

Klinik und Poliklinik für allgemeine Orthopädie  
des Universitätsklinikums Münster  
Direktor: Universitätsprofessor Dr. med. W. Winkelmann

Objektive Scores bei Ersatz des vorderen Kreuzbandes mit  
Patellar-Sehne oder Semitendinosus-Gracilis-Sehne

INAUGURAL-DISSERTATION  
zur  
Erlangung des Doctor medicinae  
der Medizinischen Fakultät  
der Westfälischen Wilhelms-Universität zu Münster

Vorgelegt von: Carolin Elliger-Wimber  
aus Münster  
2003

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät der Westfälischen Wilhelms-Universität  
zu Münster



Aus dem Universitätsklinikum Münster

Referent: PD Dr. med. J. Steinbeck

Korreferent: Prof. Dr. med. W.H.M. Castro

Doktorandin: Carolin Elliger-Wimber

Titel: Objektive Scores bei Ersatz des vorderen Kreuzbandes mit  
Patellar-Sehne oder Semitendinosus-Gracilis-Sehne

## Zusammenfassung

Es gibt derzeit zwei etablierte Techniken des Ersatzes des vorderen Kreuzbandes des Kniegelenks. Die ältere Methode ist die VKB-Plastik mit dem mittleren Drittel der Patellar-Sehne (BTB-Ersatz). Bei der anderen Methode wird die Semitendinosus-Gracilis-Sehne doppelt oder vierfach gelegt verwendet.

Diese Studie wurde durchgeführt, um zu untersuchen, ob es bezüglich der Stabilität des Kniegelenkes und der sportlichen Aktivität der Patienten im Verlauf des ersten postoperativen Jahres Unterschiede zwischen den beiden Techniken gibt.

Untersucht wurden 110 Patienten, die in einem ambulanten Operationszentrum einen VKB-Ersatz erhielten. Die Entscheidung für eine der beiden Techniken erfolgte randomisiert. Es ergaben sich bezüglich des Alters, des Geschlechts und der Verletzungsdauer keine signifikanten Unterschiede zwischen den Patienten beider Methoden. Alle Patienten wurden sechs Wochen, drei Monate, sechs Monate und zwölf Monate nach der Operation untersucht. Neben der klinischen Untersuchung wurden jeweils der KT-1000-Score und der Tegner-Activity-Score (TAS) erhoben. Die Ergebnisse des KT-1000-Scores zeigten zu jedem Zeitpunkt postoperativ bei allen Patienten ein stabiles Kniegelenk. In beiden Gruppen steigerte sich der TAS und erreichte bei der Abschlussuntersuchung nach zwölf Monaten annähernd gleich gute Werte wie vor der Verletzung. In dieser Studie zeigten also beide Techniken im Verlauf des ersten Jahres gute bis sehr gute Ergebnisse. Es gab keinen Hinweis auf die Überlegenheit einer Methode.

## Danksagungen

Ich danke PD Dr. med. J. Steinbeck für die Betreuung der Arbeit.

Dr. med. M. Moraldo, Dr. med. A. Nolte, Dr. med. C. Groning-Nolte und dem gesamten Praxisteam vielen Dank für die umfassende Unterstützung.

Herzlichen Dank an Dr. med. T. Kranert für die gute Beratung.

Speziellen Dank an Christian Juhra für die statistische Aufarbeitung der Daten.

Ein Dankeschön an alle Patienten, die an der Studie teilgenommen haben.

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1	Historischer Überblick . . . . .	2
1.2	Anatomie und Biomechanik des Kniegelenks . . . . .	8
1.3	Inzidenz und Verletzungsmuster der VKB-Ruptur . . . . .	12
1.4	Diagnostik . . . . .	14
1.5	Indikationen für den VKB-Ersatz . . . . .	15
1.6	Komplikationen in der VKB-Chirurgie . . . . .	15
1.7	Rahmenbedingungen . . . . .	18
1.7.1	Patienten . . . . .	18
1.7.2	Untersuchungen . . . . .	20
1.8	Methoden . . . . .	21
1.8.1	VKB-Ersatz mit Patellar-Sehne (BTB-Ersatz) . . . . .	23
1.8.2	VKB-Ersatz mit Semitendinosus-Gracilis-Sehne . . . . .	25
<b>2</b>	<b>Ergebnisse</b>	<b>27</b>
2.1	Begleitverletzungen . . . . .	27
2.2	Komplikationen . . . . .	27

2.3	Beweglichkeit . . . . .	28
2.4	Bandinstabilitäten . . . . .	28
2.5	Schmerzen . . . . .	29
2.6	Parästhesien . . . . .	29
2.7	Auswertung KT-1000 . . . . .	29
2.8	Auswertung Tegner-Activity-Score . . . . .	35
<b>3</b>	<b>Diskussion</b>	<b>38</b>
	<b>Literatur</b>	<b>43</b>
	<b>Lebenslauf</b>	<b>52</b>

# 1 Einleitung

Die Inzidenz der VKB-Rupturen (Riss des vorderen Kreuzbandes) hat in den letzten zwei Jahrzehnten ständig zugenommen. Jedes Jahr kommt es in Deutschland bei ca. 80.000 Menschen zu einer Kreuzbandruptur. Der Hauptgrund dafür ist paradoxerweise das gewachsene Gesundheitsbewusstsein der Menschen, man treibt mehr Sport und setzt das Knie teilweise enormen Belastungen aus [33]. Unfälle mit VKB-Verletzungen treten in Deutschland vor allem bei folgenden Sportarten (in absteigender Reihenfolge) auf: Fußball, Handball, Skilaufen und Motorsport. In den Vereinigten Staaten sind die häufigsten Sportarten mit VKB-Verletzungen: American Football, Basketball, Eishockey und Baseball. Eine wichtige Ursache (ca. 10%) für VKB-Verletzungen sind auch Arbeitsunfälle.

Ein weiterer Grund für die zunehmende Häufigkeit der Diagnose VKB-Ruptur ist die verbesserte Diagnostik. Seit der Einführung des MNR, also seit ca. 10 Jahren, ist es einfacher geworden, eine VKB-Ruptur mit bildgebenden Verfahren ohne Strahlenbelastung zu diagnostizieren. Die steigende Zahl der Arthroscopien führt ebenfalls dazu, dass eine VKB-Ruptur immer häufiger festgestellt wird.

Nach Muhr führt jede Instabilität früher oder später in die Arthrose [56]. Diese These wird auch von Goldstein und Bosco gestützt [35]. Bei Problemen mit dem VKB-insuffizienten Knie oder um einer Arthrose vorzubeugen kann eine VKB-Plastik, also ein Ersatz des vorderen Kreuzbandes, durchgeführt werden.

## 1.1 Historischer Überblick

Es wurden in der Geschichte unterschiedlichste Techniken des VKB-Ersatzes bzw. der Stabilisierung des Kniegelenkes entwickelt. Viele der Autoren befürworteten die primäre Versorgung der VKB-Ruptur, so zum Beispiel Battle (1900), Robson (1903), Goetjes (1913), Palmer (1938) und O'Donoghue (1950).

Auf der anderen Seite gab es aber auch zahlreiche Studien, in denen die primäre Naht des VKBs als unnötig und aussichtslos dargestellt wurden, denn nicht immer war sie erfolgreich. Außerdem glaubte man, dass der Patient den Verlust des VKBs genauso gut tolerieren könnte.

Das größte Problem stellt das sehr eingeschränkte Heilungspotential des VKBs dar. Das Band befindet sich im Kniegelenk ohne umgebendes Bindegewebe, und ohne solch einen Schutz ist es der Gelenkflüssigkeit mit ihrem Drang, sämtliches schädliches oder abgestorbenes Gewebe zu entfernen, ausgesetzt. Außerdem wird der Heilungsprozess ständig durch die auf das geschwächte VKB einwirkenden Kräfte gestört.

Sobald einmal die Wichtigkeit des VKBs für die Funktion und den Schutz des Kniegelenks erkannt wurde, hat man sich auf die Suche gemacht, Methoden zu entwickeln, die die Integrität des VKBs besser verwirklichen als die primäre Naht. Die im folgenden aufgeführten Studien führten zu der Erkenntnis, dass die primäre chirurgische Versorgung der VKB-Ruptur bessere Ergebnisse erziele als die spätere Rekonstruktion. Man erkannte, dass Defekte und Verletzungen des VKBs trotz der adäquaten Blutversorgung des Bandes nicht hinreichend heilen. Der Verlust einer das Kniegelenk stabilisierenden Struktur bedeutet gleichzeitig, dass die anderen Strukturen zusätzlichen Belastungen ausgesetzt werden.

Der erste Bericht über die chirurgische Versorgung einer chronischen Instabilität stammt von Mayo Robson aus dem Jahr 1885 aus England. Einem Minenarbeiter, der seit 36 Wochen Beschwerden in Form von Schwäche und Instabilität hatte, wurden das vordere und das hintere Kreuzband femoral an der anatomischen Position angenäht. Sechs Jahre später beschrieb er sein Bein als “perfectly strong“ [53].

1917 beschrieb Hey Groves die Rekonstruktion des VKBs unter Verwendung des Tractus iliotibialis, eine Methode, die ein Jahr später auch von Alwyn Smith befürwortet wurde. Smith benutzte Anteile des Tractus iliotibialis, den er distal absetzte, auch zur Rekonstruktion des medialen Kollateralbandes. In den folgenden Jahrzehnten wurde ein Vielzahl an Studien veröffentlicht, die sich mit den intra- und extraartikulären Prozeduren zur Stabilisierung eines instabilen Kniegelenks beschäftigten [36] [37].

Cubbins kam 1932 nach sorgfältigen anatomischen Studien und weiteren Tests zur Messung der Belastbarkeit einzelner Gewebe zu dem Schluss, neben dem Tractus iliotibialis auch die Bizepsaponeurose zur Rekonstruktion zu benutzen. Einige Jahre später propagierte er den Nutzen einer Untersuchung des Kniegelenks in Vollnarkose. Die von ihm operierten Patienten beließ er 30 Tage mit einem Gips in 30° Flexion und weitere 3 Monate immobilisiert durch einen Gips in voller Extension. Trotzdem zeigten seine Studien in mehr als 90% gute Ergebnisse [22].

Einige Arbeitsgruppen (Cotton und Morrison sowie Bosworth und Bosworth) beschäftigen sich Mitte der 30er Jahre mit der Rekonstruktion der medialen Kollateralbänder zur Stabilisierung des Kniegelenks. Sie glaubten an die ausreichende Stabilität der intakten Seitenbänder, um die Instabilität des VKBs auszugleichen [11] [21].

Campbell beschrieb in den Jahren 1936 bis 1939 die Bedeutung der assoziierten Verletzungen der Menisken und medialen Seitenbänder in VKB-defizienten Kni-

en. Er ermutigte junge Sportler zur Rekonstruktion des VKBs bei Fortbestehen einer Instabilitäts-Symptomatik nach konservativer Therapie [16] [17]. 1938 benutzte der Schwede Palmer zum ersten Mal den Begriff "Schubladenphänomen" in der englischsprachigen Literatur. Das VKB rekonstruierte er mit der Technik, die bereits von Hey Groves beschrieben wurde. Palmer betonte allerdings die Wichtigkeit der Platzierung der Bohrlöcher und der damit verbundenen Notwendigkeit einer Bohrlochhilfe, ähnlich wie sie heute verwendet wird [60].

Macey benutzte 1939 die Semitendinosus-Gracilis-Sehne zur Rekonstruktion des VKBs [51]. Er führte die Sehne von einer distalen Basis durch den Femur und die Tibia. Lindstrom benutzte in seiner 1959 erschienen Studie einen Meniskus zur Rekonstruktion. Er argumentierte, dass der Meniskus als ein avaskuläres Knorpelgewebe umspült von der synovialen Flüssigkeit ideale Voraussetzungen zum intraartikulären Ersatz des VKBs bietet [50]. Diese Methode wurde nach den durchweg schlechten Ergebnissen einer Studie von Walsh (1972) wieder aufgegeben [70].

