbogen ZUF-8

In den folgenden Fragen geht es um Ihre Zufriedenheit mit der Schlüsselbeinbruchoperation bzw. -behandlung bei Ihrem Kind:

1. Wie würden Sie die Qualität der Operation/ Behandlung, die bei Ihrem Kind durchgeführt wurde, beurteilen?

ausgezeichnet

☐

gut

☐

weniger gut

☐

schlecht

☐

2. Haben Sie die Art von Operation/ Behandlung erhalten, die sie wollten?

eindeutig nicht

☐

eigentlich nicht

☐

im Allgemeinen ja

☐

eindeutig ja

☐

3. In welchem Maße hat die Operation/ Behandlung Ihren Bedürfnissen entsprochen?

sie hat fast allen
meinen
Bedürfnissen
entsprochen

☐

sie hat den
meisten meiner
Bedürfnisse
entsprochen

☐

sie hat nur
wenigen meiner
Bedürfnisse
entsprochen

☐

sie hat meinen
Bedürfnissen nicht
entsprochen

☐

4. Würden Sie einem Freund/ einer Freundin die Kinderchirurgie am Universitätsklinikum in Lübeck empfehlen, wenn er / sie eine ähnliche Hilfe benötigen würde?

eindeutig nicht

☐

eigentlich nicht

☐

im Allgemeinen ja

☐

eindeutig ja

☐

5. Wie zufrieden sind Sie mit dem Ergebnis der Operation/ Behandlung und der Kosmetik?

ziemlich
unzufrieden

☐

leidlich oder leicht
unzufrieden

☐

weitgehend
zufrieden

☐

sehr zufrieden

☐

6. Hat die Operation/ Behandlung, Ihnen dabei geholfen, angemessener mit dem Schlüsselbeinbruch Ihres Kindes umzugehen

ja, sie half eine
ganze Menge

☐

ja, sie half etwas

☐

nein, sie half
eigentlich nicht

☐

nein, sie hat die
Dinge schwerer
gemacht

☐

7. Wie zufrieden sind Sie mit der Operation/ Behandlung, die Sie erhalten haben, im Großen und Ganzen?

sehr zufrieden

☐

weitgehend
zufrieden

☐

leidlich oder leicht
unzufrieden

☐

ziemlich
unzufrieden

☐

8. Würden Sie wieder in die Kinderchirurgie am Universitätsklinikum in Lübeck kommen, wenn Sie Hilfe bräuchten?

eindeutig nicht

☐

ich glaube nicht

☐

ich glaube ja

☐

eindeutig ja

☐

Haben Sie Kommentare, Anregungen, Wünsche zur Operation, der Behandlung und Verbesserung der Betreuung?

Bitte notieren Sie:

Herzlichen Dank für Ihre Mitarbeit!

Anhang 5 Genehmigung des Ethikantrages



Universität zu Lübeck

Medizinische Fakultät - Der Vorsitzende der Ethikkommission

Dekanat der Medizinischen Fakultät der Universität zu Lübeck
Ratzeburger Allee 160, D-23538 Lübeck

Herrn
Dr. med. Kaiser
Klinik für Kinderchirurgie

im Hause

Bearbeiter: Frau Erdmann
Telefon: (0451) 500- 4639
Fax: (0451) 500- 3026
email: erdmann@zuv.uni-luebeck.de

Datum: 26.07.06
Aktenzeichen:
(immer angeben !) 06-104

nachrichtlich:
Herrn Prof. Wessel, Direktor der
Klinik für Kinderchirurgie

Sitzung der Ethik-Kommission am 18. Juli 2006

Antragsteller: Herr Dr. Kaiser / Herr Prof. Wessel

Titel: Funktionelle und kosmetische Nachuntersuchung dislozierter Clavikulafrakturen im Kindesalter - retrospektiver Vergleich konservativer versus operativer Behandlung

Sehr geehrter Herr Dr. Kaiser,

der Antrag wurde unter berufsethischen, medizinisch-wissenschaftlichen und berufsrechtlichen Gesichtspunkten geprüft.

