

Berufsgenossenschaftliche Klinik
für Hand-, Plastische, Rekonstruktive und
Verbrennungschirurgie
an der Universität Tübingen

**Outcome von x-Fuse-Arthrodesen bzw. Vergleich von
x-Fuse-Arthrodesen gegenüber herkömmlichen
Arthrodesen mit Kirschnerdraht und Cerclage**

**Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Medizin**

**der Medizinischen Fakultät
der Eberhard Karls Universität
zu Tübingen**

vorgelegt von

Schlegel, Sina

2018

Dekan: Professor Dr. I. B. Autenrieth

1. Berichterstatter: Professor Dr. A. Daigeler

2. Berichterstatter: Privatdozent Dr. T. Kraus

Tag der Disputation: 04.04.2018

Für Oma und Opa.

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	8
1.1 Grundlagen	9
1.1.1 Der Aufbau der Fingergelenke	9
1.1.2 Die Arthrose	9
1.2 Das x-Fuse Implantat	11
1.2.1 Grundlegendes über das x-Fuse Implantat	11
1.2.2 Das Operationsverfahren	11
1.3 Der Kirschnerdraht mit Cerclage	12
1.3.1 Das Operationsverfahren	12
1.4 Zielsetzung	12
2. Methoden	14
2.1 Studiendesign	14
2.2 Votum der Ethikkommission	14
2.3 Definition der Zielkriterien	14
2.4 Statistische Methoden	14
2.5 Patientenkollektiv	15
2.6 Einschlusskriterien	15
2.7 Ausschlusskriterien	15
2.8 Einwilligung	16
2.9 Studienablauf	16
2.10 Patientenbefragung anhand anerkannten Scores	18
2.10.1 DASH Score	18
2.10.2 Druckschmerz	19
2.10.3 VAS	19
2.11 Untersuchung durch Messinstrumente	19
2.11.1 Jamar Grobkraft	19
2.11.2 Pinch Gauge	20
2.11.3 Der Fingerkuppenhohlhand-Abstand	20
2.11.4 Der Fingernageltisch-Abstand	20
2.11.5 Zwei Punkte Diskriminator	20
2.12 Radiologische Aufnahmen	21
2.13 Operationszeit	21
3. Ergebnisse	22
3.1 Beschreibungen der Untersuchungsgruppen	22
3.1.1 Zusammensetzung des Kollektivs	22

3.1.2 Patientenbezogene Fakten	24
3.1.2.1 Geschlechtsverteilung	24
3.1.2.2 Altersverteilung bei Nachuntersuchung	25
3.1.2.3 Altersverteilung zum Operationszeitpunkt	26
3.1.2.4 Händigkeit	27
3.2 Patientenbefragung	28
3.2.1 DASH Ergebnisse	28
3.2.1.1 DASH 1	28
3.2.1.2 DASH 2	29
3.2.1.3 DASH 3	30
3.2.2 Druckschmerz	31
3.2.3 VAS	32
3.2.3.1 VAS vor der Operation	32
3.2.3.2 VAS nach der Operation	33
3.2.4 Die Zufriedenheit der Patienten	34
3.2.5 x-Fuse Präferenz	35
3.2.6 weitere Durchführung einer Arthrodeese	35
3.3 Ergebnisse der Untersuchung durch Messinstrumente	36
3.3.1 Jamar Grobkraft	36
3.3.2 Spitzkraft mit der Pinch Gauge	38
3.3.3 Streckung der Finger	39
3.3.4 Beugung der Finger	41
3.3.5 Ergebnis der Sensibilität	43
3.4 Ergebnis der radiologischen Aufnahmen	44
3.5 Ergebnis des Operationsdauervergleiches	46
4. Diskussion	48
4.1 Gesamtergebnisse in Bezug auf ältere Patienten	49
4.2 Das Gesamtergebnis in Bezug auf jüngere Patienten	50
4.3 Die betriebswirtschaftliche Sicht des Gesamtergebnis	51
4.5 Gesamtergebnisse der vorliegenden Fakten	52
4.5.1 Diskussion der Ergebnisse der patientenbezogenen Fakten	52
4.5.2 Diskussion der Patientenbefragungen	53
4.5.3 Diskussion der Untersuchungen durch Messinstrumente	55
4.5.4 Diskussion der radiologischen Aufnahmen	58
4.6 Schlussfolgerung	61
5. Zusammenfassung	62

6. Literaturverzeichnis	64
7. Erklärung zum Eigenanteil	68
8. Veröffentlichungen.....	69

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Die Geschlechtsverteilung des Gesamtkollektivs	24
Abbildung 2: Altersverteilung des Gesamtkollektivs	25
Abbildung 3: Altersverteilung zum Zeitpunkt der Operation	26
Abbildung 4: Darstellung der betroffenen Hand in Abhängigkeit der Händigkeit	27
Abbildung 5: Ergebnisse des DASH 1	28
Abbildung 6: Ergebnisse des DASH 2	29
Abbildung 7: Ergebnisse des DASH 3	30
Abbildung 8: Ergebnisse des Druckschmerzes	31
Abbildung 9: Präoperative Schmerzen auf der VAS	32
Abbildung 10: Ergebnis der VAS zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung	33
Abbildung 11: Die Zufriedenheit der Patienten zum Nachuntersuchungszeitpunkt in Form von Schulnoten	34
Abbildung 12: Präferenz einer x-fuse Arthrodesese innerhalb der Kirschnerdraht Gruppe	35
Abbildung 13: Ergebnisse der Grobkraft von Patienten, bei denen die rechte Hand betroffen ist	36
Abbildung 14: Ergebnis der Grobkraft von Patienten, bei denen die linke Hand betroffen ist.....	37
Abbildung 15: Vergleich der Spitzkraft des versteiften Fingers mit dem korrespondierenden der anderen Hand.....	38
Abbildung 16: Mittelwert des Streckdefizits aller Finger im Vergleich zu dem Wert des versteiften Fingers.....	40
Abbildung 17: Mittelwert des Beugedefizits aller Finger und des versteiften Fingers	41
Abbildung 18: Darstellung der 2 PD Mittelwerte aller Finger und die der operierten Finger	43
Abbildung 19: Darstellung der Durchbauungsrate anhand der Grauwerte (x-Fuse: X1-X24, Cerclage: Z1-Z21)	44
Abbildung 20: Darstellung der Durchbauungsrate in Abhängigkeit des Nachuntersuchungs-zeitraumes der x-Fuse Arthrodesese.	45
Abbildung 21: Darstellung der Durchbauungsrate in Abhängigkeit des Nachuntersuchungs-zeitraumes der Cerclage.	46
Abbildung 22: Darstellung der Operationszeit einer Arthrodesese.....	47

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Patientenverteilung	23
Tabelle 2: Operationsdauervergleich für eine Arthrodesese	46
Tabelle 3: Operationsdauervergleich für zwei Arthrodesen.....	47

Tabelle 4: Die Ergebnisse der Durchbauungsraten anderer Studien und anderer Fixierungsmethoden (Ameline et al., 2015) 59

Liste der Abkürzungen

NSAR	nicht steroidale Antirheumatika
MCP	Metacarpophalangealgelenk
DIP	distales Interphalangengelenk (=Fingerendgelenk)
PIP	proximales Interphalangengelenk (= Fingermittelgelenk)
BG U	Berufsgenossenschaftliche Unfallklinik
DASH	disability of arm, shoulder and hand
FKHA	Fingerkuppen-Hand-Abstand
FNTA	Fingernagel-Tisch-Abstand
2 PD	Zwei Punkte Diskrimination

1. Einleitung

Zahlreiche Studien befassen sich weltweit mit der operativen Versteifung von Fingerendgliedern. Dabei sind nicht nur die Möglichkeiten der Arthrodeese, sondern auch deren Indikationen sehr unterschiedlich; neben arthritischen Fingergelenken können auch rheumatische, traumatisch verletzte, instabile oder infizierte Gelenke versteift werden müssen.

Da sich die Bevölkerungsstrukturen in Deutschland dahingehend verändern, dass durch die geburtenstarken Jahrgänge die Anzahl älterer Menschen steigt, müssen wir uns automatisch auf deren Krankheiten einstellen (Statistisches Bundesamt, 2014, Statistisches Bundesamt, 2015b).

Die Arthrose ist ein gängiges Problem des Alterungsprozesses. Bis zu 45 % der Frauen im Alter von 65 Jahren haben Symptome wie Schmerzen auf Grund von Arthrose (Symmons D., 2006). Dabei sind vor allem Knie- und Hüftgelenke betroffen, dicht gefolgt von Fingergelenken, meist Mittel- und Endgelenke (Brooks, 1998).

Durch die steigende Anzahl älterer Menschen, steigt auch die Zahl der betroffenen entzündlich veränderten Gelenke mehr und mehr an und stellt somit eine ernst zu nehmende Erkrankung in jeder Klinik dar. Im Laufe der Zeit wurden viele Behandlungsmöglichkeiten einer Arthrose der Fingerendgelenken herausgearbeitet. Die Spannweite reicht von Denervationen über den Einbau künstlicher Gelenke bis hin zur oben erwähnten operativen Versteifung, einer sogenannten Arthrodeese.

Um die Patienten optimal versorgen zu können, gibt es zahlreiche Studien über die Versteifung entzündlich veränderter Fingerendgelenke allgemein (Arata et al., 2003, Dickson et al., 2014, Konan et al., 2013, Lister, 1978). Doch nur wenige Studien beschäftigen sich mit dem seit 2008 auf dem Markt befindlichen Memometal x-Fuse® Implantat (Stryker, 2014 2014, Stryker, 2012 2014). Doch gerade weil die Nachfrage nach der operativen Arthrodeese steigen wird, sollte die Auswahl des verwendeten Verfahrens auch im Sinne der Wirtschaftlichkeit bestens erforscht sein.

Die vorliegende Studie ist dafür gedacht, das Outcome der x-Fuse Arthrodeese

allgemein und im Vergleich zu dem langjährig verwendeten Kirschnerdraht mit Cerclage zu untersuchen.

1.1 Grundlagen

1.1.1 Der Aufbau der Fingergelenke

Die Hand eines Menschen besteht aus acht einzelnen Handwurzelknochen, den Ossa carpi. Anschließend findet man 5 Mittelhandknochen/ Ossa metacarpi, die zusammen mit den Handwurzelknochen die Handfläche bilden. Zwischen den Mittelhandknochen und den jeweiligen Fingern liegt das Metacarpalgelenk. Die einzelnen Fingerknochen/ Ossa digitorum bestehen aus jeweils drei Teilen, dem proximalen, mittleren und dem distalen Fingerknochen. Dabei besteht der Daumen aus nur zwei Fingerknochen, der mittlere bleibt ausgespart. Außerdem ist das Wurzelgelenk des Daumens ein Sattelgelenk. Zwischen dem proximalen und mittleren Fingerknochen befindet sich das proximale Interphalangengelenk (kurz PIP), zwischen dem mittleren und dem distalen das distale Interphalangengelenk (kurz DIP).

1.1.2 Die Arthrose

Die Bezeichnung Arthrose bedeutet auf Deutsch so viel wie Gelenkverstümmelung oder umgangssprachlich auch Gelenkverschleiß. Durch unterschiedliche Gründe wie Fehlstellungen, Übergewicht und Traumata sind vor allem große Gelenke wie Knie oder Hüften betroffen. Die daraus folgende Fehlbelastung führt nach und nach zu einer Abnützung des sich nicht regenerierenden Gelenksknorpels, welcher brüchiger wird und einreißen kann. Dabei handelt es sich um hyalinen Knorpel, der durch Faserknorpel ersetzt wird. Der Gelenkspalt verschmälert sich, aus abgestorbenen Knochen- und Knorpelzellen bilden sich Geröllzysten. Der direkt unter dem Knorpel befindliche Knochen bildet durch die erhöhte Druckbelastung Osteophyten aus. Im weit fortgeschrittenen Zustand verengt sich der Gelenkspalt zunehmend und es entstehen durch die dauerhaften Reize Gelenkergüsse.

Die Symptome unterscheiden sich je nach Zustand, nehmen allerdings im Laufe der Zeit zu. Dabei gibt es für fast jeden Abschnitt der Arthrose verschiedene Behandlungsmöglichkeiten: Am Anfang kann es helfen, die betroffenen Finger

zu schonen und die Ernährung anzupassen. Später können vor allem in akuten Stadien entzündungshemmende und schmerzlindernde Medikamente wie NSAR helfen. Physiotherapie, Schienen und kühlende Umschläge sind prinzipiell in allen Stadien hilfreich. Doch da Knorpel keine Reparaturfähigkeit besitzt, kann der Knorpelschaden nur verzögert und Symptome gelindert, der eigentliche Gelenkverschleiß aber nicht aufgehalten werden. Die Schmerzintensivität nimmt immer mehr zu. Als Behandlungsoption stehen jetzt die operative Denervation, das Einsetzen eines Kunstgelenks oder die operative Versteifung des betroffenen Gelenks zur Auswahl. (Herold, 2014)

In der vorliegenden Studie wird die Behandlungsoption der künstlichen Versteifung des arthrotischen Fingerendglieds untersucht. Tritt Arthrose in diesem Gelenk auf, bezeichnet man diese spezielle Art als Heberden Arthrose. Ebenfalls auftreten kann sie im Fingermittelgelenk. Dort wird sie allerdings als Bouchard Arthrose bezeichnet und ist nicht Teil der Studie.

1.2 Das x-Fuse Implantat

1.2.1 Grundlegendes über das x-Fuse Implantat

Die Firma Stryker[®] entwickelte 2008 ein neues Implantat in den USA. Bei dem nach seiner Form benannten x-Fuse Implantat handelt es sich um ein intramedulläres Tool, dessen Material aus Nitinol, einer Legierung aus Titan und Nickel besteht.

Durch die spezielle Form und das Material selbst wird eine gewisse Elastizität garantiert, welche beim Einsetzen des Implantats benötigt wird. Die vorgeformte Form dehnt sich etwas im Knochenmark aus. Dabei weiten sich die distalen und proximalen Ärmchen des x-förmigen Implantats aus. Dadurch werden einerseits der mittlere und der distale Fingerknochen näher zusammengezogen, was die Durchbauung fördern soll. Andererseits erlangt das Implantat mehr Stabilität, was wiederum dazu führt, dass das Implantat sicher an der eingesetzten Stelle gehalten wird.

Das x-fuse Implantat gibt es in vier verschiedenen Größen (Small/ Standard/ Large/ Extra-large) und 3 unterschiedlichen Winkeln (0°/15°/25°). Durch diese vielseitige Auswahl kann eine individuelle Anpassung sowie ein guter Sitz garantiert werden. (Stryker, 2012, Stryker, 2014)

1.2.2 Das Operationsverfahren

Die Operation wird in der BG Unfallklinik Tübingen in Regionalanästhesie mit Plexusblock und in Blutleere durchgeführt. Der Zugang erfolgt H-förmig dorsal über dem Fingerendgelenk (Beasley, 2003). Der Gelenkspalt wird dargestellt, nachdem die Strecksehne durchtrennt wird. Nun können der distale und proximale Gelenksteil in Abhängigkeit vom späteren Beugegrad durchtrennt und abgefräst werden. Mit einem 2 mm Draht wird der Knocheninnenraum aufgefunden, kanalisiert und mit einer Knochenmarksfräse aufgebohrt und vergrößert. Der Markraum wird mit verschiedenen großen Raspeln, die in dem x-fuse Kit vorhanden sind, vorbereitet. Nun kann ein Probeimplantat eingebracht werden, um die Größe, den Winkel und die Vorarbeit zu kontrollieren. Erst danach wird das endgültige Implantat eingebracht, in dem die längeren Teile des x-förmigen Implantats komprimiert werden und in den proximalen Phalangenknochen eingebracht werden. Der kurze Teil des Implantats wird

ähnlich eingebracht; die Ärmchen werden wiederum komprimiert und der distale Teil des Fingers darübergestülpt. Anschließend wird für etwa eine Minute manueller Druck auf das Gelenk ausgeübt. Zum Schluss wird noch einmal in a.p. und seitlicher Aufnahme geröntgt, die Lage kontrolliert und der Wundverschluss vorgenommen.

Der Finger wird steril verbunden und der Arm für 3-7 Tage in eine Unterarmschiene in IP-Stellung des Fingers fixiert. Später wird eine thermoplastische Schiene angelegt, die bis zum radiologischen Nachweis einer knöchernen Durchbauung verbleibt. Dabei handelt es sich um etwa 6 Wochen.

1.3 Der Kirschnerdraht mit Cerclage

Die BG Unfallklinik Tübingen verwendete bisher als Standard eine Arthrodesese mittels Kirschnerdraht und Cerclage.

1.3.1 Das Operationsverfahren

Der operative Zugang erfolgt in der gleichen Art und Weise, wie für das x-Fuse Implantat. Nachdem die abgesägten Knochenflächen glatt abgefräst werden, werden zwei transversale Kanäle in den mittleren und den distalen Phalangenknochen gebohrt. Dafür wird ein 0,8 mm breiter Kirschnerdraht verwendet, der in den proximalen und distalen Teil der abgeschliffenen Knochenenden angebracht und zum durchbohren verwendet wird. Durch diese Kanäle wird eine 0,6 mm Cerclage aus Edelstahl geschoben. Als nächster Schritt wird ein 1,0 oder 1,2 mm Kirschnerdraht antegrad in den distalen, dann retrograd in den mittleren Phalangen eingebracht. Die Cerclage wird unter Röntgenkontrolle zugezogen, die Enden verdreht und im Weichteilgewebe eingebettet. Am Schluss wird der axiale Kirschnerdraht kurz unter dem Hautniveau abgeschnitten.

Der postoperative Verband entspricht dem des x-Fuse Implantats. Der Kirschnerdraht wird nach 6 bis 8 Wochen wieder entfernt.

1.4 Zielsetzung

Das Ziel der vorliegenden Studie ist, den Therapieerfolg des x-Fuse Implantats im Allgemein festzustellen und das momentane Wissensspektrum der

medizinischen Therapien zu erweitern. Um dies zu ermöglichen, wurde die Fragestellung sehr breit gestellt und es wurden viele verschiedene Tests durchgeführt. So wurden nicht nur subjektive Kriterien wie beispielsweise der DASH Fragebogen, sondern auch objektive Kriterien wie radiologische Aufnahmen untersucht.

Darüber hinaus sollen die Ergebnisse mit denen der Alternativmethode, das heißt Kirschnerdraht mit Cerclage verglichen werden.

Am Ende erhoffen wir uns eine klare Aussage über die Qualität des x-Fuse Implantats machen und es im Vergleich zu anderen Methoden einschätzen zu können.

2. Methoden

2.1 Studiendesign

Bei der durchgeführten Studie handelt es sich um eine klinisch-retrospektive Studie. Der untersuchende Prüfarzt durfte erst nach der Untersuchung das Röntgenbild mit der darauf ersichtlichen Arthrodeseseform begutachten. Die Untersuchung wurde damit weitestgehend einseitig verblindet durchgeführt.

2.2 Votum der Ethikkommission

Unter der Nummer 532015 gab die zuständige Ethikkommission der Universität Tübingen ihr zustimmendes Votum zu unserer Studie ab.

2.3 Definition der Zielkriterien

Ziel der durchgeführten Studie ist es, den Therapieerfolg der x-Fuse Arthrodesen zu ermitteln und diesen mit Arthrodesen durch den Kirschnerdraht und Cerclage zu vergleichen.

2.4 Statistische Methoden

Die Erfassung der Daten erfolgt handschriftlich auf einem Datenerfassungsblatt. Nach den jeweiligen Nachuntersuchungen werden alle Daten in eine Excel-Datenbank übernommen, anonymisiert und in SPSS transferiert. Die statistischen Berechnungen werden alle in SPSS berechnet, Diagramme und Tabellen werden teils ebenfalls in SPSS oder Excel erstellt. Um die Durchbauungsrate der radiologischen Aufnahmen zu erfassen, wurde Chili[®] digital radiology verwendet (CHILI[®], 2004).

Für die statistische Auswertung wurde die methodische Beratung des Instituts für Klinische Epidemiologie und angewandte Biometrie der Universität Tübingen in Anspruch genommen. Dieses empfiehlt aufgrund der vielen verschiedenen Fragestellungen, keine Signifikanz Berechnung zu unternehmen. Jede Testung bringt eine gewisse Fehlerwahrscheinlichkeit mit sich, die sich bei der vorliegenden Testanzahl summieren würde.

2.5 Patientenkollektiv

Es wurden alle Patienten telefonisch rekrutiert, die im Zeitraum von 2008 bis 2013 eine operative Versteifung des Fingerendglieds mittels x-Fuse Arthrodesese oder Kirschnerdraht und Cerclage in der BG Unfallklinik Tübingen durchführen ließen, den unten genannten Einschlusskriterien entsprechen und sich nach ausführlicher Aufklärung zur Teilnahme an der von uns durchgeführten Studie bereit erklärten.

Insgesamt haben 98 Patienten eine Operation einer Heberden Arthrose an der BG Unfallklinik im beschriebenen Zeitraum durchführen lassen. In der hier beschriebenen retrospektiven Studie konnten 36 der behandelten Patienten nachuntersucht werden. Sieben Teilnehmer wurden an mehreren Fingern oder Händen operiert, so dass insgesamt die Daten von 48 operierten Fingern vorliegen.