Ende der 50er Jahre sind die meisten vorstellbaren Methoden zur Rekonstruktion des VKB bereits untersucht worden. Die intraartikuläre Rekonstruktion hat sich dabei als die sinnvollste erwiesen. Viele Fragen im Hinblick auf eine statische oder dynamische Rekonstruktion, der Verwendung des Tractus iliotibialis, der Quadrizeps- oder Patellar-Sehne, der Semitendinosus-Gracilis-Sehne oder der Menisken blieben weiter offen.

1963 benutzte Jones das mittlere Drittel der Patellar-Sehne zusammen mit einem Teil der Patella zur Rekonstruktion des VKBs. Diese Methode hatte aber den Nachteil, dass aufgrund der unzureichenden Länge seiner Plastik eine anatomische Rekonstruktion nicht möglich war [42]. 1968 modifizierte Lam diese Methode, indem er das mittlere Drittel der Patellar-Sehne tibial in einer besseren anatomischen Position mit einem Knochenblock und einer Schraube fixierte [48].

Anfang der 70er Jahre wurde in zahlreichen Studien die Wichtigkeit der Rekonstruktion des vorderen Kreuzbandes bestätigt. Langzeitergebnisse aus Tierversuchen zeigen, dass das VKB als zentrale Struktur des Kniegelenks für die normale Funktion verantwortlich ist und das Knie vor vorzeitiger Arthrose schützen kann [52].

Nicht nur unterschiedlichste Techniken, sondern auch verschiedenste Materialien kamen in der VKB-Chirurgie zum Einsatz. Karbonfasern wurden als intra- und extraartikulärer Bandersatz eingesetzt. Sie erwiesen sich als sehr reißfest (bis zu 3 x fester als die ursprüngliche Sehne), hatten aber einige Nachteile: Die Fasern waren sehr brüchig und schwer zu verarbeiten, außerdem kam es häufig zu Verunreinigung des OP-Feldes mit Faserresten. Die Steifigkeit des Materials führte häufig zu Brüchen bei Knicken des Transplantats; intraartikulär kam es nie zu einer Durchwachsung des Materials mit körpereigenen Fasern [18] [19] [39] [40] [41] [49] [64] [74] [31].

Dacron wurde über Jahre in Band- oder Schlauchform als Bandersatz erprobt. Es erwies sich jedoch als nicht stabil genug, vor allem im Bereich des Tunneleinganges und der Notch kam es zur Abrasion und Ruptur. Später versuchte man, gestrickte Dacronprothesen um einen gewobenen Kern zu legen, um ein Einwachsen von körpereigenen Fasern zu fördern. Diese kombinierten Ersatzbänder waren etwa doppelt so reißfest wie das ursprüngliche Band. Das gesamte Transplantat wurde mit Teilen des Tractus iliotibialis umwickelt [76].

Um diese Methode zu verbessern, verwob man Dacron mit Dexon oder Polyglycolsäure (PGA). Der Dexonanteil wurde im Gelenk abgebaut und sollte somit Platz für das Einwachsen körpereigener Faser bieten. Problematisch war es jedoch, das richtige Verhältnis von Dacron und Dexon zu finden, um eine ausreichende Festigkeit und eine möglichst hohe Stimulation von Faserwachstum zu erreichen [14].

Zur Vereinfachung der Marshall/MacIntosh-Methode wurde das LAD, Ligamentous

Augmentation Device, entwickelt. Ein Polypropylen-Band wird dabei in das peripartellare Gewebe im schwächsten Bereich des Transplantats eingenäht, um das Band zu verstärken. Diese Methode zeigt eine mindestens so hohe Reißfestigkeit wie das ursprüngliche Band. Goretex oder Teflonbänder, bestehend aus Polytetrafluorethylen(PTFE), sind die reißfestesten Bänder, die man bisher gefunden hat. Die Fixation ist einfach und bequem durchzuführen. Zusätzlich fixiert sich das Band durch Fasern, die in das poröse Band einwachsen. Fixiert wird das Band distal durch ein tibiales Bohrloch, proximal mit einem over-the-top-Durchzug. Die Weiterentwicklung dieser Technik ist das Kennedy-LAD mit einer Reißfestigkeit von 14-1600 Newton, entsprechend der Reißfestigkeit des gesunden Kreuzbandes [45] [46].

Auch mit in glutaraldehydfixierten Rindersehnen wurden VKB-Plastiken durchgeführt. Das Glutaraldehyd sollte Verbindungen zwischen den Kollagenfasern bewirken und somit Festigkeit und Haltbarkeit der Bänder erhöhen. Sekundär sollten dann körpereigene Fasern in das Fremdgewebe einwachsen. Alle untersuchten Materialien erwiesen sich als gut geeignet bezüglich der Reißfestigkeit. Auch die Fixation war, zumindest in Tierversuchen, zufriedenstellend. Leider zeigten sämtliche Materialien aber auch die gleichen Nachteile wie autologe Sehnentransplantate und zusätzlich materialimmanente unerwünschte Effekte [8] [54].

Das normale VKB besteht aus unterschiedlich ausgerichteten Faserbündeln, die eine Elongation von 3-4 mm erlauben und die Belastung im Bewegungsablauf gleichmäßig auf unterschiedliche Faserbündel verteilen [47] [72]. Eine zu große Steifigkeit war ein Problem aller untersuchten Materialien. Sie konnten sich nicht ausdehnen oder nach einer Ausdehnung wieder ihre ursprüngliche Form annehmen. Auch eine Verteilung der Belastung auf unterschiedliche Bandanteile im Bewegungsablauf war nicht möglich. Es gab immer wieder besonders belastete und damit gefährdete Bereiche, je nach Material und Fixationstechnik.

Immer wenn die implantierten Materialien an scharfen Ecken oder Kanten scheueren, an Osteophyten, im Bereich des Tunneleinganges oder der Notch, kam es zum Abrieb des Bandes. Auch bei zu starker Flexion können sich Anteile des Implantats ablösen. Dies führt einerseits zu einer Minderung der Festigkeit des Bandes, andererseits zu einer chronischen Synovitis durch den Detritus.

Der ideale Bandersatz sollte alle Funktionen des VKBs haben. Der zweitbeste Ersatz wäre ein Implantat, das langsam abgebaut wird und dabei durch einwachsende, funktionelle Fasern ersetzt wird. Leider behalten die meisten Implantate ihre volle Stärke bis zur Ruptur. Durch diese Eigenschaft kommt es zum sog. Stress shielding, d.h., dass die eingewachsenen Fasern keine Zugkraft aushalten mussten und daher in keiner Weise eine Kraft entgegen zu setzen haben, wenn das Transplantat tatsächlich reißt. Um funktionelle Fasern zu bilden, müssten diese langsam zunehmenden Belastungen ausgesetzt sein. Bislang konnte also bei keinem der synthetischen oder behandelten Xenotransplantate eine Überlegenheit gegenüber den autologen Transplantaten nachgewiesen werden [75].

Laut Leitlinienregister der deutschen Gesellschaft für Orthopädie und Traumatologie gibt es derzeit zwei Standardmethoden:

- Ersatz des VKBs durch ein Knochen-Sehne-Knochen-Transplantat der Patellar-Sehne oder
- Ersatz des VKBs durch mehrfach gelegte Semitendinosus-Gracilis-Sehne.

Diese Studie wurde durchgeführt, um die beiden oben genannten Techniken des Ersatzes zu vergleichen und zu sehen, ob eine der beiden Vorteile aufweist.

## 1.2 Anatomie und Biomechanik des Kniegelenks

Das Knie ist in erster Linie ein Scharniergelenk; es kommt in ihm eine Beugung des Unterschenkels gegen den Oberschenkel und die Rückbewegung (Streckung) zustande. Im gestreckten Zustand ist das Gelenk vollkommen (hauptsächlich durch die starken ligamenta collateralia) versteift, so dass auch nicht die geringste Rotationsbewegungen ausgeführt werden können. In Beugstellung dagegen, wenn die genannten Bänder erschlaffen, kann im Kniegelenk auch eine Rotation ausgeführt werden; diese ist lateralwärts sehr viel ausgiebiger als nach der medialen Seite. Die abgerundeten hinteren Abschnitte der Femurkondyle wirken jetzt wie Kugelhöpfe, so dass eine Art Doppelkugelgelenk zustande kommt. Dabei wirken die Menisken (die sich dabei gleichzeitig auch über die Knorpelflächen der Tibiakondylen verschieben) pfannenbildend für die genannten Abschnitte der Femurkondylen. Die gekreuzten Bänder des Gelenkes wirken als Haftbänder der beiden artikulierenden Knochen vor allem hemmend auf die Rotationsbewegungen. Bei Belastung der Tibiakondylen durch den Körper beim aufrechten Stehen dienen die Menisken als Polster (ebenso beim Gehen, Springen, usw.). Die auffällig dicken Gelenkknorpelschichten der artikulierenden Knochen spielen die gleiche Rolle [68].

Für das Verständnis des Bewegungsablaufes im Kniegelenk ist es wichtig, die miteinander kommunizierenden Gelenkflächen zu betrachten. Die beiden Tibiaplateaus sind unterschiedlich geformt. Das laterale Plateau ist leicht konvex geformt, das mediale ist eher konkav. Die femoralen Kondylen sind sphärisch und exzentrisch geformt. Geht das Knie von der Streckung in die Beugung über, ist die Bewegung anfangs ein Rollen, analog der ovalen vorderen Anteile der Femurkondylen. Bei zunehmender Beugung geht die Bewegung in einen Gleitmechanismus über, analog der eher sphärischen Form der hinteren Anteile. Mit der Veränderung von der Roll- zur Gleitbewegung ändert sich auch die Achse der sagittalen Rotation im Kniege-

lenk. In der horizontalen Ebene betrachtet, kommt es zu einer Bewegung, die als interne Rotation des Femur oder externe Rotation der Tibia interpretiert werden kann, bekannt als "Screw-Home"- Mechanismus. Hervorgerufen wird dieser durch die unterschiedliche Größe der Femurkondylen.

Die Aufgaben des vorderen Kreuzbandes im Bewegungsablauf des Kniegelenks wurden in unterschiedlichen Studien untersucht [12] [13] [32]. Das vordere Kreuzband des Erwachsenen ist durchschnittlich 4 cm lang und 1 cm breit. Es läuft vom lateralen Femurkondylus zu einer Mulde anterior und lateral des "tibial spine". Am Femur setzt es mit circa 2 cm<sup>2</sup> kreisbogenförmig an, tibial passt es sich mit circa 3 cm<sup>2</sup> in die Mulde ein [34].

Bei näherer Betrachtung lassen sich 2 Faserbündel unterscheiden: Ein zarteres anteromediales und ein posterolaterales Bündel. Je nach Beugungsgrad des Kniegelenkes sind die Bündel unterschiedlich beansprucht. Bei der Beugung sind eher die anteromedialen Fasern gespannt, bei der Streckung eher die posterolateralen. So ist die Funktion des vorderen Kreuzbandes als Haftband, das Ober- und Unterschenkel zusammenhält, im gesamten Bewegungsablauf gewährleistet [57]. Ab 20° Beugung nimmt die Spannung des VKBs ab, bei 40° Beugung ist sie am geringsten, bei weiterer Beugung nimmt sie wieder zu. Auch eine interne Rotation des Unterschenkel gegen den Oberschenkel führt zu einer Anspannung des VKBs [12] [13] [32]. Das VKB verhindert auch eine Hyperextension im Kniegelenk.

Der Faserverlauf des VKBs deutet auf zwei Funktionen hin. Durch den Zug vom Femur zur Tibia übt es einen Kraftvektor aus, der die beiden kommunizierenden Knochen in Richtung der Längsachse der Tibia einander annähert. Durch den Faserverlauf von hinten nach vorne verhindert das VKB eine Verschiebung der Tibia gegen den Oberschenkel nach vorne.

