

Aus der Klinik für Unfall-, Hand- und Wiederherstellungschirurgie
des Zentrums für Operative Medizin
des Universitätsklinikums Hamburg- Eppendorf
Direktor: Prof. Dr. med. Johannes M. Rueger

Die mit PDS augmentierte primäre Naht der vorderen
Kreuzbandruptur bei Kindern und Jugendlichen
-eine klinische Nachuntersuchung

Dissertation

zur Erlangung des Grades eines Doktors der Medizin

der Medizinischen Fakultät der Universität Hamburg vorgelegt von

Steffen Wallstabe

aus Magdeburg

Hamburg 2007

Angenommen von der Medizinischen Fakultät

der Universität Hamburg am: 07.04.2008

Veröffentlicht mit Genehmigung der Medizinischen

Fakultät der Universität Hamburg

Prüfungsausschuss, der/ die Vorsitzende: Prof. Dr. J. M. Rueger

Prüfungsausschuss: 2. Gutachter/ in: Prof. Dr. Ch. Jürgens

Prüfungsausschuss: 3. Gutachter/ in: Prof. Dr. M. Dallek

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	5
1.1	Anatomie und Biomechanik des Kniegelenkes.....	5
1.1.1	Allgemeines.....	5
1.1.2	Ventraler Komplex.....	7
1.1.3	Dorsaler Komplex.....	7
1.1.4	Medialer Komplex.....	7
1.1.5	Lateraler Komplex.....	8
1.1.6	Zentraler Komplex.....	8
1.1.7	Anatomie vorderes Kreuzband.....	9
1.1.8	Allgemeine Biomechanik Knie.....	11
1.1.9	Biomechanik Kreuzband.....	12
1.1.10	Propriozeption.....	14
1.2	Therapieformen bei vorderer Kreuzbandruptur im Erwachsenenalter.....	15
1.3	Verletzungsmuster kindlicher Kniebandverletzungen.....	15
1.4	Therapieformen bei vorderer Kreuzbandruptur im Kindesalter.....	16
1.5	Ziel der Arbeit.....	16
1.5.1	Fragestellung:.....	17
2	Material und Methodik.....	18
2.1	Patientengut.....	18
2.2	Einschlusskriterien.....	18
2.3	Nachuntersuchung.....	18
2.4	Alter und Geschlecht.....	19
2.5	Nachuntersuchungszeitraum.....	20
2.6	Algorithmus der klinischen Nachuntersuchung.....	20
2.6.1	Anamnese mit dazugehörigen Scores.....	21
2.6.2	Klinische Untersuchung und Messblatt untere Extremität.....	21
2.6.3	KT-1000 Arthrometer und Rolimeter.....	21
2.6.4	IKDC Score.....	22
3	Ergebnisse.....	26
3.1	Primärbehandlung.....	26
3.1.1	Unfallursachen.....	26
3.1.2	Präoperative Dauer vom Unfall bis Operation.....	27
3.1.3	Verletzungsmuster.....	28

3.1.4	Rupturlokalisierung vorderes Kreuzband.....	29
3.1.5	Operationstechnik.....	29
3.1.6	Nahttechnik der intraligamentären Naht.....	30
3.1.7	Postoperativer stationärer Aufenthalt.....	32
3.1.8	Nachbehandlung.....	32
3.1.9	Komplikationen.....	32
3.1.10	Folgeoperationen.....	33
3.2	Nachuntersuchung.....	33
3.2.1	Subjektives Outcome und Lysholm Score.....	33
3.2.2	Tegner Aktivitätsscore.....	34
3.2.3	Klinische Untersuchung und Messblatt untere Extremität.....	35
3.2.4	KT-1000 Arthrometer und Rolimeter.....	41
3.2.5	IKDC Score.....	45
3.2.5.1	Aktivitätsniveau.....	45
3.2.5.2	Beurteilung der Kniefunktion.....	46
3.2.5.3	Symptome nach IKDC.....	48
3.2.5.4	Zusammenfassung IKDC.....	51
4	Diskussion.....	53
4.1	Die Geschichte der Diagnostik und Therapie der vorderen Kreuzbandruptur ..	53
4.2	Therapie der Kreuzbandruptur beim Erwachsenen.....	56
4.3	Verletzungsmuster und Diagnostik der Kreuzbandruptur bei Kindern.....	57
4.4	Therapie der Kreuzbandruptur bei Kindern.....	58
4.4.1	Konservative Therapieführung.....	58
4.4.2	Kreuzbandnaht und extraartikuläre Plastiken.....	58
4.4.3	intraartikuläre Plastiken.....	59
4.4.4	Wahl und Führung des Transplantates.....	59
4.5	Material und Methodik.....	62
4.5.1	Nachuntersuchung, Alter und Geschlecht bei Operation und Nachuntersuchung	62
4.6	Ergebnisse.....	63
4.6.1	Unfallursache.....	63
4.6.2	Versorgungszeitpunkt, Verletzungsmuster.....	64
4.6.3	Rupturlokalisierung, Operations- und Nahttechnik, stationärer Aufenthalt.....	65
4.6.4	Nachbehandlung, Komplikationen, Folgeoperationen.....	65
4.6.5	Subjektives Outcome, Lysholm und Tegner Score.....	66
4.6.6	klinische Untersuchung (Schublade, Lachmann, Pivot shift).....	68
4.6.7	KT- 1000 Arthrometer und Rolimeter.....	70
4.6.8	Bewegungsausmaß, Muskelweichteilminderung.....	73

4.6.9	IKDC Score.....	75
5	Zusammenfassung.....	79
6	Literaturverzeichnis	80
7	Abbildungsverzeichnis	99
8	Tabellenverzeichnis	101
9	Danksagung.....	102
10	Lebenslauf	103
11	Erklärung.....	105

1 Einleitung

Verletzungen der Kniegelenkbänder wecken seit Jahrzehnten das Interesse der orthopädischen und traumatologischen Forscher. Speziell die Ruptur des vorderen Kreuzbandes ist ein Schaden, der auch mit Hilfe der modernsten Verfahren nicht mit einer restitutio ad integrum enden kann. Wenngleich schon die Erkenntnisse über eine derartige Verletzung beim Erwachsenen noch lückenhaft sind, trifft dieses umso mehr auf Kreuzbandrupturen beim Kind zu.

Unter den Suchbegriffen „anterior cruciate ligament“ und „rupture“ finden sich in Medline 1440 wissenschaftliche Arbeiten, darunter 878 allein in den letzten 10 Jahren. Eine Kombination der Begriffe in Kombination mit „child“ dagegen fördert nur 88 Arbeiten zutage, darunter immerhin 51 aus den letzten 10 Jahren. Durchschnittlich 5 Publikationen pro Jahr deuten an, wie begrenzt die Erkenntnisse auf diesem Gebiet noch sind und wie wichtig eine weitere Forschung auf diesem Gebiet ist.

1.1 Anatomie und Biomechanik des Kniegelenkes

1.1.1 Allgemeines

Das Verständnis für die Anatomie und die Biomechanik des Kniegelenkes, der Kniebinnenstrukturen und insbesondere des vorderen Kreuzbandes ist von grundlegender Bedeutung bei der Diagnostik des verletzten Kniegelenkes. Gleichzeitig ist es notwendig für die optimale anatomische Wiederherstellung im Falle einer Operation und auch für die korrekte und notwendige Rehabilitation im Anschluss eines operativen Verfahrens. [42, 213].

Das Kniegelenk ist das größte Gelenk im menschlichen Körper. Es verbindet die zwei Knochen, das Femur und Tibia, mit den längsten Hebelarmen miteinander, wobei die artikulierenden Gelenkflächen von den überknorpelten Kondylen des Femur und der proximalen Gelenkfläche der Tibia gebildet werden. Wichtig in der Anatomie des kindlichen Kniegelenkes sind die Epiphysenfugen des distalen Femurs und der proximalen Tibia. Sie bestehen aus hyalinem Knorpel und können insbesondere einer starken Beanspruchung auf Zug nicht standhalten. Erst mit zunehmenden Alter wird dieser durch die

enchondrale Ossifikation in Knochengewebe umgewandelt. Die bestehende Inkongruenz zwischen den rollenartigen, spiralig geformten und nicht parallel zueinander stehenden Femurkondylen und der nahezu planen proximalen Gelenkfläche der Tibia wird mit der Hilfe der Menisci, bindegewebigen von Faserknorpel überzogenen keilförmigen Scheiben, ausgeglichen.

Der Meniscus medialis hat dabei die Form eines C, ist größer und weniger beweglich, was auf seine zusätzliche Verwachsung mit dem Ligamentum collaterale tibiale zurückzuführen ist. Der Meniscus lateralis stellt sich kreisförmig, kleiner und stärker beweglich dar. Dem medialen und lateralen Meniskus sind verschiedene Funktionen zugeordnet, wobei die wichtigste die Verteilung der Kraftübertragung auf große Flächen ist. Weiterhin dienen sie dem Auffangen von Rotationsbewegungen, dem Verteilen von Synovialflüssigkeit, der Propriozeption und der Umwandlung von Zugspannung [95, 156, 203].

Die Gelenkkapsel des Kniegelenkes hat ihren Ursprung an den Knorpelrändern des distalen Femurs und ihren Ansatz an den Knorpelrändern der proximalen Tibia. Verstärkt wird die Gelenkkapsel durch die äußeren Bänder des Kniegelenkes, vorne durch das Ligamentum patellae und das Retinaculum patellae mediale und laterale, seitlich durch das Ligamentum collaterale mediale und laterale und hinten durch das Ligamentum popliteum obliquum. Die Hinterwand der Kapsel ist durchsetzt mit mehreren fettgefüllten Löchern für den Durchtritt der versorgenden Gefäße und Nerven. Hierbei handelt es sich um Endäste des Rete articularis genus aus der Arteria poplitea und Rami articulares aus dem Nervus tibialis.

Im Gegensatz zum Hüftgelenk, das eine knöchernen Führung besitzt, ist das Kniegelenk ein durch Band- und Muskelstrukturen gesichertes Gelenk. Diese Band- und Muskelstrukturen lassen sich in verschiedene Komplexe einteilen [164, 203]. Dabei soll diese Einteilung jedoch nicht dazu führen, das Knie als isolierte Kompartimente zu betrachten, sondern immer als einen zusammengehörenden Komplex.

1.1.2 Ventraler Komplex

Der ventrale Komplex besteht aus dem Musculus quadriceps femoris, dem Retinaculum mediale und laterale und dem Corpus adiposum infrapatellare (Hoffa- Fettkörper). Neben seiner Hauptfunktion, der Streckung im Kniegelenk, ist der Musculus quadriceps femoris auch der dynamische Synergist des hinteren Kreuzbandes und damit wesentlich an der Stabilisierung in der sagittalen Ebene beteiligt. Die Retinacula dienen der passiven ventralen Zugverspannung der Patella zur Zentralisierung. Der zwischen dem Ligamentum patellae und der ventralen Kapsel liegende Hoffa- Fettkörper dient bei starker Belastung durch Kontraktion des Musculus quadriceps femoris als bremsendes Element und ist zusätzlich an der Blutversorgung des vorderen Kreuzbandes beteiligt, weswegen ihm nach der Kreuzbandnaht eine große Rolle zugesprochen wird [158].

1.1.3 Dorsaler Komplex

Der dorsale Komplex ist zusammengesetzt aus der dorsalen Kapsel, dem Ligamentum popliteum obliquum, dem Ligamentum popliteum arcuatum, dem Musculus popliteus (Beugung des Kniegelenkes, Spannen der Kapsel) und dem Musculus gastrocnemius (Beugung des Kniegelenkes). Die dorsale Kapsel stabilisiert das Kniegelenk gegen Valgus-, Varus-, Hyperextensions- und Rotationskräfte, ebenso wie das Ligamentum popliteum obliquum und Ligamentum popliteum arcuatum [59, 203]. Der Musculus popliteus kann aufgrund seiner engen anatomischen Beziehung zum Meniskus laterale und zum Ligamentum popliteum arcuatum diese Strukturen anspannen und aktiv die Einklemmung des Meniskus laterale verhindern [40].

1.1.4 Medialer Komplex

Zu dem medialen Komplex zählen das mediale Seitenband, das mediale Kapselband, das hintere Schrägband (posterior oblique ligament), der Musculus semimembranosus (Beugung und Innenrotation des Kniegelenkes) und die Pes anserinus (Beugung und Innenrotation des Kniegelenkes). Das mediale Seitenband und das mediale Kapselband stabilisieren das Kniegelenk gegen Valguskräfte und Außenrotationskräfte in Extension und besonders in Flexion.

Daraus ergibt sich die Überprüfung der medialen Aufklappbarkeit in leichter Flexion und Außenrotation des Unterschenkels, wobei durch die Außenrotation die Kreuzbänder entspannt werden und nicht zur medialen Stabilität beitragen [203]. Dem medialen Kapselband werden verschiedene Wertigkeiten bei der Stabilisierung zugeschrieben [122, 92, 216, 203]. Das hintere Schrägband bildet die Verbindung zwischen den medialen und dorsalen Strukturen des Kniegelenkes und sichert gemeinsam mit dem vorderen Kreuzband und dem medialen Seitenband das Kniegelenk in der sagittalen Ebene. Deshalb ist es bei Verletzungen mit anteromedialer Instabilität häufig mitverletzt. Der Musculus semimembranosus und die Pes anserinus sind dynamische Stabilisatoren des dorsomedialen Gelenkecks und verhindern die Einklemmung des medialen Meniskus durch ihren Ansatz am Innenmeniskushinterhorn [106].

1.1.5 Lateraler Komplex

Im lateralen Komplex sind die Gelenkkapsel, das laterale Kapselband, das laterale Seitenband, der Tractus iliotibialis (Reservestreckapparat und Außenrotation des Kniegelenkes) und der Musculus biceps femoris (Beugung und Außenrotation des Kniegelenkes) zusammengefasst. Das laterale Kapselband, das laterale Seitenband und der Tractus iliotibialis verhindern die laterale Aufklappbarkeit, die Innenrotation des Unterschenkels und die vordere Schubladebewegung in 90° Flexion [84]. Der Musculus biceps femoris ist der aktive Stabilisator im dorsolateralen Gelenkanteil, entsprechend dem Musculus semimembranosus im dorsomedialen Anteil.

Gleich dem medialen Kapselband werden auch dem lateralen Kapselband unterschiedliche Wertigkeiten zum Beitrag an der Stabilisierung des Kniegelenkes in der Literatur beigemessen [120, 164, 92, 203].

1.1.6 Zentraler Komplex

Der zentrale Komplex beinhaltet das hintere Kreuzband, das Ligamentum meniscofemorale anterior und posterior, den Meniskus medialis und Meniskus lateralis und das vordere Kreuzband.

In der Abbildung 1 sind die Kreuzbänder in ihrem Verlauf dargestellt.

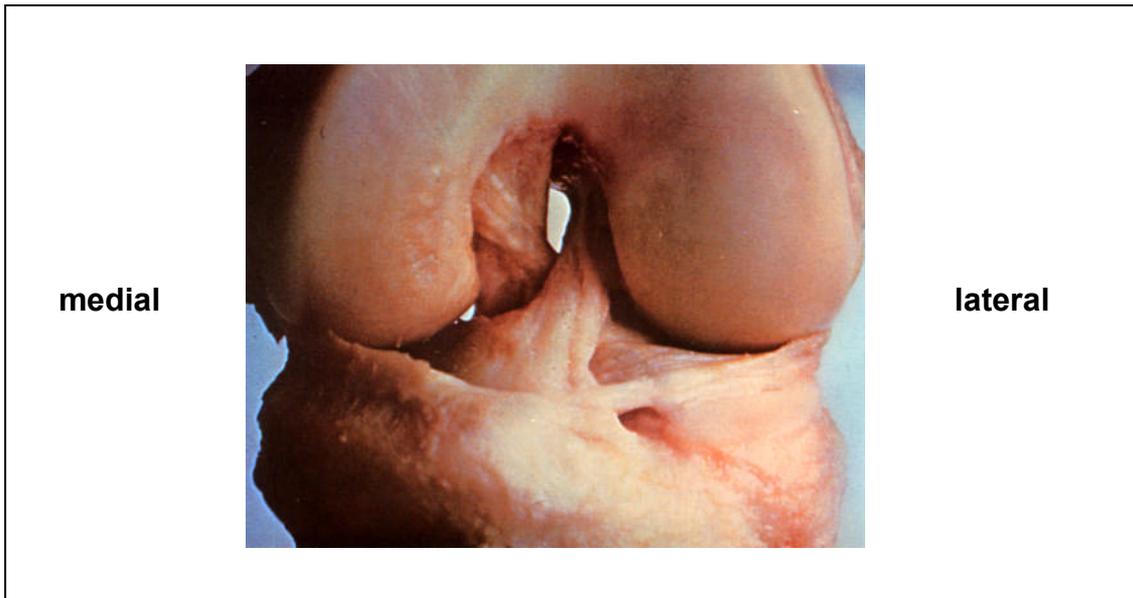


Abbildung 1: linkes Knie

1.1.7 Anatomie vorderes Kreuzband

In der näheren Betrachtung der Anatomie des vorderen Kreuzbandes zeigt sich sein Aufbau aus Kollagenfaser vom Typ I in der Form von mehreren Faszikuli. Mehrere Gruppen dieser Faszikuli, die locker, nicht-parallel und netzwerkartig miteinander verbunden sind und einen Durchmesser von ca. 150-250nm haben, sind zu Fasern von Durchmesser von 1-20µm zusammengefasst. Miteinander verdrehte zusammengehörige Fasern dieser Größe bilden eine subfaszikuläre Einheit mit einem Durchmesser von 100-250µm und werden von einem Endotenon umgeben. 3-20 dieser Einheiten fügen sich zu einem Faszikel zusammen, umgeben von Epitenon mit einem Durchmesser von mehreren Millimetern. Die Faszikel verwinden sich spiralig und erhalten ihre Kontinuität durch das Paratenon, das die Faszikel zu einem Band formt.

Die Anheftung des Kreuzbandes am Knochen erfolgt zwischen Knochen und Ligament durch eine Übergangszone, bestehend aus Faserknorpel und mineralisiertem Faserknorpel, die eine Abstufung der Steifigkeit gewährleistet und somit eine vermehrte Resistenz gegenüber hohen Stresskonzentrationen ermöglicht. Gleichzeitig dient die Transitionalzone als Ein- und Austritt der versorgenden Gefäße des vorderen Kreuzbandes [158]. Die Gefäßversorgung wird durch Äste der Arteria media genus aus der Arteria poplitea sichergestellt. Zusätzlich geht dabei jedoch nur ein Ast im Bereich der Kreuzungsstelle der

Kreuzbänder in das vordere Kreuzband über. Im Gegensatz dazu ist das hintere Kreuzband über seine gesamte Länge mit 4 Ästen versorgt.

Eingeteilt werden kann das vordere Kreuzband in 3 verschiedene Faserbündel von unterschiedlicher Verlaufsrichtung. Entwicklungsgeschichtlich ist das vordere Kreuzband von dorsal in das Kniegelenk eingewandert, was erklärt, dass es nur ventral von der Membrana synovialis überzogen ist und somit retrosynovial aber intraartikulär liegt.

Seinen Ursprung hat das vordere Kreuzband auf einem 15- 20mm großen, länglich ovalären Areal vom dorsalen Bereich der Innenseiten des lateralen Femurkondylus, an dem das anteromediale Bündel am meisten kranial und das posterolaterale Bündel am weitesten kaudal entspringt [212].

Während des 31- 38mm langen Verlaufes des vorderen Kreuzbandes nach distal medial verflechten sich die Faszikel dermaßen, dass daraus eine nahezu dreieckförmige, 11x17mm große, Ansatzzone zwischen den vorderen Meniskusinsertionen in der Area intercondylaris anterior resultiert [68, 169]. Hier befinden sich das anteromediale und intermediäre Bündel ventral und das posterolaterale Bündel dorsal.

In der Sagittalebene dient das vordere Kreuzband der Verhinderung der Verschiebung der Tibia nach ventral, völlig unabhängig von der Stellung des Gelenkes. In der Transversalebene resultiert aus der Anspannung das Ende der Innen- und Außenrotation [63].

Das hintere Kreuzband entspringt an einem ca. 15x 25mm großen Areal der ventralen Innenfläche der medialen Femurkondyle. Der Ansatz liegt im Bereich der Area intercondylaris posterior. Daraus ergibt sich der entgegengesetzte Verlauf zum vorderen Kreuzband, das in einem Winkel von 90° gekreuzt wird [151].

Das hintere Kreuzband ist als kräftigste ligamentäre Struktur des Kniegelenkes der zentrale Stabilisator [103].

Funktionell verhindert das hintere Kreuzband die Verschiebung der Tibia nach dorsal in der Sagittalebene.

1.1.8 Allgemeine Biomechanik Knie

Das Bein dient als Tragsäule des menschlichen Körpers und ermöglicht eine Fortbewegung des Körpers. Dazu sind folgende Bewegungsmöglichkeiten im Kniegelenk gegeben: die Streckung mit Schlussrotation, die Beugung und die Innen- und Außenrotation im gebeugten Zustand.

In Streckstellung übernimmt das Kniegelenk die volle Funktion der Tragsäule, was durch gleichzeitige Sicherung mit Hilfe des Streckmuskelapparates gewährleistet wird. In der letzten Phase der Streckung kommt es zur Schlussrotation, der Außenrotation der Tibia bei feststehendem Femur.

Durch die funktionelle Beugung im Kniegelenk sind sowohl eine Vorführung des Spielbeines, als auch eine korrekte Anpassung des Fußes an den Boden möglich. Unterstützend wirken dabei die Flexoren und Extensoren der auf das Kniegelenk wirkenden Muskelgruppen. Funktionell rollen im ersten Teil der Beugung aus der Streckstellung die Kondylen des Femur auf der Tibia, vergleichbar mit dem Abrollen von Rädern auf dem Boden. Ab einer Beugung von 20° kommt es dann zu dem Gleitrollen, in der die Femurkondylen über die Tibia auf der Stelle abrollen. Dabei werden die Menisci nach hinten geführt. Das vordere und hintere Kreuzband sind die wichtigsten Führungselemente und wesentlich an der Roll- und Gleitbewegung beteiligt [95].

Abhängig vom Beugungsgrad des Kniegelenkes ändert sich das Verhältnis von Rollen und Gleiten. Zum Beginn der Beugung beträgt es etwa 1:2, am Ende der Beugung 1:4 [151]. Eine aktive Beugung ist bis zu 130° möglich. Passiv lässt sich diese bis auf 160° erweitern.

Eine Innen- und Außenrotation ist nur bei gebeugtem Knie möglich, da die Seitenbänder in Streckstellung im vollen Umfang gespannt sind und eine Rotation unmöglich machen. Bei zunehmender Beugung nimmt die Rotationsfähigkeit zu. Diese erfolgt hauptsächlich im Meniskotibialgelenk. Dabei wird bei der Außenkreiselung der laterale Meniskus nach vorn und der mediale nach hinten geführt. Bei der Innenrotation ist es gegensätzlich. Die Bewegungen des Innenmeniskus sind dabei aufgrund seiner Befestigung am Ligamentum collaterale mediale weniger ergiebig. Der Bewegungsumfang der Rotation ist individuell verschieden und kann mit einer Innenrotation von 5- 10

und einer Außenrotation von 30-50° beziffert werden. Die Rotation wird durch die Anspannung des vorderen Kreuzbandes begrenzt.

1.1.9 Biomechanik Kreuzband

Das biomechanische Prinzip der beiden Kreuzbänder besteht in einer „überschlagenen Viergelenkkette“, wobei die beiden Kreuzbänder Gelenkstangen darstellen und das Bewegungsmuster des Kniegelenkes vorgeben, wie in Abbildung 2 dargestellt [152, 158]. Abhängig ist dieses Prinzip von ihrer räumlichen Versetzung zueinander, von der Länge der Kreuzbänder, von der Längendifferenz der Kreuzbänder, vom Abstand der Drehpunkte der Kreuzbänder und von der Länge und Form des Tibiaplateaus. Das Modell beschreibt die Kinematik in der Sagittalebene, eine Rotation wird nicht berücksichtigt [158]. Aufgrund dieser Tatsache und aus dem Grund, dass hier einzig und allein die Kreuzbänder eine biomechanische Rolle spielen, wird dieses Modell als stark vereinfacht und unzureichend für die komplexe Biomechanik des Kniegelenkes angesehen. Deswegen wurde die Burmester Kurve beschrieben, die neben den Kreuzbändern auch die Seitenbänder in die kinematischen Überlegungen mit einbezieht [158].

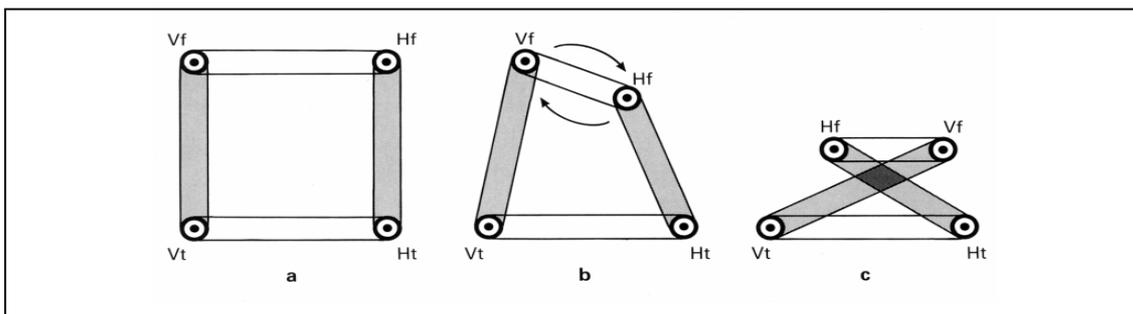


Abbildung 2: überschlagene Viergelenkkette

Vf: vorderes Kreuzband femoral; Hf: hinteres Kreuzband femoral
Vt: vorderes Kreuzband tibial; Ht: hinteres Kreuzband tibial

Selbst bei der zufällig erscheinenden Verteilung der Ursprungs- und Ansatzpunkte der Kreuz- und Seitenbänder lassen sich alle den geometrisch-kinematischen Festlegungen der Burmester Kurve zuordnen [203]. Die Bandverläufe bedingen sich gegenseitig, da bei jeglicher Streckung und

Beugung des Kniegelenkes, das momentane Drehzentrum immer im Kreuzungspunkt der Kreuz- und Seitenbänder liegt.

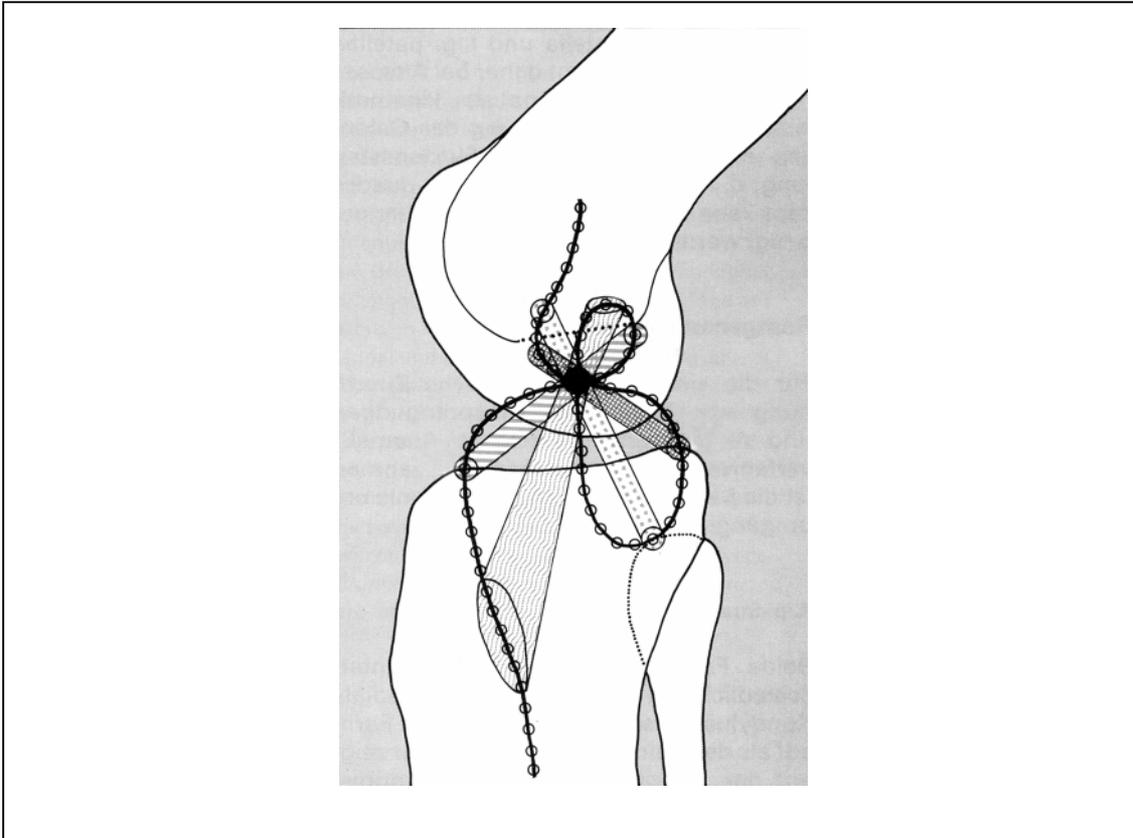


Abbildung 3: Burmester Kurve

Zusammenfassend ist das vordere Kreuzband zu 86% [182] am Gesamtwiderstand gegen eine anteriore Translationsbewegung beteiligt und stellt ebenfalls eine Begrenzung der axialen Rotation dar. Gleichzeitig ist eine führende Funktion am Widerstand gegen Varus und Valgusbelastungen zu nennen [34, 108]. Die Kreuzbänder können somit als Kernstück der Kniegelenkskinematik bezeichnet werden [157, 158].

Kommt es zu einem Verlust eines zentralen Führungselementes, resultiert ein vermehrtes Spiel, was subjektiv nicht immer mit Beschwerden einhergeht, da gegenregulatorisch eine erhöhte Belastung der aktiven Stabilisatoren erfolgt. Deswegen ist es zwingend erforderlich, eine Unterscheidung zwischen einer

klinischen Instabilität und einer Instabilität mit subjektiven Symptomen zu machen [138].

1.1.10 Propriozeption

Neben der mechanischen Stabilisierung erfüllen die Kapsel-Band-Strukturen des Kniegelenkes auch eine neuromuskuläre Funktion. Ermöglicht wird dieses durch nervale Endkörperchen, die Propriozeptoren [58]. Im vorderen Kreuzband sind drei Propriozeptoren beschrieben. Die Ruffini-Körperchen für die langsame Adaptierung einwirkender Kräfte, die Pacini-Körperchen für die schnelle Adaptierung einwirkender Kräfte und die freien Nervenendigungen für die Signalgebung unphysiologischer Zustände und die Nozizeption.

Nachweisen lassen sich Propriozeptoren in allen Kapsel-Band-Strukturen und den Menisci des Kniegelenkes. Dieses sollte immer der Grund dafür sein, einen verletzten Meniskus bei Möglichkeit zu refixieren, um die Schutzfunktion aufrecht zu erhalten.

Zusätzlich konnte man Mechanorezeptoren im proximalen Drittel des vorderen Kreuzbandes nachweisen, die als Brücke zwischen den propriozeptiv innervierten Bandweichteilstrukturen und den freien Kollagenfaszikeln angesehen werden. Sie dienen der Steuerung von Muskelreflexen in Extremstellungen des Kniegelenkes [48, 186].