Die Kommission hat nach der Berücksichtigung folgender **Hinweise** keine Bedenken: Die Aufklärung und Einwilligung sind zu trennen. Die Kommission empfiehlt, eine Wegeversicherung abzuschließen und auf diese in der Aufklärung hinzuweisen. Die Unterschriften unter der Einwilligungserklärung werden aus juristischer Sicht von beiden gesetzlichen Vertretern benötigt, wenn diese das Sorgerecht gemeinsam ausüben.

Bei Änderung des Studiendesigns sollte der Antrag erneut vorgelegt werden. Über alle schwerwiegenden oder unerwarteten und unerwünschten Ereignisse, die während der Studie auftreten, muß die Kommission umgehend benachrichtigt werden.

Nach Abschluß des Projektes bitte ich um Übersendung eines knappen Schlussberichtes (unter Angabe unseres Aktenzeichens), aus dem der Erfolg/Misserfolg der Studie sowie Angaben darüber, ob die Studie abgebrochen oder geändert bzw. ob Regressansprüche geltend gemacht wurden, ersichtlich sind.

Die ärztliche und juristische Verantwortung des Leiters der klinischen Prüfung und der an der Prüfung teilnehmenden Ärzte bleibt entsprechend der Beratungsfunktion der Ethikkommission durch unsere Stellungnahme unberührt.

Mit freundlichem Gruß und den besten Wünschen für den weiteren Verlauf Ihrer Forschung bin ich

Ihr


Prof. Dr. med. Lucas Wessel
Stellv. Vorsitzender

anwesende Kommissionsmitglieder: ☒

☒ Prof. Dr. Dr. H.-H. Raspe
(Sozialmedizin, Vorsitzender der EK)
☒ Prof. Dr. F. Hohagen
(Psychiatrie)
Prof. Dr. Dendorfer
(Pharmakologie)

☒ Frau H. Müller
(Pflege)
☒ Prof. Wessel
(Kinderchirurgie, Stellv. Vorsitzender der EK)
Herr Dr. Fieber
(Richter am Landgericht Lübeck)
Prof. Schwinger
(Humangenetik)

Herr Prof. Dr. Schunkert
(Medizinische Klinik I)
☒ Frau Prof. Dr. M. Schrader
(Plastische Chirurgie)
Herr Dr. Schultz
(Pädiatrie)
☒ Herr D. Stojan
(Präsident des Amtsgerichtes Lübeck)

Danksagung

Auf der letzten Seite meiner Dissertation möchte ich all Jenen danken, die mich auf dem langen Weg unterstützt und ermutigt haben, diese Arbeit fertigzustellen. Der erste Dank gilt meinem Doktorvater **Herrn PD Doktor Martin Kaiser** für das gründliche Korrekturlesen, die kompetenten Ratschläge und die immer erneute Motivation die „Schlüsselbeinchen“ zu einem guten Ende zu bringen. Ich danke weiterhin dem kommissarischen Leiter **Herrn PD Doktor Wunsch** für die Möglichkeit, hier in der Uniklinik Lübeck als Assistenzärztin zu arbeiten und meine traumatologischen Nachuntersuchungen durchzuführen. Weiterer Dank gilt meinem früheren Chefarzt **Herrn Professor Doktor Lucas Wessel**, der mich auf kindertraumatologischen Kongressen stets motivierte mit der universitären Forschung im Allgemeinen und meiner Dissertation im Besonderen weiterzumachen. Ich danke außerdem meiner Kollegin **Frau Doktor Marion Rapp** für das unermüdliche Korrekturlesen und die vielen gemailten Paper. Dank gilt auch meinem ehemaligen Kollegen **Herrn Hanno von Koschitzky**, ohne dessen Hilfe ich die statistischen Berechnungen nie hätte durchführen können! Vielen Dank an meine Kolleginnen und Kollegen der Kinderchirurgie, die mich stets mit fachlichem Rat in den Nachuntersuchungen und der Niederschrift der Dissertation unterstützten. Weiterhin danke ich meiner Freundin **Juliane Burow** dafür, dass Sie immer da war, wenn ich sie brauchte! Herzlichen Dank auch an **Frau Aksana Coxhead** für die Hilfe beim Layout. Zum Schluss danke ich meinen Eltern **Frau Doktor Patrica** und **Herrn Detlef Prinz**: Ohne Euch und Eure Unterstützung wäre diese Arbeit in diesem Umfang und dieser Qualität nicht zustande gekommen. Meinem unermüdlichem Erstlektor – meinem Papa - gilt dabei mein größter Dank! Ich bin so froh, dass ich Euch habe!