Der Winkel des vorderen Kreuzbandes zur Tibialängsachse verändert sich im Laufe der Bewegung des Kniegelenkes. Bei kompletter Streckung beträgt er circa  $45^\circ$ , die Komponente, die Tibia und Femur zusammenhält, ist größer. Bei zunehmender Beugung verringert sich der Winkel, die Komponente, die eine vordere "Schublade" verhindert, wird grösser [25].

Fehlt das VKB im Kniegelenk bzw. ist es insuffizient, kommt es zu einer Mehrbelastung anderer Strukturen. Das mediale und laterale Seitenband übernehmen die Funktionen als Haftbänder, sie nähern Tibia und Femur aneinander an. Als Inhibitor einer vorderen "Schublade" sind sie jedoch ungeeignet, da ihr Kraftvektor senkrecht zur einwirkenden Kraft steht [23]. Die Seitenbänder arbeiten als Haftbänder leider nicht so effektiv wie das VKB. Bei unbelastetem Knie (z.B. angehobenes Bein beim Gehen) sorgt das VKB dafür, dass sich die Gelenkflächen optimal gegenüber stehen. Entfällt diese Funktion, so sind die Gelenkflächen beim Auftreten nicht optimal positioniert, es kommt zum Teil zu erheblichen Scherkräften, welche wiederum die Gelenkflächen schädigen.

Die Menisken dienen als Gleitlager für die Femurkondylen. Sie sind tibial straff befestigt, so dass es kaum zu einer Verschiebung der Menisken gegen die Tibia kommt. Bei Fehlen des VKBs luxieren die Femurkondylen bei Hyperextensionen und vorderer "Schublade" über die Meniskushinterhörner. Als Folge sieht man Schäden wie degenerative Risse der Menisken, die die Stabilität des Kniegelenks weiter beeinträchtigen [26].

Das VKB hat auch propriozeptive Eigenschaften, das heißt, es gibt Informationen über Beugungsgrad und Rotation des Kniegelenks weiter und ermöglicht somit eine optimale Koordination der Muskulatur.

Zusammenfassend lassen sich folgende Funktionen des VKBs feststellen[5]:

1. Das VKB verhindert den Vorschub der Tibia gegenüber dem Femur in Flexion.
2. Das VKB verhindert Hyperextension im Kniegelenk.
3. Das VKB gibt Informationen über die interne axiale Rotation und damit über die Kontrolle des Kniegelenks bei der Rotation.
4. Das VKB dient sekundär zur Verhinderung von Valgus- und Varusbewegungen in allen Gradzahlen der Flexion.
5. Die Spannung des VKBs sorgt für eine Feinabstimmung der Screw-Home Stabilisierung des Kniegelenks beim Erreichen der terminalen Extension.

Das VKB erhält seine arterielle Versorgung aus der mittleren A.genicularis, die aus der A.poplitea abzweigt. Sie tritt durch einen synovialen Schlauch ins obere Drittel des VKBs ein und verzweigt sich dort weiter.

Durch das mediale und laterale Fettpolster ziehen weiter Arterienäste in das Band hinein. Bei einer VKB-Ruptur ist die Blutversorgung des distalen Stumpfes weitestgehend unterbrochen, dies erklärt die Misserfolge bei der primären Naht des VKBs.

O'Donoghue führte Rearthrotomien nach VKB-Ersatz durch und entdeckte, dass die Ersatzplastiken von Gefäßen umgeben waren, die aus dem infrapatellaren Fettpolster und der Synovialis stammten [59]. Es ist also wichtig, beim VKB-Ersatz oben genannte Strukturen zu schonen, um das Risiko einer ischämischen Schädigung des Transplantates zu reduzieren [6].

### 1.3 Inzidenz und Verletzungsmuster der VKB-Ruptur

In den USA ging man für das Jahr 1982 von 100 000 bis 130 000 Knieverletzungen aus, von denen 30 000 bis 50 000 eine operativer Versorgung erforderten. In Deutschland kommt es derzeit zu etwa 80 000 VKB-Verletzungen pro Jahr. Man untersuchte die Verletzungsmechanismen, insbesondere die Verletzungsmuster, die zur VKB-Ruptur führten.

Schon Alwyn Smith [67] beschrieb 1918 die Folgen einer belasteten Rotation für das Kniegelenk. Ellison [27] untersuchte 1977 in Zeitlupenfilmen die Mechanismen von Skiverletzungen und erkannte das “enhancement“, einen mechanischen Ablauf, der die kinetischen Kräfte, die auf das Knie einwirken, potenziert, als verantwortlichen Faktor für schwerwiegende Knieverletzungen. VKB-Verletzungen treten also am belasteten und unbelasteten Bein auf, z.B. als Verdrehung des unbelasteten Beines beim Skifahren oder als plötzliche Richtungswechsel bei Ballspielen im Sinne einer belasteten Rotation. Cahill und Griffith fanden 1973 andere Faktoren, sie stellten fest, dass der Trainingszustand von Fußballspielern die Verletzungshäufigkeit und -schwere beeinflusst [15].

Karlsson et al. stellten 1978 fest, dass als Folge der Glykolyse bei körperlicher Anstrengung auch die Kraft erheblich nachlässt, so dass die Muskulatur einer einwirkenden Kraft nicht mehr genug Widerstand entgegensetzen kann und es häufiger zu Verletzungen kommt. Es wurde auch beobachtet, dass die meisten Skiverletzungen nach 14 Uhr auftraten, also in einer Phase des Leistungstiefs [43]. All diese Studien zeigten auch, dass das VKB vorzugsweise im posterioren superioren Anteil reißt, so dass die Blutversorgung des unteren Stumpfes nicht mehr gewährleistet ist.

Hier soll es vor allem um die Verletzungsmechanismen gehen, die zu einer kompletten VKB-Ruptur führen. Diese Verletzung tritt bei Kontaktsportarten auf, durch Ein-

wirken externer Kräfte (Ski) oder auch ganz ohne äußere Einwirkungen, z.B. beim Laufen. Bei einem Stopp oder einer plötzlichen Wende gibt das Knie nach, auch “giving-way“ genannt. Ein lautes “Ploppen“ ist zu hören oder zu spüren. Üblicherweise entwickelt sich in den folgenden 24 Stunden eine Schwellung und ein blutiger Gelenkerguss als Folge des zerrissenen Kreuzbandes. Im Laufe einer Woche klingen die Symptome wieder ab. Einige Patienten mit VKB-Ruptur üben bereits zwei Wochen nach dem Ereignis ihren ursprünglichen Sport wieder aus. Zwar führt eine VKB-Ruptur immer zu einer anterioren Instabilität, aber der Grad hängt von den Fähigkeiten und dem Trainingszustand der sekundären Stabilisatoren des Kniegelenks ab. Häufig gibt es eine 3- bis 6-monatige Phase relativer Beschwerdefreiheit, auch “honeymoon“ genannt, in der die sekundären Stabilisatoren des Kniegelenkes die Funktionen des VKBs weitestgehend übernehmen. Diese geben jedoch langsam nach und halten den einwirkenden Kräften nicht mehr stand, es kommt zu Schäden an den Seitenbändern und Menisken und immer häufigerem “giving-way“. Eine Arthrose kann die Spätfolge sein [29] [58] [4].

## 1.4 Diagnostik

Die Diagnostik einer VKB-Ruptur kann häufig klinisch und anamnestisch erfolgen. Der Patient beschreibt z.B. ein plötzliches Abbremsen im Laufen, eine Überstreckung im Kniegelenk oder eine Verdrehung. Er berichtet, ein lautes “Plopp“ gehört oder gespürt zu haben, dann folgten heftige Schmerzen, Schwellungen, Erguss und Bewegungseinschränkungen. Bei der Untersuchung ist der Lachmantest hilfreich, also die Untersuchung der Verschieblichkeit der Tibia gegen den Oberschenkel nach vorne in  $15^\circ$  bis  $20^\circ$  Beugung. Er kann auch bei akuter Verletzung sanft durchgeführt werden. Um die Adduktoren und den M.semitendinosus und M.gracilis zu entspannen, sollte das Bein leicht außen rotiert werden. Ein übermäßiger Vorschub und das Fehlen eines harten Anschlags sprechen für eine VKB-Insuffizienz oder -ruptur. Die Untersuchung sollte immer im Vergleich zur Gegenseite durchgeführt werden. Das Vorliegen eines Hämarthros, also eines blutigen Gelenkergusses, bei der Punktion ist ebenfalls ein deutlicher Hinweis auf eine VKB-Ruptur.

Im Röntgenbild ist die VKB-Ruptur üblicherweise nicht zu sehen, es sei denn, es handelt sich um einen knöchernen Ausriss. In der Kernspintomographie oder im MRT ist ein Fehlen des VKBs bzw eine Kontinuitätsunterbrechung darzustellen [2]. Die Arthroskopie ist eine weitere Möglichkeit, eine Ruptur festzustellen, und erlaubt gleichzeitig, häufige Begleitverletzungen wie Meniskus- oder Knorpelschäden zu behandeln.

## 1.5 Indikationen für den VKB-Ersatz

Viele Faktoren spielen eine Rolle bei der Entscheidung, einem Patienten zur VKB-Plastik zu raten oder nicht. Es handelt sich um eine Ermessensentscheidung. Der Patient sollte sorgfältig darüber aufgeklärt werden, dass es sich bei einer Ruptur des VKBs um eine schwerwiegende Verletzung des Kniegelenkes handelt, die zu erneuten Verletzungen und Instabilität bis hin zur vorzeitigen Arthrose führen kann. Die sportlichen Ziele des Patienten sollten in Betracht gezogen werden. Begleitverletzungen sollten ebenfalls mit in die Behandlung einbezogen werden, auch wenn das instabile Kniegelenk primär konservativ behandelt wird. Eine absolute Indikation für den VKB-Ersatz sind Probleme mit dem Knie im Alltag. Eine relative Indikation sind Probleme beim Sport bzw. der Wunsch des Patienten, wieder Stop-and-Go-Sportarten auszuüben.

## 1.6 Komplikationen in der VKB-Chirurgie

Es ist selbstverständlich, dass jeder Eingriff auch Komplikationen nach sich ziehen kann. Deshalb sollte man sich immer wieder mit den Indikationen für eine Operation, mit der Anatomie, Funktion und Physiologie des Bereiches, an dem wir arbeiten, befassen. Die Indikation für einen VKB-Ersatz ist eine anterolaterale Rotationsinstabilität und funktionelle Beeinträchtigung. Es gibt mehrere ernstzunehmende Komplikationen nach VKB-Ersatz, vor allem Infektionen, Ankylose, Arthrofibrose, Probleme an der Entnahmestelle (donor-site-morbidity), mediale Patellasubluxationen und die Patella baja [1].

Eine Ankylose ist eine häufige Komplikation nach VKB-Ersatz. Die intraartikuläre Fibrose entsteht häufig durch eine suboptimale Fixierung des Ersatzbandes im Bereich der Notch oder durch sekundäres Überwuchern des Ersatzbandes. Die unkor-

rekte Positionierung des Bandes kann bereits intraoperativ festgestellt werden, da eine Streckhemmung besteht, wenn das Ersatzband nicht achsgerecht oder zu kurz ist.

Wenn das Knie nicht bis mindestens  $10^\circ$  -  $20^\circ$  gestreckt werden kann, sollte die Ausrichtung oder Länge direkt geändert werden. Das Überwuchern des Ersatzbandes geschieht in der initialen Heilungsphase. Eine Proliferation von fibrösem Gewebe füllt die Notch aus und führt zu einem mechanischen Hindernis im Bereich der Verzäpfung/Ansatzstelle. Weiterhin gibt es Fibrosierungen zwischen der Notch und dem Fettpolster der Patellasehne oder zu der Sehne selbst. Dies führt quasi zu einer Tenodesis des Streckapparates, so dass der M.quadriceps keine Kniestreckung mehr bewirken kann.

