

**Aus der Berufsgenossenschaftlichen Unfallklinik Tübingen  
Klinik für Unfall- und Wiederherstellungschirurgie  
Ärztlicher Direktor: Professor Dr. K. Weise**

**Ergebnisse der operativen Therapie von  
Tibiapseudarthrosen mittels Fibula-pro-Tibia  
Spongiosaplastik**

Inaugural-Dissertation  
zur Erlangung des Doktorgrades  
der Medizin

der Medizinischen Fakultät  
der Eberhard-Karls-Universität  
zu Tübingen

vorgelegt von  
Jennifer Jerges  
aus Pirmasens

2010



Dekan: Professor Dr. I. B. Autenrieth

1. Berichterstatter: Professor Dr. C. Eingartner

2. Berichterstatter: Professor Dr. F. Maurer

Meinen Eltern

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1	Physiologische Frakturheilung .....	2
1.2	Pseudarthrosenentstehung .....	6
1.3	Therapiemöglichkeiten der Tibiapseudarthrose .....	7
1.4	Spongiosaplastik .....	9
1.4.1	Überblick und Verwendung von autologer Spongiosa	11
1.4.2	Überblick und Verwendung von allogener Spongiosa	12
1.5	Historischer Überblick der Fibula-pro-Tibia Operation und der Spongiosaplastik.....	16
1.6	Operationstechnik in dieser Studie.....	18
1.7	Fragestellung .....	20
<b>2</b>	<b>Material und Methoden</b>	<b>22</b>
2.1	Auswahl der Patienten .....	22
2.2	Auswertung der Krankenakten .....	22
2.3	Fragebogen und klinische Untersuchung.....	23
2.4	Bewertungsscores.....	24
2.4.1	Score nach Merchant und Dietz	25
2.4.2	Score nach Weber	26
2.4.3	Tegner Aktivitätsscore	27
2.5	Auswertung der Röntgenbilder.....	28
2.6	Statistische Auswertung.....	28
<b>3</b>	<b>Ergebnisse</b>	<b>30</b>
3.1	Altersverteilung .....	30
3.2	Unfallart.....	31
3.3	Primärverletzung .....	31
3.4	Daten zum OP-Verlauf .....	32
3.5	Subjektive Ergebnisse.....	34
3.6	Nachuntersuchungsergebnisse.....	36
3.7	Auswertung der Röntgenergebnisse .....	41

## Inhaltsverzeichnis

---

3.8	Auswertung der Scores.....	44
3.9	Vergleich der Gruppen autologe Beckenkammspongiosa (BK) und vitalisiertes Allograft (VA).....	48
3.9.1	Präoperative Situation	48
3.9.2	Behandlungs-Verlauf im Vergleich	50
3.9.3	Ergebnisse der Patientenbefragung	50
3.9.4	Nachuntersuchungsergebnisse	55
3.9.5	Auswertung der Röntgenbilder	59
3.9.6	Auswertung der Scores	61
<b>4</b>	<b>Kasuistiken</b>	<b>69</b>
4.1	Fall 1 .....	69
4.2	Fall 2 .....	72
<b>5</b>	<b>Diskussion</b>	<b>76</b>
5.1	Material und Methoden .....	76
5.2	Gesamtergebnisse .....	80
5.3	Diskussion des Vergleichs der Gruppen autologe Beckenkammspongiosa (BK) und vitalisiertes Allograft (VA).....	83
<b>6</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>87</b>
<b>7</b>	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>89</b>
<b>8</b>	<b>Anhang</b>	<b>100</b>
8.1	Anlage 1 .....	100
8.2	Anlage 2.....	109
8.3	Anlage 3.....	110
8.4	Anlage 4.....	111
8.5	Anlage 5.....	112

### 1 Einleitung

Tibiafrakturen, die mit knöchernen Defekten einhergehen, stellen auch heute noch eine therapeutische Herausforderung dar (Schmid, 2007). Wegen des dünnen Weichteilmantels, der eingeschränkten Blutversorgung und der möglichen Gelenkbeteiligung, wird der Heilungsverlauf solcher Frakturen oftmals kompliziert (Mückley, 2007; Romano, 1990). Zudem infizieren sie sich diese Frakturen häufig im Behandlungsverlauf, besonders wenn es initial offene Frakturen waren.

Häufig entstehen im Verlauf Pseudarthrosen, also ausbleibende knöcherne Überbrückungen des Knochens. Gerade dann ist das Ziel einer Wiederherstellung normaler Skelettverhältnisse meist nur nach langwierigem Verlauf, wenn überhaupt erreichbar. Oft sind mehrere Operationen notwendig, um genügend Stabilität herstellen zu können, jedoch nehmen die Erfolgsaussichten mit steigender Operationszahl ab (Mayr, 1999).

Laut statistischem Bundesamt verursachen Verletzungen von Knochen und Gelenken jedes Jahr ca. 40% aller Arbeitsunfähigkeitstage und ca. 25 % aller Frühberentungen. Aus Daten von den USA wissen wir, dass es jährlich ca. 7,9 Mio. Frakturen gibt, wovon es bei 5-10% zu einer verzögerten Knochenbruchheilung kommt (Musculoskeletal Injuries Report 2000, AAOS). Mal abgesehen von der psychischen Belastung für den Patienten, die eine lange Behandlung mit sich bringt, haben die Kosten auch volkswirtschaftliche Konsequenzen.

Eine Evaluation möglicher Behandlungsweisen der zeitaufwändig zu behandelnden Pseudarthrosen, ist demnach wünschenswert.

Die vorliegende retrospektive Fallserie beschäftigt sich intensiv mit der modifizierten Fibula-pro-Tibia Operation und dem Einsatz von autologer versus allogener Spongiosaplastik.

### 1.1 Physiologische Frakturheilung

Zu einer Fraktur kommt es, wenn auf den Knochen Kräfte einwirken, denen er nicht standhalten halten kann. Die physiologische Frakturheilung verläuft typischerweise in fünf Phasen ab (Rüter, 2004):

1. Exsudationsphase
2. Entzündung
3. Granulation
4. Kallushärtung
5. „Modelling-Remodelling“

Diese Phasen finden im Knochenmark, in der Kortikalis, im Periost sowie im umliegenden Gewebe statt.

Die meisten dieser Heilungsphasen laufen auch ohne Fraktur im Rahmen des physiologischen Umbaus, dem unser Knochensystem unterliegt, ab, jedoch um ein vielfaches langsamer. Laut Berechnungen würde ein Bruch bei normaler Knochenumbaugeschwindigkeit ca. 200-1000 Jahre zur Heilung brauchen. Es muss also Mechanismen geben, die die Frakturheilung massiv beschleunigen können. Dies wird als „regionales akzeleratorisches Phänomen“ bezeichnet (RAP) (Rüter, 2004).

Zum Zeitpunkt der *Exsudationsphase* kommt es zu einer Zerstörung von Kortikalis, Periost, Knochenmark, sowie der benachbarten Weichteile. Die Folge ist eine Blutung aus den verletzten Gefäßen.

Nach einer Fraktur kommt es in der *Entzündungsphase* zunächst zu einer überschießenden Gefäßausprossung und im Frakturhämatom und zu einer Ansammlung von polymorphkernigen neutrophilen Granulozyten, Makrophagen und Mastzellen. Die Gefäßausprossung sorgt zum einen für eine bessere Versorgung der schon anwesenden Zellen, zum anderen werden weitere Zellen angeschwämmt. Die osteogenen Vorläuferzellen aus dem Periost proliferieren und bilden eine unspezifische Knorpelmatrix. Im Frakturspalt entsteht ein

Mischbild aus desmaler und enchondraler Ossifikation. Bei der desmalen Ossifikation entsteht der Knochen aus embryonalen Bindegewebe. Im Gegensatz dazu kommt es bei der enchondralen Ossifikation zu einem Knochenaufbau „von innen“, indem Blutgefäße in den Knorpel einwachsen, in denen sich Mesenchymzellen befinden, die sich zu Chondroklasten und Osteoblasten differenzieren.

Nach ca. 2-3 Tagen ist die Entzündungsreaktion abgeklungen, es folgt die *Granulationsphase* und das Blutgerinnsel aus Fibrin und Kollagenfibrillen wird allmählich abgebaut und durch Granulationsgewebe mit Kapillaren, hyalinem Knorpel und Kollagenfibrillen, die mit Mineraldepots angereichert sind, ersetzt. Dies nennt man den weichen Kallus, durch den die Fraktarenden provisorisch miteinander verbunden sind. Tote Fragmentenden werden in dieser Phase von Osteoklasten abgebaut. Parallel dazu bilden Osteoblasten subperiostealen Knochen. Dies nennt man die primäre Kallusbildung.

Es sind zahlreiche Zellen, Zytokine, Hormone, Wachstumsfaktoren und extrazelluläre Matrixkomponenten beteiligt (Celeste et al, 1990). Viele dieser Mechanismen sind auch heute noch nicht vollständig verstanden. Die BMPs sind mittlerweile recht gut erforscht und man weiß, dass sie zelluläre Reaktionen durch heterotetramerische Serin/Threonin Kinase-Rezeptoren und intrazellulären Signalmolekülen, sogenannten Smads auslösen (Massague, 1996). Durch Chemotaxis locken sie mesenchymale Stammzellen aus dem Knochenmark an und induzieren deren Differenzierung in Osteoblasten oder Chondrozyten.

Osteoklasten sind mehrkernige Zellen aus dem hämatopoetischen Stammzellensystem, die für den Abbau von mineralisierter Matrix verantwortlich sind. Damit sie sich von Osteoklasten Progenitor Zellen zu Osteoklasten differenzieren können, wird der Macrophage colony-stimulating Factor (M-CSF) aus Makrophagen benötigt. Man findet die Osteoklasten Progenitor Zellen vor allem im Knochenmark, der Milz und vereinzelt im Blut. Die Osteoklasten lösen zunächst Kalzium-Verbindungen durch Säuren auf, dann kommt es zur

Sekretion von lysosomalen Enzymen, die die Matrix zerlegen und schließlich werden die Fragmente endozytiert.

Osteoblasten leiten sich von mesenchymalen Stammzellen ab, von deren Vorrat unter dem Einfluss von Wachstumsfaktoren wie das „bone morphogenic protein 2“ (BMP-2) lebenslang neue Osteoblasten nachgeliefert werden. Man findet sie vor allem im Periost und im Knochenmark. Sie haben auf ihrer Oberfläche viele Rezeptoren für Faktoren, die das Knochenwachstum beeinflussen, wie z.B. Interleukinen, Transforming Growth Factor-beta (TGF-  $\beta$ ), und BMP. Die Osteoblasten sind zuständig für die Synthese von Kollagen sowie für die Steuerung der Mineralisation. Außerdem kontrollieren sie die Aktivität der Osteoklasten und steuern so den Knochenabbau. Sie sezernieren zahlreiche Wachstumsfaktoren, Prostaglandine, Kollagenasen, Osteokalzin und Osteonektin. Sobald sie in von ihnen produziertem mineralisiertem Osteoid eingemauert sind, verändern sie ihren Phänotyp und werden als Osteozyten bezeichnet, deren genaue Funktion noch unklar ist.

Nach ca. 3-4 Wochen sind die Fragmentenden bereits durch Bindegewebe und Knorpel miteinander verbunden (Rüter, 2004).

In der Phase der *Kallushärtung* wird der bestehende Knorpel abgebaut, durch Geflechtknochen ersetzt und es kommt zur zunehmenden Mineralisierung der Grundsubstanz mit Kalzium aus den Mitochondrien der Chondrozyten. Die Ausrichtung der sich bildenden Kristalle wird von den Kollagenfibrillen bestimmt. Sie lagern sich ihnen longitudinal an. So entsteht eine Struktur aus druckfesten Mineralkristallen und zugfesten Kollagenfibrillen (Lüllmann-Rauch, 2006). Osteoklasten entfernen das harte Gewebe und die Osteoblasten ersetzen dieses Knorpelgewebe zunächst durch Geflechtknochen und später dann durch Lamellenknochen. Diesen Vorgang nennt man „*modelling*“.

Weitere wichtige Faktoren sind Transforming Growth Factor-beta (TGF-  $\beta$ ), acidic Fibroblast Growth Factor (aFGF) und basic Fibroblast Growth Factor (bFGF), Interleukine und der Tumor Nekrose Faktor (TNF), die von Makrophagen produziert werden. Osteoblasten sezernieren die

Wachstumsfaktoren BMP, Fibroblast Growth Factor (FGF), Vascular-endothelial Growth Factor, TGF-  $\beta$  und Platelets Derived Growth Factor (PDGF). Die Knochenmatrix selbst enthält außerdem hohe Mengen an FGF und TGF-  $\beta$  (Hauschka et al, 1986).

Die folgende Schemazeichnung veranschaulicht die Wirkung von BMPs und TGF- $\beta$ .

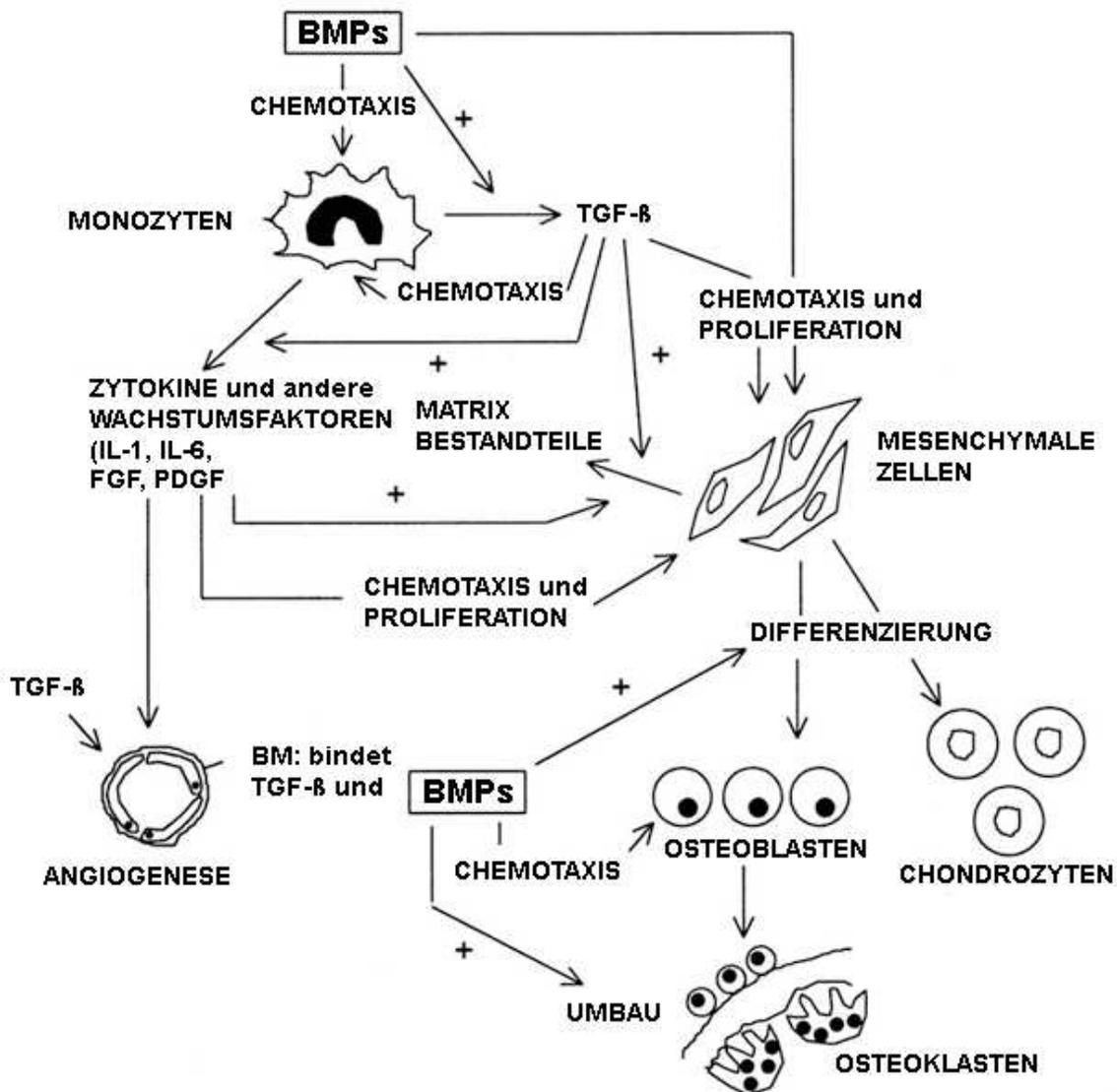


Abb. 1: Zelluläre Wirkung von BMP und TGF- $\beta$  (nach Termaat et al, 2005)

## 1.2 Pseudarthrosenentstehung

Eine Pseudarthrose ist eine ausbleibende knöcherne Überbrückung einer Fraktur nach 6 Monaten oder länger.

Als Ursachen für die Entstehung von Pseudarthrosen muss man sowohl mechanische, also auch biologische Störungen betrachten. Mikrobewegungen im Frakturspalt hingegen fördern die Frakturheilung.

Zu den mechanischen Ursachen zählt vor allem eine ungenügende Stabilisierung, sodass sich die Bruchstücke zuviel gegeneinander bewegen können, bzw. Zug- oder Scherkräfte auftreten.

Zu den biologischen Ursachen zählen sowohl avitale oder nekrotische Frakturanteile als auch Infektionen im Frakturgebiet (Weber, 1978).

Man unterscheidet 2 Formen: die hypertrophe, aktive und die atrophe, inaktive Pseudarthrose.

Histologisch ist bei der hypertrophen Pseudarthrose eine Hypervaskularisation zu erkennen. Ursache ist zumeist eine unzureichende mechanische Stabilität. Durch entsprechende Fixierung mit Hilfe geeigneter Osteosyntheseverfahren kann diese Art von Pseudarthrose meist sicher zur Ausheilung gebracht werden.

Die atrophe, biologisch inaktive Form ist schwieriger zu behandeln, da ihr zunächst eine osteogenetisch wirksame Stimulation zugeführt werden muss, um die Knochenneubildung anzuregen (Weber, 1978).

In der Originalpublikation unterschieden Weber und Czech noch weitere – folgende Pseudarthrosenformen:

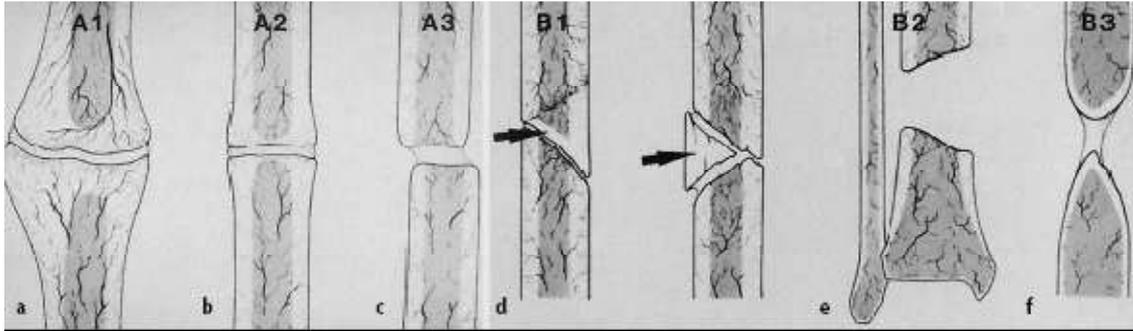


Abb. 2: Klassifikation der Pseudarthrosen nach Weber und Czech (Original in Publikation 1973). A1 Hypertrophie, kallusreiche Pseudarthrose („Elefantenfuß“); A2 Kallusarme Pseudarthrose („Pferdfuß“); A3 Oligotrophe, kalluslose Pseudarthrose; B1 Avitale Drehkeilpseudarthrose; B2 Defektpseudarthrose; B3 Atrophe Pseudarthrose

Bei einem Infektgeschehen entsteht im ehemaligen Frakturspalt Granulationsgewebe, das keinerlei osteogenetische Potenz hat und somit meist zu Knochenbruchheilungsstörungen führt. Selbst bei mechanischer Ruhigstellung differenziert sich dieses Gewebe nicht zu Knochen oder Knorpel (Ekkernkamp, 1996).

Risikofaktoren, die zu einer Verzögerung der Knochenheilung oder der Ausbildung einer Pseudarthrose führen können, sind beispielsweise das Vorliegen eines initial offenen Bruches, das Fehlen eines direkten knöchernen Fragmentkontaktes nach der Versorgung, neurovaskuläre Läsionen und mangelnde Stabilität der Fraktur (Romano, 1990).

Des Weiteren spielen allgemeine Risikofaktoren wie Nikotinabusus, das Vorliegen eines Diabetes mellitus oder einer pAVK, Lebensalter, Ernährungszustand und Medikamenteinnahme eine wichtige Rolle (Mückley, 2007).

### 1.3 Therapiemöglichkeiten der Tibiapseudarthrose

Ein Verfahren zur Überbrückung großer Tibiadefekte ist die Verpflanzung eines autologen, vaskularisierten Fibulagrafts an den Tibiadefekt. Dieses Verfahren weist ein hohes osteoplastisches Potential auf (Mückley, 2007).

Weitere Verfahren zur Behandlung einer Defektpseudarthrose sind die Verschiebeosteotomie im Sinne einer Kallusdistraktion, sowie die Fibula-pro-Tibia Spongiosaplastik.

Die Kallusdistraktion ist eine langwierige (1mm / d kann distrahiert werden) und häufig mit Komplikationen wie Infekte sowie Dislokationen behaftete Methode, in deren Behandlungsverlauf häufig Reoperationen durchgeführt werden müssen.

Die nicht invasiven Verfahren, wie extrakorporale Stoßwellentherapie oder niedrig gepulste Ultraschalltherapie werden vor allem bei verzögerter Knochenbruchheilung angewandt.

Fibula-pro-Tibia Spongiosaplastik dagegen relativ schnell konsolidiert und kann belastet werden.

Ein nichtoperatives Verfahren zur Behandlung einer Pseudarthrose ist die extrakorporale Stoßwellentherapie, bei der akustische Druckwellen ans Gewebe abgegeben werden, zeigte bei nicht infizierten Pseudarthrosen eine Heilungsrate von bis zu 89% (Gollwitzer, 2006). Die Wirkungsweise ist auf die Entstehung von intraossären Mirkofrakturen, sowie lokale Dekortikationen zurückzuführen (Ikeda et al, 1999). Laut Wang et al (2002) induzieren die entstandenen Mikrotraumata eine inflammatorische Phase, die indirekt zur Gefässeinsprossung und vermehrter Kallusbildung führen. Die Behandlung von Tibiapseudarthrosen mit niedrig gepulstem Ultraschall, bei dem hochfrequente mikromechanische Impulse auf den Frakturspalt gegeben werden, gibt es schon seit 1960. Duarte (1983) erarbeitete am Tiermodell die optimalen Einstellung des Gerätes und stimmte damit mit anderen Autoren überein (Pilla et al, 1990; Quin et al, 2006). Gebräuchlich ist heute eine Frequenz von 1,5 MHz, gepulst mit 1 KHz, einer Einzelimpulslänge von 200 µs und einer Intensität von 30 mW/cm<sup>2</sup>. Der Patient behandelt seine Pseudarthrose täglich für 20 Minuten selbstständig zu Hause (Mayr, 2001). Schmelz konnte 2004 nachweisen, dass niedrig gepulster Ultraschall einen anregenden Einfluss auf die Proliferation von Fibroblasten, die Genexpression sowie auf die Kollagensynthese hat. Mayr erreichte 2001 mit dieser Therapie bei

Frakturheilungsstörung eine Heilungsrate von 86% bei 100 behandelten Patienten. Die mittlere Heilungsdauer betrug 140 Tage. Garland berichtet 2007 über eine Heilungsrate von 75%, wobei er einen signifikanten Zusammenhang zwischen Therapiebeginn und Heilungserfolg feststellte – bei einem Behandlungsbeginn < 6 Monate zeigte sich eine Heilung von 98,7%. Nolte et al (2001) behandelten 29 Patienten mit Tibiapseudarthrosen bei einer mittleren Behandlungsdauer von 154 Tagen.

Als Ausblick in der Behandlung von Pseudarthrosen kann auch noch die Behandlung mittels BMP-Injektionen genannt werden. Lu et al. (2009) generierten Tibiafrakturen bei Mäusen und injizierten anschließend der einen Gruppe BMP-7. Schon nach 7 Tagen konnten sie durch histomorphologische Analysen nachweisen, dass sich in der Fraktur, der mit BMP behandelten Gruppe im Vergleich mit der Kontrollgruppe mehr Knorpel und Kallus gebildet hatten. Nach 28 Tagen waren die mit BMP behandelten Frakturen geheilt.

Wenn die Wiederherstellung der knöchernen Kontinuität der Tibia nicht gelingt, bleibt als Ultima Ratio nur die Amputation mit anschließender Prothesenversorgung.

### **1.4 Spongiosaplastik**

Die Verwendung von Spongiosa ist heutzutage bei vielen Operationen nicht mehr wegzudenken. In ca. 15% aller unfallchirurgischen Operationen wird eine Knochentransplantation durchgeführt (Wissenschaftlicher Beirat der Bundesärztekammer, 1990). Die wichtigste Indikation stellt die Auffüllung von Knochendefekten und Pseudarthrosen in der Therapie von Frakturen dar. Aber auch in der Therapie von Tumoren, Arthrodesen und Osteotomien spielt der Einsatz von Spongiosa eine Rolle.

Die positiven Eigenschaften der Spongiosaplastik sind laut Gazdag (1995):

1. Osteokonduktion: der in der Spongiosa enthaltene Hydroxylapatit und das Kollagen dienen hervorragend dazu ein *osteokonduktives* Rahmengerüst auszubilden
2. Osteogenität: zahlreiche Bindegewebszellen haben *osteogenetisches* Potential
3. Osteoinduktion: das Knochenransplantat und die anliegenden Blutkoagel beinhalten eine Reihe von Wachstumsfaktoren, wie das BMP (bone morphogenic protein, das 1952 von Urist entdeckt wurde) und die die Fähigkeit besitzen, regenerative Prozesse zu *induzieren* (Gazdag, 1995).

Die Wirkung der autologen Spongiosa resultiert aus den osteogenetischen, osteokonduktiven und osteoinduktiven Eigenschaften (Rose, 2002):

Im Gegensatz dazu beruht die Wirkung der allogenen Transplantate ausschließlich auf den osteokonduktiven und osteoinduktiven Eigenschaften.

Entscheidend für das Gelingen der Therapie scheinen die sichere Fixierung des Transplantats und dessen Schutz vor Überbelastung zu sein (Görlich, 1999). Außerdem sollte das Knochenransplantat ausreichend Kontakt zu den angefrischten Pseudarthrosenenden haben. Des Weiteren muss ein bestehender Infekt ausgeheilt sein (Judet, 1990).

Die idealen Eigenschaften des Knochenersatzes sind nach von Garrel et al. (1998) folgende: keine immunologische Abstoßungsreaktion, keine toxischen Nebenwirkungen, hohe biologische Potenz, Sterilität, vollständiger knöcherner Um- und Einbau, einfache Bearbeitung und niedrige Kosten sowie genügend Festigkeit.

### 1.4.1 Überblick und Verwendung von autologer Spongiosa

Unter autologer Spongiosa versteht man ein Spongiosatransplantat, das dem Unfallverletzten selbst entnommen wird (Khan, 2005).

Die wichtigsten Stellen, aus denen autologe Spongiosa gewonnen wird, sind der vordere und hintere Beckenkamm, der Trochanter major sowie der Tibiakopf (Meeder, 1980). Laut Schmid et al. sei es häufig jedoch schwierig, genügend autogene Spongiosa gewinnen zu können, sei es bei Kindern, Schwerverletzten oder Patienten in schlechtem Allgemeinzustand, was eine oftmals nicht vertretbare Ausweitung der Operation mit sich trage (Schmid, 2007). Teilweise wird eine Hämatomrate von bis zu 50% an der Entnahmestelle angegeben (Kurz, 1989).

Des Weiteren werden Nervenläsionen, Infektionen, Bauchwandhernien und sogar Frakturen im Beckenbereich beschrieben. Somit wäre es wünschenswert auf andere Art Knochentransplantate gewinnen zu können (Khan, 2005; Seiler, 2000).

Dennoch ist es bis heute das effektivste Transplantatmaterial, weil es die wesentlichen 3 Fähigkeiten besitzt, die für die Knochenregeneration von zentraler Bedeutung sind (Osteokonduktion, Osteoinduktion, osteogenetisches Potential).

Im Gegensatz dazu besitzt autologes, kortikales Transplantat diese 3 wichtigen Fähigkeiten nur in reduziertem Ausmaß, bietet dafür aber schneller mehr Stabilität (Gazdag, 1995).

Obwohl spongiöses Material anfangs allein durch seine lockere Struktur nicht stabilisierend wirkt, so gelingt es dem Körper durch die starke osteogenetische Aktivität schnell, neuen Knochen zu bilden und rasch die gewünschte Stabilität zu erreichen. Bereits 2 Tage nach Implantation sind Revaskularisierungen vorhanden. 1 Woche später ist das Transplantat bereits von inflammatorischen Zellen umgeben wie Lymphozyten, Plasmazellen, Osteoklasten und

Monozyten. Eine kleine Menge fibrösen Gewebes ist jetzt ebenfalls bereits vorhanden. 2 Wochen nach dem Eingriff kann man bereits osteoklastische Aktivität, fibröse Granulation und Monophagen nachweisen, die nekrotisches Gewebe phagozytieren. Darum sind laut Khan (2005) NSAR in dieser Zeit kontraindiziert. Aktive Knochenformationen und -resorptionen sind 4 Wochen nach Transplantation vorhanden (Khan, 2005).

Die Vorteile der autologen Spongiosa sind die Histokompatibilität, sowie die Unmöglichkeit der Übertragung von Krankheiten und dass sie lebensfähige Osteoblasten enthält, die am Umbau von neuem Knochen beteiligt sind (Khan, 2005).

Die Nachteile der autogenen Knochentransplantation bestehen darin, dass sie für den Patienten mit einem zusätzlichen operativen Eingriff zur Transplantatentnahme verbunden sind. Hieraus können längere Operationszeiten, größere intra- und postoperative Belastungen, höhere Blutverluste sowie höhere postoperative Morbiditäten, wie z.B. revisionsbedürftige Hämatome, Schmerzen, mögliche Nervenschädigungen und Infektionen an der Entnahmestelle resultieren. Des Weiteren ist die Möglichkeit zur Gewinnung von autogenen Transplantaten begrenzt und teils bei großen Knochendefekten quantitativ unzureichend (Gazdag, 1995; Hak, 2007).

### **1.4.2 Überblick und Verwendung von allogener Spongiosa**

Unter allogener Spongiosa versteht man Knochen eines anderen Lebewesens gleicher Art, den man z.B. aus Femurköpfen von lebenden Spendern erhält, die sich einer Hüftgelenksendoprothesenoperation unterzogen haben (Ochs, 2008). Anfangs kritisierten Autoren wie Weber (1978) am allogenen Material, dass es entweder durch entsprechende Vorbehandlungen zum Ausschalten immunologischer Vorgänge seine osteogenetische Potenz verliere oder bei schonenderer Vorbehandlung eine Übertragung lebensfähiger spezifischer

Zellen bestünde. Außerdem sei mit einer höheren Versagerquote zu rechnen, als bei Verwendung von autologem Material.

