

**Aus der Orthopädischen Klinik König-Ludwig-Haus
der Universität Würzburg
Direktor: Professor Dr. med. M. Rudert**

**Operative Versorgung diaphysärer Claviculapseudarthrosen
mittels der dynamischen Meves-Kompressionsplatte**

- Eine klinische Studie -

Inaugural-Dissertation

**zur Erlangung der Doktorwürde der
Medizinischen Fakultät
der
Julius-Maximilians-Universität Würzburg**

**vorgelegt von
Michael Alexander Kallmayer
aus München**

Würzburg, Februar 2010

Referent: Prof. Dr. F. Gohlke
Korreferent: Prof. Dr. M. Rudert
Dekan: Prof. Dr. M. Frosch

Tag der mündlichen Prüfung: 16. / 17.09.2010

Der Promovend ist Arzt

I. ALLGEMEINER TEIL	1
1. Einleitung und Zielsetzung	1
2. Grundlagen	1
2.1. Anatomische Grundlagen	1
2.1.1. Gelenke und Bewegung	2
2.1.2. Bänder und Muskeln	3
2.1.3. Plexus brachialis und Gefäße	3
2.1.4. Funktion	3
2.2. Embryologie	4
2.3. Epidemiologie und Lokalisation der Claviculafraktur	4
2.4. Klassifikationen der Claviculafrakturen	6
2.4.1. Allman	6
2.4.2. Neer	6
2.4.3. Jäger und Breitner	7
2.5. Verletzungsmechanismen und deren klinisches Bild	7
2.6. Diagnostik des Schlüsselbeinbruchs	9
2.6.1. Klinischer Befund	9
2.6.2. Röntgenbefund	9
2.7. Pseudarthrosen	9
2.7.1. Ursachen der Pseudarthrosenentstehung	10
2.7.2. Trophik der Pseudarthrosen und deren spezielle Therapiegrundlage	11
2.7.2.1. Hypertrophe Pseudarthrose	11
2.7.2.2. Atrophe Pseudarthrose	12
2.7.3. Symptome der Pseudarthrose	13
2.7.4. Diagnostik der Pseudarthrose	13
2.7.4.1. Röntgenzeichen der Pseudarthrose	14
2.8. Die Claviculapseudarthrose im Speziellen	14
2.8.1. Epidemiologie der Claviculapseudarthrose	14
2.8.2. Lokalisation, Seitendominanz und Art der Pseudarthrose	17
2.8.3. Symptome der Claviculapseudarthrose	18
2.9. Weitere posttraumatische Komplikationen	19
2.9.1. Gefäß-/ Plexusläsionen, Thoracic-Outlet-Syndrom	19
2.9.2. Verkürzung, Dislokation und Angulation	19
2.9.3. Kosmetische Resultate	20
2.10. Therapie der Claviculapseudarthrose	21
2.10.1. Konservative Therapie	21
2.10.2. Operative Therapie	21
2.10.2.1. Operationsindikationen / Kontraindikationen	22
2.10.2.2. Operationszeitpunkt	22
2.10.2.3. Verfahren	23
2.10.2.3.1. Plattenosteosynthesen	23
2.10.2.3.1.1. Die anatomisch präkonturierte Kompressionsplatte nach Meves	25
2.10.2.3.1.2. Rekonstruktionsplatte	27
2.10.2.3.1.3. Halb-/Drittelrohrplatte	27
2.10.2.3.1.4. Dynamische Kompressionsplatte (DCP) bzw. Low-Contact-DCP	28
2.10.2.3.2. Intramedulläre Osteosynthese	29
2.10.2.3.2.1. Elastischer Titannagel (TEN – Titanium Elastic Nail)	29

2.10.2.3.2.2. Weitere intramedulläre Kraftträger	30
2.10.2.4. Osteoinduktion mittels nichtvaskularisierter Knochentransplantate	30
2.10.2.4.1. Vascularisierte Knochen-Transplantate	31
2.10.2.5. Behandlungskonzepte in Erprobung und Perspektiven	31
2.10.3. Postoperatives Management und zeitlicher Verlauf	32
II. MATERIAL UND METHODIK	33
3.1. Personenbezogene Daten	33
3.1.1. Einschlusskriterien	33
3.1.2. Alters- und Geschlechtsverteilung	33
3.1.3. Nachuntersuchungszeitraum	35
3.2. Daten zur Verletzung	35
3.2.1. Verletzte Seite	35
3.2.2. Verletzungsmechanismus / Begleitverletzungen / Dislokation	36
3.3. Daten zur Therapie – konservativ / operativ	36
3.4. Untersuchungsmethodik – klinisch / radiologisch	36
3.5. Constant-Score	37
3.5.1. Schmerz	37
3.5.2. Aktivität	38
3.5.3. Beweglichkeit	38
3.5.4. Kraftmessung	39
3.5.5. Berechnungsschlüssel zur Altersadaptation	39
3.6. Gesamtzufriedenheit der Patienten	40
III. ERGEBNISSE	41
4.1. Personenbezogene Daten	41
4.1.1. Geschlechtsverteilung	41
4.1.2. Altersverteilung	41
4.1.3. Nachuntersuchungszeitraum	42
4.2. Daten zur Verletzung	42
4.2.1. Verletzte Seite	42
4.2.2. Verletzungsmechanismus	43
4.2.3. Dislokation und Verkürzung	44
4.3. Daten zur Therapie	45
4.3.1. Konservative Therapie	46
4.3.2. Operative Therapie	46
4.3.2.1. Indikation zur Operation	46
4.3.2.2. Verwendetes Osteosynthesematerial	47
4.3.2.3. Operatives Vorgehen	47
4.3.2.4. Revisionen	48
4.3.2.5. Trophik der Pseudarthrose und autologe Knochentransposition	49
4.3.2.6. Komplikationen und Post-OP-Beschwerden	49
4.3.2.7. Behandlungsdauer	50
4.3.2.8. Nachbehandlung	50
4.3.2.9. Zeitraum bis zur knöchernen Durchbauung	50
4.3.2.10. Osteosynthese-Verweildauer	51
4.3.2.11. Patientenzufriedenheit	51
4.4. Daten zum Constant-Score	52
4.4.1. Schmerz	52

4.4.2. Aktivität	53
4.4.3. Beweglichkeit	54
4.4.4. Kraftmessung	55
4.4.5. Gesamtergebnisse des Constant-Scores	56
4.4.5.1. Constant-Score Gesamt ohne Kraftmessung	56
4.4.5.2. Constant-Score gesamt mit Kraftmessung	57
4.4.5.3. Altersadaptierter postoperativer Constant Score	57
4.5. Fallbeschreibungen	58
4.5.1. Pseudarthrose - Meves-Kompressionsplatte - Beckenkammpongiosa	58
4.5.2. Pseudarthrose - Meves-Kompressionsplatte - ohne Beckenkammpongiosa	61
IV. STUDIENVERGLEICH	62
V. DISKUSSION	66
VI. ZUSAMMENFASSUNG	78
VII. ANHANG	79
Zusammenfassung der Patientendaten	79
Literaturverzeichnis	85

I. ALLGEMEINER TEIL

1. Einleitung und Zielsetzung

Bereits 3000 Jahre vor Christi Geburt wird im Edwin Smith Papyrus, über die Versorgung von Schlüsselbeinbrüchen berichtet.

Um 400 v. Chr. beschreibt Hippokrates von Kos (ca. 460 bis 375 v. Chr.) eine Reihe klinischer Beobachtungen bei Claviculafrakturen (Craig 1990).

Durch die Entwicklung auf den Gebieten der Antisepsis und der Antibiosen sowie durch sicherere anästhesiologische Verfahren, wird es in der Neuzeit erstmals möglich, die Claviculafraktur und deren Komplikationen auch operativ zu versorgen.

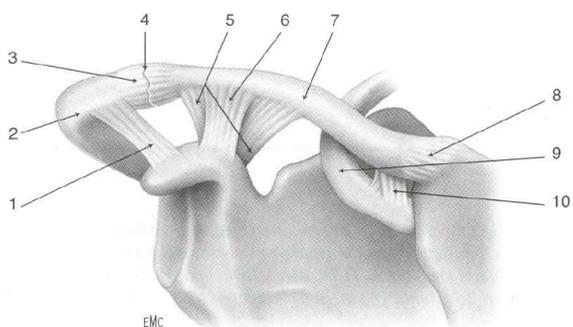
Ziel dieser Arbeit ist die Erhebung klinischer und radiologischer Ergebnisse nach operativer Versorgung diaphysärer Claviculapseudarthrosen mittels der anatomisch präkonturierten Meves-Kompressionsplatte. Dies soll zur Weiterentwicklung der bestehenden Versorgungstechniken beitragen.

Operiert wurden zum einen Patienten mit Pseudarthrosen nach konservativem Therapieversagen, sowie Patienten, die nicht einer primär konservativen Therapie zugeführt werden konnten.

2. Grundlagen

2.1. Anatomische Grundlagen

Die Clavicula stellt die knöcherne, schlüsselförmige Verbindung zwischen Rumpf und oberer Extremität dar. Über Gelenkflächen, an ihren beiden Polen, kommuniziert sie mit den benachbarten knöchernen Strukturen.



Anatomie und Bänder der Klavikula.

1. Lig. coracoacromiale;
2. Acromion;
3. Lig. acromioclaviculare superior;
4. Akromioklavikulargelenk;
5. Lig. trapezoideum;
6. Lig. conoideum;
7. Klavikula;
8. Sternoklavikulargelenk;
9. 1. Rippe;
10. Lig. costoclaviculare.

Abb. 1

[Abb. 1: Anatomie und Bänder der Clavicula (Duparc 2005)]

Das Schlüsselbein hat, besonders im mittleren Drittel, die Form eines Röhrenknochens, besitzt jedoch keine Markhöhle, sondern eine dichte trabekuläre Knochenstruktur (Habermeier 2002). Medial hat sie prismatische Form, in der Mitte ist sie rundlich und am lateralen Ende nimmt sie eine flache Form an.

Auf Grund dieser Bauweise sind die jeweiligen Abschnitte unterschiedlich stark belastbar und demzufolge unterschiedlich hohen Frakturrisiken ausgesetzt.

Möglicherweise hat die Natur hier eine „physiologische Sollbruchstelle“ geschaffen, um z.B. bei Geburtstraumata einen Schutz vor Plexusschäden zu gewährleisten (Habermeier 2002).

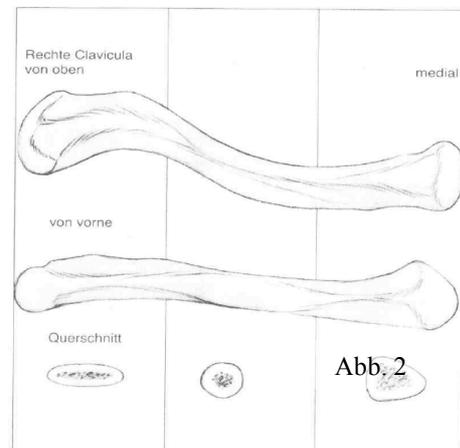


Abb. 2

[Abb. 2: Clavicula von oben, vorne und im Querschnitt (Habermeier 2002)]

2.1.1. Gelenke und Bewegung

Das Schlüsselbein steht über das Artikulation sternoclaviculare (mediales Schlüsselbeingelenk) mit dem Manubrium sterni (Brustbein) und über das Artikulation acromioclaviculare (laterales Schlüsselbeingelenk) mit dem Acromion der Scapula in Verbindung. Bei beiden Gelenken handelt es sich funktionell um Kugelgelenke.

Der Bewegungsumfang des Schultergürtels ergibt sich aus diesen beiden Gelenken und den Weichteilen, die diese umgeben. Für das Heben und Senken der Schulter entsteht aus der Neutral-Null-Stellung in der Frontalebene ein Freiheitsgrad von $40^\circ - 0^\circ - 10^\circ$. Für das Vor- und Rückführen in der Horizontalebene ein Freiheitsgrad von $30^\circ - 0^\circ - 25^\circ$ (Drenckhahn 1994).

[Abb. 3: Schultergürtel von oben (Putz 2000)]

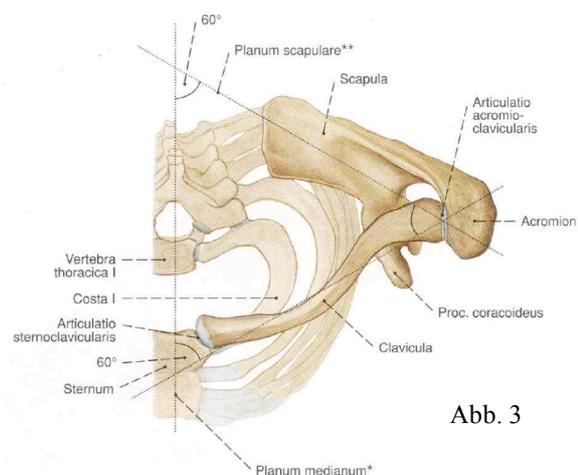


Abb. 3

2.1.2. Bänder und Muskeln

Am medialen Schlüsselbeingelenk befinden sich neben den Fasern der Capsula articularis das Ligamentum interclaviculare, das Lig. sternoclaviculare anterius und das Lig. Costoclaviculare (Putz 2000).

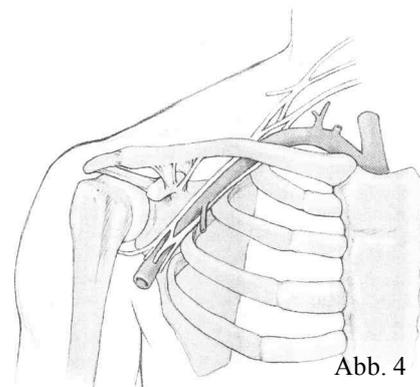
Die Gelenkkapsel wird am lateralen Schlüsselbeingelenk durch das Lig. acromioclaviculare und das Lig. coracoclaviculare verstärkt (Drenckhahn 1994). Letzteres besteht aus zwei Anteilen, dem ventrolateralen trapezförmigen Lig. trapezoideum und dem dorso-medialen kegelförmigen Lig. conoideum.

Die Beweglichkeit in den beiden Schlüsselbeingelenken wird durch Muskeln gewährleistet. Diese werden in eine ventrale Schultermuskulatur (M. pectoralis major mit der Pars clavicularis und M. subclavius, der sich zwischen der ersten Rippe und dem lateralen Ende der Clavicula aufspannt) und eine laterale Schultermuskulatur (M. deltoideus) unterteilt (Putz 2000). Hinzu kommt die Rumpf-Schultergürtel-Muskulatur mit dem M. trapezius - Pars descendens (Drenckhahn 1994).

2.1.3. Plexus brachialis und Gefäße

Im costoclaviculären Raum, dem Raum der sich zwischen der Vorderseite der ersten Rippe und der Rückseite des Schlüsselbeins bildet, liegt gut geschützt ein Gefäß-Nerven-Bündel, das die gesamte Versorgung der oberen Extremität gewährleistet.

Hier liegen die Nerven des Armgeflechts (Plexus brachialis), in deren Mitte sich die Arteria und Vena axillaris sowie die großen Lymphgefäße des Armes befinden (Schiebler 1999).



[Abb. 4: Plexus brachialis und Gefäße (Habermeyer 2002)]

2.1.4. Funktion

Der Crankshaft-Mechanismus (Habermeyer 2002, Craig 1996) oder übersetzt Kurbelwellen-Mechanismus ermöglicht drei Bewegungsebenen (vor – zurück, hoch – runter, Innen- / Außenrotation in Längsrichtung).

Die Elevation des Armes auf 180° wird bis 60° durch die Bewegung der Scapula und zu 120° durch die Bewegung im Glenohumeralgelenk erfüllt. Hierbei steht die Clavicula im Sternoclaviculargelenk 30° nach kranial und 35° nach dorsal, sowie 50° nach oben rotiert. Durch diese Bewegung und die Kombination aus coracoclaviculärem Bandapparat und der nach dorsal konvexen Biegung des lateralen Schlüsselbeins ist es der Scapula möglich, so zu rotieren, dass der Humeruskopf zu jeder Zeit möglichst zentral im Glenohumeralgelenk steht. Somit erfüllt das Schlüsselbein allein durch seine laterale dorsalkonvexe Form und durch die Rotation in seiner Längsachse 30 bis 50 % der Scapuladrehung.

2.2. Embryologie

Die Clavicula ist neben der Mandibula (Unterkiefer) der erste Knochen der im Embryo zwischen der fünften und siebten Gestationswoche ossifiziert (Rowe 1988, Drenckhahn 1994, Browner 1998). Der Schluss der Epiphysenfugen tritt ab dem 20. bis 24. Lebensjahr auf, kann sich aber bis ins dritte Lebensjahrzehnt hinein verzögern.

Ab dem zweiten bis dritten Embryonalmonat übernimmt das Schlüsselbein, als erster Knochen des Menschen, die Aufgabe der medullären Blutbildung (Junqueira 1996).

2.3. Epidemiologie und Lokalisation der Claviculafraktur

Neben dem Schenkelhalsbruch und der distalen Radiusfraktur, ist das Schlüsselbein eine der häufigsten Frakturlokalisationen des menschlichen Skeletts. Die Zahlen variieren zwischen 2,5 bis 16 % aller Brüche (Olsen 1995, Wick 2001, Collinge 2006, Canadian Orthopedic Trauma Society 2007). 35-44 % aller Schultergürtelverletzungen sind Claviculafrakturen (Browner 1998, Craig 2004, Laursen 1999). Besonders im Kindesalter sind sie mit bis zu 25 % (Marsh 1970) und im mittleren Erwachsenenalter (Nowak 2002) die am häufigsten vorkommenden Frakturen. Mit zwischen 2,8 bis 7,2 Frakturen auf 1000 Neugeborene, zählt sie mit Abstand zu den häufigsten geburtstraumatischen Verletzungen (Craig 1990).

Die Geschlechtsverteilung zeigt mit 3,6 : 1 eine eindeutige Prädominanz des männlichen Geschlechts. Der jeweilige Altersgipfel wird für Männer und Frauen einheitlich einmal vor dem 25. Lebensjahr angegeben. Ein zweiter Altersgipfel ist dann jedoch geschlechtsspezifisch für Männer zwischen 35 und 55 und für Frauen nach dem 75. Lebensjahr beschrieben (Nowak 2002).

Die Inzidenz, also die Anzahl von neu aufgetretenen Frakturen gerechnet auf 100 000 Einwohner in einem Zeitraum von einem Jahr, wird sehr unterschiedlich angegeben.

Robinson und Petrovic ermitteln 29 Schlüsselbeinbrüchen auf 100000 Einwohner pro Jahr (Robinson 1998, Petrovic 2004). Nach Geschlechtern getrennt zeigt Laursen für Männer eine Inzidenz von 86 und für Frauen eine von 44 (Laursen 1999), während Nordquist für Männer zwischen 15 und 19 Jahren sogar eine Inzidenz von 150 angibt (Nordqvist 1994).

Craig konstatiert insgesamt eine zunehmende Zahl von Claviculafrakturen, die er auf die Zunahme von Hochgeschwindigkeits-Traumata im Straßenverkehr sowie auf die stetig wachsende Beliebtheit von Kontaktsportarten zurückführt (Craig 1990).

Die Seitenverteilung und das Betreffen der dominanten Körperseite verteilen sich wie folgt.

	rechts (%)	links (%)
Eigene Studie	44	56
Nowak (2005)	48	52
Bauer (1986)	47	53

Tab. 1: Seitenverteilung der Claviculafraktur

	rechts (%)	links (%)
Eigene Studie	89	11
Nowak (2005)	92	8

Tab. 2: Seitendominanz

Teilt man die Clavicula in ein mediales, ein mittleres und ein laterales Drittel, so zeigt sich eine deutliche Lokalisationsverteilung der Frakturen (Tabelle 3).

	mediales Drittel (%)	mittleres Drittel (%)	laterales Drittel (%)
Craig (1990)	5-6	80	12-15
Habermeyer (2002)	3	76	21
McKee (Canadian Orthopedic Trauma Society 2007)		Ca. 80	
Neer (Habermeyer 2006)	5	80	15
Nowak (2005)	2	71	27
Rehm (2004)		70-80	
Robinson (2004)	3	67	30
Rowe (1988)		82	

Tab. 3: Verteilung der Claviculafrakturen nach Dritteileinteilung.

2.4. Klassifikationen der Claviculafrakturen

Es gibt verschiedene Einteilungen der Schlüsselbeinfrakturen, die teils auf einander aufbauen und die Beschreibung der Verletzung vereinfachen und präzisieren sollen. Im Folgenden seien die wichtigsten aufgeführt.

2.4.1. Allman

Die Einteilung nach Allman erfolgt in Reihenfolge nach der Häufigkeit ihres Auftretens. Sie ist die einfachste aber auch unpräziseste (Habermeyer 2006):

Typ I: Fraktur des mittleren Drittels.

Typ II: Fraktur des lateralen Drittels (lateral der coracoclaviculären Bänder).

Typ III: Fraktur des medialen Drittels.

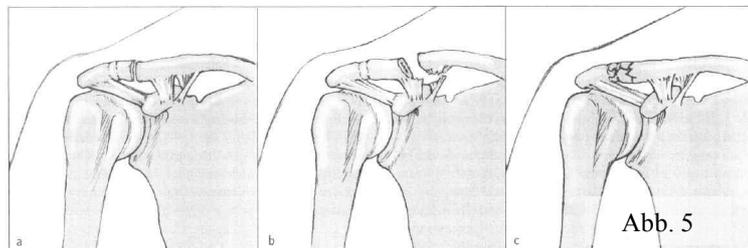
2.4.2. Neer

Aufgrund der hohen Pseudarthrosenrate bei Verletzungen im lateralen Drittel, die Neer in 25 % der Fälle auf den coracoclaviculären Bandapparat zurückführt, unterteilt er dieses 1960 in drei weitere Untertypen (Habermeyer 2002):

Typ I:

Stabile kaum dislozierte Fraktur mit intakten coracoclaviculären Bändern.

Typ II:



Die Pars conoidea, der mediale Anteil des Lig. coracoclaviculare ist durchtrennt und vom proximalen Anteil der Clavicula abgelöst. Der distale Knochenanteil ist durch die Pars trapezoidea noch fixiert. So entsteht ein instabiler Bruch, dessen proximaler Anteil nach hinten oben und dessen distaler Anteil nach vorne unten disloziert ist und bei jeder Bewegung des Schulterblattes gegeneinander rotiert (Habermeyer 2006).

Typ III:

Entsprechend der Typ-I-Fraktur mit erhaltenem Bandapparat, zeigt diese Verletzung zusätzlich eine Beteiligung der Gelenkfläche des Acromioclaviculargelenkes. Sie ist zwar stabil, zeigt aber eine hohe Rate an AC-Arthrosen (Habermeyer 2002).

[Abb. 5: Klassifikation nach Neer (Habermeyer 2002)]

2.4.3. Jäger und Breitner

Auf die Klassifikation nach Neer bauen Jäger und Breitner 1984 orientierend an der Therapie auf:

Typ 1: Entspricht der stabilen lateralen Fraktur ohne Beteiligung der Bänder und mit oder ohne Beteiligung der acromioclaviculären Gelenkfläche.

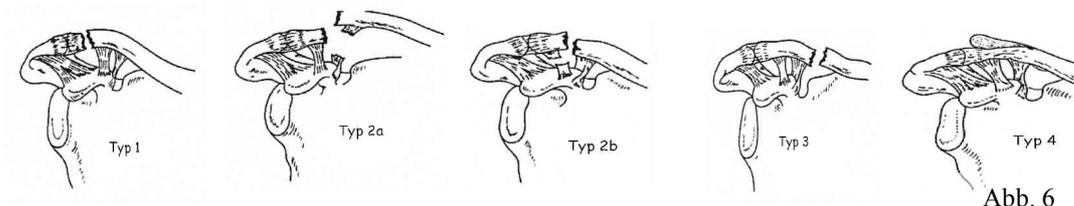
Die interligamentären Verletzungen werden unterteilt in:

Typ 2a: Die instabile Verletzung mit Ablösung der Pars conoidea von dem proximalen Fragment.

Typ 2b: Die mäßig instabile Verletzung mit Ablösung der Pars trapezoidea von dem distalen Fragment.

Typ 3: Die Verletzung medial des Bandapparates aber noch im Lateralen Drittel des Schlüsselbeines.

Typ 4: Die bei Kindern vorkommende Pseudoluxation. Hierbei kommt es durch die Verbindung aus metaphysärem Bruch und dem Ausreißen aus dem Periostschlauch zu dem in Abbildung 6 dargestellten Verletzungsmuster (Habermeyer 2002, Habermeyer 2006).



[Abb. 6: Klassifikation nach Jäger und Breitner (Habermeyer 2002)]

2.5. Verletzungsmechanismen und deren klinisches Bild

In den meisten Fällen ist die Fraktur des Schlüsselbeins auf ein direktes oder indirektes Trauma zurückzuführen. Es kommen jedoch auch entzündliche Prozesse, benigne Tumoren (z.B. die Riesenzellgeschwulste) sowie maligne Tumoren (z.B. das Ewing-sarkom oder auch Metastasen bei z.B. Plasmozytom oder Hypernephrom) vor. Des weiteren werden Tumor-like-lesions wie die aneurysmatische Knochenzyste und das eosinophile Granulom beschrieben (Hipp 2003).

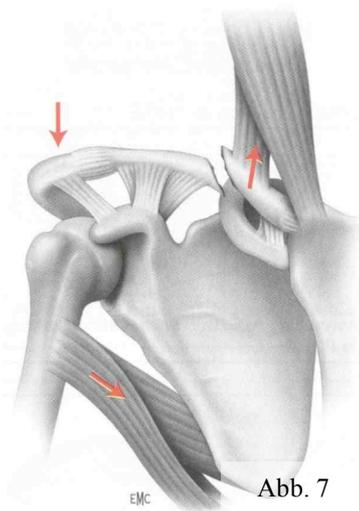
Die Fraktur des mittleren Drittels des Schlüsselbeins wird in der Literatur mit einer Häufigkeit von vier Fünfteln gegenüber den medialen und lateralen Frakturen angegeben (s. Tab. 3). Hierfür sind einerseits Verletzungsmechanismen (Hochgeschwindigkeitstraumata aus dem Straßenverkehr, die Entwicklung des Dreipunktgurtes sowie Kontaktsportarten (Craig 1990)), andererseits physiologische Gründe zu nennen. Ein indirekter Mechanismus der Gewalteinwirkung, die von der Hand über den Arm oder direkt über die Schulter auf das Schlüsselbein übertragen wird, wird als indirektes Trauma bezeichnet und macht laut Hofmann einen Anteil von 70 bis 92 % aus. Das unmittelbare oder direkte Trauma gibt er lediglich mit 8 bis 27 % an (Hofmann 1988).

Als physiologische Gründe werden unter anderem der spezielle Längs- und Querschnitt der Clavicula angeführt. Wie oben beschrieben (s. 2.1.) verändert sich der Querschnitt im Übergang von dem medialen Drittel in das laterale Drittel, von einer runden in eine flach-ovale Form. Der Impuls, der bei einem Trauma von lateral auf das Schlüsselbein einwirkt, wird über die laterale Krümmung an eben diesen Ort der Querschnittsänderung weitergeleitet, welcher dem Lokus minima resistantiae entspricht. Hinzu kommt, dass das mediale und laterale Drittel der Clavicula durch ansetzende Bandstrukturen fixiert und gesichert wird, während das mittlere Drittel relativ „nackt“ ist (Craig 1990).

Schon Hippokrates berichtete von der sehr typischen klinischen Präsentation der diaphysären Claviculafraktur. Hierbei sackt das distale Fragment, gezogen von dem Gewicht des Armes nach kaudoventral ab, während das proximale, gezogen von dem Musculus sternocleidomastoideus nach kraniaoventral luxiert.

Dabei entsteht, bei vollständiger Fraktur, eine Dislocatio ad latus et longitudinem und eine Verkürzung mit nach vorne unten fallender Schulter auf der betroffenen Seite.

[Abb. 7: Verschiebung der Clavicula (Duparc 2005)]



2.6. Diagnostik des Schlüsselbeinbruchs

2.6.1. Klinischer Befund

Klinisch äußert sich der Schlüsselbeinbruch durch Schmerzen (Druck- und Stauchungsschmerz, aktiver- und passiver Bewegungsschmerz sowie Ruheschmerz).

Unter Bewegung kann es zum Knochenreiben (Crepitation) kommen.

Eine Deformität der Schlüsselbeinregion, die durch eine lokale Schwellung und Hämatombildung verschleiert sein kann, führt zur Blickdiagnose.

Eine Fehlstellung kann sich als Verkürzungen der Schulter und Angulation der Knochenfragmente darstellen.

Neurologische Symptome von Kribbelparästhesien bis Kraftminderung sowie seitendifferente Blutdruckwerte sollten an eine Kompression der Gefäß-Nerven-Straße denken lassen.