Eine Fibrose kann sofort oder bis zu 2 Jahren nach einem Eingriff entstehen. Eine solche späte Fibrose tritt meistens als Reaktion auf zunehmende Belastung, z.B. durch sportliche Aktivitäten, auf. Es ist also möglich, dass in den ersten 1-2 Jahren eine gute Funktion ohne Bewegungseinschränkung besteht und sich erst dann eine Fibrose mit Bewegungseinschränkung und Steifheit nach Belastung entwickelt. Eine sekundäre Fibrose entsteht häufig im Bereich des Recessus suprapatellaris und zwar durch zunehmende Kraft der Extensoren ohne normale Beweglichkeit derselben. Zeigt sich eine solche Fibrose, ist eine komplette Synovektomie indiziert, um den Extensionsapparat von seiner narbigen knöchernen Fixation zu befreien. In der postoperativen Phase beginnt man am 3. Tag mit Streck- und Beugeübungen, bis mindestens  $90^\circ$  Beugung erreicht werden und ein Streckdefizit von maximal  $10^\circ$  bleibt. Ist dieses Ziel innerhalb von 10 Tagen nicht zu erreichen, sollte ggf. eine Mobilisation in Narkose durchgeführt werden. Eine intensive KG zur Steigerung der Beweglichkeit muss folgen. Leider wird eine volle Beweglichkeit häufig nicht wieder erreicht.

Sollten nach dem Lösen von Fibrosierungen wieder Instabilitäten auftreten, so sollte man diese zunächst ignorieren, da Mobilität und Stabilität manchmal nicht vereinbar sind.

Wird zur Rekonstruktion des VKBs die Patellar-Sehne genutzt, kann es nachfolgend zu medialer oder lateraler Patellasubluxation oder anderen Dysfunktionen des Streckapparates kommen. Diese Komplikationen entstehen durch unsachgemäße Sehnenentnahme, allzu weitreichende Weichteilverletzungen oder mangelhafte Nachsorge [38]. Auch eine Patella-Fraktur kann als Komplikation auftreten, wenn der patellare Knochenblock unsachgemäß entnommen wird.

In den ersten Jahren des Ersatzes des VKBs mit der Patellar-Sehne verschloss man den Defekt im medialen Bereich der Sehne mit einer Naht. Hierdurch kam es häufig zu narbigen Kontrakturen, die zur Patella baja, d.h. zum Patellatiefstand, führten. Nachfolgend kam es dann zur Femoropatellararthrose mit Bewegungseinschränkung, deshalb wird das Paratenon heute meistens nicht mehr verschlossen.

Eine Komplikation nach VKB-Plastik mit Semitendinosus-Gracilis-Sehne ist eine Irritation oder Schädigung des benachbart verlaufenden N.saphenus mit Parästhesien oder Taubheitsgefühl im Bereich des Unterschenkels bis zum Mall.medialis.

Ein Versagen des Transplantates ist möglich, wenn es zu schwach ist, nicht isometrisch eingesetzt oder die Fixation unzureichend war. Eine falsch gewählte Vorspannung kann zu Rupturen oder Insuffizienz des Transplantates führen.

## 1.7 Rahmenbedingungen

Die Untersuchungen wurden an einer Tagesklinik durchgeführt, die seit etwa 10 Jahren ambulant einen Ersatz des vorderen Kreuzbandes des Kniegelenkes durchführt. Beide Standardmethoden sind dort etabliert. Die OPs wurden von 2 Orthopäden einer Gemeinschaftspraxis ausgeführt. OP-Räumlichkeiten, Assistenzpersonal und Instrumentarium waren identisch, die Operateure wendeten bei beiden Methoden gleiche Techniken an.

### 1.7.1 Patienten

An der Studie nahmen sämtliche Patienten der Tagesklinik teil, die im Untersuchungszeitraum dort einen Ersatz des vorderen Kreuzbandes erhielten.

Einschlusskriterien waren:

- Volljährigkeit
- Einverständnis des Patienten zur Teilnahme

Patienten, die am verletzten Bein bereits einen VKB-Ersatz bekommen hatten, wurden ausgeschlossen, ebenso Patienten mit einer Arthrose. Von den ursprünglich 110 Patienten konnten von 98 Patienten alle erforderlichen Daten erhoben werden. Ein Patient verstarb im Untersuchungszeitraum, 5 Patienten waren zum Studium ins Ausland gegangen. Sechs weitere waren nicht erreichbar oder ihre Daten konnten aufgrund einer erneuten Operation nicht verwertet werden. Das Alter der Patienten betrug in der Patella-Gruppe 30,39 Jahre (Standardabweichung (s) 8,18), in der Semitendinosus-Gracilis-Gruppe 30,55 Jahre (s 8,92).

Die Patienten wurden randomisiert nach einer der beiden Methoden operiert, die

Verteilung erfolgte unabhängig vom Operateur. Die Dauer der Operation betrug in der Patella-Gruppe 45,50 Minuten (s 7,01) und in der Semitendinosus-Gracilis-Gruppe 53,06 Minuten (s 6,24). Die Patienten bekamen ein identisches Nachbehandlungsschema, das später angefügt wird. Die Dauer der Arbeitsunfähigkeit betrug in der Patella-Gruppe 6,88 Wochen (s 2,77) und in der Semitendinosus-Gracilis-Gruppe 7,04 Wochen (s 2,49). Bezüglich der oben genannten Daten wiesen beide Gruppen keine signifikanten Unterschiede auf.

Für die Datenerfassung wurde jeder Patient fünfmal untersucht:

- Präoperativ
- in der 6. postoperativen Woche
- in der 12. postoperativen Woche
- 6 Monate postoperativ
- 12 Monate postoperativ

Die Untersuchungen wurden durch standardisierte Fragebögen, Vermessung mit einem KT-1000-Gerät und manuelle Untersuchung durchgeführt.

Bei jeder Untersuchung wurden erhoben:

- Beweglichkeit im Kniegelenk
- KT-1000-Score zur Erfassung der vorderen Schublade
- Tegner-Activity-Score

### 1.7.2 Untersuchungen

Für die Erhebung, Auswertung und Beurteilung der Daten wurde neben der körperlichen Untersuchung die Tegner-Aktivitätsskala [69] benutzt. Dazu kommen außerdem noch die Daten, die mit dem KT-1000-Arthrometer [24] dokumentiert wurden.

Tegner und Lysholm stellten 1984 die Tegner-Aktivitätsskala vor, die mit der Beurteilung der Aktivität in Form von Arbeit und Sport die bis dahin verwendeten Scores komplettieren sollte.

Das Arthrometer KT-1000 von MEDmetric wurde entwickelt, um objektive Messungen in den Bewegungen der Tibia relativ zum Femur in der sagittalen Ebene zu ermöglichen. Dies tritt immer dann auf, wenn der Untersucher Kraft auf den Unterschenkel appliziert oder wenn die Quadrizeps-Muskulatur angespannt wird. Auf die detaillierte Beschreibung der notwendigen Vorbereitungen und der Durchführung wird an dieser Stelle verzichtet, sie werden später dargestellt. Für die Auswertung ist es unbedingt notwendig, folgende Daten zu gewinnen, wobei der Test am vermeintlich gesunden sowie am verletzten Bein durchgeführt wird: Am aussagekräftigsten sind die Daten, die bei maximalem manuellen Vorschub sowie bei aktivem Vorschub (also Anspannung der Quadrizeps-Muskulatur) gewonnen werden, zusätzlich kann der tibiale Vorschub bei Applikation von 15, 20 und 30 pounds (1 pound = 453,6 g) gemessen werden. Für die Auswertung wird die Differenz gebildet zwischen den Werten des verletzten und des gesunden Beines.

## 1.8 Methoden

Die Operationen erfolgten immer in Intubationsnarkose. Intraoperativ bekamen alle Patienten 100 mg Tramadol zur Analgesie, postoperativ wurde 1,5-2,5 g Metamizol gegeben. Bei beiden Methoden wurde zur postoperativen Analgesie eine Blockade des N.Femoralis mit 20 ml Bupivacain 0,25% durchgeführt, hierdurch waren die Patienten für 6-18 Stunden weitestgehend schmerzfrei. Für die Schmerztherapie zu Hause rezeptierten wir Tramal long 100 mg. Eine gesonderte Befragung zur Schmerzintensität in der ersten Woche wurde bei einem Teil der Patienten durchgeführt. Die Auswertung der Schmerzfragebögen ergab leichte bis max. mittelstarke Schmerzen in der ersten Woche, die sich jedoch durch die rezeptierten Medikamente und physikalische Maßnahmen (Eisbeutel) gut behandeln ließen.

Für die Nachbehandlung bekamen alle Patienten das gleiche Schema.

Ab dem 1. postoperativen Tag konnte das Bein mit 5-10 kg teilbelastet werden, beim Gehen durfte der Fuß abgerollt werden, Quadrizepsanspannung sollte exerziert werden.

Ab dem 2. Tag isometrische Übungen für die gesamte Oberschenkelmuskulatur, evt. Motorschiene.

Ab dem 10.Tag Beugetraining, isometrisch oder dynamisch-konzentrisch, bis 90°. Die weitere Streckung passiv, danach jeweils 10 min Eisbehandlung. Gegebenenfalls kam eine Elektrotherapie für Beuger und Strecker zur Anwendung. Die Belastung durfte bis zur Hälfte des Körpergewichtes gesteigert werden. Sobald die Wundbehandlung abgeschlossen war, durfte Aquatraining durchgeführt werden.

Ab der 4. Woche konnten die Patienten zur Vollbelastung übergehen, die Beugung wurde gesteigert, im Bewegungsbad war Crawlschwimmen erlaubt, und die Fahrradergometrie ohne Trittbelastung sollte durchgeführt werden.

Ab der 7.Woche sollte die Vollbelastung erreicht sein, beim Fahrradfahren wurde

die Trittbelastung gesteigert, auf dem Laufband wurde das Gehen mit Steigung und Gefälle geübt, die Patienten wurden langsam zum Joggen geführt. Die Streckung wurde isokinetisch passiv/aktiv bis  $20^{\circ}/30^{\circ}$  Extension gesteigert.

Ab der 12. Woche Dauerlauf, medizinische Trainingstherapie mit Beinstreckern bis  $20^{\circ}$  Extension und reaktives Stabilisationstraining.

Ab dem 6. Monat waren Ballspiele, allerdings kein Wettkampf, und Kampfsportarten mit Tragen einer Schiene erlaubt. Beim Training mit Beinstreckern jetzt Übungen bis  $0^{\circ}$  Extension.

Ab dem 12. Monat dürfen Ballspiele auch wieder als Wettkampf ausgeübt werden, alpines Skifahren ist wieder gestattet.

### 1.8.1 VKB-Ersatz mit Patellar-Sehne (BTB-Ersatz)

Zunächst wird immer eine Arthroskopie des Kniegelenkes durchgeführt, um eine VKB-Ruptur sicher zu diagnostizieren. Bei gesicherter Ruptur wird das Ligamentum patellae durch einen ca. 7 cm langen Hautschnitt vom unteren Patellapol bis zur Tuberositas tibiae freigelegt. Das Paratenon wird gespalten und ein 0,7-1 cm breiter Streifen der Sehne markiert. Die beiden Knochenblöcke aus dem distalen Patellapol (1,5 x 0,7 cm, maximaler Durchmesser 1 cm) und der Tuberositas tibiae (1,5 x 0,7 cm, maximaler Durchmesser 0,9 cm) werden ebenfalls markiert und mit Hilfe einer oszillierenden Knochensäge entnommen. Vor der endgültigen Entnahme des Implantats werden im Bereich der Knochenblöcke Haltefäden durch Bohrlöcher (2,4 mm) angesetzt. An einem zweiten Arbeitsplatz erfolgt mit Hilfe einer Schablone das Trimmen der Knochenblöcke auf den angestrebten Durchmesser von 1,0 bzw. 0,9 cm. Das Implantat wird von Resten des Hoffa-Fettkörpers gesäubert und gemessen. Der Sehndefekt wird nicht verschlossen. Es wird 2 cm medial der Tuberositas tibiae bis auf das Periost präpariert.

