

**Die Bedeutung des Muskelaufbautrainings nach Ersatz des
vorderen Kreuzbandes mit der Semitendinosusplastik**

**Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Grades eines Doktors der Medizin
des Fachbereichs Humanmedizin
der Justus-Liebig-Universität Giessen**

**vorgelegt von Patricia Baum
aus Krefeld**

Gießen 1999

Die Bedeutung des Muskelaufbautrainings nach Ersatz des
vorderen Kreuzbandes mit der Semitendinosusplastik

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Grades eines Doktors der Medizin
des Fachbereichs Humanmedizin
der Justus-Liebig-Universität Giessen

vorgelegt von Patricia Baum

aus Krefeld

Giessen 1999

Aus dem Medizinischen Zentrum für Orthopädie und Physikalische Medizin

Orthopädische Klinik

Leiter: Prof. Dr. Stürz

des Klinikums der Justus-Liebig-Universität Giessen

Gutachter: PD Dr. Melzer

Gutachter: Prof. Dr. Dr. R. Schnettler

Tag der Disputation: 9. Mai 2000

meinen Eltern gewidmet

Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung.	S. 1
2.	Fragestellung	S. 8
3.	Material und Methode	S. 9
	3.1 Patientenkollektiv	S. 9
	3.2 Trainingsgerät	S.10
	3.3 Trainingsprogramm	S. 11
	3.4 Untersuchungsmethodik	S. 12
	3.5 Untersuchungsparameter im Überblick	S. 18
4.	Ergebnisse	S.19
5.	Diskussion	S. 62
	5.1 Eigenes Nachbehandlungskonzept	S. 62
	5.2 Vergleich mit anderen Konzepten	S. 67
6.	Zusammenfassung	S. 71
7.	Literaturverzeichnis	S. 72

1. Einleitung

Die aktive Sport- und Freizeitgestaltung nimmt eine zentrale Rolle in der Gesellschaft ein. Diese hohe sportliche Motivation fordert aber ihren Tribut. Die Zahl der akuten Sportverletzungen sowie der chronischen Spätschäden bestimmen zunehmend den klinischen Alltag der Orthopäden, Unfallchirurgen und auch den Aufgabenbereich der Physiotherapeuten. Folgerichtig rückt die effektive Versorgung und Nachbehandlung dieser Patienten in den Vordergrund.

Die Verletzungen und deren Behandlung sind nicht nur von medizinischem Interesse, sondern auch sozialmedizinisch relevant. Auch in Hinsicht auf die Arbeitsfähigkeit ist eine rasche Wiederherstellung zwingend notwendig. GOTZEN und PETERMANN (1994) veranschlagen für Deutschland etwa 30 000 Kniebandverletzungen pro Jahr, eine amerikanische Arbeit berichtet, daß etwa 60 von 100000 Patienten an pathologischen Bewegungseinschränkungen durch Kniebandschäden leiden (MIYASAKA et al. 1991).

Unkontrollierte Drehbewegungen und -stürze führen zu ligamentären Verletzungen, wobei eine Mitbeteiligung der Menisci, des Knorpels und/oder der Seitenbänder im Sinne einer Kombinationsverletzung möglich ist. Eine Kniedistorsion, die zur Ruptur des vorderen Kreuzbandes führt, beinhaltet das Zusammentreffen von forcierter Innen- oder Außenrotation, Hyperextension oder -flexion mit einer von außen einwirkenden Kraft. Dieses Verletzungsmuster entsteht beim Sturz oder Umknicken, häufig beim Skifahren oder bei Kontaktsportarten wie Fußball mit stop-and-go-Belastungen.

Wenn auch eine schnelle Wiedereingliederung des Patienten in seinen normalen Arbeits- und Sportalltag angestrebt wird, so sollte auch die Vermeidung von Spätschäden ein entscheidender Bestandteil der Therapie der Sportverletzungen sein. Hier gilt es, durch Vermeidung von Instabilitäten und Fehlstellungen chronischen Schäden wie Arthrosen entgegenzuwirken.

Das Kniegelenk ist ein Dreh-Scharniergelenk, das aus dem distalen Femur, dem Tibiakopf und der Patella besteht und zusammen mit den Meniski und dem Kapsel-Band-Apparat eine funktionelle Einheit bildet. Diese statischen Anteile werden durch die dynamisch einwirkenden Muskeln des Oberschenkels komplettiert. Im Rahmen der Roll-Gleitbewegung der Femurkondylen kommt es zur Anspannung von Fasern des vorderen Kreuzbandes.

Das Ligamentum cruciatum anterius windet sich um die eigene Achse und ist auf diese Weise in jeder Stellung ganz oder zumindest in Teilen angespannt und dient so der Kontakterhaltung der gelenkbildenden Knochen bei Drehbewegungen. Bei Innenrotation wickelt es sich um das hintere Kreuzband, das sich von der lateralen Fläche der medialen Femurkondyle zur Area intercondylaris posterius erstreckt; zusammen verhindern beide die übermäßige Einwärtsdrehung. Bei der Außenrotation wickeln sie sich, ebenso wie bei der Schlußrotation von etwa 5°, auseinander (PLATZER 1986, KUNER et al. 1995).

Bei einer Kreuzbandruptur entsteht eine Knieinstabilität, die behoben werden muß, sei es muskulär oder operativ, um eine sekundäre Gonarthrose zu verhindern (FRIEDERICH 1993, KANNUS et al. 1987, SPERNER et al. 1996). Patienten mit einer alten vorderen Knieinstabilität haben diese zum Teil muskulär kompensiert, wenn sie schmerzfrei mit dem

Kniegelenk ein Krafttraining oder anderen Sport ausüben konnten. Es sei hier an Profifußballer erinnert, die mit gerissenem und nicht ersetzttem vorderen Kreuzband auf Bundesligaebene, und im Fall von Toni Schumacher sogar als Nationalspieler, aktiv waren. Sie konnten die Kniegelenkinstabilität durch eine entsprechend auftrainierte Beinmuskulatur kompensieren.

Der Zeitpunkt eines operativen Eingriffs wird kontrovers diskutiert (WASILEWSKI 1993, SHELBOURNE 1991) ebenso die Art des Ersatzes. Zur Verfügung stehen neben homologen Materialien auch artifizielle. Bei den bevorzugten homologen Geweben wählt der Operateur entweder die Patellarsehne oder die Sehnen der Mm. semitendinosus, semimembranosus oder gracilis.

Nach NOYES (1984) hängt das klinische Resultat von folgenden Parametern ab:

- Platzierung, Zugkraft und Fixierung der Sehnenplastik
- Revascularisierung
- Remodellierung der Kollagenfasern
- Protektion während der Heilungsphase
- postoperative Rehabilitation

Darüber hinaus spielen die individuellen Anforderungen des einzelnen Patienten eine Rolle. Die Anforderungen an das eigene Kniegelenk variiert bei den Patienten in Abhängigkeit von Alter, beruflicher Anforderung und sportlicher Aktivität. Alltagstauglichkeit genügt demjenigen nicht, der die sportliche Aktivität, die er vor dem Trauma ausgeübt hatte, wieder aufnehmen möchte oder als Berufssportler wieder aufnehmen muß (Shelbourne et al.,1994).

Für des Gesamtergebnis von entscheidener Bedeutung ist das Nachbehandlungskonzept, das speziell auf die biomechanischen Gegebenheiten sowie das Operationsverfahren abgestimmt werden muß.

Die gängigen Nachbehandlungskonzepte nach Rekonstruktion des vorderen Kreuzbandes sind unterschiedlich. Autoren wie GOTZEN U. PETERMANN (1994), PAULOS U. NOYES (1981), LOBENHOFFER (1988), APPELL (1990), PODESTA U. SHERMANN (1990), MOHTADI (1991), SHELBOURNE U. WILCKENS (1991), FREIWALD (1992), HÖRSTER (1993), PÄSSLER U. SHELBOURNE (1993), PAULOS U. STERN (1993), RUPP U. HOPF (1994), ZAVATSKY U. BEARD (1994), BEYNONN (1995) KNÄPLER U. SCHENK (1994) stellen Konzepte zur Nachbehandlung von rekonstruierten Kreuzbandverletzungen mit folgenden Inhalten vor:

- zeitweilige Ruhigstellung
- sofortige krankengymnastische Beübung
- Freigabe des Bewegungsausmaßes
- Limitierung des Bewegungsausmaßes
- Vollbelastung der operierten Extremität
- Teilbelastung der operierten Extremität
- Physiotherapie auf neurophysiologischer Grundlage
- Krafttraining an medico-mechanischen Geräten

PAULOS postulierte noch 1993 die „sichere“ Rückkehr zur vollen Aktivität über die Phasen der Immobilisation, Bewegungslimitierung, Teilbelastung, isometrischer und schließlich isotonischer Muskelkräftigung. Er fordert eine Balance zwischen Heilungsanreiz und Rücksicht auf die potentielle Gefahr einer Reruptur.

PÄSSLER und SHELBORNE (1993) entwickelten gemeinsam ein Rehabilitationskonzept nach Bandeingriffen am Kniegelenk. Ihre Annahmen wurde durch Untersuchungen SHELBORNES (1993) bestätigt, daß eine früh postoperativ begonnene Vollbelastung und ein Training an der Beinpresse nicht zu einer Lockerung der vorderen Kreuzbandersatzplastik führt. Das Training sei vielmehr für das Einwachsen, die „Ligamentisierung“ des Transplantates, förderlich.

Der Erfolg der Ersatzplastik hängt im weiteren von der isometrischen Positionierung ab, die gewährleistet, daß bei allen Kniebewegungen die Entfernung zwischen Ansatz und Ursprung des vorderen Kreuzbandes konstant bleibt.

Neben der Biomechanik ist auch die neurophysiologische Veränderung bei der Wiederherstellung der Kniestabilität zu beachten: eine frische Knieverletzung äußert sich in erster Linie in Schmerzen, Schwellung, einem Gelenkserguß, meist einem Hämarthros und in einem Stabilitätsverlust. Die Instabilität erklärt sich zum einen aus der gestörten Funktionseinheit Kniegelenk und zum anderen aus dem Wegfall der Propriozeptoren, die in Sehnenenden, aber auch im vorderen Kreuzband nachgewiesen werden konnten (PITMAN 1992 und PARSCH et al. 1996,1997). Neuroanatomische Untersuchungen von KENNEDY et al. (1974), SCHULTZ et al. (1984) sowie SCHUTTE et al. (1987) verifizierten die Existenz von Mechanorezeptoren (WOJTYŚ et al. 1994). SOLOMONOW und BARATTA (1987) beschreiben einen Reflexbogen, der von den Mechanorezeptoren des vorderen Kreuzbandes ausgeht und die Beuger aktiviert. Dieser schnelle Reflex gewährleistet die Kniestabilität. Es besteht demnach ein komplexes Ineinandergreifen von Muskel-, Sehnen-, Kapsel- und Bandfunktionen sowie propriozeptiven Rezeptoren, die die Beweglichkeit und den Schutz des Kniegelenkes beeinflussen. Mechanorezeptoren ließen sich von BIEDERT et al. (1992) auch in homologen Kreuzbandersatzplastiken nachweisen.

Der M. quadriceps femoris wird nur vom M. tensor fascia latae unterstützt. Seine vier Anteile vereinigen sich zum Lig. patellae, setzen an der Tuberositas tibiae an und stabilisieren mit den Retinacula das Kniegelenk. Das Retinaculum patellae mediale entwickelt sich aus den Fasern des M. vastus medialis und des M. rectus femoris. Das laterale Retinaculum steht in Beziehung zu den Fasern des M. vastus lateralis und des M. rectus femoris. Die Kniestabilität hängt also vom M. quadriceps femoris entscheidend ab. Fällt dieser Muskel, auch bei intakten Seiten- und Kreuzbändern aus, so ist der Stand auf dem betroffenen Bein unmöglich.

Die Muskelfunktion ist nach APPELL (1986) von folgenden Faktoren abhängig:

- Propriozeption
- motorische Innervation
- mechanische Leistung
- Gelenkbeweglichkeit

Patienten mit einer Kreuzbandruptur erfahren eine rasche Muskelatrophie, die innerhalb von ein bis zwei Wochen zu einer deutlichen Umfangsminderung führt. Die Muskelatrophie hängt, wie PÄSSLER und SHELBOURNE (1993) beschrieben haben, vom Alter und Geschlecht des Patienten ab, wobei davon ausgegangen werden kann, daß trainierte Patienten mehr unter der Atrophie leiden, weil sie relativ mehr an Muskelumfang verlieren. Weiterhin beeinflußt der Fasertyp der Muskeln den Grad der Atrophie. Langsame Typ I-Fasern, wie die des M. vastus medialis, die in sogenannten Anti-graviditätsmuskeln vorkommen, zeigen eine stärkere Atrophie als schnelle Typ 2-Fasern, wie beispielsweise die des M. biceps brachii. Mikroskopisch wurde nachgewiesen, daß sich, besonders in der ersten Woche der Immobilisation, die Fasergröße und der Faserdurchmesser vermindern.

APPELL konnte 1986 tierexperimentell an Mäusen eine Muskelatrophie durch mikroskopische Untersuchungen der Muskelfasern näher beschreiben. Seine histologischen Untersuchungen zeigten, daß die Atrophie neben der Abnahme des einzelnen Faserdurchmessers mit der Fragmentation und dem Verlust der Myofibrillen, der Mitochondrien und des sacrotubulären Systems einhergeht. Der sich entwickelnden Nekrotisierung folgt ein Leukocytenstrom und die Phagocytose. Satellitenzellen wandeln sich in Myofibrillen um, die neue Muskelfasern aufbauen. Die Kapazität zur Regeneration schwindet mit zunehmendem Alter .

Weitere Ergebnisse seiner Untersuchungen veranschaulichen, daß die Abnahme des Faserdurchmessers während der ersten Woche der Immobilisation am größten ist und danach langsamer erfolgt. Ein Muskelaufbautraining, in dieser Studie an einer Tretmühle, hebt die Muskelatrophie wieder auf.

APPELL konnte in dieser Arbeit zeigen, daß die Wiederherstellung der Muskelbeschaffenheit insgesamt bestimmt wird durch:

- Dauer der Immobilisation
- Alter und Geschlecht des immobilisierten Patienten
- Muskelfunktion vor der Immobilisation
- Faserqualität des Muskels

BÖRNERT und FRÖHNER (1994) wiesen auf die unterschätzte Hypotonie des M. vastus intermedius und des M. rectus femoris hin und postulierten die bedeutende Rolle dieser Muskeln in der Rehabilitation von Patienten mit Kniegelenksverletzungen. Bei diesen Patienten konnten sie nämlich die deutlichste Atrophie im M. vastus intermedius nachweisen.

Untersuchungen von ERIKSSON (1979) und HÄGGMARK (1979) sowie APPELL (1989) ergaben, daß nach sechs Wochen Immobilisation der M. quadriceps 10-20 % seines Umfangs, 20-30 % seines Querschnitts und 30-40 % seiner isometrischen Kraft verliert. Dies unterstreicht die Bedeutung eines Krafttrainings. Neben den bildgebenden Verfahren, wie der Computertomographie oder der Kernspinuntersuchung, sowie der sonographischen Dickenmessung bleiben isometrische Kraftmessungen.

Ein optimales Therapieergebnis liegt nach RUPP et al. (1994), PAULOS et al. (1984) dann vor, wenn folgende Parameter erfüllt werden können:

⇒ eine dynamische Kniestabilität, die gewährleistet wird durch:

- anatomisch rekonstruierte Bänder
- muskuläre Führung und auftrainierte Muskelkraft und -ausdauer
- regelrechte Koordination

⇒ Schmerzfreiheit, die angestrebt wird durch:

- geringfügigen postoperativen Reizzustand (Schwellung) nach einem minimal invasiven Eingriff

⇒ eine gute Kniegelenksfunktion, die erlangt wird durch

- Wiedererlernen physiologischer Bewegungsmuster und Koordination

Es stellt sich die Frage nach der Belastbarkeit des vorderen Kreuzbandes und der Ersatzplastik in der postoperativen Phase.

PODESTA (1990) postulierte einen anterior-posterioren Neutralwinkel bei 70° Flexion, bei dem bei Kontraktion des M. quadriceps keinerlei Translation der Tibia zum Femur zu verzeichnen ist. Bei 20° Flexion besteht hiernach eine nach ventral und bei 90° eine nach dorsal gerichtete Translation. WOJTYŚ und HUSTON (1994) beschrieben eine Zunahme dieser Bewegung von 30° bis 0°. RUPP (1994) gab an, daß die geringste Dehnung des vorderen Kreuzbandes bei 30° Flexion liegt und mit weiterer Streckung zunimmt. Ferner stellte er fest, daß die Zugkraft im Mittel bei 121 Newton liegt und daß die ventralisierende Kraftkomponente auf die Tibia durch das Ligamentum patellae verstärkt wird .

Experimentelle Untersuchungen anderer Autoren (ARMS et al. 1984, SMID et al. 1973, PAULOS et al. 1981) erbrachten ähnliche Werte für die maximale Anspannung des vorderen Kreuzbandes in Relation zum Flexionswinkel. ARMS beschrieb den forcierten Zug auf das vordere Kreuzband bei 0-45° Flexion, SMIDT bei 15° und PAULOS bei 0 - 20°.

Die maximale Belastbarkeit des vorderen Kreuzbandes wurde von NOYES (1984) experimentell mit 1725 Newton quantifiziert . Die Belastung des vorderen Kreuzbandes beläuft sich nach Untersuchungen von RUPP et al. (1994) beim normalen Gehen und bei aktiver Streckung gegen die Schwerkraft auf etwa 170 und bei kniegelenksbelastenden Sportarten auf 400-500 Newton. Zum Vergleich sei erwähnt, daß die Zugfestigkeit der Bone-Patellar-Bone-Plastik bei 2900 +/- 290 Newton liegt, während die Semitendinosusersatzplastik nur eine Zugfestigkeit von 1216 +/- 50 Newton und damit lediglich 70% der maximalen Belastbarkeit des ungeschädigten vorderen Kreuzbandes erreicht (WOO et al. 1990). Diese reicht jedoch selbst für Beanspruchungen, die bei Sportarten wie Fußball mit Rotationsbewegungen auftreten und damit die Gefahr einer Kniegelenksdistorsion bergen, vollkommen aus.

Studien von YACK et al. (1993) und ZAWATZKY et al. (1994) untersuchten die vom Flexionsgrad abhängige Belastung des vorderen Kreuzbandes. BEYNONN et al. (1995) konnten mit einem Elektrogoniometer die Zugkraft auf das vordere Kreuzband in vivo quantifizieren. Von besonderem Interesse waren die Messungen unter isometrischer

Muskelanspannung, auch mit Gewichten. Sie konnten zeigen, daß isometrische Quadricepsanspannungen bei 15° und 30° zu einem signifikanten Anstieg der vorderen Kreuzbandbelastung führen. Isometrische Anspannungen der ischiocruralen Muskulatur belasten das vordere Kreuzband in keiner Weise; die gleichzeitige isometrische Anspannung der beiden Muskelgruppen zeigte eine stärkere Belastung des Kreuzbandes nur bei 15° Beugung. Die ischiocrurale Muskulatur wirkt erst ab 30° Beugung als Synergist zum vorderen Kreuzband. Das simultane Anspannen der Oberschenkelstreck- und der ischiocruralen Muskulatur entlastet über nahezu den gesamten Bewegungsumfang die beiden Kreuzbänder (O'CONNOR 1993).

Paulos et al. konnte aufzeigen, daß mit dem Trainieren der Beinstrecker in der geschlossenen Bewegungskette Koordination und Propriozeption geschult werden (1993).

Die Bedeutung des Muskeltrainings für die Propriozeption bewiesen BARACK et al (1984), als sie bei Hochleistungssportlern eine durch Muskelaufbautraining gesteigerte Empfindlichkeit der intraartikulären Propriozeptoren nachweisen konnten.

Die Nachbehandlung der Semitendinosusersatzplastik an der Orthopädischen Universitätsklinik Gießen erfolgt standardisiert nach folgendem Schema:

1.-3. postoperativer Tag:

- Immobilisation in einer dorsalen Gipsschiene in 15°-Flexion
- Kryotherapie, isometrische Spannungsübungen

4. postoperativer Tag:

- Anpassen der Don-Joy-Goldpoint-Orthese mit Extension/Flexion: 0-10-90°
- Mobilisation und Gangschulung unter Vollbelastung
- erste krankengymnastische Übungstherapie nach PNF

7.- 8. postoperativer Tag:

- Bei komplikationslosem Verlauf Entlassung des Patienten

11. postoperativer Tag:

- Fadenentfernung

Ende der 6. postoperativen Woche:

- Nachuntersuchung
- Aufhebung der Streckhemmung von 10°, Ext./Flex. der Orthese: 0 - 0 - 90°
- die Orthese darf nachts entfernt werden

Ende der 12. postoperativen Woche:

- Nachuntersuchung
- Abnahme der Orthese, die Orthese sollte noch bei sportlichen Aktivitäten getragen werden

Ziel der extern durchgeführten Physiotherapie ist ebenfalls das Erreichen einer Kniegelenksbeugung von 90°, einer Streckung von 10° und nach sechs Wochen von 0° sowie eine Kräftigung der kniegelenksstabilisierenden Muskulatur. Die Schulung der Propriozeption kann durch Trainingsgeräte (Minitrampoline) unterstützt werden.

Sobald der Patient eine aktive Beugung von 90° erreicht, konnte ein Bewegungstraining auf einem Heimfahrrad durchgeführt werden.

Joggen auf ebener Strecke mit angelegter Kniegelenksorthese wurde frühestens 12 Wochen postoperativ zugestimmt, Sportarten wie Fußball u.a. erst nach Ablauf eines Jahres.

2. Fragestellung

Mit Hilfe dieser Studie soll der Stellenwert eines Muskelaufbautrainings für die Oberschenkelmuskulatur in der Nachbehandlung der vorderen Kreuzbandersatzplastik als Ergänzung zur Physiotherapie evaluiert werden.

Im einzelnen stellen sich folgende Fragen:

- 1) Läßt sich eine postoperative Weichteilschwellung durch ein zusätzliches Muskelaufbautraining schneller abbauen?
- 2) Bildet sich ein Kniegelenkserguß durch ein Training auf der Beinpresse zügiger zurück?
- 3) Kann die Schmerzsymptomatik reduziert werden?
- 4) Hat das Training Auswirkung auf die mediale Bandstabilität?
- 5) Hat das Training Auswirkung auf die laterale Bandstabilität?
- 6) Welche Auswirkung hat das Training auf der Beinpresse auf das vordere Kreuzband, d.h. wie fällt der Lachmantest aus?
- 7) Wie fällt der vordere Schublidentest aus?
- 8) Wie fällt der pivot-shift-Test aus?
- 9) Beeinflußt ein früh postoperativ begonnenes Muskelaufbautraining die Streckfähigkeit des Kniegelenkes?
- 10) Kann es die Beugefähigkeit beeinflussen?
- 11) Welche Ergebnisse zeigen die Umfangsmessungen?
- 12) Welche Bedeutung hat die KT-1000-Messung in der frühen postoperativen Phase?
- 13) Wie schätzen die Patienten die Kraft des operierten Beins subjektiv ein?
- 14) Wie zufrieden sind die Patienten mit der Kniegelenksfunktion?
- 15) Wie hoch ist die Aktivität der Patienten in den ersten drei postoperativen Monaten?
- 16) Zeigt sich in den ersten drei Monaten postoperativ ein giving-way-Phänomen?
- 17) Trauen sich Patienten mit einer vorderen Kreuzbandplastik sechs/zwölf Wochen postoperativ zu, mit dem operierten Bein den Einbeinsprung auszuführen?
- 18) Hat das Krafttraining Auswirkung auf die Dauer der Arbeitsunfähigkeit?

3. Material und Methode

3.1 Patientenkollektiv

Im Zeitraum von Dezember 1993 bis September 1995 wurden, um einheitliche Voraussetzungen zu gewährleisten, von allen Patienten, die arthroskopiert und mit einer vorderen Kreuzbandersatzplastik aus der Sehne des M. semitendinosus versorgt worden waren, ausschließlich die männlichen Patienten zwischen 16 und 39 Jahren in die Studie aufgenommen. Dies waren insgesamt 64 Patienten. Zu einem späteren Ausschluß aus der Studie kam es bei insgesamt 18 Patienten wegen Versäumens einer Nachuntersuchung oder Abwandlung des Nachbehandlungskonzeptes durch den Operateur. Die Abwandlungen des Nachbehandlungskonzeptes bestanden unter anderem in dreiwöchigen Phasen einer Teilbelastung oder eines stärker limitierten Bewegungsumfanges des operierten Kniegelenkes.

Es verblieben dadurch 46 männliche Patienten der ausgewählten Altersgruppe, die nach identischen Vorgaben des Operateurs nachbehandelt wurden. Die Zuordnung dieser Patienten auf die Trainings- bzw. die Kontrollgruppe erfolgte stochastisch. Unter ärztlicher Aufsicht trainierten die Patienten der Trainingsgruppe ab dem vierten postoperativen Tag zweimal wöchentlich ausschließlich das operierte Bein auf der Beinpresse.

Es ergaben sich zwei homogene Gruppen aus jeweils 23 Patienten. Gruppe 1 umfaßt die Trainingspatienten und Gruppe 2 die Kontrollpatienten. Es folgt eine deskriptive Auswertung der Variablen:

Alter der Patienten:

In beiden Gruppen war der jüngste Patient 16 Jahre alt. In der Trainingsgruppe war der älteste 36, in der Kontrollgruppe 39 Jahre alt. Der Mittelwert lag in der Trainingsgruppe bei 26 Jahren, in der Kontrollgruppe bei 28 Jahren.

Körperstatur:

Beim Zugrundelegen eines Normalgewichtes nach der Rechnung:

Körpergröße in cm - 100 +/- 10% des Körpergewichtes waren 12 Trainingspatienten und 16 Kontrollpatienten normalgewichtig, je 7 Patienten in beiden Gruppen übergewichtig und 4 Trainingspatienten mit ihrem Körpergewicht unter dem Normalgewicht.

Physiotherapie:

Die Anzahl der wahrgenommenen Krankengymnastiktermine lag bis zum Studienende bei den Patienten der Trainingsgruppe im Mittel bei 27 Stunden; diese Patienten wurden zwischen 18 und 48 mal krankengymnastisch beübt. Die Kontrollpatienten hatten zwischen 12 und 40 Termine, im Mittel ebenfalls 27 Stunden bei der Physiotherapie.

Vor-Operationen:

7 Trainingspatienten und 8 Kontrollpatienten waren am selben Kniegelenk bereits voroperiert, bei 2 Trainingspatienten war das Kreuzband entfernt, bei 1 Trainingspatienten und 2 Kontrollpatienten ersetzt worden.

