

**Aus der Klinik und Poliklinik für
Unfall-, Hand-, Plastische und Wiederherstellungschirurgie
der Universität Würzburg
Direktor: Univ.-Prof. Dr. med. Rainer H. Meffert**

**„Evaluation des Einsatzes von Active controlled motion (ACM) nach operativ
versorgten Sprunggelenksbrüchen des Types Danis-Weber-B und C mit
Notwendigkeit einer Teilbelastung für 6 Wochen postoperativ“**

Dissertation

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

vorgelegt von

Mahmoud Ataya

aus

Damaskus/Erbin

Würzburg, Januar 2015

Referent: Univ.-Prof. Dr. med. Rainer Meffert

Koreferent: Univ.-Prof. Dr. med. Thorsten Bley

Dekan: Prof. Dr. Mathias Frosch

Tag der mündlichen Prüfung: 16.06.2015

Der Promovend ist Arzt

Inhalt

1	Einleitung.....	1
1.1	Epidemiologie und Ätiologie.....	1
1.2	Klassifikation.....	1
1.3	Therapie und Teilbelastung.....	2
1.4	Rehabilitation.....	4
2	Fragestellung.....	6
3	Patienten und Methodik.....	7
3.1	Studiendesign.....	7
3.2	Einschlusskriterien.....	7
3.3	Patientendaten.....	7
3.3.1	Präoperative Datenerfassung.....	8
3.3.2	Operative Versorgung.....	8
3.3.3	Postoperative Datenerfassung.....	9
3.4	Nachbehandlung mit ACM „Active Controlled Motion“(CAMO®ped).....	9
3.5	Scores.....	11
3.6	Klinische Untersuchung und Pedographie.....	13
3.7	Datenerhebung und statistische Auswertung.....	15
4	Ergebnisse.....	16
4.1	Patientendate.....	16
4.2	Unfalldaten.....	20
4.3	Operation.....	23
4.4	Nachbehandlung.....	30
4.5	Belastungsaufbau.....	33
4.6	Arbeitsfähigkeit.....	36
4.7	Scores.....	37

4.8	Klinische Untersuchung.....	47
4.9	Pedographie	52
5	Diskussion	58
6	Zusammenfassung	65
7	Abbildungsverzeichnis	66
8	Tabellenverzeichnis	68
9	Literaturverzeichnis.....	69

1 Einleitung

1.1 Epidemiologie und Ätiologie

Sprunggelenksfrakturen sind mit einer Inzidenz von 2‰ pro Jahr im europäischen Raum eine der häufigsten Verletzungen [1]. Laut epidemiologischen Studien aus England sind die Sprunggelenksfrakturen zusammen mit den Femurfrakturen die häufigsten Frakturen der unteren Extremität [2]. In den meisten Fällen werden die Sprunggelenksfrakturen durch ein indirektes Trauma verursacht wobei der Unfallhergang meistens auf ein Umknick-Trauma oder auch häufig auf ein Sturz-Trauma zurückzuführen ist [3].

1.2 Klassifikation

Eine Einteilung bei Sprunggelenksfrakturen ist die nach Danis und Weber. Diese Klassifikation beschreibt in einem einfachen System die Frakturen des Malleolus lateralis im Verhältnis zur Höhe der Syndesmose tibiofibularis [4, 5] und lässt sich genauer wie folgt beschreiben [6]:

- Typ A Frakturen: Die Fraktur befindet sich distal der Syndesmose tibiofibularis und die Syndesmose ist intakt.
- Typ B Frakturen: Die Fraktur befindet sich auf der Höhe der Syndesmose tibiofibularis. Eine Verletzung des Ligamentums deltoideum oder eine Fraktur des Malleolus medialis sind mögliche Begleitverletzungen. Der Syndesmosen-Komplex kann intakt oder zerrissen sein.
- Typ C Frakturen: Die Fraktur befindet sich proximal der Syndesmose tibiofibularis. Eine Verletzung des Ligamentums deltoideum und eine Fraktur des Malleolusmedialis sind sehr häufig. Diese Frakturen sind hochgradig instabil.

Die Danis-Weber Klassifikation trägt zur klinisch therapeutischen Entscheidung bei und hilft bei der operativen Indikationsstellung. Aufgrund seiner einfachen und praktischen Einsetzbarkeit hat sich diese Einteilung im klinischen Alltag

durchgesetzt [7]. In der Literatur ist die Typ B Fraktur häufiger als Typ A oder C Frakturen [8].

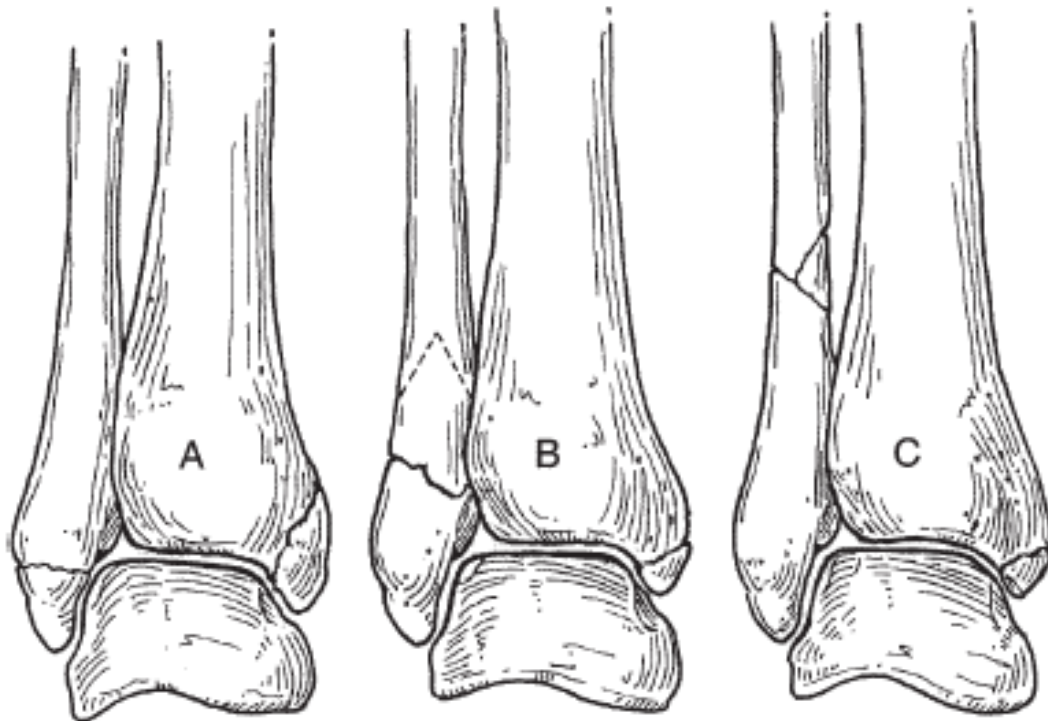


Abbildung 1: Danis und Weber Klassifikation [6]

1.3 Therapie und Teilbelastung

Die Sprunggelenksfrakturen werden je nach Indikation entweder geschlossen konservativ oder offen operativ behandelt. Im Folgenden werden die zwei Therapieverfahren genau beschrieben [1, 9, 10]:

- Die geschlossene konservative Behandlung von Sprunggelenksfrakturen kann bei stabilen, nicht dislozierten Frakturen verwendet werden. Hier ist die Stabilität der Syndesmose tibiofibularis sehr wichtig, da sie eine zentrale Rolle in der Gelenkstabilität spielt. Die Therapie besteht in der Regel aus der Ruhigstellung des Unterschenkels für sechs Wochen. Verschiedene Methoden wie z.B. gehfähiger Gips, Schienen und Orthesen kommen hier zum Einsatz [11].

- Die offene chirurgische Behandlung (Offene Reposition, interne Fixation-ORIF) von Sprunggelenksfrakturen wird bei allen offenen und/oder dislozierten Frakturen oder nachgewiesener Instabilität der Syndesmose tibiofibularis verwendet. Um die anatomische Wiederherstellung zu erzielen, kommen hier verschiedene Osteosyntheseverfahren zum Einsatz. Dieses dient der sofortigen Stabilität und Erleichterung der Frühmobilisation [12]. Allerdings sind alle Operationen mit Risiken und Komplikationen wie Wundinfektionen, Lungenembolie, Implantatversagen und Re-Operation behaftet [13].

Beschäftigt man sich mit der Literatur der beiden Verfahren findet man viele umfangreiche Studien mit zum Teil kontroversen Meinungen [8, 14-16].

Die Überlegungen zur Therapie der Sprunggelenksfrakturen basieren nicht alleine auf Klassifikationen, sondern ziehen auch andere Aspekte wie Luxationsausmaß, Weichteilschwellung und den Allgemeinen Gesundheitszustand des Patienten in Betracht. Jedoch werden in der heutigen Praxis die meisten Typ A Frakturen konservativ und die meisten Typ C Frakturen operativ behandelt. Typ B Frakturen werden dagegen sowohl konservativ als auch operativ therapiert [10]. Während einige Kliniker eine konservative Versorgung ausreichend finden, halten andere, um einen posttraumatische Arthrose zu verhindern, eine genaue anatomische Rekonstruktion für sehr wichtig. In den USA wird eine große Anzahl (14%-72%) an chirurgischen Eingriffen beschreiben [15, 17, 18]. Grundsätzlich werden operative Verfahren angewendet, nicht um eine frühere Gelenkbewegung, sondern um eine korrekte anatomische Rekonstruktion zu erreichen. Dennoch wird durch eine schnelle Fixierung der Fraktur die Mobilisation des Gelenkes beschleunigt [19]. Bei intraoperative nachgewiesener Instabilität der Syndesmose tibiofibularis wird in der heutigen Praxis die Stellschraube eingesetzt. Dies wird in 6-8 Wochen wieder entfernt, in dieser Zeit sollte eine 20 kg Teilbelastung eingehalten werden. Eine Teilbelastung wird ebenfalls je nach Stabilität der operativen Versorgung und die Gelenksbänder empfohlen, meistens für 6 Wochen.

1.4 Rehabilitation

Das Sprunggelenk hat in Vergleich zu den anderen Gelenken die Besonderheit, dass es unter axialer Belastung steht und damit ein lasttragendes Gelenk ist [20]. Viele Kliniker betrachten die operative Fixierung in Abhängigkeit der Frakturmorphologie, begleitenden Weichteile und Bandverletzungen sowie der Knochenqualität als nicht ausreichend, um die Fraktur gegen wirkende Kräfte und weitere Dislokationen zu schützen. Aufgrund dessen werden bei der postoperativen Versorgung weitere unterstützende Maßnahmen benötigt [19]. Hier kann das Tragen von Orthesen, die zur Stabilität beitragen, hilfreich sein [21-24]. Die aktuellen Leitlinien empfehlen auch in der Regel eine Teilbelastung auf Unterarmgehstützen für ca. 6 Wochen wobei dies vom Frakturtyp, der Art der operativen Versorgung und der Knochenqualität abhängt. Das Ziel der Rehabilitation nach der operativen Versorgung beinhaltet neben dem Schutz des verletzten Bereiches vor übermäßigen physikalischen Kräften [25] auch die Wiederherstellung und den Erhalt des Bewegungsumfanges des Gelenkes, der Kraft, der Propriozeption und der Funktion, sodass die progressive Wiederaufnahme der Belastung schnell und sicher erreicht werden kann [14]. Eine frühe postoperative Mobilisierung und krankengymnastische Übungen werden empfohlen [26-29].

Die adäquate postoperative Nachbehandlung von Sprunggelenksfrakturen ist immer noch ein Thema, das in der Literatur kontrovers diskutiert wird [21, 30-34]. Die Autoren sind sich über ein einheitliches postoperatives Therapieschema uneinig. Die empfohlene postoperative Teilbelastung mit Unterarmgehstützen hindert die Patienten an der ebenfalls empfohlenen postoperativen frühfunktionellen Nachbehandlung. Die postoperative Frühmobilisation wird erlaubt, solange die Stabilität der Fraktur gesichert ist und die Fraktur vor Dislokationen geschützt wird.

Die Propriozeption und der neuromuskuläre Feedback Mechanismus sind sehr wichtige Komponente für die Wiederherstellung und die Erhaltung der Gelenkstabilität. Signale aus den peripheren Rezeptoren des somatosensorische Apparates sowie den visuellen und vestibulären Systemen

werden an das Zentralnervensystem vermittelt. Dort werden die Signale verarbeitet und an den Bewegungsapparat weitergeleitet. Dieser Efferenz-Afferenz Bogen sichert die Gelenkstabilität, Koordination und somit die Aufrechte Körperhaltung [35,36]

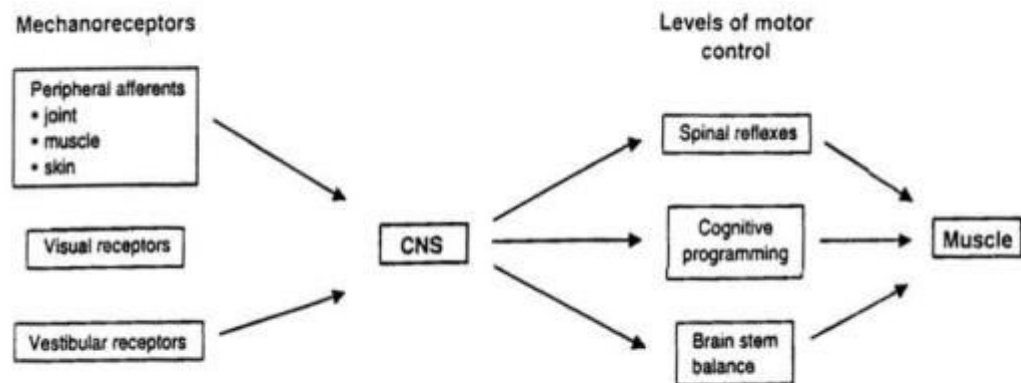


Fig. 1. Neuromuscular control pathways (reproduced from Lephart & Henry,^[17] with permission).

Abbildung 2: Der neuromuskuläre Feedback Mechanismus des Bewegungsapparats [37]

Bei Gelenksverletzungen und operativen Interventionen werden die Gelenkkapsel, Bänder und die darin enthaltenden propriozeptive Rezeptoren geschädigt und die efferenten Signale über Dehnung und Lastzustand des Kapselbandapparats sowie der Gelenksstellung und Bewegung werden dadurch gestört. Neben der anatomische Instabilität entsteht somit durch das propriozeptive Defizit eine funktionelle Instabilität [37-40].

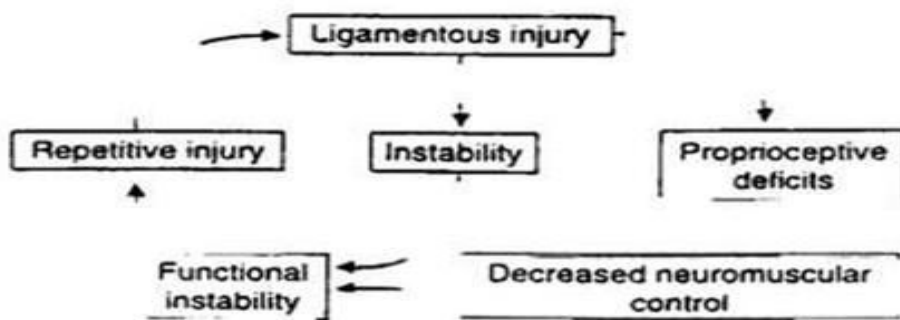


Fig. 2. Functional stability paradigm depicting the progression of functional instability due to the interaction between mechanical instability and decreased neuromuscular control (reproduced from Lephart & Henry,^[17] with permission).

Abbildung 3: Das Neuromuskuläre Defizit bei Ligamentären Verletzungen

Es ist von Patienten mit Ruptur des vorderen Kreuzbandes bekannt, dass durch die Bandverletzungen auch eine deutliche Reduktion der Propriozeption resultiert [41, 42]. Bei den häufig begleitenden Bandverletzungen (Kreuzband, Syndesmose) ist analog ebenfalls von einer gestörten Propriozeption auszugehen. Das normale Propriozeptionstraining am Sprunggelenk erfolgt mit Kippbrettern oder Therapiekreisläufen. Wenn Patienten nicht voll belasten können, ist dieses Training jedoch nicht möglich.

Wünschenswert wäre eine frühestmögliche Methode, die auch unter der erlaubten Teilbelastung ein Propriozeptionstraining ermöglicht.

2 Fragestellung

Die aktiv-kontrollierten Bewegungen erfüllen unserer Meinung nach alle Voraussetzungen für ein optimales Verfahren, das man standardisiert in der Rehabilitation von operierten Sprunggelenksfrakturen nutzen könnte. So war das Ziel der Studie herauszufinden, ob der Einsatz einer Aktiv-kontrollierten Bewegungsschiene (ACM) nach operativ versorgten Sprunggelenksbrüchen des Typs Danis-Weber-B und C mit der Notwendigkeit einer Teilbelastung von 6 Wochen postoperativ einen Einfluss auf die klinischen Ergebnisse nach 6 und 12 Wochen hat.

3 Patienten und Methodik

3.1 Studiendesign

Dies ist eine prospektive randomisierte Studie an einem Level-1-Traumazentrum. Insgesamt wurden in der Zeit von September 2011 bis Juli 2013 50 Patienten mit einer singulären, operativ versorgten Sprunggelenksfraktur Typ Weber-B/-C und der Notwendigkeit einer Teilbelastung für die ersten 6 Wochen in zwei Therapiegruppen mittels Briefverfahren randomisiert. Gruppe A (ACM-Gruppe) erhielt zusätzlich zu Krankengymnastik eine aktiv kontrollierte Bewegungsschiene (CAMO®ped von der Firma OPED®) mit ca. 30 Minuten Training pro Tag. Gruppe B diente als Kontrollgruppe (KG-Gruppe). Für beide Gruppen waren je 6 und je 12 Wochen funktionelle und klinische Nachuntersuchungen vorgesehen.

Alle Patienten wurden aufgeklärt und gaben ihr schriftliches Einverständnis. Die Studie wurde von der lokalen Ethik-Kommission bei der Medizinischen Fakultät der Universität Würzburg genehmigt und folgt der Deklaration von Helsinki für ethische Grundsätze für die medizinische Forschung am Menschen.

3.2 Einschlusskriterien

- Alter >18 Jahre
- Operativ versorgte Sprunggelenksfraktur Typ Danis/Weber B/C
- Notwendigkeit einer postoperativen Teilbelastung für mindestens 6 Wochen
- Schriftliches Einverständnis zur Studienteilnahme
- Ausschluss von weiteren Verletzungen
- Kommunikative Fähigkeit

3.3 Patientendaten

Nach erfolgreicher Randomisierung und Prüfung der Einschlusskriterien erfolgte die erste Vorstellung bei den Patienten. Im Rahmen dieser Vorstellung wurden die Patienten über die Studie aufgeklärt und alle Fragen dazu beantwortet. Die Aufzeichnung von im Rahmen dieser wissenschaftlichen Studie ermittelten

Daten, wurde vom Patienten bewilligt. Beim Umgang mit den Daten werden die Bestimmungen des Datenschutzgesetzes beachtet. Als Datenquelle diente neben den funktionellen und klinischen Untersuchungen auch die Patientenakte in schriftlicher und elektronischer Form.

3.3.1 Präoperative Datenerfassung

Hier wurden neben den allgemeinen Patienteninformationen wie Alter, Größe, Gewicht und Geschlecht auch Informationen über den Unfall und die primäre Versorgung erfasst. Diese Informationen kamen von Patienten selbst, aus der Ambulanz oder dem Arztbrief erfasst wurden:

- Unfalldatum
- Betroffene Seite
- Unfallhergang: Umknick-Trauma, Fahrradunfall, Motorradunfall oder ein Sturz vom Pferd.
- Primäre Versorgung: Fixateur extern, Gips
- Datum der stationären Aufnahme
- Radiologische Klassifikation der Fraktur nach Danis/Weber

3.3.2 Operative Versorgung

Nach erfolgreicher primärer Versorgung und Indikationsstellung erfolgt die definitive operative Versorgung. Aus dem Operationsbericht konnten die folgenden Informationen gewonnen werden:

- Datum der OP
- Anzahl der Tage nach dem Unfall bis zur Operation
- Operationsdauer
- Operationsverfahren: Plattenosteosynthese
- Interfragmentäre Zugschraube: ja/ nein
- Stellschraube: ja/ nein

- Empfehlung für Nachbehandlung: Orthese (Vacoped-Stiefel oder Aircast-Schiene)
- Notwendigkeit einer postoperativen Teilbelastung für 6 Wochen

3.3.3 Postoperative Datenerfassung

Alle Patienten wurden nach der operativen Versorgung stationär weiterbehandelt. Die Wund- und Weichteilverhältnisse wurden regelmäßig kontrolliert. Postoperative Röntgenkontrollen erfolgten zur Prüfung der Knochenstellung, der Syndesmose, sowie einer korrekten Implantatlage. Physiotherapeutische Übungen und Frühmobilisation konnten nach Entfernung des Drainagematerials beginnen. Alle Patienten wurden unter physiotherapeutischer Anleitung an Unterarmgehstützen mit einer Teilbelastung von 20 kg des verletzten Beines mobilisiert. Die Physiotherapie bestand aus Dehnübungen, Gangschule und Lymphdrainagen. Alle Patienten wurden bei reizloser Wunde und sicherer Mobilisation zur weiteren ambulanten Behandlung entlassen. Bei der Entlassung bekamen alle Patienten Verordnungen mit der gleichen Anzahl an ambulanter Physiotherapie und Lymphdrainagen. Gleichzeitig mit der Entlassung wurde die Wiedervorstellung ca. 6 Wochen postoperativ vereinbart. Bis dahin wurden alle Patienten darum gebeten die Teilbelastung einzuhalten.

3.4 Nachbehandlung mit ACM „Active Controlled Motion“ (CAMO®ped)

Patienten die für die ACM Nachbehandlung randomisiert waren, begannen, postoperativ parallel zu den krankengymnastischen Übungen mit der Bewegungsschiene ca. 30 Minuten täglich zu trainieren.

Hierbei kam CAMO®ped von der Firma (OPED®, Deutschland GmbH) zum Einsatz. CAMO®ped wurde bis jetzt zur Rehabilitation nach Knie- und Hüftoperation eingesetzt. Besonders nach Kreuzband-Plastiken hat sich dieses Gerät gut bewährt [41, 42].

CAMO®ped wird vom Hersteller als ein Therapie- und Trainingsgerät zur funktionellen Mobilisierung der Gelenke beschrieben. Ein Getriebe bildet eine

Verbindung zwischen zwei Unterschenkelschalen wo die Beine der Patienten drauf gelegt und festgeschnallt werden. Über diesen Mechanismus wird die verletzte Seite mit der Kraft der gesunden bewegt, das unterscheidet CAMOped von den bisherigen motorisierten Bewegungsschienen [43].



Abbildung 4: CAMOped-Schiene (OPED®, Valey, Deutschland) [43]

Die Bewegung der verletzten Seite erfolgt dabei meistens passiv. Durch den sogenannten „Cross-Over“ Effekt kommt es im Verlauf zur Aktivierung des geschwächten Bewegungs-Apparates und die Patienten können so beide Beine bewegen. Die Stärkung der atrophierten Muskelgruppen und die frühfunktionelle propriozeptive Schulung der gelenkstabilisierenden Muskulatur resultiert aus dieser kombinierten Aktiv-/Passivbewegung [43].