Arthroskopisch werden störende Reste des rupturierten Kreuzbandes entfernt und die Fossa intercondylaris wird mit Hilfe eines Shavers erweitert (Notchplastik). Bei mindestens 90° gebeugtem Knie bringt man einen 2,4 mm starken Kirschnerdraht von der zuvor präparierten Stelle bis zum distalen Kreuzbandstumpf vor. Unter Erhaltung des Kreuzbandstumpfes wird der Kanal mit kanülierten Bohrern bis auf einen Durchmesser von 1 cm aufgebohrt. Durch den Kanal bringt man, unter arthroskopischer Kontrolle, ein kanüliertes Zielgerät ins Kniegelenk ein. Es wird bei 100° Beugung hinter dem lateralen Femurkondylus verankert. Ein mit einer distalen Öse versehener Kirschnerdraht wird transfemoral bis durch die Haut vorgeschossen. Der proximale Bohrkanal wird über den Kirschnerdraht bis zu einem Durchmesser von 0,9 cm aufgebohrt, der Tiefe des entnommenen Knochenblocks entsprechend.

Die Gesamtlänge des Bohrkanals soll nun der Länge des Implantats entsprechen. Der Haltefaden des proximalen Knochenblocks wird durch die Öse des Kirschnerdrahts gezogen und der Draht wird unter Mitnahme des Haltefadens durch die Haut entfernt. Der proximale Knochenblock wird mit Hilfe des Haltefadens unter arthroskopischer Sicht in das Bohrloch gezogen. Parallel zum proximalen Knochenblock wird eine Interferenzschraube (7-10 mm Durchmesser; 2,0-2,9 cm Länge) unter Sicht verschraubt. Bei 15° Beugung wird nun der distale Knochenblock unter manueller Anspannung über den Haltefaden ebenfalls mit einer Interferenzschraube fixiert. Das Kniegelenk wird unter Sichtkontrolle durchbewegt, die Stabilität wird kontrolliert. Das Arthroskop wird nach Einlegen einer intraartikulären Redondrainage entfernt. Nach Einlegen einer subkutanen Redondrainage wird die Wunde schichtweise verschlossen, es folgt ein steriler Verband, Thrombosestrumpf und Druckverband mit elastischer Binde. Das Bein wird anschließend mit einer Knierolle gelagert. Die Schrauben verbleiben in situ, da sie üblicherweise keine Probleme verursachen.

### 1.8.2 VKB-Ersatz mit Semitendinosus-Gracilis-Sehne

Es wird natürlich auch bei dieser Methode zunächst eine Arthroskopie des Kniegelenkes durchgeführt. Bei gesicherter Ruptur werden über einen ca. 3 cm langen Hautschnitt in Höhe der Tuberositas tibiae medial halbschräg im Verlauf des Pes anserinus die Semitendinosus- und Gracilissehnen dargestellt. Sie werden nach sorgfältiger Präparation und Isolierung der Sehnen voneinander mit Hilfe einer PM-Klemme angeklemt. Etwa die ersten 10 cm werden stumpf mobilisiert, dann erfolgt unter Zuhilfenahme eines 5 bzw. 7 mm breiten Sehnenstrippers (geschlossen oder offen) das Strippen der Sehnen als ganzes. Die Faszientasche wird wieder verschlossen. Die Sehnen werden anschließend präpariert und von Muskelanteilen befreit. Über einen Einziehfadern werden beide Sehnen mittig gedoppelt, so dass sich ein 4-facher Sehnenstrang ergibt. Arthroskopisch wird dann mit Hilfe eines tibialen Zielgerätes ein tibialer Bohrkanal von 7-9 mm Durchmesser angelegt. Zur Anlage des proximalen Bohrkanals wird der laterale Notchbereich von Bandresten gesäubert und die Notch mit einem Shaver soweit verbreitert, dass es im Bereich der späteren Bandplastik nicht zu einem Impingement kommen kann. Unter Zuhilfenahme eines Zielgerätes mit der entsprechenden Unterstellung wird der femorale Bohrkanal ca 2,5 cm tief eingebohrt und gründlich von Weichteilresten gesäubert. Das Transplantat wird mit einem Führungsdraht in den Bohrkanal eingezogen. Parallel zum Transplantat wird in den femoralen Bohrkanal ein Spongiosazyylinder von 6 mm Stärke eingestößelt, der zuvor mittels einer Stanze beim Anlegen des tibialen Bohrkanals gewonnen wurde. Parallel zum Spongiosazyylinder wird eine 8 mm starke resorbierbare Interferenzschraube eingebracht, um das Transplantat fest zu verankern. Das Band wird nochmals in Streckstellung inspiziert, um sicherzustellen, dass es zu keinem Impingement im Bereich der Notch kommt. Das Arthroskop wird nach Einlegen einer Drainage entfernt. Für die distale Verankerung wird ein weiterer Spongiosazyylinder in den tibialen Bohrkanal eingestößelt. In Lachmannposition wird das Band mit Hilfe einer

Kocherklemme angespannt, und es wird eine 9 mm starke resorbierbare Interferenzschraube eingebracht, die das Transplantat mit starkem Anpressdruck sicher fixiert. Die Wunden werden nach Einbringen einer weiteren Drainage im Bereich der Transplantatentnahmestelle schichtweise verschlossen und steril verbunden. Nach Anlegen des Kompressionsstrumpfes erfolgt ein weiterer Kompressionsverband.

## **2 Ergebnisse**

### **2.1 Begleitverletzungen**

Durch die intraoperative Arthroskopie wurden Begleitverletzungen genauestens erhoben und dokumentiert. Es wurden auch Voroperationen, Vorerkrankungen und andere Verletzungen des Bewegungsapparates erhoben, sie führten aber nicht zum Ausschluss der Patienten aus der Studie

In der Semitendinosus-Gracilis-Gruppe zeigten im Untersuchungszeitraum fünf PatientInnen ein nicht zufriedenstellendes Ergebnis und wurden rearthroskopiert. Bei allen fünf zeigte sich eine Meniskusläsion (Basisablösungen, Radiärriss, Korbhenkel) und/oder dritt- bis viertgradige Knorpelschäden.

In der Patella-Gruppe waren es neun PatientInnen mit einem nicht zufriedenstellenden Ergebnis. In der Rearthroskopie zeigten sich erhebliche Läsionen an den Menisken und Knorpelschäden. Zwei Patienten mussten aufgrund einer Zyklops-Bildung bzw. zur Adhäsiolyse operativ revidiert werden, so dass sie sich auch nach zwölf Monaten noch im Rehabilitationsprozess befanden.

### **2.2 Komplikationen**

Glücklicherweise gab es nur wenige ernstzunehmende Komplikationen. In der Patella-Gruppe mussten zwei Patienten erneut operiert werden (s.o.). Ein Patient in dieser Gruppe erlitt drei Monate postoperativ beim Sprung in ein Schwimmbecken eine Patella-Fraktur, die ebenfalls operativ versorgt werden musste. In der Semitendinosus-Gracilis-Gruppe kam es bei (unerlaubtem!) Wettkampfsport nach fünf Monaten zu einer Ruptur des Ersatzbandes. Infektionen traten in beiden Gruppen auf. Jeweils

ein Patient jeder Gruppe musste postoperativ stationär aufgenommen und antibiotisch behandelt werden. Außerdem gab es in beiden Gruppen jeweils einen Patienten, bei dem sich die Wunde oberflächlich infizierte. In der Patella-Gruppe erlitt ein Patient trotz angeblich korrekt durchgeführter Thromboseprophylaxe eine tiefe Beinvenenthrombose und musste macumarisiert werden.

### **2.3 Beweglichkeit**

Bei vier Patienten blieb auch 12 Monate nach der Operation eine Bewegungseinschränkung bestehen. Grund hierfür war bei den Patienten der Patella-Gruppe eine Zyklops-Bildung bzw. eine beginnende Arthrose. Ein Patient konnte das Kniegelenk nach 12 Monaten nur bis zu einem Winkel von  $100^\circ$  beugen. In der Semitendinosus-Gracilis-Gruppe stellten wir bei einem Patienten ein Streck- und Beugedefizit von  $8^\circ$  bzw.  $15^\circ$  fest. Intraoperativ hatten sich bei ihm erhebliche Verletzungen beider Menisken gezeigt.

### **2.4 Bandinstabilitäten**

In der Patella-Gruppe wiesen drei Patienten eine Instabilität der medialen Seitenbänder auf. Alle drei hatten subjektiv Beschwerden. Ein weiterer Patient hatte eine Ruptur des Lig. fibulopoplitea, war aber subjektiv beschwerdefrei. In der Semitendinosus-Gracilis-Gruppe hatte ein Patient Beschwerden mit der Instabilität seines medialen Seitenbandes, zwei Patienten hatten eine symptomatische Instabilität im Bereich der lateralen Seitenbänder. Ein Patient erlitt 8 Monate postoperativ eine Teilruptur der Achilles-Sehne.

## **2.5 Schmerzen**

In der Patella-Gruppe hatten sieben Patienten auch nach einem Jahr noch Schmerzen beim Knien. In der Semitendinosus-Gracilis-Gruppe gaben noch vier Patienten Schmerzen an, ebenfalls beim Knien.

## **2.6 Parästhesien**

In beiden Gruppen gab es Parästhesien im Bereich der Narbe durch Verletzung von Hautnerven. In Abhängigkeit von der Lokalisation der Narbe (verschiedene Entnahmestellen) kam es zu typischen Beschwerden. In der Patella-Gruppe gaben nach 12 Monaten noch sieben Patienten Parästhesien im Bereich der lateralen Patella an. Ausgeprägter waren diese Gefühlsstörungen aber in der Semitendinosus-Gracilis-Gruppe, 14 Patienten klagten bei der Abschlussuntersuchung noch über Gefühlsstörungen im Bereich des Unterschenkels, teilweise bis zum Mall.medialis.

## **2.7 Auswertung KT-1000**

Die Daten, die mit Hilfe des Arthrometer KT-1000 (MEDmetric®, Knee Ligament ARTHROMETER®, Model KT-1000 TM) erhoben wurden, unterscheiden sich erheblich von den Werten der anderen Scores, da sie nämlich einzig und allein auf objektiven Erhebungen beruhen.

Damit die Ergebnisse reproduzierbar sind, kommt es auf eine sorgfältige Vorbereitung des Patienten sowie eine exakte Durchführung der Untersuchung an. Mit dem Arthrometer KT-1000 lässt sich durch das Anziehen des Handgriffs die sog. vordere "Schublade", also der tibiale Vorschub in Millimeter am Gerät ablesen. Für die

Durchführung der Untersuchung liegt der Patient entspannt auf dem Rücken, die Hände befinden sich an der Seite des Körpers. Die Vorrichtung zur Unterstützung des Oberschenkels wird proximal des Kniegelenkspalts platziert und wird so in der Höhe adaptiert, dass sich das Knie in einer Flexion von  $20^{\circ}$  -  $35^{\circ}$  befindet. Es muss darauf geachtet werden, dass ein Flexionswinkel gewählt wird, der die Patella bestmöglich in der femoralen Trochlea stabilisiert. So werden Fehlablesungen bedingt durch eine erhöhte Beweglichkeit der Patella vermieden.

Als nächster Schritt wird die Vorrichtung zur Unterstützung der Füße so platziert, dass sich die Malleoli laterales gerade proximal des oberen Endes befinden. So kann der Tendenz der Außenrotation des Beines entgegengewirkt werden.

