

Versorgung einer vorderen Kreuzbandruptur:
„Healing Response“
versus
Kreuzbandplastik in
Semitendinosus-Quadruple Technik

- Vergleich der postoperativen Ergebnisse -

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Hohen Medizinischen Fakultät
der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität
Bonn

Christoph Koopmann
aus Hamburg

2010

Angefertigt mit Genehmigung der
Medizinischen Fakultät der Universität Bonn

1. Gutachter: Prof. Dr. A. Türler
2. Gutachter: Prof. Dr. C. Burger

Tag der Mündlichen Prüfung: 14.10.2010

Aus dem Franziskus Krankenhaus Linz am Rhein
Ärztlicher Direktor: Prof. h.c. Dr. D. Altmann

*Gewidmet ist diese Arbeit
meiner lieben Mutter und meinen Großeltern,
die mir mit ihrer unermüdlichen Unterstützung
mein Studium und damit diese Promotion ermöglicht haben!*

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Abkürzungsverzeichnis	7
Einleitung	8
1.1 Inzidenz der vorderen Kreuzbandruptur	8
1.2 Behandlungskonzepte	8
1.2.1 Rückblick auf über 100 Jahre Kreuzbandchirurgie.....	8
1.2.2 Der autologe Kreuzbandersatz als „State of the art“	10
1.2.3 Konservative Therapie.....	12
1.2.4 Neuere Fragestellungen: „double-bundle“ versus „single-bundle“.....	12
1.3 Derzeitiger Behandlungsstandard im Franziskus Krankenhaus Linz	13
1.4 Fragestellung der Studie	15
Patientengut und Methoden	17
2.1 „Healing Response“ Technik.....	17
2.2 Kreuzbandplastik Semitendinosus-Quadruple Technik – Suture-Plate®	21
2.3 Kriterien der retrospektiven Krankenblattauswertung	24
2.4 Auswahlverfahren Patientengruppe „Healing Response“	25
2.5 Auswahlverfahren Patientengruppe „Kreuzbandplastik“	26
2.6 Konzeption der Nachuntersuchung	27
2.6.1 Fragebogen 1 – Lysholm-Score	28
2.6.2 Fragebogen 2 – Tegner-Aktivitäts-Score	29
2.6.3 Fragebogen 3 – Subjektive Zustandsbeurteilung / Rehabilitationsverlauf	30
2.6.4 IKDC 2000 – Evaluationsbogen.....	31
2.6.5 Rolimeter® Test	32
2.7 Statistische Methoden.....	34
Ergebnisse	35
3.1 Ergebnisse Fragebogen 1 – Lysholm-Score	35
3.2 Ergebnisse Fragebogen 2 – Tegner-Aktivitäts-Score	38
3.3 Ergebnisse Fragebogen 3.....	40
3.3.1 Verletzungsursachen.....	40
3.3.2 Sensibilitätsstörungen	40
3.3.3 Dauer Krankenhausaufenthalt	41
3.3.4 Beeinträchtigung durch die Mecron®-Schiene.....	42
3.3.5 Dauer der Krankengymnastik	42

3.3.6 Zeitraum bis normales bzw. ursprüngliches / sportliches Belastungs- niveau wieder erreicht worden ist	43
3.3.7 Schwierigkeit alltäglicher Bewegungsabläufe	45
3.3.8 Subjektive Bewertung der Kniefunktion	47
3.3.9 Subjektive Abschlussbewertung	48
3.4 Ergebnisse IKDC – Evaluationsbogen	49
3.4.1 Gesamtergebnis	49
3.4.2 Ergebnis Ergussbildung	50
3.4.3 Ergebnis Bewegungsumfang	50
3.4.4 Ergebnis Ligamentuntersuchung / Rolimetermessung	52
3.5 Ergebnisse spezieller Fragestellungen	55
3.5.1 IKDC-Ergebnisse nach Altersgruppen aufgeteilt	55
3.5.2 IKDC-Ergebnisse in Bezug auf die Dauer des Rehabilitationstrainings	56
3.5.3 Subjektiver Kniebefund im Vergleich zur IKDC-Abschlussbeurteilung	56
3.6 Ausgewählte Einzelfalldarstellungen	58
Diskussion	61
4.1 Vergleichbarkeit der Studienkollektive	61
4.2 Literatúrauswahl	62
4.3 Klinischer Befund	64
4.4 Aktivität	69
4.5 Sensibilität	72
4.6 Krankenhausaufenthalt	74
4.7 Rehabilitation	74
4.8 Subjektive Funktionalität	77
Zusammenfassung	80
Anhang	82
Abbildungsverzeichnis	91
Literaturverzeichnis	94
Danksagung	102
Lebenslauf	103

Abkürzungsverzeichnis

BGV: Begleitverletzungen

EB: Evaluationsbogen

Fa: Firma

GS: Grazius-Sehne

N: Newton (= 1 kg·m/s²)

Q-B-ST Technik: Quadruple-Bone-Semitendinosus Technik

ST-GR-FS Technik: Semitendinosus-Grazius-Four Strand Technik

ST-Q Technik: Semitendinosus-Quadruple Technik

STS: Semitendinosus-Sehne

Einleitung

1.1 Inzidenz der vorderen Kreuzbandruptur

Das Kniegelenk ist aufgrund seiner Exponiertheit und fehlenden muskulären Sicherung das am häufigsten verletzte Gelenk des menschlichen Körpers (EBERHARDT et al., 2002; FAGELMAN und FREEDMAN, 2005). Nach neueren Untersuchungen nimmt dabei die Ruptur des vorderen Kreuzbands fast ein Drittel des gesamten Verletzungsspektrums ein (HANNA et al., 2000) und stellt zugleich die häufigste Bandverletzung des Kniegelenks dar (SÜDKAMP und HAAS, 2000). In Industrieländern Europas und der USA wird mittlerweile die Inzidenz auf bis zu eine vordere Kreuzbandruptur je 1000 Einwohner beziffert (RUPP und KOHN, 2002), mit steigender Tendenz. Begründet wird die Zunahme der Kreuzbandverletzungen mit erhöhter sportlicher Aktivität im Breitensport (z.B. Ski-Alpin), der zunehmenden Leistungsdichte und Ganz-Jahres-Belastung im Spitzensport (z.B. Profi-Fußball) sowie der Zunahme von Fun- und Risikosportarten (z.B. Snowboarding, Inline-skating). Gerade im Freizeit- und Amateursport ist das Risiko für eine vordere Kreuzbandruptur deutlich erhöht, wie umfangreiche Metaanalysen von PRODRAMOS et al. (2007) zeigen konnten. Zudem hat sich die klinische und apparative Diagnostik in den letzten Jahren stetig verbessert, so dass vordere Kreuzbandverletzungen heute viel schneller und sicherer diagnostiziert werden können als früher (EBERHARDT et al., 2002).

1.2 Behandlungskonzepte

1.2.1 Rückblick auf über 100 Jahre Kreuzbandchirurgie

Die Behandlung der vorderen Kreuzbandverletzung stellt die Chirurgie seit vielen Jahren vor große Herausforderungen. Die Geschichte der Kreuzbandchirurgie ist im Wesentlichen geprägt von der Suche nach dem richtigen Transplantat und dem operativen Fortschritt, angefangen von der Arthrotomie bis zum arthroskopisch assistierten Vorgehen.

Der britische Arzt Arthur Mayo-Robson berichtete 1903 als einer der ersten Autoren von einer erfolgreichen Wiederherstellung des vorderen Kreuzbands (MAYO-ROBSON, 1903). Acht Jahre zuvor hatte er bei einem Bergarbeiter sowohl das vordere als auch das hintere Kreuzband mittels Primärnaht versorgt und gute Ergebnisse im Langzeitverlauf festgestellt. Weitere Publikationen folgten, in denen eine Naht des vorderen Kreuzbands favorisiert wurde (GOETJES, 1913; PERTHES, 1926). Zeitgleich wurden aber auch erste Ansätze für einen autologen Bandersatz entwickelt. So beschrieb HEY-GROVES (1917) ein Verfahren, in dem ein nach proximal gestielter Faszienstreifen des Tractus iliotibialis als Kreuzbandersatz diente. In anderen Studien wurde ein gedoppelter Fascia lata Streifen (JIRASEK 1932), ein distal gestielter Streifen der Patellarsehne (WITTEK, 1935) oder eine distal gestielte Sehne des Musculus vastus lateralis (CUBBINS, 1939) als Bandersatz vorgeschlagen.

Ab Mitte der siebziger Jahre des letzten Jahrhunderts kam man wegen schlechter Langzeitergebnisse von der Primärnaht ab (FEAGIN und CURL 1976; KAPLAN et al., 1990; ODENSTEN et al., 1984), so dass diese Methodik schon seit längerem nicht mehr als Therapieoption angesehen wird (FINK et al., 1996; GRONTVEDT et al., 1996; SEILER und FRANK 1993).

Einen wahren Boom erlebte die Kreuzbandchirurgie Anfang der achtziger Jahre mit der Einführung synthetischer Bandmaterialien zum alleinigen Ersatz oder zur Augmentation von Sehnentransplantaten. Kunstbänder wie das Leeds-Keio Band, das Problast oder das Kennedy-LAD (*Ligament Augmentation Device*) versprachen anfänglich gute Resultate (DAHLSTEDT et al., 1990; KENNEDY et al., 1980). Schnell musste allerdings konstatiert werden, dass synthetische Materialien zu einer erheblichen Instabilität, zu hohen Rerupturraten sowie Synovialitiden führten (KLEIN und JENSEN, 1992; NEUMANN und EKKERNKAMP, 1995; SAVARESE et al., 1993). In Untersuchungen von FRANK und JACKSON (1997) wurde die Versagerquote zwischen 40% und 78% angegeben, so dass der synthetische Bandersatz heute keine Verwendung mehr findet (MASCARENHAS und MACDONALD, 2008).

Der Verwendung allogener Transplantate, die ebenfalls Anfang der achtziger Jahre zum Einsatz kamen, wurde zunächst schnell wieder verworfen. Zwar hatte dieses Verfahren vielfältige Vorteile wie z.B. fehlende Entnahmemorbidity, Schmerz-

reduktion, kleinere Narben, unbegrenzte Transplantatverfügbarkeit, ausgesuchte Transplantatgrößen (BURGER et al., 2000) sowie gute Langzeitergebnisse (SADDEMI et al., 1993; SHELTON et al., 1997), allerdings machte die zunehmende Ausbreitung von Virusinfektionen (HIV, Hepatitis C) alle positiven Erwartungen zunächst zunichte. Heute ist dank verbesserter Infektionsdiagnostik der Einsatz von Allografts besonders in den Vereinigten Staaten eine feste Therapieoption. Im europäischen Raum steigt in letzter Zeit die Bedeutung von allogenen Transplantaten besonders bei Revisionseingriffen deutlich an (BUCHMANN et al., 2008).

Die stetige Weiterentwicklung autologer Transplantate über die letzten Jahrzehnte stellte eine wichtige Grundlage für die heutige Kreuzbandchirurgie dar. Waren die ersten Versuche, wie oben schon beschrieben, durch die Verwendung von freien Faszientransplantaten gekennzeichnet, so gelang 1966 der Durchbruch: Brückner stellte eine Operationstechnik vor, bei der er den medialen Streifen des Ligamentum patellae mit einem proximalen bzw. distalen Knochenblock entnahm und in einem femoralen bzw. tibialen Bohrkanal fixierte (BRÜCKNER, 1966). Dieses Verfahren hat sich in modifizierten Techniken dank guter Langzeitergebnisse bis heute etabliert (SCHODERBEK et al., 2007).

1982 berichtete Dandy von der ersten arthroskopisch assistierten Rekonstruktion des vorderen Kreuzbands (DANDY, 1982). Seitdem hat sich die Arthroskopie gegenüber der offenen Arthrotomie immer mehr durchgesetzt und sich heute dank verbesserter Technik als Standardmethode für den vorderen Kreuzbandersatz etabliert (EBERHARDT et al., 2002).

1.2.2 Der autologe Kreuzbandersatz als „State of the art“

Der autologe Kreuzbandersatz gilt derzeit als „State of the art“. Als Transplantate werden im Wesentlichen die Quadrizepssehne, die Patellarsehne mit Knochenblock und die sogenannten Hamstringsehnen (Semitendinosus/Grazilis) verwendet. Die Semitendinosus-Sehne (STS) wird dabei, alleine oder in Kombination mit der Grazilis-Sehne (GS), als reine Sehnenersatzplastik zumeist drei- oder vierfach gefaltet und mittels verschiedener Fixationstechniken in Bohrkanälen verankert. Insbesondere die Diskussion über Patellar- versus Hamstringsehnen hat die

Literatur der letzten Jahre stark geprägt. Welches dieser beiden autologen Verfahren letztlich das bessere ist, konnte bis heute nicht eindeutig beantwortet werden. In zahlreichen Vergleichsstudien und Metaanalysen werden Vor- und Nachteile kontrovers diskutiert, ohne dass sich die Autoren auf eine der Operationstechniken definitiv festlegen (FREEDMAN et al., 2003; GOLDBLATT et al., 2005; HERRINGTON et al., 2005; SAJOVIC et al., 2006; TOW et al., 2005).

Bei guter Reißfestigkeit sprechen für die Patellarsehne, die Möglichkeit einer primär stabilen Fixierung mit Interferenzschrauben und die zuverlässige Knochen- einheilung (WEST und HARNER, 2005). Nachteile ergeben sich aus häufig auftretenden femoropatellaren Schmerzen (ERIKSSON et al., 2001; SHAIIB et al., 2002) und einer möglichen Funktionsstörung des Streckapparats mit Quadrizeps- atrophie und Kraftminderung (HÖHER und TILING, 2000). Selten besteht auch das Risiko einer Patellafraktur (CHOUTEAU et al., 2008; TAY et al., 2006).

Die STS zeichnet sich bei vierfacher Faltung im Vergleich zur Patellarsehne durch bessere Reißfestigkeit aus (HAMNER et al., 1999; HANDL et al., 2007), die mit ungefähr 4000 N beschrieben wird (im Vergleich Patellarsehne: ~2900 N / natives vorderes Kreuzband: ~2000 N (ROSENBERG und DEFFNER., 1997)). Zudem wird ein Trauma für den Streckapparat des Kniegelenks vermieden. Insgesamt kommt es während des postoperativen Verlaufs zu einer geringen Entnahmemorbidität und weniger Knieschmerzen (POOLMAN et al., 2007). Neueren Untersuchungen zufolge sind mehrsträngige Sehnentransplantate besser in der Lage, das mehrbündelige vordere Kreuzband zu ersetzen und so die komplexe Kinematik bei verschiedenen Beugegraden zu rekonstruieren (BECKER et al., 2000; von ESSEN und SÜDKAMP, 2003). Nachteile bei der Verwendung von Hamstringsehnen zeigen sich in einer geringeren Verankerungsstabilität bzw. in einer länger dauernden Einheilung im Knochentunnel sowie in möglichen Transplantatelongationen (BURGER et al., 2002). Kontrovers diskutiert wird der Kraftverlust der ischiokruralen Muskulatur und die damit verbundene Einschränkung von Beugung und Innenrotation im Kniegelenk (BENEDETTO 1995; FU und SCHULTE, 1996; WEILER et al., 2002).

1.2.3 Konservative Therapie

Die konservative Behandlung der vorderen Kreuzbandruptur stellt eine Alternative zum operativen Vorgehen dar, die Indikation ist aber kritisch zu prüfen.

Im Mittelpunkt der konservativen Therapie stehen Schmerzreduktion, Abklingen der Schwellung, Wiederherstellung des normalen Bewegungsausmaßes sowie Stärkung und Koordination der Muskulatur. Dennoch ist langfristig selbst bei guter muskulärer Führung und subjektiver Beschwerdefreiheit mit der Entwicklung von Folgeschäden am Kniegelenk zu rechnen. Minimale Dreh-Gleit-Bewegungen, die aufgrund des fehlenden vorderen Kreuzbands zustande kommen, schädigen insbesondere Menisken und Knorpel, was letztlich zu einer frühzeitigen Arthrose des Kniegelenks führt (LOBENHOFFER und TSCHERNE, 1993; NEUSEL et al., 1993; SEITZ et al., 1998). BURGER et al. (2000) empfehlen daher ein konservatives Vorgehen nur bei älteren Patienten mit geringem Aktivitätsniveau, bei partiellen Rupturen, straffen Kapsel-Band-Verhältnissen mit gutem Muskeltonus, geringer Instabilität, fehlenden Begleitverletzungen und fehlender prätraumatischer Kniegelenkspathologie.

In einer aktuellen Studie von STREHL und EGGLI (2007) wurden 73 Patienten nach vorderer Kreuzbandruptur primär konservativ behandelt. Die Indikation für die konservative Behandlung wurde, ähnlich wie von BURGER et al. (2000) gefordert, sehr kritisch gestellt. Dennoch mussten die Autoren konstatieren, dass nach einem durchschnittlichen Nachuntersuchungszeitraum von 3,4 Jahren (1-8 Jahren) nur 12 (16%) der 73 Patienten mit dem konservativen Vorgehen adäquat behandelt werden konnten.

1.2.4 Neuere Fragestellungen: „double-bundle“ versus „single-bundle“

Die Frage, ob die Rekonstruktion des vorderen Kreuzbands als „double-bundle“ Vorteile für die Biomechanik des Kniegelenks bringt, beschäftigt die aktuellen Diskussionen zunehmend.

Bei der „double-bundle“ Technik wird in Form zweier Transplantatstränge und unterschiedlicher Bohrkanäle versucht, die Morphologie des vorderen Kreuzbands

mit seinem antero-medialen und postero-lateralen Bündel möglichst anatomiegerecht zu rekonstruieren. Man verspricht sich dadurch eine verbesserte Stabilität des Kniegelenks insbesondere bei Beugung und Rotation.

MEREDICK et al. (2008) kommen in ihrer Metaanalyse von mehreren Vergleichsstudien („single-bundle“ versus „double-bundle“) zu der Schlussfolgerung, dass es insgesamt keine messbaren Vorteile für eine der beiden Methoden gibt. Dagegen konnten KONDO et al. (2008) und SIEBOLD et al. (2008) in ihren Untersuchungen Vorteile im Hinblick auf die Rotationsstabilität nach „double-bundle“ Rekonstruktion feststellen.

Weitere Untersuchungen bzw. die Auswertung von Langzeitresultaten müssen daher für eine bessere Bewertung der Fragestellung abgewartet werden.

1.3 Derzeitiger Behandlungsstandard im Franziskus Krankenhaus Linz

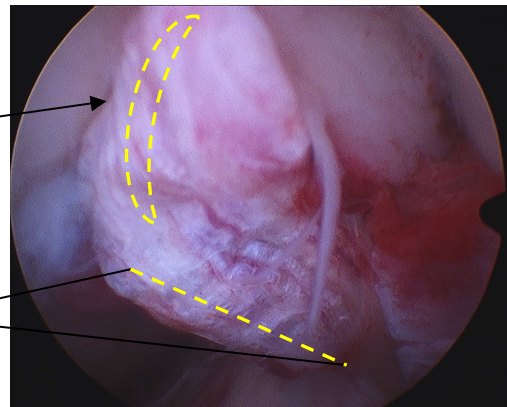
Im Franziskus Krankenhaus Linz am Rhein werden zur Zeit zwei Operationsmethoden zur Versorgung einer vorderen Kreuzbandruptur angewendet. Zum einen die relativ neue und innovative „Healing Response“ Technik, die ein Wiedereinheilen des vorderen Kreuzbands nach Stammzellenstimulation zulässt und zum anderen die autologe Kreuzbandplastik in Semitendinosus-Quadrupel Technik (ST-Q Technik). Im Folgenden werden kurz die jeweiligen Indikationsstellungen vorgestellt, die genaue Beschreibung der beiden Operationstechniken findet sich im Teil „Patientengut und Methoden“ (ab S.17).

Das „Healing Reponse“ Verfahren beruht auf ähnlichen Prinzipien wie die angewendete Mikrofrakturierung bei Knorpeldefekten. Ziel ist die Induktion eines natürlichen Heilungsprozesses, der dazu führt, dass das vordere Kreuzband wieder an anatomischer Stelle anwächst. Die wichtigste Voraussetzung für die Anwendung der „Healing Response“ Technik ist, dass das vordere Kreuzband an seinem femoralen Ansatz abgerissen und in seinem Verlauf noch komplett erhalten ist (Abb.1). Die Indikationsstellung kann mittels MRT oder diagnostischer Arthroskopie erfolgen. Die operative Intervention sollte frühzeitig innerhalb der ersten 10 Tage nach dem Unfallereignis vorgenommen werden, da anderenfalls aufgrund von fibrösen Vernarbungs- und Verklebungsprozessen ein natürlicher Wiederein-

heilungsprozess des vorderen Kreuzbands gefährdet ist. Im Franziskus Krankenhaus Linz wird die Methode mit steigenden Fallzahlen seit Ende 2003 erfolgreich angewendet. Sie gilt dank guter Ergebnisse als primäre Therapieoption bei femoral frisch abgerissenem und im Verlauf noch komplett erhaltenem vorderem Kreuzband. Diese Situation liegt bei ungefähr 60% der Patienten mit vorderem Kreuzbandriss vor (interne Statistik).

Vorgewölbtes proximales Ende des vorderen Kreuzbands nach femoralem Abriss

Vordere Kreuzbandfasern im Verlauf erhalten



▲ Abb.1: Proximal abgerissenes vorderes Kreuzband als Indikation für die „Healing Response“ Behandlung

Die Semitendinosussehne (STS) als vierfach gefaltetes Transplantat für den autologen vorderen Kreuzbandersatz hat sich in den letzten Jahren im Franziskus Krankenhaus Linz gegenüber der Patellarsehne durchgesetzt. Insgesamt führte die geringere Entnahmemorbidität der Hamstringsehnen sowie weniger Schmerzen im postoperativen Verlauf zu besseren klinischen Ergebnissen als nach Verwendung eines Bone-Patella-Tendon-Bone Transplantats.

Die Indikation für eine Kreuzbandplastik in ST-Q Technik besteht bei komplett zerrissenem vorderem Kreuzband und wenn eine „Healing Response“ Behandlung nicht durchgeführt werden kann (s.o.). Der Operationszeitpunkt liegt meist 6-8 Wochen nach dem Unfallereignis, damit sich zunächst die akute Weichteilsituation beruhigen kann. Studien haben ergeben, dass durch die Verschiebung des operativen Eingriffs das Arthrofibrosierisiko deutlich reduziert werden kann (CIPOLLA et al., 1995; COSGAREA et al., 1995; PASSLER et al., 1995; SCHIPPINGER et al., 1997). Für die femorale Fixation der vorderen Kreuzbandplastik kommen im Franziskus

Krankenhaus Linz sowohl das TransFix[®] System (Fa Arthrex) als auch die Suture-Plate[®] (Fa B|Braun) zum Einsatz. Als tibiale Fixation wird jeweils eine Interferenzschraube verwendet. Für die vorliegende Studie wurden nur Patienten mit Suture-Plate[®] Verankerung berücksichtigt (s. Patientengut und Methoden S.24).

1.4 Fragestellung der Studie

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit werden die Ergebnisse nach Versorgung einer vorderen Kreuzbandruptur mittels „Healing Response“ bzw. Kreuzbandplastik in ST-Q Technik vorgestellt. Der Nachuntersuchungszeitpunkt lag bei durchschnittlich 22 Monaten postoperativ. Die Befunde beider Patientenkollektive werden anhand bestimmter Zielkriterien miteinander verglichen und diskutiert. Dabei standen folgende Fragestellungen im Mittelpunkt:

- Wie stellen sich die Ergebnisse knapp 2 Jahre postoperativ dar? Gibt es Unterschiede in der klinischen Begutachtung beider Methoden?
- Wo liegen Vor- bzw. Nachteile der jeweiligen Operationsverfahren bzw. wie wirken sich diese aus?
- Inwieweit profitieren die „Healing Response“-Patienten von dem geringeren intraoperativen Trauma?
- Wie erleben die Patienten subjektiv die beiden Operationsverfahren?
- Wie kann man die Ergebnisse im Vergleich zu anderen Studien einordnen?

Als Zielkriterien für das Studiendesign wurden definiert:

- Zur subjektiven Datenerfassung: Lysholm-Score, Tegner-Aktivitäts-Score und ein speziell zusammengestellter Fragebogen zum Rehabilitationsverlauf und zur Patientenzufriedenheit.
- Zur objektiven klinischen Untersuchung: IKDC 2000-Evaluationsbogen.
- Zur instrumentellen Stabilitätsmessung: Rolimeter[®] der Firma Aircast.

Level of evidence: III (nach LUBOWITZ, 2004)

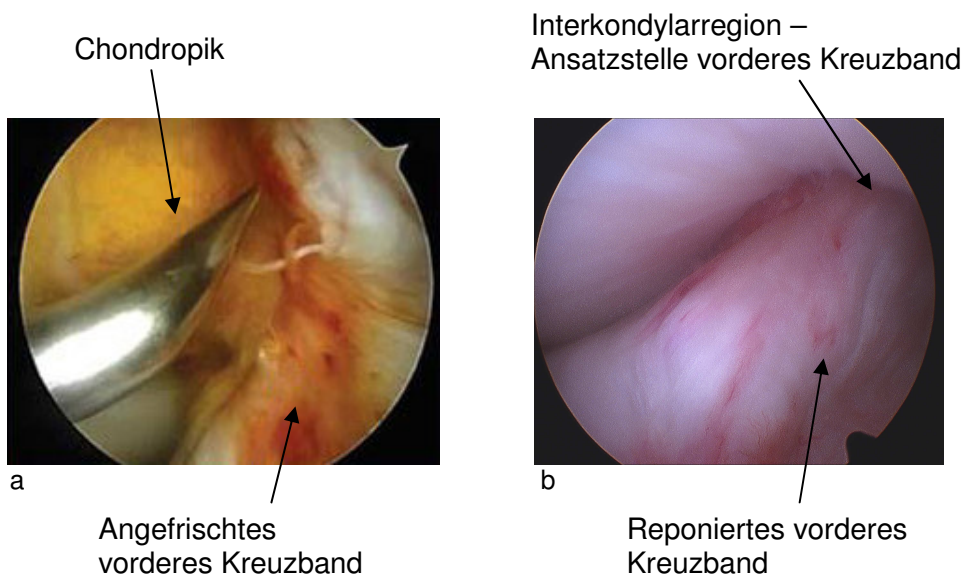
In den vergangenen Jahren wurden immer wieder die Operationsmethoden zum vorderen Kreuzbandersatz verbessert. Dennoch gelingt es auch heute noch nicht, mit den bisherigen Standardverfahren eine restitutio ad integrum zuverlässig zu erreichen (RUPP und KOHN, 2002). Die Entwicklung neuer Operationsverfahren ist daher weiterhin wichtig. Die vorliegende Studie soll dazu einen Beitrag leisten.

Die guten Praxiserfahrungen mit der „Healing Response“ Methode und die bisher nur sehr wenigen Publikationen zu diesem Thema waren Hauptbeweggründe für die vorliegenden Untersuchungen. Zudem konnte zum Zeitpunkt der Erstellung dieser Arbeit keine veröffentlichte Studie gefunden werden, die die „Healing Response“ Methode direkt mit bisherigen Standardverfahren zur Behandlung einer vorderen Kreuzbandruptur vergleicht.

Patientengut und Methoden

2.1 „Healing Response“ Technik

Der operative Ablauf im Detail: Zunächst werden am betroffenen Kniegelenk zwei kleine Schnitte vorgenommen: Ein antero-lateraler für die arthroskopische Optik und ein antero-medialer für den Instrumentenzugang. Nach Versorgung möglicher Begleitverletzungen wie Meniskus- oder Knorpelschäden werden mit einer speziellen Ahle (Chondropik) bis zu 8 Kortikalisperforationen im Bereich der femoralen Insertionsstelle des vorderen Kreuzbands gesetzt (Abb.2a). Ein ausreichender Blutaustritt ist wichtig. Nach sparsamer Needelung (Stichelung) des Kreuzbands wird dieses unter gleichzeitiger Streckung des Kniegelenks sorgfältig mithilfe eines Wechselstabs an die anatomische Ansatzstelle in den Blutkoagel reponiert (Abb.2b). Gelenkdrainagen werden nicht benutzt. Das operierte Knie wird unmittelbar nach Operation in einer Mecron®-Schiene ohne Beugung für 4-6 Wochen fixiert. In der Regel schließt sich ein 1-tägiger stationärer Klinikaufenthalt an, ein ambulantes Operieren ist allerdings auch möglich. Eine spezielle Schmerztherapie ist in der Regel nicht erforderlich.