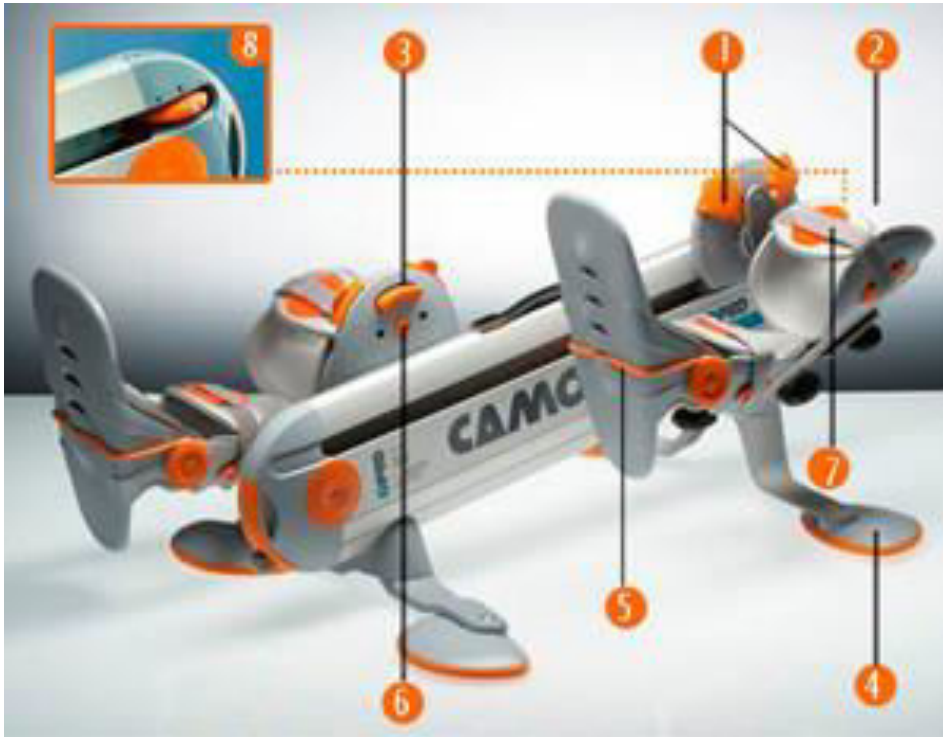


Abbildung 3: Geräteaufbau der CAMOped-Schiene (OPED®, Valey, Deutschland) [43]

- | | |
|------------------------|--------------------------|
| 1 Winkelbegrenzungen | 5 Fussgelenkswiderstand |
| 2 Auflagepads | 6 Schalenentriegelung |
| 3 Läuferentriegelung | 7 Verschlussgurte |
| 4 Einklappbare Stützen | 8 Widerstandseinstellung |

Bei der Entlassung wurde für den häuslichen Gebrauch die ACM-Bewegungsschiene per FAX von der Firma(OPED®, Valery, Deutschland GmbH) angefordert. Die Patienten wurden bereits während der stationären Behandlung in die Handhabung eingewiesen und dazu aufgefordert ca.30 Minuten bis zur Wiedervorstellung 6 Wochen postoperativ damit zu trainieren.

3.5 Scores

Um den klinischen Verlauf zu erfassen und die Unterschiede zwischen der ACM-Gruppe und der KG-Gruppe nach 6 und 12 Wochen auszuwerten, kamen verschiedene Fragebögen und Score zum Einsatz.

VAS nach Richter

Die von Prof. Richter entwickelte „Visuelle Analog Scala Fuß und Sprunggelenk“ ist ein für pathologische Fußveränderungen validierter Fragebogen. Der Fragebogen besteht aus 20 Fragen, die von den Patienten selbst ausgefüllt werden und ihre subjektiven Beschwerden erfassen. Die Fragen werden in drei Kategorien unterteilt: Schmerzen(4 Fragen), Funktion(11 Fragen), Sonstiges(5 Fragen). Die Auswertung erfolgte erstmals manuell mit einer durchsichtigen Schablone. Für jede Frage ist ein Wert von 0-100 möglich. Beim Eingeben der Werte in eine vorgefertigte Tabelle von Excel TM, Microsoft Inc., wurden die Gesamt Score und die Kategorien Schmerz, Funktion, Sonstiges daraus automatisch errechnet. Ein Wert von 0-100 ist für den Gesamtscore und einzelne Kategorien möglich, wobei ein größerer Wert ein besseres Ergebnis bedeutet [44, 45].

Philips-Score

Die klinische Score nach Philips et al. basiert auf Fragen, die von Patienten selbst beantwortet werden und klinischen Untersuchungen. Insgesamt kann man maximal 100 Punkte erreichen, wobei ein größerer Wert besser bewertet wird. Die meisten Punkte (54) werden der Schmerzempfindung angerechnet, gefolgt von der funktionellen Aktivität (26) und der klinischen Untersuchung (20) [46].

Mazur-Score

Wie der klinischen Score von Philips et al. enthält Mazur et al. Score Informationen, die die Patienten selbst ausfüllen und klinische Untersuchungen. Maximal können 100 Punkten erreicht werden, sie sind in folgende Kategorien unterteilt: Schmerzen (50 Punkte), Funktion (40 Punkte), Bewegungsumfang (10 Punkte). Das beste Ergebnis erreichte man mit einer gesamten Punktzahl von (80-100), gut (80-70), durchschnittlich (70-60), mangelhaft(<60) [47, 48].

AOFAS-Score

Die AOFAS (American Orthopaedic Foot andAnkle Society) - Ankle- Hindfoot Score ist für Sprunggelenksfrakturen ein sehr gut validierter und verbreiteter Score. Mit 9 Fragen sind 0-100 Punkte (Schlechter-Besser) zu erreichen.

Die Fragen reflektieren folgende Kategorien: Schmerzen (40), Funktion (50), Alignment (10) und damit den subjektiven und objektiven Gesundheitszustand [49].

SF-12

Die Kurzfassung der SF-36 wird vom Patienten selbst ausgefüllt und reflektiert den subjektiven körperlichen und psychischen Gesundheitszustand des Patienten. Bei der computerisierten Auswertung mit Hilfe einer Syntaxdatei (IBM SPSS Statistics) bekommt man zwei Summenwerte: körperliche Summenskala (KSK) und psychische Summenskala (PSK). Werte von (0-100) Punkte (schlechter-Besser) sind bei beiden Summenwerten erreichbar [50-52].

3.6 Klinische Untersuchung und Pedographie

Nach der Neutral-Null-Methode wurde in sitzender Position und mit herabhängenden Unterschenkeln der Bewegungsumfang des oberen- und unteren Sprunggelenks (ROM OSG, ROM USG) von beiden Seiten gemessen.

Der Knöchelumfang wurde an beiden Seiten gemessen und daraus die Knöchelumfangdifferenz berechnet. Das Gangverhalten der Patienten wurde während der gesamten Untersuchung beobachtet.

Pedographie

Die Pedographie ist eine dynamische subjektive Messung der Kraftverteilung unter der Fußsohle während des Gangzyklus. Die Messung wurde auf einer Messfläche von 1,2*0,8 m mit einer integrierten Messplatte (MED-M, 38x42 cm, vier Sensoren pro Quadrat Zentimeter, 50 Hz; Novel GmbH., München, Deutschland) durchgeführt. Den Patienten wurde eine unbegrenzte Anzahl an Probemessungen erlaubt. Mindestens fünf korrekte Messungen wurden pro Seite durchgeführt. Der Fuß wurde in 10 verschiedene Bereiche eingeteilt (Ferse, Mittelfuß, Metatarsal 1-5, Große Zehe, zweite Zehe, Zehen 3,4 und 5). Die gemessenen Werte wurden mittels eines Auswertungsprogrammes (Noveldata- base essential© vers. 19.3.20) analysiert und der Mittelwert zu jeder Fußregion ermittelt.

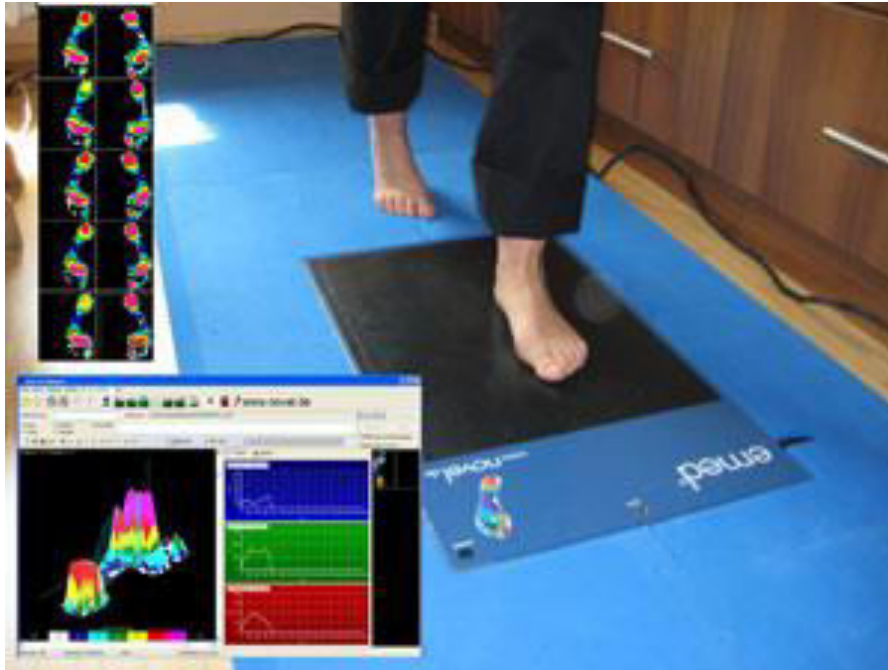


Abbildung 4: Pedographische Messung

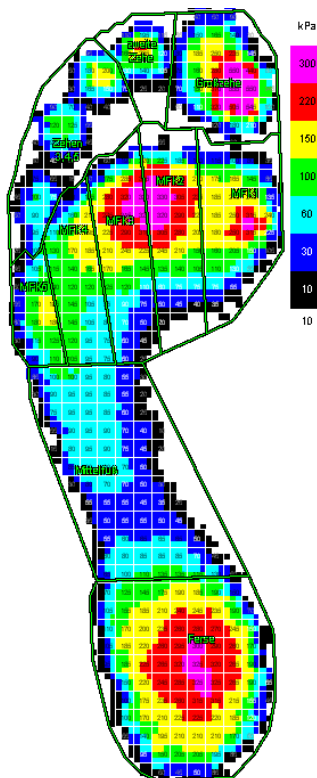


Abbildung 7: Fußzoneneinteilung

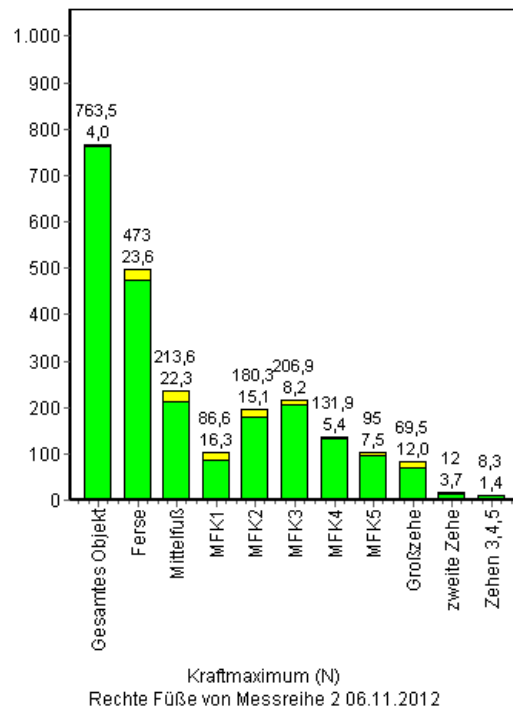


Abbildung 8: Pedographische Auswertung

Belastung

Hier wurden zwei Aspekte geprüft:

- ob eine uneingeschränkte Belastung ab 6 Wochen postoperativ möglich war, dies wurde vom untersuchenden Arzt klinisch entschieden und vom Studienprüfer dokumentiert.
- Auswertung des im Anschluss der ersten 6 postoperativen Wochen und vom Patienten selbst ausgefüllten Protokolls. Hier wurden die Patienten dazu aufgefordert solange sie uneingeschränkt belasten dürften täglich die Belastungsbögen ausfüllen. Die Patienten sollten jeden Tag möglichst morgens nach dem Aufstehen nur mit dem verletzten Bein auf die Hauswaage bis zum Erreichen der Schmerzgrenze auftreten. Das erreichte Gewicht wurde jeden Tag notiert bis das eigene Körpergewicht erreicht war. Die Anzahl der Tagen bis zum Erreichendes Körpergewichts wurden gezählt und zwischen die beiden Gruppen verglichen.

3.7 Datenerhebung und statistische Auswertung

Alle Daten wurden manuell in schriftlicher Form erfasst und ausgewertet. Die Werte wurden dann in eine Excel-Tabelle (Microsoft® 2011) angetragen, die wiederum in SPSS zur statistischen Auswertung importiert wurde.

Bei der statistischen Auswertung wurde IBM SPSS Statis-Tics (Version 20; IBM Deutschland Ltd., Ehningen, Germany) benutzt.

Metrische Daten: Um eine Übersicht zu erhalten wurde hier eine deskriptive Statistik (Mittelwert, Rang, Standardabweichung) durchgeführt. Der Shapiro-Wilk-Test wurde als Normalverteilungstest genutzt. Bei normalverteilten Daten kam der „T-test bei unabhängigen Stichproben“ zum Einsatz, sonst der „Mann-Whitney-U-Test“ oder der „Wilcoxon Test“.

Kategoriale Daten: Hier wurde die Kreuztabelle zur Häufigkeitsverteilung mit Prozentwerten benutzt. Der Chi-Quadrat Test oder der Exakte Test nach Fisher kamen dann zur Unabhängigkeitsprüfung zum Einsatz.

4 Ergebnisse

4.1 Patientendate

Ein Patient der KG-Gruppe musste ausgeschlossen werden, da er sich nicht an der Studienprotokoll hielt. Somit konnten insgesamt 49 Patienten ausgewertet werden. 25 Patienten haben ACM erhalten und 24 die konventionelle Physiotherapie. 12 Wochen postoperativ gab es in jeder Gruppe jeweils 22 Patienten.

Alter

Die Patienten der ACM-Gruppe waren durchschnittlich 45,92 Jahre alt (Range: 22-73 Jahre, SD: 16,48). Im Vergleich dazu lag das Alter der Patienten in der KG-Gruppe bei 53,17 Jahre (Range: 21-75 Jahre, SD: 15,17).

Die Altersdifferenz von 7,25 Jahren zwischen den beiden Vergleichsgruppen hat bei der Anwendung vom „T-test bei unabhängigen Stichproben“ einen P-Wert von 0,116 gezeigt.

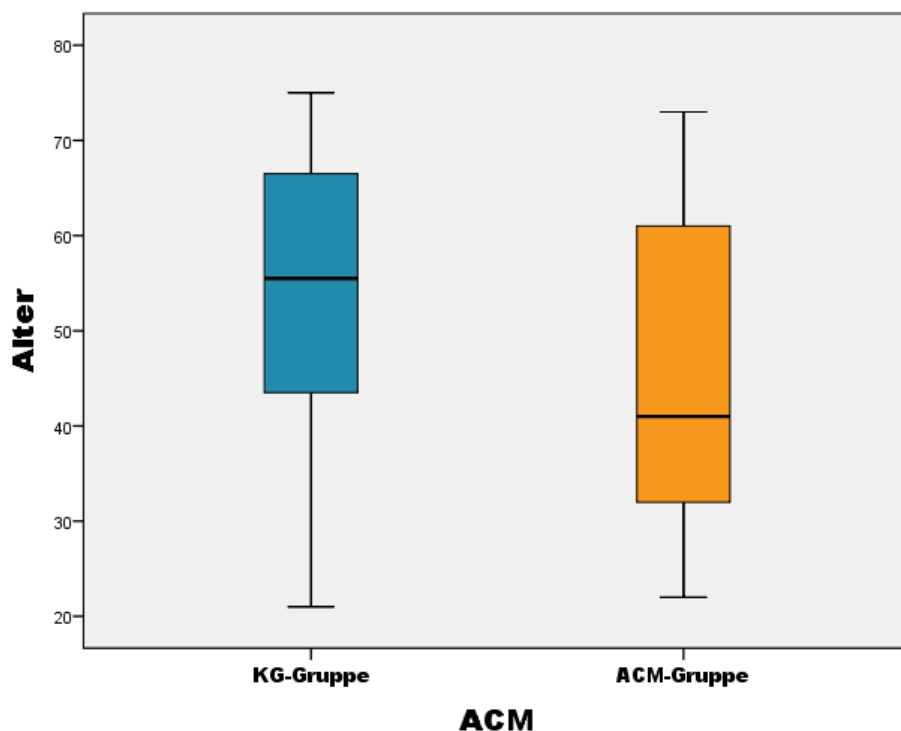


Abbildung 7: Altersverteilung

Größe

Die Größe der Patienten in der ACM-Gruppe lag bei 173,56 cm (Range: 160-195cm, SD: 9,1). Im Vergleich dazu waren die Patienten in der KG-Gruppe 172,85 cm groß (Range: 150-183 cm, SD: 8,7).

Der Unterschied von 0,71 cm bekam bei der Anwendung von „T-test bei unabhängigen Stichproben“ erwartungsgemäß einen P-Wert von 0,777. Somit gibt es zwischen den beiden Vergleichsgruppen in Bezug auf die Größe keinen Unterschied.

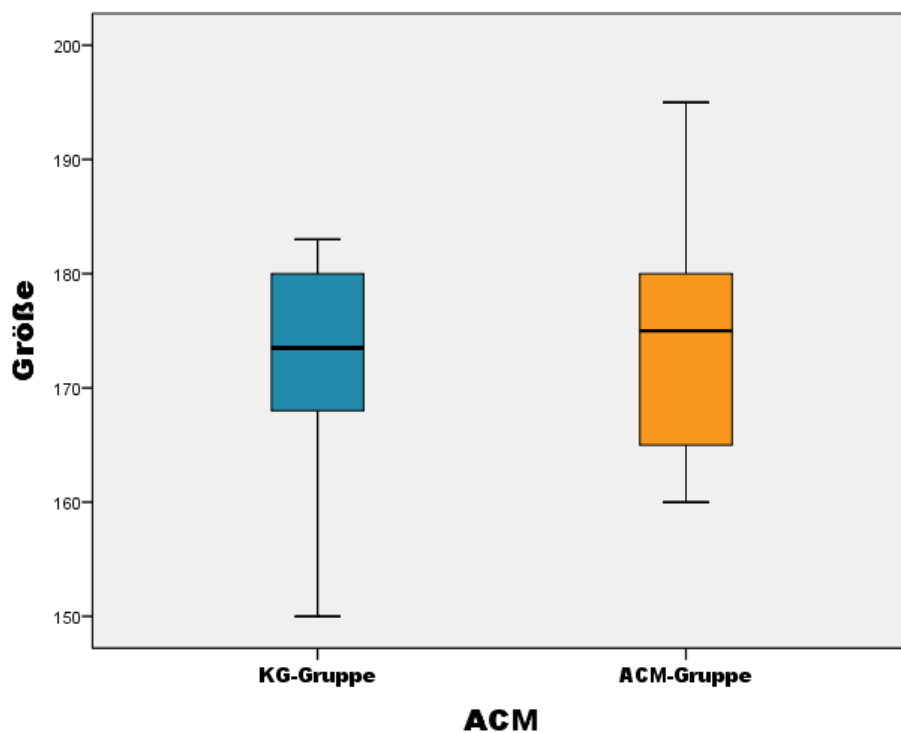


Abbildung 8: Größenverteilung

Gewicht

Während die Patienten der ACM-Gruppe durchschnittlich 78,96 kg schwer waren (Range: 60-103 kg, SD: 11,52), lag das Gewicht der Patienten in der KG-Gruppe bei 83,13 kg (Range: 67-103 kg, SD: 9,2).

Die Gewichtsdiﬀerenz von 4,17 Kg zwischen den beiden Gruppen zeigt bei der Anwendung von „T-test bei unabhängigen Stichproben“ einen P-Wert von 0,171.

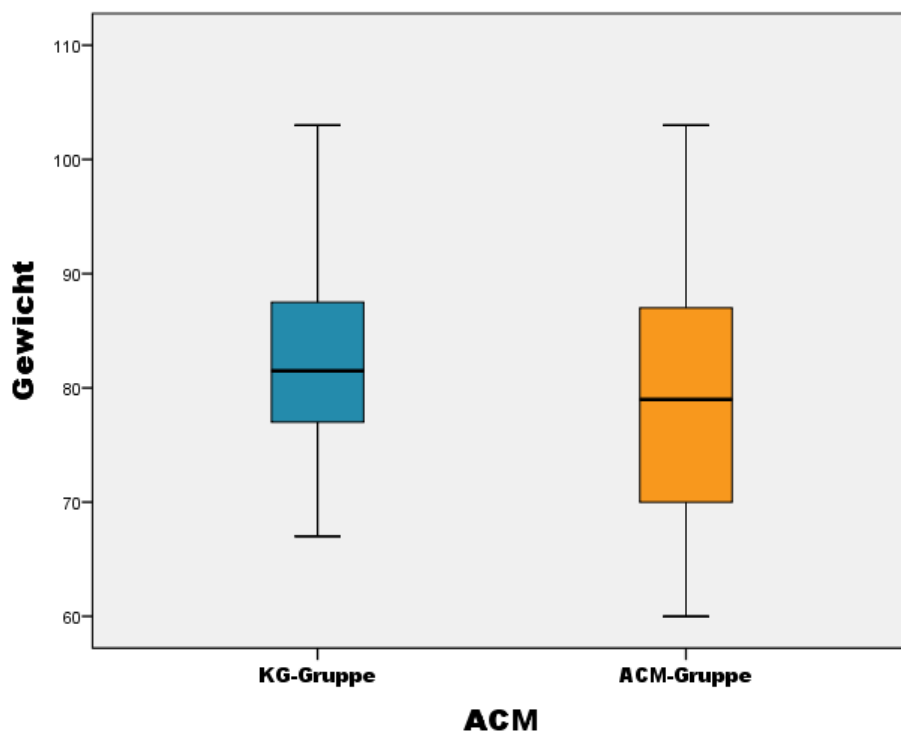


Abbildung 9: Gewichtsverteilung

Geschlecht

Insgesamt waren es 49 Patienten, davon 22 Frauen (44,9%) und 27 Männer (55,1%).

Während in der ACM-Gruppe 11 Frauen (44%) und 14 Männer (56%) waren, gab es in der KG-Gruppe auch 11 Frauen (45,8%), aber nur 13 Männer (54,2%).

Der Exakte Test nach Fisher zeigt einen P-Wert vom 0,897, deshalb hängen Geschlecht und der Erhalt von ACM nicht voneinander ab.