Beim Positionieren des Arthrometer KT-1000 ist darauf zu achten, dass sich die Markierung für den Kniegelenkspalt am Gerät auch tatsächlich in Höhe des Gelenkspaltes befindet. Das Arthrometer KT-1000 wird zuerst distal, dann proximal am Unterschenkel befestigt. Danach wird es so justiert, dass die Unterstützungsschienen für die Patella und die Tibia annähernd parallel zueinander verlaufen. Mit einer Hand wird während der Messvorgänge der Oberschenkel und das "patella reference pad" stabilisiert und fixiert. Bevor mit den eigentlichen Messungen begonnen werden kann, muss die Drehscheibe auf 0 eingestellt werden. Mit der nun anschliessenden Untersuchung werden Daten auf drei verschiedene Arten erhoben.

1. Passive Displacement Test: Der tibiale Vorschub wird bei 15 und 20 pounds (1 pound = 453,6 g) gemessen. Bei großen bzw. muskulösen Menschen wird auch die Messung des tibialen Vorschubs bei einer Kraft von 30 pounds empfohlen, da dieser Messwert wesentlich sensitiver ist. Das Arthrometer KT-1000 signalisiert durch Töne in 3 verschiedenen Tonlagen, welche Kraft gerade auf das Bein einwirkt. Die Werte werden an der Skala entsprechend abgelesen und notiert.

2. Active Displacement Test: Der Patient wird aufgefordert, die Quadrizeps-Muskulatur gerade so anzuspannen, dass sich der Fuß von der Unterlage hebt. Bei diesem Vorgang bewirkt die angespannte Quadrizeps-Muskulatur über die Patellarsehne einen Vorschub der Tibia. Das vordere Kreuzband wirkt diesem Vorschub der Tibia normalerweise entgegen. Bei Verletzungen des vorderen Kreuzbandes fällt der aktive Tibia-Vorschub dementsprechend stärker aus. Auch dieser Wert wird am Gerät abgelesen und notiert.
3. Manual Maximum Displacement Test: Bei dieser Untersuchung übt der Untersucher eine direkte Kraft auf den proximalen Unterschenkel des Patienten aus und provoziert einen maximalen tibialen Vorschub. Dieser Test liefert die sensitivsten Ergebnisse.

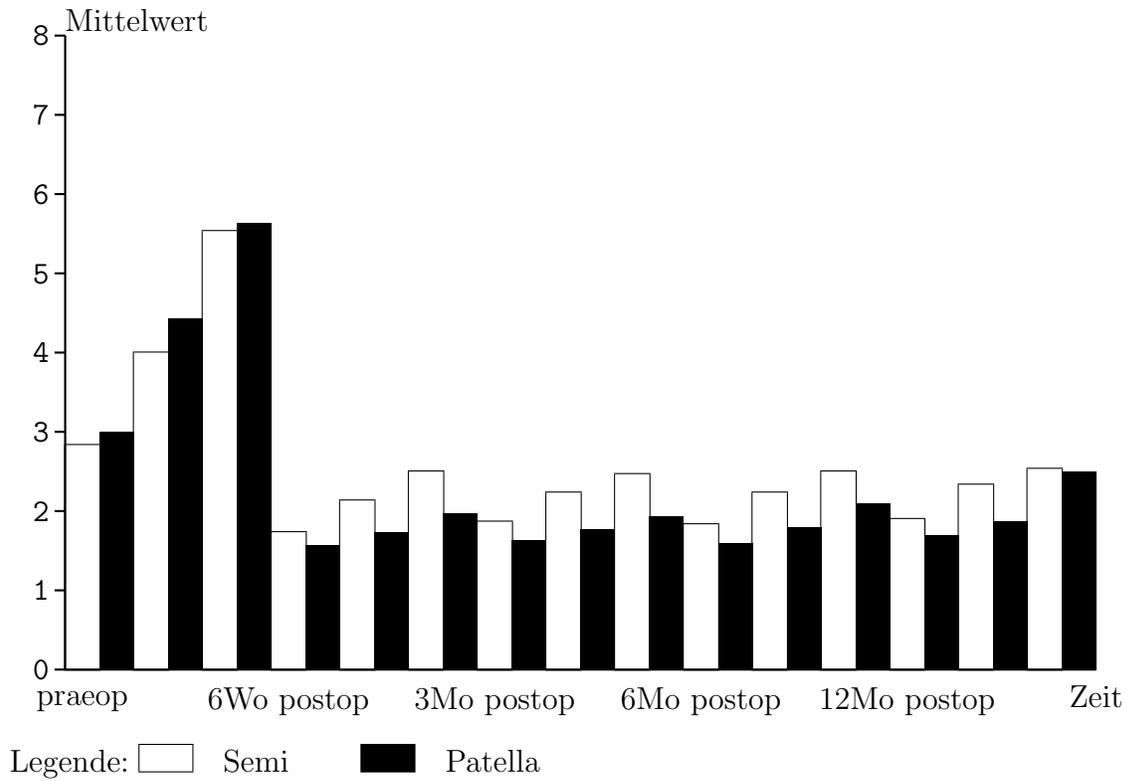
Diese Untersuchungen werden nacheinander an beiden Beinen durchgeführt, wobei an der nicht betroffenen Seite begonnen wird. Unterscheiden sich die Messwerte beider Beine um mehr als 3 mm, ist dies als Hinweis auf eine Verletzung des vorderen Kreuzbandes zu werten. Bei der Diskussion über die Ergebnisse dieser Untersuchung müssen einige Besonderheiten berücksichtigt werden. Da die Patienten zu einem Zeitpunkt vor Eintritt der Verletzung in der Regel nicht untersucht werden konnten, liegen demzufolge auch keine Ergebnisse vor, die als Ausgangswerte definiert werden können.

Im Gegensatz zur TAS konnte hier also kein Vergleich gezogen und auch keine Aussagen darüber getroffen werden, ob die Patienten bezogen auf die Arthrometer KT-1000-Werte wieder den Ausgangszustand ihres Kniegelenks erreicht haben. Nachfolgend werden die Gesamtergebnisse beider Gruppen dargelegt:

Messergebnisse des KT-1000 im Untersuchungszeitraum, tabellarisch

	aktiver Vorschub	Vorschub 30 Pfund	Max. Vorschub
Semi praeop	2,85	4,00	5,55
Patella praeop	3,00	4,45	5,66
Semi 6Wo postop	1,76	2,16	2,50
Patella 6Wo postop	1,59	1,74	1,97
Semi 3Mo postop	1,87	2,26	2,47
Patella 3Mo postop	1,64	1,79	1,94
Semi 6Mo postop	1,85	2,25	2,53
Patella 6Mo postop	1,63	1,83	2,11
Semi 12Mo postop	1,91	2,34	2,55
Patella 12Mo postop	1,73	1,90	2,20

# Messergebnisse des KT-1000 im Untersuchungszeitraum, graphisch



Dargestellt sind hier jeweils die Differenzen zwischen dem verletzten und gesunden Bein. Eine Differenz von mehr als 3 mm wird als Hinweis auf eine Verletzung im Bereich des Vorderen Kreuzbandes gewertet.

Zu den Ergebnissen lassen sich folgende Aussagen treffen: Zu keinem Zeitpunkt bestehen signifikante Unterschiede zwischen den Werten der Patella- und der Semitendinosus-Gracilis-Gruppe ( $p > 0,05$ ). Bezüglich der Stabilität des VKB-Ersatzes liefern beide Operationsmethoden in den ersten 12 Monaten gleiche Ergebnisse.

Die Werte, die präoperativ erhoben wurden (allerdings nicht in Narkose), liegen in dem Bereich, der als pathologisch gilt. Die einzige Ausnahme stellt die Semitendinosus-Gracilis-Gruppe mit den Werten dar, die bei aktivem Vorschub gemessen werden.

Diese Ergebnisse bei der präoperativen Untersuchung waren zu erwarten. Die objektiv durch das Arthrometer KT-1000 gemessenen Werte bestätigen das von den Patienten geschilderte Gefühl der Instabilität.

Bei den Untersuchungen nach der Operation geben die Durchschnittswerte beider Gruppen keine Hinweise auf eine Instabilität bedingt durch eine Insuffizienz des Transplantates.

## 2.8 Auswertung Tegner-Activity-Score

Fragebogen zur Erhebung des Tegner-Activity-Score:

**10. Competitive sports**

Soccer - national and international elite

**9. Competitive sports**

Soccer - lower divisions, Ice hockey, Wrestling, Gymnastics

**8. Competitive sports**

Bandy, Squash or badminton, Athletics (Jumping, etc.), downhill skiing

**7. Competitive sports**

Tennis, Athletics (running), Motorcross, Speedway, Handball, Basketball

**Recreational sports**

Soccer, Bandy and ice hockey, Squash, Athletics (jumping),  
Cross-country track finding both recreational and competitive

**6. Recreational sports**

Tennis and badminton, Handball, Basketball, downhill skiing, Jogging,  
at least 5 times a week

**5. Work**

Heavy labor (e.g. building, forestry)

**Competitive sports**

Cycling, cross-country skiing

**Recreational sports**

Jogging on uneven ground at least twice weekly

**4. Work**

Moderately heavy labor (e.g. truck driving, domestic work)

**Recreational sports**

Cycling, cross-country skiing, Jogging on uneven ground at least twice weekly

**3. Work**

Light labor (e.g. nursing)

**Competitive and recreational sports**

Swimming

**Walking in forest possible**

**2. Work**

Light labor

**Walking on uneven ground possible but impossible to walk in forest**

**1. Work**

Sedentary work

**Walking on even ground possible**

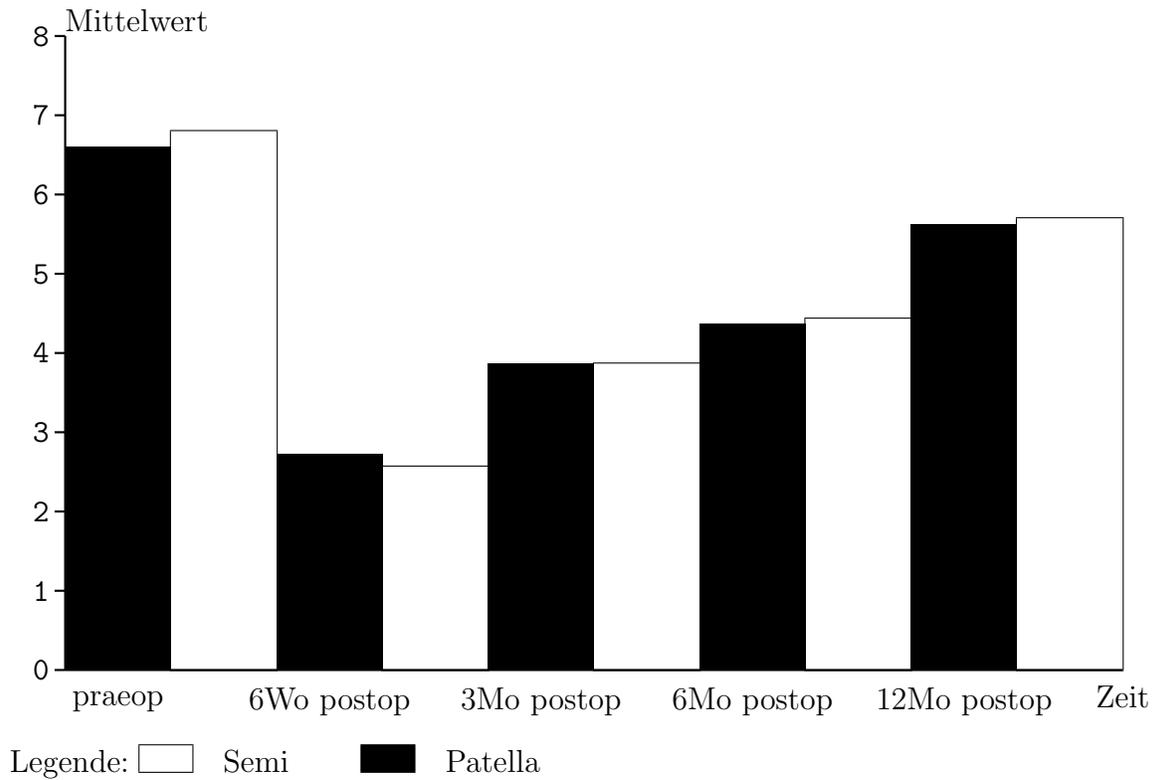
**0. Sick leave or disability pension because of knee problems**

Bei jeder Nachuntersuchung wurde auch der Tegner-Activity-Score (TAS) abgefragt. Dieser befasst sich ausschließlich mit den sportlichen Fähigkeiten der Patienten. Anhand der erreichten Werte bei der TAS lassen sich Aussagen über die Belastbarkeit des Kniegelenkes treffen, vorausgesetzt, alle anderen Faktoren bleiben konstant. Mit dieser Skala lässt sich das Operationsziel, die ursprüngliche Belastbarkeit wiederherzustellen, gut erfragen. Bei der präoperativen Erhebung der Daten wurden die Patienten nach ihrem Aktivitätsniveau vor der Verletzung befragt. Nur so sind Aussagen darüber möglich, ob die Patienten ihr Aktivitätsniveau, das vor der Verletzung bestand, nach Operation und Nachbehandlung wieder erreichen. Im Folgenden werden die Daten zum jeweiligen Untersuchungszeitpunkt dargestellt.