2.6 Einschlusskriterien

An der Studie nahmen ausschließlich volljährige Patienten teil, die sprachlich und inhaltlich die geplante Nachuntersuchung und Befragung mit ihren Risiken und Grenzen nachvollziehen konnten, um in diese einzuwilligen. Eine obere Altersgrenze wurde nicht festgelegt.

Die Patienten mussten zwischen 2008 und 2013 eine operative Behandlung einer Heberden-Arthrose erhalten haben.

Prinzipiell konnten alle Patienten, die die Einschlusskriterien erfüllten, an der Studie teilnehmen. Die Teilnahme erfolgte völlig freiwillig und aus eigenem Willen, die Rekrutierung erfolgte telefonisch.

2.7 Ausschlusskriterien

Multimorbide Patienten, Stillende und Schwangere sowie Minderjährige wurden von der Studie ausgeschlossen. Ein weiteres Ausschlusskriterium war eine nach der chirurgischen Behandlung eingetretene Verletzung (Fraktur, Quetschungen) der Finger und/oder der betreffenden Hand. Außerdem ausgeschlossen wurden jene Patienten, bei denen auf Grund eines Traumas oder Infektionen eine Versteifung des Fingerendgelenks notwendig wurde. Die

persönliche Ablehnung der Studienteilnahme durch den Patienten zählte ebenfalls als Ausschlusskriterium.

2.8 Einwilligung

Jeder Teilnehmer hatte nach persönlicher Aufklärung über die Studienbedingungen und den Studienablauf freiwillig und schriftlich der Teilnahme zuzustimmen.

2.9 Studienablauf

Die Patienten wurden in einem Zeitrahmen von 6 Monaten telefonisch zu einer Nachuntersuchung eingeladen und über eine mögliche Studienteilnahme informiert. In der Klinik wurden mögliche Kandidaten über die Teilnahme an der Studie gründlich aufgeklärt und mussten die notwendige Einwilligungserklärung unterschreiben. Nun bekamen die Patienten den DASH Fragebogen ausgeteilt, den sie ausfüllen sollten.

Es handelte sich um eine einmalige Nachuntersuchung. Die folgenden Ergebnisse wurden auf einem speziell entworfenen Fragebogen tabellarisch erfasst.

Nach ausführlicher Inspektion des betroffenen Fingers wurden sämtliche Auffälligkeiten wie schlechtes Nagelwachstum, Narbenbildung, eventuelle Schwellungen oder Rötungen vermerkt.

Die Beweglichkeit beider Hände wurde im Seitenvergleich dokumentiert und mit dem Finger-Nagel-Tisch-Abstand (kurz FNTA) und dem Finger-Kuppen-Hohlhand-Abstand (kurz FKHA) in Zentimeter angegeben.

Bei dieser Untersuchung wurde zusätzlich die Grobkraft der Hand anhand des Jamar-Dynamometers in Kilogramm gemessen. Außerdem wurde die Spitzkraft mit Hilfe eines Pinchmeters im Seitenvergleich gemessen. Die Fingersensibilität wurde anhand der 2 Punkte-Diskrimination mit einem Zweipunktendiskriminator untersucht.

Beim Ausüben eines manuellen Druckes dorsal und palmar der Arthrothese konnte unter Umständen ein Druckschmerz ausgelöst werden. Dies wurde auch durch tangentialen Druck überprüft.

Weiterhin wurde die Schmerzempfinden mittels Visueller Analogskala (kurz VAS) vor der Operation und zum Untersuchungszeitpunkt ermittelt. Die Patienten benoteten nach Schulnotensystem ihre Zufriedenheit mit der Operation. Dabei sollten die postoperativen und aktuellen Schmerzen, Komplikationen und die aktuelle Alltagsbewältigung berücksichtigt werden.

Erst nach der Nachuntersuchung und nach der Befragung inspizierte der Prüfarzt ein vorhandenes Röntgenbild. Dieses wurde bei einer routinemäßigen Nachuntersuchung, die im Anschluss an jede Operation durchgeführt wurde, aufgenommen. Dabei untersuchte der Prüfarzt die knöchernen Durchbauung und sah den Typ durchgeführten Arthrodesen. Erst jetzt konnte der Prüfarzt den Patienten sicher einer der beiden Gruppen zuordnen.

Am Ende wurde die mit Kirschnerdraht und Cerclage behandelte Patientengruppe noch über eine Präferenz der x-Fuse Operation, die nur eine Operation bedeutet, befragt. Mögliche Fragen seitens des Patienten über den DASH Fragebogen konnten jetzt besprochen werden.

2.10 Patientenbefragung anhand anerkannten Scores

2.10.1 DASH Score

Der DASH (disability of arms, shoulder and hand) –Score, entwickelt von der “American Academy of Orthopaedic Surgeons” (AAOS), dem “Council of Musculoskeletal Speciality Societies” (COMSS) und dem “Institute for Work and Health” (Toronto, Kanada), ist ein Messinstrument für die Erfassung des Behinderungsgrades von Schulter, Arm und Hand im Alltagsleben (Dubert et al., 2001). Das Besondere an dem DASH Score ist, dass er einzig und allein die subjektive Wahrnehmung der Patienten erfasst. Dadurch können auch Behandlungsergebnisse unterschiedlicher Eingriffe bei der gleichen Erkrankung der oberen Extremität miteinander verglichen werden (Germann et al., 1999, Jester et al., 2005). Damit handelt es sich um ein reliables und valides Messinstrument, welches die funktionellen Einschränkungen messen kann (Kitis et al., 2009).

Inhaltlich wird der DASH-Score in drei Teile aufgeteilt:

Teil 1 Funktion/ Behinderung

Teil 2 Symptomatik

Teil 3 spezielle Funktionalität

Der 1. Teil besteht aus 21 Fragen über den Umgang und die Bewältigung alltäglicher Dinge. Teil 2 besteht aus 9 Fragen über die Symptomatik der Erkrankung und vegetativen Einschränkungen.

Der Teil 3 besteht aus 2 x 4 Fragen über die Einschränkung in sportlichen und instrumentalen bzw. beruflichen Ebenen. Dieser Teil war nicht primär Bestandteil der Studie und wurde nur bei Bedarf ausgefüllt.

Jede Frage wird auf einer Skala von eins bis fünf beantwortet. Der Score wird folgendermaßen berechnet:

$$\text{DASH-Wert} = 25 \times \left[\frac{(\text{Summe der } n \text{ Antworten})}{n} - 1 \right]$$

Wobei n der Anzahl beantworteter Fragen entspricht. Sobald mehr als 3 Fragen nicht beantwortet wurden, kann der DASH-Wert nicht berechnet werden.

Ein Ergebnis von 0 entspricht dabei dem besten Wert, also einer guten Funktion ohne Einschränkungen. Ein Wert von 100 dagegen entspricht einer vollständigen Funktionslosigkeit bzw. Beeinträchtigung.

2.10.2 Druckschmerz

Bei dieser Untersuchung wird Druck über der operierten Stelle und lateral am Finger ausgeübt.

2.10.3 VAS

Für die Erfassung der Schmerzen im betroffenen Finger verwendeten wir die VAS. Die Patienten geben einen Wert auf einer Skala zwischen 0 und 10 an, wobei 0 keine Schmerzen und 10 unerträgliche Schmerzen darstellt. Dabei wurde nach den aktuellen Schmerzen im betroffenen Finger und nach der Schmerzintensivität vor der Operation gefragt.

Die Visuelle Analog Skala stellt ein rein subjektives Messinstrument mit guter Empfindlichkeit für Veränderungen dar (Schomacher, 2008).

2.11 Untersuchung durch Messinstrumente

2.11.1 Jamar Grobkraft

Das Jamar Grobkraft Dynamometer ist ein hydraulisches Messinstrument mit verstellbarem Handgriff (Kretschmer, 2014), (Waldner-Nilsson Brigitta, 2013).

Wir verwenden die dritte Position. Das erreichte Ergebnis wird in Kilogramm (kg) und Pounds (lbs) angezeigt. Durchschnittlich erreichen laut Literatur Männer Werte von 30,4 - 70,4kg und Frauen von 24 - 38,6kg. (Kretschmer, 2014), (Waldner-Nilsson Brigitta)

Die Probanden mussten bei aufrechter Sitzhaltung und ausgestrecktem Arm den Dynamometer dreimal im Wechsel mit rechts und links drücken. Aus diesen drei Werten wurde ein Mittelwert berechnet, welcher dann für die Statistik verwendet wurde.

Das Jamar Hand Dynamometer wird unter anderem von der "American Society of Hand Therapists" (ASHT) als reliables und valides Messinstrument empfohlen und daher auch in der vorliegenden Studie verwendet (Fess, 1992), (Mathiowetz et al., 1984), (Waldner-Nilsson Brigitta).

2.11.2 Pinch Gauge

Für die Bestimmung der Spitzkraft wurde die Pinch Gauge verwendet. Der gemessene Druck zwischen Daumen und einem anderen Finger wird jeweils in Kilogramm (kg) und Pounds (lbs) angegeben. Die Probanden sitzen in der Position nach Richards LG (Richards et al., 1996) und müssen in Supination im Spitzgriff die Pinch Gauge jeweils einmal kurz und möglichst fest drücken.

Nach Bechtol kann die Griffstärke der dominanten Hand um bis zu 10% höher sein (Bechtol, 1954).

Für die Statistik wurde der Wert, der mit dem versteiften Finger erreicht wurde, mit dem des korrespondierenden Fingers verglichen.

2.11.3 Der Fingerkuppenhohlhand-Abstand

Der FKHA wird zu Beginn der Untersuchung an beiden Händen in cm ausgemessen. Patienten müssen dafür einmal mit jeder Hand eine Faust machen. Erreicht der Fingernagel dabei nicht die Hohlhand, wird dieser Abstand gemessen.

2.11.4 Der Fingernageltisch-Abstand

Beim FNTA strecken die Probanden ihre Hand mit dem Handrücken zur Tischoberfläche aus. Können sie dabei den Tisch mit ihren Nägeln nicht berühren, wird dieser Abstand zwischen Fingernagel und Tisch in cm gemessen.

2.11.5 Zwei Punkte Diskriminator

Um die Qualität der Fingersensibilität messen zu können, verwenden wir einen Zwei-Punkte-Diskriminator. Mit Hilfe dieses sternförmigen Geräts können Punkte zwischen 0,2cm und 1,5cm Abstand aufgetragen werden. Die Spitzen werden parallel zur Fingerachse aufgelegt und sowohl die radiale als auch die ulnare Sensibilität jedes Fingers überprüft.

Es wurde bei 0,5cm begonnen. Der Abstand wurde kontinuierlich verkleinert, bis der kleinstmögliche Abstand der Spitzen gefunden wird.

Je kleiner der gemessene Abstand, desto besser ist das Auflösungsvermögen. Dieses ist von der Dichte der Berührungsrezeptoren abhängig. Die American

Society for Surgery of the Hand sieht Abstände von weniger 6mm als normal und Werte über 10 mm als pathologisch (Fess E., 1978), (Gelberman, 1978).

2.12 Radiologische Aufnahmen

Im Rahmen der postoperativen Nachuntersuchung wurden Röntgenbilder der Arthrodesen aufgenommen um die Durchbauung zu untersuchen. Durch das Programm Chili[®] digital radiology (CHILI[®], 2004) konnte die Durchbauung trotz unterschiedlicher Grautönungen erfasst und verglichen werden.

2.13 Operationszeit

Um die Wirtschaftlichkeit der Implantate zu vergleichen, werden die jeweiligen Operationszeiten in Minuten gegenübergestellt. Die Zeit wurde dabei vom Schnitt bis zum Nahtende gemessen.

3. Ergebnisse

Die hier dargestellten Ergebnisse bezüglich der Spitz- und Grobkraft, Zufriedenheit der Patienten, der Anzahl durchgeführter Operationen, OP Zeiten, Durchbauung der Arthrodese, des Schmerzniveaus und des DASH Scores wurden 2015 in Form eines Vortrags an der 46. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Plastischen-, Rekonstruktiven und Ästhetischen Chirurgie veröffentlicht (Micheel M. et al., 2015).

3.1 Beschreibungen der Untersuchungsgruppen

3.1.1 Zusammensetzung des Kollektivs

Von 2008 bis 2013 erhielten 37 Patienten das x-Fuse Implantat, von denen wir 25 Fälle in unsere Studie einschließen konnten. Zusätzlich konnten wir drei Patienten, denen eine Teilnahme auf Grund der Entfernung zum Klinikum verwehrt blieb, telefonisch befragen. Deren Ergebnisse sind zwar positiv, jedoch auf Grund der mangelnden Kontrolle nicht in den folgenden Ergebnissen aufgelistet.

In die alternative Kirschnerdraht Arthrodese Gruppe konnten wir von 61 Patienten 23 einschließen.

Von den 50 nicht untersuchten Patienten erfüllten 24 nicht die Einschlusskriterien, fünf konnten nicht erreicht werden, eine Person ist bereits verstorben und sechs wollten nicht an der Studie teilnehmen. Drei der x-fuse Patienten konnten zwar nicht in die BG Unfallklinik kommen, waren aber bereit, am Telefon einige Fragen zu beantworten. Sie sind unter „Verweigerung“ aufgelistet. Ein großes Problem stellten die meist veralteten Telefonnummern da, so dass die Patienten trotz aufwändiger Recherche nicht erreicht werden konnten.

Tabelle 1: Patientenverteilung

	x-Fuse	K-Draht und Cerclage	Summe
Anzahl Patienten	37	61	98
Erfolgreiche Teilnahme	25	23	48
Keine Teilnahme:	12	38	50
Falsche Telefonnummer	4	10	14
Ausschlusskriterien	2	22	24
Verweigerung	4	2	6
Nicht erreicht	2	3	5
Verstorben		1	1

Bei immerhin 24 Patienten kam es wegen diversen Ausschlüssen wie traumatisch bedingten Operationen und Infektionen zum Ausschluss. Alle anderen unter 2.8 aufgeführten Ausschlusskriterien traten nicht auf.

3.1.2 Patientenbezogene Fakten

3.1.2.1 Geschlechtsverteilung

Unter den 48 nachuntersuchten Fällen waren 39 Frauen und 9 Männer. Damit waren 81,25 % der Fälle weiblich.

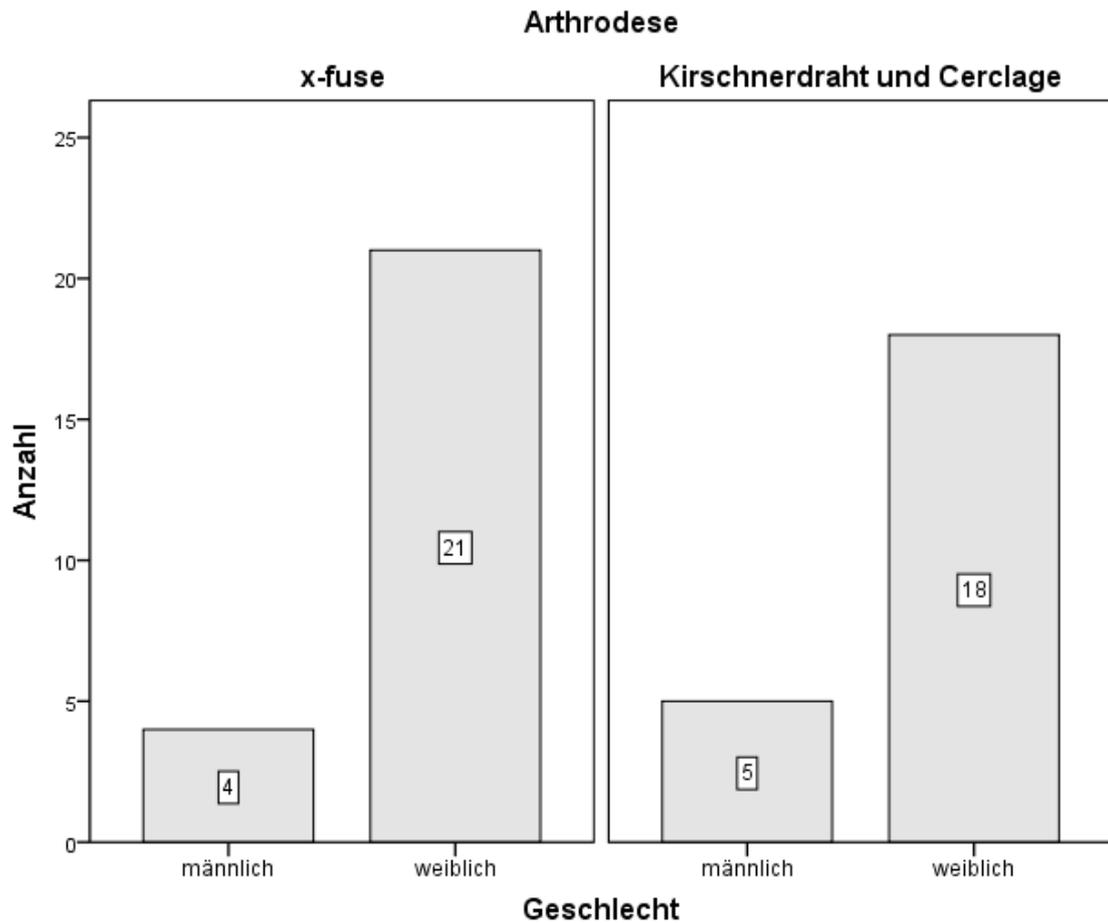


Abbildung 1: Die Geschlechtsverteilung des Gesamtkollektivs

3.1.2.2 Altersverteilung bei Nachuntersuchung

Die Altersverteilung des Gesamtkollektivs zum Zeitpunkt der Datenerhebung ist leicht rechtsschief. In einer Bandbreite von 48 bis 86 Jahren befindet sich der Median bei 63 Jahren.

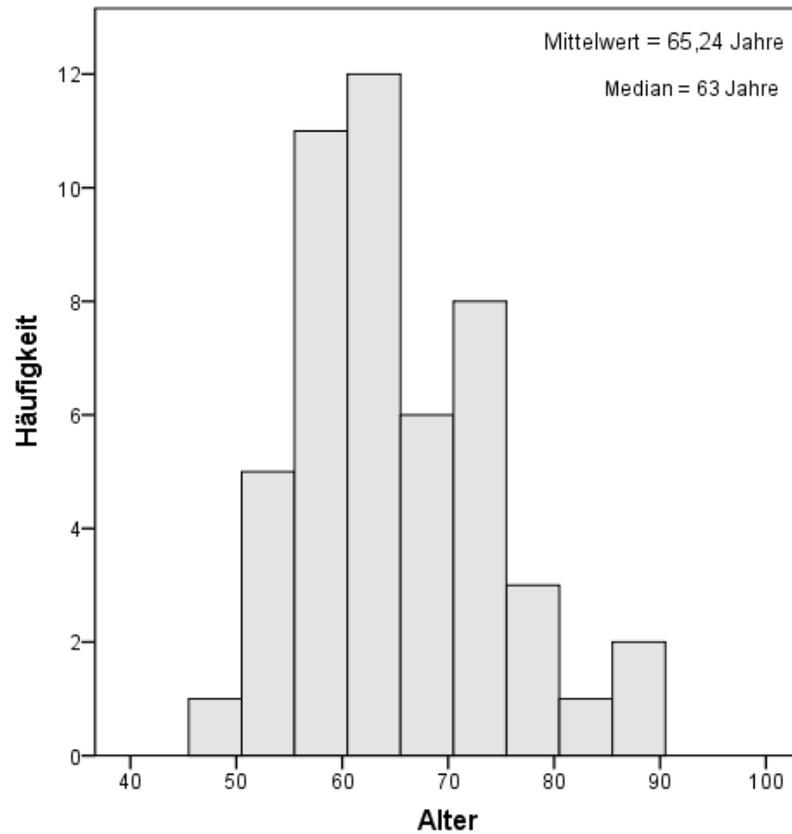


Abbildung 2: Altersverteilung des Gesamtkollektivs

3.1.2.3 Altersverteilung zum Operationszeitpunkt

Das Patientenalter zum Zeitpunkt der Operation unterscheidet sich zwischen den beiden Gruppen nur geringfügig.