Arthroskopiebefund:

Bei allen Patienten wurde eine vollständige Ruptur des vorderen Kreuzbandes arthroskopisch verifiziert. Das laterale Seitenband war immer intakt. Bei jeweils 3 Patienten lag eine Ruptur des medialen Seitenbandes vor, die bei 2 Trainingspatienten genäht wurde. Bei 12 Trainingspatienten und 10 Kontrollpatienten wurde eine Außenmeniskusteilresektion und bei einem Kontrollpatienten eine Außenmeniskusnaht durchgeführt. Ein Innenmeniskusriß wurde in der Trainingsgruppe in 4 und in der Kontrollgruppe in drei Fällen mit Needling und in 6 bzw. 13 Fällen mit der Teilresektion behoben. 19 Trainingspatienten und 20 Kontrollpatienten hatten einen Knorpelschaden 2.-4.Grades, wobei der Knorpelschaden 2.Grades in beiden Gruppen am häufigsten zu diagnostizieren war.

Zeitspanne bis zur Operation:

8 Trainingspatienten und 6 Kontrollpatienten wurden akut innerhalb zwei Wochen nach Trauma, 6 Trainings- und 3 Kontrollpatienten bis zur achten posttraumatischen Woche operativ versorgt. Bei 9 Patienten der Trainingsgruppe und 14 Patienten der Kontrollgruppe lag eine chronische Instabilität vor.

3.2 Das Trainingsgerät

Die Beinpresse gewährt den Vorteil des simultanen Beübens der Gluteal- und Ischiocrualmuskulatur sowie des M. quadriceps femoris. SOLOMONOW und BARATTA beschrieben 1987 einen Reflexbogen, der von den Mechanorezeptoren des M. quadriceps und der Kniegelenkscapsel ausgehend, bei Anspannung des M. quadriceps, also bei Streckung, die Antagonisten aktiviert, um so das Gelenk vor einer Tibiasubluxation zu schützen. Dies ist um so stärker ausgeprägt, je mehr der Oberkörper bei der Kniestreckung nach vorne gebeugt wird. Die Beinpresse in sitzender Stellung ist damit trainingswirksamer als die in liegender Stellung.

Die Beinpresse eignet sich auch wegen der geringen Zugbelastung auf die Ersatzplastik als Trainingsgerät. YACK, COLLINS und WHELDON (1993) beschrieben bei Patienten mit vorderer Kreuzbandruptur die signifikant stärker ausgeprägte vordere Schublade in der offenen (Beinstrecker gegen Widerstand, Beincurler) gegenüber der in der geschlossenen Bewegungskette (Hocke). KINAST und SCHMEITZKY (1993) konnten in ihrer Untersuchung an Kniegelenken mit vorderer Instabilität den Tibiavorschub quantifizieren. So beträgt dieser je nach Grad der Beugung beim Beincurler (offene Bewegungskette) bis 19 mm und wird in der geschlossenen Bewegungskette deutlich reduziert: bei der Kniebeuge bis auf 10 mm und bei der Beinpresse bis auf 6 mm.

Der Sportler kann ein- und zweibeinig trainieren. Das Gerät lässt sich so justieren, daß eine vorgegebene Bewegungslimitierung berücksichtigt und eine Beugung über 90° verhindert werden kann. So könnte der Patient im Falle eines plötzlichen Kraftverlustes im operierten Bein sein gesundes Bein zu Hilfe nehmen. Aber auch wenn dies nicht ausreichen sollte, würde die Bewegungslimitierung das operierte Kniegelenk vor einer Überbelastung schützen.

Zusammengefaßt bietet die Beinpresse als Trainingsgerät in der Nachbehandlung der vorderen Kreuzbandinsuffizienz und -rekonstruktion folgende Vorteile:

- geringe tibiofemorale Translation im geschlossenen System
- gleichzeitige Kräftigung der Oberschenkelstreck- und beugemuskulatur
- gelenkentlastend durch Anwendung eines kurzen Hebels
- Wahlweises Trainieren nur eines oder beider Beine
- Anpassung an die Belastbarkeit
- Anpassung an die Bewegungslimitierung
- einfache und sichere Anwendung

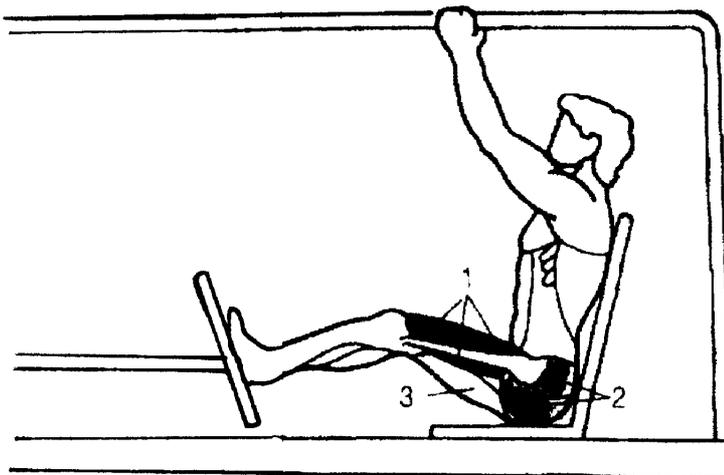


Abb.1: Modell einer Beinpresse

Folgende Muskeln werden trainiert: 1 = M. quadriceps femoris, 2 = Glutealmuskulatur, 3 = ischiocrurale Muskulatur einschließlich M. biceps femoris.

3.3 Trainingsprogramm

Die Trainingsgruppe unserer Studie führte das Muskelaufbautraining an der Beinpresse in sitzender Position aus. Die Orthese blieb immer angelegt. Der Patient setzt nur den Fuß des operierten Beins auf die Trittfläche. Mit dem operierten Bein wird eine langsame, gleichmäßige Bewegung ausgeführt. Der Bewegungsumfang betrug während der gesamten Studienzeit für Extension/Flexion: 0 - 10 - 90°.

Die Bewegung wurde zwanzigmal wiederholt, ohne in den Endstellungen eine Pause einzulegen. Es ergab sich hieraus eine Wiederholungszahl von 20 pro Serie in einer Zeit von etwa 60-90 Sekunden.

Die Zahl der Serien wurde von drei beim ersten Trainingstermin um je eine zu jedem Termin gesteigert bis acht Serien beim sechsten Trainingstermin erreicht wurden. Danach blieb das Trainingspensum mit acht Serien mit je zwanzig Wiederholungen konstant.

Das Trainingsgewicht richtete sich zum einen nach dem Körpergewicht, zum anderen nach der individuellen Schmerz- und Belastungsgrenze des Patienten. Beim ersten Trainingstermin betrug es 10 kg und wurde in der Art gesteigert, daß der Patient bei den letzten Wiederholungen an seine Belastungsgrenze geriet ohne dabei aber Schmerzen zu verspüren.

Sobald das eigene Körpergewicht erreicht worden war, wurde nur noch die Wiederholungszahl um fünf erhöht.

- Das Trainingsprogramm sah somit folgendermaßen aus
- 1.p.o. Woche, 3 Serien mit 20 Wiederholungen mit 10 kg Gewicht,
- 2.p.o. Woche, 1.Termin 4 Serien mit 20 Wiederholungen dann
2.Termin 5 Serien mit 20 Wiederholungen zunehmend,
- 3.p.o. Woche, 1.Termin 6 Serien mit 20 Wiederholungen bis zum
2.Termin 7 Serien mit 20 Wiederholungen Erreichen des
- 4.p.o. Woche, 1.Termin 8 Serien mit 20 Wiederholungen Körpergewichtes.
2.Termin 8 Serien mit 20 Wiederholungen
- 12.p.o. Woche 8 Serien mit 20 Wiederholungen

3.4 Untersuchungsmethodik

Die Nachuntersuchung fand zu drei festgesetzten Zeitpunkten statt:

1. Untersuchung am 4.postoperativen Tag unter stationären Bedingungen
2. Untersuchung zum Ende der 6.postoperativen Woche in der Ambulanz
3. Untersuchung zum Ende der 12.postoperativen Woche in der Ambulanz

Sie beinhaltet:

1. die Erhebung der Anamnese mit der Befragung des Patienten
2. die körperliche Untersuchung
3. den Funktionstest.

Anamnese:

Die Durchführung erster sportliche Aktivitäten, meist in Form von Radfahren und Schwimmen, wurden dokumentiert. Sobald der Proband seine Arbeit wieder aufgenommen hatte, wurde die Dauer der Arbeitsunfähigkeit ab dem Operationsdatum errechnet.

Bei allen drei Nachuntersuchungen stellten wir die Frage nach der subjektiven Einschätzung von:

- Kraft
- Funktion
- Aktivität
- Schmerzintensität
- Stabilität

Der Patient versuchte, eine Quantifizierung der Kraftminderung des operierten Beins in Relation zur Gegenseite vorzunehmen. Die Erfahrungen mit dem operierten Knie (Ermüdung, Beweglichkeit, Stabilität) und damit das Vertrauen der Patienten in ihr operiertes Kniegelenk spiegelten sich in der Einschätzung der Funktion des Beines und der wieder aufgenommenen Alltagsaktivität wider. Die Einschätzung erfolgte nach den Vorgaben normal, fast normal, abweichend und erheblich beeinträchtigt.

Schmerzen wurden der empfundenen Intensität entsprechend in keine, geringe, mäßige und starke eingestuft.

Angaben über ein in den vergangenen sechs Wochen registriertes Instabilitätsgefühl (giving way) wurden registriert.

Zur Prüfung der Kniegelenksfunktion wählten wir den Einbeinsprung. Bei der zweiten und dritten Untersuchung wurde der Patient aufgefordert, ohne Orthese auf dem operierten Bein zu hüpfen. Konnte er dies ohne Mühe und Seitendifferenz ausführen, war die Ausführung gut möglich

Körperliche Untersuchung:

Bei der körperlichen Untersuchung wurden folgende Parameter erfaßt:

1. Weichteilschwellung
2. Kniegelenkserguß
3. Bewegungsausmaß nach der Neutral-Null-Methode
4. Mediale und laterale Seitenbandinstabilität
5. Vordere Knieinstabilität mit dem Lachmantest
6. Vordere Knieinstabilität mit dem vorderen Schublidentest
7. Vordere Knieinstabilität mit dem pivot-shift-sign nach McIntosh
8. Vordere Knieinstabilität mit der KT-1000-Messung
9. Streckmuskulatur mit der sonographischen Dickenmessung des M.quadriceps
10. Oberschenkelmuskulatur mit der Umfangsmessung.

Zu 1.und 2.: Weichteilschwellung und Kniegelenkserguß

Die Einteilung erfolgte nach dem im Klinikalltag üblichen Schema:
kein (0), gering (1), mäßig (2) und stark (3).

Zu 3.: Bewegungsausmaß

Die Beweglichkeit beider Kniegelenke wurde nach der Neutral-Null-Methode unter Zuhilfenahme eines Winkelmessers gemessen. Statistisch ausgewertet wurde die Differenz der Beuge- und Streckfähigkeit des operierten im Vergleich zum nicht operierten Bein. Da die Beweglichkeit des operierten Beins schlechter war, handelt es sich um das Ausmaß einer Beuge- oder Streckhemmung in Grad.

Zu 4.: Mediale und laterale Seitenbandinstabilität

Das mediale und laterale Seitenband untersuchten wir sowohl in der bestmöglichen Streckung als auch in 20-30° Beugung durch die Ausübung eines Valgus- oder Varusstreß. Die Aufkappbarkeit bei Valgus- oder Varusstreß teilten wir ein in negativ (-), positiv (+), zweifach positiv (2+) und dreifach positiv (3+). Der jeweils höchste ermittelte Wert wurde dokumentiert.

Zu 5.: Vordere Kniegelenksinstabilität / Lachmantest

Mit dem Lachmantest (TOrg et al.1976) prüft man die vordere Instabilität beim 20° gebeugten Kniegelenk. Der Untersucher führt eine Ventralverschiebung der Tibia zum Femur durch.

Die Dokumentation erfolgte in negativ (-), positiv (+), zweifach positiv (2+) und dreifach positiv (3+).

Zu 6.: Vordere Kniegelenksinstabilität / Vorderer Schubladentest

Der Test der vorderen Schublade wird in 70° Beugung des Kniegelenkes geprüft. Der Patient liegt auf einer Untersuchungsfläche und das zu untersuchende Bein wird 70° gebeugt. Der Untersucher sitzt so auf der Liege, daß er mit dem eigenen Oberschenkel ein Widerlager für das Patientenbein bildet. Bei relaxierter Muskulatur des Patienten versucht der Untersucher, den Unterschenkel vor den Oberschenkel vorzuziehen. Dasselbe wird in 30° Innenrotation und 15° Außenrotation des Fußes geprüft.

Die Dokumentation erfolgte wieder nach der Einstufung in negativ (-), positiv (+), zweifach positiv (2+) und dreifach positiv (3+).

Zu 7.: Vordere Kniegelenksinstabilität / pivot shift-sign nach MacIntosh

Beim pivot-shift Testes nach MacIntosh (WERLICH et al. 1993), (GALWAY et al. 1972) gleitet der Tractus iliotibialis bei etwa 40° Beugung von der Streckseite über die Drehachse nach hinten und wirkt als Kniegelenksbeuger. Zwischen 30° und 40° Beugung ist er in seiner Funktion als aktiver Stabilisator ausgeschaltet. Der Untersucher testet die Funktion bei relaxierter Muskulatur mit einer passiven Bewegung. Er umfaßt mit der einen Hand den Fuß des Patienten und provoziert eine Innenrotation und mit der anderen Hand übt er einen Valgusstreß im Kniegelenk aus. Er wird nun gleichzeitig eine Bewegung aus der vollen, d. h. bestmöglichen Streckung in die Beugung passiv ausführen. Bei einer Ruptur des vorderen Kreuzbandes ist die Rollphase des lateralen Femurkondylus auf dem konvexen Tibiaplateau verlängert. Es kommt bei 30 - 40° Beugung zu einer ruckartigen Reposition, die als ein Schnappen wahrnehmbar ist. Der Test läßt sich beim nicht relaxierten Patienten mit einer akuten Verletzung sehr schwer auslösen. Bei einem in Narkose untersuchten Patienten ist dies dagegen bei vorhandener vorderer Instabilität einfach.

Der pivot-shift Test war nur zum zweiten und dritten Termin Bestandteil der klinischen Untersuchung. Dieser Test war entweder positiv (+) oder negativ (-).

Zu 8.: Vordere Kniegelenksinstabilität / KT-1000

Das KT-1000-Arthrometer (Abb. 2) dient der Objektivierung der a. - p. Translation.

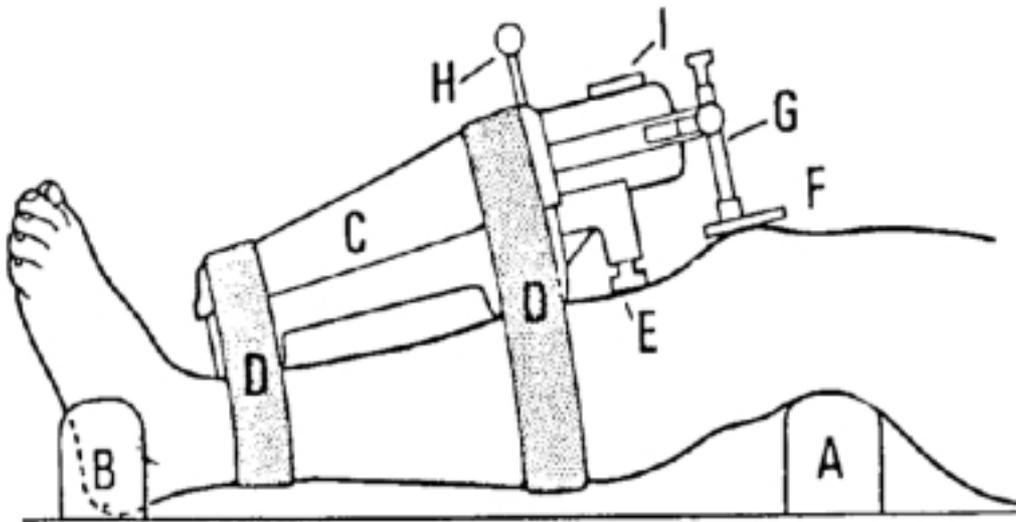


Abb. 2: Das KT - 1000 - Arthrometer: A = Beinstütze, B = Fußstütze, C = Gehäuse, D = Gurt, E = Tibiakopfsensor, F = Verschiebungsanzeige, H = Handgriff, I = Skala.

Das MEDmetric KT-1000 Arthrometer (MED metric Corporation, San Diego, California), das in den achtziger Jahren von D. DANIEL et al. (1985) entwickelt wurde, bestimmt die anterior-posteriore Translation als Relativbewegung zwischen zwei Sensoren.

Der eine Sensor befindet sich in dem Stempel, der auf der Patella liegt; der andere in dem Stempel, der der Tuberositas tibiae aufliegt. Über eine Analogskala wird die Bewegung beim Zug am Unterschenkel in Millimetern angegeben. Der Zug wird mit einem Handgriff und vorgegebener Kraft ausgeübt. Beide Oberschenkel werden auf die Beinstütze so gelagert, daß sich beide Kniegelenke in etwa 20° Beugung befinden. Die Neutralstellung der Unterschenkel wird durch die Fußstütze gewährleistet. Das Testgerät wird mit zwei Klettverbänden fixiert. Mit der einen Hand positioniert man den Stempel auf der Kniescheibe und zieht gleichzeitig mit der anderen an dem Handgriff. Die Skala wird vor jeder Untersuchung mit Druck auf den Handgriff auf 0 eingestellt und zweimal kontrolliert. Dann zieht man an dem Handgriff, bis der erste Piepton zu hören ist; dieser gibt eine Zugkraft von 67 Newton an. Der zweite Piepton ertönt bei 89 Newton. Die in der präoperativen Diagnostik übliche Untersuchung beim dritten Piepton entfällt, wir führten stattdessen eine semiquantitative Messung durch. Diese maximale passive vordere Schublade stellten wir durch direkten Zug her. Wir umfassten den Unterschenkel von dorsal und zogen am Unterschenkel. Die Zugkraft wurde bis zum maximalen Zeigerausschlag gesteigert, ohne Beschwerden des Patienten zu provozieren. Jede dieser Messungen führten wir dreimal aus, bildeten Mittelwerte und verglichen diese mit denen der Gegenseite.

Die Dokumentation erfolgte in mm-Angaben.

Zu 9.: Streckmuskulatur / sonographische Dickenmessung des M.quadriceps

Die sonographische Messung der Dicke des M. rectus femoris und des M. vastus intermedius dient der Überprüfung des Muskelzuwachses während der Rehabilitation.

Die Auswertung der sonographischen Dickenmessung des M.quadriceps im Zusammenhang mit dem Trainingsverlauf ist Gegenstand einer getrennt durchgeführten Untersuchung.

Zu 10.: Oberschenkelmuskulatur / Umfangsmessung

Aus Interesse an den kniegelenksnahen und -stabilisierenden Weichteilstrukturen nahmen wir die Umfangsmessung beim stehenden Patienten zehn und fünfzehn Zentimeter über dem medialen Kniegelenkspalt vor.

Die Dokumentation erfolgte in cm-Angaben.

3.5 Untersuchungsparameter im Überblick

KLINISCHE UNTERSUCHUNG

Schwellung	keine 0	geringe 1	mäßige 2	starke 3
Erguß	keiner 0	geringer 1	mäßiger 2	starker 3
Mediale Seitenbandinstabilität	negativ 0	3-5 mm +	6-10 mm 2+	11-15 mm 3+
Laterale Seitenbandinstabilität	negativ 0	3-5 mm +	6-10 mm 2+	11-15 mm 3+
Lachmantest	negativ 0	3-5 mm +	6-10 mm 2+	11-15 mm 3+
Vorderer Schubladentest	negativ 0	3-5 mm +	6-10 mm 2+	11-15 mm 3+
pivot-shift-Zeichen	negativ -	positiv +		
Extensionsdefizit	in Grad			
Flexionsdefizit	in Grad			
Umfangsdifferenz	in cm			
KT - 1000 Differenz	in mm			

Subjektive Einschätzung

Kraft zur Gegenseite	normal 0	fast normal 1	abnormal 2	stark abnormal 3
Funktion zur Gegenseite	normal 0	fast normal 1	abnormal 2	stark abnormal 3
Aktivität	normal 0	fast normal 1	abnormal 2	stark abnormal 3
Giving Way	vorhanden	fehlt		
Schmerzen	keine 0	geringe 1	mäßige 2	starke 3

Funktionstest

Einbeinsprung	unmöglich 0	schwierig 1	gut möglich 2
---------------	----------------	----------------	------------------

Erläuterungen:

Die Einstufung wurde in Anlehnung an den Fragebogen der OAK (Orthopädische Arbeitsgemeinschaft Knie. MÜLLER et al. 1988) vorgenommen: entweder 4-stufig mit 0, 1, 2, 3 oder 3-stufig mit 0, 1, 2 oder 4-stufig mit negativ, 1+,2+ oder 3+ oder in Abstufungen von normal über fast normal bis abnormal (abweichend) und schließlich stark abnormal (erheblich beeinträchtigt).

Bei der Bandprüfung bedeutet + 3-5mm, 2+ 6-10mm, 3+ 11-15mm.

4. Ergebnisse

Die statistische Auswertung der Messungen bzw. Befunde in den verschiedenen Untersuchungen erfolgte unter Beteiligung des Instituts für Medizinische Informatik der Justus-Liebig-Universität Gießen. Es wurden nur die Daten der Patienten zugrunde gelegt, die zu allen drei vorgesehenen Terminen untersucht werden konnten.

Zur Veranschaulichung der Ergebnisse haben wir unter Verwendung eines Tabellenkalkulations-Programms (Microsoft EXEL) zu jedem Parameter Tabellen und graphische Darstellungen erstellt. So lassen sich die Befunde innerhalb einer Gruppe darstellen und mit denen der anderen Gruppe vergleichen.

Jeweils in der ersten Tabelle und in dem dazugehörigen Diagramm findet man bei jeder Untersuchungsmethode die Aufschlüsselung der untersuchten Parameter .

Die zweite Tabelle und das dazugehörige Diagramm geben Auskunft über die statistischen Mittelwerte.

Auf diese Weise kann der zeitliche Verlauf der Untersuchungsergebnisse sowie die Unterschiede zwischen Trainings- und Kontrollgruppe deutlich gemacht werden.

Ein signifikanter Unterschied zwischen beiden Gruppen liegt dann vor, wenn der errechnete Wert p für die Signifikanz unter 0,05 liegt.

Legende:

Im folgenden sei jeweils

n	:	absolute Anzahl der Patienten
T	:	Trainingsgruppe
K	:	Kontrollgruppe
T1/2/3	:	Trainingsgruppe zur ersten / zweiten / dritten Untersuchung
K1/2/3	:	Kontrollgruppe zur ersten / zweiten / dritten Untersuchung
U1/2/3	:	erste / zweite / dritte Untersuchung
TMW	:	Mittelwert in der Trainingsgruppe
KMW	:	Mittelwert in der Kontrollgruppe
SF	:	Standardfehler
p	:	die errechnete Signifikanz

4.1.1. Weichteilschwellung

4.1.1 Ausprägung

Tabelle 4.1.1: Schwellung, Verteilung der Ausprägungen, Angaben in Prozent

Ausprägung	T 1	K 1	T 2	K 2	T 3	K 3
n	23	23	23	23	23	23
keine = 0	0	0	4,3	0	34,8	13
geringe = 1	26,1	39,1	56,5	39,1	56,5	78,3
mäßige = 2	47,8	52,2	30,4	56,5	8,7	8,7
starke = 3	26,1	8,7	8,7	4,3	0	0
p		0,267		0,277		0,214

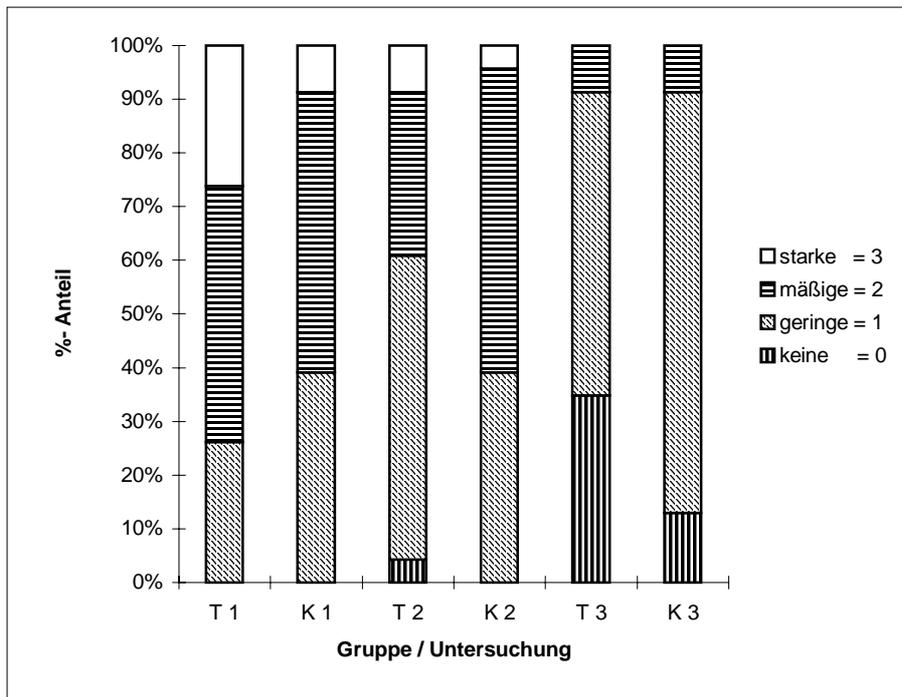


Diagramm 4.1.1: Schwellung, Ausprägung

Die Dokumentation der Weichteilschwellung erfolgte nach dem im klinischen Alltag üblichen Schema, das von „keine“ Schwellung (0) über „geringe“, (1), „mäßige“, (2) bis „starke Schwellung“, (3) verläuft. Bei der ersten Untersuchung reichte die Einteilung der Weichteilschwellung sowohl bei den Trainingspatienten als auch bei den Kontrollpatienten von 1 bis 3; bei der zweiten Untersuchung aber bei den Trainingspatienten von 0 bis 3 und bei den anderen Patienten von 1 bis 3; bei der letzten Untersuchung fanden sich bei beiden die Grade 0 bis 2. Die Trainingspatienten erreichten also schon zum zweiten Termin den Wert 0, es hatte also bereits ein Mitglied dieser Gruppe keine Weichteilschwellung mehr.