Noch 1985 rät Kunze wegen der hohen Infektionsgefahr und der sehr viel später induzierten Knochenneubildung von homologen Knochentransplantationen ab. Somit vertraten sowohl Weber (1978) als auch Kunze (1985) die Meinung, dass homologe Transplantate nahezu ungeeignet seien.

Man muss sich jedoch die Vorteile der allogenen Knochentransplantation vor Augen halten, die z.B. in einer im Vergleich zu autogenem Material größeren Verfügbarkeit, Verringerung der OP-Zeit und fehlenden Entnahmemorbiditäten beim Empfänger liegen (Regel, 1992).

Mehr als 200.000 Allografttransplantate werden jährlich allein in den USA verwendet (Tomford, 1999).

Die heutigen Einsatzmöglichkeiten des Allografts fassen von Garrel et al. (1998) zusammen: Osteosynthesen, Pseudarthrosen, Substanzdefekte nach Infektdebridement, additive Korrektur von Fehlstellungen, Fusionsoperationen der Wirbelsäule, Endoprothetik bei Wechseloperationen, Defektauffüllung bei Knochenzysten, Knochenmetastasen oder zur Defektüberbrückung bei primären Knochtumoren.

Allograft ist frisch, gefroren und gefriergetrocknet erhältlich. Frisches Allograft wird kaum verwendet, da es wegen fehlender Konservierung zu heftigen Immunreaktionen oder Übertragung von Krankheiten wie HIV oder Hepatitis C kommen kann.

Kyrokonserviertes Allograft wird bei  $-60^{\circ}$  gelagert. Die Wirksamkeit im Hinblick auf die Überlebensfähigkeit osteogenetischer Zellen bei diesen Temperaturen wird kontrovers diskutiert. Studien zeigten stark schwankende Ergebnisse im Hinblick auf erfolgreiche Therapien zwischen 20-70% (Schachar, 1981). Des Weiteren bleibt das Material potentiell immunogen (Gazdag, 1995).

Über das Risiko durch allogene Knochentransplantationen Infektionskrankheiten zu übertragen, wurde bereits 1953 (James) berichtet, als ein Fall von übertragender Tuberkulose bekannt wurde. Ein Jahr später wurde eine Hepatitisübertragung nach Verwendung von gefrorenem Allograft bekannt (Shutkin, 1954).

Die FDA (Food and Drug Administration) und AATB (American Association of Tissue Banks) haben dafür gesorgt, dass die Spender einem umfassenden Screening unterworfen werden. Spender, aus deren Fragebogen hervorgeht, dass sie Drogen benutzen, ungeschützten Geschlechtsverkehr haben, neurologische, immunologische oder metabolische Krankheiten haben, werden ausgeschlossen (Khan, 2005).

Durch weitere staatliche Regulationen, die 1993 die FDA den Gewebebanken auferlegte, hat sich das Risiko der Übertragung von Infektionskrankheiten signifikant verringert (Gazdag, 1995). Seither ist es laut der American Association of Tissue Banks bei 3 Millionen Transplantationen in nur 2 Fällen zu einer Übertragung von HIV gekommen. In beiden Fällen wurde frisches Allograft verwendet (AATB Information Alert, 1993).

2002 wurde ein Fall einer Clostridien Infektion bei Transplantation von gefrorenem Allograft bekannt (Update, 2002). Später sollen weitere 13 Clostridien Fälle bekannt geworden sein (Khan, 2005).

Das heute meist verwendete Allograft ist das gefriergetrocknete, das im Vergleich zum gefrorenen Transplantat eine höhere mikrobiologische Sicherheit bietet (Caltran, 2002). Das Allograft ist in verschiedenen Formen und Größen erhältlich, sodass es den Erfordernissen des Einsatzgebiets angepasst werden kann (Phoenix, 2007).

Jedoch muss bedacht werden, dass durch die Gefriertrocknung dem Allograft kleine Mikrofrakturen zufügt werden. Um seine mechanischen Eigenschaften wiederzuerlangen, muss es eine Form von Rehydratation erfahren (Gazdag, 1995). Dies geschieht, indem das Knochentransplantat 20 min vor Implantation in Ringerlaktatlösung getränkt wird (Schmid, 2007).

Die Firma, die das in dieser Studie verwendete Allograft herstellt, garantiert dafür, dass das Sammeln nur in ausgewählten Zentren geschieht und das gewonnene Material aseptisch ist (Phoenix, 2007). Des Weiteren wird das Blut des Spenders auf HIV, Hepatitis B und C und Syphilis getestet und PCRs durchgeführt, um mögliche Viren- RNA zu identifizieren (Khan, 2005). Weitere mögliche Mikroorganismen werden nach Dekortikalisierung durch mechanische und chemische Behandlung der Spongiosa abgetötet: um antigene Komponenten zu entfernen und eine Reaktion des Empfängers zu vermeiden, wird das Allograft bestrahlt, einem physikalischen Debridement unterworfen, ultraschallgereinigt, mit Ethanol behandelt und mit Antibiotika durchtränkt (Stevenson, 1999).

Eine neuere Methode im klinischen Gebrauch ist, das Allograft mit autogenem Knochenmarksblut zu beimpfen („vitalisiertes Allograft“). Hierbei wird Knochenmark vom vorderen oder hinteren Beckenkamm aspiriert und das Transplantat unter stetig steigendem Druck damit durchtränkt (Schmid, 2007).

Im Vergleich zu den sich derzeit in klinischer Anwendung befindlichen Knochenersatzmaterialien können mit diesem neuen Therapieansatz am ehesten die für eine erfolgreiche Knochenheilung und Knochenregeneration erforderlichen positiven Eigenschaften der autogenen Spongiosa imitiert werden, da die Wirkung der allogenen Transplantate auf den osteokonduktiven und osteoinduktiven Eigenschaften beruht und durch das Beimpfen zusätzlich die osteogenetische Potenz hinzukommt aufgrund der differenzierungsfähigen Stammzellen (Beresford, 1989; Salama, 1978). Dies wirkt sich sehr positiv auf die Knochenheilung- und regeneration aus.

So behandelten jüngst Ateshrang et al. (2008) Infektpseudarthrosen der Tibia mit vitalisiertem Allograft. Hierbei wurde bei 15 Patienten nach ausgeheiltem Infekt vitalisiertes Allograft in die Pseudarthrose der Tibia eingesetzt, was zur Fusion von Tibia und Fibula führen sollte. Bei 11 von 15 Probanden wurde im Mittel nach 17,1 Wochen eine radiologische Konsolidierung festgestellt.

Für die vorliegende Studie wurde in der Fibula-pro-Tibia Spongiosaplastik sowohl autologe Spongiosa als auch gefriergetrocknetes Allograft der Firma Banque de Tissus France verwendet, welches mit autologem Knochenmark beimpft wurde.

### **1.5 Historischer Überblick der Fibula-pro-Tibia Operation und der Spongiosaplastik**

Die Fibula-pro-Tibia Operation ist eine von mehreren Methoden, die Tragfähigkeit des Unterschenkels nach Entwicklung einer Pseudarthrose wieder herzustellen. Sie wurde erstmals 1884 von Hahn beschrieben und bis heute mehrfach modifiziert (Blauth, 1978).

Die Fibula soll die stützende Aufgabe der Tibia übernehmen. Oldenburg durchtrennte 1962 die ipsilaterale Fibula unterhalb des Fibulaköpfchens - das freie Ende wurde unter Schonung der Nerven und Gefäße in ein vorbereitetes Bett im proximalen Tibiaanteil eingebolzt. Brandes verfeinerte das Verfahren, in dem er die Fibula auch in das distale Tibiaende verpflanzte, was die statischen Verhältnisse verbessert sollte (Brandes M, 1920). Von da an wurde die Operation gelegentlich auch „Hahn-Brandes-Plastik“ genannt.

Nach der historischen Erstbeschreibung wurden von zahlreichen weiteren Autoren verschiedene Modifikationen der Fibulatransplantation angegeben (Blauth, 1978).

Die Geschichte der homologen Knochentransplantationen reicht bis ins Jahr 1820, als in Deutschland Philips von Walter die zuvor entfernten Teile eines Schädels wieder retransplantierte (von Walter, 1821).

Allograft wurde 1879 zum ersten Mal erfolgreich von Sir William MacEwen verwendet, indem er 2/3 des Oberarms eines 4 Jährigen mit dem eines anderen Kindes ersetzte (MacEwen, 1881).

Lexner (1908) transplantierte 23 Allovolltransplantate, also komplette Knochen und 11 Halbimplantate, also Teile des Knochens und konnte über einen Heilungserfolg, der über radiologische Durchbauung sowie Stabilität beurteilt wurde, von 50% berichten.

Anfang des 20. Jahrhunderts wurde autogenes Knochentransplantat fast schon routinemäßig zur Füllung kleinerer Pseudarthrosendefekte und Arthrodesenoperationen eingesetzt (Springfield, 1996).

Bereits 1924 verwendete Lexner massive Kortikalisspäne zur Überbrückung längerer Tibiadefekte, konnte jedoch keine ausreichende Stabilität erreichen.

Bereits 1932 war Matti am Tiermodell gelungen, Pseudarthrosen mit einer Spongiosaanlagerung zu behandeln. Aufgrund der höheren Nachfrage entstanden allmählich Knochenbanken, an deren Entstehung Bush (1947) und Incan (1942) maßgeblich beteiligt waren.

Allgöwer und Müller benutzten 1963 autologes Spongiosamaterial für die Fibula-pro-Tibia Spongiosaplastik. Die Spongiosaplastiken am Menschen konnten sich jedoch erst durchsetzen, als es mit Hilfe moderner Osteosyntheseverfahren möglich war, stabile Frakturverhältnisse zu erzielen.

Vor allem bei atrophischen Pseudarthrosen, bei denen die osteogene Stimulation fehlt, wurde erkannt, dass sich eine Spongiosaplastik in Kombination mit Osteosynthese anbietet (Schramm W, 1970). In dieser Zeit wurden häufig noch Kortikalisspäne oder kortikospongiöse Späne verwendet. Schweiberer (1976) wies jedoch darauf hin, dass spongiöses Knochentransplantat unter allen autologen Transplantaten am geeignetsten sei, da es mit seiner wabigen Struktur die besten Voraussetzungen für eine rasche Vaskularisierung habe.

Zu dieser Zeit wurde bereits die Verwendung von allogener Spongiosa in Betracht gezogen, jedoch noch kontrovers diskutiert (Weber, 1978).

Die in dieser Studie angewandte, modifizierte Fibula-pro-Tibia Operation, wurde von mehreren Autoren beschrieben (Müller, 1969; Meeder, 1980; Dürr, 1982; DeOrio ,2003). Alle Autoren benutzten bei den Patienten, die sie mit dieser Technik versorgten ausschließlich autologe Beckenkamm-spongiosa, welche als

das Standardmaterial in der Anwendung von Knochentransplantaten gilt (Rose, 2002).

Um die Morbidität ( Schmerzen, Hämatome, Verletzungen des Nervus ileoinguinalis) zu umgehen, vitalisierte Burwell 1964 zellfreie allogene Spongiosa mit autologen Knochenmarkzellen und konnte mit diesem Verfahren eine histomorphologisch Knochenneubildung nachweisen.

Die Technik des „vitalisierten Allografts“, bei dem das Allograft mit autogenem unfraktioniertem Knochenmark beimpft wird (Schmid, 2007) wurde bis heute verfeinert.

Gewonnen wird das allogene Knochentransplantat von Lebendspendern z.B. im Rahmen von Hüftendoprotheseneingriffen. Die Hüftköpfe werden zentral gesammelt, aufbereitet, serologischen Test unterzogen und danach gefriergetrocknet. Das Material unterliegt dem Arzneimittelgesetz. Vor der Implantation wird das Allograft mit autogenem Knochenmark beimpft (Ochs, 2008)

### **1.6 Operationstechnik in dieser Studie**

Die Indikation zur Fibula-pro-Tibia Spongiosaplastik stellt sich bei Tibiapseudarthrosen im mittleren und distalen Unterschenkeldrittel. Nach vorausgegangener Infektsanierung erfolgt in der Regel nach 4-6 Wochen die Spongiosaplastik, um eine knöcherne Heilung zu erzielen (Burri, 1973; Ewerbeck, 2004).

Wie oben beschrieben, erfuhr die Fibula-pro-Tibia Operation schon zahlreiche Modifikationen. Heute wird versucht, die Fibula osteosynthetisch zu stabilisieren und durch Spongiosa des Beckenkamms oder vitalisiertem Allograft eine stabile Verbindung zwischen Tibia und Fibula herzustellen und dadurch eine Überbrückung und Auffüllung der bestehenden knöchernen Defekte zu

erreichen, indem die Oberflächen von Tibia und Fibula proximal und distal der Pseudarthrose angefrischt werden und das Spongiosatransplantat eingesetzt wird (DeOrio, 2003).

Die operationstechnische Vorgehensweise lässt sich aufgrund unterschiedlicher Weichteilverhältnisse der Patienten nicht standardisieren. Die folgenden Schritte sind jedoch grundlegend für die Fibula-pro-Tibia Spongiosaplastik:

Der Patient befindet sich in Rückenlage, eine Oberschenkelblutsperre ist angelegt.

Zunächst wird reichlich Spongiosa in Form von Spänen mit einem Meißel vom Beckenkamm des Patienten entnommen, bzw. künstliches Allograft zerkleinert, 30 Minuten in physiologischer Kochsalzlösung eingeweicht und mit Knochenmarksaspirat aus dem Beckenkamm oder der Tibia beimpft.

Danach widmet man sich der Frakturregion und präpariert über der Weichteilsituation entsprechenden Zugängen bis auf Fibula, Tibia und Membrana interossea, wobei auf Schonung der A. und V. fibularis, tibialis anterior und posterior und Nervus peroneus communis, superficialis und tibialis geachtet wird.

Um ein verbessertes Anwachsen der zwischen Tibia und Fibula eingebrachten Spongiosaplastik zu ermöglichen, werden zuvor die korrespondierenden Tibia- und Fibulaknochenflächen mit dem Meißel angefrischt, bis leicht blutende Knochenoberflächen entstehen. Die Pseudarthrose wird mindestens 3 cm nach oben und unten überbrückt, um eine stabile knöcherne Brücke zu erzielen (Ewerbeck, 2004).

Bei instabiler Fibula erfolgt eine Plattenosteosynthese, bei ausgeprägter Instabilität wird distal und proximal der Pseudarthrose je eine Stellschraube angebracht (Ewerbeck, 2004).

Abschließend werden Redondrainagen ohne Sog eingelegt, der Wundverschluss erfolgt mit durchgreifenden Hautnähten vor Anbringen eines sterilen Verbandes mit elastischer Wickelung.

Der Redonzug erfolgt nach 2 Tagen, sofern nicht mehr als 20ml pro Tag seröse Flüssigkeit gefördert wird.

Postoperativ wird für 6 Wochen eine Teilbelastung mit 20kg empfohlen. Die weitere Belastungssteigerung wird vom einliegenden Osteosynthesematerial und der knöchernen Durchbauung abhängig gemacht. Zusätzlich erhalten die Patienten intensive physiotherapeutische Übungsbehandlungen.

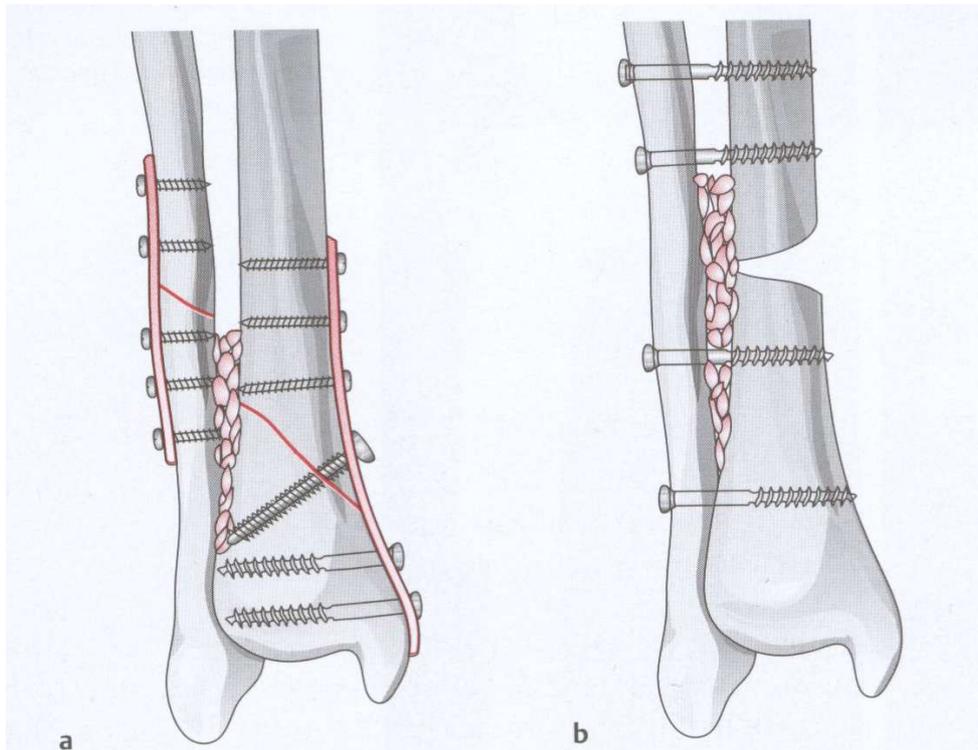


Abb. 3: Schemazeichnung der Fibula-pro-Tibia Spongiosaplastik am Beispiel einer distalen Tibiafraktur (a) und einer Pseudarthrose (b) (Ewerbeck V, 2004)

### 1.7 Fragestellung

Ziel der vorliegenden Fallkontrollserie ist es, die Behandlungsverläufe und Ergebnisse der Fibula-pro-Tibia Spongiosaplastik zu analysieren. Die in der Literatur beschriebenen Daten beziehen sich in der Regel auf kleine und sehr kleine Patientenkollektive und sind als historisch zu betrachten. Insbesondere

das subjektive Befinden des Patienten wird in der Literatur meist vernachlässigt. Des Weiteren wurde eine vergleichende Ergebnisbeschreibung mit Hilfe der hier verwendeten Scores bislang nicht durchgeführt. Dies ist hilfreich, um den Wert des Verfahrens im Vergleich zu konkurrierenden Methoden, bewerten zu können.

Der zweite Teil ist ein retrospektiver Kohortenvergleich der Patienten, bei denen autologe Spongiosa zur Verwendung kam, mit denen, bei welchen vitalisiertes Allograft verwendet wurde.

Es gilt zu klären, ob die Leistungsfähigkeit der allogenen transplantierten Spongiosa im Hinblick auf die postoperativen funktionellen und radiologischen Ergebnisse mit denen der autologen Spongiosatransplantation vergleichbar ist.

## **2 Material und Methoden**

### **2.1 Auswahl der Patienten**

Im Zeitraum von März 2003 bis Oktober 2006 wurden im Rahmen dieser Fallkontrollserie 45 Personen mit einer posttraumatischen Pseudarthrose mit einer Fibula-pro-Tibia Spongiosaplastik versorgt.

Bei der vorliegenden Arbeit handelt es sich um eine retrospektive Studie, an der 40 der 45 Patienten teilnahmen. Ein Patient war nach Russland verzogen, ein anderer war nicht auffindbar und drei waren nicht zu einer Zusammenarbeit bereit. Die verbleibenden 40 Patienten erschienen zur klinischen Nachuntersuchung und Befragung in der Berufsgenossenschaftlichen Unfallklinik Tübingen.

Erfasst wurden alle Patienten, die im oben genannten Zeitraum eine Fibula-pro-Tibia Spongiosaplastik erhalten haben. Hierbei war es nicht ausschlaggebend, mit welcher Art von Spongiosaplastik die Operation erfolgte. Eine spezielle Selektion erfolgte nicht.

In 19 Fällen war die rechte Seite betroffen und in 21 die linke.

### **2.2 Auswertung der Krankenakten**

Anhand der Krankenakten wurden personenbezogene Daten, Operations- und Unfalldaten, Angaben zum klinischen Erstbefund wie Frakturtyp, Traumaart, Weichteilbeteiligung und zum prä- wie auch postoperativen Verlauf gemacht. Es konnte erfasst werden, wie viele Operationen vor und nach der Spongiosaplastik durchgeführt wurden und welche Komplikationen postoperativ

zu behandeln waren. Die Dauer des stationären Aufenthalts und der Arbeitsunfähigkeit wurden ebenfalls erfasst.

Außerdem wurde recherchiert, wie viele Untersuchte vor der Fibula-pro-Tibia Spongiosaplastik einen Infekt im Operationsgebiet hatten und welches Transplantatmaterial verwendet wurde.

### **2.3 Fragebogen und klinische Untersuchung**

Der erste Abschnitt der Untersuchung befasste sich mit den persönlichen Angaben der Patienten. Befragt wurden sie zu Alter, Gewicht, Körpergröße, bekannten Vorerkrankungen wie Diabetes Mellitus, ihrer sportlichen Aktivität, ihren Trinkgewohnheiten, der Nutzung orthopädischer Hilfsmittel, ihrer Zufriedenheit mit dem Operationsergebnis, ihrer schmerzfreien Gehstrecke und ihrem Schmerzempfinden.

Das subjektive Schmerzempfinden wurde anhand einer Modifikation der in der Klinik gebräuchlichen visuellen Analogskala (Wewers, 1990) ohne Markierungen bestimmt: die Patienten wurden aufgefordert auf einer 10cm langen Linie ein Kreuz zu setzen mit der Vorgabe, dass ganz links keine Schmerzen seien und ganz rechts die stärksten Schmerzen, die sie sich vorstellen könnten. Der Schmerz wurde sowohl prä- als auch postoperativ erfasst.

In der Auswertung wurden diese Kreuze ausgemessen und die Zahlenwerte in die Datentabelle eingetragen.

Die klinische Untersuchung umfasste eine Beurteilung des Gangbildes im Hinblick auf die Schrittbreite, der funktionellen Fußstellung, den Fußabrollvorgang, die Beinachse, den Beckenstand, der Möglichkeit in die Hocke zu gehen, den Zehenstand und -gang sowie den Fersenstand und -gang. Des Weiteren wurde die Operationsnarbe nach Reizung beurteilt sowie Sensibilitätsstörungen und motorische Ausfälle erfasst.

Die Beweglichkeit des Knies und die des oberen als auch unteren Sprunggelenks wurden nach der Neutral-Null-Methode erfasst und im Vergleich zur gesunden Extremität ausgewertet.

Die Beinumfangsmaße wurden 20cm oberhalb sowie 10cm unterhalb des Knies, über der Kniescheibenmitte, 15cm unterhalb des Gelenkspaltes, am kleinsten Umfang des Unterschenkels, am Knöchel, am Rist über dem Kahnbein wie auch über dem Vorfußballen gemessen. Verglichen wurde jeweils mit dem gesunden Bein. Die Beinlängen wurden ebenfalls erfasst.

Der gesamte Frage- und Untersuchungsbogen befindet sich in Anlage 1.

### **2.4 Bewertungsscores**

Darauf folgte die Beantwortung des Fragebogens nach den Scores von Merchant und Dietz (Anlage 3), Weber (Anlage 4) und dem Tegner Aktivitätsscore (Anlage 5) mit der Erfassung zum Untersuchungszeitpunkt und retrospektiver Beurteilung zum Zustand vor dem Unfall.

### 2.4.1 Score nach Merchant und Dietz

Mit Hilfe des klinischen Scores nach Merchant und Dietz (Krämer, 1993), der für die Anwendung bei Tibia- und Fibulaschaftfrakturen erstellt wurde, können die Funktion, der Schmerz, der Gang und die Bewegungsausmaße des Patienten beurteilt werden.

Merchant und Dietz (1989) entwarfen ihn in einer Studie, in der 37 Patienten mit geschlossenen oder 1.gradig offenen Tibia- und Fibulafrakturen 29 Jahre nach dem Unfall bezüglich posttraumatischer Deformationen und Arthrosen untersucht wurden.

Er umfasst 4 Bereiche, in denen unterschiedliche Punktzahlen mit folgender Kriteriengewichtung erreicht werden können:

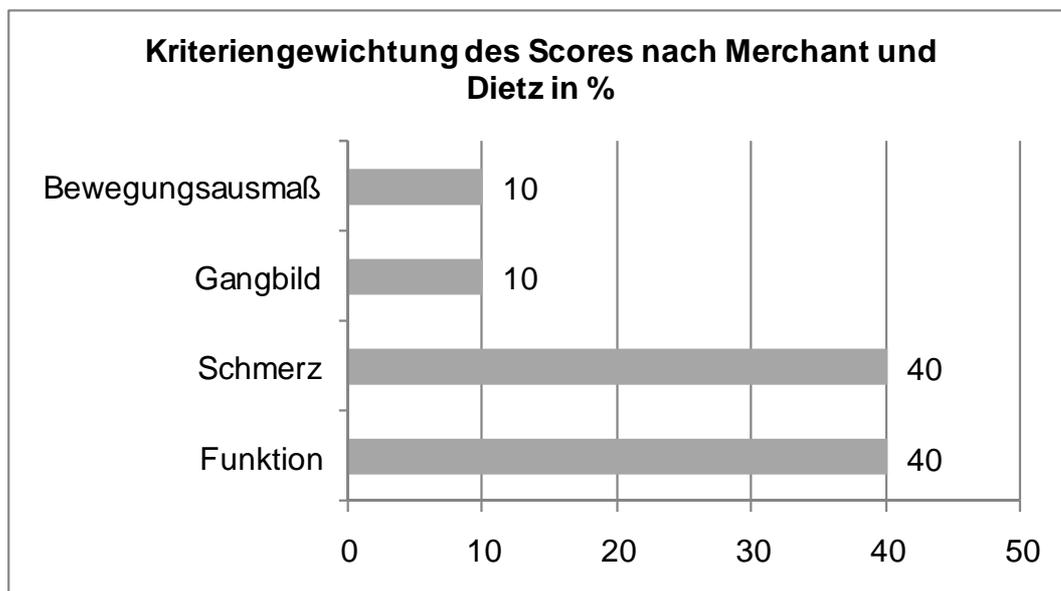


Abb. 4: Darstellung der Kriteriengewichtung des Score nach Merchant und Dietz

Bei bestem Ergebnis lassen sich 100 Punkte erreichen, die sich aus subjektiven (90%) und objektiven (10%) Parametern zusammensetzen (Anlage 3)

Die Ergebnisse werden von Merchant und Dietz folgendermaßen beurteilt:

Sehr gut	90-100
Gut	80-89
Befriedigend	70-79
Schlecht	< 70

Tab. 1: Beurteilung des Score nach Merchant und Dietz

### 2.4.2 Score nach Weber

Mit dem Score nach Weber (Krämer, 1993) lassen sich sowohl klinische als auch radiologische Parameter erfassen. Er eignet sich für die Nachuntersuchung des oberen Sprunggelenks (OSG) und betrachtet die Parameter Schmerz, Gehleistung, Aktivität, Röntgenbild, oberes und unteres Sprunggelenk (USG).

Es gibt 6 Bereiche, in denen 0-4 Punkte erreicht werden können, wobei 0 dem besten und 4 dem schlechtesten Ergebnis entspricht. Die Bereiche setzen sich durch subjektive (70%) und objektive (30%) Parameter zusammensetzen (Anlage 4). Dabei wird auch die Beweglichkeit des oberen und unteren Sprunggelenks im Vergleich zur Gegenseite beurteilt.

Die Kriteriengewichtung erfolgt hierbei folgendermaßen:

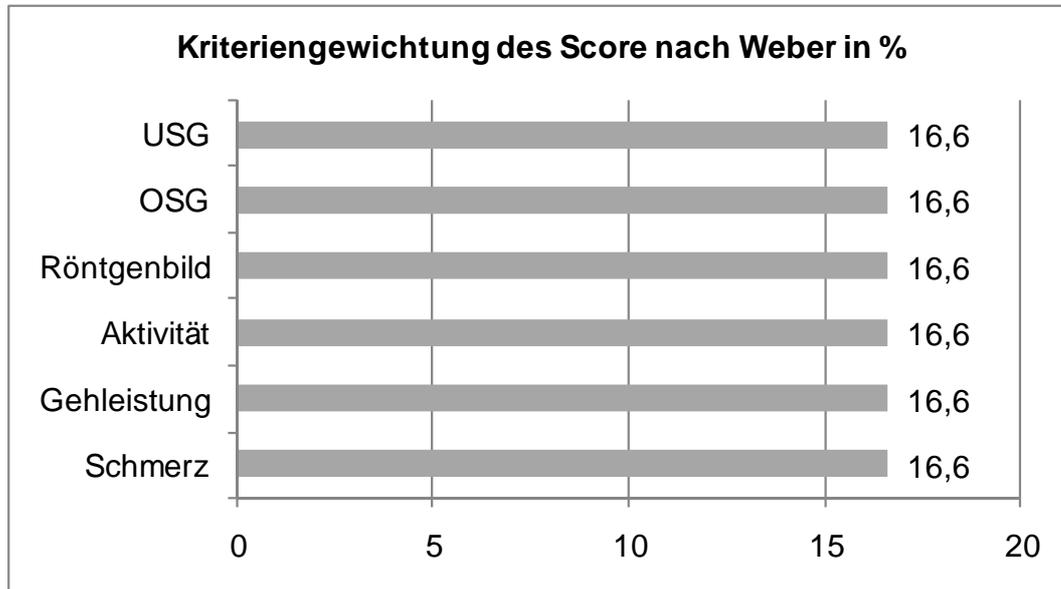


Abb. 5: Darstellung der Kriteriengewichtung des Score nach Weber

Beurteilung der Ergebnisse nach Weber:

Sehr gut	0
Gut	1-2
Schlecht	3-4

Tab. 2: Beurteilung des Score nach Weber

### 2.4.3 Tegner Aktivitätsscore

Anhand des Tegner Aktivitätsscores lassen sich Instabilitäten vor allem im Bereich des Knies feststellen und die entsprechende Aktivität des Patienten abschätzen. (Anlage 5)

Je nach Antwort des Untersuchten können Ränge von 0-10 zugeordnet werden, wobei 0 den schlechtesten und 10 den besten Aktivitätsrang angibt.

Durch den Tegner Score lassen sich das Ausmaß an Aktivität, Arbeitsfähigkeit und die sportliche Aktivität numerisch darstellen (Tegner, 1985).

Der Tegner Aktivitätsscore wurde 1985 zur Ergänzung von funktionellen Scores im Bezug auf Knieinstabilitäten entworfen und anhand von 76 Patienten getestet. Mittlerweile findet er in der Literatur jedoch auch Anwendung in der Evaluation anderer Gelenke sowie vielfältiger Verletzungsmuster.

### **2.5 Auswertung der Röntgenbilder**

Im Zuge der Nachuntersuchung wurden von jedem Patienten Röntgenaufnahmen des betroffenen Unterschenkels in 2 Ebenen, also a.p. und lateral erstellt.

Die Beurteilung der Röntgenaufnahmen erfolgte verblindet, das heißt, dass die Namen der Probanden auf den Röntgenbildern vor der Auswertung abgeklebt, mit Zahlen versehen und von 2 Betrachtern ausgewertet wurden.