2.6.2. Röntgenbefund

Der Goldstandard unter den Bildgebenden Verfahren zur Diagnostik einer Claviculafraktur ist nach wie vor das Röntgenbild. Als Standardaufnahme hat sich das Röntgenbild von Frontal, im so genannten antero-posterioren (a.p.) Strahlengang aufgenommen, durchgesetzt. Als ergänzende Aufnahme bewährt sich die 30° bzw. 45° von kaudal eingekippte a.p.-Aufnahme, die eine Bewertung der Konfiguration und Dislokation der Fraktur über eine zweite Ebene ermöglicht (Fuchs 2002, Nowak 2002).

2.7. Pseudarthrosen

Die Pseudarthrose bezeichnet die Entstehung eines „Falschgelenks“, also die mehr oder weniger bewegliche Diskontinuität eines Knochens, als Folge einer ausbleibenden Frakturkonsolidierung. Hierbei kommt es zwischen den Knochenfragmenten lediglich zur Bildung von faserreichem Bindegewebe, das nicht in Knochenkallus umgewandelt wird und zu einem bindegewebigen Verschluss der Markräume mit zentralem Spalt und entsprechender Beweglichkeit führt (Böcker 2001).

Zur zeitlichen Definition, ab wann man von einer Claviculapseudarthrose spricht, herrscht in der Literatur Uneinigkeit. Schon 1889 befindet Lossen in seiner Arbeit

„Über Pseudarthrosen der Clavicula“, dass nach Monaten nach einer Fraktur, „wenn die reparatorische Knochentätigkeit völlig erloschen ist“, man das Recht hat von einer Pseudarthrose zu sprechen (Lossen 1889).

Allgemein zeichnet sich eine zeitliche Definition, der wir uns in dieser Arbeit anschließen, wie folgt ab: Frakturen, die in einem Zeitraum von 3-6 Monaten nicht ausheilen, werden als „verzögerte Heilung“ bezeichnet. Kann nach sechs Monaten keine knöcherne Durchbauung verzeichnet werden, so liegt eine Pseudarthrose vor (Wilkins 1983, Craig 1990, Olsen 1995, Rockwood 1996, Pschyrembel 1998, Kortmann 2004).

Ist ein Knochenbruch, nach operativer Versorgung, mit klinischen und radiologischen Maßstäben gemessen, erfahrungsgemäß nicht ohne weitere Intervention zur Heilung zu bringen, so spricht man heute schon ab der Erst-Diagnose von einer Pseudarthrose (Bruch 2001).

≤ 3. Monat	Regelrechte Frakturheilung
3. Monat bis ≤ 6. Monat	Verzögerte Frakturheilung (engl. mal- / delayed union)
≥ 6. Monat	Pseudarthrose (engl. nonunion)

Tab. 4: Zeitliche Definition der Pseudarthrose

Ätiologisch sind 80 % aller Pseudarthrosen posttraumatisch, 10 bis 15 % Folge von Operationen und lediglich ca. 3 bis 5 % congenital (angeboren).

Insgesamt macht die Claviculapseudarthrose einen Anteil von 2,4 bis 5,7 % (Friedrich 1973, Hildebrandt 1976) aller Pseudarthrosen aus.

2.7.1. Ursachen der Pseudarthrosenentstehung

Die Genese der Pseudarthrosenentstehung kann sehr mannigfaltig sein und reicht von extrinsischen Faktoren wie mechanischen und physiologischen Gründen bis hin zu intrinsischen wie etwa Systemerkrankungen.

Extrinsische Ursachen	
Trauma	hochenergetisch / niederenergetisch
Mangelnde mechanische Ruhigstellung / Stabilität	Durch verfrühte Belastungsfreigabe / mangelnde Compliance
	unzureichende osteosynthetische Stabilität / Implantatlockerung / Materialermüdungsbrüche
	Fragmentverlust mit Entstehung einer Defektsituation
Mangelnder Fragmentkontakt	durch Weichteilinterposition zwischen den Frakturenden
	Dislokation, Fehlstellung, Angulation, Verkürzung Trümmer- / Mehrfragmentfraktur

Mangelnde Durchblutung	durch Weichteilverletzung / -verlust, Freilegung des Knochens bei offenen Frakturen, Bildung avitaler freier Fragmente.
	iatrogene Deperiostierung / Minderung der Periostdurchblutung durch Denudierung der Fragmente, Cerclagen und Osteosyntheseplatten.
	iatrogene Minderung der Markraumdurchblutung durch übermäßiges Aufbohren
Infektion	Osteomyelitis mit Knochensequestern
Intrinsische Risikofaktoren	
Systemerkrankungen	Diabetes mellitus, pAVK Rauchen, Medikamente (Steroide, Zytostatika)
	Alter, Geschlecht, Versichertenstatus, Geistiger Status

Tab. 5: Ursachen der Pseudarthrosen (Bruch 2001, Lippert 2006; Laursen 1999; Marti 2003, Robinson 2004)

2.7.2. Trophik der Pseudarthrosen und deren spezielle Therapiegrundlage

Grundsätzlich wird zwischen einer angeborenen und einer erworbenen Pseudarthrose unterschieden. Neer unterteilte bereits 1960 die Pathologie der Claviculapseudarthrose anhand der biologischen Reaktionsfähigkeit und nach Kallusbildung anhand des radiologischen oder szintigraphischen Erscheinungsbildes, in eine hypertrophe (vitale) und eine atrophe (avitale) Form (Lippert 2006, Neer 1960, Pfeil 1996). Die hypertrophen (hyperreagiblen) Pseudarthrosen scheinen gegenüber den atropen (areagiblen) mit 2/3 zu 1/3 zu überwiegen (Craig 1990, Helwig 2005).

2.7.2.1. Hypertrophe Pseudarthrose

Die hypertrophe, vitale und aktive Pseudarthrose zeichnet sich durch eine gute Vaskularisierung und eine breite Faserknorpelzone aus. Liegt eine besonders voluminöse periostale Kallusbildung vor, so spricht man auch von einer Elefantenfuß-Pseudarthrose. Handelt es sich eher um eine kallusarme Variante so wird diese auch als Pferdefuß-Pseudarthrose bezeichnet. Zu den vitalen Pseudarthrosen zählt man auch die oligotrophe, kalluslose Form (Craig 1990).

Radiologisch zeigen sich aufgetriebene Fraktarenden, ein Pseudogelenkspalt und sklerosierende Ränder. Im Knochenszintigramm kann eine deutliche Speicherung von Isotopen in der Frakturzone nachgewiesen werden.

Diese Form der Pseudarthrose bildet sich vornehmlich bei mechanisch instabiler Ver-

Versorgung der Fraktur und kann in der Regel durch alleinige Reposition und Retention (Ruhigstellung) des Frakturspalts, z.B. durch eine stabile Plattenosteosynthese, zur Ausheilung gebracht werden.

Eine Interposition von autologem Knochenmaterial ist hier nicht indiziert, das osteogenetisch aktive Gewebe sollte im Rahmen der Operation jedoch nicht aus dem Frakturspalt entfernt werden (Kaminski 2008).

[Abb. 8: Vitale Pseudarthrosen (Lippert 2006)]

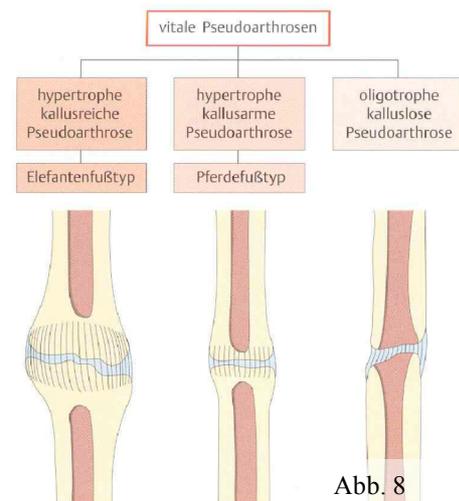


Abb. 8

Die Art der Pseudarthrose – hypertroph oder atroph – ist hinsichtlich der Therapie wie auch der Prognose eine wichtige Variabel. Nach Olsen haben die atrophen Claviculapseudarthrosen eine schlechtere Prognose als die hypertrophen (Olsen 1995).

Die Übergänge zwischen beiden Formen sind fließend. Die Ausprägung, die keiner der beiden Formen zugeordnet werden kann, wird als oligotrophe Pseudarthrose bezeichnet.

2.7.2.2. Atrophe Pseudarthrose

Zu der atrophen oder avitalen, inaktiven Pseudarthrose, die pathogenetisch durch eine stark verminderte Durchblutung gekennzeichnet ist, werden auch die Defektpseudarthrose sowie die Drehkeil-Pseudarthrose gezählt (Lippert 2006). Nekrotische Fragmente im Frakturspalt verhindern die Revaskularisierung und führen zu einem Abbau der Fragmentenden ohne Kallusbildung.

Auf dem Röntgenbild erkennt man verjüngte

Frakturenden und ossäre Defekte. Szintigraphisch lässt sich eine Isotopenanreicherung wenn überhaupt nur sehr spärlich nachweisen.

Therapeutisch stehen hier die Revision des Frakturspalts mit Debridement nekrotischer oder infizierter Knochenareale und der Wiederaufbau mit knochenbildenden Zellen so-

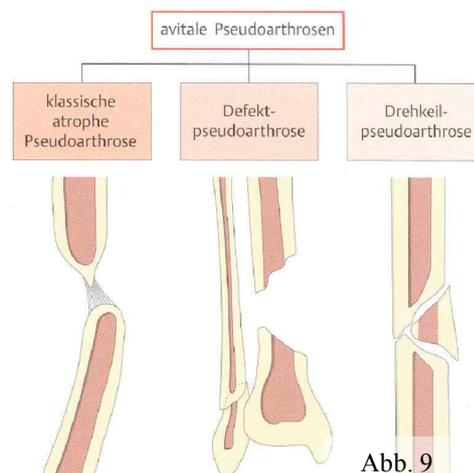


Abb. 9

wie die Verbesserung der Perfusion im Vordergrund. Der entstandene Defekt sollte durch eine autologe Spongiosainterposition wieder aufgebaut werden und eine stabile Osteosynthese muss die nötige Ruhigstellung gewährleisten (Pfeil 1996).

Zur Osteoidinduktion werden meist autogene, nichtvaskularisierte Knochentransplantate verwendet.

[Abb. 9: Avitale Pseudarthrosen (Lippert 2006)]

2.7.3. Symptome der Pseudarthrose

Das Ausmaß der Symptome des einzelnen Patienten kann sehr individuell sein. Das Spektrum reicht von kompletter Beschwerdefreiheit (Zufallsbefund), bis zu stärksten Schmerzen mit deutlicher Instabilität, eingeschränktem Bewegungsumfang und Neurologien. Daher ist die Pseudarthrose des Schlüsselbeins als Differentialdiagnose bei anamnestisch stattgehabter Verletzung des Schultergürtels immer zu berücksichtigen.

Schmerzen	In Ruhe oder unter Belastung
	Bei passiver oder aktiver Bewegung
	Druck-, Stauchungsschmerz
Klinische Zeichen	Abnorme Beweglichkeit, Instabilität, Deformität
	Palpable Kallusbildung
	Crepitation (Knochenreiben)
Motorik	Kraftminderung oder Einschränkung
Sensibilität	Plexusirritationen mit Neurologien
Durchblutung	Durchblutungsstörungen oder Kompressionssyndrome (Thoracic-Outlet-Syndrom)

Tab. 6: Symptome der Pseudarthrose (Lippert 2006; Wick 2001)

2.7.4. Diagnostik der Pseudarthrose

Führend in der Diagnostik der Pseudarthrose sind nach wie vor die klinisch Untersuchung und die differenzierte Anamnese. Schmerzen, Instabilität bzw. abnorme Beweglichkeit und palpable Kallusbildung, sind hochgradig verdächtig für eine Pseudarthrose.

Anamnese	Trauma
	Frakturversorgung und Compliance
Klinische Untersuchung	Durchblutung (Pulsstatus, ggf. Angiographie)
	Motorik (Aktive- und passive Beweglichkeit)
	Sensibilität und Propriozeption der gesamten oberen Extremität
Labor	BSG, Blutbild (Leukozyten), C-reactives-Protein
Röntgen	Als Gold-Standard der Bildgebenden-Verfahren

CT / 3-D-CT(ggf.)	Mittel der Wahl bei unklarer Röntgendiagnostik sowie bei komplizierter Anatomie (Halsrippen, Weichteilverkalkungen)
MRT (ggf.)	Zur differenzierten Beurteilbarkeit von Ausdehnung / räumlicher Beziehung bei Knochen- und Weichteilinfektionen
Szintigraphie (ggf.)	Zur sicheren Differenzierung zwischen hypertropher, vitaler- und atropher, avitaler- Pseudarthrose durch Isotopenanreicherung
Ultraschall	Beurteilung der Dynamik (stark von dem Können und der Erfahrung des jeweiligen Untersuchers abhängig)

Tab. 7: Diagnostik der Pseudarthrose (Lippert 2006)

Bei neurovaskulären Symptomen sind die Angiographie bzw. Elektromyographie zusätzliche diagnostische Verfahren der Wahl (Simpson 1996, Jones 2000, Klönz 2002).

2.7.4.1. Röntgenzeichen der Pseudarthrose

Zu unterscheiden sind die Zeichen der verzögerten bzw. fehlenden Knochenbruchheilung nach konservativer Therapie von denen, der instabilen Frakturheilung nach Osteosynthese. Der Endzustand beider ist die Pseudarthrose (Thurn 1998, Lippert 2006).

Nach konservativer Therapie
Glättung der Fragmentenden
Resorptionsbedingte Zunahme der Frakturspaltweite
Eburnisation und Abrundung der Fragmentenden
Unzureichende kallöse Überbauung
Abnorme Stellung der Fragmente zu einander
Nach osteosynthetischer Versorgung
Abrundung der Fragmentenden
Vergrößerte Distanz der Fragmentenden
Überschießende periostale Knochenneubildung (sog. Reizkallus / Unruhecallus als Zeichen einer zunehmenden Instabilität)
Abgedeckelter Markraum mit Skleroserändern
Unzureichende / fehlende kallöse Überbauung
Lysezonen um das Osteosynthesematerial

Tab. 8: Röntgenzeichen der Pseudarthrose

2.8. Die Claviculapseudarthrose im Speziellen

2.8.1. Epidemiologie der Claviculapseudarthrose

Lossen stellte ende des 19. Jahrhunderts fest, dass das Ausbleiben der Konsolidierung nach Claviculafraktur zu den größten Seltenheiten gehöre (Lossen 1889).

Heute wissen wir, dass es sich, bezogen auf den Schultergürtel, bei dem Schlüsselbeinbruch, mit bis 44 % aller Verletzungen, um eine der führenden Komplikationen handelt (Browner 1998, Laursen 1999, Craig 2004). Bei dieser beträchtlichen Rate an Frakturen ist eine erhöhte Rate an Claviculapseudarthrosen nachvollziehbar.

Neer fand bei der Revision von 2235 konservativ versorgten Patienten gerade mal 3 Pseudarthrosen, was 0,1 % entspricht. In einer eigenen Studie, in der er 45 Frakturen primär operativ versorgte, traten Pseudarthrosen in zwei Fällen auf (4,6 %) (Browner 1998).

Rowe berichtet von 0,8 % Pseudarthrosenentstehung bei konservativer Versorgung und von 3,7 % nach primär operativem Vorgehen (Rowe 1988). Diese Zahlen, die aus den 1960er Jahren stammen, waren lange Zeit auch ein Grund weshalb die Claviculapseudarthrose und deren chirurgische Versorgung keine größere Relevanz gewann.

Neuere Studien zeigten Pseudarthrosenraten von 15 % bis zu 32 % nach konservativer Therapie (Canadian Orthopedic Trauma Society 2007, Collinge 2006, Olsen 1995).

Autor	Zahl der Frakturen	Claviculapseudarthrosen	In %
Canadian Orthop Trauma Society (2007)	49	7	14,3
Demiralp (2006)			1
Echtermeyer (1984)	726		0,69
Evans (2004)			1 – 4
Hackstock (1988)	1480	6	0,4
Hill (1997)	52		15,0
Jones (2000)			6,0
Neer (Browner 1998)	2235	3	0,1
Nordqvist (1998)	225	7	3,1
Nowak (2005)	222	15	7
Petrovic (2004)			0,1 - 0,8
Robinson (2004)	868		6,2
Rolf (2008)	513	19	3,7
Rowe (1988)	566	4	0,8
Thannheimer (2006)			Ca. 7
Wick (2001)			1 - 2
Ø Gesamt			4,4 %

Tab. 9: Claviculapseudarthrosen nach konservativer Versorgung.

Diese deutlich höheren Raten lassen sich eventuell mit schwereren Traumata vereinbaren, die heutzutage dank ausgereifterer Intensivmedizin überlebt werden können. Hinzu

kommt, dass in den letzten zwei Jahrzehnten auch mehr Langzeitstudien hierzu durchgeführt wurden.

Die Rate an Claviculapseudarthrosen, die nach einer operativen Versorgung fortbestehen, wird in der Literatur ebenfalls kontrovers diskutiert und mit weit auseinander gehenden Zahlen belegt. Kahn und Rolf sahen in ihren Studien keine Fälle von Pseudarthrosen nach Osteosynthese (0 aus 19 / 22) (Browner 1998, Rolf 2008).

Jupiter und Leffert hingegen wiesen Raten bis 11,6 % auf, andere Autoren zeigten sogar einen Pseudarthroseanteil von bis zu 15 % nach operativer Versorgung der Claviculafrakturen auf (Rowe 1988, Ballmer 1998, Kloen 2002).

Autor	Zahl der Frakturen	Rate der Claviculapseudarthrosen	In %
Bauer (1986)	123	15	12,2
Canadian Orthop Trauma Society (2007)	62	2	3,2
Demiralp (2006)			3,7 – 4,6
Jupiter et Leffert (Rowe 1988)	19	2	11,6
Kahn (Browner 1998)	19	0	0
Neer (Browner 1998)	45	2	4,6
Petrovic (2004)			3,7 – 4,6
Poigenfürst (Browner 1998)	122	5	4,1
Rolf (2008)	19	0	0
Rowe (1988)			3,7
Schwartz (Browner 1998)	36	3	8,3
Ø Gesamt			6,8 %

Tab. 10: Claviculapseudarthrosen nach operativer Versorgung.

Blömer und Kollegen führten eine Großzahl der Claviculapseudarthrosen nach operativer Versorgung auf eine fehlerhafte Indikationsstellung zurück. In einer retrospektiven Studie, die Echtermeyer an 46 seiner eigenen Patienten durchführte, konnte er retrospektiv keine wirkliche Indikation zur Operation nachweisen. Dies galt insbesondere für erstgradig-offene Frakturen, Claviculafrakturen im Zusammenhang mit Polytraumen und beidseitigen Schlüsselbeinbrüchen. Weiter konstatiert Blömer, dass gerade die Pseudarthrosenentstehung im mittleren Drittel der Clavicula durch eine insuffiziente Osteosynthese bzw. Technik begünstigt wird. Hierzu zählen neben Cerclagen, Spickdrähten und Rush-Pins auch die offene Marknagelung nach Küntscher sowie die intramedulläre Schienung mittels Steinmannnagel (Fuchs 2002).

2.8.2. Lokalisation, Seitendominanz und Art der Pseudarthrose

Wie die Claviculafraktur, so zeigt auch die Claviculapseudarthrose eine eindeutige Praevalenz für das mittlere Drittel.

Autor	Zahl der Pseudarthrosen	med. Drittel (%)	mittl. Drittel (%)	lat. Drittel (%)
Ballmer (1998)	37	5,4 (2 Stk.)	86,5 (32 Stk.)	8,1 (3 Stk.)
Boehme (1991)	50		80	
Craig (1990)			75	25
Hagemann (1982)	20	5 (med. 1/4)	80 (mittl. 2/4)	15 (lat. 1/4)
Jupiter et Leffert (Rowe 1988)	23	0	87	13
Nowak (2005)	15	7 (1 Stk.)	60 (9 Stk.)	33 (5 Stk.)
Petrovic (2004)	13	0	92	8
Rolf (2008)	19		100 (19 Stk.)	
Robinson (2004)	56	7,1 (4 Stk. (med. 1/5))	82,2 (46 Stk. (mittl. 3/5))	10,7 (6 Stk. (lat. 1/5))
Schoepp (2004)	43	0	90,7 (39 Stk.)	9,3 (4 Stk.)
Wick (2001)	39	0	84,6 (33 Stk.)	15,4 (6 Stk.)
Gesamt Durchschnitt %	315	1,2 %	83,5 %	15,3 %

Tab. 11: Lokalisation der Claviculapseudarthrosen

Aus Tabelle 11 wird ersichtlich, dass mit 60 bis 100 % die Claviculapseudarthrosen vornehmlich im Bereich des mittleren Schlüsselbeindrittels, und hier tendenziell am Übergang zum lateralen Drittel, anzutreffen sind.

In Tabelle 12 ist die betroffene Körperseite und die Händigkeit (Dominanz) dargestellt. Hierzu sind die Angaben in den Studie zuweilen sehr unvollständig. Ist die Seitenverteilung der Claviculafrakturen mit 48 / 49 % (rechtsseitig) zu 52 / 53 % (linksseitig) noch sehr ausgeglichen (Bauer 1986, Nowak 2005), so treten rechtsseitige Claviculapseudarthrosen mit 61,9 % häufiger auf als jene der linken Clavicula (38,1 %). Die bilaterale Claviculapseudarthrose ist eine Rarität – Inzidenz: ca. 0,2 % (Kloen 2002).

	Rechts (Dominanz)	Links (Dominanz)
Marti (2003)	20	8
Olsen (1995)	12 (15)	4 (1)
Rolf (2008)	8 (18)	11 (1)
Wick (2001)	24	15
Gesamt	64 (33)	38 (2)

Tab. 12: Seitenverteilung der Claviculapseudarthrosen und des dominanten Armes

Während Jupiter und Leffert keine Korrelation zwischen der betroffenen Körperseite und der Händigkeit bei der Claviculapseudarthrosenentstehung feststellen, weist Olsen, wie auch die vorliegende Studie, eine deutliche Häufung auf der Seite des dominanten Armes nach (Olsen 1995).

Wie unter 2.7.2. beschrieben, unterscheidet man die Pseudarthrosen anhand ihrer Trophik. In Tabelle 13 ist die prozentuale Verteilung der jeweiligen Pseudarthroseart in vergleichbaren Studien dargestellt.

Autor	hypertroph (%)	atroph (%)	oligotroph (%)
Ballmer (1998)	35,1 (13 Stk.)	64,9 (24 Stk.)	
Craig (1990)	70	30	
Kabak (2004)	24,2 (8 Stk.)	75,8 (25 Stk.)	
Laursen (1999)	69 (5 Stk.)	31 (11 Stk.)	
Marti (2003)	42,9 (12 Stk.)	35,7 (10 Stk.)	21,4 (6 Stk.)
Olsen (1995)	40,0 (6 Stk.)	60,0 (9 Stk.)	
Petrovic (2004)	46	54	
Rolf (2008)	42,1 (8 Stk.)	57,9 (11 Stk.)	
Schoepp (2004)	86,0 (37 Stk.)	14,0 (6 Stk.)	
Thannheimer (2006)	66,7	33,3	
Wick (2001)	35,9	64,1	
Gesamt	50,7	47,3	2,0

Tab. 13: Art der Pseudarthrose in %

2.8.3. Symptome der Claviculapseudarthrose

Schmerzen in Ruhe (auch Nachts) und/oder in Bewegung, protrahierte Ermüdbarkeit, Schwäche, Taubheitsgefühl und Kribbelparästhesien der Hand und des Unterarms, eine „hängende“ Schulter, sowie neurovaskuläre Beschwerden werden beobachtet. Ferner werden aber auch kosmetische Unzufriedenheit und Crepitation im Schulterbereich beschrieben (Boehme 1991, Simpson 1996, Ballmer 1998, Der Tavitian 2002, Kloen 2002).

Wilkins findet besonders unter der atrophischen Form der Claviculapseudarthrosen einen erhöhten Anteil (8 von 11) asymptomatischer Patienten (Wilkins 1983). Wick hingegen weist bei 12 Patienten mit hypertropher und 27 Patienten mit atropher Claviculapseudarthrose gleichsam Schmerzen nach (Wick 2001).

2.9. Weitere posttraumatische Komplikationen

2.9.1. Gefäß-/ Plexusläsionen, Thoracic-Outlet-Syndrom

Die überschießende Kallusbildung der Pseudarthrose, kann zu venösen Abflussstörungen, arteriellen Einflussstörungen sowie zu Plexusirritationen führen (Echtermeyer 1984).

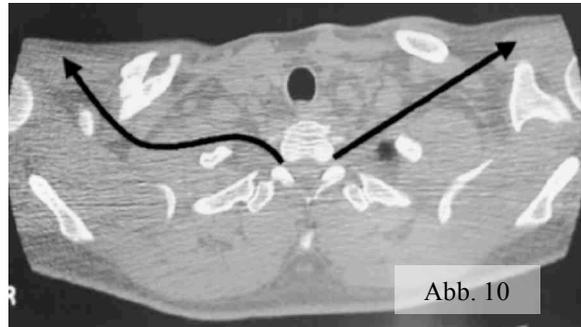


Abb. 10

Die Plexusirritation geht mit Brachialgien einher, die mit Taubheitsgefühl

oder Parästhesie (mit oder ohne Muskelschwäche) vornehmlich auf der Innenseite des Armes - dem Versorgungsgebiet des N. ulnaris - auftreten. Bis zu 30 % aller Patienten entwickeln im Verlauf solche Symptome. Dies macht die Plexusirritation zu einer ernsthaften, oft unterschätzten Komplikation im Rahmen der Claviculapseudarthros und zu einer wichtigen Operationsindikation (Marti 2003, McKee 2003).

Wilkins und Johnston berichten von einem 6 %-Risiko für die Entstehung eines Thoracic-Outlet-Syndroms, alleine für Patienten mit einer Claviculapseudarthrose (Wilkins 1983). McKee findet bei 11 von 15 Pseudarthrosepatienten Symptome, die mit einem Thoracic-Outlet-Syndrom in Einklang gebracht werden können. (McKee 2003). [Abb.10: CT-Schnitt auf Höhe der Clavicel mit Darstellung des Plexus-brachialis-Verlaufes auf der verletzten rechten Seite (McKee 2003)]

2.9.2. Verkürzung, Dislokation und Angulation

Die Verkürzung des Schlüsselbeins nach Fraktur und das damit verbundene Zusammenschieben der Weichteile, wird von einigen Autoren in Korrelation mit dem Endergebnis gesehen. Ballmer, Eskola und Wick stellen fest, dass sich die Schulterverkürzung negativ auf die Abduktion des Armes auswirkt (Eskola 1986, Ballmer 1998, Wick 2001). Der Grad der Dislokation ($>$ Schaftbreite) bzw. der Verkürzung ($>$ 20 mm) und die daraus resultierende Pseudarthrosenwahrscheinlichkeit

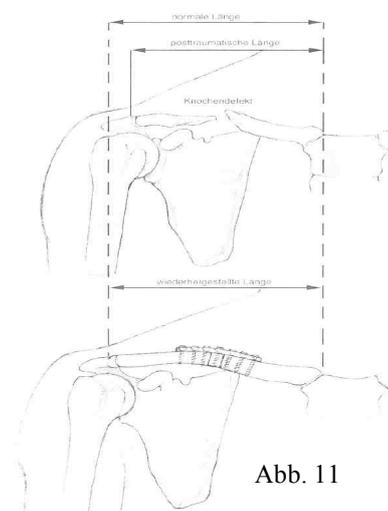


Abb. 11

werden diskutiert und als signifikant angegeben (Hill 1997, Robinson 1998, Wick 2001). Dies wird mit einem „Stripping“ und einer etwaigen Interposition der Weichteile in Verbindung gebracht. Einige Autoren sehen die Dislokation der Frakturenenden als pathognomonische Hauptursache für die Pseudarthrosenentstehung an (Jupiter 1987, Craig 1990, Olsen 1995, Hill 1997, Nordqvist 1998, Robinson 1998).

[Abb. 11: Rekonstruktion der verkürzten Clavicula (Habermeier 2002)]

Tabelle 14 gibt einen Überblick über Frakturverkürzungen in vergleichbaren Studien.

Autor	Verkürzung in cm
Basamania (McKee 2003)	2,6
Bosch (McKee 2003)	1,6
Chan (McKee 2003)	2 – 3
McKee (2003)	2,9
Wick (2001)	Min 2 cm (bei 91 % der Pat.)

Tab. 14: Durchschnittliche Verkürzung der Claviculafraktur

2.9.3. Kosmetische Resultate

Olsen konstatiert, dass die Wiederherstellung der Claviculalänge „essentiell“ wichtig sei, um ein funktionell aber auch kosmetisch gutes Resultat zu erzielen (Olsen 1995).