Zur zweiten Untersuchung hatten bereits 56,5 % (13 Patienten) der Trainingsgruppe nur noch eine geringfügige und 30,4 % (7 Patienten) eine mäßige Schwellung. Im Gegensatz hierzu wiesen in der Kontrollgruppe noch 56,5 % (13 Patienten) eine mäßige und nur 39,1 % (9 Patienten) eine geringfügige Schwellung auf. Bei der dritten Untersuchung waren in beiden Gruppen bei 8,7 % (2 Patienten) eine mäßige Schwellung, bei 56,5 % (13 Patienten) der Trainingsgruppe und bei 78,3 % (18 Patienten) der Kontrollgruppe geringe und bei 34,8 % (8 Patienten) der Trainingsgruppe und bei 13,0 % (3 Patienten) der Kontrollgruppe gar keine Schwellung nachzuweisen.

Zum 2. Meßzeitpunkt lag die Trainingsgruppe tendenziell günstiger, da bereits 60,6 % (14 Patienten) nur eine geringgradige Schwellung aufwiesen. Demgegenüber hatten 39,1 % (9 Patienten) der Kontrollgruppe keine oder nur noch eine geringgradige Schwellung. Dieser Unterschied liegt jedoch im Zufallsbereich. Bei der dritten Untersuchung waren in beiden Gruppen bei 91,3 % (21 Patienten) keine oder nur geringfügige Schwellung, bei 34,8 % (8 Patienten) der Trainingsgruppe und nur bei 13 % der Kontrollgruppe überhaupt keine Schwellung festzustellen.

Damit liegt für die Trainingsgruppe ein trendmäßig besseres Ergebnis vor.

4.1.2 Mittelwerte im Verlauf

Tabelle 4.1.2: Schwellung, Mittelwerte im Verlauf, Angaben ohne Einheit

Ausprägung	U 1	U 2	U 3
TMW	2	1,43	0,74
n	23	23	23
SF	0,15	0,15	0,13
TMW + SF	2,15	1,58	0,87
TMW - SF	1,85	1,28	0,61
KMW	1,7	1,65	0,96
n	23	23	23
SF	0,13	0,12	0,1
KMW + SF	1,83	1,77	1,06
KMW - SF	1,57	1,52	0,86

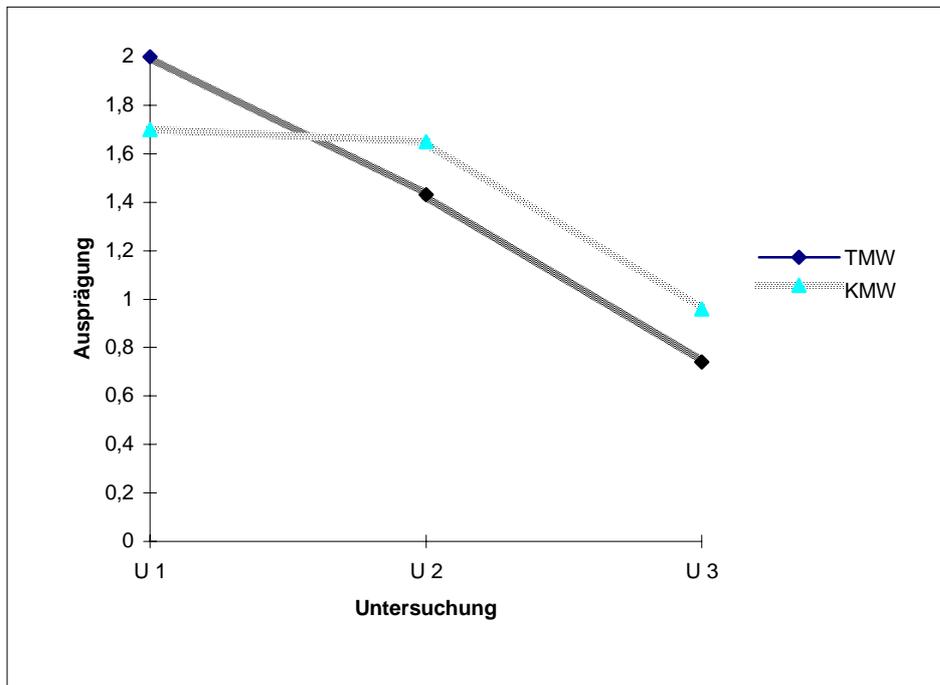


Diagramm 4.1.2: Schwellung, Mittelwerte im Verlauf

Die Werte der Trainingsgruppe lagen zu Beginn über denen der Kontrollgruppe, zur 2. Untersuchung jedoch schon darunter und verliefen bis zur 3. Untersuchung etwa linear. Es besteht kein signifikanter Unterschied, wie an den sich überschneidenden Linien der Standardfehler sichtbar ist, aber die Tendenz, daß sich die Schwellung, besonders in den ersten sechs Wochen, bei den Trainingspatienten schneller zurückbildet.

4.2 Kniegelenkserguß

4.2.1 Ausprägung

Tabelle 4.2.1: Erguß, Verteilung der Ausprägungen, Angaben in Prozent

Ausprägung	T 1	K 1	T 2	K 2	T 3	K 3
n	23	22	23	23	23	23
kein = 0	34,8	40,9	52,2	52,2	82,6	73,9
geringer =1	43,5	40,9	43,5	30,4	17,4	21,7
mäßiger =2	13	18,2	4,3	13	0	4,4
starker =3	8,7	0	0	4,4	0	0
p		0,525		0,47		0,543

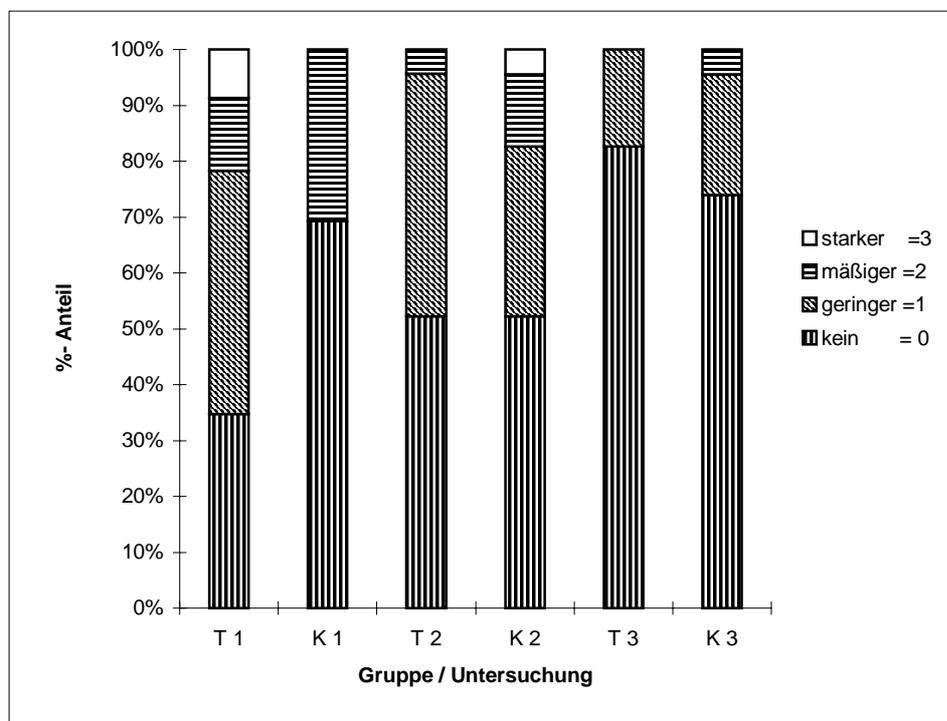


Diagramm 4.2.1: Erguß, Verteilung der Ausprägungen

Die Einteilung wurde analog zur klinischen Ausprägung der Schwellung vorgenommen. Auch hier war die Verteilung für die Kontrollgruppe zu Beginn günstiger. Die Ausprägung des Kniegelenksergusses bewegte sich bei den Trainingspatienten stetig abfallend zunächst zwischen 0 und 3, dann zwischen 0 und 2 und schließlich zwischen 0 und 1. Bei den Kontrollpatienten dokumentierten wir Werte zwischen 0 und 2, 0 und 3 und zwischen 0 und 2.

Bei der zweiten Untersuchung hatten in beiden Gruppen 52,2 % (12 Patienten), also über die Hälfte der Patienten keinen Kniegelenkserguß mehr. Geringfügig war der Erguß in der Trainingsgruppe bei 43,5 % (10 Patienten) und in der Kontrollgruppe bei 30,4 % (7 Patienten). Bei einem Patienten der Trainingsgruppe und bei 13 % (3 Patienten) der Kontrollgruppe war der Erguß als mäßig einzustufen. Ein Kontrollpatient hatte einen starken Kniegelenkserguß.

Nach zwölf Wochen waren 82,6 % (19 Patienten) der Gruppe 1 und 73,9 % (17 Patienten) der Gruppe 2 frei von pathologischer Gelenkflüssigkeit. Geringfügigen Erguß hatten 17,4 % (4 Patienten) der Trainingsgruppe und 21,7 % (5 Patienten) der Kontrollgruppe. Der einzige Patient mit noch mäßiggradigem Erguß gehörte zur Kontrollgruppe.

Beim direkten Vergleich der beiden Gruppen in der graphischen Darstellung erkennt man in der Gruppe der Trainierenden das schnellere Anwachsen der Patientenzahl ohne Kniegelenkerguß. Zur ersten Untersuchung waren es weniger, zur zweiten Untersuchung genau so viele und zur dritten Untersuchung mehr Patienten ohne Kniegelenkserguß als in der Kontrollgruppe. Der Unterschied ist nicht signifikant.

4.2.2 Mittelwerte im Verlauf

Zunächst wiesen die Kontrollpatienten einen ausgeprägteren Kniegelenkserguß auf, der sich im Verlauf sowohl schneller als auch deutlicher zurückbildete. Damit wird die schon beim Diagramm 4.2.2 aufgewiesene Tendenz bestätigt.

Tabelle 4.2.2: Erguß, Mittelwerte im Verlauf, Angaben ohne Einheit

Ausprägung	U 1	U 2	U 3
TMW	0,96	0,52	0,17
n	23	23	23
SF	0,19	0,12	0,08
TMW + SF	1,15	0,64	0,25
TMW - SF	0,77	0,4	0,09
KMW	0,77	0,7	0,3
n	22	23	23
SF	0,13	0,12	0,1
KMW + SF	0,9	0,82	0,4
KMW - SF	0,64	0,58	0,2

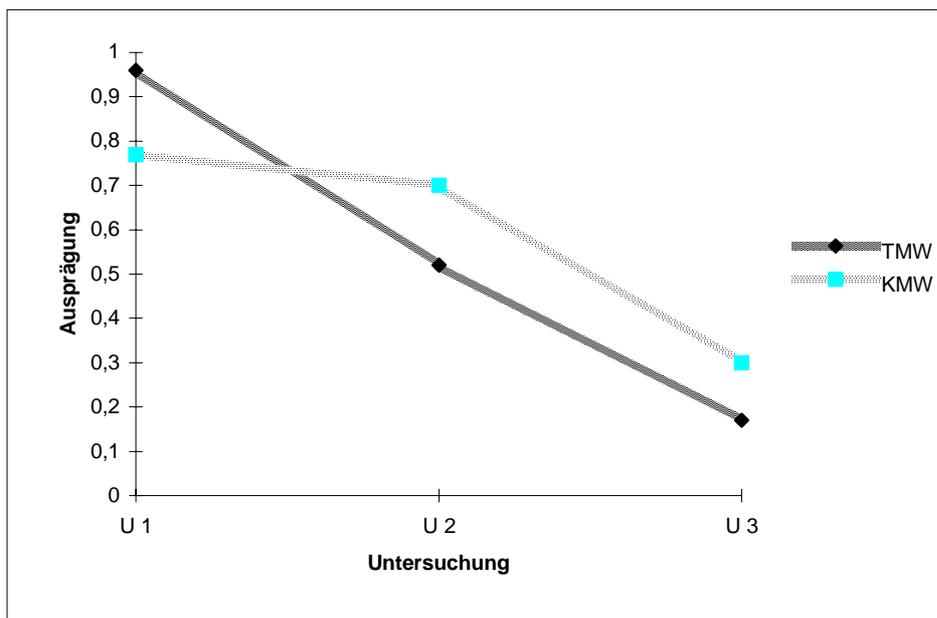


Diagramm 4.2.2: Erguß, Mittelwerte im Verlauf

4.3 Schmerzen

4.3.1 Ausprägung

4.3.1: Schmerzen, Verteilung der Ausprägungen, Angaben in Prozent

Einschätzung	T 1	K 1	T 2	K 2	T 3	K 3
n	23	22	23	22	23	20
normal	4,4	0	8,7	0	17,4	0
fast normal	17,4	22,7	30,4	40,9	52,2	65
abnormal	39,1	45,5	56,5	54,5	26,1	30
stark abnormal	39,1	31,8	4,4	4,6	4,3	5
p		0,707		0,518		0,032

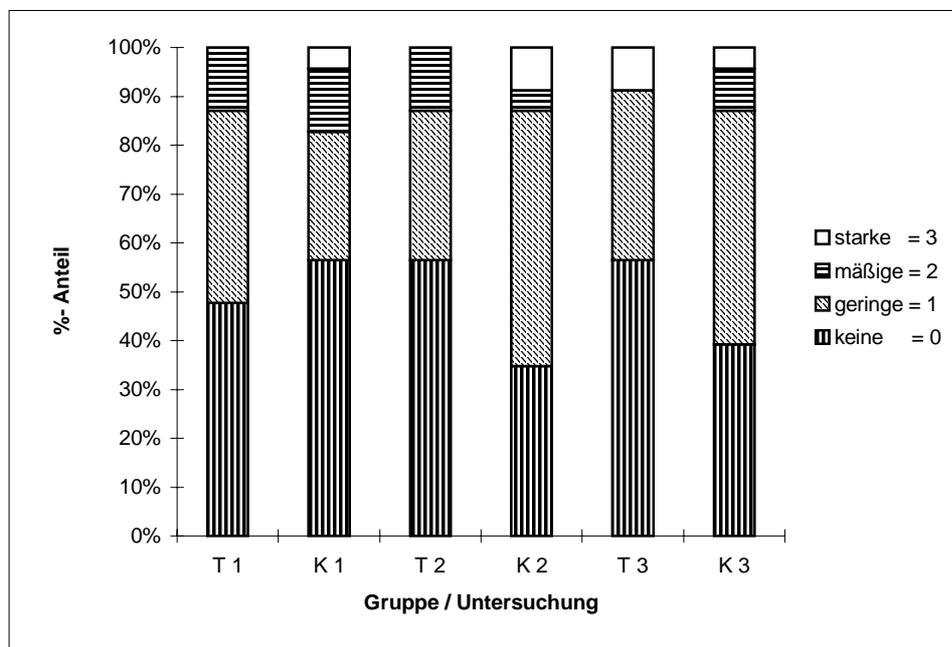


Diagramm 4.3.1: Schmerzen, Verteilung der Ausprägung

Wir dokumentierten die Angaben über Schmerzen nach Intensität, in der Einteilung entsprechend der Schwellung.

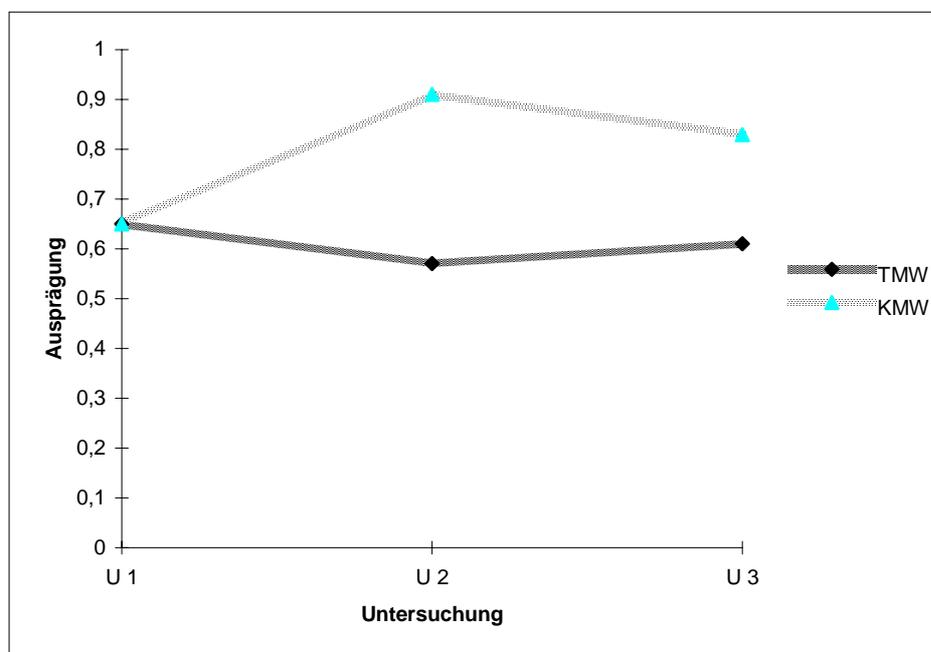
Schon nach vier bis fünf Tagen postoperativ gaben 47,8 % (11 Patienten) der Trainingsgruppe und 56,5 % (13 Patienten) der Kontrollgruppe an, keine Schmerzen mehr zu haben. Geringfügige Schmerzen hatten 39,1 % (9 Patienten) der Trainingspatienten und 26,1 % (6 Patienten) der Kontrollpatienten. Je 13 % (3 Patienten) hatten mäßige Schmerzen. Ein Patient aus der Kontrollgruppe gab starke Schmerzen an. Die Mittelwerte lagen bei der ersten Untersuchung auf demselben Niveau. Die Schmerzintensität nahm aber dann in sechs Wochen bei den Trainingspatienten kontinuierlich ab und bei den Kontrollpatienten zu. In der zweiten Studienhälfte stieg der Mittelwert bei der Trainingsgruppe wieder etwas an, bei der Kontrollgruppe fiel er wieder. Der Schwankungsbereich war bei der Trainingsgruppe geringer als bei der Kontrollgruppe, wie die Tab. 4.3.1 zeigt.

Die Patienten der Kontrollgruppe stufen ihre Schmerzen höher ein als die Patienten der Gruppe 1. Nach sechs Wochen klagte kein Trainingspatient über mehr als mäßig einzuschätzende Schmerzen. 56,5 % (13 Patienten) gaben an, keine Schmerzen zu haben, 30,4 % (7 Patienten) gaben geringfügige und 13 % (3 Patienten) mäßige Schmerzen an.. Die Kontrollpatienten hatten in 34,8 % (8 Patienten) nach sechs Wochen keine Schmerzen mehr, in 52,2 % (12 Patienten) der Fälle geringfügige und je 1 Patient hatte mäßige oder starke Schmerzen. Nach zwölf Wochen waren die Angaben über die Schmerzintensität vergleichbar mit denen der zweiten Untersuchung.

4.3.2 Mittelwerte im Verlauf

Tabelle 4.3.2: Schmerzintensität, Mittelwerte im Verlauf, Angaben ohne Einheit

Grad	U 1	U 2	U 3
TMW	0,65	0,57	0,61
n	23	23	23
SF	0,15	0,15	0,19
TMW + SF	0,8	0,72	0,8
TMW - SF	0,5	0,42	0,42
KMW	0,65	0,91	0,83
n	23	23	23
SF	0,18	0,21	0,2
KMW + SF	0,83	1,14	1,03
KMW - SF	0,47	0,7	0,63



Graphik 4.3.2: Schmerzintensität, Mittelwerte im Verlauf

Die Mittelwerte liegen zwischen 0 und 1, also zwischen den Angaben „keine“ und „geringfügige“ Schmerzen. Geringfügig höher lagen die Werte in der Kontrollgruppe. Tendenziell gaben die Trainingspatienten weniger Schmerzen an.

4.4 Mediale Seitenbandstabilität

4.4.1 Ausprägung

Tabelle 4.4.1: Mediale Seitenbandstabilität, Verteilung der Ausprägungen, Angaben in Prozent

Ausprägung	T 1	K 1	T 2	K 2	T 3	K 3
n	21	23	23	23	23	23
negativ = 0	38,1	52,2	26,1	60,9	43,5	60,9
positiv + =1	47,6	39,1	65,2	39,1	52,2	34,8
positiv ++ =2	14,3	8,7	8,7	0	4,3	4,3
p		0,618		0,035		0,48

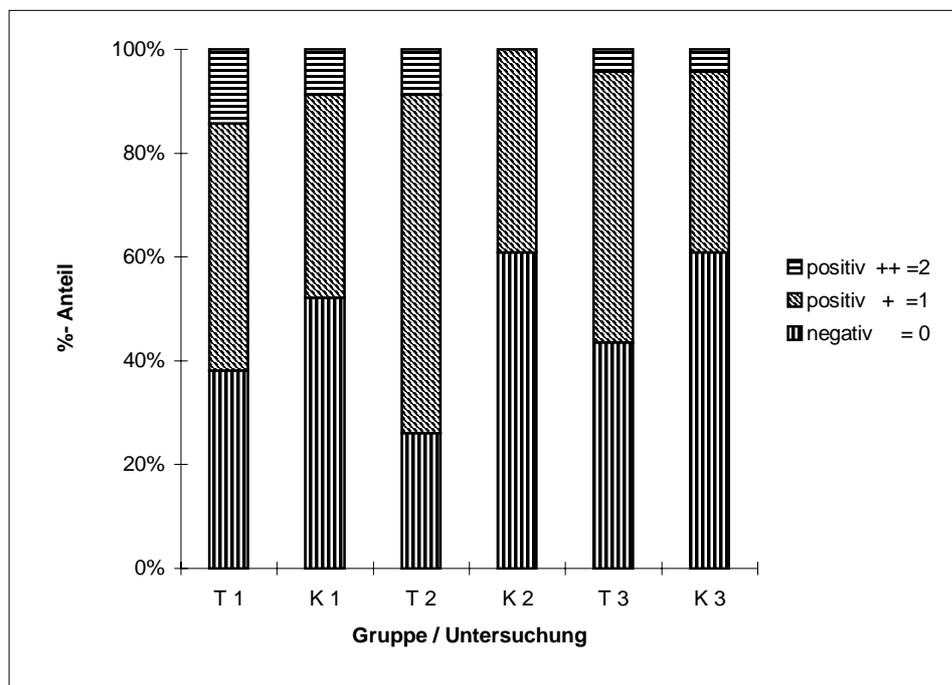


Diagramm 4.4.1: Mediale Seitenbandstabilität, Verteilung der Ausprägungen

Die Dokumentation erfolgte in der Einteilung negativ (0), einfach (+), zweifach (2+) und dreifach (3+) positiv. In der Trainingsgruppe lagen die Werte im Bereich von 0 bis 2, in der Kontrollgruppe bei der ersten und dritten Untersuchung ebenfalls zwischen 0 und 2, bei der zweiten Untersuchung lagen sie zwischen 0 und 1. Zur zweiten Untersuchung hatten somit 100 % der Kontrollpatienten keine oder eine geringfügige mediale Seitenbandinstabilität, in der Trainingsgruppe nur 91,3 % (21 Patienten). Da die medialen Kollateralbänder bei zwei Patienten in der Trainingsgruppe genäht wurden, sind diese Zahlen jedoch nicht vergleichbar.

Zum zweiten Meßzeitpunkt lag die Verteilung der Ergebnisse der medialen Seitenbandstabilität der Kontrollpatienten signifikant besser. 60,9 % (14 Patienten), mehr als doppelt so viele wie Trainingspatienten hatten keine mediale Aufklappbarkeit. Zum 3. Meßzeitpunkt verbesserten sich die Werte der Trainingspatienten deutlich, die der Kontrollpatienten verschlechterten sich sogar.

4.4.2 Mittelwerte im Verlauf

Tabelle 4.4.2: Mediale Seitenbandstabilität, Mittelwerte im Verlauf, Angaben ohne Einheit

	U 1	U 2	U 3
TMW	0,76	0,83	0,61
n	21	23	23
SF	0,15	0,12	0,12
TMW + SF	0,91	0,95	0,73
TMW - SF	0,61	0,71	0,49
KMW	0,57	0,39	0,43
n	23	23	23
SF	0,14	0,1	0,12
KMW + SF	0,71	0,49	0,55
KMW - SF	0,43	0,29	0,31

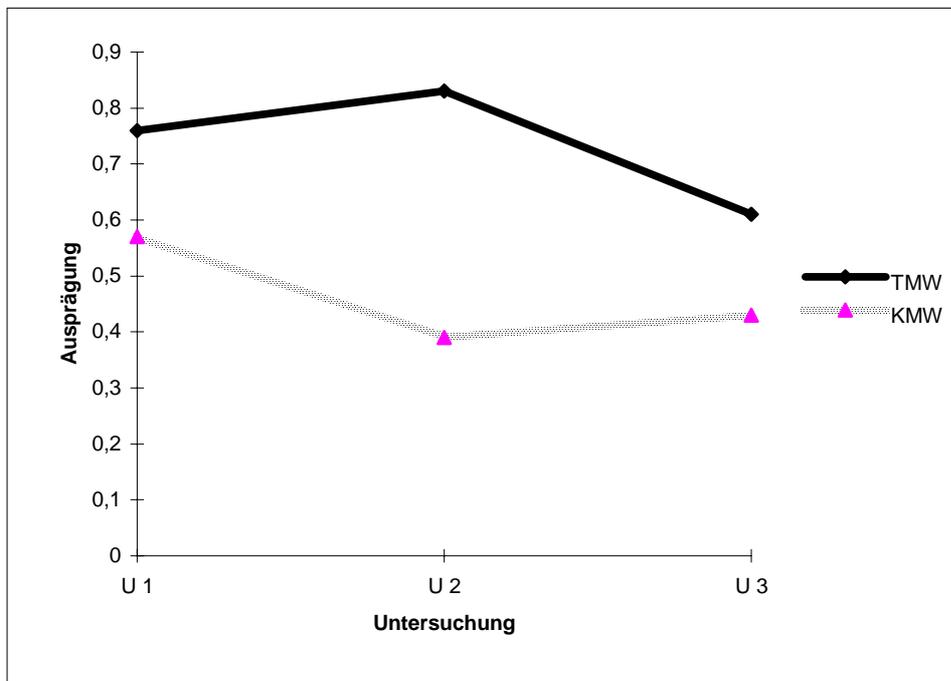


Diagramm 4.4.2: Mediale Seitenbandstabilität, Mittelwerte im Verlauf

Man erkennt einen deutlichen Unterschied beim zweiten Meßzeitpunkt. Die mediale Seitenbandstabilität war bei den Trainingspatienten nach sechs Wochen ausgeprägter. Die Differenz verringerte sich deutlich. Die mediale Seitenbandstabilität verbesserte sich bei den Trainingspatienten bis zur dritten Untersuchung.