Beurteilt wurde die Beinachse in beiden Ebenen. Es wurde nach Zeichen einer Kalksalzminderung, einer vergrößerten Knochenbälkchenstruktur und einer Arthrose im Knie sowie OSG gesucht. Die Überbrückungslänge zwischen Tibia und Fibula wurde ausgemessen und der Grad der Durchbauung semiquantitativ abgeschätzt. Weiterhin wurde einliegendes Implantatmaterial dokumentiert.

Der Auswertungsbogen befindet sich in Anlage 2.

### **2.6 Statistische Auswertung**

Die gesammelten Daten wurden mittels einer Excel-Tabelle verwaltet und sowohl mit dieser, als auch mit dem Statistikprogramm SPSS ausgewertet.

Stetige Variablen wurden zunächst auf Normalverteilung mittels Histogramm und dem Shapiro-Wilk Test untersucht.

Mit normalverteilten stetigen Variablen wurde daraufhin mit dem t-Test gearbeitet. Bei nicht normalverteilten Variablen wurde der U-Test angewendet und der Median berechnet.

Nominale und ordinale Variablen wurden durch eine Kreuztabelle ausgewertet und dem Chi<sup>2</sup>-Test unterzogen. In der Darstellung wurden die Ergebnisse mit einem 95 % Konfidenzintervall angegeben.

### 3 Ergebnisse

#### 3.1 Altersverteilung

Von den 40 Patienten waren 6 (15%) weiblich und 34 (85%) männlich. Zum Zeitpunkt der Fibula-pro-Tibia Spongiosaplastik betrug das Durchschnittsalter 51,2 Jahre. Der älteste Patient war zum Operationszeitpunkt 91 Jahre und der Jüngste war 17 Jahre alt.

Die Abb. 6 verdeutlicht die Altersverteilung zum OP Zeitpunkt:

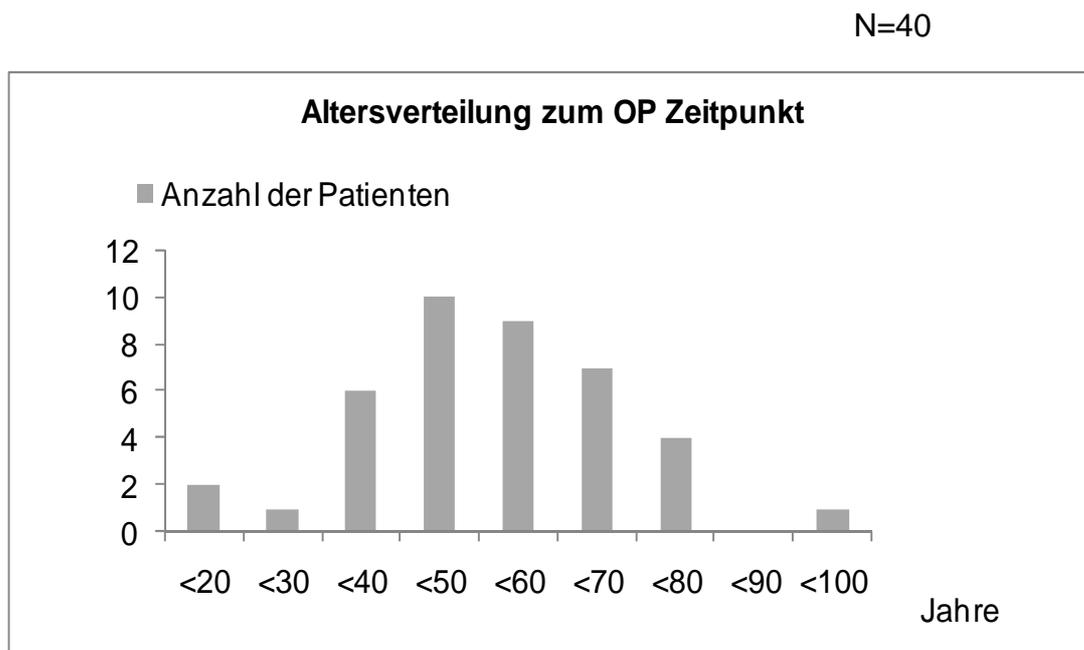


Abb. 6: Altersverteilung zum OP Zeitpunkt

### 3.2 Unfallart

Von den 40 Patienten verunglückten 17 (42,5%) privat (PU). Bei 10 Patienten (25%) war es ein Arbeitsunfall (AU). Weitere 13 Patienten (32,5%) erlitten einen Verkehrsunfall (VU), von denen 10 (25%) Unfälle mit dem Motorrad (MU) waren.

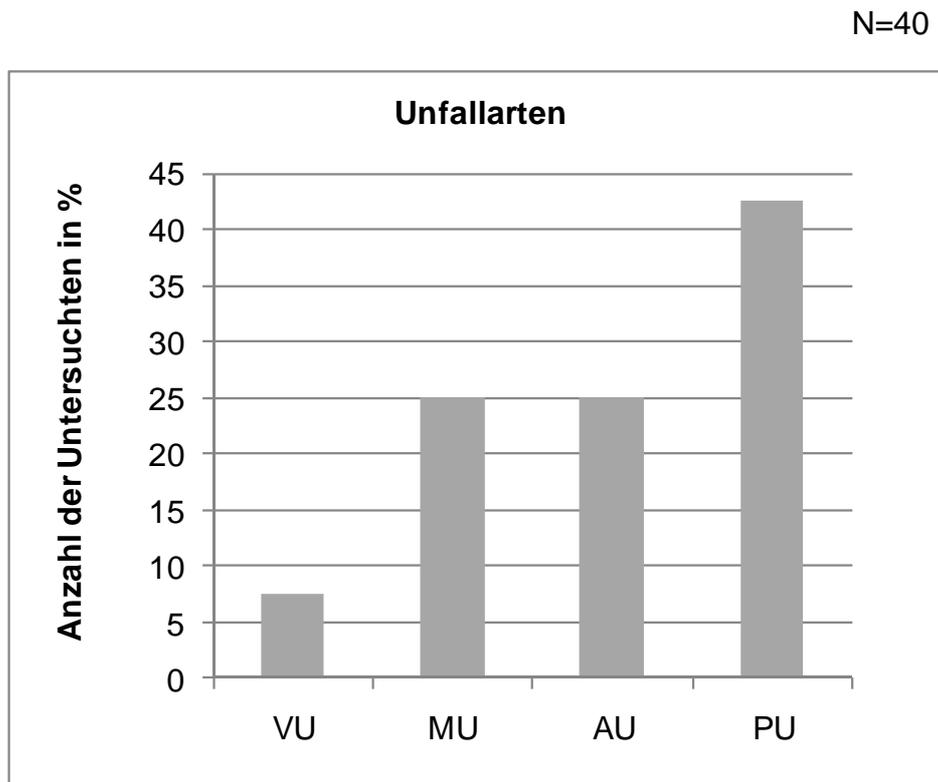


Abb. 7: Darstellung über die verschiedenen Unfallarten

### 3.3 Primärverletzung

31 der Patienten waren Einfachverletzte, bei denen ausschließlich eine Unterschenkelfraktur vorlag. 9 Patienten waren Mehrfachverletzte, die zum Teil schwere Begleitverletzungen bis hin zum Polytrauma erlitten hatten.

## Ergebnisse

---

Die vielfältigen Verletzungsmuster werden in Tab. 3 dargestellt:

Frakturtyp	Geschlossen	1° offen	2° offen	3° offen	Anzahl
E	1	1	1	0	3 (7,5%)
T	0	0	0	1	1 (2,5%)
E+F	8	6	1	4	19 (47,5%)
T+F	4	1	4	8	17 (42,5%)
Gesamt	13 (32,5%)	8 (20%)	6 (15%)	13 (32,5%)	40 (100%)

Tab. 3: E = Einfachfraktur ohne Fibulabeteiligung; T = Trümmerfraktur ohne Fibulabeteiligung;  
E+F = Einfachfraktur mit Fibulabeteiligung; T+F = Trümmerfraktur mit Fibulabeteiligung

Die Tabelle 3 zeigt, dass in 67,5% der Fälle eine offene Fraktur bestand. Bei 32,5% der Patienten sogar eine 3. gradig offene. 32,5% der Frakturen waren geschlossen.

In 90% war zusätzlich zu einer Tibiafraktur eine Fibulafraktur vorhanden - bei den Tibiatrümmerfrakturen waren es 42,5 %, während 47,5 % der einfachen Tibiafrakturen eine Fibulabeteiligung aufwiesen.

### 3.4 Daten zum OP-Verlauf

Im Durchschnitt wurde die Fibula-pro-Tibia Spongiosaplastik 17,84 Monate nach dem Unfalldatum durchgeführt. Der kürzeste Zeitraum bis zur OP betrug 1 Monat und der längste 281,67 Monate.

Vor der Durchführung der Fibula-pro-Tibia Spongiosaplastik waren die Patienten im Mittel 4,6 Operationen unterzogen worden.

Die maximale Voroperationenanzahl lag bei 10 und die minimale bei 1.

Nach der Fibula-pro-Tibia Spongiosaplastik erhielten die Patienten im Mittel noch 1,3 Operationen, wobei die maximale Anzahl bei 7 und die minimale bei 0 Operationen lag.

Präoperativ zeigte sich bei 16 Probanden (40%) ein Infekt im Operationsgebiet.

Bei 29 (72,5%) Patienten wurde die Spongiosaplastik intraoperativ mit autogener Beckenkammspongiosa durchgeführt (Gruppe BK). Bei 11 (27,5%) wurde vitalisiertes Allograft (Gruppe VA) verwendet, um den Defekt aufzufüllen.

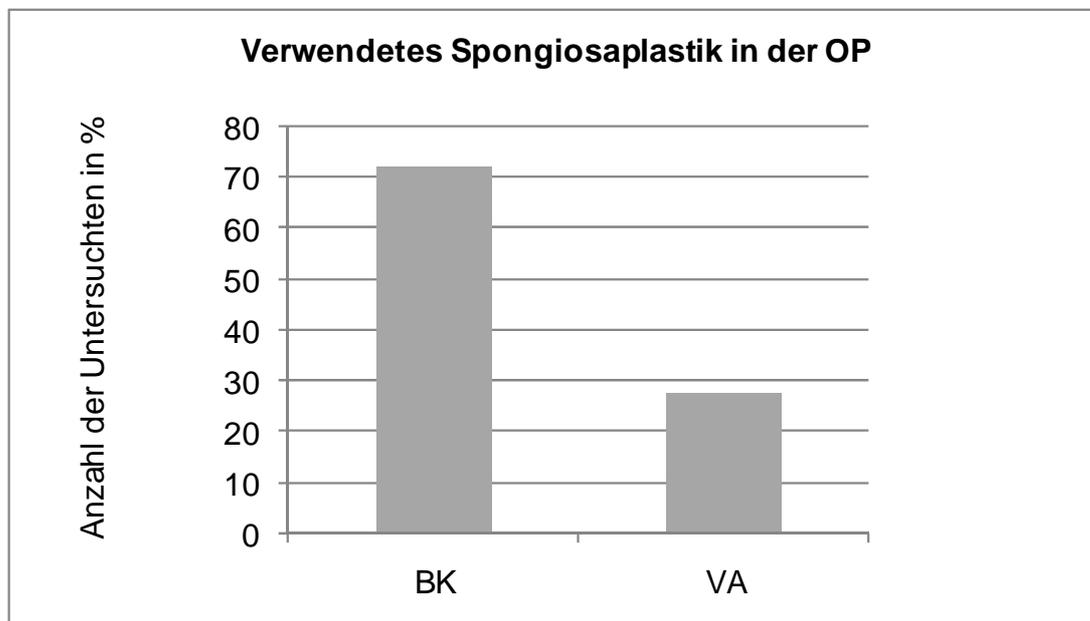


Abb. 8: Darstellung der intraoperativ verwendeten Spongiosaplastik

Die stationäre Aufenthaltsdauer in der Klinik im Zuge dieser Operation betrug im Median 15 Tage, wobei die längste Verweildauer 37 und die kürzeste 7 Tage waren.

### 3.5 Subjektive Ergebnisse

Die Schmerzen vor der Fibula-pro-Tibia Spongiosaplastik wurden im Mittel mit 6,0 angegeben. Der höchste Wert betrug 9,6 und der niedrigste 0.

Postoperativ wurden die Schmerzen im Mittel mit 2,0 angegeben. Der höchste Wert betrug 6,1 und der niedrigste 0.

Die Abb. 9 zeigt die Darstellung über die subjektiven Angaben der Verunglückten über die schmerzfreie Gehstrecke zum Zeitpunkt der Untersuchung:

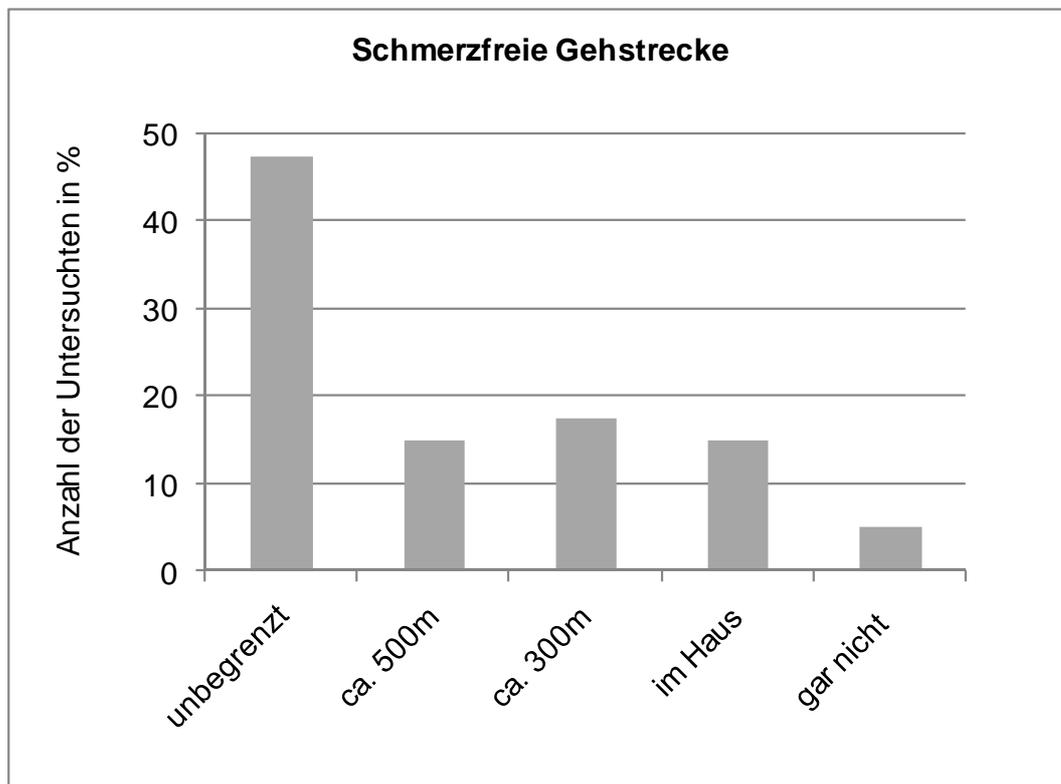


Abb. 9: Darstellung über die schmerzfreie Gehstrecke zum Untersuchungszeitpunkt

Es zeigte sich, dass 19 Patienten (47,5%) eine unbegrenzt schmerzfreie Gehstrecke hatten. 6 (15%) gaben an, ca. 500m weit schmerzfrei zu gehen und weitere 7 (17,5%) konnten ca. 300m schmerzfrei gehen. Nur im Haus

## Ergebnisse

---

schmerzfrei bewegen gelang 6 Untersuchten (15%) und 2 (5%) war es nicht möglich schmerzfrei zu gehen.

Eine regelmäßige Einnahme von Schmerzmittel gaben 7 (17,5%) der Verunfallten an. Bei Bedarf nahmen weitere 8 Patienten (20%) Medikamente gegen die Schmerzen ein. 25 (62,5%) kamen ohne Schmerzmittel aus.

Zum Zeitpunkt der Fibula-pro-Tibia Spongiosaplastik rauchten nach eigenen Angaben 20 Probanden (50%).

Die Arbeit, die sie vor dem Unfall hatten, konnten nach Genesung 27 Probanden (67,5%) wieder aufnehmen. 5 (12,5%) konnten ihre alte Arbeit nicht wieder aufnehmen. 8 (20%) waren zum Zeitpunkt des Unfall berentet.

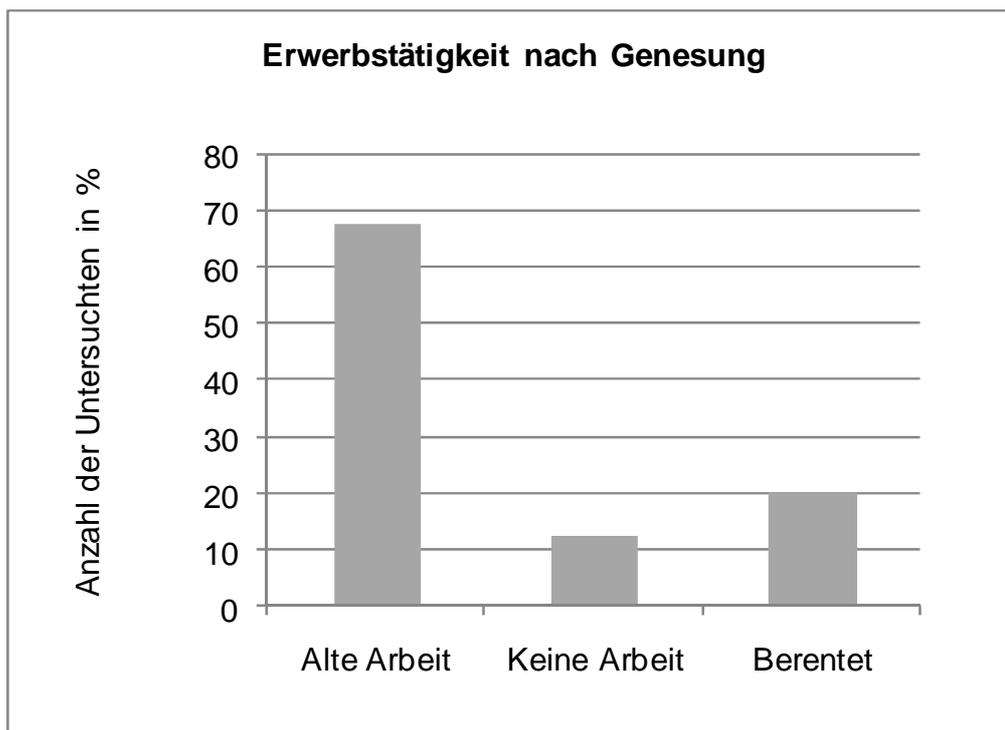


Abb. 10: Darstellung über die Erwerbstätigkeit nach der Fibula-pro-Tibia Spongiosaplastik

Die Zufriedenheit mit dem postoperativen Spongiosaplastikergebnis wird in Abb. 11 veranschaulicht:

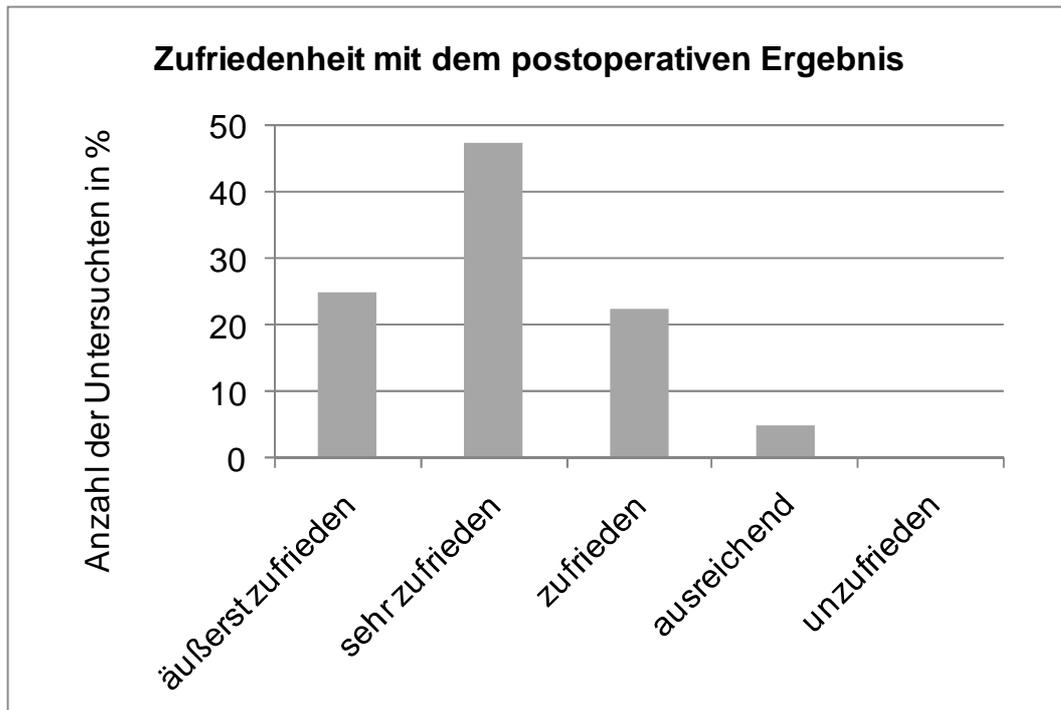


Abb. 11: Darstellung der Zufriedenheit mit dem postoperativen Ergebnis

29 Befragte (72,5%) gaben an, mit dem Operationsergebnis äußerst (25%) oder sehr (47,5%) zufrieden zu sein. 9 (22,5%) sind zufrieden und 2 (5%) bewerteten das Operationsergebnis mit ausreichend. Keiner der Untersuchten gab an, unzufrieden zu sein.

### 3.6 Nachuntersuchungsergebnisse

Bei der Nachuntersuchung wurde bei 9 Probanden (22,5%) ein deutliches Hinken beobachtet, 16 (40%) hinkten lediglich diskret und 15 (37,5%) der Untersuchten hinkten überhaupt nicht.

Zum Zeitpunkt der Untersuchung benutzten 11 Patienten (27,5%) eine Gehstütze. Keiner der Untersuchten benutzte 2 Gehstützen.

Orthopädische Hilfsmittel wie Kompressionsstrümpfe, Einlagen und Unterschenkelstützapparate wurden von 22 Personen (55%) getragen.

10 Untersuchte (25%) schafften es, die Hocke vollständig einzunehmen. 12 (30%) konnten die Hocke bis zur Hälfte und 14 (35%) bis zu 1/3 einnehmen. Von 4 Probanden (10%) konnte die Hocke nicht eingenommen werden.

Bei der Untersuchung der Beweglichkeit im Kniegelenk nach der Neutral-Null-Methode ergaben sich im Vergleich zur gesunden Seite folgende Einschränkungen in der Beugung:

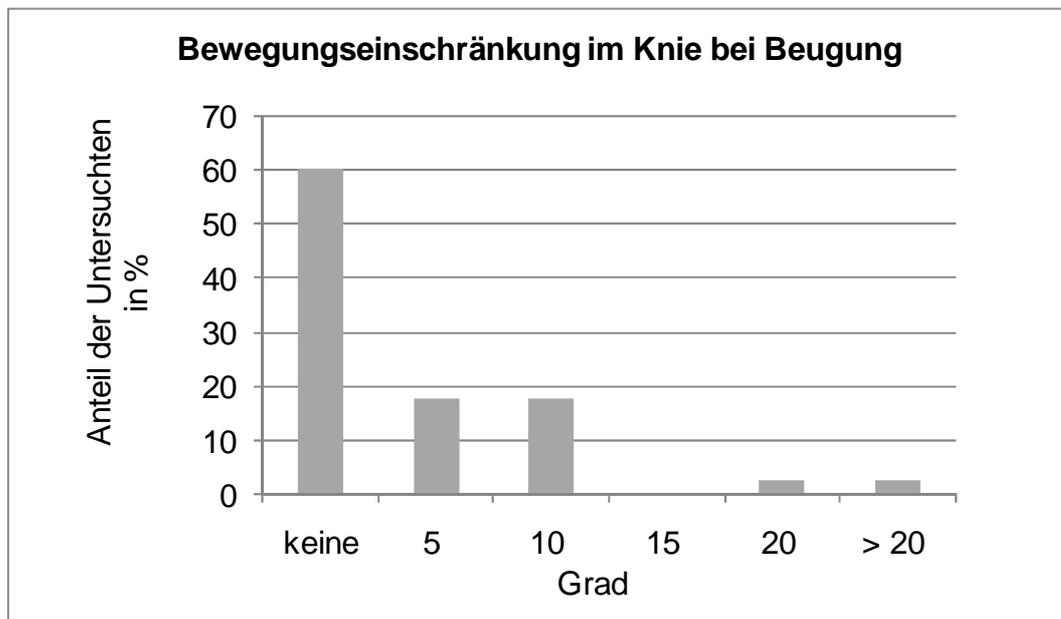


Abb. 12: Darstellung der Bewegungseinschränkung in Grad im Knie bei Beugung im Vergleich zur Gegenseite

Die Abbildung zeigt, dass 24 Verunfallte (60%) keine Einschränkungen der Kniebewegung im Vergleich zur Gegenseite hatten.

Jeweils 7 (17,5%) wiesen eine Einschränkung von 5° bzw. 10° auf. Bei jeweils 1 Untersuchten (2,5%) wurde eine Einschränkung von 20° bzw. mehr als 20° gemessen werden.

Die Untersuchung der Kniestreckung ergab folgende Ergebnisse:

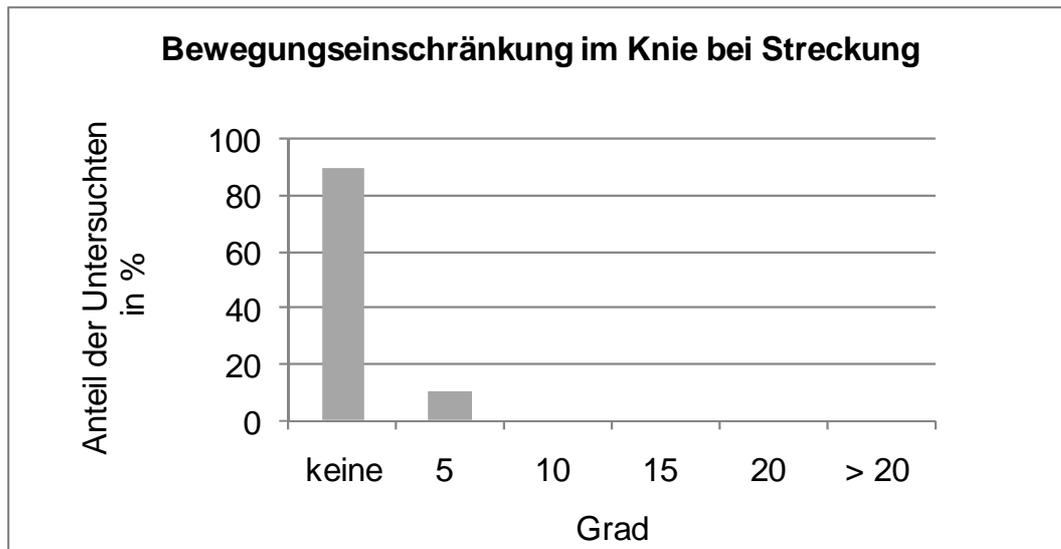


Abb. 13: Darstellung der Bewegungseinschränkung in Grad im Knie bei Streckung im Vergleich zur Gegenseite

Bei der Streckung wiesen nur 4 Verunfallte (10%) eine Einschränkung von 5° auf. Die restlichen 36 Probanden (90%) hatten keine Einschränkung der Streckung im operierten Bein im Vergleich zur Gegenseite.

Bei der Messung für die Bewegung im OSG bei der Beugung ergaben sich folgende Werte:

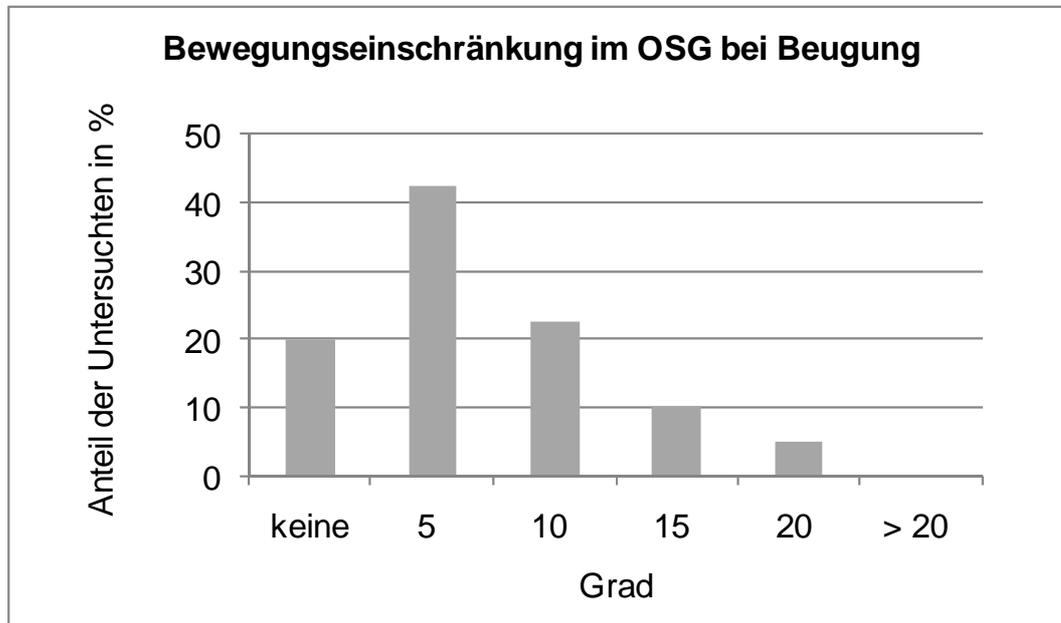


Abb. 14: Darstellung der Bewegungseinschränkung in Grad bei Beugung im OSG im Vergleich zur Gegenseite

Aus der Abb. 14 wird ersichtlich, dass bei der Beugung im OSG 8 Patienten (20%) keine Einschränkungen im Vergleich zum nicht operierten Sprunggelenk aufwiesen. Bei 17 Probanden (42,5%) wurde eine Einschränkung von 5° und bei 9 (22,5%) von 10° gemessen. Eine Einschränkung von 15° stellte sich bei 4 (10%) und eine Beugeeinschränkung von 20° bei 2 (5%) der Untersuchten dar.