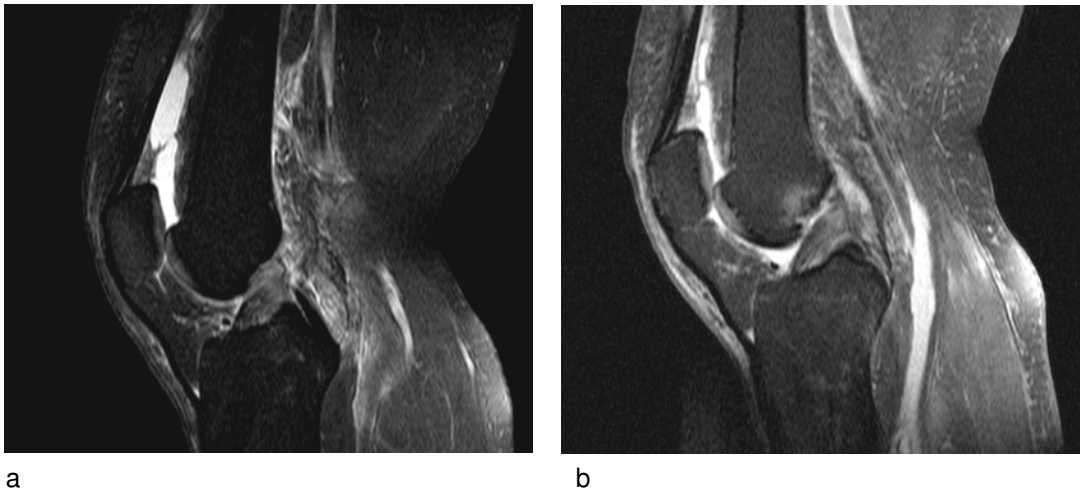
▲ Abb.2a: „Healing Response“ Methode: Anlegen der Kortikalisperforationen mit dem Chondropik
2b: Abschlussbild nach erfolgter „Healing Response“ Operation

In der postoperativen Nachbehandlungsphase ist die Vermeidung jeglicher Flexionsbewegungen für den Heilungserfolg elementar. Das ununterbrochene Tragen der Mecron[®]-Schiene für 4-6 Wochen ist daher obligat und muss mit dem Patienten im Hinblick auf die Wichtigkeit dieser Maßnahme ausführlich besprochen werden. Das Gehen unter Vollbelastung sowie isometrische Anspannungsübungen sind unter krankengymnastischer Anleitung in dieser Zeit allerdings ausdrücklich erwünscht. Dadurch kann einer zu starken Ruhigstellung und einer damit verbundenen Atrophie der Oberschenkelmuskulatur vorgebeugt werden. 4-6 Wochen postoperativ sollte eine klinische Nachuntersuchung stattfinden:

- Bei guter Stabilität des operierten Kniegelenks schließt sich ein intensives Muskel- und Bewegungstraining über mehrere Wochen an. Danach kann die Aufnahme sportlicher Aktivität dosiert begonnen werden.
- Bei eher instabilem Befund wird ein gezieltes Muskelaufbau- und Bewegungstraining zur Verbesserung der Kniefunktion für 3-4 Wochen verordnet, danach Wiedervorstellung mit eventueller Bildgebung (MRT) oder Rearthroscopie zur Erfolgskontrolle. Bei nicht eingheiltem vorderen Kreuzband wird die Indikation zur Kreuzbandplastik gestellt.

Die theoretischen Überlegungen, die dem „Healing Response“ Prozedere zugrunde liegen, spiegeln sich in dem Prinzip „form follows function“ wider. Dieser erstmals von WOLFF (1870, 1884) postulierte und heute als „Wolff'sches Gesetz“ bekannte Grundsatz besagt, dass Zustand, Aufbau und Funktion von Organsystemen wesentlich von Art und Umfang der Beanspruchung abhängen bzw. dass sich verschiedene Gewebe in ihrer Form prinzipiell an die vorherrschende Beanspruchung anpassen können. Im menschlichen Knochenmark kommen zwei Arten von Stammzellen vor: Multipotente hämatopoetische Stammzellen sind Vorläufer für alle Arten von Blutzellen wie Erythrozyten, Leukozyten oder Thrombozyten. Mesenchymale Stammzellen, die auch als Stromazellen bezeichnet werden, sind multipotente Vorläuferzellen verschiedener mesenchymaler Gewebe und lassen sich u.a. zu Osteoblasten, Chondrozyten (PITTINGER et al., 1999), Adipozyten (BENNETT et al., 1991) und Tenozyten (ALTMAN et al., 2002) differenzieren. Auf die

„Healing Response“ Methode übertragen bedeutet dies, dass sich die mesenchymalen Stammzellen, die durch die Knochenperforationen mit dem Blut austreten bei entsprechender mechanischer Belastung des Kniegelenks zu Tenozyten ausdifferenzieren können (ALTMANN, 2006). Durch diesen Umbauprozess des ursprünglichen Narbengewebes ist eine stabile Verankerung des vorderen Kreuzbands an der ehemaligen Abrissstelle gewährleistet (Abb. 3a-c).



▲ Abb.3a: Proximaler vorderer Kreuzbandabriss (MRT – Sagittalschnitt)
 3b: Angewachsenes vorderes Kreuzband 2 Monate nach erfolgter „Healing Response“ Operation. Gleicher Patient wie in Abb.3a (MRT – Sagittalschnitt)



c

▲ Abb.3c: Angewachsenes vorderes Kreuzband 2 Monate nach erfolgter „Healing Response“ Operation. Gleicher Patient wie in Abb.3a (MRT – spezieller Koronarschnitt)

Die „Healing Response“ Methode wurde Anfang 1990 von der Arbeitsgruppe um Richard Steadman aus Vail/Colorado entwickelt. 2002 wurden erstmals die Zweijahres-Nachuntersuchungsergebnisse von 169 Patienten veröffentlicht, die mittels „Healing Response“ operiert worden waren (STEADMAN et al., 2002). Die klinischen Befunde waren insgesamt äußerst positiv (s. Diskussion ab S.61). ALTMANN (2006) veröffentlichte als erster deutscher Autor eine prospektive Studie über 120 Patienten, die mit „Healing Response“ versorgt worden waren. Alle Patienten wurden in einem Zeitraum von 10-14 Wochen nach der Primäroperation einer erneuten Arthroskopie unterzogen, um den Wiedereinheilungsprozess des vorderen Kreuzbands nachzuweisen. Dabei zeigte sich das vordere Kreuzband in 85% der Fälle an anatomischer Stelle eingeheilt.

Voraussetzung:

- ➔ Femoraler Abriss + Kreuzband im Verlauf intakt

Operationszeitpunkt:

- ➔ Innerhalb der ersten 10 Tage nach Unfallereignis

Operatives Prozedere:

- ➔ Arthroskopischer Zugang
- ➔ 6-8 Kortikalisperforationen im femoralen Ansatzbereich
- ➔ Needelung (Stichelung) Kreuzband
- ➔ Reposition Kreuzband unter Steckung des Kniegelenks

Krankenhausaufenthalt:

- ➔ Ambulant oder 1-2 Tage stationär

Postoperatives Protokoll:

- ➔ Fixierung in Mecron[®]-Schiene für 4-6 Wochen
- ➔ Danach freie Funktion mit intensivem Muskel- und Funktionstraining
- ➔ evtl. Bildgebung / Rearthro nach 10-12 Wochen

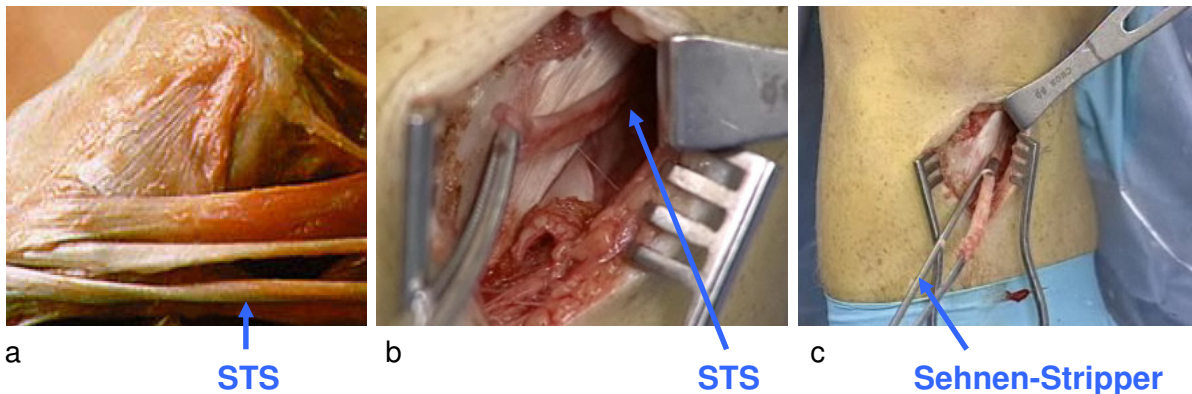
Erfolgsquote:

- ➔ ~ 85%

▲ Tabelle 1: „Healing Response“ – Die wichtigsten Fakten auf einen Blick

2.2 Kreuzbandplastik Semitendinosus-Quadruple Technik – Suture-Plate®

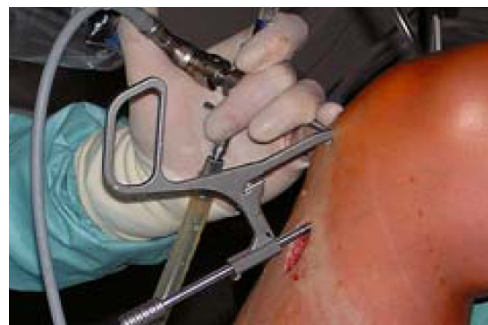
Zunächst wird das arthroskopische Instrumentarium in das Gelenk eingebracht. Nach Abschluss der diagnostischen Arthroskopie bzw. Behandlung eventueller Begleitverletzungen erfolgt die Transplantatentnahme. Dazu wird ein längs verlaufender Hautschnitt medial der Tuberositas tibiae gesetzt, die Faszie durchtrennt und die STS aufgesucht (Abb.4b). Diese wird distal durchtrennt, angeklemt und mit einem Sehnen-Stripper entnommen (Abb.4c). Das Transplantat sollte mindestens 26 cm lang sein, damit bei Vierfachfaltung eine Mindestlänge von 6,5 cm gewährleistet ist.



▲ Abb. 4a: Leichenpräparat Pes anserinus Sehnen
 4b: Frei präparierte und angeschlungene STS
 4c: Entnahme STS mittels Sehnen-Stripper

Als nächstes erfolgt die Anlage der Bohrkanäle. Dazu wird über ein transtibial positioniertes Zielgerät ein Kirschner-Draht im Bereich des mittleren Tibiaplateaus in das Kniegelenk gebohrt. Nach Kontrolle der korrekten Position wird der Draht entsprechend der Transplantatdicke (s.u.) stufenweise kanüliert überbohrt (Abb.5).

Anschließend wird das femorale Zielgerät unter Beachtung des Isometriepunkts eingebracht und hinter dem Femurkondylus plziert. Bei 90° gebeugtem Knie wird nun ein

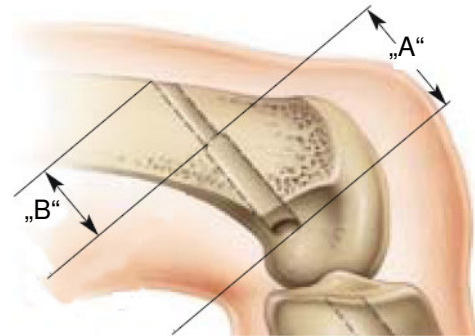


▲ Abb.5: Zielgerät tibialer Bohrkanal

Kirschner-Draht positioniert. Die Tiefe des femoralen Bohrkanals richtet sich nach der Länge des Transplantats und muss zunächst berechnet werden. Dabei gilt,

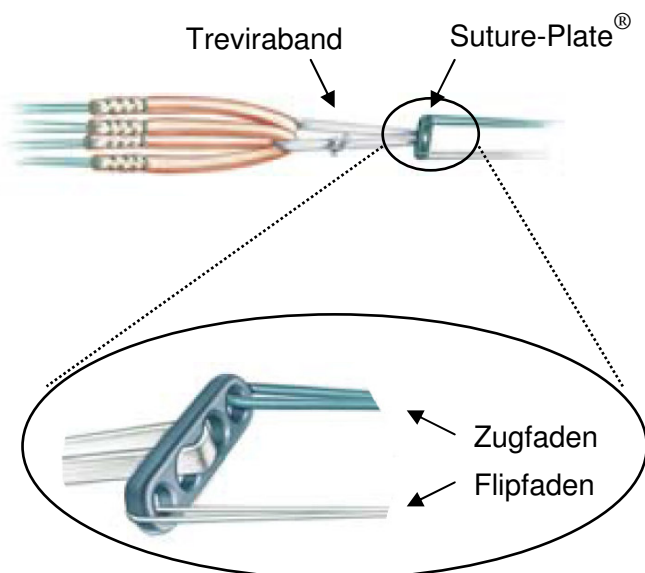
dass die intraartikuläre Länge des Transplantats zwischen 22-24 mm liegen sollte, femoral sollten sich mindestens 20 mm, tibial mindestens 22 mm der Sehne in den Knochenkanälen befinden, damit ein sicheres Einwachsen gewährleistet ist. Die genaue Berechnung der Kanallängen kann der Operationsanleitung entnommen werden („Position ACL“ – Fa B|Braun).

Der Kirschner-Draht wird unter Sicht auf die entsprechende Tunnelbreite und -länge überbohrt (Abb.6 Strecke „A“). Anschließend wird mit einem 4,5 mm dicken Kopfbohrer der Durchbruch durch die laterale Gegenkortikalis gelegt (Abb.6 Strecke „B“). In diesem schmaleren Kanal liegt später die Aufhängung der Sehnenplastik in Form eines Trevirabands.



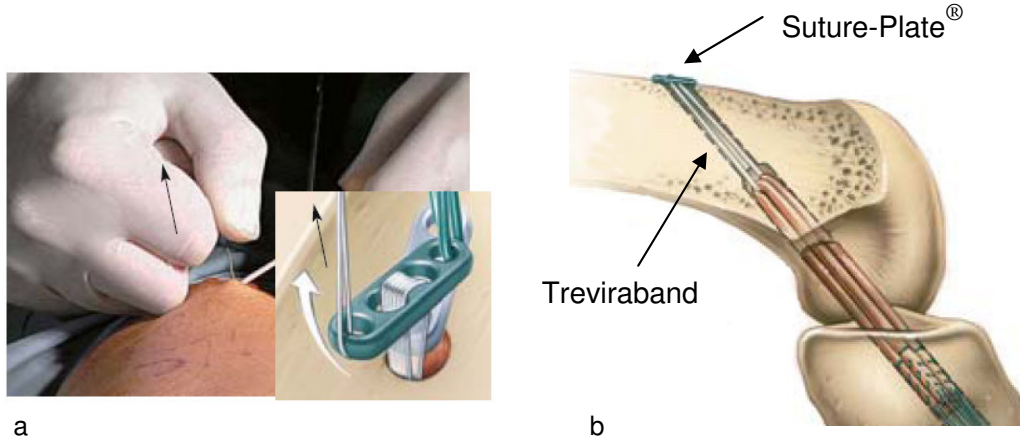
▲ Abb.6: Femorale Bohrkanäle

Derweil wird das Transplantat mittig geteilt und die beiden Bündel als Quadrupel vorbereitet. Die freien Sehnenenden werden mittels Naht armiert und das proximale Ende wird über ein Treviraband mit einer Suture-Plate[®] versehen (Abb.7). Die Länge des Trevirabands richtet sich nach der Länge des Bohrkanals „B“ (Abb.6). In die beiden äußeren Löcher der Suture-Plate[®] werden ein Flipfaden sowie ein starker Zugfaden eingezogen. Die Dicke des Transplantats wird bestimmt.



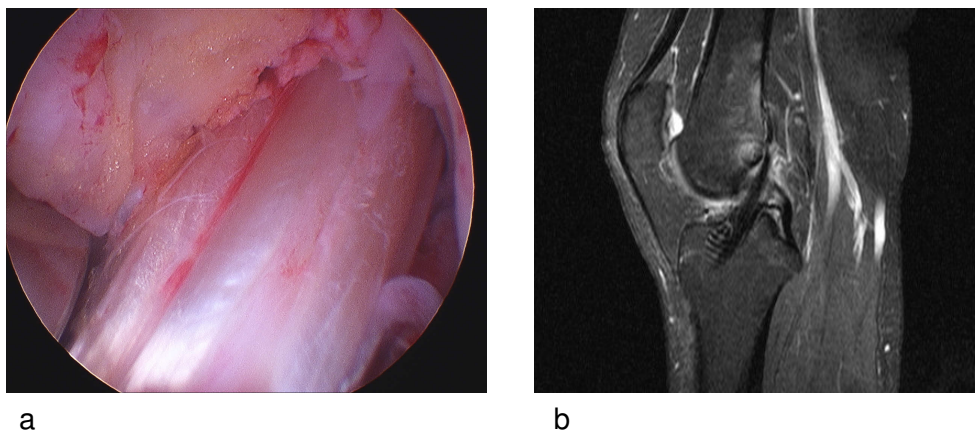
▲ Abb.7: Kreuzbandtransplantat mit Suture-Plate[®]

Nach 5-minütiger Vorspannung mit 60 N wird das Transplantat bei längs gestellter Suture-Plate[®] durch die Bohrkanäle gezogen. Danach wird zur Verankerung der Suture-Plate[®] der Flipfaden gezogen (Abb.8a/8b).



▲ Abb.8a: Einziehen des Transplantats – Verankerung der Suture-Plate[®]
8b: Verankerte Kreuzbandplastik in den Bohrkanälen

Abschließend wird das Transplantat tibial unter 10° Beugung mit einer resorbierbaren Schraube fixiert. Unter arthroskopischer Kontrolle wird das Kniegelenk durchbewegt, um Einklemmungserscheinungen in der Notch auszuschließen.



▲ Abb.9a: Eingezogene Kreuzbandplastik – vierfach gefaltete STS
9b: Vordere Kreuzbandplastik (MRT – Sagittalschnitt)

Nach der Operation schließt sich ein 3-5-tägiger stationärer Aufenthalt an, dabei stehen eine gezielte Schmerztherapie sowie erste aktive krankengymnastische Übungen im Mittelpunkt. Die Patienten dürfen in den ersten 14 Tagen postoperativ mit 20 kg teilbelasten, eine Beugungseinschränkung ab 90° für 4 Wochen ist einzuhalten.

Operationszeitpunkt:

- ⇒ 6-8 Wochen nach Unfallereignis

Operatives Prozedere:

- ⇒ Diagnostische Arthroskopie
- ⇒ Transplantatentnahme STS
- ⇒ Sehnenpräparation als Quadrupel mit proximaler Suture-Plate®
- ⇒ Anlage der tibialen und femoralen Bohrkanäle
- ⇒ Einziehen des Transplantats, Fixierung Suture-Plate®
- ⇒ Tibiale Transplantatverankerung mittels resorbierbarer Interferenzschraube

Krankenhausaufenthalt:

- ⇒ 3-5 Tage stationär

Postoperatives Protokoll:

- ⇒ Gezielte Schmerztherapie mittels Schmerzkatheter
- ⇒ Aktive Übungen ab 2.postoperativen Tag
- ⇒ Teilbelastung mit 20 kg für 14 Tage
- ⇒ Beugungsumfang 0-0-90 für 4 Wochen

▲ Tabelle 2: Kreuzbandplastik – Die wichtigsten Fakten auf einen Blick

2.3 Kriterien der retrospektiven Krankenblattauswertung

Für die retrospektive Krankenblattauswertung standen die Operationsberichte des Franziskus Krankenhauses Linz am Rhein zur Verfügung. Aus diesen wurden alle Patienten ermittelt, die im Zeitraum vom 1. Januar 2004 bis zum 31. Dezember 2006 arthroskopisch am vorderen Kreuzband operiert und dabei entweder mit der „Healing Response“ Technik oder einer Kreuzbandplastik in ST-Q-Technik (Fixierung mit Suture-Plate® Fa B|Braun und Interferenzschraube) versorgt worden sind.

Erfasst wurden neben persönlichen Daten wie Alter und Geschlecht die betroffene Knieseite, der Operationszeitpunkt, der jeweilige Operateur, bei der Arthroskopie zusätzlich dokumentierte Begleitverletzungen im Kniegelenk und eventuelle Komplikationen bzw. Folgeeingriffe nach der ersten Operation.

So konnten insgesamt 331 Patienten ermittelt werden. Bei 118 Patienten (35,6%) fand die „Healing Response“ Technik Anwendung, bei 213 Patienten (64,4%) wurde ein Kreuzbandersatz in Form einer Kreuzbandplastik durchgeführt.

2.4 Auswahlverfahren Patientengruppe „Healing Response“

Um eine aussagekräftige Nachuntersuchung der Patienten durchführen zu können, wurde grundsätzlich angestrebt, das operierte Knie mit der möglichst gesunden Gegenseite zu vergleichen.

Daher wurden für die nähere Patientenauswahl der „Healing Response“-Gruppe zunächst folgende Ausschlusskriterien festgelegt:

- Eine Knieendoprothese oder eine Kreuzbandplastik auf der **Gegenseite**.
- Erneuter Riss oder Insuffizienz des vorderen Kreuzbands **nach** „Healing Response“ Eingriff **und** dadurch bedingter Versorgung mittels Kreuzbandplastik.
- Erneuter Riss des vorderen Kreuzbands **unterhalb** der „Healing Response“ Narbe **oder** tibialer Abriss.
- Riss oder operativ versorgte Verletzung des hinteren Kreuzbands.

Von den 118 Patienten, die mittels der „Healing Response“ Technik im vorgegebenen Zeitraum operiert worden sind, erfüllten 28 Patienten mindestens ein Ausschlusskriterium, welches der jeweiligen Krankenakte entnommen werden konnte. Somit wurden sie nicht für die Zusammenstellung des Studienkollektivs berücksichtigt.

Die verbliebenen 90 Patienten wurden alle schriftlich zu einer Nachuntersuchung eingeladen (Anschreiben S.84).

Von diesem Kollektiv wiederum haben 37 Patienten entweder nicht auf die Einladung geantwortet oder hatten kein Interesse, an der Studie teilzunehmen bzw. sind trotz Termins nicht zur Nachuntersuchung erschienen.

Somit wurden 53 Patienten untersucht, von denen 3 noch nachträglich von der Studie ausgeschlossen wurden, da sie ein Ausschlusskriterium erfüllten, welches im Vorfeld nicht aus den Krankenakten zu ersehen war.

Letztendlich wurden 50 Patienten, die nach der „Healing Response“ Methode am vorderen Kreuzband operiert worden sind, in die Studie aufgenommen.

Dieses Studienkollektiv setzte sich aus 24 Frauen und 26 Männern zusammen, 27mal war die rechte Knieseite betroffen, 23mal die linke. Im Schnitt waren die Patienten zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung 35 Jahre alt (16 Jahre – 66 Jahre /

Median 36 Jahre). Zwischen der Kreuzbandoperation und der Nachuntersuchung in dieser Studie lagen durchschnittlich 22 Monate (8 Monate – 44 Monate): 6 Patienten wurden im Jahr 2004 operiert, je 22 im Jahr 2005 bzw. 2006.

Der größte Teil der Patienten (76%) wies zum Zeitpunkt der Kreuzbandoperation zusätzliche Begleitschäden im betroffenen Knie auf.

2.5 Auswahlverfahren Patientengruppe „Kreuzbandplastik“

Die Patientengruppe „Kreuzbandplastik“ diente in dieser Studie als Vergleichskollektiv zur „Healing Response“-Gruppe. Auch hier wurde angestrebt, das operierte Knie mit der möglichst gesunden Gegenseite zu vergleichen.

Folgende Ausschlusskriterien wurden daher vor dem Auswahlverfahren definiert:

- Eine Knieendoprothese oder eine Kreuzbandplastik auf der **Gegenseite**.
- Kreuzbandplastik nach operativer Erstversorgung mittels „Healing Response“ auf der **betroffenen Seite**.
- Riss oder operativ versorgte Verletzung des hinteren Kreuzbands.

Um darüber hinaus eine möglichst ähnliche Zusammensetzung der beiden Patientengruppen im Hinblick auf die Geschlechterverteilung bzw. den Zeitraum zwischen Kreuzbandoperation und Nachuntersuchung zu gewährleisten, wurden noch folgende Auswahlkriterien in Anlehnung an die Zusammensetzung der „Healing Response“-Gruppe festgelegt:

Die „Kreuzbandplastik“-Gruppe sollte bestehen aus:

- 24 Frauen und 26 Männern.
- 6 Patienten, die im Jahr 2004 und je 22 Patienten, die in den Jahren 2005 bzw. 2006 am Kreuzband mit einer Kreuzbandplastik versorgt worden sind.

Von den 213 Patienten, die im Zeitraum vom 1. Januar 2004 bis zum 31. Dezember 2006 am Kreuzband mittels einer Kreuzbandplastik operiert worden sind, erfüllten 18 Patienten laut Aktenlage mindestens 1 Ausschlusskriterium und wurden nicht für die Gruppenzusammenstellung berücksichtigt. Aus den somit verbliebenen 195

Patienten wurden **zufällig**, aber unter Berücksichtigung der oben erwähnten Auswahlkriterien, 50 Patienten für die Studie ausgewählt, schriftlich eingeladen (S.85) und nachuntersucht.

Dieses Studienkollektiv bestand, wie angestrebt, aus 24 Frauen und 26 Männern, 26mal war das rechte Knie betroffen, 24mal das linke.

Im Schnitt waren die Patienten zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung 34 Jahre alt (14 Jahre – 60 Jahre / Median 36 Jahre). Zwischen der Kreuzbandoperation und der Nachuntersuchung in dieser Studie lagen, ähnlich wie in der „Healing Response“-Gruppe, durchschnittlich 22 Monate (9 Monate – 42 Monate). Auch in dieser Gruppe wies der größte Teil der Patienten (66%) zum Zeitpunkt der Kreuzbandoperation zusätzliche Begleitschäden im betroffenen Knie auf.

Eine vergleichende Übersicht der beiden Patientenkollektive gibt die Tabelle 3.

	Healing Response (n=50)	Kreuzbandplastik (n=50)
Studienteilnehmer		
Männlich	26	26
Weiblich	24	24
Operierte Knieseite		
rechts	27	26
links	23	24
Alter zum OP Zeitpunkt (Jahre)	35,4 (16-66) Median 36	34,2 (14-60) Median 36
Nachuntersuchungs- zeitraum (Monate)	22,3 (8-44)	22 (9-42)
Begleitverletzungsrate	76%	66%

▲ Tabelle 3: Die Patientenkollektive in der Übersicht

2.6 Konzeption der Nachuntersuchung

Der Ablauf der Nachuntersuchung folgte einem festgelegten Schema.

Zunächst füllten die Patienten 3 Fragebögen (S.86-91) aus, die der subjektiven Zustandserhebung des operierten Knies dienten:

- Fragebogen 1 beinhaltet den Lysholm-Score.
- Fragebogen 2 beinhaltet den Tegner-Aktivitäts-Score.
- Fragebogen 3 beinhaltet Fragen zum Unfallhergang, zur Art und Dauer der Rehabilitation sowie eine subjektive Abschlussbeurteilung der Gesamtbehandlung.

Anschließend wurden beide Knieseiten des Patienten untersucht, hierbei fand der IKDC 2000-Evaluationsbogen Anwendung.

Das Bewegungsausmaß beider Kniegelenke wurde bei passiver und aktiver Beugung bzw. Streckung mithilfe eines handelsüblichen Winkelmessers bestimmt. Als Normalmaß wurde vor Studienbeginn ein Bewegungsausmaß von 0 – 0 – 135 Grad festgelegt.

Ergänzend wurde der Oberschenkelumfang dokumentiert. Messpunkte waren jeweils auf Höhe der Kniescheibe sowie 10 bzw. 20 cm oberhalb der Patella. Die Messwerte wurden addiert und gemittelt.

Abschließend wurde die antero-posteriore Translationsfähigkeit bei 25° Beugung mithilfe des Rolimeters® der Firma Aircast semiobjektiv gemessen.

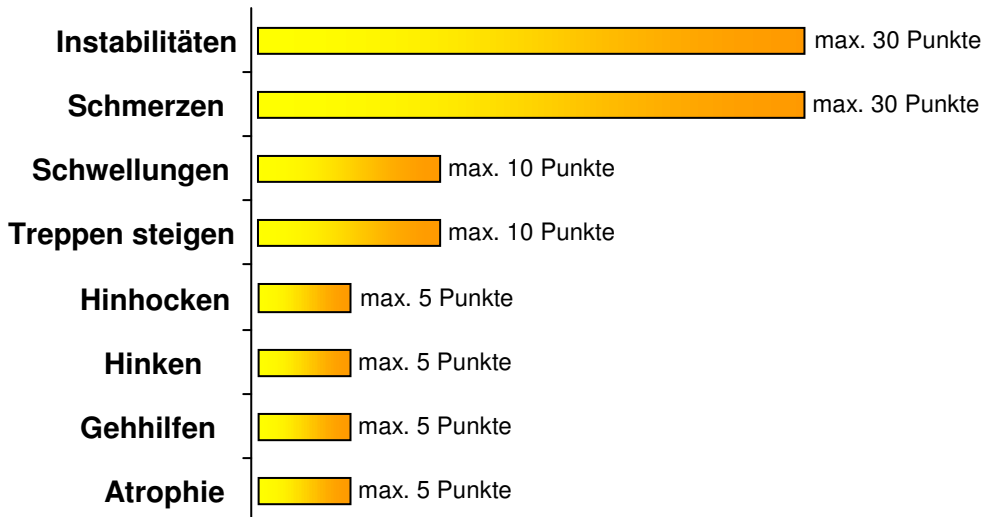
Die Untersuchungen wurden immer von der gleichen Person (Doktorand) durchgeführt.

2.6.1 Fragebogen 1 – Lysholm-Score

Der Lysholm-Score dient der subjektiven Beurteilung des Kniegelenks. Er wurde 1982 von Lysholm und Gillquist entwickelt (LYSHOLM und GILLQUIST, 1982) und ist mittlerweile der am häufigsten verwendete Score zur Evaluation der Kniestabilität (LYSHOLM und TEGNER, 2007).

Er besteht aus acht Beurteilungskriterien, sieben subjektiver Art (Instabilitäten, Schmerzen, Schwellungen, Treppen steigen, Hinhocken, Hinken, Gehhilfen), ein Kriterium objektiver Art (Muskelatrophie).

Maximal können 100 Punkte erreicht werden. Die einzelnen Wertungen gehen aus Abb.10 hervor.



▲ Abb.10: Lysholm-Score: Kriteriengewichtung

Die Gesamtpunktzahl wird wie folgt interpretiert:

≥ 90 Punkte	Sehr gut
≥ 80 Punkte	Gut
≥ 70 Punkte	Mäßig
< 70 Punkte	Schlecht

Faktoren wie Alter, Allgemeinzustand oder körperliche Fitness werden im Lysholm-Score nicht berücksichtigt.

2.6.2 Fragebogen 2 – Tegner-Aktivitäts-Score

Der Tegner-Aktivitäts-Score gibt dem Patienten die Möglichkeit, sein Aktivitätsniveau auf einer Skala von 0-10 zu verschiedenen Zeitpunkten des Krankheitsverlaufs einzuschätzen. Der Score wurde 1985 von Tegner vorgestellt (TEGNER und LYSHOLM, 1985) und erlaubt eine vergleichende Aussage darüber, ob der Patient sein ursprüngliches Belastungsniveau postoperativ wieder erreicht hat. In dieser Studie sollten die Patienten ihr Aktivitätsniveau vor der Verletzung und zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung einstufen.