**Verlauf Tegner-Activity-Score, tabellarisch**

	Semi-Gracilis-Sehne	Patellar-Sehne
praeop	6,26	6,80
6Wo postop	2,74	2,75
3Mo postop	3,87	3,89
6Mo postop	4,38	4,445
12Mo postop	5,64	5,73

## Verlauf Tegner-Activity-Score, graphisch



Die TAS veranschaulicht in der Graphik den Verlauf nach der Operation und zeigt die deutliche Steigerung der sportlichen Belastbarkeit im Laufe der Nachuntersuchung. Das ursprüngliche Niveau wird auch nach einem Jahr nicht ganz erreicht, d.h. die Patienten haben es im Durchschnitt nicht ganz geschafft, ihre ursprüngliche Sportart mit gleicher Intensität wieder auszuüben.

### 3 Diskussion

In Anbetracht der steigenden Zahl der Knieverletzungen mit VKB-Ruptur, derzeit etwa 80 000 pro Jahr in Deutschland, ist es sinnvoll, sich die unterschiedlichen Techniken des VKB-Ersatzes genauer anzuschauen.

Es gibt bereits mehrere Studien zu diesem Thema mit unterschiedlichen Ergebnissen [44] [66] [10]. Die Studie von Corry et al. von 1999 zeigte bezüglich der KT-1000-Ergebnisse, dass es vor allem bei Frauen mit Semitendinosus-Gracilis-Sehnenersatz ein Fortbestehen der Instabilität gibt, d.h. bei manuellem Vorschub betrug die Strecke mehr als 3 mm [20]. In meiner Studie konnten diese Zahlen nicht bestätigt werden. Einige der Autoren der oben genannten Studie [62] veröffentlichten auch die Fünfjahresergebnisse. Es zeigte sich dabei, dass trotz der oben genannten größeren Instabilität der Semitendinosus-Gracilis-Sehne die Zahl der osteoarthritischen Veränderungen nach fünf Jahren in der Patella-Gruppe grösser waren (18% in der Patella-Gruppe gegen 4% in der Semitendinosus-Gracilis-Gruppe). Eine norwegische Studie von 2001 zeigte wiederum keine Unterschiede der KT-1000-Ergebnisse bis zu 24 Monaten postoperativ [7]. Anderson et al. veröffentlichten 2001 eine Studie, in der die KT-1000-Ergebnisse nach durchschnittlich 35 Monaten insgesamt nicht zufriedenstellend sind, d.h. der Vorschub des Unterschenkel gegen den Oberschenkel war größer als 3 mm [3]. In einer französischen Studie [44] von 2002 war die Instabilität nicht bei Frauen, sondern bei Männern größer, aber auch hier waren die Semitendinosus-Gracilis-Sehnen weniger stabil als die Patellar-Sehnen.

Einige Studien legen nahe, dass es vor allem auf die Positionierung des Transplantates ankommt [55] [1]. In der von Shaieb 2002 veröffentlichten Studie waren die Ergebnisse gleichwertig, aber Patienten mit Semitendinosus-Gracilis-Sehnen hatten weniger Beschwerden und Bewegungseinschränkungen [65]. Andererseits kommt es

bei Semitendinosus-Gracilis-Sehnen zu Läsionen des N.saphenus [9] mit nachfolgenden Dysästhesien im Bereich des Unterschenkels.

Die Semitendinosus-Gracilis-Sehne soll sich teilweise regenerieren, wie eine italienische Forschergruppe 2000 zeigte [61]. Möglicherweise gibt es also weniger Donor-Site-Probleme bei dieser Technik. Nach einer schwedischen Studie von 2001 gab es auch postoperativ weniger Probleme bei der Semitendinosus-Gracilis-Sehne [28]. In meiner Studie hatten die Patienten der Semitendinosus-Gracilis-Gruppe in den ersten 6 Wochen insgesamt etwas weniger Schmerzen. Sie hatten allerdings ausgeprägtere Hämatome im Bereich der Entnahmestelle. Keine signifikanten Unterschiede zeigte eine australische Studie aus dem Jahre 2001 [30].

Eine amerikanische Studie behauptet 1998, dass Frauen etwa 4 bis 8 mal häufiger eine VKB-Ruptur erleiden als Männer. Als Grund hierfür wurde der Hormonhaushalt genannt [73]. In meiner Studie wurden genau so viele Männer wie Frauen behandelt, und auch in der täglichen Praxis gibt es keine Hinweise auf eine höhere Inzidenz der VKB-Ruptur bei Frauen. Die großen Unterschiede all dieser Studien haben ihre Ursache möglicherweise in der Inhomogenität des Patientengutes.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass es offensichtlich keine deutliche Überlegenheit bei einer der beiden Operationsmethode gibt [63] [62]. Es ist gut, dass es mittlerweile zwei "Goldstandards" für den VKB-Ersatz gibt, da es durch das steigende Gesundheitsbewusstsein immer häufiger zu VKB-Rupturen und Rerupturen kommt. Beide Methoden können nicht nur alternativ, sondern, bei Rerupturen, auch in Folge durchgeführt werden. Vor Einführung der Semitendinosus-Gracilis-Methode nahm man bei einer Reruptur manchmal die Patellar-Sehne des nicht betroffenen Knies. Für den Patienten bedeutet dies eine Beeinträchtigung des Streckapparates eines gesunden Knies. Heute kann bei einer Reruptur die Semitendinosus-Gracilis-Sehne verwendet werden.

Angesichts der steigenden Zahlen der Rerupturen sollte man auch über alternative Fixationsmethoden wie z.B. Bioschrauben oder Press-Fit-Fixationen nachdenken. Ist ein zweiter VKB-Ersatz notwendig, muss sonst das Schraubenmaterial entfernt werden, was sehr problematisch sein kann.

Nach dieser Studie ist es nicht möglich, eine Empfehlung für die eine oder andere Methode auszusprechen. Auch ist in Anbetracht der möglichen Komplikationen nicht in jedem Fall zu einem VKB-Ersatz zu raten. Bei einer Ruptur sollte zunächst konservativ behandelt werden. Nach dem Abklingen der Symptome wird intensive Krankengymnastik und Muskelaufbau durchgeführt. Nur wenn dann immer noch Probleme im Alltag auftreten, bzw. wieder Stop-and-Go-Sportarten ausgeübt werden wollen, sollte ein VKB-Ersatz durchgeführt werden.

Einige Operateure empfehlen ein zweizeitiges Vorgehen, wenn Begleitverletzungen vorliegen. Es werden dann in einer ersten Operation Meniskus- und Knorpelschäden behoben, anschließend wird das Bein zunächst geschont. In einer zweiten Sitzung erfolgt der VKB-Ersatz mit frühfunktioneller Nachbehandlung.

Die Entscheidung für eine Methode hängt von vielen Faktoren ab. So ist beispielsweise für Patienten, die im Berufsleben viel knien müssen, (Fliesenleger, Elektriker, KFZ-Mechaniker etc.) die Semitendinosus-Gracilis-Methode geeigneter. Dies gilt auch für Patienten mit vorbestehenden Erkrankungen des Streckapparates wie z.B. der Retropatellararthrose. Die Semitendinosus-Gracilis-Methode hingegen ist weniger geeignet für Patienten, die ihre Adduktorenmuskulatur intensiv nutzen wie z.B. Reiter und Balletttänzer.

Ein weiterer Faktor für die Entscheidung für eine der beiden Methoden ist natürlich auch die Erfahrung des Operateurs. Der Ersatz mittels Patellar-Sehne ist schon länger etabliert. Die Semitendinodus-Methode ist technisch etwas schwieriger, die

Entnahme der Sehne erfolgt nicht unter Sicht, sondern mittels eines Strippers. Dies erklärt die im Durchschnitt 8 min längere OP-Zeit.

Entscheidend für den postoperativen Verlauf ist, unter Berücksichtigung der Begleitverletzungen und Vorerkrankungen, die postoperative Nachbehandlung. Je intensiver die Patienten trainierten, bzw. trainiert wurden, um so schneller wurden Beweglichkeit und Kraft wieder erreicht [71].

In der hier veröffentlichten Studie wurden zur Datenevaluation die sogenannten "objektiven Scores" verwendet, d.h. die Messung der a.p.-Translation oder vorderen "Schublade" mittels des KT-1000-Arthrometers und der Grad der sportlichen Aktivität mittels des Tegner-Activity-Score. Die eher subjektiven Scores wie IKDC und Lysholm-Score erfassen die Zufriedenheit des Patienten und eventuelle Problem im Alltag. Sie werden in einer gesonderten Studie dargelegt.

Die Ergebnisse des KT-1000 zeigten in der vorliegenden Arbeit zu jedem Zeitpunkt postoperativ ein stabiles Knie, d.h. dass bei der Untersuchung mit dem Gerät der a.p.-Vorschub immer kleiner als 3 mm war. Subjektiv gaben die Patienten teilweise ein Instabilitätsgefühl an. Grund hierfür ist, besonders in den frühen postoperativen Phasen, eine Inaktivitätsatrophie der Muskulatur. Häufig geben vor allem Patienten mit VKB-Ersatz mittels Patellar-Sehne ein Unsicherheitsgefühl beim Treppensteigen abwärts an bzw. ein Zittern des Oberschenkels, das auf einer Insuffizienz des M.quadriceps beruht.

In der TAS wird die aktuelle sportliche Aktivität des Patienten abgefragt. Erfasst wird, welche Sportarten der Patient tatsächlich ausübt, nicht welche Sportarten er wieder ausüben könnte. Die präoperativen Werte werden annähernd wieder erreicht. Bei Nichterreichen dieser Werte ist bei Nachfragen jedoch häufig nicht das Knie die Ursache. Einige Patienten gaben an, dass sie, nachdem ihnen das Kreuzband beim

Skilaufen gerissen ist, jetzt lieber auf alpinen Skisport verzichten. Anderen wurde vom Arbeitgeber nahegelegt, auf "Risikosportarten" wie Hobbyfußball zu verzichten.

Insgesamt konnten die Probleme mit dem Knie im Alltag bei fast allen Patienten behoben werden. Eine zumindest moderate sportliche Aktivität können alle Patienten wieder ausüben.