Bei der Messung der Beweglichkeitseinschränkung der Streckung im OSG im Vergleich zur Gegenseite ergaben sich folgende Messwerte:

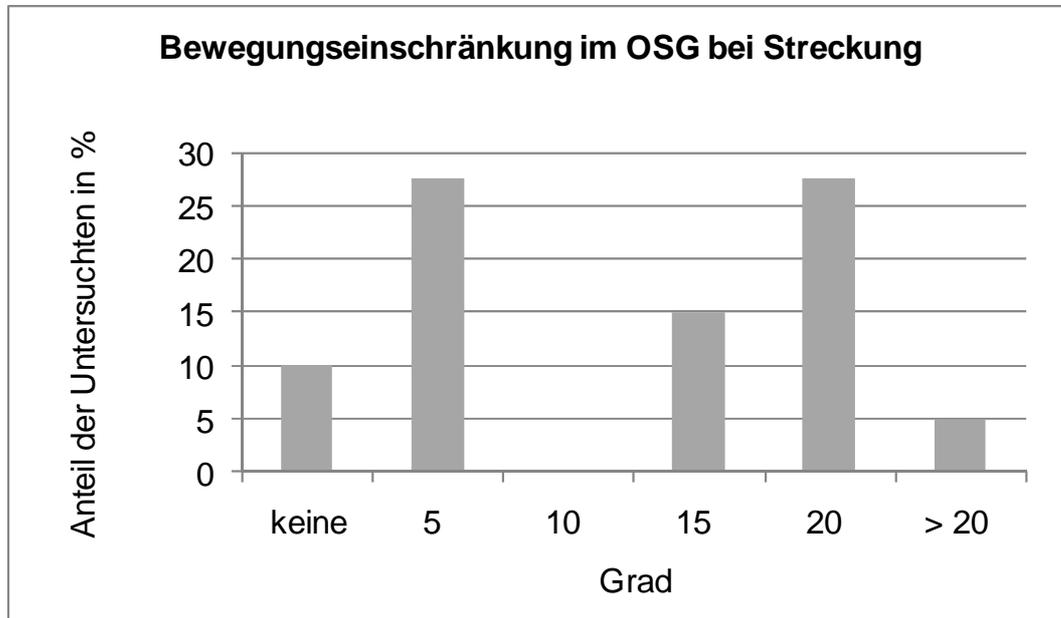


Abb. 15: Darstellung der Bewegungseinschränkung in Grad bei Streckung im OSG im Vergleich zur Gegenseite

Der Abb. 15 kann entnommen werden, dass bei 4 Untersuchten (10%) keine Einschränkung festgestellt wurde. Jeweils 6 Patienten (15%) zeigten Einschränkungen von 5° und 15°. Bei jeweils 11 (27, 5%) maß man eine Einschränkung in der Streckung von 10° und 20°. 2 ( 5%) der Patienten hatten eine Einschränkung von mehr als 20°.

Die Erfassung der Beinlängenunterschiede zeigte, dass das operierte Bein im Vergleich zur Gegenseite im Durchschnitt um 0,7cm verkürzt war. Bei 13 (32,5%) der operierten Patienten stellte man keinen Längenunterschied fest. Eine Verkürzung wurde bei insgesamt 22 Untersuchten (55%) gemessen und eine Verlängerung der operierten Beins bei 5 (12,5%). Die stärkste Verkürzung betrug 4cm und die größte Verlängerung 1,5cm.

### 3.7 Auswertung der Röntgenergebnisse

Im anterior posterioren (a.p.) Strahlengang wurde bei 4 Patienten (10%) eine Achsabweichung mit durchschnittlich  $10,75^\circ$  Varus gemessen. Der kleinste Wert betrug  $8^\circ$  und der größte  $15^\circ$ .

Bei 36 Verunfallten (90%) wurde in der a.p. Aufnahme keine Achsabweichung festgestellt. Eine Valgusabweichung war in keinem Fall zu erkennen.

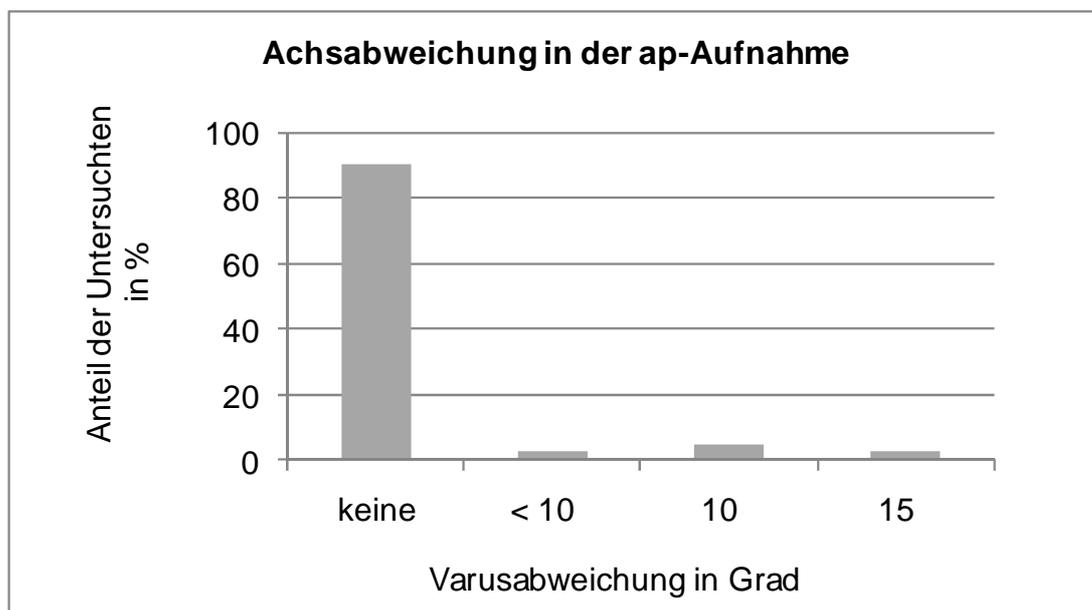


Abb. 16: Darstellung der Achsabweichung in der a.p.-Aufnahme

In der lateralen Röntgenaufnahme zeigte sich bei 7 Patienten (17,5%) eine Achsabweichung. Davon wurde in 3 Fällen (7,5%) eine Antekurvation und 4 (10%) mal eine Rekurvation festgestellt.

Die Antekurvation betrug einmal 10°, einmal 15° und ein weiteres mal 20°.

Die Rekurvation belief sich bei 2 Patienten auf 8° und bei 2 weiteren auf 15°.

Bei 33 (82,5%) der betrachteten Röntgenaufnahmen zeigten sich anatomische Achsverhältnisse.

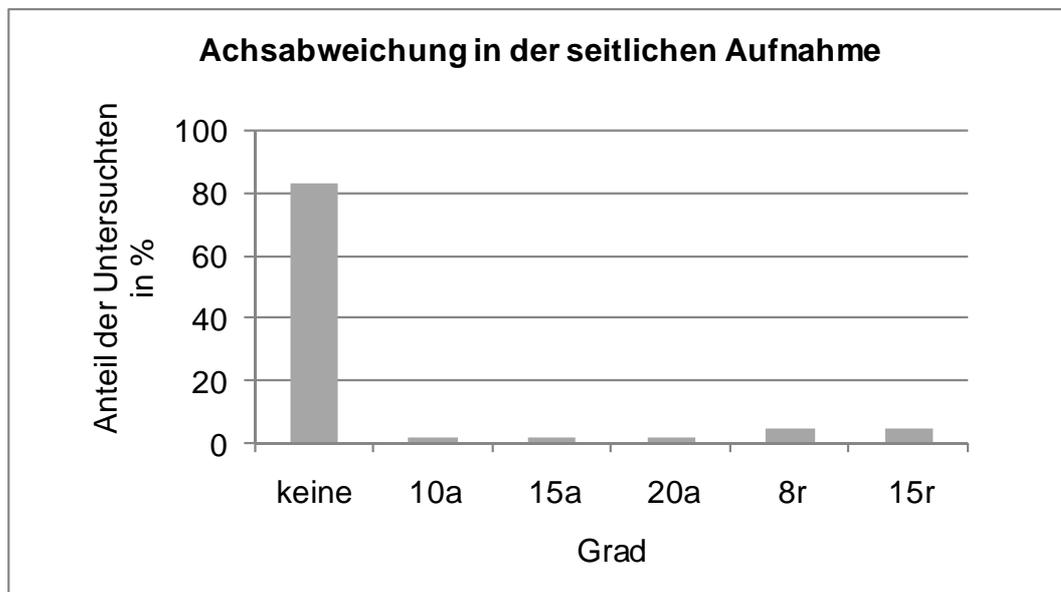


Abb. 17: Darstellung der Achsabweichung in der lat-Aufnahme

a = Antekurvation; r = Rekurvation

Eine Kalksalzminderung zeigte sich im Röntgenbild bei 3 Patienten (7,5%). Bei 37 (92,5%) sah man keine Veränderung.

Zum Zeitpunkt der Erstellung des Röntgenbildes wiesen 9 Untersuchte (22,5%) eine Arthrose im OSG auf. Genau so viele zeigten eine Arthrose im Knie.

Im Mittel zeigte sich eine knöcherne Überbrückungslänge von 24,6% der Tibialänge. Der geringste überbrückte Anteil lag bei 11% und der größte bei 42%.

In jedem der Fälle wurde eine knöchernerne Durchbauung festgestellt. Das heißt bei 28 Personen (70%) zeigte sich eine gute Durchbauung im Röntgenbild, während bei 12 (30%) eine partielle Durchbauung beobachtet werden konnte.

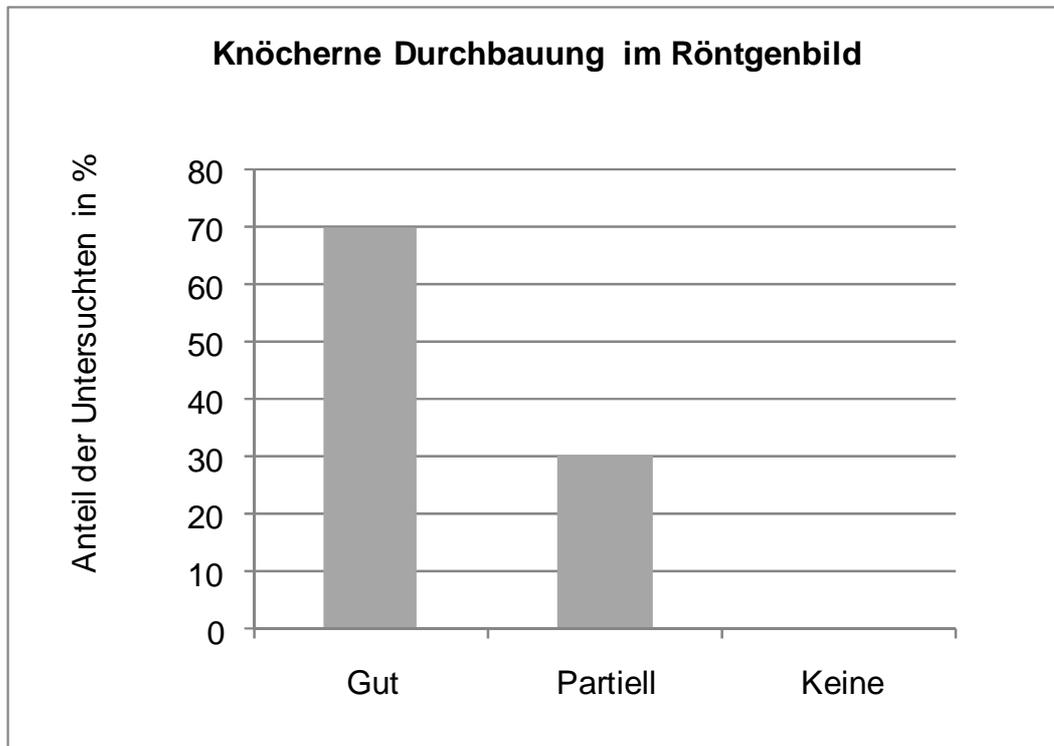


Abb. 18: Darstellung der postoperativen knöchernen Durchbauung im Röntgenbild

### 3.8 Auswertung der Scores

Die Auswertung des Scores nach Merchant und Dietz ergab bei 4 Patienten (10%) ein exzellentes und bei 13 Untersuchten (32,5%) ein gutes Ergebnis. Ein mäßiges Ergebnis wurde bei 7 Probanden (17,5%) ausgewertet und ein schlechtes bei 16 (40%).

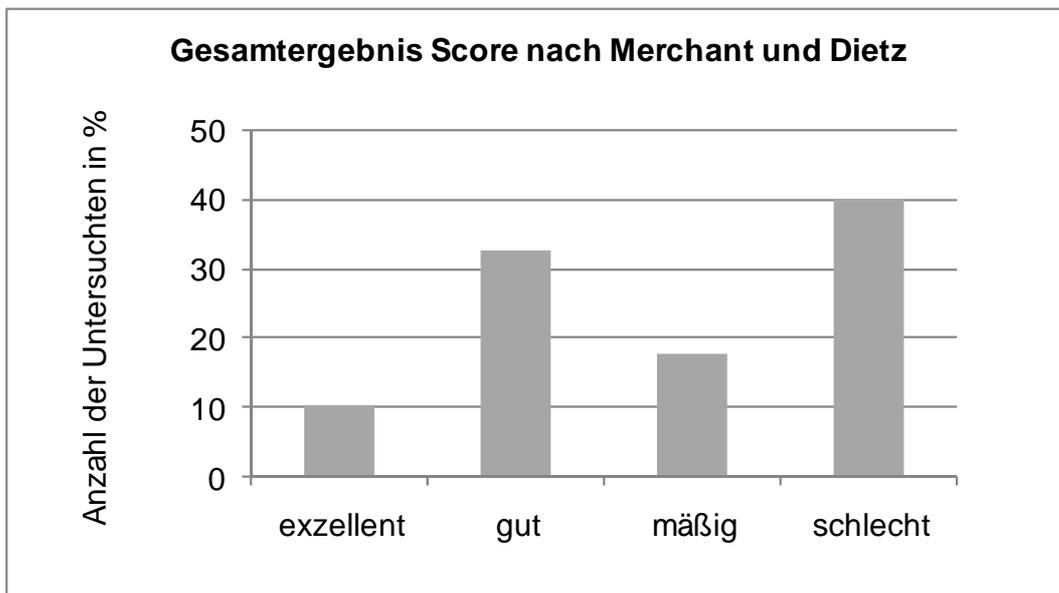


Abb. 19: Darstellung des Gesamtergebnisses des Scores nach Merchant und Dietz

## Ergebnisse

---

Der Score nach Weber ergab in der Kategorie Schmerz bei 4 Patienten (10%) ein sehr gutes, bei 29 (72,5%) ein gutes und bei 7 (17,5%) ein schlechtes Ergebnis.

Im Wertungsbereich Geheleistung des Score nach Weber erzielten 9 (22,5%) ein sehr gutes, 22 (55%) ein gutes und 9 (22,5%) der Untersuchten ein schlechtes Ergebnis.

Bei Betrachtung der Aktivität erreichten 5 (12,5%) Probanden ein sehr gutes, 19 (47,5%) ein gutes und 16 (40%) ein schlechtes Ergebnis.

In Abb. 20 werden die oben genannten Ergebnisse des Score nach Weber veranschaulicht:

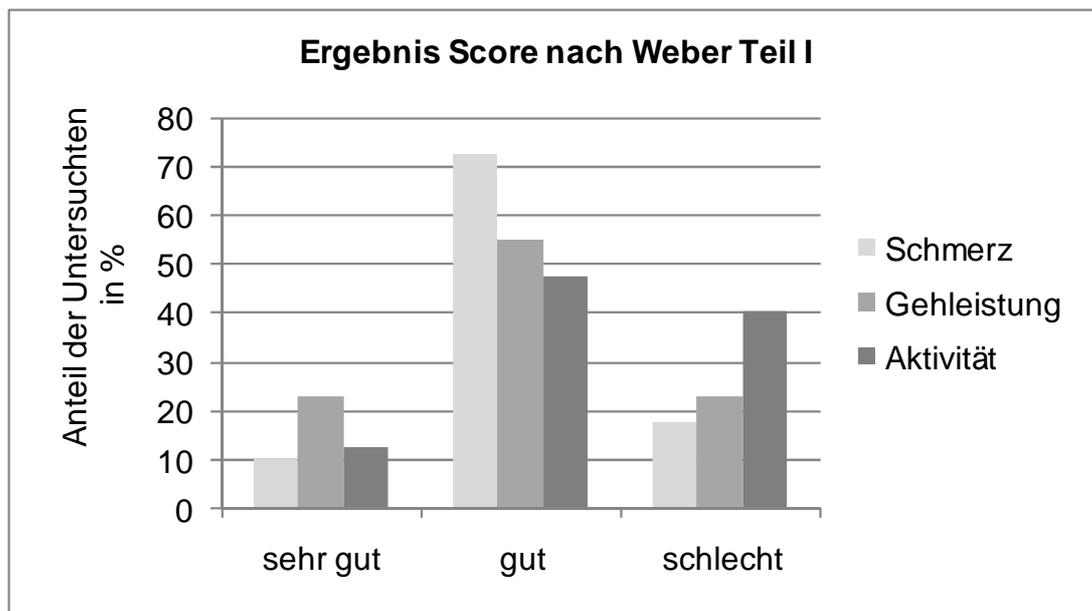


Abb. 20: Darstellung der Ergebnisse des Score nach Weber

## Ergebnisse

---

Bei der Bewertung der Röntgenbilder im Score nach Weber ergaben sich bei 23 der Fälle (57,5%) sehr gute, bei 8 (20%) gute und bei 9 (22,5%) der Patienten schlechte Ergebnisse.

Bei der Bewertung der klinischen Untersuchung der Beweglichkeit des betroffenen OSG im Vergleich zur gesunden Seite hatten 3 Untersuchte (7,5%) ein sehr gutes, 34 (85%) ein gutes und 3 (7,5%) ein schlechtes Scoreergebnis.

Die Beurteilung der klinischen Untersuchung der USG Beweglichkeit ergab bei 6 (15%) der Fälle beim betroffenen USG im Vergleich zur Gegenseite ein sehr gutes Ergebnis. 26 Probanden (65%) erhielten ein gutes und 8 (20%) ein schlechtes Ergebnis.

Die Abb. 21 verdeutlicht die oben genannten Ergebnisse:

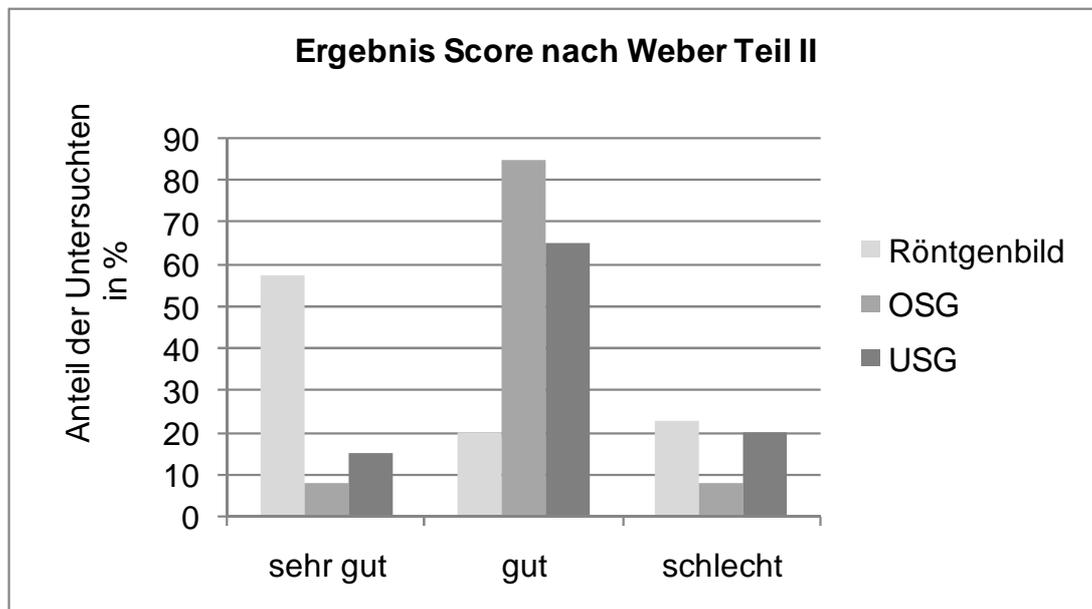


Abb. 21: Darstellung der Ergebnisse des Score nach Weber

## Ergebnisse

Im Tegner Aktivitätsscore erhielten 2 Patienten (5%) zum Untersuchungszeitpunkt den Wert 0. Einen Wert von 1 bekamen vor dem Unfall 3 (7,5%) und später 8 Probanden (20%). Der Wert 2 wurde vor dem Unfall keinem zugewiesen und zum Untersuchungszeitpunkt 12 Untersuchten (30%). 12 Befragte (30%) erreichten vor dem Unfall einen Wert von 3. Zum Untersuchungszeitpunkt wurde dieser Wert 14 Patienten (35%) zugeteilt. 13 Befragte (32,5%) gaben einen Wert von 4 vor dem Unfall an, während zum Untersuchungszeitpunkt diesem Wert 3 Patienten (7,5%) zugeordnet wurden. Vor den Unfall wurden 7 Probanden (17,5%) dem Wert 5 zugeteilt und zum Zeitpunkt der Untersuchung 1 (2,5%). 5 Untersuchten (12,5%) wurde vor dem Unfall ein Scorewert von 6 zugeordnet.

Die folgende Abbildung veranschaulicht die Ergebnisse:

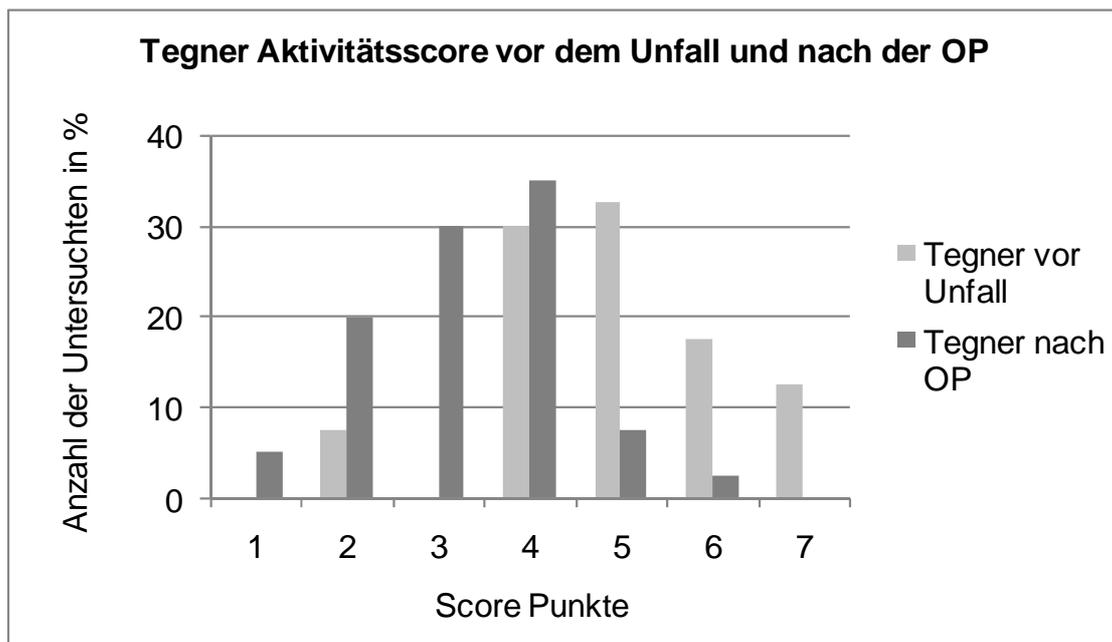


Abb. 22: Darstellung des Tegner Aktivitätsscores

### 3.9 Vergleich der Gruppen autologe Beckenkammpongiosa (BK) und vitalisiertes Allograft (VA)

#### 3.9.1 Präoperative Situation

Das mittlere Alter der Gruppe BK betrug zum Operationszeitpunkt 51,2 Jahre und das der Gruppe VA 51,1 Jahre.

Bei den mit autologer Beckenkammpongiosa Versorgten befinden sich 22 (75,5%) Patienten, die ein Monotrauma und 7 (24,1%), die eine Mehrfachverletzung erlitten. Dagegen befinden sich in der Gruppe VA 9 (81,8%) Mono- und 2 (18,2%) Mehrfachverletzte.

**Verletzungsausmaß in den Gruppen BK und VA**

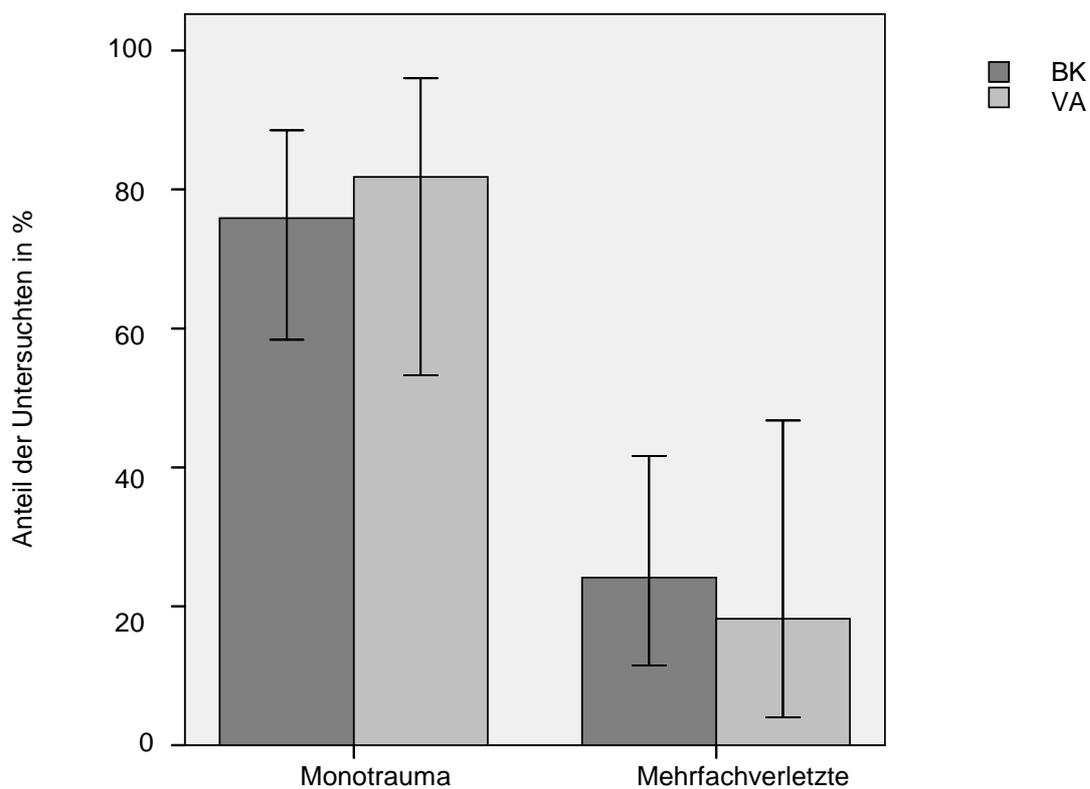


Abb. 23: Darstellung über das Verletzungsausmaß in den Gruppen BK und VA

Bei 10 Probanden (34,5%), die mit autologer Beckenkammpongiosa versorgt wurden, ging der Fibula-pro-Tibia Spongiosaplastik ein Infektverlauf voraus. In der Gruppe, die mit vitalisiertem Allograft versorgt wurden, hatten 6 Patienten (54,5%) vor dem Eingriff einen Infekt.

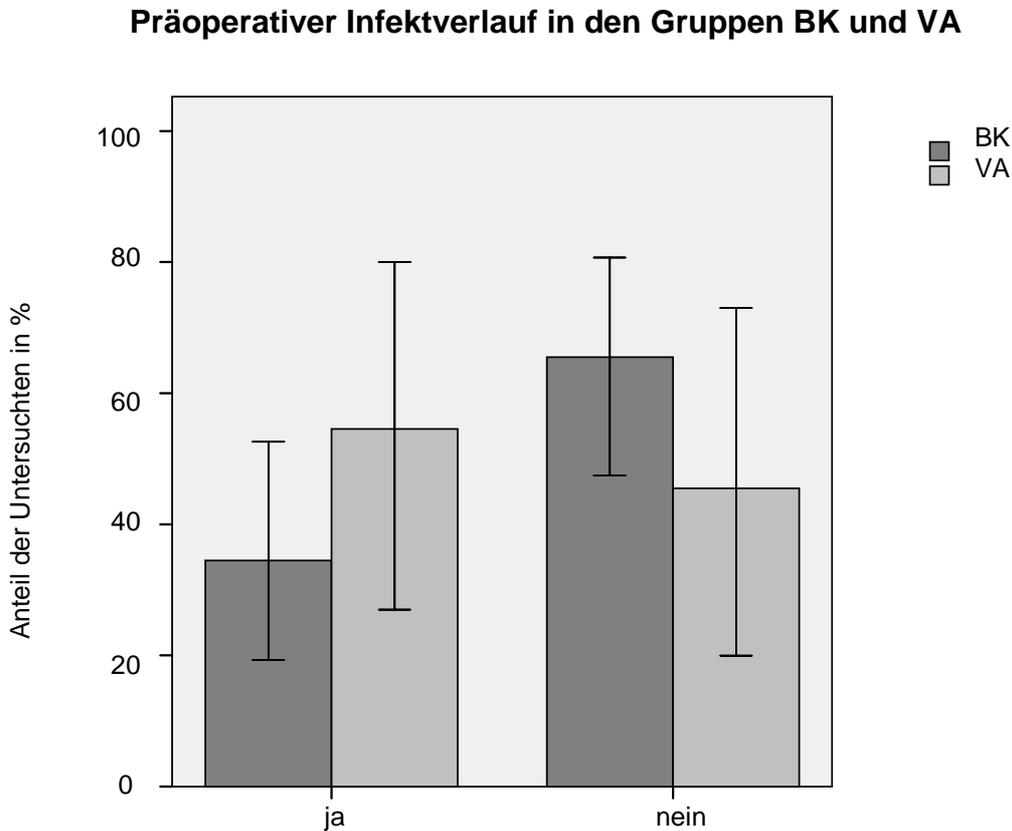


Abb. 24: Darstellung über den präoperativen Infektverlauf in den Gruppen BK und VA

Die Zeit zwischen dem Unfall und der Durchführung der Spongiosaplastik ergibt bei den mit autologer Beckenkammpongiosa Versorgten einen Median von 176 Tagen und bei der Gruppe, die mit vitalisiertem Allograft versorgt wurden von 196 Tagen.

### **3.9.2 Behandlungs-Verlauf im Vergleich**

Der stationäre Aufenthalt der mit autologer Beckenkamm-spongiosa Versorgten stellte sich mit einem Median von 14 Tagen, der Median der Gruppe VA mit 16 Tagen dar. Der U-Test ergab einen p-Wert von 0,118.

Im Median benötigten die Patienten in der Gruppe BK nach der Spongiosaplastik noch 1 Operation und die Patienten der Gruppe, die mit vitalisiertem Allograft versorgt wurden noch 2 Operationen wie z.B. Metall- oder Fixateurentfernungen. Der U-Test ergab  $p=0,506$ .

### **3.9.3 Ergebnisse der Patientenbefragung**

7 (24,1%) Patienten der Gruppe BK gaben in der Befragung an, mit dem Operationsergebnis äußerst zufrieden zu sein. Postoperativ sehr zufrieden waren in der Gruppe BK 14 (48,3%) und in der Gruppe, die mit vitalisiertem Allograft versorgt wurden 5 (45,5%). Des Weiteren berichteten 7 (24,1%) der mit autologer Beckenkamm-spongiosa Versorgten, zufrieden zu sein. In der Gruppe VA waren dies 2 (18,2%). Mit dem Operationsergebnis ausreichend zufrieden war in jeweils jeder Gruppe 1 Patient. Keiner gab an, unzufrieden zu sein.