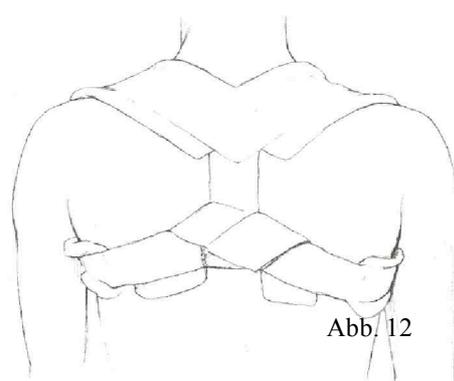
Die Zufriedenheit der Patienten nach einer konservativen wie auch chirurgischen Versorgung ist trotz guter Funktionalität und Schmerzfreiheit, in hohem Maße von ästhetischen bzw. kosmetischen Resultaten abhängig. Neben der Verkürzung der Schulter, welche die Körpersymmetrie deutlich beeinflusst, ist die Kallusbildung und eine von der Norm abweichende Angulation im Schlüsselbeinverlauf gerade für Frauen im Kollier-Bereich ein oft empfundener Makel.

2.10. Therapie der Claviculapseudarthrose

Die Wahl der richtigen Therapieform ist ausschlaggebend für den Erfolg oder Misserfolg einer jeden Behandlung. Über die Zeit haben sich für die verschiedenen Indikationen individuelle Versorgungsmuster etabliert. Diese sollen im Folgenden vorgestellt werden.

2.10.1. Konservative Therapie

1935 präsentierte Schuppler 160 Methoden der Versorgung von Claviculafrakturen. Zum Goldstandard der konservativen Therapie hat sich der Rucksackverband (Tornisterverband) - im anglo-amerikanischen Sprachraum als figure-of-eight-bandage bezeichnet – durchgesetzt. Über einen Zeitraum von vier bis acht Wochen getragen, las-



sen sich 90 % bis 97 % aller Schlüsselbeinfrakturen in befriedigendem Maße zur knöchernen Konsolidierung bringen (Craig 1990, Wick 2001). Zwischen 90 und 95 % aller frischen Schlüsselbeinbrüche werden einer primär konservativen Therapie zugeführt, der Rest wird primär operiert (Fuchs 2002).

Auch die konservative Behandlung von Pseudarthrosen des Schlüsselbeins ist bis zu einem gewissen Rahmen gerechtfertigt. Unter mechanischer Belastung kommt es zu Druck und Zugbelastungen, welche die Knochenheilung anregen und fördern können. Dieser funktionelle Therapieversuch ist bei erkennbarer Heilungstendenz auch über einen längeren Zeitraum gerechtfertigt. Stagniert die knöcherne Durchbauung jedoch, so ist eine operative Versorgung zu erörtern.

[Abb. 12: Rucksackverband von hinten (Habermeyer 2002)]

2.10.2. Operative Therapie

Es verbleibt ein geringer Prozentsatz, der bei Pseudarthrosenentstehung, weiterführender operativer Therapie bedarf (4,4 % nach konservativer Therapie und 6,8 % nach operativem Vorgehen; s. Tab. 9 / 10).

2.10.2.1. Operationsindikationen / Kontraindikationen

Eine Vielzahl an Indikationen zur primären operativen Versorgung von Schlüsselbeinbrüchen wird genannt. Neben nicht reponierbaren Frakturen (ggf. mit Einklemmung von Weichteilen), dem Bild der Floating Shoulder (gleichzeitige Fraktur der Clavicula und des Collum der Scapula), werden offene Frakturen jeden Schweregrades sowie zusätzliche ipsilaterale Verletzungen der oberen Extremität oder des kontralateralen Schlüsselbeins (Browner 1998), polytraumatisierte Patienten (zur Optimierung der pflegerischen Versorgung) sowie Patienten mit Verletzungen der unteren Extremitäten zur Mobilisierung an Gehhilfen (Mueller 2007) genannt.

Die Indikation zur operativen Versorgung der Claviculapseudarthrose rechtfertigt eine deutliche Einschränkung der Beweglichkeit (Demiralp 2006), die schmerzhaft Pseudarthrose (Echtermeyer 1984), neurovaskuläre Beschwerden und zunehmend auch kosmetische Aspekte (Knochenwülste, Schulterverkürzungen) (Fuchs 2002).

Claviculaspezifische Kontraindikationen der Operation gibt es in diesem Sinne nicht. Wie bei anderen knöchernen Verletzungen ist eine Versorgung bei florider Entzündung der umgebenden Strukturen, unzureichender Weichteildeckung über dem Osteosynthesegebiet, pathologischer oder stark osteopenischer Knochenstruktur (z.B. bei Radioosteolyse nach Bestrahlung), sowie bei mangelnder Compliance des Patienten kritisch zu prüfen. Generelle Gründe wie schlechter Allgemeinzustand, ablehnender Patientenwunsch und hohes Alter sind weitere Ausschlusskriterien.

2.10.2.2. Operationszeitpunkt

Hinsichtlich des rechten Zeitpunkts einer Osteosynthese bei verzögerter Knochenheilung oder manifester Pseudarthrose herrscht in der Literatur bei weitem kein Konsensus. Während Herbsthofer nach vier bis fünf Monaten noch eine Heilung nachweisen konnte und daher diesen Zeitraum abzuwarten empfiehlt (Herbsthofer 1994), sehen andere Autoren deutlich früher die Indikation zur operativen Versorgung als gerechtfertigt an. In einer jüngeren Arbeit von Brinker über das Risiko der Pseudarthrosenentstehung nach konservativer Therapie, stellt dieser fest, dass die Tendenz einiger Autoren, wie Hill (1997), Robinson (1998) oder Wick (2001), zur chirurgischen Primärversorgung dislozierter Frakturen geht (Brinker 2005).

Wick und Novak sprechen sich bei symptomatischen Patienten mit verkürzten und dislozierten Frakturen des mittleren Schaftdrittels, die sechs Wochen nach Fraktur keine radiologischen Zeichen der Kallusbildung aufweisen, für ein frühes chirurgisches Vorgehen aus (Wick 2001, Nowak 2005).

Olsen kommt zu einem signifikant schlechteren Endergebnis im Vergleich der Constant Scores zwischen praeoperativ und postoperativ, wenn die Operation später als 20 Wochen nach dem initialen Trauma stattfindet und zeigt somit, dass ein früheres operatives Vorgehen, das funktionelle Endergebnis verbessert (Olsen 1995).

In einer randomisierten Studie der Canadian Orthopedic Trauma Society, in der frische dislozierte Frakturen des mittleren drittels entweder konservativ oder primär chirurgisch versorgt wurden, zeigte sich zu jedem Zeitpunkt der Untersuchung ein signifikant besserer Constant-Score in der operativen Patientengruppe. Die durchschnittliche Zeit zur knöchernen Durchbauung war bei den chirurgisch versorgten Patienten, 12 Wochen kürzer als bei nicht Operierten (16,4 zu 28,4 Wochen). Es zeigten sich bei den 111 untersuchten Personen, zwei Pseudarthrosen unter den operierten (2 aus 62) und sieben unter den konservativ versorgten Patienten (7 aus 49) (Canadian Orthopedic Trauma Society 2007). Auch Zlowodzki wies in einer Metaanalyse eine deutlich geringere Pseudarthrosenrate unter den primär plattenosteosynthetisch versorgten Patienten (2,2 %; 10 aus 460) im Vergleich zu den konservativ versorgten (15,1 %; 24 aus 159) nach. Dies entspricht einer relativen Risikoreduktion von 86 % für die primär operierten Patienten (Zlowodzki 2005).

2.10.2.3. Verfahren

Grundsätzlich stehen zwei praedominante Techniken der operativen Versorgung bei sowohl der frischen als auch der pseudarthrotischen diaphysären Claviculaläsion zur Verfügung: die Plattenosteosynthese und die intramedulläre Fixation („Pinning“) - jeweils mit oder ohne Osteoinduktion.

Mit der Zeit haben sich weitere Methoden entwickelt, die erwähnt sein sollen, im alltäglichen Gebrauch jedoch derzeit keine größere Rolle spielen.

2.10.2.3.1. Plattenosteosynthesen

Im Gegensatz zu den weiter unten angeführten intramedullären Kraftträgern, ist die Osteosynthese mittels Platten in Hinblick auf Rotations- und axiale Stabilität deutlich

zu bevorzugen. Von größtem Vorteil ist auch die sofortige Übungsstabilität, die eine aktive und passive Bewegung in einem begrenzten Umfang direkt nach der Versorgung zulässt und weitere Schäden der angrenzenden Gelenke und Muskulatur vermeidet (Simpson 1996).

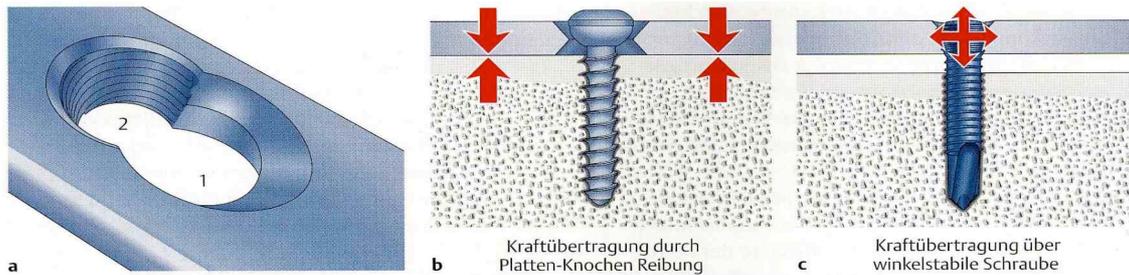
Es werden verschiedenste vorgeformte und gerade, flach und gebogene sowie komplett aufliegende und minimal kontakthabende Platten, jeweils mit oder ohne Verwendung von Knochenplastiken zur Versorgung der Claviculapseudarthrose beschrieben (Meves 1973, Bauer 1986, Jupiter 1987, Hackstock 1988, Olsen 1995, Bradbury 1996, Boyer 1997, Ballmer 1998, Laursen 1999, Wick 2001, Fuchs 2002, Kloen 2002, Marti 2003, McKee 2003, Kabak 2004, Petrovic 2004, Schoepp 2004, Collinge 2006, Thannheimer 2006, Rolf 2008). Auch die Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthese (AO) schlägt bei der symptomatischen Claviculapseudarthrose die Plattenosteosynthese vor (Müller 1992).

Marti fasst verschiedene Autoren (Ballmer, Bradbury, Davids, Ebraheim, Edvarlsen, Jupiter, Laursen, Manske, Mullaji, Olsen) und deren Knochenheilungsraten nach Plattenosteosynthesen zusammen und kommt auf ein Heilungsergebnis von 89 bis 100 % (Marti 2003). Weitere Studien bestätigen diese Tendenz mit Ergebnissen von 85 bis 100 % (Bauer 1986, Hackstock 1988, Boyer 1997, Wick 2001, Kloen 2002, McKee 2003, Kabak 2004, Petrovic 2004, Rolf 2008).

Die Verplattung der Clavicula bringt aber auch Nachteile mit sich. So muss ein größerer Zugang mit ausgedehnterem Gewebetrauma gesetzt werden und ein höheres Risiko einer iatrogenen neurovaskulären Verletzung beim Einbringen des Osteosynthesematerials in Kauf genommen werden, als dies z.B. bei den intramedullären Kraftträgern der Fall ist. Bei der Entfernung der Osteosynthese besteht dieses Risiko erneut.

Auch kosmetische Defizite und Irritationen durch Druck (BH / Rucksack) auf die subkutan liegende Platte werden als störend angegeben (Jupiter 1987, Bradbury 1996, Jones 2000).

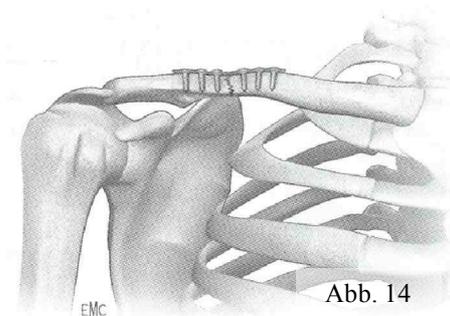
Als Grundprinzipien der Plattenosteosynthese im Bereich diaphysärer Frakturen oder Pseudarthrosen konkurrieren zwei Verfahren: die Kraftübertragung durch Platten-Knochen Reibung versus die winkelstabile Verschraubung.



[Abb. 13: Kraftübertragung durch Platten-Knochen-Reibung versus die winkelstabile Schraube (Kaminski 2008)]

Bei erst Genanntem bildet die Kompression der Platte auf den Knochen den entscheidenden Faktor. Diese wird durch Schrauben gewährleistet, die mit großer Kraft die Platte auf den Knochen drückt und somit eine Verschiebung der Fragmente verhindert.

Der Vorteil der winkelstabilen Verriegelungsschraube ist die stabile Verbindung zwischen Schraube und Platte (Fixateur intern). Dies vermindert zum einen die vertikale Kompression auf den Knochen und schont so dessen Durchblutung; zum anderen wird die Bewegung der Platte gegenüber der Schraube minimiert und somit ein Verschieben der Fragmente nahezu ausgeschlossen.



[Abb. 14: Platte mit 3 Kortikalisschrauben zu jeder Seite der Fraktur (Duparc 2005)]

2.10.2.3.1.1. Die anatomisch präkonturierte Kompressionsplatte nach Meves

Bereits 1973 beschrieb Meves die Vorteile der damals neuen, anatomisch präkonturierten Kompressionsplatte (Meves 1973). Hierbei handelt es sich um eine der Anatomie nachgeformten Halbrohrplatte, die sich zur Osteosynthese medialer und mittlerer Claviculafrakturen sowie Pseudarthrosen eignet. Für Brüche des lateralen Drittels des Schlüsselbeins eignet sich diese Platte jedoch nicht.

Meves konstruierte diese Platte, um die mechanischen Gegebenheiten der bis dato verwendeten Osteosynthesplatten zu optimieren. Durch die S-förmige Hauptkrümmung in der Frontalebene des Schlüsselbeins kommt es beim Festziehen der Schrauben über einer herkömmlichen geraden Platte zu einer Begradigung der Schwingung und somit zu einer einseitigen Frakturspaltöffnung. Zudem kommt es bei schräg eingebrachten Schrauben oftmals zu einer Rotation der Fraktarenden gegeneinander.

Die vorgeformte Halbrohrplatte (Fa. Ulrich medical), deren Schwingung aus dem Mittelwert beider Klavikularkrümmungen resultiert, ist in verschiedenen Längen (5- / 6-Loch), sowie individuell für die rechte und linke Clavicula erhältlich (Bauer 1986).

Als Zugang zu dem Operationssitus wird die Schnittführung knapp unter und parallel zum Schlüsselbein oder als modifizierter Säbelhiebschnitt oberhalb des Schlüsselbeins gewählt. Nach Osteotomie „erzwingt“ das Implantat aufgrund der anatomischen Präkonturierung die Wiederherstellung der ursprünglichen Klavikulalänge unter Rekonstruktion der „S-förmigen“ Krümmung. Somit trägt diese Platte zu einem ästhetischen und biomechanisch-funktionell günstigen Resultat bei (Meves 1973, Steffelaar 1974). Durch asymmetrisches Einbringen der Schrauben wird die Fraktur unter Kompression gesetzt. Dies ist für die primäre Knochenheilung von großem Vorteil und entspricht somit der normalen Bildung kortikaler Osteone (Böcker 2001). Das halbrohrförmige Profil der Platte bietet in Kombination mit der vorhandenen Krümmung eine hohe intrinsische Stabilität, sodass auf eine winkelstabile Konstruktion verzichtet werden kann.



[Abb. 15: Die anatomisch präkonturierte Platte nach Meves]

Meves selbst präsentierte in seiner Arbeit keine klinischen Ergebnisse (Meves 1973).

In der Literatur finden sich lediglich zwei weitere Arbeiten aus den Jahren 1986 und 1988, welche die Ergebnisse der Schlüsselbeinosteosynthese mit der Kompressionsplatte nach Meves darstellen (Bauer 1986; Hackstock 1988).

In der von Bauer veröffentlichten Studie konnten 100 Patienten im Versorgungszeitraum von 1973 bis 1983 retrospektiv ausgewertet werden. Behandelt wurden offene (n = 3) und geschlossene (n = 82) Frakturen sowie Pseudarthrosen (n = 15). 19 Patienten wiesen Komplikationen auf, die jedoch keine bleibenden Nachteile auf das Endergebnis zeigten. Nach objektiven Kriterien wurde in 95 % ein ausgezeichnetes oder gutes, in 5 % ein befriedigendes Ergebnis festgestellt. (Outcome: 80 % freie Beweglichkeit; 62 % subjektiv volle Kraft und frei Beweglich; 29 % Schmerz bei schwerer Arbeit oder Wetterfühligkeit; 9 % Kraftminderung, Schmerzen, eingeschränkte Beweglichkeit). Die Ergebnisse dieser Studie wurden jedoch nicht hinsichtlich der zugrunde liegenden Diagnosen ausgewertet, sodass sich für die einzelnen Patientenkollektive keine Rück-

schlüsse ziehen lassen.

Hackstock berichtet über „ausgezeichnete Ergebnisse“, welche die Osteosynthese mittels der Meves-Kompressionsplatte mit sich bringt. Zwischen 1975 und 1986 behandelte er 43 Patienten – frische- (n = 31) und veraltete Frakturen (n = 12). Sechs der 12 „veralteten-“ Frakturen sind als Pseudarthrosen beschrieben. In diesem Gesamtkollektiv werden als Komplikationen lediglich eine Fraktur im proximalen Schraubenloch, bei einliegendem Osteosynthesematerial, sowie eine Refraktur, drei Monate nach Metallentfernung, beschrieben.

Zur Vermeidung von Materialbrüchen fordert Bauer eine konsequente Materialprüfung und Normierung von Seiten der Hersteller, sowie das Vermeiden des zu festen Anziens der Schrauben, was zu einer Verformung der Halbrohrplatte führen kann (Bauer 1986). Als negativ wird aber auch die vorgegebene Plattenkrümmung erwähnt, die nur selten der individuellen Claviculakrümmung entspreche (Hackenbruch 1982).

2.10.2.3.1.2. Rekonstruktionsplatte

Aufgrund der starken Krümmung der Clavicula werden häufig gut modellierbare Rekonstruktionsplatten verwendet, diese sind jedoch aufgrund ihrer geringen mechanischen Stabilität nachteilhaft (Fuchs 2002).

Petrovic zieht aus einer Studie mit insgesamt 13 Patienten den Schluss, dass eine Rekonstruktionsplatte die erste Wahl sein sollte, gefolgt von der dynamischen Kompressionsplatte. Die schlechteste Wahl sei seiner Meinung nach die Halbrohrplatte, zu denen auch die Meves-Kompressionsplatte gehört. Petrovic musste drei Halbrohrplatten aufgrund von zwei Plattenbrüchen und einer Materiallockerung revidieren (Petrovic 2004).

Die gute Modellierbarkeit führt, nach Meinung Bradburys, zu weniger Hautirritationen als bei anderen Platten (Bradbury 1996). Die Anlagerung der Rekonstruktions-Platte ist in verschiedenen Varianten beschrieben. Klassisch ist das Anbringen von superior (Laursen 1999), es wird aber auch eine antero-inferiore Variante beschrieben (s.u.) (Kloen 2002, Collinge 2006).

2.10.2.3.1.3. Halb-/Drittelrohrplatte

Echtermeyer stellt fest, dass alle 12 Pseudarthrosen, die im vorhinein mittels Drittelrohrplatten versorgt wurden, aufgrund des in Stärke und Länge unterdimensionierten Osteosynthesematerials biomechanisch inadäquat versorgt worden waren und dadurch

die Ausbildung von Pseudarthrosen begünstigt wurde (Echtermeyer 1984). Auch Poigenfürst erwähnt eine hohe Versagerquote der Drittelrohrplatte und hält diese für die Fixierung bei Claviculapseudarthrosen für zu schwach und ungeeignet (Poigenfürst 1991). Boyer unterstützt dies und stellt zusätzlich fest, dass bei semitubulären Platten die Schrauben zu Prominenz unter der Haut neigen und der Platte womöglich nicht genug Stabilität verleihen (Boyer 1997).

Die semitubuläre Platte findet heute kaum noch Anwendung; die dynamische Kompressionsplatte (DCP), die LC-DCP (Limited Contact Dynamic Compression Plate) und die Rekonstruktions-Platte sind in der Literatur deutlich häufiger vertreten.

2.10.2.3.1.4. Dynamische Kompressionsplatte (DCP) bzw. Low-Contact-DCP

Die Dynamic Compression Plate wirkt nach dem Prinzip asymmetrischer ovaler Bohrungen, die ein Zusammenziehen (dynamic compression) der Frakturrenden bedingen.

Die DCP und die Low-Contact-DCP sind leicht der Schwingung der Clavicula anmodellierbare Platten, die sich in ihrer Auflagefläche unterscheiden. Die LC-DCP hat mit ihrer gezahnten Unterseite eine geringere Auflagefläche, was eine verbesserte Blutversorgung des Knochens ermöglicht. Zusätzlich zeigt die LC-DCP eine bis 50 % höhere Verwindungssteifigkeit, gegenüber der DCP.

Im Vergleich zwischen Rekonstruktionsplatte und DCP bei 32 Patienten, weist Bradbury für beide Versorgungsvarianten gute Ergebnisse nach. 15 von 17 (88,2 %) mit der Rekonstruktions-Platte versorgte Patienten kamen primär zur Ausheilung. Bei der DCP waren es 14 von 15 (93,3 %). Nach Sekundäreingriff berichtet Bradbury über 31 von 32 (96,9 %) Patienten mit ausgeheilten Claviculapseudarthrosen (Bradbury 1996).

Beim direkten Vergleich zwischen der LC-DCP und der DCP weist Kabak, bei 33 Patienten mit Claviculapseudarthrosen im mittleren Drittel, bessere Ergebnisse bei Verwendung der LC-DCP nach. In dieser prospektiven, randomisierten Vergleichsstudie bestätigt er eine Therapieversagerquote (persistierenden Claviculapseudarthrosen) der DCP von 12,5 % (2 aus 16). Die Knochenheilungszeit lag bei der LC-DCP signifikant kürzer als bei der DCP, die Knochenheilungsrate der LC-DCP betrug 100 % (87,5 % bei der DCP) (Kabak 2004).

2.10.2.3.2. Intramedulläre Osteosynthese

1907 wird von Albin Lambotte die erste intramedulläre Schienung einer Claviculafraktur beschrieben. Über die risikobehaftete Methode der Osteosynthese mittels Kirschnerdrähte, bei der Dislokationen nach intrathorakal beschrieben sind, entwickelte sich die Technik bis zu der intramedullären Verspannung durch den elastischen Titannagel.

Gegenüber der Plattenosteosynthese ist bei Implantation die vergleichsweise kleine Inzision mit geringerer Weichteilzerstörung und kosmetisch unauffälligerem Narbenbild von Vorteil. Hinzu kommt, dass eine Metallentfernung in lokaler Anästhesie möglich ist.

2.10.2.3.2.1. Elastischer Titannagel (TEN – Titanium Elastic Nail)

Bei diesem Verfahren wird ein gerader Nagel, im Sinne der „elastisch stabilen intramedullären Nagelung“ (ESIN), in der geschwungenen Clavicula verkeilt. Über eine Inzision über dem sternalen (selten auch über dem akromialen) Ende der Clavicula wird der Nagel unter geringer Gewebszerstörung eingebracht. Die Länge der Clavicula wird durch exakte Repositionierbarkeit belastungsstabil wieder hergestellt. Der

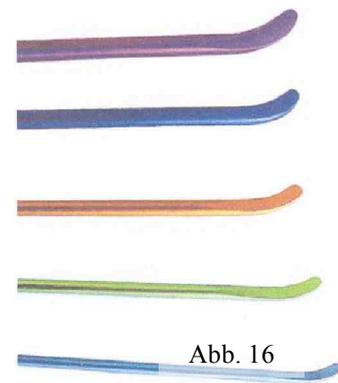


Abb. 16

Nachteil dieser Technik ist die eng gestellte Indikation. Es wird empfohlen nur Frakturen des mittleren Drittels, die nicht älter als drei Wochen sein dürfen, zu versorgen. Als schwerste Komplikation ist die Wanderung / Dislokation beschrieben. Im günstigsten Fall, kommt es hier zu einer perkutanen Migration (Ballmer 1998, Kloen 2002). Hofmann berichtet über einen Patienten, bei dem es zur Wanderung des Nagels durch das Mediastinum in die kontralaterale Lunge kam (Hofmann 1988).

Zur Platzierung des Nagels musste Kettler in über der Hälfte der Fälle (53 von 87) einen zusätzlichen Schnitt im Verlauf des Schlüsselbeins machen (Kettler 2007). Mueller stellt fest, dass alle Patienten, die erst mehrere Tage nach dem Trauma mittels TEN versorgt wurden, einen zusätzlichen Schnitt im Verlauf der Clavicula benötigten. Eingeklemmtes Weichteilgewebe machte die geschlossene Positionierung über einen medialen Zugang alleine unmöglich. Auch den Vorteil der Entfernung des TEN's in lokaler Anästhesie konnte er nur bei zwei Drittel der Patienten beobachten (Müller 2007).

[Abb. 16: Elastischer Titannagel (TEN – Titanium Elastic Nail) (Rehm 2004)]

2.10.2.3.2.2. Weitere intramedulläre Kraftträger

Es gibt eine Vielzahl von weiteren intramedullären Kraftträgern, die hier der Vollständigkeit halber erwähnt sein sollen. Es handelt sich hier um Küntscher- und Steinmann-Nägel, den Kirschner-Draht, Rush-, Knowles- und Hagie-Pins und intramedulläre Knochenschrauben.

Die Entfernung des intramedullären Kraftträgers ist grundsätzlich nicht obligat. Boehme entfernte jedoch 85 % der eingebrachten Hagie-Pins bei implantatbedingten Schmerzen (Boehme 1991). Capicotti, der Claviculapseudarthrosen mittels Steinman-Nägeln versorgte, musste sogar 93 % entfernen und feststellen, dass 25 % der Nägel durch die Haut arodiert waren (Collinge 2006).

Die nach intramedullärer Versorgung oftmals verbleibende Rotationsinstabilität (besonders bei segmentalem Knochenverlust) ist eine häufige Ursache für das Entstehen einer Pseudarthrose (Wilkins 1983, Jupiter 1987, Boehme 1991, Kloen 2002). Aus diesem Grund musste die Schultermobilisation, bei den von Boehme behandelten Patienten, bis zum Nachweis „frühen Kallus“ eingeschränkt werden. Nach durchschnittlich 22 Wochen zeigte sich in 95 % der Fälle eine Heilung. Lediglich 67 % der Patienten waren am Ende der Behandlung symptomfrei.

Insgesamt ergaben sich nach Boehme und Ballmer bei 86 % der Patienten Probleme bezüglich der verwendeten Nägel (Boehme 1991, Ballmer 1998).

2.10.2.4. Osteoinduktion mittels nichtvaskularisierter Knochentransplantate

Die nichtvaskularisierte autologe Knochentransplantation kommt vornehmlich in der Therapie der atrophen Pseudarthrose zum Einsatz. Hierbei wird die Osteogenese im Bruchspalt angeregt.

Zum Wirkungsmechanismus der transplantierten Knochenfragmente bestehen zwei Theorien.

1. Transplantierte Zellen induzieren an der Implantationsstelle aktiv eine Knochenproduktion.
2. Mit dem Transplantat überführte Gewebsmediatoren stimulieren die Zellen an der Implantationsstelle (Kaminski 2008).



Abb. 17

[Abb. 17: Korkospongiöser Span mit Osteosynthese (Duparc 2005)]

Aus dem Beckenkamm, der Fibula oder aus einer Rippe gewonnenes autologes Knochenmaterial, bietet die Möglichkeit durch körpereigenes (autologes) Material strukturelle Schäden wiederaufzubauen.

Die Anwendung nichtvaskularisierten Knochenmaterials ist auf Substanzdefekte von ca. vier bis sechs cm limitiert. Dies bedingt sich durch die am Empfängerort anfangs bestehende Ernährung des Knochens durch Diffusion.

Die Indikation zur Entnahme von Spongiosa und/oder einem Kortikalisspan aus dem Beckenkamm sollte bei Claviculapseudarthrosen nicht generell gestellt werden. Zum einen entsteht durch die Eröffnung eines zweiten Operationssitus ein weiterer Herd für Komplikationen, was die Komorbiditätsrate steigen lässt. Zum anderen zeigt sich in der Literatur, dass sich die Indikation auf atrophe Pseudarthrosen beschränken lässt, da die hypertrophen gut durch Anfrischen und Kompression der Frakturenden, ggf. mit Interposition des dabei anfallenden Kallusmaterials ausheilen (Laursen 1999, Wick 2001, McKee 2003).