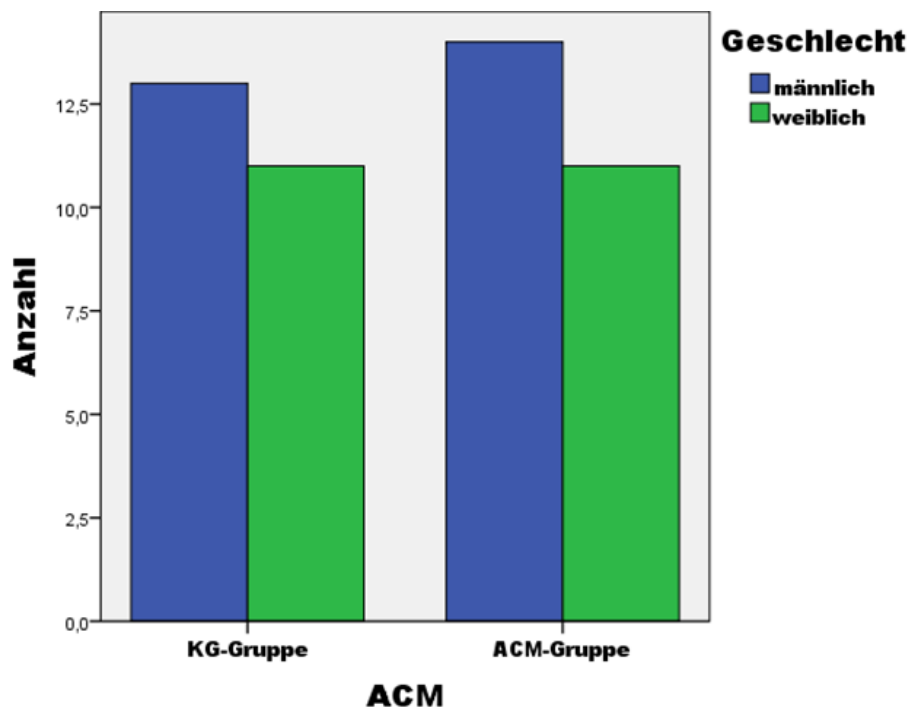


Abbildung 10: Geschlechterverteilung

4.2 Unfalldaten

Betroffene Seite

In der ACM-Gruppe waren 11 (44%) Patienten am linken Fuß und 14 (56%) Patienten am rechten Fuß verletzt. Im Vergleich dazu haben es in der ACM-Gruppe 12 (50%) Patienten ihren linken Fuß und genauso viele ihren rechten Fuß verletzt.

Der Exakte Test nach Fisher (P-Wert: 0,778) konnte eine Abhängigkeit zwischen der betroffenen Seite und dem Erhalt von ACM nicht bestätigen.

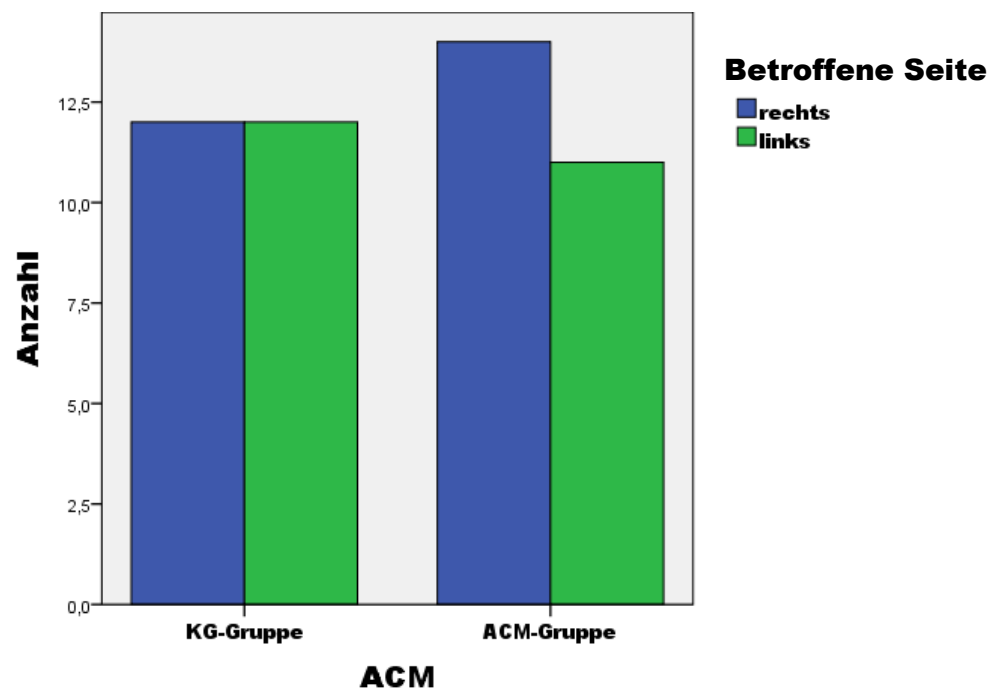


Abbildung 11: Betroffene Seite

Unfallhergang

In der ACM-Gruppe haben 21(84%) Patienten ein Umknick-Trauma und einen (4%) ein Radunfall erlitten. Nur drei Patienten (12%) waren vom Pferd gestürzt. Im Vergleich dazu waren es in der KG-Gruppe 21(87,5%) Patienten mit einem Umknick-Trauma und 3(12,5%) mit einem Radunfall.

Um die Unabhängigkeit zwischen dem Unfallhergang und der Erhaltung von ACM zu prüfen, kam der Chi-Quadrat Test zum Einsatz. Hierbei hat sich ein P-Wert vom 0,227 ergeben. Somit hängen der Erhalt von ACM und Unfallhergang nicht von einander ab.

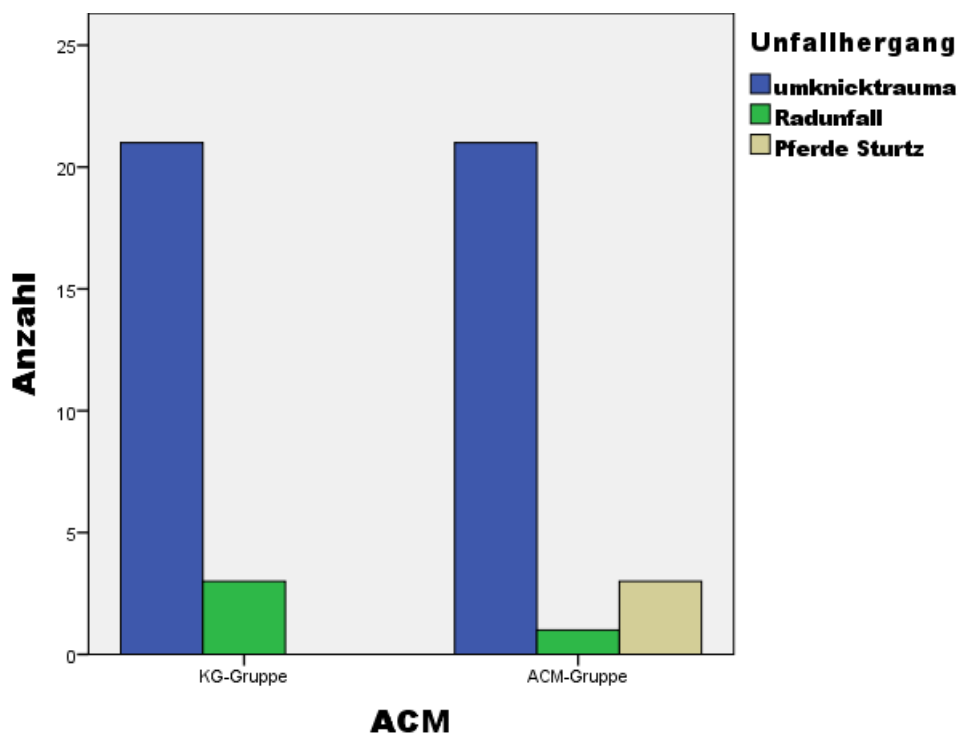


Abbildung 12: Unfallhergang

Klassifikation nach Weber

Die Frakturen wurden in der ACM-Gruppe mit 15(60%) in Weber "B" Frakturen und 10(40%) zu Weber "C" Frakturen klassifiziert. Im Vergleich dazu klassifizierte man in der KG-Gruppe 12(50%) Frakturen zu Weber"B" und genau so viel zu Weber "C"

Nach den Exakten Test nach Fisher ergibt sich ein P-Wert vom 0,571. Somit hängen der Erhalt von ACM und die Fraktur Klassifikation nicht von einander ab.

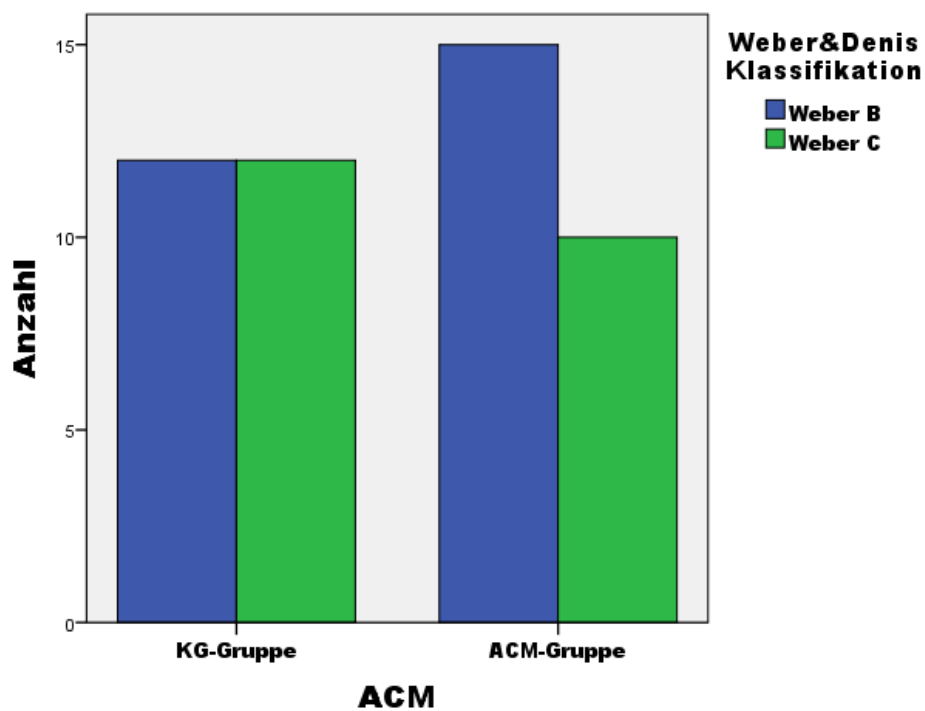


Abbildung 13: Klassifikation Nach Weber & Denis

4.3 Operation

Primäre Versorgung

Während in der ACM-Gruppe 13(52%) Patienten primär mit einem Fixateur Extern versorgt wurden. Waren es in der KG-Gruppe 12(50%) Patienten.

Der Exakte Test nach Fischer zeigt einen zweiseitigen P-Wert von 0,889 und somit sind die primäre Versorgung mit einem Fixateur Extern und die ACM Erhaltung nicht abhängig voneinander.

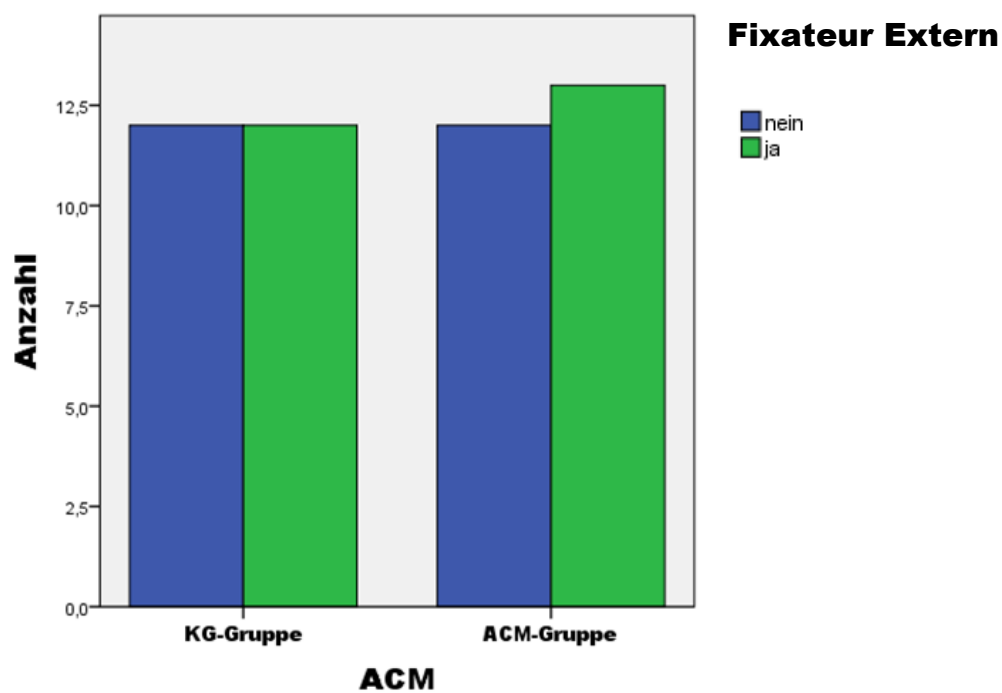


Abbildung 14: Primäre Versorgung mit Fixateur Extern

Tage nach Unfall bis zur Operation

Während die Patienten der ACM-Gruppe durchschnittlich 8,92 Tage (Range: 0-16 Tage, SD: 4,22) nach dem Unfalltag bis zur definitiven operativen Versorgung gewartet haben, warteten die Patienten der KG-Gruppe durchschnittlich nur 7,42 Tage (Range: 0-20 Tage, SD: 5,42).

Die mittlere Differenz von 1,5 Tage zeigt unter dem Einsatz von „T-test bei unabhängigen Stichproben“ einen P-Wert von 0,284 und somit keinen Unterschied zwischen den beiden Vergleichsgruppen.

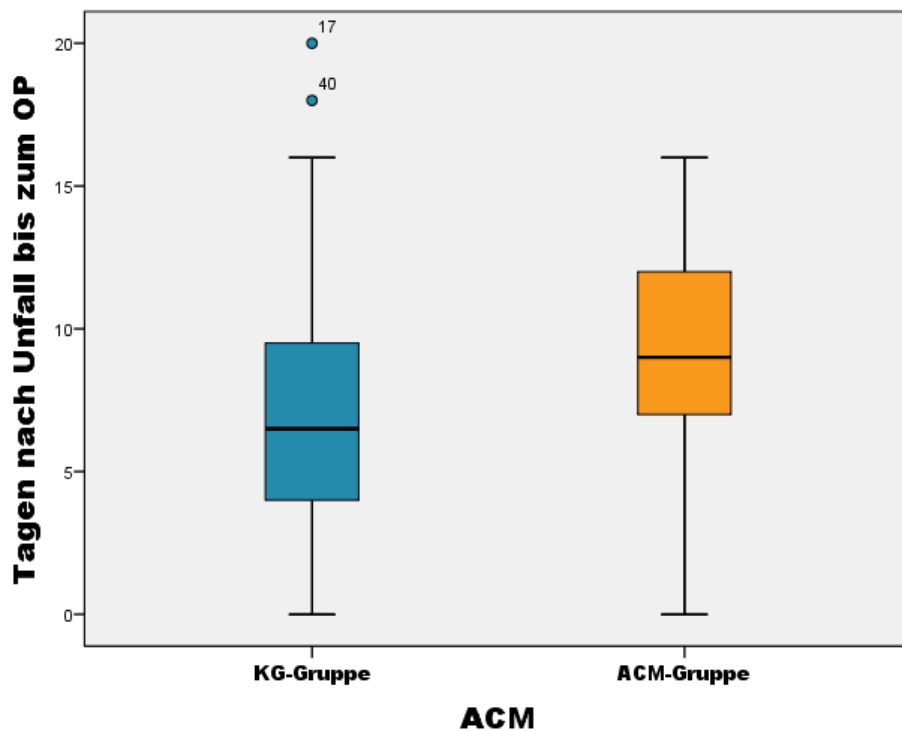


Abbildung 15: Tage nach Unfall bis zur Operation

Operative Verfahren

Versorgung mit Plattenosteosynthese

In der ACM-Gruppe wurden 23(92%) Patienten mit Plattenosteosynthese versorgt. Im Vergleich dazu versorgte man in der KG-Gruppe 20 Patienten (83,3%) mit Plattenosteosynthesen.

Der Exakte Test nach Fisher zeigt einen P-Wert von 0,417. So besteht zwischen der Versorgung mit Plattenosteosynthesen und der Erhalt von ACM kein Unterschied.

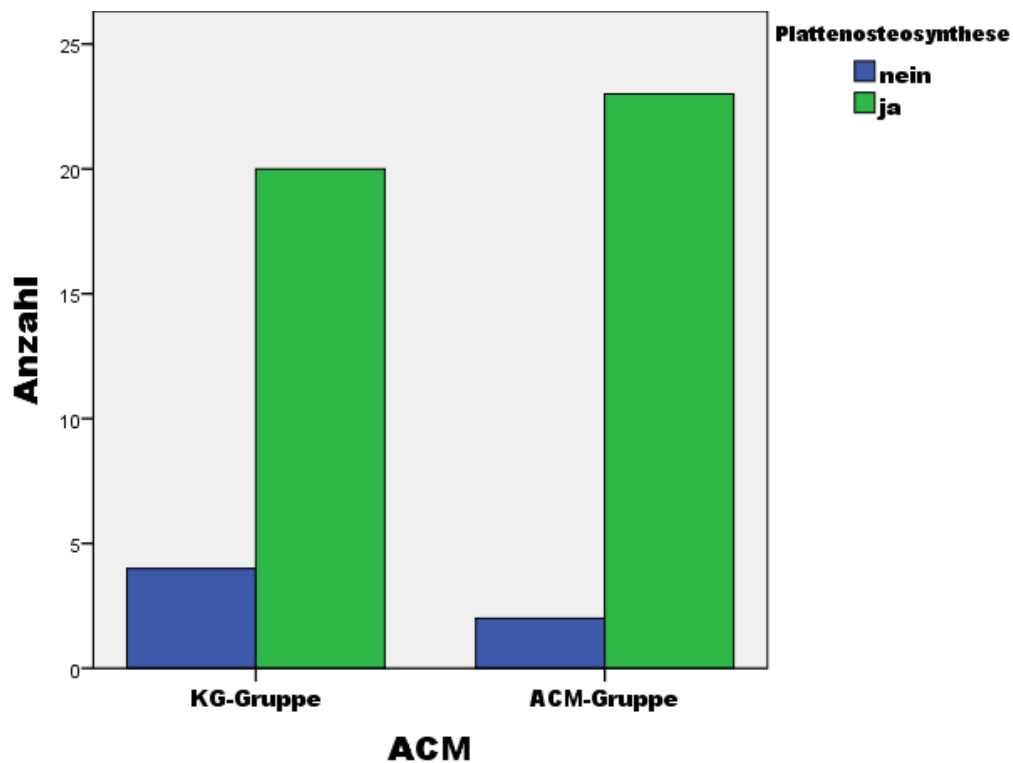


Abbildung 16: Versorgung mit Plattenosteosynthese

Versorgung mit Zugschraube

In der ACM-Gruppe wurden 19(76%) Patienten mit einer intrafragmentärer Zugschraube versorgt. Im Vergleich dazu waren es in der KG-Gruppe 21(87,5%) Patienten.

Der Exakte Test nach Fischer zeigt einen P-Wert von 0,463. Eine Abhängigkeit zwischen der Versorgung mit intrafragmentäre Zugschraube und der Erhalt von ACM lässt sich somit nicht bestätigen.

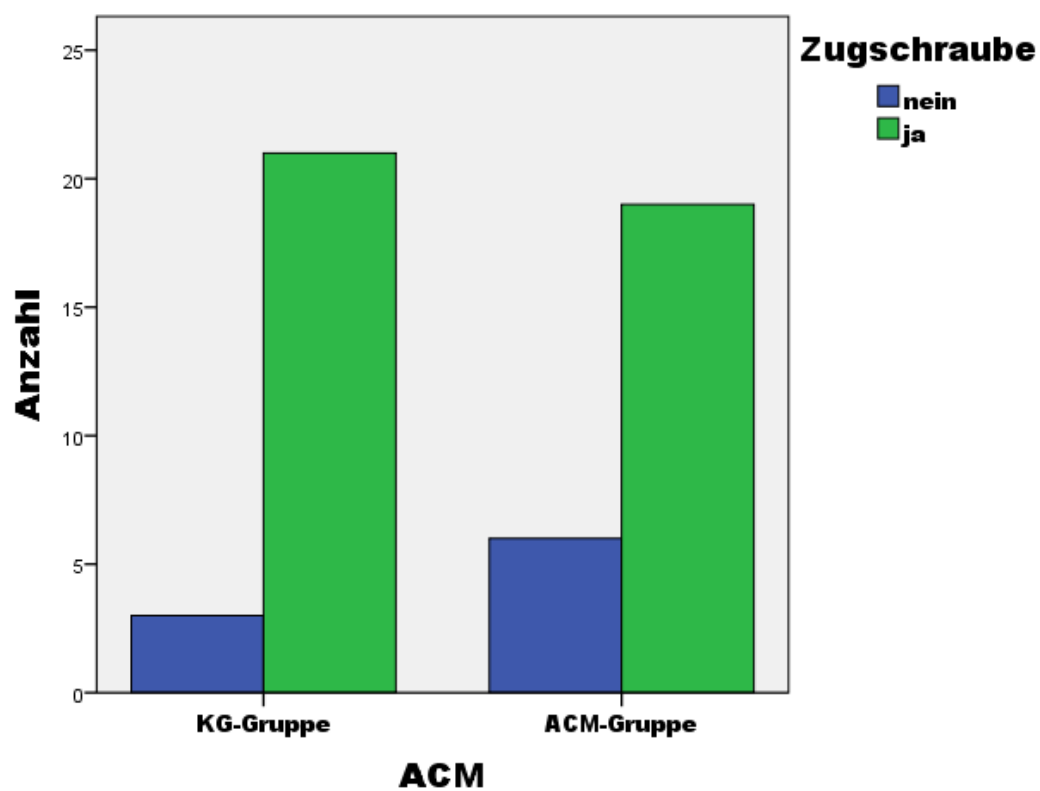


Abbildung 17: Versorgung mit Zugschraube

Versorgung mit Stellschraube

In der ACM-Gruppe wurden 9 Patienten (36%) mit einer Stellschraube versorgt. Zum Vergleich wurden in der KG-Gruppe 10 Patienten (41,7%) mit einer Stellschraube versorgt.

Der Exakte Test nach Fischer zeigt einen P-Wert von 0,773. Eine Versorgung mit einer Stellschraube hängt somit nicht von der Erhalt von ACM ab

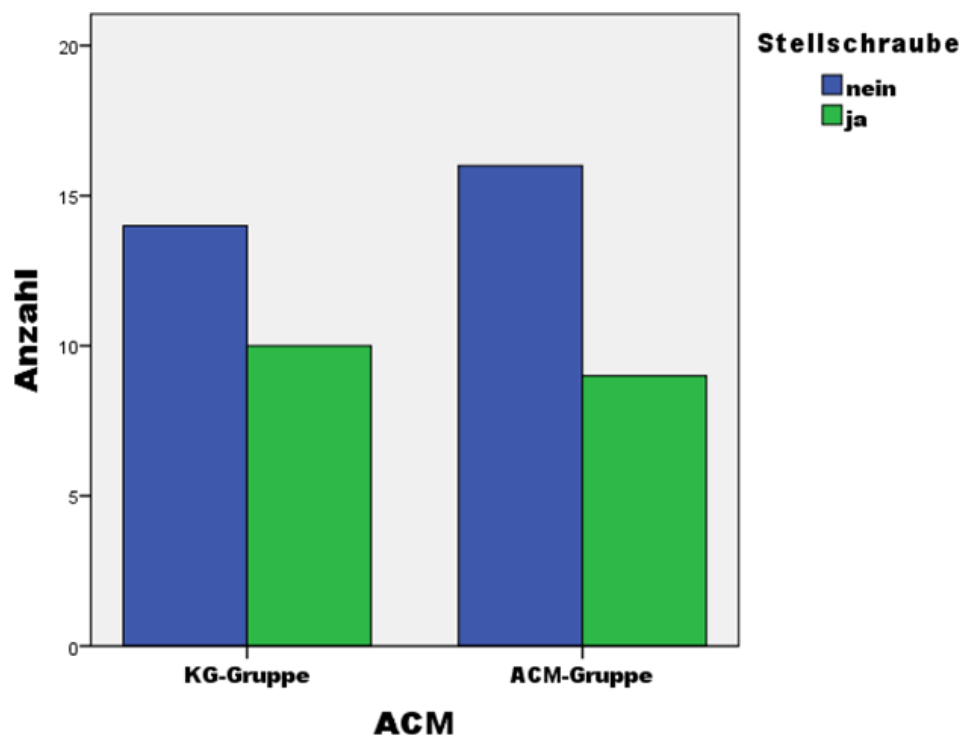


Abbildung 18: Versorgung mit Stellschraube

Definitive Operationsdauer

Die Operation dauerte in der ACM-Gruppe durchschnittlich 1:36 Stunden (Range: 0:31- 3:00 Stunden, SD: 0:39). Bei der KG-Gruppe beträgt der Mittelwert der Operationsdauer im Vergleich 1:44 Stunden (Range: 0:49-4:01 Stunden, SD: 0:46).