Der Aktivitätslevel 0 entspricht einer verletzungsbedingten Arbeitsunfähigkeit bzw. Frühberentung, der Level 10 spiegelt die Aktivität eines Leistungssportlers wider. Es

kommen hier Aktivitäten aus dem täglichen Berufsleben, dem Freizeit-, Amateur- sowie Leistungssport zum Tragen.

2.6.3 Fragebogen 3 – Subjektive Zustandsbeurteilung/Rehabilitationsverlauf

Dieser Fragebogen wurde speziell für die Studie zusammengestellt.

Der Fragebogen wurde konzipiert, um Unterschiede zwischen den beiden Patientenkollektiven und damit den beiden Operationsmethoden für folgende Fragestellungen zu ermitteln:

- Gibt es grundlegende Unterschiede in der motorischen und sensiblen Funktionalität des Kniegelenks in den jeweiligen Patientenkollektiven?
- Inwieweit beeinflusst die Dauer der Rehabilitation das postoperative Ergebnis der jeweiligen Operationsmethode?
- Wie schnell erreichen die jeweiligen Patientengruppen wieder ihr normales bzw. sportliches Belastungsniveau?
- Wie erleben die Patienten subjektiv im Rückblick das Prozedere ihrer Gesamtbehandlung?

Zunächst wurden Fragen zur Verletzungsursache gestellt. Darüber hinaus wurde abgefragt, ob es Sensibilitätsstörungen im Bereich des operierten Knies gibt. Die Patienten sollten weiterhin in Kategorien von „Überhaupt nicht schwierig“ bis „Unmöglich“ angeben, wie schwer alltägliche Bewegungsabläufe für sie sind, wie Treppen steigen, Treppen hinuntergehen, knien, sitzen, in der Hocke sitzen, vom Stuhl aufstehen, geradeaus laufen, hochspringen und auf dem betroffenen Bein landen bzw. beim Gehen schnell anhalten und wieder starten.

Des Weiteren wurde nach Art, Dauer und Komplikationen der Rehabilitationsmaßnahmen gefragt. Die Patienten sollten angeben, wann sie ihr Knie wieder normal belasten bzw. ob und wann sie ihre sportlichen Aktivitäten wieder aufnehmen konnten.

Abschließend sollten die Patienten ihre Kniefunktion vor der Verletzung und zum Untersuchungszeitpunkt in die Kategorien „Normal“ / „Fast normal“ / „Abnormal“ und „Stark abnormal“ einteilen bzw. die Gesamtbehandlung auf einer Skala von 1 (sehr gut) bis 10 (sehr schlecht) einstufen.

2.6.4 IKDC 2000 – Evaluationsbogen

Das IKDC-Formblatt (International Knee Documentation Committee) wurde 1987 durch den Zusammenschluss namenhafter amerikanischer (American Orthopedic Society of Sports Medicine) und europäischer (European Society of Sports Traumatology, Knee Surgery and Arthroscopy) Kniechirurgen entwickelt und 1993 von HEFTI et al. erstmals offiziell publiziert. 1998 erfolgte durch IRRGANG et al. eine Teilvalidierung des Scores für Patienten mit vorderer Kreuzbandruptur. Im Jahr 2000 erschien eine um wichtige Punkte ergänzte und modifizierte Auflage des IKDC-Formblatts.

Mittlerweile ist der IKDC-Evaluationsbogen in einer Vielzahl von Studien verwendet worden und erlaubt somit eine gute Vergleichbarkeit der unterschiedlichen Ergebnisse.

Der IKDC 2000 besteht aus sechs, auch einzeln verwendbaren Formblättern:

- Demographisches Formblatt
- Formblatt zur Beurteilung des gegenwärtigen Gesundheitszustands
- Formblatt zur subjektiven Beurteilung des Knies
- Formblatt zur Anamnese des Knies
- Chirurgisches Dokumentationsblatt
- Formblatt zur Untersuchung des Knies

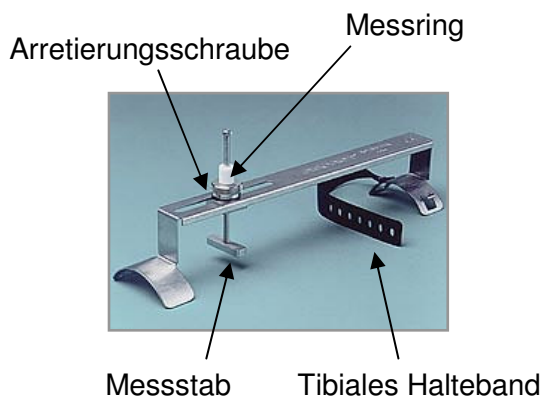
Neben wichtigen Aspekten aus dem „Formblatt zur subjektiven Beurteilung des Knies“ wurde in dieser Studie das „Formblatt zur Untersuchung des Knies“ verwendet (S.92). Dieser Untersuchungsbogen besteht aus sieben Hauptgruppen:

- 1 Erguss
- 2 Passives Bewegungsdefizit
- 3 Ligamentuntersuchung
- 4 Kompartimentbefunde
- 5 Transplantatentnahmemorbidität
- 6 Röntgenbefund
- 7 „One leg hop“ Test

Die Hauptgruppen umfassen mehrere Einzeluntersuchungen, die im Vergleich zur gesunden Gegenseite mit den Graden **A** für „Normal“, **B** für „Fast normal“, **C** für „Abnormal“ oder **D** für „Deutlich Abnormal“ bewertet werden. Für jede Hauptgruppe wird schließlich ein Gruppengrad gesucht, der durch den schlechtesten Grad innerhalb der Hauptgruppe bestimmt wird. Ähnlich verhält es sich mit der Abschlussbewertung: Der schlechteste Hauptgruppengrad bestimmt das Endergebnis. Für die Abschlussbewertung sind allerdings nur die Hauptgruppen 1–3 ausschlaggebend. Aufgrund der Größe der beiden Patientenkollektive und um den Studienteilnehmern eine erneute Röntgenaufnahme zu ersparen, wurden daher in dieser Studie auch nur die Hauptgruppen 1–3 dokumentiert.

2.6.5 Rolimeter[®] Test

Die Lachmantestung wurde in den Untersuchungen apparativ mithilfe des Rolimeters[®] der Firma Aircast ergänzt (Abb.11/12).

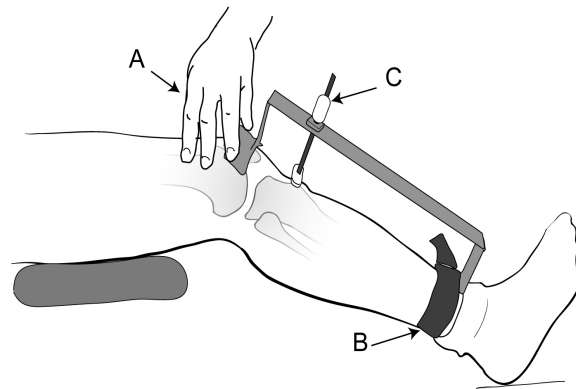


▲ Abb.11: Rolimeter[®] – Fa Aircast



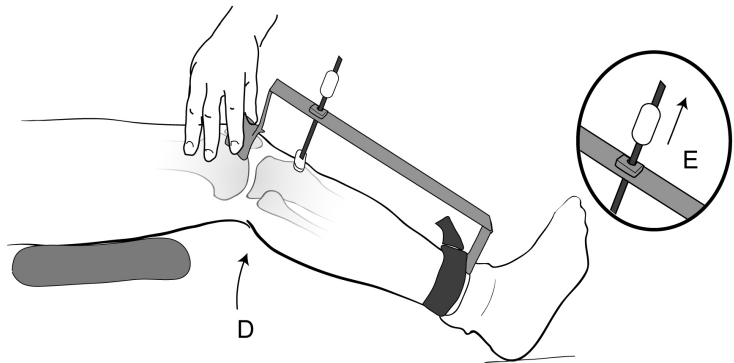
▲ Abb.12: Rolimeter[®] in der Anwendung

Die einfach zu bedienende Schiene (Abb.13 / 14) wird auf der Patella und der distalen Tibia fixiert (A / B). Der Messstab wird auf die Tuberositas tibiae eingestellt und mit einer Stellschraube auf der Schiene arretiert, der weiße Messring bis auf die Arretierschraube vorgeschoben (C).



▲ Abb.13: Ablauf Rolimeter-Messung (1)

Bei 25 Grad Beugung wird nun mit maximaler Kraft der Unterschenkel nach vorne gebracht (D). Der Grad der Translation kann unterhalb des weißen Messrings auf dem Messstab abgelesen werden (E).



▲ Abb.14: Ablauf Rolimeter-Messung (2)

Der Rolimeter[®] erlaubt eine gute Einschätzung der vorderen Instabilität (PUGH et al., 2009) und liefert ähnlich valide Ergebnisse wie der KT-1000 (BALASCH et al., 1999; GANKO et al., 2000; SCHUSTER et al., 2004).

Zudem zeigten MUELLNER et al. (2001) in einer Studie, dass selbst ein in der Anwendung des Rolimeters[®] unerfahrener Untersucher annähernd gleiche Ergebnisse erzielt wie ein erfahrener Anwender.

Als nicht messbare Side-to-Side Differenz (also kein Seitenunterschied) wurde in dieser Studie ein vorderer Vorschub von unter 1 mm definiert.

2.7 Statistische Methoden

Alle Frage- und Untersuchungsbögen wurden digitalisiert und mit dem Statistikprogramm SPSS Version 14.0 (Statistical Package for the Social Sciences) ausgewertet.

Im Rahmen der Analyse wurde das Rangsummenverfahren und somit ein parameterfreies Testverfahren ohne Annahmen über Wahrscheinlichkeitsverteilungen angewendet. Zur Überprüfung der Signifikanz wurde aufgrund der relativ kleinen Fallzahlen in dieser Studie der Mann-Whitney-U-Test für zwei unabhängige Stichproben angewendet. Das Signifikanzniveau wurde dabei vor Studienbeginn auf 5 % [$\alpha=0,05$] festgesetzt.

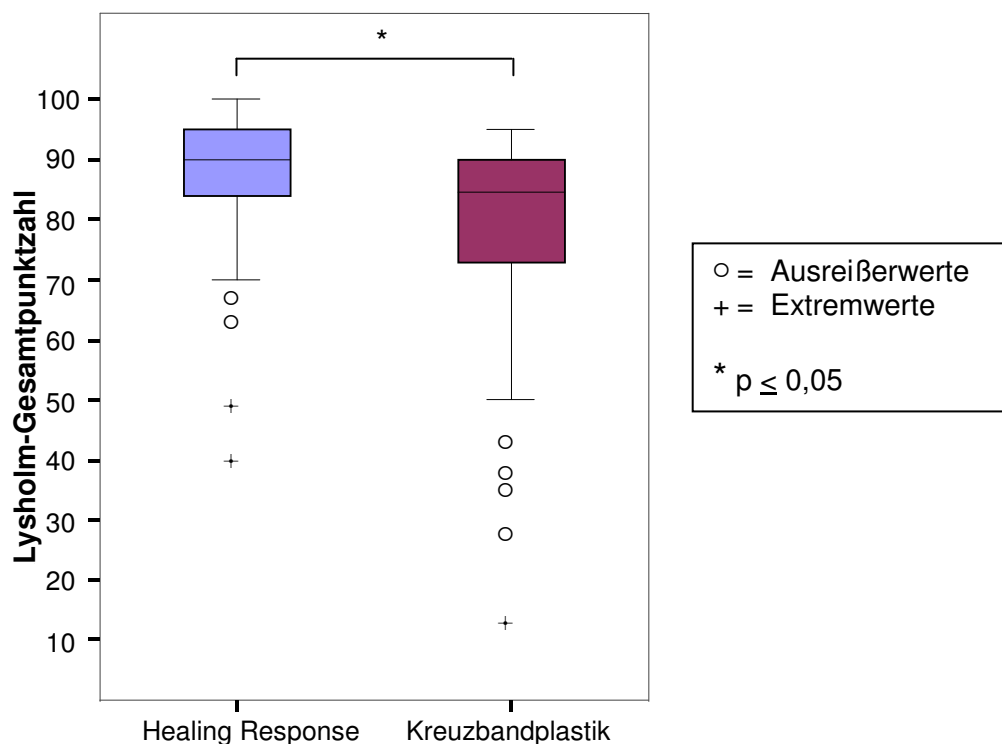
Ergebnisse

3.1 Ergebnisse Fragebogen 1 – Lysholm-Score

Im Lysholm-Score zeigte sich ein signifikanter Unterschied ($p \leq 0,05$) im Hinblick auf die erreichte Gesamtpunktzahl je Patientenkollektiv. So kam die „Healing Response“-Gruppe ($n=50$) durchschnittlich auf 87 Punkte, bei den „Kreuzbandplastik“-Patienten ($n=50$) waren es hingegen nur 78 Punkte (Tabelle 4 und Abb.15). In beiden Kollektiven gab es Ausreißerwerte, besonders auffällig war ein Patient der „Kreuzbandplastik“-Gruppe, der nur 13 Punkte im Lysholm-Score erreichte. Hier führten starke Schmerzen, Instabilität und Bewegungseinschränkungen zu einer sehr geringen Gesamtpunktzahl.

Operationsmethode	Mittelwert	Standardabweichung	Minimum	Median	Maximum
Healing Response (n=50)	87	13	40	90	100
Kreuzbandplastik (n=50)	78	19	13	85	95
p-Wert	$\leq 0,05$				

▲ Tabelle 4: Lysholm-Score – Gesamtpunktzahl je Patientenkollektiv



▲ Abb.15: Lysholm-Score: Gesamtpunktzahl je Patientenkollektiv

Signifikante Unterschiede zwischen den Patientenkollektiven fanden sich in den Kategorien „Instabilität“ ($p \leq 0,05$) / „Schmerzen“ ($p \leq 0,05$) und „Hinhocken“ ($p \leq 0,05$). Bei allen drei Kriterien schnitten die „Healing Response“-Patienten besser ab als die Vergleichsgruppe, wie die Tabellen 5/6/7 verdeutlichen.

	Operationsmethode				p-Wert
	Healing Response (N=50)		Kreuzbandplastik (N=50)		
	Anzahl	(%)	Anzahl	(%)	
Bei jedem Schritt	0	0,0%	2	4,0%	> 0,05
Häufig bei alltäglicher Belastung	0	0,0%	3	6,0%	
Gelegentlich bei alltäglicher Belastung	6	12,0%	4	8,0%	
Häufig beim Sport od. schwerer Anstrengung	4	8,0%	3	6,0%	
Selten beim Sport od. schwerer Anstrengung	10	20,0%	18	36,0%	
Keine Instabilität	30	60,0%	20	40,0%	$\leq 0,05$

▲ Tabelle 5: Lysholm-Score – Ergebnisse der Kategorie „Instabilität“

	Operationsmethode				p-Wert
	Healing Response (N=50)		Kreuzbandplastik (N=50)		
	Anzahl	(%)	Anzahl	(%)	
Ständig	1	2,0%	2	4,0%	> 0,05
Stark bei od. nach weniger als 2 km Gehen	0	0,0%	0	0,0%	
Stark bei od. nach 2 km Gehen	0	0,0%	4	8,0%	
Stark bei starker Anstrengung	1	2,0%	6	12,0%	
Stark bei Subluxation od. Instabilität	2	4,0%	2	4,0%	
Gelegentlich und leicht bei schwerer Anstrengung	28	56,0%	30	60,0%	
Keine Schmerzen	18	36,0%	6	12,0%	

▲ Tabelle 6: Lysholm-Score – Ergebnisse der Kategorie „Schmerzen“

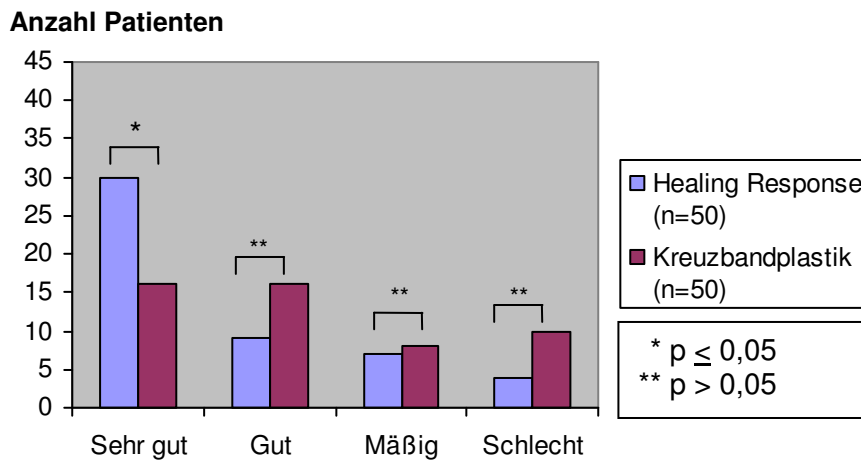
	Operationsmethode				p-Wert
	Healing Response (N=50)		Kreuzbandplastik (N=50)		
	Anzahl	(%)	Anzahl	(%)	
Unmöglich	2	4,0%	2	4,0%	> 0,05
Nicht über 90°	0	0,0%	2	4,0%	
Leicht behindert	18	36,0%	30	60,0%	$\leq 0,05$
Problemlos	30	60,0%	16	32,0%	

▲ Tabelle 7: Lysholm-Score – Ergebnisse der Kategorie „Hinhocken“

In beiden Studienkollektiven gab es Übereinstimmungen im Hinblick auf die Oberschenkelatrophie der operierten Seite. Bei je 2/3 der Patienten belief sich diese auf mindestens 1-2 cm. In einigen Fällen lag sie sogar über 2 cm.

Teilt man die Patienten nach ihrer erreichten Gesamtpunktzahl im Lysholm-Score in 4 Gruppen ein, so befanden sich 30 (60%) der „Healing Response“-Patienten in der Kategorie „Sehr gut“, 9 (18%) erreichten ein „gutes“, 7 (14%) ein „mäßiges“ und 4 (8%) ein „schlechtes“ Ergebnis. In der „Kreuzbandplastik“-Gruppe fielen die einzelnen Verteilungen ein schlechter aus. Hier konnten je 16 (32%) der Patienten ein „sehr gutes“ bzw. „gutes“, 8 (16%) ein „mäßiges“ und 10 (20%) ein „schlechtes“ Ergebnis verbuchen.

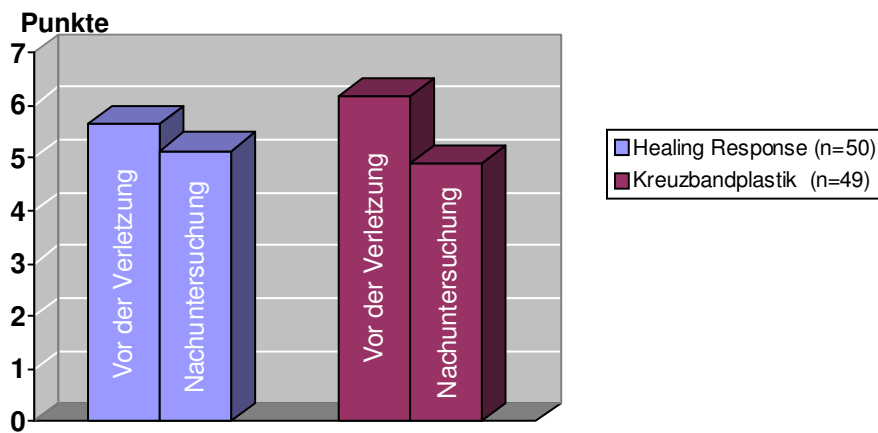
Insgesamt erreichten also signifikant ($p \leq 0,05$) mehr „Healing Response“-Patienten ein „sehr gutes“ Ergebnis (Abb.16).



▲ Abb.16: Lysholm-Score: Gesamtpunktzahl je Patientenkollektiv in Gruppen eingeteilt

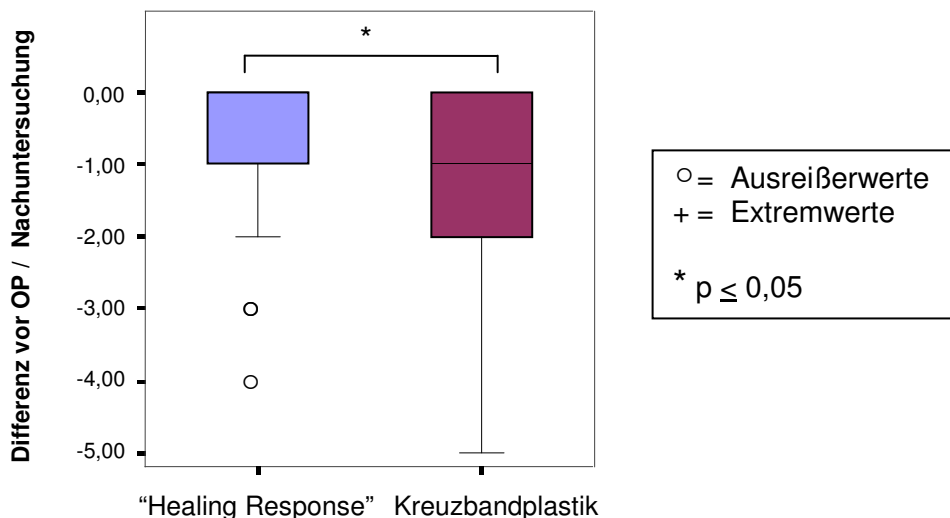
3.2 Ergebnisse Fragebogen 2 – Tegner-Aktivitäts-Score

Vor der Kreuzbandverletzung hatte die „Healing Response“-Gruppe einen Tegner-Aktivitäts-Score von durchschnittlich 5,6 Punkten, bei den „Kreuzbandplastik“-Patienten lag er etwas höher bei 6,1. Zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung lag er jeweils bei 5,1 bzw. 4,9 Punkten (Abb.17). Ein Patient aus der „Kreuzbandplastik“-Gruppe sah sich nicht in der Lage, eine Angabe im Tegner-Score zu machen.



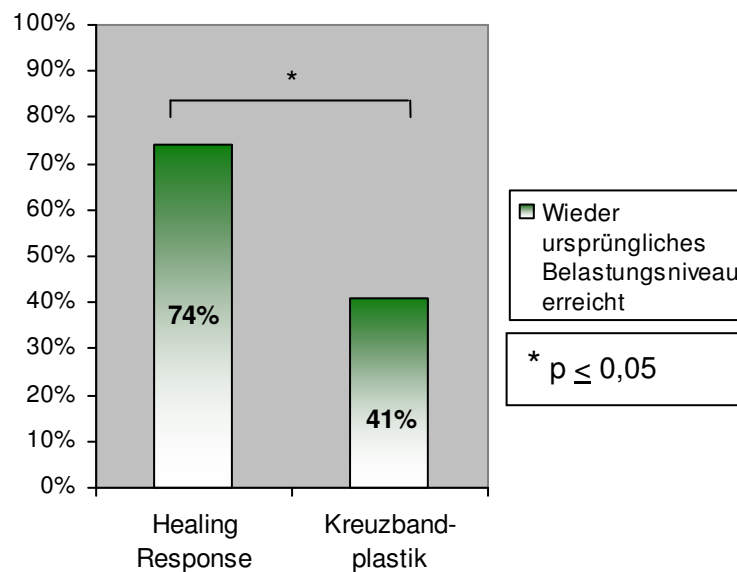
▲ Abb.17: Tegner-Aktivitäts-Score vor der Verletzung bzw. zum Nachuntersuchungszeitpunkt

Somit ergibt sich beim Vergleich der beiden Patientenkollektive eine signifikante Differenz ($p \leq 0,05$) zwischen dem Aktivitätsniveau vor der Verletzung und zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung. In der „Healing Response“-Gruppe lag diese Differenz im Durchschnitt bei -0,5 Punkten, in der „Kreuzbandplastik“-Gruppe bei durchschnittlich -1,28 Punkten (Abb.18).



▲ Abb.18: Tegner-Aktivitäts-Score: Differenz vor OP / Nachuntersuchung je Patientenkollektiv

Betrachtet man abschließend, wie viele Patienten im Tegner-Score wieder auf ihrem ursprünglichen Belastungsniveau sportliche und berufliche Aktivitäten ausführen, ergibt sich folgender signifikanter Unterschied ($p \leq 0,05$): In der „Healing Response“-Gruppe sind es 37 Patienten (74%), in der „Kreuzbandplastik“-Gruppe 20 (41%) (Abb.19). In keinem der Kollektive gab es einen Patienten, der einen höheren Aktivitätslevel angab als vor der Verletzung.

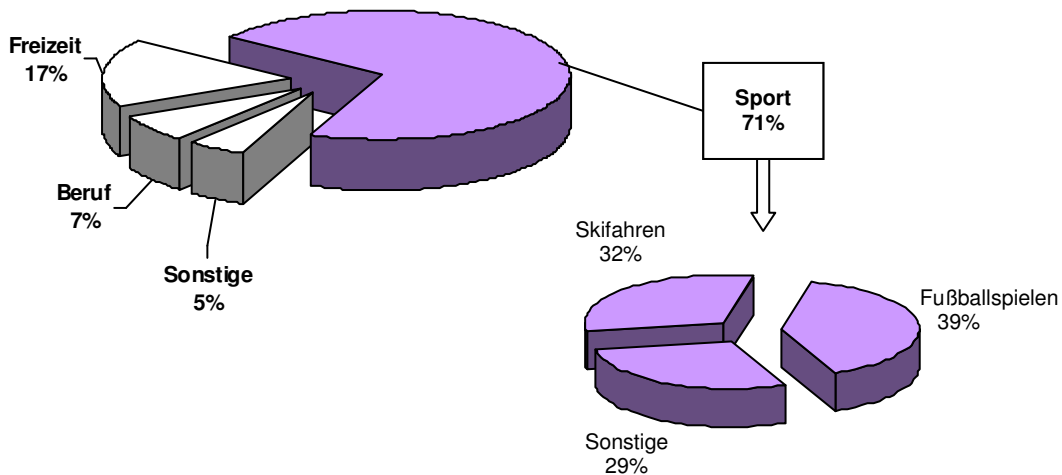


▲ Abb.19: Tegner-Aktivitäts-Score: Ursprüngliches Belastungsniveau wieder erreicht ja/nein

3.3 Ergebnisse Fragebogen 3

3.3.1 Verletzungsursachen

Die Fragestellung, wie es zur Kreuzbandverletzung kam, zeigte in beiden Kollektiven weitestgehend übereinstimmende Daten. Daher wird das Ergebnis für beide Patientengruppen zusammen dargestellt (Abb.20). Über 2/3 der Patienten erlitt den Kreuzbandriss während des Sports, hier besonders beim Fußballspielen oder Skifahren. In der Rubrik „Sonstige Sportarten“ wurden meist Basketball, Tennis und Kampfsport genannt.



▲ Abb.20: Verletzungsursachen für die vordere Kreuzbandruptur

Als Verletzungsmechanismus wurde am häufigsten eine „Rotation ohne Körperkontakt“ angegeben, gefolgt von „Scherbewegungen“ und „Direkte Gewaltwirkungen von außen“, also z.B. Zusammenprall mit einem Mitspieler.

3.3.2 Sensibilitätsstörungen

Auf die Frage, ob es noch Sensibilitätsstörungen im Bereich des operierten Knies gibt, fielen die Ergebnisse zwischen den Kollektiven signifikant ($p \leq 0,05$) unterschiedlich aus. So gaben noch rund 68% der „Kreuzbandplastik“-Patienten Sensibilitätsstörungen an verschiedenen Stellen des betroffenen Knies an,

wohingegen 72% der „Healing Response“-Studienteilnehmer keine Probleme mehr in dieser Hinsicht hatten (Tabelle 8).

	Operationsmethode				p-Wert
	Healing Response		Kreuzbandplastik		
	Anzahl	%	Anzahl	%	
Im Bereich der Narben	3	6,0%	15	30,0%	≤ 0,05
Nur unterhalb des Knies	2	4,0%	7	14,0%	> 0,05
Im äußeren seitlichen Kniebereich	3	6,0%	3	6,0%	
Im inneren seitlichen Kniebereich	2	4,0%	5	10,0%	
Am gesamten Knie	3	6,0%	3	6,0%	
Sonstige	1	2,0%	1	2,0%	
Keine Sensibilitätsstörungen	36	72,0%	16	32,0%	≤ 0,05

▲ Tabelle 8: Sensibilitätsstörungen

3.3.3 Dauer Krankenhausaufenthalt

Auch im Hinblick auf die Dauer des Krankenhausaufenthalts zeigten sich Unterschiede in den Kollektiven. So konnten 11 Patienten aus der „Healing Response“-Gruppe ambulant operiert werden, die restlichen 39 Patienten verbrachten durchschnittlich 3 Tage im Krankenhaus. In der „Kreuzbandplastik“-Gruppe belief sich der stationäre Aufenthalt aller 50 Patienten auf durchschnittlich 5 Tage, hier gab es keine ambulanten Operationen (Tabelle 9).

Operationsmethode	N	Mittelwert	Standardabweichung	Minimum	Median	Maximum
Healing Response	39 *	3	2	1	3	10
Kreuzbandplastik	50	5	2	3	5	10

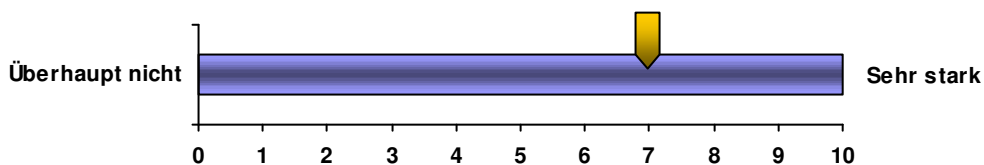
* 11 Patienten der „Healing Response“-Gruppe wurden ambulant operiert

▲ Tabelle 9: Dauer des Krankenhausaufenthalts in Tagen

3.3.4 Beeinträchtigung durch die Mecron[®]-Schiene

Die „Healing Response“-Patienten wurden gefragt, inwieweit sie das sechswöchige Tragen der Mecron[®]-Schiene postoperativ beeinträchtigt hat. Der Wert sollte auf einer Skala von 0 für „überhaupt nicht“ bis 10 „sehr stark“ angegeben werden. Im Mittelwert wurde von den Patienten eine 7 (Abb.21) angegeben.