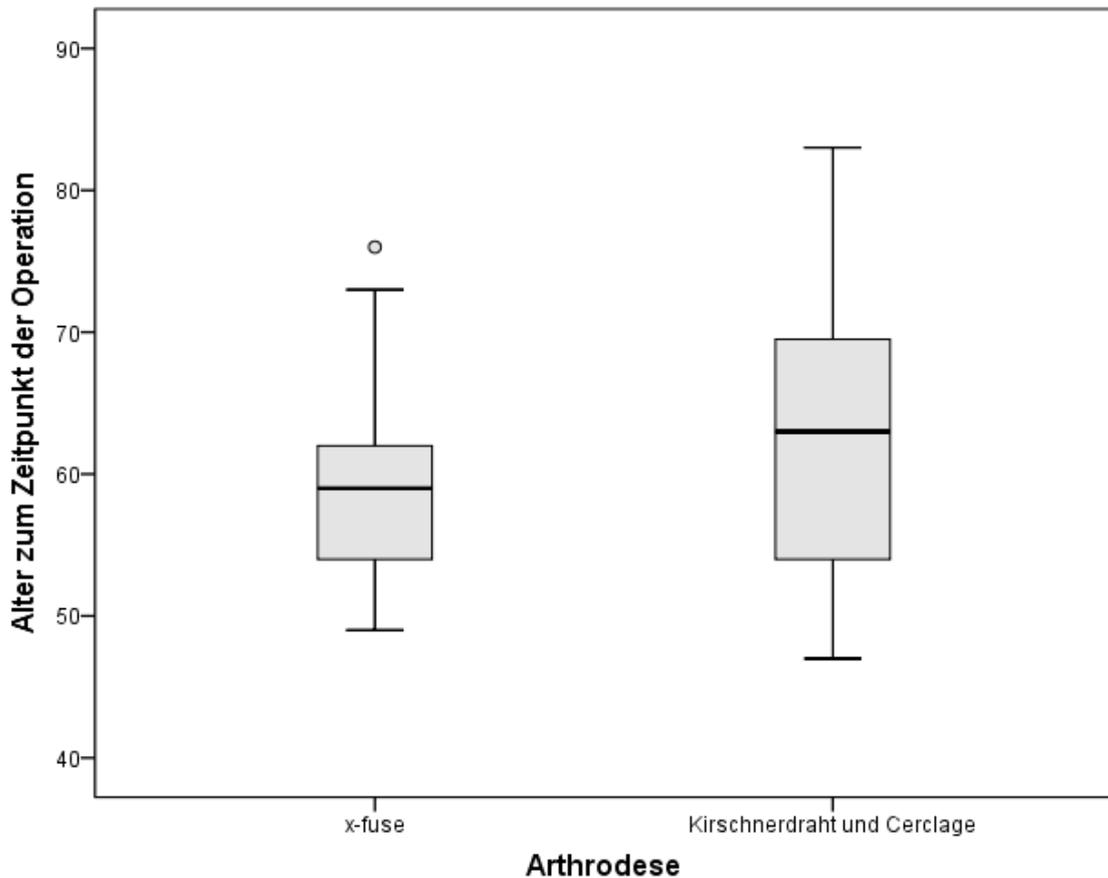


Abbildung 3: Altersverteilung zum Zeitpunkt der Operation

Die Patienten mit x-Fuse Arthrodeese haben einen Alters-Median von 59 Jahren und eine Standardabweichung von 7 Jahren. Die Bandbreite ist etwas kleiner als die der Kirschnerdraht und Cerclage Gruppe und liegt zwischen 49 und 76 Jahren.

Patienten mit einem Kirschner Draht mit Cerclage haben eine größere Bandbreite von 47 bis 83 Jahren und einen Median von 63 Jahren. Sie sind damit im Durchschnitt 4 Jahr älter als die Patienten mit x-Fuse Arthrodeese. Die Standardabweichung liegt bei 10 Jahren.

3.1.2.4 Händigkeit

Unter den Teilnehmern befanden sich 47 (98%) Rechtshänder und 1 (2%) Linkshänder. Die Seitenverteilung ist in Abbildung 4 dargestellt.

Zu 62,5% (30 Fälle) war die rechte Hand des Patienten betroffen, zu 37,5% (18 Fälle) ihre linke. Von den insgesamt 48 Teilnehmern war bei 29 (60,4%) Teilnehmer die dominante Hand, zu 39,6% (19 Fälle) die nicht dominante Seite betroffen.

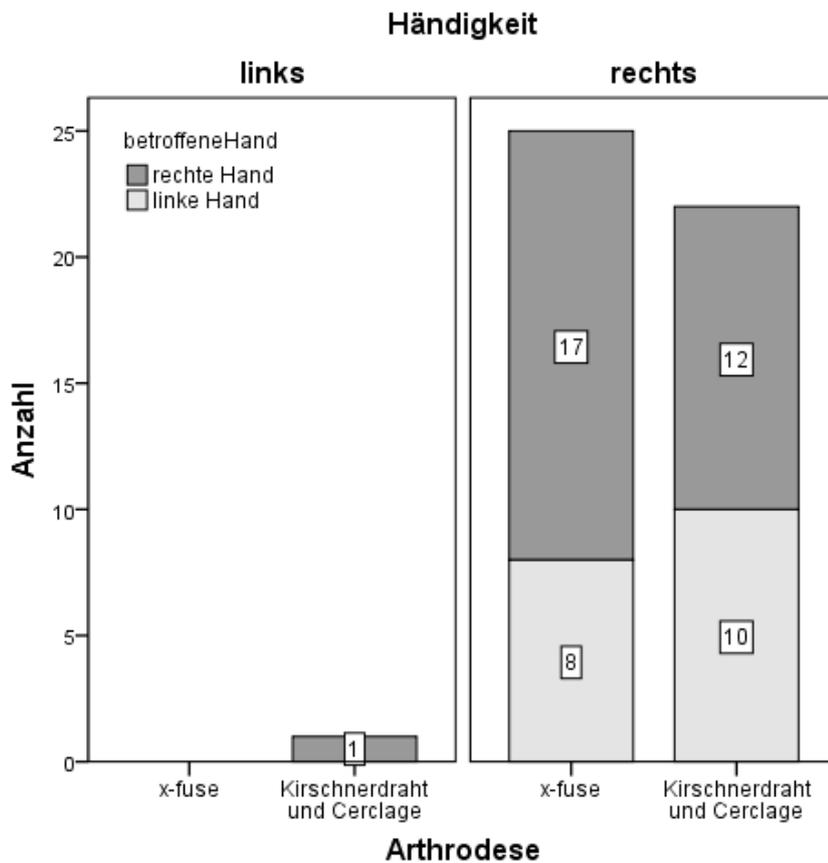


Abbildung 4: Darstellung der betroffenen Hand in Abhängigkeit der Händigkeit

3.2 Patientenbefragung

3.2.1 DASH Ergebnisse

3.2.1.1 DASH 1

In der Abbildung 5 sind die Ergebnisse des DASH 1 dargestellt. Bei maximaler Einschränkung durch die operative Versteifung konnten die Patienten einen Score von 100 Punkten erreichen. Wurde die maximale Funktion wieder erreicht, lag der DASH Score bei 0. Alle Patienten haben den DASH 1 Fragebogen ausgefüllt.

Die Patienten des x-Fuse Implantats erreichten einen Median von 23,3 Punkten. Dabei erreichten 2 die Bestmarke von 0 Punkten. Die Spannweite geht von 0 bis 49 Punkten.

Bei dem Kirschnerdraht mit Cerclage erreichten 4 Patienten die Bestmarke von 0 Punkten. Die Spannweite liegt zwischen 0 und 75 Punkten. Die Patienten in dieser Gruppe erreichten einen Median von 17,5 Punkten.

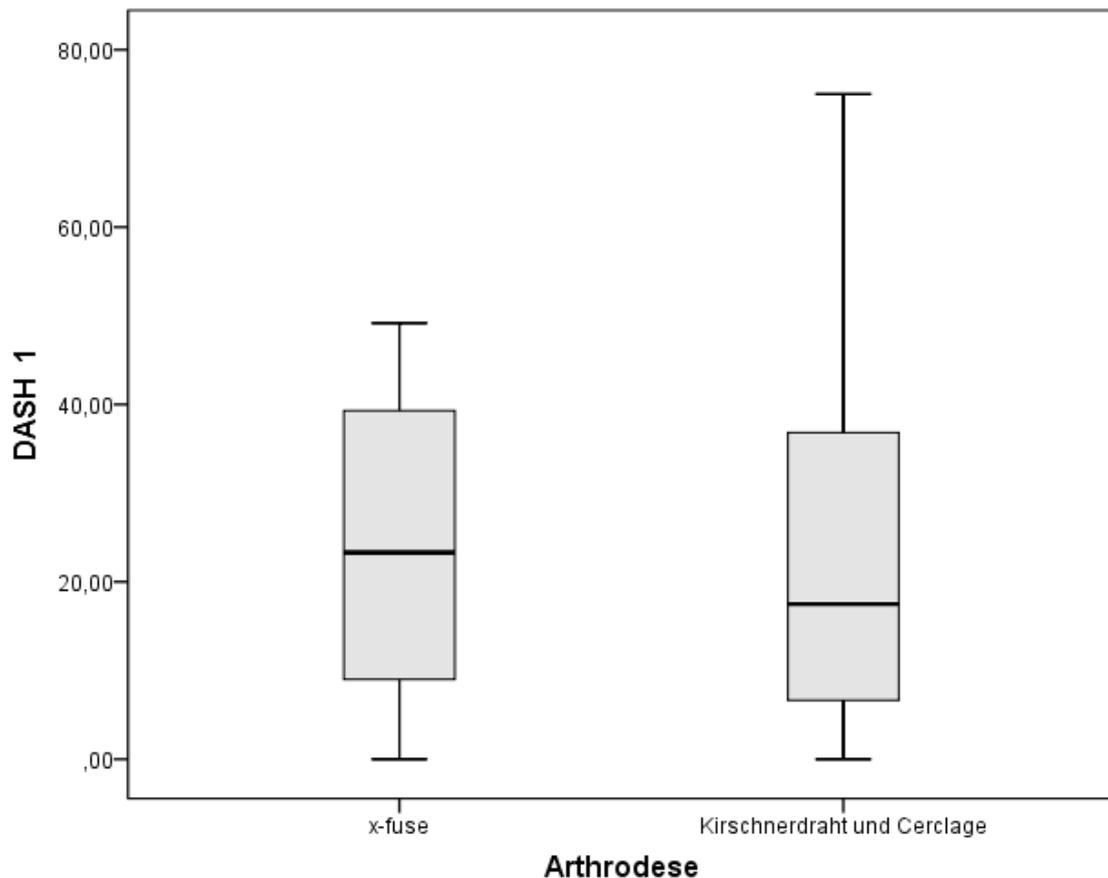


Abbildung 5: Ergebnisse des DASH 1

3.2.1.2 DASH 2

Den DASH 2 haben nur 25 Personen ausgefüllt, davon 14 Patienten mit x-Fuse Arthrodesen und 10 mit Kirschnerdraht.

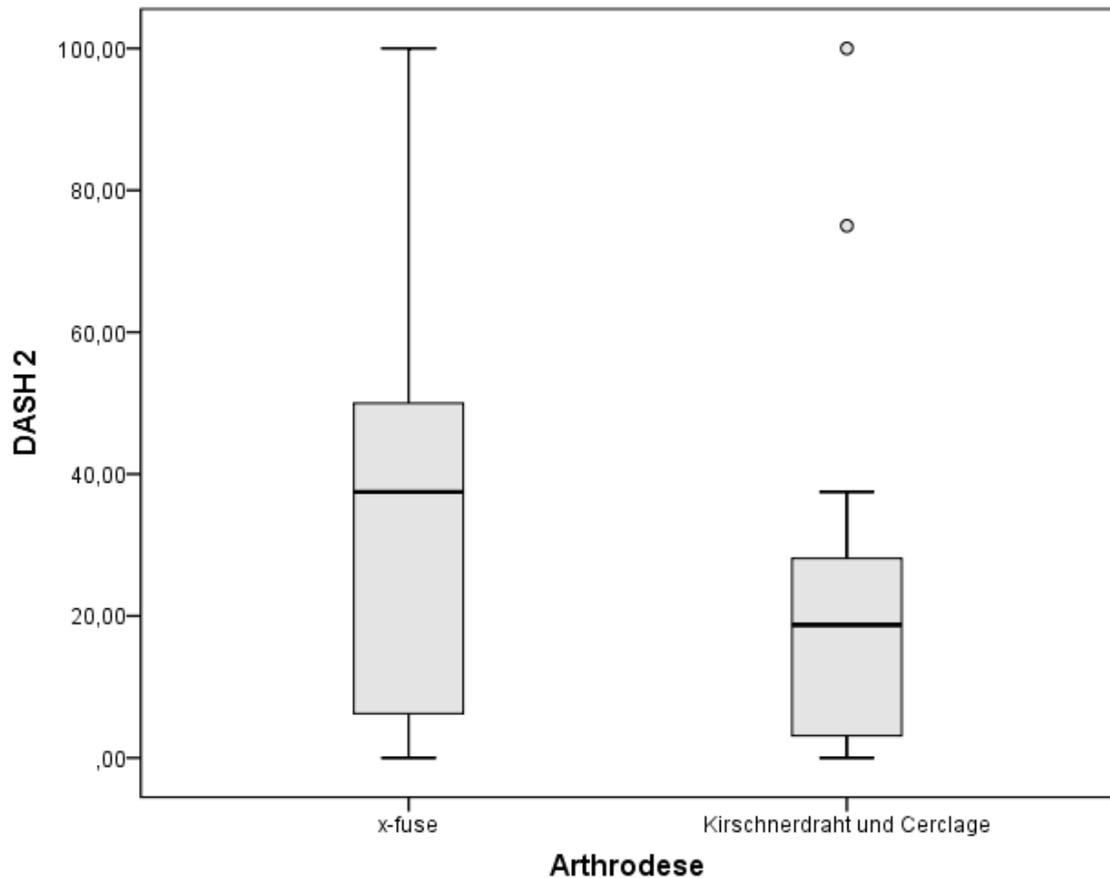


Abbildung 6: Ergebnisse des DASH 2

Die 14 Teilnehmer mit einem x-Fuse Implantat erreichten einen Median von 37,5 Punkten. Die Spannweite geht von 0 bis 100 Punkten, dabei erreichten 3 Patienten den Bestwert von 0 Punkten. Einer erreichte die maximale Punktzahl von 100 Punkten.

Die 10 Teilnehmer mit einem Kirschnerdraht erreichten einen Median von 18,75 Punkten. Die Spannweite geht ebenfalls von 0 bis 100 Punkten. Es erreichten ebenfalls 3 Patienten den Bestwert von 0 Punkten und einer 100 Punkte.

3.2.1.3 DASH 3

Genau 26 Patienten haben den DASH 3 ausgefüllt, davon 16 x-Fuse Patienten und 11 Kirschnerdraht Patienten.

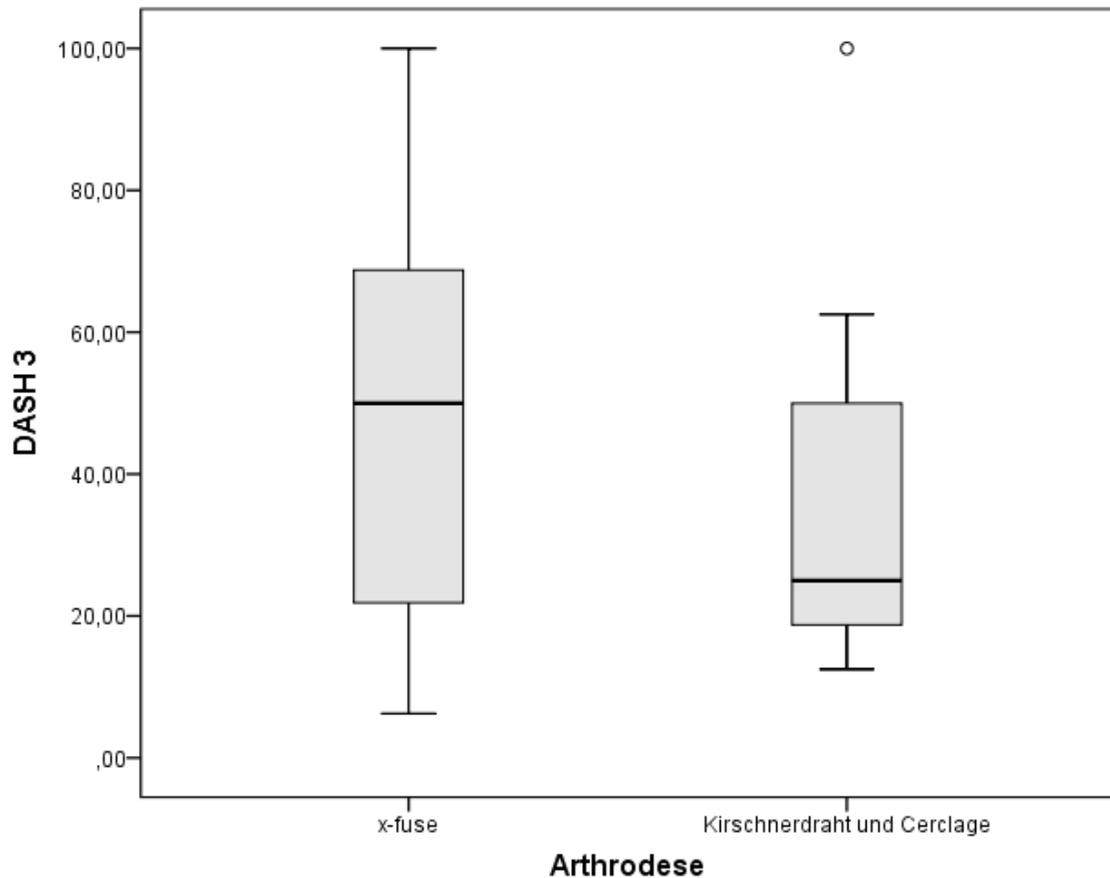


Abbildung 7: Ergebnisse des DASH 3

Der Median der x-Fuse Patienten liegt bei 50. Die Spannweite liegt zwischen 6,25 und 100 Punkten.

Bei den Patienten mit einem Kirschnerdraht liegt der Median bei 25 Punkten. Die Spannweite liegt zwischen 12,5 und 100 Punkten.

Jeweils ein Patient erreichte den Höchstwert von 100 Punkten.

3.2.2 Druckschmerz

Insgesamt gaben 14 Patienten (29,2%) Schmerzen bei Druckausübung an. 34 Patienten (70,8%) hatten weder lateral noch dorsal auslösbare Schmerzen.

In der x-Fuse Gruppe gaben 7 Patienten Druckschmerzen an, in der Gruppe mit den Kirschnerdraht Arthrodesen hatten 7 Patienten Druckschmerzen. 18 (72%) Patienten mit x-Fuse Arthrodesen hatten keine Schmerzen, 16 (69,6%) Patienten mit Kirschnerdraht hatten keine Schmerzen.

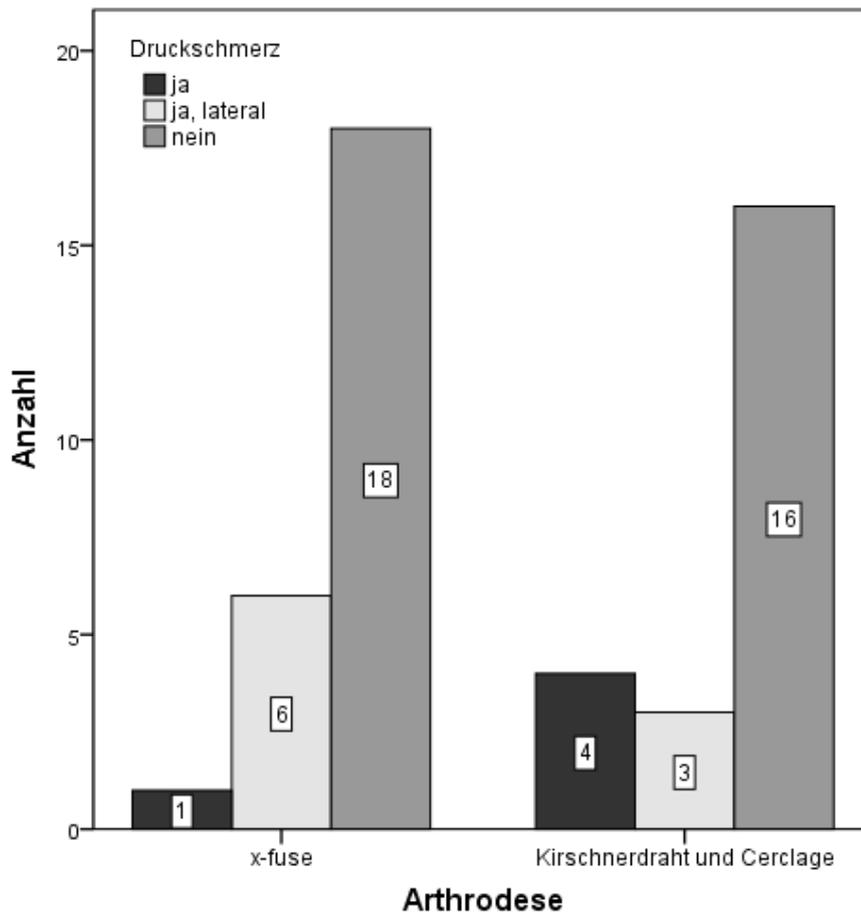


Abbildung 8: Ergebnisse des Druckschmerzes

3.2.3 VAS

3.2.3.1 VAS vor der Operation

Die Schmerzen präoperativ waren auf der VAS sehr breit verteilt. So lag die Spannweite bei der x-Fuse Arthrodesse zwischen 1 und 10, die der Kirschnerdraht Arthrodesse zwischen 0 und 10.

Durchschnittlich erreichten die Patienten mit einem x-Fuse Implantat Werte von 8 auf der VAS. Die Patienten der anderen Gruppe erreichten im Schnitt Werte von 7,2 auf der VAS.