Der Mann-Whitney-U-Test zeigt für die mittlere Differenz von 8 Minuten einen P-Wert von 0,548. Es gibt somit zwischen den beiden Vergleichsgruppen in Bezug auf die Operationsdauer keinen statistisch bewiesenen Unterschied.

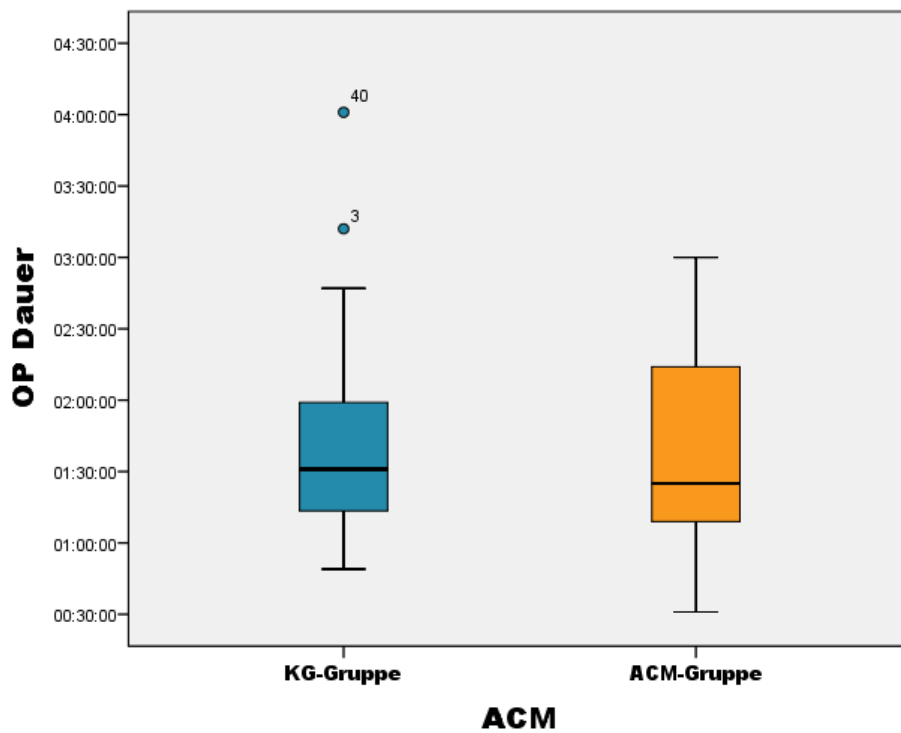


Abbildung 19: Operationsdauer in Stunden

Operative Revision

In der KG-Gruppe mussten zwei Patienten und in der ACM-Gruppe nur ein Patient revidiert werden.

Der Exakte Test nach Fischer zeigt einen P-Wert von 0,609. Die Anzahl der revidierten Patienten hängt somit nicht von der ACM Erhalt ab.

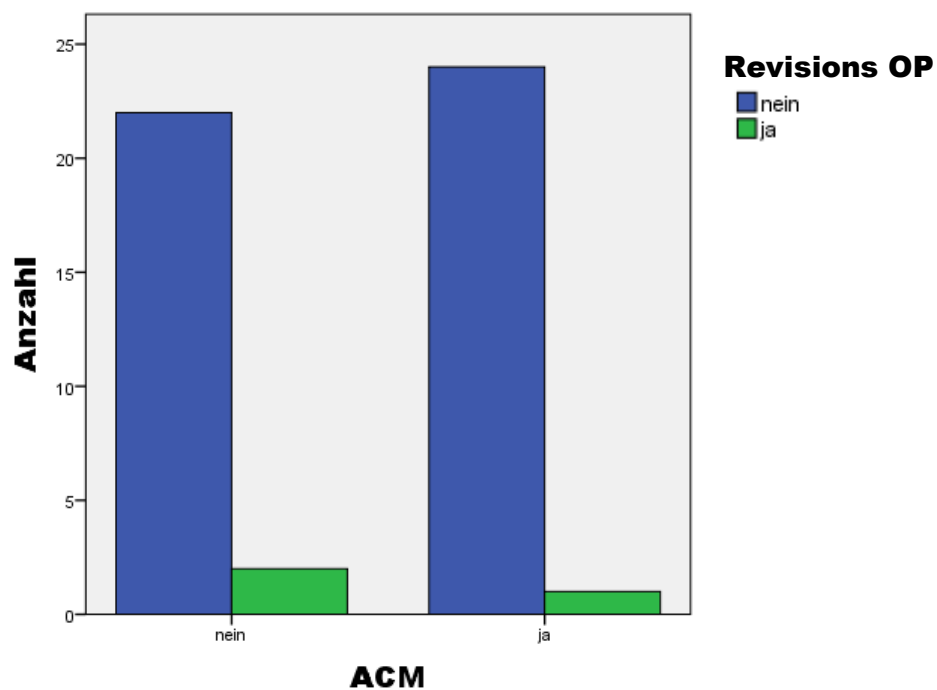


Abbildung 20: Anzahl der Revisionen

4.4 Nachbehandlung

Postoperatives Tragen einer Orthese(VACoped oder Aircast-Schiene)

18(72%) Patienten in der ACM-Gruppe mussten postoperativ eine Orthese tragen. In der KG-Gruppe trugen im Vergleich dazu 19 (79,2%) Patienten postoperativ eine Orthese.

Der Exakte Test nach Fischer zeigte einen P-Wert von 0,742. Also geht man von einer Unabhängigkeit zwischen postoperativer Versorgung mit einer Orthese und der Erhalt von ACM aus.

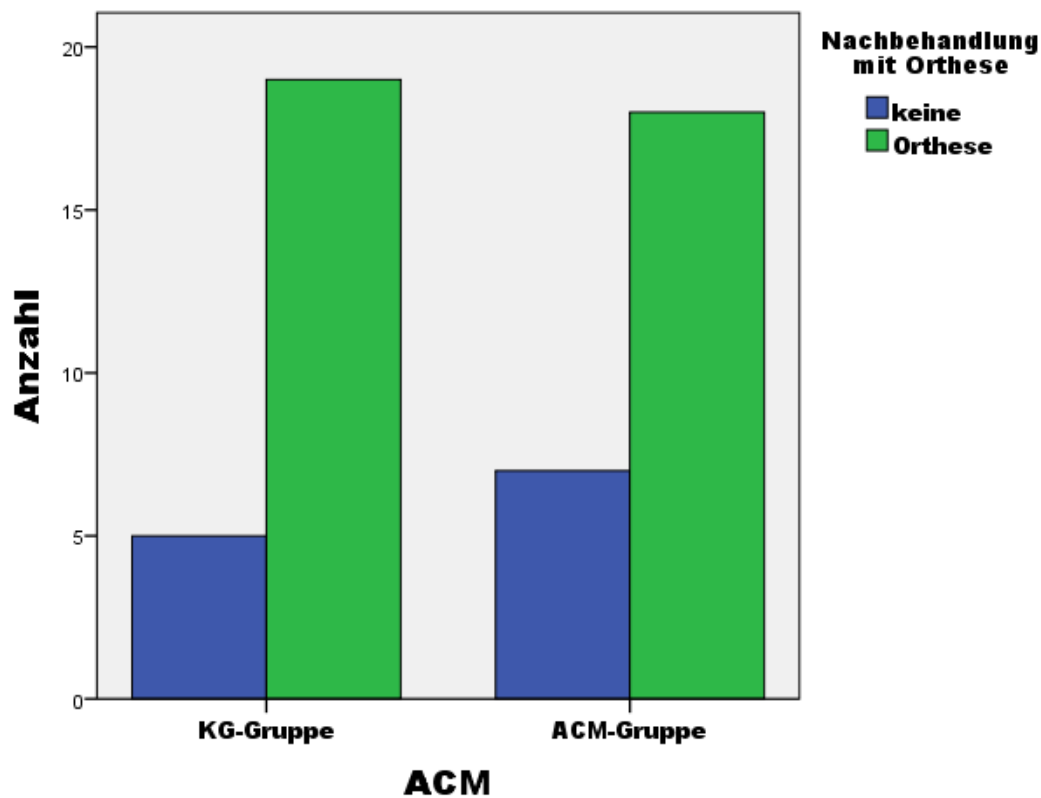


Abbildung 21: Postoperative Versorgung mit einer Orthese

Komplikationen

In der ACM-Gruppe hatten insgesamt zwei Patienten Komplikationen. Im ersten Fall war es auf eine Schraubenlockerung und im zweiten Fall auf eine Infektion zurückzuführen. In der KG-Gruppe hatten insgesamt drei Patienten Komplikationen. In einem Fall war es auch Schraubenlockerung und die beiden anderen hatten eine Infektion.

Der Chi-Quadrat-Test ergibt einen P-Wert von 0,8. Eine Abhängigkeit wird zwischen dem Auftreten der Komplikationen (Infektion, Schraubenlockerung) und der Erhalt von ACM statistisch nicht bestätigt.

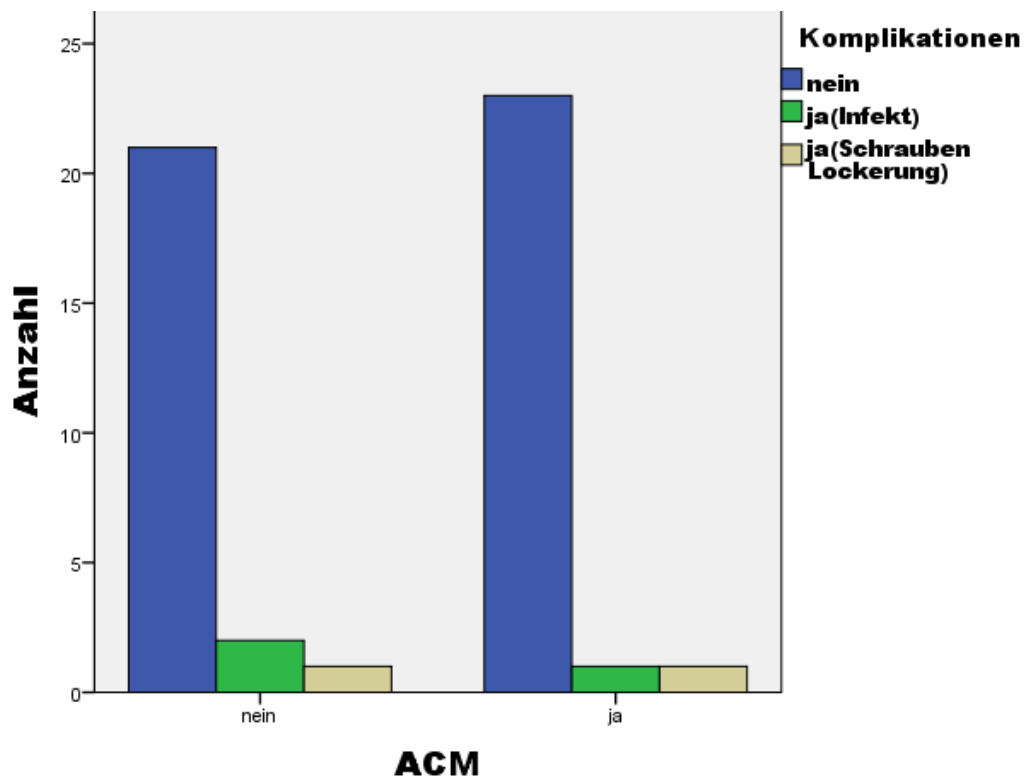


Abbildung 22: Verteilung der Komplikationen

Stationäre Verweildauer

Während der stationäre Aufenthalt bei den Patienten der ACM-Gruppe durchschnittlich 13,96 Tage (Range: 5-22 Tagen, SD: 5,427) dauerte, betrug der stationäre Aufenthalt bei der KG-Gruppe durchschnittlich nur 12,88 Tage (Range: 4-31 Tagen, SD: 5,636). Der Unterschied von 1,08 Tagen ergibt unter Anwendung des „Mann-Whitney U-Testes“ einen P-Wert von 0,283. Es gibt zwischen den beiden Vergleichsgruppen in Bezug auf die stationäre Aufenthaltsdauer keinen Unterschied.

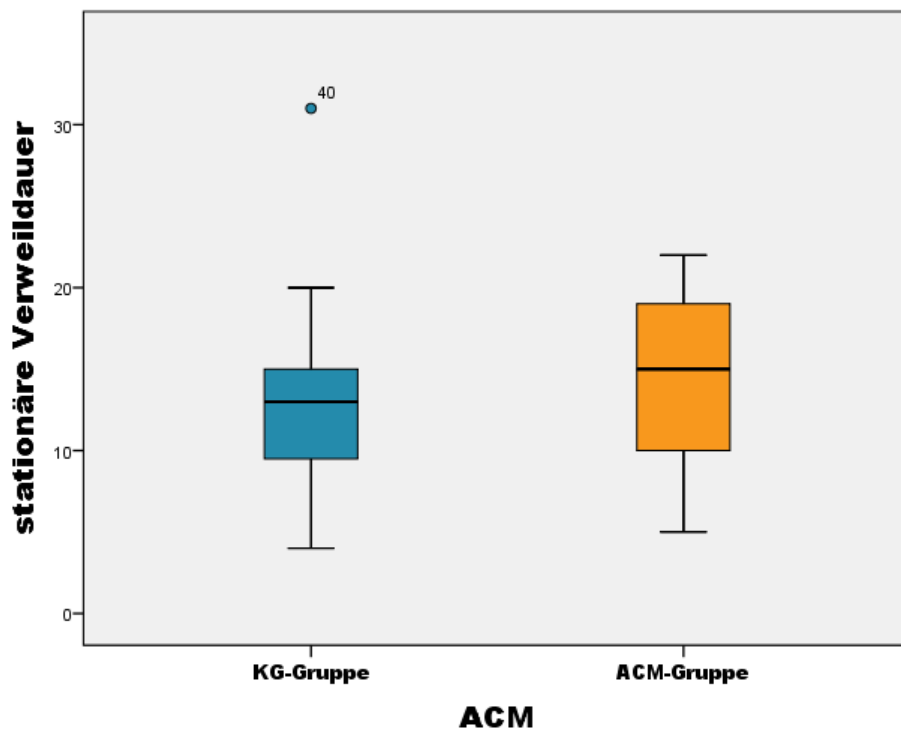


Abbildung 23: Stationäre Verweildauer

4.5 Belastungsaufbau

Möglichkeit der uneingeschränkten Belastung 6 Wochen postoperativ

Während in der ACM-Gruppe 22(88%) Patienten ab der sechsten Woche postoperativ uneingeschränkt belastet haben, waren es in der KG-Gruppe nur 13(54,2%) Patienten, die fähig waren, uneingeschränkt zu belasten.

Der Exakte Test nach Fischer ergab einen P-Wert von 0,012. Somit konnten mit einem deutlichen Unterschied mehr Patienten aus der ACM-Gruppe als aus der KG-Gruppe ab der 6. postoperativen Woche uneingeschränkt belasten.

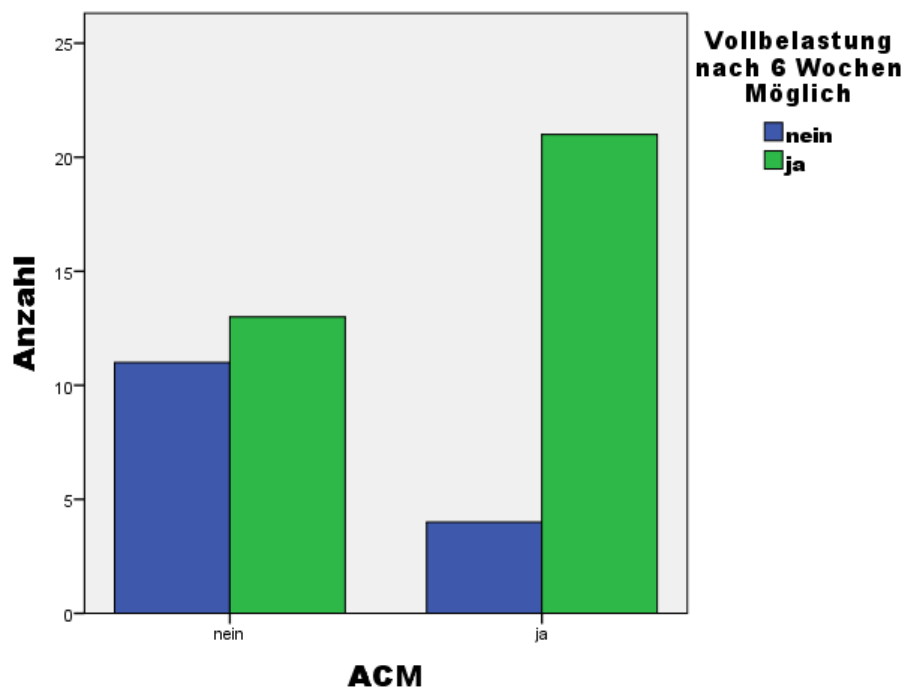


Abbildung 24: Möglichkeit der uneingeschränkten Belastung ab der 6.postoperative Woche

Belastungsaufbau Protokoll

Die Protokolle wurden in der ACM-Gruppe von 13 Patienten (52%) und in der KG-Gruppe von 14 Patienten (58,3%) ausgefüllt.

Hier wurde die durchschnittliche Anzahl der Tage vom Zeitpunkt, der uneingeschränkten Belastung, bis zum Erreichen der Vollbelastung errechnet. Diese betrug bei der ACM-Gruppe 10,92 Tage (Range: 0-49 Tage, SD: 14,47) und bei der KG-Gruppe 17,14 Tage (Range: 0-46 Tage, SD: 15,22). Somit haben die Patienten der ACM-Gruppe im Durchschnitt 6,22 Tage schneller eine Vollbelastung erreicht als die KG-Gruppe. Diese Differenz wurde allerdings bei der Anwendung des „Mann-Whitney U-Testes“ mit einem P-Wert von 0,280 nicht statistisch bestätigt.

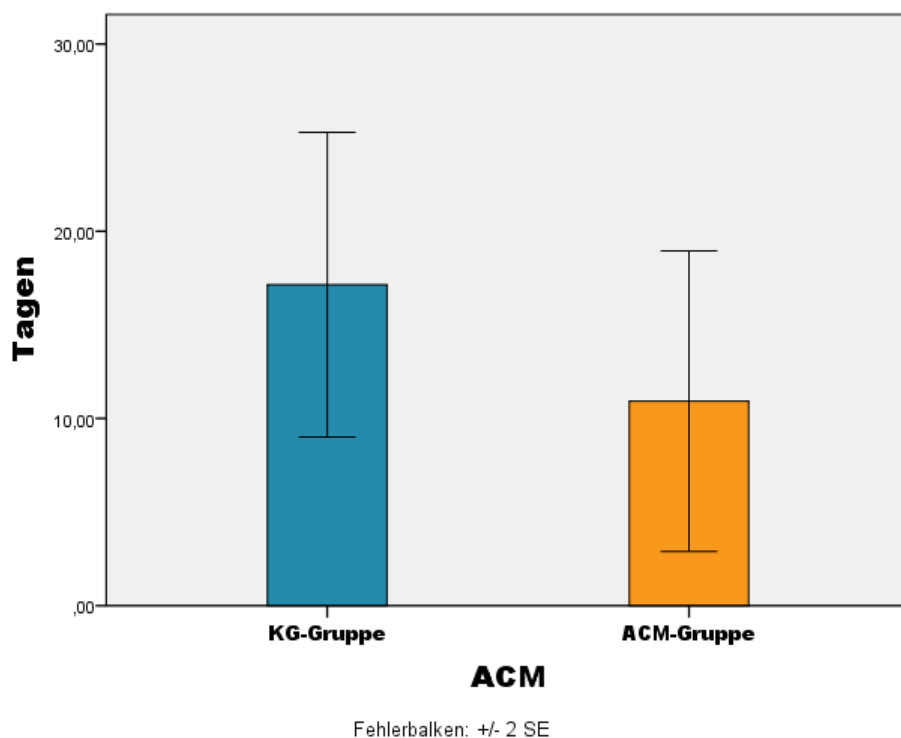


Abbildung 25: Anzahl der Tage bis zum Erreichen der Vollbelastung

Die unten aufgeführte grafische Darstellung zeigt das Verhalten der beiden Gruppen bei der Belastung von Teil- bis Vollbelastung. Man sieht, dass am Anfang mehr Patienten aus der ACM-Gruppe im Vergleich zu der KG-Gruppe direkt Vollbelasten könnten. Die Werte der ACM-Gruppe lagen häufiger über den Werten der KG-Gruppe und somit erreichte die ACM-Gruppe die Vollbelastung eine Woche schneller als die andere Gruppe. Bei der Auswertung unserer Daten gab es zwischen den Werten der beiden Gruppen keinen signifikanten Unterschied, jedoch ist ein Trend zu erkennen.

ACM-Gruppe

KG-Gruppe

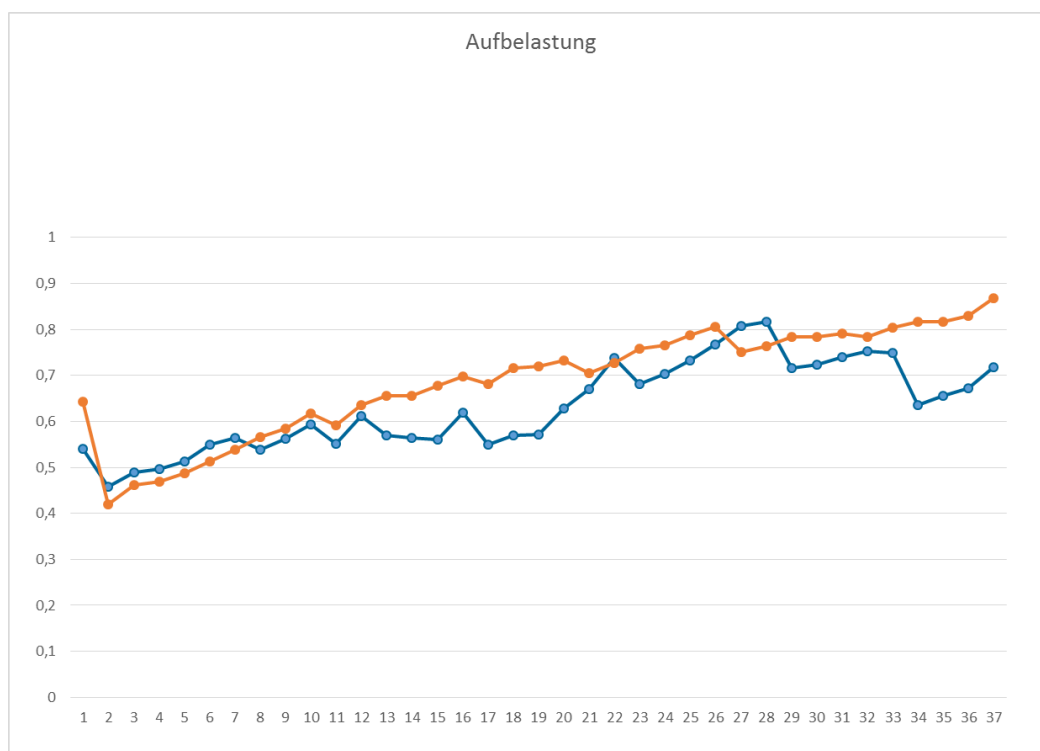


Abbildung 26: Belastungsdiagramm von Teil-bis Vollbelastung

4.6 Arbeitsfähigkeit

Rentner, Arbeitslose oder Sonstige waren in der ACM-Gruppe 8 Patienten (32%) und in der KG-Gruppe 10 Patienten (41,7%). Eine Angabe über die Zeit der Arbeitsunfähigkeit konnte bei zwei Patienten der KG-Gruppe trotz Arbeitsfähigkeit nicht gemacht werden.