Wie oben schon erwähnt, wurde diese Frage nur der „Healing Response“-Gruppe gestellt, da das Nachbehandlungsschema der „Kreuzbandplastik“-Patienten das Tragen einer Schiene nicht vorsieht.



▲ Abb.21: Behinderung durch Mecron[®]-Schiene

3.3.5 Dauer der Krankengymnastik

Gefragt nach den absolvierten Krankengymnastikstunden ergab sich folgendes Bild: Insgesamt absolvierten die „Healing Response“-Patienten signifikant ($p \leq 0,05$) weniger Krankengymnastikstunden (\bar{x} 23 Std.) als die „Kreuzbandplastik“-Gruppe (\bar{x} 46 Std.). Ebenfalls auffällig in diesem Zusammenhang war die hohe Standardabweichung des „Kreuzbandplastik“-Kollektivs ($\sigma=59$ Std.) im Vergleich zur „Healing Response“- Gruppe ($\sigma=24$ Std.) (Tabelle 10 und Abb.22).

Darüber hinaus gaben in beiden Studienkollektiven nur ungefähr 35% der Patienten an, dass sie in Ergänzung zur professionell geleiteten Krankengymnastik Übungen in Eigenregie durchgeführt haben.

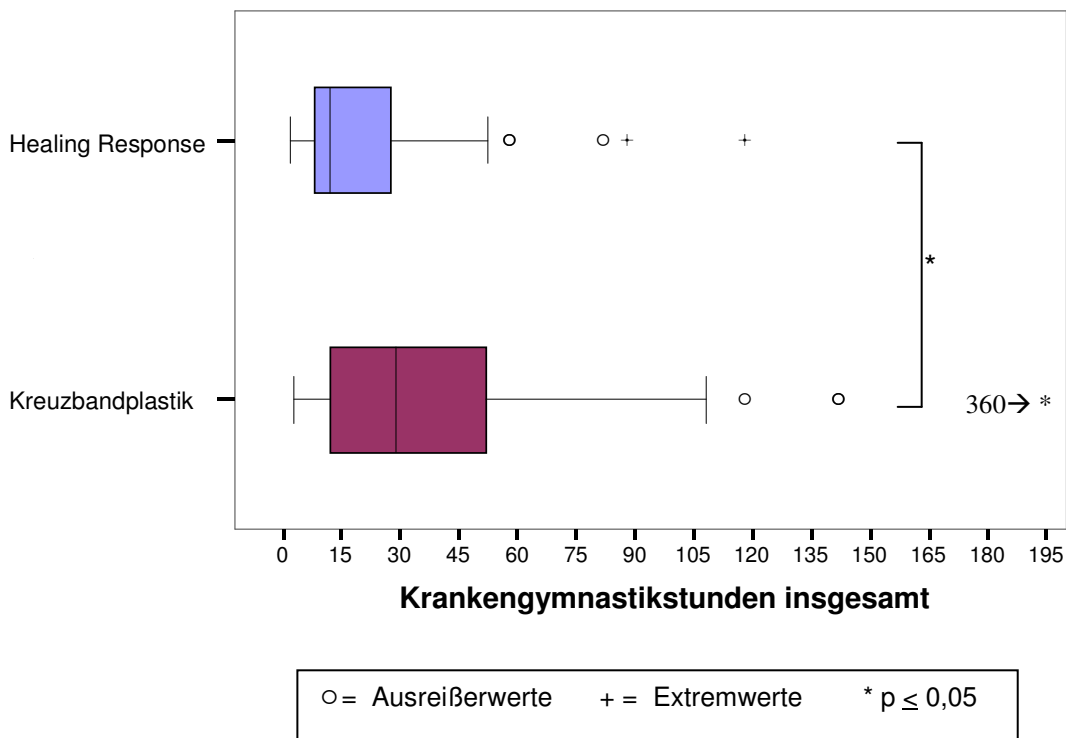
3 Patienten aus der „Kreuzbandplastik“-Gruppe konnten keine Angaben mehr zu ihrem Rehabilitationsverlauf machen.

Ein Patient der „Kreuzbandplastik“-Gruppe gab 360 absolvierte Krankengymnastikstunden an. Trotz sehr gutem klinischen Befund absolvierte der Patient über eine Dauer von 1 ½ Jahren nach seiner Operation ambulant ein gezieltes Aufbauprogramm in einer Rehaklinik.

Operationsmethode	N	Mittelwert	Standardabweichung	Minimum	Median	Maximum
Healing Response	50	23	24	2	12	120
Kreuzbandplastik	47*	46	59	3	29	360
p-Wert		$\leq 0,05$				

* 3 Patienten der „Kreuzbandplastik“-Gruppe konnten keine Angaben mehr zu ihrer Rehabilitationsdauer machen

▲ Tabelle 10: Absolvierte Krankengymnastikstunden insgesamt



▲ Abb.22: Absolvierte Krankengymnastikstunden insgesamt

3.3.6 Zeitraum bis normales bzw. ursprüngliches / sportliches Belastungsniveau wieder erreicht worden ist

Die Fragestellung, wann die Patienten ihr operiertes Knie wieder normal belasten konnten (Normales Umhergehen / Autofahren / Einkaufen etc.) bzw. ihr ursprüngliches Belastungsniveau wieder aufgenommen haben (Sport / starke Belastung), ergab folgende Ergebnisse:

Die „Kreuzbandplastik“-Patienten erreichten ihr normales Belastungsniveau postoperativ tendenziell früher (Median = 6 Wochen) als die „Healing Response“-

Gruppe (Median = 8 Wochen). 3 Patienten aus dem „Kreuzbandplastik“-Kollektiv hatten zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung ihr normales Belastungsniveau noch nicht wieder erreicht (Tabelle 11).

Operationsmethode	N	Mittelwert	Standardabweichung	Minimum	Median	Maximum
Healing Response	50	8	3	1	8	15
Kreuzbandplastik	47	8	5	3	6	25
p-Wert		> 0,05				

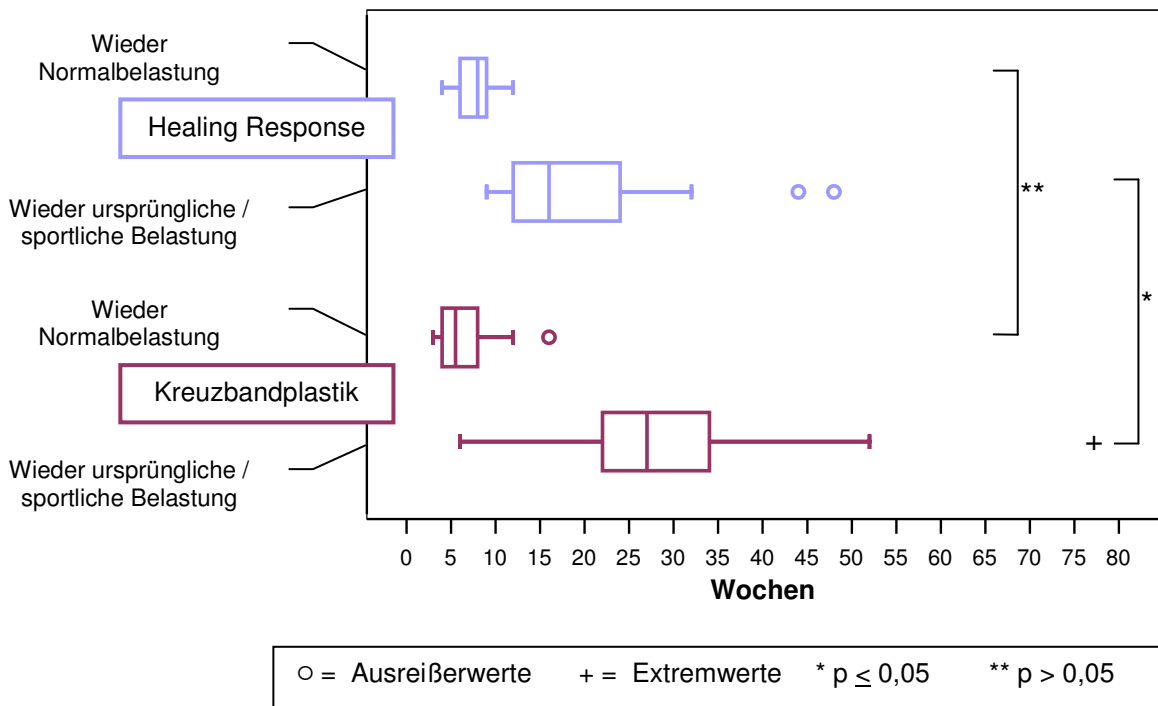
▲ Tabelle 11: Normales Belastungsniveau wieder erreicht (in Wochen)

Das ursprüngliche sportliche Aktivitätsniveau dagegen wurde von den „Healing-Response“-Patienten signifikant ($p \leq 0,05$) früher erreicht (im Schnitt ungefähr nach 4 ½ Monaten) als vom „Kreuzbandplastik“-Kollektiv (ungefähr nach 7 Monaten) (Tabelle 12). An dieser Stelle sei noch einmal darauf hingewiesen, dass zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung 37 Patienten („Healing Response“) bzw. 20 Patienten („Kreuzbandplastik“) berufliche oder sportliche Aktivitäten wieder auf ihrem ursprünglichen Belastungsniveau ausgeführt haben (Tegner-Score S.38).

Operationsmethode	N	Mittelwert	Standardabweichung	Minimum	Median	Maximum
Healing Response	37	19	9	9	16	48
Kreuzbandplastik	20	29	16	6	27	78
p-Wert		$\leq 0,05$				

▲ Tabelle 12: Ursprüngliches / sportliches Belastungsniveau wieder erreicht (in Wochen)

Die Abb.23 fasst die eben erwähnten Daten bezüglich der verschiedenen Belastungsniveaus und ihrer zeitlichen Zuordnung noch einmal übersichtlich auf einer Zeitachse zusammen.



▲ Abb.23: Zeiträume, in denen die normale bzw. ursprüngliche / sportliche Belastung wieder erreicht worden ist

3.3.7 Schwierigkeit alltäglicher Bewegungsabläufe

Die Patienten sollten in Kategorien von „Überhaupt nicht schwierig“ bis „Unmöglich“ angeben, wie schwer alltägliche Bewegungsabläufe für sie sind.

Die Ergebnisse sind der Reihenfolge nach aufgelistet:

► Treppen steigen / Treppen hinuntergehen:

Hier gab es keine wesentlichen Unterschiede zwischen den beiden Kollektiven, über 90% der Patienten gaben an, dass Treppen steigen bzw. Treppen hinuntergehen problemlos oder nur minimal schwierig für sie zu bewerkstelligen ist.

► Knien

Für 80% der „Healing Response“-Patienten überhaupt nicht bzw. nur minimal schwierig. Bei den Patienten der „Kreuzbandplastik“-Gruppe deuteten sich im Rahmen dieser Tätigkeit etwas größere Probleme an: 12 Patienten (24%) erachteten das Knien als ziemlich schwierig (Tabelle 13).

	Operationsmethode				p-Wert
	Healing Response		Kreuzbandplastik		
	Anzahl	%	Anzahl	%	
Überhaupt nicht schwierig	15	30,0%	14	28,0%	> 0,05
Minimal schwierig	25	50,0%	18	36,0%	
Ziemlich schwierig	3	6,0%	12	24,0%	
Extrem schwierig	4	8,0%	0	0,0%	
Unmöglich	1	2,0%	3	6,0%	
Keine Angabe	2	4,0%	3	6,0%	

▲ Tabelle 13: Schwierigkeit zu knien

► Hockstellung

Hier fanden sich in beiden Kollektiven wieder Übereinstimmungen, mit leichten Vorteilen für die „Healing Response“-Gruppe: Für 80% der Patienten war die Hockstellung problemlos bzw. minimal schwierig zu erreichen.

► Normal sitzen / vom Stuhl aufstehen / gradeaus laufen

Für über 90% der Patienten beider Kollektive kein Problem.

► Hochspringen und auf dem betroffenen Bein landen

Für ungefähr 50% der Patienten beider Kollektive kein Problem, für mehr als 30% der Patienten beider Gruppen minimal bzw. ziemlich schwierig.

► Beim Gehen schnell anhalten und wieder starten

Hier zeigten sich signifikante Vorteile ($p \leq 0,05$) für die „Healing Response“-Gruppe: Knapp 60% der Patienten gaben an, keine Probleme bei schnellen Start- und Stoppbewegungen zu haben. Bei den „Kreuzbandplastik“-Patienten lag dieser Anteil bei 34% (Tabelle 14).

	Operationsmethode				p-Wert
	Healing Response		Kreuzbandplastik		
	Anzahl	%	Anzahl	%	
Nicht schwierig	29	58,0%	17	34,0%	$\leq 0,05$
Minimal schwierig	13	26,0%	17	34,0%	> 0,05
Ziemlich schwierig	1	2,0%	5	10,0%	
Extrem schwierig	2	4,0%	2	4,0%	
Unmöglich	1	2,0%	2	4,0%	
Keine Angabe	4	8,0%	7	14,0%	

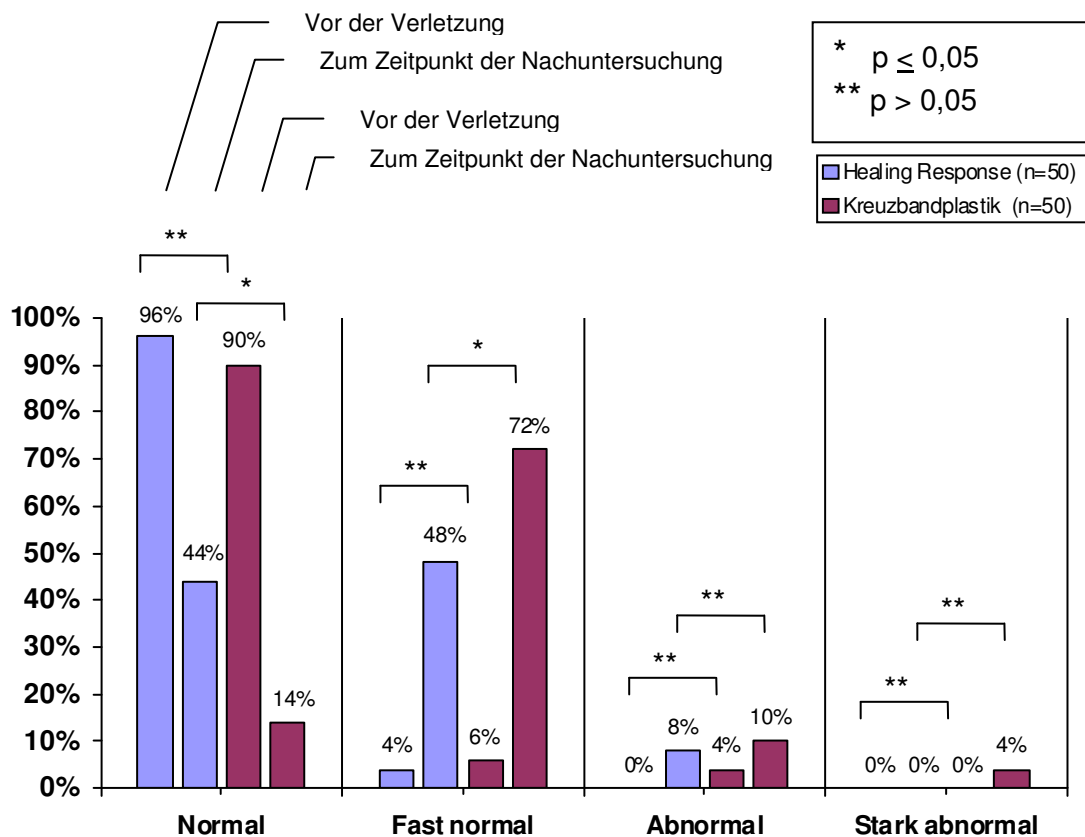
▲ Tabelle 14: Schwierigkeit, beim Gehen schnell anzuhalten bzw. wieder zu starten

3.3.8 Subjektive Bewertung der Kniefunktion

Bei dieser Fragestellung sollten die Patienten angeben, wie ihr Knie vor der Verletzung bzw. zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung funktioniert hat. Kategorien waren „Normal“ / „Fast normal“ / „Abnormal“ und „Stark abnormal“.

Betrachtet man die Ergebnisse zunächst für beide Kollektive zusammen, so bewerteten knapp 90% der Patienten ihre Kniefunktion zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung wieder als „normal“ oder „fast normal“.

Signifikante Unterschiede ($p \leq 0,05$) zwischen den Patientengruppen fanden sich jedoch in der Differenzierung zwischen diesen beiden letztgenannten Kategorien. So stufen erheblich mehr Patienten aus der „Healing Response“-Gruppe ihre Kniefunktion zum Studienzeitpunkt als wieder „normal“ ein (44% / 22 Patienten). In der „Kreuzbandplastik“-Gruppe waren es nur 7 Patienten (14%). Der größte Teil der „Kreuzbandplastik“-Patienten bewertete die Gelenkfunktion zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung mit „fast normal“ (72%). Eine vergleichende Übersicht gibt Abb.24.



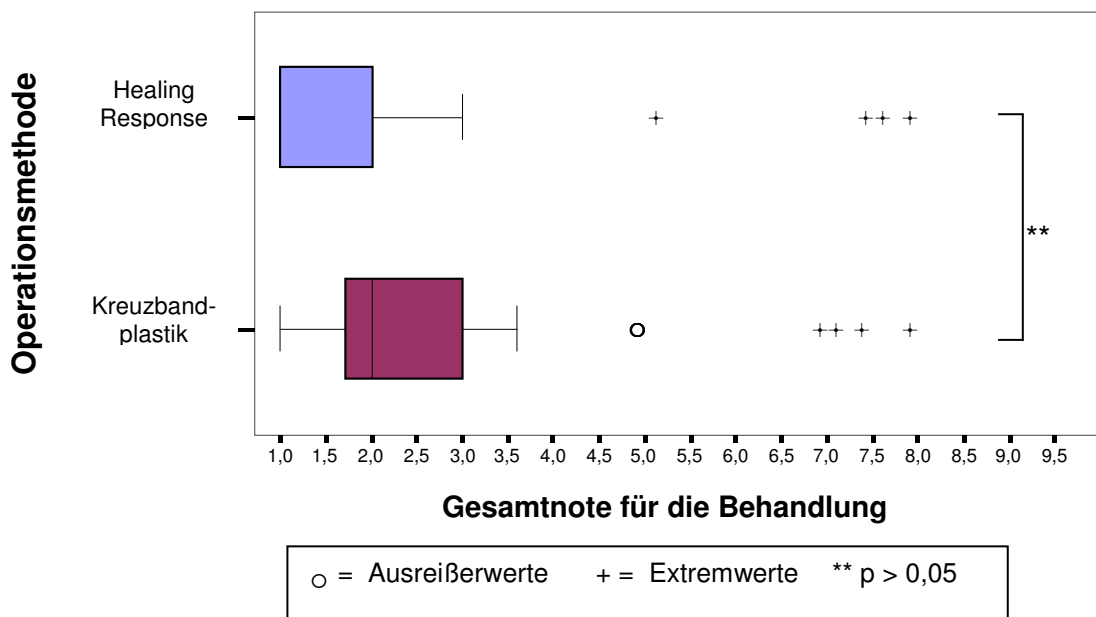
▲ Abb.24: Subjektive Kniefunktion vor der Verletzung bzw. zum Nachuntersuchungszeitpunkt

3.3.9 Subjektive Abschlussbewertung

Abschließend sollten die Patienten ihrer Gesamtbehandlung, unter Berücksichtigung aller Aspekte, eine Note zwischen „1“ für „sehr gut“ und „10“ für „sehr schlecht“ geben.

Die Benotung fiel in beiden Kollektiven insgesamt gut aus, signifikante Unterschiede gab es nicht. Die „Healing Response“-Gruppe bewertete durchschnittlich mit einer 2,0 (Median = 1,0), die „Kreuzbandplastik“-Gruppe mit durchschnittlich einer 2,6 (Median = 2,0). Die schlechteste Note in beiden Kollektiven war eine 8.

Insgesamt 3 Patienten sahen sich nicht in der Lage, eine Angabe auf der Bewertungsskala zu machen (Abb.25).



▲ Abb.25: Subjektive Abschlussbenotung für die Gesamtbehandlung

3.4 Ergebnisse IKDC – Evaluationsbogen

Zunächst wird das Gesamtergebnis der beiden Kollektive dargestellt, im Folgenden dann die detaillierten Untersuchungsergebnisse.

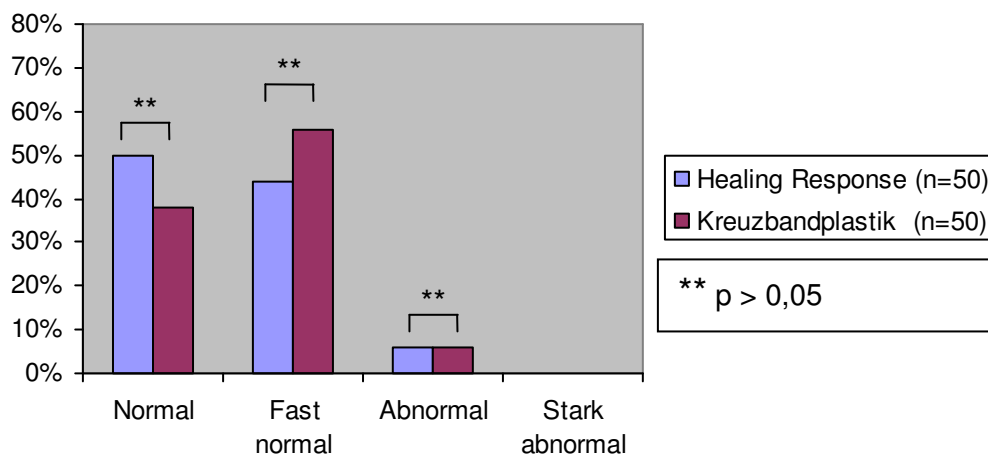
3.4.1 Gesamtergebnis

Insgesamt konnten in der IKDC Gesamtbewertung keine signifikanten Unterschiede ($p > 0,05$) festgestellt werden. 94% der Patienten ($n=100$) in beiden Patientengruppen erreichten ein „normales“ oder „fast normales“ Ergebnis. In je 3 Fällen (6%) pro Kollektiv wurde die Knieuntersuchung als „abnormal“ bewertet. Kein Patient konnte ein „stark abnormales“ Ergebnis vorweisen.

Die differenzierte Bewertung innerhalb der beiden Studienkollektive zeigen Tabelle 15 und Abb.26.

	Operationsmethode				p-Wert
	Healing Response		Kreuzbandplastik		
	Anzahl	%	Anzahl	%	
A – Normal	25	50,0%	19	38,0%	> 0,05
B – Fast Normal	22	44,0%	28	56,0%	
C – Abnormal	3	6,0%	3	6,0%	

▲ Tabelle 15: Abschlussbewertung IKDC-EB operierte Knieseite



▲ Abb.26: Abschlussbewertung IKDC-EB operierte Knieseite

3.4.2 Ergebnis Ergussbildung

Im Hinblick auf die Kategorie „Erguss“ wurden in beiden Kollektiven keine signifikanten Unterschiede festgestellt (Tabelle 16).

Operationsmethode	Kein Erguss		Leichter Erguss	
	Anzahl	%	Anzahl	%
Healing Response	45	90,0%	5	10,0%
Kreuzbandplastik	48	96,0%	2	4,0%
p-Wert	> 0,05		> 0,05	

▲ Tabelle 16: IKDC-EB – Erguss operierte Seite

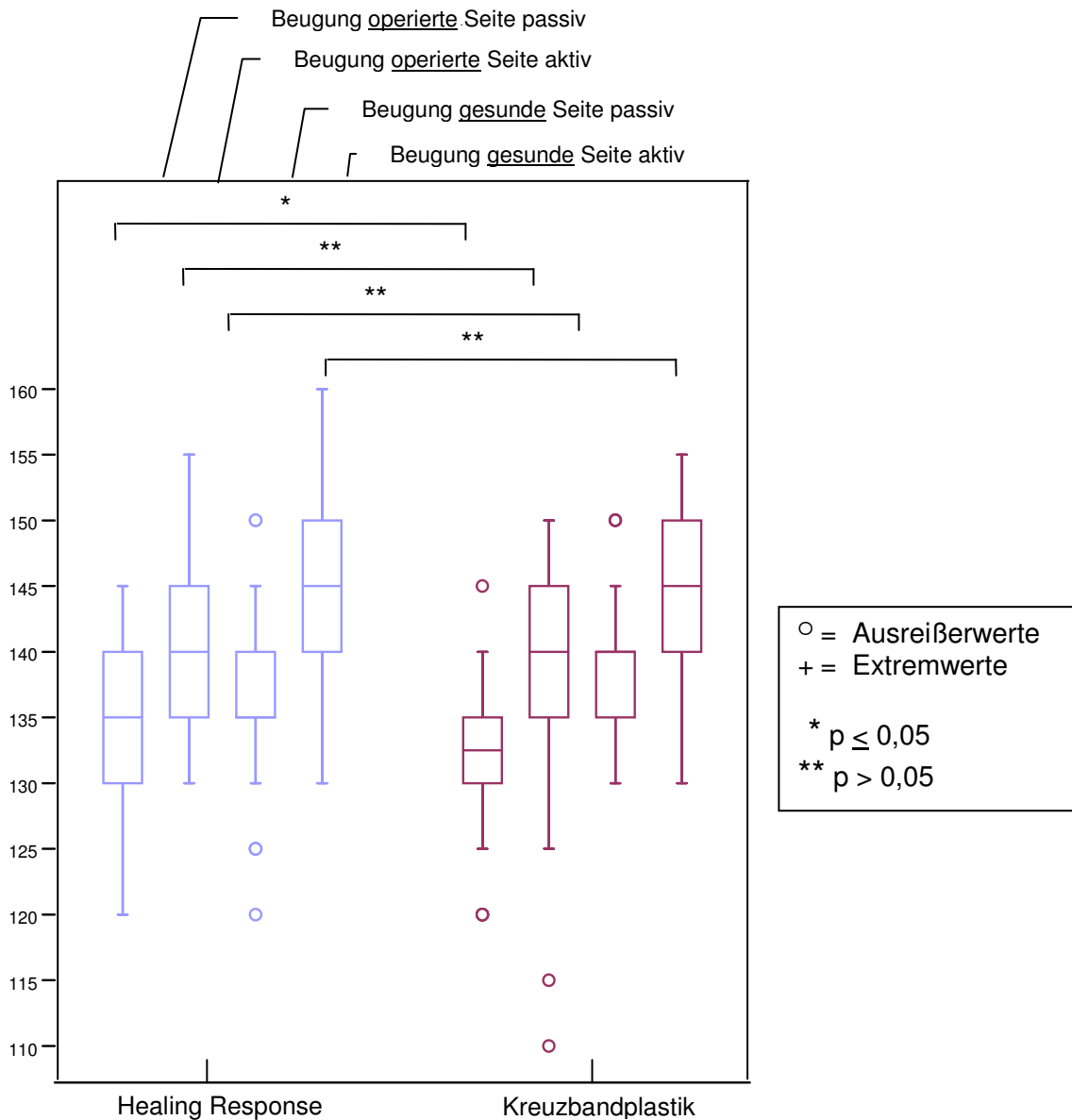
3.4.3 Ergebnis Bewegungsumfang

Bei der Bestimmung des passiven Bewegungsausmaßes nach der Neutralnullmethode zeigte sich, dass in beiden Kollektiven die meisten Patienten ihr operiertes Knie über 130 Grad beugen konnten. 10 Patienten aus der „Healing Response“-Gruppe bzw. 12 Patienten aus der „Kreuzbandplastik“-Gruppe schafften dies nicht. Im Schnitt konnten die Patienten passiv auf der operierten Seite 134 Grad („Healing Response“) bzw. 132 Grad („Kreuzbandplastik“) beugen (Abb. 27). Beim Vergleich der operierten Knieseite mit der gesunden zeigten sich in beiden Kollektiven noch Beugungsdefizite (Tabelle 17), mit Vorteilen für die „Healing Response“-Gruppe. Hier konnten 7 Patienten ihr gesundes Knie zwischen 6-15 Grad stärker beugen als das operierte, bei 13 Patienten lag die Differenz marginal zwischen 1-5 Grad. Bei 30 Patienten gab es keine Unterschiede, was einen signifikanten Unterschied ($p \leq 0,05$) zum „Kreuzbandplastik“-Kollektiv darstellt (s.u.).

Im „Kreuzbandplastik“-Kollektiv war bei 15 Patienten eine Beugedifferenz zwischen 6-15 Grad, in 3 Fällen sogar zwischen 16-25 Grad feststellbar, bei 15 Patienten gab es leichte Unterschiede zwischen 1-5 Grad, bei 17 Patienten konnten keine divergierenden Beugungsdefizite beim Vergleich der operierten mit der gesunden Knieseite festgestellt werden.

Operationsmethode	Kein Defizit		1-5°		6-15°		16-25°	
	Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%
Healing Response	30	60,0%	13	26,0%	7	14,0%	0	0,0%
Kreuzbandplastik	17	34,0%	15	30,0%	15	30,0%	3	6,0%
p-Wert	$\leq 0,05$		> 0,05		> 0,05		> 0,05	

▲ Tabelle 17: IKDC-EB – Passives Beugedefizit, Vergleich operierte mit gesunder Seite



▲ Abb.27: IKDC-EB: Beidseitiges Bewegungsausmaß bei passiver und aktiver Beugung

Bei der passiven Streckung gab es keine signifikanten Unterschiede ($p > 0,05$). Es fiel allerdings auf, dass 5 Patienten der „Kreuzbandplastik“-Gruppe nicht die Neutralnullstellung erreichen konnten und ein Streckdefizit zwischen 5-10 Grad im Vergleich zur gesunden Gegenseite aufwiesen. Im „Healing Response“-Kollektiv gab es bei der Beurteilung der Streckfähigkeit keine Defizite (Tabelle 18).