2.10.2.4.1. Vascularisierte Knochen-Transplantate

Diese Methode zur Überbrückung größerer Knochendefekte ist in der Literatur nur an wenigen Beispielen beschrieben (Fuchs 2005).

Die Transplantation kann auf zwei verschiedene Arten durchgeführt werden.

1. Die gestielte Transplantation: Hierbei bleibt die Perfusion erhalten, das Knochenfragment wird zu seiner neuen Position hin geschwenkt.
2. Die Mikroanastomisierung des Transplantats: Hier wird ein Knochenransplantat unabhängig von seiner Entfernung zum Implantationsort gewonnen und mittels mikrochirurgischer Anastomosen an eine neue Blutversorgung angeschlossen.

2.10.2.5. Behandlungskonzepte in Erprobung und Perspektiven

Die bisher genannten Therapieformen haben in der einen oder anderen Ausprägung Einzug in den klinischen Alltag gefunden. Nachfolgend sind neue Ansätze beschrieben, die noch keine Relevanz besitzen, vielleicht jedoch in Zukunft die bestehenden Vorgehensweisen ergänzen werden.

Zu diesen in Erprobung befindlichen Behandlungskonzepten gehören die mesenchymale Stammzelltherapie, die Transplantation von kultivierten periostalen Zellen sowie die Implantation von mit Wachstumsfaktoren beschichteten Matriximplantaten.

Weiter werden adjuvante Verfahren wie die extrakorporale Stoßwellentherapie oder die Ultraschalltherapie beschrieben. Die extrakorporale Stoßwellentherapie setzt mittels Impulse kleinste Läsionen im Bereich des Knochens, die wiederum die Knochenheilung per Transformation bindegewebiger Zellen zu aktiven Osteoblasten anregen sollen.

Die experimentell bestätigte Ultraschalltherapie verwendet niedrig gepulste Ultraschallwellen zur Anregung der Osteogenese (Kaminski 2008).

2.10.3. Postoperatives Management und zeitlicher Verlauf

Heute wird bereits am ersten postoperativen Tag schmerzadaptiert mit passiven, pendelnden (Codman-) Armbewegungen (Craig 2004) wie auch mit isometrischen Übungen begonnen. Dies wird gleichsam nach operativer Versorgung der frischen Claviculafraktur als auch nach operativer Versorgung der claviculären Pseudarthrose empfohlen. Das Heben von Lasten, werfende und abstützende Bewegungen sind anfangs gänzlich zu untersagen. Für den Zeitraum der ersten zehn bis 14 Tage (Craig 2004) bzw. drei Wochen (Field 2003) sollte unterstützend ein Desault-/ Gilchrist-Verband getragen werden. Der Rucksackverband hingegen wird wie die Gipsverbände heutzutage kaum noch verwendet.

Vier bis sechs Wochen nach ersten radiologischen Nachweisen knöcherner Durchbauung wird die Physiotherapie auf aktive Bewegungen erweitert. Dagegen benötigen Pseudarthrosen in der Regel mehr Zeit bis sich klinische und radiologische Erfolge einstellen.

Radiologische Kontrolluntersuchungen sollten jeweils sechs Wochen, drei und sechs Monate nach Operation durchgeführt werden (Craig 2004).

II. MATERIAL UND METHODIK

3.1. Personenbezogene Daten

3.1.1. Einschlusskriterien

Bei der Datenerhebung wurden alle Patienten erfasst, die im Zeitraum vom 1.1.1990 bis zum 31.12.2003, in der Orthopädischen Klinik König-Ludwig-Haus in Würzburg an einer Fraktur des Schlüsselbeins operativ behandelt wurden (n = 52). Aus diesem Pool wurden alle Patienten isoliert, die operativ an einer Claviculafraktur des mittleren Drittels versorgt werden mussten. Somit ergab sich ein Kollektiv von 37 Patienten. Die übrigen 15 Patienten wiesen Frakturen des medialen Drittels (n = 6) und des lateralen Drittels (n = 9) der Clavicula auf.

Alle 37 Patienten wurden zu einer Nachuntersuchung gebeten. Dieser Ladung kamen alle 19 Patienten nach, die auf Grund einer Pseudarthrose mit einer Meves-Kompressionsplatte versorgt wurden.

Aus der Gruppe, die nicht beiden Einschlusskriterien (Pseudarthrose / Meves-Kompressionsplatte) entsprach, stellten sich 14 Patienten vor, die restlichen vier sandten einen zugeschickten Constant-Score-Fragebogen ausgefüllt zurück.

Bei Auswertung der einzelnen Krankenakten, der Fragebögen, der Röntgenbilder und der klinischen Untersuchungsergebnisse konnten die oben genannten Gruppen als untersuchungsrelevanter Patientenpool bestätigt werden.

Bei allen Patienten erhoben wir den zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung aktuellen postoperativen Constant-Score. Die Erhebung des praeoperativen Constant-Score wurde retrospektiv aus der Krankenakte erhoben. Da die praeoperative Kraftmessung nur unregelmäßig erhoben wurde, konnte diese nicht in die Gesamtberechnung eingehen.

3.1.2. Alters- und Geschlechtsverteilung

In dem angegebenen Zeitraum wurden insgesamt 37 Patienten chirurgisch an der medialen Clavicula versorgt. Davon waren 25 Männer im durchschnittlichen Alter von 36,7 Jahren (15 bis 58) und 12 Frauen im Altersdurchschnitt von 34,8 Jahren (9 bis 63).

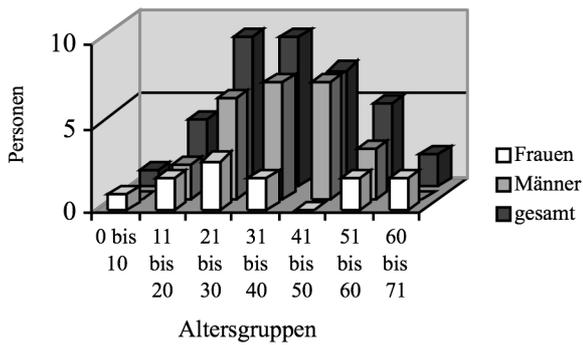


Diagramm 1:
Geschlechtsabhängige Altersverteilung aller Patienten

Nach Indikation getrennt (Pseudarthrose-plus-Mevesplatte / Vergleichsgruppe) ergibt sich für die jeweiligen Altersgruppen folgende Verteilung:

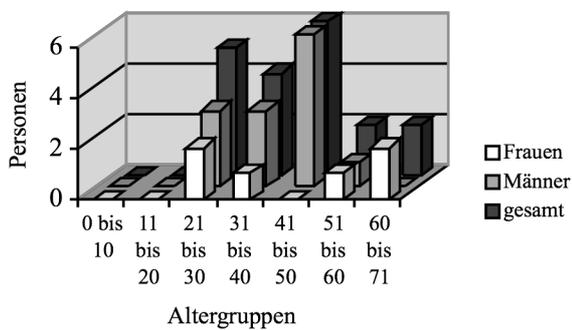


Diagramm 2:
Geschlechtsabhängige Altersverteilung der „Pseudarthrose-plus-Mevesplatten Gruppe“

Die weiter oben durch Nowak beschriebene Praevalenz des weiblichen Geschlechts für die Schlüsselbeinpseudarthrose können wir bei der insgesamt geringen Zahl an Patienten nicht bestätigen. Es scheint jedoch zwischen 20 und 50 Jahren, also im mittleren Lebensabschnitt, gerade für Männer ein erhöhtes Risiko zu bestehen.

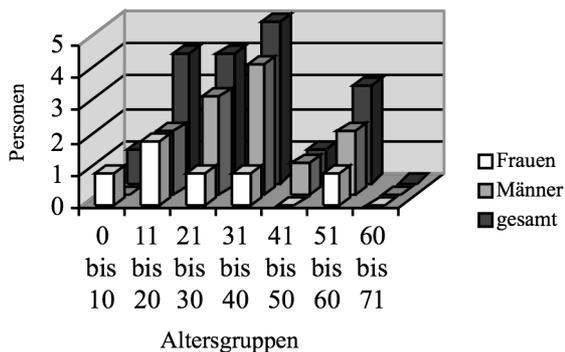


Diagramm 3:
Geschlechtsabhängige Altersverteilung der „Vergleichsgruppe“

Das mittlere Alter unter den Pseudarthrose und Meves-Platten Patienten lag für Männer bei 40,1 Jahren, das der Frauen mit 44,5 Jahren um 4,4 Jahre oder annähernd 10 % darüber. Über die Lebenszeit betrachtet folgt die Geschlechterverteilung zwischen dem 20. und 50. Lebensjahren einem scherenförmigen Verlauf (Fallzahlen der Männer hoch - Frauen runter). Ab der 5. Dekade kehrt sich dieses Bild zu ungunsten der Frauen um.

3.1.3. Nachuntersuchungszeitraum

Der Nachuntersuchungszeitraum (Follow-up-Zeitraum) wurde von der Metallentfernung bis zur Einbestellung und Untersuchung des jeweiligen Patienten in Monaten berechnet. Hierbei wurde jeweils auf eine Woche genau auf- bzw. abgerundet.

3.2. Daten zur Verletzung

3.2.1. Verletzte Seite

In dem Patientenkollektiv waren 33 Rechtshänder und vier Linkshänder. Die rechte Seite war insgesamt 17-Mal betroffen, die linke 20-Mal.

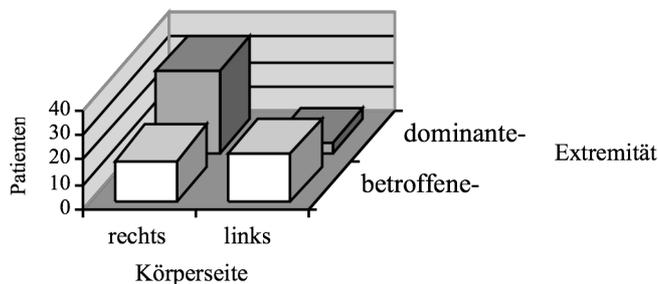


Diagramm 4:
Verletzte Seite und Dominanz

Unter den 22 Patienten, die wegen einer Claviculapseudarthrose operiert wurden, waren 21 Rechtshänder. Unter diesen war neunmal auch die rechte Extremität betroffen. Einer der 22 Patienten war linksdominant, die linke Körperseite war 13-Mal betroffen.

Unter den 15 Patienten, die aus einem anderen Grund als eine Pseudarthrose osteosynthetisch versorgt wurden, waren 12 Rechts- und 3 Linkshänder. Insgesamt war 8-Mal die rechte und 7-Mal die linke Extremität betroffen.

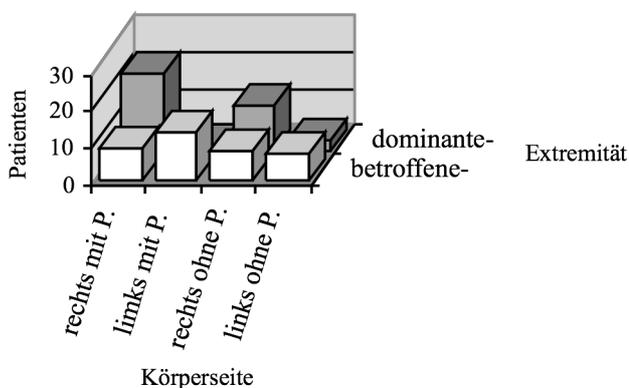


Diagramm 5:
Verletzte Seite und Dominanz der jeweiligen Untergruppen

3.2.2. Verletzungsmechanismus / Begleitverletzungen / Dislokation

Die Daten zu dem Unfallhergang und die der Begleitverletzungen wurden im Gespräch mit dem Patienten anamnestisch erhoben sowie der Krankenakte und dem entsprechenden Operationsbericht entnommen.

Der Dislokationsgrad der Frakturen wurde aus den original Röntgenbildern der jeweiligen Patienten nach Dislokation und Verkürzung bzw. Verlängerung in mm herausgemessen.

3.3. Daten zur Therapie – konservativ / operativ

Als Pseudarthrose wird in dieser Studie der Zustand der fehlenden knöchernen Durchbauung innerhalb eines Zeitraums von sechs Monaten nach Trauma festgelegt.

Die Frakturheilung ist definiert als der Zeitpunkt, zu dem erstmals radiologisch kein Frakturspalt mehr nachweisbar ist.

Daten zur konservativen Therapie, die vielfach auswärts begonnen wurde, wurden anamnestisch von dem Patienten sowie aus den entsprechenden Unterlagen (Krankenakte, Arztbrief) gewonnen.

Die Indikationen zur Operation, sowie die Daten der vorherigen Therapie (verwendetes Osteosynthesematerial, Indikation und Anzahl der Revisionen), wurden den Krankenakten und den Operationsberichten entnommen.

Die Daten zur Operation im König-Ludwig-Haus (Osteosynthesematerial, Verwendung autologer Knochentransposition, operatives Vorgehen) wurden jeweils aus den eigenen Operationsberichten erhoben.

Die weiteren Ergebnisse zur Nachbehandlung, zur Osteosyntheseverweildauer und zu etwaigen Komplikationen während der Therapie im König-Ludwigs-Haus, wurden im Rahmen der Nachuntersuchungen gewonnen.

3.4. Untersuchungsmethodik – klinisch / radiologisch

Die klinische Untersuchung wurde nach einem strikten Protokoll durchgeführt. Hierzu wurden neben dem Constant-Score, klinische Daten zu neurologischen Symptomen oder Beschwerden, Narbenbildung, Beschwerden von Seiten der Beckenkammernahmestelle, sowie die Gesamtzufriedenheit und Belastbarkeit, erhoben.

Neben der klinischen Untersuchung wurden radiologische Verlaufskontrollen durchgeführt.

Als erstes wurde die Röntgenbildgebung der Patienten im Verlauf ausgewertet. Hierzu wurden die praeoperativen Röntgenaufnahmen hinsichtlich der Dislokation - Stellung bzw. Verkürzung der Fraktur – vermessen.

In einem zweiten Schritt wurde der jeweilige Zeitraum von Osteosynthese bis zur Heilung erfasst (bis zum radiologischen Ausschluss eines Frakturspalts).

Zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung wurden abschließende Röntgenaufnahmen (anteroposteriore in 0° Aufsicht und 45°-gekippt) angefertigt.

3.5. Constant-Score

Nach Anamneseerhebung wurde der Constant-Score, entsprechend der Originalarbeit von Constant und Murley, erhoben (Constant 1987). Folgend wird beschrieben, wie sich die einzelnen Punktwerte, nach deren Gesamtheit die Patienten klassifiziert wurden, zusammenstellen.

Nach dem Constant-Score lassen sich im Optimalfall 100 Punkte erreichen. Diese setzen sich aus verschiedenen subjektiven und objektiven klinischen Hauptkriterien zusammen (Habermeyer 2006). Es handelt sich hierbei um: Schmerz, Aktivität, Beweglichkeit und Kraft.

Parameter	Erreichbare Punktzahl
Schmerz	15
Aktivität	20
Beweglichkeit	40
Kraft	25
max.	100

Tab. 15: Punkteverteilung der Hauptkriterien

3.5.1. Schmerz

Um diese subjektiv gefärbten Parameter zu objektivieren, muss der Patient zum einen die Schmerzqualität, die grob in vier Stufen eingeteilt ist, angeben. Zudem wird der Patient aufgefordert die Schmerzqualität anhand einer Punkteskala von 0 bis 15 zu bewerten, wobei 0 stärksten Schmerzen und 15 Schmerzlosigkeit entspricht. Aus diesen beiden Angaben wird der Mittelwert als Punktzahl für das Kriterium Schmerz gebildet.

Schmerz		Punkte
	keine Schmerzen	15
	leichte Schmerzen	10
	mittel starke Schmerzen	5
	starke Schmerzen	0
max.		15

Tab. 16: Punkteverteilung für Schmerz

3.5.2. Aktivität

Die Frage nach der Einschränkung der Aktivitäten des täglichen Lebens, gehören ebenfalls zu den subjektiven Parametern. Hierbei wird die Einschränkung im Beruf, beim Sport oder in der Freizeit sowie des Nachtschlafs und der Beweglichkeit im Alltag bewertet. Eine Einschränkung liegt dann vor, wenn Schmerzen den Patienten bei einer der angeführten Aktivitäten beeinträchtigen.

Aktivität	Grad der Einschränkung	Punkte
Tägliches Leben / Beruf	keine Einschränkung	4
	25 % eingeschränkt	3
	50 % eingeschränkt	2
	75 % eingeschränkt	1
	100 % eingeschränkt	0
Sport / Freizeit	keine Einschränkung	4
	25 % eingeschränkt	3
	50 % eingeschränkt	2
	75 % eingeschränkt	1
	100 % eingeschränkt	0
Nachtschlaf	ungestört	2
	mäßig gestört	1
	stark gestört	0
Beweglichkeit	Höhe Gürtel	2
	Brustbeinspitze	4
	Hals	6
	Scheitel	8
	über Kopf	10
max.		20

Tab. 17: Punkteverteilung für Aktivität

3.5.3. Beweglichkeit

Bei dem Bewegungsumfang wird die schmerzfreie, aktive Beweglichkeit im Schultergürtel objektiv beurteilt. Hierzu wird die Flexion (Elevation nach ventral) und die Abduktion (Elevation nach lateral), sowie die Außenrotation und Innenrotation untersucht.

Der sitzend Patient wird auf einem Stuhl ohne Armlehnen aufgefordert, die vorgemachten Bewegungen nachzumachen.

Flexion bzw. Abduktion	Punkte
0° - 30°	0
31° - 60°	2
61° - 90°	4
91° - 120°	6
121° - 150°	8
> 150°	10
je max.	10

Tab. 18: Punkteverteilung für Flexion und Abduktion

Außenrotation	Punkte	Innenrotation
	0	Handrücken auf: lateralen Oberschenkel
Hand hinter den Kopf, Ellbogen nach vorne	2	Handrücken auf: Gesäß
Hand hinter den Kopf, Ellbogen nach hinten	4	Handrücken auf: Sacrum
Hand auf den Kopf, Ellbogen nach vorne	6	Handrücken auf: LWK 3
Hand auf den Kopf, Ellbogen nach hinten	8	Handrücken auf: BWK 12
Volle Elevation vom Kopf aus	10	Handrücken auf: BWK 7 / 8
je max.	10	

Tab. 19: Punkteverteilung für Außen- / Innenrotation

3.5.4. Kraftmessung

Die Kraftmessung erfolgt mit Hilfe des Isobex-Meßgeräts (Cursor AG., Bern Schweiz). Hierbei sitzt der Patient mit 90° abduziertem und in der Scapulaebene gehaltenem Arm, die Schlaufe des Messgerätes um das pronierte Handgelenk gelegt, auf einem Hocker. Die Kraft wird während der gewählten Messperiode zehnmal pro Sekunde gemessen und danach integriert. Somit wirken sich Artefakte, wie Kraftspitzen, nicht auf das Resultat aus. Der Proband eleviert den Arm nun jeweils mit maximaler Kraft für drei Sekunden. Dies wird abwechselnd auf jeder Seite dreimal wiederholt. Aus den drei Messungen pro Seite wird der Mittelwert für den jeweiligen Arm errechnet.

3.5.5. Berechnungsschlüssel zur Altersadaptation

Böhm zeigt in einer Untersuchung, dass bei schultergesunden Frauen eine durchschnittliche Kraft von 4,8 kg, bei schultergesunden Männern von 9,2 kg erreicht werden kann. In derselben Studie wird gezeigt, dass die Kraft mit steigendem Alter bei Männern und

Frauen erheblich abnimmt (Boehm 1997). Daher werden die Rohwerte des Constant-Scores, entsprechend den von Gerber (Gerber 1992) angegebenen alters- und geschlechtsadaptierten Werten des Constant-Murely-Scores, umgerechnet (s. Tabelle 52 im Anhang). Der durchschnittliche Constant-Score einer 65 jährigen Frau beträgt demnach z.B. 70 Punkte, der eines gleichaltrigen Mannes 83 Punkte.

Die Constant-Score-Gesamtergebnisse der Patienten wurden mit den Durchschnittswerten des entsprechenden Geschlechts und Alters abgeglichen.

Hieraus ergibt sich ein Prozentwert, der beim Alters- und Geschlechtsadaptierten Score angegeben wird.

3.6. Gesamtzufriedenheit der Patienten

Abschließend wurden die Patienten gebeten den Gesamteindruck der Operation und Heilung an Hand einer Schulnoten-Skala zu bestimmen. Die 1 steht für sehr gut oder volle Zufriedenheit, die 6 für ungenügend bzw. sehr unzufrieden.

III. ERGEBNISSE

4.1. Personenbezogene Daten

4.1.1. Geschlechtsverteilung

Das Verhältnis von männlichen und weiblichen Personen ist mit 25 : 12 nahezu 2 : 1.

Betrachtet man die zwei Gruppen isoliert, so zeigt sich eine Verteilung in der „Pseudarthrose-plus-Meves-Kompressionsplatten-Gruppe“ von 13 Männern zu 6 Frauen, welches ebenfalls nahezu einer 2 : 1 Verteilung entspricht.

Die drei Patienten aus der Gruppe der congenitalen bzw. geburtstraumatischen Claviculapseudarthrose stellt sich aus zwei Mädchen und einem Jungen zusammen.

Die Vergleichsgruppe, die aus 15 Personen besteht, zeigt eine Verteilung zwischen Männern und Frauen von 10 : 5, was wiederum einem Verhältnis von 2 : 1 gleichkommt.

4.1.2. Altersverteilung

Das Durchschnittsalter aller Teilnehmer lag zum Zeitpunkt des Traumas bei 36,1 Jahren.

Das Durchschnittsalter der beiden verglichenen Gruppen verhält sich wie folgt:

die „Pseudarthrose-plus-Meves-Kompressionsplatten-Gruppe“ kommt, ohne nach Geschlecht zu trennen, auf ein Durchschnittsalter von 41,5 Jahren, also 5,4 Jahre älter als der Gesamtdurchschnitt. Dies steht einem mittleren Alter von 30,7 Jahren in der Vergleichsgruppe entgegen, welche durchschnittlich 9,4 Jahre jüngere Patienten aufweist.

Zusätzlich nach dem Geschlecht betrachtet ergibt sich, dass die „Pseudarthrose-plus-Meves-Kompressionsplatten-Gruppe“ aus 13 Männern besteht, die im Mittel 40,1 Jahre alt sind (21 bis 55). Die sechs Frauen dieser Gruppe sind im Mittel mit 44,5 Jahren (22 bis 63) 4,4 Jahre älter als ihre männlichen Kollegen.

Die Vergleichsgruppe bringt es bei den 11 Männern auf ein mittleres Alter von 33,3 Jahren (15 bis 58). Bei den sieben Frauen ergibt sich ein Mittel von 25,2 Jahren (9 bis 53). Die Frauen sind somit durchschnittlich 8,1 Jahre jünger als die Männer.

Somit zeigt sich, dass die männlichen Studienteilnehmer, die bei Pseudarthrose mit der Meves-Kompressionsplatte versorgt wurden, 4,4 Jahre jünger sind als die weiblichen, jedoch 6,8 Jahre älter (die Frauen sogar 19,3 Jahre älter) sind, als die gleichen Geschlechts in der Vergleichsgruppe.

4.1.3. Nachuntersuchungszeitraum

In dem ausgewerteten Zeitraum von 13 Jahren ergibt sich ein Follow-up-Zeitraum - gerechnet seit Metallentfernung - von durchschnittlich 3,8 Jahren (2 bis 137 Monate). Bei den Patienten mit Meves-Kompressionsplatte nach Pseudarthrose handelt es sich im Mittel um 4,6 Jahre (8 bis 137 Monate). Patienten mit zusätzlichem Beckenkamminterponat wurden nach durchschnittlich 3,8 Jahren (8 bis 134 Monate) gesehen, während die ohne Beckenkammpongiosa nach durchschnittlich 6,0 Jahren (16 bis 137 Monate) nachuntersucht wurden.

Die Patienten der Vergleichsgruppe kamen durchschnittlich 5,3 Jahre (2 bis 156 Monate) nach Metallentfernung zur Nachuntersuchung.

4.2. Daten zur Verletzung

4.2.1. Verletzte Seite

Betrachtet man die Verteilung der dominanten Körperseite zur verletzten Seite, so ergibt sich mit 33 zu 4 Personen eine deutliche Prädominanz der Rechtshänder über die Linkshänder. Die Seite des Traumas zeigt hingegen eine deutlich gleichmäßigere Verteilung. 20-Mal war das linke Schlüsselbein betroffen und 17-Mal das rechte. Die 4 Linkshänder unter den Patienten zeigten 2 rechtsseitige und 2 linksseitige Befunde. Bei den Rechtshänder war 18-Mal die linke Clavicula und 15-Mal die rechte betroffen.

In der Gruppe der Patienten, die eine Pseudarthrose entwickelten, dominieren die rechtshändigen mit 21 zu 1. Bei dem einen Linkshänder betraf es das kontralaterale rechte Schlüsselbein. Bei den 21 Rechtshändern war 13-Mal die linke Clavicula und nur 8-Mal die rechte betroffen.

Die drei Patienten mit einer congenitalen Pseudarthrose gesondert betrachtet, weisen alle eine Rechtshändigkeit auf. Zweimal war auch die rechte Seite betroffen, einmal die linke.

Die Gruppe der Patienten, die aus einer anderen Indikation heraus chirurgisch am Schlüsselbein versorgt wurden, besteht aus 12 Rechtshändern und 3 linksdominanten Personen. Zwei der drei Linkshänder waren auch links betroffen, einer rechts. Bei den 12 Rechtshändern war 7-Mal die rechte Seite betroffen, 5-Mal die contralaterale.

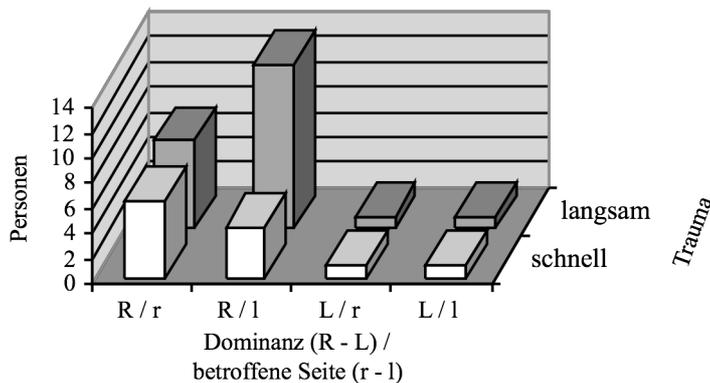


Diagramm 6:
Verletzungsmuster - Seite,
Dominanz und Art des
Traumas

Aus der hohen Zahl linksseitig Verletzter, bei deutlicher Prädominanz von Rechtshändigen Patienten, ergibt sich die Vermutung, dass im Rahmen des Traumas die unbehändigere obere Extremität – also die nicht dominante - z.B. einen Sturz schlechter abfängt als die dominante. Dies wäre unter den Verletzungsmustern, die nicht durch ein Hochgeschwindigkeitstrauma (Motorrad- oder Autounfall) entstanden sind, jedenfalls nachvollziehbar. Hier zeigt sich, dass 14 aus 22 Patienten sich jeweils nicht das Schlüsselbein ihrer dominanten Körperseite brachen (die drei Fälle von congenitalen Claviculapseudarthrosen gehen hier nicht mit ein).

Unter den Hochgeschwindigkeitstraumata war siebenmal die dominante Seite auch die betroffene. In fünf Fällen war die contralaterale betroffen. Hier lässt sich vermuten, dass bei einem Unfall die Geschicklichkeit ab einer gewissen Geschwindigkeit keine Rolle mehr spielt.