Der Chi<sup>2</sup>-Test ergab keinen signifikanten p-Wert.

**Zufriedenheit mit dem OP-Ergebnis in den Gruppen BK und VA**

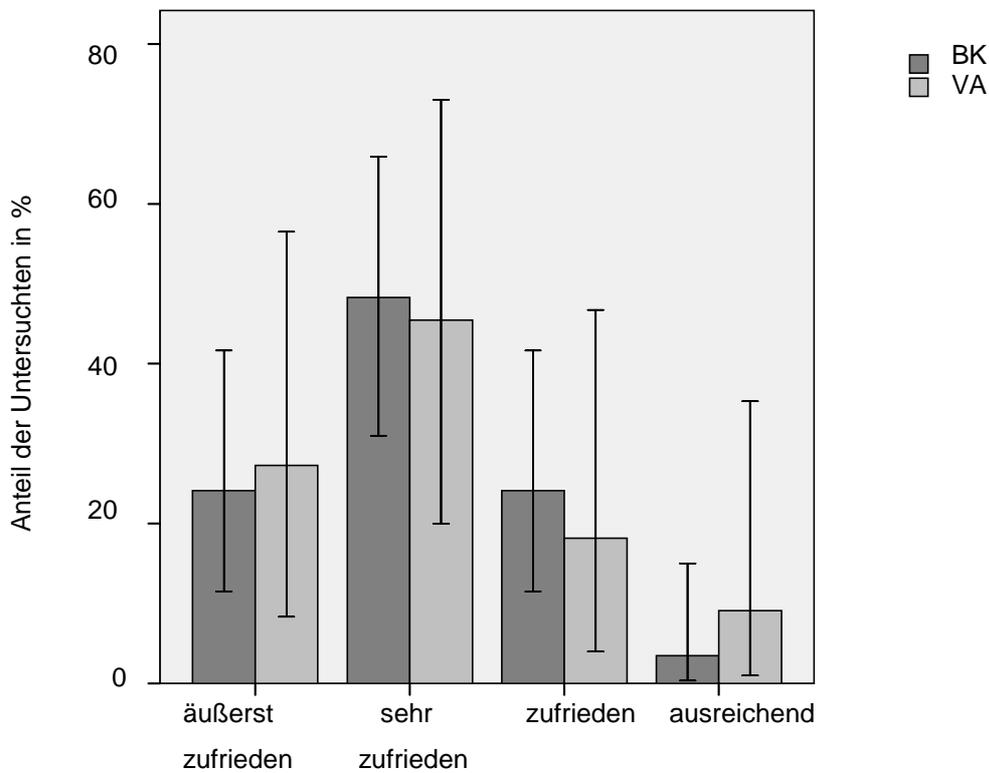


Abb. 25: Darstellung über die postoperative Zufriedenheit in den Gruppen BK und VA

Der Median des subjektiven Schmerzbefindens vor der Operation war in beiden Gruppen mit einem Wert von 7,2 gleich.

Postoperativ zeigte sich bei der Gruppe BK ein Median von 1,2 und in der Gruppe, die mit vitalisiertem Allograft versorgt wurden von 2,3.

Der U-Test ergab einen p-Wert von 0,737.

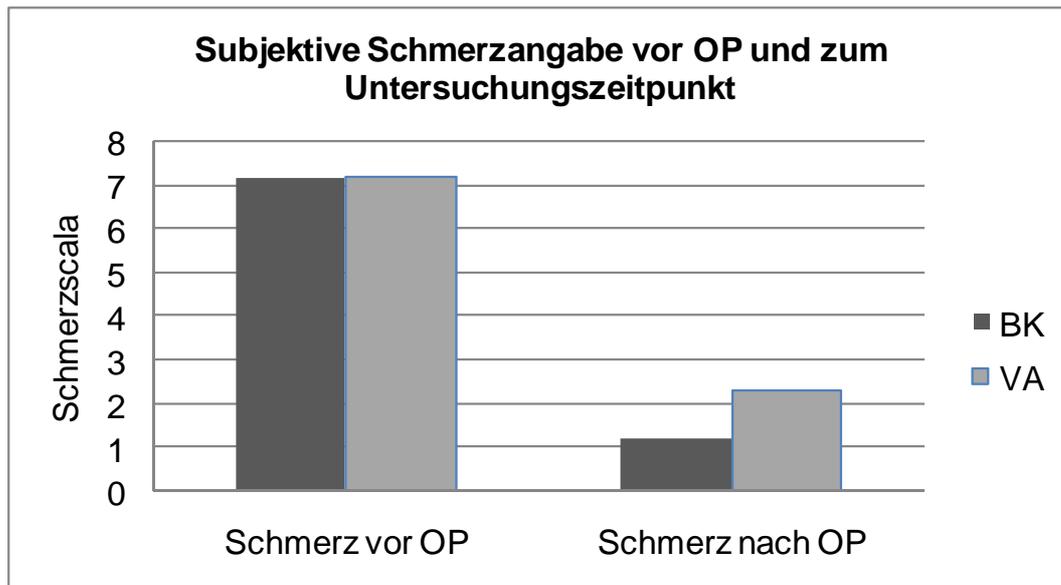


Abb. 26: Darstellung des prä- und postoperativen Schmerzempfindens in den Gruppen BK und VA

Vergleicht man die Angaben zur schmerzfreien Gehstrecke in beiden Gruppen, so kann man der folgenden Abbildung entnehmen, dass in der Gruppe BK 14 Patienten (48,3%) und in Befragung derer, die mit vitalisiertem Allograft versorgt wurden, 5 Patienten (45,5%) angaben, eine uneingeschränkte schmerzfreie Gehstrecke zu haben. Über eine schmerzfreie Strecke von ca. 500m berichteten bei den mit autologer Beckenkammpongiosa Versorgten 5 (17,2%) und in Gruppe VA einer (9,1%). 4 Probanden (13,8%) der Gruppe BK und 3 (27,3%) der Gruppe, die mit vitalisiertem Allograft versorgt wurden, gaben eine ca. 300m lange Distanz an.

Sich nur im Haus schmerzfrei bewegen zu können, beklagten in der Gruppe, die mit autologer Beckenkammpongiosa versorgt wurden 5 Untersuchte (17,2%) und in der Gruppe, die vitalisiertes Allograft erhielten, einer (9,1%). In jeweils einem Fall war kein schmerzfreies Gehen möglich.

Der Chi<sup>2</sup>-Test ergab keinen signifikanten Unterschied.

**Schmerzfrequenz in den Gruppen BK und VA**

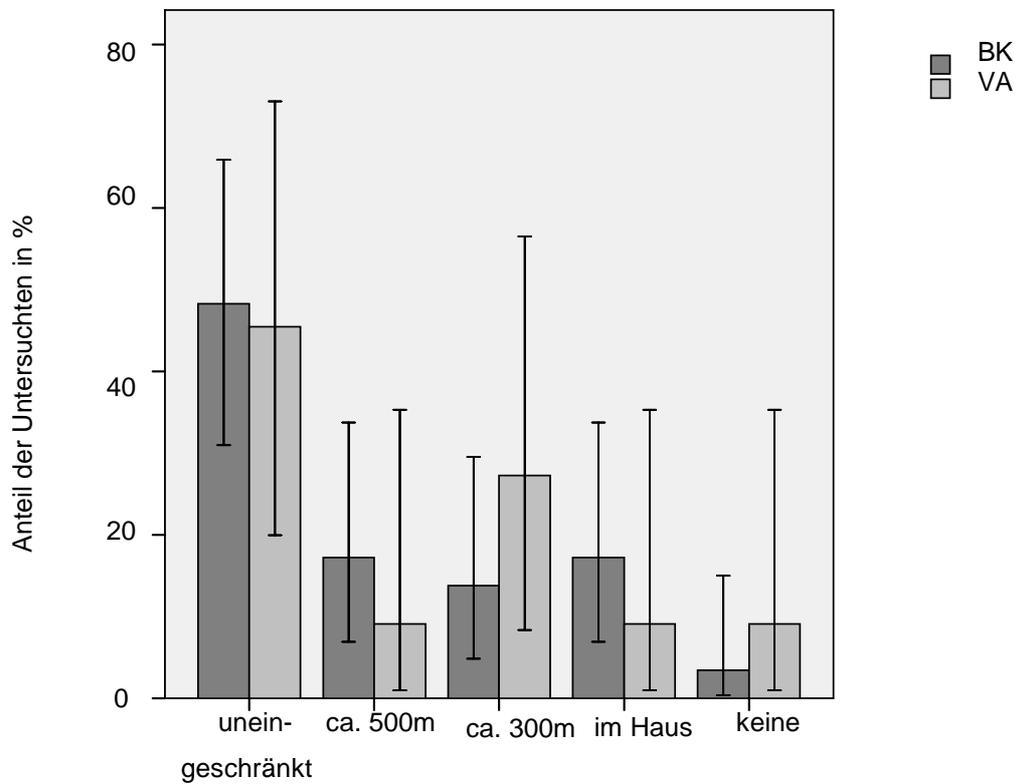


Abb. 27: Darstellung der schmerzfrequenz in den Gruppen BK und VA

Bei der Befragung nach einer bestehenden Schmerzmitteleinnahme zum Untersuchungszeitpunkt gaben in der Gruppe BK 17 (58,6%) und in der Gruppe VA 8 (72,7%) Patienten an keine Schmerzmittel einzunehmen. In der Gruppe BK nahmen 8 (27,6%) bei Bedarf und 4 (13,8%) regelmäßig Schmerzmittel ein, bei den mit vitalisiertem Allograft Versorgten 3 (27,3%). Der p-Wert zeigte keinen signifikanten Unterschied.

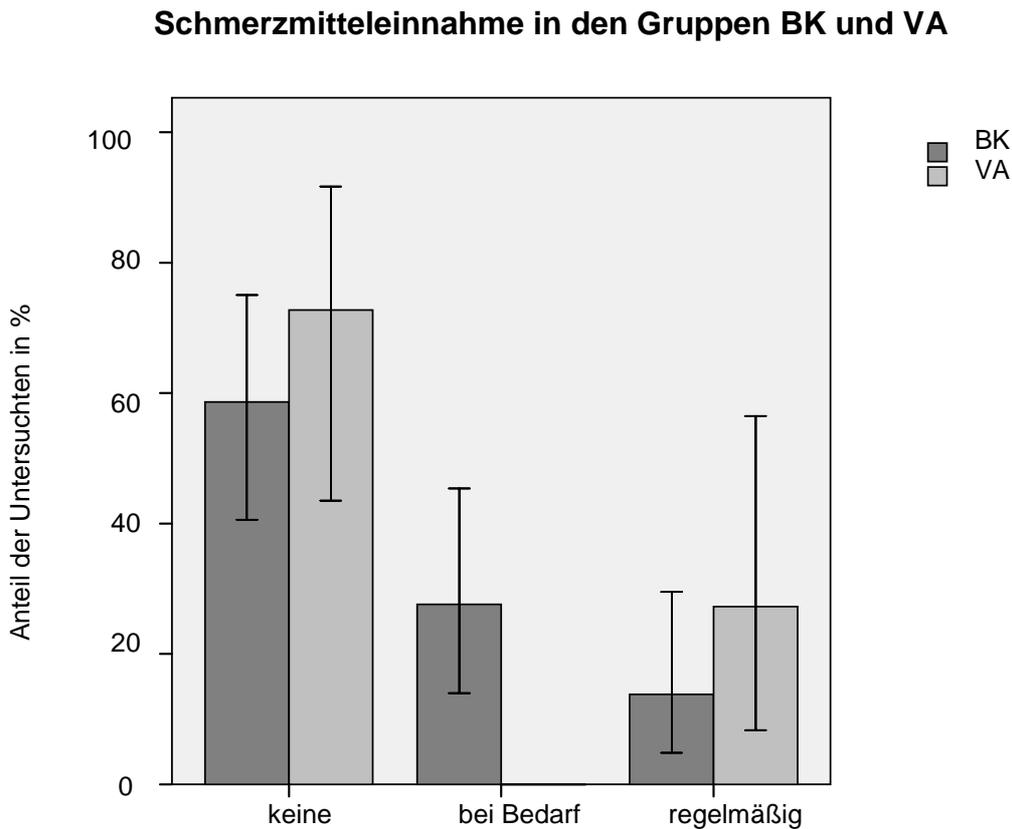


Abb. 28: Darstellung der Schmerzmitteleinnahme in den Gruppen BK und VA

Die Arbeitsstelle, die die Untersuchten vor dem Unfall hatten, konnte in der Gruppe BK von 20 (69%) Personen und in der Gruppe, die mit vitalisiertem Allograft versorgt wurden von 7 (63,6%) wieder aufgenommen werden.

5 Patienten (17,2%) der mit autologer Beckenkammpongiosa Versorgten konnten dies nicht. Jeweils 4 (13,8% und 36,8%) Patienten in beiden Gruppen waren bereits zum Zeitpunkt des Unfalls berentet.

Der Chi<sup>2</sup>-Test ergab keinen signifikanten Unterschied.

### 3.9.4 Nachuntersuchungsergebnisse

Bei der Bewertung des Gangbildes hinkten 11 der mit Beckenkammspongiosa versorgten Patienten (37,9%) überhaupt nicht. In der Gruppe VA hinkten 4 Untersuchte (36,4%) nicht. Bei 13 (44,8%) der mit autologer Beckenkammspongiosa Versorgten und bei 3 Probanden (27,3%) der Gruppe, die mit vitalisiertem Allograft versorgt wurden, war ein leichtes Hinken festzustellen. Ein deutliches Hinken wurde bei 5 Verunfallten (17,2%) der Gruppe BK und bei 4 (36,4%) der Gruppe VA beobachtet.

Der Chi<sup>2</sup>-Test zeigte keinen signifikanten Unterschied.

Eine Gehstütze benötigten zum Zeitpunkt der Untersuchung noch 8 (27,6%) der mit autologer Beckenkammspongiosa Versorgten und 3 (27,3%) der Gruppe VA.

Orthopädische Hilfsmittel wurden von 14 (48,3%) der Untersuchten der Gruppe BK und von 8 Personen (72,7%) der mit vitalisiertem Allograft Versorgten benötigt.

Der Chi<sup>2</sup>-Test ergab keinen signifikanten Unterschied.

Die Narbenverhältnisse waren bei allen reizlos, auch bei den Patienten, die vor der Fibula-pro-Tibia Spongiosaplastik einen Infektverlauf hatten.

Die Bewegungseinschränkung im Kniegelenk bei Beugung im Vergleich zur gesunden Seite ergab, dass 17 Patienten (58,6%) der Gruppe BK und 7 (63,6%) der Gruppe, die mit vitalisiertem Allograft versorgt wurden keine Bewegungseinschränkungen im Kniegelenk des betroffenen Beins aufwiesen. Eine Einschränkung von 5° zeigten 6 der Versorgten (20,7%) mit autologer Beckenkammspongiosa und einer (9,1%) der Gruppe VA. Bei 5 Untersuchten (17,2%) der Gruppe BK und 2 Probanden (18,2%) der Gruppe VA wurde eine Beweglichkeitsminderung von 10° gemessen. Keiner von beiden Gruppen hatte eine Minderung von 15°. Bei einem Patient der Gruppe VA wurde eine

Einschränkung von  $20^\circ$  festgestellt und ein Patient der Gruppe BK hatte eine Einschränkung von  $>20^\circ$ .

Der Chi<sup>2</sup>-Test ergab keinen signifikanten Unterschied.

Die folgende Abbildung veranschaulicht die obengenannten Ergebnisse:

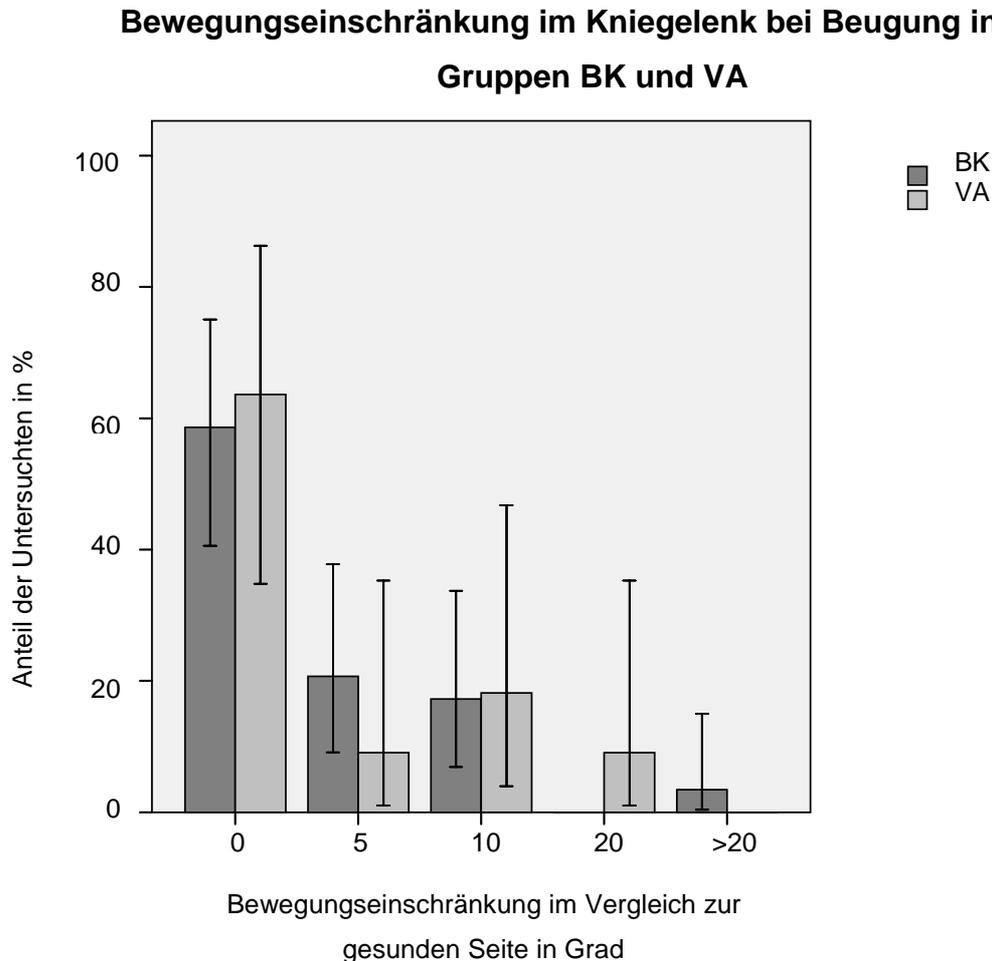


Abb. 29: Darstellung der Bewegungseinschränkung im Kniegelenk bei Beugung in den Gruppen BK und VA im Vergleich zur gesunden Seite in Grad

Die Nachuntersuchung der Beugefähigkeit im OSG zeigte bei 7 Patienten (24,1%) der Gruppe BK und einem Probanden (9,1%) der mit vitalisiertem Allograft Versorgten keine Bewegungseinschränkung. In der Gruppe BK wurde bei 10 Untersuchten (34,5%) und in der Gruppe VA bei 7 Personen (63,6%) eine Einschränkung von  $5^\circ$  gemessen werden. Bei den mit autologer Beckenkammspongiosa Versorgten hatten 8 (27,6%) eine Minderung der

Beugefähigkeit von 10°, 3 Untersuchte (10,3%) von 1 5° und ein Patient (3,4%) von 20°. Bei den mit vitalisiertem Allograft Versorgten hatte jeweils ein Proband (9,1%) eine Einschränkung von 10°, 15° und 20°.

Der Chi<sup>2</sup>-Test ließ keinen signifikanten Unterschied zwischen der Beugefähigkeit der beiden Gruppen erkennen.

### Bewegungseinschränkung für die Beugung im OSG in den Gruppen BK und VA

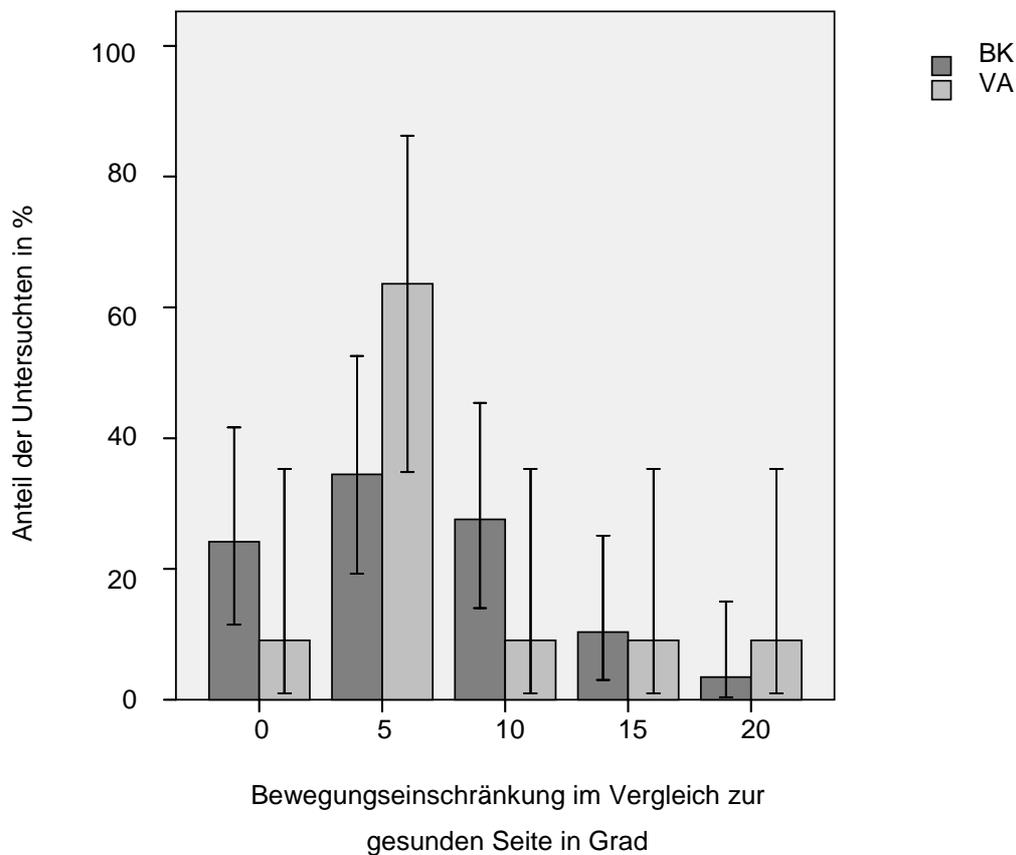


Abb. 30: Darstellung der Bewegungseinschränkung der Beugung im OSG in den Gruppen BK und VA im Vergleich zur gesunden Seite in Grad

Bei 4 Patienten (13,8%) der mit autologer Beckenkammpongiosa Versorgten zeigte sich keine Minderung der Beweglichkeit im OSG, bei 3 Probanden (10,3%) eine Einschränkung von 5°. In der Gruppe VA hatten 3 Untersuchte (27,3%) ebenfalls eine Einschränkung von 5°. In der Gruppe BK wiesen 9 (31%) und in der Gruppe VA 2 Verunfallte (18,2%) eine Minderung von 10° auf.

Eine Bewegungseinschränkung von 15° zeigten in der Gruppe, die mit autologer Beckenkammpongiosa versorgt wurde 5 Patienten (17,2%) und in der Gruppe VA ein Patient (9,1%). 7 (24,1%), die autologe Beckenkammpongiosa erhielten und 4 (36,4%), die mit vitalisiertem Allograft versorgt wurden, hatten eine Einschränkung von 20°. Bei jeweils einem Patienten in beiden Gruppen ließen sich mehr als 20° Differenz messen. Der Chi<sup>2</sup>-Test ergab keinen signifikanten Unterschied.

**Bewegungseinschränkung für die Streckung im OSG in den Gruppen BK und VA**

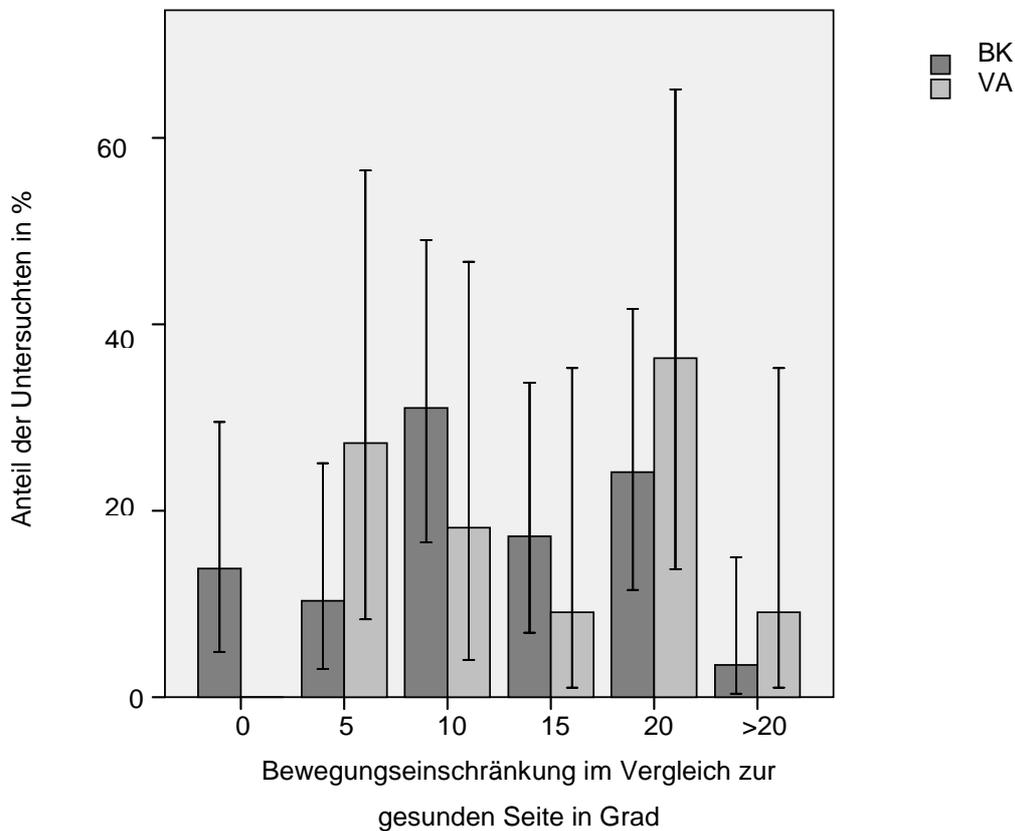


Abb. 31: Darstellung der Bewegungseinschränkung der Streckung im OSG in den Gruppen BK und VA im Vergleich zur gesunden Seite in Grad

Im Median war die Beinlängendifferenz im Vergleich zum gesunden Bein bei der Patientengruppe, die mit autologer Beckenkammpongiosa behandelt wurde, um 0,5cm und bei der Gruppe VA um 1,0cm kürzer.

Der U-Test ergab ein  $p=0,280$ .

### **3.9.5 Auswertung der Röntgenbilder**

Im Hinblick auf den Kalksalzgehalt wurde im Röntgenbild bei 2 Patienten (6,9%) der Gruppe BK und bei einem Probanden (9,1%) der Gruppe, die mit vitalisiertem Allograft versorgt wurde eine Minderung festgestellt.

Eine Arthrose im Kniegelenk wurde bei 6 Untersuchten (20,7%) der mit autologer Beckenkammspongiosa Versorgten und bei 3 Patienten (27,3%) der Gruppe VA gefunden.

Bei 6 Untersuchten (20,7%) der mit autologer Beckenkammspongiosa versorgten Gruppe zeigte sich radiologisch eine Arthrose im OSG. In der Gruppe VA waren es 3 (27,3%).

Die radiologisch sichtbare Überbrückungslänge der Spongiosaplastik lag in der Gruppe BK im Durchschnitt bei 25,5% der Tibiagesamtlänge. Bei den mit vitalisiertem Allograft Versorgten betrug die Überbrückungslänge im Mittel 22,7%.

Der t-Test ergab ein  $p$  von 0,316.

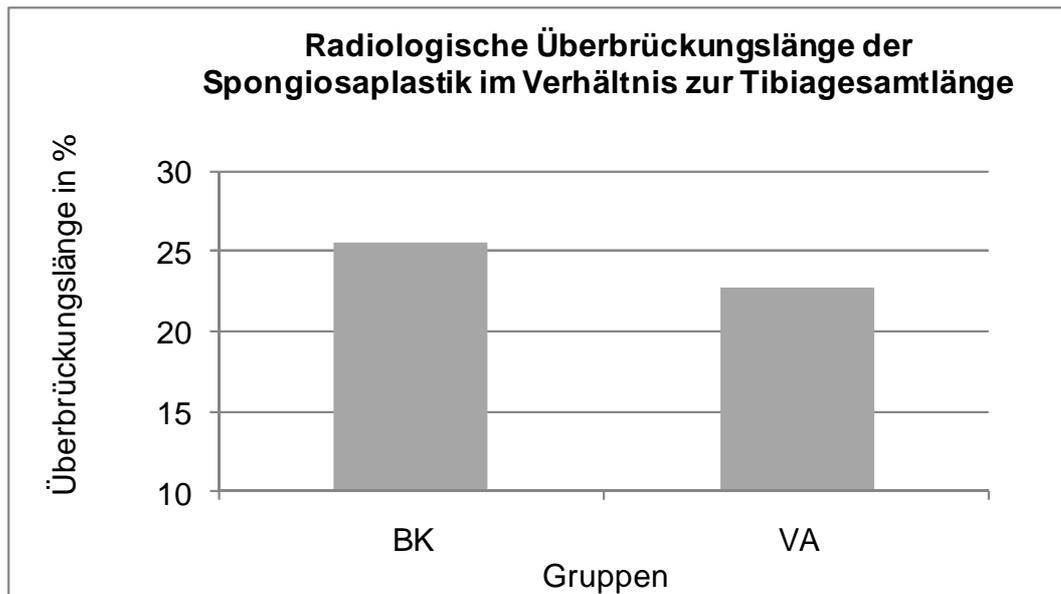


Abb. 32: Darstellung der Überbrückungslänge der Spongiosaplastik im Verhältnis zur Tibiagesamtlänge der Gruppen BK und VA

Eine radiologisch gute Durchbauung zeigte sich in der Gruppe BK bei 24 Aufnahmen (82,8%). In der Gruppe, die mit vitalisiertem Allograft versorgt wurden waren dies 4 (36,4%).

Eine partielle Durchbauung wurde in der Gruppe BK bei 5 Röntgenbildern (17,2%) festgestellt und in der Gruppe VA bei 15 Aufnahmen (63,6%). In keinem Röntgenbild der beiden Gruppen wurde keine Durchbauung gesehen.

Der Chi<sup>2</sup>-Test ergab einen signifikanten Unterschied zwischen den beiden Gruppen BK und VA im Hinblick auf die radiologische Durchbauung mit einem p-Wert von 0,004.

Die radiologische Kontrolle dieser Studie erfolgte bei den mit autologer Spongiosa Versorgten im Mittel 702 Tagen nach der Fibula-pro-Tibia Spongiosaplastik. Der kürzeste Nachuntersuchungszeitraum waren 71 und der längste 1380 Tage. Bei denen Probanden, die vitalisiertes Allograft erhielten kam es im Mittel nach 471 Tagen zur radiologischen Kontrolle im Rahmen dieser Studie. Der kürzeste Zeitraum war 194 Tage nach der Fibula-pro-Tibia Spongiosaplastik und der längste 866 Tage.