Während die Patienten der ACM-Gruppe durchschnittlich 10,53 Wochen (Range: 3-17 Woche, SD: 3,93) arbeitsunfähig waren, waren es in der KG-Gruppe durchschnittlich 14,67 Wochen (Range: 9-26 Wochen, SD: 5,1). Zusammenfassend konnten die Patienten der ACM-Gruppe im Durchschnitt 4,14 Wochen schneller wieder zurück in den Beruf, als die Patienten der KG-Gruppe. Dieser Unterschied ließ sich mit Hilfe von „T-test bei unabhängigen Stichproben“ mit einem P-Wert von 0,02 auswerten.

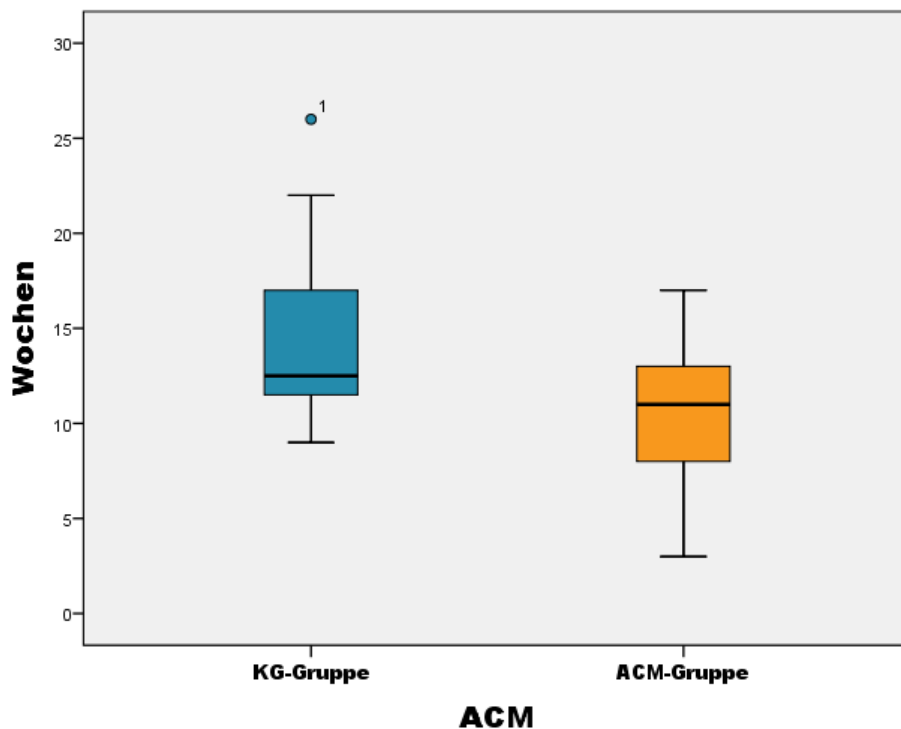


Abbildung 27: Arbeitsunfähigkeit in Wochen

4.7 Scores

VAS nach Richter

6 Wochen postoperativ hat die ACM-Gruppe bei der Auswertung der „Visuelle Analogskala nach Richter“ einen Mittelwert von 55,99 Punkte (Range: 30,5-85,8 Punkte, SD: 13,7) erreicht. Im Vergleich hat die KG-Gruppe einen niedrigeren Mittelwert von 40,62 Punkten (Range: 21,1-61,7 Punkte, SD: 10,5) erreicht.

Der deutliche Unterschied von 14,26 Punkten zwischen den beiden Gruppen lässt sich bei der Anwendung von den „T-test bei unabhängige Stichproben“ mit einem P-Wert von $<0,01$ auswerten.

12 Wochen postoperativ hat die ACM-Gruppe bei der Auswertung einen Mittelwert von 77,71 Punkte (Range: 52,1-96,1 Punkte, SD: 13,8) erreicht. Einen niedrigeren Mittelwert von 61,39 Punkte (Range: 29,8- 87,5 Punkte, SD: 16,29) hat im Vergleich dazu die KG-Gruppe erreicht.

Die Anwendung des „T-testes bei unabhängigen Stichproben“ ergibt bei der Auswertung für den deutlichen Unterschied von 16,32 Punkten zwischen den beiden Gruppen einen P-Wert von $<0,01$.

Insgesamt erzielte die ACM-Gruppe bei der Auswertung unseren Daten an beiden Messzeitpunkten bessere Ergebnisse als die KG-Gruppe.

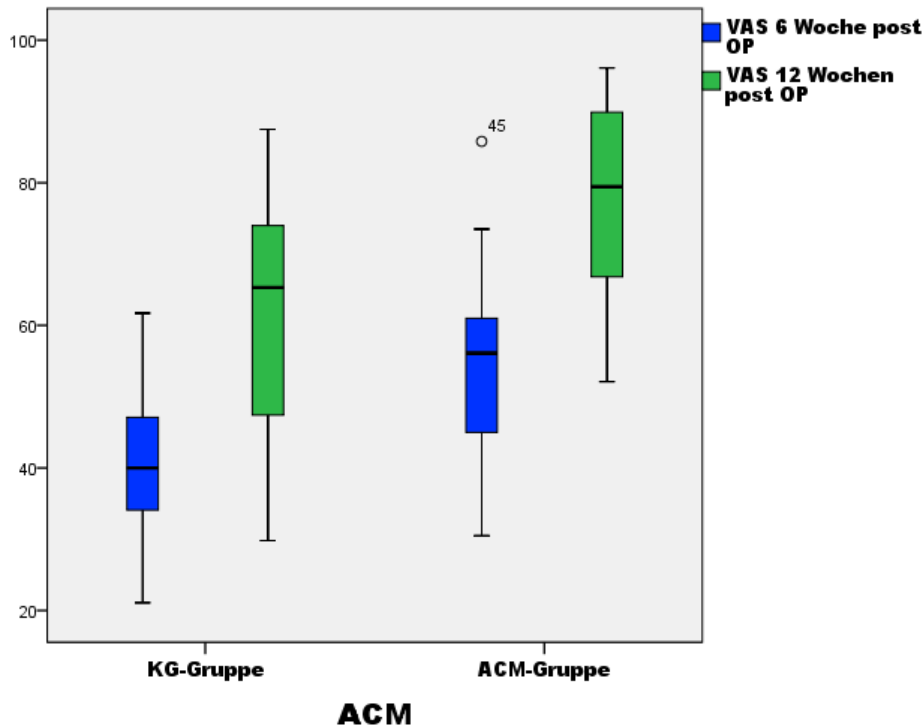


Abbildung 28: VAS nach Richter 6+12 Wochen postoperativ

Kategorien der VAS nach Richter

Der Gesamtwert der VAS nach Richter wird mit den jeweiligen Scores in drei Unterkategorien unterteilt. Hier die Ergebnisse der einzelnen Kategorien.

VAS nach Richter (Schmerzen)

6 Wochen postoperativ waren bei beiden Gruppen die durchschnittlich erreichten Punkte ganz dicht bei einander. Während die ACM-Gruppe einen Mittelwert von 75,98 (Range: 31,3-100, SD: 17,45) erreicht hat, hatte die KG-Gruppe einen Mittelwert von 75,22 (Range: 47,5-100, SD: 15,97).

Der geringe Unterschied zwischen den beiden Gruppen hat erwartungsgemäß bei der Anwendung von „T-test bei unabhängigen Stichproben“ einen P-Wert von 0,873 ergeben.

Im Gegensatz zu den ersten Ergebnissen zeigte die ACM-Gruppe beim zweiten Nachuntersuchungstermin 12 Wochen postoperativ einen deutlich höheren

Mittelwert 80,87 (Range: 50-100, SD: 14,25) als die KG-Gruppe 67,3 (Range: 27,4-100, SD: 20,52).

Der deutliche Unterschied von 13,57 Punkten ergibt mit Hilfe des „T-testes bei unabhängigen Stichproben“ einen P-Wert von 0,015.

12 Wochen postoperativ besteht somit einen Vorteil der Erhalt von ACM in Zusammenhang mit VAS-Schmerz. 6 Wochen postoperativ gibt es diesen Vorteil aber nicht.

VAS nach Richter(Funktion)

6 Wochen postoperativ erhält man bei Auswertung der VAS-Funktion bei der ACM-Gruppe einen Mittelwert von 44,5 Punkte (Range: 19,5-82,3 Punkte, SD: 15,3). Im Vergleich lag der Mittelwert der KG-Gruppe bei 26, 74Punkte (Range: 5,9-66,7 Punkte, SD: 15,55) niedriger.

Der Unterschied von 17,76 Punkten erhält in der „T-test bei unabhängigen Stichproben“ einen P-Wert von <0,01.

12 Wochen postoperativ lag der Mittelwert der ACM-Gruppe bei 75,42 Punkten (Range: 40,5-97,7 Punkte, SD:17,23), während die KG-Gruppe einen niedrigeren Mittelwert von 56,81Punkten (Range: 26,8-89,7 Punkte, SD: 18,17) erreicht hat.

Der Unterschied von 18,61 Punkten zwischen den beiden Gruppen hat bei der Anwendung von der „T-test bei unabhängigen Stichproben“ einen P-Wert von <0,01 erhalten.

Zusammenfassend kann man sagen, dass der Erhalt von ACM einen Vorteil bei den beiden Messzeitpunkten bezüglich der VAS Funktion hat.

VAS nach Richter (sonstiges)

6 Wochen postoperativ war hier der Mittelwert der ACM-Gruppe 60,32 Punkte (Range: 33-87 Punkte, SD: 17,91). Vergleichend war der Mittelwert für die KG-Gruppe 43,67 Punkte (Range: 12-59 Punkte, SD: 11,34) niedriger als der der ACM-Gruppe.

Bei nicht bestätigter Normalverteilung der Daten aus der ACM-Gruppen kam hier der „Mann-Whitney U- Test“ zum Einsatz und hat einen P-Wert von $<0,01$ für die Unterschied von 16,65 Punkte zwischen den beiden Gruppen gezeigt.

12 Wochen postoperativ gab es zwischen den beiden Gruppen auch große Unterschiede bei den Mittelwerten. Während bei der ACM-Gruppe einen Mittelwert von 78,33 Punkte (Range: 44,6-100 Punkte, SD: 13,03) erreicht wurde, zeigte die KG-Gruppe einen niedrigeren Mittelwert von 67,15 Punkte (Range: 38-93 Punkten, SD: 17,77).

Der Unterschied von 11,18 Punkten bekam unter Anwendung vom „T-test bei unabhängigen Stichproben“ einen P-Wert von 0,022.

In Bezug auf die Punktzahlen des VAS-Sonstiges hat hier die ACM-Gruppe bei beiden Messzeitpunkten einen deutlichen statistisch bewiesenen Vorteil gegenüber der anderen Gruppe.

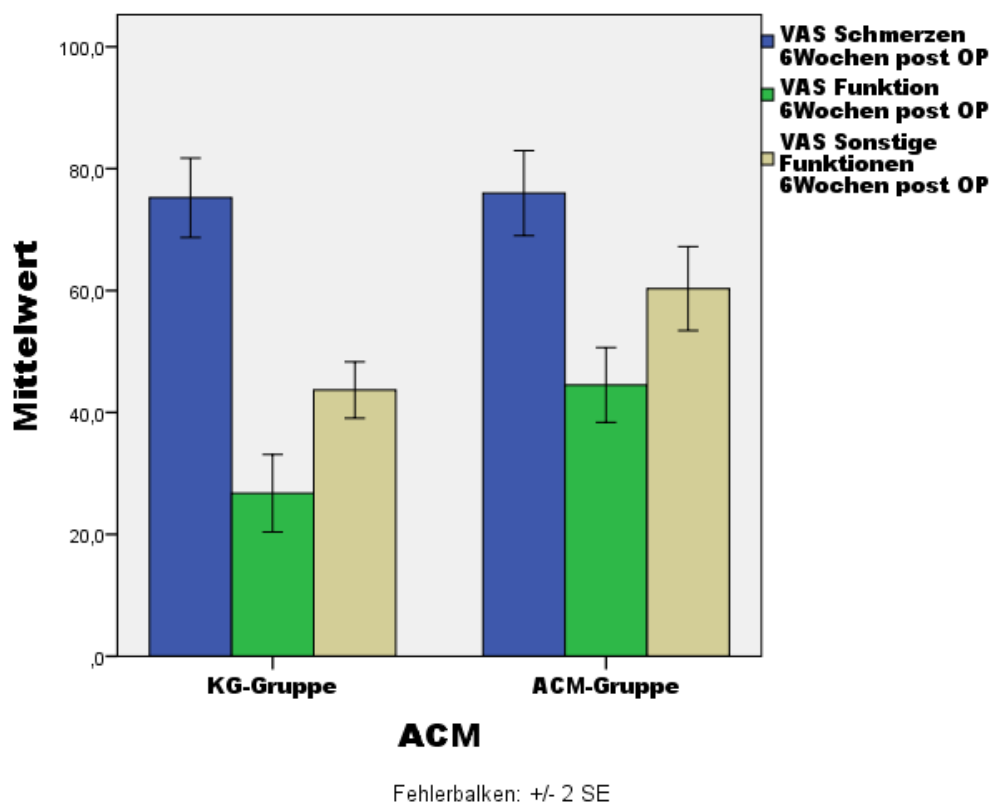


Abbildung 29: VAS Kategorien 6 Wochen postoperativ

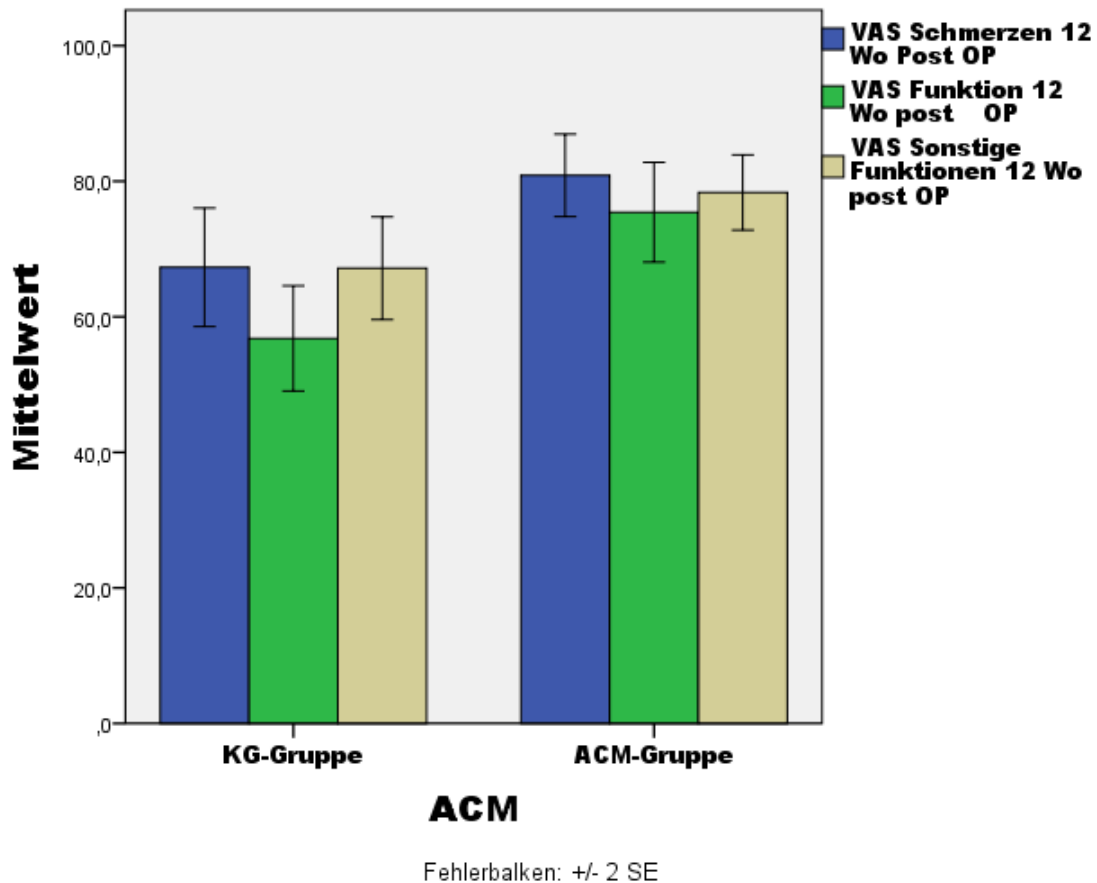


Abbildung 30: VAS Kategorien 12 Wochen postoperativ

Philips Score

Die ACM-Gruppe hat 6 Wochen postoperativ beim ersten Nachuntersuchungstermin eine durchschnittliche Gesamtpunktzahl von 58,84 Punkten (Range: 13-79 Punkte, SD: 14,13) erreicht. Im Vergleich erreichte die KG-Gruppe einen niedrigeren Durchschnitt von 52,13 Punkten (Range: 21-73 Punkten, SD: 14,25).

Der Unterschied von 6,71 Punkten errechnet sich mit einem P-Wert von 0,068 bei der Anwendung dem „Mann-Whitney U-Test“ als grenzwertig.

Während der Mittelwert 12 Wochen postoperativ bei der ACM-Gruppe bei 79,05 Punkten (Range: 59-79 Punkte, SD: 10,91) lag, hat die KG-Gruppe einen Mittelwert von 60,09 Punkten (Range: 15-88 Punkte, SD: 21,69) erreicht.

Verglichen mit dem ersten Nachuntersuchungstermin war der Unterschied von 18,95 Punkten zwischen den beiden Vergleichsgruppen beim zweiten Nachuntersuchungstermin deutlich höher. Bei der Anwendung vom T-test bei unabhängigen Stichproben ergibt dies einen P-Wert von $<0,01$.

Zusammenfassend hatte in unseren Auswertungen die Erhaltung von ACM bezüglich Philips Score beim zweiten Nachuntersuchungstermin 12 Wochen postoperativ einen deutlichen Vorteil. Beim ersten Nachuntersuchungstermin 6 Wochen postoperative ist dies allerdings grenzwertig.

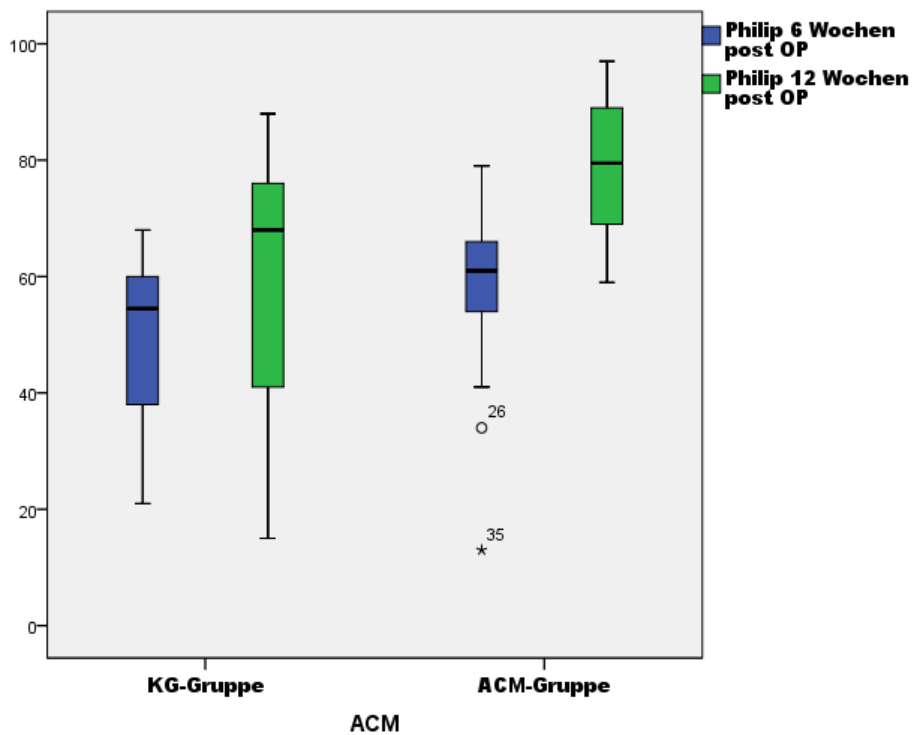


Abbildung 31: Philip et al. Score 6 + 12 Wochen postoperativ

Mazur Score

6 Wochen postoperativ ergibt sich bei der statistischen Auswertung des Mazur Scores für die ACM-Gruppe ein Mittelwert von 64,44 Punkten (Range: 27-84 Punkte SD: 12,32). Im Vergleich dazu liegt der Mittelwert bei der KG-Gruppe bei 56,71 Punkten (Range: 29-69 Punkte, SD: 11,77) niedriger.

Der Unterschied von 7,73 Punkten zwischen den beiden Vergleichsgruppen Gruppen ergibt mit Hilfe des „Mann-Whitney U-Testes“ einen P-Wert von 0,01.

Während 12 Wochen postoperativ der Mittelwert der ACM-Gruppe bei 83,86 Punkte (Range: 60-99 Punkte, SD: 10,67) lag, erreichte die KG-Gruppe mit 73,05 Punkte (Range: 40-92 Punkte, SD: 14,07) einen deutlich niedrigeren Mittelwert. Der errechnete Unterschied von 10,81 Punkten aus den Mittelwerten der beiden Vergleichsgruppen ergibt mit Hilfe des T-Tests bei unabhängigen Stichproben einen P-Wert von $<0,01$.

Betrachtet man die statistische Auswertung unseres Datensatzes in Bezug auf den Mazur Score zum Zeitpunkt der beiden Nachuntersuchungen, ergibt sich ein Vorteil des Erhaltes von ACM.

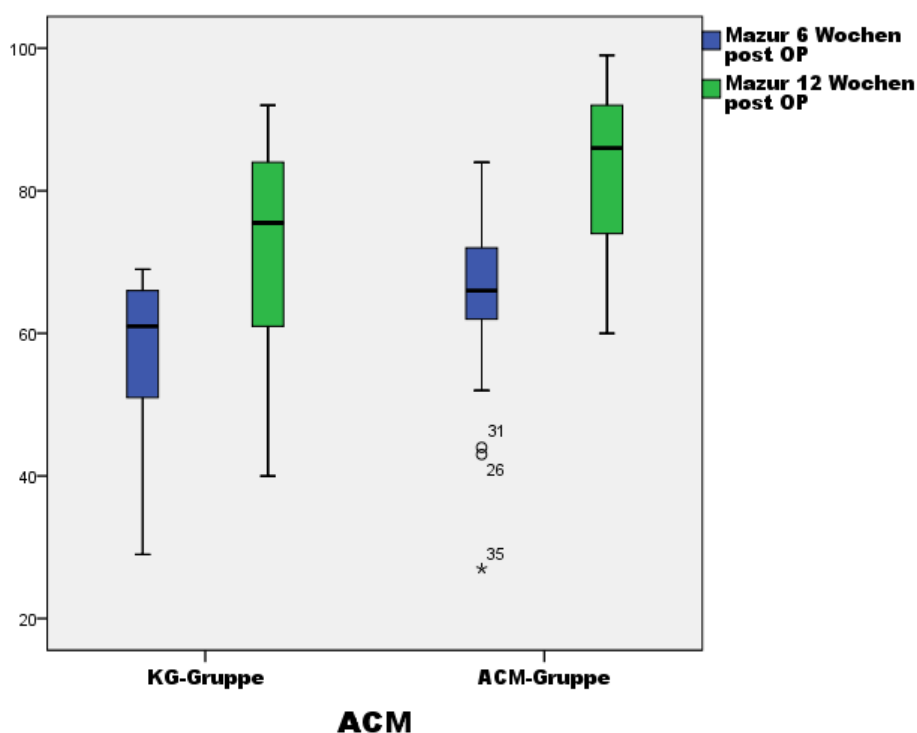


Abbildung 32: Mazur et al. Score 6 + 12 Wochen postoperativ

AOFAS

6 Wochen postoperativ wurde bei der ACM-Gruppe ein Mittelwert von 71,24 Punkten (Range: 36-93, SD: 12,025) erhoben, während die KG-Gruppe einen im Durchschnitt niedrigeren Wert von 63,58 Punkten (Range: 47-78, SD: 8,67) erreichte.