4.2.2. Verletzungsmechanismus

Das Ausmaß einer Verletzung lässt sich streckenweise mit dem Verletzungsmechanismus in Verbindung setzen. Craig postuliert hierzu einen Zusammenhang zwischen der Zunahme von Claviculafrakturen und der Zunahme von Hochrasanztraumen, der Einführung des Dreipunktgurtes und der zunehmenden Beliebtheit von Kontaktsportarten (Craig 1990). Daraus kann weder geschlossen werden, dass Hochrasanztraumen auto-

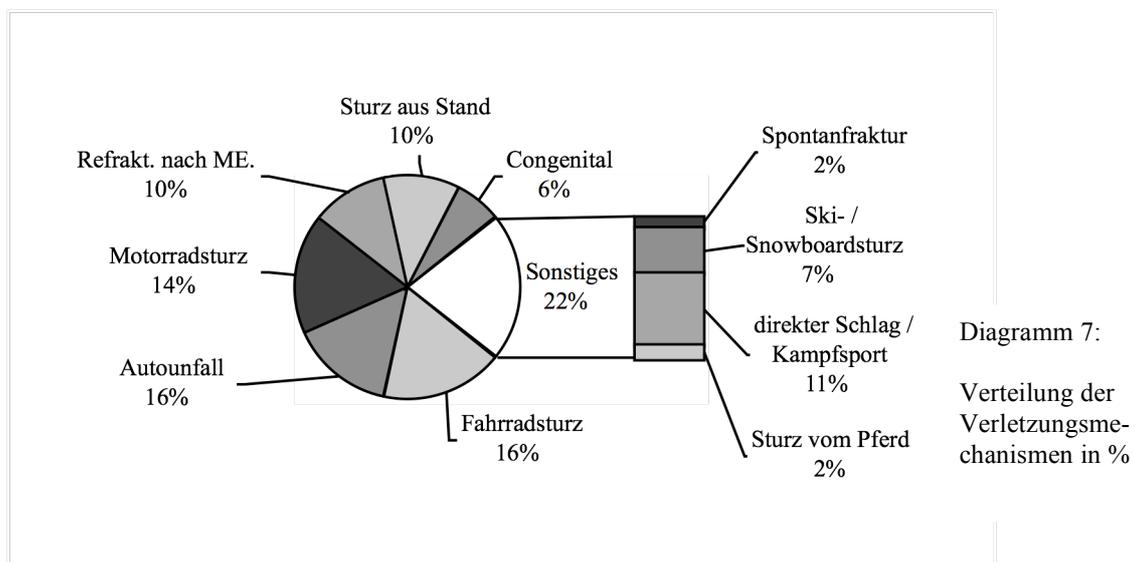
matisch komplizierte Verletzungsmuster mit Mehrfragmentfrakturen und ausgiebigerem Weichteilschaden zeigen, noch dass der Verlauf auf jeden Fall komplizierter wird, die Wahrscheinlichkeit ist jedoch erhöht.

Die Patienten dieser Studie zeigen eine hohe Rate an schweren Traumen (teilweise auch mehrfach, s. Tab 24). In Tabelle 20 sind diese nach ihrem Hergang und ihrem weiteren Verlauf - Entwicklung einer Pseudarthrose / primäre Versorgung - aufgelistet.

Trauma	Fahradsturz	Autounfall	Motorradsturz	Refrakturen nach ME	Sturz	congenital	sonstiges
gesamt	8	8	7	5	5	3	13
Pseudarthrosen	6	4	5	5	2	3	1 x spontan 1 x Skisturz 1 x direkter Schlag 2 x Kontaktsport
primär operiert	2	4	2	0	3	0	1 x Pferdesturz 1 x Skisturz 1 x Snowboard 2 x direkter Schlag

Tab. 20: Verletzungsmechanismen (ME: Metallentfernung).

In Prozenten ausgedrückt ergibt sich für alle Patienten folgendes Bild.



4.2.3. Dislokation und Verkürzung

Der Grad einer Dislokation der Frakturenden zueinander ist zum einen entscheidend für die Indikation zur Operation, zum anderen ist er auch mit dem Schweregrad der Beschwerdesymptomatik vereinbar.



[Abb. 18: Beispiel der Vermessung von Dislokation (Strich) und Verkürzung (gepunktet)]

Die Dislokation und die Verkürzung wurden jeweils aus den a.p.-Röntgenaufnahmen der einzelnen Patienten herausgemessen.

Dislokation: Abstand der Ober- bzw. Unterkanten der dislozierten Frakturrenden (durchgehende Linie – Abb. 20).

Verkürzung: Abstand der Frakturrenden zueinander (gepunktete Linie – Abb. 20).

Die maximal gemessene Dislokation, der untersuchten Frakturen, betrug 20 mm. In diesem Fall entwickelte sich im Verlauf (nach konservativer Therapie) eine Pseudarthrose.

Die mittlere Dislokation aller Patienten, deren initiale Röntgenaufnahmen wir auswerten (n = 26), betrug 5 mm. Die Dislokation derer, die schließlich eine Pseudarthrose entwickelten (n = 15), betrug im Mittel 7 mm.

Die maximal dargestellte Verkürzung betrug 43 mm. Auch hier handelt es sich um einen Patienten, der nach Ruhigstellung im Rucksackverband, eine Pseudarthrose entwickelte.

Die durchschnittliche Verkürzung der Schulter, unter den 26 ausgewerteten Patienten-Bildern betrug 8 mm. Aus der Gruppe der Pseudarthrosenpatienten betrug die mittlere Verkürzung 33 mm.

4.3. Daten zur Therapie

Die folgenden Tabellen wurden zur genaueren Betrachtung in Untergruppen unterteilt. Zum einen in die Gruppe der Pseudarthrosepatienten die mit einer Meves-Kompressionsplatte versorgt wurden, diese wurde weiter unterteilt in Patienten, die eine Spongiosaplatik erhielten und in die, die keiner bedurften. Die Vergleichsgruppe setzt sich aus den Patienten zusammen, die nicht gleichzeitig mit einer Meves-

Kompressionsplatte bei Pseudarthrose versorgt wurden (bzw. Patienten mit congenitaler Pseudarthrose) und die, die primär operativ behandelt wurden.

4.3.1. Konservative Therapie

In die vorliegende Studie gingen auch Patienten ein, die in auswärtigen Krankenhäusern vorbehandelt wurden. In diesen Fällen war die Datenlage zur vorhergegangenen konservativen Therapie nicht immer eindeutig zu erheben. Somit beziehen sich die angegebenen Daten auf den Zeitraum vor der letzten Osteosynthese.

	Patienten mit Pseudarthrose	Patienten ohne Pseudarthrose
Ø	3,8 (0,5 – 100,0)	0,8 (0,25 – 4,0)

Tab. 21: Dauer der konservativen Therapie in Monaten

4.3.2. Operative Therapie

4.3.2.1. Indikation zur Operation

Wir überprüften anhand der praeoperativen Bildgebung retrospektiv die Indikation zur Operation. In keinem der in diese Studie aufgenommenen Fälle wäre, auch bei kritischer Prüfung und Auswertung anderer aktueller Studien und deren Indikationsmaßstäbe, aus heutiger Sicht die Indikation zur Operation nicht mehr gerechtfertigt.

Die Indikationen zur Operation verteilten sich wie folgt:

Alte Schlüsselbeinbrüche	22
Primäre Pseudarthrose	9
Refraktur und Pseudarthrosenentstehung	10
Congenitale Pseudarthrosen	3
FrISCHE Schlüsselbeinbrüche	15
Mehrfragment-Fraktur	4
Dislokation / Diastase nicht reponibel	10
Perforationsgefahr	1

Tab. 22: Operationsindikation

4.3.2.2. Verwendetes Osteosynthesematerial

Das in Tabelle 23 jeweils nach den einzelnen Subpopulationen dieser Studie angegebene Osteosynthesematerial bezieht sich auf die letzte und damit bis zum Zeitpunkt der Erhebung der Daten auch auf die definitive Versorgung im König-Ludwig-Haus.

Osteosynthesematerial	gesamt	Pat. mit Pseudarthrose + Meves-P.	Vergleichsgruppe
5-Loch-Meves-Platte	11	4	7
6-Loch-Meves-Platte	18	15	3
Rekonstruktions-/DCP	8	0	8

Tab. 23: Osteosynthesematerial

4.3.2.3. Operatives Vorgehen

Perioperativ wird prophylaktisch einmalig ein Cephalosporin der 2. Generation gegeben. Der Patient wird in halbsitzender Position, mit einem flachen Kissen unter der betroffenen Schulter und mit frei beweglichen Armen auf einem Röntgenstrahlen durchlässigen Operationstisch gelagert. Der Kopf wird leicht zur kontralateralen Seite gedreht. Die angestrebte Schulterlänge kann so von der gesunden Seite gut abgemessen werden. Es wird steril so abgedeckt, dass eine intraoperative freie Bewegung des betroffenen Armes möglich ist.

Bei vorhandener Narbe, aufgrund eines vorangegangenen Eingriffs, wird diese exziiert. Bei Patienten, die sich einem Ersteingriff unterziehen, wird ein subclaviculärer Längsschnitt als Zugang gewählt. Alternativ ist der Zugang über einen so genannten Säbelhieb- oder Hosenträgerschnitt möglich, der jedoch nur eine eingeschränkte Exponierbarkeit der Frakturrenden erlaubt.

Das Platysma – wenn vorhanden – und die cervicale Fascie werden soweit wie nötig gespalten. Die darunter liegenden Bindegewebsschichten werden längs, bis zur Freilegung der Clavicula, gespalten.

Im Falle einer hypertrophen Pseudarthrose wird der überschüssige Kallus zum normalen Umfang reseziert (Dekortikation); eingeklemmtes Weichteilgewebe wird exziiert. Auf eine Spongiosaplastik kann bei ausbleibender Verkürzung verzichtet werden.

Bei atrophischen Pseudarthrosen werden die sklerotischen Enden soweit nötig reseziert. In beiden Fällen wird der Knochenmarkkanal eröffnet um eine bessere Durchblutung der Pseudarthrosenzone zu erreichen. Nach Auflösen der Pseudarthrose tendiert die be-

troffene Schulter dazu nach hinten abzusacken und ihre ursprüngliche Länge wieder zu erlangen. Größte Vorsicht ist geboten um den costoclaviculären bzw. retroclaviculären Raum mit den subclaviculären Gefäßen und dem Plexus brachialis zu schonen. Bei vorbestehenden neurologischen Symptomen, die durch eine kallusbedingte Irritation des Plexus brachialis verursacht sind, wird eine Neurolyse durchgeführt.

Die Meves-Kompressionsplatte wird der Größe nach ausgewählt und anmodelliert. Die Länge wird der kontralateralen Seite durch Messen des Abstandes zwischen Acromioclaviculargelenk und Sternoclaviculargelenk entnommen. Somit wird das Ausmaß des zu transplantierenden kortikospongiösen Blocks bzw. der zu gewinnenden Spongiosa festgelegt. Die Meves-Kompressionsplatte wird mit Fasszangen an der ventrokranialen Oberfläche des Schlüsselbeins fixiert. Das autologe Transplantat wird der Crista iliaca – der Darmbeinschaukel – ipsilateral entnommen. Nach Setzen der Schrauben und Ausleitung einer extravulnären Wunddrainage wird die Wunde zweischichtig (Myofascial und subcutan), die darüberliegende Haut intracutan fortlaufend verschlossen.

Direkt postoperativ wird dem Patienten ein Gilchristverband angelegt.

4.3.2.4. Revisionen

In dem untersuchten Patientenkollektiv war der üblicherweise zu erwartende Verlauf - von Fraktur über konservative Ruhigstellung mit ausbleibender knöcherner Konsolidierung und der schlussendlichen Pseudarthrosenbildung - nicht die Regel.

Von den 19 Patienten, die bei bestehender Pseudarthrose mit einer Meves-Kompressionsplatte versorgt wurden, waren 10 voroperiert, drei davon sogar 2-Mal.

In Tabelle 24 werden alle Fälle und das jeweilige Osteosynthesematerial erfasst, die auf Grund von Refrakturen nach Metallentfernung, Materialbruch, Verbiegung und Ausriss sowie Pseudarthrosenbildung unter liegender Osteosynthese keine definitive Heilung erfuhren.

		Pat. mit Pseudarthrose + Meves-P.	Vergleichsgruppe
Revisionen	1-Mal	n = 7	n = 2
	2-Mal	n = 3	
Osteosynthesematerial	gesamt		
6-Loch-Meves-Platte	1	1	
Rekonstruktionsplatte/DCP	14	12	2

Tab. 24: Revisionen und das zuvor verwendete Osteosynthesematerial

4.3.2.5. Trophik der Pseudarthrose und autologe Knochentransposition

Die Trophik der Pseudarthrose ist mit ausschlaggebend für die zusätzliche Verwendung autologer Knochentransplantate. Die Verteilung von atrophen- und hypertrophen Pseudarthrosen verteilt sich wie folgt:

Trophik	gesamt	Pat. mit Pseudarthrose + Meves-P.	Congenitale Pseudarthrose
atroph	14	11	3
hypertroph	8	8	

Tab. 25: Trophik

Empfänger eines autologen Transplantats waren alle Patienten mit gesicherter atropher Pseudarthrose (auch die drei Fälle congenitaler Pseudarthrose). Ein weiterer Patient war nach Mehrfragmentfraktur, zur Rekonstruktion der Schulterlänge, auf eine autologe Knochentransposition angewiesen.

Das zu transplantierende Gewebe wurde bei allen Patienten dem ipsilateralen Beckenkamm entnommen. Es wurde bewusst diese Seite als Spenderseite gewählt, um ein Liegen auf der nicht operierten Seite sowie das Gehen an Gehstützen zu ermöglichen.

4.3.2.6. Komplikationen und Post-OP-Beschwerden

Alle Komplikationen, die im Verlauf der jeweiligen Krankengeschichte postoperativ auftraten, wurden erfasst. Bei den unter „Durchblutung“ aufgeführten zwei Fällen handelt es sich zum einen um eine Thrombose der V. subclavia, die nach gefäßchirurgischer Intervention und antikoagulatorischer Therapie heute rekanalisiert ist (s. 4.5.1. Fall 2), zum anderen um einen Verdacht auf eine Reflexdystrophie. Letztere stellte sich jedoch nicht klassisch dar und konnte auch nicht endgültig bestätigt werden.

Komplikation / Post-Op-Beschwerden	gesamt	Pat. mit Pseudarthrose + Meves-P.	Vergleichsgruppe
Wundheilungsstörung	1	1	
Wundinfektion	1		1
Narbenkeloid	5	2	3
Hypästhesie um Narbe	5	2	3
Druckschmerz	5	3	2
Durchblutung	2	1	1
AC-Gelenksarthrose	3	1	2

Tab. 26: Komplikationen

4.3.2.7. Behandlungsdauer

Die stationäre Liegedauer ist in Zeiten von Fallpauschalen und zunehmendem wirtschaftlichem Druck von großer Wichtigkeit. Auch der Zeitraum der Arbeitsunfähigkeit ist unter ökonomischen Gesichtspunkten zu betrachten.

Stationäre Behandlung	Tage
bei Platten Implantation	6
bei Platten Explantation	4

Arbeitsunfähigkeit	
bei Platten Implantation	29
bei Platten Explantation	18

Tab. 27: Durchschnittliche stationäre Behandlungsdauer und anschließende Arbeitsunfähigkeit.

4.3.2.8. Nachbehandlung

Der unmittelbar postoperativ angelegte Gilchristverband sollte zumindest für die ersten sechs Wochen getragen werden. In diesen ersten Wochen sollte die betroffene Schulter weder aktiv noch passiv über 70 bis 90 Grad eleviert oder abduziert werden. Der Arm sollte daher nicht aus eigener Kraft über die Horizontale durch die Schulter gehoben werden. Die Freigabe der Bewegung wurde individuell nach Maßgabe der knöchernen Durchbauung gestellt.

4.3.2.9. Zeitraum bis zur knöchernen Durchbauung

Als Zeitpunkt für die Heilung wurde der radiologische Nachweis der knöchernen Durchbauung des Frakturspalts gesetzt. Nachuntersuchungen wurden sowohl im Verlauf nach einem-, drei-, sechs-, und zwölf Monaten durchgeführt, sowie zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung im Rahmen dieser Studie.

	Pat. mit Pseudarthrose + Meves-P.	Vergleichsgruppe
∅	9,0 (7,5 – 11,0)	8,0 (6,5 – 15,0)

Tab. 28: Zeitraum in Wochen bis zur knöchernen Durchbauung

4.3.2.10. Osteosynthese-Verweildauer

Die zu kurze Verweildauer des osteosynthetischen Materials kann ein Faktor für die Entstehung von Rezidivbrüchen sein. Wie in Tabelle 20 beschrieben, kam es bei fünf auswärts versorgten Patienten zu Refrakturen nach Metallentfernung.

Tabelle 29 gibt den Zeitraum zwischen Implantation und Metallentfernung in Monaten wieder.

Ø	Pat. mit Pseudarthrose + Meves-P.		Vergleichsgruppe
	18,7		12,7
	mit Spongiosatranspl.	ohne Spongiosatranspl.	
Ø	21,0 (12,3 – 49,0)	14,9 (11,0 – 14,9)	(5,5 – 30,25)

Tab. 29: Osteosynthese Verweildauer in Monaten

4.3.2.11. Patientenzufriedenheit

Die kosmetische und funktionelle Zufriedenheit der Patienten wurde in einer Notenskala von eins bis sechs erhoben, wobei eins für „sehr gut“ und sechs für „ungenügend“ steht. Ausgewertet wurde jeweils die praeoperative und die postoperative Bewertung. Aus diesen beiden Werten wurde die „Besserung“ errechnet.

Ø	Pat. mit Pseudarthrose + Meves-P.		Vergleichsgruppe	
	prae OP	post OP	prae OP	post OP
	3,5 (2 – 5)	1,7 (1 – 3)	3,7 (2 – 5)	1,9 (1 – 4)

Tab. 30: Patientenzufriedenheit praeoperativ und postoperativ (1 = sehr gut; 6 = ungenügend)

Aus Tabelle 30 wird ersichtlich, dass es nach der Operation zu einer deutlichen Verbesserung der subjektiven Patientenzufriedenheit gekommen ist. In Zahlen ausgedrückt, besserte sich der „Notendurchschnitt“ im Gesamtdurchschnitt signifikant von praeoperativ 3,6 (ausreichend bis befriedigend) auf 1,8 (gut) postoperativ.

Für die Gruppe der Patienten, die bei Pseudarthrose eine Meves-Kompressionsplatte implantiert bekamen, steigerte sich die Gesamtzufriedenheit von im Mittel 3,5 (ausreichend bis befriedigend) auf durchschnittlich 1,7 (gut bis sehr gut).

Die übrigen Patienten gaben vor der Operation eine mittlere Zufriedenheit von 3,7 (ausreichend bis befriedigend) und postoperativ von 1,9 (gut) an.

4.4. Daten zum Constant-Score

Zur Objektivierung der Untersuchung und zur Vergleichbarkeit mit anderen Studien wurde der Constant-Score jeweils prae- und postoperativ erhoben.

4.4.1. Schmerz

Die Schmerzsituation wurde mittels zweier Skalen klassifiziert.

	Pat. mit Pseudarthrose + Meves-P.		Vergleichsgruppe	
	prae OP	post OP	prae OP	post OP
∅	9,7 (5 – 15)	13,0 (5 – 15)	9,7 (10 – 15)	12,2 (5 – 15)

Tab. 31: Haben Sie Schmerzen bei normalen täglichen Aktivitäten? (Kategorie-Skala:15 – keine Schmerzen, 0 – stärkste Schmerzen)

	Pat. mit Pseudarthrose + Meves-P.		Vergleichsgruppe	
	prae OP	post OP	prae OP	post OP
∅	10,9 (5 – 15)	12,9 (6 – 15)	10,6 (10 – 15)	12,1 (5 – 15)

Tab. 32: In einer Skala von 15 (keine Schmerzen) bis 0 (stärkste Schmerzen), wie würden Sie die Schmerzen ihrer Schulter bewerten?

Nimmt man beide Skalen zusammen (s. Tab. 33), so kann für die beiden großen Gruppen ermittelt werden, dass sich die Schmerzsituation postoperativ um 2,6 bzw. 2,0 Punkte verbesserte. Dies entspricht einer Schmerzreduktion von 20,1 % bzw. 16,6 %, wobei die Pseudarthrosenpatienten mit der Meves-Kompressionsplatte eine deutlichere Linderung verspüren. Differenziert nach atropher- bzw hypotropher Pseudarthrose ergibt sich eine Steigerung von 2,8 zu 2,2 zugunsten der mit Spongiosainterponat versorgten atrophen Pseudarthrosen.

	Pat. mit Pseudarthrose + Meves-P.		Vergleichsgruppe	
	prae OP	post OP	prae OP	post OP
∅	10,3 (5 – 14)	12,9 (6 – 15)	10,1 (8 – 15)	12,1 (5 – 15)

Tab. 33: Schmerzen („Kategorie-Skala“ + „0 bis 15“): 2)

4.4.2. Aktivität

Die nachfolgenden Tabellen geben das Aktivitätsniveau und dessen Entwicklung durch die operative Versorgung wieder. In Bezug auf den Alltag und den Beruf (Tab. 34) zeigt sich, dass die Einschränkung beider Gruppen praeoperativ im Rahmen von 25 % lag. Postoperativ stellen wir jedoch eine deutliche Verbesserung für die Gruppe der Pseudarthrose + Meves-Kompressionsplatte um 0,4 Punkte gegenüber der Vergleichsgruppe mit 0,2 Punkten fest (3,1 auf 3,5 im Gegensatz zu 3,2 auf 3,4).

	Pat. mit Pseudarthrose + Meves-P.		Vergleichsgruppe	
	prae OP	post OP	prae OP	post OP
∅	3,1 (0 – 4)	3,5 (0 – 4)	3,2 (0 – 4)	3,4 (2 – 4)

Tab. 34: Schränkt ihre Schulter Sie im täglichen Leben oder im Beruf ein?

Auch im Bezug auf die sportliche Betätigung (Tab. 35) kann die Pseud.+ Meves.-Gruppe eine höhere Besserung verzeichnen als ihre Vergleichsgruppe (0,8 zu 0,5 Punkte). Die Ausgangswerte lagen bei einer durchschnittlichen Einschränkung von bis 50 %, die Vergleichsgruppe ging von einem um 0,3 Punkte niedrigerem Niveau aus.

	Pat. mit Pseudarthrose + Meves-P.		Vergleichsgruppe	
	prae OP	post OP	prae OP	post OP
∅	2,9 (0 – 4)	3,7 (2 – 4)	2,6 (0 – 4)	3,1 (0 – 4)

Tab. 35: Schränkt ihre Schulter Sie bei sportlicher Betätigung ein?

Nach der Einschränkung des Schlafens befragt (Tab. 36), gaben beide Gruppen gleichsam eine postoperative Besserung um 0,2 Punkte an. Auch hier waren die Ausgangswerte der Vergleichsgruppe insgesamt schlechter.

	Pat. mit Pseudarthrose + Meves-P.		Vergleichsgruppe	
	prae OP	post OP	prae OP	post OP
∅	1,5 (0 – 2)	1,7 (0 – 2)	1,4 (0 – 2)	1,5 (0 – 2)

Tab. 36: Schränkt ihre Schulter Sie beim Schlafen ein?

Auf die Frage, in welcher Höhe ein sinnvoller Gebrauch der verletzten Schulter möglich sei, gaben beide Gruppen im Mittel eine Beweglichkeit vom Scheitel aufwärts an. Deutlich stellt sich heraus, dass gerade die Pseud.+ Meves.-Gruppe mit einem etwas schlech-

teren Ausgangswert (8,4 gegen 8,6) beginnt, postoperativ durchschnittlich jedoch bei einer nahezu 100 %igen Wiederherstellung der Überkopf-Beweglichkeit rangiert.

	Pat. mit Pseudarthrose + Meves-P.		Vergleichsgruppe	
	prae OP	post OP	prae OP	post OP
∅	8,4 (6 – 10)	9,9 (8 – 10)	8,6 (4 – 10)	9,6 (6 – 10)

Tab. 37: Auf welcher Höhe können Sie ihren Arm sinnvoll gebrauchen?

Zusammenfassend lässt sich eine Aktivitätssteigerung beider Gruppen nachweisen (Tab. 38). Mit 2,9 Punkten gegenüber 1,9 Punkten erreicht die Pseud.+ Meves.-Gruppe eine um 65 % höhere postoperative Aktivitätsverbesserung als die Vergleichsgruppe.

	Pat. mit Pseudarthrose + Meves-P.		Vergleichsgruppe	
	prae OP	post OP	prae OP	post OP
∅	15,9 (8 – 20)	18,8 (12 – 20)	15,7 (6 – 20)	17,6 (8 – 20)

Tab. 38: Aktivität = 1+2+3+4

4.4.3. Beweglichkeit

Der Bewegungsumfang wurde als objektives Kriterium in Flexion, Abduktion (s. Tab. 18), Außen- und Innenrotation (s. Tab. 19) unterteilt.

Für die Flexion (Tab. 39) sowie für die Abduktion (Tab. 40) konnte für beide Gruppen eine postoperative Verbesserung von durchschnittlich 1,1 Punkten (11 %) nachgewiesen werden. Marginal scheint die Vergleichsgruppe (1,2 Punkte) in der Flexion mehr von der Operation zu profitieren als die Pseud.+ Meves.-Gruppe.

	Pat. mit Pseudarthrose + Meves-P.		Vergleichsgruppe	
	prae OP	post OP	prae OP	post OP
∅	8,5 (6 – 10)	9,6 (6 – 10)	8,2 (0 – 10)	9,4 (6 – 10)

Tab. 39: Flexion

Bei der Abduktion (Heben des Armes zur Seite) ist die Verbesserung der Pseud.+ Meves.-Gruppe gegenüber der Vergleichsgruppe um ein Prozent besser (1,1 zu 1,0 Punkte).

	Pat. mit Pseudarthrose + Meves-P.		Vergleichsgruppe	
	prae OP	post OP	prae OP	post OP
∅	8,6 (8 – 10)	9,6 (8 – 10)	8,7 (0 – 10)	9,6 (6 – 10)

Tab. 40: Abduktion

Ähnlich wie für die Flexion/Elevation ist auch das Ausgangsniveau für die Außen-/Innenrotation mit 8,7 und 8,8 Punkten relativ hoch und für beide Gruppen nahezu identisch. Am deutlichsten scheint die Pseud.+ Meves.-Gruppe in der Innenrotation (Tab. 42) von der Operation zu profitieren. Hier kommt es zu einer Besserung von 1,2 Punkten im Vergleich zu 0,8 Punkte der Vergleichsgruppe. Zusammengenommen kommt es für beide Gruppen zu einer mittleren Rotationsverbesserung von ca. 10%.

	Pat. mit Pseudarthrose + Meves-P.		Vergleichsgruppe	
	prae OP	post OP	prae OP	post OP
∅	8,8 (6 – 10)	9,7 (6 – 10)	8,7 (0 – 10)	9,7 (4 – 10)

Tab. 41: Außenrotation

	Pat. mit Pseudarthrose + Meves-P.		Vergleichsgruppe	
	prae OP	post OP	prae OP	post OP
∅	8,7 (6 – 10)	9,9 (8 – 10)	8,8 (0 – 10)	9,6 (6 – 10)

Tab. 42: Innenrotation

Insgesamt zeigt die Beweglichkeit (Tab. 43) eine gleichsame Verbesserung beider Gruppen um 3,9 Punkte (Pseud.+ Meves.-Gruppe: 34,8 auf 38,7 / Vergleichsgruppe 34,3 auf 38,2) oder nahezu 10%. Das Ausgangsniveau lag dabei für die Pseud.+ Meves.-Gruppe um 0,5 Punkte höher als das der Vergleichsgruppe.

	Pat. mit Pseudarthrose + Meves-P.		Vergleichsgruppe	
	prae OP	post OP	prae OP	post OP
∅	34,8 (32 – 40)	38,7 (32 – 40)	34,3 (0 – 24)	38,2 (22 – 40)

Tab. 43: Beweglichkeit aktiv = 1+2+3+4

4.4.4. Kraftmessung

Betrachtet man postoperativ die Verteilung der Kraft nach oben angegebener Messtechnik, ist offensichtlich, dass die operierte Seite gegenüber der kontralateralen und gesunden eine deutliche Kraftminderung erfährt (s. Tab.: 44).

	Pat. mit Pseudarthrose + Meves-P.		Vergleichsgruppe	
	OP-Seite	gesunde Seite	OP-Seite	gesunde Seite
∅	12,0 (7,6 – 14,2)	15,1 (8,5 – 18,4)	12,0 (7,9 – 14,0)	15,0 (7,9 – 18,2)

Tab. 44: Kraftmessung: Durchschnitt pro Seite in Kg

Hier liegen die beiden Gruppen mit 12,0 Kg für die verletzte Körperseite auf gleichem postoperativem Kraftniveau und mit einem Unterschied von 0,1 Kg auf der gesunden Körperseite sehr dicht beieinander.

In Prozenten ausgedrückt erreicht die Pseud.+ Meves.-Gruppe auf der operierten Seite 77 % der Kraft der gesunden Körperseite. Die Vergleichsgruppe liegt hier postoperativ mit 79,5 % Kraftzunahme um 2,5 % näher an der verglichenen gesunden Körperseite.

4.4.5. Gesamtergebnisse des Constant-Scores

Aus den ausgewerteten einzelnen Kategorien (Schmerz, Aktivität, Beweglichkeit und Kraft) ergeben sich oben aufgeführte Einzelwerte. Da in dieser Arbeit Daten auch retrospektiv erhoben wurden und somit zum Untersuchungszeitpunkt eine prae-operative Kraftmessung nicht zugrunde gelegt werden kann, sollen die Daten an dieser Stelle auch getrennt betrachtet werden.

Zuerst werden die praeoperativen und postoperativen Daten jeweils ohne die Kraftmessung dargestellt, danach wird die postoperative Kraftmessung miteinbezogen.

Hierauf wird der altersadaptierte postoperative Constant-Score erhoben und somit die Abweichung von der entsprechenden gesunden, nicht operierten Vergleichsbevölkerung gleichen Alters bestimmt.