Bei einer Ruptur des vorderen Kreuzbandes kann es zur Unterbrechung des Fremdreflexes kommen. Es handelt sich um einen polysynaptischen Reflex, der bei Dehnung des vorderen Kreuzbandes zu einer Aktivierung der ischiocruralen Muskulatur führt.

Hier findet sich dann in vielen Fällen ein subjektiv und objektiv unbefriedigendes Ergebnis nach einer anatomisch korrekten Bandnaht oder Bandrekonstruktion. Bei mehreren Studien war kein signifikanter Unterschied zwischen den Techniken der Wiederherstellung bezüglich der subjektiven und objektiven Ergebnisse nachweisbar. Jedoch im Vergleich mit gesunden Probanden war eine deutliche Differenz zu eruieren [26, 29, 78, 99, 121, 141, 142, 153].

Somit führt eine Ruptur des vorderen Kreuzbandes nicht nur zum Verlust der Stabilität, sondern auch zum Verlust der propriozeptiven Schutzfunktion [203].

1.2 Therapieformen bei vorderer Kreuzbandruptur im Erwachsenenalter

Viele Behandlungskonzepte existieren zur Versorgung der vorderen Kreuzbandruptur, wobei eine Verschiebung in Richtung der operativen Sanierung eindeutig zu verzeichnen ist [138,45]. Über 65 verschiedene Möglichkeiten sind alleine in der Literatur von 1963- 1983 zu finden [35, 37, 96, 113,116, 133, 223]. In den vergangenen Jahren wurde vermehrt über die Kreuzbandersatzplastik durch die Patellarsehne und die Semitendinosus/Gracilis Sehne veröffentlicht [12, 32, 56, 67, 71, 113, 136, 141,149, 174, 188, 189, 218]. Konservative Therapiemöglichkeiten sind als nicht ausreichend bewertet worden. Hier kann es beim dauerhaften Bestehen einer Kniegelenksinstabilität zu schweren Spätfolgen, wie Meniskus- und Knorpelschäden oder einer Kniegelenksarthrose kommen, was in mehreren Studien aufgezeigt wurde [4, 3, 17, 21, 25, 50, 55, 57, 64, 73, 149].

1.3 Verletzungsmuster kindlicher Kniebandverletzungen

Eine besondere Stellung in der Versorgung der Kreuzbandruptur nimmt die kindliche vordere Kreuzbandruptur ein. In umfangreichen Statistiken von Traumata im Kindesalter, wie zum Beispiel Sport-, Haus- und Verkehrsunfällen, haben Kreuzbandläsionen einen Anteil von unter einem Prozent. Davon sind der größte Teil knöcherne Ausrissverletzungen des vorderen Kreuzbandes. Bis 1980 wurden intraligamentäre Rupturen nur in Einzelfällen publiziert [28, 38, 44, 54, 215].

Als Grund für die Seltenheit dieses Verletzungsmusters werden die physiologische Festigkeit des kindlichen Bandapparates und die Prädilektionsstellen des perichondralen Gewebes der Bandansätze und des Blasenknorpels der Wachstumsfuge genannt [54, 93, 98, 129, 140].

Entgegen früherer Meinungen in der Literatur [91] wird heute der diagnostischen Arthroskopie beim kindlichen Hämarthros eine bedeutende Rolle beigemessen, da die schon prinzipiell schwierige Untersuchung frisch verletzter Kniegelenke beim Kind noch weiter erschwert ist. Angel und

Hall [6, 7] wiesen nach, dass in 56% der Fälle eine Korrektur der präoperativen Diagnose vorgenommen werden musste.

Mit der vermehrten Durchführung der diagnostischen Arthroskopie wurden dann auch zunehmend intraligamentäre Kreuzbandrupturen beim Kind festgestellt. Trotzdem gibt es in der heutigen Literatur nur wenige Studien mit geringen Fallzahlen [105, 28, 25, 38, 7]

1.4 Therapieformen bei vorderer Kreuzbandruptur im Kindesalter

Bei der operativen Versorgung der intraligamentären Ruptur des vorderen Kreuzbandes beim Kind gibt es kein einheitliches Therapiekonzept [25, 38, 131].

Über die aktuell angewandten und die in der Vergangenheit verlassenen operativen Therapien erwachsener Patienten mit vorderer Kreuzbandruptur existieren inzwischen ausreichend Daten. Speziell die Naht gerissener Kreuzbänder hat sich in Studien als wenig Erfolg versprechend herausgestellt, so dass bei Erwachsenen heute bevorzugt Kreuzbandersatzplastiken durchgeführt werden. Da hierfür aber Bohrungen angelegt werden müssen, die potentielle Schäden an den noch offenen Wachstumsfugen auslösen könnten [7, 49, 145], werden diese bei Kindern noch nicht regelhaft durchgeführt. Stattdessen wird entweder versucht, durch konservative Behandlung Zeit bis zum Fugenschluß zu gewinnen oder man vertraut darauf, dass das vielfach beobachtete außergewöhnliche Heilungspotential kindlicher Gewebe auch bei der Naht des vorderen Kreuzbandes zu besseren Ergebnissen führt als bei den Erwachsenen. Studien zu diesem Thema existieren angesichts geringer Fallzahlen nur sehr begrenzt. Zumindest für die rein konservative Behandlung liegen viele Arbeiten vor, die ein schlechtes Ergebnis zeigten [147, 199, 16].

1.5 Ziel der Arbeit

Ziel der Arbeit war es, im Rahmen einer retrospektiven Untersuchung Operationsergebnisse der Naht der intraligamentären vorderen Kreuzbandruptur bei Kindern und Jugendlichen im Zeitraum von 1987- 2001 an der Chirurgischen Klinik des Universitätskrankenhauses Hamburg- Eppendorf

zu untersuchen. Die Studie wurde retrospektiv durchgeführt, um ein langes follow up mit hoher Aussagekraft sicherzustellen. Da die untersuchte Operationstechnik in der heutigen Zeit auch nicht mehr als aktuelle Methode angewandt wird, wäre eine prospektive Arbeit zum Thema nicht möglich gewesen.

1.5.1 Fragestellung:

Wie stellt sich die Stabilität des Kniegelenkes nach primärer Naht im Kindes- und Jugendalter in der klinischen Nachuntersuchung dar?

Inwieweit lässt sich eine Korrelation zwischen der subjektiven und objektiven Beurteilung des Kniegelenkes aufzeigen?

Inwieweit gelingt nach der primären Naht des vorderen Kreuzbandes bei Kindern und Jugendlichen eine Wiederherstellung der präoperativen Sportfähigkeit?

2 Material und Methodik

2.1 Patientengut

Im Zeitraum von 1987- 2001 erfolgte an der Klinik und Poliklinik für Unfall-, Hand- und Wiederherstellungschirurgie des Universitätskrankenhauses Hamburg- Eppendorf bei 24 Kindern und Jugendlichen eine operative Versorgung einer ligamentären vorderen Kreuzbandruptur durch Bandnaht.

2.2 Einschlusskriterien

Folgende Bedingungen mussten erfüllt sein:

1. Eine ligamentäre vordere Kreuzbandverletzung hat vorgelegen.
2. Zum Zeitpunkt der operativen Versorgung bestanden offene Wachstumsfugen.
3. Es erfolgte die Versorgung mittels Naht des vorderen Kreuzbandes.

Rein konservativ behandelte Patienten ohne Bandnaht wurden ausgeschlossen.

2.3 Nachuntersuchung

Von den 24 Patienten war es möglich, 20 Patienten (83,3%) in der Universitätsklinik Hamburg- Eppendorf erneut zu untersuchen. Die vier verbliebenen Patienten sind unbekannt verzogen.

2.4 Alter und Geschlecht

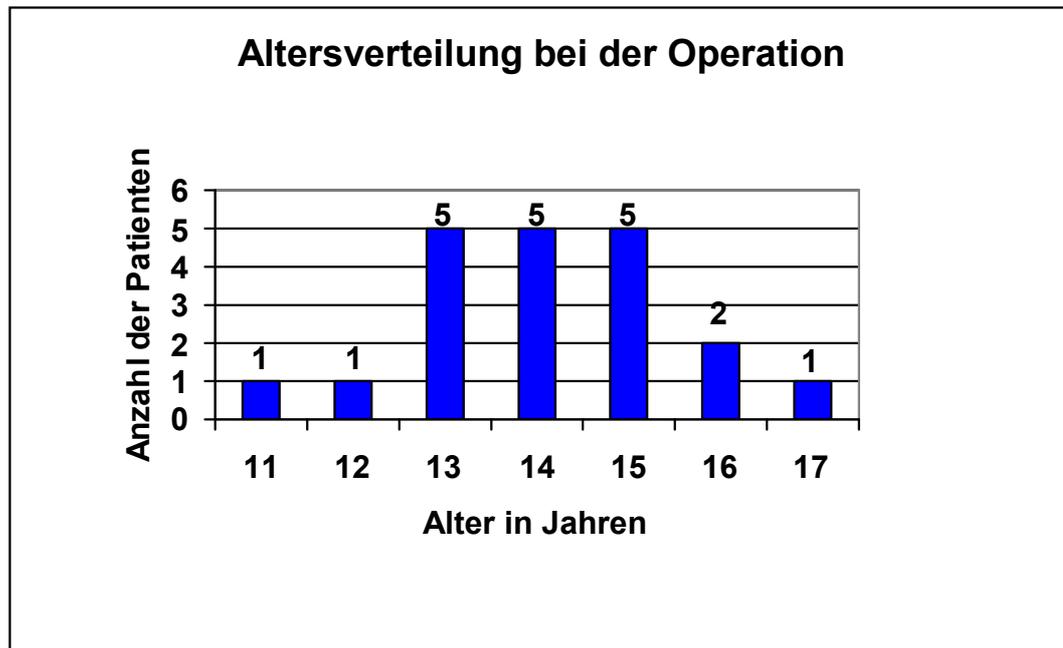


Abbildung 4: Altersverteilung zum Zeitpunkt der Operation

Dreiviertel aller Patienten waren zum Zeitpunkt der Operation zwischen 13- 15 Jahre alt, das durchschnittliche Alter betrug 13,6 Jahre. Da ein Ausschlusskriterium geschlossene Wachstumsfugen sind, ist die älteste Patientin 17 Jahre alt. Hinsichtlich der Geschlechtsverteilung Jungen gegenüber Mädchen zeigt sich mit 13 männlichen und 7 weiblichen Patienten nahezu ein Verhältnis von 2:1.

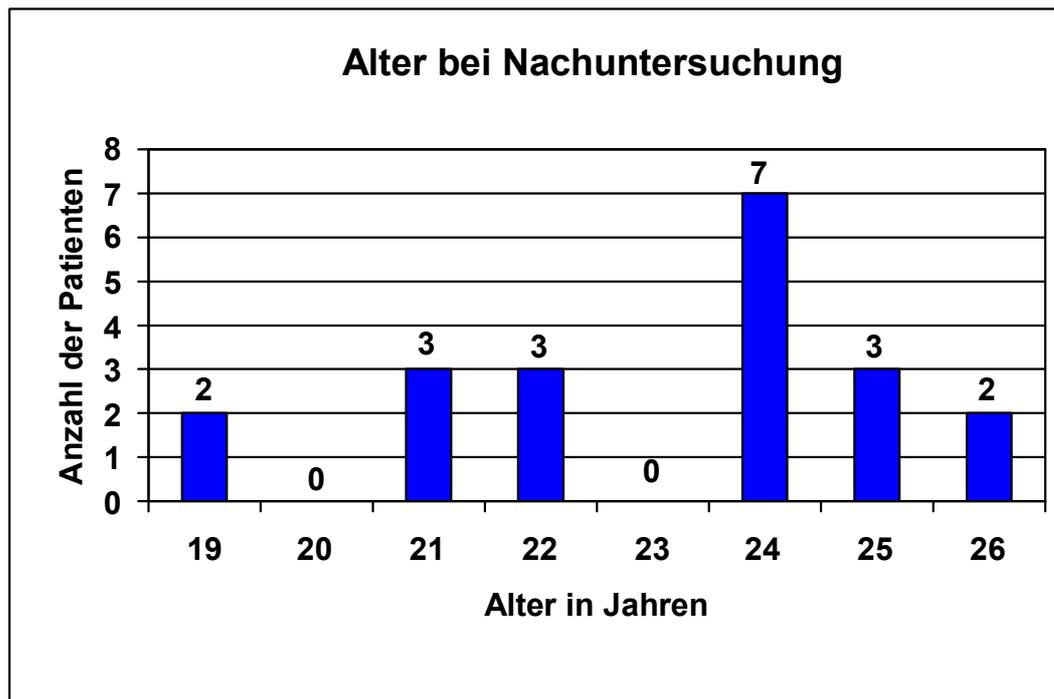


Abbildung 5: Altersverteilung zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung

Die Altersverteilung bei der Nachuntersuchung zeigt sich in der Abbildung 5. Das Durchschnittsalter betrug 23,1 Jahre (19- 26). Über die Hälfte der Patienten war 24 Jahre und älter.

2.5 Nachuntersuchungszeitraum

Die Nachuntersuchung erfolgte durchschnittlich nach 9,1 Jahren (2- 13).

2.6 Algorithmus der klinischen Nachuntersuchung

Es erfolgte eine standardisierte Nachuntersuchung mit subjektiven Angaben, klinisch objektiven Daten und instrumentellen Untersuchungen. Zuerst erfolgte die detaillierte Anamneseerhebung. Im Anschluss wurde eine klinische Untersuchung durchgeführt. In dieser Untersuchung fand die Durchführung von funktionellen Tests statt. Das Messblatt für die untere Extremität wurde verwendet. An technischen Hilfsmitteln wurden das KT- 1000 Arthrometer und das Rolimeter eingesetzt.

Die Ergebnisse der jeweiligen Untersuchung wurden erfasst und unter der Berücksichtigung der Kriterien des IKDC (International Knee

Documentation Committee) überprüft. Außerdem erfolgten Röntgenkontrollen beider Kniegelenke.

2.6.1 Anamnese mit dazugehörigen Scores

Neben der subjektiven Beurteilung der Patienten wurden zur Beurteilung der postoperativen Ergebnisse der Lysholm Score [139] und der Tegner Aktivitätsscore [193, 194] herangezogen.

In den Lysholm Score fließen rein subjektive Empfindungen des Patienten ein. Hierbei werden Symptome wie Schmerzen, Schwellung, Blockierung, Instabilität, Unterstützung beim Gehen, Hinken, Treppensteigen und das Hocken beurteilt und mit Punkten bewertet. Hieraus ergibt sich eine Gesamtpunktzahl. Im Tegner Score erfolgt die Beurteilung des Aktivitätsniveaus vor und nach der Operation

2.6.2 Klinische Untersuchung und Messblatt untere Extremität

Im Rahmen der klinischen Untersuchung wurden im Seitenvergleich Beinachsen, Durchblutung, Nervenfunktion und Schwellungen berücksichtigt, außerdem wurde die Beweglichkeit, Meniskuszeichen und Bandstabilität für die Kreuz- und Seitenbänder überprüft. Zur Untersuchung des vorderen Kreuzbandes wird das Schubladenphänomen in 90° Beugstellung, der Lachmann Test und der Pivot shift Test durchgeführt [198, 209, 65, 80]. Dabei gilt der in nahezu Streckstellung erfolgte Lachmann Test zuverlässiger als das Schubladenphänomen [4, 184, 197, 220]. Zur Objektivierung von Muskelweichteilminderungen oder Bewegungseinschränkungen wurde das Messblatt für die untere Extremität einbezogen.

2.6.3 KT-1000 Arthrometer und Rolimeter

Zur instrumentellen Stabilitätsprüfung des vorderen Kreuzbandes wurde der Lachmann Test mit dem KT-1000 Arthrometer und zum Vergleich mit dem mechanischen Rolimeter durchgeführt. Dabei wird überprüft, um wie viele Millimeter sich die Tibia nach ventral sublaxieren lässt. Die Sensitivität des Testes liegt zwischen 90% und 96% [44, 193, 11]. Das

Rolimeter arbeitet mit dem gleichen Prinzip. Jedoch ist es nicht möglich, mit abgestuften definierten Kraftgraden zu untersuchen [13].

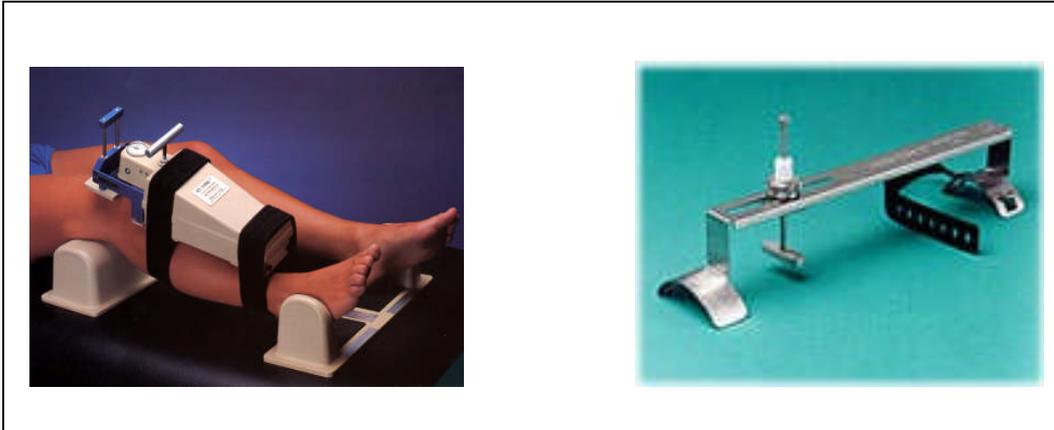


Abbildung 6: KT-1000 Arthrometer (links) und Rolimeter (rechts)

2.6.4 IKDC Score

Der IKDC berücksichtigt die subjektive Einschätzung des Aktivitätsniveaus im Sport und Alltag. Weitere Untergruppen sind die Kniefunktion, Symptome mit Beurteilung von Schwellung, Schmerz, giving way und der Bewegungsumfang. Hier erfolgte die Auswertung des Messblattes für die untere Extremität. Die Bandprüfung erfolgte mit den oben angegebenen Untersuchungsmethoden und zusätzlicher Durchführung mit dem KT-1000 Arthrometer bei 89N, eine bauartdefinierte Vorgabe, sowie maximaler manueller Kraft und dem Vergleichstest mit dem Rolimeter bei maximaler manueller Kraft. Bei der Erhebung der Kompartimentbefunde stellte sich die Frage nach Krepitation im jeweiligen Anteil. Röntgenbefunde wurden bei 3 Patienten erhoben. Die Durchführung des Einbeinsprunges mit der verletzten und gesunden Seite und seiner Vergleichbarkeit findet Ausdruck in den funktionellen Tests. Nach der Auswertung des Lysholm Score und der Einteilung in die entsprechende Gruppe, wurde unter Berücksichtigung der Einzelgruppen des IKDC eine Endwertung erstellt, wobei das schlechteste Einzelergebnis das Gesamtergebnis bestimmt. Daraus ergaben sich die IKDC Gruppen A (sehr gut), B (gut), C (mäßig), D (schlecht).

Score nach Lysholm und Gillquist

Rubrik		Punkte	Rubrik		Punkte
Hinken	Kein	5	Belastungs- fähigkeit	Voll	5
	Leicht/gelegentl.	3		Stock/Krücke	3
	Stark/immer	0		Keine Belastung mögl.	0
Treppen- steigen	Keine Probleme	10	Beugung	Keine Probleme	5
	Leichte Einschränkung	6		Leichte Einschränkung	4
	Schritt für Schritt	2		Nicht über 90°	2
	Nicht möglich	0		Nicht möglich	0
Instabilität	Kein giving way	30	Schmerz	Keine	30
	Selten beim Sport o. schwerer Belastung	25		Gelegentl. und leicht bei schwerer Belastung	25
	Oft beim Sport o. schwerer Belastung	20		Bemerkt bei giving way	20
	Gelegentlich bei tägl. Aktivitäten	10		Bemerkt bei schwerer Belastung	15
	Oft bei tägl. Aktivitäten	5		Bemerkt bei oder nach Laufen >2 km	10
	Bei jedem Schritt	0		Bemerkt bei oder nach Laufen <2 km	5
					Immer und stark
Schwellung	Keine	10	Umfangs- differenz	Keine	5
	Gemeinsam mit giving way	7		1 – 2 cm	30
	Bei schwerer Belastung	5		mehr als 2 cm	0
	Bei normaler Belastung	2			
	Immer	0			

Gesamtsumme:

Auswertung

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

Abbildung 7: Lysholm Score

Tegner-Aktivitätsscore

Beschreibung	Punkt	Prä-OP	Post-OP
Krankschreibung bzw. Frührente wegen Knieprobleme	0		
sitzende Tätigkeit; Laufen auf ebenem Grund möglich	1		
leichte Tätigkeit; Laufen auf unebenem Grund, aber nicht im Wald möglich	2		
leichte Arbeit; Schwimmen, Laufen im Wald möglich	3		
mittelschwere Arbeit; Freizeitsport (FS): Joggen, Radfahren	4		
schwere Arbeit; Wettkampfsport (WS): Radfahren, Skilanglauf	5		
FS: Tennis, Badminton, Handball, Basketball, Abfahrtsski, Joggen 5x/Woche	6		
WS: Tennis, Leichtathletik, Motocross, Motorrennen, Handball, Basketball.	7		
FS: Fußball, Eishockey, Squash, Hochsprung, Querfeldeinlauf	8		
WS: Squash, Badminton, Hocksprung, Abfahrtsski	9		
WS: Fußball, Eishockey, Wrestling, Turnen	10		

Ausfüllen

Entsprechenden Punktwert für die prä- und postoperative Situation des Patienten ankreuzen.

Abbildung 8: Tegner Aktivitätsscore

IKDC-Knie-Evaluationsblatt

GRUPPEN (PROBLEMBEREICH)	BEWERTUNG INNERHALB DER GRUPPEN				GRUPPENQUALIF.			
	A: normal	B: fast normal	C: abnormal	D: stark abnormal	A	B	C	D
1. SUBJEKTIVE BEURTEILUNG DURCH PATIENT Wie funktioniert ihr Knie? Wie beeinflusst ihr Knie ihre Aktivität auf einer Skala von 0 bis 3?	<input type="checkbox"/> normal	<input type="checkbox"/> fast normal	<input type="checkbox"/> abnormal	<input type="checkbox"/> stark abnormal	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. SYMPTOME (Fehlen von signifikanten Symptomen bei höchster vom Pat. ausgeübter Aktivitätsstufe)					oder schlechter			
Keine Schmerzen bei Aktivitätsniveau	<input type="checkbox"/> I	<input type="checkbox"/> II	<input type="checkbox"/> III	<input type="checkbox"/> IV		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Keine Schwellung bei Aktivitätsniveau	<input type="checkbox"/> I	<input type="checkbox"/> II	<input type="checkbox"/> III	<input type="checkbox"/> IV		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Kein teilw. Giving way bei Aktivitätsniveau	<input type="checkbox"/> I	<input type="checkbox"/> II	<input type="checkbox"/> III	<input type="checkbox"/> IV		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Kein kompl. Giving way bei Aktivitätsniveau	<input type="checkbox"/> I	<input type="checkbox"/> II	<input type="checkbox"/> III	<input type="checkbox"/> IV	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
3. BEWEGUNGSUMFANG: Flex./Ext.: Betroffene Seite: .../.../... Gegenseite: .../.../...								
Streckausfall (von anatom. Nullstellung)	<input type="checkbox"/> <3°	<input type="checkbox"/> 3-5°	<input type="checkbox"/> 6-10°	<input type="checkbox"/> >10°	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Δ Flexionsausfall	<input type="checkbox"/> 0-5°	<input type="checkbox"/> 6-15°	<input type="checkbox"/> 16-25°	<input type="checkbox"/> >25°	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. UNTERSUCHUNG BANDAPPARAT	3 bis 5 mm oder 6 bis 10 mm							
Δ Lachmann (in 25° flex.)	<input type="checkbox"/> -1 bis 2 mm	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
idem (alternative Unters., fakultat.)	<input type="checkbox"/> -1 bis 2 mm	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
Anschlag: fest: <input type="checkbox"/> weich: <input type="checkbox"/>								
Δ totale a.p. Transt. in 70° Flexion	<input type="checkbox"/> 0 bis 2 mm	<input type="checkbox"/> 3 bis 5 mm	<input type="checkbox"/> 6 bis 10 mm	<input type="checkbox"/> > 10 mm				
idem (alternative Unters., fakultat.)	<input type="checkbox"/> 0 bis 2 mm	<input type="checkbox"/> 3 bis 5 mm	<input type="checkbox"/> 6 bis 10 mm	<input type="checkbox"/> > 10 mm	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Δ hint. Durchhang in 70° Flexion	<input type="checkbox"/> 0 bis 2 mm	<input type="checkbox"/> 3 bis 5 mm	<input type="checkbox"/> 6 bis 10 mm	<input type="checkbox"/> > 10 mm				
Δ med. Gelenköffnung (Valgusrotation)	<input type="checkbox"/> 0 bis 2 mm	<input type="checkbox"/> 3 bis 5 mm	<input type="checkbox"/> 6 bis 10 mm	<input type="checkbox"/> > 10 mm				
Δ lat. Gelenköffnung (Varusrotation)	<input type="checkbox"/> 0 bis 2 mm	<input type="checkbox"/> 3 bis 5 mm	<input type="checkbox"/> 6 bis 10 mm	<input type="checkbox"/> > 10 mm				
Pivot shift	<input type="checkbox"/> neg.	<input type="checkbox"/> +	<input type="checkbox"/> ++	<input type="checkbox"/> +++				
Δ Reversed pivot shift	<input type="checkbox"/> =neg.	<input type="checkbox"/> gering	<input type="checkbox"/> markant	<input type="checkbox"/> massiv				
5. KOMPARTIMENTALE BEFUNDE								
Δ Patellofermorale Krepitation	<input type="checkbox"/> kein/seit.gl.	<input type="checkbox"/> mäßig	<input type="checkbox"/> schmerzhaft	<input type="checkbox"/> stark				
Δ Krepitation mediales Kompartiment	<input type="checkbox"/> keine	<input type="checkbox"/> mäßig	<input type="checkbox"/> schmerzhaft	<input type="checkbox"/> stark				
Δ Krepitation laterales Kompartiment	<input type="checkbox"/> keine	<input type="checkbox"/> mäßig	<input type="checkbox"/> schmerzhaft	<input type="checkbox"/> stark				
6. SYMPTOME BEI TRANSPLANTATENTNAHMESTELLE								
Druckdolenz, Irritation, Gefühlsstörung	<input type="checkbox"/> keine	<input type="checkbox"/> gering	<input type="checkbox"/> mäßig	<input type="checkbox"/> stark				
7. RÖNTGENBEFUNDE (ARTHROSE)								
Patello-fem. Gelenkspalt	<input type="checkbox"/> normal	<input type="checkbox"/> > 4 mm	<input type="checkbox"/> 2-4 mm	<input type="checkbox"/> < 2 mm				
Medialer Gelenkspalt	<input type="checkbox"/> normal	<input type="checkbox"/> > 4 mm	<input type="checkbox"/> 2-4 mm	<input type="checkbox"/> < 2 mm				
Lateraler Gelenkspalt	<input type="checkbox"/> normal	<input type="checkbox"/> > 4 mm	<input type="checkbox"/> 2-4 mm	<input type="checkbox"/> < 2 mm				
8. FUNKTIONELLER TEST								
Δ Einbeinsprungtest (% Gegenseite)	<input type="checkbox"/> 90-100%	<input type="checkbox"/> 76-90%	<input type="checkbox"/> 50-75%	<input type="checkbox"/> <50%				
GESAMTAUSWERTUNG					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Auswertung

Der niedrigste Grad innerhalb einer Gruppe bestimmt die Gruppenqualifikation.
Die schlechteste Gruppenqualifikation bestimmt das Gesamtergebnis.

Abbildung 9: IKDC Score

3 Ergebnisse

3.1 Primärbehandlung

3.1.1 Unfallursachen

Als häufigste Unfallursache im Patientengut wurde die Sportverletzung bei einem Dreiviertel der nachuntersuchten Patienten festgestellt. Dabei zeigten sich die Kontaktsportarten leicht vorne, hier besonders Fußball. Skiverletzungen waren relativ selten. Verkehrsunfälle waren mit 15% eine seltene Ursache.

Tabelle 1: Verteilung der Unfallursache

1. Kontakt- Sportarten (9):	Fußball	5
	Handball	3
	Judo	1
2. Nicht- Kontakt- Sportarten (6):	Jazztanz	1
	Leichtathletik	2
	Ski alpin	3
3. Verkehrsunfall (3):	Fahrrad	1
	Mofa	1
	Fußgänger	1
4. Alltag (2):	Sturz	2

3.1.2 Präoperative Dauer vom Unfall bis Operation

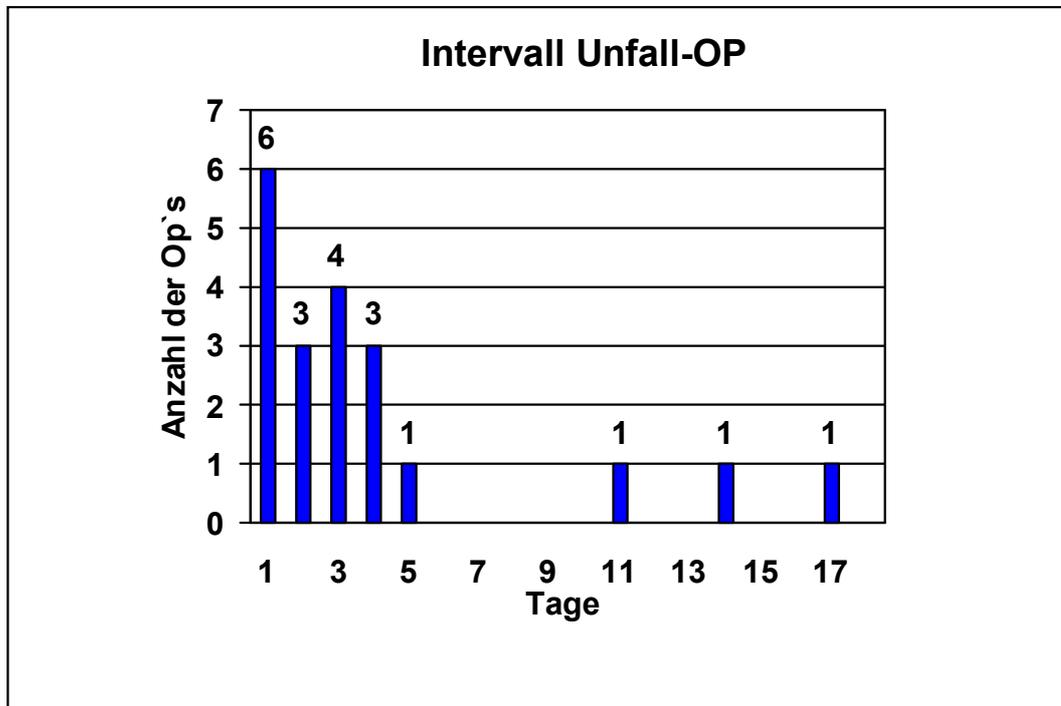


Abbildung 10: Zeitraum zwischen Unfall und Operation

Insgesamt erfolgte eine zeitnahe operative Versorgung der Verletzung nach 1- 17 Tagen nach dem Unfall. Der Median (2,5) und der Mittelwert (4,2) lagen zwischen 2 und 4 Tagen. 85% wurden innerhalb von 5 Tagen versorgt.