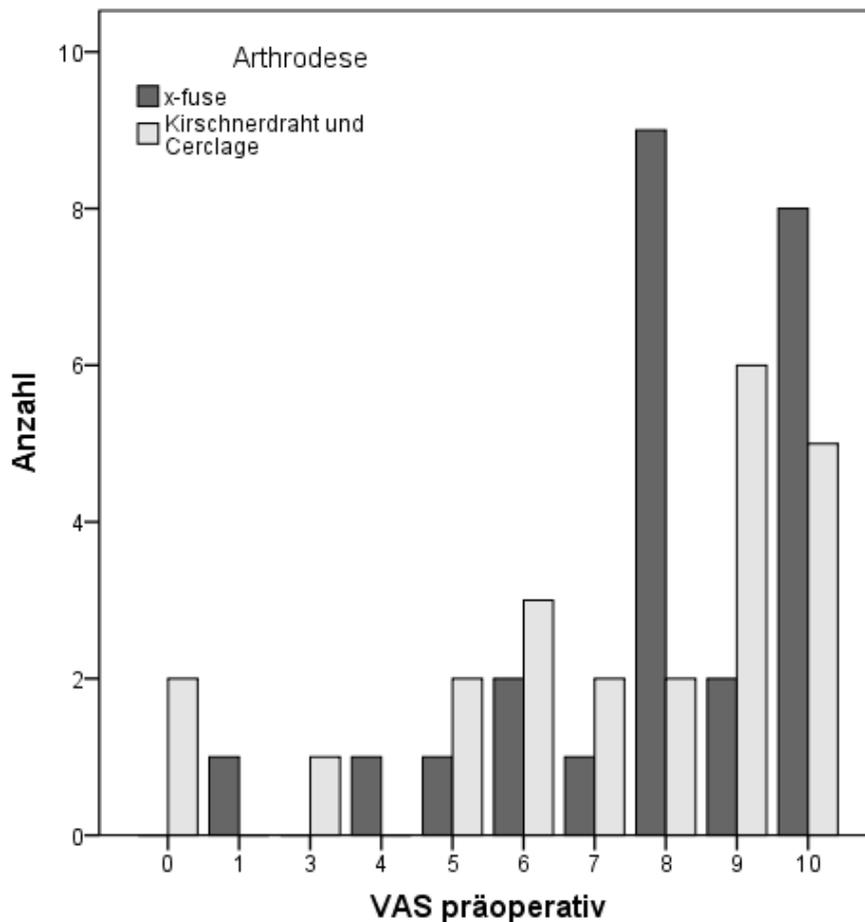


Abbildung 9: Präoperative Schmerzen auf der VAS

3.2.3.2 VAS nach der Operation

Die Schmerzen nach der Operation waren auf der VAS schon viel kompakter, als die präoperativen. Durchschnittlich erreichten die Patienten mit einem x-Fuse Implantat Schmerzen von 1,2 Punkten auf der VAS. Dabei gingen die Werte von 0 bis 6 Punkten.

Die Gruppe mit einem Kirschnerdraht erreichten Werte zwischen 0 und 8 Punkten auf der VAS und einem Mittelwert von 1,5 Punkten.

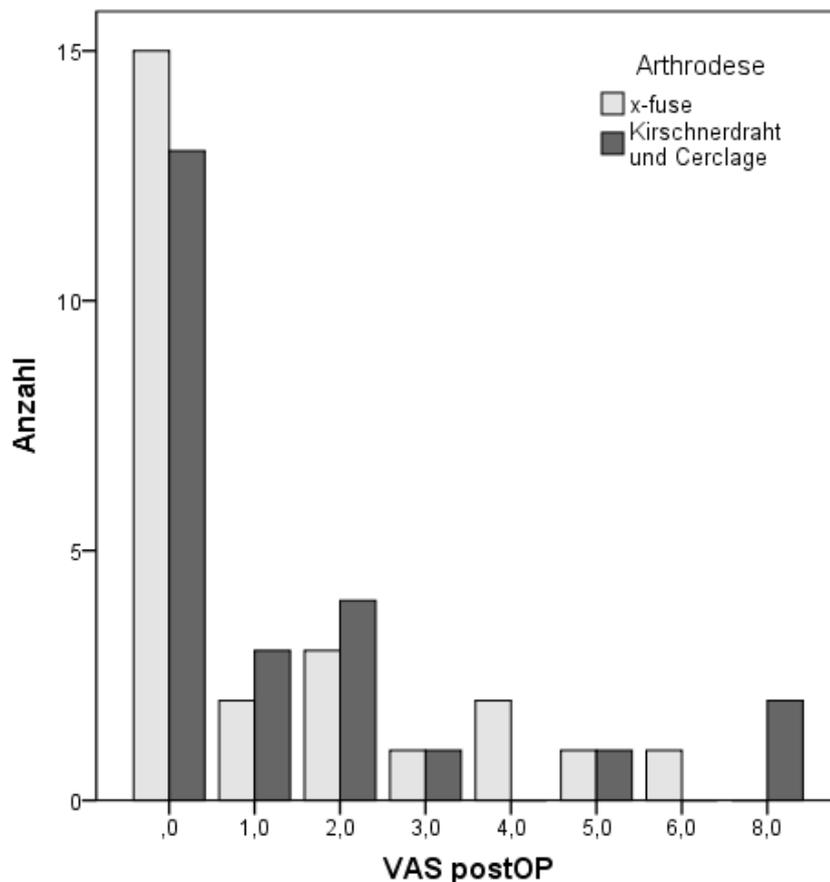


Abbildung 10: Ergebnis der VAS zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung

Damit erreichten Patienten mit einem x-Fuse eine Schmerzreduzierung von 85%. Diejenigen, die einen Kirschnerdraht bekommen haben, erreichen eine Schmerzreduktion von 79,16%.

3.2.4 Die Zufriedenheit der Patienten

Die Zufriedenheit der Patienten wurde zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung festgehalten. Dabei konnten die Patienten Schulnoten von 1-6 vergeben.

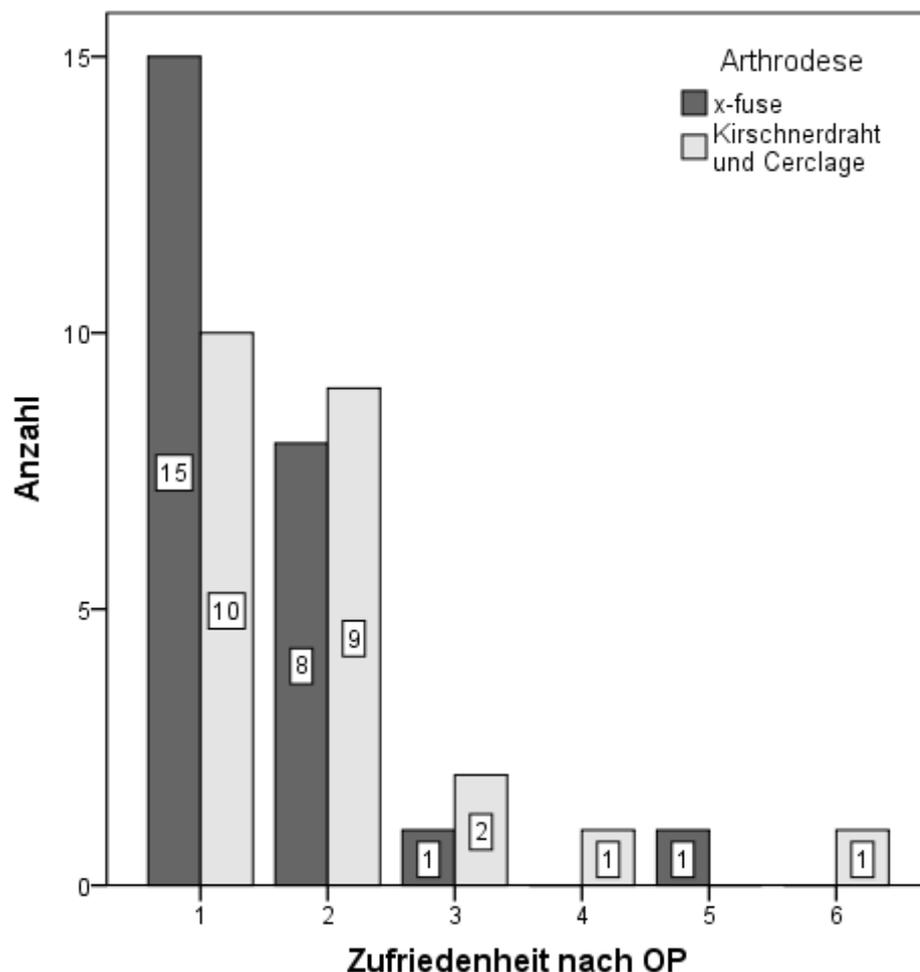


Abbildung 11: Die Zufriedenheit der Patienten zum Nachuntersuchungszeitpunkt in Form von Schulnoten

60% der x-Fuse Patienten und 43,5% der Kirschnerdraht Patienten vergaben die Note 1. Ein Patient mit Kirschnerdraht vergab sogar eine 6.

Der Mittelwert liegt bei den x-Fuse Patienten bei 1,56. Die Kirschnerdraht Patienten gaben im Mittel die Note 1,9.

Alle Patienten des x-Fuse Implantats sind mit der Optik und Versteifung des Fingerendglieds in 15° Stellung sehr zufrieden.

Es gab keine Weichteilschwellung oder Hautirritation zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung.

3.2.5 x-Fuse Präferenz

100% der Patienten, die bereits ein x-Fuse Implantat bekommen haben, würden sich wieder für ein x-Fuse Implantat entscheiden.

78% der Kirschnerdraht Patienten würden sich das nächste Mal für das x-Fuse Implantat entscheiden. Dabei war die einmalige Operation ein wichtiges Kriterium.

Die restlichen 22% würden sich wieder für einen Kirschnerdraht mit Cerclage entscheiden.

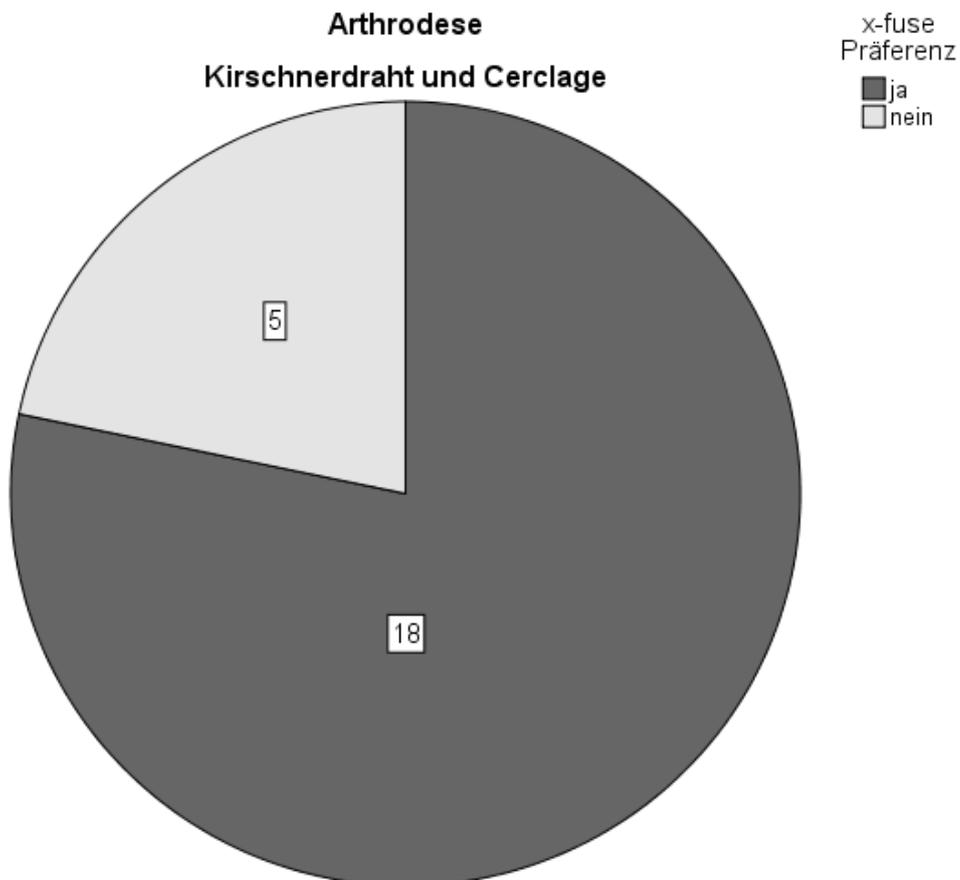


Abbildung 12: Präferenz einer x-fuse Arthrodese innerhalb der Kirschnerdraht Gruppe

3.2.6 weitere Durchführung einer Arthrodese

Alle Patienten mit einem x-Fuse würden sich in gegebenen Fällen wieder ein x-Fuse implantieren lassen.

Ein Patient der 23 Kirschnerdrahtosteosynthesen lehnt eine weitere Arthrodese jeglicher Art ab, da er mit dem Gesamtergebnis nicht zufrieden war. Seine Abneigung galt aber nicht dem Kirschnerdraht allgemein.

3.3 Ergebnisse der Untersuchung durch Messinstrumente

3.3.1 Jamar Grobkraft

Grundsätzlich gehen wir davon aus, dass die Kraft einerseits von der Händigkeit und andererseits von der betroffenen Hand abhängig ist. Deshalb wurden die Ergebnisse in zwei Gruppen aufgeteilt. In denjenigen Fällen, bei denen die rechte Hand mit einer Arthrodese betroffen ist, liegen folgende Ergebnisse vor:

Die Probanden mit einem x-Fuse Implantat erreichten einen Median von 18 kg mit der rechten betroffenen und 19,5 kg mit der linken Hand. Patienten mit einem Kirschnerdraht erreichen einen Median von 20 kg auf der betroffenen rechten Seite und 20,5 auf der linken.

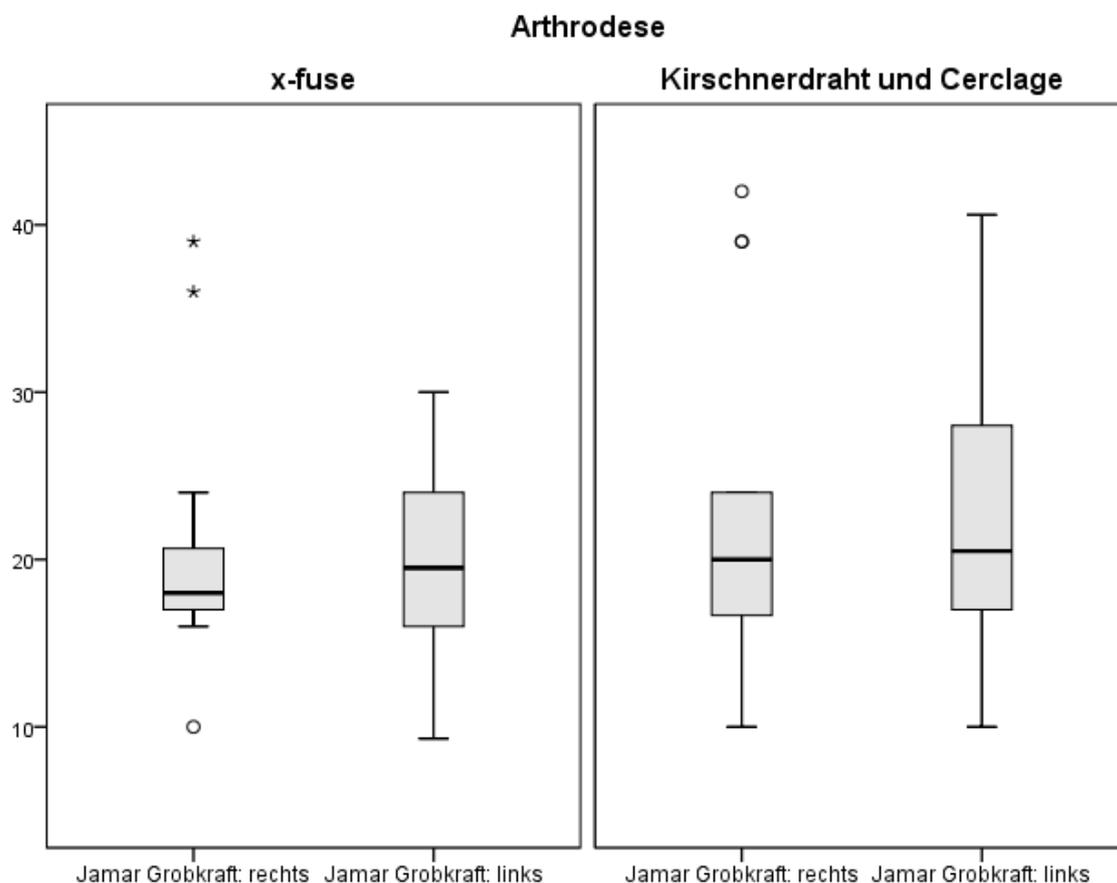


Abbildung 13: Ergebnisse der Grobkraft von Patienten, bei denen die rechte Hand betroffen ist

Ist die linke Hand betroffen, erreichen Patienten mit einem x-Fuse Implantat auf der betroffenen linken Hand einen Median von 21 kg, auf der in diesem Fall gesunden rechten Hand 17 kg.

Patienten mit einem Kirschnerdraht erreichen auf der betroffenen linken Seite einen Median von 16 kg, auf der gesunden rechten Seite 18 kg.

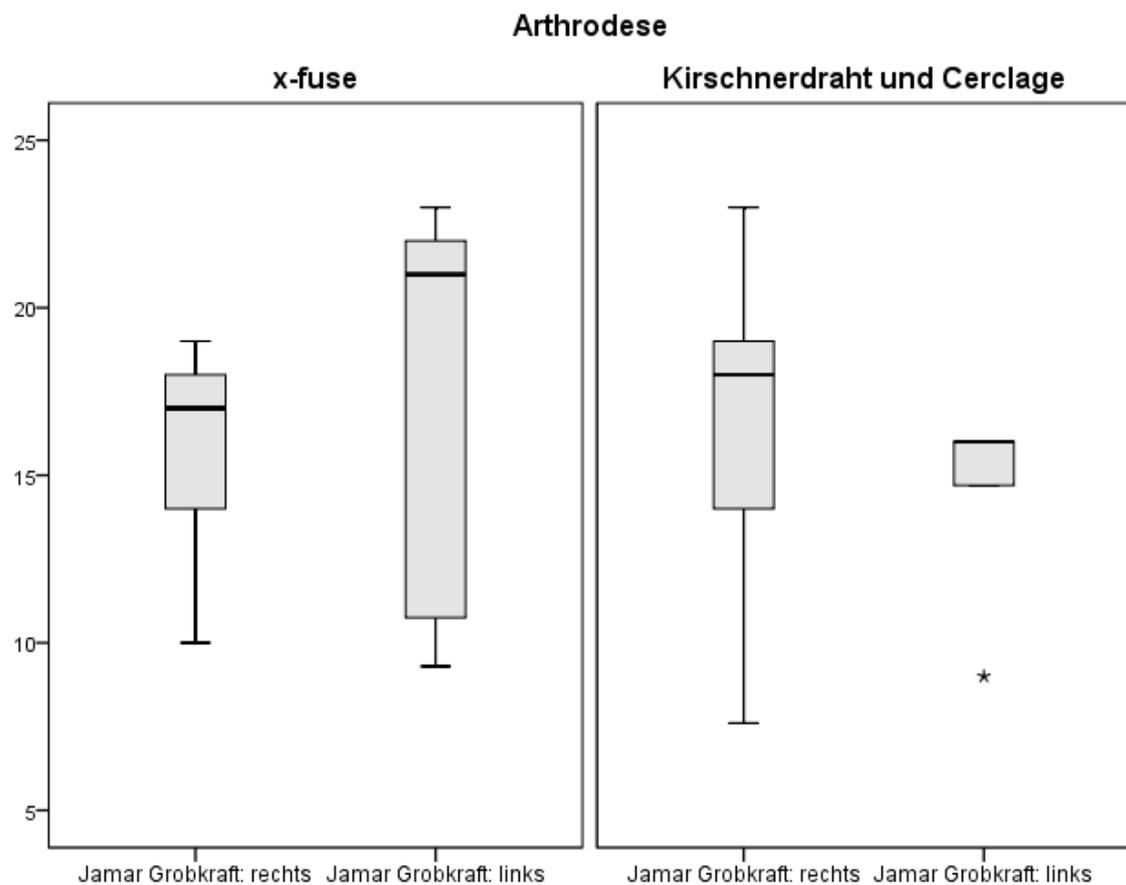


Abbildung 14: Ergebnis der Grobkraft von Patienten, bei denen die linke Hand betroffen ist.

3.3.2 Spitzkraft mit der Pinch Gauge

Grundsätzlich unterscheiden sich die einzelnen Spitzkräfte je nach Finger und je nach dominantem Arm. In der vorliegenden Studie wurde die Kraft des operativ versteiften Fingers mit der des entsprechenden Fingers der gesunden Hand verglichen.