4.4.5.1. Constant-Score Gesamt ohne Kraftmessung

In Tabelle 45 wird die Steigerung des Constant-Scores von der retrospektiv, praeoperativen auf die postoperativ erhobenen Werte dargestellt. Zu einer Verschlechterung des postoperativen Ergebnisses kam es in keinem Fall. Die durchschnittliche Steigerung des Constant-Scores betrug über alle Gruppen 8,6 Punkte oder 12,4 Prozent. Die Pseud.+ Meves.-Gruppe konnte hier eine 2 % höhere Steigerung verzeichnen, als die Vergleichsgruppe (13,3 % zu 11,3 %).

	Pat. mit Pseudarthrose + Meves-P.		Vergleichsgruppe	
	prae OP	post OP	prae OP	post OP
Ø	61,1	70,5	60,2	67,9

Tab. 45: Steigerung des Constant-Scores (ohne Kraftmessung)

4.4.5.2. Constant-Score gesamt mit Kraftmessung

Bei Hinzunahme der Kraftmessung ist zu beachten, dass diese zu den übrigen Faktoren (Schmerz, Aktivität und Bewegungsumfang) hinzu addiert wird. Die Kraftmessung kann aus studien designerischen Gründen - die praeoperativen Daten wurden retrospektiv erhoben – im Nachhinein nicht mehr valide ermittelt werden. Hierdurch ist der Postoperative Constant-Score mit der Kraftmessung eher zum Vergleich mit anderen Studien zu verwenden (s. Tab. 46).

	Pat. mit Pseudarthrose + Meves-P.		Vergleichsgruppe	
	prae OP	post OP	prae OP	post OP
Ø	61,1	82,5	60,2	79,9

Tab. 46: Steigerung des Constant-Scores (mit Kraftmessung)

4.4.5.3. Altersadaptierter postoperativer Constant Score

Wie weiter oben erläutert, wird das Ergebnis des Constant-Scores dem Durchschnitt in der gesunden Bevölkerung gleichgesetzt und somit ein Prozentsatz der Normalen Schulterfunktion gewonnen. Aus dieser Berechnung fallen die drei Patienten mit der congenitalen Pseudarthrose heraus, da die Berechnungstabelle erst mit dem 21sten Lebensjahr beginnt und diese Patienten zur Zeit der Datenerhebung deutlich jünger waren.

	Pat. mit Pseudarthrose + Meves-P.	Vergleichsgruppe
Ø	82,7 (64,3 – 92,9)	80,3 (42,9 – 94,1)

Tab. 47: Altersadaptierter postoperativer Constant-Score

Es wird ersichtlich, dass die operierten Patienten ca. 20 % unter dem alters- und geschlechtsadaptierten Mittelwerten der Normalbevölkerung liegen. Mit 82,7 % zu 80,3 % liegt die Pseud.+ Meves.-Gruppe um 2,4 % über der Vergleichsgruppe.

4.5. Fallbeschreibungen

Die nachfolgenden Fallbeschreibungen sollen jeweils typische Verläufe der einzelnen Untergruppen näher bringen. In Tab. 51 des Anhangs sind alle Patienten und deren jeweiliger Verlauf tabellarisch skizziert.

4.5.1. Pseudarthrose - Meves-Kompressionsplatte - Beckenkammspongiosa

Fall 1:

Eine 1982 geborene Patientin (Nr. 6: KE; s. Tab. 51) erlitt aufgrund eines Fahrradsturzes im Alter von 15 Jahren das erste Frakturereignis der rechten Clavicula. Initial wurde die Fraktur mittels eines Rucksackverbands ruhig gestellt und nach ausbleibender knöcherner Durchbauung frühzeitig mit einer Rekonstruktionsplatte behandelt. Nach zeitgerechter Metallentfernung kam es im Rahmen eines Belastungstraumas beim Sport zur erneuten Fraktur. Diese wurde direkt mit einer Rekonstruktionsplatte osteosynthetisch versorgt und nach erneuter Durchbauung nach 10 Monaten wiederum entfernt.

Im Jahr 2000 stellte sich die nunmehr 18 jährige Patientin im König-Ludwig-Haus mit druckschmerzhafter, verkürzter linker Clavicula und eingeschränktem aktivem Bewegungsumfang vor.

Klinisch und radiologisch ließ sich eindeutig die Diagnose einer Claviculapseudarthrose stellen.

Nach regelhafter Vorbereitung wurde die Patientin mit einer 6-Loch-Meves-Kompressionsplatte und einer Beckenkammspongiosaplastik versorgt. Der postoperative Verlauf gestaltete sich unkompliziert. 14 Monate nach dem letzten Eingriff konnte die Platte entfernt werden, die aktive Bewegung war uneingeschränkt gegeben und die Patientin war bis auf eine leichte Narbenhypertrophie beschwerdefrei.

Im Rahmen dieser Studie wurde die Patientin zuletzt weitere 35 Monate nach Metallentfernung nachuntersucht. Es lagen weiterhin keine nennenswerten Beschwerden vor. Radiologisch zeigte sich eine gut durchbaute Clavicula, die subjektive Zufriedenheit war unverändert sehr hoch. Ihr Constant-Score verbesserte sich von 66 Punkten vor der letzten Operation auf 81,2 Punkte bei Datenerhebung.

Nachstehend ist dieser Verlauf anhand der patienteneigenen Röntgenaufnahmen im Verlauf dargestellt:



Abb. 19:

18-jährige Patientin, die auswärts bei dislozierter Claviculafraktur und Refraktur zweimal mit einer Rekonstruktionsplatte versorgt wurde



Abb. 20:

Nach erneuter Metallentfernung zeigte sich eine schmerzhafte Pseudarthrose mit Verkürzung und Angulation der Clavicula



Abb. 21:

Die Patientin wurde in domo mit einer 6-Loch-Meveskompressionsplatte und einer zusätzlichen Spongiosaplastik aus dem Beckenkamm versorgt



Abb. 22:

Ausheilungsergebnis nach definitiver Metallentfernung: Die Patientin ist bei der 3-Jahres-Nachuntersuchung beschwerdefrei und kann die betroffene Schulter voll belasten

Fall 2:

Ein 1965 geborener Büroangestellter (Nr. 5: KI; s. Tab. 51) brach sich im Alter von 32 Jahren bei einem Motorradunfall die rechte Clavicula. Der konservative Versuch der Heilung mittels Ruhigstellung im Rucksackverband wurde auswärts nach fünf Wochen wegen ausbleibender knöcherner Durchbauung aufgegeben. Stattdessen wurde eine Osteosynthese mit einer 8-Loch-Rekonstruktionsplatte durchgeführt. Die Metallentfernung wurde ebenfalls auswärts nach bereits sechs Monaten durchgeführt.

Ein halbes Jahr später stellte sich der Patient erstmals im König-Ludwig-Haus mit bewegungsabhängigen Schmerzen in der rechten Schulter, besonders bei Rotation und Adduktion, sowie Kraftverlust des Armes und deutlicher Crepitation des Schlüsselbeines vor. Klinisch zeigte sich eine Stufenbildung mit Druckdolenz bei eingeschränkter Beweglichkeit. Radiologisch ließ sich eine Pseudarthrose im ehemaligen Frakturbereich mit einem zusätzlichen einzelnen Knochenfragment nachweisen.

Die Reosteosynthese wurde bei atropher Pseudarthrose mittels Meves-Kompressionsplatte und Interposition eines corticospongiösen Beckenkammtransplantates in einem unkomplizierten Eingriff durchgeführt.

Neun Monate postoperativ entwickelte sich bei dem Patienten spontan beim Tapezieren eine Thrombose der rechten Vena subclavia, die durch einen gefäßchirurgischen Eingriff revaskularisiert werden konnte. Röntgenologisch und phlebographisch konnte kein Zusammenhang hinsichtlich einer Schraubenplatzierung oder überstehenden Osteosynthesematerials nachgewiesen werden. Das Auftreten einer Thrombose in der V. subclavia als Komplikation der Claviculapseudarthrose und deren Osteosynthese kann letztendlich jedoch nicht komplett ausgeschlossen werden.

Der Patient wurde bis zur zeitgerechten Metallentfernung marcumarisiert.

Fast fünf Jahre nach der letzten Metallentfernung zeigte sich der Patient mit dem Ergebnis subjektiv zufrieden und konnte bei der Nachuntersuchung eine Constant-Score-Verbesserung von praeoperativen 55 Punkten auf postoperative 84,4 Punkte vorweisen.

4.5.2. Pseudarthrose - Meves-Kompressionsplatte - ohne Beckenkammpongiosa

Fall 3:

Ein 1965 geborener Büroangestellter (Nr. 14: MS; s. Tab. 51) frakturierte sich im Alter von 30 Jahren erstmals die linke Clavicula im Rahmen eines Motorradsturzes. Nach auswärts durchgeführter Ruhigstellung in einem Rucksackverband, kam es nicht zur knöchernen Durchbauung. Bei fortbestehender pseudarthrotischer Stückfraktur wurde eine Osteosynthese mittels Rekonstruktionsplatte durchgeführt.

Nach zunächst unauffälligem Heilungsverlauf und vor der Metallentfernung, stürzte der Patient erneut beim Motorradfahren auf die linke Schulter. Ein Versuch der konservativen Heilung schlug fehl, so dass es zehn Monate nach der ersten Operation und vier Monate nach dem zweiten Sturz, diesmal im König-Ludwig-Haus, erneut zur Osteosynthese und diesmal mittels Meves-Kompressionsplatte kam. Diese Platte verblieb für 13 Monate in situ und konnte nach radiologisch gesicherter kompletter Durchbauung und bei Beschwerdefreiheit komplikationslos entfernt werden.

Knapp fünf ein viertel Jahre später, stellte sich der Patienten zuletzt zur Nachuntersuchung im Rahmen dieser Studie vor. Der Constant-Score entwickelte sich von 67,5 Punkten vor der letzten Operation auf 87,4 Punkte zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung. Bis auf eine leichte Einschränkung beim Sport und einem kleinen Areal der Hypästhesie im Narbenbereich ist der Patient beschwerdefrei und subjektiv mit dem Langzeitverlauf sehr zufrieden.

IV. STUDIENVERGLEICH

Zum Vergleich der eigenen Daten wurden Studien herangezogen, die aus der Internetdatenbank von Pub-Med unter den folgenden Suchbegriffen erschienen: Clavicular pseudarthrosis, Clavicula*, Klavikula*, Pseudarthrose*, Clavicle*, Pseudarthrosis*, Meves*, Constant-Score*.

Verglichen werden soll das Endergebnis (Outcome) gemessen an dem Constant-Score. Hierzu wurde jedoch nicht in allen Studien das gleiche Bewertungssystem zugrunde gelegt. Die Ergebnisse lassen sich somit nicht immer in Zahlen gegenüberstellen.

Folgende Daten konnten zum Vergleich gegenübergestellt werden: Studiengröße (Anzahl der eingeschleusten Patienten), die Geschlechts- und Altersverteilung, die Indikation zur Operation (Pseudarthrose bzw. frische Fraktur), der Follow-up Zeitraum, der Zeitraum bis zur radiologisch nachgewiesenen knöchernen Durchbauung, sowie Daten über verwendete Knochenspan bzw. –spongiosa Transplantate und die Verweildauer der eingebrachten Osteosynthesematerialien.

Die nachfolgenden Tabellen (Tab. 48, 49, 50) geben die vorhandenen Daten wieder und dienen als Vergleichsmaßstab für die eigenen Ergebnisse.

n Patienten	m / w (Ø Alter)	Indikation	Follow-up	Knöcherne Durchbauung „Heilung“	Constant prae-OP	Constant post-OP	Becken-kamm-spongiosa	Verweildauer
Ballmer (1998): Versch. Platten und Decortication								
37	22 / 15 (34,3)	Pseudarth. (30) Malunions (7)	8,6 a				24 von 37	
Bauer (1986): Meves-Kompressionsplatte								
100 #85 *15	83 / 17 (32)	Frakturen/ Pseudarth.	3 – 72 Mo					14 Mo
Boyer (1997): LC-DCP / Pelvic-P								
*7	5 / 2 (38)	Pseudarth.		9 Wo				
Collinge (2006): Antero-inferiore Platte								
58 #42 *16	M / W (36) #(29) *(45)	Frakturen/ Pseudarth.	> 24 Mo	# 9,5 Wo *10,5 Wo			Nein # Ja *	

Demiralp (2006): Ilizarov-Fixateur								
7	5 / 2 (27.1)	Pseudarth.	31 Mo	2,7 Mo	36-48 (44)	86-94 (92)	Nein	2,8 Mo
Fuchs (2002): LC-DCP, Balsler-P, Ulrich-P, Rekonstruktionsplatte								
25 #22 / *3	28 / 18 (35)	Frakturen/ Pseudarth.	31 Mo			89	Ja	> 2a
Kabak (2004): LC-DCP/DCP								
*33	(39,3)	Pseudarth.	44,2 Mo	LC-DCP: 9,2 Wo; DCP: 11,9 Wo				
Kettler (2007): TEN								
#87			13 Mo			81		4 Mo
Laursen (1999): Kompressionsplatte								
16	10/6 (35)	Pseudarth.	54 Mo	8 Wo		87		
Marti (2003): Wave- / DCP								
*28	13 / 15 (35)		10 a	4 Mo		85 Wave-P.: 93 DCP: 80		21 Mo
McKee (2003): 3,5 mm LC-DCP								
15	9 / 6 37	Malunions	20 Mo	8 Wo			0 von 15	
Mueller (2007): TEN								
#32	26 / 6 (40)	Frakturen	27 Mo			95		6 Mo
Olsen (1995): 3,5 mm Rekonstruktionsplatte								
16	10 / 6 (34)	Pseudarth.	24 Mo			88	16 von 16	11,6 Mo
Petrovic (2004): Platten / Kirschner-Drähte								
13	6 / 7 (33)	Pseudarth.	57 Mo			78		
Rehm (2004): Elastischer Titannagel								
132	89 / 43 (32,9)	Frakturen	12 Mo			97,1 (+/- 3,5)	Nein	7,6 Mo
Rolf (2008): Meves-Kompressionsplatte								
*19	13 / 6 (41,5)	Pseudarth.	74,5 Mo post ME		70,4	82,7 Altersada ptiert	11 von 19	18,7 Mo
Schoepp (2004): 32 x Rekonstruktionsplatte, 7x LC-DCP, (4x Hakenplatte)								
43	31 / 12 (38,6)	Pseudarth. 39 x mittl 1/3; (4 x lat 1/3)	38,7 Mo			84,7		
Wick (2001): LC-DCP / Rekonstruktionsplatte								
*39	26 / 13	Delayed union / Pseudarth.	2,3 a				29	

Tabelle 48: Literaturvergleich: Methodik, Patienten und Outcome. (#: Fraktur, *: Pseudarthrose; LC-DCP: Limited Contact Dynamic Compression Plate)

Tabelle 49 gibt eine Literaturübersicht, der speziellen Osteosyntheseformen der Claviculapseudarthrose. Hier wurde nach dem Osteosynthesematerial, der Transplantation autologen Knochenmaterials und der Heilungsrate isoliert. Erkennbar ist, dass alle 3 Meves-Kompressionsplatten-Studien (insgesamt 40 Patienten) eine 100 %ige Heilungsrate haben.

	Pat.	Implantat	Becken- kammin- terponat	Heilung
Ballmer (1998)	37	Verschiedene Platten mit Decortication	24 von 37	35 von 37 (95 %)
Bauer (1986)	15	Meves-Kompressionsplatte	?	15 von 15 (100 %)
Boyer (1997)	7	LC-DCP (2) Pelvic-Platte (5)	7 von 7	7 von 7 (100 %)
Bradbury (1996)	32	Sup. 15 DC , 17 Rekonstr.-P.	alle	31 von 32 (97 %)
Collinge (2006)	16	Ant.-inf.: 3,5 mm DCP / Rekonstr.-P.	alle	16 von 16 (100 %)
Der Tavitian (2002)	301			92 %
Hackstock / Hackstock (1988)	6	Meves-Kompressionsplatte	min 2	6 von 6 (100 %)
Jupiter / Leffert (1987)	17	Sup. 3.5 mm DC	alle	16 von 17 (94 %)
Kabak (2004)	33	3,5mm DCP (16) 3,5mm LC-DCP (17)		31 von 33 (94 %)
Kloen (2002)	12	Ant.-inf.: 3,5 mm Rekonstr.-P.	alle	12 von 12 (100 %)
Laursen (1999)	16	4,5 mm Kompressionsplatte	alle	16 von 16 (100 %)
Marti (2003)	28	AO/ASIF (19) Wave-Platte (9)		
McKee (2003)	15	3,5 mm LC-DCP	0 von 15	14 von 15 (94 %)
Olsen (1995)	16	3,5 mm Platte	alle	15 von 16 (94 %)
Petrovic (2004)	13	Versch. Platten und Kirschnerdrähte	5 von 13	11 von 13 (85 %)
Rolf (2008)	19	5- / 6- Lochplatte Meves-Kompressionsplatte	11 von 19	19 von 19 (100 %)
Wick (2001)	39 (33 : med. 1/3)	DCP / Rekonstr.-P.	29 von 39	38 von 39 (97,4 %)

Tabelle 49: Literatur Vergleich Pseudarthrosen

Die Rate an Komplikationen und fortbestehenden Symptomen nach operativer Behandlung der Claviculapseudarthrose wird sehr uneinheitlich angegeben. In Tabelle 50 sind die Komplikationsraten und die einzelnen Komplikationen zusammengefasst.

Über die Komplikationen und postoperativen Beschwerden der Patienten der vorliegenden Untersuchung, wurde unter dem Punkt 5.3.2.6. berichtet. Es wurden zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung weder „Versager“ der Osteosynthese selbst (Plattenbrüche / -verbiegung / -lockerung), noch Refrakturen oder erneut aufgetretene Pseudarthrosen gesehen. Es waren jedoch Narbenkeloide und –hypästhesien, sowie eine Wundinfekten

und eine Wundheilungsstörungen zu beobachten. Des Weiteren wurde über fortbestehenden Druckschmerz, AC-Gelenksarthrosen und in 2 Fällen von Durchblutungsstörungen als schwerste Komplikation berichtet.

Autor	Rate	Plattenbrüche / -verbiegung / -Lockerung	Refraktur	Infektion	Pseudarth./ Nonunion	Sonstiges
Ballmer (1998)	5 von 37	0 / 0 / 1	1	1	2	Schmerzen im Akromioclaviculargelenk, Narbenkeloid.
Bauer (1986)	19 aus 100	5 / 4 / 4	1	2	1 / 0	Schrauben Perforation, Intra-Op-Gefäßverletzung
Boyer (1997)		0 / 0 / 0	0	0	0	Leichte Schwierigkeiten beim Kleiden
Collinge (2006)		Bis 10 % Plattenlockerungen (50 % bei intramed. Fixation)				
Der Tavitian (2002): (24 Studien)		6 % Plattenlockerungen				Weichteilgewebe-Läsionen (15 %) Probleme der Hautnarben (2 %) Fortbestehende Instabilität (8 %)
Kabak (2004)		0 / 0 / 1		4	2	1 Pat mit Neurologien
Kettler (2007)			2		2	4 x Nagelwanderung 2 x Fehlanlage
Laursen (1999)	2 aus 16	1 / 0 / 1				Kosmetische Unzufriedenheit
Marti (2003)			1	3	1	1 x Crista iliaca Infektion 4 x Brachialgie 2 x Wundheilungsstörung
McKee (2003)	4 aus 15	0 / 0 / 1			1 / 0	2 Irritationen durch die Platte
Müller (2007)		2	0	1		12 x Heilung unter Verkürzung > 5mm. 8 x Nagelwanderung 8 x Narbenkeloid
Olsen (1995)		0 / 0 / 1			0 / 1	Dysästhesie,
Petrovic (2004)						Parästhesie, neurovaskuläre Schäden
Rolf (2008)	Siehe Tab. 6.3.2.6.					
Wick (2001)		0 / 0 / 0	0	0	1	1 x reduzierte Kraft

Tabelle 50: Komplikationen und Symptome postoperativ.

V. DISKUSSION

Ziel dieser Arbeit ist es die Therapie der diaphysären Claviculapseudarthrose mittels der anatomisch vorgeformten Kompressionsplatte nach Meves zu untersuchen, anderen in der Literatur bekannten Therapieformen kritisch gegenüberzustellen und mit diesen, anhand der klinischen und funktionellen Endergebnisse zu vergleichen.

Der Bruch des Schlüsselbeines gehört zu den häufigsten Frakturen des menschlichen Achsenskeletts. Eine Vielzahl möglicher Versorgungstechniken, von konservativ bis operativ, ist seit der Antike bekannt. Aus der hohen Rate diaphysärer Schlüsselbeinfrakturen ergibt sich, verursacht durch das Versagen konservativer aber auch operativer Verfahren, eine lange unterschätzte, beträchtliche Zahl an Claviculapseudarthrosen.

Traditionell wurden die Claviculaschaftfrakturen überwiegend konservativ versorgt. Angesichts der geringen Pseudarthrosraten von 0,1 bzw. 0,8 %, die in den ersten großen Studien aus den 1960er Jahren von Neer und Rowe veröffentlicht wurden, entwickelte sich die operative Versorgung lange Zeit eher schleppend.

Neuere Daten zeigen eine hohe Praevalenz symptomatischer Pseudarthrosen nach konservativer Versorgung und gute bis sehr gute Ergebnisse nach Osteosynthesen (Olsen 1995, Zlowodzki 2005, Rolf 2008).

Im König-Ludwig-Haus, der orthopädischen Klinik der Universität Würzburg, wurden in einem Zeitraum von 13 Jahren (1990 bis 2003) insgesamt 513 Brüche des Schlüsselbeins konservativ behandelt. Aus diesen wurden 37 Patienten mit Frakturen des mittleren Schaftdrittels (Allman-I-Frakturen) operativ behandelt und ihr weiterer Verlauf untersucht.

19 Patienten erfüllten das Kriterium einer Pseudarthrose im mittleren Drittels der Clavicula nach traumatischer Fraktur. Unabhängig von der Vorbehandlung wurden diese 19 Patienten mit der anatomisch präkonturierten Kompressionsplatte nach Meves versorgt. Die 18 übrigen Patienten wurden ebenfalls operiert, jedoch aus einer anderen Indikation: Congenitale Pseudarthrose: n = 3; Mehrfragmentfraktur: n = 4; disloziert-nicht-reponibel: n = 10; Perforationsgefahr der Haut: n = 1.

Neun dieser Patienten wurden ebenfalls mit der präkonturierten Platte nach Meves versorgt: Mehrfragmentfraktur: n = 3; disloziert-nicht-reponibel: n = 5; Perforationsgefahr der Haut: n = 1.

Für das Auftreten einer Pseudarthrose nach konservativer Therapie weist die vorliegende Arbeit eine Rate von 3,7 % aus. Diese liegt im Literaturvergleich leicht unter dem epidemiologischen Durchschnitt von 4,4 % (s. Tab. 9).

Das mittlere postoperative Pseudarthrosrisiko wird mit 6,8 % angegeben (s. Tab. 10). Hier fallen neben den primär osteosynthetisch versorgten Patienten auch diejenigen ins Gewicht, die Rezidivfrakturen oder Pseudarthrosen nach Osteosynthese sowie Rezidivpseudarthrosen entwickelt haben.

Nach vorliegender Datenlage wurden insgesamt 10 Patienten vor der letzten Revision bereits einmal (n = 7) bzw. zweimal (n = 3) auswärts erfolglos voroperiert. Dies entspricht einer Rate von 45 % nimmt man alle 22 an einer Pseudarthrose behandelten Patienten dieser Studie zusammen (inklusive der congenitalen Pseudarthrosen). Vergleichbare Arbeiten berichteten bisher über Pseudarthrosraten von bis zu 15 % nach operativer Versorgung (Ballmer 1998, Kloen 2002).

Die Geschlechtsverteilung wird in der Literatur (s. Tab 48) mit 71,1 % zu 28,9 % angegeben und zeigt somit eine deutlich androtrope Verteilung.

Diese Verteilung spiegelt sich in der vorliegenden Arbeit mit insgesamt 67,6 % männlichen (n = 25) zu 32,4 % weiblichen (n = 12) Patienten wieder. Ebenfalls annähernd zwei Drittel (68,4 %; n = 13), der bei einer Claviculapseudarthrose mit einer Meves-Kompressionsplatte versorgten Patienten (Pseudarthrose-plus-Meves-Kompressionsplatten-Gruppe) waren Männer – ein Drittel Frauen (31,6; n = 5).

Nowak macht das Alter als signifikanten Risikofaktor für die Pseudarthrosenentstehung aus. Er stellt für Frauen ein mittleres Alter von 33,6 Jahren, für Männern von 35,5 Jahre bei der Pseudarthrosenentstehung fest (Nowak 2002). Nach Hill und Olsen spielen das Alter, das Geschlecht und ob die Dominante Körperseite betroffen ist keine Rolle (Olsen 1995, Hill 1997). Robinson wiederum zeigt die Signifikanz des Einflusses von zunehmendem Alter, weiblichem Geschlecht, dem Dislokationsgrad sowie dem Vorhandensein eines Trümmerbruchs auf die Pseudarthrosenentstehung nach konservativer Therapie auf (Robinson 2004).

Die Altersverteilung aller, in der hier vorliegenden Studie behandelten Patienten, beschreibt eine annähernde gaußsche Kurve (s. Diagramm 1). Über fast alle Altersstufen hinweg zeigt sich die Praevalenz des männlichen Geschlechts. Lediglich in den Altersgruppen kleiner 10 und größer 60 Jahre dominieren die Frauen (2 zu 0 bei > 60; 1 zu 0 bei < 10). Über die Lebenszeit betrachtet nimmt die Geschlechterverteilung zwischen 20 und 50 Jahren einen scherenhaften Verlauf (für Männer zunehmend, für Frauen abnehmend) um sich ab der 5. Dekade umzukehren (s. Diagramm 2 und 3).

Das Mittlere Alter aller Patienten dieser Studie lag zum Zeitpunkt des Traumas bei 36,1 Jahren. In der Pseudarthrose-plus-Meves-Kompressionsplatten-Gruppe lag der Altersdurchschnitt mit 41,5 Jahren um 5,4 Jahren über dem Gesamtmittel.

Nach Lokalisation ausgewertet liegt die Claviculapseudarthroserate des mittleren Drittels, im Literaturvergleich, bei 83,5 %. Lediglich 15,3 % betrifft das laterale und nur 1,2 % das mediale Drittel. Diese Verteilung verdeutlicht die Relevanz der zu untersuchenden Pseudarthrosenversorgung gerade bei diaphysärer Beteiligung.

Hinsichtlich der Korrelation der betroffenen und der dominanten Körperseite wird in unserem Patientenkollektiv, im Gegensatz zu anderen Quellen, ein komplett umgekehrtes Bild ersichtlich (s. Tab. 12). Die Mehrheit (13 aus 22 (inklusive der congenitalen Pseudarthrosen)) wies eine Pseudarthrose gerade des nicht dominanten Armes auf.

Dieses Ergebnis stimmt mit dem von Boyer gefundenen Daten überein (4 zu 3) (Boyer 1997).

Ein Zusammenhang zwischen der Händigkeit, dem Alter, dem Geschlecht und dem daraus resultierenden Pseudarthrosenrisiko, lässt sich jedoch in der vorliegenden Studie, anhand der geringen Anzahl an Patienten, insgesamt nur vermuten.

Eine Verbindung zwischen der Art der Verletzung sowie deren Versorgung und der Entstehung einer Pseudarthrose wird vieler Orts diskutiert und als realistisch erachtet. Als Ursachen werden am häufigsten genannt: Hochgeschwindigkeits- bzw. Polytraumata, Trümmer- und offene Frakturen, ein erhöhter Dislokationsgrad, insuffiziente Osteosynthesen sowie eine ungenügende Reposition der Fragmente mit Weichteilinterposition, eine ungenügende initiale Immobilisation, Refrakturen nach Metallentfernung, Infektionen und Durchblutungsstörungen (Friedrich 1973, Jupiter 1987, Bradbury 1996, Ballmer 1998, Jones 2000, Kloen 2002, Kabak 2004, Robinson 2004, Rolf 2008).

Unter den 37 untersuchten Patienten war das initiale Trauma, das zur Fraktur führte, in der Mehrheit der Fälle (53 %) durch ein Hochgeschwindigkeitstrauma verursacht (Auto-, Motorradunfälle (30 %) sowie Fahrrad-, Ski- und Snowboard-Stürze (23 %)). Bei 13 Patienten führte dies im Verlauf zu einer Pseudarthrose. Die übrigen Ursachen für die Pseudarthrosenentstehung waren Stürze, Schläge auf die Clavicula, eine Spontanfraktur sowie drei congenitale Frakturen als initiales Trauma (s. Tabellen 20 und Diagramm 7).