Das Ergebnis ist in Abb. 33 verdeutlicht:

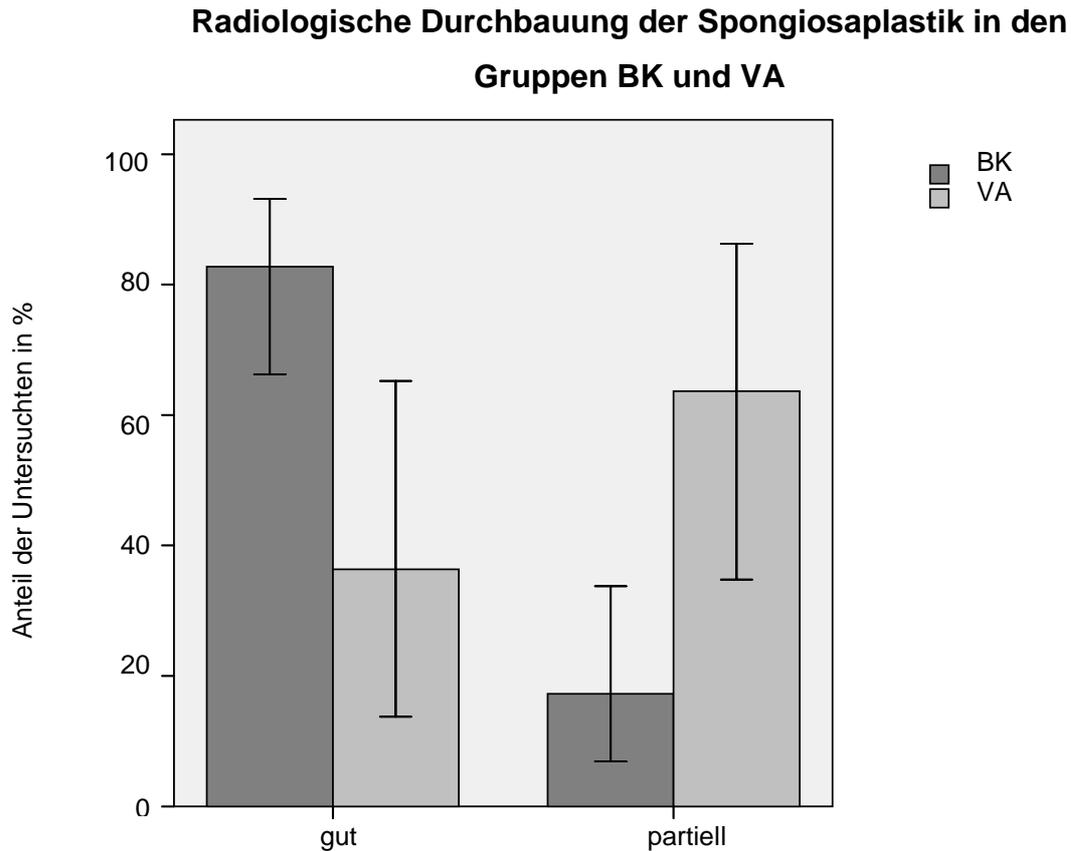


Abb. 33: Darstellung der Durchbauung der Spongiosaplastik in den Gruppen BK und VA

### 3.9.6 Auswertung der Scores

Die Auswertung des Scores nach Merchant und Dietz ergab bei 3 Untersuchten (10,3%) der mit autologer Beckenkammpongiosa Versorgten und bei einem Patienten (9,1%) der Gruppe VA ein exzellentes Ergebnis. Ein gutes Ergebnis erreichten bei den mit autologer Beckenkammpongiosa Versorgten 9 Probanden (31%) und in der Gruppe VA 4 Patienten (36,4%). Bei 6 Untersuchten (20,7%) der Gruppe BK und einem (9,1%) der Gruppe, die mit vitalisiertem Allograft versorgt wurde, wurde ein mäßiges Ergebnis ausgewertet. Bei 11 Probanden (37,9%) der Gruppe BK und 5 (45,5%) der Gruppe VA resultierte ein schlechtes Ergebnis.

Der Chi<sup>2</sup>-Test ergab keinen signifikanten Unterschied zwischen den Gruppen.

**Score Merchant und Dietz der Gruppen BK und VA**

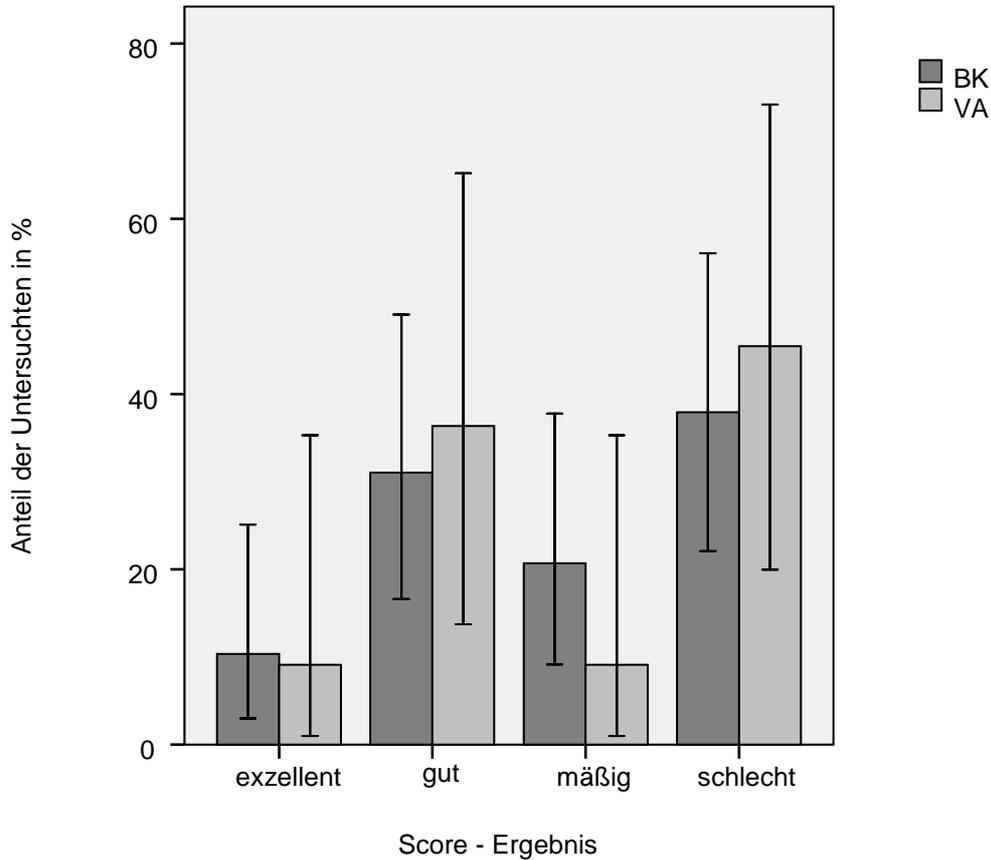


Abb. 34: Darstellung der Ergebnisse des Score nach Merchant und Dietz

In der Kategorie Schmerz des Scores nach Weber konnte bei 3 Patienten (10,3%) der Gruppe BK und bei einem (9,1%) der Gruppe VA ein sehr gutes Ergebnis erzielt werden. Ein gutes Ergebnis erreichten 23 der mit autologer Beckenkammspongiosa Versorgten (79,3%) und 6 Patienten (54,5%) der Gruppe VA. Von 3 Untersuchten (10,3%) der Gruppe BK und von 4 der mit vitalisiertem Allograft Versorgten (36,4%) wurde ein schlechtes Ergebnis ausgewertet.

Der Chi<sup>2</sup>-Test ergab keinen signifikanten Unterschied.

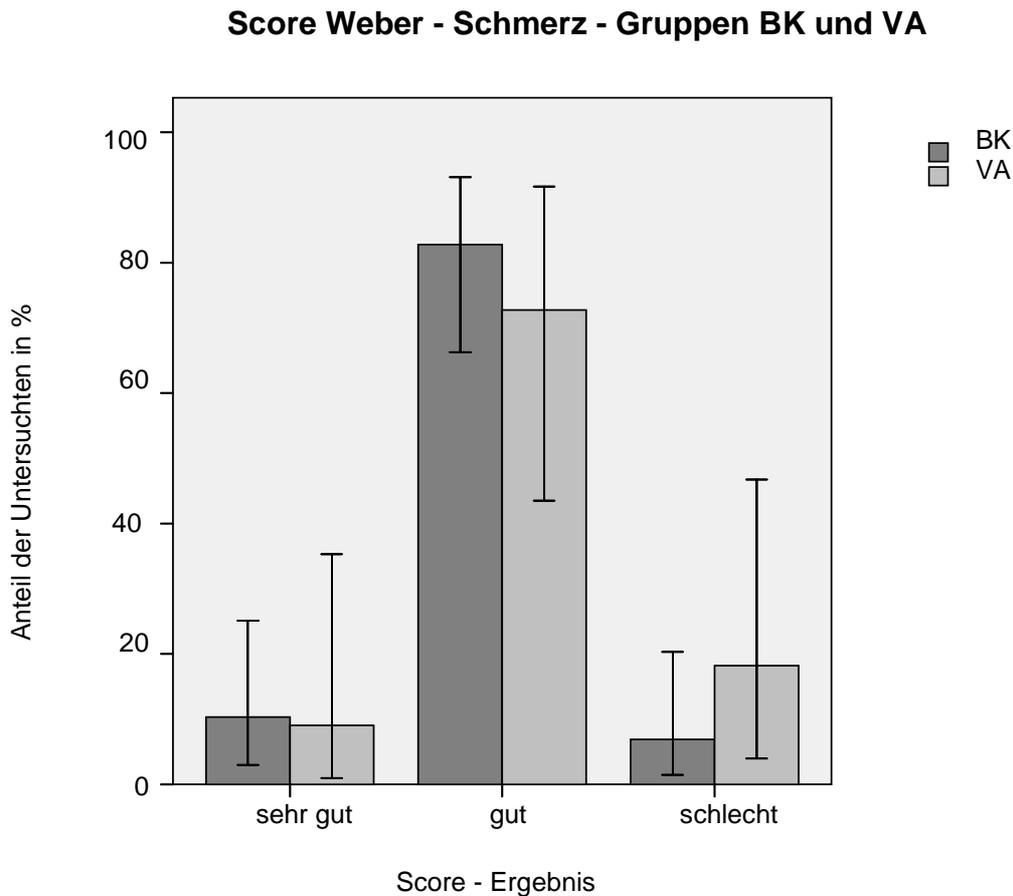


Abb. 35: Darstellung des Schmerz im Score nach Weber in den Gruppen BK und VA

Die Gehleistung im Score nach Weber war bei 6 Untersuchten (20,7%) der Gruppe BK und 3 der mit vitalisiertem Allograft Versorgten (27,3%) mit sehr gut. Ein gutes Ergebnis erzielten bei den mit autologer Beckenkammspongiosa Versorgten 18 (62,1%) und in der Gruppe VA 4 Patienten (36,4%). 5 Untersuchte (17,2%) der Gruppe BK erreichten ein schlechtes Ergebnis und in der Gruppe, die mit vitalisiertem Allograft versorgt wurde 4 (36,4%). Der Chi<sup>2</sup>-Test ergab keinen signifikanten p-Wert.

**Score Weber - Geheleistung - Gruppen BK und VA**

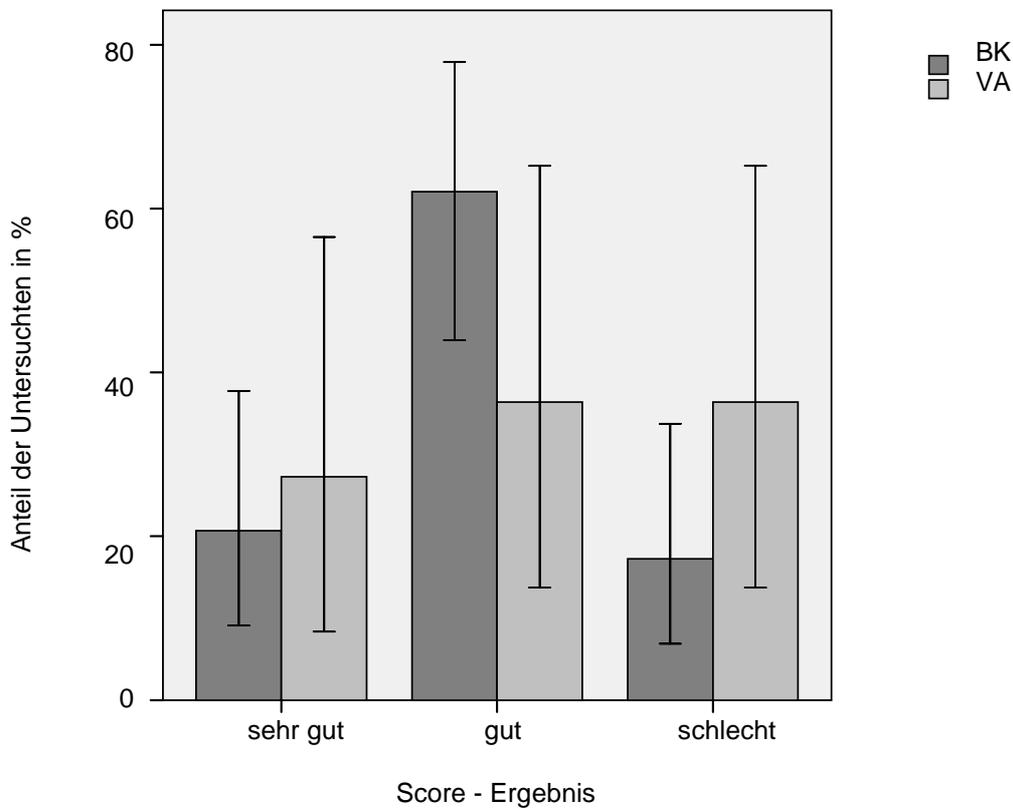


Abb. 36: Darstellung der Geheleistung im Score nach Weber in den Gruppen BK und VA

Im Bereich Aktivität des Scores nach Weber konnte bei 4 Patienten (13,8%) der Gruppe BK und bei einem (9,1%) der mit vitalisiertem Allograft Versorgten ein sehr gutes Ergebnis erzielt werden. Ein gutes Ergebnis erreichten 13 Probanden (44,8%) der Gruppe BK und 6 (54,5%) der mit vitalisiertem Allograft Versorgten. 12 Untersuchte (41,4%), die mit autologer Beckenkammspongiosa versorgt wurden und 4 Probanden (36,4%) der Gruppe VA wurden der Kategorie mit einem definitionsgemäß schlechten Ergebnis zugeordnet. Der Chi<sup>2</sup>-Test ergab keinen signifikanten Unterschied.

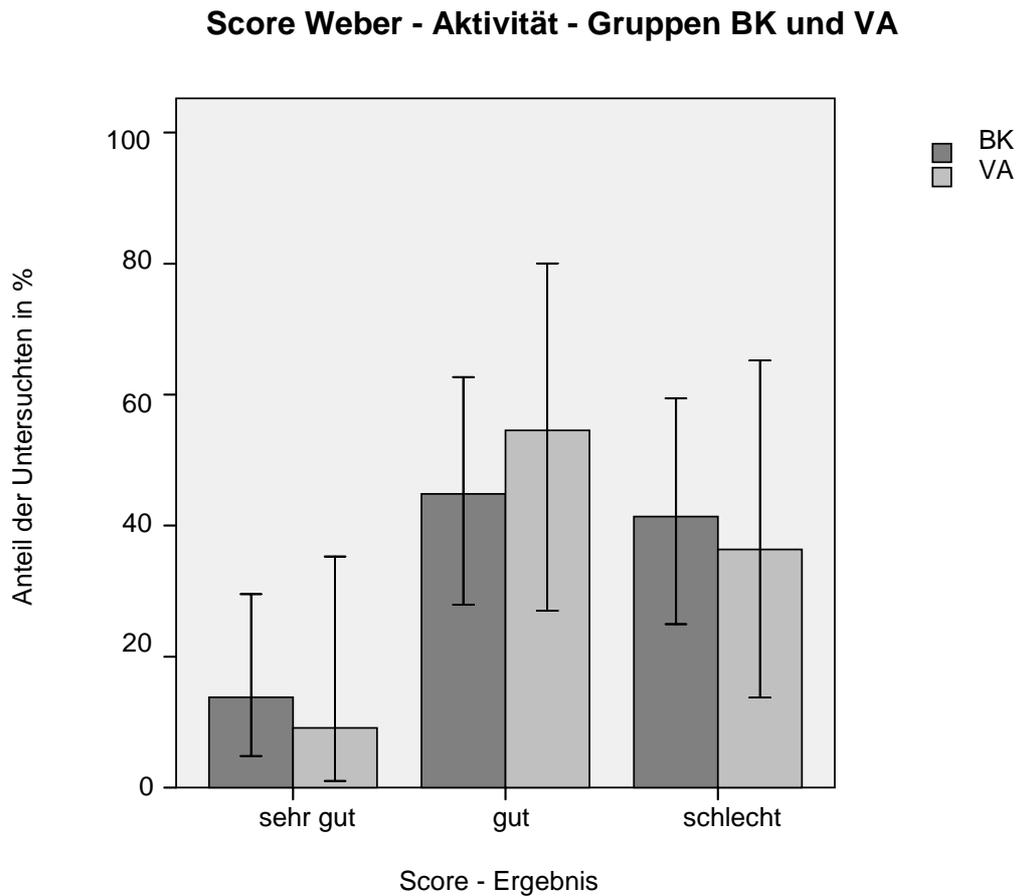


Abb. 37: Darstellung der Aktivität im Score nach Weber in den Gruppen BK und VA

Bei der Auswertung der Röntgenbilder im Score nach Weber konnte bei 17 Patienten (58,6%) der Gruppe BK und 6 (54,4%) der mit vitalisiertem Allograft Versorgten ein sehr gutes Ergebnis erzielt werden. In der Gruppe BK erhielten 6 Probanden (20,7%) ein gutes und weitere 6 (20,7%) ein schlechtes Ergebnis. In der Gruppe VA waren es 2 Patienten (18,2%) mit einem guten und 9 (22,5%) mit einem schlechten Ergebnis.

Ein signifikanter Unterschied wurde mittels des Chi<sup>2</sup>-Tests nicht festgestellt.

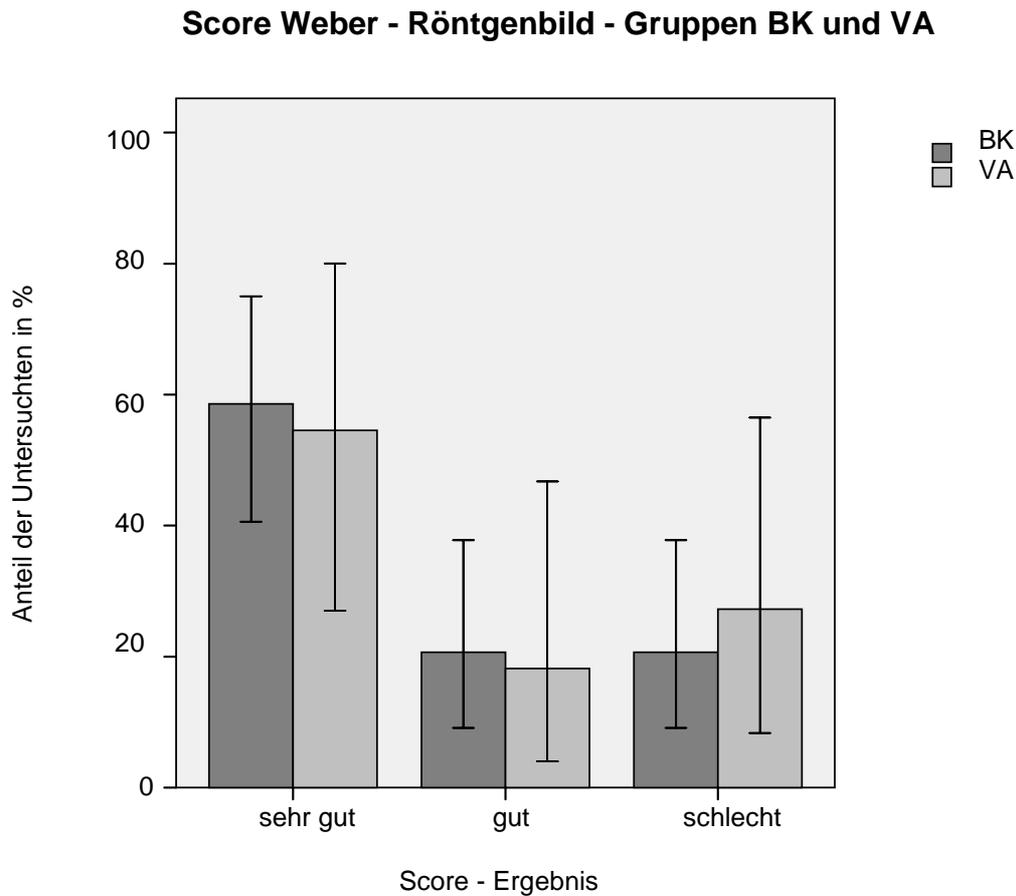


Abb. 38: Darstellung der Beurteilung des Röntgenbildes im Score nach Weber in den Gruppen BK und VA

Die OSG Bewertung im Score nach Weber wurde bei 2 Untersuchten (6,9%) der Gruppe BK und einem (9,1%) der Gruppe, die mit vitalisiertem Allograft versorgt wurde, mit sehr gut ausgewertet. Ein gutes Ergebnis erzielten in der Gruppe BK 25 Patienten (86,2%) und in der Gruppe VA 9 Probanden (81,8%). Bei 2 Untersuchten (6,9%), die mit autologer Beckenkammpongiosa versorgt wurden, wurde ein schlechtes Ergebnis ausgewertet. In der Gruppe VA war dies ein Patient (9,1%).

Der Chi<sup>2</sup>-Test ergab keinen signifikanten p-Wert.

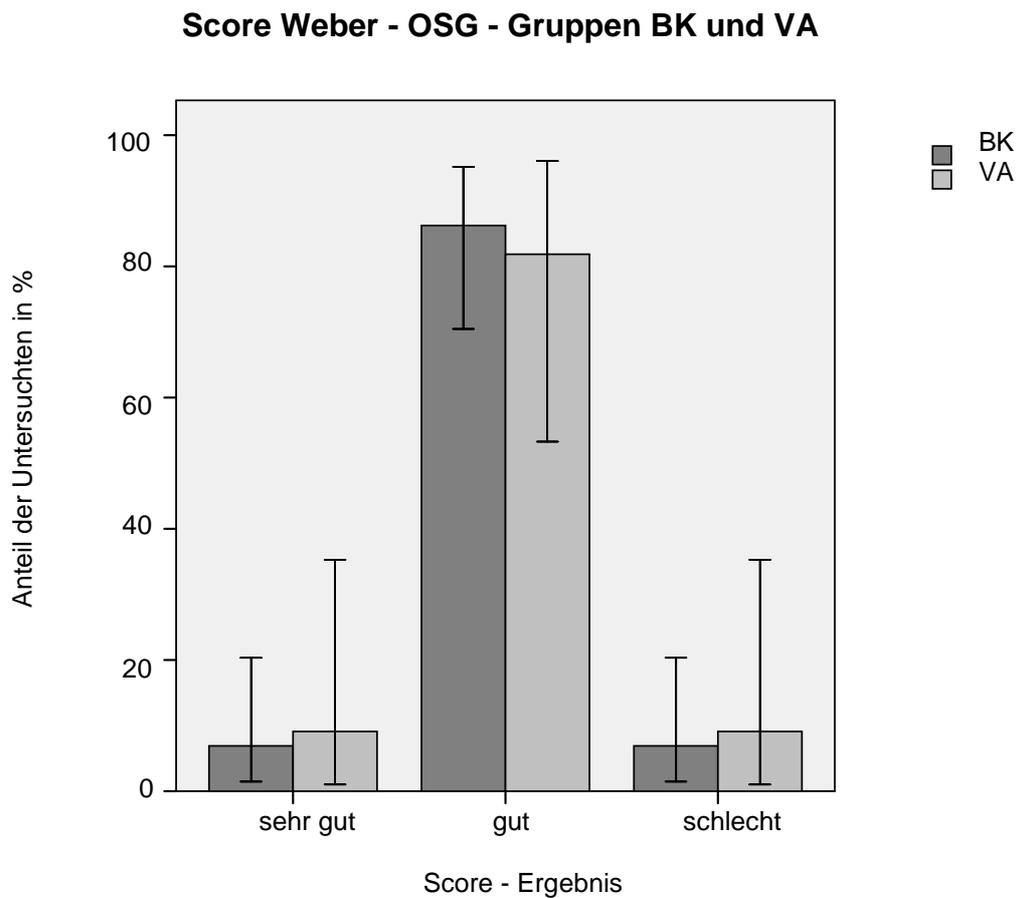


Abb. 39: Darstellung der Beurteilung des OSG im Score nach Weber in den Gruppen BK und VA

Bei der Auswertung des USG Ergebnisses im Score nach Weber wurde bei 4 Patienten (13,8%) der Gruppe BK und 2 (18,2%) der Gruppe VA ein sehr gutes Ergebnis erzielt. Bei den mit autologer Beckenkammpongiosa Versorgten erhielten 21 (72,4%) ein gutes, 4 (13,8%) ein schlechtes Ergebnis. Bei den mit vitalisiertem Allograft Versorgten waren es 5 Patienten (45,5%) mit einem guten und 4 (36,5%) mit einem schlechten Ergebnis.

Ein signifikanter Unterschied wurde mittels des Chi<sup>2</sup>-Tests nicht festgestellt werden.

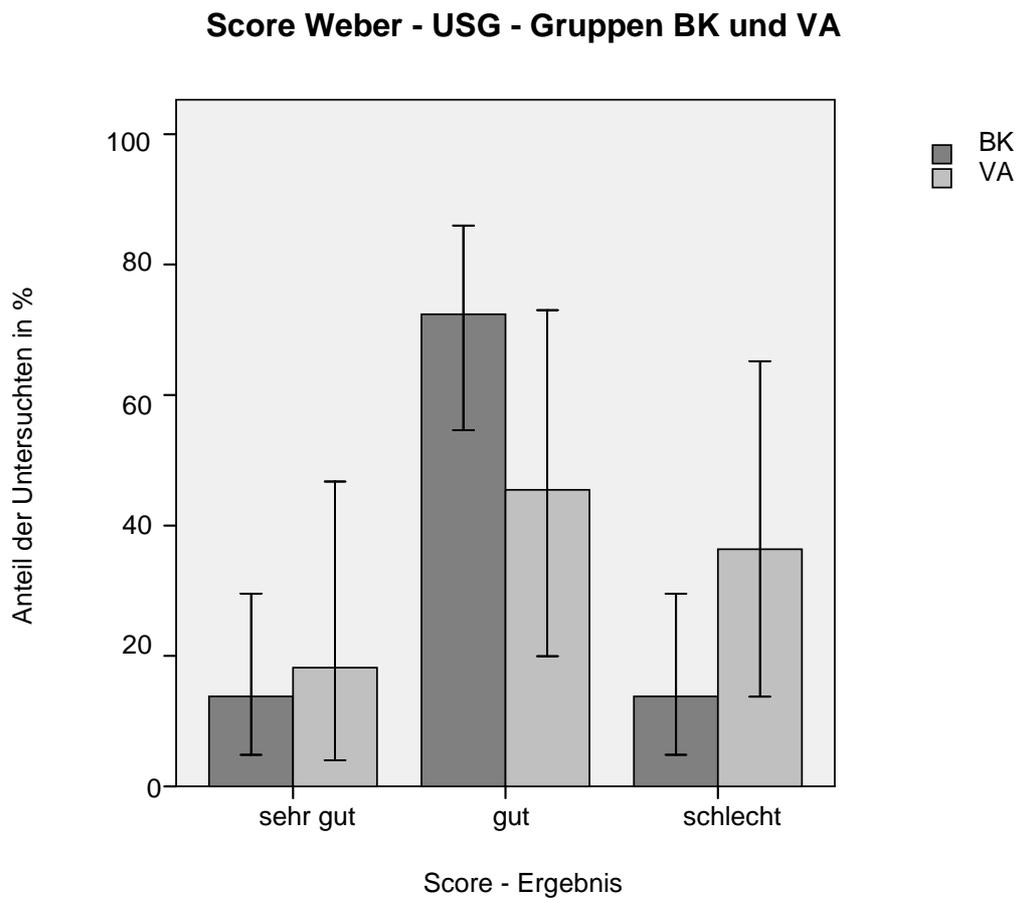


Abb. 40: Darstellung der Beurteilung des OSG im Score nach Weber in den Gruppen BK und VA

## 4 Kasuistiken

Im folgendem werden zwei typische Verläufe anhand von Röntgenbildern dargestellt.

### 4.1 Fall 1

Die Patientin stürzte am 09.01.2004 auf dem Weg zur Arbeit bei Glätteis aus und zog sich dabei eine geschlossene distale Unterschenkelmehrfachfraktur rechts zu (siehe Abb. 41). Die primäre operative Versorgung erfolgte noch am Tag des Unfalls. Es wurde ein sprunggelenksübergreifender Fixateur rechts angelegt sowie eine Fibulaverplattung mittels 9-Loch Titan Drittelrohrplatte durchgeführt.



Abb. 41: Röntgenbefund am Unfalltag

Am 15.01.2004 erfolgte eine Plattenosteosynthese der rechten Tibia mittels distaler 10-Loch Tibiaplate und die Entfernung des Fixateur externe. Am 02.02.2004 konnte die Patientin mit reizlosen Wundverhältnissen und selbstständig mit 2 Gehstützen gehfähig aus der stationären Behandlung entlassen werden.

Nachfolgend bildete sich ein Weichteilinfekt an der Außenseite des rechten distalen Unterschenkels aus, so dass am 15.04.2004 eine operative Revision mit Teilmetallentfernung und Einlage einer Dauerdrainage erfolgen musste.



Abb. 42: Röntgenbefund kurz nach Fibula-pro-Tibia Spongiosaplastik

Aufgrund einer verzögerten Frakturheilung wurde die Indikation zur Fibula-pro-Tibia Spongiosaplastik gestellt. Diese konnte knapp 4 Monate nach dem Unfall am 06.05.2004 mit einer Spongiosaplastik vom vorderen Beckenkamm

durchgeführt werden. Zusätzlich wurden Tibia und Fibula mit 2 Stellschrauben, eine distal und eine proximal der Spongiosaplastik fixiert.

Die Patientin wurde am 25.05.2004 nach Hause entlassen. Am 16.09.2004 erfolgte die Metallentfernung der Platte und der Schrauben am Außenknöchel aufgrund einer Wunddehidenz, die im weiteren Verlauf zur Ausheilung kam.

Die vollschichtige Arbeitsfähigkeit trat am 02.10.2004 wieder ein.