Operationsmethode	< 3°		3-5°		6-10°	
	Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%
Healing Response	50	100,0%	0	0,0%	0	0,0%
Kreuzbandplastik	45	90,0%	4	8,0%	1	2,0%
p-Wert	> 0,05					

▲ Tabelle 18: IKDC-EB – Passives Streckdefizit, Vergleich operierte mit gesunder Seite

3.4.4 Ergebnis Ligamentuntersuchung / Rolimetermessung

Die Lachmantestung bei 25° Beugung ergab bei 13 („Healing Response“) bzw. 21 („Kreuzbandplastik“) Patienten noch einen leichten Vorschub (Lachman 1+).

Bei 34 Patienten aus der „Healing Response“-Gruppe bzw. 27 Studienteilnehmern der „Kreuzbandplastik“-Gruppe konnte manuell bei der Lachmantestung keine wesentliche Translation erreicht werden (Tabelle 19). Signifikante Unterschiede konnten somit im Lachmantest zwischen den beiden Kollektiven nicht festgestellt werden ($p > 0,05$).

Bei einem Patienten des „Kreuzbandplastik“-Kollektivs verhinderten starke Schmerzen eine genauere Ligamentuntersuchung und Rolimetermessung.

Operationsmethode	Lachman -		Lachman 1+		Lachman 2+	
	Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%
Healing Response (n=50)	34	68,0%	13	26,0%	3	6,0%
Kreuzbandplastik (n=49)	27	55,1%	21	42,9%	1	2,0%
p-Wert	> 0,05		> 0,05		> 0,05	

▲ Tabelle 19: IKDC-EB – Lachmantest

Von den Patienten, die einen Lachman 1+ bzw. 2+ vorweisen konnten, hatten im „Healing Response“-Kollektiv 11 Patienten mindestens eine Begleitverletzung in Form eines Meniskus- oder Knorpelschadens, in der „Kreuzbandplastik“-Gruppe waren es 16 Studienteilnehmer.

Die Rolimetermessung wurde in Ergänzung zur Lachmantestung durchgeführt und diente hauptsächlich der Bestimmung der Side-to-Side Differenz. Hier gab es folgende Ergebnisse: In der „Healing Response“-Gruppe zeigten sich bei 26 Patienten (53%) noch messbare Unterschiede im Seitenvergleich (mehr als 1 mm vordere Translation). Bei 14 Patienten lag diese Differenz zwischen 1-2 mm, bei 9 Patienten zwischen 3-4 mm und bei 3 Patienten über 4 mm. Gemittelt auf alle 49 Patienten der „Healing Response“-Studiengruppe beträgt die gemessene Side-to-Side Differenz 1,3 mm (s. Tabelle 20).

Bei einer Patientin der „Healing Response“-Gruppe konnte keine Rolimetermessung aufgrund eines zu adipösen Unterschenkelumfangs durchgeführt werden.

Operationsmethode	Side-to-Side Differenz gesundes – operiertes Knie			
	1-2 mm	3-4 mm	>4 mm	Kein messbarer Seitenunterschied (<1 mm)
Healing Response (n=49)	14 (28,6%)	9 (18,4%)	3 (6,1%)	23 (46,9%)
	Gemittelt 2,6 mm			
	Gemittelt auf alle 49 Patienten 1,3 mm			

▲ Tabelle 20: Side-to-Side Differenz „Healing Response“-Kollektiv

Im „Kreuzbandplastik“-Kollektiv konnten bei 32 Patienten (65%) noch Seitenunterschiede festgestellt werden. Dabei fand sich in den meisten Fällen eine Differenz von 3-4 mm (19 Patienten). Gemittelt auf alle 49 Patienten der „Kreuzbandplastik“-Studiengruppe ergab sich eine durchschnittliche Side-to-Side Differenz von 1,7 mm (s. Tabelle 21), die damit (wenn auch nicht signifikant) höher liegt als im „Healing Response“-Kollektiv.

Operationsmethode	Side-to-Side Differenz gesundes – operiertes Knie			
	1-2 mm	3-4 mm	>4 mm	Kein messbarer Seitenunterschied (<1 mm)
Kreuzbandplastik (n=49)	12 (24,5%)	19 (38,8%)	1 (2,0%)	17 (34,7%)
	Gemittelt 2,7 mm			
	Gemittelt auf alle 49 Patienten 1,7 mm			

▲ Tabelle 21: Side-to-Side Differenz „Kreuzband“-Kollektiv

Der vordere Schubladentest bzw. die Anschlagfestigkeit des vorderen Endpunkts ergab keine wesentlichen Auffälligkeiten oder signifikante Unterschiede zwischen den Studiengruppen (Tabellen 22/23).

Operationsmethode	Keine		Leicht	
	Anzahl	%	Anzahl	%
Healing Response (n=50)	40	80,0%	10	20,0%
Kreuzbandplastik (n=49)	40	81,6%	9	18,4%
p-Wert	> 0,05		> 0,05	

▲ Tabelle 22: IKDC-EB – Vordere Schublade

Operationsmethode	Fest		Unsicher	
	Anzahl	%	Anzahl	%
Healing Response (n=50)	49	98,0%	1	2,0%
Kreuzbandplastik (n=49)	47	95,9%	2	4,1%
p-Wert	> 0,05		> 0,05	

▲ Tabelle 23: IKDC-EB – Vorderer Endpunkt

Die Untersuchung der Seitenbänder (Valgus- / Varusstress) zeigte ebenfalls keine signifikanten ($p > 0,05$) Unterschiede zwischen den Kollektiven (Tabelle 24).

Auch hier konnte ein Patient der „Kreuzbandplastik“-Gruppe aufgrund starker Schmerzen nicht untersucht werden.

Operationsmethode	IKDC Valgusstress				IKDC Varusstress			
	0-2 mm		3-5 mm		0-2 mm		3-5 mm	
	Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%
Healing Response (n=50)	43	86,0%	7	14,0%	46	92,0%	4	8,0%
Kreuzbandplastik (n=49)	45	91,8%	4	8,2%	46	93,9%	3	6,1%
p-Wert	> 0,05		> 0,05		> 0,05		> 0,05	

▲ Tabelle 24: IKDC-EB – Valgus- und Varusstress

Bei der abschließenden „Pivot-Shift“ Testung konnte bei einer Patientin der „Healing Response“-Gruppe bzw. bei 2 Patienten der „Kreuzbandplastik“-Gruppe ein ange deutetes Gleiten festgestellt werden (Tabelle 25). Es waren keine signifikanten ($p > 0,05$) Unterschiede feststellbar.

Operationsmethode	Gleich		+ (Gleiten)	
	Anzahl	%	Anzahl	%
Healing Response (n=50)	49	98,0%	1	2,0%
Kreuzbandplastik (n=49)	47	95,9%	2	4,1%
p-Wert	> 0,05		> 0,05	

▲ Tabelle 25: IKDC-EB – Pivot-Shift

3.5 Ergebnisse spezieller Fragestellungen

3.5.1 IKDC-Ergebnisse nach Altersgruppen aufgeteilt

Teilt man jeweils die beiden Patientengruppen in verschiedene Altersklassen ein und setzt dazu die Abschlussbeurteilung des IKDC-Scores in Bezug, ergeben sich folgende Ergebnisse:

Altersgruppe (in Jahren)	IKDC-Abschlussbewertung operierte Seite	Operationsmethode				p-Wert
		Healing Response		Kreuzband- plastik		
		Anzahl	(%)	Anzahl	(%)	
<= 25	A	5	38,5%	3	25,0%	> 0,05
	B	7	53,8%	8	66,7%	
	C	1	7,7%	1	8,3%	
	D	0	0,0%	0	0,0%	
26 - 35	A	5	41,7%	8	66,7%	> 0,05
	B	5	41,7%	4	33,3%	
	C	2	16,7%	0	0,0%	
	D	0	0,0%	0	0,0%	
36 - 45	A	8	57,1%	8	44,4%	> 0,05
	B	6	42,9%	9	50,0%	
	C	0	0,0%	1	5,6%	
	D	0	0,0%	0	0,0%	
46 - 55	A	4	50,0%	0	0,0%	> 0,05
	B	4	50,0%	7	100,0%	
	C	0	0,0%	0	0,0%	
	D	0	0,0%	0	0,0%	
55+	A	3	100,0%	0	0,0%	> 0,05
	B	0	0,0%	0	0,0%	
	C	0	0,0%	1	100,0%	
	D	0	0,0%	0	0,0%	

▲ Tabelle 26: IKDC-Ergebnisse nach Altersgruppen aufgeteilt

Festzuhalten bleibt, dass es in den jeweiligen Altersgruppen keine signifikanten Unterschiede ($p > 0,05$) zwischen den Kollektiven gab. Auffällig war allerdings, dass in den Altersgruppen über „45“ alle Patienten der „Healing Response“-Gruppe einen klinisch „normalen“ (7 Patienten) oder „fast normalen“ (4 Patienten) Befund vorweisen konnten. Im „Kreuzbandplastik“-Kollektiv dagegen fanden sich 8 Patienten (ab Altersklasse 45) in den Kategorien „Fast normal“ (7 Patienten) und „Abnormal“ (1 Patient). Kein Patient konnte hier ein „normales“ Ergebnis vorweisen.

3.5.2 IKDC-Ergebnisse in Bezug auf die Dauer des Rehabilitationstrainings

Setzt man die IKDC-Abschlussbewertung in Bezug auf die abgeleisteten Krankengymnastikstunden der Patienten (Tabelle 27), ergibt sich für die beiden Kollektive ein unterschiedliches Bild.

In der „Healing Response“-Gruppe gibt es keinen unmittelbaren Zusammenhang zwischen der Gesamtdauer der physiotherapeutischen Nachbehandlung und dem klinischen Outcome. In allen IKDC-Gruppen dieses Kollektivs absolvierten die Patienten im Median zwischen 12 und 14 Krankengymnastikstunden.

Im „Kreuzbandplastik“-Kollektiv zeigt sich dagegen, dass die Patienten mit einem besseren klinischen Ergebnis entsprechend mehr Rehabilitationstraining absolviert haben: Hier lag der Median in der IKDC-Gruppe „A“ bei 36 Stunden, in der IKDC-Gruppe „B“ waren es 24 Stunden, in der IKDC-Gruppe „C“ 20 Stunden.

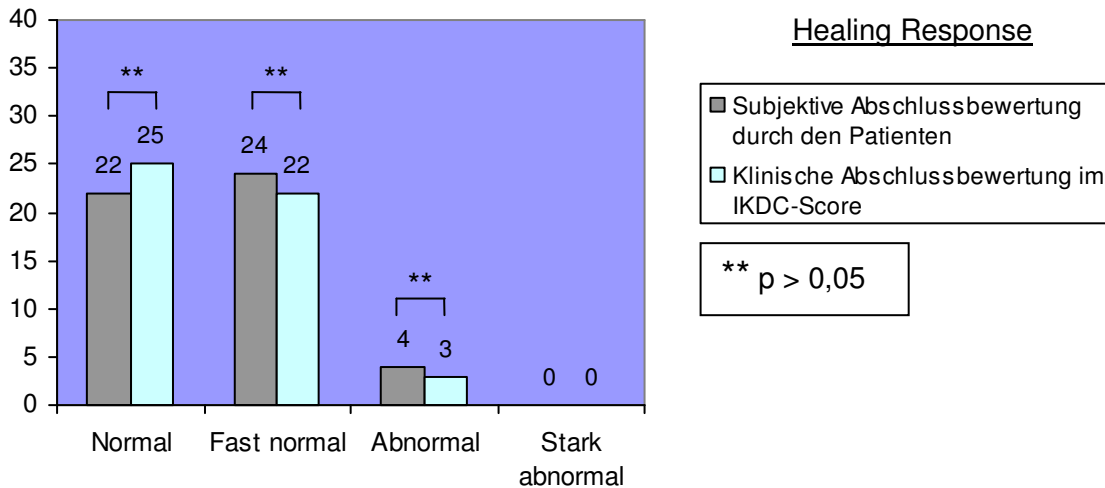
Insgesamt haben die „Healing Response“-Patienten im Vergleich zur „Kreuzbandplastik“-Gruppe in den jeweiligen IKDC Kategorien signifikant ($p \leq 0,05$) weniger Krankengymnastikstunden in Anspruch genommen.

		Healing Response		Kreuzbandplastik		p-Wert
		Mittelwert	Median	Mittelwert	Median	
IKDC- Abschlussbewertung operierte Seite	A	25	14	61	36	$p \leq 0,05$
	B	22	12	38	24	
	C	17	12	25	20	

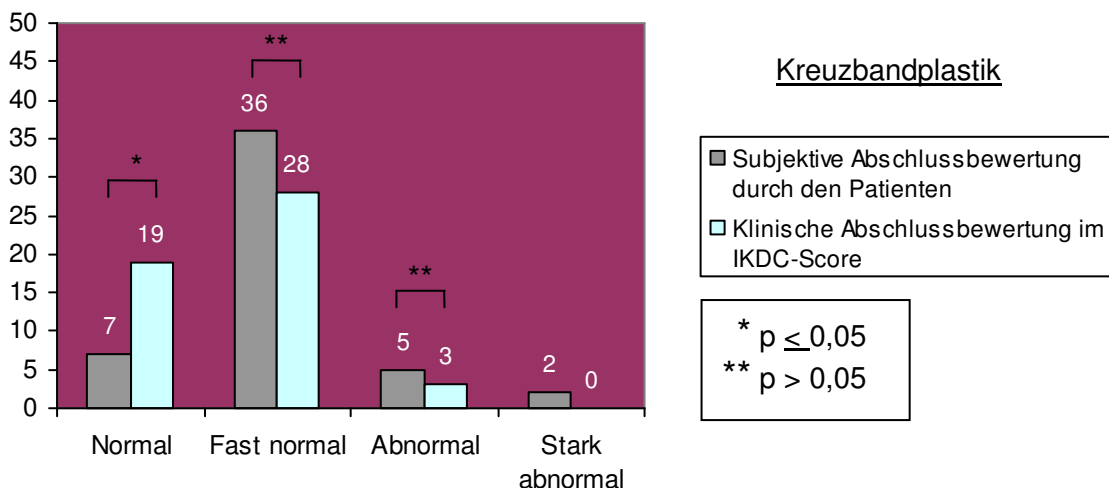
▲ Tabelle 27: Krankengymnastikstunden insgesamt in Bezug auf die IKDC-Abschlussbewertung

3.5.3 Subjektiver Kniebefund im Vergleich zur IKDC-Abschlussbeurteilung

Stellt man die Ergebnisse der subjektiven, vom Patienten angegebenen Kniefunktion (S.47) dem Endergebnis aus der klinischen Untersuchung (IKDC-Abschlussbeurteilung S.49) gegenüber, ergibt sich folgendes Bild (Abb.28 und Abb.29):



▲ Abb.28: „Healing Response“-Kollektiv: Subjektive Abschlussbewertung des operierten Knies im Vergleich zur klinischen Abschlussbewertung im IKDC-EB



▲ Abb.29: „Kreuzbandplastik“-Kollektiv: Subjektive Abschlussbewertung des operierten Knies im Vergleich zur klinischen Abschlussbewertung im IKDC-EB

Es fällt auf, dass in der „Healing Response“-Gruppe die klinisch erhobenen Befunde größtenteils mit den subjektiven Einschätzungen der Patienten übereinstimmen. Anders verhält es sich im „Kreuzbandplastik“-Kollektiv. Hier schätzen (im Vergleich zum klinischen Befund) signifikant ($p \leq 0,05$) weniger Patienten ihre Kniefunktion als „normal“ ein.

3.6 Ausgewählte Einzelfalldarstellungen

In diesem Abschnitt wird kurz auf die 6 Patienten eingegangen, die im Rahmen der Studie in der IKDC-Kategorie „C“ als „Abnormal“ bewertet werden mussten. Mit diesen Patienten wurde im Anschluss an die Nachuntersuchung eine erneute Vorstellung im Rahmen der Gelenksprechstunde bzw. eine bildgebende Diagnostik besprochen.

Zunächst zu den 3 Patienten aus dem „Kreuzbandplastik“-Kollektiv:

Patient 1 war zum Verletzungszeitpunkt 61 Jahre alt und erlitt ein schweres Rotationstrauma während der Ausübung seiner beruflichen Tätigkeit. Neben der Kreuzbandruptur zog er sich einen 2° Knorpelschaden an Femur und Tibia sowie einen Innenmeniskusriss zu. Trotz eines guten operativen Verlaufs traten während der Nachbehandlung starke Schmerzen und Bewegungseinschränkungen auf, woraufhin eine erneute Arthroskopie veranlasst wurde. Hierbei konnten aber keine Auffälligkeiten festgestellt werden. Eine sich anschließende stationäre Schmerztherapie verlief nur bedingt erfolgreich. Bei der Nachuntersuchung zeigten sich erhebliche Bewegungseinschränkungen, der Bandapparat konnte aufgrund von Schmerzen nicht untersucht werden. Der Gelenkzustand musste insgesamt mit „abnormal“ bewertet werden.

Patient 2 war zum Verletzungszeitpunkt 18 Jahre alt. Begleitverletzungen im Knie lagen nicht vor, der postoperative Verlauf war problemlos. Der Patient gab an, sich im Rahmen der Nachbehandlung das Knie verdreht zu haben. Dies hätte ihn zum damaligen Zeitpunkt aber nicht weiter beeinträchtigt. Nach Wiederaufnahme des Fußballspielens ca. 1 Jahr nach der Verletzung wäre es dann zu Schmerzen und

Instabilitätsgefühlen gekommen, die sportliche Aktivität wurde daraufhin ausgesetzt. Bei der klinischen Untersuchung fiel ein leichter Erguss bei unsicherem vorderen Anschlag auf. Der Lachmantest wurde mit 2+ bewertet, die Rolimetermessung ergab einen Vorschub von 7 mm. Ein Bewegungsdefizit lag nicht vor. Aufgrund der doch erheblichen vorderen Translationsfähigkeit musste das Knie mit „abnormal“ bewertet werden.

Patientin 3 (40 Jahre) zog sich im Rahmen ihres vorderen Kreuzbandrisses ein komplexes Kniebinnenrauma mit Innenbandriss, retropatellaren Abschlagsfragmenten, Meniskus- und Knorpelschäden zu. Trotz mehrmaliger guter operativer Versorgung und intensiver Nachbehandlung bestand zum Nachuntersuchungszeitpunkt ein erhebliches Beugedefizit, wodurch das Knie trotz eines guten Bandapparats als „abnormal“ bewertet werden musste.

Die 3 Patienten aus dem „Healing Response“-Kollektiv mit dem IKDC-Ergebnis „C“ wiesen folgende Krankengeschichten auf:

Patient 1 (29 Jahre) gab Instabilitätsgefühle beim Fußballspielen an, Begleitverletzungen im Knie lagen nicht vor. Anamnestisch auffällig zeigte sich eine mit 4 Stunden nur sehr kurze krankengymnastische Nachbehandlung, eine Muskelatrophie von knapp 2 cm konnte auf der operierten Seite festgestellt werden. Bei gutem klinischen Befund und durchschnittlichem Lysholm-Score fiel ein 2-fach positiver Lachmantest auf, die Rolimetermessung lag zwischen 5-6 mm. Ein intensives Muskelaufbautraining wurde angeraten.

Bei Patientin 2 (20 Jahre) fiel auf, dass im Rahmen der postoperativen Nachbehandlung die Mecron[®]-Schiene über einen viel zu langen Zeitraum (3 Monate) getragen worden war. Die sich anschließende krankengymnastische Behandlung wurde viel zu spät begonnen und auch nicht bis zum Ende durchgeführt. In der Untersuchung zeigte sich eine erhebliche Muskelatrophie von annähernd 3 cm, leichte Bewegungseinschränkungen bei insgesamt instabilem Bandapparat. Der Patientin wurden ein gezieltes Muskelaufbauprogramm mit propriozeptivem Training verordnet sowie eine anschließende Wiedervorstellung empfohlen.

Patient 3 (31 Jahre) erlitt drei Monate nach erfolgreicher Operation ein erneutes Trauma. Die daraufhin durchgeführte Rearthroskopie konnte keine Schäden feststellen, das Kreuzband war nicht erneut beschädigt worden. Die sportliche Aktivität wurde wieder aufgenommen und konnte zunächst ca. 1 ½ Jahre problemlos ausgeübt werden, dann traten allerdings Schwellungen und Schmerzen im operierten Knie auf. Bei der klinischen Untersuchung zeigten sich weder Bewegungseinschränkungen noch Muskelatrophien, auffällig war ein 2-fach positiver Lachmantest sowie eine verstärkte Laxizität des Innenbands. Die Möglichkeit einer erneuten Arthroskopie wurde mit dem Patienten besprochen.

Diskussion

4.1 Vergleichbarkeit der Studienkollektive

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit werden die Ergebnisse nach Versorgung einer vorderen Kreuzbandruptur mittels „Healing Response“ bzw. Kreuzbandplastik in ST-Q-Technik vorgestellt. Die Nachuntersuchungsbefunde beider Patientenkollektive werden anhand bestimmter Zielkriterien miteinander verglichen. Das angewandte Studiendesign mit einer Vergleichsgruppe ist Voraussetzung für eine gute Aussagekraft der Studienergebnisse (HÖHER et al., 1994).

Als Zielkriterien wurden definiert:

- Zur subjektiven Datenerfassung: Lysholm-Score, Tegner-Aktivitäts-Score und ein speziell zusammengestellter Fragebogen zum Rehabilitationsverlauf und zur Patientenzufriedenheit.
- Zur objektiven klinischen Untersuchung: IKDC 2000-Evaluationsbogen.
- Zur instrumentellen Stabilitätsmessung: Rolimeter® der Firma Aircast.

Beide Patientengruppen können im Hinblick auf die Basisdaten, den Zeitpunkt der operativen Versorgung und Nachuntersuchung, die Begleitverletzungsrate und das Aktivitätsniveau vor der Verletzung als vergleichbar angesehen werden (Tabelle 28). Die Studie wird in ihrer Aussagekraft bedingt eingeschränkt durch die niedrige Nachuntersuchungsrate (Follow-up Rate) von 42,3% bei den „Healing Response“- und 23,4 % bei den

	Healing Response	Kreuzbandplastik
Studienteilnehmer		
Männlich	26	26
Weiblich	24	24
Operierte Knieseite		
rechts	27	26
links	23	24
Alter zum OP Zeitpunkt (Jahre)	35,4 (16-66) Median 36	34,2 (14-60) Median 36
Nachuntersuchungszeitraum (Monate)	22,3 (8-44)	22 (9-42)
Begleitverletzungsrate	76%	66%
Aktivitätsniveau <u>vor</u> der Verletzung	5,6 (1-9)	6,1 (4-9)

▲ Tabelle 28: Übersicht Patientenkollektive

„Kreuzbandplastik“-Patienten. Die beiden wesentlichen Gründe hierfür waren, dass die Patienten entweder mindestens ein Ausschlusskriterium erfüllten oder aufgrund eines sehr weiten Anreisewegs nicht bereit waren, an der Studie teilzunehmen.

4.2 Literatúrauswahl

Um die Ergebnisse dieser Studie bzw. explizit der „Kreuzbandplastik“-Gruppe mit möglichst aussagekräftigen Publikationen zu vergleichen, wurde aus der Vielzahl der veröffentlichten Studien zum Thema „Kreuzbandersatz“ eine Vorauswahl getroffen. Folgende Aspekte waren dabei wichtig:

- Die Patienten sollten mit einem vierfach gefalteten Hamstring-Transplantat (Semitendinosus / Graziolis) versorgt worden sein.
- Es sollten ähnliche Zielkriterien wie in dieser Studie verwendet worden sein (Lysholm- / Tegner- / IKDC-Score).
- Die Patientenkollektive sollten sich in Anzahl und Durchschnittsalter ähneln.
- Die Studien sollten möglichst aktuell sein und eine möglichst lange Follow-up-time beinhalten.
- Auf Ergebnisse von Vergleichsstudien zwischen zwei Operationsmethoden wie z.B. Hamstring- versus Patellarsehnentransplantaten wurde verzichtet.

Folgende Studien wurden ausgewählt und schwerpunktmäßig zitiert:

- BUCHNER et al. (2007) untersuchten 70 Patienten 6 Jahre nach erfolgreichem Kreuzbandersatz mittels ST-Q-Technik. Das durchschnittliche Alter der Patienten lag bei 34,3 Jahre, Ausschlusskriterien waren 3-4 gradige Knorpelschäden, 2-3 gradige Seitenbandverletzungen, Meniskusrefixationen oder andere operative Eingriffen am Knie wie z.B. Mikrofrakturierung am Knorpel.
- GOBBI et al. (2003) veröffentlichten eine Studie über 80 Patienten (Durchschnittsalter 28 Jahre), die mit einer vorderen Kreuzbandplastik in Q-B-ST-Technik versorgt worden waren. Der Nachuntersuchungszeitraum lag bei 2 Jahren postoperativ. Das Kollektiv bestand insgesamt aus sehr sportlichen

Patienten. Die Ausschlusskriterien beinhalteten alle Kniepathologien, ausgenommen waren diagnostische Arthroscopien und Meniskusoperationen.

- LEE et al. (2008) berichteten in ihrer Studie über 64 Patienten, die mit einer Kreuzbandplastik in ST-GR-FS-Technik versorgt worden waren. Das Durchschnittsalter lag bei 24,8 Jahren, der Nachuntersuchungszeitraum bei 5 Jahren. Patienten mit Begleitverletzungen in Form von Knorpel- und Meniskusschäden wurden in die Studie mit eingeschlossen.

Zum Thema „Healing Response“ konnten zum Zeitpunkt der Erstellung dieser Arbeit nur 3 veröffentlichte Studien gefunden werden:

- STEADMAN et al. (2002) publizierten eine Studie über 169 Teilnehmer, alle älter als 40 Jahre (Durchschnittsalter 50 Jahre), die nach vorderer Kreuzbandruptur mit „Healing Response“ versorgt worden waren. Der Nachuntersuchungszeitraum lag bei 2 Jahren postoperativ. Die Operation wurde unmittelbar nach dem Trauma durchgeführt. Einschlusskriterien waren ein proximal abgerissenes vorderes Kreuzband und das Vorliegen keiner weiteren Kniepathologien.
- STEADMAN et al. (2006) veröffentlichten eine weitere Untersuchung zum Thema „Healing Response“. Das Studienkollektiv bestand aus 10 sportlich sehr aktiven Patienten im Alter zwischen 10 und 16 Jahren mit noch unreifem Skelettwachstum (offene Epiphysenfugen). Ziel der Studie war nachzuweisen, dass auch junge Patienten mit vorderer Kreuzbandruptur von der Operationsmethode profitieren. Die Einschlusskriterien waren die gleichen wie schon bei der ersten Studie dieser Arbeitsgruppe (s.o.).
- ALTMANN (2006) veröffentlichte als erster deutscher Autor eine prospektive Studie über 120 Patienten, die mit „Healing Response“ versorgt worden waren. 35% der Patienten wiesen zum Operationszeitpunkt Begleitverletzungen auf. Alle Patienten wurden in einem Zeitraum von 10-14 Wochen nach der Primäroperation einer erneuten Arthroscopie unterzogen, um den Wiederheilungsprozess des vorderen Kreuzbands nachzuweisen. Dabei zeigte sich das vordere Kreuzband in 85% der Fälle an anatomischer Stelle eingeeilt.

4.3 Klinischer Befund

Bei der klinischen Begutachtung konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen beiden Patientengruppen festgestellt werden.

Im Fokus der klinischen Untersuchung standen die Messung des Bewegungsumfangs, die Ligamentuntersuchung, hier besonders der Lachmantest, die instrumentelle Messung der Side-to-Side Differenz mithilfe des Rolimeters[®] und die IKDC 2000-Abschlussbewertung als Gesamtbeurteilung. Diese Parameter findet man meist auch in internationalen Studien wieder, so dass eine Bewertung der vorliegenden Ergebnisse gut vorgenommen werden kann.

Die Untersuchung des passiven Bewegungsausmaßes zeigte, dass in der „Kreuzbandplastik“-Gruppe 36% der Patienten Beugungsdefizite von 6-25 Grad im Vergleich zur gesunden Knieseite zeigten, im „Healing Response“-Kollektiv lag der Anteil bei nur 14%. Essentiell für ein gutes postoperatives Bewegungsausmaß nach Kreuzbandplastik ist die exakte Tunnelpositionierung (von ESSEN und SÜDKAMP, 2003). Ein femoral zu weit ventral positioniertes Transplantat wird in Beugung überbelastet, so dass ein Beugedefizit resultiert, ein femoral zu weit dorsal („over the top“) positioniertes Transplantat führt zu Instabilität in Beugung und Überlastung in Streckung (Streckdefizit) (von ESSEN und SÜDKAMP, 2003).

Bei der „Healing Response“ Operation wird das abgerissene Kreuzband wieder an die ursprüngliche Ansatzstelle positioniert, so dass ein möglichst anatomiegerechtes Reattachment stattfinden kann (ALTMANN, 2006). Die Ergebnisse unserer Studie deuten daraufhin, dass dies, im Hinblick auf den passiven Bewegungsumfang des geschädigten Kniegelenks, messbare Vorteile für die Patienten mit sich bringt.

Der Lachmantest zeigte sich im „Kreuzbandplastik“-Kollektiv bei 55% der Patienten nicht auffällig, was als gut bewertet werden kann, auch wenn andere Studien im Literaturvergleich teils bessere Zahlen vorweisen können (Tabelle 29). Bei der Bewertung des Lachmantests gilt es zu berücksichtigen, inwieweit Patienten mit Begleitverletzungen in das Studienkollektiv eingeschlossen worden sind. In unserer Studie wiesen die Patienten mit einem Lachman 1+ oder 2+ in 70% der Fälle neben ihrer vorderen Kreuzbandverletzung einen Begleitschaden in Form einer Meniskus-

oder Knorpelläsion auf. Diese zusätzlichen Verletzungen können selbst bei guter Stabilität des vorderen Kreuzbands Einfluss auf die vordere Translation des Kniegelenks haben (WATANABE et al., 2004).