Lübeck, im September 2010

Katharina Prinz

Lebenslauf

Name:	Prinz, <u>Katharina</u> Sophia
Geburtsdatum und –ort:	19. November 1981 in München
Familienstand:	ledig Eltern: Dr. Patrica Prinz, Dipl.-Psych. Detlef Prinz, Dipl.-Psych. Bruder: Konstantin Prinz, Dipl.- Psych.
Schulbildung:	
1988 bis 1992	Grundschulbesuch in Wiesbaden: Konrad-Duden-Schule, Sonnenberg
August 1992 bis Juni 2001	Besuch des humanistischen Diltthey-Gymnasiums In Wiesbaden
	Abschluss: Abitur, Durchschnittsnote 1,4
Berufliche Ausbildung:	
1. August 2001 bis 31. Juli 2002	Beschäftigung beim Arbeiter-Samariter-Bund (ASB) Wiesbaden im Rahmen des Freiwilligen Sozialen Jahres (FSJ) als Rettungshelferin und Rettungssanitäterin; vollschichtiger Einsatz im Rettungsdienst
Oktober 2002 bis September 2004	Grundstudium der Humanmedizin an der Universität des Saarlandes in Homburg/Saar9
	Abschluss: Physikum mit Note: 2,6
Oktober 2004 bis Oktober 2005	Hauptstudium der Humanmedizin an der Universität des Saarlandes in Homburg/Saar
ab Oktober 2005	Hauptstudium der Humanmedizin an der Universität zu Lübeck
ab Dezember 2005	Beginn der Dissertation mit dem Thema „Funktionelle und kosmetische Ergebnisse dislozierter Klavikulafrakturen im Kindesalter – Vergleich konservative vs. operative Behandlung“ in der Kinderchirurgie der Universitätsklinik Lübeck

September 2007	Teilnahme als Referentin am 1. Kinderchirurgisches Ostsee-Symposium Lübeck und Rostock mit eigenem Vortrag: Prinz, Kaiser, Wessel: „Grob verschobene Schlüsselbeinbrüche im Kindesalter“
Mai 2009	Abschluss des Medizinstudiums mit Staatsexamen Abschluss: 2,0
Juli 2009 bis heute	Anstellung in der Kinderchirurgie der Universitätsklinik Lübeck als Assistenzärztin
Herbst 2009	Publikation der Dissertation: Prinz, Rapp, Kraus, Wessel, Kaiser: „Dislozierte Klavikulafrakturen im Kindes und Jugendalter - Wer profitiert von einer Operation?“ Erschienen im Journal für Orthopädie und Unfallchirurgie des Thieme-Verlages Nr. 147, pp 1-6
April 2010	Teilnahme als Referentin am deutschen Chirurgenkongress in Berlin mit dem Vortrag: Prinz, Rapp, Kaiser: „Dislozierte Klavikulafrakturen im Kindesalter – konservative Behandlung oder elastische intramedulläre Nagelung?“
September 2010	Fertigstellung der Dissertation zum Thema „Funktionelle und kosmetische Ergebnisse dislozierter Klavikulafrakturen im Kindesalter – Vergleich konservative vs. operative Behandlung“ in der Kinderchirurgie der Universitätsklinik Lübeck
Lübeck im September 2010	
Katharina Prinz	