Der Unterschied von 7,65 Punkten hat mit Hilfe des T-Tests bei unabhängigen Stichproben einen P-Wert von 0,015 erreicht.

Beim Ausfüllen der AOFAS Fragebögen erreichte die ACM-Gruppe 12 Wochen postoperative durchschnittlich 87,5 Punkte (Range: 72-98 Punkte, SD: 7,89). Im Vergleich dazu hat die KG-Gruppe eine niedrigere durchschnittliche Punktzahl von 75,23 Punkte (Range: 55-95 Punkte, SD: 11,68).

Der Unterschied von 12,27 Punkten hat unter Anwendung des T-Tests bei unabhängigen Stichproben einen P-Wert von $<0,01$.

Zusammenfassend konnte man hier davon ausgehen, dass es in Bezug auf AOFAS der Erhalt von ACM zu beiden Messzeitpunkten einen Vorteil gibt.

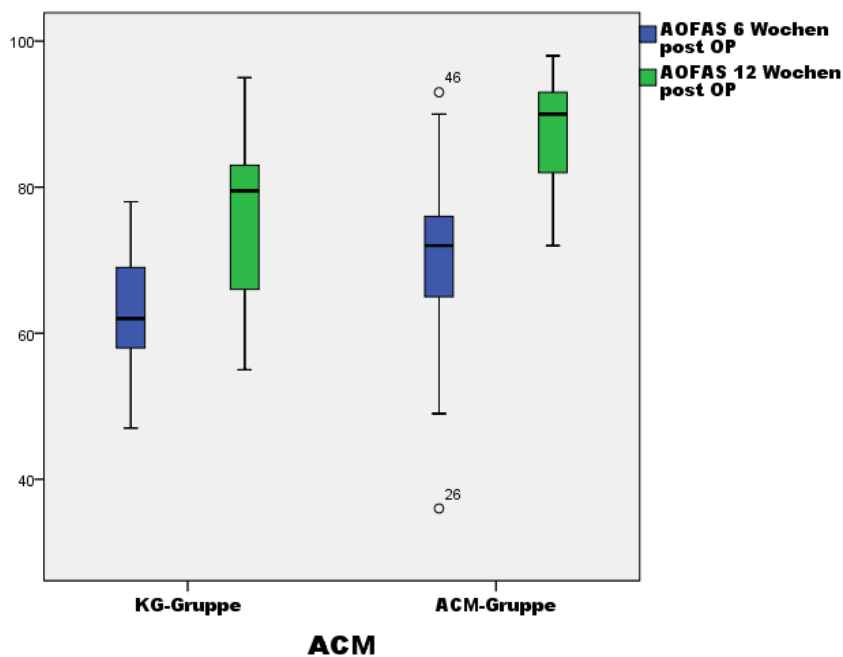


Abbildung 33: AOFAS Score 6 & 12 Wochen postoperativ

SF-12

Körperlich

6 Wochen postoperativ zeigte hier die ACM-Gruppe einen Mittelwert von 34,83 Punkten (Range: 23-48 Punkte, SD: 7,06), während die KG-Gruppe einen niedrigeren Mittelwert von 29,92 Punkten (Range: 18-49 Punkte, SD: 6,89) erbracht hat. Der Unterschied von 4,91 Punkten zwischen den beiden Vergleichsgruppen erhält mit dem T-Test bei unabhängigen Stichproben einen P-Wert in Höhe von 0,018.

12 Wochen postoperativ lag die durchschnittliche Punktzahl bei der ACM-Gruppe bei 44,69 Punkten (Range: 29-57 Punkte, SD: 9,18), im Vergleich dazu lag die durchschnittliche Punktzahl bei der KG-Gruppe niedriger bei 34,31 Punkten (Range: 15-55 Punkte, SD: 9,42). Der Unterschied von 10,38 Punkten zwischen den beiden Vergleichsgruppen zeigt unter Anwendung vom Mann-Whitney-U-Test einen P-Wert von $<0,01$.

Fazit: Es gab in Bezug auf die körperliche Gesamtscore der SF-12 einen deutlichen Vorteil für den Erhalt von ACM.

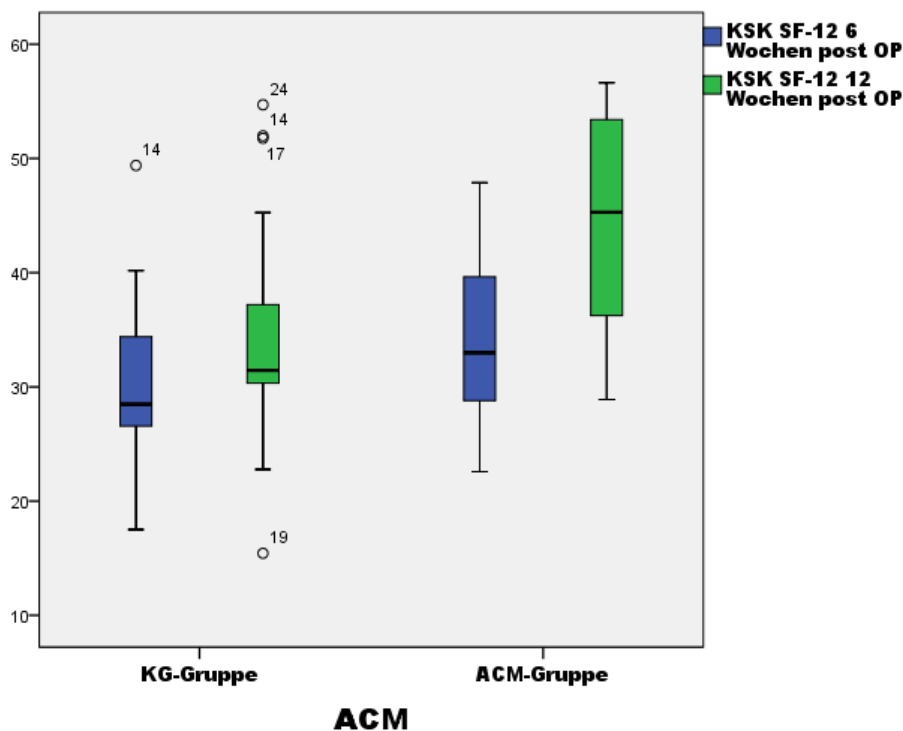


Abbildung 34: SF-12 körperlicher Score 6 + 12 Wochen postoperativ

Psychisch

Wenn man die Mittelwerte beider Gruppen 6 Wochen postoperativ vergleicht, ACM-Gruppe 52,45 Punkte (Range: 30-67 Punkte, SD: 11,26), KG-Gruppe 48,83 Punkte (Range: 31-65 Punkte, SD: 11,40), konnte ein Unterschied von 3,62 Punkte errechnet werden. Dieser Unterschied erhielt Erwartungsgemäß unter Anwendung vom Mann-Whitney-U-Test einen P-Wert von 0,234.

12 Wochen postoperativ lag der Mittelwert von der ACM-Gruppe bei 53,55 Punkten (Range:34-67 Punkte, SD: 8,82) und der Mittelwert der KG-Gruppe bei 54,55 Punkten (Range: 24-67 Punkte, SD: 9,92). Der Unterschied von einem Punkt zwischen den beiden Vergleichsgruppen zeigte mit dem Mann-Whitney-U-Test einen P-Wert von 0,589.

Es konnte in Bezug auf die psychische Gesamtscore keinen Unterschied zwischen den beiden Gruppen in den beiden Nachuntersuchungsterminen ausgewertet werden.

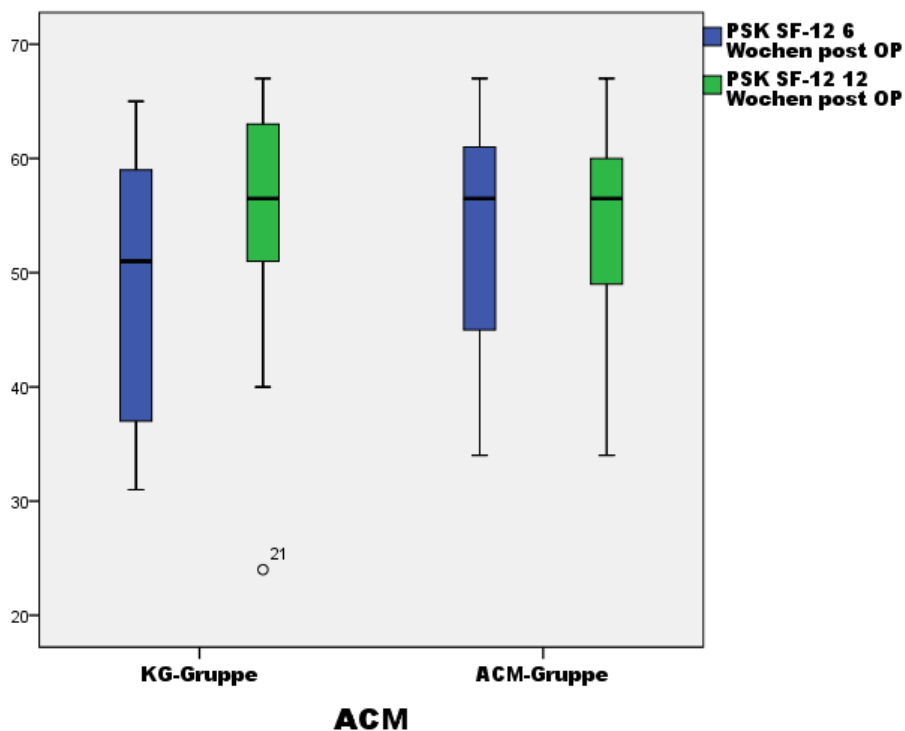


Abbildung 35: SF-12 Psychische Score 6 & 12 Wochen postoperativ

4.8 Klinische Untersuchung

ROM OSG

6 Wochen postoperativ konnten 48 von insgesamt 49 Patienten untersucht werden (ACM-Gruppe: 24, KG-Gruppe: 24). Ein Patient aus der ACM-Gruppe könnte nicht untersucht werden. In der KG-Gruppe wurde ein durchschnittlicher Bewegungsumfang von 70,83 (SD: 6,86) Grad bei der gesunden und 41,25 (SD: 8,12) Grad bei der verletzten Seite gemessen. Während bei der ACM-Gruppe ein durchschnittlicher Bewegungsumfang von 71,46 (SD: 9,15) Grad bei der gesunden und 48,96 (SD: 11,13) Grad bei der verletzten Seite gemessen wurde. Die mittleren Differenzen hatten mit Hilfe des T-Testes bei unabhängigen Stichproben einen P-Wert von 0,03.

Tabelle 1: ROM OSG 6Wochen postoperativ

ROM OSG 6Wochen Postoperativ						
ACM		Mittelwert	N	SD	Differenz	P-Wert
KG-Gruppe	ROM OSG gesunde Seite 6Wo post OP	70,83	24	6,863	29,5833	0,03
	ROM OSG verletzte Seite 6Wo post OP	41,25	24	8,109		
ACM-Gruppe	ROM OSG gesunde Seite 6Wo post OP	71,46	24	9,146	22,5000	
	ROM OSG verletzte Seite 6Wo post OP	48,96	24	11,130		

12 Wochen postoperativ konnten 44 Patienten untersucht werden (ACM-Gruppe: 22, KG-Gruppe: 22)

In der ACM-Gruppe wurde ein durchschnittlicher Bewegungsumfang von 70,68 (SD: 8,63) Grad bei der gesunden und 58,18 (SD: 12,34) Grad bei der verletzten Seite gemessen, Während bei der KG-Gruppe ein durchschnittlicher Bewegungsumfang von 73,18 (SD: 7,95) Grad bei der gesunden und 53,64 (SD: 14,73) Grad bei der verletzten Seite gemessen wurde. Die Mittleren Differenzen hatten mit Hilfe des T-testes bei unabhängigen Stichproben einen P-Wert von 0,078.

Bei Betrachtung der gesamten Auswertung kommt man zum Schluss, dass der Erhalt von ACM postoperativ zu einem deutlichen Vorteil des Bewegungsumfanges 6 Wochen postoperativ geführt hat. Nach 12 Wochen war dieser Vorteil nur noch grenzwertig.

Tabelle 2: ROM OSG 12 Wochen Postoperativ

ROM OSG 12 Wochen Postoperativ						
ACM		Mittelwert	N	SD	Differenz	P-Wert
KG-Gruppe	ROM OSG gesunde Seite 12Wo post OP	73,18	22	7,950	19,54	0,078
	ROM OSG verletzte Seite 12Wo post OP	53,64	22	14,734		
ACM-Gruppe	ROM OSG gesunde Seite 12Wo post OP	70,68	22	8,632	12,5	
	ROM OSG verletzte Seite 12Wo post OP	58,18	22	12,397		

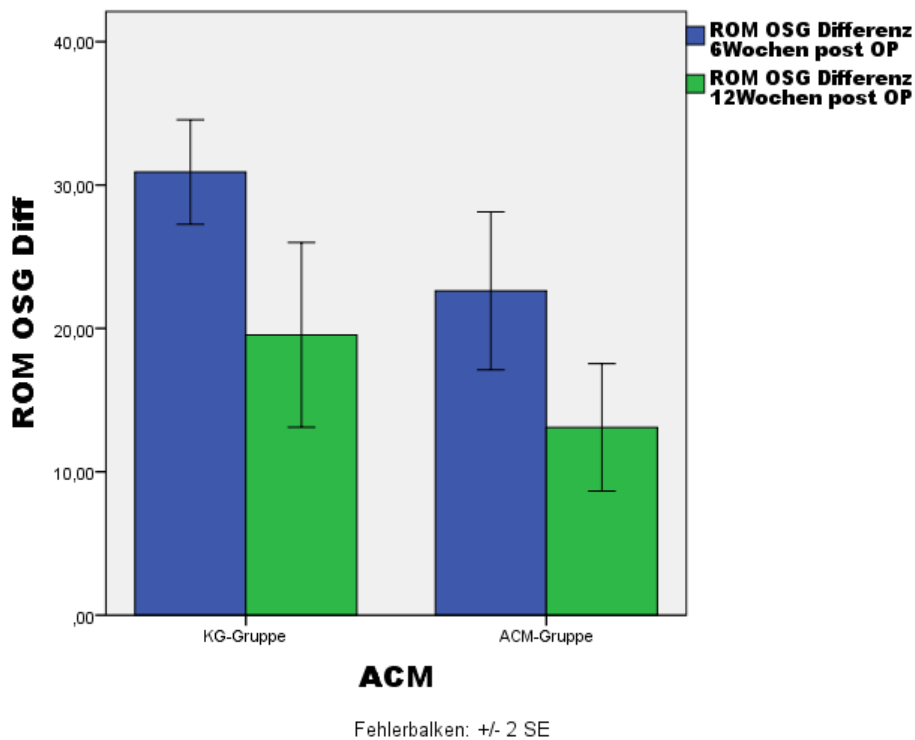


Abbildung 36: ROM OSG Differenz (gesunde vs. verletzte) Seite

ROM USG

Die Vorgehensweise bei der Auswertung der USG-Bewegungsumfang war genauso wie bei der OSG-Auswertung. Beim Betrachten der Tabelle sieht man, dass der Erhalt von ACM einen Vorteil zum Zeitpunkt der zweite Messung 12 Wochen postoperativ hat. Nach 6 Wochen war dieser Vorteil allerdings nur grenzwertig.

Tabelle 3: ROM USG 6 Wochen Postoperativ

ROM USG 6 Wochen Postoperativ						
ACM		Mittelwert	N	SD	Differenz	P-Wert
KG-Gruppe	ROM USG gesunde Seite 6Wo post OP	34,79	24	4,032	20,830	0,082
	ROM USG verletzte Seite 6Wo post OP	13,96	24	5,706		
ACM-Gruppe	ROM USG gesunde Seite 6Wo post OP	33,75	24	3,378	17,500	
	ROM USG verletzte Seite 6Wo post OP	16,25	24	6,299		

Tabelle 4: ROM USG 12 Wochen Postoperativ

ROM USG 12 Wochen Postoperativ						
ACM		Mittelwert	N	SD	Differenz	P-Wert
KG-Gruppe	ROM USG gesunde Seite 12Wo post OP	35,00	22	3,450	15,910	0,005
	ROM USG verletzte Seite 12Wo post OP	19,09	22	7,502		
ACM-Gruppe	ROM USG gesunde Seite 12Wo post OP	33,64	22	3,513	10,230	
	ROM USG verletzte Seite 12Wo post OP	23,41	22	6,794		

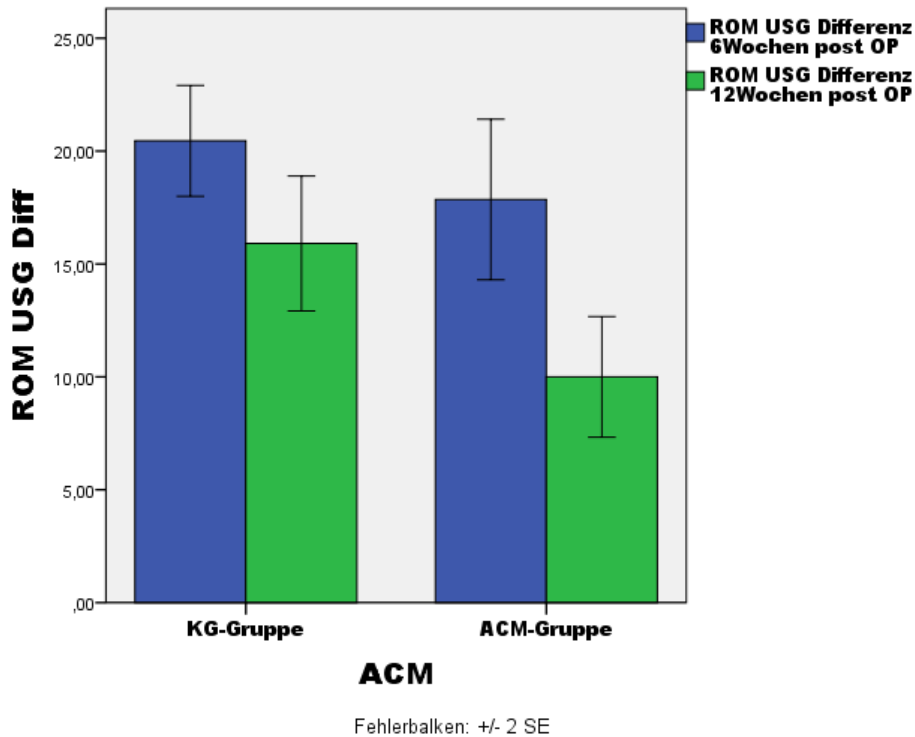


Abbildung 37: ROM USG Differenz 6&12 Wochen Postoperativ

Umfangdifferenz Knöchel zur Gegenseite

Hier wurde der Knöchelumfang an beiden Seiten gemessen und die Differenz direkt errechnet. Von insgesamt 49 Patienten wurden 47 beim ersten Nachtuntersuchungstermin 6 Wochen postoperativ untersucht. Bei den 23 Patienten aus der ACM-Gruppe, war die durchschnittliche Knöchelumfangsdifferenz 2,67cm (Range: 0,5-5 cm, SD: 1,18), bei der KG-Gruppe lag die im Durchschnitt von 2,45cm (Range: 1-6cm, SD: 1,15) deutlich höher. Der Unterschied von 0,22cm zeigt bei Mann-Whitney-U-Test einen P-Wert von 0,451.

Alle 44 Patienten beim zweiten Untersuchungstermin 12 Wochen postoperativ wurden untersucht. Die Ergebnisse sind wie folgt: die ACM-Gruppe hat einen Mittelwert von 2,43cm (Range: 0-5 cm, SD: 1,3), die KG-Gruppe 2,43 cm (Range: 0,5-6 cm, SD: 1,25). Zwischen den beiden Vergleichsgruppen gab es in Bezug auf die Knöchelumfangdifferenz keinen Unterschied.

Zusammenfassend war bezüglich der Knöchelumfangdifferenz bei beiden Messzeitpunkten zwischen den Gruppen kein Unterschied festzustellen.

Tabelle 4: Knöchelumfangsdifferenz 6&12Wochen postoperativ ACM vs. KG

Knöchelumfang Differenz 6&12Wochen Postoperative ACM vs. KG						
		ACM	Mittelwert	N	SD	P-Wert
Knöchelumfang Differenz 6Wochen post OP	KG-Gruppe		2,458	24	1,1508	0,632
	ACM-Gruppe		2,583	24	1,2394	
Knöchelumfang Differenz 12Wochen post OP	KG-Gruppe		2,432	22	1,2564	0,575
	ACM-Gruppe		2,523	22	1,2581	

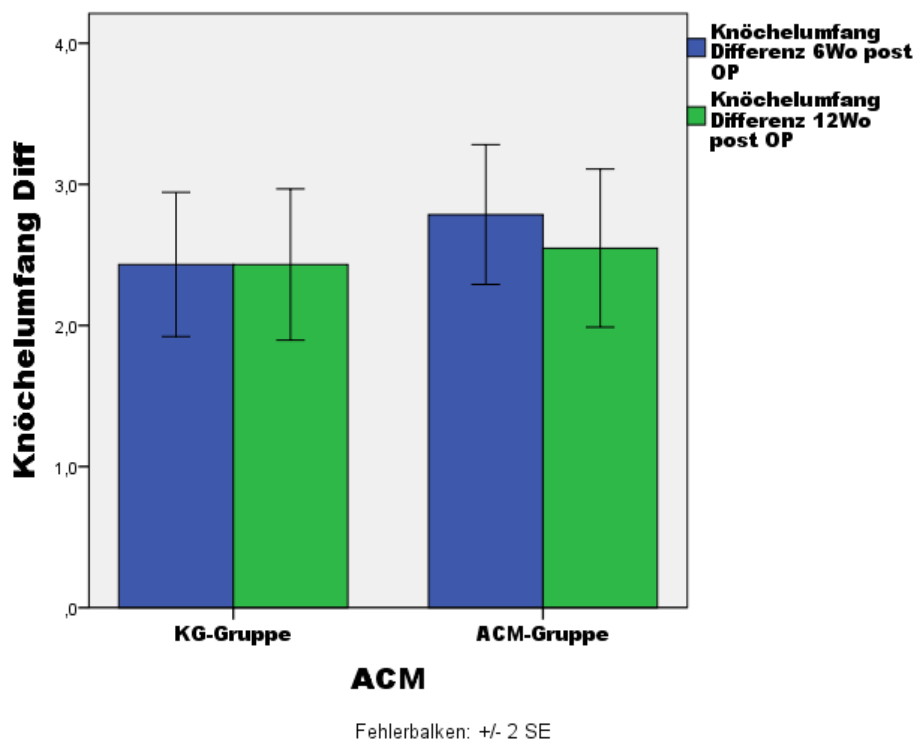


Abbildung 38: Knöchelumfang Differenz 6&12Wochen Postoperative ACM vs. KG

4.9 Pedographie

Wie aus den Tabellen ersichtlich ist, werden die dynamisch auswirkenden Kräfte für den gesamten Fuß sowie für die einzelnen Fußregionen gemessen. Die Differenz wird aus der gesunden und der verletzten Seite errechnet und auf statistische Unterschiede zwischen den beiden Vergleichsgruppen bei beiden Untersuchungszeitpunkten mit T-Test und Whitney-U-Test geprüft.