	Teilnehmer	Technik	Follow up time (Minimum/Ø) Monate	Alter (Ø)	BGV mit eingeschlossen	Lachmantest		
						+/- 0	+1	+2
Gobbi et al. 2003	80	ST-Q	24 / 36	28	teils	90%	9%	1%
Cooley et al. 2001	20	ST-Q	60 / 67	31	teils	75%	25%	-
Asik et al. 2001	271	ST-GR-FS	48 / 82	25,7	ja	70%	22%	8%
Koopmann 2007	50	ST-Q	9 / 22	34,2	ja	55%	43%	2%
Buchner et al. 2007	70	ST-Q	72 / 76	34,3	teils	55%	38%	7%
Gemittelt						69%	27%	4%

▲ Tabelle 29: Übersicht Literaturvergleich Lachmantest nach Kreuzbandplastik

Im „Healing Response“-Kollektiv zeigten sich im Lachmantest ähnliche Ergebnisse wie in der „Kreuzbandplastik“-Gruppe. Hier hatten 60% der Patienten mit einem Lachman 1+ oder 2+ Begleitverletzungen. Daher sind die Ergebnisse im Vergleich zu Untersuchungen von STEADMAN et al. (2006), in denen die Studienteilnehmer keine Begleitverletzungen vorwiesen, als gut einzuschätzen (Tabelle 30).

	Teilnehmer	Follow up time (Minimum/Ø) Monate	Alter (Ø)	BGV mit eingeschlossen	Lachmantest		
					+/- 0	+1	+2
Koopmann 2007	50	8 / 22	35,4	ja	68%	26%	6%
Steadman et al. 2006	10	26 / 69	13	nein	60%	40%	-

▲ Tabelle 30: Übersicht Literaturvergleich Lachmantest nach „Healing Response“

Die instrumentell gemessene Differenz der vorderen Translation zwischen gesunder und operierter Kniesseite (Side-to-Side Differenz) ergab im „Kreuzbandplastik“-Kollektiv einen Durchschnittswert von 1,7 mm. BACH et al. (1990) stellten in ihren

Untersuchungen fest, dass die Side-to-Side Differenz normalerweise bei zwei gesunden Kniesseiten minimal ist und daher ab einem Seitenunterschied von 3 mm eine Instabilität des vorderen Kreuzbands auf einer Seite anzunehmen ist. Die Differenz von 1,7 mm nach Kreuzbandersatz in dieser Studie spricht für eine gute Transplantatstabilität. Auch der Vergleich mit anderen Kreuzbandstudien bestätigt diese Einschätzung (Tabelle 31).

	Teilnehmer	Technik	Follow up time (Minimum/Ø) Monate	Alter (Ø)	BGV mit eingeschlossen	Messung mit	Side-to-Side Differenz
Gobbi et al. 2003	80	ST-Q	24 / 36	28	teils	OSI CA-4000	1,9 mm
Koopmann 2007	50	ST-Q	9 / 22	34,2	ja	Rolimeter	1,7 mm
Cooley et al. 2001	20	ST-Q	60 / 67	31	teils	KT-1000	1,3 mm
Lee et al. 2008	64	ST-GR-FS	60 / -	24,8	ja	KT-1000	1,2 mm
Buchner et al. 2007	70	ST-Q	72 / 76	34,3	teils	KT-1000	1,1 mm
Gemittelt							1,3 mm

▲ Tabelle 31: Übersicht Literaturvergleich Side-to-Side Differenz nach Kreuzbandplastik

Im „Healing Response“-Kollektiv wurde für die Side-to-Side Differenz ein Durchschnittswert von 1,3 mm ermittelt, was ebenfalls als sehr gut erachtet werden kann. Die einzige Vergleichsstudie von STEADMAN et al. (2002), bei der ähnliche Untersuchungen an „Healing Response“-Patienten durchgeführt wurden, ergab einen etwas höheren Wert von 1,9 mm (Tabelle 32). Auf Grundlage dieser beiden Messergebnisse ist davon auszugehen, dass die Side-to-Side Differenz nach „Healing Response“ Behandlung keine signifikanten Unterschiede zum Standardverfahren zeigt. Das wieder eingeheilte vordere Kreuzband weist ähnlich wie die Kreuzbandplastik eine absolut stabile Mechanik vor.

	Teilnehmer	Follow up time (Minimum/Ø) Monate	Alter (Ø)	BGV mit eingeschlossen	Messung mit	Side-to-Side Differenz
Steadman et al. 2002	122	24 / 41	50	nein	KT-1000	1,9 mm
Koopmann 2007	50	8 / 22	35,4	ja	Rolimeter	1,3 mm

▲ Tabelle 32: Übersicht Literaturvergleich Side-to-Side Differenz nach „Healing Response“

In der IKDC 2000-Abschlussbeurteilung erreichten über 90% beider Patientenkollektive ein „normales“ bzw. „fast normales“ Ergebnis. Dies kann als überaus gut bewertet werden und macht deutlich, dass beide Operationsverfahren eine fachgerechte Versorgung der vorderen Kreuzbandruptur gewährleisten.

Im „Kreuzbandplastik“-Kollektiv befanden sich in dieser Studie die meisten Patienten in der Kategorie B, was einem „fast normalen“ Befund entspricht. Andere internationale Autoren kommen in ihren Studien zu ähnlichen Ergebnissen (Tabelle 33). Zu berücksichtigen bleibt auch hier, ob die Patienten mit Begleitverletzungen in die Studien mit eingeschlossen worden sind oder nicht. Hierdurch können klinische Untersuchungsergebnisse beeinflusst werden (LAXDAL et al., 2005).

	Teilnehmer	Technik	Follow up time (Minimum/Ø) Monate	Alter (Ø)	BGV mit eingeschlossen	IKDC-EB			
						A	B	C	D
Gobbi et al. 2003	80	ST-Q	24 / 36	28	teils	66%	24%	9%	1%
Buchner et al. 2007	70	ST-Q	72 / 76	34,3	teils	40%	45%	13%	2%
Koopmann 2007	50	ST-Q	9 / 22	34,2	ja	38%	56%	6%	-
Asik et al. 2001	271	ST-GR-FS	48 / 82	25,7	ja	33%	53%	12%	2%
Cooley et al. 2001	20	ST-Q	60 / 67	31	teils	25%	60%	10%	5%
Gemittelt						40%	48%	10%	2%

▲ Tabelle 33: Übersicht Literaturvergleich IKDC-Abschlussbewertung Kreuzbandplastik

Im „Healing-Response“-Kollektiv wies die Hälfte der Patienten einen normalen Kniebefund (Kategorie A) auf, insgesamt waren die Ergebnisse etwas besser als in der Vergleichsgruppe (Tabelle 34).

	Teilnehmer	Follow up time (Minimum/Ø) Monate	Alter (Ø)	BGV mit eingeschlossen	IKDC-EB			
					A	B	C	D
Koopmann 2007	50	8 / 22	35,4	ja	50%	44%	6%	-

▲ Tabelle 34: Übersicht Literaturvergleich IKDC-Abschlussbewertung „Healing Response“

Zum Zeitpunkt der Erstellung dieser Arbeit konnten keine veröffentlichten IKDC-Daten nach operativer Versorgung mittels „Healing Response“ gefunden werden, so dass hier nur der Vergleich mit den oben schon aufgeführten Kreuzbandplastik Studien (Tabelle 32) möglich ist. Hierbei zeigt sich, dass die IKDC-Ergebnisse nach „Healing Response“ überdurchschnittlich gut ausgefallen sind.

Als Fazit des klinischen Vergleichs beider Patientenkollektive bleibt festzuhalten:

Die Ergebnisse sind generell in beiden Patientengruppen sehr zufriedenstellend ausgefallen, wie der Literaturvergleich bestätigt. Wesentliche Unterschiede in der klinischen Begutachtung beider Operationsmethoden konnten knapp 2 Jahre nach erfolgter Operation nicht festgestellt werden.

In ihrer Aussagekraft eingeschränkt werden die Daten durch die niedrigen Fallzahlen von je 50 Patienten pro Kollektiv, so dass sich kleinere Unterschiede zwischen den beiden Kollektiven bei höheren Teilnehmerzahlen ausgleichen oder noch vergrößern könnten. Zudem spiegelt der Nachuntersuchungszeitraum von durchschnittlich 22 Monaten (8 – 44 Monate) noch keine Mittel- oder sogar Langzeitergebnisse wider. Hier sind weitere Untersuchungen erforderlich.

Dennoch ist eine der wesentlichen Erkenntnisse dieser Studie, dass die „Healing Response“ Methode, unter Voraussetzung, dass das vordere Kreuzband wieder einheilt (s. Patientengut und Methoden S.17), als absolut adäquate Behandlungsoption nach vorderer Kreuzbandruptur angesehen werden kann.

4.4 Aktivität

Im Tegner-Aktivitäts-Score gab es in beiden Kollektiven zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung einen Abfall des Aktivitätsniveaus verglichen zum Aktivitätslevel vor der Verletzung. In der „Kreuzbandplastik“-Gruppe fiel der Score mit -1,3 Punkten signifikant höher aus als bei den „Healing Response“-Patienten (-0,5 Punkten). Im Vergleich zu anderen Studien zeigt sich, dass ein Abfall des Aktivitätsniveaus im Tegner-Score von minus einem Punkt oder mehr häufig beobachtet werden kann (Tabelle 35). Der geringere Abfall im „Healing Response“-Kollektiv kann daher als äußerst positiv gewertet werden, auch wenn ein direkter Literaturvergleich zum Zeitpunkt der Erstellung dieser Arbeit nicht gefunden werden konnte.

	Teilnehmer	Follow up time (Minimum/Ø) Monate	Alter (Ø)	BGV mit eingeschlossen	Tegner Score vor Verletzung	Tegner Score zum Studienzeitpunkt	Differenz
Gobbi et al. 2003	80	24 / 36	28	teils	7,5	6,5	-1
Lee et al. 2008	64	60 / -	24,8	ja	7	6	-1
Koopmann 2007	50	9 / 22	34,2	ja	6,1	4,9	-1,3
Buchner et al. 2007	70	72 / 76	34,3	teils	6,9	5,6	-1,3
Gemittelt							-1,2

▲ Tabelle 35: Literaturvergleich Kreuzbandplastik in ST-Q-Technik: Tegner-Aktivitäts-Score

Für HÖHER et al. (1994) ist die Fähigkeit eines Patienten, das ursprüngliche Aktivitätsniveau wiederzuerlangen, ein indirektes, aber empfindliches Maß für den Erfolg einer Therapiemaßnahme. In dieser Studie zeigten sich hier signifikante Unterschiede zwischen den beiden Patientenkollektiven. In der „Healing Response“-Gruppe erreichten 74% der Patienten wieder ihr ursprüngliches Aktivitätsniveau, bei den „Kreuzbandplastik“-Patienten waren es 41%. Im Literaturvergleich ergibt sich im Hinblick auf diese Ergebnisse ein differenziertes Bild: In Patientengruppen, die vor ihrer Verletzung ein niedriges bis mittleres

sportliches Aktivitätsniveau hatten, schaffen zwischen 32% (JENNINGS et al., 2003) und 45% (COOLEY et al., 2001) der Patienten mit Kreuzbandplastik eine Rückkehr auf ihr ursprüngliches Belastungsniveau. Bei sportlich aktiven Patienten bzw. Leistungssportlern liegen die Rückkehrquoten höher: 80% (CAREY et al., 2006); 89% (SMITH et al., 2004); 92% (NAKAYAMA et al., 2000).

Die relativ hohe Patientenzahl aus der „Healing Response“-Gruppe, die in dieser Studie ihr ursprüngliches Belastungsniveau wieder erreicht haben, kann unter Berücksichtigung der Tatsache, dass die meisten Patienten vor ihrer Verletzung ein eher mittleres sportliches Aktivitätsniveau aufwiesen, als überaus erfolgreich bewertet werden. Die Rückkehrquote im „Kreuzbandplastik“-Kollektiv liegt im guten Schnitt zu den bisher veröffentlichten Ergebnissen anderer Studien, kann allerdings nicht unbedingt als zufriedenstellend angesehen werden.

Die drei wesentlichen Gründe, warum Patienten nach einer Kreuzbandoperation ihre sportlichen Aktivitäten reduzieren oder ganz einstellen, sind noch bestehende Schmerzen, Instabilitätsgefühle und die Angst vor einem erneuten Riss (HEIJNE et al., 2008; KVIST et al., 2005; LEE et al., 2008). In dieser Studie waren gerade im Hinblick auf die Punkte Schmerz und subjektive Instabilität die Ergebnisse in der „Healing Response“-Gruppe im Vergleich zum „Kreuzbandplastik“-Kollektiv signifikant besser (s. Lysholm-Score), so dass hier ein möglicher Grund für die relativ hohe Anzahl an „Healing Response“-Patienten liegt, die ihr ursprüngliches Belastungsniveau wieder erreicht haben.

Die Frage nach dem Zeitpunkt, wann eine normale bzw. sportliche Belastung nach dem Eingriff wieder möglich ist, ergab ebenfalls Unterschiede zwischen beiden Studienkollektiven.

Das postoperative Prozedere nach vorderem Kreuzbandersatz durch eine 4-fach gefaltete STS sieht eine Teilbelastung des operierten Knies von 20 kg für 2 Wochen sowie eine Beugungseinschränkung ab 90° für 4 Wochen vor. Für die meisten Patienten sollte also eine Rückkehr zur normalen Belastung (normales Umhergehen / Autofahren / Einkaufen etc.) nach 5-8 Wochen möglich sein. In dieser Studie konnten die „Kreuzbandplastik“-Patienten im Median nach 6 Wochen (im Durchschnitt nach 8 Wochen) ihr operiertes Knie wieder normal belasten, was als sehr zufriedenstellend angesehen werden kann. Der Zeitraum bis eine aktive

sportliche Belastung des Knies wieder möglich ist, hängt ganz maßgeblich von der Intensität und Qualität der krankengymnastischen Nachbehandlung sowie von der persönlichen Motivation des Patienten ab und kann daher stark variieren (BUTTON et al., 2005). Bei Leistungssportlern finden sich in der Literatur Angaben von durchschnittlich 7,7 (COLOMBET et al., 2002), 8,1 (NAKAYAMA et al., 2000) und 13 Monaten (CAREY et al., 2006). In dieser Studie benötigten die „Kreuzbandplastik“-Patienten im Durchschnitt 7,2 Monate bis die ursprüngliche sportliche Aktivität wieder aufgenommen werden konnte, was als positiv bewertet werden kann. Einschränkend gilt zu berücksichtigen, dass es sich bei dem Studienkollektiv um Freizeit- und nicht um Leistungssportler handelte.

Die „Healing Response“-Patienten werden unmittelbar nach der Operation angehalten, eine Mecron[®]-Schiene über eine Dauer von 4-6 Wochen möglichst ununterbrochen zu tragen. Die Schiene verhindert Flexionsbewegungen und trägt daher maßgeblich zum Wiedereinheilungsprozess des vorderen Kreuzbands bei. Alltägliche Bewegungsabläufe werden durch die Schiene stark eingeschränkt (S.42), meist zeigt sich eine nicht unerhebliche Atrophie der Oberschenkelmuskulatur auf der operierten Seite. Ein normales Belastungsniveau kann daher von den Patienten erst nach endgültigem Ablegen der Schiene erreicht werden, in dieser Studie im Median nach 8 Wochen. Im Vergleich zum „Kreuzbandplastik“-Kollektiv ist somit der Zeitraum bis zur Normalbelastung um ungefähr 2 Wochen verlängert. Die Wiederaufnahme sportlicher Aktivität ist nach den ersten 8-10 Wochen postoperativ möglich und kann nach entsprechendem Muskelaufbau-training und bei gutem klinischen Befund relativ schnell forciert werden. Die „Healing Response“-Patienten dieser Studie erreichten im Schnitt nach knapp 4,7 Monaten wieder ihr ursprüngliches sportliches Belastungsniveau, was einen beachtlichen zeitlichen Unterschied (10 Wochen) und damit einen wesentlichen Vorteil dieser Operationsmethode im Vergleich zur Kreuzbandplastik darstellt. Zum Zeitpunkt der Erstellung dieser Arbeit konnten keine veröffentlichten Studien gefunden werden, die eine vergleichende Einordnung des eben beschriebenen Zeitraums nach einer „Healing Response“ Behandlung zulassen würden. Allerdings erreichten bekannte Sportler wie der amerikanische Skistar Bode Miller oder der Basketballer Vadim Fedotov vermehrte Aufmerksamkeit, als sie nach ihrer

Kreuzbandverletzung und operativen Versorgung mittels „Healing Response“ innerhalb kürzester Zeit wieder auf höchstem sportlichen Niveau Erfolge feiern konnten. Im Falle von Fedotov nach nur 3 Monaten (KNOCH, 2005).

Zum Thema Aktivität bleibt festzuhalten: Die Studie konnte zeigen, dass die „Healing Response“ Methode im Vergleich zur Kreuzbandplastik zu einem geringeren Abfall des postoperativen Aktivitätsniveaus führt. Zudem schafften über 2/3 der „Healing Response“-Patienten eine Rückkehr auf ihr ursprüngliches Aktivitätsniveau. Der hierfür benötigte Zeitraum fällt verglichen zur Kreuzbandplastik deutlich kürzer aus.

4.5 Sensibilität

Die Frage nach Sensibilitätsstörungen zeigte signifikante Unterschiede zwischen den beiden Patientengruppen. Im „Kreuzbandplastik“-Kollektiv gaben immerhin knapp 68% der Patienten noch bestehende Sensibilitätsstörungen rund um das operierte Knie an, schwerpunktmäßig im Bereich der Narben und der Transplantatentnahmestelle. Bei den „Healing Response“-Patienten waren es nur 28%, eine bestimmte Lokalisation der sensiblen Ausfälle konnte in diesem Kollektiv nicht ausgemacht werden.

Der Sensibilitätsverlust nach arthroskopischem Kreuzbandersatz wird auf die Verletzung des Nervus saphenus bzw. einer seiner Hauptäste, des Ramus infrapatellaris zurückgeführt (KARTUS et al., 1999). Der Nerv kann aufgrund seiner variablen Lage sowohl durch die Schnitte für die arthroskopischen Zugangswege als auch durch die Inzision für die Entnahme der Hamstring-Sehne, die Bohrung des tibialen Tunnels bzw. durch die Transplantatentnahme selbst beschädigt werden (SPICER et al., 2000). SANDERS et al. (2007) weisen in ihren aktuellen Untersuchungen zu Sensibilitätsausfällen nach Kreuzbandersatz mittels STS und GS darauf hin, dass die Verletzung des Nervus saphenus einem höheren Risiko unterliegt, als bisher allgemein gedacht wird.

In einer Studie von KJAERGAARD et al. (2008) wurde die Inzidenz von Sensibilitätsstörungen nach Kreuzbandersatz mittels Hamstringsehnen untersucht. Ein Jahr postoperativ wurden bei 84% der Patienten Hypoästhesien dokumentiert.

Zu ähnlichen Ergebnissen kamen FIGUEROA et al. (2008), hier wurden ebenfalls ein Jahr postoperativ bei 77% der Patienten Sensibilitätsausfälle im Versorgungsbereich des Nervus saphenus festgestellt. In einer Publikation von MOCHIZUKI et al. (2004) lag der Anteil der Patienten mit Sensibilitätsstörungen nach Kreuzbandrekonstruktion mittels STS oder GS 32 Monate postoperativ (12-62 Monate) bei 55%. Allerdings konnte die Arbeitsgruppe auch beobachten, dass die Sensibilitätsausfälle über einen längeren Zeitraum rückläufig sein können. So verschwanden bei 6 von 47 Patienten die Hypoästhesien nach über einem Jahr postoperativ. Alle drei zitierten Autoren sind sich darüber einig, dass die Sensibilitätsausfälle keinen Einfluss auf alltägliche Bewegungsabläufe haben.

Bei der Anwendung der „Healing Response“ Technik sind zwei kleine Hautschnitte erforderlich, es gibt keine Transplantatentnahme im Bereich des Pes anserinus, knöcherne Verletzungen in Form von Bohrkanälen sind nicht erforderlich, das intraoperative Trauma ist insgesamt sehr gering. Damit reduziert sich die Wahrscheinlichkeit einer Nervenverletzung ganz erheblich, was letztlich dazu führt, dass eine überwiegend große Anzahl an Patienten postoperativ keinerlei Sensibilitätsstörungen aufweisen (in dieser Studie 78%). Leider gab es zum Zeitpunkt der Erstellung dieser Arbeit keine veröffentlichten Publikationen, die eine vergleichende Einordnung zugelassen hätten.

Zusammenfassend bleibt festzuhalten: Die Anzahl der „Kreuzbandplastik“-Patienten mit sensiblen Ausfällen in dieser Studie bestätigt die in der Literatur vorliegenden Zahlen und macht deutlich, dass Sensibilitätsstörungen nach Kreuzbandersatz mittels Hamstringsehnen als häufige Komplikation angesehen werden können. Die Patienten sollten darüber entsprechend aufgeklärt werden.

Der geringe Sensibilitätsausfall nach „Healing Response“ bedeutet einen beachtlichen Vorteil für die Patienten.

Einschränkend gilt zu berücksichtigen, dass die Dokumentation der Sensibilitätsstörungen in dieser Studie ausschließlich auf eine Befragung der Patienten zurückgeht und nicht anhand objektiver Messmethoden bestimmt wurde.

4.6 Krankenhausaufenthalt

Die 50 Patienten der „Kreuzbandplastik“-Gruppe verbrachten nach ihrer Operation im Schnitt 5 Tage (Minimum 3 Tage) in stationärer Betreuung. Dieser Zeitraum ist in Anbetracht des doch größeren operativen Traumas und der damit verbundenen intensiven postoperativen Nachbehandlungsphase (Schmerztherapie / Verhinderung von Frühkomplikationen / Mobilisation) als gerechtfertigt anzusehen. Ein ambulantes Operieren ist zwar grundsätzlich möglich, die Leitlinien der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie (LEITLINIENKOMMISSION DER DEUTSCHEN GESELLSCHAFT FÜR UNFALLCHIRURGIE e.V., 2008) sehen hierfür aber eine strenge Indikationsprüfung mit bestimmten Bedingungen vor (geeigneter Patient, gesicherte Überwachung, adäquate Schmerzbehandlung).

Von den 50 Patienten der „Healing Reponse“-Gruppe wurden 39 Patienten stationär und 11 Patienten ambulant operiert. Der Krankenhausaufenthalt bei stationärer Behandlung umfasste im damaligen Operationszeitraum (2004-2006) 3 Tage (Minimum 1 Tag). Angesichts eines minimal invasiven Eingriffs im Rahmen der „Healing Response“ Operation ist eine stationäre Beobachtung nur kurzzeitig erforderlich. Der derzeitiger Standard liegt bei maximal 1-2 Tagen (FRANZISKUS KRANKENHAUS LINZ AM RHEIN, 2008). Auf eine spezielle Schmerztherapie kann in den meisten Fällen verzichtet werden. Dank guter Praxiserfahrungen und geringer Komplikationsrate ist eine ambulante Operation ebenfalls möglich.

Die „Healing Response“ Technik ist somit eine sehr wirtschaftliche Alternative zur Kreuzbandplastik (ALTMANN, 2006).

4.7 Rehabilitation

Mit Blick auf die Rehabilitationsphasen beider Kollektive und die damit verbundene Absolvierung von Krankengymnastik und Muskelaufbautraining ergaben sich in dieser Studie folgende Auffälligkeiten:

Die „Healing Response“-Patienten absolvierten im Schnitt 23 Stunden Rehabilitationstraining (Median 12 Std.). Ein direkter Zusammenhang zwischen der Dauer der Krankengymnastik und dem klinischen Outcome der Patienten (IKDC-Score) konnte

nicht festgestellt werden. Gegensätzlich dazu zeigte sich die Situation im „Kreuzbandplastik“-Kollektiv. Hier absolvierten die Patienten mit gutem klinischen Resultat wesentlich mehr Krankengymnastik als Patienten mit schlechteren klinischen Nachuntersuchungsergebnissen. Der Durchschnitt in Bezug auf die IKDC-Gruppe „A“ lag bei 61 Stunden (Median 36 Std.), in der IKDC-Gruppe „B“ waren es 38 Stunden (Median 24 Std.), in der IKDC-Gruppe „C“ 25 Stunden (Median 20 Std.).

Da der Schwerpunkt dieser Studie nicht auf der genauen Analyse der Rehabilitationsphasen lag, ist eine Einschätzung des eben dargestellten Sachverhalts schwierig. Dennoch soll eine mögliche Ursache für den gefundenen Unterschied zwischen den beiden Operationsmethoden diskutiert werden. Der Operationserfolg nach vorderem Kreuzbandersatz hängt nicht nur von der Wiederherstellung der mechanischen Gelenkfunktion ab. Vielmehr weiß man seit längerem, dass die Reinnervation des Transplantats durch Mechanorezeptoren für die Stabilität des Gelenks ausschlaggebend ist (BARRETT, 1991; OCHI et al., 1999). Der histologische Nachweis von sogenannten Propriozeptoren als Teil der Mechanorezeptoren in den Fasern des vorderen Kreuzbands ist in mehreren Studien dokumentiert worden (HALATA und HAUS, 1989; SCHULTZ et al., 1984; ZIMNY et al., 1986). Durch einen vorderen Kreuzbandriss und die Resektion der Kreuzbandstümpfe gehen dem Patienten zunächst einmal diese Rezeptoren der Tiefensensibilität verloren. Eine der häufigsten Folge, die sich aus der sensorischen Schädigung ergibt, ist das „Giving-way“ Phänomen (FREIWALD et al., 1997).

Eine Reinnervation des Ersatztransplantats ist möglich, wie histologisch in Tierversuchen (BARRACK et al., 1997) und elektrophysiologisch an Patienten (OCHI et al., 1999) nachgewiesen werden konnte, allerdings ist dieser Prozess nicht kurzfristig zu erreichen.

Umso wichtiger ist es, intensive propriozeptive Trainingselemente mit in die Rehabilitation einfließen zu lassen (JEROSCH et al., 1999; LEPHART et al., 1997), um somit kompensatorisch die Funktion anderer Mechanorezeptoren in der Gelenkkapsel und im Weichteilmantel zu stärken.

Möglicherweise liegt hier der Grund für den im „Kreuzbandplastik“-Kollektiv gefundenen Zusammenhang zwischen klinischem Ergebnis und Dauer der krankengymnastischen Nachbehandlung. Patienten, die relativ viel Krankengymnastik und damit auch vermutlich viel propriozeptives Training absolviert haben, scheinen einen erheblichen Gewinn für die mechanische und sensorische Funktionalität ihres operierten Kniegelenks erlangt zu haben, was sich letzten Endes in einem sehr guten klinischen Resultat manifestiert hat. Diese Überlegungen werden bestätigt durch eine aktuelle Studie von FRIEMERT et al. (2006), in der zwei verschiedene Rehabilitationsansätze gegenübergestellt werden: Ein Protokoll mit entsprechend frühzeitigen propriozeptiven Trainingselementen mithilfe einer CAM-Schiene (*controlled active motion*) und ein Protokoll mit reiner Krankengymnastik ohne spezielle propriozeptive Schulung. Schon nach kürzester Zeit konnten die Autoren klare funktionelle Vorteile für die Patienten der CAM-Gruppe dokumentieren.

Bei der operativen Versorgung der Kreuzbandverletzung mittels „Healing Response“ bleibt die Propriozeption weitestgehend erhalten, es werden keine Fasern entfernt. Daher kann vermutet werden, dass in der Nachbehandlungsphase für die Patienten primär der Muskelaufbau und die Beweglichkeit des Gelenks im Vordergrund stehen. Nach der Rehabilitationsphase scheint dann der klinische Befund eher davon abzuhängen, ob das Kreuzband wieder an der Ansatzstelle festgewachsen ist bzw. inwieweit andere Faktoren wie z.B. Begleitverletzungen auf die Kniefunktion Einfluss nehmen.

Die erhaltene Propriozeption der vorderen Kreuzbandfasern ermöglicht den „Healing Response“-Patienten eine frühzeitige sportliche Wiederbelastung ihres operierten Knies.

Einschränkend gilt zu berücksichtigen, dass die erhobenen Daten zum Rehabilitationsverlauf auf retrospektiven Befragungen der Patienten beruhen und daher teils ungenau sein können. Darüber hinaus wurde die Rehabilitation der Patienten in verschiedenen Einrichtungen durchgeführt, so dass ein einheitlicher Standard im Hinblick auf die Qualität nicht unbedingt angenommen werden kann.

Zudem wurden, wie oben schon erwähnt, in dieser Studie keine speziellen Untersuchungen zur Erfassung propriozeptiver Fähigkeiten durchgeführt.

Eine prospektive Studie sollte sich anschließen, die die Rehabilitationsphasen beider Operationsmethoden noch genauer analysiert und versucht, den Einfluss propriozeptiver Nachbehandlung auf den Heilungserfolg zu erfassen.

4.8 Subjektive Funktionalität

Die Grundlage für die Bewertung der subjektiven Funktionalität des operierten Knies bildete in dieser Studie der Lysholm-Score sowie Fragen zur Bewertung der Kniefunktion vor der Verletzung bzw. zum Nachuntersuchungszeitpunkt.

Im Lysholm-Score zeigten sich in beiden Kollektiven insgesamt zufriedenstellende Resultate, über 60% der Patienten erreichten ein „gutes“ oder sogar „sehr gutes“ Ergebnis.

Dennoch gab es einen signifikanten Unterschied im Hinblick auf die durchschnittlich erreichte Gesamtpunktzahl. Die „Healing Response“-Patienten kamen hier im Mittelwert auf 87 Punkte (Median 90 Punkte), im „Kreuzbandplastik“-Kollektiv lag der Wert bei 78 Punkten (Median 85 Punkte). Zwei wesentliche Gründe sind für diese Punktedifferenz verantwortlich. Zum einen bewerteten die „Healing Response“-Patienten ihr Knie in Bezug auf „Stabilität“ und „Schmerz“ signifikant besser als die Patienten der „Kreuzbandplastik“-Gruppe (s. Ergebnisteil ab S.35), zum anderen gab es im zuletzt genannten Kollektiv 10 Patienten, die ein „schlechtes“ Ergebnis im Lysholm-Score erreichten und dadurch den Schnitt in dieser Gruppe nach unten drückten.

Im Literaturvergleich bestätigt sich das gute Abschneiden der „Healing Response“-Patienten im Lysholm-Score (Tabelle 36). In beiden Studien von STEADMAN et al. (2002, 2006) bewerteten sowohl junge als auch ältere Patienten nach erfolgter „Healing Response“ Operation ihre Kniefunktion im Lysholm-Score als „sehr gut“. Auch in diesen Studien fiel auf, dass ein Großteil der Patienten zwei Jahre postoperativ über keinerlei Schmerzen oder Instabilitätsgefühle ihres operierten Knies klagten.