3.1.3 Verletzungsmuster

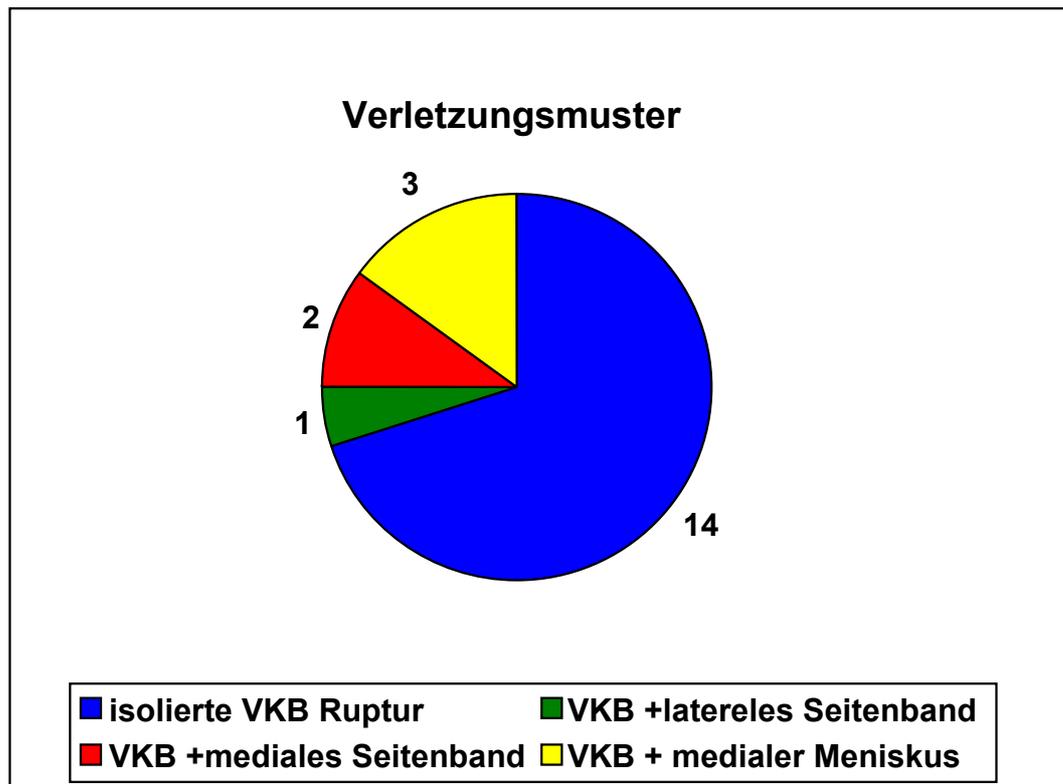


Abbildung 11: Verteilung des Verletzungsmusters

Es zeigte sich bei über zwei Drittel der Patienten eine isolierte Ruptur des vorderen Kreuzbandes. Eine Ruptur des vorderen Kreuzbandes mit Ruptur des medialen Collateralbandes fand sich in 2 Fällen (10%). Ein zusätzlich gerissenes laterales Collateralband ließ sich bei einem Patienten (5%) nachweisen. In 3 Fällen (15%) lag eine Begleitverletzung des medialen Meniskus vor. Eine klassische „unhappy triad“ Verletzung mit vorderer Kreuzband-, Innenband- und Innenmeniskusruptur fand sich nicht.

3.1.4 Rupturlokalisierung vorderes Kreuzband

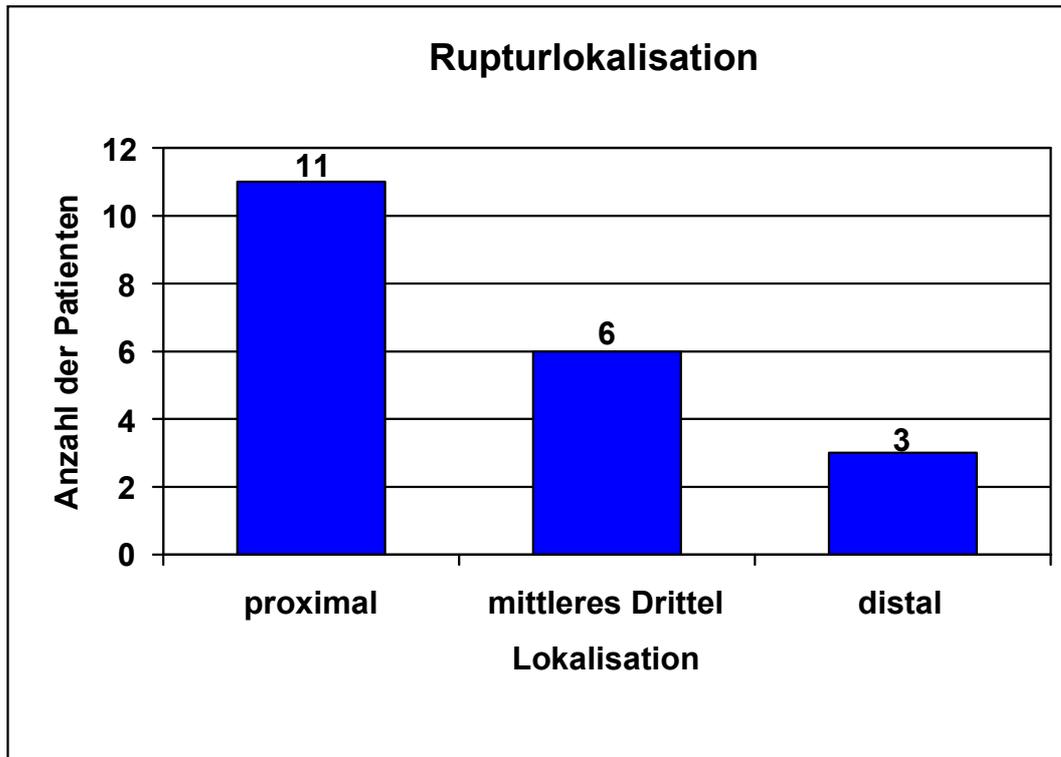


Abbildung 12: Rupturlokalisierung vorderes Kreuzband

Bei über der Hälfte der Patienten handelte es sich um proximale intraligamentäre Rupturen. Risse im mittleren Drittel des vorderen Kreuzbandes fanden sich bei knapp einem Drittel der Nachuntersuchten. Am seltensten kam es zu einer distalen Ruptur bei 3 Patienten (15%).

3.1.5 Operationstechnik

Die meisten Operationsschnitte wurden standardisiert durchgeführt. Es war jedoch in einigen Fällen notwendig, Modifikationen vorzunehmen, um der Versorgung der Begleitverletzungen Rechnung zu tragen. Außerdem kam es zu verschiedenen Formen der Nahttechnik des vorderen Kreuzbandes.

Mittels Parapatellarschnitt erfolgte die Eröffnung des Gelenkes. Anschließend wurden eine sorgfältige Gelenkinspektion und die Versorgung vorliegender Knorpel- und Meniskusschäden durchgeführt. Die Verankerung der PDS- Kordel erfolgte jeweils mittels je zweier transossärer Bohrungen in Femur und Tibia mit Zielgerät und dem 2,0mm

Bohrer. Zusätzlich zur Sehnennaht erfolgte mit Hilfe dieser Bohrungen die Augmentation.

3.1.6 Nahttechnik der intraligamentären Naht

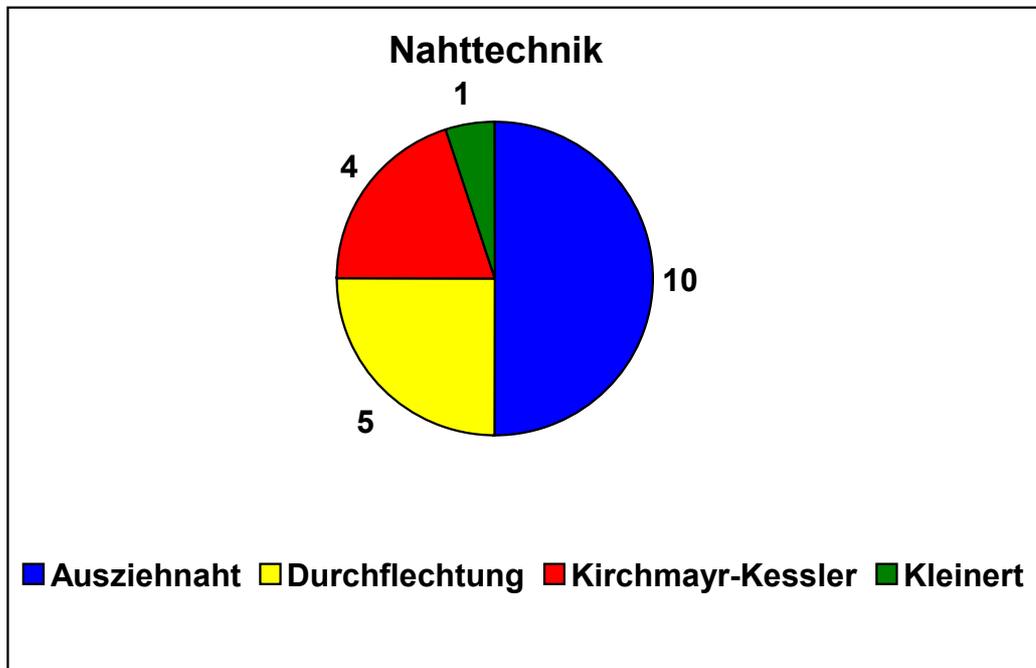


Abbildung 13: Verteilung der Nahttechniken

Bei der Versorgung der Rupturen erfolgte bei allen eine primäre Naht, jedoch in unterschiedlicher Art und Weise. Bei der Hälfte der Patienten erfolgte die Naht mittels Ausziehnähten. 4 Patienten (18,2%) sind mit einer Naht nach Kirchmayr-Kessler versorgt worden. Bei einem Viertel der Patienten wurde eine Durchflechtungsnaht angefertigt. Bei einem Patienten (4,5%) erfolgte die Naht nach Kleinert. Bezüglich der Lokalisation ergab sich die folgende Verteilung. Bei den proximalen Rupturen wurden 4 Ausziehnähte, 2 Durchflechtungsnahte, 4 Nähte nach Kirchmayr-Kessler und eine Naht nach Kleinert durchgeführt. Bei den intraligamentären Rupturen erfolgten 3 Ausziehnähte und 3 Durchflechtungsnahte. Die distalen Rupturen sind mittels 3 Ausziehnähten operiert worden.

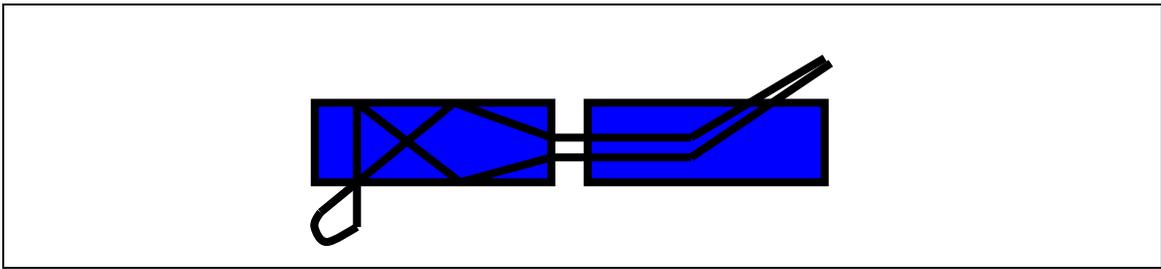


Abbildung 14: schematische Darstellung der Ausziehnaht

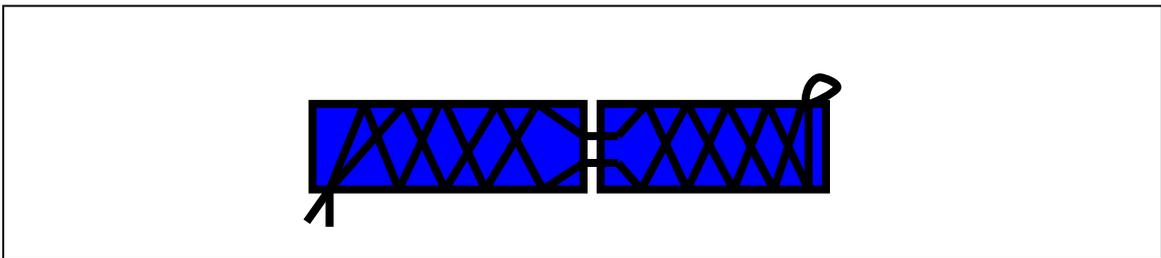


Abbildung 15: schematische Darstellung der Durchflechtungsnaht

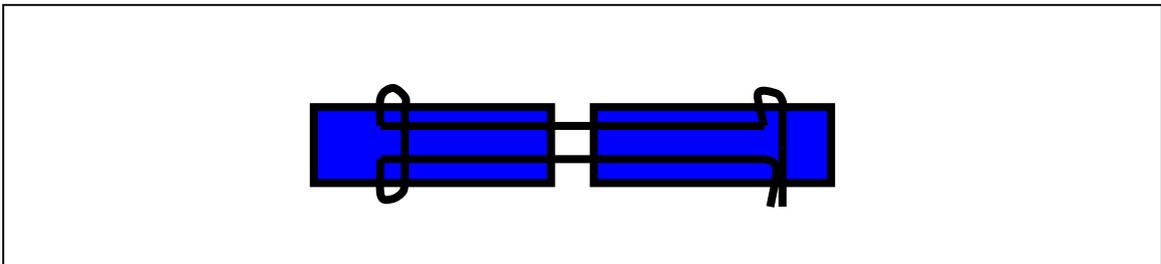


Abbildung 16: schematische Darstellung der Kirchmayr- Kessler Naht

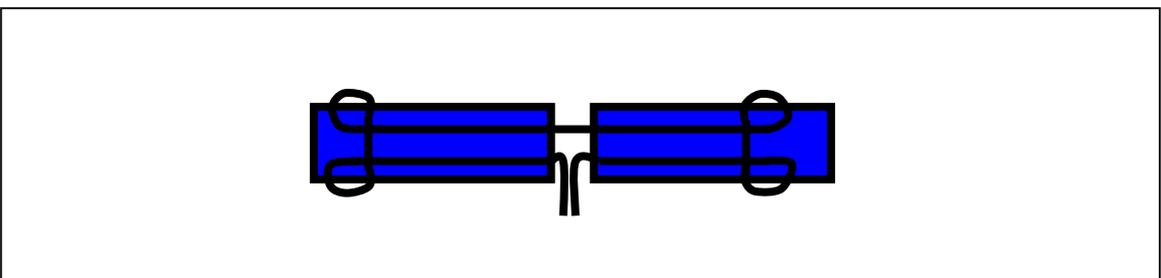


Abbildung 17: schematische Darstellung der Naht nach Kleinert

3.1.7 Postoperativer stationärer Aufenthalt

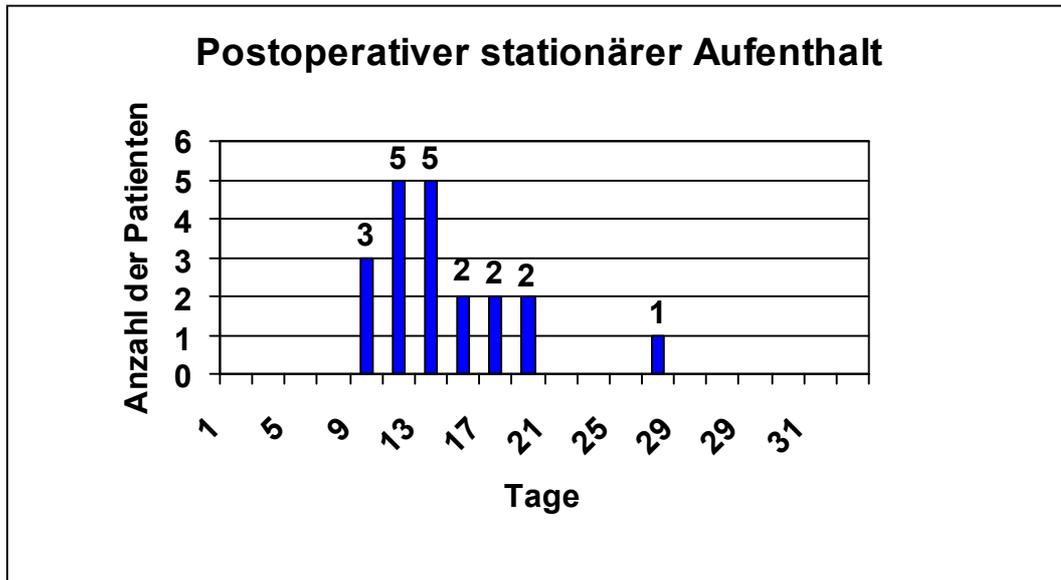


Abbildung 18: Dauer des postoperativen stationären Aufenthaltes

Durchschnittlich verblieben die Patienten 13,8 Tage (9- 27) in stationärer Behandlung. Der längste stationäre Aufenthalt ergibt sich aus der Polytraumatisierung des Patienten.

3.1.8 Nachbehandlung

Das postoperative Behandlungskonzept bestand in einer 14tägigen Ruhigstellung im Oberschenkelgips. Eine gleichzeitige Mobilisation erfolgte an Unterarmgehstützen. Nach 14 Tagen wurde eine 3tägige intensive Beübung auf der Motorschiene mit einem Bewegungsausmaß für Streckung und Beugung von 0/20/60 durchgeführt. Anschließend erfolgte eine weitere 14tägige Ruhigstellung im Oberschenkelgips. Danach wurde der schrittweise Aufbau zur Vollbelastung mit einer Bewegungslimitierung für Streckung und Beugung 0/20/60 für weitere vier Wochen durchgeführt. Anschließend wurde die Bewegung freigegeben.

3.1.9 Komplikationen

Bei einer Patientin musste nach 12 Wochen die gerissen einliegende PDS Kordel entfernt werden, nachdem es zu einer Fistelbildung im Bereich des tibialen Bohrkanals gekommen war. Ein Kniegelenkempyem lag nicht vor.

3.1.10 Folgeoperationen

Bei den zur Nachuntersuchung erschienenen Patienten wurden im Verlauf noch weitere Operationen durchgeführt. Im Einzelnen erfolgten insgesamt 8 weitere Arthroskopien. Hierbei zeigten sich in 6 Fällen neue Schäden des Innenmeniskus, die teilreseziert werden mussten. Zu dieser Gruppe gehörten 2 Patienten mit primärem Meniskusschaden. Bei 2 Patienten fiel eine drittgradige Chondromalazie im Bereich des medialen Tibiaplateaus auf. Hier erfolgte eine Knorpelglättung. In allen Arthroskopien konnten Restfasern des vorderen Kreuzbandes festgestellt werden.

3.2 Nachuntersuchung

3.2.1 Subjektives Outcome und Lysholm Score

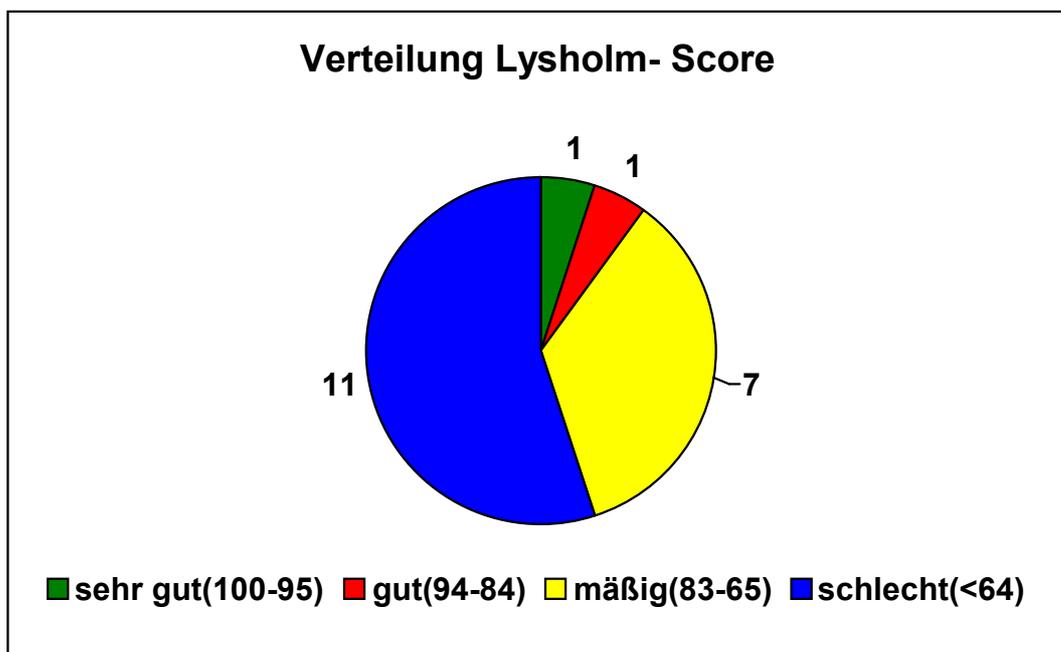


Abbildung 19: Verteilung der Patienten nach dem Lysholm Score

Anamnestisch waren von den 20 nachuntersuchten Patienten 18 subjektiv mit dem verletzten Knie unzufrieden. In der detaillierten Befragung über den weiteren Verlauf berichteten alle Patienten über eine Zunahme von Problemen, wie zum Beispiel Schmerzen, Instabilitätsgefühl und Abbau der Aktivitäten.

Im Lysholm Score erfolgte die subjektive Bewertung des verletzten Knies durch die Patienten. Hier wurden die Kategorien Hinken, Treppensteigen Instabilität, Schwellung, Belastungsfähigkeit, Beugung und Schmerz abgefragt. Es wird unterschieden in „sehr gut“ (100- 95 Punkte), „gut“ (94- 84 Punkte), „mäßig“ (83- 65 Punkte) und „schlecht“ (64 Punkte und weniger). Eine weitere Unterteilung erfolgt nach dem subjektiven Aktivitätsniveau nach Tegner vor und nach der Verletzung.

Insgesamt zeigte sich bei der Durchführung nur ein sehr gutes Ergebnis mit 99 Punkten. Ein gutes Resultat konnte mit 85 Punkten nachgewiesen werden. Durchschnittlich mit 69,3 Punkten (66- 71) wurden sieben mäßige Ergebnisse erreicht. Über die Hälfte der Patienten gaben mit durchschnittlich 49,9 Punkten (38- 63) schlechte Resultate an.

3.2.2 Tegner Aktivitätsscore

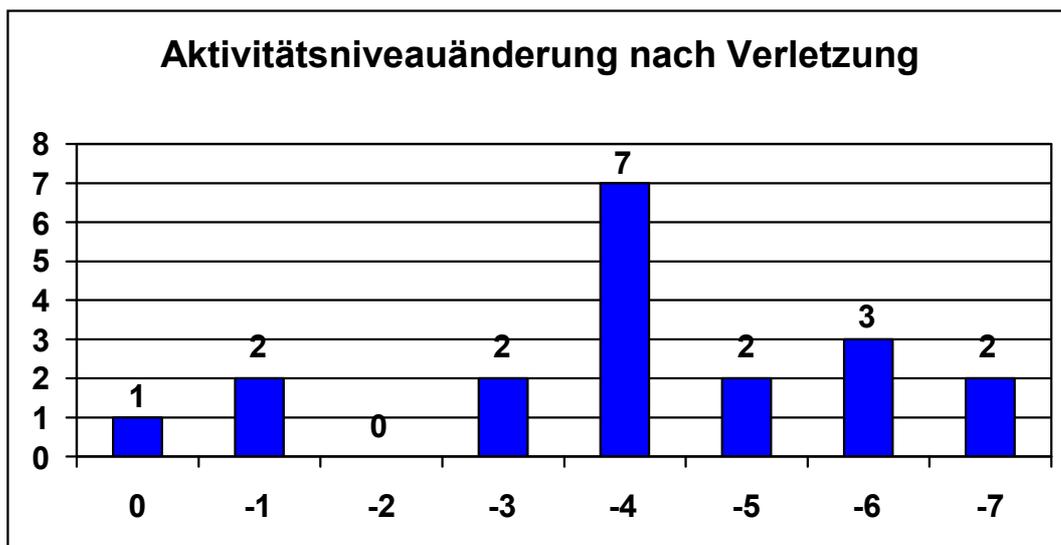


Abbildung 20: Aktivitätsniveaus nach Tegner im Follow up

Der Median der Änderung des Aktivitätsniveaus beträgt 3,5. Durchschnittlich ergibt sich eine Niveauverlust um 4,2 (0- 7) Punkte. Bei 95% der Patienten wurde ein Niveauverlust nachgewiesen.

3.2.3 Klinische Untersuchung und Messblatt untere Extremität

In der klinischen Untersuchung zeigte sich bei allen Untersuchten keine Auffälligkeiten bezüglich der Motorik, Sensibilität und Durchblutung. Die Operationsnarben waren in allen Fällen reizlos. Eine Fehlstellung der Beinachse konnte in keinem Fall nachgewiesen werden. Hämatome fanden sich nicht. Bei 7 Patienten (35%) wurde eine Umfangsvermehrung des verletzten Knies festgestellt. Darauf wird bei dem Punkt Messblatt untere Extremität gesondert eingegangen. Bei diesen 7 Patienten (35%) ließ sich ein Kniegelenkerguss als Ursache der Schwellung nachweisen. Schmerzpunkte fanden sich in unterschiedlicher Intensität bei 12 Fällen (60%) über dem medialen Gelenkspalt. Eingeteilt in eine Schmerzskala von 1- 10 (1= leichter Schmerz, 10= starker Schmerz), gaben 5 Patienten (25%) eine Schmerzintensität von 4 an. Vier Patienten (20%) gaben eine Intensität von 3 an. Weitere 3 Patienten (15%) gaben eine Intensität von 2 an.

Zur Überprüfung der Menisci wurden die Zeichen nach Steinmann angewandt. Das Zeichen nach Steinmann I ergibt einen Spontanschmerz im gebeugten Knie bei der Rotation. Das Zeichen nach Steinmann II zeigt einen nach dorsal wandernden Schmerz bei zunehmender Beugung im Kniegelenk. In den nachuntersuchten Fällen wurde bei 5 Patienten (25%) der Verdacht auf eine Schädigung des Innenmeniskus auf der ehemals verletzten Seite geäußert. Diese 5 Patienten (25%) sind gleichzeitig in der Gruppe mit Schmerzen über dem medialen Gelenkspalt eingeordnet. Für alle 5 Patienten (25%) waren sowohl der Steinmann I Test, als auch der Steinmann II Test positiv.

Der ursprüngliche Plan, alle Patienten im Follow- up mittels Knie MRT zu untersuchen, wurde nach den ersten beiden Patienten abgebrochen. In beiden Fällen war artefaktbedingt keine Aussage der Untersuchung möglich, was von den beteiligten Radiologen auf vermuteten metallischen Bohrerabrieb bei der Primäroperation zurückgeführt wurde.

Bei der Überprüfung des Seitenbandapparates, der mit Varus- bzw. Valgusstreß in 30° Beugstellung durchgeführt wurde, zeigte sich bei

19 Patienten (95%) ein stabiler lateraler Seitenbandapparat im Seitenvergleich. Die Einteilung der unterschiedlichen Grade der Aufklappbarkeit erfolgte nach Maßgabe des IKDC Scores. Einfach positiv gibt hier eine Gelenköffnung zwischen 3- 5mm an, zweifach positiv ist eine Gelenköffnung zwischen 6- 10mm, drittgradig positiv ist eine Gelenköffnung über 10mm. Bei einem Patienten (5%) zeigte sich eine zweitgradige Aufklappbarkeit zur Gegenseite. Hierbei handelte es sich um den Unfallverletzten mit gleichzeitiger Ruptur des lateralen Collateralbandes.

Die Überprüfung des medialen Seitenbandapparates erbrachte bei 5 Patienten (25%) eine vermehrte Aufklappbarkeit. In 3 Fällen (15%) zeigte sich eine drittgradige Aufklappbarkeit. In zwei weiteren Fällen (10%) wurde eine erst- bis zweitgradige Aufklappbarkeit nachgewiesen. Ebenfalls in diesem Kollektiv sind die Patienten mit der ursprünglichen Begleitverletzung des medialen Collateralbandes zu finden. Der dritte Patient mit der drittgradigen Aufklappbarkeit gab kein erneutes Trauma in der Vorgeschichte an und auch bei der primären Verletzung fanden sich stabile Bandverhältnisse in der Narkoseuntersuchung. Ebenso gaben die Patienten mit der erst- bis zweitgradigen Aufklappbarkeit kein Trauma an.

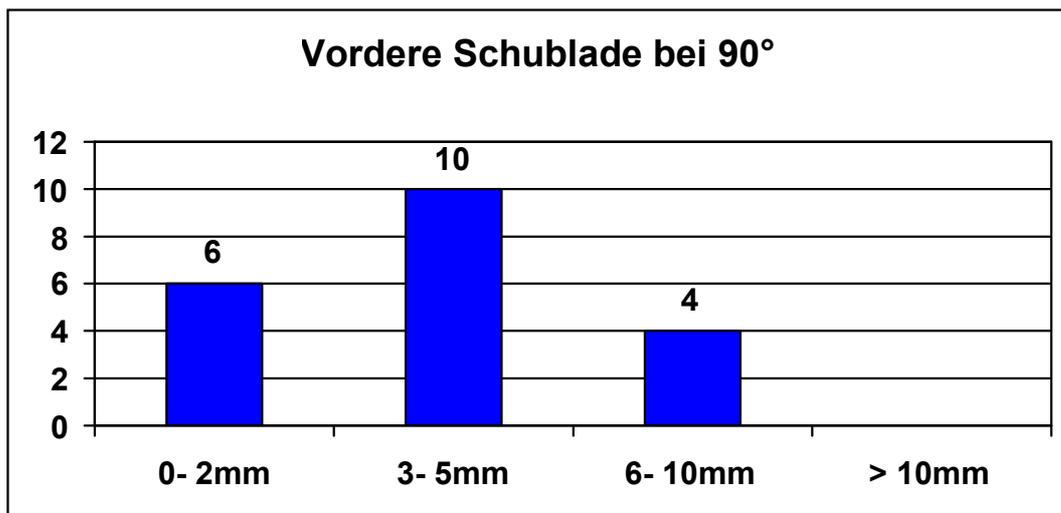


Abbildung 21: Ausmaß der Instabilität der operierten Knie in der Überprüfung der vorderen Schublade

Bei der Überprüfung der Stabilität des vorderen Kreuzbandes hatten alle nachuntersuchten Patienten auffällige Befunde am verletzten Knie, und zwar in allen verwendeten Tests. Zur Überprüfung des vorderen Kreuzbandes wurde erstens die Untersuchung des Phänomens der vorderen Schublade durchgeführt. Dabei wurde bei dem 90° gebeugtem Knie die Tibia gegen den Oberschenkel in a. p. Richtung verschoben und im Seitenvergleich ausgewertet.

In fast einem Drittel der untersuchten Fälle wurde im Vergleich zur Gegenseite eine Differenz von 0- 2mm festgestellt. Bei der Hälfte der Patienten fand sich eine Differenz von 3- 5mm. In 4 Fällen (20%) ließ sich eine Seitendifferenz von 6- 10mm nachweisen. Eine muskuläre Kompensation konnte in 2 Fällen (10%) aufgezeigt werden.