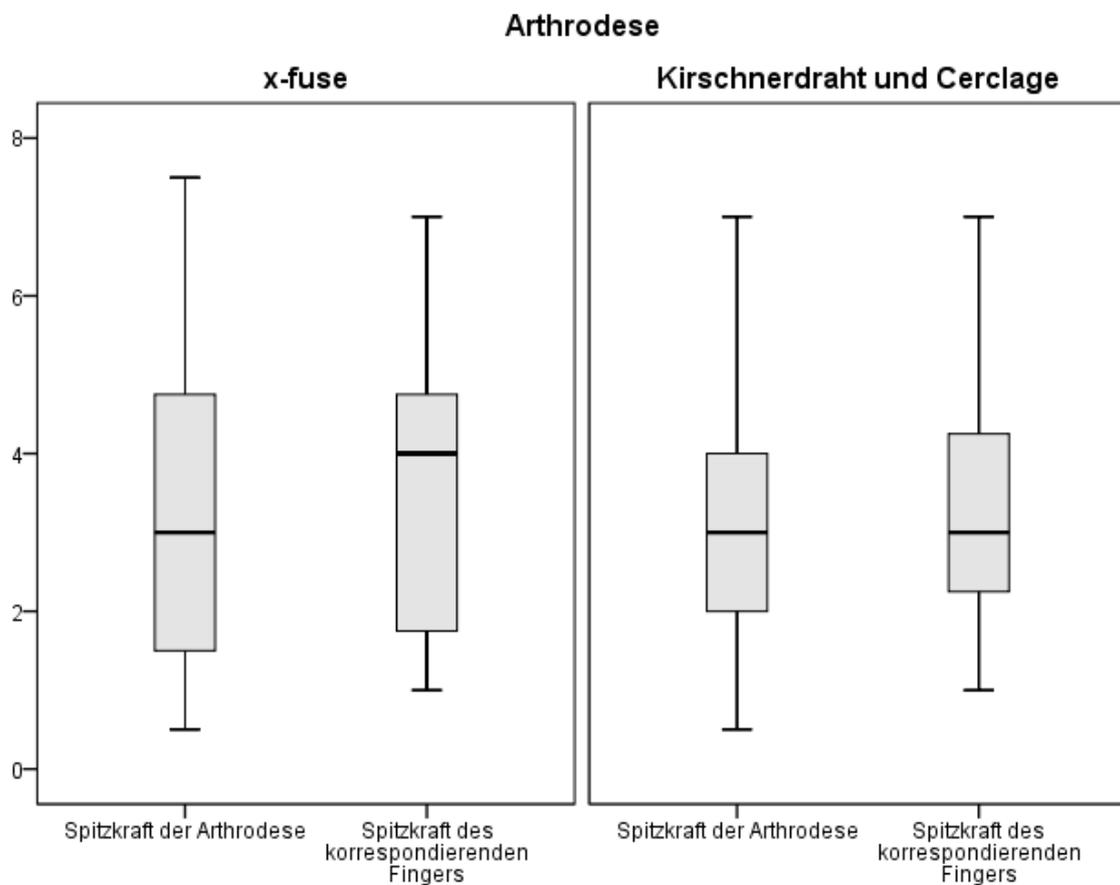


Abbildung 15: Vergleich der Spitzkraft des versteiften Fingers mit dem korrespondierenden der anderen Hand.

Die Patienten mit einem x-Fuse Implantat erreichten mit ihren versteiften Fingern einen Median von 3 kg. Die Bandbreite verlief von 0,5 kg bis 7,5 kg. Der korrespondierende nicht operierte Finger der Gegenseite erreichte einen Median von 4 kg. Die Bandbreite war in diesem Fall etwas kleiner von 1 kg bis 7 kg.

Die Patienten mit einer Kirschnerdraht Arthrodese erreichten einen Median von 3 kg mit dem operativ versorgten Finger mit einer Bandbreite von 0,5 kg bis 7

kg. Der gesunde korrespondierende Finger erreichte ebenfalls einen Median von 3 kg und eine Bandbreite von 1 kg bis 7 kg.

3.3.3 Streckung der Finger

Allgemein gehen wir davon aus, dass die Streckung der einzelnen Finger unserer Probanden vollständig sein sollte, und dass es keine Unterschiede zwischen der dominanten und der nicht dominanten Hand geben sollte. Deshalb vergleichen wir in der vorliegenden Grafik das Streckungsdefizit der Arthrodeuse mit dem durchschnittlichen Streckdefizit aller anderen Finger.

Die Fähigkeit, die Finger zu strecken war allgemein bei allen Patienten gut. Der höchste gemessene Wert betrug 2,5 cm Differenz zur Tischoberfläche, der an zwei gesunden Fingern eines Patienten mit einem x-Fuse Implantat auftrat.

Bei 24 Patienten konnte der betroffene Finger vollkommen gestreckt werden, davon gehören 9 Patienten (37,5%) zu der x-Fuse Implantat Gruppe. 15 Patienten (62,5%) mit einem Kirschnerdraht erreichten die Bestmarke von 0 cm Abstand.

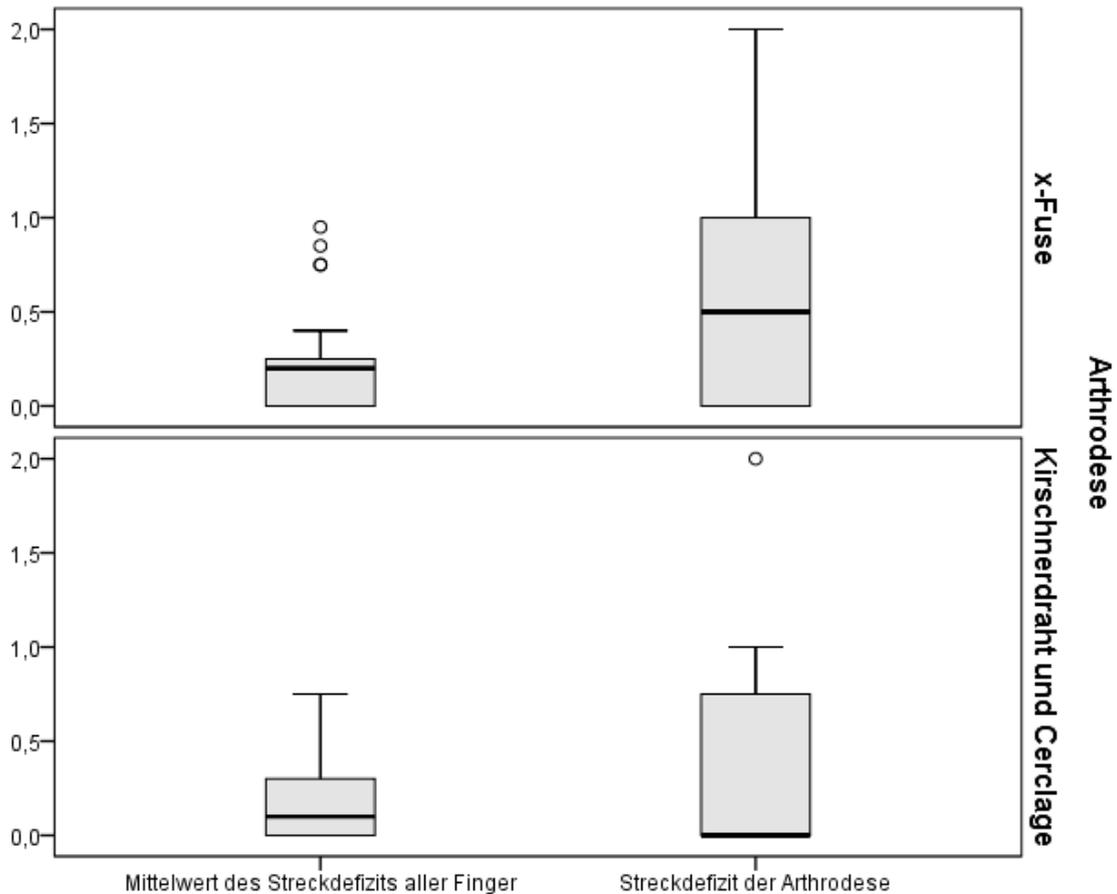


Abbildung 16: Mittelwert des Streckdefizits aller Finger im Vergleich zu dem Wert des versteiften Fingers

Das Streckdefizit des mittels Arthrodese versorgten Fingers ist bei den x-Fuse Implantaten höher, als der Mittelwert der gesunden Finger. Dabei verschlechterte sich der Median der x-Fuse Implantate von 0,2 cm bei gesunden Fingern auf 0,5 cm bei Arthrodese.

Der Median der gesunden Finger des Kirschnerdrahts von 0,19 cm trifft auf durchschnittlich 0,0 cm Streckdefizit der Arthrodese.

Das größte Streckdefizit lag in beiden Fällen bei 2 cm.

Die Arthrodese mit Winkel von 15° haben ein maximales Streckdefizit von 0,5cm, welches laut Aussagen aller Patienten im Alltag nicht störe.

3.3.4 Beugung der Finger

In der Beugefähigkeit gab es größere Defizite, als bei der Streckfähigkeit. Der schlechteste Wert lag bei 8 cm Differenz zur Handfläche, der bei einem betroffenen Finger eines Patienten mit x-Fuse und gleichzeitiger Bouchard Arthrose auftrat. Bei 21 Patienten konnten die betroffenen Finger maximal gebeugt werden, davon gehörten 12 Finger (57%) zu Patienten mit einem x-Fuse Implantat. In der Kirschnerdraht Gruppe konnten 9 Patienten (43%) ihren operierten Finger vollständig beugen.

In der Grafik wurde das Beugungsdefizit der Arthroese-Finger mit dem durchschnittlichen Beugungsdefizit aller anderen Finger verglichen.

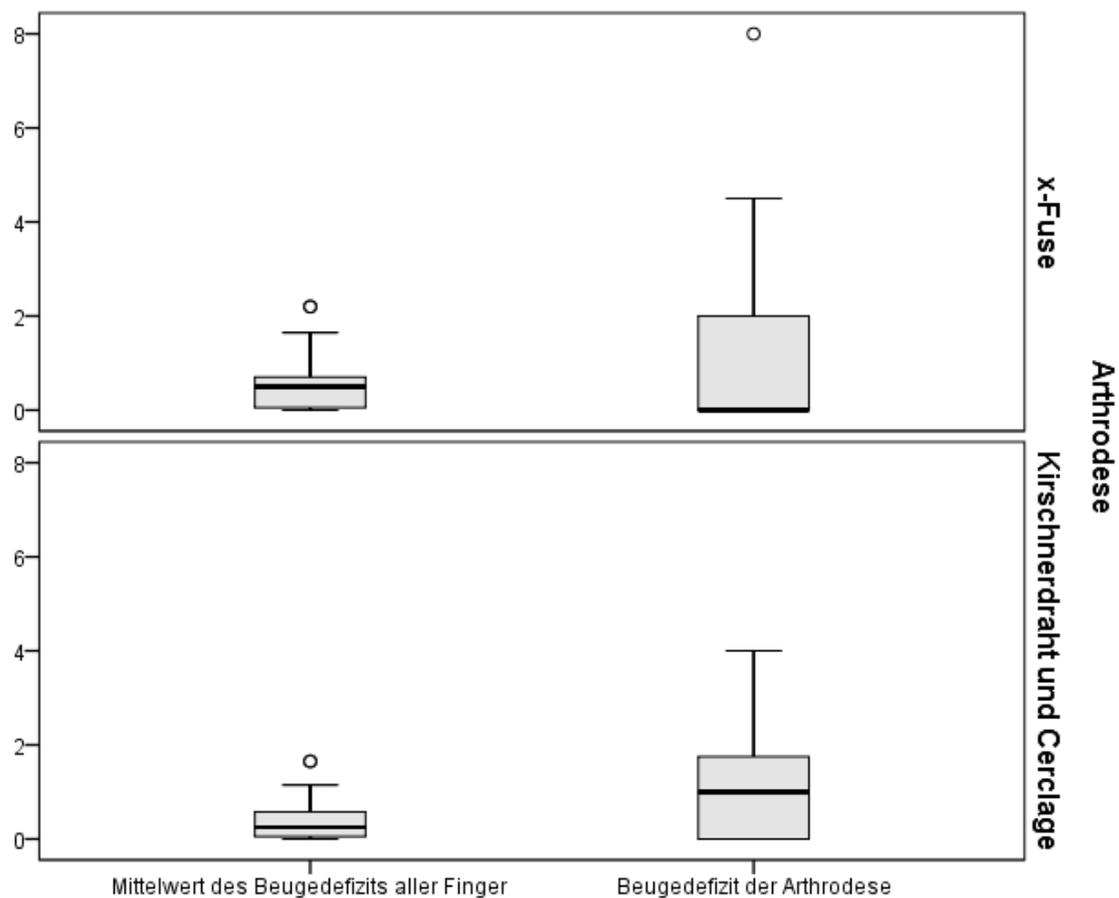


Abbildung 17: Mittelwert des Beugedefizits aller Finger und des versteiften Fingers

Die versteiften Finger der Kirschnerdraht Gruppe haben in der Flexion einen höheren Mittelwert. So erreicht ein x-Fuse Implantat einen Median von 0,0 cm

Beugedefizit. Die gesunden Finger haben dagegen im Schnitt ein Defizit von 0,5 cm. Die Spannweite der versteiften Finger geht von 0 cm bis 8 cm Beugedefizit. Patienten mit einem Kirschnerdraht erreichen mit ihren gesunden Fingern einen Median von 0,3 cm. Die dazugehörigen versteiften Finger haben im Durchschnitt einen Abstand zur Hohlhandbeugefurche von 1 cm. Die Spannweite der pathologischen Finger geht von 0 bis 4 cm Beugedefizit.

3.3.5 Ergebnis der Sensibilität

Die 2 PD der Probanden war im Allgemeinen gut. Die gesunden Finger der Probanden mit einem x-Fuse Implantat erreichten durchschnittlich Werte von 4.8 mm bei einer Spannweite von 2,1 bis 7 mm, die mit einem Kirschnerdraht 4,1 mm bei einer Spannweite von 2 bis 8 mm.

Die Werte der operierten Finger lagen bei einem x-Fuse Implantat bei einem Median von 5mm. Damit lagen die radialen bzw. die ulnaren Werte der operierten Finger durchschnittlich höher als die Durchschnittswerte aller Finger. Die Spannweite war ebenfalls geringer von 2 bis 6,5 mm.

Der Median der operierten Finger der Kirschnerdraht Gruppe lag bei 4,0 mm. Die Spannweite erweiterte sich um 1 mm auf 2 bis 9 mm.

Die vorliegende Grafik vergleicht den Mittelwert aus ulnarer und radialer Sensibilität des versteiften Fingers zum Mittelwert ulnarer und radialer Werte aller anderen Finger.

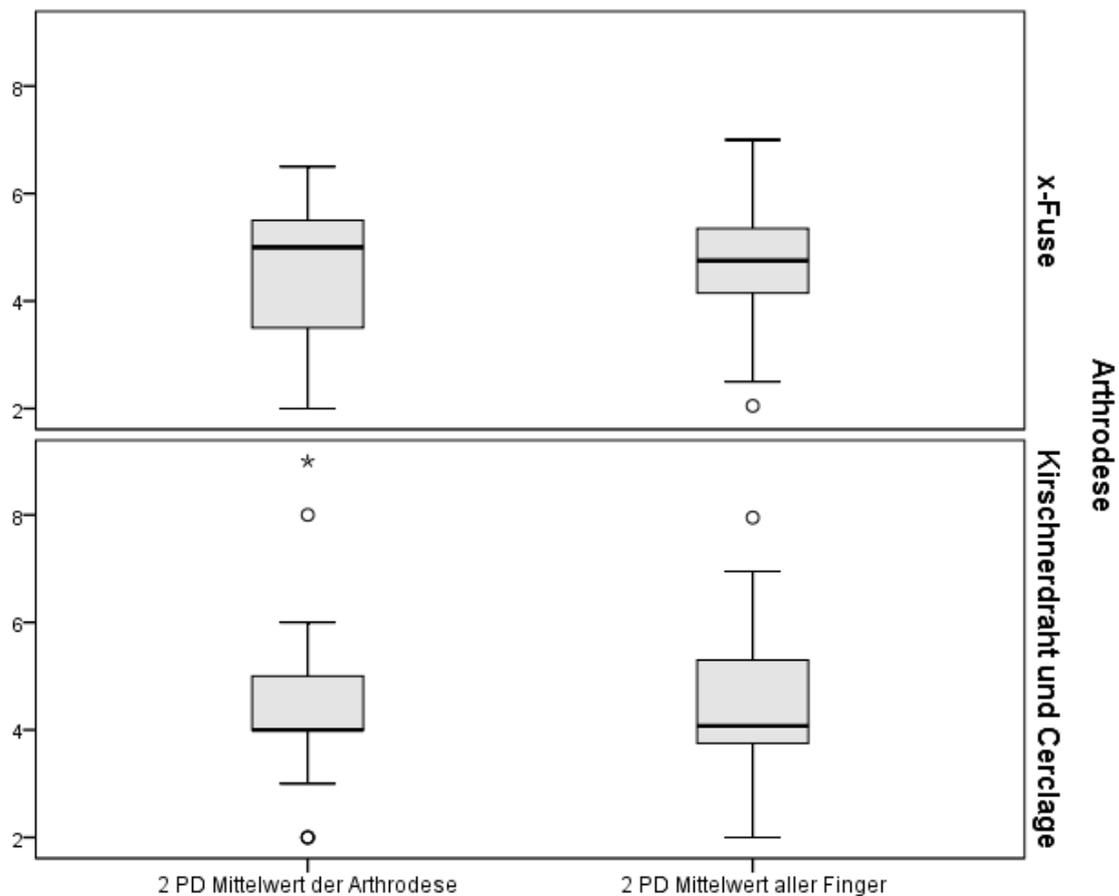


Abbildung 18: Darstellung der 2 PD Mittelwerte aller Finger und die der operierten Finger

3.4 Ergebnis der radiologischen Aufnahmen

Die knöcherne Durchbauung der Arthrode war in beiden Gruppen durchwegs gut. In keinem der Fälle trat eine Prothesenlockerung bzw. eine ungenügende Durchbauung auf. Mit dem Programm CHILI[®] konnten die verschiedenen Röntgenbilder anhand ihrer unterschiedlichen Grauwerte verglichen werden (CHILI[®], 2004). Je dichter die Arthrode ist, desto besser ist sie durchbaut. Da Knochen allerdings individuell von vorne herein unterschiedlich dicht sind und auch die Röntgenaufnahmen bei einer Fallzahl von 50 nicht immer vollständig übereinstimmen, wurden die einzelnen Graustufen normalisiert um die Ergebnisse miteinander vergleichen zu können. Dabei gilt grundsätzlich, dass ein hoher Grauwert eine gute Durchbauung darstellt.

Die Ergebnisse sind relativ einheitlich und im Allgemeinen gut. So bewegen sich alle Aufnahmen in einem Graustufenbereich zwischen 80 und 100.

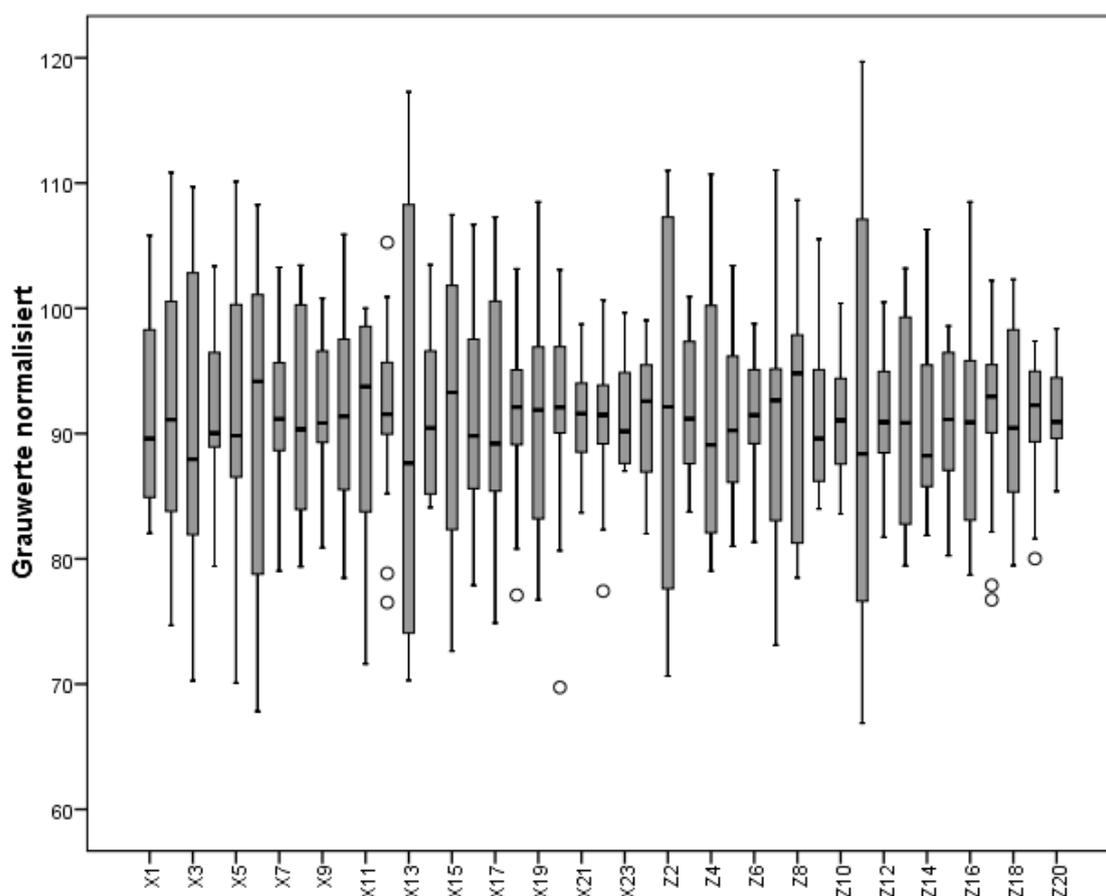


Abbildung 19: Darstellung der Durchbauungsrate anhand der Grauwerte (x-Fuse: X1-X24, Cerclage: Z1-Z21)

Außerdem wurde die Durchbauung in Abhängigkeit des Nachuntersuchungszeitraums untersucht. Dabei wird angenommen, dass sich die Durchbauung bei längeren Nachuntersuchungszeiten verbessert. Es stellte sich allerdings heraus, dass der Zusammenhang zwischen der Nachuntersuchungszeit und der Durchbauung bei der vorliegenden relativ langen Zeitspanne nicht signifikant ist.