	Teilnehmer	Follow up time (Minimum/Ø) Monate	Alter (Ø)	BGV mit eingeschlossen	Lysholm- Score
Steadman et al. 2006	10	26 / 69	13	nein	96
Steadman et al. 2002	122	24 / 41	50	nein	94
Koopmann 2007	50	8 / 22	35,4	ja	87
Gemittelt					92

▲ Tabelle 36: Literaturvergleich Lysholm-Score nach „Healing Response“

Das Ergebnis der „Kreuzbandplastik“-Gruppe fällt im Literaturvergleich leicht unterdurchschnittlich aus (Tabelle 37), wobei einschränkend zu berücksichtigen ist, ob Patienten mit Begleitverletzungen in die Studien mit eingeschlossen worden sind oder nicht. Knorpel- oder Meniskusschäden können trotz guter operativer Versorgung der Kreuzbandverletzung Ursache für noch verbliebene Schmerzen oder Instabilitätsgefühle sein und sich somit auch in einer geringeren Gesamtpunktzahl im Lysholm-Score widerspiegeln. Zudem können sich Symptome wie z.B. Knieschmerzen über einen längeren Zeitraum zurückbilden, so dass auch der Nachuntersuchungszeitpunkt bei der Beurteilung des Lysholm-Scores eine Rolle spielt.

	Teilnehmer	Follow up time (Minimum/Ø) Monate	Alter (Ø)	BGV mit eingeschlossen	Lysholm- Score
Gobbi et al. 2003	80	24 / 36	28	teils	91
Lee et al. 2008	64	60 / -	24,8	ja	85,2
Buchner et al. 2007	70	72 / 76	34,3	teils	83,6
Koopmann 2007	50	9 / 22	34,2	ja	78
Gemittelt					84

▲ Tabelle 37: Literaturvergleich Lysholm-Score nach Kreuzbandplastik

Insgesamt bestätigt sich in dieser Studie der Trend, dass die Patienten nach operativer Versorgung mittels „Healing Response“ eine höhere Gesamtpunktzahl im Lysholm-Score erreichen können und somit auch ihre Kniefunktion besser bewerten als die „Kreuzbandplastik“-Patienten.

Besonders deutlich wurde dies bei der Fragestellung, wie die Patienten zum Nachuntersuchungszeitpunkt ihre Kniefunktion in Kategorien von „Normal“ bis „Stark abnormal“ einschätzen würden. In der „Kreuzbandplastik“-Gruppe bewerteten 14% der Patienten ihr Knie wieder als „normal“ (Abb.24 S.47), die meisten Patienten stuften ihren Befund als „fast normal“ ein (72%). Dieses Ergebnis erscheint unter dem in der Fachwelt anerkannten Gesichtspunkt, dass eine Restitutio ad integrum nach Kreuzbandplastik meist nicht möglich ist (RUPP und KOHN, 2002), primär als zufriedenstellend. Betrachtet man allerdings die Auswertung im „Healing Response“-Kollektiv, in dem fast die Hälfte der Patienten ihre Kniefunktion als wieder völlig „normal“ beschrieben, zeigt sich der Stellenwert dieser neuen Methode. Die wesentlichen Faktoren, die in dieser Studie Einfluss auf die subjektive Einschätzung der Patienten hatten, waren „Schmerz“, „Stabilität“ und „Sensibilität“. In allen drei Kategorien schnitten die „Healing Response“-Patienten besser ab als die Vergleichsgruppe.

Dieser Unterschied zwischen den beiden Operationsmethoden im Hinblick auf die subjektive Bewertung der Kniefunktion spiegelt sich in den klinischen Befunden, wie eingangs schon beschrieben, nicht wider. Das liegt ganz wesentlich daran, dass besonders die Punkte „Schmerz“ und „Sensibilität“ im IKDC 2000 nicht mitevaluiert werden und somit auch keinen Einfluss auf die klinische Begutachtung der Patienten hatten.

Festzuhalten bleibt: Eines der wichtigsten Ergebnisse dieser Studie ist, dass die „Healing Response“ Methode bei der Versorgung einer vorderen Kreuzbandruptur subjektiv von den Patienten als angenehmer und vor allem effizienter angesehen wird als die Versorgung durch eine Kreuzbandplastik. In Zeiten steigender Anspruchshaltung der Patienten, im Hinblick auf persönliche Zufriedenheit, Schmerz und Stabilität, stellt die „Healing Response“ Methode eine sehr beachtenswerte Alternative dar.

Zusammenfassung

Im Rahmen der vorliegenden Studie wurden zwei arthroskopische Operationsverfahren zur Behandlung einer vorderen Kreuzbandruptur miteinander verglichen: Zum einen die standardmäßige Kreuzbandplastik (KBP) in Semitendinosus-Quadrupel Technik (femoral Suture-Plate[®] Fixierung, tibial Interferenzschraube) und zum anderen die noch relativ neue und innovative „Healing Response“ Methode (HR), die ein natürliches Wiedereinheilen des vorderen Kreuzbands nach Stammzellenstimulation zulässt.

Methodik: 50 HR-Patienten (Durchschnittsalter 35,4 Jahre), die in den Jahren 2004-2006 im Franziskus Krankenhaus Linz am Rhein am vorderen Kreuzband operiert worden sind, konnten im Schnitt 2 Jahre (8-44 Monate) nach erfolgter Operation nachuntersucht werden.

Als Vergleichsgruppe dienten 50 zufällig ausgewählte Patienten (Durchschnittsalter 34,2 Jahre), die in der gleichen Klinik, im gleichen Zeitraum, mit einer vorderen Kreuzbandplastik in Semitendinosus-Quadruple Technik versorgt worden waren.

Die Ergebnisse beider Kollektive wurden anhand des Lysholm-, Tegner-Aktivitäts- und IKDC 2000-Scores verglichen. Die instrumentelle Stabilitätsmessung erfolgte mit dem Rolimeter[®]. Level of evidence: III

Ergebnisse: Im Lysholm-Score erreichten die KBP-Patienten durchschnittlich 78 Punkte (+/- 19 Punkte), im HR-Kollektiv lag der Mittelwert bei 87 Punkten (+/- 13 Punkte), die Ergebnisse in den Kategorien „Instabilität“, „Schmerzen“ und „Hinhocken“ waren hier signifikant besser ($p < 0,05$). Im Tegner-Aktivitäts-Score erreichten 74% der HR-Patienten wieder ihr ursprüngliches Belastungsniveau (im KBP-Kollektiv nur 40%). Die Rehabilitationszeit fiel im HR-Kollektiv mit 4,7 Monaten (+/- 9 Wochen) deutlich kürzer aus als in der Vergleichsgruppe (7,2 Monate, +/- 16 Wochen). Im IKDC 2000-Score erreichten in beiden Kollektiven über 90% der Patienten ein „normales“ bzw. „fast normales“ Ergebnis. Die Rolimetermessung ergab in der HR-Gruppe eine durchschnittliche Side-to-Side Differenz von 1,3 mm, im KBP-Kollektiv von 1,7mm. 44% der HR-Patienten bewerteten ihre Kniefunktion als wieder völlig normal, in der KBP-Gruppe waren es nur 14%.

Schlussfolgerung: Die Studie konnte zeigen, dass die „Healing Response“ Methode ähnlich wie das Standardverfahren eine sehr gute klinische Versorgung der Patienten nach vorderer Kreuzbandruptur gewährleistet. Voraussetzung ist allerdings, dass das vordere Kreuzband nach „Healing Response“ Behandlung wieder an anatomischer Stelle anwächst (arthroskopisch kontrollierte Erfolgsquote bei 85%). Im Vergleich der beiden Operationsverfahren profitieren die Patienten mit „Healing Response“ Behandlung erheblich von dem geringen intraoperativen Trauma: Es zeigen sich weniger Schmerzen, Instabilitäten und Sensibilitätsstörungen im postoperativen Verlauf, die Patienten benötigen dank erhaltener Propriozeption nur eine relativ kurze Rehabilitationsphase und können größtenteils ihr ursprüngliches Belastungsniveau wieder erreichen. Insgesamt beurteilen die Patienten das Verfahren als sehr effektiv. In Zeiten steigender Anspruchshaltung stellt die „Healing Response“ Methode daher eine sehr beachtenswerte Alternative zu den bisherigen Standardverfahren dar. Weitere Studien mit größeren Patientenzahlen und längeren Untersuchungszeiträumen sollten den Stellenwert dieser neuen Operationstechnik erhärten.

Anhang

► Anschreiben an die „Healing Response“-Patientengruppe



Franziskus Krankenhaus Linz • Chir. Abteilung • 53545 Linz

Frau
xxxxxx
xxxxxxxx

xxxxxxxxxx

Chirurgische Abteilung

Prof. h. c. Dr. med. D. Altmann
Ärztlicher Direktor

Magdalena-Daemen-Str. 20
53545 Linz/Rh.

Telefon: 0 26 44/55 1

e-mail:
d.altmann@krankenhaus-linz.de

Linz, den 23.07.2007

Sehr geehrte Frau xxxxxx!

Sie sind mit der sogenannten „Healing Response“ Technik im Jahr ... in unserem Haus am Kreuzband operiert worden. Dieses hochmoderne Verfahren erlaubt erstmals ein natürliches Wiedereinheilen des verletzten Kreuzbands in die Abrissstelle.

Die Ergebnisse haben in der Praxis gezeigt, dass die Methode zu einem deutlich schnelleren Heilungserfolg führt als herkömmliche Operationstechniken. Wir beabsichtigen deshalb, im Rahmen einer wissenschaftlichen Arbeit, in Zusammenarbeit mit der Universität Bonn, die Ergebnisse umfangreich zu prüfen, zu dokumentieren und zu veröffentlichen. Wir würden uns sehr freuen, wenn Sie unsere Studie unterstützen und sich im Zeitraum vom

1.- 30. September 2007

zur Nachuntersuchung im Franziskus Krankenhaus vorstellen, damit in Zukunft auch anderen Patienten die Methode zugute kommen kann.

Die Untersuchung beinhaltet verschiedene Stabilitätsprüfungen Ihres Bandapparats sowie eine detaillierte Befragung zum postoperativen Verlauf und zu Ihrer Rehabilitation und ist für Sie selbstverständlich kostenlos.

Zur genauen Terminabsprache werden wir Sie in der nächsten Woche anrufen. Wir danken Ihnen bereits im Voraus für Ihre Bereitschaft!

Mit freundlichen Grüßen
Ihr

Prof. h.c. Dr. med. Dieter Altmann

Cand. med. Christoph Koopmann

► Anschreiben an die „Kreuzbandplastik“-Patientengruppe



**Franziskus
Krankenhaus
Linz / Rhein**

Chirurgische Abteilung

**Prof. h. c. Dr. med. D. Altmann
Ärztlicher Direktor**

Franziskus Krankenhaus Linz • Chir. Abteilung • 53545 Linz

Frau

XXXXXX

XXXXXXXXXX

XXXXXXXXXXXX

Magdalena-Daemen-Str. 20

53545 Linz/Rh.

Telefon: 0 26 44/55 1

e-mail:

d.altmann@krankenhaus-linz.de

Linz, den 23.07.2007

Sehr geehrte Frau xxxxxx!

Sie sind im Jahr in unserem Haus am Kreuzband operiert worden. Dabei ist Ihr Kreuzband mit einer sogenannten Kreuzbandplastik rekonstruiert worden.

Zur operativen Versorgung von Kreuzbandverletzungen gibt es verschiedene Methoden, die wir seit vielen Jahren erfolgreich in unserer Fachabteilung anwenden.

Im Rahmen einer wissenschaftlichen Arbeit, in Zusammenarbeit mit der Universität Bonn, prüfen wir zurzeit unsere operativen Ergebnisse, um die Techniken zum Kreuzbandersatz weiterzuentwickeln, damit in Zukunft auch anderen Patienten eine optimale Versorgung zugute kommen kann.

Wir würden uns sehr freuen, wenn Sie unsere Studie unterstützen und sich im Zeitraum vom

1.- 30. September 2007

zur Nachuntersuchung im Franziskus Krankenhaus vorstellen.

Die Untersuchung beinhaltet verschiedene Stabilitätsprüfungen Ihres Bandapparats sowie eine detaillierte Befragung zum postoperativen Verlauf und zu Ihrer Rehabilitation und ist für Sie selbstverständlich kostenlos.

Zur genauen Terminabsprache werden wir Sie in der nächsten Woche anrufen.

Wir danken Ihnen bereits im Voraus für Ihre Bereitschaft!

Mit freundlichen Grüßen

Ihr

Prof. h.c. Dr. med. Dieter Altmann

Cand. med. Christoph Koopmann

► Fragebogen 1 – Lysholm-Score



Franziskus
Krankenhaus
Linz / Rhein

Fragebogen Nr. 1 - Lysholm-Score -



universitäts
klinikum **bonn**

1. Verspüren Sie eine Instabilität in Ihrem operierten Knie ?

- Keine Instabilität
- Selten beim Sport oder schwerer Anstrengung
- Häufig beim Sport oder schwerer Anstrengung
- Gelegentlich bei alltäglicher Belastung
- Häufig bei alltäglicher Belastung
- Bei jedem Schritt

2. Verspüren Sie Schmerzen in Ihrem operierten Knie ?

- Keine
- Gelegentlich und leicht bei schwerer Anstrengung
- Stark bei unvollständiger Verrenkung (Subluxation) oder Instabilität
- Stark bei starker Anstrengung
- Stark bei oder nach 2 km Gehen
- Stark bei oder nach weniger als 2 km Gehen
- Ständig

3. Haben Sie Schwellungen an Ihrem operierten Knie ?

- Keine
- Bei unvollständiger Verrenkung (Subluxation) oder Instabilität
- Bei schwerer Anstrengung
- Bei normaler Anstrengung
- Ständig

4. Können Sie Treppen steigen ?

- Problemlos
- Mit leichter Behinderung
- Nur einzelne Stufen
- Unmöglich

5. Können Sie sich Hinhocken ?

- Problemlos
- Mit leichter Behinderung
- Nicht über 90°
- Unmöglich

6. Müssen Sie beim Gehen hinken ?

-
- Kein Hinken
-
-
- Gelegentlich oder leicht
-
-
- Schwer und ständig

7. Müssen Sie Gehhilfen benutzen ?

-
- Keine
-
-
- Stock oder Stütze
-
-
- Keine Belastung möglich

Wird gleich vom Untersucher ausgefüllt:

8. Oberschenkelatrophie operierte Beinseite ?

Messung bei	Gesunde Seite	Operierte Seite
0 cm (Kniescheibe)		
10 cm		
20 cm		

-
- Keine Atrophie
-
-
- 1-2 cm Atrophie
-
-
- Mehr als 2 cm Differenz

► Fragebogen 2 – Tegner-Score

	Franziskus Krankenhaus Linz / Rhein	Fragebogen Nr. 2 - Tegner-Score -		
Bitte kreuzen Sie das für Sie entsprechende Aktivitätsniveau <u>vor</u> Ihrer Verletzung bzw. <u>zum jetzigen Zeitpunkt</u> an:				
Aktivitäts- niveau	Art der Aktivität	Vor Unfall	Zur Zeit	
10	Nationale und internationale Turniere: Fußball, Turnen, Hallen-Ballsport <u>mit</u> Gegnerkontakt z.B. Handball, Basketball			
9	Nationale und internationale Turniere: Abfahrtslauf, Eishockey, Hallenballsport <u>ohne</u> Gegnerkontakt z.B. Squash, Badminton Regionaler Turniersport: Fußball, Hallenballsport <u>mit</u> Gegnerkontakt z.B. Handball, Basketball			
8	Turniersport: Abfahrtslauf, Eishockey, Hallen-Ballsport <u>ohne</u> Gegnerkontakt z.B. Squash, Badminton			
7	Turniersport: Tennis, Turnen, Ringen, Leichtathletik Freizeitsport: Fußball, Hallen-Ballsport, Querfeldeinlauf, Abfahrtslauf			
6	Freizeitsport: Tennis, Badminton, Abfahrtsski, Leichtathletik, Turnen, Jogging mindestens 5 mal wöchentlich			
5	Arbeit: schwere körperliche Arbeit (z.B. Bauarbeit, Waldarbeit) Turniersport: Radfahren, Skilanglauf, Rudern Freizeitsport: Jogging auf unebenem Boden 2 mal wöchentlich			
4	Arbeit: mittelschwere körperliche Arbeit (z.B. LKW-Fahrer, Bodenreinigung) Freizeitsport: Radfahren, Langlauf, Joggen auf ebenem Boden 2 mal wöchentlich			
3	Arbeit: leichte körperliche Arbeit (z.B. Verkäufer) Turnier- und Freizeitsport: Schwimmen, Waldspaziergänge			
2	Arbeit: Überwiegend stehende, leichte Tätigkeit Gehen auf <u>unebenem</u> Boden aber <u>nicht</u> im Wald			
1	Arbeit: Sitzende Tätigkeit Gehen auf <u>ebenem</u> Boden			
0	Krank geschrieben oder Frührente aufgrund von Knieproblemen			

► Fragebogen 3 – Subjektive Zustandsbeurteilung / Rehabilitationsverlauf



Franziskus
Krankenhaus
Linz / Rhein

Fragebogen Nr. 3



1. Wie kam es zu der Verletzung an Ihrem Knie?

- Beruf
- Freizeit, aber kein Sport
- Sport welcher:.....
- Sonstiges:

2. Welcher Verletzungsmechanismus lag zu Grunde?

- Rotation mit Körperkontakt ohne Körperkontakt
- Scherbewegung mit Körperkontakt ohne Körperkontakt
- Direkte Gewalteinwirkung
(z.B. Schlag od. Zusammenstoß) von innen von außen
- Überstreckung
- Überbeugung
- Sonstiger:.....

3. Gibt es Schäden an Ihrem anderen Knie?

- Nein
- Ja welche:.....

4. Gibt es Sensibilitätsstörungen im Bereich Ihres operierten Knies?

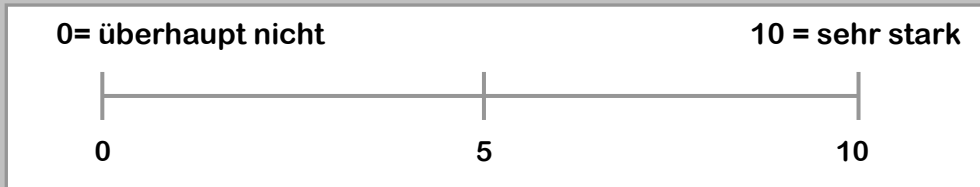
- Im Bereich der Narben
- Nur oberhalb des Knies
- Nur unterhalb des Knies
- Im seitlichen Kniebereich außen innen
- Am gesamten Knie
- Sonstige
- Es gibt keine Sensibilitätsstörungen

5. Wie lange war Ihr Krankenhausaufenthalt?

- Ambulanter Eingriff – nach Operation direkt nach Hause
- Eine Nacht
-Tage
- Sonstiges:.....

Folgende Frage bitte nur ausfüllen, wenn Sie nach Ihrer Operation eine Schiene tragen mussten:

6. Wie stark hat Sie das Tragen der Schiene beeinträchtigt?



7. Wie lange waren Sie in krankengymnastischer / physiotherapeutischer Behandlung?

- Wochen je Wochenstunden
- Die krankengymnastische Behandlung ist noch nicht abgeschlossen
- Ich war nie in krankengymnastischer Behandlung

8. Kam es nach der OP zu einer frühzeitigen od. unsachgemäßen Belastung?

- Auf's Knie gefallen
- Stark angestoßen
- Weggerutscht
- Jemand gegengetreten
- Trotz Schiene Beugung des Knies
- Sonstiges:.....
- Es kam zu keiner frühzeitigen oder unsachgemäßen Belastung

9. Nach wievielen Wochen haben Sie Ihr operiertes Bein wieder normal belasten können? (normales Umhergehen / Autofahren / Einkaufen...etc.)

- Wochen
- Ich kann mein Bein nicht normal belasten

10. Nach wievielen Wochen haben Sie Ihr ursprüngliches Belastungsniveau wieder erreicht? (Sport / starke Belastungen etc.)

- Wochen
- Ich habe mein ursprüngliches Belastungsniveau nicht wieder erreicht

11. Wie schwierig sind aufgrund Ihres Knies die folgenden Aktivitäten für Sie?

	Überhaupt nicht schwierig	Minimal schwierig	Ziemlich schwierig	Extrem schwierig	Unmöglich
Treppen steigen					
Treppe hinuntergehen					
Knien					
Hockstellung					
Normal sitzen					
Vom Stuhl aufstehen					
Geradeaus laufen					
Hochspringen und auf dem betroffenen Bein landen					
Beim Gehen (bzw. Laufen, wenn Sie Sportler/in sind) schnell anhalten und starten					

12. Wie funktionierte Ihr Knie vor der Verletzung bzw. wie funktioniert es jetzt?

	Vor der Verletzung	Jetzige Funktion
Normal		
Fast normal		
Abnormal		
Stark abnormal		



13. Welche Gesamtnote würden Sie der Behandlung Ihrer Kreuzbandverletzung geben?

1= sehr gut

10 = sehr schlecht



► Klinischer Untersuchungsbogen – IKDC 2000-Evaluationsbogen

	Studie zur Kreuzbandchirurgie - IKDC 2000-Evaluationsbogen -				
Name:					
Beinachse: <input type="checkbox"/> eindeutig varus <input type="checkbox"/> normal <input type="checkbox"/> eindeutig valgus					
Bewegungsmaß (Neutralnullmethode: Streckung / 0 / Beugung)					
Betroffene Seite: passiv ___ / ___ / ___ aktiv ___ / ___ / ___ Gesunde Seite: passiv ___ / ___ / ___ aktiv ___ / ___ / ___					
Lachmantest (25° Beugung) mit Aircast - Rolimeter®		Betroffene Seite: ___ mm Gesunde Seite: ___ mm			
	Normal A	Fast normal B	Abnormal C	Deutlich Abnormal D	Gruppengrad A B C D
1. Erguß	<input type="checkbox"/> Kein	<input type="checkbox"/> Leicht	<input type="checkbox"/> Mäßig	<input type="checkbox"/> Deutlich	}
2. Passives Bewegungsdefizit					}
Streckdefizit	<input type="checkbox"/> < 3°	<input type="checkbox"/> 3-5°	<input type="checkbox"/> 6-10°	<input type="checkbox"/> >10°	
Beugedefizit	<input type="checkbox"/> ≤ 5°	<input type="checkbox"/> 6-15°	<input type="checkbox"/> 16-25°	<input type="checkbox"/> >25°	
3. Ligamentuntersuchung					}
Lachmantest manuell (25° Beugung)	<input type="checkbox"/> -1-2 mm	<input type="checkbox"/> 3-5 mm	<input type="checkbox"/> 6-10 mm	<input type="checkbox"/> >10 mm	
Vorderer Endpunkt	<input type="checkbox"/> Fest		<input type="checkbox"/> Unsicher		
Vordere Schublade (70°)	<input type="checkbox"/> 0-2 mm	<input type="checkbox"/> 3-5 mm	<input type="checkbox"/> 6-10 mm	<input type="checkbox"/> >10 mm	
Hintere Schublade (70°)	<input type="checkbox"/> 0-2 mm	<input type="checkbox"/> 3-5 mm	<input type="checkbox"/> 6-10 mm	<input type="checkbox"/> >10 mm	
Valgusstress	<input type="checkbox"/> 0-2 mm	<input type="checkbox"/> 3-5 mm	<input type="checkbox"/> 6-10 mm	<input type="checkbox"/> >10 mm	
Varusstress	<input type="checkbox"/> 0-2 mm	<input type="checkbox"/> 3-5 mm	<input type="checkbox"/> 6-10 mm	<input type="checkbox"/> >10 mm	
Außenrotationstest (30°)	<input type="checkbox"/> < 5°	<input type="checkbox"/> 6-10°	<input type="checkbox"/> 11-19°	<input type="checkbox"/> >20°	
Außenrotationstest (90°)	<input type="checkbox"/> < 5°	<input type="checkbox"/> 6-10°	<input type="checkbox"/> 11-19°	<input type="checkbox"/> >20°	
Pivot Shift	<input type="checkbox"/> Gleich	<input type="checkbox"/> + (Gleiten)	<input type="checkbox"/> ++ (Dumpf)	<input type="checkbox"/> +++ (Laut)	
Reverse Pivot Shift	<input type="checkbox"/> Gleich	<input type="checkbox"/> Gleiten	<input type="checkbox"/> Stark	<input type="checkbox"/> Ausgeprägt	
4. Kompartimentbefunde					
Krepitation anterior (PF)	<input type="checkbox"/> Kein	<input type="checkbox"/> Mäßig	Krepitation mit <input type="checkbox"/> leichtem Schmerz	Krepitation mit <input type="checkbox"/> > leichtem Schmerz	
Krepitation mediales Komp.	<input type="checkbox"/> Kein	<input type="checkbox"/> Mäßig	<input type="checkbox"/> leichtem Schmerz	<input type="checkbox"/> > leichtem Schmerz	
Krepitation laterales Komp.	<input type="checkbox"/> Kein	<input type="checkbox"/> Mäßig	<input type="checkbox"/> leichtem Schmerz	<input type="checkbox"/> > leichtem Schmerz	
5. Transplantatentnahmemorbidity	<input type="checkbox"/> Kein	<input type="checkbox"/> Gering	<input type="checkbox"/> Mäßig	<input type="checkbox"/> Deutlich	
6. Röntgenbefund					
Medialer Gelenkspalt	<input type="checkbox"/> Kein	<input type="checkbox"/> Gering	<input type="checkbox"/> Mäßig	<input type="checkbox"/> Deutlich	
Lateraler Gelenkspalt	<input type="checkbox"/> Kein	<input type="checkbox"/> Gering	<input type="checkbox"/> Mäßig	<input type="checkbox"/> Deutlich	
Femoropatellar-Gelenk	<input type="checkbox"/> Kein	<input type="checkbox"/> Gering	<input type="checkbox"/> Mäßig	<input type="checkbox"/> Deutlich	
Vorderer Gelenkspalt (sagittal)	<input type="checkbox"/> Kein	<input type="checkbox"/> Gering	<input type="checkbox"/> Mäßig	<input type="checkbox"/> Deutlich	
Hintere Gelenkspalt (sagittal)	<input type="checkbox"/> Kein	<input type="checkbox"/> Gering	<input type="checkbox"/> Mäßig	<input type="checkbox"/> Deutlich	
7. Funktionstest					
Hüpfen auf einem Bein (in % der gegenüberliegenden Seite)	<input type="checkbox"/> ≥ 90%	<input type="checkbox"/> 89-76 %	<input type="checkbox"/> 75-50 %	<input type="checkbox"/> < 50 %	
Abschlussbeurteilung					

Abbildungsverzeichnis

- ▶ Abb.1: Proximal abgerissenes vorderes Kreuzband als Indikation für die „Healing Response“ Behandlung
aus dem Franziskus Krankenhaus Linz am Rhein – Prof. h.c. Dr. Altmann 2007
- ▶ Abb.2a: „Healing Response“ Methode: Anlegen der Kortikalisperforationen mit dem Chondropik
aus Orthop Technol Rev 2002; 3:3 – Healing-Response Treatment for ACL Injuries – Steadman JR, Cameron-Donaldson ML, Briggs KK, Rodkey WG.
- ▶ Abb.2b: Abschlussbild nach erfolgter „Healing Response“ Operation
aus dem Franziskus Krankenhaus Linz am Rhein – Prof. h.c. Dr. Altmann 2007
- ▶ Abb.3a: Proximaler vorderer Kreuzbandabriss (MRT – Sagittalschnitt)
aus der radiologischen Praxis Dr. Bernd Sommer – 53604 Bad Honnef – Dr. Bernd Sommer 2008
- ▶ Abb.3b: Angewachsenes vorderes Kreuzband 2 Monate nach erfolgter „Healing Response“ Operation. Gleicher Patient wie in Abb.3a (MRT – Sagittalschnitt)
aus der radiologischen Praxis Dr. Bernd Sommer – 53604 Bad Honnef – Dr. Bernd Sommer 2008
- ▶ Abb.3c: Angewachsenes vorderes Kreuzband 2 Monate nach erfolgter „Healing Response“ Operation. Gleicher Patient wie in Abb.3a (MRT – spezieller Koronarschnitt)
aus der radiologischen Praxis Dr. Bernd Sommer – 53604 Bad Honnef – Dr. Bernd Sommer 2008
- ▶ Abb.4a: Leichenpräparat Pes anserinus Sehnen
von www.bbraun.de - Position ACL – System zur Rekonstruktion des vorderen Kreuzbands Operationsanleitung - Firma B|Braun 2009
- ▶ Abb.4b: Frei präparierte und angeschlungene STS
von www.arthrex.com - Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Using TransFix® - Eugene M. Wolf, M.D 2007
- ▶ Abb.4c: Entnahme STS mittels Sehnen-Stripper
von www.arthrex.com - Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Using TransFix® - Eugene M. Wolf, M.D 2007
- ▶ Abb.5: Zielgerät tibialer Bohrkanal
von www.bbraun.de - Position ACL – System zur Rekonstruktion des vorderen Kreuzbands Operationsanleitung - Firma B|Braun 2009
- ▶ Abb.6: Femorale Bohrkanäle
von www.bbraun.de - Position ACL – System zur Rekonstruktion des vorderen Kreuzbands Operationsanleitung - Firma B|Braun 2009
- ▶ Abb.7: Kreuzbandtransplantat mit Suture-Plate®
von www.bbraun.de - Position ACL – System zur Rekonstruktion des vorderen Kreuzbands Operationsanleitung - Firma B|Braun 2009