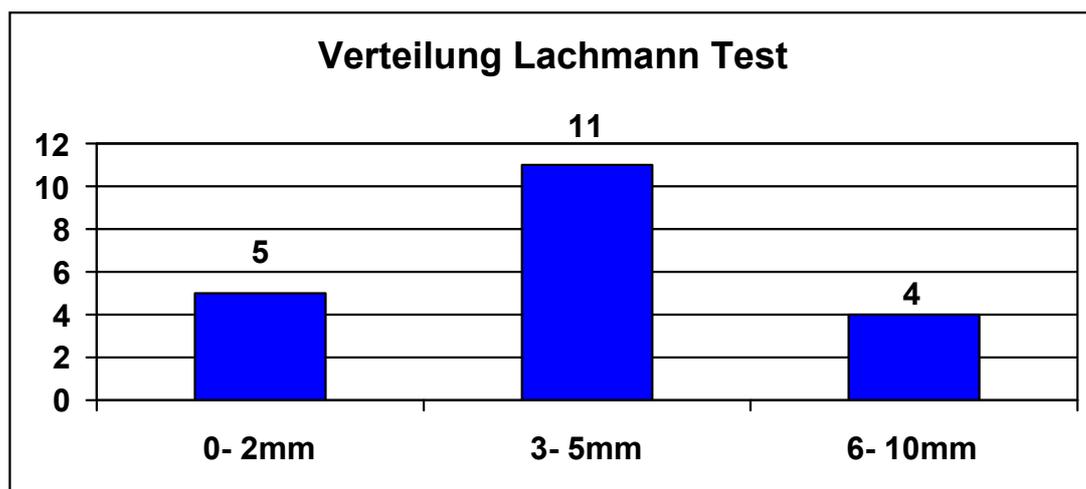


Abbildung 22: Ausmaß der Instabilität der operierten Knie im Lachmann Test

Ebenso erfolgte die Überprüfung mit dem Lachmann Test. Hierbei wurde die Prüfung jedoch in 20° Beugstellung durchgeführt.

Die Überprüfung des manuellen Lachmann Testes ergab ähnliche Untersuchungsergebnisse. In einem Viertel der Fälle zeigte sich eine Differenz von 0- 2mm zur Gegenseite. Ein Unterschied von 3- 5mm zeigte sich bei über der Hälfte der Untersuchten. Bei der Abweichung von

6- 10mm zur Gegenseite blieb die Zahl der Patienten (20%) zum Untersuchungsgang bei der vorderen Schublade gleich.

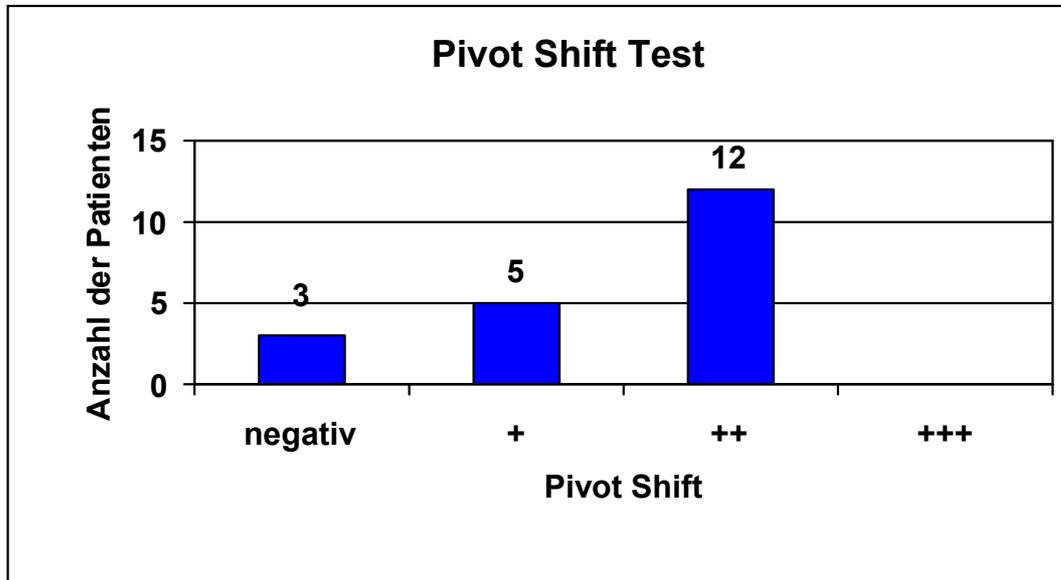


Abbildung 23: Verteilung bei der Überprüfung des Pivot Shift Testes

Bei der Überprüfung des Pivot Shift Test erfolgte die Überprüfung des Roll-Gleit-Mechanismus des Kniegelenkes. Das anfängliche Rollen des Femurkondylus am Tibiakondylus wird durch ein reines Gleiten abgelöst. Dabei wird der bei der Innenrotation der Tibia und Valgisierung im Kniegelenk nach anterolateral subluxierte Tibiakopf bei zunehmender Beugung durch den Tractus iliotibialis reponiert. Die Einteilung erfolgte nach Maßgabe des IKDC Scores, wobei einfach positiv ein angedeutetes Zeichen ist, zweifach positiv ist ein stark auslösbares Phänomen und drittgradig positiv ist ein sehr stark ausgelöster Test.

Bei der Untersuchung konnte bei einem Viertel der Patienten ein einfach positiver Test ausgelöst werden. Bei annähernd zwei Drittel der Patienten zeigte sich ein zweifach positives Ergebnis. Bei 3 Patienten (15%) wurde kein Pivot shift Phänomen ausgelöst.

Zusammengefasst ergibt sich hieraus für den Teilaspekt der „Untersuchung Bandapparat“ des IKDC folgende Verteilung: 3 Patienten (15%) sind der Einstufung D zuzuordnen, 4 Patienten (20%)

gehören zur Gruppe C und über die Hälfte der Patienten befinden sich in Gruppe B. Der Untergruppe A sind 2 Patienten (10%) zuzuordnen.

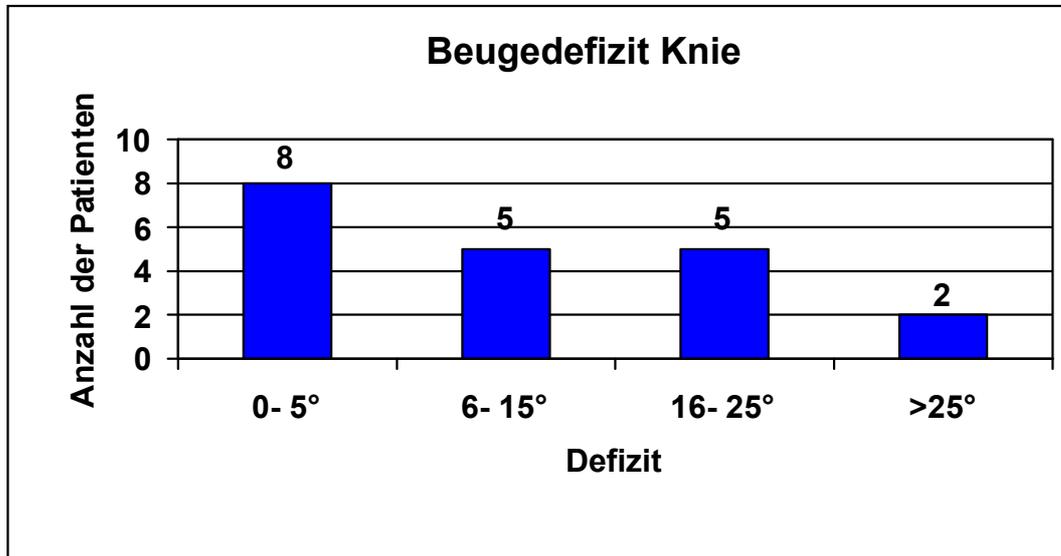


Abbildung 24: Verteilung des Beugedefizits auf der verletzten Seite

Zur Messung einer Muskelweichteilminderung oder einer Bewegungseinschränkung im Bereich der unteren Extremität wurde das entsprechende Messblatt ausgefüllt. Zusammenfassend ist für alle Patienten zu sagen, dass im Bereich der Hüftgelenke, der oberen Sprunggelenke, der unteren Sprunggelenke und im Bereich der Zehngelenke keine Bewegungseinschränkungen vorlagen. Eine Beinlängendifferenz war ebenfalls bei keinem Patienten festzustellen.

Ein Streckdefizit war bei keinem Patienten zu verzeichnen. Auffällig jedoch wurde eine Überstreckbarkeit von 5° im Vergleich zur Gegenseite bei einem Patienten. Hierbei handelt es sich um den Patienten mit der zusätzlich bestehenden Ruptur des medialen Collateralbandes. Bei der Beugung im Kniegelenk zeigten sich insgesamt 8 (40%) frei bewegliche Kniepaare. Bei einem weiteren Viertel der Patienten wurde ein Beugedefizit zwischen 6-15° auffällig. 5 Untersuchte wiesen eine Einschränkung der Beugung zwischen 16-25° auf. Eine

Bewegungsminderung für die Beugung über 25° zur Gegenseite wurde bei 2 Patienten festgestellt.

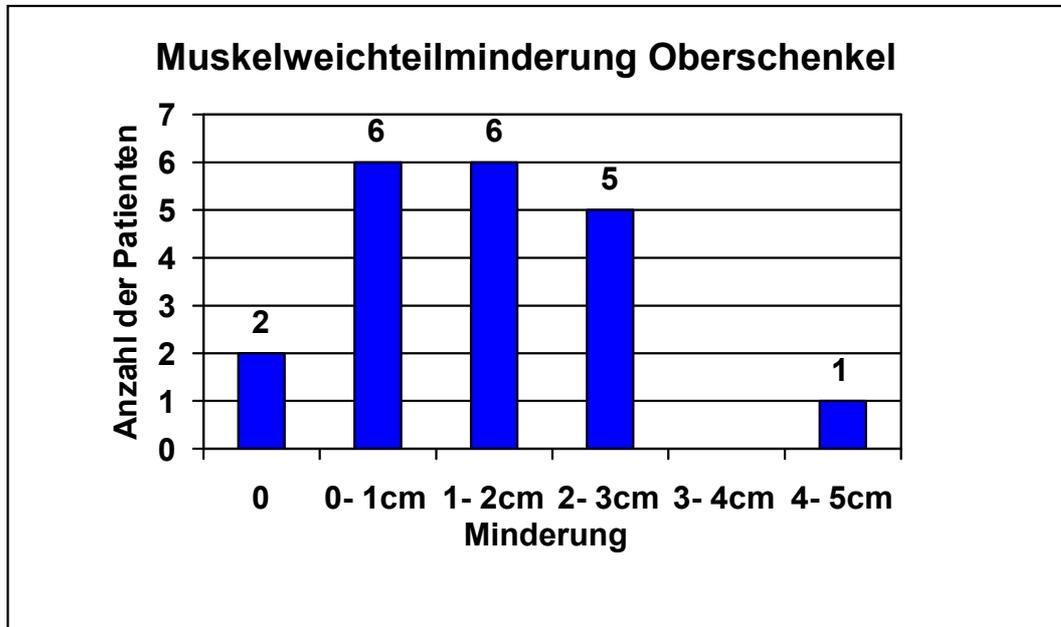


Abbildung 25: Verteilung der Muskelweichteilminderung am Oberschenkel

Des Weiteren erfolgte die Umfangsmessung der Oberschenkel, der Kniegelenke und der Unterschenkel. Hierbei wurde festgestellt, dass nur in 2 Fällen (9,1%) ein identischer Wert für die Oberschenkelmuskulatur gemessen werden konnte. Mit einer Muskelweichteilminderung bis zu einem Zentimeter fielen nahezu ein Drittel der Patienten auf. Zwischen 1- 2cm Differenz im Oberschenkelbereich wurden ebenfalls bei fast einem Drittel der Patienten festgestellt. Bei einem Viertel der nachuntersuchten Patienten wurde ein Unterschied von 2- 3cm gemessen. Ein Patient (5%) wies eine Differenz von 5cm auf.

Bezüglich der gemessenen Knieumfänge zeigte sich in 7 Fällen eine Vermehrung. Hier fand sich bei den Patienten eine Zunahme zur Gegenseite von bis zu 2cm. Die restlichen Messungen erbrachten keine Unterschiede.

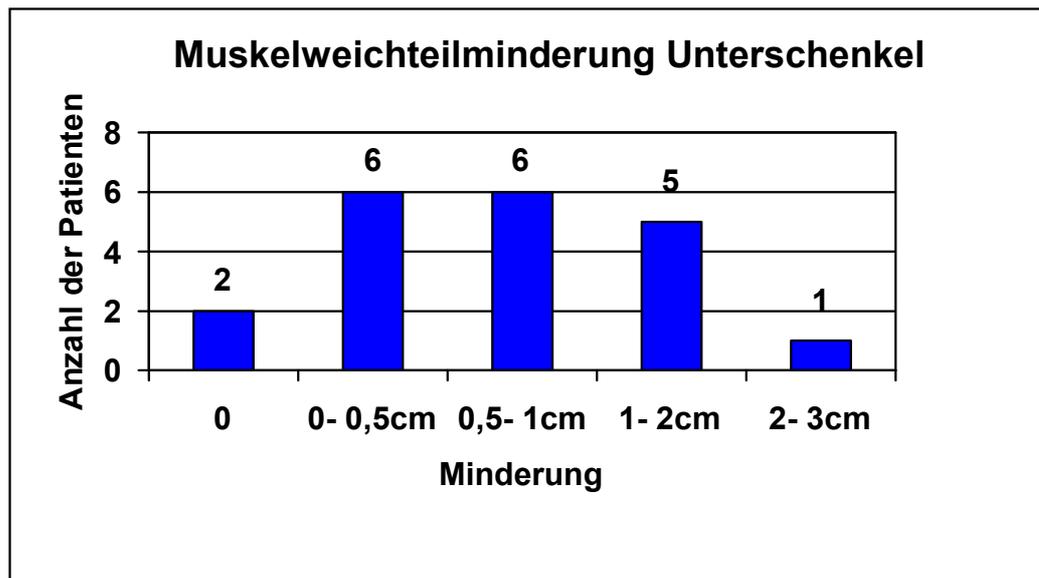


Abbildung 26: Verteilung der Muskelweichteilminderung am Unterschenkel

Die Unterschenkelumfänge differierten analog der Verminderung der Oberschenkelumfänge. Es handelt sich dabei um die gleiche Häufigkeit, die Verteilung auf die Patienten ist unterschiedlich. Unterschiedlich gestalteten sich die absoluten Werte. Bis zu einem halben Zentimeter Minderung ließ sich bei fast einem Drittel der Patienten nachweisen. Zwischen 0,5- 1cm Differenz wurden ebenfalls bei fast einem Drittel der Patienten gemessen. Bei einem Viertel der Patienten zeigte sich eine Differenz zwischen 1- 2cm und bei einem Patient (5%) belief sich der Verlust an Muskelweichteilmantel um 3cm. 2 Patienten (10%) wiesen keine Abweichung auf.

3.2.4 KT-1000 Arthrometer und Rolimeter

Zur Objektivierung der erhobenen Werte beim manuellen Lachmann Test wurden zusätzliche Messungen mit dem KT-1000 Arthrometer durchgeführt. Dazu erfolgte eine Untersuchung mit 89N und eine mit maximaler manueller Kraft. Bei den 89N handelt es sich um eine bauartbedingte fixe Einstellung. Vergleichsweise wurde die Untersuchung mit dem Rolimeter mit maximaler manueller Kraft durchgeführt.

Bei der Untersuchung mit 89N zeigte sich bei über einem Drittel eine Seitendifferenz von 0- 2mm. Bei über der Hälfte der Untersuchten ließ sich ein Differenz von 3- 5mm nachweisen. Zwei Patienten (10%) wiesen einen Unterschied von 6- 10mm auf.

Bei der Untersuchung mit maximaler manueller Kraft zeigte sich ein Viertel der Patienten mit einer Seitendifferenz von 0- 2mm. Bei der Hälfte der Untersuchten stellte sich ein Unterschied von 3- 5mm heraus. Bei einem weiteren Viertel fand sich eine Differenz von 3- 5mm im Vergleich zur Gegenseite.

Der gleiche Untersuchungsgang wurde mit dem Rolimeter bei maximaler manueller Kraft durchgeführt. Hierbei kam es zu einer identischen Verteilung der Differenzen im Seitenvergleich.

Tabelle 2: Einzeldaten der Messungen mit dem KT-1000 Arthrometer und dem Rolimeter beim objektivem Lachmann Test

Patient	KT-1000 89N mm	KT-1000 max mm	Rolimeter max mm	Abweichung der Messungen des Rolimeters im Vergleich zum KT-1000
1	2	2	2	0
2	5	8	8	0
3	1	2	2	0
4	2	4	4	0
5	4	5	5	0
6	7	10	10	0
7	3	5	5	0
8	1	2	2	0
9	1	2	2	0
10	2	4	5	1
11	2	2	2	0
12	5	7	8	1
13	3	5	5	0
14	4	5	5	0
15	3	4	5	1
16	3	5	5	0
17	4	5	5	0
18	4	5	5	0
19	7	9	10	1
20	5	7	8	1

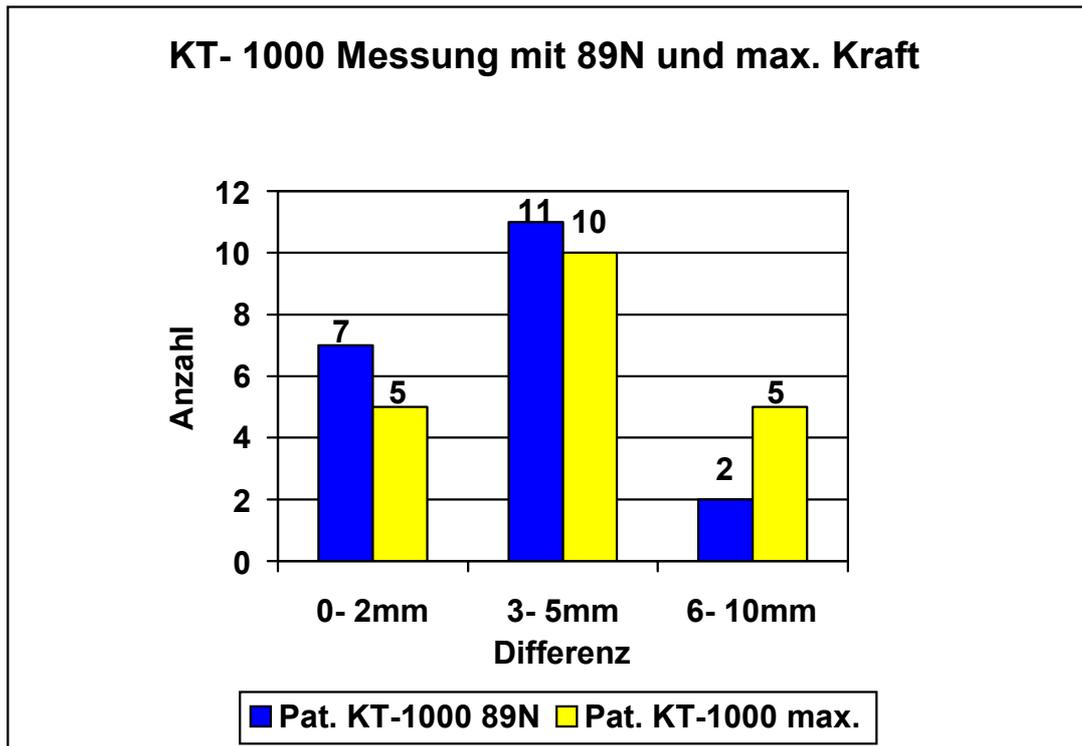


Abbildung 27: Messung mit dem KT-1000 Arthrometer bei 89N und bei Maximalkraft

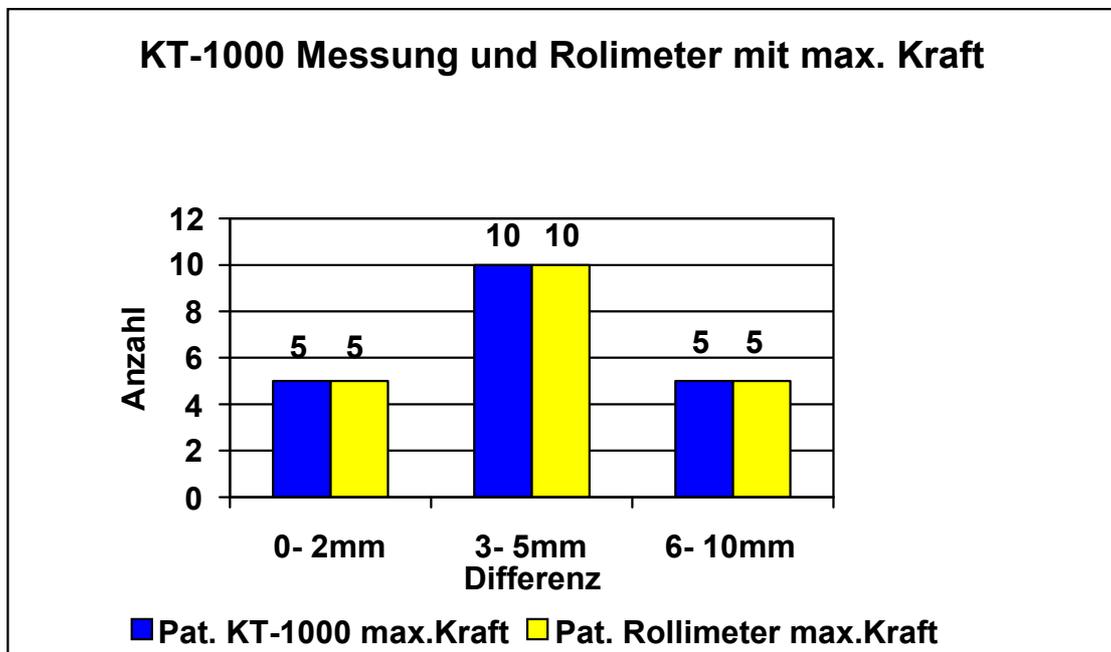


Abbildung 28: Messung mit dem KT-1000 Arthrometer und dem Rolimeter bei maximaler Kraft

3.2.5 IKDC Score

Abschließend erfolgte die Bewertung der subjektiven und objektiven Angaben nach dem IKDC Score.

3.2.5.1 Aktivitätsniveau

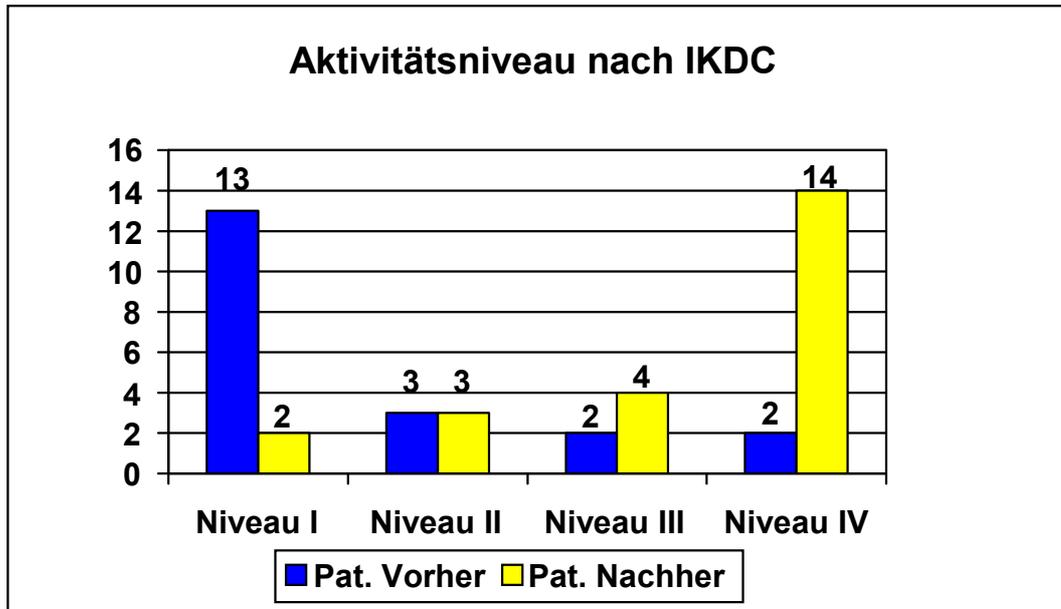


Abbildung 29: Verteilung des Aktivitätsniveaus vor und nach der Verletzung

Die Einteilung des Aktivitätsniveaus ist ähnlich der Einteilung des Tegner Scores. Hier erfolgt eine Einteilung in 4 Kategorien. Vor dem Unfall übten fast zwei Drittel der Patienten eine Sportart aus, die dem Niveau I zuzuordnen ist. Dazu zählen zum Beispiel Fußball, Handball und Basketball. Zugehörig zum Niveau II mit Sportarten wie Ski und Tennis zählten 3 Patienten (15%). Auf Niveau III mit Rad fahren und Jogging, befanden sich 2 Patienten (10%). 2 Patienten (10%) konnten mit Aktivitäten des täglichen Lebens dem Niveau IV zugeordnet werden. Zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung zeigte sich insgesamt eine deutliche Verschiebung in Richtung auf die höheren Niveaus im Score. Die intraindividuelle Niveauveränderung nach IKDC zeigt sich in der folgenden Abbildung.

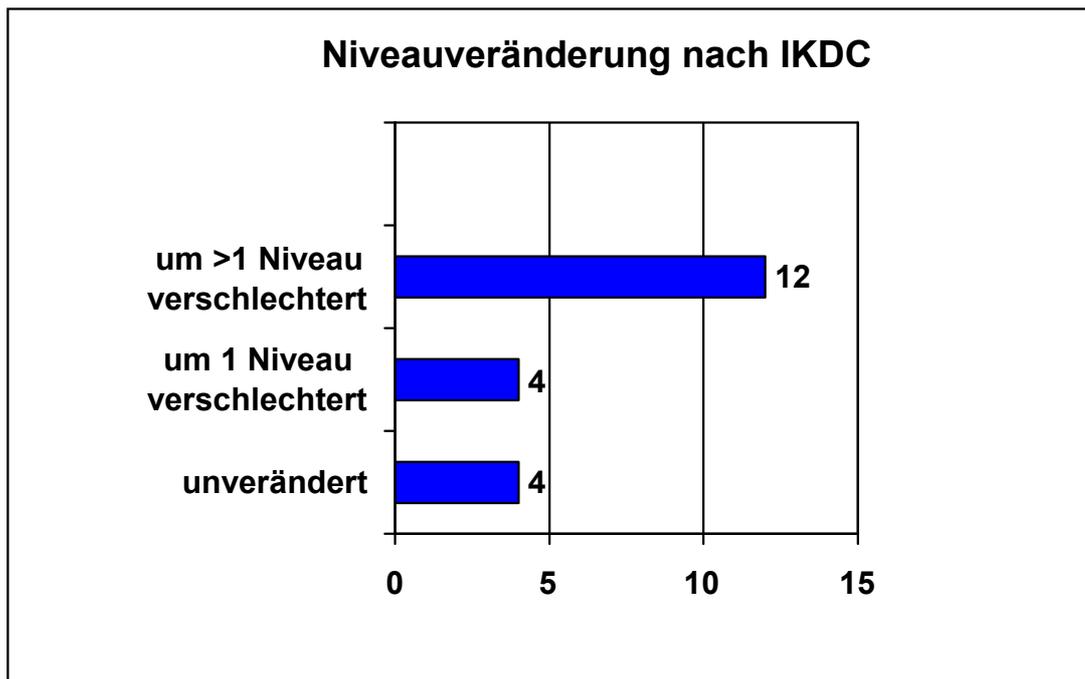


Abbildung 30: Verteilung der Niveauveränderung nach der Verletzung

3.2.5.2 Beurteilung der Kniefunktion

Die weitere subjektive Beurteilung wurde in den Unterteilungen A (normal), B (fast normal), C (abnormal) und D (stark abnormal) vorgenommen.

Bei der Einstufung der Kniefunktion gab nur ein Fünftel der Patienten eine normale Kniefunktion an. Mit einer fast normalen Funktion beschrieb knapp ein Drittel ihr Kniegelenk. Bei 8 Untersuchten (40%) wurde eine abnormale Kniefunktion angegeben. 4 Patienten (20%) bescheinigten eine stark abnormale Funktion.

In der Beurteilung der Beeinflussung der Aktivität durch die Kniefunktion in einer Skala von 0-3 (0= normal, 3= stark abnormal) berichteten 2 Patienten (10%) über eine Beeinträchtigung der Stufe 1. Auf Stufe 2 fand sich annähernd ein Drittel der Patienten. Auf der höchsten Stufe zeigten sich somit fast zwei Drittel. Überhaupt keine Beeinflussung der Aktivität durch das verletzte Kniegelenk wurde von keinem Patienten angegeben.

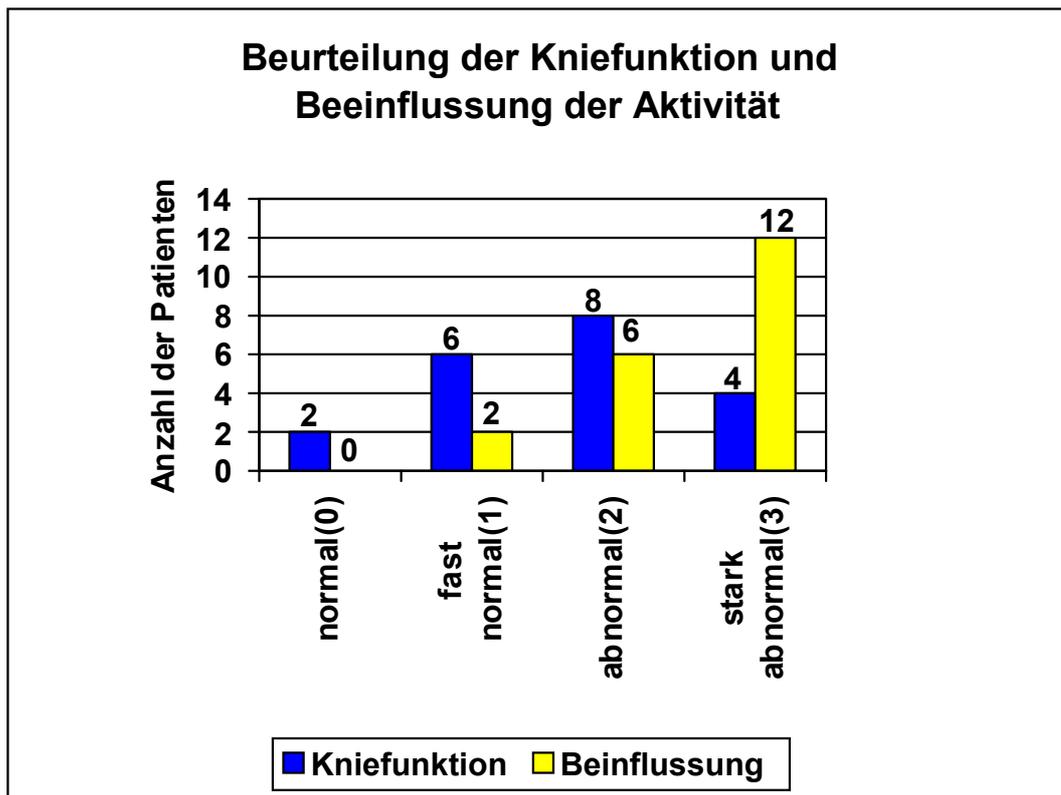


Abbildung 31: Verteilung der Beurteilung der Kniefunktion und der Beeinflussung der Aktivität durch das verletzte Knie

Zusammengefasst ergab sich hieraus für den Teilaspekt der subjektiven Beurteilung für fast zwei Drittel der Patienten die Einstufung D, knapp ein Drittel war in der Gruppe C einzuordnen und 2 Patienten (10%) befanden sich in Gruppe B. In der Untergruppe A befand sich kein Patient.