Am 29.03.2007 stellte sich die Patientin zur Nachuntersuchung im Rahmen der Studie vor. Sie gab an, mit dem Operationsergebnis sehr zufrieden zu sein und benötigte keinerlei Hilfsmittel mehr. Im Score nach Merchant und Dietz erreichte sie 94 Punkte und damit ein sehr gutes Ergebnis. Die Ergebnisse im Score nach Weber fielen in allen Bereichen außer der OSG Bewertung sehr gut aus. In der OSG Bewertung erreichte sie gute Ergebnisse.

Die Nachuntersuchung zeigte ein flüssiges Gangbild. Zehen- und Fersenstand konnten problemlos demonstriert werden. In der Kniebeweglichkeit und der Beugung im OSG zeigte sie keine Einschränkung. Im OSG zeigte sich bei Streckung ein Defizit von 20° im Vergleich zur Gegenseite.

Radiologisch zeigte sich eine gute Durchbauung.



Abb. 40: Röntgenbefund zum Nachuntersuchungstermin

#### 4.2 Fall 2

Die Patientin war am 08.07.2005 im Ausland verunfallt und hatte sich eine 1.gradig offene komplette distale Unterschenkelfraktur links mit Tibiamehrfragmentfraktur zugezogen. Die Vorstellung in der

Berufsgenossenschaftlichen Unfallklinik Tübingen war am 11.07.2005. Am selben Tag erfolgte die geschlossene Reposition, Wundversorgung und Anlage eines Fixateur externe.

Die Abbildung zeigt den Röntgenbefund vom 11.07.2005 vor der Behandlung.



Abb. 43: Röntgenbefund vor Erstversorgung

Am 18.07.2005 erfolgte nach Weichteilkonditionierung die offene Reposition, Plattenosteosynthese der distalen Fibula sowie Anlage eines Hybrid-Fixateurs. Aufgrund der verzögerten Knochenbruchheilung erfolgte am 21.02.2006 die Fibula-pro-Tibia Spongiosaplastik mit vitalisiertem Allograft. Die Abbildung zeigt den postoperativen Röntgenbefund 42 Tage nach der Spongiosaplastik.



Abb. 44: Röntgenbefund 42 Tage nach Spongiosaplastik

Am 19.06.2006 wurde die Patientin wegen sich seit mehreren Wochen entleerenden trüben Sekrets aus einer 2 mm große Fistelöffnung im Bereich der Operationsnarbe am Außenknöchel stationär aufgenommen. Am 20.06.2006 erfolgte die vollständige Metallentfernung und es wurde eine Fistelexzision durchgeführt. Eine mikrobiologische Untersuchung ergab keinen Erregernachweis. Am 07.07.2006 erfolgte die Sekundärnaht nach Vacuumtherapie.

Die vollschichtige Arbeitsfähigkeit trat am 01.08.2006 ein.

Die Patientin erschien am 13.03.2007 zum Nachuntersuchungstermin im Rahmen der Studie. Sie gab an, mit dem Operationsergebnis zufrieden zu sein, keine Schmerzen zu haben und keine Hilfsmittel zu benötigen.

Im Score nach Merchant und Dietz schnitt sie mit einer Punktzahl von 86 gut ab. Im Score nach Weber ließen sich durchweg sehr gute Ergebnisse auswerten. Ihr Gangbild war flüssig und Zehen- und Fersengang konnten problemlos demonstriert werden. Bewegungseinschränkungen gab es nur im Bereich der Streckung im OSG von 5°.

Radiologisch zeigte sich eine partielle Durchbauung.

Die Abbildung zeigt den Röntgenbefund zum Nachuntersuchungszeitpunkt.



Abb. 45: Röntgenbefund zum Nachuntersuchungstermin

## 5 Diskussion

### 5.1 Material und Methoden

Die Entscheidung, welcher Patient bei der Fibula-pro-Tibia Spongiosaplastik mit autologer oder allogener Spongiosa versorgt wird, fiel bevor man sich dazu entschloss die Ergebnisse in dieser retrospektiven Fallkontrollserie zu evaluieren und wurde von den behandelnden Ärzten getroffen. Somit erfolgte die Verteilung nicht zufällig und es muss eine mögliche Selection-Bias eingeräumt werden. Jedoch konnte mittels Chi<sup>2</sup>-Tests gezeigt werden, dass sich die beiden Gruppen in Alter, Frakturtyp, Infekt, Anzahl an vorangegangenen Operationen, Zeit von Unfall bis zur Operation sowie Rauchgewohnheiten nicht signifikant unterschieden und dadurch vergleichbar sind.

Bei der vorliegenden Fallkontrollserie konnten 40 Patienten untersucht werden – angesichts 2 Untersuchungsarmen von 11 Patienten, die mit vitalisiertem Allograft und 29 Patienten, die mit autologer Spongiosaplastik untersucht wurden sind dies geringe Fallzahlen – allerdings ist eine Tibiapseudarthrose ein nicht sehr häufig eintretendes Krankheitsbild – so sind die Fallzahlen in den bisher veröffentlichten Studien noch geringer: Ateshrang et al. (2009) untersuchten 15 Patienten, die nach Sanierung einer infizierten Tibiapseudarthrose mit vitalisiertem Allograft behandelt wurden. 1990 berichteten Romano et al. über 14 Patienten, deren Tibiapseudarthrose mittels Fibula-pro-Tibia Spongiosaplastik behandelt wurde. Lasanianos et al. beobachteten 23 Patienten, deren Tibiafraktur mit spongiösem Allograft versorgt wurde (2008).

Eine Kontrollgruppe – was bedeuten würde, dass keinerlei operative Maßnahmen bei einer Tibiapseudarthrose durchgeführt werden- konnte aus ethischen Gründen, da vorangegangene Studien und die klinische Erfahrung

gute Ergebnisse im Sinne der Schmerzreduktion und Belastbarkeit erbracht haben nicht generiert werden.

Die Ergebnisse der vorliegenden Fallkontrollstudie können nur eingeschränkt mit anderen veröffentlichten Studien verglichen werden – einerseits, da die Fibula-pro-Tibia Operation seit der Erstbeschreibung von Hahn 1884 viele Überarbeitungen erfahren hat .

Ein weiteres Problem dieser Studie, welches die oben genannten Autoren ebenso hinweisen ist, dass die Patienten wegen der großen Breite an Verletzungsmuster, Begleitverletzungen und vorangegangenen Behandlungen schwierig zu vergleichen sind. In der Gruppe, der mit Beckenkammspongiosa versorgten befanden sich 24,1% Mehrfachverletzte, in der Gruppe mit vitalisiertem Allograft waren es 18,2%. Begleitverletzungen können bei den verwendeten Scores z.B. bei der Untersuchung des Gangbildes oder den subjektiven Schmerzangaben ein schlechteres Ergebnis als bei isolierter Fibula-pro-Tibia Spongiosaplastik bewirken.

In der vorliegenden Fallkontrollserie hatten 67,5% der Untersuchten eine offene Fraktur. Ganz ähnliche Zahlen stellten sich auch bei Broger et al. dar, bei deren Studie zur Fibula-pro-Tibia Operation 67,1% eine offene Fraktur hatten. Bei Campanacci et al. zeigten sich in 65,5% der Fälle offene Tibiafrakturen. Offene Frakturen bergen das Risiko einer Infektion, einer Wundheilungsstörung und der damit verbundenen schlechteren Heilungschancen und schlechteren – ergebnissen.

Eine weitere Störgröße, die einen negativen Einfluss auf die Untersuchungsergebnisse hat, ist das Vorherrschen einer Infektion im Operationsgebiet vor Durchführung der Fibula-pro-Tibia Spongiosaplastik, was bei 40% unserer Probanden der Fall war. Vor der Fibula-pro-Tibia-Spongiosaplastik war bei jedem der Probanden der Infekt ausgeheilt. Es gab keinen signifikanten Unterschied zwischen den Gruppen. Präoperativ hatten 10 (34,5%) der mit autologer Spongiosaplastik Versorgten einen Infekt und 6

(54,5%) Probanden, die mit vitalisiertem Allograft versorgt wurden. Andere Autoren hatten ähnlich hohe präoperative Infektraten, wie z.B. DeOrio et al. (2003), die bei 40% ihrer 5 Patienten präoperativ einen Infekt feststellten, die sie mit der Fibula-pro-Tibia Spongiosaplastik versorgten. Romano et al. (1990) hatten 10% Infekt-pseudarthrosen in ihrem Patientenkollektiv und Meeder et al. (1980) 100% ihrer 18 Patienten.

Zum Zeitpunkt der Fibula-pro-Tibia Spongiosaplastik waren 20 Untersuchte (50%) Raucher. Es gab keinen signifikanten Unterschied zwischen den beiden Gruppen bezüglich des Rauchens. Bekannterweise führt Rauchen zu einer Vasokonstriktion und somit zu einer schlechteren knöchernen und Weichteilkonsolidierung (Boden, 1995).

Weitere Faktoren, wie systemisch angewandte Steroide, die zu einer Hemmung der Zelldifferenzierung im Frakturgebiet führen und NSAR, die die Prostaglandinentwicklung hemmen oder ein Mangel von Calcium oder Phosphor in der Nahrung, was zu einer verzögerten Mineralisierung des neuen Knochens führt, wurden in der vorliegenden und den o.g. veröffentlichten Studien nicht ausgewertet.

Um die vorliegenden Untersuchungsergebnisse mit anderen Studien vergleichen zu können, wurden standardisierte Scores verwendet. Es wurden Scores mit einem hohen subjektiven Anteil gewählt, da die Patienten mit langwierigen Tibiapseudarthrosen und zahlreichen Operationen erfahrungsgemäß im klinischen Alltag meist zufrieden mit dem Operationsergebnis waren. Diese klinische Beobachtung konnte in der vorliegenden Fallkontrollstudie bestätigt werden, da 29 (72,5%) der Untersuchten mit dem Operationsergebnis äußerst bis sehr zufrieden waren. Durch die hohe Subjektivität in den Scores sollte diese Zufriedenheit mehr Gewicht erhalten. An dieser Stelle muss die mögliche Bias der Ergebnisse eingeräumt werden, da in allen der 3 benutzten Scores auf einen hohen subjektiven Anteil geachtet wurde und dadurch andere Gewichtungen möglicherweise vernachlässigt worden sind. Außerdem muss bedacht werden,

dass es durch einen hohen subjektiven Anteil aufgrund falscher Erwartungshaltungen an die Operation oder der langen Therapiedauer zu einer Verzerrung der Selbsteinschätzung kommen kann.

Weiterhin ist das individuelle Schmerzempfinden bei jedem einzelnen Menschen unterschiedlich stark ausgeprägt. Besonders der Score nach Merchant und Dietz (1989) hat eine Gewichtung des Schmerzes von 40%. Im Ergebnis des Score nach Merchant und Dietz (1989) fällt auf, dass nur 10% ein exzellentes, dagegen 40% der Untersuchten ein schlechtes Ergebnis erhielten. Dies ist vor allem auf die hohe Gewichtung des Schmerzes in dem Score zurückzuführen. 9 (22,5%) der Befragten hatten nach der Operation keine Schmerzen mehr. Jedoch nahmen 37,5% der Probanden postoperativ noch regelmäßig oder bei Bedarf Schmerzmittel ein. Im Score erhält der Proband schon dann 10 Punkte weniger, wenn dieser angibt, nach langer oder ermüdender Arbeit Schmerzen zu spüren. Widersprüchlich zur Schmerzauswertung im Merchant und Dietz Score gaben die meisten Probanden bei der subjektiven Befragung anhand der numerischen Schmerzscala an, nach der Fibula-pro-Tibia Spongiosaplastik eine deutliche Schmerzreduktion erfahren zu haben (im Mittel von 6,0 auf 2,0) – dies kann daran liegen, dass der Alltagsschmerz im Merchant und Dietz Score nicht berücksichtigt wird. Somit kann geschlossen werden, dass der Score nach Merchant und Dietz (1989) den Schmerz zu wenig differenziert betrachtet und für Studien, in denen auch die Schmerzreduktion einen Erfolg darstellt, eher weniger geeignet ist.

Allein durch die personenabhängige unterschiedliche Verarbeitung und Bewertung von Schmerzen kann es zu einer Bias gekommen sein, die das Gesamtergebnis beeinflusst.

DeOrio et al. (2003) verwendeten in ihrer Studie zur Nachuntersuchung der 5 Patienten, die sie mittels Fibula-pro-Tibia Spongiosaplastik behandelt haben, die AOFAS (American Orthopedic Foot and Ankle Society) Skala.

Der Tegner Aktivitätsscore, bei dem 10 das Beste und 0 das schlechteste Ergebnis darstellt, ist schon bei den niedrigen Zahlen sehr anspruchsvoll. So muss man beispielsweise um den Wert 5 zu erhalten 2x pro Woche auf

unebenen Untergrund joggen. Die aufgrund multipler Operationen stark beanspruchten Patienten in unserer Untersuchung sind dazu kaum in der Lage. Um auf einen Wert von 6 zu erreichen, soll der Proband mindestens fünf mal pro Woche joggen gehen, was für die meisten unserer Patienten nicht möglich war. Z.B. waren 9 (22,5%) der Untersuchten Mehrfachverletzte mit multiplen Frakturen oder Schädel-Hirn-Traumata mit längeren Intensivstationären Behandlungen, die allein aufgrund ihrer Begleitverletzungen deutlich in ihrem Aktivitätsgrad eingeschränkt waren. Feine Aktivitätsunterschiede können mit dem Tegner Score nicht erfasst werden.

### **5.2 Gesamtergebnisse**

In der vorliegenden Fallkontrollserie hatten 67,5% der Untersuchten eine offene Fraktur. Ganz ähnliche Zahlen stellten sich auch bei Broger et al. dar, bei deren Studie zur Fibula-pro-Tibia Operation 67,1% eine offene Fraktur hatten. Bei Campanacci et al. zeigten sich in 65,5% der Fälle offene Tibiafrakturen. Offene Frakturen bergen das Risiko einer Infektion, einer Wundheilungsstörung und der damit verbundenen schlechteren Heilungschancen und schlechteren – ergebnissen, was die Beurteilung hinsichtlich der Wirksamkeit der Fibula-pro-Tibia Spongiosaplastik negativ verfälschen kann.

Im Schnitt betrug die Zeitspanne vom Unfall bis zur Spongiosaplastik bei unserem Patientenkollektiv 17,84 Monate (kürzester: 1, längster: 281,67 Monate). Der längste Zeitraum bis zur OP ist als Ausreißer zu betrachten, weil alle anderen im oben genannten Mittel liegen. Es ist als ein großer Erfolg zu werten, dass nach einen so langen Zeitraum nach dem Unfall mittels der Spongiosaplastik eine Heilungsrate von 100% in unserem Patientengut erreicht werden konnte. Broger et al. (1963) sowie Mc Master et al. (1965) und Campanacci (1966) untersuchten Patienten, bei denen seit dem Unfall bereits 3 Jahre oder länger vergangen waren. Bei nahezu allen Patienten konnte nach diesen langen Zeiträumen mittels der Fibula-pro-Tibia Spongiosaplastik eine volle Belastbarkeit erreicht werden.

Eine Therapie mittels niedrig gepulsten Ultraschall wäre nach 17,84 Monaten laut Literatur wahrscheinlich nicht so erfolgreich gewesen wäre, da wir von Garland (2007) wissen, wie signifikant entscheidend der frühe Beginn dieser Therapie für den Heilungserfolg ist. Dieser konnte in seiner Studie bei einem Behandlungsbeginn > 6 Monate nach Unfall nur noch von einer Heilungsrate von 75% berichten. Somit ist ein Vorteil der Fibula-pro-Tibia Spongiosaplastik, dass sie auch nach einem Behandlungsbeginn > 6 Monate nach dem Unfall zu einer Heilungsrate von 100% führen kann. Ein weiterer Nachteil der niedrig gepulsten Ultraschalltherapie ist, dass der Erfolg der Methode mit der Compliance des Patienten eng korreliert, der jeden Tag über einen Zeitraum von ca. 150 Tagen (Mayr, 2001; Garland, 2007) für 20 min den Ultraschall anwenden muss. Dieser tägliche Aufwand entfällt bei der Therapie mittels Fibula-pro-Tibia Spongiosaplastik.

Beschriebene Komplikationen der Fibula-pro-Tibia Spongiosaplastik sind postoperative Achsfehlstellungen, Bewegungseinschränkungen und Beinverkürzungen. Bei der Untersuchung der Beugung im OSG des hier vorgestellten Patientenkollektivs wiesen 20% keine Einschränkung auf, 42,5% hatte eine Beweglichkeitsminderung von 5° und weitere 37,5% mehr als 5°. Ähnliche Ergebnisse wurden auch von anderen Autoren erfasst: Mc Master et al. (1965) berichteten von einer Bewegungseinschränkung im OSG bei 13 ihrer 18 behandelten Patienten und auch Dürr und Böhm (1982) beobachteten bei ihren 8 untersuchten Patienten eine eingeschränkte Beweglichkeit im OSG. DeOrio et al. (2003) beobachteten 3 (60%) ihrer Untersuchten eine Einschränkung von 25-75%.

Allerdings müssen die Bewegungseinschränkungen im OSG nicht ausschließlich durch die Operation bedingt sein – sie können ebenso in einer präoperativ längeren Ruhigstellung, häufigen Voroperationen und im primären Verletzungsmuster mitbegründet sein. Im Mittel ergab sich in unserem Untersuchungskollektiv eine Beinverkürzung des operierten Beins von 0,7cm. Diese ist im Vergleich mit anderen Autoren, die sich mit der Nachuntersuchung der Fibula-pro-Tibia Spongiosaplastik beschäftigten, eher gering. Fischer-

Wasels und Wilde (1954) beobachteten bei 3 von 5 Probanden eine durchschnittliche Beinverkürzung von 3,6cm. Mc Master (1965) hatte bei 10 von 18 Untersuchten ein Längendefizit von 1,8cm. Bei einem von 2 Patienten fand Wassner (1980) eine Verkürzung von 4cm.

In 90% der radiologischen ap- Aufnahmen wurde keine Achsabweichung festgestellt. In der lateralen Aufnahme wurde bei 17,5% eine Abweichung festgestellt. Andere Nachuntersuchungen zur Fibula-pro-Tibia Spongiosaplastik weisen häufigere Achsabweichungen auf - bei Mc Master et al. zeigte sich 1965 bei 1/4 der Patienten eine Achsabweichung.

In der vorliegenden Studie war bei allen Untersuchten eine Einheilung der Spongiosatransplantate und eine knöcherne Überbrückung eingetreten – bei 70% zeigte sich eine gute und bei 30% eine partielle Durchbauung im Röntgenbild.

Meeder et al. konnten 1980 ebenfalls eine Einheilung der Spongiosatransplantate bei allen Probanden zeigen, von denen 18 mit infizierter Tibiapseudarthrose und einer Defektlänge >1cm mittels autologer Fibula-pro-Tibia Spongiosaplastik versorgt wurden. Eine Definition für die Einheilung geben Meeder et al. (1980) nicht an, jedoch konnten alle 18 Probanden die betroffene Extremität im Verlauf voll belasten.

Romano et al. (1990) konnten in ihrer Studie, in der 8 von 40 Patienten mit Pseudarthrose mit der Fibula-pro-Tibia Spongiosaplastik und Plattenosteosynthese der Tibia versorgt wurden, eine nahezu 100%ige Erfolgsrate innerhalb kurzer Zeit beobachten.

DeOrio et al. konnten 2003 bei allen 5 Probanden nach 3 Monaten nach Fibula-pro-Tibia Spongiosaplastik eine radiologische Einheilung finden.

Aufgrund der positiven Erfolge bezüglich der knöchernen Einheilung, der Belastungsfähigkeit und den subjektiven Ergebnissen – auch im Vergleich zu anderen Therapieverfahren - ist die in dieser Studie angewandte Fibula-pro-Tibia Spongiosaplastik durchaus eine zu empfehlende Therapieoption bei Tibiapseudarthrosen.

### **5.3 Diskussion des Vergleichs der Gruppen autologe Beckenkammpongiosa (BK) und vitalisiertes Allograft (VA)**

Im Gruppenvergleich konnte bezüglich der subjektiven Zufriedenheit der Patienten kein signifikanter Unterschied festgestellt werden. In der Gruppe, die mit autologer Beckenkammpongiosa versorgt wurde waren 72,4%, in der Gruppe mit vitalisiertem Allograft 63,7% äußerst oder sehr zufrieden. Unzufrieden war nicht ein einziger Proband.

Ochs et al. (2008) befragten 78 Patienten wobei die eine Hälfte eine Revision ihrer Hüftgelenksprothese mit vitalisiertem Allograft und die andere mit gefrorenem nicht-bestrahltem Allograft erhielten und stellten ebenfalls fest, dass es in Bezug auf die Zufriedenheit keinen signifikanten Unterschied gab.

Die subjektiven Schmerzangaben vor der OP und zum Untersuchungszeitpunkt zeigten in der vorliegenden Fallkontrollserie ebenfalls keinen signifikanten Unterschied. Eine Schmerzreduktion wurde in beiden Gruppen gleichermaßen bewirkt. Ateschrang et al. (2009) erreichten bei 11 von 15 Patienten mit der Fibula-pro-Tibia Spongiosaplastik eine völlige Schmerzfreiheit.

Im Bezug auf die notwendige Schmerzmitteleinnahme ergab sich kein signifikanter Unterschied zwischen den Untersuchungsarmen, jedoch lässt sich die Tendenz erkennen, dass die Patienten, die mit vitalisiertem Allograft behandelt wurden eher keine Schmerzmittel mehr einnahmen (72,7%) im Gegensatz zu der Gruppe BK, in der nur 58,6% ohne Schmerzmittel auskamen. Die Fallzahlen sind zu klein, um eine Signifikanz zu beweisen, allerdings geben Patienten auch im Klinikalltag häufig Schmerzen im Bereich der Beckenkammpongiosaentnahmestelle an.

Die Untersuchung des Gangbildes ergab bei 17,2% der Gruppe BK ein deutliches Hinken. Bei den mit vitalisiertem Allograft Versorgten wurde dagegen bei 36,4% ein deutliches Hinken festgestellt. Durch die geringen Fallzahlen

ergab der Chi<sup>2</sup>-Test keinen signifikanten Unterschied, jedoch kann man eine mögliche Tendenz aus diesem Ergebnis ablesen.

Radiologisch stellt sich in unserer Studie die Durchbauung der autologen Spongiosa mit einem p-Wert von 0,004 signifikant besser dar, als die der allogenen Spongiosa (der Zeitpunkt der radiologischen Nachuntersuchung unterschied sich bei beiden Gruppen nicht signifikant).

Ein ähnliches Ergebnis konnte auch in einem Tiermodell von Amillo (2003) gezeigt werden. In der Studie, in der 40 Hasen ein Tibiadefekt von je 3cm zugefügt wurde, der dann entweder mit Allograft bzw. Autograft aufgefüllt wurde, kam es in 80% der Gesamtfälle zu einer radiologischen Konsolidierung, wobei Autograft mit 99% gegenüber dem Allograft (66%) deutlich besser abschnitt. Allerdings wurde in diesem Tierexperiment nicht gefriergetrocknetes Allograft, sondern gefrorenes Allograft verwendet, dessen Wirksamkeit kontrovers diskutiert wird - vor allem im Hinblick auf die potentielle Immunogenität und die fraglich verbleibenden osteogenen Eigenschaften der Zellen bei einer Lagerung von -60°C (Gazdag, 1995).

Die radiologische überlegene Konsolidierung des Autografts wurde auch von Huang (1997) in einem Tiermodell signifikant nachgewiesen, in dem er Hasen einen Tibiaknochendefekt zufügte. Die Hasen wurden wöchentlich radiologisch untersucht und es wurden Torsionstests in vivo durchgeführt. Er wies nach, dass sich Autograft und Allograft hinsichtlich ihrer Festigkeit signifikant zugunsten des Autografts unterschieden. Allerdings wurde auch hier gefrorenes und nicht vitalisiertes Allograft verwendet.

Schmid et al. (2007) behandelten Defektpseudarthrosen langer Röhrenknochen osteosynthetisch und mit vitalisiertem Allograft und konnten ebenfalls bei 26 von 30 Probanden eine vollständige Durchbauung nachweisen.

Ateschrang et al. (2009) wiesen in ihrer Studie, in der ausschließlich vitalisiertes Allograft in der Fibula-pro-Tibia Spongiosaplastik verwendet wurde, um den präoperativ infektiösen tibialen Knochendefekt zu überbrücken, eine knöcherne

Durchbauung im Mittel nach 17,1 Wochen nach, die Einheilungsrate betrug 73%.

Lasanianos et al. (2008) behandelten in ihrer Studie 23 Patienten mit einem Tibiaplateaudefekt, in dem sie eine offene Reposition und interne Fixation durchführten, nachdem sie zuvor das Tibiaplateau wiederhergestellt und den Defekt mit gefriergetrocknetem Allograft auffüllten. Auch sie konnten in allen Fällen 12 Wochen nach der OP bei Auswertung nach dem Rasmussen Score eine Einheilung beobachten.

Patzakis et al. (1995) behandelten 32 Patienten mit Infektpseudarthrose der Tibia mit autogener Spongiosa. Nach 3 bis 10 Monaten (im Mittel 5,5 Monate) konnten sie gleichermaßen bei 29 der Untersuchten eine knöcherne Überbrückung feststellen.

Annähernd übereinstimmend mit den Ergebnissen der Literatur konnte in der vorliegenden Studie eine Einheilung sowohl der autologen als auch der allogenen Spongiosa in allen 40 Fällen erreicht werden.

Bei Auswertung nach dem Score nach Weber zeigten sich bei der Gehleistung bessere Ergebnisse in der Gruppe mit autologer Beckenkamm-spongiosaplastik. So erzielten 62,1% der Gruppe BK ein gutes Ergebnis, aber nur 36,4% der Gruppe VA. Ein schlechtes Ergebnis wurde von mehr Patienten erreicht, die mit vitalisiertem Allograft versorgt wurden. Dieses Ergebnis spiegelt sich auch in der Nachuntersuchung bezüglich des Hinkens wieder.

Letztendlich ergab sich bei der Auswertung des Scores nach Merchant und Dietz kein signifikanter Unterschied. Ebenso wenig unterschieden sich die beiden Gruppen signifikant in den Kategorien Schmerz, Gehleistung, Aktivität, Röntgenbild, OSG und USG des Scores nach Weber.

Sowohl das radiologische als auch das Ergebnis der Befragung und Nachuntersuchung lässt den Schluss zu, dass mit allogener Spongiosa annähernd so gute Ergebnisse bei der Behandlung von Tibiapseudarthrosen mittels der Fibula-pro-Tibia Spongiosaplastik erreicht werden können. Somit ist die Operation mit vitalisiertem Allograft als echte Alternative – insbesondere bei

oben beschriebener hohe Entnahmemorbidität bei autologer Spongiosaplastik anzusehen.

### 6 Zusammenfassung

Im Zeitraum von März 2003 bis Oktober 2006 wurden in der Berufsgenossenschaftlichen Unfallklinik in Tübingen 45 Personen mit einer posttraumatischen Pseudarthrose am Unterschenkel mittels Fibula-pro-Tibia Spongiosaplastik versorgt. In der vorliegenden retrospektiven Studie konnten 40 Verunfallte nachuntersucht werden, von denen 6 (15%) weiblich und 34 (85%) männlich waren. Zum Zeitpunkt der OP betrug das Durchschnittsalter 51,2 Jahre.

Bei 29 (72,5%) der Untersuchten erfolgte die Spongiosaplastik mit autologer Beckenkammspongiosaplastik und bei 11 (27,5%) Personen mit vitalisiertem Allograft.

Beim Vergleich der Patientengruppen, die mit autologer Beckenkammspongiosa oder vitalisiertem Allograft behandelt wurden, hatten beide Gruppen ähnliche Charakteristika das Alter, das Verletzungsmuster und die Infektionsrate vor der Fibula-pro-Tibia Spongiosaplastik betreffend.

Ziel der Studie war es, die Ergebnisse der Fibula-pro-Tibia Spongiosaplastik subjektiv, klinisch und radiologisch zu beleuchten und herauszufinden, ob die postoperativen funktionellen und radiologischen Ergebnisse der mit vitalisierten Allograft und der mit autologer Beckenkammspongiosa Behandelten vergleichbar sind. Untersucht wurde dies mittels Fragebogen, Nachuntersuchung, radiologischer Kontrolle und standardisierten Scores.

Die Auswertung dieser Studie zeigte ein zufriedenstellendes Heilungsergebnis bezüglich der subjektiven Angaben der Patienten, der klinischen Nachuntersuchung und der radiologischen Durchbauung bei der Behandlung von Tibiapseudarthrosen mittels der Fibula-pro-Tibia Spongiosaplastik, sowohl mit autologer, als auch mit allogener Spongiosaplastik. Ein Vorteil der Methode im Vergleich zum z.B. niedrig gepulsten Ultraschall ist, dass sie auch noch viele Monate nach Bildung einer Pseudarthrose zur Heilung und anschließend möglicher Vollbelastung führen kann.

Eine Einheilung der Spongiosa konnte bei allen 40 Patienten beobachtet werden. Außer im Ausmaß der radiologischen Durchbauung, die mit Hilfe eines eigen konzipierten Auswertungsschema beurteilt wurde, und sich bei 24 Probanden (82,8%) der mit autologer Beckenkamm-spongiosaplastik Versorgten als gut darstellte, während es bei den mit vitalisiertem Allograft Versorgten nur 4 Patienten (36,4%) waren, zeigten sich keine signifikanten Unterschiede im Vergleich der untersuchten Gruppen.

Es ist hervorzuheben, dass die Verwendung des vitalisierten Allografts zusätzlich den Vorteil der fehlenden Entnahmemorbidität mit sich bringt und dadurch Hämatome, Schmerzen und Infektionen an der Entnahmestelle vermieden werden.

Die Verwendung von vitalisiertem Allograft stellt somit bei ähnlich guten Ergebnissen eine sehr gute Alternative zum autologen Knochentransplantat dar und kann bei der Behandlung von Tibiapseudarthrosen mittels Fibula-pro-Tibia Spongiosaplastik empfohlen werden.