Petrovic stellt einen Bezug zwischen der Schwere eines Traumas und der Trophik der Pseudarthrose her. Er konstatiert, dass mit der Schwere auch die Rate an atrophischen Pseudarthrosen zunimmt (Petrovic 2004).

Atrophe Claviculapseudarthrosen kommen nach Studiauswertung in 47,3 %, hypertrophie in 50,7 % der Fälle vor. Der Rest (2,0 %) fällt auf oligotrophe Pseudarthrosen (s. Tab. 13).

Demgegenüber zeigt das vorliegende Pseudarthrose-Patientenkollektiv ein Verteilungsmuster von 57,9 % atrophischen zu 42,1 % hypertrophischen Pseudarthrosen. Dies könnte, betrachtet man die einzelnen Patienten dieser Studie und ihre Anamnesen genauer, mit der hohen Rate an Rezidiven ($n = 13$) in Zusammenhang gebracht werden (s. Tab. 24).

Für die Entwicklung atrophischer Claviculapseudarthrosen werden in der Literatur zurückliegende Infektionen und exzessive Knochenentfernung angeführt. Letztere werden durch stattgehabte Osteosynthesen mit ausgedehnter Weichteilerstörung oder unzureichender Stabilisierung durch ungeeignete Osteosyntheseverfahren verursacht (Neer 1960, Kortmann 2004).

Wilkins und Johnston schrieben der atrophischen Pseudarthrose weniger Symptome zu als der hypertrophischen Form. Das Fehlen von Knochenkallus solle das Kratzen der Knochenenden verhindern und so die Schmerzen erst gar nicht verursachen (Wick 2001).

Wie Wick selbst können wir uns dieser Meinung nicht anschließen. Wir sahen, unabhängig von der Trophik der Pseudarthrose, ein deutliches Vorherrschen von Schmerzen in der Symptomangabe aller unserer Patienten.

Als absoluter Goldstandard der konservativen Therapie hat sich der Rucksackverband etabliert. Versagt diese Therapie, so stehen eine Vielzahl an Osteosyntheseverfahren zur Verfügung. Die Literatur reicht hier von Plattenosteosynthesen, Spickdrähten und intramedullären Kraftträgern wie Pins und Nägeln, über Verfahren wie den Fixateur

extern bis hin zu Drahtcerclagen. Hinzu kommen supportive Verfahren wie die Knochen- und Spongiosaanlagerung sowie additive Verfahren wie knochenwachstumstimulierende Substanzen und physikalische Verfahren wie die Ultraschall- und Elektrostimulation.

In der jüngeren Literatur ist ein Trend zur frühzeitigen operativen Sanierung von Claviculafrakturen zu beobachten (Wick 2001, Nowak 2005).

Hinsichtlich der dislozierten Fraktur und des sich hieraus ergebenden erhöhten Pseudarthrosrisikos, kann man dieses Vorgehen vertreten. Das großzügige Stellen der Indikation zur frühzeitigen Operation sehen wir jedoch schon angesichts der allgemeinen Operationsrisiken und der doch hohen primären Heilungsrate nach konservativem Vorgehen eher kritisch. Hier warnt auch Robinson, der in einer Studie nachweisen konnte, dass 90 % aller Frakturen im mittleren Drittel, die nach zwölf Wochen nicht verheilt waren, zum Zeitpunkt der letzten Untersuchung nach 24 Wochen, knöchern durchbaut waren (Robinson 2004). Echtermeyer konstatierte hierzu, dass zu den „Fehlern in der Behandlung von Schlüsselbeinbrüchen, an erster Stelle die falsche Indikation zur Operation“ stehe. Er selbst sieht zudem weder eine Indikation bei erstgradig offenen oder doppelseitigen Frakturen, noch in der Behandlung des Schlüsselbeinbruchs bei Polytraumata (Echtermeyer 1984).

Die Indikation zur sekundären Osteosynthese wird klassischerweise bei Versagen der konservativen Therapie und Entwicklung einer symptomatischen Pseudarthrose gestellt. Zu den führenden Symptomen werden neben persistierenden Schmerzen, eingeschränkter Beweglichkeit und Kraftminderung, auch die kosmetische Unzufriedenheit gezählt. Vergessen werden darf jedoch nicht, dass die Pseudarthrosenchirurgie im Vergleich zur sonstigen elektiven oder auch früh-posttraumatischen Chirurgie, immer auch Revisionschirurgie mit all ihren Komplikationen bleibt (Kaminski 2008). Der Operationssitus kann durch entzündliche Prozesse und narbige Veränderungen das operative Vorgehen stark beeinflussen. Dies muss vor jedem Eingriff in die Planung mit eingehen und sollte maßgeblich bei der Stellung der Indikation berücksichtigt werden.

Die optimale operative Therapie der Claviculapseudarthrose ist bis heute sehr umstritten (Boehme 1991, Boyer 1997).

Eine Vielzahl individueller Probleme wird kontrovers diskutiert. Plattenosteosynthesen

zeigen Brüche und Lockerungen (Poigenfürst 1992), werden sie zu kurz bemessen, so kann dies selbst Auslöser einer Pseudarthrose sein (Schwarz 1992). Während intramedulläre Kraftträger dislozieren können und zur Rotationsinstabilität neigen, sind externe Fixateure aufwendig und umständlich im Patientenalltag. Von diversen Autoren werden hohe Heilungsraten für die verschiedenen Operationsverfahren beschrieben, keine dieser Techniken sind jedoch ohne Komplikationen geblieben (Kloen 2002).

In der aus dieser Studie hervorgegangenen aktuellen Veröffentlichung von Rolf (Rolf 2008), konnten, wie schon bei Bauer (1986) und Hackstock (1988), ausgezeichnete Ergebnisse für die rotations- und dislokationstabile längenrekonstruierende Versorgung mittels der Meves-Kompressionsplatte erzielt werden.

In dem Zeitraum von 13 Jahren wurden insgesamt 28 Patienten mit dieser speziellen Platte versorgt. 19 Patienten bei Pseudarthrose, fünf weitere bei dislozierten und nicht reponiblen Frakturen, drei bei Mehrfragmentfrakturen und einer bei Perforationsgefahr der Haut. Alle Befunde konnten zur Heilung gebracht werden, es kam im Verlauf zu keinen Refrakturen oder Rezidivpseudarthrosen.

Zusammenfassend ergibt sich aus den Studien von Bauer, Hackstock und Rolf, isoliert für die Osteosynthese von pseudarthrotischen Claviculafrakturen mit der Meves-Kompressionsplatte, eine Heilungsrate von 100 % (zusammen 40 Patienten) (Bauer 1986, Hackstock 1988, Rolf 2008).

Das Konzept der anatomisch präkonturierten Platte zur Versorgung von Claviculafrakturen und Pseudarthrosen wird auch in der jüngeren Literatur aufgegriffen. Eine neue Arbeit aus dem Jahr 2007 analysiert die komplexe dreidimensionale Claviculaanatomie. Anhand von Computersimulationen wurden bei 100 Claviculapaaren geschlechts- sowie ethnologische Unterschiede in der Passform der anatomisch präkonturierten Platte (Accumed locking clavicle plate®) analysiert und die Vorteile einer operativen Versorgung mit einer superioren Plattenfixierung aufgezeigt (Huang 2007). Diese Platte wurde aktuell für die Versorgung von frischen Frakturen und Pseudarthrosen im angloamerikanischen Raum eingeführt und empfohlen. Ob sich diese jedoch gegen die Meves-Kompressionsplatte oder die zahlreichen anderen Osteosyntheseverfahren durchsetzen kann, wird sich erst noch zeigen.

Da über beschwerdefrei persistierende Claviculapseudarthrosen in der Literatur berich-

tet wurde, ist es umso wichtiger auf die Risiken einer Operation einzugehen (Petrovic 2004).

Anhaltende Schmerzen, Bewegungseinschränkungen und die Schulterdysfunktion (Wilkins 1983, Bradbury 1996), Symptome der Narben, Weichteilgewebe-Läsionen und Komplikationen des Implantats (Bauer 1986, Olsen 1995, Laursen 1999, Der Tavitian 2002, McKee 2003, Kabak 2004) sowie neurovaskuläre Symptome bei Gefäß oder Nervenläsionen (Bauer 1986, Kabak 2004, Petrovic 2004), neurogenes TOS (Jupiter 1987), Refrakturen (Bauer 1986, Ballmer 1998, Marti 2003, Kettler 2007), und Infektionen im Operationsbereich (Bauer 1986, Ballmer 1998, Marti 2003, Kabak 2004, Mueller 2007) sind häufig beschriebene Komplikationen.

Zusätzlich sind die Komorbiditäten, die an der Entnahmestelle von Knochentransplantaten zur Versorgung bei der atrophen bzw. Defektpseudarthrose entstehen können, zu berücksichtigen (Laursen 1999).

Spezielle für die Persistenz von Claviculapseudarthrosen verantwortlich gemachten werden: Revisionseingriffe (Olsen 1995), unnötige Knochenplastiken (Boehme 1991), mangelhafte Ruhigstellung (Rowe 1988, Wilkins 1983, Jupiter 1987), Versagen des eingebrachten Implantates (Jupiter 1987, Bradbury 1996) sowie atrophische Pseudarthrose und Infektionen (Neer 1960, Bradbury 1996).

In Zahlen ausgedrückt kommt es nach Claviculaosteosynthesen in bis zu 15 % zu Pseudarthrosen, in bis zu 10 % zu Materiallockerung und in bis zu 93 % zu Komplikationen der Haut und Weichteile über dem Implantat. Bradbury entfernte 41 % der eingebrachten Osteosyntheseplatten wegen solcher Materialprobleme, bei Shen waren es sogar 74% (Bradbury 1996). Ein weiteres Risiko besteht in der Metallentfernung, das mit bis 7 % Refrakturrate angegeben wird (Collinge 2006).

Trotz der hohen Rate an Revisionseingriffen, kam es in der vorliegenden Arbeit zu keinen höhergradigen Komplikationen wie Refrakturen oder persistierenden Pseudarthrosen.

Was beobachtet werden konnte, war eine verzögerte, oberflächliche Wundheilungsstörung, sowie eine Wundinfektion, die jeweils sekundär zur Heilung gebracht wurden. Kosmetisch auffällige Narbenbilder, sowie Hypästhesien im Narbenbereich, stellten mit insgesamt 10 aus allen 37 operierten Fällen den größten Komplikationenkreis dar (8-Mal bei Versorgung mit der Meves-Kompressionsplatte). Druckschmerzen über der

Osteosynthese wurden bei fünf Personen beobachtet (4-Mal bei Versorgung mit der Meves-Kompressionsplatte).

Als „problematisch“ bezeichnete auch Hackstock die „manchmal kosmetisch unbefriedigende Narbenbildung“ (Hackstock 1988). Bauer, der bei gerade mal 30 % der Patienten eine zufriedenstellende Narbenbildung beobachtet, weist auf die deutlich besseren Ergebnisse unter der Anwendung eines Säbelhiebschnitts als Zugangsweg hin. Hier müssen jedoch deutlich größere Weichteilverletzungen, bei der Präparation der Wundhöhlen, in Kauf genommen werden.

Zwei der mit der Meves-Kompressionsplatte versorgten Patienten wiesen vorübergehende Durchblutungsstörungen des betroffenen Armes auf, die ohne Residuen zur Heilung gebracht werden konnten. Drei weitere Patienten zeigten eine persistierend eingeschränkte Motorik (vornehmlich bei der Abduktion des Armes), drei weitere entwickelten postoperativ eine AC-Gelenksarthrose.

Wie bereits erwähnt, wird die Inzidenz der atrophen Claviculapseudarthrosen mit 47,3 %, die der hypertrophen mit 50,7 % (2 % oligotroph) angegeben. Bei dem in diese Studie eingegangenen Patientengut wiesen von den 22 Pseudarthrosepatienten 11 (50 %) eine atrophe Pseudarthrose sowie drei (13,6 %) eine congenitale Pseudarthrosen auf. All diese wurden mit einer autologen Knochentransplantation aus dem Beckenkamm versorgt. Die übrigen acht Pseudarthrosepatienten (36,4 %) bedurften, bei hypertropher Claviculapseudarthrose und nur geringfügiger Verkürzung, keines zusätzlichen Knochenmaterials.

Bei einem Patient der Vergleichsgruppe, der bei Mehrfragmentfraktur eine Verkürzung der Schulter aufwies, wurde die Claviculalänge durch eine zusätzliche autologe Knochenspananlagerung wieder hergestellt.

In dieser Untersuchung konnten keine Komplikationen seitens der Transplantatentnahmestelle aus dem ipsilateralen Beckenkamm verzeichnet werden. Als Komorbidität sollte der Patient jedoch neben Wundinfektionen und Wundheilungsstörungen im Entnahmebereich, über Sensibilitätsstörungen im Gebiet des Versorgungsbereichs des Nervus cutaneus femoris lateralis – dem äußeren Bereich des Oberschenkels, aufgeklärt werden.

Die Wiederherstellung der Schulterlänge wird derweilen nicht nur aus ästhetischer sondern auch aus funktioneller Sicht (Verkürzungen können zur Abduktionsschwäche des

Arms führen) als „essentiell“ wichtig erachtet (Olsen 1995). Hill erkennt sogar ein erhöhtes Pseudarthrosrisiko bei Verkürzungen, die größer als 20 mm sind (Jupiter 1987, Hill 1997, Ballmer 1998, Olsen 1995, Wick 2001).

Somit sollte die autologe Transplantation eines corticospongiösen Interponats nicht nur der atrophischen Pseudarthrose sowie der Defektpseudarthrose vorbehalten sein, sondern auch bei einer deutlichen Verkürzung des Schlüsselbeins nach Fraktur, sowie bei der verkürzten hypertrophen Pseudarthrose, erwogen werden.

Der korrekten Immobilisation und der begleitenden frühpostoperativen passiven Bewegung der betroffenen Schulter, nach Osteosynthese, kommt eine außerordentlich wichtige Rolle zu. Wird dies nur unzureichend durchgeführt, kann es zu einem schlechteren Heilungsergebnis führen (Jupiter 1987, Craig 1990, Olsen 1995).

Von der früher teils wochenlangen Immobilisierung des Schultergelenks ist man abgekommen. Heute wird am ersten postoperativen Tag mit passiven, pendelnden Übungen begonnen, um einer Versteifung der angrenzenden Gelenke vorzubeugen.

In den ausgewerteten Studien wird die aktive Elevation des Armes, so weit angegeben, für die ersten 4 bis 6 Wochen auf 90° beschränkt. Nach dieser Phase wird der Bewegungsumfang freigegeben. Voll belastbar ist die Schulter nach ca. 8 bis 10 Wochen (Nowak 2002, Fuchs 2002, Marti 2003)

In unserem Patientenkollektiv wurde ebenfalls am ersten Tag nach der Operation mit pendelnden Armbewegungen begonnen. Ein Gilchristverband wurde für sechs Wochen angelegt und die Elevation und Abduktion für diesen Zeitraum auf 90° begrenzt. Der komplette Bewegungsumfang wurde dem Pseudarthrose-Patient individuell bei Nachweis der knöchernen Durchbauung - durchschnittlich nach neun Wochen (7,5 – 11 Wochen) - freigegeben. Patienten ohne Pseudarthrose konnten durchschnittlich eine Woche früher (nach 8 Wochen; 6,5 – 15,0) voll belasten (s. Tab. 28).

Als Endpunkt der hier vorliegenden Untersuchung und Ziel der Pseudarthrosenchirurgie gilt die komplette knöcherne Konsolidierung der Fraktur.

Für die Standardverfahren der Osteosynthese (Platten / intramedulläre Kraftträger) liegt die in der Literatur angegebene durchschnittliche Knochenheilungszeit zwischen acht und 12 Wochen (Boyer 1997, Laursen 1999, McKee 2003, Kabak 2004, Collinge 2006). Ein wesentlicher zeitlicher Vorteil für die eine oder andere Versorgungsvariante deutet sich nicht ab.

Mit 2,7 Monaten gibt Demiralp die knöcherne Durchbauung für die mit einem Fixateur extern versorgten Patienten an (Demiralp 2006). Den längsten Heilungszeitraum beobachtet Marti unter der Verwendung der Wave-Platte, er berichtet von einem durchschnittlichen Zeitraum von 4 Monaten bis zur Durchbauung (Marti 2003).

Alle von uns beobachteten Patienten wiesen eine röntgenologisch gesicherte Durchbauung der Frakturzone durchschnittlich nach 8,5 Wochen auf.

Die Patienten, die bei vorliegender Pseudarthrose mit der Meves-Kompressionsplatte versorgt wurden, zeigten im Schnitt nach neun Wochen eine komplette Durchbauung. Es ist hervorzuheben, dass die Heilungszeit für die mit zusätzlichem autologen Knochenmaterial versorgten Patienten durchschnittlich 0,5 Wochen kürzer (8,5 zu 9,0 Wochen) war.

Die allgemeine Heilungsrate wird, ohne Differenzierung nach dem Osteosyntheseverfahren, nach Auswertung aktueller Publikationen mit 85 bis 100 % angegeben (Bauer 1986, Jupiter 1987, Hackstock 1988, Olsen 1995, Bradbury 1996, Boyer 1997, Ballmer 1998, Laursen 1999, Wick 2001, Der Tavitian 2002, Kloen 2002, Marti 2003, McKee 2003, Kabak 2004, Petrovic 2004, Collinge 2006, Rolf 2008).

Die in der Literatur mit 100 % angegebene Heilungsrate nach Versorgung von Claviculapseudarthrosen mit einer Meves-Kompressionsplatte, kann durch die vorliegenden Daten bestätigt werden (40 aus 40) (Bauer 1986, Hackstock 1988, Rolf 2008).

Für alle Patienten der hier vorliegenden Studie liegt ebenfalls eine Heilungsrate von 100 % (37 von 37) vor.

Die durchschnittliche Verweildauer des Osteosynthesematerials in vergleichbaren Studien beträgt zwischen 11,6 und 21 Monaten (Olsen 1995, Marti 2003). Demiralp berichtet von einer außerordentlich kurzen mittleren Liegedauer von 2,8 Monaten bei Patienten, die mit einem Illizarov-Fixateur versorgt wurden (Demiralp 2006). Hierbei ist jedoch sicherlich auch die Zumutbarkeit eines externen Fixateurs abzuwägen.

Die Osteosyntheseverweildauer betrug nach eigenen Daten im Gesamtdurchschnitt 15,8 Monate. Bei Patienten mit Pseudarthrose und Meves-Kompressionsplatte betrug die Verweildauer durchschnittlich 18,7 Monate (14,9 Monate ohne Spongiosa / 21,0 Monate mit Spongiosatransposition), die der übrigen Patienten durchschnittlich 12,7 Monate (17,5 Monate bei congenitaler Pseudarthrose).

Es wird hier empfohlen, die Dauer in Korrelation mit der Komplexität der Vorgeschichte zu setzen. So hat es sich an Hand der zehn Rezidiv-Patienten, die in diese Studie eingingen, gezeigt, dass eine erhöhte Rate an Refrakturen nach frühzeitiger (< 6 Mo) Metallentfernung auftrat.

Gründe für eine vorzeitige Metallentfernungen reichen in der Literatur von Irritationen der Haut bis zu Plattenbrüchen, -verbiegungen und -lockerungen, Implantatwanderungen, ausgedehnten Infektionen, Refrakturen bei einliegender Osteosynthese sowie persistierenden Pseudarthrosen ohne radiologischen Nachweis knöcherner Durchbauung (Bauer 1986, Olsen 1995, Ballmer 1998, Laursen 1999, Der Tavitian 2002, McKee 2003, Kabak 2004, Collinge 2006).

Bei den in diese Studie aufgenommenen Patienten kam es vor der endgültigen Versorgung im König-Ludwig-Haus, in 13 Fällen zu Plattenverbiegungen, traumatischen Plattenaustrissen und zu Refrakturen nach Metallentfernung. Bis zur letzten Vorstellung im Rahmen der Nachuntersuchung, konnten im weiteren Verlauf keine derartigen Komplikationen verzeichnet werden.

Zur Beurteilung der Langzeitergebnisse hat sich der Constant-Murley-Score durchgesetzt (Olsen 1995, Laursen 1999, Marti 2003). Hierbei werden die Faktoren Schmerz, Aktivität, Bewegungsumfang und Kraft bewertet.

Der praeoperative Constant-Score (CS) ist in den von uns ausgewerteten vergleichbaren Studien lediglich von einem Autor erhoben worden. Demiralp kommt auf durchschnittlich 44 Punkte in seinem Patientenkollektiv (Demiralp 2006). In unserer Untersuchung lag der praeoperative CS für Pseudarthrosepatienten, die später mit einer Meves-Kompressionsplatte versorgt wurden, bei durchschnittlich 61,1 Punkten (51,0 – 70,5). Die übrigen Patienten wiesen einen nahezu identischen Ausgangswert von 60,2 Punkten (16,0 – 73,0) auf.

Der postoperative CS wird deutlich häufiger angegeben. Dieser liegt durchschnittlich bei 87,2 Punkten (78,0 - 97,1) (Olsen 1995, Laursen 1999, Fuchs 2002, Marti 2003, Petrovic 2004, Rehm 2004, Demiralp 2006, Kettler 2007, Mueller 2007, Rolf 2008).

Nach dieser Untersuchung kommen wir für die Gruppe der Pseudarthrose und Meves-Kompressionsplatten-Patienten postoperativ auf 82,5 Punkte (63,2 – 93,5), für die übrigen Patienten auf 79,9 Punkte (41,4 – 94,3). Damit liegt das Endergebnis unserer Pati-

enten, gemessen am CS, im Studienvergleich am unteren Ende. Da jedoch keine Ausgangswerte zu vergleichen sind, ist ein valider Vergleich, bezogen auf die reine Steigerung des CS, nicht zu erheben.

Die Steigerung des CS lag für die Pseudarthrosen und Meves-Kompressionsplattengruppe bei 25,9 %, für die übrigen Teilnehmer bei 24,7 %.

Für die Trophik stellen Connolly und Olsen fest, dass das Heilungsergebnis der atrophen Claviculapseudarthrose signifikant schlechter sei als das der hypertrophen Claviculapseudarthrose (Connolly 1989, Olsen 1995).

Dies konnte in dieser Untersuchung nicht bestätigt werden. Die Patienten, die bei atropher Pseudarthrose eine autologe Knochentransplantation erhielten, erzielten bei einem um 3,8 Punkte niedrigerem praoperativen Ausgangs-CS mit 25,9 % die gleiche Steigerung des Endergebnisses.

Den mit 39,4 % Steigerung höchsten Wert erzielte die Gruppe der bei congenitaler Pseudarthrose versorgten Patienten.

Zur Erfassung der subjektiven Patienteneinschätzung wurde einmal vor und zum zweiten Mal nach der operativen Versorgung, eine an der Schulnotenskala orientierte Selbstbeurteilung, erhoben. Die Patienten wurden nach der Gesamtzufriedenheit, der kosmetischen und funktionellen Situation befragt. Diejenigen, die wegen einer Pseudarthrose mit einer Meves-Kompressionsplatte versorgt wurden, gaben für die subjektive Einschätzung des eigenen Befindens eine durchschnittliche Steigerung von 3,5 auf 1,7 an. Insgesamt lässt sich somit eine Steigerung von ausreichend bis befriedigend auf gut bis sehr gut feststellen. Die Vergleichsgruppe erzielte eine vergleichbare Steigerung von 3,7 auf 1,9.

VI. ZUSAMMENFASSUNG

Nach einer traumatischen Fraktur des mittleren Drittels des Schlüsselbeines stellt die Claviculapseudarthrose eine ernstzunehmende, epidemiologisch nicht zu unterschätzende Komplikation dar.

In dieser Studie konnte ein kleines Patientenkollektiv (n = 19) nachuntersucht werden (durchschnittlich nach 4,6 Jahre) und einer ebenfalls kleinen (n = 18) Vergleichsgruppe gegenübergestellt werden. Es zeigte sich nach Osteosynthese mit der Meves-Kompressionsplatte in allen Fällen eine knöcherne Konsolidierung der Clavicula. Es wurden gute funktionelle Ergebnissen ohne persistierende Schmerzen im Constant-Score erzielt (82,5). Patienten mit atropher Pseudarthrose erhielten zusätzlich eine Spongiosaplastik aus dem Beckenkamm.

Bei sämtlichen Patienten zeigte sich bei der letzten Nachuntersuchung eine solide knöcherne Heilung der Clavicula. Ein statistisch signifikanter Unterschied aufgrund der präoperativen Vorbehandlung oder der Verwendung einer Spongiosaplastik konnte nicht gefunden werden.

Auch nach der Entfernung der Meves-Kompressionsplatte traten bei den Patienten im untersuchten Kollektiv keine Refrakturen auf. Da diese häufig kurz nach Entfernung des Osteosynthesematerials auftreten, wurde die Explantation frühestens nach 10 Monaten, durchschnittlich nach 18,7 (10–49) Monaten, vorgenommen.

Es ist zu vermuten, dass der Grund für die guten funktionellen und radiologischen Ergebnisse, die Wiederherstellung der Claviculaanatomie durch Verwendung der anatomisch präkonturierten Meves-Kompressionsplatte ist.

Insgesamt erlaubt die anatomisch praekonturierte Meves-Kompressionsplatte eine ökonomische und sichere Wiederherstellung der Claviculaanatomie. Sie erzielt gute bis sehr gute funktionelle und kosmetische Ergebnisse bei einer hohen Zufriedenheit der Patienten.

VII. ANHANG

Zusammenfassung der Patientendaten

Patient Nr.	Alter	Geschlecht	Beruf	Verletzungsmechanismus	Praeop. Symptome	Kommentar
Pseud. + Meves-P. + Spong.						
1 AT	36	m	Physiotherapeut	Fahrradsturz → Mehrfragmentfraktur → Rucksackverband → Pseudarthrose → Meves-Platte	Ruhe- + Bewegungsschmerz, Parästhesie, Indikation: ausgeprägte Fehlstellung, keine Durchbauung	6Wo Gilchrist (Abd/Elev passiv < 70°), ROM / DMS o.B.
2 DH	63	w	Packerin	Spontanfraktur (nicht maligne) → Plattenosteosynthese → Plattenverbiegung → Pseudarthrose → Meves-Platte	Bewegungs- und Druckschmerz, Plexus-Brachialis-Irritation, Verletzung der V. subclavia, Indikation: Pseudarthrose, eingeschränkte ROM	6Wo Gilchrist (Abd/Elev < 90°), eingeschränkte ROM, AC-Gelenksarthrose, M. supraspinat.#
3 DM	63	w	Rentnerin	Sturz auf ausgestreckte Hand → Rucksackverband → Plattenosteosynthese → ME → Refraktur → Pseudarthrose → Meves-Platte	Schmerz, Dysästhesie im Narbenbereich, Indikation: straffe Pseudarthrose, Dislokation	6Wo Gilchrist (Abd/Elev < 70°) ROM / DMS o.B.
4 HR	49	m	Zugbegleiter	Fahrradsturz → Rucksackverband → Plattenosteosynthese → ME → Mountainbike-Sturz → Refraktur → Rucksackverband → Pseudarthrose → Meves-Platte	Ruhe- und Bewegungsschmerz, Indikation: straffe hypertrophe Pseudarthrose	6Wo Gilchrist (Abd/Elev < 70°) ROM / DMS o.B.
5 KI	38	m	Büroangestellter	Motorradunfall → Rucksackverband → Rekonstruktionsplatte → Pseudarthrose → Meves-Platte	Bewegungsschmerz (Rotation / Adduktion), Krepitation, Indikation: fehlende Durchbauung	6Wo Gilchrist (Abd/Elev < 70°) Thrombose V. subclav. re. nach Tapezieren. > Marcumar
6 KE	22	w	Studentin	Fahrradsturz → Rucksackverband → Rekonstruktionsplatte → ME → Belastungstrauma → Rekonstruktionsplatte → Pseudarthrose → Meves-Platte	Druckschmerz, Nachtschmerz, Indikation: verkürzte Clavicula, eingeschränkte Beweglichkeit, Dysästhesie im Narbenbereich, Narbenkeloid	Gilchrist 6 Wo (Elev/Abd < 70°) DMS / ROM o.B. Narbenkeloid
7 LU	57	w	Hausfrau	Autounfall → Rucksackverband → Osteosynthese → ME → Refraktur → Rekonstruktionsplatte → ME → Pseudarthrose → Meves-Platte	Druckschmerz, Indikation: fehlende Durchbauung, Instabilitätsgefühl.	Gilchrist 9 Wo (Elev/Abd < 70°) DMS / ROM o.B.
8 NH	42	m	Lehrer	Motorradsturz → Rucksackverband → Pseudarthrose → Meves-Platte	Bewegungs- und Nachtschmerz, Krepitation, Indikation: fehlende Durchbauung	Gilchrist 4-6 Wo (Abd < 60°/ Außenrot < 50°), Kryotherapie, KG, DMS / ROM o.B.