3.2.5.3 Symptome nach IKDC

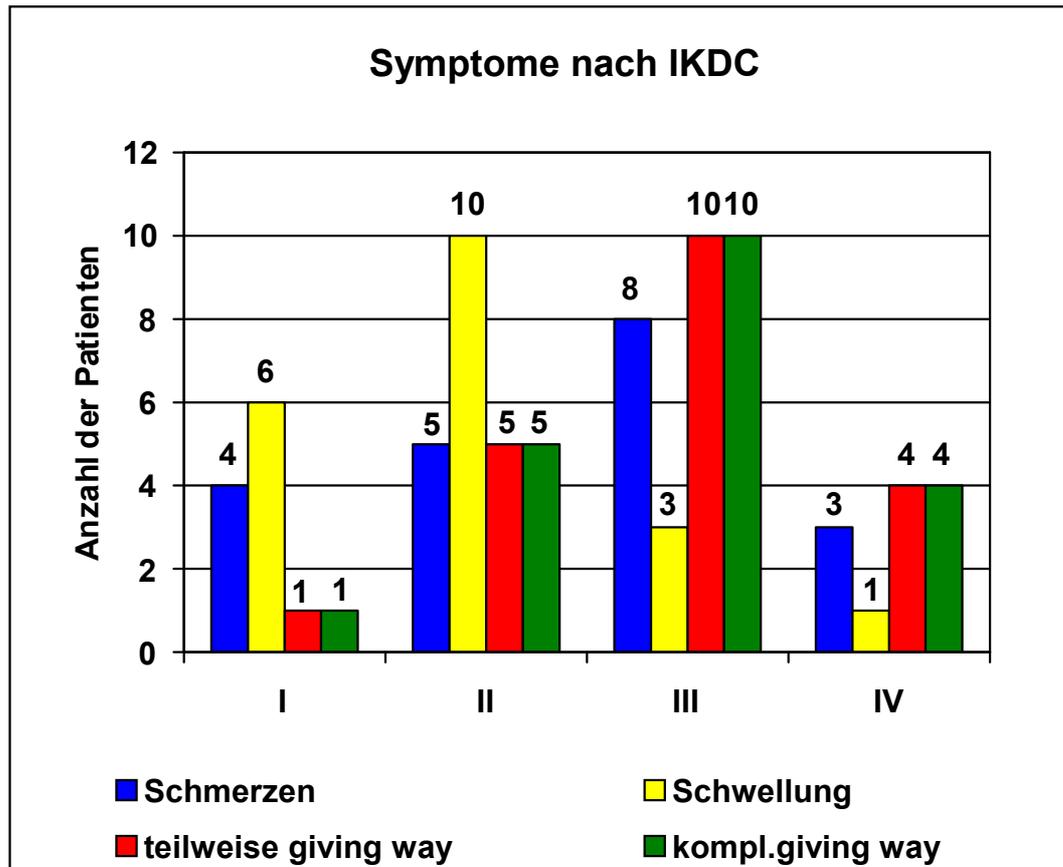


Abbildung 32: Verteilung der Symptome nach dem IKDC Score

In der zweiten Untergruppe des IKDC erfolgte die subjektive Beurteilung der Symptome in der höchsten vom Patienten ausgeübten Aktivitätsstufe. Keine Schmerzen bei der Aktivität auf dem jeweiligen Niveau gab ein Fünftel der Untersuchten an. Ein weiteres Viertel der Patienten berichtete über leichte Schmerzen bei der Ausübung. Mit starken Schmerzen war annähernd die Hälfte der Patienten behaftet. Über stärkste Schmerzen berichteten 3 Patienten (15%).

Eine Schwellung des verletzten Kniegelenkes bei der Ausübung der Aktivität auf jeweiligem Niveau fand sich bei der Hälfte der Patienten.

3 Patienten (15%) zeigten eine starke Schwellung an. Eine extreme Schwellung wurde bei einem Patienten (5%) angegeben. Bei der Ausübung der Aktivität ließ sich bei knapp einem Drittel keine Schwellung nachweisen.

Bei der Beurteilung des partiellen „giving way“ Phänomens fand sich bei einem Viertel eine leichte Symptomatik. Bei der Hälfte der Untersuchten konnte ein starkes Weggleiten nachgewiesen werden und bei einem Fünftel der Patienten wurde ein sehr starkes Weggleiten angegeben. Ausschließlich bei einem Patienten (5%) wurde die Symptomatik nicht bemerkt. Für das komplette Weggleiten wurden identische Angaben gemacht.

Zusammengefasst ergab sich hieraus für den Teilaspekt der Symptome ein Fünftel der Patienten mit der Einstufung D. Die Hälfte der Patienten waren in der Gruppe C einzuordnen und fast ein Drittel befand sich in Gruppe B. In der Untergruppe A fand sich kein Patient.

Die dritte und vierte Untergruppe des IKDC ist unter dem Punkt 3.2.3 Klinische Untersuchung und Messblatt untere Extremität abgehandelt.

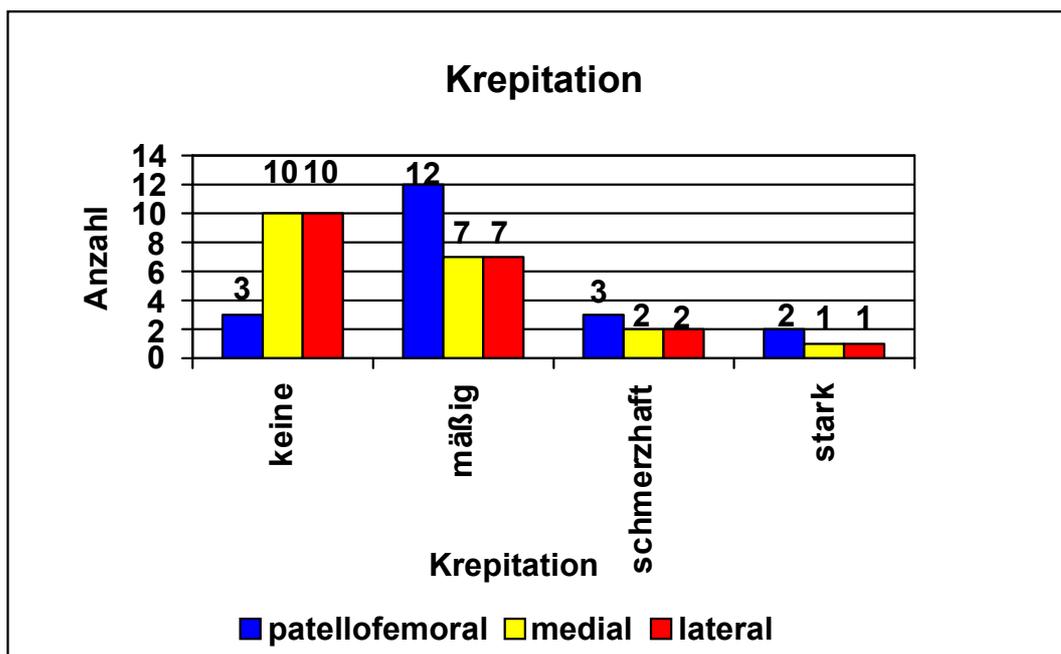


Abbildung 33: Verteilung der Krepitation in den Kompartimenten

In der Beurteilung der Kompartimente wurde bei der Untersuchung zwischen dem patellofemoralem Gleitlager, dem medialen und dem lateralen Kompartiment unterschieden.

Bei 3 Patienten (15%) fand sich keine Krepitation im patellofemorale Anteil. Ein mäßiges Reiben war bei annähernd zwei Drittel der Patienten festzustellen. In 3 Fällen (15%) wurde eine schmerzhaft Krepitation ausgelöst und bei 2 Patienten (10%) lag eine starke Reibung vor.

Im medialen Kompartiment war in der Hälfte der Fälle keine Krepitation auszulösen. Bei über einem Drittel der Patienten wurde eine mäßige Reibung nachgewiesen. Eine schmerzhaft Reibung fand sich bei 2 Patienten (10%) und bei einem Patienten (5%) wurde eine starke Krepitation nachvollzogen.

Im lateralen Kompartiment zeigten sich ähnliche Ergebnisse. Hier blieb ebenfalls die Hälfte der Patienten ohne den Nachweis einer Krepitation. Über ein Drittel wies eine mäßige Reibung auf. Bei 2 Patienten (10%) wurde eine schmerzhaft Krepitation auffällig und ebenfalls in einem Fall (5%) kam zu einer starken Reibung im lateralen Anteil des Kniegelenkes.

Zusammengefasst ergibt sich hieraus für den Teilaspekt der Kompartimente folgendes: 2 Patienten (10%) mit der Einstufung D, 3 Patienten (15%) sind in der Gruppe C einzuordnen und fast zwei Drittel der Patienten befinden sich in Gruppe B. In der Untergruppe A finden sich 3 Patienten (15%).

Im Rahmen der Nachuntersuchung wurden bei 3 Patienten mit Therapiewunsch Röntgenaufnahmen des ehemals verletzten Kniegelenkes durchgeführt. Hier fanden sich nativradiologisch unauffällige Verhältnisse. Eine Arthrose konnte in keinem Fall nachgewiesen werden. Bei den 3 Patienten handelte es sich um Patienten aus der Gruppe D.

Bei der Durchführung des funktionellen Tests wurde ein Einbeinsprung mit dem gesunden und dem verletzten Bein durchgeführt. Danach wurde die Differenz der Weite zwischen beiden Seiten bestimmt und prozentual eingeordnet.

Zwischen 90- 100% zur Gegenseite schafften es 2 Patienten (10%). Ein Fünftel der Patienten erreichte 76- 90%. Bei 8 Patienten (40%) wurden

50 - 75% der gesunden Seite erreicht. Jedoch auch 6 Patienten (30%) kamen nur auf weniger als 50% im Vergleich zur gesunden Seite.

3.2.5.4 Zusammenfassung IKDC

In der nachfolgenden Abbildung zeigt sich die Gesamtverteilung bezüglich der untersuchten Untergruppen des IKDC.

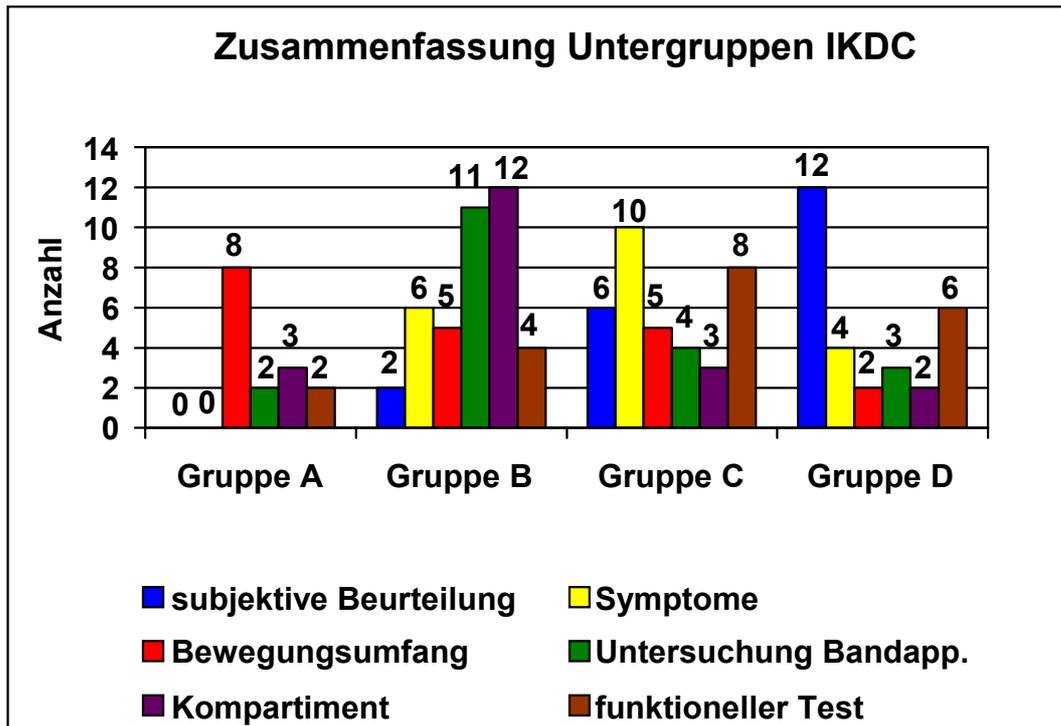


Abbildung 34: Verteilung der Patienten in den jeweiligen Untergruppen des IKDC Scores

Unter Berücksichtigung der jeweiligen Einteilung in den Untergruppen ergab sich das folgende Gesamtergebnis nach dem IKDC Score. Ein sehr gutes Ergebnis konnte nicht nachgewiesen werden. Der Gruppe B konnten 2 Patienten (10%) zugeordnet werden. Ein mäßiges Resultat zeigte sich bei einem Drittel der Patienten. Am häufigsten konnte mit fast zwei Drittel aller Untersuchten ein schlechtes Ergebnis aufgezeigt werden.

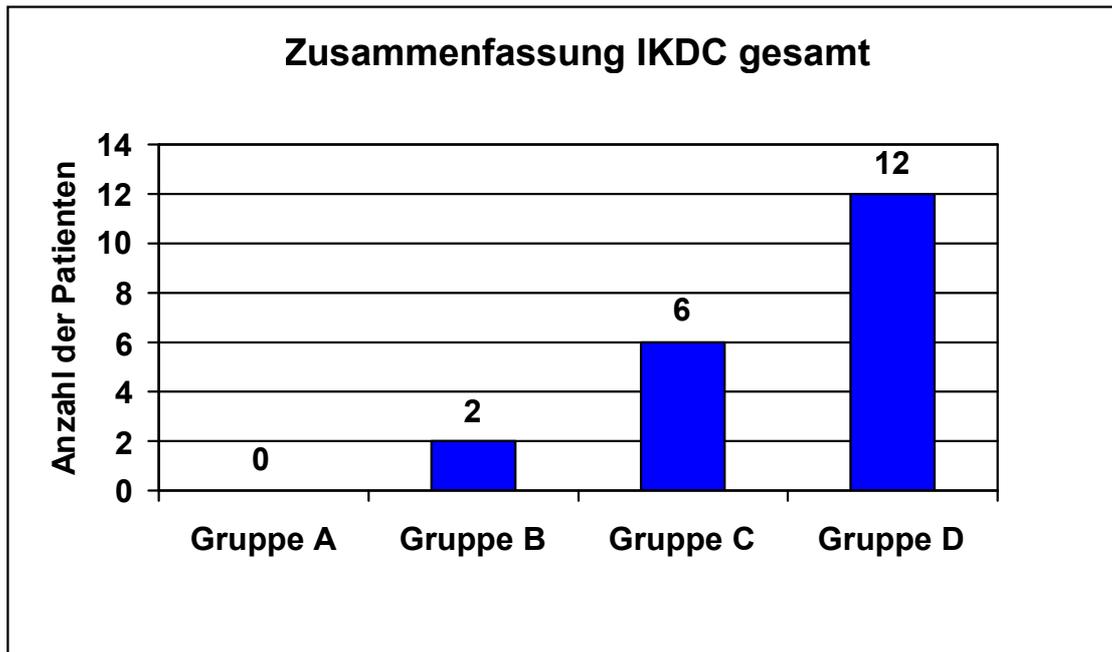


Abbildung 35: Verteilung der Patienten nach der Gesamtauswertung des IKDC Scores

4 Diskussion

Die primäre Naht der intraligamentären Ruptur des kindlichen vorderen Kreuzbandes ist in der Literatur nicht eingehend untersucht. Es wurden in mehreren Studien schlechte Ergebnisse aufgezeigt [8, 18, 88]. Jedoch wurden bisher noch keine vergleichbare Arbeit mit 20 nachuntersuchten Patienten und vergleichbar langem Follow-up publiziert. Es konnte eine hohe Korrelation der subjektiven und objektiven Bewertung des verletzten Kniegelenkes aufgezeigt werden. 90% der Patienten beurteilten ihre Kniefunktion als mäßig oder schlecht. Bei 75% der Nachuntersuchten wurden pathologische Werte beim objektiven Lachmann Test mit dem KT-1000 Arthrometer nachgewiesen. Zusammengefasst im objektiven IKDC Score ergab sich bei 90% der Patienten eine mindestens abnormale (Gruppe C des IKDC Scores) Funktion des Kniegelenkes. Somit sollte die primäre Bandnaht bei der intraligamentären Ruptur des vorderen Kreuzbandes bei Kindern und Jugendlichen keine Methode der Wahl mehr sein und nicht mehr durchgeführt werden. Die Einzelpunkte werden im Folgenden diskutiert.

4.1 Die Geschichte der Diagnostik und Therapie der vorderen Kreuzbandruptur

In der Literatur finden sich umfassende Arbeiten zur Geschichte der Kreuzbandruptur [9, 31, 54, 111, 221]. Trotz wachsender Kenntnisse über die Probleme und Risiken sind bis zum heutigen Tag viele Fragen unbeantwortet. Damit stellt die Behandlung der vorderen Kreuzbandruptur weiterhin ein aktuelles Problem dar.

Erste anatomische Beschreibungen des vorderen Kreuzbandes datieren aus dem zweiten Jahrhundert nach Christus durch Galen. Die erste Beschreibung einer Ruptur des vorderen Kreuzbandes erfolgte 1850 durch Stark. Um 1900 wurde über die erste Naht des vorderen Kreuzbandes von Bastle berichtet. Bis 1919 wurden die Narkoseuntersuchung bei unklarer Diagnose und die frühzeitige Naht als

Empfehlung ausgesprochen. 1919 wurde die Technik publiziert, die heute die Grundlage der intraartikulären Rekonstruktionsverfahren darstellt. Hey Groves beschrieb die intraartikuläre Rekonstruktion des vorderen Kreuzbandes mit einem Fascia-lata-Streifen. Um 1920 erfolgten gleichsam Versuche des prothetischen Bandersatzes mit Drahtschlingen und Seidenfäden, die jedoch aufgrund von schweren Synovialitiden wieder entfernt werden mussten.

Zwischen 1920 und 1930 wurden die Technik der Arthroskopie und Arthrographie entdeckt und weiterentwickelt (Bircher, Takagi). Das erste extraartikuläre Verfahren wurde mit angeblich sehr guten Ergebnissen im Jahre 1926 beschrieben. Hier erfolgte der Einsatz eines freien Fascia lata Streifens als mediale Verstärkung des Kniegelenkes.

In den 30er Jahren erfolgten Publikationen über verschiedene Techniken der Operation mit Patellarsehne und Quadricepssehne als Kreuzbandersatz und auch über die Naht des vorderen Kreuzbandes.

Durch den Schweden Palmer erfolgte 1938 die erste umfangreiche Arbeit über die Anatomie, Biomechanik, Diagnostik und Therapie der vorderen Kreuzbandruptur. Hier fand das erste Mal die Betonung der richtigen Lage der Bohrkanäle statt. Der Verfasser entwickelte eine Bohrlehre, die der heutigen noch sehr ähnlich ist.

1939 wurde zum ersten Mal die intraartikuläre Rekonstruktion mit einem distal gestielten Semitendinosustransplantat durch Macey beschrieben.

Als Beginn der modernen Geschichte der Versorgung der vorderen Kreuzbandruptur gelten die Jahre 1950- 1970. Zusammenfassend ließ sich für diese Zeit sagen, dass sich intraartikuläre Verfahren zum Kreuzbandersatz immer mehr durchsetzten. O`Donoghues Arbeit aus dem Jahr 1950 berichtet über die erfolgreiche Therapie bei frischen Kreuzbandverletzungen mit der Naht, während chronische Instabilitäten nach der Methode von Hey Groves versorgt werden sollten. Es erfolgte die Betonung der Wichtigkeit der frühzeitigen Diagnostik und Therapie innerhalb von 14 Tagen. Auch wurde in den Arbeiten der 50er Jahre durch

Augustine festgestellt, dass eine ausgesprochen gut trainierte Muskulatur ein Garant für ein gutes Ergebnis sei.

In den 60er Jahren wurden von Lindstrom Versuche des Kreuzbandersatzes mit dem Meniskus beschrieben. Diese wurde jedoch nach erfolglosen Versuchen mit Reoperationen und gelockerten Implantaten wieder verlassen.

1963 erfolgte die erste Beschreibung des vorderen Kreuzbandersatzes durch Jones mit dem mittleren Drittel der Patellarsehne. Es erfolgte die Entnahme mit proximalen Knochenblock und distal gestielter Sehne. Die Verankerung erfolgte an der vorderen Begrenzung der Interkondylengrube. Für die nicht anatomisch korrekte Verankerung war die Kürze des Transplantates verantwortlich.

1968 erfolgte die Modifikation der Technik durch Lam mit Befestigung des tibialen Ansatzes mit Verschraubung eines tibialen Knochenblockes in anatomisch besserer Position. 1970 befestigte erneut Jones den femoralen Knochenblock anstatt mit einer Schraube minimalinvasiv mit einem Metallstift.

Die Ergebnisse dieser Zeit waren eher enttäuschend, da eine deutliche Bewegungseinschränkung verblieb, besonders bei der Methode von Jones. Lam hatte bessere Ergebnisse bezüglich der Beweglichkeit und der Stabilität. In den 70er Jahren wurde der Tractus iliotibialis vermehrt zur Therapie eingesetzt. Dabei wurde die over the top Technik entwickelt, indem er über den lateralen Femurkondylus und durch das Kniegelenk gezogen und in einem tibialen Tunnel fixiert wurde. Auch die Patellarsehne wurde wieder vermehrt eingesetzt. 1976 benutzte Franke das erste freie Patellarsehnentransplantat mit einem femoralen und tibialen Knochenblock unter Verwendung einer Bohrlehre. Die Ergebnisse waren exzellent und wurden von anderen Autoren bestätigt, die diese Methode verwendeten. Ausschlaggebend war die korrekte anatomische Positionierung der Bohrkanäle. Einigkeit bestand ebenfalls in der Nachbehandlung mit der Ruhigstellung im Gips.

In den 80er Jahren kam es zu einer Tendenz zum konservativen Vorgehen. In Langzeitstudien (McDaniel, Noyes) zeigte sich, dass fast zwei Drittel der Verletzten wieder sportlich aktiv wurde und kein deutlicher Anstieg der Arthrosezeichen zu vermerken war. Eine chirurgische Intervention sollte somit nur nach dem Scheitern der konservativen Therapie durchgeführt werden.

In den 80er Jahren wurden auch viele Versuche unternommen, das vordere Kreuzband prothetisch zu ersetzen. Dabei kamen eine Vielzahl von Materialien zum Einsatz wie Nylon, Dacron, Teflon und Polypropylen. Auf Dauer konnte sich keines der Materialien in der Kreuzbandchirurgie durchsetzen, da die ursprünglichen Erwartungen nicht bestätigt wurden.

In den 90er Jahren ist wieder ein deutlicher Richtungswechsel zur operativen Intervention sichtbar.

4.2 Therapie der Kreuzbandruptur beim Erwachsenen

Bei Umfragen unter amerikanischen Sportärzten geht der Trend bei sportlichen Patienten zu nahezu 100% zur Ersatzplastik. Dabei gibt es jedoch weiterhin gravierende Unterschiede in der Transplantatwahl. Insgesamt ist in der Literatur eine Verschiebung zur Versorgung mit Patellarsehne, Semitendinosus/ Gracilissehne und mit Einschränkung auch zur Quadricepssehne zu verzeichnen [12, 32, 56, 67, 71, 113, 136, 141, 149, 174, 188, 189, 218, 20, 53, 70, 72, 102, 114, 126, 165, 169, 204, 22, 214, 181]. Noyes [166] bestätigte, dass das Patellarsehnen-transplantat das mechanisch stabilste Transplantat ist. Um die Unterlegenheit auszugleichen, ist die Semitendinosussehne doppelt, dreifach und vierfach verwendet worden [41, 56, 97, 130, 132, 141, 155, 171]. Als nachteilig bei der Verwendung der Patellarsehne wurden der persistierende vordere Knieschmerz, Läsionen des femoropatellaren Gleitlagers, Streckdefizite des Kniegelenkes und die Schwächung des Streckapparates angesehen [37, 194, 104, 109, 175, 83, 182, 208]. Die Naht des vorderen Kreuzbandes ist angesichts immer mehr Studien mit

unbefriedigenden Langzeitergebnissen vollständig in den Hintergrund getreten.

Kontrovers diskutiert werden unabhängig von der Art des Transplantates die Operationstechniken der Verankerung, ob es sich um invasive, arthroskopisch assistierte, oder rein arthroskopische Verfahren handelt [43, 117, 123, 127, 137, 204, 223].

4.3 Verletzungsmuster und Diagnostik der Kreuzbandruptur bei Kindern

Auch bei den Kindern liegt kein einheitliches Therapiekonzept für die Versorgung der vorderen Kreuzbandruptur vor.

In der Vergangenheit stellte schon die Diagnosesicherung ein Problem dar. Die Indikation für eine Akutarthroskopie beim kindlichen Hämarthros wurde zurückhaltend gestellt, da eine intraligamentäre Verletzung als Seltenheit galt und die häufig vorkommende Verletzung der Eminentia leicht zu diagnostizieren war. Zusätzlich erschwert wurde die Diagnostik durch die konstitutionelle Bandlaxizität. Angel und Hall [6, 7] zeigten, dass bei 56% der untersuchten Patienten die klinischen Diagnosen revidiert werden mussten, nachdem eine Arthroskopie beim kindlichen Hämarthros durchgeführt wurde. Erst mit der Zunahme der diagnostischen Arthroskopie und zunehmender Diagnostik mittels Magnetresonanztomographie konnten auch vermehrt intraligamentäre Verletzungen des vorderen Kreuzbandes festgestellt werden.

Trotzdem blieben die Fallzahlen kindlicher Kreuzbandrupturen gering, die in der Literatur mit 1,5- 4% aller vorderen Kreuzbandrupturen angegeben werden [28, 129, 144]. Die Zunahme der Verletzungen im Kinder- und Jugendalter lässt sich in der gleichen Betrachtung auch auf die deutlich verbesserte Diagnostik zurückführen. Hierbei ist an erster Stelle der Wert der Kernspintomographie in der Diagnostik zu nennen. Im Vergleich zur diagnostischen Arthroskopie zeichnet sich Magnetresonanztomographie als nicht-invasive Untersuchung gegenüber der diagnostischen Arthroskopie aus. Es besteht jedoch das Problem von falsch positiven und negativen Aussagen.

4.4 Therapie der Kreuzbandruptur bei Kindern

4.4.1 Konservative Therapieführung

Mit der konservativen Therapieführung mit Gipsruhigstellung und Orthesenbehandlung wurden ausschließlich schlechte Ergebnisse erreicht [34, 28, 38, 52, 145, 147, 199, 16, 124]. Die schlechten Ergebnisse sind gekennzeichnet durch ein Instabilitätsgefühl mit dem Phänomen „giving way“ und der Abnahme der sportlichen Aktivität im Verlauf. In der Literatur finden sich Studien mit deutlich schlechteren klinischen Stabilitätsparametern, als bei operativ versorgten Kreuzbandrupturen [176]. Zusätzlich erlitten die konservativ behandelten Patienten meist sekundäre Meniskuläsionen, die bedingt durch die bestehende Instabilität waren [119, 146, 7, 74, 1, 154, 8]. Ebenso konnten Arthrosezeichen nachgewiesen werden, die auf die chronische Instabilität zurückzuführen sind [119, 154].

Trotzdem wird heute noch die konservative Therapieführung in vielen Fällen als Standardverfahren angewandt. Der Grund hierfür liegt am ehesten im Respekt der Operateure vor einer Fugenschädigung begründet.

4.4.2 Kreuzbandnaht und extraartikuläre Plastiken

Zur primären Bandnaht gibt es in der Literatur nur wenige Studien. Hauptsächlich handelt es sich hier um Fallbeschreibungen. Die Studien zeigen schlechte Ergebnissen [47, 46, 52, 94, 19, 8]. Einzig in 3 Fällen konnte ein gutes Ergebnis nachgewiesen werden [52].

Bei den extraartikulären Bandplastiken wurde vor allem der Tractus iliotibialis verwandt. Der Vorteil der Methode besteht darin, dass die Wachstumsfugen nicht beschädigt werden. Wie schon bei den Therapieoptionen der vorderen Kreuzbandruptur bei den Erwachsenen beschrieben, ist diese Methode durch schlechte Ergebnisse gekennzeichnet. Deswegen sind sie bei den Erwachsenen wieder verlassen worden. Auch bei den Kindern fanden sich schlechte Resultate [146, 147, 74]. Angesichts der schlechten Resultate aller anderen

Therapieverfahren ist eine Verschiebung hin zu den aggressiveren Methoden der operativen Sanierung mit der transepiphysären VKB Plastik zu verzeichnen, unabhängig von der Tatsache, dass die genauen Risiken noch nicht wissenschaftlich geklärt sind [49, 30, 5, 10].

4.4.3 intraartikuläre Plastiken

Heute gibt es eine Vielfalt an Techniken der intraartikulären Bandplastiken, die vorgeben stabile Verhältnisse im Kniegelenk herzustellen [134, 5, 30, 131, 144, 147, 153, 162, 180]. Da hier häufig ein Kreuzbandersatz in nicht anatomischer und nicht isometrischer Position geschaffen wird, sind die sehr positiv geschilderten Ergebnisse mit großer Zurückhaltung zu beurteilen.

4.4.4 Wahl und Führung des Transplantates

Zu beachten ist hier, wie beim Erwachsenen auch, die Wahl, die Befestigung und die Führung des eingebrachten Transplantates.

Grundsätzlich bieten sich hinsichtlich der mechanischen Eigenschaften dieselben Transplantate wie beim Erwachsenen an (Quadriceps-, Patellar-Semitendinosussehne) [131, 144, 135, 23, 147, 180, 192, 14]. Zu beachten ist die Verwendung eines knochenfreien Transplantates. Bei der Verwendung eines Sehnen- Knochentransplantates (Patellarsehne) besteht bei transepiphysärer Platzierung die Gefahr des frühzeitigen Verschlusses der Epiphysenfuge, da die Fixation die Fuge knöchern überbrücken würde. Hier ist mit einer Wachstumsbehinderung zu rechnen [125].

Bei der Führung des Transplantates besteht der große Unterschied in der extraepiphysären und transepiphysären Führung. Bei der extraepiphysären Führung ist das Transplantat um die Fuge herumgeführt, ohne eine Beeinträchtigung hervorrufen zu können. Hier wird für das Femur die oben genannte „over the top“ Technik angewandt [5, 30, 112, 135, 173, 176]. Bei der Tibia werden die Insertionsstellen des Transplantates belassen und mit einer Führung unterhalb des intermeniskalen Bandes durch das Gelenk gezogen [30, 173, 153]. Hier

muss aber ausschließlich darauf hingewiesen werden, dass es sich um eine nicht- anatomische und nicht- isometrische Transplantatposition handelt.