4.5 Laterale Seitenbandstabilität

4.5.1 Ausprägung

Tabelle 4.5.1: Laterale Seitenbandinstabilität, Verteilung der Ausprägungen, Angaben in Prozent

Ausprägung	T 1	K 1	T 2	K 2	T 3	K 3
n	21	23	23	23	23	23
negativ = 0	47,6	47,8	34,8	56,5	39,1	56,5
positiv + = 1	42,9	43,5	52,2	34,8	43,5	21,7
positiv ++ = 2	9,5	8,7	13	8,7	17,4	21,7
p	0,995		0,334		0,286	

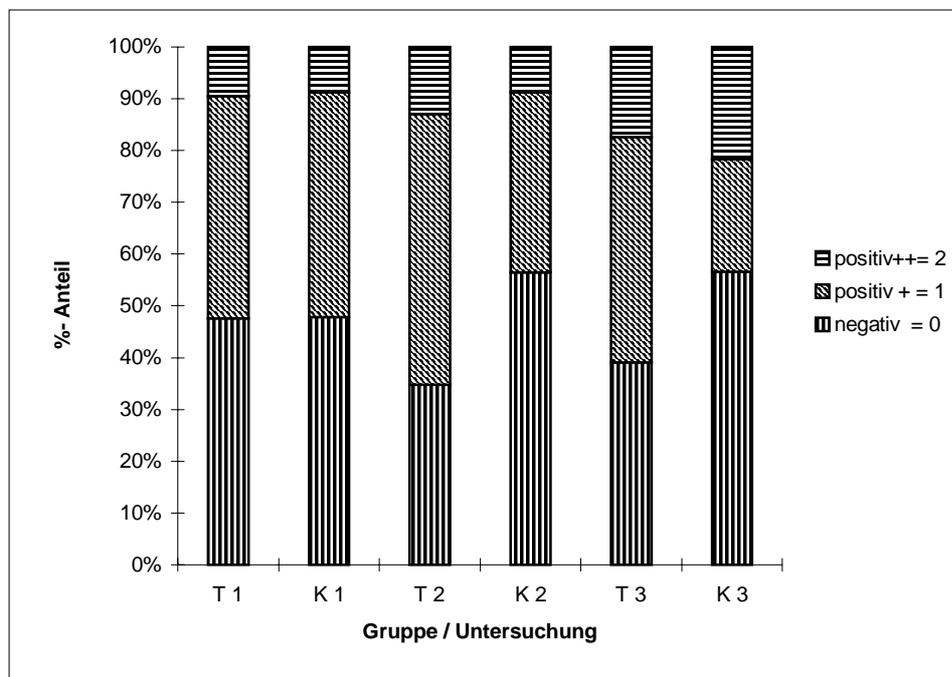


Diagramm 4.5.1: Laterale Seitenbandinstabilität, Ausprägung

Die Ergebnisse lagen in beiden Gruppen zwischen 0 und 2. Zum zweiten Meßpunkt hatten in der Trainingsgruppe 34,8 % (8 Patienten) keine, 52,2 % (12 Patienten) eine einfach positive und 13 % (3 Patienten) eine zweifach positive laterale Aufklappbarkeit. In der Kontrollgruppe waren es 56,5 % (13 Patienten) ohne, 34,8 % (8 Patienten) mit einer geringen und 8,7 % (2 Patienten) mit einer mäßigen lateralen Seitenbandinstabilität. Zum dritten Meßzeitpunkt wuchs die Zahl der Trainingspatienten ohne laterale Seitenbandinstabilität auf 39,1 % (9 Patienten) und die Zahl derer mit mäßiger lateralen Seitenbandinstabilität fiel auf 17,4 % (4 Patienten). 43,5 % (10 Patienten) hatten eine geringfügige laterale Seitenbandinstabilität. Die Zahl der Kontrollpatienten ohne laterale Seitenbandinstabilität blieb konstant. 43,5 % (10 Patienten) verteilten sich gleichmäßig auf einfach und zweifach positiv.

Man erkennt anhand der Abb. 4.5.1 im Anhang die tendenziell bessere Verteilung der Ausprägung in der Kontrollgruppe, in der bei gleichem Ausgangswert bereits zur zweiten Untersuchung 56,5 % (13 Patienten) keine laterale Seitenbandinstabilität mehr aufwiesen.

Der Mittelwert der Trainingsgruppe verringerte sich im Vergleich zur zweiten Untersuchung, um dann zu stagnieren. Der Mittelwert der Kontrollgruppe lag zwar zunächst trendmäßig günstiger, näherte sich aber in der zweiten Studienhälfte dem der Trainingsgruppe an. Es handelt sich jedoch um keinen signifikanten Unterschied.

4.5.2 Mittelwerte im Verlauf

Tabelle 4.5.2: Laterale Seitenbandinstabilität, Mittelwerte im Verlauf, Angaben ohne Einheit

	U 1	U 2	U 3
TMW	0,62	0,78	0,78
n	21	23	23
SF	0,15	0,14	0,15
TMW + SF	0,77	0,92	0,93
TMW - SF	0,47	0,64	0,63
KMW	0,61	0,52	0,65
n	23	23	23
SF	0,14	0,14	0,17
KMW + SF	0,75	0,66	0,82
KMW - SF	0,47	0,38	0,48

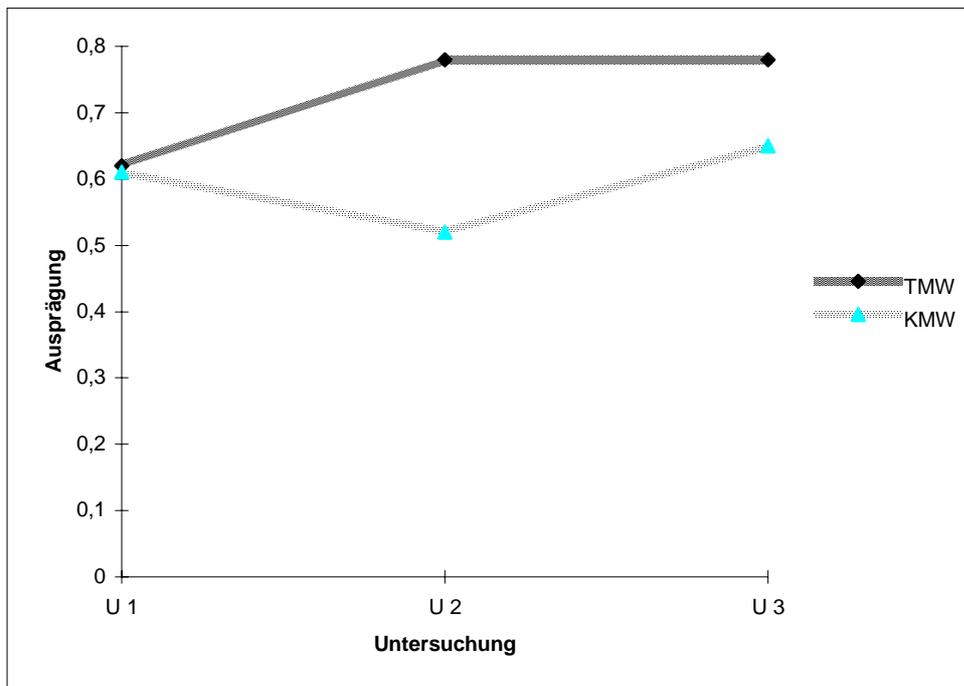


Diagramm 4.5.2: Laterale Seitenbandinstabilität, Mittelwerte im Verlauf

4.6 Lachmantest

4.6.1 Ausprägungen

Tabelle 4.6.1: Lachmantest, Verteilung der Ausprägungen, Angaben in Prozent

Ausprägung	T 1	K 1	T 2	K 2	T 3	K 3
n	19	23	23	23	23	23
negativ = 0	73,7	82,6	56,5	65,2	52,2	47,8
positiv + = 1	26,3	17,4	43,5	21,7	47,8	34,8
positiv ++ = 2	0	0	0	13	0	17,4
p		0,483		0,09		0,104

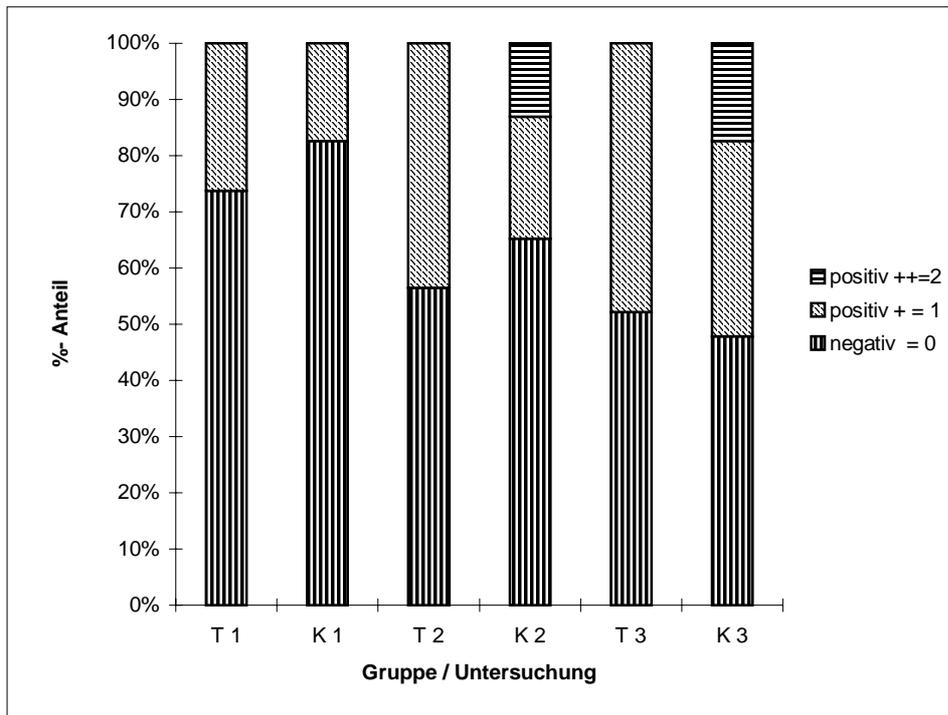


Diagramm 4.6.1: Lachmantest, Ausprägung

73,7 % (14 Patienten) der Trainingsgruppe hatten bei der ersten Untersuchung ein negatives, 26,3 % (5 Patienten) hatten ein einfach positives Testergebnis. In der Kontrollgruppe war bei 82,6 % (19 Patienten) der Test negativ, bei 17,4 % (4 Patienten) war er einfach positiv. Nach sechs Wochen war der Lachmantest bei den Patienten der Trainingsgruppe zu 56,5 % (13 Patienten) negativ, zu 43,5 % (10 Patienten) einfach positiv. Bei den Kontrollpatienten war der Test zu 65,2 % (15 Patienten) negativ, zu 21,7 % (5 Patienten) einfach und zu 13,0 % (3 Patienten) zweifach positiv. Nach zwölf Wochen hatten die Patienten der Gruppe 1 in 52,2 % der Fälle (12 Patienten) ein negatives und in 4,8 % (11 Patienten) ein einfach positives Ergebnis. Bei den Kontrollpatienten dokumentierten wir in 47,8 % (11 Patienten) ein negatives, in 34,8 % (8 Patienten) ein einfach positives und in 17,4 % (4 Patienten) ein zweifach positives Ergebnis.

Nach sechs und zwölf Wochen bewegten sich die Ergebnisse des Lachmantestes bei den Trainingspatienten zwischen negativ und einfach positiv, bei den Kontrollpatienten aber zwischen negativ und zweifach positiv. Der Mittelwert der Untersuchungsergebnisse der Gruppe 1 beginnt höher und endet im Vergleich mit der Gruppe 2 bei einem niedrigeren Wert.

Zur zweiten und dritten Untersuchung lagen 100 % der Trainingspatienten im Bereich von einem negativen oder einfach positiven Ergebnis. Zum zweiten Meßzeitpunkt hatten aber 13 % der Kontrollpatienten (3 Patienten) und zum dritten Meßzeitpunkt 17,4% der Kontrollpatienten (4 Patienten) ein zweifach positives Ergebnis. Damit liegen die Ergebnisse der Trainingspatienten bei der zweiten Untersuchung signifikant und zur dritten Untersuchung tendenziell besser als bei den Kontrollpatienten.

Die Ergebnisse des Lachmantestes, als Hinweis auf eine vordere Kreuzbandinstabilität, verschlechterten sich im Verlauf der Studie bei den Kontrollpatienten deutlicher als bei den Trainingspatienten. Bei schlechterem Ausgangswert erzielten die Trainingspatienten sowohl zur zweiten als auch zur dritten Untersuchung ein tendenziell besseres Ergebnis als die Kontrollpatienten.

4.7 Vorderer Schubladentest

4.7.1 Ausprägung

Die Einteilung entspricht der des Lachmantestes. Wir haben diesen Test analog durchgeführt und den jeweils höchsten Wert dokumentiert. Dieser Test war zur ersten Untersuchung bei 20 Trainingspatienten und bei allen Kontrollpatienten verwertbar. Die graphische Darstellung der Mittelwerte zeigt ein Auseinanderweichen der beiden Kurven. Die Trainingspatienten hatten zunächst höhere, später niedrigere Ergebnisse.

In der ersten postoperativen Woche hatten in der Trainingsgruppe 70,0 % (14 Patienten) keine und 30,0 % (6 Patienten) eine einfache vordere Schublade. In der Kontrollgruppe waren es 78,3 % (18 Patienten) ohne, 17,4 % (4 Patienten) mit einfach positiver und 4,3 % (1 Patient) mit zweifach positiver vorderer Schublade. Zur zweiten Untersuchung gab es in beiden Gruppen dieselbe Verteilung. Je 56,5 % (13 Patienten) hatten keine und 43,5 % (Patienten) hatten eine einfach positive Schublade. In der Trainingsgruppe festigte sich bei 3 Patienten das Kniegelenk, so daß nach weiteren sechs Wochen bei 69,9 % (16 Patienten) keine vordere Schublade mehr nachzuweisen war. 30,4 % (7 Patienten) hatten eine einfach positive Schublade. In der Kontrollgruppe hatten 34,8 % (8 Patienten) zur Abschlußuntersuchung keine, 60,9 % (14 Patienten) eine einfach positive und 4,3 % (1 Patient) eine zweifach positive Schublade.

Tabelle 4.7.1: Vorderer Schubladentest, Ausprägungen, Angaben in Prozent

Ausprägung	T 1	K 1	T 2	K 2	T 3	K 3
n	20	23	23	23	23	23
keine	70	78,3	56,5	56,5	69,6	34,8
geringe	30	17,4	43,5	43,5	30,4	60,9
mäßige	0	4,3	0	0	0	4,3
p	0,428		1		0,05	

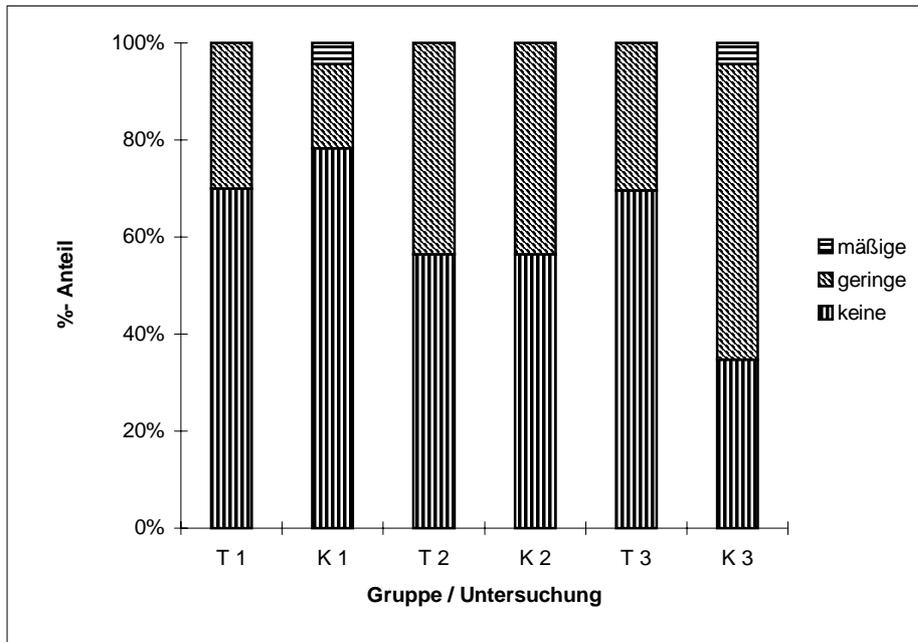


Diagramm 4.7.1: Vorderer Schubladentest, Ausprägung

War die Verteilung in beiden Gruppen zur zweiten Untersuchung noch identisch, so war diese zur dritten Untersuchung in der Gruppe der Trainierenden mit 69,6 % (16 Patienten) ohne vordere Schublade, also bei doppelt so vielen Patienten als in der Kontrollgruppe, signifikant besser.

Tabelle 4.7.2: Vorderer Schublادentest, Mittelwerte im Verlauf, Angaben ohne Einheit

Ausprägung	U 1	U 2	U 3
TMW	0,3	0,43	0,3
n	20	23	23
SF	0,11	0,11	0,1
TMW + SF	0,41	0,54	0,4
TMW - SF	0,19	0,32	0,2
KMW	0,26	0,43	0,7
n	23	23	23
SF	0,11	0,11	0,12
KMW + SF	0,37	0,54	0,82
KMW - SF	0,15	0,32	0,58

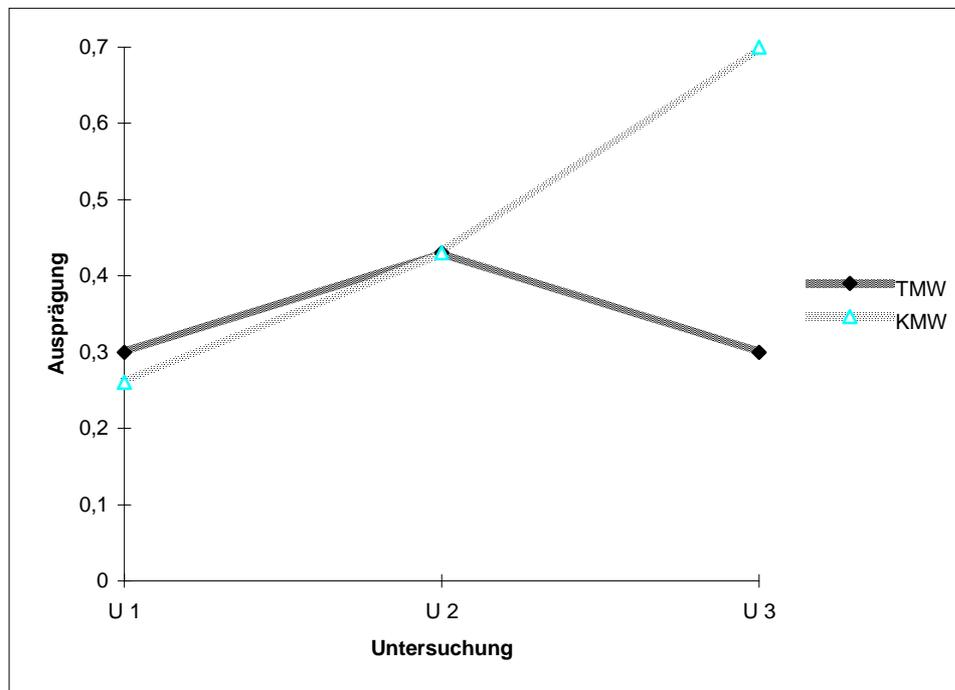


Diagramm 4.7.2: Mittelwerte im Verlauf

Die Ergebnisse des vorderen Schublادentests als Zeichen der vorderen Kniegelenksinstabilität bestätigt den tendenziell unterschiedlichen Verlauf in der Kontrollgruppe im Vergleich zur Trainingsgruppe: die vordere Kniegelenksinstabilität besserte sich in der Kontrollgruppe während der zweiten Studienhälfte.

Die Ergebnisse der Trainingspatienten lagen unmittelbar postoperativ bei geringfügig schlechteren Ausgangswerten und waren zum zweiten Meßzeitpunkt im Mittel identisch. Zur dritten Untersuchung erreichte die **Trainingsgruppe ein signifikant besseres Ergebnis.**

4.8 Pivot-shift-Test

4.8.1 Ausprägung

Tabelle 4.8.1: Pivot-Shift-Test, Verteilung der Ausprägungen, Angaben in Prozent

Ausprägung	T 2	K 2	T 3	K 3
n	23	23	23	23
negativ = 0	95,7	95,7	91,3	87
positiv = 1	4,3	4,3	8,7	13
p		1		0,63

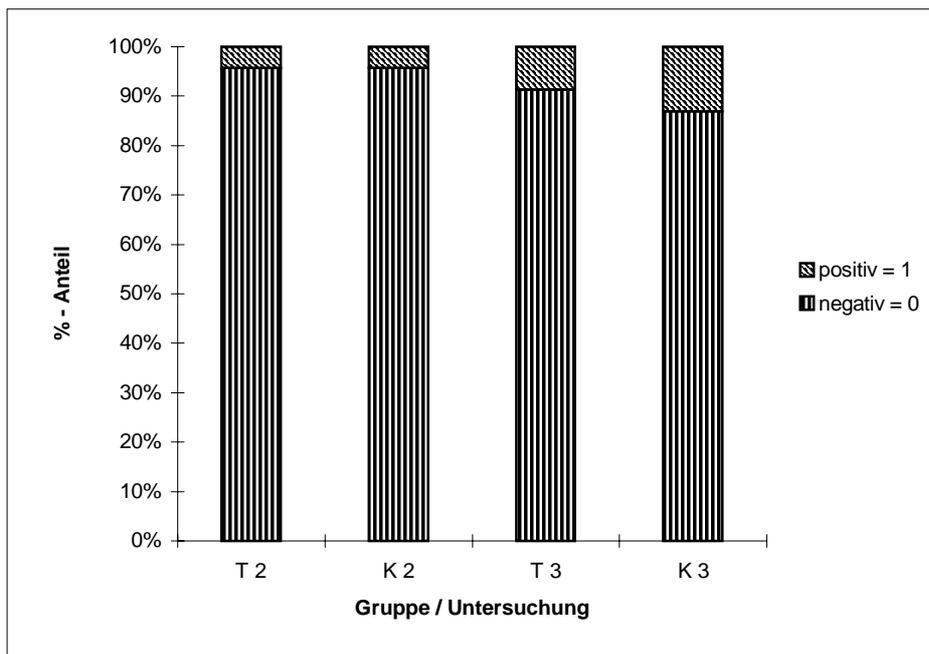


Diagramm 4.8.1: Pivot-Shift-Test, Ausprägung

Nach sechs Wochen fand sich in beiden Gruppen jeweils ein und nach zwölf Wochen in der Trainingsgruppe zwei und in der Kontrollgruppe drei positive pivot-shift-Zeichen.

Die Auswertung zeigt die untergeordnete Rolle in der postoperativen Nachuntersuchung. Bei komplikationslosen Heilungsverläufen in beiden Gruppen war das Pivot-shift-Zeichen bei Studienende nur bei zwei Trainingspatienten und drei Kontrollpatienten auslösbar.

4.9 Extensionsdefizit

4.9.1 Ausprägung

Bei beiden Gruppen besserte sich das Streckvermögen kontinuierlich und lag bei den Trainingspatienten zu allen Kontrollen bei höheren Werten. Nach zwölf Wochen erreichten die Trainingspatienten im Mittel ein Streckdefizit von 5° im Vergleich zur Gegenseite, die Kontrollpatienten ein Streckdefizit von 3°. Eine graphische Darstellung als Balkendiagramm würde die Unterschiede nicht weiter verdeutlichen.

4.9.2 Mittelwerte im Verlauf

Tabelle 4.9.2: Extensionsdefizit, Mittelwerte im Verlauf, Angaben ohne Einheit

	U 1	U 2	U 3
TMW	14,75	9,78	5,65
n	23	23	23
SF	1,54	1,02	0,96
TMW + SF	16,29	10,8	6,61
TMW - SF	13,21	8,76	4,69
KMW	11,74	9,8	3,09
n	23	23	23
SF	1,2	1,56	0,87
KMW + SF	12,94	11,36	3,96
KMW - SF	10,54	8,24	2,22

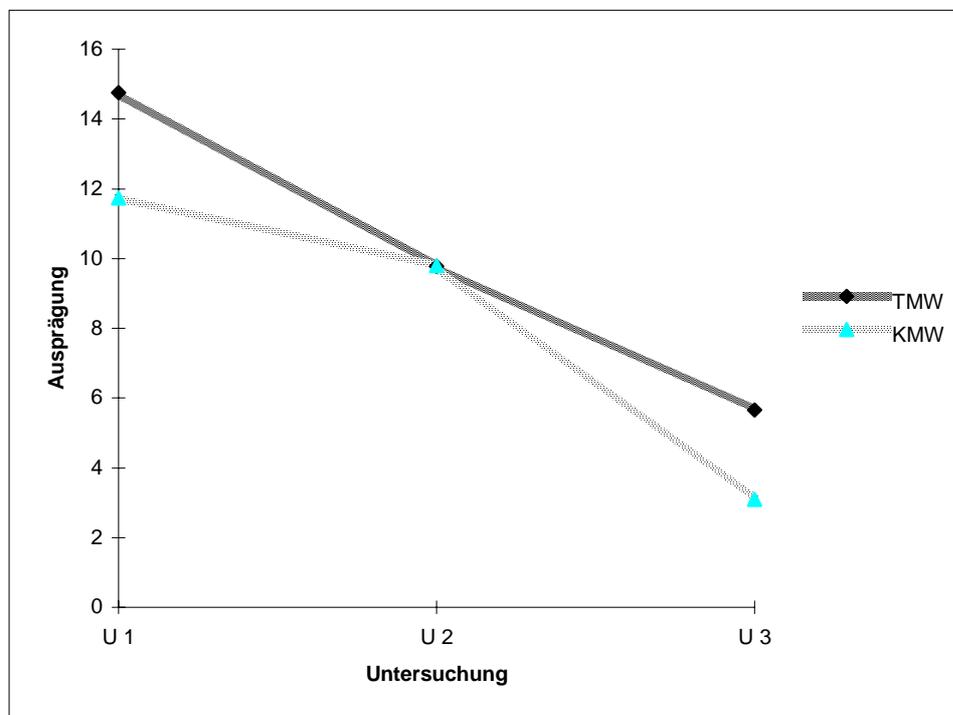


Diagramm 4.9.2: Extensionsdefizit, Mittelwerte im Verlauf

Das **Streckdefizit** fiel zwar bei den **Trainingspatienten** stetig ab, lag aber zum Studienende im Vergleich zu den Kontrollpatienten **signifikant höher**.

4.10 Flexionsdefizit im Vergleich zum nicht operierten Kniegelenk

4.10.1 Ausprägung

Der Grad der Beugehemmung verringerte sich im Verlauf der Studie in beiden Gruppen etwa gleichsinnig. Die Beugehemmung betrug zum Studienende in der Trainingsgruppe etwa 17,6° und in der Kontrollgruppe 13°. Auf ein Diagramm wird verzichtet.