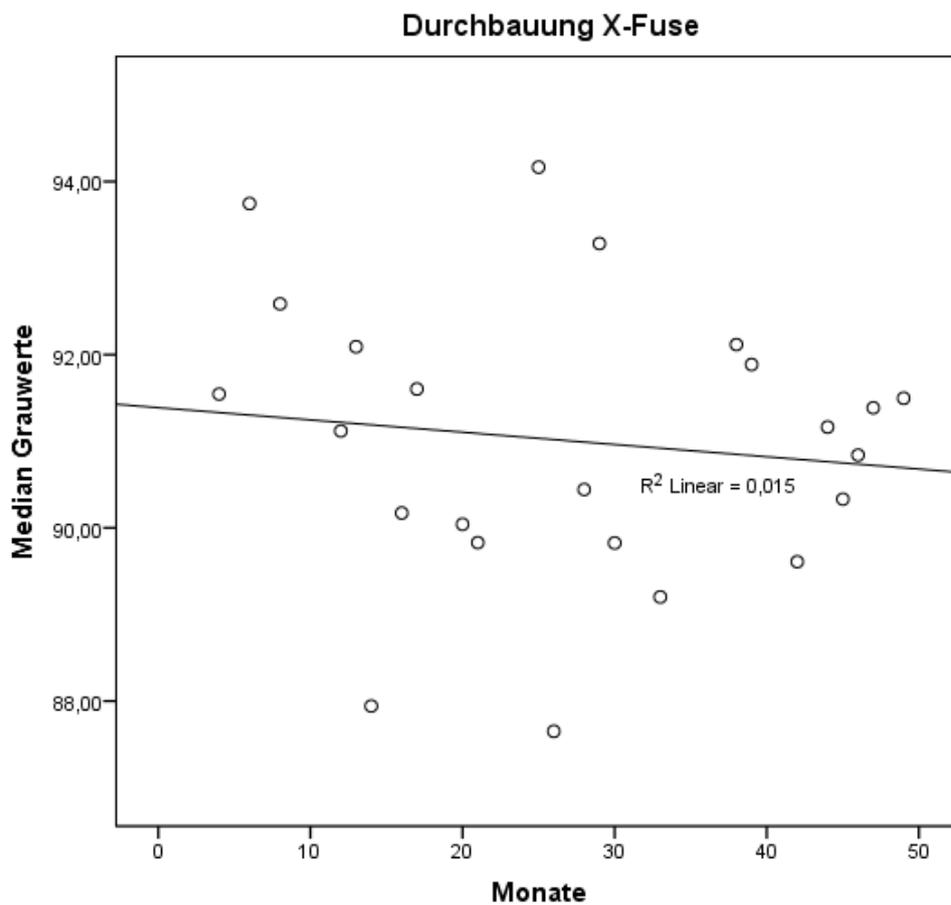


Abbildung 20: Darstellung der Durchbauungsrate in Abhängigkeit des Nachuntersuchungszeitraumes der x-Fuse Arthrodeese.

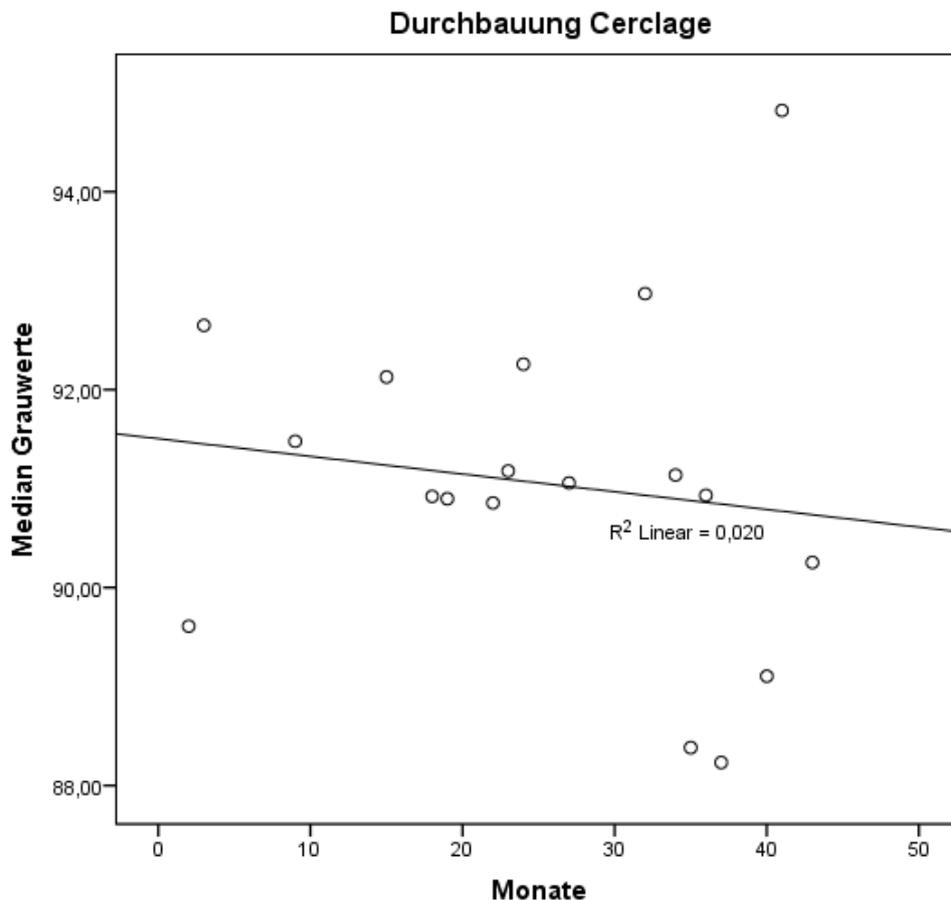


Abbildung 21: Darstellung der Durchbauungsrate in Abhängigkeit des Nachuntersuchungszeitraumes der Cerclage.

3.5 Ergebnis des Operationsdauervergleiches

Wurde nur der betroffene Finger operiert, lag die Durchschnittszeit bei 50,4 min, wenn ein x-Fuse implantiert wurde. Wurde ein Kirschnerdraht mit Cerclage eingesetzt, betrug die Durchschnittszeit 50,9 min. Die Bandbreite war hier allerdings um 56,6% größer, als die des x-Fuse Implantats.

Tabelle 2: Operationsdauervergleich für eine Arthrodesse

	Mittelwert in min	Bandbreite in min
x-Fuse Implantat	50,4	25 bis 78
Kirschnerdraht und Cerclage	50,9	10 bis 93

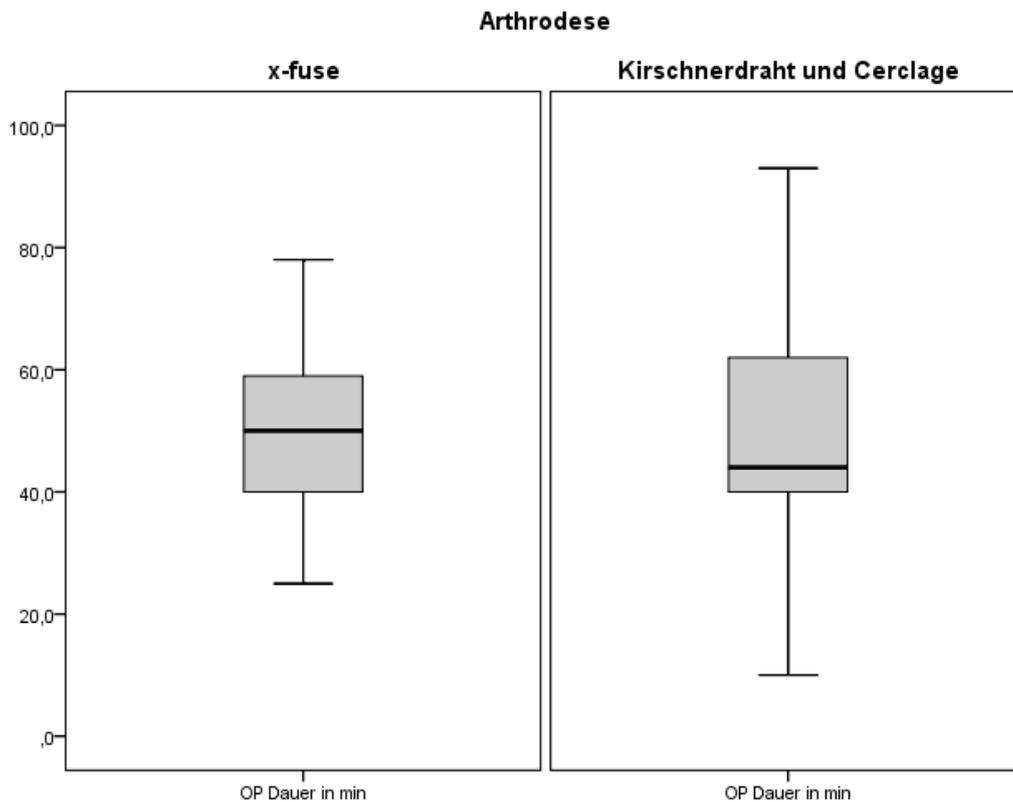


Abbildung 22: Darstellung der Operationszeit einer Arthrodese

Der Median lag für das x-Fuse bei 50 min, bei dem Kirschnerdraht bei 44 min.

Gerade bei der x-Fuse Arthrodese wurden aber in 6 Fällen in einer Operation elektiv zwei Finger versteift. Dementsprechend ist die Operationszeit höher. Auch bei der Kirschnerdraht-Technik wurde einmal eine Mehrfachoperation durchgeführt:

Tabelle 3: Operationsdauervergleich für zwei Arthrodesen

	Mittelwert in min	Spannweite in min
x-Fuse Implantat	76,5	55 bis 91
Kirschnerdraht und Cerclage	60	

4. Diskussion

Eine effektive Behandlungsoption der Heberden Arthrose stellt die operative Versteifung des distalen Fingerendgelenks mit anschließender knöcherner Durchbauung des Gelenks dar. Sie kommt dann zum Einsatz, wenn konservative Behandlungen nicht mehr helfen können. Ziel der Arthrodese ist es, dem Patienten einen wieder schmerzarmen Alltag bei möglichst geringen Einschränkungen zu ermöglichen.

Die unter Punkt 3 zusammengefassten Ergebnisse der Studie zeigen, dass das x-Fuse Implantat durchaus dazu geeignet ist, die Zielkriterien der operativen Versteifung zu erfüllen. Die Studie um T. Ameline aus Caen cedex, Frankreich untersucht die Durchbauung der Arthrodese nach Einbringung eines x-Fuse Implantats an 38 Patienten und verglich sie mit denen der Kirschnerdraht Arthrodese. Ihre Ergebnisse sprechen ebenfalls für die Möglichkeit, das x-Fuse Implantat als Alternative für die operative Versteifung zu verwenden (Ameline et al., 2015).

Savidou untersuchte schon 2013 die Versteifung mit einem x-Fuse Implantat anhand 7 Patienten in „Hand Surgery“ und kam auf durchweg positive Ergebnisse (Savidou C, 2013).

Ebenfalls im Jahre 2013 untersuchte William Seitz das Ergebnis der Durchbauung und der Winkelung des x-Fuse Implantates in 21 Fällen (Seitz and Marbella, 2013).

Eine weitere Studie im Jahr 2013 untersuchte 22 Patienten mit einem x-Fuse Implantat. Der Unfallchirurg M. Jakubek kam zu dem Ergebnis, dass das x-Fuse Implantat nach einer gewissen Einarbeitungsphase reproduktive Resultate liefert und mit der Möglichkeit der Versteifung in verschiedenen Beugegraden große Vorteile gegenüber herkömmlichen Arthrodesen besitzt (Jakubek et al., 2013).

Im Vergleich dazu gibt es zum Kirschnerdraht eine bessere und langjährigere Studienlage.

Eine Studie beschäftigte sich mit dem Outcome eines intramedullären Kirschnerdrahts (Han et al., 2014).

Eine große Studie in Indien untersuchte 2014 alle englisch sprachigen Studien über die operative Arthrodesese des distalen Fingerendglieds. Im Endeffekt spezialisierten sie sich für Kirschnerdraht Arthrodesen, Schrauben und Cerclagen (Dickson et al., 2014).

4.1 Gesamtergebnisse in Bezug auf ältere Patienten

Allgemein haben ältere Patienten die gleichen Ergebnisse erreicht wie jüngere Patienten. Da in dieser Studie traumatisch bedingte Arthrodesen ausgeschlossen wurden, befanden sich in diesem Patientenkollektiv allerdings nur Patienten von 48 bis 86 Jahren.

Das Narkoserisiko der Operation kann durch die Möglichkeit eines Plexusblockes oder Regionalanästhesie auf niedrigem Niveau gehalten werden (Lehmann et al., 2015). Im Vergleich zum Kirschnerdraht hat das x-Fuse Implantat den großen Vorteil, im durchbauten Gelenk zu verbleiben, während der Kirschnerdraht in einer 2. Operation entfernt werden muss. Dies ist gerade für ältere Patienten ein größerer Aufwand und birgt bis dahin ein gewisses Infektionsrisiko. Zudem kann bei störenden Irritationen eine 3. Operation dazu kommen, in der die Cerclage entfernt wird.

Die 2013 im „Annals of Plastic Surgery“ veröffentlichte Studie kam zum Ergebnis, dass die Ergebnisse alternativer Arthrodesen wie z.B. mit Kirschnerdraht signifikant variieren und Hautirritationen, Infektionen oder Nekrosen hervorbringen konnten (Brutus et al., 2006, Stern and Fulton, 1992). PJ Stern entdeckte sogar eine Korrelation zwischen Infektionen und dem Kirschnerdraht (Stern and Fulton, 1992). Doch gerade für ältere Patienten ist eine rasche und unkomplizierte Genesung von Vorteil (Savidou and Kutz, 2013), was für die Implantation eines x-Fuse Implantats spricht.

Die Studie um Soo Hong Han berichtet in der „Clinics in Orthopedics Surgery“ über die Versteifung mit einem intramedullären Kirschnerdraht und zeigt, dass

diese Art der Verwendung eines Kirschnerdrahts niedrigere Infektionsraten und eine gute Reliabilität besitzt. Zudem ist die Durchbauungsrate postoperativ hoch und das Schmerzlevel gesunken (Han et al., 2014). Außerdem fällt für diese Art Arthrodese ebenfalls nur 1 Operation für den Patienten an.

Das x-Fuse Implantat fällt, im Gegensatz zum Kirschnerdraht, speziell für ältere Patienten durch seine unkomplizierte Handhabung, gutes Outcome und schnelle Rehabilitation auf.

4.2 Das Gesamtergebnis in Bezug auf jüngere Patienten

Je jünger das Patientenkollektiv ist, desto wichtiger wird die verbliebene Funktion und Feinmotorik des versteiften Fingers. Während der kosmetische Aspekt in etwa gleich bleibt, sinkt das Narkoserisiko allgemein bei jüngeren Patienten und im Falle einer Infektion sind die körperlichen Abwehrkräfte schneller und stärker.

Obwohl Studien zeigen, dass die extendierte Variante der Arthrodese für die Patienten keine komfortablen oder kosmetischen Nachteile darstellte (Song et al., 2012, Villani et al., 2012) und die Studie um Soo Han dies bestätigt (Han et al., 2014), waren die x-Fuse Patienten der vorliegenden Studie mit einer Arthrodese in 15° Flexion sehr zufrieden. Gerade die Feinmotorik wie beim Spitzgriff fiel allen Patienten viel leichter. Laut William Seitz ist die Versteifung in 15° bis 25° die funktionell günstigste Stellung (Seitz and Marbella, 2013).

Was bei jüngeren Patienten auf jeden Fall zu bedenken ist, ist die Handhabung einer möglichen operativen Versteifung des PIP Gelenks beispielsweise bei einer Bouchard Arthrose. Wurde im selben Finger zuvor ein x-Fuse für das DIP Gelenk verwendet, erschwert dies für das proximale Gelenk die Versteifung mit Hilfe eines Kirschnerdrahts. Dies stellt heutzutage zwar kein Problem dar, da es diverse andere Möglichkeiten für eine Arthrodese des PIP Gelenks gibt, dennoch schränkt es die Auswahlmöglichkeiten ein.

Ein weiteres Problem könnte auftreten, wenn z.B. aufgrund einer unzureichenden Durchbauung das x-Fuse Implantat wieder entfernt werden

muss. Für den Einbau gibt es spezielle Kits, nicht jedoch für den Ausbau eines x-Fuse Implantats. Der Kirschnerdraht wird routinemäßig wenige Tage nach der Operation entfernt. Die Cerclage kann relativ einfach im Nachhinein entfernt werden, wenn sie dem Patienten Probleme bereiten sollte. Das x-Fuse Implantat wächst jedoch relativ schnell in die Arthrodeuse ein: Laut der Studie um Amelie liegt die Durchbauungsrate nach 6 Wochen bei 34,2% und nach 12 Wochen bereits bei 89,5% (Ameline et al., 2015), was die hier vorliegende Studie bestätigen kann. Deshalb erscheint eine unzureichende Durchbauung als Grund für die Entfernung als unwahrscheinlich. Abstoßungsreaktionen auf das verwendete Material Nitinol sind ebenfalls sehr selten (Poncet, 1980). Leider liegen für die Entfernung eines x-Fuse aus einer durchbauten Arthrodeuse keine Studienergebnisse vor.

Die Wahrscheinlichkeit, in einem Finger gleich zwei operationsbedürftige Arthrosen zu entwickeln bzw. ein x-Fuse Implantat wieder entfernen zu lassen, ist laut Studienlage unwahrscheinlich. Dennoch sollten diese Gedanken vor einer Operation bedacht und individuell für jeden Patienten entschieden werden.

4.3 Die betriebswirtschaftliche Sicht des Gesamtergebnis

Es gibt mittlerweile für die operative Arthrodeuse sehr viele verschiedene Techniken, die teilweise sehr spezielle Instrumente benötigen. Auch das x-Fuse Implantat benötigt ein extra dafür angelegtes „x-Fuse kit“ (Ameline et al., 2015). Die Anschaffungskosten betragen aktuell 224 Euro inklusive Mehrwertsteuer (BG Unfallklinik, 2017). Auch andere, ältere Arthrodesen benötigen spezielle Geräte und ausgefallene Techniken (Han et al., 2014, Mantovani et al., 2008, Villani et al., 2012).

Für eine Kirschnerdraht Arthrodeuse benötigt man dagegen einfache Instrumente, deren Kosten sich auf etwa 10 Euro beschränken (BG Unfallklinik, 2017).

Was für die Wirtschaftlichkeit eines Krankenhauses ebenfalls wichtig ist, ist die OP Dauer eine Arthrodeuse.

In dem vorliegenden Vergleich der Operationszeiten wird offensichtlich, dass sich die durchschnittliche Operationszeit von einem x-Fuse Implantat zu einem Kirschnerdraht nicht unterscheidet. Beide Methoden benötigen um die 50 min., wobei die Gruppe des Kirschnerdrahtes eine größere Streuung besitzt. Am effektivsten zeitlich gesehen ist es, wenn innerhalb einer Operation gleich mehrere Gelenke der selben Hand versteift werden, da beispielsweise die Blutsperrung und das sterile Abdecken nur einmal vorgenommen werden muss.

4.5 Gesamtergebnisse der vorliegenden Fakten

4.5.1 Diskussion der Ergebnisse der patientenbezogenen Fakten

Bei genauerer Betrachtung des Gesamtkollektives fällt auf, dass bei einem Durchschnittsalter von 65 Jahren 81% der Teilnehmer weiblich sind. Das Bundesinstitut für Bevölkerungsforschung zeigt, dass zwischen 1950 und 1960 auf 100 Männer 117 bzw. 115 Frauen kamen. Dies stellt seit 1870 einen Höhepunkt dar. Im Vergleich dazu kamen 2013 auf 100 Männer noch 104 Frauen (Statistisches Bundesamt, 2015a). Dies erklärt aber nicht den starken weiblichen Überhang unserer Population.