Bei der transepiphysären Führung wird das Transplantat nach vorherigem Anlegen eines Bohrkanals über diesen durch die Fuge geführt. Ein Problem stellt hierbei die anatomisch korrekte Position im femoralen Anteil dar, da es hier bei einer Bohrung zu einer exzentrischen Schädigung der Wachstumsfuge kommt. Entscheidend hierbei ist die Größe der Schädigung durch die Bohrung und der Eintrittswinkel der Bohrung [86, 10]. Bei einer senkrechten Führung ist das geringste Maß der Schädigung zu erwarten. Bei der tibialen Bohrung ist eher weniger mit exzentrischem Fehlwachstum zu rechnen, da die anatomische Insertionsstelle näher am Zentrum der Wachstumsfuge liegt. Besondere Aufmerksamkeit ist hier zusätzlich der Wachstumsfuge der Tuberositas tibiae zu zollen, damit diese nicht durch die Transplantatlage verletzt wird und kein Fehlwachstum resultiert [86, 137]. Zusätzlich wird in Zukunft vermehrt eine 3 dimensionale Wiederherstellung notwendig, um Folgeschäden zu verhindern [222]. Ebenso sollte eine eventuell entstehende Hitzenekrose durch die Bohrung beachtet werden.

In den Ergebnissen bei der intraartikulären extraepiphysären Versorgung beim Kind zeigten sich in den vorliegenden Studien in der Literatur gute Ergebnisse bezüglich der Wiederaufnahme der sportlichen Aktivität bei diskreter Instabilität. Insgesamt liegen hier jedoch ebenfalls kleine Fallzahlen vor [30, 173, 153].

Bei der intraartikulären transepiphysären Versorgung herrscht genau wie bei den Erwachsenen noch keine Einstimmigkeit bezüglich der Transplantatwahl. Zur Benutzung kommen Patellar-, Semitendinosus- und Quadricepssehne, aber auch allogene Materialien wie der Tractus iliotibialis und die Achillessehne. Bezugnehmend auf die Operation mit der Gefahr des Fehlwachstums zeigten sich bei der Betrachtung der vorliegenden Studien gute Ergebnisse in Hinsicht auf Fehlwachstum und Stabilität. Ein signifikanter Unterschied zwischen den Transplantaten und

den erreichten Ergebnissen lässt sich nicht nachweisen [147, 131, 23, 135, 10]. Die größte Studie mit einem Patellarsehnentransplantat von 60 Patienten stammt von 1994 von McCarroll. Von 60 operierten Patienten konnten 55 ihre Aktivität, die sie vor dem Unfall ausübten, wieder aufnehmen. Stabilität fand sich bei 51 nachuntersuchten Patienten. Eine größere Seitendifferenz als 4mm wurde bei 9 Patienten mit dem KT-1000 Arthrometer gemessen. Beschrieben sind 3 Rupturen und eine sekundäre Meniskusläsion. Die Verfasser empfahlen die Operation jedoch nur bei Patienten, die das Größenwachstum weitestgehend abgeschlossen haben. Die Begründung hierfür findet sich in der Angst vor einem Fehlwachstum bei einem transepiphysär liegenden Knochenblock. Die größte Studie mit der Verwendung von Semitendinosus-/Gracilissehne veröffentlichten Lipscomb und Anderson 1986. Von 24 Patienten konnten 15 das gleiche Aktivitätsniveau wie vor der Operation erreichen. 22 Patienten zeigten bei der Nachuntersuchung stabile Bandverhältnisse. Einmal wurde ein Fehlwachstum von 2cm nachgewiesen. Hierbei handelte es sich um eine transepiphysäre tibiale und femorale Klammerung. Bei der Benutzung der Quadricepssehne gibt es nur Einzelbeschreibungen aus dem Jahre 1997 von Lo. Hier konnten durchweg gute Ergebnisse bezüglich der Stabilität und des Aktivitätsniveaus erreicht werden. Es traten keine Komplikationen auf. Erfahrungen mit alloplastischen Sehnentransplantaten gibt es vorwiegend im nordamerikanischen Raum. Zuletzt veröffentlichte Aronowitz im Jahr 2000 eine Studie über 19 Patienten mit dieser Versorgung. 16 Patienten konnten das gleiche Aktivitätsniveau wie vor der Operation erreichen. Eine Instabilität fand sich in keinem der untersuchten Fälle. Einmalig musste eine Teilresektion eines Meniskus vorgenommen werden. Insgesamt finden sich in der Literatur 26 Berichte über wachstumsbedingte Komplikationen nach intraartikulärer transepiphysärer Ersatzplastik beim Kind. Hierbei werden 9 Fällen keine wesentliche Beachtung geschenkt, da sich diese im Rahmen einer physiologischen Beinlängendifferenz befinden [131, 5]. Ursächlich für die anderen

Komplikationen zeigten sich eine transepiphysäre tibiale Schraube, die zu einem Genu recurvatum von 30° führte [161], sowie die oben beschriebene Klammerung und eine Schraube, die zu einem Beinlängenunterschied von 20mm führte. Bei den anderen Komplikationen handelt es sich um Unterbrechung der distalen Epiphyse femoral, eine Unterbrechung der Epiphyse der Tuberositas tibiae, ein Genu valgum und eine nicht genau definierte Wachstumsunterbrechung. Der Grund hierfür waren zu breite Bohrkanäle, Knochenblöcke und Schrauben, die fugenüberbrückend eingebracht worden waren

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass in der heutigen Zeit die intraartikuläre transepiphysäre Ersatzplastik bei der Kreuzbandverletzung zunehmend eingesetzt wird. Dabei zeigt sich, dass bei jungen Patienten, die das Längenwachstum nahezu abgeschlossen haben, die gleichen Methoden wie bei den Erwachsenen angewandt werden können. Unklarheit herrscht weiterhin bei sehr jungen Patienten unter 10 Jahren über die geeignete Versorgung, da hier nur Einzelbeispiele beschrieben sind.

4.5 Material und Methodik

4.5.1 Nachuntersuchung, Alter und Geschlecht bei Operation und Nachuntersuchung

Das Ziel der Arbeit bestand in der Überprüfung der Versorgung der verunfallten Kinder und Jugendlichen mit der primären Naht des vorderen Kreuzbandes in der Universitätsklinik Eppendorf. Hierzu konnten 20 von 24 Patienten in einer Nachuntersuchung erneut beurteilt werden. Anhand dieser Zahlen, die in einem Zeitraum von 14 Jahren erfasst worden sind, lässt sich ableiten, dass hier ein seltenes Verletzungsmuster bei Kindern und Jugendlichen vorliegt. Die Ergebnisse vergleichbarer Studien sind durchgehend schlecht [47, 46, 52, 94, 19]. Einzig in 3 Fällen konnte ein gutes Ergebnis nachgewiesen werden [52].

Das durchschnittliche Alter zum Operationszeitpunkt betrug 13,6 Jahre. Hiermit lässt sich eine Vergleichbarkeit mit anderen Autoren erreichen [8, 94]. In der Mehrzahl handelt es sich um männliche Patienten.

Bei der Geschlechtsverteilung zeigte sich ein Verhältnis von Jungen zu Mädchen von 2:1. Hier finden sich teilweise gegenteilige Meinungen in der Literatur, die von einem erhöhten Risiko der vorderen Kreuzbandruptur bei Mädchen berichten. Es wurde bei Mädchen eine mangelnde neuromuskuläre Adaptation nachgewiesen, die mit einem erhöhten Verletzungsrisiko einhergeht [177].

Der Zeitraum zwischen Versorgung der Verletzung und der Nachuntersuchung liegt bei neun Jahren. Hiermit ist ein entsprechend großer Zeitraum vorliegend, der eine Aussage über den Langzeiterfolg der angewandten Methode zulässt. In der Literatur sind Follow- up Daten von 4-10 Jahren publiziert [15, 61, 68, 79, 118, 142, 148, 167, 168, 185, 210].

4.6 Ergebnisse

4.6.1 Unfallursache

Die Ursache hierfür lässt sich in den Unfallmechanismen erkennen. Hier finden sich hauptsächlich Kontaktsportarten als Verletzungsgrund. Die Ausübung dieser Sportarten ist erfahrungsgemäß unter Jungen weiter verbreitet.

Die Verletzung beim Sport ist der häufigste Grund für die Kreuzbandruptur beim Kind. Sowohl bei den Erwachsenen, als auch bei den Kindern wird der Sportunfall nicht selten mit über 70% als Unfallursache angegeben. Der Grund hierfür ist die Zunahme der Risikosportarten und der frühzeitige Beginn der Ausübung sämtlicher Sportarten, wie sich bei den Unfallursachen aufzeigen lässt. Hier steht vor allem auch die Geschwindigkeit der Verletzungsursachen im Vordergrund. Es wurde nachgewiesen, dass Hochrasanztraumen eher zu intraligamentären Rupturen bei Kinder und Jugendlichen führen. Knöcherne Ausrisse finden sich dagegen eher bei Traumen mit niedriger Geschwindigkeit [39, 196]. Es kam in dieser Untersuchung bei einem Dreiviertel der Patienten zu einer Verletzung beim Sport. Hauptsächlich betroffen sind die Kontaktsportarten, wie Fußball und Skifahren [51, 150, 163]. Speziell beim Fußball werden in letzter Zeit besonders die Veränderungen der

Stollenschuhe erwähnt. Durch eine erhöhte Bremsleistung mit abruptem Stopp bei einer gleichzeitig verminderten muskulären Kompensation, wie im Falle von Kindern und Jugendlichen vorliegend, kann es im höheren Maße zu Bandverletzungen kommen. Ähnliches gilt für die Veränderungen der Hallensportschuhe und des Sporthallenbelages. Das verstärkt den wesentlichen Verletzungsmechanismus, der mit einem Abbremsen mit abruptem Richtungswechsel angegeben wird.

Bei den Nicht-Kontaktsportarten steht das alpine Skifahren als Verletzungsgrund an erster Stelle. Die hohe Zahl an aktiven Skiläufern mit ca. 6 Millionen ist hier ebenfalls die maßgebliche Ursache. Eltern, die regelmäßig das Skilaufen praktizieren, lassen ihre Kinder immer früher das alpine Skifahren erlernen. Es ist bekannt, dass sich Unfälle bei Fahranfängern häufiger ereignen, als bei geübten Skiläufern. Im Vergleich jedoch ist die Gesamtzahl der beim Skifahren Verunglückten in der vorliegenden Arbeit relativ gering. Der Grund hierfür bleibt in der Tatsache zu suchen, dass die Untersuchung auf den Hamburger Raum begrenzt war und hier der Anteil der aktiven Skifahrer geringer ist.

Die Zahl der Verletzten im Straßenverkehr deckt sich annähernd mit den Zahlen der Literatur.

4.6.2 Versorgungszeitpunkt, Verletzungsmuster

85% der Unfallverletzten sind innerhalb der ersten 5 Tage versorgt worden. Nur ein Patient wurde erst nach 17 Tagen operiert. Hierbei handelt es sich um einen polytraumatisierten Patienten, bei dem die Verletzung erst verspätet diagnostiziert wurde. Der in der Literatur angegebene Nachteil der frühen Versorgung mit dem Risiko der entstehenden Arthrofibrose konnte nicht nachgewiesen werden [190, 191].

In der Betrachtung des Verletzungsmusters findet sich bei über zwei Drittel der Patienten eine isolierte Verletzung des vorderen Kreuzbandes. Bei den Begleitverletzungen handelt es bis auf eine Ausnahme um Strukturen des medialen Kompartiment. Die Begründung liegt hierfür in dem typischen Verletzungsmechanismus von Außenrotations-, Flexions- und Valgusstreß. Eine typische unhappy triad Verletzung ließ sich nicht

nachweisen. In der Literatur wird eine Mitbeteiligung vom medialen Seitenband mit 41- 96% und für die gleichzeitige Verletzung des Meniskus mit 22- 100% beschrieben. Somit befinden sich die nachgewiesenen Zahlen leicht unterhalb der Zahlenangaben in der Literatur [3, 9, 15, 62, 81, 105, 142, 170, 185].

4.6.3 Rupturlokalisierung, Operations- und Nahttechnik, stationärer Aufenthalt

Bei den untersuchten Patienten fanden sich bei über der Hälfte proximale intraligamentäre Rupturen. Das proximale Drittel ist bei einer plötzlichen Kraftübertragung am anfälligsten, da sich erst ab hier die Fasern der drei Bündel anfangen miteinander zu verdrehen und ein Netzwerk bilden, wodurch die Reißfestigkeit gesteigert wird [199]. Das Standardverfahren bei der intraligamentären vorderen Kreuzbandruptur bei Kindern und Jugendlichen war zum Zeitpunkt der Versorgung in der Universitätsklinik Eppendorf die primäre Naht. In dieser Nachuntersuchung galt die primäre Naht als standardisierte Methode. Intraoperativ wurden verschiedene Nahttechniken angewandt (Kirchmayer-Kessler, Ausziehnah, Durchflechtungsnah, Kleiner). Hiermit ergibt sich eine schlechtere Vergleichsmöglichkeit zu vorhandenen Einzelfallbeschreibungen. In allen Operationen besteht Gleichheit im zusätzlichen Einsatz einer Augmentation (PDS- Kordel). Dieser wurde in den 80er Jahren als vorteilhaft gewertet [82, 128].

Die Dauer des poststationären Aufenthaltes nach Versorgung der Kreuzbandruptur ist bei fast allen Patienten mit etwa 14 Tagen vergleichbar. Auffallend ist ein Patient mit einem Aufenthalt von 27 Tagen. Hierbei handelt es sich um den polytraumatisierten Patienten, bei dem die Verletzung verspätet diagnostiziert wurde.

4.6.4 Nachbehandlung, Komplikationen, Folgeoperationen

Das Konzept der Nachbehandlung ist in allen untersuchten Fällen identisch, so dass bezüglich dieses Therapieabschnittes Vergleichsmöglichkeiten bestehen. Besondere Aufmerksamkeit gilt der

vierwöchigen Ruhigstellung im Oberschenkelgips mit einer dreitägigen Unterbrechung mit intensiver krankengymnastischer Beübung. Im weiteren Verlauf erfolgte ein dosierter Aufbau mit einer Bewegungslimitierung von Streckung/ Beugung 0/20/60. Derartig lange Ruhigstellungen operierter Kniegelenke sind heute nicht mehr gewünscht. Komplikationen durch die primäre Versorgung sind bei den Einzelfallbeschreibungen in der Literatur nicht aufgetreten [94, 19]. Im Patientengut musste eine Entfernung einer implantierten PDS Kordel erfolgen, die zu einer Fistelbildung im tibialen Bohrkanal geführt hat. Fremdkörperreaktionen mit nachfolgenden Infektionen sind nicht selten und führen auch heute noch zu Kniegelenkempyemen. Ein Empyem lag bei der Patientin nicht vor.

Acht der zwanzig nachuntersuchten Patienten mussten erneut operiert werden. Hauptsächlich fanden sich dabei Meniskusläsionen als Ausdruck einer chronischen Instabilität. Auch Knorpelschäden sind neu aufgetreten. Im Vergleich zu durchgeführten intraartikulären transepiphysären Bandplastiken aus der Literatur zeigt sich hier eine deutliche höhere Quote der sekundären Meniskus- und Knorpelschäden. Bei einem 3fach so starken Patientengut mit intraartikulärer transepiphysärer Bandplastik fand sich nur eine sekundäre Meniskusläsion bei einem durchschnittlichen Follow- up von 24 Monaten [147]. Eine Ruptur des kontralateralen vorderen Kreuzbandes fand sich nicht unter den Patienten dieser Studie, obwohl hierfür ein erhöhtes Risiko angegeben wurde [183].

4.6.5 Subjektives Outcome, Lysholm und Tegner Score

Bei der Befragung gaben 90% der Patienten Unzufriedenheit mit dem operierten Knie an. Besonders das Instabilitätsgefühl und Schmerzen wurden als Gründe angegeben.

Sowohl das subjektive Outcome, als auch die objektive Beschreibung ergaben in der Literatur schlechte Ergebnisse bei Patienten nach Kreuzbandnaht [52, 47].

Zur besseren Unterscheidung, Vergleichbarkeit, Reproduzierbarkeit und der Einteilung des subjektiven Outcomes wurde der Lysholm Score

verwendet [26, 139, 209]. Er befasst sich mit der gesamten Anforderung des Kniegelenkes im alltäglichen Leben.

Ein exzellentes Ergebnis im Lysholm Score kann nicht erreicht werden, wenn in den Untergruppen „Instabilität“ und „Schmerz“ nur die zweithöchste Punktzahl erreicht wird. So ist das erzielte Gesamtergebnis streng beurteilt und ergibt eine gute Korrelation von Stabilität und hoher Punktzahl.

Hierbei zeigte sich, dass die beiden Patienten, die eine subjektive Zufriedenheit angaben, in den beiden oberen Kategorien des Lysholm Scores anzufinden sind. Die weitere Differenzierung ergab, dass sich über die Hälfte der Patienten in der schlechtesten Kategorie befand. Entsprechend kann hier mit einer geringen Stabilität gerechnet werden.

Insgesamt findet sich hier eine hohe Übereinstimmung des Lysholm Scores mit der rein subjektiven Einschätzung des Outcomes.

Zur weiteren Reproduzierbarkeit wurde der Tegner Score eingesetzt [207, 206]. Dieser dient der Einschätzung des Aktivitätsniveaus vor und nach der Behandlung. Insgesamt wurde bei 95% der Patienten eine Verschlechterung des Aktivitätsniveaus festgestellt. 85% der Patienten büßten mindestens 3 Punkte im Aktivitätsniveau ein. Der Median lag bei 3,5 Punkten. Verbindet man den Tegner mit dem Lysholm Score zeigt sich eine hohe Korrelation. Das Aktivitätsniveau wurde im Fall des sehr guten Ergebnisses im Lysholm Score nur um einen Punkt herabgesetzt. Bei dem guten Resultat blieb das Aktivitätsniveau gleich. Bei den mäßigen Ergebnissen betrug der durchschnittliche Aktivitätsverlust 3,4 Stufen (1-5). Bei den schlechten Resultaten ergab sich ein Niveauverlust nach der Verletzung von 5,3 Stufen (4- 7).

Hieraus lässt sich ebenfalls ein Rückschluss auf die Stabilität des verletzten Gelenkes ziehen. Auffällig ist der Aktivitätsverlust bei dem Patienten mit subjektiver Zufriedenheit. Der Patient war Triathlet und übte vor der Verletzung den Sport auf höchstem Leistungsniveau aus. Die lange verletzungsbedingte Trainings- und Wettkampfpause, verbunden mit dem anschließenden harten und ausdauernden Training führte dazu, dass

dieser annähernd die gleiche Stufe erreichte. Eine vollständige Wiederherstellung konnte nicht erreicht werden. Als Grund gab der Patient Zeitmangel an.

4.6.6 klinische Untersuchung (Schublade, Lachmann, Pivot shift)

Zur Beurteilung der Stabilität, Funktion und Koordination wurde die klinische Untersuchung des Kniegelenkes, Muskelumfangmessung und Funktionstests beider Beine im Vergleich durchgeführt. In Studien konnte nachgewiesen werden, dass die subjektive Einschätzung durch den Patienten häufig mit der klinischen und instrumentell erfassten Stabilität des Kniegelenkes übereinstimmt (27, 87, 100, 159, 205]. In der Untersuchung konnte das bestätigt werden.

Bei sieben Patienten fiel eine Schwellung der ehemals verletzten Seite auf. Gleichzeitig gaben diese Patienten Schmerzen im Bereich des medialen Gelenkspaltes an. Meniskustests waren in allen sieben Fällen positiv und somit ist von einer Schädigung des Innenmeniskus auszugehen. Zur Überprüfung der klinischen Untersuchung erfolgte bei 2 Patienten aus dieser Gruppe eine Magnetresonanztomographie des Kniegelenkes. In beiden Fällen war eine Auswertung der Bilder nicht möglich. Der Grund liegt im hohen Anteil von Artefakten, wohl durch metallischen Bohrerabrieb, so dass die klinische Untersuchung das einzige Kriterium bleibt. Hier zeigt sich die sekundäre Meniskusläsion als Folgezustand einer Instabilität nach versorgter vorderer Kreuzbandruptur, wie sie in der Literatur angegeben wird.

Bei der Überprüfung des Seitenbandapparates fand sich eine hohe Korrelation mit dem ursprünglich erhobenen Untersuchungsbefund bei der primären Verletzung. Bei den 2 Patienten mit der zusätzlich bestehenden Ruptur des Ligamentum collaterale mediale fand sich in der Nachuntersuchung eine drittgradige Aufklappbarkeit. Hier ist davon auszugehen, dass nie eine stabile Ausheilung stattfand. Bei den neu aufgetretenen Instabilitäten des medialen Seitenbandes sind keine neuen Traumen anamnestisch bekannt. Denkbar ist hier die chronische Instabilität durch unzureichende Sicherung des vorderen Kreuzbandes,

welche zu Mikrotraumen und einer Überdehnung des Seitenbandapparates geführt hat, die als solche gar nicht wahrgenommen wurde.

Bei der nachgewiesenen Instabilität des lateralen Seitenbandes ist wie die Patienten mit der primären medialen Instabilität kein erneutes Trauma bekannt.

Die eigentliche Überprüfung des vorderen Kreuzbandes erfolgte in mehreren Untersuchungsgängen, wobei subjektive und objektive Maßnahmen zum Einsatz kamen. Die primäre Untersuchung erfolgte mit der Durchführung der vorderen Schublade bei dem 90° gebeugtem Knie. Bei allen Untersuchten zeigten sich pathologische Werte im Vergleich zur Gegenseite. 2 Patienten hatten eine geringe Differenz im Seitenvergleich. Diese waren in der Lage eine muskuläre Kompensation der Instabilität zu erzeugen. In allen weiteren Fällen war dieses nicht möglich. Hier fanden sich bei 4 Patienten Differenzen bis zu 10mm. Bei über der Hälfte der Patienten fand sich noch eine Differenz bis zu 5mm. Maßgebend und entscheidend für die Vergleichbarkeit war es, die Untersuchung durch eine Person durchführen zu lassen. Schon bei der subjektiven Beurteilung durch den Untersucher fand sich bei über zwei Drittel der Patienten eine instabile Situation ohne Möglichkeit der muskulären Kompensation. Die weitere Überprüfung wurde mit dem Lachmann Test durchgeführt. Hier zeigten sich nahezu identische Verteilungen zur Überprüfung der vorderen Schublade. Es ließ sich eine Verschiebung der Anzahl der Patienten aus der Gruppe von max. 2mm bei der vorderen Schublade in die Gruppe bis max. 5mm nachweisen. Zu erklären ist die Verschiebung mit dem Einfluss der Muskulatur auf das gebeugte Knie bei 90° und der damit verbundenen Möglichkeit der Teilkompensation der Instabilität. Gleichzeitig wird der stabilisierende Effekt der Meniskushinterhörner bei dem Lachmann Test minimiert.

Als weitere Überprüfung der Stabilität des Kniegelenkes wurde der Pivot-Shift-Test durchgeführt. Dieser wird in der Literatur als wichtiger prognostischer Faktor angegeben [102, 110, 178, 203]. Die Ergebnisse

zeigen hier übereinstimmende Daten. Bei über zwei Drittel konnte als Zeichen einer groben Instabilität ein zweifach positiver Pivot Shift ausgelöst werden. Nur bei 3 Patienten ließ sich das Phänomen nicht nachweisen. Eine genaue Übereinstimmung mit den erhobenen Befunden der vorderen Schublade und des Lachmann Tests zeigte sich nicht, jedoch wiesen sie alle einen höheren Grad der Instabilität auf.

4.6.7 KT-1000 Arthrometer und Rolimeter

Zur objektiven Überprüfung der Bandinstabilität und dem Vergleich mit der subjektiven Datenerhebung erfolgten Messungen mit dem KT-1000 Arthrometer und vergleichsweise mit dem Rolimeter. Standardisiert erfolgte die Untersuchung instrumentell als Lachmann Test. Die instrumentelle Prüfung der anterioren Tibiatranslation gilt bei klinischen Studien und Langzeitbeobachtungen als Standardverfahren [138]. Für den täglichen Gebrauch in Praxis und Klinik findet sich aufgrund der zeitaufwändigen Untersuchung und des hohen Anschaffungspreises keine Verwendung [89, 90].

Das verwendete KT-1000 Arthrometer und das Rolimeter wurden statistisch in mehreren Studien auf seine Sensitivität und Spezifität überprüft [4, 66, 85, 140, 160, 172]. Hier erfolgt eine Überprüfung mit kleinem Patientengut, ob sich ein geeignetes Instrument für den täglichen Gebrauch finden lässt. Der Vorteil des benutzten Rolimeters ist die Handlichkeit und das Fehlen von akustischen Signalen bei der Überprüfung. Der Nachteil liegt in der alleinigen Benutzung mit maximaler Kraft.

Anzumerken bleibt, dass in Studien ebenfalls kritische Bemerkungen der Stabilitätstestung mit dem KT-1000 vorliegen, bezogen auf system-, patienten- und untersucherbedingte Fehlerquellen [60, 140, 201]. Beanstandet werden vor allem Eigenheiten des Messverfahrens, wie z.B. die unsichere Auflage des Gerätes auf der Tibiavorderkante und der Patella. Außerdem ist es möglich, dass sich die bei Beginn der Untersuchung nicht definierte Rotation des Unterschenkels während der Untersuchung ändern könnte. Eine weitere Fehlerquelle ist die variable

Krafteinleitung bei unsicherer Auflage. Eine muskuläre Verspannung bei Aufliegen des Messgerätes auf Schmerzpunkten kann nicht ausgeschlossen werden. Eine weitere Bemängelung liegt durch den auf dem Rücken liegenden Patienten vor. Dadurch kann im Fall einer vorliegenden posterioren Instabilität schon in der Ausgangsposition eine hintere Schublade durch das Eigengewicht des Unterschenkels vorliegen. Dadurch lässt sich eine vermehrte vordere Schublade bei der Messung vortäuschen. Auffällig und erfahrungsgemäß mit einer reflexartigen muskulären Anspannung verbunden, ist der Signalton des Gerätes bei einer definierten Kraft von 67N [77].

Zur Vermeidung dieser Fehlerquellen gelten der Ausschluss einer hinteren Instabilität und die sorgfältige instrumentelle Messung durch einen Untersucher. Im Vergleich beider Kniegelenke wurden mehrfache Untersuchungsgänge und die Information des Patienten über akustische Signale während der Untersuchung durchgeführt.

Im ersten Untersuchungsgang mit einer definierten Kraft von 89N fanden sich bei über der Hälfte der Untersuchten eine Seitendifferenz zwischen 3- 5mm. Über ein Drittel zeigte eine Differenz bis 2mm auf und bei 2 Patienten musste eine Seitendifferenz bis zu 10mm konstatiert werden. Eine Vergleichsmöglichkeit zur subjektiven Untersuchung ist bei dieser Untersuchung nicht möglich, da die subjektive Beurteilung mit maximaler Kraft durchgeführt wurde.

Interessant ist die Verschiebung der Anzahl der Patienten in eine andere Kategorie bei der Durchführung mit maximaler Kraft. Zwei Patienten mit einer Seitendifferenz bis 2mm wiesen bei maximaler Kraft eine Seitendifferenz zwischen 3- 5mm auf. Bei drei Patienten die bei der definierten Kraft von 89N eine Seitendifferenz zwischen 3- 5mm zeigten, fand sich bei maximaler Kraft ein Unterschied zwischen 6- 10mm. Eine Verschiebung in die übernächste Kategorie wurde nicht festgestellt.

Auch innerhalb der einzelnen Untergruppen kam es insgesamt zu einer Zunahme der Differenz, ohne dass die Gruppe sich änderte. Ausgenommen davon sind zwei Untersuchungsergebnisse, die sowohl bei

begrenzter definierter und maximaler Kraft identische Ergebnisse zeigten. Beide Patienten sind in der Gruppe mit einer Seitendifferenz bis zu 2mm zu finden. Hierbei handelt es sich um die Patienten, die subjektiv Zufriedenheit mit dem Knie angaben.

Zum Vergleich erfolgte die Untersuchung mit dem Rolimeter bei maximaler Kraft. Es fanden sich keine Unterschiede bei der Verteilung in den jeweiligen Untergruppen im Vergleich zum KT-1000, doch in der Aufschlüsselung der Einzelwerte fanden sich Unterschiede. Hierbei handelt es sich um insgesamt fünf Werte, die eine mit einem Millimeter höhere Differenz angaben. Als Erklärungsversuch gilt hier die bessere definierte Auflagefläche des Rolimeters, die eine bessere Kraftübertragung zulässt und somit einen höheren Ausschlag verursachen kann. Aber bei dem weiteren Vergleich zeigt sich ein homogenes Ergebnis mit einer Übereinstimmung bei drei Viertel der Patienten. Eine hohe Aussagekraft, ob sich das Rolimeter genau so gut eignet Langzeitverlaufskontrolle mitzubeurteilen, lässt sich mit diesem Ergebnis aufgrund der niedrigen Patientenzahlen nicht machen. Jedoch ist im Rahmen der Untersuchung keine negative Beurteilung aufgefallen, die eine weitere Verwendung für nicht sinnvoll erachten lässt.

Von großer Bedeutung ist der Vergleich zwischen subjektiver und objektiver Bewertung der anterioren Translation der Tibia als Zeichen der Instabilität. Hier ist zu bemerken, dass eine große Kongruenz besteht. Die Zahlen in den jeweiligen Untergruppen sind fast identisch. Nur eine Verschiebung von der Gruppe mit einer Seitendifferenz von 3- 5mm in die nächsthöhere Gruppe fand sich bei der objektiven Untersuchung. Hieraus lässt sich der Schluss ziehen, dass eine gute klinische Untersuchung annähernde Ergebnisse wie eine objektive instrumentelle Untersuchung liefern kann. Hier zeigt sich die große Bedeutung für den klinischen Alltag. Trotzdem ist es unter Studienbedingungen sinnvoll eine objektive instrumentelle Untersuchung durchzuführen, um eventuelle Fehlerquellen, z.B. den wechselnden Untersucher auszuschließen, und um statistisch auswertbare Zahlen zu erhalten.