Gesamtobjekt

Tabelle 5: Gesamt Objekt

Gesamt Objekt							
	ACM	gemessene Seite	Mittelwert	N	SD	Differenz	P-Wert
6 Wochen Post OP	KG-Gruppe	Gesunde Seite	899,50	24	101,842	442,7875	0,826
		Verletzte Seite	456,71	24	301,067		
	ACM-Gruppe	Gesunde Seite	858,64	25	127,657	447,1480	
		Verletzte Seite	411,49	25	348,255		
12 Wochen Post OP	KG-Gruppe	Gesunde Seite	908,94	22	93,021	35,0409	0,336
		Verletzte Seite	873,90	22	103,797		
	ACM-Gruppe	Gesunde Seite	851,62	22	126,543	54,5727	
		Verletzte Seite	797,05	22	203,051		

Ferse

Tabelle 6: Fersen

Fersen							
	ACM	gemessene Seite	Mittelwert	N	SD	Differenz	P-Wert
6 Wochen Post OP	KG-Gruppe	Gesunde Seite	482,65	24	59,266	225,2625	0,435
		Verletzte Seite	257,39	24	166,135		
	ACM-Gruppe	Gesunde Seite	517,51	25	71,344	269,7440	
		Verletzte Seite	247,76	25	227,569		
12 Wochen Post OP	KG-Gruppe	Gesunde Seite	531,49	22	109,887	8,4000	0,842
		Verletzte Seite	523,09	22	87,128		
	ACM-Gruppe	Gesunde Seite	526,03	22	111,569	25,8682	
		Verletzte Seite	500,16	22	148,679		

Mittelfuß

Tabelle 7: Mittelfuß

Mittelfuß							
	ACM	gemessene Seite	Mittelwert	N	SD	Differenz	P-Wert
6 Wochen Post OP	KG-Gruppe	Gesunde Seite	197,01	24	77,737	125,1917	0,62
		Verletzte Seite	71,82	24	79,520		
	ACM-Gruppe	Gesunde Seite	168,27	25	78,587	112,9280	
		Verletzte Seite	55,34	25	61,987		
12 Wochen Post OP	KG-Gruppe	Gesunde Seite	194,98	22	75,222	34,0000	0,1
		Verletzte Seite	160,98	22	77,217		
	ACM-Gruppe	Gesunde Seite	136,39	22	69,565	4,4091	
		Verletzte Seite	131,98	22	66,911		

MFK1

Tabelle 8: MFK1

MFK 1							
	ACM	gemessene Seite	Mittelwert	N	SD	Differenz	P-Wert
6 Wochen Post OP	KG-Gruppe	Gesunde Seite	169,28	24	57,323	111,3125	0,795
		Verletzte Seite	57,96	24	65,237		
	ACM-Gruppe	Gesunde Seite	165,39	25	50,453	105,2600	
		Verletzte Seite	60,13	25	66,008		
12 Wochen Post OP	KG-Gruppe	Gesunde Seite	165,51	22	61,763	48,2273	0,439
		Verletzte Seite	117,29	22	71,110		
	ACM-Gruppe	Gesunde Seite	189,66	22	48,255	57,5545	
		Verletzte Seite	132,11	22	56,390		

MFK2

Tabelle 9: MFK2

MFK 2							
	ACM	gemessene Seite	Mittelwert	N	SD	Differenz	P-Wert
6 Wochen Post OP	KG-Gruppe	Gesunde Seite	166,15	24	46,490	108,2167	0,51
		Verletzte Seite	57,93	24	43,255		
	ACM-Gruppe	Gesunde Seite	161,51	25	35,027	96,8000	
		Verletzte Seite	64,71	25	58,487		
12 Wochen Post OP	KG-Gruppe	Gesunde Seite	195,83	22	43,987	64,7182	0,006
		Verletzte Seite	131,11	22	57,687		
	ACM-Gruppe	Gesunde Seite	173,47	22	44,283	21,5318	
		Verletzte Seite	151,94	22	61,661		

MFK3

Tabelle 10: MFK3

MFK 3							
	ACM	gemessene Seite	Mittelwert	N	SD	Differenz	P-Wert
6 Wochen Post OP	KG-Gruppe	Gesunde Seite	167,14	24	44,137	102,4750	0,919
		Verletzte Seite	64,66	24	47,593		
	ACM-Gruppe	Gesunde Seite	172,21	25	42,979	100,6920	
		Verletzte Seite	71,52	25	60,870		
12 Wochen Post OP	KG-Gruppe	Gesunde Seite	190,20	22	44,706	41,5227	0,065
		Verletzte Seite	148,68	22	60,490		
	ACM-Gruppe	Gesunde Seite	172,96	22	41,561	8,5227	
		Verletzte Seite	164,44	22	63,808		

MFK4

Tabelle 11: MFK4

MFK 4							
	ACM	gemessene Seite	Mittelwert	N	SD	Differenz	P-Wert
6 Wochen Post OP	KG-Gruppe	Gesunde Seite	112,80	24	31,200	60,8500	0,84
		Verletzte Seite	51,95	24	35,779		
	ACM-Gruppe	Gesunde Seite	116,01	25	34,609	63,3160	
		Verletzte Seite	52,69	25	40,883		
12 Wochen Post OP	KG-Gruppe	Gesunde Seite	131,09	22	40,182	24,3682	0,08
		Verletzte Seite	106,72	22	40,669		
	ACM-Gruppe	Gesunde Seite	112,78	22	32,045	-0,4818	
		Verletzte Seite	113,26	22	42,981		

MFK5

Tabelle 12: MFK5

MFK 5							
	ACM	gemessene Seite	Mittelwert	N	SD	Differenz	P-Wert
6 Wochen Post OP	KG-Gruppe	Gesunde Seite	61,192	24	22,1567	27,6375	0,76
		Verletzte Seite	33,554	24	25,8649		
	ACM-Gruppe	Gesunde Seite	60,74	25	27,639	30,4800	
		Verletzte Seite	30,26	25	23,883		
12 Wochen Post OP	KG-Gruppe	Gesunde Seite	69,15	22	25,208	9,0500	0,32
		Verletzte Seite	60,10	22	29,408		
	ACM-Gruppe	Gesunde Seite	58,05	22	29,693	-0,6000	
		Verletzte Seite	58,65	22	35,475		

Großzeh

Tabelle 13: Großzeh

Groß Zeh							
	ACM	gemessene Seite	Mittelwert	N	SD	Differenz	P-Wert
6 Wochen Post OP	KG-Gruppe	Gesunde Seite	118,425	24	40,7726	91,1167	0,6
		Verletzte Seite	27,308	24	23,1033		
	ACM-Gruppe	Gesunde Seite	129,15	25	46,044	97,8440	
		Verletzte Seite	31,30	25	32,615		
12 Wochen Post OP	KG-Gruppe	Gesunde Seite	129,90	22	54,872	68,7500	0,55
		Verletzte Seite	61,15	22	39,890		
	ACM-Gruppe	Gesunde Seite	155,70	22	56,944	78,0545	
		Verletzte Seite	77,65	22	46,473		

Zweiter Zeh

Tabelle 14: Zweiter Zeh

Zweiter Zeh							
	ACM	gemessene Seite	Mittelwert	N	SD	Differenz	P-Wert
6 Wochen Post OP	KG-Gruppe	Gesunde Seite	25,971	24	13,8922	20,7083	0,42
		Verletzte Seite	5,263	24	5,6974		
	ACM-Gruppe	Gesunde Seite	30,36	25	15,862	23,5840	
		Verletzte Seite	6,78	25	8,845		
12 Wochen Post OP	KG-Gruppe	Gesunde Seite	28,12	22	14,431	16,0000	0,58
		Verletzte Seite	12,12	22	9,888		
	ACM-Gruppe	Gesunde Seite	35,58	22	17,966	18,3136	
		Verletzte Seite	17,26	22	14,688		

Zehen 3,4,5

Tabelle 15: Zehen 3,4,5

Zehen 3,4,5

	ACM	gemessene Seite	Mittelwert	N	SD	Differenz	P-Wert
6 Wochen Post OP	KG-Gruppe	Gesunde Seite	34,600	24	18,3809	27,8750	0,27
		Verletzte Seite	6,725	24	8,0862		
	ACM-Gruppe	Gesunde Seite	39,96	24	20,692	33,5125	
		Verletzte Seite	6,45	24	8,264		
12 Wochen Post OP	KG-Gruppe	Gesunde Seite	38,07	22	26,455	24,1818	0,91
		Verletzte Seite	13,89	22	13,204		
	ACM-Gruppe	Gesunde Seite	41,40	22	23,937	23,3864	
		Verletzte Seite	18,01	22	18,119		

5 Diskussion

Faktoren und Einflüsse in der operativen Versorgung

Viele Faktoren haben einen Einfluss auf den Verlauf und die Endergebnisse von operativ versorgten Sprunggelenksfrakturen. Um solche mögliche Einflüsse zu erfassen, wurden alle Patienten für die Zuteilung der ACM-Bewegungsschiene randomisiert. Es konnten von den 50 untersuchten Patienten 49 (ACM: 25 vs. KG: 24) ausgewertet werden. Ein Patient hat in den ersten 6 postoperativen Wochen vollbelastet, deshalb konnte er aufgrund des Studienprotokolls bei der Auswertung nicht berücksichtigt werden.

Laut Literatur ist das weibliche Patientenkollektiv meistens mittleren und höheren Alters, die Männer sind meistens jünger. Die Größe und das Gewicht sind ebenfalls wichtige Faktoren bei den hier untersuchten Frakturen [3, 8]. Bei den Parametern Alter, Größe, Gewicht oder Geschlecht zeigten sich bei unserer Studie keine Unterschiede. Das Patientenkollektiv ist somit bei den beiden Gruppen homogen und keiner der Faktoren hat einen Einfluss auf die Endergebnisse.

Jenach Verletzungsmuster und Weichteilverhältnisse besteht die Indikation zur Versorgung mit einem Fixateur Extern. Nach Weichteilkonsolidierung erfolgt die definitive Osteosynthese [53]. Die Anzahl der verwendeten Fixateur Externe und die Tage nach dem Unfall bis zur definitiven operativen Versorgung ergaben bei der Auswertung keine Unterschiede zwischen den Gruppen. Die Weichteilverhältnisse und das präoperative Vorgehen in beiden Gruppen beeinflussen somit nicht den Verlauf und die Endergebnisse.

Die Anzahl der Fälle, bei denen Plattenosteosynthesen, Intrafragmentäre Zugschrauben und Stellschrauben verwendet werden, sowie die Dauer der definitiven operativen Versorgung, die Art der Fraktur und die Unfallmechanismus geben Rückschlüsse über die Morphologie, die Stabilität und die Komplexität der Fraktur. Da sich bei den oben genannten Parametern keine Unterschiede zwischen den Gruppen gezeigt hat, kann der Einfluss von der Fraktur Typ und seiner operativen Versorgung auf den Verlauf und die Endergebnisse ausgeschlossen werden.

Andere Faktoren die die Endergebnisse beeinflussen können, sind Revisionen, Komplikationen, stationäre Verweildauer und das Tragen einer Orthese in den ersten 6 Wochen postoperativ. Da auch hier keine Unterschiede zwischen den beiden Gruppen zu erkennen waren, gibt es keine Vor- oder Nachteile zwischen den Gruppen.

Nachteile der langandauernden Immobilisation der Gelenke

Die funktionelle Nachbehandlung von Sprunggelenksfrakturen führt durch die Bewegung des Gelenkes zur besseren Ödem-Resorption und schnelleren Abschwellung, dadurch werden eine bessere Trophik und eine bessere Heilungstendenz erzielt. Das Ausmaß von eventuell entstandenem Knorpelschaden wird durch die aktive und passive Frühmobilisierung auf ein Minimum reduziert und Adhäsionen der Gelenkflächen werden verhindert. Die Chancen später einen normalen Bewegungsumfang im oberen Sprunggelenk zu erreichen, sind umso größer je früher mit der Mobilisation begonnen wird [54-56]. Die funktionelle Nachbehandlung hat auch einen positiven Einfluss auf die Knochenheilung, da die Stimulation der Osteogenese im Frakturbereich wesentlich besser ist als bei einer Immobilisation [57]. Eine Ruhigstellung des Gelenkes führt zur Atrophie der stabilisierenden Muskulatur. Eine allzu große Atrophie wird durch die erhaltende Beweglichkeit verhindert [46, 58].

Sondenna zeigte in seiner Studie über 43 Patienten, die in 2 Gruppen (Ruhigstellung in Unterschenkel-Gips und keine Belastung vs. Physiotherapie) randomisiert waren, dass die Gruppe mit der Physiotherapie bessere Bewegungsumfang nach 6 Wochen und weniger Schmerzen zu allen Untersuchungszeitpunkten hatten [59].

Finsen untersuchte 56 Patienten, die in drei verschiedene Therapiegruppen eingeteilt waren: Unterschenkel-Gips ohne Belastung, keinen Unterschenkel-Cast und keine Belastung, Unterschenkel-Cast mit schmerzadaptierte Belastungsaufbau. In der Endergebnissen gab es keinen Unterschied [31].

Rasmussen untersuchte in einer randomisierten Studie zwei postoperative Therapiestrategien. Gruppe 1 dürfte postoperativ aus einer Unterschenkel-Schiene mobilisiert werden, während Gruppe 2 in einem Unterschenkel-Cast ruhiggestellt werden sollte. Beide Gruppen sollten eine komplette Entlastung für 6 Wochen an UAG's einhalten. 6 Wochen postoperativ zeigte sich der Bewegungsumfang des oberen Sprunggelenkes in der Gruppe 1 ($57,5 \pm 25,9$) besser als die Gruppe 2 ($27,5 \pm 12,4$). Auch nach einem Jahr zeigten sich die Ergebnisse der ROM OSG in der Gruppe 1 ($73 \pm 16,3$) besser als die von Gruppe 2 ($63,7 \pm 17,5$) [60].

Bei der Auswertung unserer Daten wurde im Vergleich zu der gesunden Seite bei der ACM-Gruppe ein deutlich besserer Bewegungsumfang des oberen Sprunggelenkes bei der verletzten Seite als bei der KG-Gruppe 6 Wochen postoperativ gemessen. 12 Wochen postoperativ war der Bewegungsumfang nur noch gering höher. Dies liegt vermutlich daran, dass bei der ACM-Gruppe der Bewegungsumfang des Obersprunggelenkes der verletzten Seite sich bereits nach 6 Wochen postoperativ endgradig verbessert hat, während er sich bei der KG-Gruppe im Vergleich zu der ACM-Gruppe erst später einstellt. Dies zeigt sich ebenfalls bei der Betrachtung der Ergebnissen von Rasmussen [60].

Im Vergleich zum Obersprunggelenk hat der Bewegungsumfang des Untersprunggelenkes bei der ACM-Gruppe erst nach 12 Wochen bessere Ergebnisse gezeigt. Dieses erzielte Ergebnis erklärt sich durch höhere Anzahl von verwendeten Orthesen in beiden Gruppen, was die Supination und die Pronation eingeschränkt hat. Obwohl es keine Unterschiede bei der Verwendung einer Orthese zwischen den beiden Gruppen gibt, wurde ein höherer Bewegungsumfang des Untersprunggelenkes bei der ACM-Gruppe im Vergleich zu der KG-Gruppe gemessen. Dies beschreibt ebenfalls Honigmann in seiner Studie und berichtet von einer Reduktion von etwa 10° bei der Gruppe die Orthese in den 6 Wochen postoperativ getragen hat [61].

Frühfunktionelle Effekte

Die Visuelle Analog Skala nach Richter zeigte bei der ACM-Gruppe sowohl nach 6 als auch nach 12 Wochen bessere Gesamtwerte als die KG-Gruppe. Bei

der Kategorie Schmerz gab es 6 Wochen postoperativ zwischen den beiden Gruppen keinen Unterschied. Die erforderliche Teilbelastung in den ersten 6 Wochen postoperativ bei beiden Gruppen und die dadurch geringe mechanische Gelenkbelastung erklären die erzielten Ergebnisse. 12 Wochen postoperativ hat die KG-Gruppe mehr Schmerzen angegeben als die ACM-Gruppe. Die Behandlung mit ACM hat somit während der Benutzung der Schiene nicht zur einer vermehrten Schmerz-Symptomatik und Verminderung der Schmerzen in der Belastungsphase bis 12 Wochen geführt.

Egol randomisierte 55 Patienten, die eine operative Versorgung des Sprunggelenksfraktur hatten und postoperativ eine Teilbelastung einhalten sollten, in zwei Gruppen. Gruppe 1 war mit Unterschenkel-Cast versorgt, Physiotherapie war erst ab der sechste Woche postoperativ möglich. Gruppe 2 durfte dagegen schon in den ersten 6 Wochen postoperativ mit physiotherapeutische Übungen anfangen. 6 Wochen postoperativ zeigte Mazur-Score einen signifikanten Unterschied zwischen die beiden Gruppen (Gruppe 1: 52.4 ± 5.3 , Gruppe 2: 56.5 ± 7.6), nach 12 Wochen gab es keinen Signifikanten Unterschied mehr (Gruppe1: 79.8 ± 12.1 , Gruppe2: 84.1 ± 8.9). Analog zu unsere Studie war die Arbeitsunfähigkeitsdauer kürzer (Gruppe 1 106.5 Tagen, Gruppe 2 53.8 Tagen) [28].

Vioreanu hat zwei postoperative Therapieschema nach versorgte Sprunggelenksfrakturen verglichen. Gruppe 1 sollte in eine Unterschenkel-Cast für 6 Wochen ruhiggestellt und durfte keine Belastung ausüben. Gruppe 2 durfte dagegen aus der Unterschenkel-Cast heraus frühmobilisiert werden. Patienten, die frühemobilisiert sind, hatten in der AOFAS-Score sowohl 9 Wochen (Gruppe1: 82.11 ± 5.8 , Gruppe2: 89.96 ± 7.46) als auch 12 Wochen (Gruppe1: 92.57 ± 4.03 , Gruppe2: 95.89 ± 4.78) postoperativ bessere funktionelle Ergebnissen gezeigt. Patienten aus der Gruppe 2 ($67 \pm 18,7$) waren früher Arbeitsfähig als aus der Gruppe 1 ($94,9 \pm 24.4$) [62].

Bei der Auswertung der verwendeten funktionellen Fragebögen (Philips et. al, Mazur et. al, AOFAS) zeigten sich bei der ACM-Gruppe sowohl 6 Wochen als auch 12 Wochen danach bessere Ergebnisse als bei der KG-Gruppe. Auch bei

der Kategorie Funktion und sonstige Funktionen der VAS erzielte die ACM-Gruppe unterstützend sowohl nach 6 als auch nach 12 Wochen bessere Ergebnisse als die KG-Gruppe. Egol verwendete in seiner Studie den Mazur Fragebogen und hat vergleichbare Werte zu beiden Messzeitpunkten gezeigt [28]. Wobei unser Datensatz durch den Einsatz von ACM noch bessere Ergebnisse erzielen konnte.

Nur bei Philips et. al. war das Ergebnis der ACM-Gruppe 6 Wochen postoperativ mit einem P-Wert von 0,06 besser als bei der KG-Gruppe. Die Fragebögen von Phillips et. al. enthalten zum großen Teil Fragen zu Schmerzen. Dies macht die Auswertung im Vergleich zu den anderen Fragebögen etwas schwieriger. Diese Problematik beschreibt auch Phillips in seiner Studie [46].

Honigmann untersuchte 45 Patienten, die nach der operativen Versorgung in 2 Gruppen unterteilt sind. Gruppe 1 hat ab der 2 Woche in einer Orthese schmerzadaptierend vollbelastet. Gruppe 2 sollte in den ersten 6 Wochen ohne Stiefel teilbelasten und dazu physiotherapeutische Übungen erhalten, die Vollbelastung war erst ab der 6 Woche erlaubt. Gruppe 2 zeigte 6 Wochen postoperativ einen signifikanten Unterschied von 6 Punkten in den Mentalen SF-12 Scoren, während nach 10 Wochen keinen Unterschied mehr gab. Die körperliche SF-12 Score zeigte weder nach 6 noch 12 Wochen einen Unterschied zwischen der beiden Gruppen. Patienten aus der Gruppe 1 waren im Durchschnitt 16 Tage früher arbeitsfähig als die Gruppe 2 (Gruppe1: 37 Tage, Gruppe 2: 53 Tage) [61].

Die SF-12 zeigte bei der Auswertung sowohl 6 als auch 12 Wochen danach keinen Unterschied bei der Psychischen Kategorie, aber einen deutlichen Unterschied bei der körperlichen Kategorie. Dieses Ergebnis bestätigt die, durch die anderen Scores erzielten Ergebnisse und zeigte, dass die psychische Situation der Patienten keinen Einfluss auf deren subjektives Empfinden hat. Die Patienten bei denen ACM zum Einsatz kam, scheinen die alltägliche Aktivitäten im Allgemeinen besser zu bewältigen.

Neuromuskuläres,- Propriozeptives Training

Verschiedene Übungsprogramme und Methoden wurden in den letzten Jahrzehnten zur Verbesserung der sensomotorischen Leistung im Rahmen der Prävention, Therapie und Rehabilitation verschiedener Verletzungen erforscht. In der Literatur lassen sich diese unter den Begriffen sensomotorisches,- neuromuskuläres,- propriozeptives Training finden. Der positive Effekt eines solchen Trainings hat sich besonders nach einer vorderen Kreuzband plastik und bei Knieverletzungen etabliert [37, 63, 64]. Auch nach Sprunggelenksverletzungen mit ligamentärer Beteiligung und bei Sprunggelenksinstabilität finden sich in der Literatur einige Studien, die den Vorteil dieser Übungen zeigen [65-68] .

Die unmittelbar postoperativen Bedingungen schränken durch einliegende Drainagen, Schwellungen, postoperative Schmerzen, eingeschränkte Beweglichkeit und die Teilbelastung die konventionellen propriozeptiven Übungen ein. Bei der ACM-Schiene besteht die Möglichkeit, frühzeitig postoperativ durch einen Cross Over Effekt das propriozeptive Defizit zu therapieren. Die Therapie mit der ACM-Schiene ermöglicht somit auch nach Entlassung in den ambulanten Bereich eine selbstsichere und intensive Übung. Rivera fordert in seiner Studie das neuromuskuläre Training, wobei die eigene muskuläre Aktivität genutzt wird, um über eine geschlossene Kette "Cross Over Effekt", das verletzte Bewegungsorgan zu mobilisieren. Die normalen propriozeptiven Mechanismen werden so für die Regeneration der Propriozeption gebraucht [69].