## 7 Literaturverzeichnis

1. AATB Information Alert, Vol 3, No. 6. McLean Va: American Association of Tissue Banks, (1993)
2. Abdollahi K, Kumar PJ, Shepherd L, Patzakis M: Estimation of defect volume in segmental defects of the tibia and femur. J Trauma (1999); Vol. 46 (3), 413-416
3. Agiza H: Treatment of tibial osteomyelitic defects and infected pseudarthroses by the huntington fibular transference operation. J Bone Joint Surg. (1981); Vol. 63, 5,814-819
4. Allgoewer M, Mueller ME, Schenk R, Willenegger H: Biomechanical Principles of the use of metal in bone. Langenbecks Arch Klin Chir Ver Dtsch Z Chir. (1963) Dec 2;305:1-14
5. Amillo S, Gonzalez F, Illescas JA: Incorporation of cortical intercalary bone allografts. Experimental study on rabbits. An Sist Sanit Navar. (2003); Vol. 26,357-363
6. Ateschrang A, Ochs BG, Lüdemann M, Weise K, Albrecht D: Fibula and tibia fusion with cancellous allograft vitalised with autologous bone marrow: first results for infected tibial non-union. Arch Orthop Trauma Surg. (2009); 129(1):97-104
7. Beresford JN: Osteogenic stem cells and stromal system of bone and marrow. Clin Orthop Relat Res. (1989); (240):270-280
8. Blauth W, von Törne O: Die Fibula-pro-Tibia-Fusion (Hahn-Brandes-Plastik) in der Behandlung von Knochendefekten der Tibia. Z Orthop Ihre Grenzgeb. (1978); 116(1):20-6

9. Boden SD, Sumner DR: Biologic factors affecting spinal fusion and bone regeneration. *Spine* (1995); 20:102S-112S
10. Brandes M: Zur Heilung größter Tibiadeфекte. *Dtsch. Z. Chir.* (1920); 155:312-337
11. Broger E, Salvagni A: die Transplantation des Wadenbeins auf das Schienbein bei der Behandlung von Unterschenkelpseudarthrosen. *Z Orthop Ihre Grenzgeb.* (1963); 97:114-7
12. Burri C: Posttraumatische Osteitis. *Langenbecks Arch Chir.* (1973); 334:537-42
13. Burwell RG: Studies in the transplantation of bone. VII. The fresh composite homograft-autograft of cancellous bone. An analysis of factors leading to osteogenesis in marrow transplantats and in marrow-containing bone grafts. *J Bone Joint Surg Br.* (1964); 46:110-40
14. Bush LF: The use of homogenous bone grafts. A preliminary report of the bone bank. *J Bone Joint Surg Am.* (1947); 29:620-628
15. Caltran M, Savornin C, Le Couteur P, Jouan P, Deroche P, Vinceneux J, Barnouin L: Use of freeze-dried bone allografts in revision total hip arthroplasty. *Eur J Orthop Surg Traumatol.* (2002); 12:186-91
16. Campanacci M, Zanoli S: Double tibiafibular synostosis for non-union and delayed union of the tibia. *J Bone Joint Surg Am.* (1966); 48(1):44-56
17. Celeste AJ, Iannazzi JA, Taylor RC, Hewick RM, Rosen V, Wang EA, Wozney JM: Identification of TGF-beta family members present in bone-

- inductive protein purified from bovine bone. Proc Natl Acad Sci. (1990); 87:9843-47
18. DeOrio JK, War AW: Salvage technique for treatment of periplafond tibial fractures: the modified Fibula-Pro-Tibia procedure. Foot Ankle Int. (2003); 24(3):228-32
19. Dorea HC, McLaughlin RM, Cantwell HD, Read R, Armbrust L, Pool R, Roush JK, Boyle C: Evaluation of healing in feline femoral defects filled with cancellous autograft, cancellous allograft or bioglass. Vet Comp Orthop Traumatol. (2005); 18(3):157-68
20. Duarte LR: the Stimulation of Bone Growth by Ultrasound. Arch Orthop Trauma Surg. (1983); 101:153-9
21. Dürr W, Böhm KD: die Fibula-pro-Tibia Operation bei infizierten Defektpseudarthrosen am Unterschenkel. Aktuelle Traumatol. (1982); 12(6):269-76
22. Ekkernkamp A, Muhr G, Josten C: Die infizierte Pseudarthrose. Unfallchirurg. (1996); 99(12):914-24
23. Ewerbeck V, Wentzensen A, Holz F, Krämer K, Pfeil J, Sado D: Standardverfahren in der operativen Orthopädie und Unfallchirurgie. Georg Thieme Verlag, Stuttgart-New York, 2. Auflage (2004); 15.3:845-49
24. Fischer-Wasels J, Wilde R: Beitrag zur Hahn-Brandes-Plastik. Z Orthop Ihre Grenzgeb. (1954); 84(3):393-407

25. Garbuz D, Morsi E, Mohamed N, Gross AE: Classification and reconstruction in revision acetabular arthroplasty with bone stock deficiency. *Clin Orthop Relat Res.* (1996); (324):98-107
26. Gazdag AR, Lane JM, Glaser D, Forster RA: Alternatives to autogenous bone graft: efficacy and indications. *J Am Acad Orthop Surg.* (1995); 3(1):1-8
27. Gollwitzer H: Extrakorporale Stoßwellentherapie bei Knochenheilungsstörungen. *Trauma und Berufskrankh.* (2006); 8:142-52
28. Görlich Y, Lebek S, Reichel H: Substitution of tibial bony defects with allogenic and autogenic cancellous bone: encouraging preliminary results in 18 knee replacements. *Arch Orthop Trauma Surg.* (1999); 119(3-4):220-2
29. Hahn E: Eine Methode, Pseudarthrosen der Tibia mit großem Knochendefekt zur Heilung zu bringen. *Centralblatt für Chirurgie.* (1884); 11. Jahrg. No. 21
30. Hak DJ: The use of osteoconductive bone graft substitutes in orthopaedic trauma. *J Am Acad Orthop Surg.* (2007); 15(9):525-36
31. Hauschka PV, Mavrakos AE, Iafrafi MD: Growth factors in bone matrix: Isolation of multiple types by affinity chromatography on heparin-sepharose. *J Biol Chem.* (1986); 261:12665-74
32. Heitemeyer U, Hierholzer G: Die Fibula-pro-Tibia-Operation – Indikation, Ergebnisse. *Unfallchirurgie* 17. (1990);280-286 (Nr.5)

33. Huang SC: Comparison of bone transport and bone graft methods in the experimental treatment of bone defects. *J Formo. Med Assoc.* (1997); 96(1):23-9
34. Ikeda K, Tomita K, Takayama K: Application of extracorporeal shock wave on bone: preliminary report. *J Trauma.* (1999); 47:946-50
35. Inclan A: The use of preserved bone graft in orthopaedic surgery. *J Bone Joint Surg Br.* (1942); 24:81-95
36. James JI: Tuberculosis transmitted by banked bone. *J Bone Joint Surg Br.* (1953); 35-B(4):578
37. Jerosch J, Castro WHM, Granrath M, Rosin H: Knochenbanken in der BRD. *Unfallchirurg.* (1990); 93(7):334-8
38. Judet T, Richard L, de Thomasson E, Arnault O: Current role of decortication in problems of bone healing. *Chirurgie.* (1990); 116(4-5):442-7
39. Khan SN, Cammisa FP, Sandhu HS, Diwan AD, Girardi FP, Lane JM: The biology of bone grafting. *J Am Acad Orthop Surg.* (2005); 13(1):77-86
40. Krämer KL, Maichl FP: Scores, Bewertungsschemata und Klassifikationen in Orthopädie und Traumatologie. Georg Thieme Verlag Stuttgart. (1993)
41. Kunze K, Faupel L, Rehm KE, Ecke H: Kontinuitätsresektionen langer Röhrenknochen und späterer knöcherner Wiederaufbau. *Unfallchirurgie.* (1985); 11(4):209-14

42. Kurz LT, Grafin SR, Booth RE: Harvesting autogenous iliac bone grafts: a review of complications and techniques. *Spine* (1989); 14(12):1324-31
43. Lasanianos N, Mouzopoulos G, Garnavos C: The use of freeze-dried cancellous allograft in the management of impacted tibial plateau fractures. *Injury* (2008); 39(10):1106-12
44. Lexer E: Die Verwendung der freien Knochenplastik nebst Versuchen über Gelenksversteifung und Gelenkstransplantation. *Langenbecks Arch Klin Chir.* (1908); 86:939-54
45. Lexer E: Die freien Transplantationen. *Neue deutsche Chirurgie*, Enke, Stuttgart. (1924); Bd. 26b
46. Lu C, Xing Z, Yu YY, Colnot C, Miclau T, Marcucio RS: Recombinant human bone morphogenetic protein-7 enhances fracture healing in an ischemic environment. *J Orthop Res* (2009)
47. Lüllmann-Rauch R: Taschenbuch Histologie. Thieme. 2. Auflage (2006)
48. Massague J: TGF-beta signaling: receptors, transducers, and MAD proteins. *Cell.* (1996); 85:947-50
49. Matti H: Über freie Transplantation von Knochenpongiosa. *Langenbecks Arch. Klin. Chir.* (1932); 168:236-58
50. MacEwen W: Observation concerning transplantation on bone. In *Proceedings of the Royal Society of London.* (1881)
51. Mayr E, Wagner S, Ecker M, Rüter A: Die Ultraschalltherapie bei Pseudarthrosen. 3 Fallbeschreibungen. *Unfallchir.* (1999); 102:191-6

52. Mayr E: Niedrigintensive Ultraschallbehandlung bei Frakturheilungsproblemen. *Trauma Berufskrankh.* (2001); 3:S276-9
53. Mc Master PE, Hohl M, Hills B: Tibiofibular Cross-Peg grafting. *J Bone Joint Surg.* (1965); 47(6):1146-58
54. Meeder PJ, Schmelzeisen H: Die Fibula-pro-Tibia-Operation, eine alternative Methode zur Sanierung infizierter Defektpseudarthrosen der Tibia. 16. Tagung der Österr. Gesellschaft für Unfallchir. (1980)
55. Merchant TC, Dietz FR: Long-term follow-up after fractures of the tibial and fibular shafts. *J Bone Joint Surg Am.* (1989); 71(4):599-606
56. Mückley T, Wilharm A, Marintschev I, Hofmann GO, Bühren V: Differenzierte Behandlung beidseitiger distaler Tibiapseudarthrosen. *Unfallchirurg* (2007); 110(3):264-7
57. Müller ME, Allgöwer M, Willenegger H: *Manual der Osteosynthese.* Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York. (1969)
58. Nolte PA, van der Krans A, Patka P, Janssen IM, Ryaby JP, Albers GH: Low intensity pulsed ultrasound in the treatment of nonunions. *J Trauma.* (2001); 51: 693-702
59. Ochs BG, Schmid U, Rieth J, Ateschrang A, Weise K, Ochs U: Acetabular bone reconstruction in revision arthroplasty: a comparison of freeze-dried, irradiated and chemically –treated allograft vitalised with autologous marrow versus frozen non-irradiated allograft. *J Bone Joint Surg Br.* (2008); 90(9):1164-71

60. Oldenburg D: Spätergebnisse einer osteomyelitischen Tibiapseudarthrose, operiert nach Hahn-Brandes. *Z Orthop Ihre Grenzgeb.* (1962); 96:283-5
61. Patzakis MJ, Scilaris TA, Chon J, Holtom P, Sherman R: Results of bone grafting for infected tibial non-union. *Clin Orthop Relat Res.* (1995); 315:192-8
62. Phoenix: Guide for use. Version 15 (2007)
63. Pilla AA, Mont M, Nasser PR, Khan SA, Figueiredo M, Kaufmann JJ, Siffert RS: Noninvasive Low-Intensity Pulsed Ultrasound accelerates Bone Healing in the Rabbit. *J Orthop Trauma.* (1990); 4:246-53
64. Quin L, Lu H, Fok P, Cheung W, Zheng Y, Lee K, Leung K: Low intensity pulsed ultrasound accelerates osteogenesis at bone-tendon healing junction. *Ultrasound Med Biol.* (2006); 32:1905-1111
65. Regel G, Sukamp NP, Illgner A, Buchenau A, Tscherne H: 15 years allogenic bone transplantation. Indications, treatment and results. *Unfallchirurg.* (1992); 95(1):1-8
66. Romano P, Fioretta G, Franceschini R, Rotolo F, Zanasi: The association of two or more surgical methods in the tibia. *Ital J Orthop Traumatol.* (1990); 16(2):169-76
67. Rose FR, Oreffo RO: Bone tissue engineering: hope vs. hype. *Biochem Biophys Res Commun.* (2002); 292(1):1-7
68. Rütter A, Trentz O, Wagner M: Unfallchirurgie. Elsevier Urban und Fischer. 2. Auflage (2004)

69. Salama R, Weissman SL: The clinical use of combined xenografts of bone and autologous red marrow. *J Bone Joint Surg Br.* (1978); 60(1):111-5
70. Schachar NS, Henry WB Jr, Wadsworth P, et al: Fate of massive osteochondral allografts in a feline model, in Friedlaender GE, Mankin HJ, Sell KW (eds): *Osteochondral Allografts: Biology, Banking, and Clinical Application.* Boston: Little Brown (1981); pp 81-101
71. Schmelz A, Einsiedel T, Kinzl L, Beck A, Kepler P, Kramer M: Niederenergetisch gepulster Ultraschall. Eine neue Therapieoption in der Wundbehandlung? *Klinikerzt.* (2004); 33:251-4
72. Schmid U, Thielemann F, Weise K, Ochs BG: A novel therapeutic approach to bone replacement: vitalisation of industrial processed allogenic bone graft with autologous bone marrow. *Z Orthop Unfall.* (2007); 145(2):221-9
73. Schramm W: Die Behandlung von sogenannten „Infektpseudarthrosen“ des Unterschenkels durch die Synostosenbildung zwischen Tibia und Fibula. *Hefte für Unfallheilk.* (1970); 103
74. Schweiberer L: Theoretisch-experimentelle Grundlagen der autologen Spongiosatransplantation im Infekt. *Unfallheilk.* (1976); 79:151-155
75. Seiler JG 3rd, Johnson J: Iliac crest autogenous bone grafting: donor site complications. *J South Orthop Assoc.* (2000); 9(2):91-7
76. Shutkin NM: Homologous-serum hepatitis following the use of refrigerated bone-bank bone. *J Bone Joint Surg Am.* (1954); 36-A(1):160-2

77. Springfield D: Autograft reconstructions. Orthop Clin North Am. (1996); 27(3):483-92
78. Stevenson S: Biology of bone grafts. Orthop Clin North Am. (1999); 30:543-52
79. Tegner Y, Lysholm J: Rating system in the evaluation of knee ligament injuries. Clin Orthop Relat Res. (1985); 198:43-9
80. Termaat MF, Den Boer FC, Bakker FC, Patka P, Haarmann HJ: Bone morphogenic proteins. Development and clinical efficacy in the treatment of fractures and bone defects. J Bone Joint Surg Am. (2005); 87:1367-78
81. Tomford WW, Mankin HJ: Bone banking: Update and methods and materials. Orthop Clin North Am. (1999); 30:565-70
82. Update: Allograft-associated bacterial infections- Unites States. MMWR Morb Mortal Wkly Rep. (2002); 51:207-10
83. Urist M, McLean FC: Osteogenic potency and newbone formation by induction in transplants to the anterior chamber of the eye. J Bone Joint Surg Am. (1952); 34:443-76
84. von Garrel T, Gotzen L: Allogenic bone transplantation and bone banking. Unfallchirurg. (1998); 101(9):713-27
85. von Walter P: Wiedereinheilung der bei der Trepanation ausgebohrten Knochenscheibe. Journal der Chirurgie und Augen-Heilkunde (1821); 2:571

86. Wang CJ, Huang HY, Yang K, Wang FS, Wong M: Pathomechanism of shock wave injuries on femoral artery, vein and nerve. An experimental study in dogs. *Injury*. (2002); 33:439-446
87. Wassner UJ: Amputation und Trümmerfraktur. *Hospital Tribune* (1980); 17
88. Weber BG, Czech O: Pseudarthrosen. Huber, Bern Stuttgart Wien (1973)
89. Weber U, Becerra-Urtiaga VM, Groß E: Die Transplantation periostgedeckter kortikospongiöser Knochenspäne zur Behandlung von Frakturen und Pseudarthrosen langer Röhrenknochen. *Z Orthop Ihre Grenzgeb*. (1978); 116(1):27-36
90. Wewers ME, Lowe LK: a critical review of visual analogue scales in the measurement of clinical phenomena. *Res Nurse Health* (1990); 13(4): 227-36
91. Winkler B, Weber BG, Simpson LA: The dorsal antiglide plate in the treatment of Danis-Weber type –B fractures of the distal fibula. *Clin Orthop Relat Res*. (1990); 259:204-9
92. Wissenschaftlicher Beirat der Bundesärztekammer. Richtlinien zum Führen einer Knochenbank. *Dtsch. Ärzteblatt*. (1990); 87:41-45

## 8 Anhang

### 8.1 Anlage 1

Fragebogen

#### A) Vom Patienten auszufüllen

##### Wie zufrieden sind Sie mit ihrem Operationsergebnis?

(Bitte Noten von 1-5 vergeben)

äußerst zufrieden	sehr zufrieden	zufrieden	ausreichend	unzufrieden
1	2	3	4	5
[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]

##### Wie weit können Sie schmerzfrei gehen?

Uneinge- schränkt	ca. 500m	ca. 300m	nur im Haus	gar nicht (Bett oder Stuhl)
[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]

##### Nehmen Sie aufgrund Ihrer Schmerzen Medikamente ein?

regelmäßig [ ]      bei Bedarf [ ]      nein [ ]

##### Markieren Sie auf der folgenden Skala Ihre Schmerzen:

Vor der Operation

keine \_\_\_\_\_ sehr starke

Die heutigen Schmerzen

keine \_\_\_\_\_ sehr starke

Score nach Merchant und Dietz I		
1. Funktion		
<b>Bitte jeden einzelnen Punkt je „Heute“ und „vor Unfall“ ankreuzen</b>		
	Heute	Vor Unfall
Hausarbeit und die Arbeit sind ohne Schwierigkeiten möglich	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Treppen steigen: ein Fuß nach dem anderen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
auf irgendeine Weise möglich	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Das Tragen von schweren Gegenständen ist möglich, z.B. einen Koffer	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Es ist Ihnen möglich zu rennen, Leichtathletik zu betreiben oder hart Arbeit zu verrichten	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sie können genug laufen, um unabhängig zu sein	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sie können Hofarbeit und Gartenarbeit verrichten und Rasen mähen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sie haben keine Probleme in ein Auto ein- bzw. Auszusteigen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. Schmerzfreiheit		
<b>Bitte nur einen der folgenden Punkte ankreuzen.</b>		
	Heute	Vor Unfall
Kein Schmerz	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Schmerz nur nach langer oder ermüdender Arbeit	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Schmerz beim Halten von Gewicht	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Schmerz bei Bewegung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Schmerz in Ruhe oder beständiger Dauerschmerz	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

<b>Tegner Aktivitätsscore</b>		
<b>Bitte nur einen der Punkte für je „Heute“ und „Vor Unfall“ ankreuzen</b>	Heute	Vor Unfall
Sie nehmen Krankenurlaub oder Arbeitsunfähigkeitsrente in Anspruch aufgrund von Knieproblemen	[ ]	[ ]
Arbeit im Sitzen und laufen auf ebener Strecke möglich	[ ]	[ ]
Leichte Arbeit und laufen auf unebenen Strecken möglich; das Laufen im Wald ist jedoch unmöglich	[ ]	[ ]
Leichte Arbeit (z.B. in der Pflege), Freizeitsport (z.B. Schwimmen) und laufen im Wald ist möglich	[ ]	[ ]
Mittelschwere Arbeit (z.B. LKW fahren, schwere Hausarbeit), Freizeitsport wie Radfahren, Langlauf und joggen auf ebener Strecke mindestens 2x pro Woche möglich	[ ]	[ ]
Schwere Arbeit (z.B. Bauarbeiten, Waldarbeiten), anstrengendes Radfahren und Langlauf, Freizeitsport wie Joggen auf unebener Strecke mindestens 2x pro Woche möglich	[ ]	[ ]
Freizeitsport wie Tennis und Badminton, Handball, Basketball, Skifahren, Joggen mindestens 5x pro Woche möglich	[ ]	[ ]
Wettkampfsportarten wie Tennis, Leichtathletik (Laufen), Motorcross, Motorradfahren, Handball, Basketball und Freizeitsport wie Fussball, Eishockey, Squash, Leichtathletik möglich	[ ]	[ ]
Wettkampfsport wie Eishockey, Squash oder Badminton, Leichtathletik und Skifahren möglich	[ ]	[ ]
Wettkampfsport wie Fussball, Eishockey oder Turnen möglich	[ ]	[ ]

## Anhang

---

Wettkampfsport wie Fussball auf Nationaler- oder Internationaler Ebene möglich	[ ]	[ ]
--	-----	-----

Score nach Weber I.		
1. Schmerzen		
<b>Bitte nur einen Punkt bei je „Heute“ und „Vor Unfall“ ankreuzen</b>		
	Heute	Vor Unfall
Keine Beschwerden	[ ]	[ ]
Leichte Beschwerden nach starker Beanspruchung	[ ]	[ ]
Leichte Beschwerden beim normalen Gehen	[ ]	[ ]
Beschwerden bei aktiver Bewegung ohne Belastung	[ ]	[ ]
Spontanschmerz schon in Ruhe	[ ]	[ ]
2. Geheleistung		
	Heute	Vor Unfall
Normaler Gang aller Qualitäten (gehen, laufen, Fersen-, Haken-, Kantengang, tiefe Hocke)	[ ]	[ ]
Behinderung bei einer Gangart , kein Hinken	[ ]	[ ]
Behinderung bei zwei Gangqualitäten, Spur Hinken	[ ]	[ ]
Deutliches Hinken	[ ]	[ ]
Schweres Hinken, allenfalls Stockhilfe	[ ]	[ ]

Ihr Studienarzt bedankt sich ganz herzlich für das Ausfüllen der Fragebögen. Sollte eine Frage unklar sein oder sollten Sie Fragen haben sprechen Sie diese bitte mit Ihrem betreuenden Studienarzt durch.

**B) Vom betreuenden Arzt im Gespräch und der Untersuchung auszufüllen**

**1. Personenbezogene Daten**

Geschlecht weiblich  männlich   
Körpergröße in cm \_\_\_\_\_  
Körpergewicht in kg \_\_\_\_\_

**2. Anamnese**

I. Risikofaktoren:

Medikamenteneinnahme?  ja  nein;

falls ja, welche:

---

---

Diabetes mellitus:

nein  ja, seit \_\_\_\_\_ Jahren bekannt

Sport:

nein  1x pro Woche 45min  2x pro Woche 45min  
 3x pro Woche 45 min  > 3x pro Woche

Rauchen:

nein  < 1 Päckchen pro Tag  
 > 1 Päckchen pro Tag  
 früher starker Raucher > 1Päckchen pro Tag

Alkohol:

nein, nie  
 gelegentlich  
 1 Glas Wein/ 1 Flasche Bier pro Tag  
 mehr als 3 Gläser Wein/ 3 Flaschen Bier pro Tag

**II. Vorerkrankungen:**

Entzündliche Gelenkerkrankungen \_\_\_\_\_

Herz-Kreislauf \_\_\_\_\_

Andere \_\_\_\_\_

Osteoporose                     ja                     nein

**III. Sonstiges:**

Erwerbsfähigkeit            ja                        nein           

                                  alte Tätigkeit                        Umschulung           

**3. Untersuchung**

Gangbild

Schrittbreite

raumgreifend             kurzschrittig             oB

Funktionelle Fußstellung

Innenrotation             Außenrotation             oB

Fußabrollvorgang

plan                             normal

innenseitig             außenseitig

Beinachse

varisch                     valgisch             normal

Querfinger:

Becken

Schiefstand  ja             nein            in cm: \_\_\_\_\_ li/re\_

Hinken             leicht             schwer             nein

Zirkumduktion             ja             nein            Seite li/re

Hilfsmittel

Gehstock     Unterschenkestützapparat     Orthopädische Schuhe

Einlagen     Erhöhung                             Abrollsohle

Sonstiges \_\_\_\_\_

Hocke:            voll     hälftig (90°)             ein Drittel     keine Beugung möglich

## Anhang

---

Zehenspitzenstand möglich:	re [ ]	li [ ]	nein [ ] li/re
Zehenspitzenstand möglich:	re [ ]	li [ ]	nein [ ] li/re
Fersenstand möglich:	re [ ]	li [ ]	nein [ ] li/re
Fersengang möglich:	re [ ]	li [ ]	nein [ ] li/re

### Lokalbefunde

Haut/Narben:	gerötet	[ ]
	Narbenkelloid	[ ]
	druckempfindlich	[ ]
	reizlos/ unauffällig	[ ]

---

Sensibilität:	keine Einschränkung	[ ]	Einschränkung	[ ]
---------------	---------------------	-----	---------------	-----

### Messdaten nach der Neutral-Null-Methode

	Links	Rechts
<b>Kniegelenke:</b>		
Streck./ Beug.....		
<b>Obere Sprunggelenke</b>		
Heben/Senken.....		
<b>Untere Sprunggelenke</b>		
Gesamtbewegl.....		
<b>Zehengelenke.....</b>		
(In Bruchteilen)		
<b>Umfangmaße in cm</b>		
20cm ob.inn. Knie-Gelenkspalt..		
10cm ob. inn.Knie-Gelenkspalt..		
Kniescheibenmitte.....		
15cm unterh. inn. Gelenkspalt....		
US, kleinster Umfang.....		
Knöchel.....		
Rist über Kahnbein.....		
Vorfußballen.....		

## Anhang

Beinlänge in cm



(vorderer ob. Sp.Ant.-Außenkn.)

<b>Score nach Merchant und Dietz II</b>		
<b>3. Gehleistung</b>		
	Heute	Vor Unfall
Kein Hinken	[]	[]
Leichtes Hinken	[]	[]
Sie benutzen einen Stock oder eine Krücke	[]	[]
Sie brauchen einen Rollstuhl oder können nicht laufen	[]	[]
<b>4. Bewegungsgrad</b>		
	Heute	Vor Unfall
Normale Dorsal- und Plantarflexion alle 20°Verlust 2 Punkte Abzug	[]	[]

<b>Score nach Weber II.</b>		
<b>3. Aktivität</b>		
	Heute	Vor Unfall
Volle berufliche und außerberufliche Aktivität	[]	[]
Normale berufliche Aktivität; beschränkte, aber noch vorhandene außerberufliche Aktivität	[]	[]
Normale berufliche Aktivität, aber aufgehobenen außerberufliche Aktivität	[]	[]
Teilweise verminderte berufliche Aktivität	[]	[]
Gestörte berufliche Aktivität, sodass Beruf gewechselt werden musste	[]	[]

4. Röntgenbild		
	Heute	Vor Unfall
Anatomisch perfekt ohne Arthrose	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Anatomisch perfekt mit Spur Verkalkung eines Ligaments, ohne Arthrose	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Anatomische Unstimmigkeit nur medial	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Anatomische Unstimmigkeit lateral = Arthrose	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Hinterkantenstufe = Arthrose, Dystrophie	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

5. Oberes Sprunggelenk		
	Heute	Vor Unfall
Volle Funktion, Seitengleichheit	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Einbuße von höchstens 10°	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Einbuße von mehr als 10°, aber Dorsalflexion bis 90 ° möglich	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nicht fixierter Spitzfuß mit erhaltener Dorsalflexion bis zu 10°	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Im OSG weitgehend versteifter Fuß, störender Spitzfuß	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

6. Unteres Sprunggelenk		
	Heute	Vor Unfall
Volle Funktion, Seitengleichheit	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Leichte Einbuße, eben knapp erkennbar	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Einbuße nicht mehr als die Hälfte	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Einbuße mehr als die Hälfte	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Kontraktes unteres Sprunggelenk	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

## 8.2 Anlage 2

### Bewertung Röntgenbilder

1. Achsabweichung      ap-Aufnahme:     ja    nein      \_\_\_\_\_ Grad  
   lat-Aufnahme:     ja    nein      \_\_\_\_\_ Grad
2. Vergrößerte Knochenbälkchenstruktur     ja    nein
3. Kalksalzminderung                             ja    nein
4. Arthrose     nein       ja, Knie     ja, OGS
5. Überbrückungslänge    \_\_\_\_\_ in cm    \_\_\_\_\_ in %
6. Durchbauung                                     gut             partiell
7. Metall vorhanden                                 ja               nein



**8.4 Anlage 4**

Score nach Weber

Schmerzen	Keine Beschwerden	0
	Spur Beschwerden bei starker Beanspruchung	1
	Spur Beschwerden beim Normalgang	2
	Beschwerden ohne Belastung bei aktiver Bewegung	3
	Spontanschmerz schon in Ruhe	4
Gehleistung	Normaler Gang aller Qualitäten (Gehen, Laufen, Fersen-, Haken-, Kantengang, tiefe Hocke)	0
	Behinderung bei einer Gangqualität, kein Hinken	1
	Behinderung bei zwei Gangqualitäten, Spur Hinken	2
	Deutliches Hinken	3
	Schweres Hinken, allenfalls Stockhilfe	4
Aktivität	Volle berufliche und außerberufliche Aktivität	0
	Normale berufliche, aber beschränkte, aber noch vorh. außerberufliche Aktivität	1
	Normale berufliche, aber aufgehobene außerberufliche Akt.	2
	Teilweise verminderte berufliche Aktivität	3
	So sehr gestörte berufliche Aktivität, dass Wechsel des Berufs erfolgte	4
Röntgenbild	Anatomisch perfekt ohne Arthrose	0
	Anat. Perfekt mit Spur Verkalkung eines Ligaments, aber ohne Arthrose	1
	Anatomische Unstimmigkeit nur medial	2
	Anatomische Unstimmigkeit lateral = Arthrose	3
	Hinterkantenstufe = Arthrose, Dystrophie	4

OSG	Volle Funktion, Seitengleichheit	0
	Einbuße von höchstens 10°	1
	Einbuße von mehr als 10°, aber Dorsalflexion bis zu 90° möglich	2
	Nicht fixierter Spitzfuß mit erhaltener Dorsalflexion bis zu 95°	3
	Im OSG weitgehend versteifter Fuß, störender Spitzfuß	4
USG	Volle Funktion, Seitengleichheit	0
	Leichte Einbuße, eben knapp erkennbar	1
	Einbuße nicht mehr als die Hälfte	2
	Einbuße mehr als die Hälfte	3
	Kontraktes unteres Sprunggelenk	4

#### Auswertung

0 Punkte sehr gut

1-2 Punkte gut

3-4 Punkte schlecht

### 8.5 Anlage 5

#### Tegner Aktivitätsscore

Tegner Aktivitätsscore	
Sie nehmen Krankenurlaub oder Arbeitsunfähigkeitsrente in Anspruch aufgrund von Knieproblemen	0 Punkte
Arbeit im Sitzen und laufen auf ebener Strecke möglich	1 Punkte
Leichte Arbeit und laufen auf unebenen Strecken möglich; das Laufen	2 Punkte

im Wald ist jedoch unmöglich	
Leichte Arbeit (z.B. in der Pflege), Freizeitsport (z.B. Schwimmen) und laufen im Wald ist möglich	3 Punkte
Mittelschwere Arbeit (z.B. LKW fahren, schwere Hausarbeit), Freizeitsport wie Radfahren, Langlauf und joggen auf ebener Strecke mindestens 2x pro Woche möglich	4 Punkte
Schwere Arbeit (z.B. Bauarbeiten, Waldarbeiten), anstrengendes Radfahren und Langlauf, Freizeitsport wie Joggen auf unebener Strecke mindestens 2x pro Woche möglich	5 Punkte
Freizeitsport wie Tennis und Badminton, Handball, Basketball, Skifahren, Joggen mindestens 5x pro Woche möglich	6 Punkte
Wettkampfsportarten wie Tennis, Leichtathletik (Laufen), Motorcross, Motorradfahren, Handball, Basketball und Freizeitsport wie Fussball, Eishockey, Squash, Leichtathletik möglich	7 Punkte
Wettkampfsport wie Eishockey, Squash oder Badminton, Leichtathletik und Skifahren möglich	8 Punkte
Wettkampfsport wie Fussball, Eishockey oder Turnen möglich	9 Punkte
Wettkampfsport wie Fussball auf National- oder Internationaler Ebene möglich	10 Punkte