4.10.2 Mittelwerte im Verlauf

Tabelle 4.10.2: Flexionsdefizit, Mittelwerte im Verlauf, Angaben ohne Einheit

	U 1	U 2	U 3
TMW	55,65	34,13	17,61
n	23	23	23
SF	3,43	3,06	2,98
TMW + SF	59,08	37,19	20,59
TMW - SF	52,22	31,07	14,63
KMW	54,13	30,43	13,04
n	23	23	23
SF	2,84	2,55	1,83
KMW + SF	56,97	32,98	14,87
KMW - SF	51,29	27,88	11,21

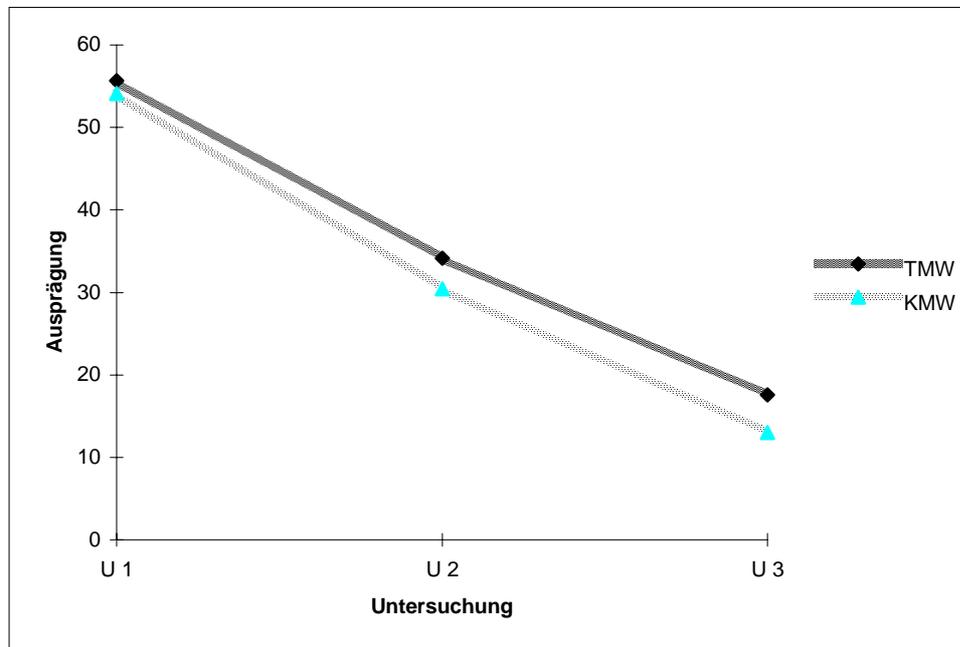


Diagramm 4.10.2 Flexionsdefizit, Mittelwerte im Verlauf

Die Steigerung der Kniegelenksbeugung in beiden Gruppen verlief etwa gleich; wieder lagen die Werte der Trainingspatienten etwas höher. Nach zwölf Wochen fehlten

den Trainingspatienten im Mittel 17,61° Beugung und den Kontrollpatienten 13,04° im Vergleich mit der Gegenseite.

Das Beugedefizit verkleinerte sich in beiden Gruppen zur dritten Untersuchung, tendenziell lagen die Mittelwerte der Kontrollpatienten besser.

4.11 Umfangsdifferenz

Der Oberschenkelumfang wurde beim stehenden Patienten zehn und fünfzehn Zentimeter oberhalb des medialen Kniegelenkspaltes gemessen. Wir achteten darauf, daß die Muskulatur nicht zusätzlich angespannt wurde. In Tabelle 4.11.2 erscheinen die Differenzen zur kontralateralen Seite.

4.11.1 Umfangsdifferenz 10 u. 15 cm proximal des medialen Gelenkspaltes

Tabelle 4.11.1: Mittelwerte

	1. Untersuchung	2. Untersuchung	3. Untersuchung
1. Meßpunkt			
Trainingsgruppe	1,30	-0,1	0,11
Kontrollgruppe	2,04	-0,5	-0,8
2. Meßpunkt			
Trainingsgruppe	-0,65	-2,31	0,76
Kontrollgruppe	-0,26	-1,91	-2,0

(Auf ein Diagramm wurde verzichtet.)

4.11.2 Umfang, 1. Meßpunkt, Mittelwerte im Verlauf

Tabelle 4.11.2: Umfangsdifferenz 10 cm oberh. d. med. Gelenkspaltes, Mittelwerte im Verlauf

	U 1	U 2	U 3
TMW 1	1,3	-0,41	0,11
n	23	23	23
SF	0,41	0,25	0,26
TMW 1 + SF	0,89	-0,66	-0,15
TMW 1 - SF	1,71	-0,16	0,37
KMW 1	2,04	-0,25	-0,48
n	23	23	23
SF	0,33	0,27	0,27
KMW 1 + SF	1,71	-0,52	-0,75
KMW 1 - SF	2,37	0,02	-0,21

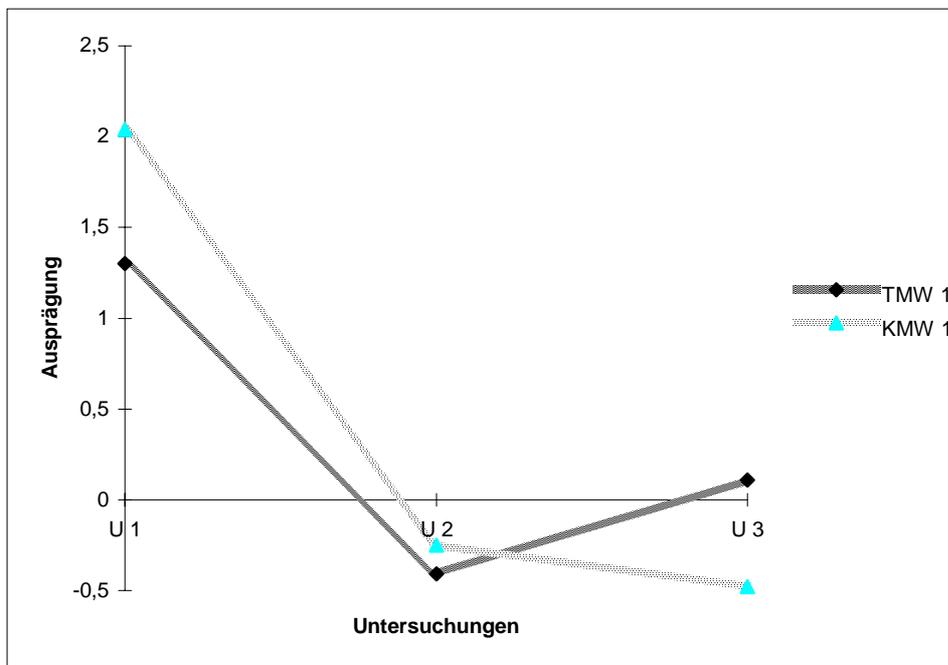


Diagramm 4.11.2: Umfang, 1. Meßpunkt, Verteilung der Mittelwerte

In der ersten Studienhälfte verringerte sich die Umfangsdifferenz in beiden Gruppen. Dies ist am ehesten auf den Rückgang des Schwellungszustandes zurückzuführen. Der Unterschied zwischen beiden Gruppen wurde in der zweiten Studienhälfte deutlich: die Umfangsdifferenz nahm bei der dritten Untersuchung in der Trainingsgruppe **signifikant bessere Werte an als in der Kontrollgruppe**.

Besonders hervorzuheben ist die Tatsache, daß nach zwölf Wochen die Umfangsdifferenz bei den Trainingspatienten im Mittel positive Werte annahm. Das bedeutet, daß der Oberschenkelumfang des operierten Beins im Vergleich zur Gegenseite zugenommen hat.

Aus der graphischen Darstellung 4.11.2 wird ersichtlich, daß die Trainingspatienten im Gegensatz zu den Kontrollpatienten einen deutlichen Umfangszuwachs in der zweiten

Studienhälfte erfahren haben. Die Umfangsdifferenz zwischen dem behandelten und dem unbehandelten Bein nahm an beiden Meßpunkten zunächst ab, dann aber wieder zu. Im ersten Meßpunkt spiegelt sich vor allem die Weichteilschwellung wider, die in der ersten postoperativen Woche den deutlichen Unterschied zur Gegenseite erklärt. Bei den Trainingspatienten war die Differenz im Mittel 1,3 cm, bei den Kontrollpatienten 2,04 cm. Die Schwellung nahm, wie in Abb. 4.1.2 (S. 25) gezeigt, in den ersten sechs Wochen ab und deshalb erbrachte die Umfangsmessung bei der zweiten Untersuchung niedrigere Werte im Vergleich zur Gegenseite. Bei den Trainingspatienten waren es 0,41 cm weniger und bei den Kontrollpatienten 0,25 cm weniger. Nach zwölf Wochen hatten die Patienten der Trainingsgruppe im Mittel höhere Umfangswerte, mit einer Differenz von 0,11 cm im Vergleich zur Gegenseite. Die Kontrollgruppe hatte geringere Meßwerte. Die Differenzwerte zur Gegenseite fielen im Mittel auf -0,48 cm ab.

Fünfzehn Zentimeter oberhalb des medialen Gelenkspaltes mißt man weniger die Kniegelenkschwellung als die Oberschenkelmuskulatur, die durch die Verletzung atrophiert. Der Verlauf der Differenzwerte ähnelt dem des 1. Meßpunktes. In den ersten sechs Wochen fielen die Werte der Trainingspatienten von -0,65 cm auf -2,13 cm und bei den Kontrollpatienten von 0,26 cm auf -1,91 cm ab. Bei den Trainingspatienten war aber wiederum ein Zuwachs zu verzeichnen und der Wert lag nach zwölf Wochen bei -0,76 cm. Der Mittelwert der Kontrollpatienten lag bei -2,0 cm und verschlechterte sich somit.

4.11.3 Umfang, 2. Meßpunkt, Mittelwerte im Verlauf

Tabelle 4.11.3 Umfangsdifferenz 15 cm oberh. d. med. Gelenkspaltes, Mittelwerte im Verlauf

	U 1	U 2	U 3
TMW 2	-0,65	-2,13	-0,76
n	23	23	23
SF	0,31	0,33	0,26
TMW + SF	-0,34	-1,8	-0,5
TMW - SF	-0,96	-2,46	-1,02
KMW 2	-0,26	-1,91	-2
n	23	23	23
SF	0,35	0,31	0,41
TMW + SF	0,11	-1,6	-1,59
TMW - SF	-0,61	-2,22	-2,41

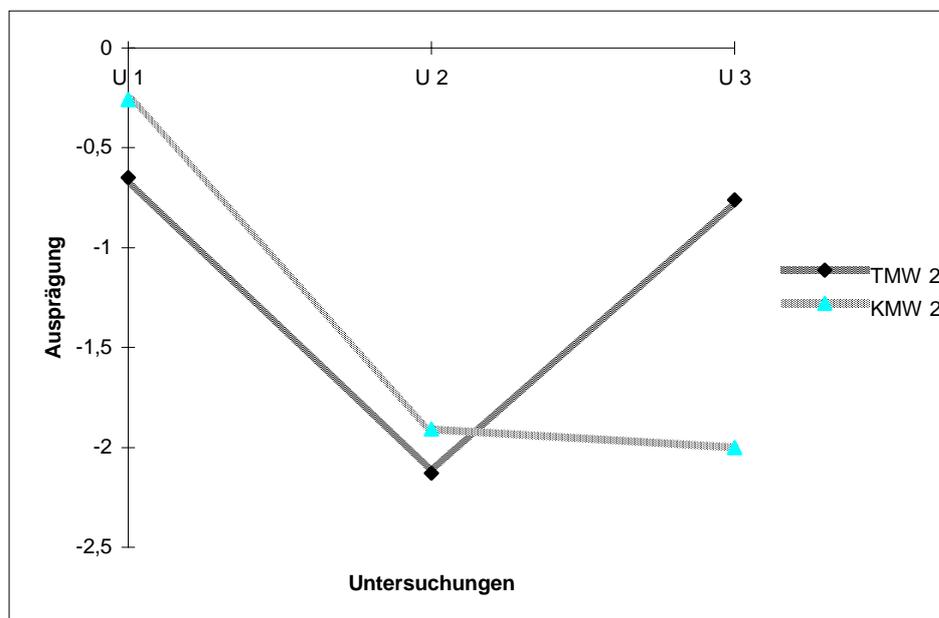


Diagramm 4.11.3: Umfang, 2. Meßpunkt, Mittelwerte im Verlauf

Der Verlauf entspricht dem in Abb. 4.11.2 beschriebenen 1. Meßpunkt. Der Unterschied wird 15 cm über dem medialen Gelenkspalt deutlicher. Der Umfang bei den Trainingspatienten erfuhr in der zweiten Studienhälfte einen mittleren Zuwachs von 1,37 cm, der der Kontrollpatienten einen mittleren Verlust von 0,09 cm.

Der Unterschied der Umfangsdifferenz zum Studienende ist signifikant.

4.12 KT-1000-Messung

Tabelle 4.12.1: KT-1000-Werte, Mittelwerte im Verlauf, Werte in mm

	1. Untersuchung	2. Untersuchung	3. Untersuchung
<u>67 Newton Zugkraft</u>			
Trainingsgruppe	0,74	1,7	2,33
Kontrollgruppe	0,39	1,04	1,91
<u>89 Newton Zugkraft</u>			
Trainingsgruppe	0,83	1,89	2,46
Kontrollgruppe	0,61	1,13	2,20
<u>Maximale Kraft</u>			
Trainingsgruppe			
Kontrollgruppe	0,98	2,41	2,43
	0,74	1,5	2,48

Jede Messung führten wir dreimal am operierten und dreimal am nichtoperierten Bein durch und bildeten daraus Mittelwerte. Da das nicht operierte Kniegelenk als stabil anzusehen war, nahmen wir dieses als Referenz und bildeten die Differenz. In der Tabelle 4.12.1 sind die zu jedem Untersuchungstermin ermittelten Werte aufgeführt.

4.12.2 KT-1000-Werte bei 67 Newton Zugkraft

Tabelle 4.12.2: KT-1000-Werte bei 67 Newton Zugkraft, mittlere Differenz im Verlauf, Werte in mm

	U 1	U 2	U 3
TMW 1	0,74	1,7	2,33
n	23	23	23
SF	0,49	0,57	0,51
TMW 1 + SF	1,23	2,27	2,84
TMW 1 - SF	0,25	1,13	1,82
KMW 1	0,39	1,04	1,91
n	23	23	23
SF	0,53	0,5	0,46
KMW 1 + SF	0,92	1,54	2,37
KMW 1 - SF	-0,14	0,54	1,45

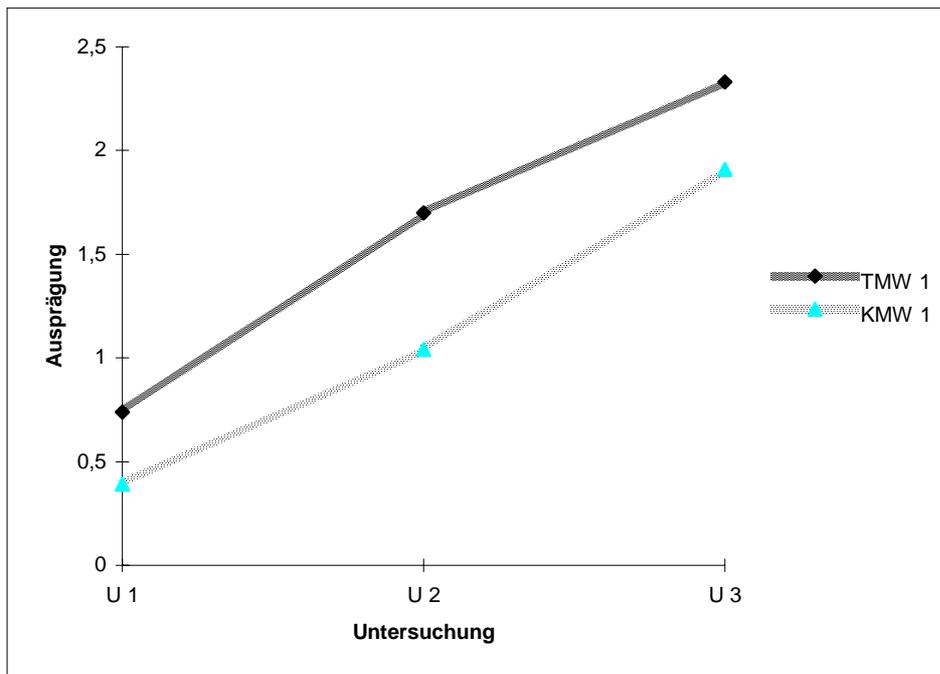


Diagramm 4.12.2: KT-1000-Werte bei 67 Newton, Mittelwerte der Differenz

Wie aus der Tabelle 4.12.2 ersichtlich, handelt es sich um nicht signifikante Unterschiede als Beweis für das Vorliegen einer vorderen Kreuzbandsinstabilität. Die Werte der Trainingspatienten lagen bis auf den dritten Wert der dritten Untersuchung (maximale passive vordere Schublade) immer etwas höher; alle Werte stiegen zur dritten Untersuchung hin an. Alle Differenzen bewegten sich aber zwischen 0,39 und 2,48 mm, sämtliche Unterschiede waren nicht signifikant. Dies bedeutet, daß sich alle operierten Kniegelenke bei der Beurteilung mit dem KT-1000 als stabil erwiesen.

Die ermittelte Differenz zur Gegenseite, d.h. aus den Mittelwerten von drei Messungen, war bei den Kontrollpatienten unwesentlich geringer. Nach sechs Wochen

war der Unterschied zwischen beiden Gruppen deutlicher; es handelt sich um kein signifikantes Ergebnis.

4.12.3 KT-1000-Werte bei 89 Newton Zugkraft

Tabelle 4.12.3: KT-1000-Werte bei 89 Newton Zugkraft, mittlere Differenz im Verlauf, Werte in mm

Ausprägung	U 1	U 2	U 3
TMW 2	0,83	1,89	2,46
n	23	23	23
SF	0,58	0,6	0,53
TMW 2 + SF	1,41	2,49	2,99
TMW 2 - SF	0,25	1,29	1,93
KMW 2	0,39	1,04	1,91
n	23	23	23
SF	0,53	0,5	0,46
KMW 2 + SF	0,92	1,54	2,37
KMW 2 - SF	-0,14	0,54	1,45

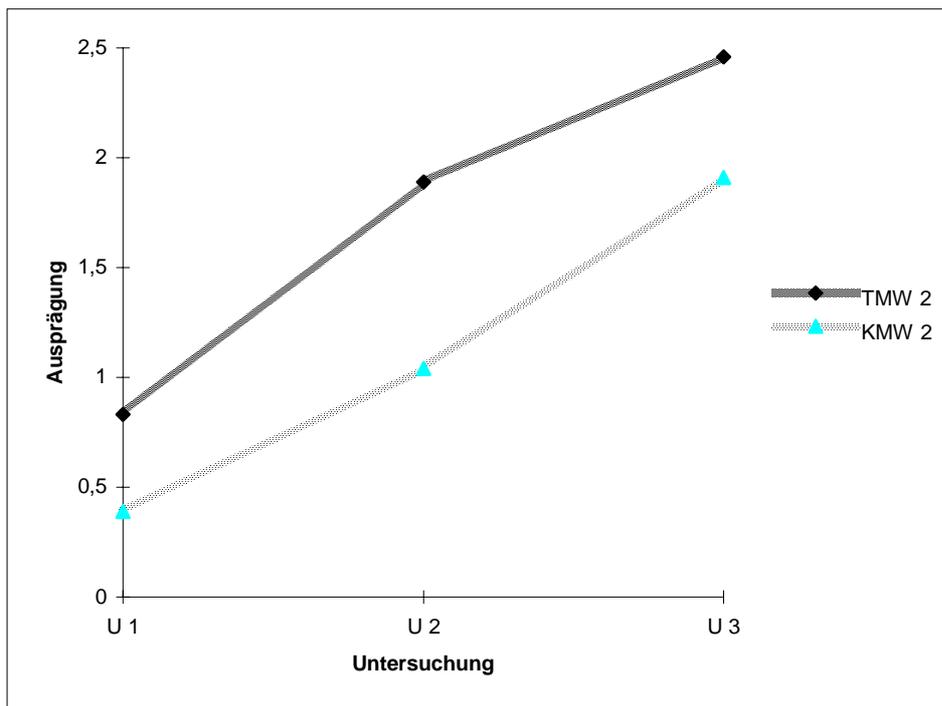


Diagramm 4.12.3: KT-1000-Werte bei 89 Newton, Mittelwerte der Differenz

Auch hier bestand in der Kontrollgruppe eine geringere Differenz zur Gegenseite und im Vergleich zu den Ergebnissen bei 67 Newton Zugkraft ein deutlicherer Unterschied zwischen beiden Patientengruppen, aber ohne Signifikanz.

4.12.4 KT-1000-Werte bei maximaler passiver vorderer Schublade

Tabelle 4.12.4: KT-1000-Werte bei maximaler vorderer Scublade, mittlere Differenz im Verlauf, Werte in mm

Ausprägung	U 1	U 2	U 3
TMW 3	0,98	2,41	2,43
n	23	23	23
SF	0,72	0,7	0,66
TMW 3 + SF	1,7	3,11	3,09
TMW 3 - SF	0,26	1,71	1,77
KMW 3	0,74	1,15	2,48
n	23	23	23
SF	0,67	0,72	0,65
KMW 3 + SF	1,41	1,87	3,13
KMW 3 - SF	0,07	0,43	1,83

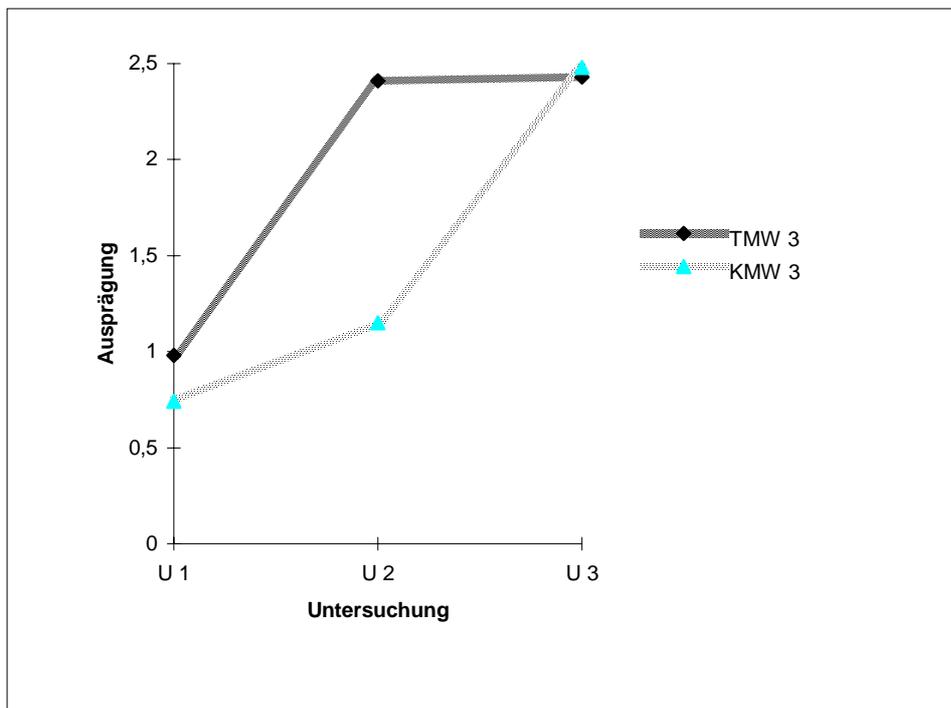


Diagramm 4.12.4: KT-1000-Werte bei maximaler vorderer Schublade, Mittelwerte der Differenz

Der Verlauf entspricht dem bei 67 Newton Zugkraft. Zur Abschlußuntersuchung lag die ermittelte Differenz in beiden Gruppen bei einem nahezu identischen Wert von 2,43 mm bei den Trainingspatienten und 2,48 mm bei den Kontrollpatienten.

4.13 Kraftminderung

4.13.1 Ausprägung

Jeder Patient gab den Unterschied zur Gegenseite in den Kategorien „normal“, „fast normal“, „abnormal“ und „stark abnormal“ an.

(Tabelle und Diagramm 4.13.1 zeigen den Verlauf.)

Stark abnormal wurde von den Trainingspatienten nur bei der ersten Untersuchung und da in 21,7 % der Fälle (5 Patienten) genannt. In der Kontrollgruppe wurde diese Antwort bei der ersten Untersuchung in 26,1 % der Fälle (6 Patienten), bei der zweiten Untersuchung in 13,0 % der Fälle (3 Patienten) und bei der dritten Untersuchung einmal angegeben. 56,5 % der Trainingspatienten (13 Patienten) schätzten ihre Kraft bei der Untersuchung abnormal, 13,0 % (3 Patienten) fast normal und 8,7 % (2 Patienten) normal ein. 39,1 % (9 Patienten) der Kontrollgruppe schätzten hier die Kraft als abnormal, 30,4 % (7 Patienten) als fast normal und einer als normal ein. Beim zweiten Untersuchungstermin gaben 6 Patienten (26,1 %) an, im operierten Bein genauso viel Kraft zu haben wie im nicht-operierten Bein. 39,1 % (9 Patienten) sagten „fast normal“, 34,8 % (8 Patienten) „abnormal“. Die Kontrollpatienten sahen alle einen Unterschied. 26,1 % (6 Patienten) gaben „fast normal“ und 60,9 % (14 Patienten) „abnormal“ an. Nach insgesamt zwölf Wochen verspürten 43,5% (10 Patienten) der Trainingsgruppe und nur 13,6 % (3 Patienten) der Kontrollgruppe keinen Unterschied mehr. 52,2 % (12 Patienten) der Trainingspatienten gaben einen geringen und 1 Patient einen mäßigen Unterschied an. Jeweils 40,9 % (9 Patienten) der Kontrollgruppe sagten „fast normal“ oder „abnormal“.