Dr. B. Lukas erklärt den Zusammenhang zwischen älteren Frauen und Arthrose mit dem Hormonhaushalt. Während und vor allem nach der Menopause der Frau sinken allmählich die weiblichen Geschlechtshormone, was zu einem Umbau der Knochensubstanz wie zum Beispiel der Osteoporose führt. Dieser Umbau begünstigt die Entstehung von Arthrose (Lukas, 2014). Dafür spricht das mittlere Operationsalter unserer Patienten von 60 bzw. 63 Jahren.

Eine weitere Möglichkeit für die Entstehung von Arthrose sind Fehlstellungen und starke Beanspruchungen, aber auch mangelnde Bewegung (Lukas, 2014). Gerade Hausfrauen oder Sekretärinnen arbeiten viel mit ihren Händen und belasten folglich ihre Fingergelenke stark. Dafür spricht, dass in 63,3% der Fälle die dominante Hand betroffen war und die Patienten oft mehrere arthritische Finger besitzen. Männer arbeiten körperlich gesehen eher mit schwereren Lasten, die sich möglicherweise eher auf große Gelenke wie das Schultergelenk auswirken. Sekundäre Arthrose-Entstehungen wie

Entzündungen oder Traumata wurden in der vorliegenden Studie ausgeschlossen.

4.5.2 Diskussion der Patientenbefragungen

Das Ziel einer Arthrodesese aus Sicht der Patienten ist, nach der Operation wieder schmerzfrei und trotz versteiftem Fingerendglied einen normalen lebenswerten Alltag genießen zu können. Dabei sollte die Rehabilitationsphase möglichst unkompliziert und ambulant durchführbar sein, der Finger möglichst wenig Spuren der Operation zeigen und gewohnte Tätigkeiten sollten ohne Qualitätseinbußen durchführbar sein. In der vorliegenden Studie wurde durch verschiedene Tests versucht, genau diese Ziele messbar zu machen.

Um die alltägliche Funktion des Fingers einschätzen zu können, wurde der DASH Test ausgegeben. Das Ergebnis des DASH Tests unserer Patienten lagen in beiden Gruppen nahe beieinander. Die Gruppe der x-Fuse Patienten hat einen etwas höheren Mittelwert, dafür eine geringere Bandbreite. Die der Kirschnerdraht Gruppe hat einen besseren Durchschnitt, dafür einige Ausreißer nach oben. Die speziellen DASH Tests B und C haben vor allem die jüngeren x-Fuse Patienten ausgefüllt. Dies liegt vermutlich daran, dass diese Patienten mit 60 Jahren 3 Jahre jünger als die der Kirschnerdraht Gruppe und damit noch eher berufstätig sind.

Im Vergleich zu den bisherigen Veröffentlichungen sind unsere Ergebnisse ähnlich: Die Studie um C. Savvidou zeigte ein durchschnittliches postoperatives Ergebnis im DASH von 7 bei einer Bandbreite von 7 bis 40 Punkten (Savvidou and Kutz, 2013). T. Amelie untersuchte den Quick DASH und kam auf ein durchschnittliches Ergebnis von 17,5 (abhängig von der Grunderkrankung). Dennoch sind Werte von 11 Punkten mit einer sehr guten Funktion gleichzusetzen (Ameline et al., 2015). Jakubek erreichte ein Ergebnis von durchschnittlich 16,3 Punkten bei einer Bandbreite von 1,7 bis 28,3 Punkten (Jakubek et al., 2013).

Eine deutsche Studie aus Heidelberg zeigt, dass ein Durchschnitt aus verschiedenen Erkrankungen der Hand einen Mittelwert von 27 Punkten im funktionellen Teil, 38 Punkte im symptombezogenen Teil und 34 Punkte bei

Sport und Musik erreicht (Jester et al., 2005). Nicht zu unterschätzen ist die Subjektivität des DASH Tests. Patienten interpretieren die Fragen in Abhängigkeit ihrer eigenen Ansprüche und Lebenserfahrung, weshalb sich gewisse Messfehler einschleichen können. Um diese möglichst klein zu halten, haben wir mit jedem Patienten Rücksprache gehalten und nach Unklarheiten gefragt.

Ein Ziel einer Arthrodese aus ärztlicher Sicht ist es, die Patienten schmerzfrei zu machen. In der vorliegenden Studie wurde einerseits der manuell auslösbare Druckschmerz untersucht. Hinsichtlich dieser Druckschmerzen scheinen die Patienten mit x-Fuse Implantat im Vorteil zu sein. Über 80% der Patienten sind schmerzfrei, nur 20% spüren vor allem lateral Druckschmerz. Bei Patienten mit Cerclage treten zu 29,2% Druckschmerzen auf. Man würde vermuten, dass diese Schmerzen vor allem bei lateralem Druck auftreten sollten, da man an dieser Stelle die Verzwirbelung der Cerclage vermutet. Doch wie sich herausgestellt hat, haben sogar weniger Patienten lateral auslösbare Druckschmerzen. Aktuell gibt es zu dieser Fragestellung leider keine weiteren Studien.

Andererseits wurden die Schmerzen präoperativ und postoperativ auf der Visuellen-Analog-Skala überprüft. In der Literatur wurde bei Verwendung eines x-Fuse Implantats eine signifikante Abnahme der Schmerzen um durchschnittlich 90,03% (Ameline et al., 2015) bzw. um 87,5% (Jakubek et al., 2013) beschrieben. Bei der Implantation einer anderen Arthrodese, wie dem Kirschnerdraht, wird eine Schmerzreduktion von 81,54% angegeben (Han et al., 2014). Die Daten der vorliegenden Studie zeigen ebenfalls eine Schmerzreduktion von 85% bei Patienten des x-Fuse Implantats und von 79,16% in der Kirschnerdraht Gruppe. Dabei ist in beiden Fällen die Mehrzahl der Teilnehmer schmerzfrei.

Die Fehlerwahrscheinlichkeit für die Verwendung einer VAS liegt bei 4 - 11% und ist damit relativ gering (Schomacher, 2008).

Auf Grund dieser Ergebnisse, kann man das Ziel einer operativen Arthrodesese mittels x-Fuse Implantats hinsichtlich der Schmerzreduktion als erfüllt bezeichnen. In bisher allen bekannten Studien sind die Schmerzen von präoperativ zu postoperativ gesunken. Einen Unterschied der Schmerzreduktion zwischen den beiden untersuchten Arthrodesen konnte nicht festgestellt werden.

Die Zufriedenheit der Patienten der vorliegenden Studie ist durchweg sehr gut bis gut. Nur jeweils 2 Patienten vergaben eine schlechtere Note als „ausreichend“. Auch die aktuell vorliegenden Studien berichten über sehr zufriedene Patienten, die auch mit dem optischen Ergebnis sehr zufrieden sind (Seitz and Marbella, 2013, Savvidou and Kutz, 2013).

Diese Zufriedenheit spiegelt sich auch darin wieder, dass alle Patienten, die ein x-Fuse Implantat bekommen haben, wieder bei entsprechendem Bedarf ein x-Fuse Implantat präferieren würden. Nur 25 % der Kirschnerdraht Patienten würden sich nochmal für einen Kirschnerdraht mit Cerclage entscheiden. Zwar lag die Zufriedenheit mit einem Durchschnitt von 1,75 im guten Bereich, doch die Patienten präferieren eine einmalige Operation ohne die zusätzliche Kirschnerdraht Entfernung. Natürlich kann bei dieser Fragestellung von einem gewissen Placeboeffekt ausgegangen werden, bei dem das x-Fuse von den Patienten einfach nur durch seine Neuheit als effektiver angesehen wird. Deswegen wurden die Patienten nach der Präferenz eines anderen Implantats gefragt, nicht nach der Präferenz eines neueren Implantats.

Wie man anhand der Ergebnisse erkennen kann, unterscheiden sich die einzelnen Werte des x-Fuse Implantats und des Kirschnerdrahts nur geringfügig. Der einzige relevante Unterschied ist die Anzahl der Operationen, bei dem das x-Fuse Implantat im Vorteil wäre. Die Frage ist, ob dieser Unterschied den Mehrpreis von mehreren Hundert Euro rechtfertigt.

4.5.3 Diskussion der Untersuchungen durch Messinstrumente

In der vorliegenden Studie wurden 2 verschiedene Messinstrumente für die Kraftmessung eingesetzt. Für die Grobkraft wurde das Jamar Grobkraft

Messgerät verwendet, für die Spitzkraft die Pinch Gauge. Die Kraftmessung wurde bisher in keiner Studie als Instrument für die alltägliche Händelbarkeit einer Arthrodesese verwendet.

Die Normalwerte für die Grobkraft liegen allgemein durchschnittlich bei 30,4 kg – 70,4 kg bei Männern und zwischen 24 kg – 38,6 kg bei Frauen (Kretschmer, 2014, Waldner-Nilsson Brigitta, 2013). Speziell in der vorliegenden Altersgruppe von 60 – 70 Jahren liegen bei Männern die Werte auf der rechten Hand bei 46,8 kg bzw. 45,7 kg auf der linken Hand. Frauen erreichen 27,9 kg mit der rechten und 26,7 kg mit der linken Hand (Hogrel, 2015).

Die Ergebnisse der vorliegenden Studie liegen in beiden Gruppen unter dem Durchschnitt der bisher veröffentlichten Normalwerte. Es scheint, als ob die Versteifung eines oder mehrerer Fingerendglieder doch eine größere Auswirkung auf die Grobkraft der Patienten hat, als gedacht. Messfehler wurden durch die dreimalige Verwendung des Dynamometers mit anschließender Berechnung des Durchschnitts und der persönlichen Motivation der Patienten möglichst klein gehalten.

Bei Arthrodesen des Fingerendglieds sind Kräfteinbußen zu vermuten, da der Spitzgriff gerade bei den in Extension versteiften Fingern erschwert ist. Das Ergebnis der vorliegenden Studie deutet aber darauf hin, dass sich die Kraft im Vergleich zur anderen Hand nicht wesentlich verändert hat, bzw. im Fall der Kirschnerdraht Arthrodesese sogar gleich geblieben ist.

Die Kraft mag zwar insgesamt eher unterdurchschnittlich gewesen sein, aber die Kraft der behandelten Fingers war nicht wesentlich schlechter als die der unbehandelten Finger. Das stellt nicht nur für das x-Fuse und den Kirschnerdraht ein gutes Ergebnis dar, sondern auch für Arthrodesen allgemein.

Die Interpretation der Streck- oder Beugefähigkeit der Finger ist einfacher, als die der Kraft, da die Beweglichkeit unabhängig von der Dominanz der behandelten Hand sein sollte. Natürlich ist die Beweglichkeit in der Arthrodesese

selbst nicht mehr vorhanden. Dies konnte allerdings von allen Patienten im Alltag sehr gut kompensiert werden.

Bei der Streckung sind die Resultate der betroffenen Finger beider untersuchten Gruppen wie erwartet etwas schlechter, als die gesunden. Dabei ist es interessant, dass die um 15° in Flexion versteiften Gelenke ein maximales Streckdefizit von 0,5 cm erlangten, die um 0° versteiften Finger dagegen einen Maximalwert von bis zu 2 cm Defizit aufwiesen. Dies lag allerdings an ebenfalls arthrotisch veränderten PIP Gelenken. Die vorliegende Studie kann andere Studien darin bestätigen, dass die in Extension versteiften Gelenke keine großen Nachteile im Alltag haben (Han et al., 2014, Song et al., 2012), die in Flexion versteiften allerdings sehr zufrieden sind und gewisse Vorteile beim Spitzgriff besitzen.

Auch die Ergebnisse der Beugung sind allgemein gut, haben jedoch auf Grund der Versteifung in Extension größere Defizite. Solange die PIP und MCP Gelenke eine normale Beweglichkeit aufweisen, haben die Patienten mit einer DIP Arthrodese in der Regel keine Probleme. Da Arthrosen aber oft kombiniert nach jahrelanger Belastung in mehreren Gelenken eines Fingers auftreten, kann eine Arthrodese des distalen Endgelenks schon zu einer gewissen Einschränkung führen. Dabei machte es in dieser Studie keinen relevanten Unterschied, wie die Arthrodese durchgeführt wurde.

Der Vergleich der Sensibilität ist in diesem Fall sehr interessant, da der operative Zugang beider Gruppen gleich ist. Die Ergebnisse der betroffenen Finger der Kirschnerdraht Gruppe sind im Vergleich zu den nicht betroffenen Finger etwas besser. Die Ergebnisse der betroffenen Finger der x-Fuse Arthrodesen Gruppe sind nur minimal schlechter, als die der nicht betroffenen Finger. Dieser Sensibilitätsverlust könnte am Operationszugang liegen. Dennoch sind die Resultate grundsätzlich gut. So schätzt eine Studie um Daniel Schmauss der Universität München einen Mittelwert von 3-7 mm als gut ein. Außerdem stellte Schmauss eine altersabhängige Intensität der Sensibilität fest, die einen Peak in der zweiten bzw. dritten Lebensdekade aufweist und danach kontinuierlich abnimmt (Schmauss et al., 2014).

Auffällig dagegen ist, dass in beiden Gruppen die Werte der ulnaren Seite durchschnittlich etwas schlechter sind, als die der radialen. Die Gruppe um Schmauss testete die 2PD an der radialen Seite von D2 und die ulnare Seite von D5 und kam auf das gleiche Ergebnis; nämlich dass die Sensibilität des D2 besser ist, als die von D5. Sie erklärten dieses Phänomen mit der größeren haptischen Wahrnehmung des Zeigefingers (Schmauss et al., 2014). Eine andere Möglichkeit, warum die radiale Seite empfindlicher zu sein scheint, als die ulnare, ist unsere alltägliche Handhaltung, bei der normalerweise eher die ulnare Fingerseite aufliegt und dadurch unempfindlicher werden könnte.

Es gibt Studien, die besagen, dass die Sensibilität bei Frauen besser sei als die der Männer (Koo et al., 2016). Dies bestätigt die vorliegende Studie. Es gibt aber auch Studien, die keine Unterschiede zwischen männlichen und weiblichen Probanden feststellten (Schmauss et al., 2014).

4.5.4 Diskussion der radiologischen Aufnahmen

Ein weiterer interessanter Diskussionspunkt ist die knöcherne Durchbauung der Arthrodesen. Die radiologischen Aufnahmen wurden im Rahmen einer Nachuntersuchung aufgenommen, die durchschnittlich nach 37,8 Monaten durchgeführt wurde, aufgenommen. Dabei stellen wir fest, dass keine der Arthrodesen beider Gruppen unzureichend durchbaut war und keine Prothesenlockerung aufgetreten war. Selbst bei relativ kurzen Nachuntersuchungszeiträumen war die Durchbauung gut. Dies bestätigen auch andere Studien, wie die Studie um Soo Hon Han, die einen Nachuntersuchungszeitraum von 12 bis 36 Monaten aufwies. Dabei bestand bereits nach durchschnittlich 7,6 Wochen eine ausreichende Durchbauung (Han et al., 2014).

T. Amelie überprüfte die Durchbauung der x-Fuse Arthrodesen und stellt eine 94,8% Durchbauung nach durchschnittlich 11 Monaten fest. Diese Studie nahm außerdem weitere Aufnahmen nach 6 und 12 Wochen auf und konnte damit den Winkel der Arthrodesen vergleichen. Dieser veränderte sich signifikant, vor allem bei der Verwendung größerer x-Fuse Implantate (L und XL) und des Daumens, was allerdings keinen Einfluss auf das klinische Erscheinungsbild im Alltag hatte. Amelie sah als Grund dieser Winkeländerung eine fehlende

postoperative Immobilisation und ungenaue Knochenschnitte (Ameline et al., 2015).

Ebenfalls gute Ergebnisse erzielte die Studie von Savvidou über das x-Fuse Implantat, bei denen die vollständige Durchbauung nach durchschnittlich 11 Wochen erreicht wurde. Nur bei einer Patientin wurde die vollständige Fusion beider Gelenksanteile nicht erreicht. Diese Patientin ist trotzdem schmerzfrei und klagt über keine Nachteile in Alltagsbeschäftigungen (Savvidou and Kutz, 2013).

Weitere positive Ergebnisse zeigte die deutsche Studie des Unfallchirurgen Jakubek, bei dem 91% der Probanden mit einem x-Fuse Implantat eine vollständige Durchbauung nach 3 Monaten aufweisen konnten (Jakubek et al., 2013).

Die durchschnittliche Nachuntersuchungszeiten anderer Studien mit unterschiedlichen Implantaten liegen ebenfalls bei etwa 6 bis 12 Wochen und zeigen ebenfalls eine solide Durchbauung (Brutus et al., 2006, Carroll and Hill, 1969, Lister, 1978, Mantovani et al., 2008, Wyrsh et al., 1996). Weitere Arbeiten sind in Tabelle 4 aufgelistet (Brutus et al., 2006, El-Hadidi and Al-Kdah, 2003, Faithfull and Herbert, 1984, Kocak et al., 2011, Lamas Gomez et al., 2003, Leibovic, 2007, Matsumoto et al., 2013, Stern and Fulton, 1992, Uhl and Schneider, 1992, Villani et al., 2012):

Tabelle 4: Die Ergebnisse der Durchbauungsraten anderer Studien und anderer Fixierungsmethoden (Ameline et al., 2015)

Studie	Datum	Fixierungsmethode	Fallzahl	Durchbauungsrate in %
Faithfull und Herbert	1984	Herbert Schraube	13	80
Stern	1992	Herbert Schraube	27	88
Leibovic	1994	Herbert Schraube	37	100
Leibovic	1994	Kirschnerdraht	100	79
Leibovic	1994	Cerclage	69	95
El-Hadidi	2003	Herbert Schraube	15	80

Gomez	2003	Herbert Schraube	20	95
Brutus	2006	Herbert Schraube	27	85
Kocak	2011	Herbert Schraube	64	89
Villani	2012	SCRU™ Schraube	102	100
Matsumoto	2013	Reverse fix nail®	89	97
Uhl	1992	Cerclage	76	99

Interessanterweise gibt es auch Studien über Arthrodesen der Zehen, die ebenfalls Durchbauungsraten zwischen 70% und 94% aufweisen (Coillard et al., 2014, Sandhu et al., 2013, Scholl et al., 2013).

Die Ergebnisse unserer Studie reihen sich in die Ergebnisse anderer Studien ein. Die Durchbauung ist in beiden Fällen sehr gut. Es gibt keine signifikanten Unterschiede zwischen beiden Untersuchungsgruppen.

Aktuelle Studien berichten über die gute Verträglichkeit des Nitinols, welche durch die vorliegende Studie nur bestätigt werden kann (Poncet, 1980). Wie in der Studie um W. Seitz oder C. Savvidou konnte das x-Fuse Implantat zu 100% im Körper der Patienten verbleiben. Es gab nie eine allergische Reaktion, kein Verrücken des Implantats oder gar ein Bruch (Seitz and Marbella, 2013, Savvidou and Kutz, 2013). Dieses Ergebnis spricht definitiv für das x-Fuse Implantat.

In der vorliegenden Studie sind ebenfalls keine allergischen Reaktionen auf einen Kirschnerdrahts oder eine Cerclage bekannt. Es gab außerdem keinen Ermüdungsbruch der Cerclage. Diese bereitete sieben Patienten nur bei direktem Druck Probleme. Allerdings berichten einige Studien von einer Komplikationsrate von 20% mit Problemen wie Hautnekrosen, Infektionen, Nagelverletzungen und Parästhesien (Leibovic, 2007, Brutus et al., 2006, Ishizuki and Ozawa, 2002, El-Hadidi and Al-Kdah, 2003, Wyrsh et al., 1996, Zavitsanos et al., 1999, Arata et al., 2003, Mantovani et al., 2008, Stern and Fulton, 1992, I. Jsselstein et al., 1992).

4.6 Schlussfolgerung

Anhand der vorliegenden Daten konnte gezeigt werden, dass das Ziel einer Arthrodesen, nämlich die Schmerzreduktion bei guter Funktionalität erfüllt werden konnte, ohne wesentliche Einbußen im Alltag ertragen zu müssen. Dabei konnten sowohl das x-Fuse Implantat als auch der Kirschnerdraht überzeugen. Die Ergebnisse sind in beiden Fällen gut und reihen sich in die der aktuellen Studienlage in Sachen Durchbauung und Schmerzreduktion ein. Bei all den durchgeführten Tests konnten keine Nachteile nachgewiesen werden; beide Operationsvarianten haben ein gutes Outcome und unterscheiden sich nicht signifikant. Aufgrund dieser Ergebnisse kann keines der beiden Varianten bevorzugt werden. Wirtschaftlich gesehen gibt es Unterschiede in den Anschaffungs- und Ausrüstungskosten, weshalb in dieser Hinsicht der Kirschnerdraht bevorzugt werden könnte. Wiederum ein Vorteil des x-Fuse Implantats ist die einmalige Operation ohne eine nachfolgende Entfernung des Implantat Materials, so wie es beim Kirschnerdraht der Fall ist.