4.6.8 Bewegungsausmaß, Muskelweichteilminderung

In der Überprüfung der Bewegungsausmaße wurde das Messblatt für untere Extremität angewandt, um objektive Daten zu erhalten. Auffällig sind die verschiedenen Defizite bei der Beugung der Kniegelenke. Unauffällig hingegen zeigten sich 8 Patienten mit einer zu vernachlässigenden Differenz bis zu 5°. Zu bemerken bleibt, dass diese Bewegungseinschränkung nicht aus dem direkten postoperativen Stadium verblieben ist, sondern sich im Verlauf entwickelt hat. Mit absoluter Sicherheit lässt sich dieses beurteilen, da zum Ende der Primärbehandlung alle Patienten untersucht wurden und durchgehend seitengleiche Messwerte für die Beugung dokumentiert sind. Nach abgeschlossener Nachbehandlung erfolgte eine erneute ambulante Vorstellung, in der sich weiterhin keine Bewegungseinschränkung zeigte. Es ist davon auszugehen, dass sich die Einschränkung erst im Laufe der Jahre entwickelt hat. Gründe hierfür sind in der verminderten postoperativen Aktivität und dem Bewegungsschmerz bei zunehmender Gelenkdegeneration zu suchen. Wie schon oben erwähnt, kam es zu einem deutlichen Verlust der Aktivität, der mit der beschriebenen Bewegungseinschränkung im Sinne einer Verschwendung vorhandener Ressourcen einhergeht. Hierbei wird deutlich, wie wichtig eine Weiterführung der krankengymnastischen Beübung ist, bis der vorherige Aktivitätsgrad erreicht ist und wieder voll ausgeübt werden kann. Angesichts der zeitlichen Begrenzung des stationären Aufenthaltes ist die ambulante physiotherapeutische Nachbehandlung und das selbstkontrollierte Heimtraining von besonderer Bedeutung. Untersuchungen zeigten, dass bei schriftlichen Vorlagen und schriftlichen Instruktionen eine sinnvolle Therapie auch zu Hause durchführbar ist [76]. Bei selbstkontrolliertem Heimtraining könnte sogar eine größere Effizienz erreicht werden [115, 75]. Unerlässlich hierfür ist jedoch eine Frequenz vom mindestens 3-mal wöchentlichem Training [219]. In der durchgeführten Untersuchung wird diese Argumentation gestützt durch den Fall des Triathleten. In allen anderen Fällen wurde anamnestisch über

eine zurückhaltende Physiotherapie mit einer Frequenz von einmal wöchentlich berichtet, um das Operationsergebnis nicht zu gefährden. Die anschließenden Gelenke, Hüfte und oberes Sprunggelenk, zeigten keine Bewegungseinschränkung.

Bei der Umfangsmessung der Ober- und Unterschenkelmuskulatur zeigte sich nur bei 2 Patienten keine Differenz im Ober- und Unterschenkel. Hier zeigt sich wieder die enge Korrelation mit der subjektiven Beurteilung. Bei vollständiger muskulärer Kompensation einer anteromedialen Instabilität ist es möglich, ein gutes subjektives Ergebnis zu erreichen, auch wenn objektiv eine Instabilität vorliegt. Genauso verhält es sich mit der Unfähigkeit der Kompensation durch eine Muskelweichteilminderung und einem subjektiven Instabilitätsgefühl. Dieses deckt sich mit den Ergebnissen des Lysholm Score. Bei den meisten Patienten lag eine Minderung der Muskulatur des Oberschenkels bis zu 3cm vor. Diese unterteilten sich fast gleichwertig in den Untergruppen bis zu einem, bis zu zwei und bis zu drei Zentimetern. Bei einem Patienten wurde eine Minderung im Vergleich zur Gegenseite von 5cm festgestellt. Hierbei handelt es sich um die Patientin, bei der die PDS Kordel entfernt werden musste. Hier erfolgte die Krankengymnastik noch deutlich verzögerter mit der Angst vor einer Reruptur, als im anderen Patientengut.

Die Atrophie des Oberschenkels im Vergleich zum gesunden Bein kann als guter Indikator für das Operationsergebnis als Folge der postoperativen Funktionsunfähigkeit des operierten Kniegelenkes gewertet werden [139]. Nicht zu vernachlässigen ist die Motivation jedes einzelnen. Grundlage für diese Schlussfolgerung war die Beobachtung, dass 50% von Leistungssportlern und nur 39% von Freizeitsportlern nach konservativ therapierter vorderer Kreuzbandruptur die sportliche Aktivität auf gleichem Leistungsniveau aufnahmen [150]. Eine Bestätigung der These der subjektiven Stabilität bei gutem Muskelstatus findet sich durch Gotzen und Petermann [72]. Dort wurde über den positiven Einfluss des Muskelaufbaus auf die Kniefunktion berichtet, besonders durch Muskelaufbautraining und Entfaltung der Maximalkraft.

Die Verteilung bei der Minderung der Unterschenkelmuskulatur im Seitenvergleich ist identisch. Einzig und allein der absolute Wert der jeweiligen Minderung unterscheidet sich zur Minderung im Bereich der Oberschenkelmuskulatur. Hier findet sich die identische Begründung und zeigt vor allem, dass das gesamte verletzte Bein in Mitleidenschaft gezogen wird und keine Einzelbeeinträchtigung des Kniegelenkes vorliegt.

4.6.9 IKDC Score

In den Fachkreisen wird der Sportfähigkeit nach einer Operation am vorderen Kreuzband eine hohe Bedeutung beigemessen [2, 26, 102, 140]. Rechnung trägt diese Tatsache im IKDC Score. Hierbei erfolgt die Einteilung der ersten Unterkategorie in das Aktivitätsniveau. Im untersuchten Patientengut übten zum Zeitpunkt der Verletzung fast zwei Drittel eine Sportart wie Fußball oder Handball aus, die im Niveau I anzuordnen ist. Drei weitere Patienten übten Sportarten wie Ski fahren oder Jogging aus, die dem Niveau II angehören. Somit zeigten sich 80% der Patienten in einem hohen Maße sportlich aktiv. Zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung fand sich ein völlig verändertes Bild. Sport auf dem obersten Niveau betrieben 2 der Nachuntersuchten. Unverändert bleibt die Anzahl der Patienten bei der Ausübung auf Niveau II. Eine deutliche Verschiebung der Aktivität fand auf das niedrigste Niveau statt. Bei der Ausübungen des alltäglichen Lebens befanden sich vorher zwei Patienten, zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung insgesamt 14. Gründe hierfür finden sich in der geringen Einsatzfähigkeit des operierten Kniegelenkes und der schon oben erwähnten psychologischen Barriere. Auffällig ist auch eine Verschiebung im oberen Niveau auf postoperativ weniger kniebelastende, die Oberschenkelmuskulatur stärkende Sportarten wie Schwimmen und Fahrradfahren. Bei der quantitativen Darstellung der Verschlechterung des Niveaus zeigte sich, dass sich über die Hälfte der Patienten um mehr als ein Niveau verschlechtert haben. Nur 4 Patienten konnten das präoperative Niveau beibehalten. Hierbei handelt es sich um Patienten aus dem Niveau II und zwei Patienten aus dem niedrigsten Niveau.

Insgesamt handelt es sich um ein schlechtes Ergebnis im Bezug auf die Sportfähigkeit nach der Operation. Ob hier weitere Gründe vorliegen, die zu einer Einschränkung der Aktivität geführt haben, wie z.B. der Eintritt in das Berufsleben, lässt sich nicht klären.

Für die weitere subjektive Beurteilung nach dem IKDC Score erfolgte die Beurteilung der Kniefunktion und die Beeinflussung der Aktivität durch das verletzte Kniegelenk. Eine normale Kniefunktion wurde von den beiden Patienten mit der subjektiven Zufriedenheit und der guten objektiven Darstellung angegeben. Fast die Hälfte der Patienten gab eine abnormale Funktion an. Das deckt sich mit Einschränkungen mit der Angabe des subjektiven Outcomes. Einzig die im IKDC angegebene fast normale Funktion steht der Unzufriedenheit der Nachuntersuchten entgegen.

Die Einschätzung der Beeinflussung der Aktivität des Patienten durch das Kniegelenk ist deckungsgleich mit dem subjektiven Outcome. Hier schlägt der Verlust des Niveaus der sportlichen Aktivität zu Buche, die hier im unmittelbaren Zusammenhang zu sehen ist.

Durch die subjektive Beurteilung nach dem IKDC Score befinden sich fast zwei Drittel in der schlechtesten Gruppe. Da das Gesamtergebnis im IKDC Score nur so gut sein kann wie das schlechteste erreichte Ergebnis in einer Untergruppe, kann die Aussage getroffen werden, dass 12 von 20 Patienten ein desolates Ergebnis nach primärer Naht des vorderen Kreuzbandes aufweisen [123, 211]. Inwieweit hier eine Überbewertung der einzelnen Kategorien vorliegt und ob eine so starke Gewichtung der subjektiven Beurteilung zeitgemäß ist, bleibt in Frage zu stellen.

Die weitere subjektive Beurteilung im IKDC Score erfolgte durch die Begutachtung von Symptomen bei der Ausübung der Aktivität auf dem höchsten möglichen Niveau. Fast drei Viertel der Untersuchten gab leichte und starke Schmerzen bei der Ausübung an. Ein ähnliches Bild zeigte sich für eine aufgetretene Schwellung. Der Unterschied liegt darin, dass circa die Hälfte der Patienten mit starken Schmerzen und einer leichten Schwellung Angaben macht, mit 13 Patienten findet sich hier die gleiche Beurteilung für eine starke Schwellung und leichte Schmerzen

Für das Phänomen des giving way stehen die subjektiven Daten in hoher Korrelation mit der subjektiven Untersuchung des Lachmann Testes. Nur ein Patient gab kein Weggleiten an, obwohl in der klinischen Untersuchung alle Knie als instabil zu werten waren.

Die weiteren objektiven Beurteilungen der Bandstabilität sind schon ausführlich im oberen Teil besprochen worden.

Die folgende Kategorie der Krepitation ist unterteilt in das mediale, laterale und patellofemorale Kompartiment. Hier zeigten sich bei annähernd zwei Drittel der Patienten keine oder nur eine leichte Krepitation in allen Bereichen. Die starke und schmerzhafteste Krepitation im medialen und lateralen Kompartiments fanden sich bei den Patienten mit der gleichzeitigen Verletzung des medialen bzw. lateralen Bandapparates.

Bei diesen Patienten ist dann auch eine nativradiologische Überprüfung vorgenommen worden. Hier zeigten sich entgegen der Erwartung unauffällige nativradiologische Verhältnisse ohne den Nachweis einer beginnenden Arthrose. Eine weitere nativradiologische Untersuchung wurde angestrebt, aber von den übrigen Patienten abgelehnt.

Im letzten Teilpunkt des IKDC Scores wurde ein funktioneller Test beurteilt. Dabei musste ein Einbeinsprung im Seitenvergleich durchgeführt werden. Hier fand sich erneut ein schlechtes Ergebnis. Der größte Teil der Patienten konnte maximal 75% der gesunden Seite erreichen. Hierbei bleibt wieder zu diskutieren, ob ein Patient mit einem subjektivem Instabilitätsgefühl gewillt ist, einen funktionellen Test mit voller Kraft durchzuführen, wenn die Möglichkeit von Schmerzen nach Vollendung besteht.

Bei der Gesamtbeurteilung nach den vorgegebenen Maßnahmen des IKDC Score ergibt sich bei über der Hälfte der Patienten ein deutlich schlechtes Ergebnis. Insgesamt befinden sich 90 % der Nachuntersuchten in den beiden schlechtesten Gruppen. Nur 2 Patienten konnten ein fast normales Ergebnis erzielen. Hier findet sich ein deckungsgleiches Verhältnis mit dem subjektiven Lysholm Score. Das hierfür die starke

Einflussnahme der subjektiven Beurteilung des IKDC Scores verantwortlich ist, bleibt kritisch anzumerken.

Eine Verschiebung zur höheren Gewichtung der klinischen Resultate hätte keine deutliche Verbesserung im Patientengut verursacht.

Zur Beantwortung der vor Beginn der Arbeit gestellten Fragen lässt sich eindeutig festhalten, dass die primäre Naht bei der intraligamentären vorderen Kreuzbandruptur bei Kindern und Jugendlichen keine geeignete Operation ist, um eine dauerhafte Stabilität im Kniegelenk zu erzeugen. Anhand der erhobenen Daten zeigt sich ein unbefriedigendes Ergebnis bezüglich der subjektiven Einschätzung und der objektiv erhobenen Daten. Nur bei 2 Patienten konnte bei objektiver Instabilität eine subjektive Zufriedenheit nachgewiesen werden. Dieses ist nur darauf zurückzuführen, dass es sich hierbei um aktive Sportler handelt, die durch ein intensives Training eine der gesunden Seite entsprechende Muskulatur erzeugen konnten. Dadurch konnte eine muskuläre Stabilisierung des Gelenkes erzielt werden.

Der Bezug der subjektiven und objektiven Korrelation ist bereits beantwortet worden, wobei immer wieder die Kritik der Überlastung der objektiven Bewertungsbögen durch subjektive Daten angeführt werden muss. Wird in dem nachuntersuchten Patientengut die Korrelation zwischen rein objektiv und subjektiv erhobenen Befunden überprüft, kann eine hohe Übereinstimmung nachgewiesen werden.

Fast kein Patient erreicht nach augmentierter Kreuzbandnaht die Sportfähigkeit wie vor der Verletzung. Der größte Teil der sportlichen Aktivität musste aufgegeben oder deutlich eingeschränkt werden.

5 Zusammenfassung

In einer retrospektiven Studie wurden Patienten nach PDS augmentierter Kreuzbandnaht mit zum OP Zeitpunkt noch offenen Wachstumsfugen in der Universitätsklinik Eppendorf zwischen 1987 und 2001 nachuntersucht. Es handelte sich bei allen Rupturen um intraligamentäre Verletzungen. Es erfolgte eine klinische Nachuntersuchung unter Verwendung von objektiven instrumentellen Untersuchungen mit dem KT-1000 Arthrometer und dem Rolimeter. Ebenso wurde der Lysholm Score, der Tegner Aktivitätsscore und der IKDC Score benutzt. Der Schwerpunkt lag dabei auf der Bewertung der Kniestabilität nach subjektiven und objektiven Kriterien. Die Nachuntersuchung erfolgte nach zwei bis dreizehn Jahren. Das Durchschnittsalter der Patienten zum Zeitpunkt der Operation betrug 13,6 Jahre. Mit einem Anteil von 75% war der Sportunfall die dominierende Ursache für die vordere Kreuzbandruptur. In einem Drittel der Fälle lag eine Begleitverletzung vor. In der subjektiven Bewertung waren 90% mit dem verletzten Kniegelenk unzufrieden. In der Auswertung des Lysholm Scores zeigten sich 11 schlechte, 7 mäßige und 2 gute Ergebnisse. Beim Tegner Activity Score wurde ein Aktivitätsverlust bis zu 5,4 Stufen aufgezeigt. Bei der klinischen Bandüberprüfung fand sich bei 85% ein schlechtes oder sehr schlechtes Ergebnis. Dieses wurde anhand der objektiven Messungen mit dem KT-1000 und dem Rolimeter bestätigt. Ein Verdacht auf Innenmeniskus­schädigung wurde bei 5 Patienten gestellt. Bei 2 Patienten bestand subjektiv eine gute Einschätzung ihrer Funktion, wobei die objektiven Untersuchungsergebnisse klare Zeichen der Instabilität zeigten. Laut IKDC Score bestand bei 90% der Patienten eine abnormale bis stark abnormale Kniefunktion. Eine fast normale Funktion erreichten zwei Patienten mit subjektiv guter Einschätzung ihrer Kniefunktion.

Bisher existiert in der Literatur keine der vorgelegten Studie vergleichbare Arbeit mit ähnlich hohen Patientenzahlen. Die Ergebnisse der vorgelegten Arbeit stimmen aber deutlich mit den schlechten Literaturergebnissen erwachsener und kindlicher Patienten nach Kreuzbandnaht überein.

6 Literaturverzeichnis

1. Aichroth PM, Patel DV, Al- Duri ZA (1993) The natural history of anterior cruciate ligament injuries in children and adolescents: an intermediate- term follow- up study. Proc combined Congress of the International Arthroscopy Association and International Society of the knee, 29
2. Anderson AF, Snyder RB, Federspiel CF, Lipscomb AB (1992) Instrumented evaluation of knee laxity: a comparison of five arthrometers. Am J Sports Med 20: 135- 140
3. Anderson C, Odensten M, Good L, Gillquist J, Linköpping (1989) Surgical or non- surgical treatment of the acute rupture of the anterior cruciate ligament. J Bone Joint Surg 71- A: 965- 973
4. Anderson C, Gillquist J (1992) Treatment of acute isolated and combined rupture of the anterior cruciate ligament. A long-term follow-up study. Am J Sports Med 20: 7- 12
5. Andrews M, Noyes FR, Barber- Westin SD (1994) Anterior cruciate ligament allograft reconstruction in the skeletally immature athlete. Am J Sports Med 22(1): 48- 54 The symptomatic anterior cruciate deficient knee Part I:
6. Angel KR, Hall DJ (1989) The role of arthroscopy in children and adolescents. Arthroscopy 5(3): 192- 196
7. Angel KR, Hall DJ (1989) Anterior cruciate ligament injuries in children and adolescents. Arthroscopy 5(3): 197- 200
8. Arndt S, Besch L, Havemann D (1999) Kniebinnenschäden bei Kindern. Unfallchirurg 102(8): 619- 624
9. Arnold JA, Coker TP, Heaton LM, Park JP, Harris WD (1979) Natural history of anterior cruciate tears. Am J Sports Med 7(6): 305- 313
10. Aronowitz ER, Ganley TJ, Goode JR, Gregg JR, Meyer JS (2000) Anterior cruciate ligament reconstruction in adolescents with open physes. Am J Sports Med 28(2): 2000
11. Bach BR, Warren RF, Flynn WM, Kroll M, Wickiewicz TL (1990) Arthrometric evaluation of knees that have a torn anterior cruciate ligament. J Bone Joint Surg 72- A: 1299- 1306

12. Baker CL, Graham J (1993) Intraartikular ACL reconstruction using the patellar tendon. *Orthopedics* 16 (4): 437- 441
13. Balasch H, Schiller M, Friedel H, Hoffmann F (1999) Evaluation of anterior knee joint instability with the Rolimeter. A test comparison with manual assessment and measuring with the KT- 1000 Arthrometer. *Knee Surg Traumatol Arthrosc* 7(4): 204- 208
14. Bales C (2004) Anterior cruciate ligament injuries in children with open physes. *Am J Sports Med* Vol.32, No.8: 1978-1985
15. Balkfors B (1982) The course of knee ligament injuries. *Acta Orthop Scand* 198
16. Barber FA, Sanders JO, Clark R (2000) Anterior cruciate ligament reconstruction in the skeletally immature high- performance athlete: what to do and when to do it? *Arthroscopy* 16(4): 391- 394
17. Barrack RL, Bruckner JD, Kneisl J, Inman WS, Alexander AH (1990) The outcome of non- operatively treated complete tears of the anterior cruciate ligament in active young adults. *Clin Orthop* 259: 195
18. Barrett DS (1991) Proprioception and function after anterior cruciate reconstruction. *J Bone Joint Surg*
19. Bellier G, Mascard E, Colomb A (1997) Entorse grave du genou de l'enfant. *Index Traumatol Sport* 1997(4): 3- 11
20. Benedetto KP (1985) Der Ersatz des vorderen Kreuzbandes mit dem vascular gestielten zentralen Drittel des Ligamentum patellae. Teil II: Operationstechnik und Ergebnisse. *Unfallchirurg* 88: 189- 197
21. Benedetto KP (1995) Der Goldstandard beim Kreuzbandersatz. *Der Chirurg* 66: 1061- 1070
22. Beynon B (2005) Treatment of anterior cruciate ligament injuries, Part I. *Am J Sports Med* Vol.33, No.10: 1579- 1602
23. Bisson LJ, Wiechiewicz T, Levinson M, Warren R (1998) ACL reconstruction in children with open physes. *Orthopedics* 21(6): 659- 663
24. Blauth W, Helm C (1988) Vordere Kreuzbandrupturen- ein diagnostisches Problem? *Unfallchirurg* 91: 358- 365
25. Blauth W, Lobenhoffer P, Haas N (1988) Operative Behandlungsmöglichkeiten und –ergebnisse bei Verletzungen des

Kreuzbandes im Kindesalter. Hefte zur Unfallheilkunde, Heft 200: 515-516

26. Bonnaire F, Berwarth H, Müntz P, Eichinger S, Kuner EH (1995) Kann das Ergebnis nach Kreuzbandoperationen arthrometrisch erfasst werden? Unfallchirurgie 21: 83- 91
27. Boszotta H, Wendrisky R. Sauer G (1988) Frühergebnisse nach Naht und Augmentation des gerissenen vorderen Kreuzbandes- Arthrotomie versus arthroskopische Operation. Unfallchirurg 91: 459- 464
28. Bradley GW, Shives TC, Samuelson KM (1979) Ligament injuries in the knee of children. J Bone Joint Surg 61- A: 588- 591
29. Brand B, Buchgraber A, Pässler HH (1996) Veränderungen des Koordinationsvermögens vor und nach einer Kreuzbandoperation. Arthroskopie 9: 91- 95
30. Brief LP (1991) Anterior cruciate ligament reconstruction without drill holes. Arthroscopy 7(4): 350- 357
31. Burnett QM, Fowler PJ (1985) Reconstruction of the anterior cruciate ligament: historical overview. Orthop Clin North Am 16: 143- 157
32. Buss DD, Warren RF (1993) Arthroscopically assisted reconstruction of the anterior cruciate ligament with use an autogeneous patellar-ligament grafts. J Bone Joint Surg 75- A: 1346- 1355
33. Butler DL, Noyes FR, Grood ES. (1980) Ligamentous restraints to anterior- posterior drawer in the human knee. A biomechanical study. J Bone Joint Surg A- 62(2: 259- 270)
34. Chick RR, Jackson DW (1978) Tears of the anterior cruciate ligament in young athletes. J Bone Joint Surg 60- A: 588- 591
35. Cho KO (1975) Reconstruction of the anterior cruciate ligament by semitendinosus tenodesis. J Bone Joint Surg 57- A: 608- 612
36. Church S (2005) Reconstruction of the anterior cruciate ligament. J Bone Joint Surg 87-B: 1639- 1642
37. Clancy WG jr, Nelson DA, Reider B (1982) Anterior cruciate ligament reconstruction using one- third of the patellar ligament, augmented by extra- artikular tendon transfers. J Bone Joint Surg 64- A: 352- 359
38. Clanton TO, DeLee JC, Sanders B, Neidre A (1979) Knee ligament injuries in children. J Bone Joint Surg 61- A: 1195- 1201

39. Cochran GV (1982) A primer of orthopaedic biomechanics. New York Churchill Livingstone
40. Cohn AK, Mains DB (1979) Popliteal hiatus of the lateral meniscus. Am J Sports Med 4: 222- 226
41. Cross MJ, Fracs GR (1992) Regeneration of the semitendinosus and gracilis tendons following their transection for repair of the anterior cruciate ligament. Am J Sports Med 20(2): 221- 223
42. Cross MJ, Crichton KJ (1990) Untersuchung des verletzten Kniegelenkes Thieme, Stuttgart- New York
43. Dandy DJ, Desai SS (1994) Patellar tendon length after anterior cruciate ligament reconstruction. J Bone Joint Surg 76- B: 198- 199
44. Daniel DM, Sachs R, Stone ML, Malcolm L (1985) Instrumented measurement of anterior laxity in patient with acute anterior cruciate ligament disruption. Am J Sports Med 13(6): 401- 407
45. Delay BS, Smolinski RJ Wind WM, Bowman DS (2001) Current practise and opinions in ACL reconstruction and rehabilitation: results of a survey of the American Orthopaedic Society for Sports Medicine. Am J Knee Surg. Spring 14(2): 85- 91
46. DeLee JC (1994) Ligamentous injury of the knee. In: Stanitzki CL, DeLee JC, Drez D, eds. Pediatric and adolescent sports medicine. Philadelphia: WB Saunders, 1994: 406- 432
47. DeLee JC, Curtis R (1983) Anterior cruciate ligament insufficiency in children. Clin Orthop 172: 112- 118
48. Drenckhahn D (1994) Kniegelenk, 357- 367. In: Drenckhahn D, Zenker W (Hrsg.): Benninghoff Anatomie: Makroskopische Anatomie , Embryologie und Histologie des Menschen, Bd. 1. 15. völlig neu bearb. Aufl. Urban & Schwarzenberg, München Wien Baltimore
49. Edwards TB, Greene CC, Baratta RV, Zieske A, Willis RB (2001) The effect of placing a tensioned graft across open growth plates. A gross and histological analysis. J Bone Joint Surg 83- A(5): 725- 734
50. Elmquist LG, Lorentzon R, Johannson C, Langström M, Fagerlung M, Fugl- Meyer AR (1989) Knee extensor muscle function before and after reconstruction of the anterior cruciate ligament tear. Scand J Rehab Med 21: 131- 139

51. Engebretsen L, Benum P, Sundalsvoll (1989) Primary suture of the anterior cruciate ligament. A 6 year follow up of 74 cases. *Acta Orthop Scand* 60: 561- 564
52. Engebretsen L, Svenningsen S, Benum P (1988) Poor results of anterior cruciate ligament repair in adolescence. *Acta Orthop Scand* 59(6): 684- 686
53. Eriksson E (1976) Reconstruction of the anterior cruciate ligament. *Orthop Clin North Amer* 7: 167- 179
54. Eulenburg F, Gubba HH (1981) Zur Differentialdiagnose der Knieverletzungen beim Kind und Jugendlichen. *Orthopädische Praxis* 11: 879- 882
55. Faltermeier T (1991) Ergebnisse nach Kreuzbandoperationen unter besonderer Berücksichtigung von vergleichenden Kraftmessungen. *Med. Dissertation TU München*
56. Ferreti A, De Carli A, Conteducta F (1989) The results of reconstruction of the anterior cruciate ligament with semitendinosus and gracilis tendons in chronic laxity of the knee. *Ital J Orthop Traumatol* 15: 415- 424
57. Fetto NF, Marshall JC (1980) The natural history and diagnosis of the anterior cruciate ligament insufficiency. *Clin Orthop Rel Res* 147: 29- 38
58. Finsterbush A, Friedman B (1975) The effect of sensory denervation on rabbits knee joints. A light and electron microscopic study, *J Bone Joint Surg* 57-A: 949- 956
59. Fischer LP, Guyot J, Gonon GP, Carret JP, Dahan P (1978) The role of muscles and ligaments in the stabilisation of the knee joint. *Anat Clin* 1: 43- 54
60. Forster IW, Warren- Smith CD, Tew M (1989) Is the KT 1000 knee ligament arthrometer reliable? *J Bone Joint Surg* 71- B: 843- 847
61. Fowler PJ, Regan WD (1987) The patient with symptomatic chronic anterior cruciate ligament insufficiency- results of minimal arthroscopic surgery and rehabilitation. *Am J Sports Med* 15: 321- 325
62. Frank C, Beaver P, Rademaker F (1982) A computerized study of knee ligament injuries: Repair versus removal of the torn anterior cruciate ligament. *Canad J Surg* 25: 454- 457

63. Gaber O, Griener B, Müller- Färber J (1997) Kniegelenk: Distales Femur, Patella 141- 155 In Kremer K., Lierse W., Platzer W., Schreiber HW., Weller S.(Hrsg.): Chirurgische Operationslehre: spezielle Anatomie, Indikationen, Technik, Komplikationen; in 10 Bänden. Band 10: Hierholzer G., Platzer W., Weller S. (Hrsg.): Schädel, Haltungs- und Bewegungsapparat: Untere Extremität. Teil 1 Thieme Stuttgart New York
64. Galway HR, McIntosh DL (1980) The lateral pivot shift; A symptom and sign of anterior cruciate ligament insufficiency. Clin Orthop 147: 45- 50
65. Galway RD, Beaupre A, McIntosh DL (1972) Pivot shift- a clinical sign symptomatic anterior cruciate ligament insufficiency. J Bone Joint Surg 45- B: 763
66. Ganko A., Engebretsen L., Ozer H. (2000) The rolimeter : a new arthrometer compared with the KT- 1000. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc
67. Garth WPJr. (1992) Current concepts regarding the anterior cruciate ligament. Orthop Rev 21: 565- 575
68. Giove TP, Miller SJ, Kent BE, Sanford TL, Garrick JG (1983) None. Operative treatment of the torn anterior cruciate ligament. J Bone Joint Surg 65- A: 184- 192
69. Girgis FG, Marshall JL, Monajem A (1975) The cruciate ligaments of the knee joint. Anatomical, functional and experimental analysis. Clin Orthop 106: 216- 231
70. Gögüs A, Lobenhoffer P, Tscherne H (1993) Der allogene Kreuzbandersatz. Perspektiven und erste klinische Ergebnisse. Unfallchirurg 96: 93- 96
71. Gomez- Castresana FB, Bastos MN (1992) Semitendinosus Kennedy ligament augmentation device anterior cruciate ligament reconstruction. Clin Orthop 283: 21- 33
72. Görtzen M, Dellmann A, Gruber J, Clahsen H, Bürrig KF (1993) Die homologe Kreuzbandtransplantation als intraartikulärer Bandersatz. Z Orthop 131: 179- 186
73. Gotzen L, Petermann J (1994) Die Ruptur des vorderen Kreuzbandes beim Sportler. Chirurg, Springer Verlag 65: 910- 919
74. Graf BK, Lange RH, Fujisaki CK, Landry GL, Saluja RK (1992) Anterior cruciate ligament tears in skeletally immature patients: meniscal

pathology at presentation and after attempted conservative treatment. *Arthroscopy* 8(2): 229- 233

75. Grant John A. (2005) Comparison of home versus physical therapy-supervised rehabilitation programs after anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med*, Vol.33, No.9: 1288- 1297
76. Grifka J (1992) *Die Knieschule – Hilfe bei Kniebeschwerden*. Rowohlt, Reinbek
77. Grifka J (1994) *Kniegelenksarthrose: Epidemiologie, arthroskopische Therapie, Kernspintomographie, Knieschule*. Thieme, Stuttgart New York
78. Grüber J, Wolter D, Lierse W (1986) Der vordere Kreuzbandreflex. *Unfallchirurg* 89: 551- 554
79. Gudde P, Wagenknecht R (1973) Untersuchungsergebnisse bei 50 Patienten 10- 12 Jahre nach der Innenmeniskusoperation bei gleichzeitig vorliegender Ruptur des vorderen Kreuzbandes. *Z Orthop* 117: 369- 372
80. Hackenbruch W, Müller W (1987) Untersuchung des verletzten Kniegelenkes. *Orthopäde* 16: 100- 112
81. Hackenbruch MH, Wirth CJ (1979) Gonarthrose nach persistierender Kniegelenkinstabilität. *Z Orthop* 117: 753- 761
82. Harilainen A, Myllynen P (1987) Treatment of fresh tears of the anterior cruciate ligament. A comparison of primary suture and augmentation with carbon fibre. *Injury* 18: 396- 400
83. Harter RA, Osternig LR (1988) Long- term evaluation of knee stability and function following surgical reconstruction for anterior cruciate ligament insufficiency. *Am J Sports Med* 16: 434- 443
84. Hassler H, Jakob RP (1981) Ein Beitrag zur Ursache der anterolateralen Instabilität des Kniegelenkes. Eine Studie an 20 Leichenknien unter besonderer Berücksichtigung des Tractus iliotibialis. *Arch Orthop Trauma Surg* 98: 45- 50
85. Hatcher J, Hatcher A, Arbuthnot J, McNicholas M (2005) An investigation to examine the inter-tester and intra-tester reliability of the Rolimeter knee tester, and its sensitivity in identifying knee joint laxity. *J Orthop Res*.
86. Hawkins RJ, Kocher MS, Saxon HS, Hovis WD (2000) Management and complications of anterior cruciate ligament injuries in skeletally

immature patients: a survey of the Herodicus Society and the ACL study group. Annual Meeting of the Herodicus Society, Sun Valley, USA