Tabelle 4.13.1: Kraft, Verteilung der Ausprägungen, Angaben in Prozent

Einschätzung	T 1	K 1	T 2	K 2	T 3	K 3
n	23	23	23	23	23	22
normal	8,7	4,3	26,1	0	43,5	13,6
fast normal	13	30,4	39,1	26,1	52,2	40,9
abnormal	56,5	39,1	34,8	60,9	4,3	40,9
stark abnormal	21,7	26,1	0	13	0	4,5
p		0,431		0,01		0,009

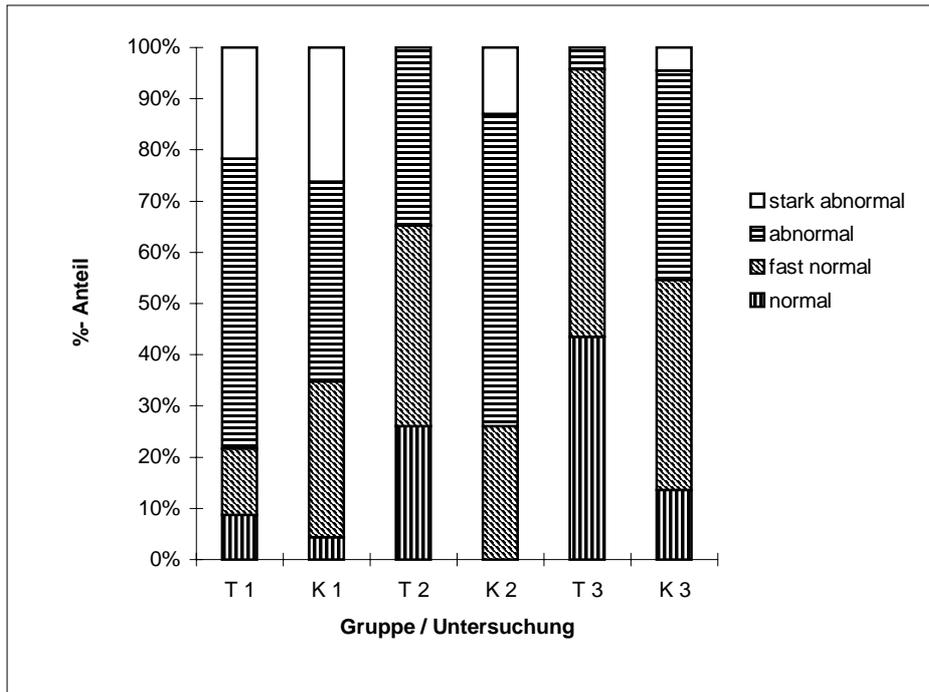


Diagramm 4.13.1: Kraft, Ausprägung

Zum 2. Meßzeitpunkt gaben bereits 65,2 % (15 Patienten) der Trainingsgruppe an, die Kraft im operierten Bein sei gegenüber dem nicht operierten Bein gleich oder fast gleich; in der Kontrollgruppe waren es nur 26,1 % (6 Patienten). Dieser Unterschied ist, ebenso wie der zum dritten Meßzeitpunkt, signifikant. Hier waren es in der Trainingsgruppe 95,8 % (22 Patienten) und in der Kontrollgruppe 54,5 % (12 Patienten).

4.13.2 Mittelwerte im Verlauf

Tabelle 4.13.2: Kraft, Mittelwerte im Verlauf, Angaben ohne Einheit

	U 1	U 2	U 3
TMW	1,91	1,09	0,61
n	20	23	23
SF	0,18	0,17	0,12
TMW + SF	2,09	1,26	0,73
TMW - SF	1,73	0,92	0,49
KMW	1,87	1,87	1,36
n	23	23	22
SF	0,18	0,13	0,17
KMW + SF	2,05	2	1,53
KMW - SF	1,69	1,74	1,19

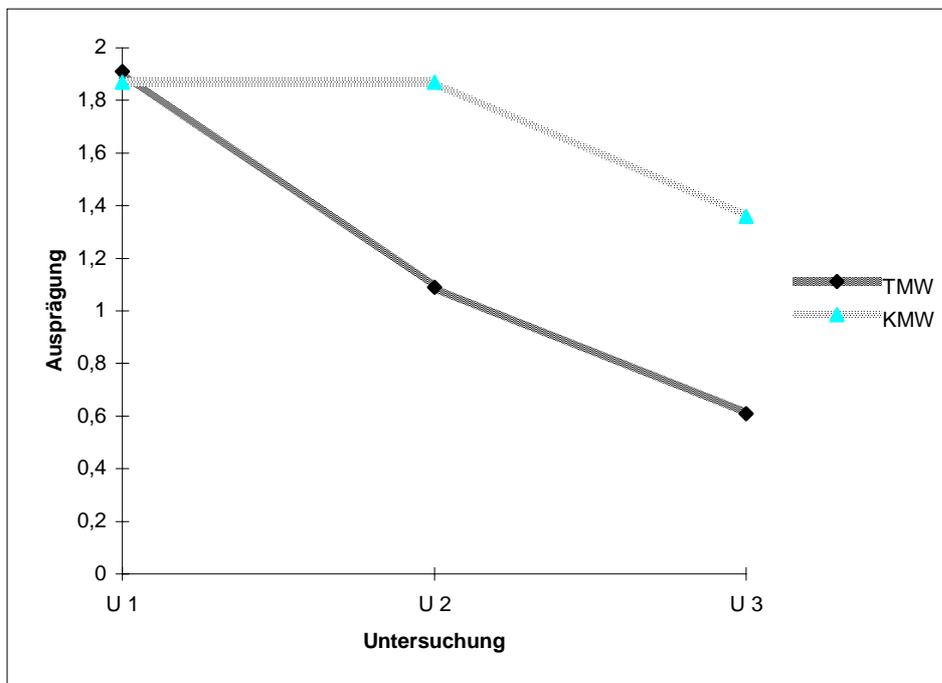


Diagramm 4.13.2: Kraft, Mittelwerte im Verlauf

Unmittelbar postoperativ beurteilten die Patienten beider Gruppen ihre wiedererlangte Kraft fast identisch. Zur zweiten und dritten Untersuchung schätzten die Trainingspatienten ihren Kraftzuwachs signifikant höher ein als die Kontrollpatienten.

In der Trainingsgruppe schätzten die Patienten die Kraft des operierten Beines im Vergleich zum anderen signifikant höher ein als die Patienten der Kontrollgruppe.

4.14 Kniegelenksfunktion

4.14.1 Ausprägung

4.14.1: Kniegelenksfunktion, Verteilung der Einschätzungen, Angaben in Prozent

Einschätzung	T 1	K 1	T 2	K 2	T 3	K 3
n	23	23	23	22	23	20
normal	0	4,3	8,7	22,7	21,7	30
fast normal	34,8	34,8	60,9	40,9	73,9	65
abnormal	60,9	52,2	30,4	31,8	4,4	5
stark abnormal	4,3	8,7	0	4,6	0	0
p		0,685		0,34		0,819

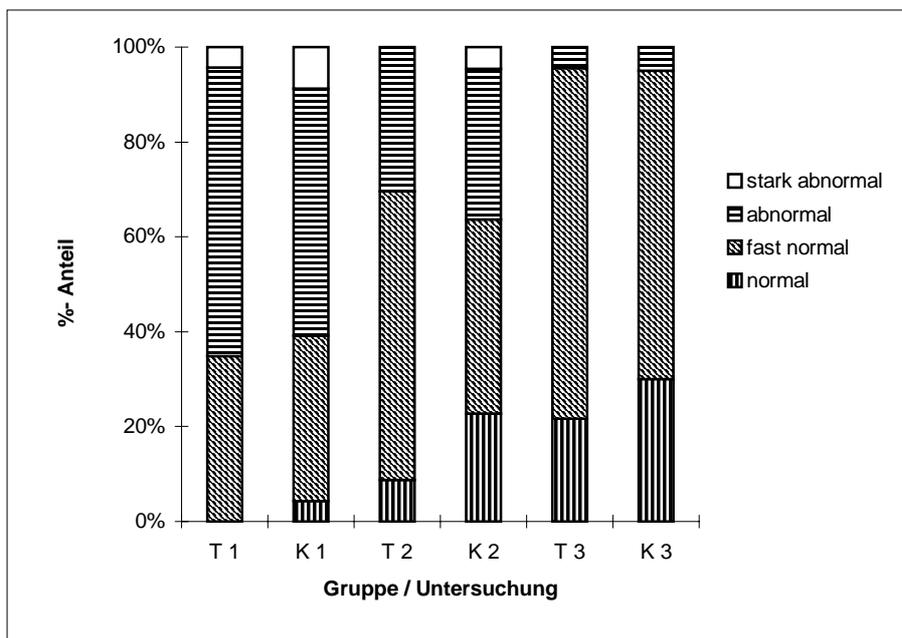


Diagramm 4.14.1: Kniegelenksfunktion, Ausprägung

Die subjektive Einschätzung der Kniegelenksfunktion wurde in gleicher Weise erbeten. Das Diagramm 7.14.1 zeigt in graphischer Form die Antworten. Die Funktion wird insgesamt dem physiologischen Heilungsverlauf entsprechend bei jedem Untersuchungstermin etwas besser eingestuft. Die Mittelwerte der Trainingspatienten lagen über denen der Kontrollgruppe.

Ein Kontrollpatient empfand in der ersten postoperativen Woche gar keine Funktionseinschränkung, je 34,8 % (8 Patienten) aus beiden Gruppen gaben „fast normal“ an. 60,9% (14 Patienten) der Trainingsgruppe gaben „abnormal“ und ein Patient gab „stark abnormal“ an. 52,2 % (12 Patienten) der Kontrollgruppe gaben „abnormal“, zwei Patienten (8,7 %) „stark abnormal“ an. 8,7 % (2 Patienten) der Gruppe 1 hatten subjektiv keine Funktionseinschränkung.

60,9 % (14 Patienten) gaben geringe und 30,4 % (7 Patienten) mäßiggradige Funktionseinschränkungen an. 22,7 % (5 Patienten) der Gruppe 2 gaben keine, 40,9 % (9 Patienten) geringe, 31,8 % (7 Patienten) mäßige und ein Patient eine starke Einschränkung an.

kung an. Nach zwölf Wochen gaben 5 Trainingspatienten (21,7 %) und 6 Kontrollpatienten (30 %) normale und jeweils ein Patient eine abnormale Funktion an. 73,9 % (17 Patienten) der Trainingsgruppe und 65 % (13 Patienten) sagten: „fast normal“.

Die Verteilung der Einschätzung der Kniegelenksfunktion war in beiden Gruppen ähnlich. Zum Ende der Studie schätzten die Teilnehmer beider Gruppen die Kniegelenksfunktion, dem Heilungsverlauf folgend, besser ein als zur zweiten Untersuchung.

Die Kontrollpatienten gaben trendmäßig häufiger an, daß die Kniegelenksfunktion der Gegenseite entspreche.

4.14.2 Mittelwerte im Verlauf

Tabelle 4.14.2: Kniegelenksfunktion, Mittelwerte im Verlauf

	U 1	U 2	U 3
TMW	1,7	1,22	0,83
n	23	23	23
SF	0,12	0,13	0,1
TMW + SF	1,82	1,35	0,93
TMW - SF	1,58	1,09	0,73
KMW	1,65	1,18	0,75
n	23	22	20
SF	0,15	0,18	0,12
KMW + SF	1,8	1,36	0,87
KMW - SF	1,5	1	0,63

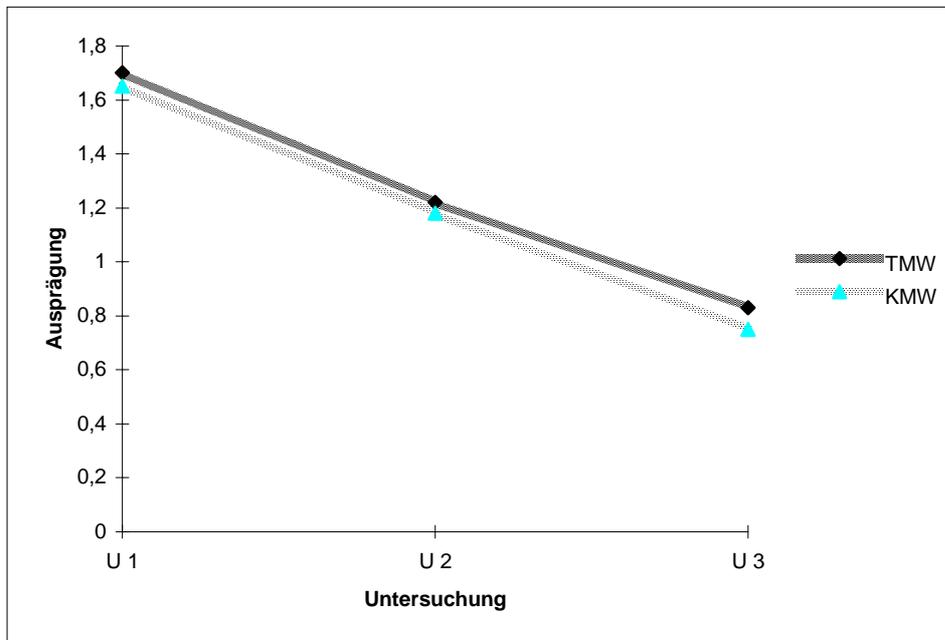


Diagramm 4.14.2: Kniegelenksfunktion, Mittelwerte im Verlauf

Es besteht kein signifikanter Unterschied in der Einschätzung der Kniegelenksfunktion, die Kontrollpatienten schätzten die Kniegelenksfunktion tendenziell besser ein als die Trainingspatienten.

4.15 Aktivität

4.15.1 Verteilung der Ausprägungen

Tabelle 4.15.1: Aktivität, Verteilung der Ausprägungen

Einschätzung	T 1	K 1	T 2	K 2	T 3	K 3
n	23	22	23	22	23	20
normal	4,4	0	8,7	0	17,4	0
fast normal	17,4	22,7	30,4	40,9	52,2	65
abnormal	39,1	45,5	56,5	54,5	26,1	30
stark abnormal	39,1	31,8	4,4	4,6	4,3	5
p	0,707		0,518		0,032	

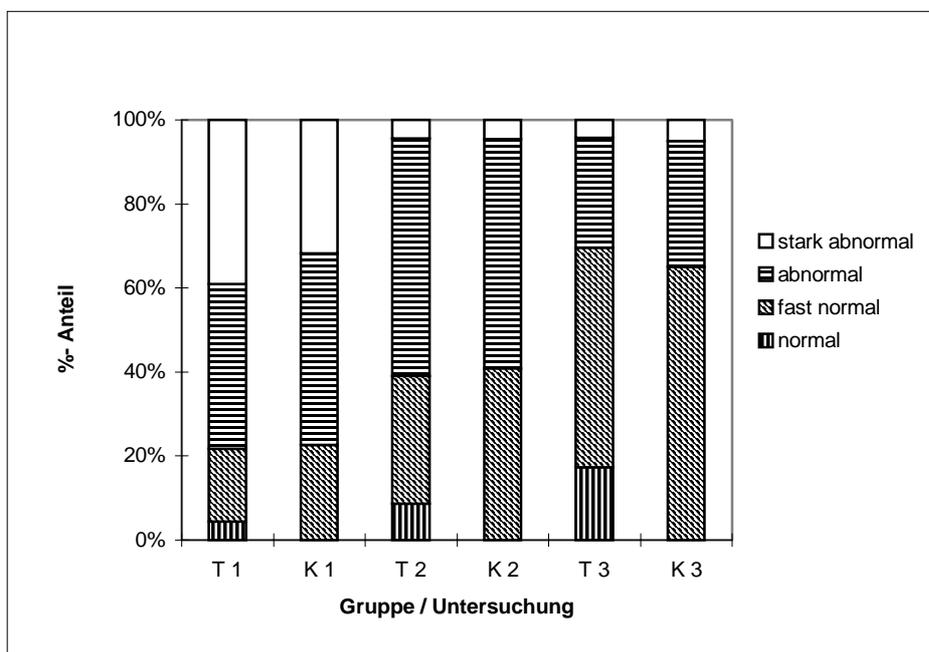


Diagramm 4.15.1: Ausprägung

Die Frage, ob die alltägliche körperliche Aktivität der vor dem Trauma entsprach, war subjektiv mit „normal“, „fast normal“, „abnormal“ und „stark abnormal“ einzuschätzen.

Die graphische Darstellung 4.15.1 zeigt den insgesamt geringfügigen Unterschied der subjektiven Bewertung. Die Kurve der Trainingspatienten beginnt bei höheren Werten, um bei niedrigeren Werten zu enden.

In der ersten postoperativen Woche gaben 78,2 % (18 Patienten) der Gruppe 1 gleich verteilt „abnormal“ oder „stark abnormal“ an. 17,4 % (4 Patienten) sagten: „fast normal“ und ein Patient „normal“. Bei den Kontrollpatienten sah die Verteilung der Antworten ähnlich aus. 22,7 % (5 Patienten) sagten: „fast normal“, 45,5 % (10 Patienten) „abnormal“ und 31,8 % (7 Patienten) „stark abnormal“.

Nach sechs Wochen sprachen noch 60,8 % (14 Patienten) der Trainingsgruppe von abnormaler oder stark abnormaler Aktivität. 30,4 % (7 Patienten) schätzten sich als „fast normal“ und 8,7 % (2 Patienten) als „normal“ ein.

Die Kontrollpatienten gaben zu 40,9 % (9 Patienten) „normal“, zu 54,5 % (12 Patienten) „abnormal“ und zu 4,5 % (1 Patient) „stark abnormal“ an.

Bei der Abschlußuntersuchung waren es in der Trainingsgruppe immerhin 17,4 % (4 Patienten), die ihre normale Aktivität wieder erreicht hatten. 52,2 % (12 Patienten) gaben „fast normal“, 26,1 % (6 Patienten) „abnormal“ und 1 Patient „stark abnormal“ an. Die Kontrollpatienten erreichten nach ihren eigenen Angaben nie ihre zuvor ausgeübte Aktivität. 65,0 % (13 Patienten) antworteten mit „fast normal“, 30,0 % (6 Patienten) mit „abnormal“ und 1 Patient mit „stark abnormal“

Die Patienten beider Gruppen beurteilten unmittelbar postoperativ ihre Aktivität zu fast 80 % als abnormal oder sogar stark abnormal. Dies besserte sich kontinuierlich bis zum Ende der Studie, als es noch 30 - 35 % waren.

Die Trainingsgruppe gab tendenziell bessere Werte an.

4.15.2 Mittelwerte im Verlauf

Die Mittelwerte lagen zur zweiten und dritten Untersuchung bei den Trainingspatienten tendenziell niedriger als bei den Kontrollpatienten. Zum Ende der Studie schätzten die Trainingspatienten ihre Aktivität besser ein als die Kontrollpatienten.

4.16 Giving - Way

4.16.1 Auftreten

Der Patient gab bei der zweiten oder dritten Untersuchung im Rückblick auf die vergangenen sechs Wochen an, ob er ein plötzlich aufgetretenes Instabilitätsgefühl im operierten Kniegelenk gehabt hat. In den ersten Wochen hatte kein Trainingspatient so etwas bemerkt, in den weiteren sechs Wochen waren es 3 Patienten (13,0 %). In der Kontrollgruppe waren es zunächst 13% (3 Patienten), später nur noch 1 Patient.

Zur zweiten Untersuchung klagte keiner der Trainingspatienten über ein Instabilitätsgefühl, zur dritten Untersuchung klagten drei Trainingspatienten über ein giving-way. In der Kontrollgruppe waren es zunächst drei und dann nur noch ein Patient, die über ein Instabilitätsgefühl im Sinne eines giving-ways berichten konnten.

4.17 Einbeinsprung

4.17.1 Objektive Überprüfung der Funktion

Lehnte der Patient diese Prüfung spontan ab, so wurde er auch nicht dazu überredet. Wir vermerkten das mit 0, „unmöglich“ in Tabelle 4.17.1. Wenn der Patient den Einbeinsprung ausübte, so verglichen wir dies mit dem Hüpfen auf dem nichtoperierten Bein. Wenn es ebenso schnell und sicher ausgeführt werden konnte, dokumentierten wir ein „gut möglich“, wenn es beschwerlicher war, gaben wir „eingeschränkt möglich“ an.

Nach sechs Wochen lehnten es noch 2 Trainingspatienten (8,7 %) und 8 Kontrollpatienten (34,8 %) ab, den Einbeinsprung auszuführen. 91,3 % (21 Patienten) der Trainingspatienten und 60,9 % (14 Patienten) der Kontrollpatienten führten ihn wie auf dem nicht-operierten Bein aus. Für einen Patienten der Kontrollgruppe war diese Übung nur eingeschränkt durchführbar. Nach Abschluß des Krafttrainings konnten alle Teilnehmer den Einbeinsprung problemlos ausführen. In Gruppe 2 waren es 87,0 % (20 Patienten), 2 Patienten (8,7 %) zeigten eine Einschränkung im Vergleich mit der Gegenseite und ein Patient war nicht in der Lage, den Einbeinsprung auszuführen.

Tabelle 4.17.1: Ergebnisse des Einbeinsprungs, Ausführung (jeweils Zahl der Patienten)

Ausführung	2. Untersuchung	3. Untersuchung
<u>gut möglich</u>		
Trainingsgruppe	21	23
Kontrollgruppe	14	20
<u>schwierig</u>		
Trainingsgruppe	0	0
Kontrollgruppe	1	2
<u>unmöglich</u>		
Trainingsgruppe	2	0
Kontrollgruppe	8	1

4.17.2 Ausführung, Prozentuale Verteilung

Tabelle 4.17.2: Einbeinsprung, Verteilung der Ausführungen, Angaben in Prozent

Ausführung	T 2	K 2	T 3	K 3
n	23	23	23	23
gut möglich	91,3	60,9	100	87
schwierig	0	4,3	0	8,7
unmöglich	8,7	34,8	0	4,3
p		0,05		0,201

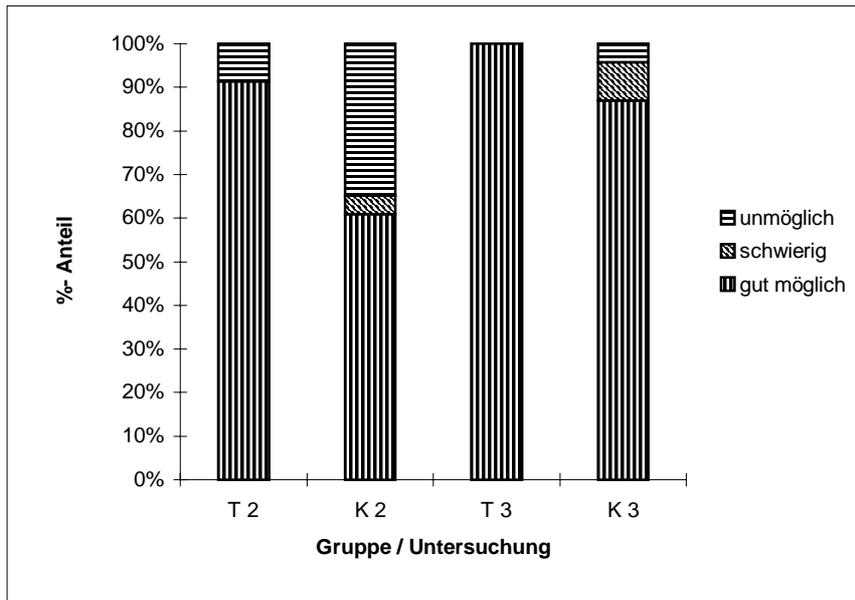


Diagramm 4.17.2: Einbeinsprung, Verteilung der Ausführungen, Angaben in Prozent

Schon zur zweiten Untersuchung konnten 91,3 % (21 Patienten) der Trainingsgruppe den Einbeinsprung gut ausführen; es bestand ein signifikanter Unterschied zur Kontrollgruppe, in der nur 60,9 % (14 Patienten) diesen Funktionstest gut ausführen konnten. Auch zur dritten Untersuchung gelang es in der Kontrollgruppe, im Gegensatz zur Trainingsgruppe, nicht allen Patienten, den Einbeinsprung gut auszuführen.

Der Unterschied beim zweiten Untersuchungstermin ist **signifikant**.

4.18 Arbeitsunfähigkeit

In der Trainingsgruppe befanden sich vier Schüler bzw. Studenten. Für sie wird keine Arbeitsunfähigkeit angegeben. Für die übrigen neunzehn Patienten liegt der Mittelwert bei 10,21 Wochen. Neun Patienten waren über die gesamte Zeit dieser Studie arbeitsunfähig, acht Patienten wurden innerhalb der zweiten Studiehälfte wieder arbeitsfähig und zwei Patienten waren bereits vor Ende der sechsten postoperativen Woche wieder arbeitsfähig.

Zur Gruppe der Kontrollpatienten gehörten zwei Schüler. Für die einundzwanzig übrigen Kontrollpatienten liegt der Mittelwert bei 9,87 Wochen. Von einundzwanzig Kontrollpatienten waren zwölf während der gesamte Studiendauer arbeitsunfähig. Vier Patienten gingen in der zweiten Studiehälfte und vier Patienten bereits vor dem zweiten Untersuchungstermin wieder ihrer Arbeit nach.

Tabelle.:4.18: Arbeitsunfähigkeit.

Arbeitsunfähigkeit	1.-6-Wochen	6.-12.-Wochen	>12 Wochen
Trainingsgruppe n=19	2	8	9
Kontrollgruppe n=21	5	4	12

4.19 Physiotherapie

Im Mittel nahmen die Trainingspatienten 27 KG-Termine in einer Physiotherapiepraxis wahr. Die Angaben von 22 Patienten reichten von 18 bis 48. Die 23 Kontrollpatienten nahmen im Mittel 28 Termine wahr. Sie hatten zwischen 12 und 40 mal unter krankengymnastischer Anleitung geübt.

4.20 Ergebnisse im Überblick

Bei folgenden Parametern erzielten die Trainingspatienten **signifikant bessere** Ergebnisse:

- Vorderer Schubladentest zur dritten Untersuchung
- Umfangsdifferenz 1.Mpkt. zur zweiten und dritten Untersuchung
- Umfangsdifferenz 2.Mpkt. zur zweiten und dritten Untersuchung
- Krafteinschätzung zur zweiten und dritten Untersuchung
- Einbeinsprung zur zweiten Untersuchung

Bei folgenden Parametern erzielten die Trainingspatienten tendenziell bessere Ergebnisse:

- Schwellung zur zweiten Untersuchung
- Erguß zur zweiten Untersuchung
- Schmerzen zur zweiten Untersuchung
- Lachmantest zur zweiten und dritten Untersuchung
- Vorderer Schubladentest zur zweiten Untersuchung
- pivot - shift - sign zur dritten Untersuchung
- Aktivität zur zweiten und dritten Untersuchung

Bei folgenden Parametern erzielten die Kontrollpatienten **signifikant bessere** Ergebnisse:

- Mediale Seitenbandstabilität zur zweiten Untersuchung
- Extensionsdefizit zur dritten Untersuchung

Bei folgenden Parametern erzielten die Kontrollpatienten tendenziell bessere Ergebnisse:

- Mediale Seitenbandstabilität zur dritten Untersuchung
- Laterale Seitenbandstabilität zur zweiten und dritten Untersuchung
- Flexionsdefizit zur zweiten und dritten Untersuchung
- Extensionsdefizit zur zweiten Untersuchung
- KT - 1000 - Messung zur zweiten und dritten Untersuchung
- Kniegelenksfunktion zur zweiten und dritten Untersuchung

Zusammenfassend kann festgestellt werden, daß alle klinischen Tests, die zur Überprüfung des vorderen Kreuzbandes bzw. einer Ersatzplastik geeignet sind, bei den Trainingspatienten bessere Ergebnisse als bei den Kontrollpatienten erbrachten. Die Ergebnisse des Lachmantestes sind zur zweiten und dritten Untersuchung und die des vorderen Schubladentestes zur zweiten Untersuchung tendenziell besser ausgefallen.