9 SM	27	w	Büroangestellte	Sturz auf laterale Schulter → Rucksackverband → Osteosynthese → ME → Refraktur → Rekonstruktionsplatte → Pseudarthrose → Meves-Platte	Schmerz, Irritation des Plexus cervicobrachialis (Kribbelparästhesie)	Gilchrist 6 Wo (Abd/Elev < 70°) lokaler Druckschmerz, ROM o.B.
10 SB	44	m	Rettingssanitäter	Motorradunfall → # mit Bieungskeil → Rucksackverband → Rekonstruktionsplatte → Plattenausriß Autounfall → Rucksackverband → Pseudarthrose → Meves-Platte	Bewegungsschmerz, eingeschränkte ROM, Indikation: Pseudarthrose, Instabilität	Gilchrist 6 Wo (Abd/Flex < 60°) ROM / DMS o.B.
11 WR	42	m	Computertechniker	Fahrradsturz → Rucksackverband → Pseudarthrose → Meves-Platte	Bewegungsschmerz, Krepitation Indikation: Pseudarthrose, disloziert und verkürzt	Gilchrist 6 Wo (Abd/Flex < 70°), Wundheilungsstörung, Schraubenirritation, ROM / DMS o.B.
12 YI	35	w	Büroangestellte	Autounfall → Rucksackverband → Pseudarthrose → Meves-Platte	Nachtschmerz, Indikation: Pseudarthrose, disloziert und verkürzt	Gilchrist 6 Wo (Abd/Elev < 90°), Narbenkeloid, ROM / DMS o.B.

Pseud. + Meves-P. + ohne Spong.

13 HL	21	m	Schüler	Skiunfall → Rucksackverband → Pseudarthrose → Meves-Platte	Ruhe- und Bewegungsschmerz, Krepitation Indikation: Pseudarthrose, disloziert und Verkürzung >2 cm	Gilchrist 6 Wo (Abd/Flex < 70°) ROM / DMS o.B.
14 MS	40	m	Büroangestellter	Motorradsturz → Rucksackverband → Pseudarthrose → Rekonstruktionsplatte → ME → Motorradsturz → Pseudarthrose → Meves-Platte	Krepitation, Druck- und Bewegungsschmerz, Instabilität	Gilchrist 8 Wo (Abd/Flex < 80°) ROM / DMS o.B. Hypästhesie im Narbenbereich
15 SG	49	m	Forstarbeiter	Schlag auf Clavicula → Rucksackverband → Pseudarthrose → Meves-Platte	Bewegungsschmerz, Krepitation, Schwellung Indikation: Pseudarthrose, Gefahr der Weichteildurchspießung	Gilchrist 6 Wo (Abd/Flex < 90°) Eingeschränkte ROM, lokaler Druckschmerz
16 SD	28	m	Monteur	Kontaktsportverletzung → Rucksackverband → Pseudarthrose → Meves-Platte	Schmerzen bei Überkopfarbeiten, Instabilitätsgefühl, Indikation: Dislokation > 2 cm,	Gilchrist 6 Wo (Abd/Flex < 70°) ROM / DMS o.B.
17 WF	49	m	Schweißer	Autounfall → Rucksackverband → Pseudarthrose → Meves-Platte	Druckschmerz, Indikation: Druckläsion des Plexus, Schultersteife	Gilchrist 6 Wo (Abd/Elev < 90°) ROM / DMS o.B.
18 WH	55	m	Zimmermann	Synkope → Fahrradsturz → Rucksackverband und Herzschrittmacher → Pseudarthrose → Meves-Platte	Bewegungsschmerz, eingeschränkte ROM, Indikation: hypertrophe Pseudarthrose	Gilchrist 6 Wo (Abd/Flex < 70°) Hypästhesie im Narbenbereich, ROM / DMS o.B.

19 ZR	28	m	Student	Kontaktsportverletzung → Mehrfragment# → Rekonstruktionsplatte → ME → Polytrauma mit Refraktur → Rucksackverband → Pseudarthrose → Meves-Platte	Bewegungs- Nachschmerz, Krepitation Indikation: Pseudarthrose, einliegendes Material	Gilchrist 6 Wo (Abd/Flex < 70°) ROM / DMS o.B.
-------	----	---	---------	---	--	--

Pseud. + ohne Meves-P. + Spong.						
20 RL	11	w	Schülerin	Congenitale-# → Rekonstruktionsplatte	Indikation: eingeschränkter Bewegungsumfang, kosmetische Unzufriedenheit, Bewegungsschmerz	14 d modifiz. Gilchrist > Mobilisation; ROM / DMS o.B.
21 RB	18	m	Schüler	Congenitale-# → Rekonstruktionsplatte	Indikation: Schmerzbedingte Bewegungseinschränkung	6Wo Gilchrist mit Pendelübungen; ROM / DMS o.B.
22 SV	9	w	Schülerin	Congenitale-# → Pseudarthrosenresektion und Fibulainterponat, Mini-Rekonstruktionsplatte → Refraktur → Pseudarthrose → Beckenkammspan, Rekonstruktionsplatte	Indikation: Fast komplette Armplexusläsion, Kontrakturen, Schmerz, Indikation: Pseudarthrose (med. Ende: atroph; lat. Ende: hypertroph)	4 Wo Desaultverband; ROM / DMS o.B.

Keine Pseud. + Meves-P. + Spong.						
23 KR	38	m	Student	Direkter Schlag auf Clavicula → Rucksackverband → Meves-Platte	Druck-, Bewegungsschmerz, Krepitation Indikation: 3 Fragment-#	6Wo Gilchrist; (Abd+Elev <90°) ROM / DMS o.B.

Keine Pseud. + Meves-P. + ohne Spong.						
24 EJ	22	m	Koch	Sturz auf ausgestreckten Arm → Rucksackverband → Meves-Platte	Ruhe-, Bewegungsschmerz Indikation: Verkürzung > 20 mm und Dislokation	6Wo Gilchrist; (Abd+Elev <70°) ROM / DMS o.B.
25 FK	19	m	Schüler	Schlag auf Clavicula beim Handball → Rucksackverband → Meves-Platte	Schmerz, Indikation: Mehrfragment-#, deutliche Verkürzung und Fehlstellung	6Wo Gilchrist; (Abd+Flex <90°) ROM / DMS o.B.
26 FR	58	m	Studienrat	Sturz auf Schulter Spitze → Rucksackverband Rekonstruktionsplatte → ME → Refraktur → Meves-Platte	Druck-, Bewegungsschmerz, Krepitation Indikation: Dislokation nicht reponierbar	6Wo Gilchrist; (Abd+Elev <90°) ROM / DMS o.B. AC-Gelenksarthrose
27 HH	39	m	Journalist	Motorradsturz → Rucksackverband → Meves-Platte	Ruhe-, Bewegungsschmerz, fragl. N. suprascapularis-Läsion Indikation: Mehrfragment-# + Scapula-#	6Wo Gilchrist; (Abd+Flex <90°) ROM / DMS o.B.
28 KS	44	m	Architekt	Autounfall → Rucksackverband → Meves-Platte	Druck- Bewegungsschmerz, Krepitation Indikation: 3 Fragment-#	6Wo Desaultverband; (Abd+Elev <70°) ROM / DMS o.B.

29 SE	57	m	Maurer	Motorradsturz → Rucksackverband → Meves-Platte	Bewegungsschmerz, Krepitation Indikation: Verkürzung ca. 30 mm, starke Angulation der Fragmente	6Wo Gilchrist; (Abd+Flex <70°) V.a. Reflexdystrophie
30 TM	22	m	Lagerist	Snowboardsturz → Rucksackverband → Meves-Platte	Bewegungsschmerz, Krepitation Indikation: Dislokation	6Wo Gilchrist; (Abd+Flex <70°) Rot. Frei) lokale Wundinfekt.; Taubheit: Narbenbereich; Narbenkeloid; ROM / DMS o.B.
31 TS	33	w	Studentin	Sturz vom Pferd → Rucksackverband → Meves-Platte	Ruhe-, Druck-, Bewegungsschmerz, Krepitation Indikation: konservativ nicht reponierbar, Durchspießungsgefahr	6Wo Gilchrist (Flex/Abd <70°) ROM / DMS o.B. Narbenkeloid
32 WJ	32	m	Dachdecker	Fahrradsturz → Rucksackverband → Meves-Platte	Bewegungsschmerz, Krepitation, Kribbelparästhesien Indikation: erhebliche Dislokation, nicht reponibel	6Wo Gilchrist; (Abd+Elev <90°) ROM o.B. Dy-sästhesie im Narbenbereich, lokaler Druckschmerz

Keine Pseud. + ohne Meves-P. + ohne Spong.						
33 AC	29	m	Student	Skiunfall → Rucksackverband → Rekonstruktionsplatte	Druck-, Bewegungsschmerz, subjektive Krepitation Indikation: Dislokation konservativ nicht reponibel	6Wo Gilchrist; (Abd+Elev <90°) ROM / DMS o.B.
34 BB	26	w	Studentin	Fahrradssturz auf lat. Schulter → Rucksackverband → Rekonstruktionsplatte	Bewegungsschmerz, Krepitation Indikation: Dislokation lat. Clavic. nach dorsal	6Wo Gilchrist (Flex/Abd <70°) ROM / DMS o.B.
35 HW	19	w	Medien-gestaltung	PKW-dezelerationstrauma in Gurt → Rucksackverband → Meves-Platte zu breit → Rekonstruktionsplatte	Bewegungs- + Ruheschmerz, Indikation: dislozierte- und verkürzte- #	6Wo Gilchrist (Flex/Abd < 90°); Hypästhesie im Narbenbereich, Narbenkeloid; ROM / DMS o.B.
36 LS	53	w	Hausfrau	Autounfall → Rucksackverband → Rekonstruktionsplatte	Bewegungsschmerz, Krepitation Indikation: dislozierte- und verkürzte- #	6Wo Gilchrist (Elev/Abd <70°) AC-Gelenks-arthrose DMS o.B.; eingeschränkte ROM
37 SV	40	m	Arzt	Sturz beim Inlineskaten → Rekonstruktionsplatte + PDS-Kordel	Ruhe- + Beweg.-Schmerz, Krepitation Indikation: dislozierte- und verkürzte- # + Ruptur des coraco-clavic. Bandapparates	6Wo Gilchrist (Flex/Abd < 90°) Druckschmerz über #, ROM / DMS o.B.

Tabelle 51: Patienten Daten; m: männlich / w: weiblich / ROM: Range of Motion / DMS: Durchblutung Motorik Sensibilität; #: Fraktur bzw. Läsion.

Constant-Score Fragebogen

Name:

Operierte Seite:

A – Schmerzen (/15)

- 1 – Haben Sie Schmerzen bei normalen täglichen Aktivitäten?
(keine = 15 Pkt, leichte = 10 Pkt, mittel starke = 5 Pkt, starke = 0 Pkt)
- 2 – In einer Skala von 15 (keine Schmerzen) bis 0 (stärkste Schmerzen),
wie würden Sie die Schmerzen Ihrer Schulter bewerten?
Schmerz = (1+2) / 2

B – Aktivität (/20)

- 1 – Schränkt ihre Schulter Sie im täglichen Leben oder im Beruf ein?
(nein = 4 Pkt, starke Einschränkungen = 0 Pkt)
Beruf:
- 2 – Schränkt ihre Schulter Sie bei sportlicher Betätigung ein?
(nein = 4 Pkt, starke Einschränkungen = 0 Pkt)
Sportart:
- 3 – Schränkt ihre Schulter Sie beim Schlafen ein?
(nein = 2 Pkt, starke Einschränkungen = 0 Pkt)
- 4 – Auf welcher Höhe können Sie ihren Arm sinnvoll gebrauchen?
(Gürtel = 2 Pkt, Xiphoid = 4 Pkt, Hals = 6 Pkt, Scheitel = 8 Pkt,
über Kopf = 10 Pkt)
Aktivität = 1+2+3+4

C – Bewegungsumfang (/40)

- 1 – Flexion: 0-30° (0 Pkt); 31-60° (2 Pkt); 61-90° (4 Pkt); 91-120° (6 Pkt);
121-150° (8 Pkt); >150° (10 Pkt)
- 2 – Abduktion: 0-30° (0 Pkt); 31-60° (2 Pkt); 61-90° (4 Pkt); 91-120° (6 Pkt);
121-150° (8 Pkt); >150° (10 Pkt)
- 3 – Außenrotation: Hand hinter den Kopf, Ellbogen nach vorne (2 Pkt);
Hand hinter den Kopf, Ellbogen nach hinten (4 Pkt); Hand auf den Kopf,
Ellbogen nach vorne (6 Pkt); Hand auf den Kopf, Ellbogen nach hinten
(8 Pkt); Volle Elevation vom Kopf aus (10 Pkt)
- 4 – Innenrotation: Handrücken auf: lateralen Oberschenkel (0 Pkt) ; Gesäß (2
Pkt) ; Sacrum (4 Pkt); LWK 3 (6 Pkt); BWK 12 (8 Pkt);
BWK 7-BWK 8 (10 Pkt)
Beweglichkeit aktiv = 1+2+3+4

D.-Kraft (/25)

Durchschnitt in Kg re.: ; Durchschnitt in Kg li.:
Kraft operierte Seite = Kg x 2

Alter:

Rechtshänder:

Linkshänder:

A+B+C+D =

Berechneter Gesamtwert =
 Durchschnittswerte =

Alter	Männer		Frauen	
	Ø	SD	Ø	SD
21-30	98	4,2	97	4,7
31-40	98	3,4	90	4,1
41-50	92	3,6	80	3,8
51-60	90	3,1	73	2,8
61-70	83	4,2	70	4,0
71-80	75	3,6	69	3,9
81-90	66	3,1	64	2,9
91-100	56	4,3	52	5,1

Tabelle 52: Berechnungsschlüssel Constant Score

Literaturverzeichnis

1. Ballmer F, Lambert S, Hertel R (1998) Decortication and plate osteosynthesis for nonunion of the clavicle. *J Shoulder Elbow Surg* 7: 581 – 585
2. Bauer R, Wasenbelz U (1986) Die stabile Schlüsselbeinosteosynthese mit der Kompressionsplatte nach Meves. *Zentralbl Chir* 111: 414 – 420
3. Böcker W, Denk H, Heitz P (2001) Pathologie, München
4. Boehm T, Mueller T, Rehwald C, Gohlke F, Barthel T, Eulert J (1997) Age and sex related Constant Murley Score. *J Shoulder Elbow Surg* 6: 194
5. Boehme D, Curtis R, DeHaan J, Kay S, Young D, Rockwood C (1991) Nonunion of fractures of the mid-shaft of the clavicle. Treatment with an modified Hagie intramedullary pin and autogenous bone-grafting. *J Bone Joint Surg* 73(8): 1219 – 1226
6. Boyer M, Axelrod T (1997) Atrophic nonunion of the Clavicle – Treatment by Compression Plate, Lag-screw fixation and Bone Graft. *J Bone Joint Surg (Br)* 79-B: 301 - 303
7. Bradbury N, Hutchinson J, Hahn D, Colton C (1996) Clavicular nonunion. 31/32 healed after plate fixation and bone grafting. *Acta Orthop Scand*: 367 - 370.
8. Brinker M, Edwards T, O'Connor D (2005) Estimating the risk of nonunion following nonoperative treatment of a clavicular fracture. *J Bone Joint Surg (Am)* 87-A: 676 - 677.
9. Browner, Jupiter, Levine, Trafton (1998) *Skeletal Trauma. Volume 2: Fractures Dislocations Ligamentous Injuries.* Philadelphia
10. Bruch HP, Trentz O (2001) *Berchtold Chirurgie.* München
11. Canadian Orthopedic Trauma Society (2007) Nonoperative Treatment Compared with Plate Fixation of Displaced Midshaft Clavicular Fractures. *J Bone Joint Surg* 89-A: 1 – 10
12. Canale ST (2003) *Campbell's Operative Orthopedics. Volume 3.* Philadelphia
13. Collinge C, Devinney S, Herscovici D, Dipasquale T, Sanders R (2006) Anterior-inferior Plate of Middle-third Fractures and Nonunions of the Clavicle. *J Orthop Trauma*, 680 – 686
14. Connolly J, Dehne R (1989) Nonunion of the clavicle and thoracic outlet syndrom. *J Trauma* (29), 1127 – 1133
15. Constant CR, Murley AH (1987) A clinical method of functional assessment of the shoulder. *Clin Orthop Relat Res*: 160 - 164
16. Craig EV (1990) *Rockwood and Matsen. Volume 1: The Shoulder.* Philadelphia
17. Craig EV (1996) *Rockwood and Green's. Volume 1: Fractures in Adults.* Philadelphia
18. Craig EV (2004) *Master Techniques in Orthopedic Surgery. The Shoulder.* Philadelphia
19. Demiralp B, Atesalp A, Sehirlouglu A, Yurttas Y, Tasatan E (2006) Preliminary results of the use of Ilizarov fixation in clavicular non-union. *Arch Orthop Trauma Surg*: 401- 405
20. Der Tavitian J, Davison J, Dias J (2002) Clavicular fracture non-union, surgical outcome and complications. *Injury*: 135 - 143
21. Drenckhahn D, Zenker W (1994) *Benninghoff Anatomie. Band 1.* München
22. Duncan SF (2005) Infection after clavicle fractures. *Clin Orthop Rel Res* 439: 74 - 78

23. Duparc J (2005) Chirurgische Techniken in Orthopädie und Traumatologie. Band 2. München
24. Echtermeyer V, Zwipp H, Oestern HJ (1984) Fehler und Gefahren in der Behandlung der Frakturen und Pseudarthrosen des Schlüsselbeins. *Langenbecks Arch Chir* 364: 351 – 354
25. Eskola A, Vainionpää S, Myllynen P, Patiala H, Rokkanen P (1986) Surgery for ununited clavicular fracture. *Acta Orthop Scand* 57 (4): 366 – 367
26. Evans RO, Goldberg JA, Bruce WJ, Walsh W (2004) Reoperated clavicular non-union treated with osteogenic protein 1 and electrical stimulation. *J Shoulder Elbow Surg*: 573 - 575
27. Field LD, Savoie III FH (2003) *Mastercases. Shoulder and Elbow Surgery*. New York
28. Friedrich B, Krine J (1973) Zur Ätiologie der Pseudarthrosen. *M Schr Unfallheilk* 76: 308 – 325
29. Fuchs B, Steinmann S, Bishop A (2005) Free vascularized corticoperiosteal bone graft for the treatment of persistent nonunion of the clavicle. *J Shoulder Elbow Surg*: 264-268
30. Fuchs M, Losch A, Stürmer K (2002) Die operative Behandlung der Klavikulafraktur. *Zentralbl Chir* 127: 479 - 484
31. Gerber C (1992) Integrated Scoring System for the funktional Assessment of the shoulder. Rosemont, Illinois, The American Academy of Orthopaedic Surgeons: 531-550
32. Habermeyer P (2002) *Schulterchirurgie*. München
33. Habermeyer P, Magosch P, Lichtenberg S (2006) *Classifications and Scores of the Shoulder*. Berlin
34. Hackenbruch W, von Gumpfenberg S (1982) Die operative Therapie der Clavicula- Pseudarthrose. *Unfallheilkunde* 85 (11): 478 – 81
35. Hackstock H, Hackstock H (1988) Zur operativen Behandlung von Schlüsselbeinbrüchen. *Unfallchirurg* 91: 64 – 69
36. Hagemann H, Meeder P (1982) Die Schlüsselbeinpseudarthrose – eine vermeidbare Komplikation ? *Unfallchirurgie* 8 (2): 88 – 91
37. Helwig P (2005) Die Behandlung der Klavikula-Pseudarthrose. *Akt Traumatol* 35: 163 – 168
38. Herbsthofer B, Schütz W, Mockwitz J (1994) Indikation zur operativen Versorgung von Klavikulafrakturen. *Akt Traumatol* 24 (7): 263 – 268
39. Hildebrandt G, Arnold G (1976) Osteosynthesen bei Pseudarthrosen (1969 – 1972). *Beitr Orthop u Traumatol* 23: 157 – 159
40. Hill J, McGuire M, Crosby L (1997) Closed treatment of displaced middle-third fractures of the clavicle gives poor results. *J Bone Joint Surg (Br)* 79: 537 – 539
41. Hipp E, Plötz W, Thiemel G (2003) *Orthopädie und Traumatologie*. Stuttgart
42. Hofmann G, Hertlein H, Lob G (1988) Klavikula: Frakturen und Pseudarthrosen. *Hefte Unfallheilk* 195: 211 – 218
43. Huang JL, Toogood P, Chen MR (2007) Clavicular anatomy and the applicability of pre-contoured plates. *J Bone Joint Surg (Am)* 89: 2260 - 2265
44. Jones GL (2000) Nonunion of the fractured clavicle: evaluation, etiology and treatment. *J South Orthop Assoc* (9): 43 - 54
45. Junqueira L, Carneiro J (1996) *Histologie*. Berlin

46. Jupiter J, Leffert R (1987) Nonunion of the clavicle. *J Bone Joint Surg Am*: 753 – 760
47. Kabak S, Halici M, Tuncel M, Avsarogullari L, Karaoglu S (2004) Treatment of midclavicular nonunion: Comparison of dynamic compression plating and low-contact dynamic compression plating techniques. *J Shoulder Elbow Surg*: 396 - 403
48. Kaminski A, Muhr G (2008) Pseudarthrosen. *Orthopädie und Unfallchirurgie* up2date: 41 – 56
49. Kettler M, Schieker M, Braunstein V, König M, Mutschler W (2007) Flexible intramedullary nailing for stabilization of displaced midshaft clavicle fractures. *Acta Orthopaedica* 78 (3): 424 – 429
50. Kloen P, Sorkin A, Rubel I, Helfet D (2002) Anteriorinferior plating of midshaft clavicular nonunions. *J Orthop Trauma*: 425 - 430
51. Klotz A, Hockertz T, Reilmann H (2002) Klavikulafrakturen. *Der Chirurg*: 90 - 100
52. Kortmann H, Boehmer G (2004) Pseudarthrosen an oberer und unterer Extremität. Berlin
53. Laursen M, Dossing K (1999) Clavicular nonunion treated with compression plate fixation and cancellous bone grafting: The funktional outcome. *J Shoulder Elbow Surg*: 410 – 413
54. Lippert H (2006) *Wundatlas*. Stuttgart
55. Lloyd-Roberts G, Apley A, Owwen R (1975) Reflection upon the Aetiology of Congenital Pseudarthrosis of the Clavicle. *J Bone Joint Surg* 57-B: 24 – 29
56. Lossen H (1889) Über Pseudarthrosen der Clavicula: Ein Beitrag zur Lehre von den Pseudarthrosen, Diss. Univ. Würzburg
57. Marsh H, Hazarian E (1970) Pseudarthrosis of the Clavicle. *J. Bone and Joint Surg*: 793
58. Marti R, Nolte P, Kerkhoffs G, Besselaar P, Schaap G (2003) Operative treatment of mid-shaft clavicular non-union. *Int Orthop* 27: 131 - 135
59. McKee M, Wild L, Schemitsch E (2003) Midshaft Malunions of the Clavicle. *J Bone Joint Surg* 85: 790 – 797
60. McKee M, Wild L, Schemitsch E (2004) Midshaft Malunions of the Clavicle – Surgical Technique. *J Bone Joint Surg* 86-A: 37 – 43
61. Meves H (1973) Stabile und funktionsgerechte Osteosynthese von Klavikula-schaftfrakturen und Pseudarthrosen mit einer neuen Kompressionsplatte. *Acta Chir Austr* 4: 78 – 81
62. Müller M, Burger C, Florczyk A, Striepens N, Rangger C (2007) Elastic stable intra medullary nailing of midclavicular fractures in adults – 32 patients followed for 1-5-years. *Acta Orthopaedica* 78 (3): 421 – 423
62. Müller M, Allgöwer M, Schneider R, Willenegger H (1992) *Manual der Osteosynthese: AO-Technik*. Berlin
64. Neer C (1960) Nonunion of the clavicle. *J Am Med Assoc* 172: 1006 -1011
65. Nordqvist A, Peterson C (1994) The incidence of fractures of the clavicle. *Clin Orthop*: 127 – 132
66. Nordqvist A, Petersson C, Redlund-Johnell I (1998) Mid-clavicle fractures in adults: endresult study after conservative treatment. *J Orthop Trauma* 12: 572 – 576

67. Nowak J (2002) Clavicular fractures, Epidemiology, Union, Malunion, Non-union; Comprehensive Summaries of Uppsala Dissertations from the Faculty of Medicine 1176, Acta Universitatis Upsaliensis. Uppsala
68. Nowak J, Holgersson M, Larsson S (2005) Sequelae from clavicular fractures are common - A prospective study of 222 patients. Acta Orthopaedica 76: 496 – 502
69. Olsen B, Vaesel M, Sojbjerg J (1995) Treatment of midshaft clavicular non-union with platefixation and autologous bone grafting. J Shoulder Elbow Surg 4: 337 –344
70. Petrovic I, Davila S, Premuzic I, Zdunic N, Trotic R, Prutki M (2004) Long-Term Outcome of Clavicular Pseudoarthrosis Therapy. Journal of Surgical Research 121: 222 – 227
71. Pfeil J, Grill F, Graf R (1996) Extremitätenverlängerung, Deformitätenkorrektur, Pseudarthrosenbehandlung. Berlin
72. Poigenfürst J, Baumgarten-Hofmann U, Hofmann J (1991) Unstable fractures of the lateral end of the clavicle and principles of their treatment. Unfallchirurgie 17: 131 – 139
73. Poigenfürst J, Rappold G, Fischer W (1992) Plating of fresh clavicular fractures: results of 122 operations. Injury 23(4): 237 – 241
74. Pschyrembel (1998) Klinisches Wörterbuch. Berlin
75. Putz R, Pabst R (2000) Sobotta. Band 1, München
76. Rehm K, Andermahr J, Jubel A (2004) Die intramedulläre Osteosynthese der Klavikula mit einem elastischen Titannagel. Operative Orthopädie und Traumatologie 4: 365 - 379
77. Robinson C (1998) Fractures of the clavicle in the adult. Epidemiology and classification. J Bone Joint Surg Br: 476 – 484
78. Robinson C, Court-Brown C, McQueen M, Wakefield A (2004) Estimating the risk of nonunion following nonoperativ treatment of a clavicular fracture. J Bone Joint Surg 86-A: 1359 – 1365
79. Rockwood Jr. CA, Wilkins KE, Beaty JH (1996) Fractures in Children. Volume 3. Philadelphia
80. Rolf O, Kallmayer M, v. Weyhern A, Stehle J, Gohlke F (2008) Die anatomisch präkonturierte Platte nach Meves – Operative Behandlung von Klavikulapseudarthrosen. Der Orthopäde 37: 457 – 461
81. Rowe C (1988) The Shoulder. New York
82. Schiebler T, Schmidt W, Zilles K (1999) Anatomie. Berlin
83. Schmidt-Rohlfing B, Niedhart C, Schwer E, Niethard F (2001) Die Klavikulapseudarthrose im Kindesalter: Differenzialdiagnose, Klinik, Therapie und Ergebnisse. Z Orthop 139: 447 – 451
84. Schoepp C, Jung W, Schofer M, Kortmann H (2004) Operative Behandlungsergebnisse posttraumatischer Klavikula-Pseudarthrosen bei Sportlern. <http://www.egms.de/en/meetings/dgu2004/04dgu0056.shtml>. Stand 10.12.2007.
85. Schwarz N, Höcker K (1992) Osteosynthesis of irreducible fractures of the clavicle with 2,7 mm ASIF-plates. J Trauma 33 (2): 179 – 183
86. Shalom A, Khermosh O, Wientroub S (1994) The Natural History of Congenital Pseudarthrosis of the Clavicle. J Bone Joint Surg 76-B: 846 – 847
87. Simpson N, Jupiter J (1996) Clavicular Nonunion and Malunion: Evaluation and Surgical Management. J Am Acad Orthop Surg 4 (1): 1 - 8

88. Steffelaar H, Heim U (1974) Sekundäre Plattenosteosynthesen an der Clavicula. Arch Orthop Unfallchir 79(1): 75 - 82
89. Thannheimer A (2006) Klavikulapseudarthrose. Trauma Berufskrankh: 153 – 156
90. Thurn P, Bücheler E, Lackner KJ, Thelen M (1998) Einführung in die radiologische Diagnostik. Stuttgart
91. Wick M, Müller E, Kollig E, Muhr G (2001) Midshaft fractures of the clavicle with a shortening of more than 2 cm predispose to nonunion. Arch Orthop Trauma Surg 122(1): 207 – 211
92. Wilkins R, Johnston R (1983) Ununited fractures of the clavicle. J Bone Joint Surg 65: 773
93. Zlowodzki M, Zelle B, Cole P, Jeray K, McKee M (2005) Evidence-Based Orthopedic Trauma Working Group. Treatment of acute midshaft clavicle fractures: systematic review of 2144 fractures: on behalf of the Evidence-Based Orthopaedic Trauma Working Group. J Orthop Trauma 19: 504 – 507