In unseren Messungen zeigte die dynamische Ganganalyse weder 6 Wochen noch 12 Wochen postoperativ einen Unterschied zwischen den beiden Gruppen. Anhand der verwendeten funktionellen Fragebögen (VAS nach Richter, Phillips, Mazur, AOFAS, SF-12) hat sich die ACM-Gruppe zu jeder Zeit subjektiv besser bewertet. Fremery und Ahmad haben in ihren Studien gezeigt, dass es eine deutliche Korrelation zwischen Propriozeption und subjektiver Instabilität gibt [70, 71]. Obwohl die Messungen der dynamischen Ganganalyse in beiden Gruppen gleich waren, zeigte die ACM-Gruppe bessere funktionelle

Stabilität. Dieses Ergebnis deutet auf einen wichtigen Einfluss der ACM-Schiene auf Propriozeption bei den hier untersuchten Sprunggelenksverletzungen. Lübken zeigte unterstützend, dass das neuromuskuläre Training mit einer ACM-Schiene zusätzlich zur konventionellen Physiotherapie unmittelbar postoperativ bei einer Kreuzbandplastik zu Minderung des propriozeptiven Defizites führt. Bei alleiniger Physiotherapie wäre dies nicht zu erreichen [42].

Sozio-ökonomische Kosten bzgl. Arbeitsunfähigkeitsdauer

Sprunggelenksfrakturen haben einen nicht unerheblichen Einfluss auf die Funktionalität und Aktivität eines Individuums und dadurch auch auf seine Arbeitsfähigkeit. Der Jahresbericht 2008 der AOK zeigte, dass Frakturen des Unterschenkels und des Obersprunggelenks bei je 100 000 pflichtversicherten zu fast einer Million Arbeitsunfähigkeitstagen führten [72]. Der sozio-ökonomische Aspekt spielt in dieser Hinsicht besonders in einem sozial abhängigen Gesundheitssystem eine sehr wichtige Rolle. Sprunggelenksfrakturen die operativ behandelt werden, fördern durch den stationäre Aufenthalt, den operativen Eingriff und die längere Arbeitsunfähigkeit zusätzliche Kosten. Laut Daten des Statistischen Bundesamtes waren im Jahr 2012 ca. 75 000 stationäre Aufenthalte in Deutschland auf Behandlungen von Sprunggelenksfrakturen zurückzuführen [73]. Eine britische Studie zeigte, dass die durchschnittlichen operativen Behandlungskosten von Sprunggelenksfrakturen bei 4730.28 £ (SD: 2340.73 £) liegen, wobei die Kosten für die Behandlung mit einer Fixateur Extern höher lagen [74]. Bei der Auswertung unserer Daten waren die Patienten, die ACM benutzt haben in Durchschnitt 4 Wochen schneller arbeitsfähig als die, die nur konventionelle Physiotherapie erhalten haben. Die bessere Beweglichkeit und Stabilität bei der ACM-Gruppe hat somit zu besserer Funktionalität und einer schnelleren Wiedereingliederung geführt. Dieses erzielte Ergebnis hat im Hinblick auf die oben genannten Tatsachen einen nicht unerheblichen sozio-ökonomischen Vorteil.

6 Zusammenfassung

Bei den sehr häufigen Sprunggelenksfrakturen von Typ Weber-B und -C ist oftmals nur eine limitierte Belastung für die ersten 6 postoperativen Wochen möglich, was die funktionelle Nachbehandlung erschwert. Dies führt wahrscheinlich zu einer Steigerung der Arbeitsunfähigkeitsdauer. Die aktiv-kontrollierte Nachbehandlung bietet unserer Meinung nach ein standardisiertes Verfahren, das eine selbstständige, regelmäßige und sichere Handhabung erlaubt, welche man in der Rehabilitation von operativ versorgten Sprunggelenksfrakturen nutzen könnte. Das Ziel der Studie war herauszufinden, ob der Einsatz einer Aktiv-kontrollierten Bewegungsschiene (ACM) nach operativ versorgten Sprunggelenksbrüchen des Typs Danis-Weber-B und -C mit der Notwendigkeit einer Teilbelastung von 6 Wochen postoperativ einen Einfluss auf die Ergebnisse nach 6 und 12 Wochen hat. In der Literatur wurde keine Studie über den Einfluss einer solchen Bewegungsschiene im Vergleich zu einer alleinigen Physiotherapie auf den Ergebnissen nach operativ versorgten Sprunggelenksbrüchen gefunden. Als einzige Studie dieser Art haben wir herausgefunden, dass dies zu einer besseren Funktion des verletzten Sprunggelenkes und zu einer kürzeren Arbeitsunfähigkeitsdauer führt. Dadurch kann ein sozioökonomischer Vorteil erzielt werden.

7 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Danis und Weber Klassifikation [6].....	2
Abbildung 2: Der neuromuskuläre Feedback Mechanismus des Bewegungsapparats [37]	5
Abbildung 3: Das Neuromuskuläre Defizit bei Ligamentären Verletzungen.....	6
Abbildung 4: CAMOped-Schiene (OPED®, Valey, Deutschland) [43]	10
Abbildung 3: Geräteaufbau der CAMOped-Schiene (OPED®, Valey, Deutschland) [43]	11
Abbildung 4: Pedographische Messung	14
Abbildung 6: Fußzoneneinteilung	14
Abbildung 5: Pedographische Auswertung	14
Abbildung 7: Altersverteilung	16
Abbildung 8: Größenverteilung.....	17
Abbildung 9: Gewichtsverteilung	18
Abbildung 10: Geschlechtverteilung	19
Abbildung 11: Betroffene Seite	20
Abbildung 12: Unfallhergang	21
Abbildung 13: Klassifikation Nach Weber & Denis	22
Abbildung 14: Primäre Versorgung mit Fixateur Extern	23
Abbildung 15: Tage nach Unfall bis zur Operation.....	24
Abbildung 16: Versorgung mit Plattenosteosynthese	25
Abbildung 17: Versorgung mit Zugschraube	26
Abbildung 18: Versorgung mit Stellschraube.....	27
Abbildung 19: Operationsdauer in Stunden	28
Abbildung 20: Anzahl der Revisionen.....	29
Abbildung 21: Postoperative Versorgung mit einer Orthese.....	30
Abbildung 22: Verteilung der Komplikationen.....	31
Abbildung 23: Stationäre Verweildauer.....	32
Abbildung 24: Möglichkeit der uneingeschränkten Belastung ab der 6.postoperative Woche .	33
Abbildung 25: Anzahl der Tage bis zum Erreichen der Vollbelastung.....	34
Abbildung 26: Belastungsdiagramm von Teil-bis Vollbelastung	35
Abbildung 27: Arbeitsunfähigkeit in Wochen	36
Abbildung 28: VAS nach Richter 6+12 Wochen postoperativ	38
Abbildung 29: VAS Kategorien 6 Wochen postoperativ.....	40
Abbildung 30: VAS Kategorien 12 Wochen postoperativ.....	41

Abbildung 31: Philip et al. Score 6 + 12 Wochen postoperativ	42
Abbildung 32: Mazur et al. Score 6 + 12 Wochen postoperativ	43
Abbildung 33: AOFAS Score 6 & 12 Wochen postoperativ	44
Abbildung 34: SF-12 körperlicher Score 6 + 12 Wochen postoperativ	45
Abbildung 35: SF-12 Psychische Score 6 & 12 Wochen postoperativ.....	46
Abbildung 36: ROM OSG Differenz (gesunde vs. verletzte) Seite	48
Abbildung 37: ROM USG Differenz 6&12 Wochen Postoperativ	50
Abbildung 38: Knöchelumfang Differenz 6&12Wochen Postoperative ACM vs. KG	51

8 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: ROM OSG 6Wochen postoperativ	47
Tabelle 2: ROM OSG 12 Wochen Postoperativ	48
Tabelle 3: ROM USG 6 Wochen Postoperativ	49
Tabelle 4: Knöchelumfangsdifferenz 6&12Wochen postoperativ ACM vs. KG.....	51
Tabelle 5: Gesamt Objekt.....	52
Tabelle 6: Fersen	52
Tabelle 7: Mittelfuß.....	53
Tabelle 8: MFK1.....	53
Tabelle 9: MFK2.....	54
Tabelle 10: MFK3.....	54
Tabelle 11: MFK4.....	55
Tabelle 12: MFK5.....	55
Tabelle 13: Großzeh	56
Tabelle 14: Zweiter Zeh	56
Tabelle 15: Zehen 3,4,5	57

9 Literaturverzeichnis

1. Ochs, U., E. Winter, and K. Weise, *Malleolenfrakturen*. Trauma Berufskrankh 2001 · 3: 338–343 © Springer-Verlag 2001, 2001.
2. Court-Brown, C.M. and B. Caesar, *Epidemiology of adult fractures: A review*. Injury, 2006. **37**(8): p. 691-7.
3. Jensen, S.L., et al., *Epidemiology of ankle fractures. A prospective population-based study of 212 cases in Aalborg, Denmark*. Acta Orthop Scand, 1998. **69**(1): p. 48-50.
4. Weber_BG, *Klassifikation und Operationsindikation der Verletzungen des oberen Sprunggelenkes*. Huber, Bern Stuttgart Toronto, 1966.
5. Danis_R, *Les fractures malleolaires*. In: Danis R (ed) *Théorie et pratique de l'ostéosynthèse*. Masson_Paris, 1949.
6. Hunter, T.B., L.F. Peltier, and P.J. Lund, *Radiologic history exhibit. Musculoskeletal eponyms: who are those guys?* Radiographics, 2000. **20**(3): p. 819-36.
7. Weber_BG, *Die Verletzungen des oberen Sprunggelenkes*. Huber, Bern Stuttgart Toronto, 1966.
8. Court-Brown, C.M., J. McBirnie, and G. Wilson, *Adult ankle fractures--an increasing problem?* Acta Orthop Scand, 1998. **69**(1): p. 43-7.
9. Ruedi TP, M.W., *AO principles of fracture management*. Thieme, Stuttgart New York, 2000. **pp 558–581**.
10. Donken, C.C., et al., *Surgical versus conservative interventions for treating ankle fractures in adults*. Cochrane Database Syst Rev, 2012. **8**: p. CD008470.
11. Lin, C.W., A.M. Moseley, and K.M. Refshauge, *Rehabilitation for ankle fractures in adults*. Cochrane Database Syst Rev, 2008(3): p. CD005595.
12. Burwell, H.N. and A.D. Charnley, *The treatment of displaced fractures at the ankle by rigid internal fixation and early joint movement*. J Bone Joint Surg Br, 1965. **47**(4): p. 634-60.
13. SooHoo, N.F., et al., *Complication rates following open reduction and internal fixation of ankle fractures*. J Bone Joint Surg Am, 2009. **91**(5): p. 1042-9.
14. Hsu, R.Y. and J. Bariteau, *Management of ankle fractures*. R I Med J (2013), 2013. **96**(5): p. 23-7.
15. Michelson, J., M. Curtis, and D. Magid, *Controversies in ankle fractures*. Foot Ankle, 1993. **14**(3): p. 170-4.
16. Bauer, M., et al., *Malleolar fractures: nonoperative versus operative treatment. A controlled study*. Clin Orthop Relat Res, 1985(199): p. 17-27.
17. Sanders, D.W., C. Tieszer, and B. Corbett, *Operative versus nonoperative treatment of unstable lateral malleolar fractures: a randomized multicenter trial*. J Orthop Trauma, 2012. **26**(3): p. 129-34.
18. Koval, K.J., et al., *Ankle fractures in the elderly: what you get depends on where you live and who you see*. J Orthop Trauma, 2005. **19**(9): p. 635-9.
19. Thomas, G., H. Whalley, and C. Modi, *Early mobilization of operatively fixed ankle fractures: a systematic review*. Foot Ankle Int, 2009. **30**(7): p. 666-74.
20. Richter, J., W. Schulze, and G. Muhr, *[Stable ankle joint fractures. Indication for surgical or conservative management?]*. Orthopade, 1999. **28**(6): p. 493-9.
21. Lehtonen, H., et al., *Use of a cast compared with a functional ankle brace after operative treatment of an ankle fracture. A prospective, randomized study*. J Bone Joint Surg Am, 2003. **85-A**(2): p. 205-11.

22. Stockle, U., et al., [*Cast immobilization versus vacuum stabilizing system. Early functional results after osteosynthesis of ankle joint fractures*]. Unfallchirurg, 2000. **103**(3): p. 215-9.
23. Tropp, H. and R. Norlin, *Ankle performance after ankle fracture: a randomized study of early mobilization*. Foot Ankle Int, 1995. **16**(2): p. 79-83.
24. van Laarhoven, C.J., J.D. Meeuwis, and C. van der Werken, *Postoperative treatment of internally fixed ankle fractures: a prospective randomised study*. J Bone Joint Surg Br, 1996. **78**(3): p. 395-9.
25. James B. Carr, *Malleolar fractures and soft tissue injuries of the ankle*. Skeletaltrauma. Basic science, management, and reconstruction, Saunders, 2003. **Elsevier Science 3rd Edition**.
26. Ahl, T., et al., *Early mobilization of operated on ankle fractures. Prospective, controlled study of 40 bimalleolar cases*. Acta Orthop Scand, 1993. **64**(1): p. 95-9.
27. DiStasio, A.J., 2nd, et al., *Protected early motion versus cast immobilization in postoperative management of ankle fractures*. Contemp Orthop, 1994. **29**(4): p. 273-7.
28. Egol, K.A., R. Dolan, and K.J. Koval, *Functional outcome of surgery for fractures of the ankle. A prospective, randomised comparison of management in a cast or a functional brace*. J Bone Joint Surg Br, 2000. **82**(2): p. 246-9.
29. Godsiff, S.P., et al., *A comparative study of early motion and immediate plaster splintage after internal fixation of unstable fractures of the ankle*. Injury, 1993. **24**(8): p. 529-30.
30. Dietrich, A., et al., *Conservative functional treatment of ankle fractures*. Arch Orthop Trauma Surg, 2002. **122**(3): p. 165-8.
31. Finsen, V., et al., *Early postoperative weight-bearing and muscle activity in patients who have a fracture of the ankle*. J Bone Joint Surg Am, 1989. **71**(1): p. 23-7.
32. Hedstrom, M., T. Ahl, and N. Dalen, *Early postoperative ankle exercise. A study of postoperative lateral malleolar fractures*. Clin Orthop Relat Res, 1994(300): p. 193-6.
33. Wilson, F.C., *Fractures of the ankle: pathogenesis and treatment*. J South Orthop Assoc, 2000. **9**(2): p. 105-15.
34. Ahl, T., et al., *Early weight bearing of malleolar fractures*. Acta Orthop Scand, 1986. **57**(6): p. 526-9.
35. Laskowski, E.R., K. Newcomer-Aney, and J. Smith, *Proprioception*. Phys Med Rehabil Clin N Am, 2000. **11**(2): p. 323-40, vi.
36. Lephart, S.M., D.M. Pincivero, and S.L. Rozzi, *Proprioception of the ankle and knee*. Sports Med, 1998. **25**(3): p. 149-55.
37. Lephart, S.M., et al., *Knee joint proprioception: a comparison between female intercollegiate gymnasts and controls*. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 1996. **4**(2): p. 121-4.
38. Lephart, S.M., et al., *The role of proprioception in the management and rehabilitation of athletic injuries*. Am J Sports Med, 1997. **25**(1): p. 130-7.
39. Freeman, M.A., *Instability of the foot after injuries to the lateral ligament of the ankle*. J Bone Joint Surg Br, 1965. **47**(4): p. 669-77.
40. Freeman, M.A., *Co-ordination exercises in the treatment of functional instability of the foot*. Physiotherapy, 1965. **51**(12): p. 393-5.
41. Scheidhauer, H., *Effektivitäts-Vergleich der aktiven "Camoped-Aktivbewegungsschiene" mit der passiven "CPM-Motorschiene" nach Implantation einer Kniegelenk-Endoprothese - eine randomisierte, kontrollierte klinische Studie*. Krankengymnastik, Zeitschrift für Physiotherapeuten, 2003. **55**(5): p. 774.

42. v. Lübken, F., *Der Einfluss einer aktiven Bewegungsschiene auf die Propriozeption nach vorderer Kreuzbandplastik. Eine prospektiv randomisierte Studie.* Der Unfallchirurg, 2006. **109**(1): p. 22.
43. <http://www.camoped.com/de-de/>, 2013.
44. Stuber, J., et al., *Normative data of the Visual Analogue Scale Foot and Ankle (VAS FA) for pathological conditions.* Foot Ankle Surg, 2011. **17**(3): p. 166-72.
45. Richter, M., et al., *A new foot and ankle outcome score: Questionnaire based, subjective, Visual-Analogue-Scale, validated and computerized.* Foot and Ankle Surgery, 2006. **12**(4): p. 191-199.
46. Phillips, W.A., et al., *A prospective, randomized study of the management of severe ankle fractures.* J Bone Joint Surg Am, 1985. **67**(1): p. 67-78.
47. Lynch, A.F., R.B. Bourne, and C.H. Rorabeck, *The long-term results of ankle arthrodesis.* J Bone Joint Surg Br, 1988. **70**(1): p. 113-6.
48. Mazur, J.M., E. Schwartz, and S.R. Simon, *Ankle arthrodesis. Long-term follow-up with gait analysis.* J Bone Joint Surg Am, 1979. **61**(7): p. 964-75.
49. Kitaoka, H.B., et al., *Clinical rating systems for the ankle-hindfoot, midfoot, hallux, and lesser toes.* Foot Ankle Int, 1994. **15**(7): p. 349-53.
50. Gandek, B., et al., *Cross-validation of item selection and scoring for the SF-12 Health Survey in nine countries: results from the IQOLA Project. International Quality of Life Assessment.* J Clin Epidemiol, 1998. **51**(11): p. 1171-8.
51. Shah, N.H., et al., *Five-year functional outcome analysis of ankle fracture fixation.* Injury, 2007. **38**(11): p. 1308-12.
52. Bullinger, M., *[Assessment of health related quality of life with the SF-36 Health Survey]*. Rehabilitation (Stuttg), 1996. **35**(3): p. XVII-XXVII; quiz XXVII-XXIX.
53. Frank, M., K. Bauwens, and A. Ekkernkamp, *[Fractures of the upper ankle]*. Orthopade, 2009. **38**(10): p. 981-94; quiz 995-6.
54. Salter, R.B., *The physiologic basis of continuous passive motion for articular cartilage healing and regeneration.* Hand Clin, 1994. **10**(2): p. 211-9.
55. Segal, D., D.A. Wiss, and G.P. Whitelaw, *Functional bracing and rehabilitation of ankle fractures.* Clin Orthop Relat Res, 1985(199): p. 39-45.
56. Salter, R.B., et al., *The biological effect of continuous passive motion on the healing of full-thickness defects in articular cartilage. An experimental investigation in the rabbit.* J Bone Joint Surg Am, 1980. **62**(8): p. 1232-51.
57. Sarmiento, A. and L.L. Latta, *Functional fracture bracing.* J Am Acad Orthop Surg, 1999. **7**(1): p. 66-75.
58. Jakob, R.P., et al., *[Functional treatment of fresh outer ligament ruptures using an Aircast splint]*. Orthopade, 1986. **15**(6): p. 434-40.
59. Sondenaar, K., et al., *Immobilization of operated ankle fractures.* Acta Orthop Scand, 1986. **57**(1): p. 59-61.
60. Rasmussen S, S.K., Jensen PK, *Enhance rehabilitation and reduced pain with pneumatic walker after internal fixation of malleolar fracture: a randomized study of efficacy in 40 patients.* Danish Orthopaedic Society Meeting. Odense, Denmark, 2000, 2000.
61. Honigmann, P., et al., *Aftertreatment of malleolar fractures following ORIF -- functional compared to protected functional in a vacuum-stabilized orthosis: a randomized controlled trial.* Arch Orthop Trauma Surg, 2007. **127**(3): p. 195-203.
62. Vioreanu, M., et al., *Early mobilization in a removable cast compared with immobilization in a cast after operative treatment of ankle fractures: a prospective randomized study.* Foot Ankle Int, 2007. **28**(1): p. 13-9.

63. Risberg, M.A., et al., *Design and implementation of a neuromuscular training program following anterior cruciate ligament reconstruction*. J Orthop Sports Phys Ther, 2001. **31**(11): p. 620-31.
64. Jerosch, J., et al., *[Effects of a proprioceptive training program on sensorimotor capacities of the lower extremity in patients with anterior cruciate ligament instability]*. Sportverletz Sportschaden, 1998. **12**(4): p. 121-30.
65. Nilsson, G.M., et al., *Effects of a training program after surgically treated ankle fracture: a prospective randomised controlled trial*. BMC Musculoskelet Disord, 2009. **10**: p. 118.
66. Uh, B.S., et al., *The benefit of a single-leg strength training program for the muscles around the untrained ankle*. Am J Sports Med, 2000. **28**(4): p. 568-73.
67. Matsusaka, N., et al., *Effect of ankle disk training combined with tactile stimulation to the leg and foot on functional instability of the ankle*. Am J Sports Med, 2001. **29**(1): p. 25-30.
68. Eils, E. and D. Rosenbaum, *A multi-station proprioceptive exercise program in patients with ankle instability*. Med Sci Sports Exerc, 2001. **33**(12): p. 1991-8.
69. JE, R., *Open versus closed kinetic chain rehabilitation of the lower extremity: a functional and biomechanical analysis*. J Sport Rehabil, 1994. **3**: **154–167**.
70. Fremerey, R.W., et al., *Proprioception after rehabilitation and reconstruction in knees with deficiency of the anterior cruciate ligament: a prospective, longitudinal study*. J Bone Joint Surg Br, 2000. **82**(6): p. 801-6.
71. Ahmad, C.S., et al., *Anterior cruciate ligament function after tibial eminence fracture in skeletally mature patients*. Am J Sports Med, 2001. **29**(3): p. 339-45.
72. *Arbeitsunfähigkeit bei AOK-Pflichtmitgliedern 2013*. www.gbe-bund.de Last accessed on 6th of May 2014.
73. *Statistisches Bundesamt*. 2012. www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/Gesundheit/Krankenhaeuser/TiefgeglederteDiagnosedaten.html, last accessed on 12 May 2014.
74. Murray, A.M., et al., *Cost description of inpatient treatment for ankle fracture*. Injury, 2011. **42**(11): p. 1226-9.

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich besonders meinem Doktorvater, Herrn Prof. Dr. med. R. Meffert, für die Überlassung des Themas und die jederzeit gute Betreuung und Zusammenarbeit danken.

Meinem Betreuer Herrn Priv Doz. Dr. med. H. Jansen danke ich für die stets engagierte Unterstützung und gute Zusammenarbeit bei der Durchführung der pedographische Messungen in der Ganganalyse Labor an der Klinik für Unfallchirurgie der Universität Würzburg sowie für die wertvollen Anregungen während der schriftlichen Ausarbeitung dieser Arbeit.

Außerdem danke ich das Team der Unfallchirurgische Abteilung an der Universität Klinikum Würzburg für die kollegiale Zusammenarbeit bei der klinischen Untersuchung der Patienten.

Die Patienten die sich für diese Studie entschieden haben danke ich für die Teilnahme. Ohne sie wäre dieser Arbeit nicht zustande gekommen.

Für die Hilfe bei der statistischen Auswertung dieser Arbeit gilt mein Dank der Studentischen Statistischen Beratung des Lehrstuhls für Mathematische Statistik der Universität Würzburg.

Ein besonderer Dank gilt meiner Familie und meinen Freunden, die mir in dieser Zeit mit Rat und Tat zur Seite standen und mich immer unterstützt haben.

CURRICULUM VITAE

Hochschulausbildung

4/2006	Julius Maximilians-Universität Würzburg Fachrichtung: Humanmedizin
3/2009	Erster Abschnitt der ärztlichen Prüfung
11/2013	Zweiter Abschnitt der ärztlichen Prüfung

Schulbildung

9/1992- 6/1998	Almuanathe Grundschule in Erbin-Damaskus
9/1998- 6/2001	Abdelmenem Riad Mittelschule in Erbin Damaskus
9/2001- 6/2004	Wissenschaftliches Gymnasium "Saada Schuhle" Damaskus
7/2004	Naturwissenschaftliches Abitur in Damaskus