Der Unterschied beim vorderen Schubladentest ist bei der dritten Untersuchung signifikant.

Nach den ermittelten Werten für Schwellung, Erguß und Schmerzen zu urteilen, die alle tendenziell bei den Trainierenden besser waren, muß man insgesamt auf einen günstigeren und somit schnelleren Heilungs- und Rehabilitationsverlauf durch die Trainingstherapie schließen.

Die Umfangsmessungen 10 cm und 15 cm über dem medialen Gelenkspalt ergaben bei den Patienten der Trainingsgruppe signifikant höhere Werte.

Es verwundert nicht, daß die Trainingspatienten die Kraft in ihrem operierten Bein subjektiv größer eingeschätzt haben als die Kontrollpatienten. Der Unterschied war auch hier signifikant.

Den Einbeinsprung konnten die Patienten der Gruppe 1 schon zur zweiten Untersuchung signifikant besser ausführen. Keine Diskrepanz zwischen beiden Gruppen bestand in der subjektiven Einschätzung der Kniegelenksfunktion.

Weder die Aussagen über die wiedererlangte Aktivität, noch die mit dem KT-1000-Arthrometer ermittelten Werte zeigten einen deutlichen Unterschied zwischen der Gruppe 1 und 2 auf.

Die Kontrollpatienten wiesen zum Studienende in der Kniebeweglichkeit und in der Seitenbandstabilität günstigere Werte auf. Das Außenband war tendenziell, das Innenband signifikant stabiler. Die Beugefähigkeit fiel tendenziell und die Streckfähigkeit signifikant besser aus.

Der Pivot-shift-Test war zur Abschlußuntersuchung bei zwei Trainingspatienten und drei Kontrollpatienten positiv. In der zweiten Studienhälfte hatten drei Trainingspatienten und nur ein Kontrollpatient anamnesisch ein giving-way-Phänomen.

5. Diskussion

5.1 Eigenes Nachbehandlungskonzept

Grundsätzlich bestätigt die Studie, daß sich das Krafttraining vorteilhaft auf den Heilungsverlauf und auf das Einfügen der Ersatzplastik, die Ligamentation in das Kniegelenk auswirkt. Sie zeigt aber auch, daß selbst bei einem nach strengen Ausschlußkriterien zusammengestellten Patientenkollektiv eine Vielzahl von Einflußfaktoren zum Gesamtergebnis beitragen und es gewagt wäre, einen positiven Effekt eindeutig auf einen speziellen Bestandteil der Nachbehandlung zurückzuführen.

Solche Beweisführungen sind ja nicht nur für die Wissenschaft an sich wünschenswert, sondern auch vom allgemeinen Interesse, wenn es darum geht, den Vorteil einer Therapie gegenüber Krankenkassen zu beweisen. Im Falle der operativen Versorgung der vorderen Kreuzbandplastik wird heute bekanntermaßen eine erweiterte ambulante Physiotherapie (EAP) rezeptiert, die durch Training an medico-mechanischen Geräten und balneophysikalische Maßnahmen vervollständigt wurde.

Mit diesen Gedanken im Hintergrund lassen sich die Resultate der vorliegenden Studie diskutieren.

Die Ergebnisse der Parameter Schwellung und Erguß zeigen bei den Trainingspatienten eine deutlichere Steigerung vom Beginn bis zum Ende der Studie. Unter der Trainingstherapie verringert sich eine Weichteilschwellung und ein Kniegelenkserguß zügiger.

Die vordere Kniegelenksstabilität war nach dem Muskelaufbautraining höher. Die Stabilitätsprüfung der Seitenbänder ergab ungünstigere Werte für die Trainingsgruppe. Dafür kann aber nicht das Training an der Beinpresse verantwortlich gemacht werden, da es unter Vermeidung einer Seitenbandbelastung bei angelegter Kniegelenksorthese durchgeführt wurde. Die Seitenbandstabilität, wird in Relaxation der kniegelenksstabilisierenden Muskulatur geprüft. Auch hier kann eine Instabilität durch Muskelkraft kompensiert werden.

Zur klinischen Diagnostik der vorderen Kreuzbandruptur stehen der Lachmantest, der vordere Schublidentest und der Pivot-shift-Test zur Verfügung. Für den Lachmantest konnte die höchste Spezifität gefunden werden (FEAGIN et al.1976, RICHTER et al. 1996, TORG et al.1976). Auch eine erhöhte reflektorische Muskelanspannung des Patienten läßt sich bei diesem Test minimieren, da das Bein gebeugt ist, was vom Verletzten oder vom Patienten in der frühen postoperativen Phase am besten toleriert wird. Zudem entfällt mit zunehmender Streckung die Kraft der Beuger. Ein weiterer Vorteil ist die Eliminierung des Innenmeniskus in seiner Funktion als „Türstopper“, der die ventrale Translation der Tibiagelenkfläche gegen den konvexen Femurkondylus erschwert (TORG et al.1976).

KATZ und FINGEROTH (1986) konnten in ihrer Vergleichsstudie zeigen, daß im Gegensatz zum Lachmantest und zum pivot-shift-sign der vordere Schublidentest bei der akuten Ruptur den geringsten Aussagewert hat. Die Gründe seien in dem meist gleichzeitig bestehenden Hämarthros und in der Synovialitis zu suchen, die eine Beugung von 70-90° und somit eine exakte Ausführung des Testes erschweren. Bei der

chronischen vorderen Instabilität oder bei der Nachuntersuchung nach Kreuzbandersatzplastik wird nach Aussage von JOHNSON et al., (1982) der Test besser toleriert und damit aussagekräftiger .

Die beschriebene Untersuchung der Stabilität der Seitenbänder, aber auch die des vorderen Kreuzbandes mit einer Einteilung der Instabilität in 1+, 2+ und 3+ stellt eine subjektive und daher ungenaue Methode dar, die sowohl von der Relaxation der Oberschenkelmuskulatur, der Gelenkstellung als auch von der Kraft und der Erfahrung des Untersuchers abhängig ist. Die angewandte und im klinischen Alltag übliche Untersuchungsmethode gewährt aber einen schnellen und relativ sicheren Überblick über die Funktion der Kniegelenksbänder. Objektiver wäre nur ein bildgebendes Verfahren, das unter einem genau definierten Valgus- und Varusstreß bzw. einer ventralen Translation die Kniegelenksstellung bestimmt. Dann wäre eine exakte Messung der Aufklappbarkeit des Kniegelenkspaltes oder der vorderen Schublade möglich.

Bei der Durchführung des Pivot-shift Testes ist eine muskuläre Gegenspannung durch den Patienten sehr hinderlich. Bei sicherer vorderer Kreuzbandruptur und Relaxation wie in Narkose hat der Test eine Sensitivität von 100% (DONALDSON 1985). In der Nachuntersuchung spielt er nur eine untergeordnete Rolle. In unserer Studie konnte er erst bei der zweiten Untersuchung durchgeführt werden, da vorher weder das notwendige Bewegungsausmaß vorlag noch dem Patienten bei der postoperativen Schmerzsymptomatik dies zugemutet werden konnte.

Die KT-1000-Untersuchung dient als Ergänzung zur klinischen Untersuchung der vorderen Kniegelenksinstabilität, die durch sie nicht zu ersetzen ist. (WERLICH et al. 1993, FORSTER et al. 1989, HIGHGENBOTEN 1992, KDOLSKY et al. 1992). Bei 133 N Zugkraft erarbeiteten DANIEL et al. (1990) eine Differenz zur stabilen Gegenseite von 4mm, STEINER et al. (1990) 4,5 mm, HIGHGENBOTEN 4,9 mm und beim vollrelaxierten Patienten sogar 5,5 mm. Bei wiederholten KT-1000-Untersuchungen ergeben sich Abweichungen der Meßwerte auch bei Patienten ohne vordere Knieinstabilität. Mitunter ergeben sich Werte, die bei Patienten mit arthroskopisch gesicherter vorderer Knieinstabilität keine Ruptur des vorderen Kreuzbandes widerspiegeln. Die Messungen dürfen darum nur im Seitenvergleich und im postoperativen Verlauf gewertet werden.

Die Translation nach ventral läßt sich mit dem KT-1000-Arthrometer als standardisierte Methode untersuchen. Die Methode wurde zur reproduzierbaren Verlaufskontrolle des Operationsergebnisses gewählt. Sie erbrachte jedoch keine signifikanten Ergebnisse. Die Stärke dieses Gerätes liegt unbestritten in der präoperativen Diagnostik bei den hier insgesamt höheren Meßwerten und deutlicheren Differenzen zwischen stabilem und instabilem Kniegelenk.

Von großer Bedeutung ist nach einer solchen Operation das Ergebnis der Kniebeweglichkeit. Die Streckhemmung hat in den ersten postoperativen Tagen im Mittel 14,8° in der Trainingsgruppe und 11,7° in der Kontrollgruppe betragen. In beiden Gruppen reduzierte sich diese nach sechs Wochen auf den Wert 9,8°. In der zweiten Studienhälfte gewann der Kontrollpatient durchschnittlich mehr an Beweglichkeit als der Trainingspatient. Dabei wiesen in der ersten postoperativen Woche 12 Trainingspatienten und nur 5 Kontrollpatienten das höchstgemessene Streckdefizit von 20-25° auf. Zur Abschlußuntersuchung reduzierten sich die Werte auf Defizite von 0-10°, bei 2

Trainingspatienten auf 15°. Der Unterschied der Mittelwerte dieser Messung ist zwar statistisch signifikant, Streckdefizite, 12 Wochen postoperativ, von 5,7° in der Trainingsgruppe und 3,1° in der Kontrollgruppe sind aber klinisch so wenig relevant, daß man sie wohl nicht ernsthaft als Entscheidungskriterium benutzen darf, eine Therapie der anderen vorzuziehen.

Die Einschränkung der Beugefähigkeit von 55° in der ersten postoperativen Woche in beiden Gruppen reduzierte sich stetig, in der Kontrollgruppe etwas schneller. Zur zweiten Untersuchung betrug das Flexionsdefizit in der Trainingsgruppe noch 34,1° und in der Kontrollgruppe 30,4°. Zur Abschlußuntersuchung hatten die Trainingspatienten noch ein Beugedefizit von durchschnittlich 17,6° und die Kontrollpatienten ein Beugedefizit von 13,0°.

In der vorliegenden Untersuchung steigerten beide Patientengruppen ihre Kniegelenksbeweglichkeit im postoperativen Verlauf. Die Kontrollpatienten wiesen nach zwölf Wochen eine geringere Beugehemmung sowie eine geringere Streckhemmung auf. Von einer Beugekontraktur im Sinne einer Komplikation nach vorderer Kreuzbandrekonstruktion sprechen SACHS (1989) und PAULOS (1981) bei einer Minderung der Beugefähigkeit von 5° im Vergleich zur Gegenseite und weniger streng HARNER (1992) bei einer Flexion unter 125° (nach zwei Monaten) und MOHTADI (1991) unter 120° (nach drei Monaten). Ausgehend von Normalwerten der nicht operierten Gegenseite entspricht eine Minderung um 15-20° einer vorhandenen Beugefähigkeit von etwa 120° und mehr. Eine wesentliche Beugekontraktur führt zwar zu einem gestörten Gangbild und behindert Aktivitäten wie Rennen, Radfahren und Klettern (PAULOS 1981), aber solche gravierenden Störungen konnten drei Monate postoperativ in keiner Gruppe festgestellt werden. Die Patienten fühlten sich subjektiv nicht durch die geminderte Beugung eingeschränkt.

Wichtige Informationen über den Heilungsverlauf gibt auch die Umfangsmessung, da sie sowohl den Rückgang der Weichteilschwellung als auch den Muskelzuwachs dokumentiert. Sie stellt eine schnell durchzuführende, indirekte Untersuchung der Muskel- und Weichteilverhältnisse dar.

Das Muskelaufbautraining verbesserte den postoperativen Verlauf des Muskelzuwachses. Zur dritten Untersuchung waren die Umfangswerte in der Trainingsgruppe sowohl bei 10 als auch bei 15 Zentimetern über dem medialen Gelenkspalt signifikant höher. Besonders hervorzuheben aber ist, daß bei den Kontrollpatienten der Oberschenkel des operierten Beins im Vergleich zum nicht operierten Bein noch einen kleineren Umfang aufwies, während die trainierte Oberschenkelmuskulatur bereits einen größeren Umfang aufwies. Die positive Differenz kann nach den Ergebnissen der klinischen Untersuchung nicht auf eine Schwellung zurückgeführt werden. Am zweiten Meßpunkt läßt sich die Auswirkung des Krafttrainings besonders deutlich nachweisen. In der zweiten Studienhälfte blieb der Umfang zwar noch geringer als auf der Gegenseite, es steigerte sich der Wert jedoch um 1,4 cm und näherte sich fast dem der Gegenseite. Bei den Kontrollpatienten verschlechterte sich der Wert geringfügig. Die Auswertung dieser Parameter bestätigt den positiven Trainingseffekt. BÖRNERT und FRÖHNER konnten zeigen, daß zehn Zentimeter über dem medialen Kniegelenkspalt der M. vastus medialis und zwanzig Zentimeter darüber der M. rectus femoris und der M. intermedius für die Umfangsmessung entscheidend sind (1994).

Bestärkt durch die Erkenntnis, daß der Oberschenkelumfang bei Änderung der Muskel- und Weichteilverhältnisse die anteilmäßig geringste Befundänderung erfährt, aber diese dennoch klinisch signifikant auffällt, halten wir an der Umfangsmessung als wichtigem klinischen Diagnostikum fest.

Auf eine Messung der Maximalkraft des operierten Beines wurde verzichtet. Das Muskelaufbautraining diente in unserer Untersuchung in erster Linie nicht der Steigerung der maximalen Kraftentwicklung sondern der Stärkung der kniegelenksstabilisierenden Muskulatur und damit neben den anderen genannten Einflüssen der Steigerung der Kniegelenksfunktion. SHIRAKURA (1992) stellte wie wir eine signifikante Korrelation zwischen Stärke des M. quadriceps und der Kniegelenksfunktion fest. Ebenso sieht Fink (1994) im Defekt der „sensomotorischen Funktionseinheit“ Kniegelenk die gravierende Störung bei der Kniegelenksinstabilität.

Um diesen Effekt aber deutlicher von den subjektiven, nur ungenau zu eruierten Parametern abzuheben und ein zur Stabilitätsüberprüfung zusätzliches Kriterium für die Qualitätsüberprüfung der Nachbehandlung zu gewinnen, wäre eine objektive Kraftmessung hilfreich gewesen. Ein entsprechendes Gerät stand uns nicht zur Verfügung. Eine Kraftmessung an der Beinpresse kam nicht in Frage, da hier ein das Ergebnis verfälschender Vorteil der Trainingspatienten durch ihr zwölfwöchiges Training an diesem Gerät nicht auszuschließen gewesen wäre.

Als semiquantitativer Parameter zeigte die wiedererlangte Aktivität bei den Trainingspatienten ein tendenziell besseres Ergebnis. Diese wurde aber von Teilnehmern beider Gruppen zum Studienende als nahezu normal angesehen. Allerdings hatten die Trainingspatienten schon vor dem Trauma einen höheren Anspruch an ihre Aktivität. (78,3%) 18 Trainingspatienten und nur 10 Kontrollpatienten (43,5 %) waren vor der Operation dreimal pro Woche oder öfters sportlich aktiv.

Insgesamt waren alle Patienten mit dem Operationsergebnis und der wiedererlangten Kniegelenksfunktion nach drei Monaten zufrieden oder sehr zufrieden.

Da in unserer Studie keine ausgeprägten Instabilitäten vorlagen, berichteten Patienten nur in Ausnahmefällen von giving-way-Phänomenen. Das Ergebnis hat keinen Aussagewert für die Fragestellung der Arbeit.

Als die drei Hauptkomplikationen, die sich gegenseitig beeinflussen, beschrieben SACHS et al. (1989), HARNER et al. (1992) und PAULOS et al. (1981) die Beugekontraktur, die Atrophie des M. quadriceps und den retropatellaren Schmerz. Die Beugekontraktur erhöht die Kräfte auf die retropatellare Kontaktfläche und führt hier zu Irritationen, zur Chondromalazie und Schmerzen. Sowohl die Beugekontraktur selbst als auch der retropatellare Schmerz bedingen die Schwächung des M. quadriceps und diese die Minderung der Kniegelenksfunktion. SCHULTZ und Mitarbeiter (1988) haben gezeigt, daß sich durch die Injektion eines Anästhetikums Kraftwerte steigern lassen. Wenn also der Patient unter schmerzfreien, zumindest aber schmerztolerablen Bedingungen krankengymnastisch geübt werden kann, besteht die Chance, daß der Patient den intraoperativ unter Narkose erreichten Bewegungsumfang auch postoperativ aktiv voll ausschöpfen kann. Unsere Studie beweist aber weitergehend eine positive Korrelation zwischen der Stärkung der Oberschenkelmuskulatur und der Abnahme der Schmerzintensität.

Zu kritisieren bleibt dennoch die ungenaue Einteilung der Schmerzintensität im OAK-Score. Exakter und zunehmend häufiger angewendet ist eine Skalierung in Dezimalzahlen, beispielsweise von 1-20.

Als Funktionsprüfung diene die Durchführung des Einbeinsprungs bei der zweiten und dritten Untersuchung. Hier zeigte sich, daß die Trainingspatienten sich schon bei der zweiten Untersuchung mehr zutrauten.

Sicherlich ist es übertrieben, im Falle des Einbeinsprungs von einer objektiven Überprüfung der Kniegelenksfunktion zu sprechen, aber er hat doch zu Recht seinen Platz in der Nachuntersuchung der vorderen Kreuzbandersatzplastik. Dieser Funktionstest ist nicht nur von der tatsächlich vorhandenen Kniegelenksstabilität abhängig, sondern korreliert vielmehr mit der Einstellung des Patienten zu der Kreuzbandplastik und dem Heilungsverlauf. Angst vor einer Reruptur halten Patienten ab, diesen Test so auszuführen, wie es das Operationsergebnis erlauben würde. Trotzdem läßt das Ergebnis dieses Funktionstestes Rückschlüsse auf den Heilungsverlauf und das subjektive Empfinden des Nachbehandlungsverlaufes durch den Patienten zu.

5.2 Vergleich mit anderen Nachbehandlungskonzepten

Die frühere Favorisierung der regressiven Nachbehandlungskonzepte nach operativer Versorgung der vorderen Knieinstabilität durch Naht oder Ersatzplastik wurde erstmals 1987 von SHELBOURNE in Frage gestellt (PÄSSLER und SHELBOURNE 1993). Er prägte bereits 1987 den Begriff der beschleunigten Rehabilitation (SHELBOURNE 1990).

1988 veröffentlichten LOBENHOFFER, BLAUTH und TSCHERNE ein Nachbehandlungskonzept, das, bei gleichbleibend günstigen Ergebnissen hinsichtlich der Stabilität, deutlich bessere Bewegungsumfänge bei verkürzter Rehabilitationzeit ergab. Die genannten Autoren verglichen eine Gruppe von Patienten, die mit einer Polydioxan-Augmentationsplastik versorgt und nach einem funktionellen Nachbehandlungsschema behandelt wurden mit Kontrollpatienten, deren frische Kreuzbandruptur ohne Augmentation rekonstruiert wurde und die postoperativ für sechs Wochen mit einer Gipsschale immobilisiert wurden. Das bessere Ergebnis bei Patienten, die funktionell nachbehandelt wurden, verwundert heute nicht mehr.

Bei der Festlegung der frühen postoperativen Nachbehandlung stehen Überlegungen dazu im Vordergrund, welche Belastung und welches Bewegungsausmaß des operierten Kniegelenkes gewährt werden kann.

PÄSSLER und SHELBOURNE (1990) entschieden sich in einer Studie für die Vollbelastung, sobald der Patient ein flüssiges und schmerzfreies Gangbild zeigte. Sie verzichteten nicht nur auf eine Limitierung der Streckung, sondern propagierten sogar die Hyperextension unmittelbar nach der durchgeführten Kreuzbandplastik.

Die postoperative Rehabilitation beginnt in einem 4-Phasen-Programm direkt postoperativ und schließt nach einer Woche das Muskelaufbautraining ein. Dies hat nach seiner Aussage die muskuläre Kontrolle des operierten Kniegelenkes zum Ziel. Neben halben Kniebeugen und Aquajoggen wendet Shelbourne ebenfalls die Beinpresse als Trainingsgerät an. Allerdings limitiert er hier den Bewegungsausmaß ohne nähere Begründung auf Streckung / Beugung: 0-25-60°. Sowohl YASUDA et al. (1987) als auch BEYNNON (1995) konnten aber beweisen, daß die Belastung des vorderen Kreuzbandes bei voller Streckung deutlich, ab 30° Beugung aber minimal ist und dann weder mit zunehmender Beugung bis 90° noch in Abhängigkeit vom Trainingsgewicht anwächst. Daher entschieden wir uns, die Patienten ohne Limitierung im vollen gelenkentlastenden Bewegungsausmaß zu trainieren. Unsere Ergebnisse bestätigen, daß ein solches Muskelaufbautraining an der Beinpresse unter Vollbelastung keine Gefährdung für die Kreuzbandersatzplastik darstellt.

Durch das aufwendige Rehabilitationskonzept von PÄSSLER und SHELBOURNE (1993) erreichten die Patienten neben der deutlich besseren Kniestabilität auch eine bessere Kniebeweglichkeit, die auf den hohen Stellenwert der sofortigen vollen Streckung des Kniegelenkes zurückgeführt wurde. Das Konzept verzichtet auf jegliche Limitierung der Streckung.

Die Ergebnisse der Studie von SHELBOURNE rechtfertigen das Konzept, da die Patienten bei guter Beweglichkeit eine hohe Kniestabilität aufweisen. Sie stützten sich auf Untersuchungen von FORMAN und JACKSON (1993). Diese machen ein Zyklopsyndrom für die Streckhemmung verantwortlich und gehen davon aus, daß eine

Einschränkung der Streckung dem Transplantat soviel Raum gibt, daß sich dieses fibrotisch verdickt und später keine volle Streckung mehr zuläßt. SHELBOURNE selbst macht hierfür allerdings nach eigenen histologischen Untersuchungen abgekapselte Hämatome verantwortlich. SHELBOURNES und PÄSSLERS (1990) Untersuchungen wurden an Patienten durchgeführt, die eine bone-tendon-bone-Ersatzplastik aus einem Patellar-sehnedrittel erhielten. Den Vorteil ihres Konzeptes postulierten sie aber unabhängig von dem Operationsverfahren.

Eine weitere wichtige Komponente ihres 4-Phasen-Rehabilitationskonzeptes ist die Koaktivierung. Koaktivierung bedeutet das gleichzeitige Anspannen des M. quadriceps und der ischiocruralen Muskulatur und sollte am zweiten postoperativen Tag möglich sein. Sie wird nicht nur im Liegen im Rahmen einer krankengymnastischen Übungstherapie, sondern auch beim koaktiven-kontrollierten Gang trainiert. Wie bereits erwähnt, reduziert das simultane Anspannen der Agonisten und Antagonisten die tibiofemorale Translation.

Ein anderer Teilaspekt des beschleunigten Nachbehandlungskonzeptes stützt sich auf den Nachweis von Mechanorezeptoren sowohl im vorderen Kreuzband als auch in Transplantaten (BIEDERT et al. 1992). In der dritten Phase ab der dritten postoperativen Woche wurden Balanceübungen auf Minitrampolinen in das Trainingsprogramm aufgenommen. Im letzten Abschnitt, ab der 6. postoperativen Woche wird mit einem leichten Lauftraining begonnen.

KNAEPLER entwickelte 1994 das „Marburger Rehabilitationskonzept“ als Ergänzung zur Physiotherapie. Er bildete zwei Gruppen, die mit einem freien Patellarsehnentransplantat mit Inline-Trevira-Augmentation versorgt wurden. In dieser Studie organisierten alle vierzig Patienten ihre Krankengymnastik selbst. Das Zielkollektiv aus zwanzig Patienten erhielt ab der fünften postoperativen Woche ein etwa einstündiges Training für die obere und untere Extremität in einem Fitneßcenter. Im Unterschied zu unserer eigenen Studie wurde die Maximalkraft wesentlich schärfer ärztlich limitiert. Die Ergebnisse zeigen, daß das Konzept geeignet ist, die Muskeln zu Gelenkstabilisatoren auszubilden.

KNAEPLER (1994) konnte mit seinem Nachbehandlungsschema eine Kniebeweglichkeit bei den Trainingspatienten erreichen, die nach 12 Wochen besser war als die der Kontrollgruppe. Dieses Ergebnis läßt sich aber nicht ohne weiteres auf das eigentliche Muskeltraining, das erst vier Wochen postoperativ begonnen und beidbeinig mit Teilbelastung durchgeführt wurde zurückführen. Das „Marburger Rehabilitationskonzept“ beinhaltet nämlich außerdem einen Stretching-Anteil, der die Interpretation deutlich erschwert. Gerade weil man die Muskeldehnung als wichtigen Bestandteil des Rehabilitationstrainings anerkennen muß, kann der Befund der besseren Beweglichkeit nicht als Beweis für den positiven Effekt des speziellen Muskelaufbautrainings dienen.

Bei der eher regressiven Form des Rehatrainings an medico-mechanischen Geräten verwundert es nicht, daß die Messung der Umfangswerte weniger aussagekräftige Werte erbrachte als in unserer Studie. Knaepler bekräftigte aber den Trainingseffekt mit dem Nachweis der gesteigerten Kraftentwicklung im operierten Bein. Die Maximalkraft der Oberschenkelstrecker und -beuger wurde in einem nicht genannten Verfahren gemessen und im Vergleich zur nicht-operierten Gegenseite dokumentiert. In der Zielgruppe wurde 67,8 bzw. 78,6% und in der Kontrollgruppe 53,5 bzw. 67,1% erreicht.

Dies dient zwar zur objektiven Überprüfung des Parameters Kraft, aber so lange wie keine genauen Aussagen darüber vorliegen, mit welcher Maximalkraft oder mit welchem Prozentsatz dieser Kraft sich eine für den Alltag ausreichende Kniegelenkstabilisation erreichen läßt, lassen sich aus diesen Werten keine aussagekräftigen Thesen herleiten.