87. Hehl G, Hoellen I, Wissmeyer T, Ziegler U (1995): Isokinetisches Muskeltraining mit hohen Bewegungsgeschwindigkeiten in der Rehabilitation nach operativer Versorgung frischer vorderer Kreuzbandrupturen. Z Orthopädie 133
88. Hefti F (1990) Heilungsvorgänge, 263- 267. In: Jakob RP, Stäubli HU (Hrsg.): Kniegelenk und Kreuzbänder: Anatomie, Biomechanik, Klinik, Rekonstruktion, Komplikation, Rehabilitation. Springer, Berlin, Heidelberg New York
89. Hefti F, Drobny T, Hackenbruch W, Kipfer W, Holzach P (1990) Evaluation von Knieinstabilitäten. 138- 142 In: Jakob RP, Stäubli HU (Hrsg.): Kniegelenk und Kreuzbänder: Anatomie, Biomechanik, Klinik, Rekonstruktion, Komplikation, Rehabilitation. Springer, Berlin, Heidelberg New York
90. Hefti F, Müller W (1993) Heutiger Stand der Evaluation von Kniebandläsionen. Das neue IKDC- Evaluationsblatt. Orthopäde 22: 351- 362
91. Henche, HR, Hackenbruch W (1981) Die Arthroskopie beim traumatisierten kindlichen Kniegelenk. Orthop. Praxis 11: 883- 885
92. Hertel P (1980) Verletzung und Spannung von Kniebändern. Experimentelle Studie, Hefte Unfallheilkd 142:1- 94
93. Hertel P (1981) Ergebnisse der operativen Behandlung von Eminentia Ausrissen des Kniegelenkes im Kindesalter. Unfallheilkunde 84: 397- 404
94. Hertel P, Bernard M (1990) Kniebandverletzungen bei Kindern bis zu 14 Jahren. Arthroskopie 3. 99- 106
95. Hertel P, Schweiberer L (1975) Biomechanik und Pathophysiologie des Kniebandapparates. Hefte Unfallheilkd 125: 1- 16
96. Hey Groves EW (1917) Operation for the repair of the crucial ligaments. Lancet 2: 674- 675
97. Hillen R, Klein W, Gassen A (1992) Der arthroskopisch- assistierte Kreuzbandwechsel. Arthroskopie 5: 261- 266
98. Höllwarth N, Hausbrandt D (1984) Verletzung der unteren Extremität. In Sauer H, Das verletzte Kind, Thieme Stuttgart

99. Hooper GJ (1986) Radiological assessment of anterior cruciate ligament deficiency. *J Bone Joint Surg* 68: 292- 296
100. Hopf T, Gloetz M, Hess G, Mielke U, Müller B (1995) Propriozeptives Defizit nach Kreuzbandschädigung- afferente Störung oder kompensatorischer Mechanismus? *Z. Orthop* 133: 347- 351
101. Hoppert M, Hagena FW (1992) Eine neue arthroskopische Technik der Refixation von Ausrißfrakturen der Eminentia intercondylica. *Arthroskopie* 5: 35- 37
102. Howe JG, Lohson RJ, Kaplan MJ, Fleming B, Jarvinen M (1991) Anterior cruciate ligament reconstruction using quadriceps patellar tendon graft. Part I. Long- term follow- up. *Am J Sports Med* 19: 447- 457
103. Hughston JC (1969) The posterior cruciate ligament in knee joint stability. *J Bone Joint Surg* 51- A: 1045- 1046
104. Hughston JC (1985) Complications of anterior cruciate ligament surgery. *Orthop Clin North Am* 16: 237- 240
105. Hughston JC, Barret GR (1983) Acute anteromedial rotatory instability. *J Bone Joint Surg* 69- B: 145- 153
106. Hughston JC, Eilers AF (1973) The role of the posterior oblique ligament in repairs of acute medial (collateral) ligament tears of the knee. *J Bone Joint Surg* 55- A: 923- 940
107. Hyndman JC, Brown DC (1979) Major ligamentous injuries of the knee in children. *J Bone Joint Surg* 61- B, No.2
108. Inoue M, Mc Gurk- Burlison E, Hollis JM, Woo SL (1987) Treatment of the medial collateral ligament injury. I: The importance of anterior cruciate ligament on the varus- valgus knee laxity. *Am J Sports Med* 15(1): 15- 21
109. Jackson DW, Schaefer RK (1990) Cyclops syndrome: Loss of extension following intra- articular anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy* 6: 171- 178
110. Jakob RP, Stäubli HU, Deland JT (1987) Grading the pivot shift. *J Bone Joint Surg* 69- B: 294- 299
111. Jakob RP, Warner JP (1990) Historische und aktuelle Perspektiven der Behandlung der Insuffizienz des vorderen Kreuzbandes, 22- 27. In: Jakob RP, Stäubli HU (Hrsg.): *Kniegelenk und Kreuzbänder : Anatomie*

und Biomechanik, Klinik , Rekonstruktion, Komplikationen, Rehabilitation. Springer, Berlin Heidelberg New York

112. January PM, Wisdom B, Hirsch G (1998) The influence of transephyseal drilling and tendon grafting on bone growth: an experimental study in the rabbit. *J Pediatr Orthop* 1998 18(2): 149- 154
113. Jensen JE, Slocum DB, Larson RL (1983) Reconstruction procedures for anterior cruciate ligament insufficiency: a computer analysis of clinical results. *Am J Sports Med* 11: 240- 248
114. Johnson H, Beynnon BD, Nichols CE, Renstrom PA (1992) Current concept review. The treatment of injuries of the anterior cruciate ligament. *J Bone Joint Surg* 74- A: 140- 151
115. Jokl P, Stull PA, Lynch J, Vaughan V (1989) Independent home versus supervised rehabilitation following arthroscopic knee surgery- A prospective randomized trial. *Arthroscopy* 5: 298- 305
116. Jones KG (1963) Reconstruction of the anterior cruciate ligament. *J Bone Joint Surg* 45- A: 925- 932
117. Johnson H, Elmquist LG, Carroll J, Tiger Y (1994) Over the top or tunnel reconstruction of the anterior cruciate ligament? *J Bone Joint Surg* 76- B: 82- 87
118. Kenos P, Jarvinen M (1987) Conservatively treated tears of the anterior cruciate ligament. *J Bone Joint Surg* 69- A: 1007- 1012
119. Kannus P, Järvinen M (1988) Knee ligament injuries in adolescents. *J Bone Joint Surg* 70- B: 772- 776
120. Kaplan EB (1961) The fabellofibular and short lateral ligaments of the knee joint. *J Bone Joint Surg* 43- A: 196- 179
121. Kennedy JC, Alexander IR, Hayes KC (1982) Nerve supply of the human knee and its functional importance *Am J Sports Med* 10: 329- 335
122. Kennedy JC, Fowler JP (1971) Medial and lateral instability of the knee- an anatomical and clinical study using stress machines *J Bone Joint Surg* 53- A: 1257- 1270
123. Kiefer H, Richter M, Hehl G (1995) Arthroskopisch augmentierte Reinsertion der proximalen Kreuzbandruptur mit PDS II Kordel, 109- 118 in: Hasselbach C, Scherer MA (Hrsg.): Wiederherstellende Chirurgie des vorderen Kreuzbandes, Demeter, Gräfelfing

124. Kocher M (2002) Partial tears of the anterior cruciate ligament in children and adolescents. *Am J Sports Med* Vol.30, No.5: 697-703
125. Koman JD, Sanders JO (1999) Valgus deformity after reconstruction of the anterior cruciate ligament in a skeletally immature patient. A case report. *J Bone Joint Surg* 81- A: 711- 715
126. Kühne JH, Jansson V, Zimmer M, Branner S (1992) Kombinierte Verletzung vom vorderen Kreuzband und medialem Seitenband des Kniegelenkes- Zwei- Sechs Jahres Ergebnissen der operativen Behandlung. *Unfallchirurgie* 18: 295- 303
127. Kock HJ, Stürmer HM, Letsch R (1991) Biologische Gewebereaktion nach alloplastischem Ersatz des vorderen Kreuzbandes durch PET-Band(Trevira, hochfest). *Unfallchirurg* 94: 594- 602
128. Kwasny O, Schabus R, Wagner M, Plenk H (1988) Recent rupture of the anterior cruciate ligament. Clinical results of reinsertion and allogenic augmentation. In: Müller W, Hackenbruch W (Hrsg.): *Surgery and Arthroscopy of the Knee*. Springer, Berlin, Heidelberg: 155- 159
129. Laer Lv (1986) *Frakturen und Luxationen im Wachstumsalter*. Thieme Verlag, Stuttgart
130. Larson RV (1990) The use of hamstring tendons in anterior cruciate ligament surgery. Presented at the annual Meeting of the AAOS, 16- 21
131. Lipscomb AB, Anderson AF (1986) Tears of the anterior cruciate ligament in adolescence. *J Bone Joint Surg* 68- A: 19- 28
132. Lipscomb AB, Johnston RK, Snyder RB (1982) Evaluation of hamstring muscle strength following use of semitendinosus and gracilis tendons to reconstruct the anterior cruciate ligament. *Am J Sports Med* 9: 77- 81
133. Lipscomb AB, Johnston RK, Snyder RB (1991) The technique of cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med* 9: 77- 81
134. LO IK, Bell DM, Fowler PF (1998) Anterior cruciate ligament injuries in the skeletally immature patient. *Instr Course Lect* 47: 351- 359
135. LO IK, Kirkley A, Fowler PF (1997) The outcome of operatively treated anterior cruciate ligament disruption in the skeletally immature child. *Arthroscopy* 13(5): 627- 634
136. Lobenhoffer P (1991) Arthroskopische Kreuzbandrekonstruktionen. *Langenbecks Arch Chir Suppl Kongressbd.:* 433- 439

137. Lobenhoffer P, Gerich T, Lattermann C (1995) Endoskopische versus offene vordere Kreuzbandersatzplastik über Mini- Inzisionen, 102- 108 in: : Hasselbach C, Scherer MA (Hrsg.): Wiederherstellende Chirurgie des vorderen Kreuzbandes, Demeter, Gräfelfing
138. Lobenhoffer P, Tscherne H (1993) Die Ruptur des vorderen Kreuzbandes: Heutiger Behandlungsstand Unfallchirurg 96: 150- 168
139. Lysholm J, Gillquist J (1982) Evaluation of knee ligament surgery results with special emphasis on use of a scoring scale. Am J Sports Med 10: 150- 154
140. Malcolm L, Daniel DM, Stone ML, Sachs R (1985) The measurement of anterior knee laxity after ACL reconstructive surgery. Clin Orthop 186: 35- 41
141. Marder RA, Raskind JR, Carroll M (1991) Prospective evaluation of arthroscopically assisted anterior cruciate ligament reconstruction. Patellar tendon versus semitendinosus and gracilis tendon. Am J Sports Med 19: 478- 484
142. Mariani PP, Puddu G, Ferretti A (1982) Hemarthrosis treated by aspiration and casting. Am J Sports Med 10: 343- 345
143. Marshall JL, Warren RF, Wickiewicz TL, Reider B (1997) The anterior cruciate ligament : A technique of repair and reconstruction, Clin Orthop 143: 97
144. Matava MJ, Siegel MG (1997) Arthroscopic reconstruction of the ACL with semitendinosus- gracilis autograft in skeletally immature adolescent patients. Am J Knee Surg Spring 10(2): 60- 69
145. Matz SO, Jackson DW (1988) Anterior cruciate ligament injury in children. Am J Knee Surg 1: 59- 65
146. McCarroll JR, Rettig AC, Shelbourne KD (1988) Anterior cruciate ligament injuries in the young athlete with open physes. Am J Sports Med 16(1): 44- 47
147. McCarroll JR, Shelbourne KD, Patel DV (1995) Anterior cruciate ligament injuries in young athletes. Recommendations for treatment and rehabilitation. Sports Med 20(2): 117- 127
148. McDaniel WJ, Dameron TB (1984) The untreated anterior cruciate ligament rupture. Clin Orthop 172: 158- 163
149. McGuire DA, Grinstead GL (1990) Advances in anterior cruciate ligament surgery. Alaska Med 32: 101- 105

150. Menke W, Schneider T, Schmitz B, Michiels I (1990) Nachuntersuchungsergebnisse bei unbehandelter vorderer Kreuzbandruptur. Sportverletz Sportschaden 4: 169- 174
151. Menschik A (1974) Mechanik des Kniegelenkes, I.Teil. Z Orthop 112: 481- 495
152. Micheli LJ, Foster TE (1993) Acute knee injuries in immature athlete. In: Heckman JD (Ed.): Instructional course lectures 42. Rosemont, IL, American Academy of Orthopaedic Surgeons: 473- 481
153. Micheli LJ, Rask B, Gerberg L (1999) Anterior cruciate ligament reconstruction in patients, who are prepubescent. Clin Orthop 364: 40- 47
154. Mizuta H, Kubota K, Shiraishi M, Otsuka Y, Nagamoto N, Takagi K (1995) The conservative treatment of complete tears of the anterior cruciate ligament in skeletally immature patients. J Bone Joint Surg 77-B: 890- 894
155. Mott HW (1983) Semitendinosus anatomic reconstruction for cruciate ligament insufficiency. Clin Orthop 172: 90- 92
156. Müller W (1975) Die Rotationsinstabilität am Kniegelenk, Heft Unfallheilkunde 125: 51- 68
157. Müller W (1977) Verletzungen der Kreuzbänder, Zentralbl Chir 102: 974- 981
158. Müller W (1982) Das Knie: Form, Funktion und ligamentäre Wiederherstellungschirurgie. Springer Berlin Heidelberg New York
159. Müller W, Biedert R, Baumgartner R, Hackenbruch W (1986) Evaluation and comparative results of 200 cases with ACL reconstruction between 81 and 84 second. European Congress of Knee Surgery and Arthroscopy, Basel
160. Müllner T, Bugge W, Johansen S, Holtan C, Engebretsen L (2001) Inter- and intratester comparison of the Rolimeter knee tester: effect of testers experience and the examination technique. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc
161. Mylle J, Renders P, Broos P (1993) Transepiphyseal fixation of anterior cruciate avulsion in a child: report of a complication and review of the literature. Arch Orthop Trauma Surg 112: 101- 103

162. Nakhostine M, Bollen SR, Cross MJ (1995) Reconstruction of mid-substance anterior cruciate ligament rupture in adolescents with open physes. *J Pediatr orthop* 15: 286- 287
163. Neusel F, Maibaum S, Rompe G (1993) Nachuntersuchungsergebnisse nach konservativ behandelte isolierte frischer vorderer Kreuzbandruptur. *Akt Traumatol* 23: 200- 206
164. Nicholas JA (1973) The five- one reconstruction for anteromedial instability of the knee: indications, technique and the results in fifty- two patients. *J Bone Joint Surg* 55-A: 899- 922
165. Noyes FR, Barber SB, Mangine RE (1990) Bone- patellar ligament- bone and Fascia lata allografts for reconstruction of the anterior cruciate ligament. *J Bone Joint Surg* 72- A: 1125- 1136
166. Noyes FR, Butler DJ (1984) Biochemical analysis of human ligament grafts used in knee ligament repairs and reconstruction. *J Bone Joint Surg* 66- A: 344- 360
167. Noyes FR, Mooar PA, Matthews DS, Butler DL (1983) The symptomatic anterior cruciate deficient knee Part I: The long- term functional disability in athletically active individuals. *J Bone Joint Surg* 65- A: 154- 161
168. Noyes FR, Mooar PA, Matthews DS, Grood ES (1983) The symptomatic anterior cruciate deficient knee Part II: The results of rehabilitation, activity modifications, and counselling on functionally disability. *J Bone Joint Surg* 65- A: 163- 174
169. O'Brien SJ, Warren RF, Pavlov H, Panariello R, Wickiewicz TL (1991) Reconstruction of chronically insufficient anterior cruciate ligament with the central third of the patellar ligament. *J Bone Joint Surg* 73- A: 278- 286
170. Odensten M, Gillquist J (1985) Functional anatomy of the anterior cruciate ligament and a rationale for reconstruction. *J Bone Joint Surg* 67- A: 257- 262
171. Otero AL, Hutcheson L (1993) A comparison of the doubled semitendinosus/ gracilis and central third of the patellar tendon autografts in arthroscopic anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy* 9: 143- 148
172. Papandreou M, Antonogiannakis E, Karabalis C, Karliafitis K (2005) Inter-rater reliability of Rolimeter measurements between anterior cruciate ligament injured and normal contra lateral knees. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*

173. Parker AW, Drez D, Cooper JL (1994) Anterior cruciate ligament injuries in patients with open physes. *Am J Sports Med* 22(1): 44- 47
174. Pässler JM, Fellingner M (1992) Arthroskopische Technik zum Ersatz des vorderen Kreuzbandes mittels freien Patellarsehnentransplantats. *Unfallchirurg* 95(9): 463- 468
175. Paulos LE, Rosenberg TD (1987) Infrapatellar contracture syndrome. An unrecognized cause of knee stiffness with patella entrapment and patella infra. *Am J Sports Med* 15: 331- 341
176. Pressman AE, Letts RM, Jarvis JG (1997) Anterior cruciate ligament tears in children: an analysis of operative versus non- operative treatment. *J Pediatr Orthop* 17: 505- 511
177. Quatman C (2006) Maturation leads to gender differences in landing force and vertical jump performance. *Am J Sports Med* Vol.34, No.5: 806-813
178. Raunest J, Derra E, Ohmann C (1991) Klinische Ergebnisse der primären Kreuzbandreinsertion nach Palmer ohne Augmentation. *Unfallchirurgie* 17: 166- 174
179. Refior HJ, Branner S (1994) Epidemiologie von Kreuzbandverletzungen im Fußballsport. *Praktische Sport- Traumatologie und Sportmedizin* 3/1994: 106- 15
180. Robert H, Bonnard C (1999) Techniques de reconstruction du ligament croise anterieur chez l'enfant. In: *Arthroscopie*: 187- 192
181. Roe J. (2005) A 7 year follow up of patellar tendon and hamstring tendon grafts for arthroscopic anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med* Vol.33, No.9: 1337- 1345
182. Rosenberg TD, Franklin JL, Baldwin GN (1992) Extensor mechanism function after patellar tendon graft harvest for anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med* 20: 519-526
183. Salmon L (2005) Incidence and risk factors for graft rupture and contralateral rupture after anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy* Vol.21, No.8: 948-957
184. Sandberg R, Balkfors B, Hendrickson A, Westland N (1986) Stability test in knee ligament injuries. *Arch Orthop Trauma Surg* 106: 5-7
185. Stake K, Kumar VP, Ngoi SS (1986) Anterior cruciate ligament injuries. To counsel or to operate? *J Bone Joint Surg* 68- B: 458- 461

186. Schultz RA, Miller DC, Kerr CS, Micheli L (1984) Mechanoreceptors in human cruciate ligaments. A histological study. *J Bone Joint Surg* 66-A: 1072- 1076
187. Schutte MJ, Dabezies EJ, Zimny ML, Happel LT (1978) Neural anatomy of the human anterior cruciate ligament. *J Bone Joint Surg* 69-A: 243- 247
188. Sgaglione NA, Del Pizzo W (1993) Arthroscopically assisted anterior cruciate ligament reconstruction with the pes anserine tendon. Comparison of results in acute and chronic ligament deficiency. *Am J Sports Med* 21(2): 249- 256
189. Sgaglione NA, Del Pizzo W (1992) Arthroscopic assisted anterior cruciate ligament reconstruction with the semitendinosus tendon. *Arthroscopy* 8(1): 65- 77
190. Shelbourne KD (1995) Preventions of complications in ACL surgery. Presented at the annual Meeting of the AAOS, 16- 21
191. Shelbourne KD, Wilckens JH (1991) Arthrofibrosis in acute anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med* 19: 332- 336
192. Shelbourne KD (2004) Results of transephyseal anterior cruciate ligament reconstruction using patellar tendon autograft in tanner stage 3 or 4 adolescents with clearly open growth plates. *Am J Sports Med* Vol.32, No.5: 1218-1222
193. Sherman MF, Markolf KL, Ferkel LD (1987) Measurement of anterior knee laxity in normal and anterior cruciate absent knees with two instrumented test devices. *Clin Orthop* 215: 156- 161
194. ShinoK, Nakata K, Horibe S (1993) Quantitative evaluation after arthroscopic anterior cruciate ligament reconstruction. Allograft versus autograft. *Am J Sports Med* 21: 609- 616
195. Shoemaker SC, Daniel DM (1990) The limits of knee motion. In vitro studies. In: Daniel D, Akeson WH, O`Connor JJ (eds.): *Knee ligaments. Structure, function, injury and repair*. Raven Press New York 153- 161
196. Skak SV, Jensen TT, Poulsen TD, Sturup J (1987) Epidemiology of knee injuries in children. *Acta Orthop Scand* 58: 78- 81
197. Skoff H (1985) Verletzungen des vorderen Kreuzbandes: ein offenes Kapitel. *Orthopäde* 14: 64- 68

198. Slocum DB, Larson RL (1968) Rotatory instability of the knee. Its pathogenesis and a clinical test to demonstrate its presence. J Bone Joint Surg 50- A:211- 225
199. Stanitzki CL (1995) Anterior cruciate ligament injury in the skeletally immature patient: diagnosis and treatment. J Am Acad Ortop Surg 3: 146- 158
200. Stäubli HU (1990) Natürlicher Verlauf der unbehandelten Ruptur des vorderen Kreuzbandes. 243- 250, In: Jakob RP, Stäubli HU (Hrsg.): Kniegelenk und Kreuzbänder : Anatomie und Biomechanik, Klinik , Rekonstruktion, Komplikationen, Rehabilitation. Springer, Berlin Heidelberg New York
201. Stäubli HU, Jakob RP (1990) Ventrale Subluxation des Kniegelenkes bei chronischer Insuffizienz des vorderen Kreuzbandes: Ein Vergleich von Arthrotomie und gehaltenen Röntgenaufnahmen. 172- 179, In: Jakob RP, Stäubli HU (Hrsg.): Kniegelenk und Kreuzbänder : Anatomie und Biomechanik, Klinik , Rekonstruktion, Komplikationen, Rehabilitation. Springer, Berlin Heidelberg New York
202. Stäubli HU, Jakob RP, Noesberger B (1990) Ventrale Subluxation des Kniegelenkes bei chronischer Insuffizienz des vorderen Kreuzbandes: Ein Vergleich von Arthrotomie und simultan gehaltenen Röntgenaufnahmen mittels KT- 1000. 188- 194, In: Jakob RP, Stäubli HU (Hrsg.): Kniegelenk und Kreuzbänder : Anatomie und Biomechanik, Klinik , Rekonstruktion, Komplikationen, Rehabilitation. Springer, Berlin Heidelberg New York
203. Strobel M, Stedtfeld HW (1991) Diagnostik des Kniegelenkes. 2., völlig Neubearb. u. erw. Aufl. Springer Berlin Heidelberg New York
204. Strobel M, Eichhorn L (1995) Aktueller Stand und operative Technik der Rekonstruktion des vorderen Kreuzbandes. Aktuel Chir 30: 210- 220
205. Strobel M, Wirkner P, Eichhorn J (1996) Postoperative Rehabilitation mit dem Reha K.T.S. nach Rekonstruktion des vorderen Kreuzbandes mit dem mittleren Patellarsehnedrittel. Eine prospektiv randomisierte Studie. Arthroskopie 9: 78- 84
206. Tegner Y, Lysholm J (1985) Rating systems in the evaluation of knee ligament injuries. Clin Orthop Rel Res 198: 43- 49
207. Tegner Y, Lysholm J, Lysholm M, Gillquist J (1986) A performance test to monitor rehabilitation and evaluate anterior cruciate ligament injuries. Am J Sports Med 14: 156- 159

208. Tibone JE, Antich TJ (1988) A biomechanical analysis of anterior cruciate ligament reconstruction with the patellar tendon. A two year follow-up. Am J Sports Med 16: 332- 335
209. Torf JS, Conrad w, Kalen V (1976) Clinical diagnosis of anterior cruciate ligament instability in the athlete. Am J Sports Med 4: 84- 93
210. Turner IG, Thomas NP (1990) Comparative analysis of four types of synthetic anterior cruciate ligament replacement in the goat: in vivo histological and mechanical findings. Biomaterials 11: 321- 329
211. Vosberg W, Weise K, Braunschweig R, Apostolakidou K, Charfreitag S (1993) Der Stellenwert des radiologischen Lachmann Tests bei der Erhebung von Langzeitergebnissen von Operationen am vorderen Kreuzband. Akt Traumatol 23: 62- 65
212. Wagner M, Schabus R (1980) Anatomie des Kniegelenkes. Hollinek, Wien
213. Wagner M (1987) Funktionelle Anatomie des Kniegelenkes. Orthopäde 16: 88- 99
214. Wagner M (2005) Hamstring tendon versus patellar tendon anterior cruciate ligament reconstruction using biodegradable interference fit fixation, Am J Sports Med, Vol 33, No.9: 1327-1336
215. Waldrop JL, Bruussardts (1984) Disruption of the anterior cruciate ligament in a three year old child. J Bone Joint Surg 66- A: 113- 114
216. Warren LF, Marshall JL, Girgis FG (1974) The prime static stabilizer of the medial side of the knee. J Bone Joint Surg 56- A: 665- 674
217. Wentzensen A, Hochstein P (1998) Versorgung der VKB Ruptur: Indikation, Verfahrenswahl, Zeitpunkt, Begleit- und Nachbehandlung. Zentralbl Chir 123: 970- 980
218. Whittington CF, Carlson CA (1991) Anterior cruciate ligament injuries. Evaluation, arthroscopic reconstruction and rehabilitation. News Clin North Am 26(1): 149- 158
219. Wirth CJ, Kohn D (1989) Eine neue Technik des vorderen Kreuzbandersatzes mit dem Patellarsehnedrittel. Operat Orthop Traumatol 1: 219- 227
220. Wirth CL, Kolb M (1989) Kreuzbandschaden- primäre und sekundäre Versorgungsstrategien. Chirurg 60: 748- 755

221. Wroble RR, Brand RA (1990) Paradoxes in the history of the anterior cruciate ligament. Clin Orthop 259: 183- 191
222. Yoo J (2005) The effect of anterior cruciate ligament reconstruction of knee joint kinematics under simulated muscle loads. Am J Sports Med Vol.33, No.2: 240- 246
223. Yaru NC, Daniel DM, Penner D (1992) The effect of tibial attachment site on graft impingement in an anterior cruciate ligament reconstruction. Am J Sports Med 20: 217- 220
224. Zarins B, Rowe CR (1986) Combined anterior cruciate ligament reconstruction using semitendinosus tendon and iliotibial tract. J Bone Joint Surg 68- A: 160- 177

7 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: linkes Knie	9
Abbildung 2: überschlagene Vieregelenkkette	12
Abbildung 3: Burmester Kurve.....	13
Abbildung 4: Altersverteilung zum Zeitpunkt der Operation	19
Abbildung 5: Altersverteilung zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung	20
Abbildung 6: KT-1000 Arthrometer (links) und Rolimeter (rechts).....	22
Abbildung 7: Lysholm Score.....	23
Abbildung 8: Tegner Aktivitätsscore	24
Abbildung 9: IKDC Score	25
Abbildung 10: Zeitraum zwischen Unfall und Operation.....	27
Abbildung 11: Verteilung des Verletzungsmusters.....	28
Abbildung 12: Rupturlokalisierung vorderes Kreuzband.....	29
Abbildung 13: Verteilung der Nahttechniken	30
Abbildung 14: schematische Darstellung der Ausziehnäht.....	31
Abbildung 15: schematische Darstellung der Durchflechtungsnaht.....	31
Abbildung 16: schematische Darstellung der Kirchmayr- Kessler Naht.....	31
Abbildung 17: schematische Darstellung der Naht nach Kleinert.....	31
Abbildung 18: Dauer des postoperativen stationären Aufenthaltes.....	32
Abbildung 19: Verteilung der Patienten nach dem Lysholm Score.....	33
Abbildung 20: Aktivitätsniveaus nach Tegner im Follow up.....	34
Abbildung 21: Ausmaß der Instabilität der operierten Knie in der Überprüfung der vorderen Schublade	36
Abbildung 22: Ausmaß der Instabilität der operierten Knie im Lachmann Test	37
Abbildung 23: Verteilung bei der Überprüfung des Pivot Shift Testes.....	38
Abbildung 24: Verteilung des Beugedefizits auf der verletzten Seite	39
Abbildung 25: Verteilung der Muskelweichteilminderung am	40
Abbildung 26: Verteilung der Muskelweichteilminderung am Unterschenkel ...	41
Abbildung 27: Messung mit dem KT-1000 Arthrometer bei 89N und bei Maximalkraft.....	44

Abbildung 28: Messung mit dem KT-1000 Arthrometer und dem Rolimeter bei maximaler Kraft	44
Abbildung 29: Verteilung des Aktivitätsniveaus vor und nach der Verletzung ..	45
Abbildung 30: Verteilung der Niveauveränderung nach der Verletzung.....	46
Abbildung 31: Verteilung der Beurteilung der Kniefunktion und der Beeinflussung der Aktivität durch das verletzte Knie.....	47
Abbildung 32: Verteilung der Symptome nach dem IKDC Score.....	48
Abbildung 33: Verteilung der Krepitation in den Kompartimenten.....	49
Abbildung 34: Verteilung der Patienten in den jeweiligen Untergruppen des IKDC Scores.....	51
Abbildung 35: Verteilung der Patienten nach der Gesamtauswertung des IKDC Scores	52

8 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Verteilung der Unfallursache	26
Tabelle 2: Einzeldaten der Messungen mit dem KT-1000 Arthrometer	43

9 Danksagung

Ich möchte mich bei Prof. Rueger für die Überlassung des Themas bedanken.

Besonders danke ich meinen Eltern für die unermüdliche und beispielhafte Unterstützung während meiner bisherigen Studien- und Ausbildungsjahre und bei der Verwirklichung meiner beruflichen Ziele.

Meiner Frau Sina danke ich für die vielseitige Unterstützung und unschätzbare Hilfe bei der Fertigstellung der Arbeit.

Bei Dr. med. Ralf Erik Hilgert bedanke ich mich für die hilfreiche und wertvolle Betreuung während der gesamten Zeit und für die hilfreichen Denkanstöße bei der Auswertung.

10 Lebenslauf

Steffen Wallstabe

geboren am 24.03.77 in Magdeburg

Schulbildung

September 1983- Grundschule Lübz
Juni 1991

September 1991- Gymnasium Lübz
Juni 1995 Schulabschluss: Abitur

Wehrdienst

Juli 1995- Wehrdienstzeit in Hamburg und Schwerin
April 1996

Hochschulbildung

April 1996 Immatrikulation an der Universität Hamburg
Studienfach Medizin

März 1998 Ärztliche Vorprüfung

März 1999 Erster Abschnitt der Ärztlichen Prüfung

März 2001 Zweiter Abschnitt der Ärztlichen Prüfung

April 2002 Ärztliche Prüfung

Ausbildung

April 2002- I. Chirurgische Abteilung AK Altona,
Oktober 2003 CA Prof. Dr. med. Teichmann

Ab Oktober 2003-

Abteilung für Unfall- und Wiederherstellungschirurgie
Berufsgenossenschaftl. Unfallkrankenhaus Hamburg
CA Prof. Dr. med. Jürgens

11 Erklärung

Ich versichere ausdrücklich, dass ich die Arbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst, andere als die von mir angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt und die aus den benutzten Werken wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen einzeln nach Ausgabe (Auflage und Jahr des Erscheinens), Band und Seite des benutzten Werkes kenntlich gemacht habe.

Ferner versichere ich, dass ich die Dissertation bisher nicht einem Fachvertreter an einer anderen Hochschule zur Überprüfung vorgelegt oder mich anderweitig um Zulassung zur Promotion beworben habe.

Steffen Wallstabe