Schlussendlich sollte für jeden Patienten individuell entschieden werden und Merkmale wie Alter, Anfahrtsweg und Funktionsbedarf berücksichtigt werden.

5. Zusammenfassung

Die Bevölkerungsstruktur verändert sich nachweislich zu einem steigenden Anteil älterer Personen, zudem rechnet man mit immer höheren Lebenserwartungen. Dadurch werden Verschleißkrankheiten wie die Arthrose immer häufiger auftreten. Deswegen wird es immer wichtiger, genau diese Krankheitsbilder optimal versorgen zu können. Optimal bedeutet in dem Fall ein möglichst schonender Eingriff mit überschaubaren Nebenwirkungen, eine signifikante Schmerzreduktion bei guter verbleibender Funktionalität aber auch eine gute Wirtschaftlichkeit. Im Fall der operativen Versteifung von Fingerendgliedern gibt es schon einige Studien mit kleinen Fallzahlen, die die operative Arthrodesen untersuchen.

In der vorliegenden Studie werden die zwei gängigen Arthrodesen der BG Unfallklinik Tübingen, das x-Fuse Implantat und der Kirschnerdraht mit Cerclage, untersucht und gegenübergestellt. Dabei wurde die Fragestellung weit gefächert, um möglichst viele Bereiche abzudecken. So gibt es einige subjektiven Fragestellungen, die die 48 Patienten, die an der BG operiert, versorgt und in die Studie eingeschlossen wurden, spontan beantworten konnten. So wurden von den Probanden einmal Schulnoten für bestimmte Bereiche verteilt und ein spezieller Fragebogen ausgefüllt. Es gibt aber auch objektive Tests, die nach genormten Regeln durchgeführt und ausgewertet wurden. Darunter fallen Kraftmessungen der Hände und Finger sowie die Durchbauungsrate der Arthrodesen in Form von Röntgenbilduntersuchungen.

Es konnte festgestellt werden, dass das x-Fuse Implantat in allen untersuchten Fragestellungen gute Ergebnisse erzielen konnte und damit eine gute Alternative gegenüber dem Kirschnerdraht darstellt. In jedem untersuchten Fall wurde das Ziel, nämlich die Schmerzreduktion bei möglichst erhaltener Funktionalität, erfüllt. Dabei fallen sowohl beim x-Fuse Implantat als auch bei Kirschnerdraht die relativ risikoarme Operation in Plexusanästhesie und Blutleere, sowie die gute Durchbauung auf. Die einmalige Operation sowie die unkomplizierte Nachsorge des x-Fuse Implantats stellen gerade bei älteren Patienten einen großen Vorteil dar. Allerdings sind die Materialkosten und die laufenden Kosten des x-Fuse Implantats deutlich höher als die eines

Kirschnerdrahtes. Ansonsten lässt sich kein signifikanter Unterschied zwischen den beiden vorgestellten Methoden nachweisen.

Dementsprechend kann nicht für das eine und gegen das andere Implantat gesprochen werden. Die Wahl des passenden Implantats muss individuell zusammen mit dem Patienten, dessen Angehörigen und dem jeweiligen Chirurgen getroffen werden.

6. Literaturverzeichnis

- CHILI [Online]. Available: <http://www.chili-radiology.com/> [Accessed].
- AMELINE, T., BEGOT, V., ARDOUIN, L., HULET, C. & HANOUIZ, N. 2015. Arthrodesis of thumb interphalangeal and finger distal interphalangeal joints using the intramedullary X-Fuse((R)) implant: Retrospective analysis of 38 cases. *Chir Main*, 34, 67-72.
- ARATA, J., ISHIKAWA, K., SOEDA, H. & KITAYAMA, T. 2003. Arthrodesis of the distal interphalangeal joint using a bioabsorbable rod as an intramedullary nail. *Scand J Plast Reconstr Surg Hand Surg*, 37, 228-31.
- BEASLEY, R. W. 2003. *Beasley's Surgery of the Hand*, Thieme Verlag.
- BECHTOL, C. O. 1954. Grip test; the use of a dynamometer with adjustable handle spacings. *J Bone Joint Surg Am*, 36-A, 820-4; passim.
- BG UNFALLKLINIK, T. 2017. RE: *Einkauf*.
- BROOKS, P. 1998. Rheumatology. *BMJ*, 316, 1810-2.
- BRUTUS, J. P., PALMER, A. K., MOSHER, J. F., HARLEY, B. J. & LOFTUS, J. B. 2006. Use of a headless compressive screw for distal interphalangeal joint arthrodesis in digits: clinical outcome and review of complications. *J Hand Surg Am*, 31, 85-9.
- CARROLL, R. E. & HILL, N. A. 1969. Small joint arthrodesis in hand reconstruction. *J Bone Joint Surg Am*, 51, 1219-21.
- CHILI®, G. 2004. CHILI - digital radiology [Online]. Available: <http://www.chili-radiology.com/> [Accessed 15.02.2016 2016].
- COILLARD, J. Y., PETRI, G. J., VAN DAMME, G., DEPREZ, P. & LAFFENETRE, O. 2014. Stabilization of proximal interphalangeal joint in lesser toe deformities with an angulated intramedullary implant. *Foot Ankle Int*, 35, 401-7.
- DICKSON, D. R., MEHTA, S. S., NUTTALL, D. & NG, C. Y. 2014. A systematic review of distal interphalangeal joint arthrodesis. *J Hand Microsurg*, 6, 74-84.
- DUBERT, T., VOCHE, P., DUMONTIER, C. & DINH, A. 2001. [The DASH questionnaire. French translation of a trans-cultural adaptation]. *Chir Main*, 20, 294-302.
- EL-HADIDI, S. & AL-KDAH, H. 2003. Distal interphalangeal joint arthrodesis with Herbert screw. *Hand Surg*, 8, 21-4.
- FAITHFULL, D. K. & HERBERT, T. J. 1984. Small joint fusions of the hand using the Herbert Bone Screw. *J Hand Surg Br*, 9, 167-8.
- FESS, E. E. 1992. Grip strength. In J.S. Casanova (Ed.), *Clinical Assessment Recommendations. American Society of Hand Therapists, Chicago*, pp. 41-5.
- GERMANN, G., WIND, G. & HARTH, A. 1999. [The DASH(Disability of Arm-Shoulder-Hand) Questionnaire--a new instrument for evaluating upper extremity treatment outcome]. *Handchir Mikrochir Plast Chir*, 31, 149-52.
- HAN, S. H., CHA, Y. S. & SONG, W. T. 2014. Arthrodesis of distal interphalangeal joints in the hand with interosseous wiring and intramedullary K-wire fixation. *Clin Orthop Surg*, 6, 401-4.
- HEROLD, G. 2014. *Innere Medizin*, Köln, Gerd Herold.

- HOGREL, J. Y. 2015. Grip strength measured by high precision dynamometry in healthy subjects from 5 to 80 years. *BMC Musculoskelet Disord*, 16, 139.
- I. JSSELSTEIN, C., VAN EGMOND, D. B., HOVIUS, S. E. & VAN DER MEULEN, J. C. 1992. Results of small-joint arthrodesis: comparison of Kirschner wire fixation with tension band wire technique. *J Hand Surg Am*, 17, 952-6.
- ISHIZUKI, M. & OZAWA, H. 2002. Distal interphalangeal joint arthrodesis using a minimally invasive technique with the herbert screw. *Tech Hand Up Extrem Surg*, 6, 200-4.
- JAKUBEK, M., ENZENDORFER, M. & TRIEB, K. 2013. Neue Moeglichkeiten der DIP und IP Arthrodesse der Hand *Deutscher Kongress für Orthopädie und Unfallchirurgie (DKOU 2013)*. Berlin: German Medical Science GMS Publishing House.
- JESTER, A., HARTH, A., WIND, G., GERMANN, G. & SAUERBIER, M. 2005. Disabilities of the arm, shoulder and hand (DASH) questionnaire: Determining functional activity profiles in patients with upper extremity disorders. *J Hand Surg Br*, 30, 23-8.
- KITIS, A., CELIK, E., ASLAN, U. B. & ZENCIR, M. 2009. DASH questionnaire for the analysis of musculoskeletal symptoms in industry workers: a validity and reliability study. *Appl Ergon*, 40, 251-5.
- KOCAK, E., CARRUTHERS, K. H. & KOBUS, R. J. 2011. Distal interphalangeal joint arthrodesis with the Herbert headless compression screw: outcomes and complications in 64 consecutively treated joints. *Hand (N Y)*, 6, 56-9.
- KONAN, S., DAS, A., TAYLOR, E. & SORENE, E. 2013. Distal interphalangeal joint arthrodesis in extension using a headless compressive screw. *Acta Orthop Belg*, 79, 154-8.
- KOO, J. P., KIM, S. H., AN, H. J., MOON, O. G., CHOI, J. H., YUN, Y. D., PARK, J. H. & MIN, K. O. 2016. Two-point discrimination of the upper extremities of healthy Koreans in their 20's. *J Phys Ther Sci*, 28, 870-4.
- KRETSCHMER, T. 2014. *Nerven Chirurgie: Trauma, Tumor, Kompression*, Berlin Heidelberg, Springer-Verlag.
- LAMAS GOMEZ, C., PROUBASTA, I., ESCRIBA, I., ITARTE, J. & CACERES, E. 2003. Distal interphalangeal joint arthrodesis: treatment with Herbert screw. *J South Orthop Assoc*, 12, 154-9.
- LEHMANN, L. J., LOOSEN, G., WEISS, C. & SCHMITTNER, M. D. 2015. Interscalene plexus block versus general anaesthesia for shoulder surgery: a randomized controlled study. *Eur J Orthop Surg Traumatol*, 25, 255-61.
- LEIBOVIC, S. J. 2007. Instructional Course Lecture. Arthrodesis of the interphalangeal joints with headless compression screws. *J Hand Surg Am*, 32, 1113-9.
- LISTER, G. 1978. Intraosseous wiring of the digital skeleton. *J Hand Surg Am*, 3, 427-35.
- LUKAS, D. B. 2014. *Arthrose der Hand- und Fingergelenke* [Online]. Apotheken Umschau. Available: <http://www.apotheken-umschau.de/Arthrose-Hand> [Accessed 17.11.2014 2014].

- MANTOVANI, G., FUKUSHIMA, W. Y., CHO, A. B., AITA, M. A., LINO, W., JR. & FARIA, F. N. 2008. Alternative to the distal interphalangeal joint arthrodesis: lateral approach and plate fixation. *J Hand Surg Am*, 33, 31-4.
- MATHIOWETZ, V., WEBER, K., VOLLAND, G. & KASHMAN, N. 1984. Reliability and validity of grip and pinch strength evaluations. *J Hand Surg Am*, 9, 222-6.
- MATSUMOTO, T., NAKAMURA, I., MIURA, A., MOMOYAMA, G. & ITO, K. 2013. Distal interphalangeal joint arthrodesis with the reverse fix nail. *J Hand Surg Am*, 38, 1301-6.
- MICHEEL M., SCHLEGEL S., SCHALLER H. & T., F. 2015. Vergleich von X-fuse Arthrodesen gegenüber herkömmlichen Arthrodesen mit Kirschnerdraht und Cerclage bei Heberden-Arthrose 46. *Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft der Plastischen, Rekonstruktiven und Ästhetischen Chirurgen (DGPRÄC), 20. Jahrestagung der Vereinigung der Deutschen Ästhetisch-Plastischen Chirurgen (VDÄPC)*. Berlin: German Medical Science GMS Publishing House.
- PONCET, P. 1980. Nitinol Medical Device Design Considerations. 12, 1-12.
- RICHARDS, L. G., OLSON, B. & PALMITER-THOMAS, P. 1996. How forearm position affects grip strength. *Am J Occup Ther*, 50, 133-8.
- SANDHU, J. S., DECARBO, W. T. & HOFBAUER, M. H. 2013. Digital arthrodesis with a one-piece memory nitinol intramedullary fixation device: a retrospective review. *Foot Ankle Spec*, 6, 364-6.
- SAVVIDOU C, K. J. 2013. Interphalangeal and thumb metacarpophalangeal arthrodesis with an intramedullary implant. *Annals of plastic Surgery*.
- SAVVIDOU, C. & KUTZ, J. 2013. Interphalangeal and thumb metacarpophalangeal arthrodesis with an intramedullary implant. *Ann Plast Surg*, 70, 34-7.
- SCHMAUSS, D., FINCK, T., MEGERLE, K., MACHENS, H. G. & LOHMEYER, J. A. 2014. The normal sensibility of the hand declines with age--a proclamation for the use of delta two-point discrimination values for sensibility assessment after nerve reconstruction. *J Peripher Nerv Syst*, 19, 197-204.
- SCHOLL, A., MCCARTY, J., SCHOLL, D. & MAR, A. 2013. Smart toe(R) implant versus buried Kirschner wire for proximal interphalangeal joint arthrodesis: a comparative study. *J Foot Ankle Surg*, 52, 580-3.
- SCHOMACHER, J. 2008. Gütekriterien der visuellen Analogskala zur Schmerzbewertung. *Physioscience*, 125-133.
- SEITZ, W. H., JR. & MARBELLA, M. E. 2013. Distal interphalangeal joint arthrodesis using nitinol intramedullary fixation implants: X-fuse implants for DIP arthrodesis. *Tech Hand Up Extrem Surg*, 17, 169-72.
- SONG, J. H., LEE, J. Y., CHUNG, Y. G. & PARK, I. J. 2012. Distal interphalangeal joint arthrodesis with a headless compression screw: morphometric and functional analyses. *Arch Orthop Trauma Surg*, 132, 663-9.
- STATISTISCHES BUNDESAMT, B. 2015a. *Geschlechtsproportion nach Altersgruppen in Deutschland*, 1871 bis 2060* [Online]. Bundesinstitut für Bevölkerungsforschung - 2015. Available: <http://www.bib->

- demografie.de/DE/ZahlenundFakten/02/Tabellen/t_02_04_sexratio_ag_d_1871_2060.html?nn=3074120 [Accessed 2015].
- STATISTISCHES BUNDESAMT, D. 2014. *Babyboomer: Deutschlands geburtenstärkster Jahrgang wird 50* [Online]. Available: <https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/ImFokus/Bevoelkerung/BabyboomerGeburten.html> [Accessed 19.10.2016 2016].
- STATISTISCHES BUNDESAMT, P. O. U. R. F. 2015b. *Bevölkerung Deutschlands bis 2060 - 13. koordinierte Bevölkerungsvorausberechnung* [Online]. Available: <https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/Bevoelkerung/VorausberechnungBevoelkerung/BevoelkerungDeutschland2060Presse.html> [Accessed 19.10.2016 2016].
- STERN, P. J. & FULTON, D. B. 1992. Distal interphalangeal joint arthrodesis: an analysis of complications. *J Hand Surg Am*, 17, 1139-45.
- STRYKER. 2012. *X-Fuse® Intramedullary Fusion Implant* [Online]. 325 Corporate Drive, Mahwah, NJ 07430, USA. Available: <http://az621074.vo.msecnd.net/syk-mobile-content-cdn/global-content-system/SYKGCSDOC-2-36610/dSv0dmr0N3Xlk6XblZBa6LngaKuG9A/2012338.pdf> [Accessed 12.06.2016 2016].
- STRYKER. 2014. *X-Fuse® Intramedullary Fusion Implant* [Online]. 325 Corporate Drive, Mahwah, NJ 07430, USA. Available: <file:///C:/Users/Georg/Documents/Doktorarbeit/Literatur/Stryker%20x-fuse.pdf> [Accessed 12.07.2017 2017].
- SYMMONS D., M. C., PFLEGER B. 2006. *Global burden of osteoarthritis in the year 2000* [Online]. Geneva: World Health Organisation. Available: http://www.who.int/healthinfo/statistics/bod_osteoarthritis.pdf [Accessed 02.10.2016].
- UHL, R. L. & SCHNEIDER, L. H. 1992. Tension band arthrodesis of finger joints: a retrospective review of 76 consecutive cases. *J Hand Surg Am*, 17, 518-22.
- VILLANI, F., URIBE-ECHEVARRIA, B. & VAIENTI, L. 2012. Distal interphalangeal joint arthrodesis for degenerative osteoarthritis with compression screw: results in 102 digits. *J Hand Surg Am*, 37, 1330-4.
- WALDNER-NILSSON BRIGITTA, D.-N. A., BREIER SUSANNE, SLATOSCH WINTSCH DORIS, REITER EIGENHEER ANITA 2013. *Handrehabilitation: Für Ergotherapeuten und Physiotherapeuten*, Heidelberg, Berlin, Springer Verlag.
- WYRSCH, B., DAWSON, J., AUFRANC, S., WEIKERT, D. & MILEK, M. 1996. Distal interphalangeal joint arthrodesis comparing tension-band wire and Herbert screw: a biomechanical and dimensional analysis. *J Hand Surg Am*, 21, 438-43.
- ZAVITSANOS, G., WATKINS, F., BRITTON, E., SOMIA, N., GUPTA, A. & KLEINBERT, H. 1999. Distal Interphalangeal Joint Arthrodesis Using Intramedullary and Interosseous Fixation. *Hand Surg*, 4, 51-55.

7. Erklärung zum Eigenanteil

Die Arbeit wurde in der Berufsgenossenschaftlichen Unfallklinik Tübingen unter der Betreuung von Herrn Professor Daigeler bzw. Herrn Professor Schaller durchgeführt.

Die Konzeption der Studie erfolgte in Zusammenarbeit von Herrn Dr. med. Thomas Fuchsberger (Oberarzt) und Frau Dr. med. Manuela Micheel (Assistenzärztin).

Sämtliche Untersuchungen wurden nach Einarbeitung durch oben genannter Ärzte von mir eigenständig durchgeführt.

Die statistische Auswertung erfolgte eigenständig und nach Beratung durch das Institut für Biometrie der Universität Tübingen. Die grafische Auswertung der Röntgenbilder gelang unter der Aufsicht und Hilfe von Dr. med. Manuela Micheel. Die Veröffentlichung 2015 im Rahmen eines Vortrags entstand unter der Zusammenarbeit aller genannten Autoren, wobei die dafür notwendigen Grafiken extra erstellt wurden. Der Vortrag selbst wurde von Frau Dr. med. Manuela Micheel gehalten.

Das im Frühjahr 2018 im „Clinical orthopaedics und related research“ eingereichte Paper wurde ebenfalls in Zusammenarbeit aller Autoren erstellt und unter der Leitung von Frau Dr. med. Manuela Micheel verfasst. Die abgebildeten Grafiken wurden eigens für diese Veröffentlichung von ihr erstellt.

Ich versichere, das vorliegende Manuskript mitsamt Grafiken selbstständig verfasst zu haben und keine weiteren als die von mir angegebenen Quellen verwendet zu haben.

Tübingen, den 03.05.2017

Sina Schlegel

8. Veröffentlichungen

Teile dieser Dissertationsschrift wurden im Rahmen der 46. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft der Plastischen, Rekonstruktiven und Ästhetischen Chirurgen in Form eines Vortrags veröffentlicht:

Autoren:

Dr. med. Manuela Micheel, cand. med. Sina Schlegel, Prof. Dr. med. Hans-Eberhard Schaller und Dr. med. univ. Thomas Fuchsberger.

Titel:

Vergleich von x-fuse Arthrodesen gegenüber herkömmlichen Arthrodesen mit Kirschnerdraht und Cerclage bei Heberdenarthrose.

Kongress:

46. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft der Plastischen, Rekonstruktiven und Ästhetischen Chirurgen (DGPRÄC), 20. Jahrestagung der Vereinigung der Deutschen Ästhetisch-Plastischen Chirurgen (VDAPC)

Ort und Datum:

Berlin, 01.10.-03.10.2015

(Micheel M. et al., 2015).

Desweiteren wurde ein Paper verfasst im Frühjahr 2018 in der „Clinical orthopaedics und related research“ eingereicht.

Danksagung

Ich möchte an dieser Stelle allen danken, die zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben.

Zuerst danke ich meinem Doktorvater Herrn Prof. Dr. med. Adrien Daigeler für die Übernahme der Betreuung meiner Arbeit und seiner qualitativ hochwertigen und unermüdlichen Unterstützung.

Ich danke ebenfalls seiner Chefsekretärin Frau Claudia Hölle für die tollen Terminorganisationen. Sie war eine große Hilfe.

Ebenfalls möchte ich Herrn Dr. med. Tobias Kraus für die spontane Übernahme des Gutachters bei meiner Disputation danken.

Selbstverständlich danke ich ebenfalls Herrn Univ. Professor Dr. med. Schaller für die Bereitstellung meines Themas und Herrn PD. Dr. med. Rahmanian-Schwarz für eines der Gutachten.

Außerdem möchte ich meinen Betreuern Frau Dr. med. Manuela Micheel und Herrn Dr. med. Thomas Fuchsberger für die Bereitstellung des Themas und ihrer Hilfe bei der Datenermittlung danken.

Mein besonderer Dank gilt dem Institut für Biometrie der Universität Tübingen für die hervorragende statistische Beratung.

Ich möchte allen Studienteilnehmer für ihre Mitarbeit danken.

Abschließend möchte ich meiner Familie und meinem Freund danken, die mich immer unterstützen und mir mit Rat und Tat zur Seite stehen.