In beiden Studien waren die Stabilitätsprüfungen in der Trainingsgruppe besser. Die Ergebnisse aller drei Studien beweisen, daß ein durch ein Muskeltraining erweitertes Nachbehandlungskonzept geeignet ist, die Muskeln zu Gelenkstabilisatoren zu optimieren.

Die drei Studien unterstützen bei allen Unterschieden im Konzept und in den Ergebnissen die Forderung nach einer „beschleunigten Rehabilitation“ nach der operativen Versorgung von vorderen Kreuzbandrupturen.

Anlaß zur Unzufriedenheit gibt aber die größere Streck- und Beugehemmung der Trainingspatienten in unserer Studie. Das geminderte Bewegungsausmaß hat aber nicht das Ausmaß einer Komplikation, die nach LOBENHOFFERS Ausführung (1988) besonders problematisch ist, da sie die physiologische Quadricepsaktivierung bei Belastung des Beins und so ein flüssiges Gangbild verhindert. Wie SHELBOURNE (1990) glauben wir, daß die Beugung über 90° zunächst nicht forciert beübt werden muß. Es bleibt aber im Unklaren, worauf der Unterschied zurückzuführen ist.

Allgemein lassen sich für eine eingeschränkte Beweglichkeit mehrere Faktoren als Ursache in Betracht ziehen. Zurückführbar wäre sie auf das Operationsverfahren, das Nachbehandlungskonzept, auf die Physiotherapie und nicht zuletzt auf die Compliance der Patienten.

Ob es sich um Vergleichsstudien bezüglich Operationsverfahren oder Nachbehandlungskonzepten handelt, ein Unsicherheitsfaktor wird immer in der ambulant durchgeführten Physiotherapie und in den selbstständigen Aktivitäten der Probanden zu finden sein. Damit ist eine einwandfreie Beweisführung für oder gegen eine Therapie unmöglich. Je größer die Fallzahl ist, desto weniger macht sich dieser „zufällige Fehler“ natürlich bemerkbar (Knaepler 1994), dennoch ist der Einfluß einer uneinheitlichen krankengymnastischen Übungstherapie nicht zu unterschätzen. Vielmehr stellt sie den größten Anteil an der Nachbehandlung.

Auch die Einstellung der Patienten zum Heilungsverlauf und zur Ersatzplastik selbst spielt eine bedeutende Rolle für den Therapieerfolg. SHELBOURNE (1990) beginnt nicht ohne Grund präoperativ mit einer mentalen Vorbereitung des Patienten. Er wies dem Patienten Eigenverantwortung und damit eine Beteiligung am Therapieerfolg zu. Er und Nitz (1990) konnten feststellen, daß Patienten, die weniger ängstlich waren und sich weniger an Restriktionen hielten, bessere Ergebnisse ihrer Kniegelenksfunktion erzielten. Auch wenn es sich durch objektive Meßmethoden nur schwerlich signifikant untermauern läßt, so besteht aber doch die Berechtigung, die hohe subjektive Zufriedenheit auf das genannte Nachbehandlungsregime zurückzuführen. Die Patienten fühlten sich nach Ersatz des vorderen Kreuzbandes zu einem früheren Zeitpunkt sicherer und waren früher bereit, ihre Arbeit wieder aufzunehmen.

Die Zeit der Arbeitsunfähigkeit lag in unserer Studie bei den Trainingspatienten mit 12,3 Wochen unter der der Kontrollgruppe (15,2 Wochen). Die Heilungsphase und

damit die Zeit der Arbeitsunfähigkeit konnte verkürzt werden. In allen genannten Untersuchungen, wie auch in der selbst durchgeführten, konnte also gezeigt werden, daß die Nachbehandlungsphase durch ein zusätzliches Krafttraining verkürzt und optimiert werden kann.

Die wesentlichen Informationen zusammengetragen, lassen sich keine „harten Fakten“ für die Überlegenheit eines speziellen Nachbehandlungskonzeptes zusammenstellen. Die Studienergebnisse geben bei aller Vielfalt der Einflußfaktoren aber eine eindeutige Richtung für Arzt und Physiotherapeut vor.

Unter ärztlicher und krankengymnastischer Kontrolle sollte eine Nachbehandlung erfolgen, die ohne strenge Limitierung von Belastung und Bewegungsausmaß die Beweglichkeit steigert, ein flüssiges Gangbild fördert, die Muskelkraft stärkt, die Stabilität erhöht und die Koordination schult.

In einem solchen Konzept verdient das Muskelaufbautraining seinen festen Platz.

6 Zusammenfassung

Die vorliegende prospektive Studie bewertet die Bedeutung eines Muskelaufbautrainings als Bestandteil des Nachbehandlungskonzeptes von Kreuzbandersatzplastiken. Sie wurde an einem männlichen Patientenkollektiv im Alter von 16 bis 39 Jahren durchgeführt. Sämtliche Studienteilnehmer waren an der Orthopädischen Universitätsklinik mit einer Semitendinosusersatzplastik in single shot-Technik arthroskopisch versorgt worden. Die Studie zeigt den klinischen Heilungs- und Rehabilitationsverlauf in den ersten zwölf Wochen nach der Operation.

Das Nachbehandlungskonzept sah nach dreitägiger Immobilisation in einer dorsalen Gipsschiene eine Mobilisation mit der DON-JOY-Orthese und einer Bewegungseinschränkung auf 90° Beugung und 10° Streckhemmung unter Vollbelastung vor. Nach sechs Wochen wurde die Streckhemmung aufgehoben und die Schiene mußte nachts nicht mehr angelegt werden.

Die Patienten wurden in zwei Gruppen geteilt. In beiden Gruppen organisierten die Patienten die verordnete ambulante Krankengymnastik selbst. Die Hälfte der Patienten (Trainingsgruppe) nahm zusätzlich zur Physiotherapie an einem Muskelaufbautraining teil, das zweimal wöchentlich unter ärztlicher Aufsicht durchgeführt wurde. Das Trainingsgerät war die Beinpresse, mit der die Oberschenkelbeuger- und strecker sowie die ischiokrurale Muskulatur gekräftigt werden kann. Die Nachbehandlung der Kontrollgruppe beschränkte sich auf die alleinige krankengymnastische Übungstherapie.

Zur Bewertung wurden die Ergebnisse der klinischen Untersuchung in der ersten, sechsten und zwölften postoperativen Woche miteinander verglichen.

Nach sechs und zwölf Wochen p.o. lagen die Werte der Oberschenkelumfangsmessung der Trainingspatienten signifikant höher. Auch die subjektive Kräfteinschätzung war deutlich höher und die Ausführung des Einbeinsprungs schon nach sechs Wochen deutlich sicherer. Ferner ergab die Stabilitätsprüfung durch den vorderen Schubladentest für die Trainingsgruppe nach drei Monaten signifikant bessere Werte.

In den ersten sechs Wochen waren Schmerz, Erguß und Schwellung in der Trainingsgruppe schneller rückläufig. Die bei den Trainingspatienten günstiger ausgefallene Stabilitätsprüfung des vorderen Kreuzbandes durch den Lachmantest und den vorderen Schubladentest zeigte schon nach sechs Wochen den positiven Effekt des Muskelaufbautrainings.

Die vorliegenden Ergebnissen belegen eine höhere objektiv nachvollziehbare und subjektive, vom Patienten wahrgenommene Stabilität sowie einen günstigeren Heilungsverlauf bei Anwendung der medizinischen Trainingstherapie. Die Studie bestätigt damit den hohen Stellenwert des Muskelaufbautrainings in der Nachbehandlung der vorderen Kreuzbandersatzplastik.

7 Literaturverzeichnis

APPELL, H.J.: Muscular Atrophy following Immobilisation. Review Sports Med. 10 (1990) 42 - 53

APPELL, H.-J.: Skeletal Muscle Atrophy During Immobilization. Int. J. Sports Med. 7 (1986): 1-5.

ARMS, S.-W., POPE, M.-H., JOHNSON, R.-J., et al.: The biomechanics of anterior cruciate ligament rehabilitation and reconstruction. Am. J. Sports Med 12: 8-18, 1984

BARRACK, R.L., SKINNER, H.B., BRUNET, M.E., COOLE, S.D.: Joint Kinesthesia in the highly trained Knee. J.Sports Med. 24 (1984): 18 - 20

BEYNONN, B.D., FLEMING, B.C.; JOHNSON, R.J., NICHOLS, C.E, RENSTRÖM, P.A.: Pope, M.H.: Anterior Cruciate Ligament Strain Behavior During Rehabilitation Exercises In Vivo. Am. J. Sports Med. Vol. 23, No. 1 (1995): 24 - 34.

BIEDERT, R.M., STAUFFER, E., FRIEDERICH, N.F.: Occurrence of the free nerve endings in the soft tissue of the knee joint. A histologic evaluation. Am J.Sports Med.20, 4, (1992), 430-433

BÖRNERT, K., FRÖHNER, G.: Die sonographische Diagnostik bei Störungen des neuromuskulären Systems Kniegelenk nach Kreuzbandverletzungen. Akt. Traumatol. 24 (1994): 232 - 238.

DANIEL, D. M., STONE, M.L., SACHS, R., MALCOLM, L.: Instrumented measurement of the anterior knee laxity in patients with acute anterior cruciate ligament disruption. Am. J. Sports Med. Vol. 13, No. 6 (1985): 401 - 406.

DANIEL, D.M., MALCOM, L.L., LOSSE, G., STONE, M.L., SACHS R.; BURKS, R.: Instrumental Measurement of Anterior Laxity of the Knee. J.Bone Joint Surgery Vol. 67 - A, No. 5, (1985):720-725

DANIEL,D.M., STONE, M.L., DOBSON, D.E.: The Fate of the anterior cruciate Ligament injured Patient: A prospective outcome Study AOSSM Annual Meeting (Abstract) (1993):

DONALDSON, W. F., WARREN, R.F., WICKIEWITZ, TH.: A Comparison of Acute Anterior Cruciate Ligament Examinations. Am. J. Sports Med., Vol. 13, No. 1 (1985): 5 - 10.

ERIKSSON, E., HÄGGMARK, T.: Comparison of isometric muscle training and electrical stimulation supplementing isometric muscle training in the recovery after major knee ligament surgery. Am. J. Sports Med. 7 (1979): 169 - 71

FEAGIN, J. A.et al.: The isolated tear of the anterior cruciate ligament. Presented, 39th Annual Meeting AAOS, Washington, D.C. Febr. 3. (1972)

FINK, C., HOSER, C., BENEDETTO, K. P., JUDMAIER, W.: (Neuro)Muskuläre Veränderungen der kniegelenksstabilisierenden Muskulatur nach Ruptur des vorderen Kreuzbandes. Sportver. Sportschad. 8 (1994) 25 - 30

FORMAN, S.K., JACKSON, D.W.: cyclops lesions in Jackson D.W.(ed): The anterior cruciate ligament. Current and future concepts. Raven Press, N.Y. (1993): 365-372

FORSTER, I. W., WARREN-SMITH, C.D., TEW, M.: Is the KT-1000 Knee-Ligament-Arthrometer reliable. J.Bone Joint Surgery, Vol. 71 - B, No. 5 (1989): 843 - 847.

FREIWALD, J., JÄGER, A., THOMA, W.: Isokinetische und isometrische Muskelfunktionsanalyse nach arthroskopisch durchgeführten vorderen Kreuzbandplastiken. Sportver. Sportschaden 6 (1992): 6- 13

FREIWALD, J.: Veränderungen von Umfangsmaßen, isometrischen und isokinetischen Kraftwerten nach Schädigung des Kniegelenkes unter besonderer Berücksichtigung neurophysiologischer Ursachen. Zu ausgewählten Aspekten der Evaluation und Wertigkeit von Trainingsmaßnahmen nach Kniegelenksschäden. Diss.Frankfurt (1992/1)

FRIEDERICH, N.F.: Kniegelenksfunktion und Kreuzbänder. Orthopäde (1993) 22: 334-342

GALWAY, R.D., BEAPRE, A., MAC INTOSH, D.: Pivot shift. A clinical sign of symptomatic anterior cruciate ligament insufficiency. J. Bone Joint Surgery 54 - B (1972) 763-764

GOTZEN, L., PETERMANN, J.: Die Ruptur des vorderen Kreuzbandes beim Sportler. Chirurg (1994) 65 910-919

HÄGGMARK, T., ERIKSSON, E.: Cylinder or mobile cast brace after knee ligament surgery; A clinical analysis and morphological and enzymatic studies of changes in the quadriceps muscle. Am. J. Sports Med. 7 (1979): 48 - 56

HARNER, CH. D., IRRGANG, J. J., PAUL, J., DEARWATER, ST., FU, F. H.: Loss of motion after anterior cruciate ligament reconstruction. Am. J. Sports Med. Vol. 20, No. 5 (1992): 499 - 506.

HIGHGENBOTEN, C. L., JACKSON, A.W., JANSSON, K.A., MESKE, N.B.: KT-1000 arthrometer: conscious and unconscious test results using 15, 20, and 30 pounds of force. Am J.Sports Med., Vol. 20,(1992) No. 4: 450 - 454.

HÖRSTER, G., KEDZIORA, O.: Kraftverlust und -regeneration der Kniestreckmuskulatur nach Operationen am Kniebandapparat. Akt. Traumatol. 23 (1993): 244 - 254

JACKSON, D.W., SCHAEFER, R.K.: Cyclops syndrome: Loss of extension following intrarticular anterior cruciate ligament reconstruction. Arthroscopy 6 (1990): 171 - 178.

JONSSON, TH., ALTHOFF, B., PETERSON, L., RENTRÖM, P.: Clinical diagnosis of ruptures of the anterior cruciate ligament. Am. J. Sports Med. Vol. 10, No. 2 (1982): 100 - 102.

KANNUS, P., JÄRVINEN, M.: Long-Term Prognosis of Conservatively Treated Acute Knee Ligament Injuries in Competitive and Spare Time Sportsmen. Int. J. Sports Med. 8 (1987): 348 - 351

KATZ, J.W., FINGEROTH, R.J.: The diagnostic accuracy of ruptures of the anterior cruciate ligament comparing the Lachmann test, the drawer sign, and the pivot shift test in acute and chronic knee injuries. Am J.Sports Medicine, Vol. 14, No.1(1986): 88-91

KDOLSKY, R., KWASNY, O., SCHABUS, P.: Bedeutung der Stabilitäts - und Funktionsmessung in der Kniebandchirurgie. Akt.Traumatologie 22 (1992): 123-125

KINAST, C., SCHMELZKY: Tibiale Translation in der Rehabilitation und Ersatz des vorderen Kreuzbandes. Orthopädie 23 (1993) 329-335

KNAEPLER, H., KRUDWIG, W., WITZEL, U.: Überlegungen zur differenzierten Therapie bei Insuffizienz des vorderen Kreuzbandes. Akt. Traumatologie 24 (1994): 188 - 194.

KNAEPLER, H., SCHENK, Ch.: Das neue „Marburger Rehabilitationskonzept“. Akt. Traumatologie 24 (1994): 17 - 23.

KUNER, E.E., SCHLOSSER, V.: Verletzung des Kniegelenkes. Traumatologie, Thieme 1995, 450-466

LANE, J. G., DANIEL, D. M., STONE, M. L.: Graft Impingement After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. Am. J. Sports Med. Vol. 2, No. 3 (1994): 415 - 417.

LOBENHOFFER, P., BLAUTH, M, TSCHERNE, H.: Resorbierbare Augmentationsplastik und funktionelle Nachbehandlung bei frischer vorderer Kreuzbandruptur. Zeitschrift für Orthopädie und ihre Grenzgebiete 126, Stuttgart (1988): 296 - 299.

MIYASAKA, K. C., DANIEL, D.M., STONE, M.L., HIRSHMAN, P.: The Incidence of the Knee Ligament Injuries in the General Population. Am. J. of knee surgery, Vol 4 No 1, (1991): 3 - 8.

MOHTADI, N. G. H., WEBSTER-BOGAERT, FOWLER, P. J.: Limitation of motion following anterior cruciate ligament reconstruction. Am. J. Sports Med. Vol. 19, No. 6 (1991): 620 - 625.

MÜLLER, W., BIEDERT, R., HEFTI, F., JAKOB, R.P., MUNZINGER, U., STÄUBLI, H.U.: OAK Knee Evaluation, a new way to assess knee ligament injuries. Clinical orthopaedics and related research. Number 232, (July 1988) : 36-50.

NOYES, F. R., BUTLER, D. L., GROOD, E. S., ZERNICKE, R.F., HEFZY, M. F.: Biomechanical Analysis of Human Ligament Grafts used in Knee-Ligament Repairs and Reconstructions. The Journal of Bone and Joint Surgery Vol. 66 - A, No. 3 (1984) 344 - 352

NOYES, F.R., GROOD, E.S.: The strength of the anterior cruciate ligament in human and rhesus monkeys. Age related and species related changes. J.Bone Surgery 58 - A (1976), 1074-1082

O'CONNOR, J.J.: Can muscle co - contraction protect knee ligaments after injury or repair. J.Bone Surgery Vol.75 - B, No.1 (1993): 41 - 48.

PARSCH, D., FROMM, B., KUMMER, W.: Die Projektion sensibler Afferenzen aus dem vorderen Kreuzband im Tierexperiment. Orthopädische Mitteilungen, 23 (1997): 103 °

PARSCH, D., FROMM, B., KUMMER, W.: Die Projektion und Faserqualität der sensiblen Afferenzen aus dem vorderen Kreuzband im Tierexperiment. Unfallchirurgie 22 (1996): 193-201

PÄSSLER, H.H., SHELBOURNE, K.D.: Biologische, biomechanische und klinische Konzepte zur Nachbehandlung nach Bandeingriffen am Knie. Orthopädie (1993) 22: 421 - 435.

PAULOS, L. E., STERN, J.: Rehabilitation After Anterior Cruciate Ligament Surgery. The Anterior Cruciate Ligament: Current and Future Concepts, edited by D.W. Jackson et al., Raven Press Ltd. New York, (1993) Chapter 34: 381 - 395

PAULOS, L., NOYES, F. R., GROOD, E. , BUTLER, D. L.: Knee Rehabilitation After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction and Repair. , Am. J. Sports Med Vol 9,No.3 (1981): 140 - 149.

PITMAN, M.J., NAINZADEH, N., MENCHE, D., GASALBERTI, R., SONG, E.K.: The intraoperative evaluation of the neurosensory function of the anterior cruciate ligament in humans using somatosensory evoked potentials, *Arthroscopy* 8, (1992):442-447

PLATZER, W., KAHLE, W., LEONHARDT, H.: dtv-Taschenatlas der Anatomie (1986) Deutscher Taschenbuch-Verlag /Georg Thieme-Verlag Stuttgart: Band 1, 1986, Seite 202-209

PODESTA, L., SHERMAN, M. F., BONAMO, J. R., REITER, I.: Rationale and Protocol for Postoperative Anterior Cruciate Ligament Rehabilitation. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, No. 257 (1990) 262 - 271.

RICHTER, J., DAVID, A., PAPE, G., OSTERMANN, P.A.W., MUHR, G.: Diagnostik der akuten vorderen Kreuzbandruptur. *Unfallchirurg* (1996) 99: 124-129

RUPP, S., HOPF, T., GLEITZ, M., HESS, T.: Biomechanische Grundlagen der Ersatzplastik des vorderen Kreuzbandes. *Unfallchirurgie* 20 (Nr. 6) (1994): 303 - 310

SACHS, R. A., DANIEL, D. M., STONE, M. L., GARFEIN, F. M.: Patellofemoral problems after anterior cruciate ligament reconstruction. *Am. J. Sports Med.* Vol. 17, No. 6 (1989): 760 - 765.

SCHULTZ, A., BOCHDANSKY, U., KROITZSCH, T., GAUDERNAK: Isokinetisch - dynamometrische Beurteilung der Distorsion des medialen Seitenbandes. In Spintge, R., Droh, R., (Herausgeber) *Schmerz und Sport*, Springer Berlin (1988): 207 - 219.

SCHULTZ, R.A, MILLER,D.C.,KERR,C.S.,et al.:Mechanoreceptors in human cruciate ligaments. A histologic study. *J. Bone Joint Surgery* 66 - A, (1984): 1072-1076 °

SCHUTTE, M.J., DABEZIES, E.J, ZIMNY, M.L.,et al.: Neural anatomy of the human cruciate ligament. *J. Bone Joint Surgery* 69 - A, (1987): 243-247. °

SEITZ, H.,CHRYSOPOULUS A., EGKHER E., MOUSAVI, M.: Langzeitergebnisse nach vorderem Kreuzbandersatz im Vergleich zur konservativen Therapie. *Chirurg* (1994) 65: 992-998

SHELBOURNE, K. D., WILCKENS, J. H., MOLLABASHY, A., DECARLO, M.: Arthrofibrosis in acute anterior cruciate ligament reconstruction. *Am. J. Sports Med* Vol 19, No. 4 (1991): 332 - 336.

SHELBOURNE, K.D., KLOOTWYK, T.E.: KT-1000-changes over time following anterior cruciate ligament reconstruction and accelerated rehabilitation. *Book of abstracts and outlines, 19th annual meeting of the Am Orthopaedic Society for Sports Medicine*, Sun Valley: (1993)

SHELBOURNE, K.D., NITZ, P.: Accelerated rehabilitation after anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J.Sports Med.* 18, (1990): 292-299

SHIRAKURA, K., KATO, K., UDAGAWA, E.: Characteristics of the isokinetic performance of patients with injured cruciate ligaments. *Am. J. Sports Med.*, Vol. 20, No. 6 (1992) S 754 - 760.

SMID, GL.: Biomechanical Analysis of knee flexion and Extension. *Journal of Biomed.* 6 79 - 92, 1973

SOLOMONOW, M., BARATTA, R., ZHOU, B.H.et al.: The synergistic action of the anterior cruciate ligament and tight muscles in maintaining joint stability. *Am. J. Sports Med.* Vol.15, No. 3: (1987) 207 - 213.

SPERNER, G., SEEWALD, P., HAMBERGER, A., KOLLER, A., WANITSCHKEK, P., GOLSER K.: Der arthroskopische vordere Kreuzbandersatz mit der gedoppelten Semitendinosussehne. Unfallchirurg (1996) 99: 869-874

STEINER, M.E., BROWN, C., ZARIUS, B., et al.: Measurement of anterior-posterior displacement of the Knee. A Comparison of the Results with instrumented Devices and with Clinical Examination. J. Bone Joint Surgery 72 A: (1990) 1307 - 1315)

TORG, J.S., CONRAD, W., KALEN, C.: Clinical diagnosis of an anterior cruciate ligament instability in the athlete. Am J. Sports Med. Vol. 4, No. 2 (1976): 84-93

WASILEWSKI, ST. A., COVALL, D. J., COHEN, SH.: Effect of surgical timing on recovery and associated injuries after anterior cruciate ligament reconstruction. Am. J. Sports Med. Vol. 21, No. 3 (1993): 338 - 242.

WERLICH, T., BRAND, H., ECHTERMEYER, V., PÖHLMANN J.: Knie-Arthrometer KT-1000, Stellenwert der instrumentellen Messung bei der Diagnose einer komplexen vorderen Knieinstabilität. Akt. Traumatologie 23 (1993) 43-49

WOJTYŚ, E. M., HUSTON, L. J.: Neuromuscular Performance in Normal and Anterior Cruciate Ligament-Deficient Lower Extremities. Am. J. Sports Med., Vol. 22, No. 1 (1994): 89 - 104.

WOO, S.L - Y, ADAMS, D.J.: The Tensile Properties of Human Anterior Cruciate Ligament and ACL Graft Tissues. Knee Ligaments: Structure, Function, Injury, and Repair, edited by D. Daniel et al. (1990) by Raven Press Ltd.: 279-289.

YACK, H. J., COLLINS, C.E., WHIELDON, T.J.: Comparison of closed and open kinetic chain exercise in the anterior cruciate ligament-deficient knee. Am. J. Sports Med. Vol. 21, No. 1 (1993): 49 - 54.

ZAVATSKY, A.B., BEARD, D.J., O'CONNOR, J.J.: Cruciate Ligament Loading During Isometric Muscle Contractions. Am. J. Sports Med. Vol. 22, No. 3 (1994): 418 - 423.

Lebenslauf

Name	Baum
Vorname	Patricia
Geburtsdatum	27.07.1968
Geburtsort	Krefeld
Konfession	evangelisch
Nationalität	deutsch
Eltern	Dr. Götz Baum, Diplom-Chemiker Erika Baum, Industriekauffrau
Geschwister	zwei ältere Brüder

Bildungsgang

1974 - 1978	Grundschule, Comeniusschule in Koblenz
1978 - 1987	Gymnasium, Hilda-Schule in Koblenz
24.06. 1987	Schulabschluß mit der Allgemeinen Hochschulreife
03.08. 1987 - 02.08.1988	Freiwilliges soziales Jahr am Florence-Nightingale-Krankenhaus, Düsseldorf-Kaiserswerth
14.11. 1988	Beginn des Medizinstudiums an der Justus-Liebig-Universität, Gießen
03.04. 1991	Ärztliche Vorprüfung
26.03. 1992	1. Staatsexamen
12.09. 1994	2. Staatsexamen
24.10. 1994	Beginn des Praktischen Jahres Chirurgie und Innere Medizin, KKH, Wetzlar Orthopädie, Universitätsklinik, Gießen
24.10. 1995	3. Staatsexamen

Famulaturen

- 15.07.1991 - 14.08.1991 Innere Medizin
Ev. Stift St. Martin, Koblenz
- 15.07.1992 - 14.08.1992 Anästhesie
St.Josefs-Krankenhaus, Gießen
- 24.08.1992 - 23.09.1992 Orthopädie
Orthopädische Universitätsklinik, Gießen
- 06.09.1993 - 05.10.1993 Chirurgie/Kinderchirurgie
Praxis Dr.med.R.Uflacker, Koblenz

Beruflicher Werdegang

- 01.01.1996 bis 30.06.1997 Ärztin im Praktikum
Klinik für Unfall-und Wiederherstellungschirurgie
Prof. Dr.med.U.Holz
Katharinenhospital, Stuttgart.
- 01.07.1997 bis 30.06.1999 Assistenzärztin
Rehabilitationsklinik Saulgau
Fachklinik für Orthopädie, Rheumatologie und
Sportrehabilitation
Dr.med. Dipl.Ing.W.Scheiderer

Danksagung

Ich danke Herrn Prof. Dr. med. Stürz, Leiter des Med. Zentrums für Orthopädie und Physikalische Medizin für die Überlassung des Themas.

Mein besonderer Dank gilt Herrn PD Dr. med. Melzer für seine vielfache Unterstützung und hilfreichen Anregungen bei der Korrektur.

Ich bedanke mich bei Herrn Dr. med. Sauer für die Betreuung der Studie während des Untersuchungszeitraumes.

Dem Institut für medizinische Informatik, insbesondere Herrn Papst danke ich für die Beratung sowie für die statistische Auswertung der gesammelten Daten.