- ▶ Abb.8a: Einziehen des Transplantats – Verankerung der Suture-Plate®
von www.bbraun.de - Position ACL – System zur Rekonstruktion des vorderen Kreuzbands Operationsanleitung - Firma BJBraun 2009
- ▶ Abb.8b: Verankerte Kreuzbandplastik in den Bohrkanälen
von www.bbraun.de - Position ACL – System zur Rekonstruktion des vorderen Kreuzbands Operationsanleitung - Firma BJBraun 2009
- ▶ Abb.9a: Eingezogene Kreuzbandplastik – vierfach gefaltete STS
aus dem Franziskus Krankenhaus Linz am Rhein – Prof. h.c. Dr. Altmann 2008
- ▶ Abb.9b: Vordere Kreuzbandplastik (MRT – Sagittalschnitt)
aus der radiologischen Praxis Dr. Bernd Sommer – 53604 Bad Honnef – Dr. Bernd Sommer 2008
- ▶ Abb.10: Lysholm-Score: Kriteriengewichtung
aus Am J Sports Med 1982; 10(3): 150-154 – Evaluation of knee ligament surgery results with special emphasis on use of a scoring scale – Lysholm J, Gillquist J.
Graphische Bearbeitung: Christoph Koopmann
- ▶ Abb.11: Rolimeter® – Fa Aircast
von www.aircast.com - Operator's Manual – Firma Aircast 2002
- ▶ Abb.12: Rolimeter® in der Anwendung
aus dem Franziskus Krankenhaus Linz am Rhein – Christoph Koopmann 2007
- ▶ Abb.13: Ablauf Rolimeter-Messung (1)
von www.medical-illustrations.ca – Tim Fedak 2008
- ▶ Abb.14: Ablauf Rolimeter-Messung (2)
von www.medical-illustrations.ca – Tim Fedak 2008
- ▶ Abb.15: Lysholm-Score: Gesamtpunktzahl je Patientenkollektiv
von Christoph Koopmann 2009
- ▶ Abb.16: Lysholm-Score: Gesamtpunktzahl je Patientenkollektiv in Gruppen eingeteilt
von Christoph Koopmann 2009
- ▶ Abb.17: Tegner-Aktivitäts-Score vor der Verletzung bzw. zum Nachuntersuchungszeitpunkt
von Christoph Koopmann 2009
- ▶ Abb.18: Tegner-Aktivitäts-Score: Differenz vor OP / Nachuntersuchung je Patientenkollektiv
von Christoph Koopmann 2009
- ▶ Abb.19: Tegner-Aktivitäts-Score: Ursprüngliches Belastungsniveau wieder erreicht ja/nein
von Christoph Koopmann 2009
- ▶ Abb.20: Verletzungsursachen für die vordere Kreuzbandruptur
von Christoph Koopmann 2009
- ▶ Abb.21: Behinderung durch Mecron®-Schiene
von Christoph Koopmann 2009
- ▶ Abb.22: Absolvierte Krankengymnastikstunden insgesamt
von Christoph Koopmann 2009

- ▶ Abb.23: Zeiträume, in denen die normale bzw. ursprüngliche / sportliche Belastung wieder erreicht worden ist
von Christoph Koopmann 2009
- ▶ Abb.24: Subjektive Kniefunktion vor der Verletzung bzw. zum Nachuntersuchungszeitraum
von Christoph Koopmann 2009
- ▶ Abb.25: Subjektive Abschlussbenotung der Gesamtbehandlung
von Christoph Koopmann 2009
- ▶ Abb.26: Abschlussbewertung IKDC-EB operierte Knieseite
von Christoph Koopmann 2009
- ▶ Abb.27: IKDC-EB: Beidseitiges Bewegungsausmaß bei passiver und aktiver Beugung
von Christoph Koopmann 2009
- ▶ Abb.28: „Healing Response“-Kollektiv: Subjektive Abschlussbewertung des operierten Knies im Vergleich zur klinischen Abschlussbewertung im IKDC-EB
von Christoph Koopmann 2009
- ▶ Abb.29: „Kreuzbandplastik“-Kollektiv: Subjektive Abschlussbewertung des operierten Knies im Vergleich zur klinischen Abschlussbewertung im IKDC-EB
von Christoph Koopmann 2009

Literaturverzeichnis

- (1) **Altman GH, Horan RL, Martin I, Farhadi J, Stark PR, Volloch V, Richmond JC, Vunjak-Novakovic G, Kaplan DL.** Cell differentiation by mechanical stress. *Faseb J* 2002; 16: 270-272
- (2) **Altmann D.** Operativer Standard bei frischen Kreuzbandverletzungen – Healing-Response – eine moderne Alternative? *Trauma Berufskrankh* 2006; 8: 150-154
- (3) **Asik M, Sen C, Tuncay I, Erdil M, Avci C, Taser OF.** The mid- to long-term results of the anterior cruciate ligament reconstruction with hamstring tendons using Transfix technique. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2007; 15: 965-972
- (4) **Bach BR Jr, Warren RF, Flynn WM, Kroll M, Wickiewicz TL.** Arthrometric evaluation of knees that have a torn anterior cruciate ligament. *J Bone Joint Surg Am* 1990; 72: 1299-1306
- (5) **Balasz H, Schiller M, Friebel H, Hoffmann F.** Evaluation of anterior knee joint instability with the Rolimeter. A test in comparison with manual assessment and measuring with the KT-1000 arthrometer. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 1999; 7: 204-208
- (6) **Barrack RL, Lund PJ, Munn BG, Wink C, Happel L.** Evidence of reinnervation of free patellar tendon autograft used for anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med* 1997; 25: 196-202
- (7) **Barrett DS.** Proprioception and function after anterior cruciate reconstruction. *J Bone Joint Surg Br* 1991; 73: 833-837
- (8) **Becker R, Röpke M, Nebelung W.** Die vordere Kreuzbandplastik - Transplantatwahl und Verankerungstechniken. *Zentralbl Chir* 2002; 127: 842-849
- (9) **Benedetto KP.** Der "Gold-Standard" beim Kreuzbandersatz. *Chirurg* 1995; 66: 1061-1070
- (10) **Bennett JH, Joyner CJ, Triffitt JT, Owen ME.** Adipocytic cells cultured from marrow have osteogenic potential. *J Cell Sci* 1991; 99: 131-139
- (11) **Brückner H.** Eine neue Methode der Kreuzbandplastik. *Chirurg* 1966; 37: 413-414
- (12) **Buchmann S, Musahl V, Imhoff AB, Brucker PU.** Allografts for cruciate ligament reconstruction. *Orthopade* 2008; 37: 772-778
- (13) **Buchner M, Schmeer T, Schmitt H.** Anterior cruciate ligament reconstruction with quadrupled semitendinosus tendon - minimum 6 year clinical and radiological follow-up. *Knee* 2007; 14: 321-327
- (14) **Burger C, Prokop A, Andermahr J, Jubel A, Rehm KE.** 100 Jahre Kreuzbandchirurgie: Die Beantwortung der wichtigsten Fragen in der Literatur der 90er Jahre. *Akt Traumatol* 2000; 30: 73-87

- (15) **Button K, van Deursen R, Price P.** Measurement of functional recovery in individuals with acute anterior cruciate ligament rupture. *Br J Sports Med* 2005; 39: 866-871
- (16) **Carey JL, Huffman GR, Parekh SG, Sennett BJ.** Outcomes of anterior cruciate ligament injuries to running backs and wide receivers in the National Football League. *Am J Sports Med* 2006; 34: 1911-1917
- (17) **Chouteau J, Laptiou D, Lerat JL, Moyen B.** Patellar fracture after anterior cruciate ligament reconstruction using a bone patellar tendon bone transplant: a comparative study of two harvesting techniques. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot* 2008; 94: 561-565
- (18) **Cipolla M, Scala A, Gianni E, Puddu G.** Different patterns of meniscal tears in acute anterior cruciate ligament (ACL) ruptures and in chronic ACL-deficient knees. Classification, staging and timing of treatment. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 1995; 3: 130-134
- (19) **Colombet P, Allard M, Bousquet V, de Lavigne C, Flurin PH, Lachaud C.** Anterior cruciate ligament reconstruction using four-strand semitendinosus and gracilis tendon grafts and metal interference screw fixation. *Arthroscopy* 2002; 18: 232-237
- (20) **Cooley VJ, Deffner KT, Rosenberg TD.** Quadrupled semitendinosus anterior cruciate ligament reconstruction: 5-year results in patients without meniscus loss. *Arthroscopy* 2001; 17: 795-800
- (21) **Cosgarea AJ, Sebastianelli WJ, DeHaven KE.** Prevention of arthrofibrosis after anterior cruciate ligament reconstruction using the central third patellar tendon autograft. *Am J Sports Med* 1995; 23: 87-92
- (22) **Cubbins WR.** Cruciate ligaments: A résumé of operative attacks and results obtained. *Am J Surg* 1939; 43: 481-485
- (23) **Dahlstedt L, Dalén N, Jonsson U.** Goretex prosthetic ligament vs. Kennedy ligament augmentation device in anterior cruciate ligament reconstruction. A prospective randomized 3-year follow-up of 41 cases. *Acta Orthop Scand* 1990; 61: 217-224
- (24) **Dandy DJ.** Arthroscopic surgery of the knee. *Br J Hosp Med* 1982; 27: 360, 362, 365
- (25) **Eberhardt C, Jäger A, Schwetlick G, Rauschmann MA.** Geschichte der Chirurgie des vorderen Kreuzbandes. *Orthopade* 2002; 31: 702-709
- (26) **Eriksson K, Anderberg P, Hamberg P, Löfgren AC, Bredenberg M, Westman I, Wredmark T.** A comparison of quadruple semitendinosus and patellar tendon grafts in reconstruction of the acl. *J Bone Joint Surg Br* 2001; 83: 348-354
- (27) **Essen von H, Südkamp NP.** Das Komplextrauma des Kniegelenks. Diagnostik und Therapie ligamentärer Verletzungen. *Unfallchirurg* 2003; 106: 398-411
- (28) **Fagelman M, Freedman KB.** Revision reconstruction of the anterior cruciate ligament: evaluation and management. *Am J Orthop* 2005; 34: 319-328

- (29) **Feagin J, Curl W.** Isolated tear of the anterior cruciate ligament. 5-years follow-up study. *Am J Sports Med* 1976; 4: 95-100
- (30) **Figueroa D, Calvo R, Vaisman A, Campero M, Moraga C.** Injury to the infrapatellar branch of the saphenous nerve in ACL reconstruction with the hamstrings technique: clinical and electrophysiological study. *Knee* 2008; 15: 360-363
- (31) **Fink C, Hoser C, Benedetto KP, Hackl W, Gabl M.** Langzeitergebnisse nach konservativer oder operativer Therapie der vorderen Kreuzbandruptur. *Unfallchirurg* 1996; 99: 964-969
- (32) **Frank CB, Jackson DW.** Current concepts review - the science of reconstruction of the anterior cruciate ligament. *J Bone Joint Surg Am* 1997; 79: 1556-157
- (33) **Franziskus Krankenhaus Linz am Rhein, 2008:** Vorderer Kreuzbandriss / Kreuzbandinsuffizienz <http://www.krankenhaus-linz.de/Fachbereiche/chirurgie/gelenkchirurgie.htm#kreuzbandriss>
(Zugriffsdatum 15.12.2008)
- (34) **Freedman KB, D'Amato MJ, Nedeff DD, Kaz A, Bach BR Jr.** Arthroscopic anterior cruciate ligament reconstruction: a metaanalysis comparing patellar tendon and hamstring tendon autografts. *Am J Sports Med* 2003; 31: 2-11
- (35) **Freiwald J, Engelhardt M, Reuter I, Konrad P, Gnewuch A.** Die nervöse Versorgung der Kniegelenke. *Wien Med Wochenschr* 1997; 147: 531-541
- (36) **Friemert B, V Lübken F, Schmidt R, Jouini C, Gerngross H.**
Der Einfluss einer aktiven Bewegungsschiene auf die Propriozeption nach vorderer Kreuzbandplastik - Eine prospektiv randomisierte Studie.
Unfallchirurg 2006; 109: 22-29
- (37) **Fu FH, Schulte KR.** Anterior cruciate ligament surgery 1996. State of the art? *Clin Orthop Relat Res* 1996; 325: 19-24
- (38) **Ganko A, Engebretsen L, Ozer H.** The rolimeter: a new arthrometer compared with the KT-1000. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2000; 8: 36-39
- (39) **Gobbi A, Tuy B, Mahajan S, Panuncialman I.** Quadrupled bone-semitendinosus anterior cruciate ligament reconstruction: a clinical investigation in a group of athletes. *Arthroscopy* 2003; 19: 691-699
- (40) **Goetjes H.** Über Verletzungen der Ligamenta cruciata des Kniegelenkes. *Dtsch Z Chir* 1913; 123: 221-289
- (41) **Goldblatt JP, Fitzsimmons SE, Balk E, Richmond JC.** Reconstruction of the anterior cruciate ligament: meta-analysis of patellar tendon versus hamstring tendon autograft. *Arthroscopy* 2005; 21: 791-803
- (42) **Grontvedt T, Engebretsen L, Benum P, Fasting O, Molster A, Strand T.** A prospective randomized study of three operations for acute rupture of the anterior cruciate ligament. Five-year follow-up of one hundred and thirty-one patients. *J Bone Joint Surg Am* 1996; 78:159-168

- (43) **Halata Z, Haus J.** The ultrastructure of sensory nerve endings in human anterior cruciate ligament. *Anat Embryol (Berl)* 1989; 179: 415-421
- (44) **Hamner DL, Brown CH Jr, Steiner ME, Hecker AT, Hayes WC.** Hamstring tendon grafts for reconstruction of the anterior cruciate ligament: biomechanical evaluation of the use of multiple strands and tensioning techniques. *J Bone Joint Surg Am* 1999; 81: 549-557
- (45) **Handl M, Držík M, Cerulli G, Povýsil C, Chlupík J, Varga F, Amler E, Trc T.** Reconstruction of the anterior cruciate ligament: dynamic strain evaluation of the graft. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2007; 15: 233-241
- (46) **Hanna AW, Pynsent PB, Learmonth DJ, Tubbs ON.** A new computer-based triage tool for patients with knee disorders. *Knee* 2000; 7: 79-86
- (47) **Hefti F, Müller W, Jakob RP, Stäubli HU.** Evaluation of knee ligament injuries with the IKDC form. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 1993; 1: 226-234
- (48) **Heijne A, Axelsson K, Werner S, Biguet G.** Rehabilitation and recovery after anterior cruciate ligament reconstruction: patients' experiences. *Scand J Med Sci Sports* 2008; 18: 325-335
- (49) **Herrington L, Wrapson C, Matthews M, Matthews H.** Anterior cruciate ligament reconstruction, hamstring versus bone-patella tendon-bone grafts: a systematic literature review of outcome from surgery. *Knee* 2005; 12: 41-50
- (50) **Hey-Groves EW.** Operation for repair of the crucial ligaments. *Lancet* 1917; 2: 674
- (51) **Höher J, Bach T, Klein J, Neugebauer E, Tiling T.** Wissenschaftliche Kriterien zur Beurteilung von Nachuntersuchungen nach vorderer Kreuzbandoperation. *Arthroskopie* 1994; 7: 208-214
- (52) **Höher J, Tiling T.** Differential transplant selection in cruciate ligament surgery. *Chirurg* 2000; 71: 1045-1054
- (53) **Irrgang JJ, Ho H, Harner CD, Fu FH.** Use of the International Knee Documentation Committee guidelines to assess outcome following anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 1998; 6: 107-114
- (54) **Jennings S, Rasquinha V, Dowd GS.** Medium term follow up of endoscopically assisted BPTB ACL reconstruction using a two-incision technique--return to sporting activity. *The Knee* 2003; 10: 329-333
- (55) **Jerosch J, Pfaff G, Thorwesten L, Schoppe R.** Effects of a proprioceptive training program on sensorimotor capacities of the lower extremity in patients with anterior cruciate ligament instability. *Sportverletz Sportschaden* 1998; 12: 121-130
- (56) **Jirasek A.** Über Knieverletzungen: Verletzungen der Kreuzbänder. *Dtsch Z Chir* 1932; 235: 484-522
- (57) **Kaplan N, Wickiewicz TL, Warren RF.** Primary surgical treatment of anterior cruciate ligament ruptures. A long-term follow-up study. *Am J Sports Med* 1990; 18: 354-358

- (58) **Kartus J, Ejerhed L, Eriksson BI, Karlsson J.** The localization of the infrapatellar nerves in the anterior knee region with special emphasis on central third patellar tendon harvest: a dissection study on cadaver and amputated specimens. *Arthroscopy* 1999; 15: 577-586
- (59) **Kennedy JC, Roth JH, Schmidt AA.** The ligament augmentation device (LAD) in the anterior cruciate ligament deficient knee. *Orthop Trans* 1980; 4: 403
- (60) **Kjaergaard J, Faunø LZ, Faunø P.** Sensibility loss after ACL reconstruction with hamstring graft. *Int J Sports Med* 2008; 29: 507-511
- (61) **Klein W, Jensen KU.** Synovitis and artificial ligaments. *Arthroscopy* 1992; 8: 116-124
- (62) **Knoch O.** (23.04.2005): Rekordverdächtige Genesung von Vadim Fedotov. <http://www.general-anzeiger-bonn.de/index.php?k=spor&itemid=10069&detailid=88697> (Zugriffsdatum 16.12.2008)
- (63) **Kondo E, Yasuda K, Azuma H, Tanabe Y, Yagi T.** Prospective clinical comparisons of anatomic double-bundle versus single-bundle anterior cruciate ligament reconstruction procedures in 328 consecutive patients. *Am J Sports Med* 2008; 36: 1675-1687
- (64) **Kvist J, Ek A, Sporrstedt K, Good L.** Fear of re-injury: a hindrance for returning to sports after anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2005; 13: 393-397
- (65) **Laxdal G, Kartus J, Ejerhed L, Sernert N, Magnusson L, Faxén E, Karlsson J.** Outcome and risk factors after anterior cruciate ligament reconstruction: a follow-up study of 948 patients. *Arthroscopy* 2005; 21: 958-964
- (66) **Lee DY, Karim SA, Chang HC.** Return to sports after acl reconstruction-a review of patients with minimum 5-year follow-up. *Ann Acad Med Singapore* 2008; 37: 273-278
- (67) **Leitlinienkommission der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie e.V., 2008:** Vordere Kreuzbandruptur. <http://www.uni-duesseldorf.de/WWW/AWMF/II/012-005.htm> (Zugriffsdatum 20.12.2008)
- (68) **Lephart SM, Pincivero DM, Giraldo JL, Fu FH.** The role of proprioception in the management and rehabilitation of athletic injuries. *Am J Sports Med* 1997; 25: 130-137
- (69) **Lobenhoffer P, Tscherne H.** Indikation zur vorderen Kreuzbandrekonstruktion – Gegenwärtige Operationstechniken, Transplantatwahl. *Orthopade* 1993; 22: 372-380
- (70) **Lubowitz JH.** Understanding evidence-based arthroscopy. *Arthroscopy* 2004; 20: 1-3
- (71) **Lysholm J, Gillquist J.** Evaluation of knee ligament surgery results with special emphasis on use of a scoring scale. *Am J Sports Med* 1982; 10: 150-154
- (72) **Lysholm J, Tegner Y.** Knee injury rating scales. *Acta Orthop* 2007; 78: 445-453
- (73) **Mascarenhas R, Macdonald PB.** Anterior cruciate ligament reconstruction: a look at prosthetics - past, present and possible future. *McGill J Med* 2008; 11: 29-37

- (74) **Mayo-Robson AW.** Ruptured crucial ligaments and their repair by operation. *Ann Surg* 1903; 37: 716-718
- (75) **Meredick RB, Vance KJ, Appleby D, Lubowitz JH.** Outcome of single-bundle versus double-bundle reconstruction of the anterior cruciate ligament: a meta-analysis. *Am J Sports Med* 2008; 36: 1414-1421
- (76) **Mochizuki T, Muneta T, Yagishita K, Shinomiya K, Sekiya I.** Skin sensory change after arthroscopically-assisted anterior cruciate ligament reconstruction using medial hamstring tendons with a vertical incision. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2004; 12: 198-202
- (77) **Muellner T, Bugge W, Johansen S, Holtan C, Engebretsen L.** Inter- and intratester comparison of the Rolimeter knee tester: effect of tester's experience and the examination technique. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2001; 9: 302-306
- (78) **Nakayama Y, Shirai Y, Narita T, Mori A, Kobayashi K.** Knee functions and a return to sports activity in competitive athletes following anterior cruciate ligament reconstruction. *J Nippon Med Sch* 2000; 67: 172-176
- (79) **Neumann K, Ekkernkamp A.** Sinn und Unsinn von Kreuzbandprothesen. *Chirurg* 1995; 66: 1079-1084
- (80) **Neusel E, Maibaum S, Rompe G.** Nachuntersuchungsergebnisse nach konservativ behandelter isolierter frischer VKB-Ruptur. *Akt Traumatol* 1993; 23: 200-206
- (81) **Ochi M, Iwasa J, Uchio Y, Adachi N, Sumen Y.** The regeneration of sensory neurones in the reconstruction of the anterior cruciate ligament. *J Bone Joint Surg Br* 1999; 81: 902-906
- (82) **Odensten M, Lysholm J, Gillquist J.** Suture of fresh ruptures of anterior cruciate ligament. A 5-year follow-up. *Acta Orthop Scand* 1984; 55: 270-272
- (83) **Passler JM, Schippinger G, Schweighofer F, Fellingner M, Seibert FJ.** Komplikationen bei 283 Kreuzbandersatzoperationen mit freiem Patellarsehnentransplantat. Beeinflussung durch Operationstechnik und Operationszeitpunkt. *Unfallchirurgie* 1995; 21: 240-246
- (84) **Perthes G.** Über die Wiederbefestigung des abgerissenen vorderen Kreuzbandes im Kniegelenk. *Zentralbl Chir* 1926; 53: 866-872
- (85) **Pittenger MF, Mackay AM, Beck SC, Jaiswal RK, Douglas R, Mosca JD, Moorman MA, Simonetti DW, Craig S, Marshak DR.** Multilineage potential of adult human mesenchymal stem cells. *Science* 1999; 284: 143-147
- (86) **Poolman RW, Farrokhyar F, Bhandari M.** Hamstring tendon autograft better than bone patellar-tendon bone autograft in ACL reconstruction: a cumulative meta-analysis and clinically relevant sensitivity analysis applied to a previously published analysis. *Acta Orthop* 2007; 78: 350-354
- (87) **Prodromos CC, Han Y, Rogowski J, Joyce B, Shi K.** A meta-analysis of the incidence of acl tears as a function of gender, sport, and a knee injury-reduction regimen. *Arthroscopy* 2007; 23: 1320-1325
- (88) **Pugh L, Mascarenhas R, Arneja S, Chin PY, Leith JM.** Current Concepts in Instrumented Knee-Laxity Testing. *Am J Sports Med* 2009; 37: 199-210

- (89) **Rosenberg TD, Deffner KT.** ACL reconstruction: semitendinosus tendon is the graft of choice. *Orthopedics* 1997; 20: 396, 398
- (90) **Rupp S, Kohn D.** Vorderes Kreuzband im Mittelpunkt des Interesses. *Orthopade* 2002; 31: 701
- (91) **Saddemi SR, Frogameni AD, Fenton PJ, Hartman J, Hartman W.** Comparison of perioperative morbidity of anterior cruciate ligament autografts versus allografts. *Arthroscopy* 1993; 9: 519-524
- (92) **Sajovic M, Vengust V, Komadina R, Tavcar R, Skaza K.** A prospective, randomized comparison of semitendinosus and gracilis tendon versus patellar tendon autografts for anterior cruciate ligament reconstruction: five-year follow-up. *Am J Sports Med* 2006; 34: 1933-1940
- (93) **Sanders B, Rolf R, McClelland W, Xerogeanes J.** Prevalence of saphenous nerve injury after autogenous hamstring harvest: an anatomic and clinical study of sartorial branch injury. *Arthroscopy* 2007; 23: 956-563
- (94) **Savarese A, Lunghi E, Budassi P, Agosti A.** Remarks on the complications following ACL reconstruction using synthetic ligaments. *Ital J Orthop Traumatol* 1993; 19: 79-86
- (95) **Schippinger G, Passler JM, Seibert FJ, Schweighofer F.** Are complications in cruciate ligament replacement operations with patellar tendon transplantation dependent on surgical technique and surgical timing? *Swiss Surg* 1997; 3: 154-159
- (96) **Schoderbek RJ Jr, Treme GP, Miller MD.** Bone-patella tendon-bone autograft anterior cruciate ligament reconstruction. *Clin Sports Med* 2007; 26: 525-547
- (97) **Schultz RA, Miller DC, Kerr CS, Micheli L.** Mechanoreceptors in human cruciate ligaments. *J Bone Joint Surg Am* 1984; 66: 1072-1076
- (98) **Schuster AJ, McNicholas MJ, Wachtl SW, McGurty DW, Jakob RP.** A new mechanical testing device for measuring anteroposterior knee laxity. *Am J Sports Med* 2004; 32: 1731-1735
- (99) **Seiler H, Frank HR.** Suture of the anterior cruciate ligament – what is the real value of the method? *Unfallchirurg* 1993; 96: 443-450
- (100) **Seitz H, Marlowits S, Kolonja A, Chichakli N, Vécsei V.** Meniskusläsionen nach konservativer Therapie vorderer Kreuzbandrupturen. *Arthroskopie* 1998; 11: 82-85
- (101) **Shaieb MD, Kan DM, Chang SK, Marumoto JM, Richardson AB.** A prospective randomized comparison of patellar tendon versus semitendinosus and gracilis tendon autografts for anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med* 2002; 30: 214-220
- (102) **Shelton WR, Papendick L, Dukes AD.** Autograft versus allograft anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy* 1997; 13: 446-449
- (103) **Siebold R, Dehler C, Ellert T.** Prospective randomized comparison of double-bundle vs single-bundle anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy* 2008; 24: 137-145

- (104) **Smith FW, Rosenlund EA, Aune AK, MacLean JA, Hillis SW.** Subjective functional assessments and the return to competitive sport after anterior cruciate ligament reconstruction. *Br J Sports Med* 2004; 38: 279-84
- (105) **Spicer DD, Blagg SE, Unwin AJ, Allum RL.** Anterior knee symptoms after four-strand hamstring tendon anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2000; 8: 286-289
- (106) **Steadman JR, Cameron-Donaldson ML, Briggs KK, Rodkey WG.** Healing-Response Treatment for ACL Injuries. *Orthop Technol Rev* 2002; 3: 3
- (107) **Steadman JR, Cameron-Donaldson ML, Briggs KK, Rodkey WG.** A minimally invasive technique ("healing response") to treat proximal ACL injuries in skeletally immature athletes. *J Knee Surg* 2006; 19: 8-13
- (108) **Strehl A, Eggli S.** The value of conservative treatment in ruptures of the anterior cruciate ligament (ACL). *J Trauma* 2007; 62: 1159-1162
- (109) **Südkamp NP, Haas NP.** Neue Wege in der Kreuzbandchirurgie. *Chirurg* 2000; 71: 1024-1033
- (110) **Tay GH, Warriar SK, Marquis G.** Indirect patella fractures following ACL reconstruction: a review. *Acta Orthop* 2006; 77: 494-500
- (111) **Tegner Y, Lysholm J.** Rating systems in the evaluation of knee ligament injuries. *Clin Orthop* 1985; 198: 43-49
- (112) **Tow BP, Chang PC, Mitra AK, Tay BK, Wong MC.** Comparing 2-year outcomes of anterior cruciate ligament reconstruction using either patella-tendon or semitendinosus-tendon autografts: a non-randomised prospective study. *J Orthop Surg (Hong Kong)* 2005; 13: 139-146
- (113) **Watanabe Y, Scyoc AV, Tsuda E, Debski RE, Woo SL.** Biomechanical function of the posterior horn of the medial meniscus: a human cadaveric study. *J Orthop Sci* 2004; 9: 280-284
- (114) **Weiler A, Schefflers S, Höher J.** Transplantatauswahl für den primären Ersatz des vorderen Kreuzbandes. *Orthopade* 2002; 31: 731-740
- (115) **West RV, Harner CD.** Graft selection in anterior cruciate ligament reconstruction. *J Am Acad Orthop Surg* 2005; 13: 197-207
- (116) **Wittek A.** Kreuzbandersatz aus dem Lig. patellae (nach zu Verth). *Schweiz Med Wochenschr* 1935; 65: 103-104
- (117) **Wolff J.** Über die innere Architektur der Knochen und ihre Bedeutung für die Frage von Knochenwachstum. *Virchows Arch* 1870; 50: 389-451
- (118) **Wolff J.** Das Gesetz der Transformation der inneren Architektur der Knochen bei pathologischen Veränderungen der äußeren Knochenform. *Sitzungsber Preuss Akad Wiss* 1884; 22: 179
- (119) **Zimny ML, Schutte M, Dabezies E.** Mechanoreceptors in the human anterior cruciate ligament. *Anat Rec* 1986; 214: 204-20

Danksagung

Ich danke Herrn Professor Dr. Türler für seine Unterstützung und die Übernahme des Themas als Promotionsarbeit!

Mein besonderer Dank gilt Herrn Professor h.c. Dr. Altmann für die Möglichkeit, diese Studie im Franziskus Krankenhaus Linz durchführen zu können, für die stets gute und freundschaftliche Betreuung und die Korrektur meiner Arbeit!

Ich danke den Oberärzten des Franziskus Krankenhauses Linz, Herrn Dr. Dorau, Herrn Dr. Engels, Herrn Dr. Friedrich und Herrn Dr. Lê für ihre unterstützende Tätigkeit und wertvollen Hilfestellungen im Rahmen meiner Studie!

Ich bedanke mich bei Herrn Dr. Bernd Sommer für die nette Betreuung und Koordinierung des Gesamtprojekts sowie die Bereitstellung der radiologischen Bilder!

Ein großes Dankeschön gilt dem Ambulanzteam des Linzer Krankenhauses, ohne die ein reibungsloser Ablauf der vielen Nachuntersuchungen nicht möglich gewesen wäre!

Bedanken möchte ich mich bei Herrn Höller aus dem Institut für Medizinische Biometrie, Informatik und Epidemiologie der Universität Bonn für die Beratung in statistischen Fragen!

Ein liebevolles Dankeschön an meine Freundin Christina Prinz, die mich während der ganzen Promotionszeit begleitet und immerwährend unterstützt hat!

...und last but not least: Vielen Dank an die Korrekturleser und –leserinnen, die sich mit meiner Rechtschreibung plagen mussten!