## Literatur

- [1] Aglietti, P., Zaccherotti, G. (1993) Komplikationen bei Eingriffen am vordern Kreuzband. *Arthroskopie*, 6(4):146-152
- [2] Allgayer, B., Gewalt, Y., Flock, K., Heuck, A., Lehner, K., Gradinger, R., Luttke, G. (1991) The diagnostic accuracy of MRT in cruciate ligament injuries. *Fortschritte auf dem Gebiet der Roentgenstrahlen und der bildgebenden Verfahren*, 155(2): 159-164
- [3] Anderson, A.F., Snyder, R.B., Libscomb, A.B. Jr. (2001) Anterior cruciate ligament reconstruction. A prospective randomized study of three surgical methods. *Am J Sports Med*: 29(3):272-279
- [4] Andrisch, J.T. (1985) in: *Orthop Clin North Am* Vol. 16, No 2
- [5] Arnoczky, S.P. (1983) Anatomy of the anterior cruciate ligament. *Clin Orthop*, 172:19-25
- [6] Arnoczky, S.P., Rubin, R.M. and Marshall, J.L. (1979) Microvasculature of the cruciate ligament and its response to injury. *J Bone Joint Surg*, 61A:1221-1229
- [7] Aune, A.K., Holm, I., Risberg, M.A., Jensen, H.K., Steen, H. (2001) Four-strand hamstring tendon autograft compared with patellar tendon-bone autograft for anterior cruciate ligament reconstruction. A randomized study with two-year follow-up. *Am J Sports Med*, 29(6):722-728
- [8] Berg, W.S., Stahurski, T.M., Moran, J.M. et al. (1982) Mechanical properties of bovine xenografts. Presented at the Twenty-Ninth Annual Meeting of the Orthopedic Research Society, Anaheim, California

- [9] Bertram, C., Porsch, M., Hackenbroch, M.H., Terhaag, D. (2000) Saphenous neuralgia after arthroscopically assisted anterior cruciate ligament reconstruction with a semitendinosus and gracilis tendon graft. *Arthroscopy*, 16(7):763-766
- [10] Bohnsack, M., Ruhmann, O., Luck, K., Wirth, C.J. (2002) The influence of age on the outcome of anterior cruciate ligament reconstruction. *Z Orthop Ihre Grenzgeb*: 140(2): 194-198
- [11] Bosworth, D.M. and Bosworth, B.M. (1936) Use of fascia lata to stabilize the knee in case of ruptured crucial ligaments. *J Bone Joint Surg*, 18A:178-179
- [12] Brautigan, O.D. and Voshell, A.F. (1941) The mechanics of the ligaments and menisci of the knee joint. *J Bone Joint Surg*, 23:44-46
- [13] Butler, D.L., Noyes, F.D. and Groot, E.S. (1980) Ligamentous restraints to anterior-posterior drawer in the human knee. *J Bone Joint Surg*, 62A:259-270
- [14] Cabaud, H.E. et al. (1982) Acute anterior cruciate ligament injury and repair reinforced with a biodegradable intraarticular ligament. *Experimental Studies. Am J Sports Med*, 10:259-265
- [15] Cahill, B.R. and Griffith, E.H. (1973) Effect of preseason conditioning on the incidence and severity of high school football knee injuries. *Am J Sports Med*, 6:180-183
- [16] Campbell, W.C. (1936) Repair of the ligaments of the knee. *Surg Gynecol Obstet*, 62:964
- [17] Campbell, W.C. (1939) Reconstruction of the ligaments of the knee. *Am J Surg*, 43:473-480

- [18] Claes, L., Burri, C., Neugebauer, R. et al. (1983) Animal experiments for comparison of various alloplastic materials in ligament replacements. *Aktuelle Probleme der Chir Orthop*, 26: 101-107
- [19] Claes, L. and Neugebauer, R. (1983) Mechanical properties of ligament replacement with carbon fibres. *Aktuelle Probleme der Chir Orthop*, 26: 58-62
- [20] Corry, I.S., Webb, J.M., Clingeffer, A.J., Pinczewski, L.A. (1999) Arthroscopic Reconstruction of the ACL, a comparison of Patellar Tendon Autograft and Four-Strand Hamstring Tendon Autograft, *Am J Sports Med*, Vol 27, No.3, 444-454
- [21] Cotton, F.J., and Morrison, GM. (1934) Artificial ligaments at the knee: Technique. *New Engl J Med*, 210:1331
- [22] Cubbins, W.R., Callahan, J.J. and Scuderi, C.S. (1939) Crucial ligaments. A resume of operative attacks and results obtained. *Am J Surg*, 43:481-485
- [23] Curran, W.P. and Woodward, E.P. (1980) Arthroscopy: Its role in diagnosis and treatment of athletic knee injuries. *8:415-418*
- [24] Daniel, D. (1996) Reference, maintenance and user's guide for the knee ligament ARTHROMETER®. MEDmetric®Corporation, 7542 Trade Street, San Diego, California 9:2121-2412
- [25] Edwards, A.G., Lafferty, J.F. and Lange, K.O. (1970) Ligament strain in the human knee joint. *J Basic Engeneering*, 92:131-136
- [26] Ellison, A.E. and Berg, E.E. (1985) Embryology, anatomy and function of the anterior cruciate ligament, Symposium on the anterior cruciate ligament, part 1, *The Orthopedic Clinics of North America*
- [27] Ellison, A.E. (1977) Skiing injuries. *Clin Symp*, 29: 1-4

- [28] Eriksson, K., Anderberg, P., Hamberg, P., Olerud, P., Wredmark, T. (2001) There are differences in early morbidity after ACL reconstruction when comparing patellar tendon and semitendinosus tendon graft. A prospectiv randomized study of 107 patients. *Scand J Med Sci Sports*,11(3):170-177
- [29] Feagin, J. A. (1979) The Syndrom of the torn anterior cruciate ligament. *Ortop Clin North Am* 10:81-90
- [30] Feller, J.A., Webster, K.E., Gavin, B. (2001) Early post-operativ morbidity following anterior cruciate ligament reconstruction: patellar tendon versus hamstring graft. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 9(5):260-266
- [31] Forster, I.W. et al (1978) Biological reactions to carbon fibre implants: The formation and structure of a carbon induced neotendon: *Clin Orthop*, 131: 299-307
- [32] Furman, W., Marshall, J.L. and Girgis, F.G. (1976) The anterior cruciate ligament: A functional analysis based on post mortem studies. *J Bone Joint Surg*, 58A:179-185
- [33] Geisler, A. (2002) Knackpunkt Knie. *Stern, Deutsche Wochenzeitschrift*, Verlag Gruner und Jahr AG und Co Hamburg, Nr.41, 58-64
- [34] Girgis, F.G., Marshall, J.L. and Monajem, A.R.S. (1975) The cruciate ligaments of the knee joint - anatomical, functional and experimental analysis. *Clin Orthop*, 106:216-231
- [35] Goldstein, J. and Bosco, J-A. III.: The ACL-deficient knee. *Bull Hosp Jt Dis*, 2001-2002; 60 (3-4): 173-178
- [36] Hey Groves, E.W. (1917) Operation for the repair of crucial ligaments. *Lancet*, 2:674-675

- [37] Hey Groves, E.W. (1920) The crucial ligaments of the knee joint. Their function, rupture, and operative treatment of the same. *Br J Surg*, 7:505-515
- [38] Hughston J. C. (1985) in: *Symposium on the Anterior Cruciate Ligament, Part II*, *Orthop Clin North Am* Vol. 16, No 2 -Vorwort-
- [39] Jenkins, D.H.R. et al. (1967) Induction of tendon and ligament formation by carbon implants. *J Bone Joint Surg*, 59B: 53-57
- [40] Jenkins, D.H.R. et al. (1978) The repair of the cruciate ligaments and of carbon fibre: A longer term study of the induction of new ligaments and of the fate of the implanted carbon. *J Bone Joint Surg*, 60B: 520-522
- [41] Jenkins, D.H.R. et al. (1980) The role of flexible carbon-fibre implants as tendon and ligament substitutes in clinical practice: A preliminary report. *J Bone Joint Surg*, 62B: 497-499
- [42] Jones, K.G. (1963) Reconstruction of the the anterior cruciate ligament. A technique using the central one-third of the patellar ligament. *J Bone Joint Surg*, 45A:925-935
- [43] Karlsson, J., Eriksson, A., Forsberg, A. et al. (1978) *The physiology of alpine skiing*. Stockholm, Sweden, Trygg-Hansa Ins. Co., 1977; Park City, Utah, United States Ski Coaches Association
- [44] Katabi, M., Djian, P., Christel, P. (2002) Anterior cruciate ligament reconstruction: Patellar tendon autograft versus four-strand hamstring tendon autograft. A comparative study at one year follow-up. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot*, 88(2): 139-148
- [45] Kennedy, J.C. (1983) Application of prosthetics to anterior cruciate ligament reconstruction and repair. *Clin Orthop*, 172:125-128

- [46] Kennedy, J.C., Alexander, I.J. and Hobeika, P. (1983) The use of a ligament augmentation device (L.A.D.) in the anterior cruciate deficiency knee. Presented at the Fiftieth Annual Meeting of the American Academy of Orthopedic Surgeons, Anaheim, California
- [47] Kennedy, J.C., Weinberg, H.W. and Wilson, A.S. (1974) The anatomy and function of the anterior cruciate ligament as determined by clinical and morphological studies. *J Bone and Joint Surg*, 56A:223-235
- [48] Lam, S.J.S. (1968) Reconstruction of the anterior cruciate ligament using the Jones procedure and its Guis hospital modification. *J Bone Joint Surg*, 50A:1213-1224
- [49] Leyshon, R.L. et al. (1984) Flexible carbon fibre in late ligamentous reconstruction for instability of the knee. *J Bone Joint Surg*, 66B: 196-200
- [50] Lindstrom, N. (1959) Cruciate ligament plastics with meniscus. *Acta Orthop Scand*, 29:150-151
- [51] Macey H.B. (1939) A new operative procedure for repair of rupture cruciate ligaments of the knee joint. *Surg Gynecol Obstet*, 69:108-109
- [52] Marshall, J.L. and Olson, S.E. (1971) Instability of the knee. A long term experimental study in dogs. *J Bone Joint Surg*, 53A:1561-1570
- [53] Mayo Robson, A.W. (1903) Ruptured crucial ligaments and their repair by operation. *Ann Surg*, 37:716-718
- [54] McMaster, W., Kouzelos, J., Liddle, S. et al. (1976) Tendon grafting with glutaraldehyde and fixed material. *J Biomed Mater Res*, 10:259-271
- [55] Merchant, T.C. (2001) Comparison of three patellar tendon anterior cruciate ligament reconstruction techniques with emphasis on tunnel location and outcome. Are our results improving?, *Iowa Orthop J*, 21: 25-30

- [56] Muhr, G. und Wagner, M. (1981) Kapsel-Band-Verletzungen des Kniegelenks, Berlin Heidelberg: Springer
- [57] Norwood, L.A. and Cross, M.J. (1979) Anterior cruciate ligament: Functional anatomy of its bundles and rotatory instabilities. *Am J Sports Med*, 7:23-26
- [58] Noyes, F.R., Mooar, P.A., Matthews, D.S. et al. (1983) The symptomatic anterior cruciate-deficient knee, part I: The long term functional disability of athletic active individuals. *J Bone Joint Surg* 65A: 154-162, 1983. Part II: The results of rehabilitation, activity modification and counseling on functional disability *J Bone Joint Surg* 65A: 163-174
- [59] O'Donoghue, D.H. (1950) Analysis of endresults of surgical treatment of major injuries to ligaments of the knee. *J Bone Joint Surg*, 37A:1-13
- [60] Palmer, I. (1938) On the injuries of the ligaments of the knee joint *Acta Chir Scand* (suppl.), 53
- [61] Papandrea, P., Vulpiani, M.C., Ferretti, A. and Conteduca, F. (2000) Regeneration of the semitendinosus tendon harvested for anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med*, 28:556-561
- [62] Pinczewski, L.A., Deehan, D.J., Salmon, L.J., Russell, V.J., Clingeleffer, A. (2002) A five year comparison of patellar tendon four-strand hamstring tendon for arthroscopic reconstruction of the anterior cruciate ligament. *Am J Sports Med*: 30(4): 523-536
- [63] Robke, M. , Becker, R., Urbach, D., Nebelung, W. (2001) Semitendinosus tendon versus patellar ligament. Results of a prospective, randomized study after anterior cruciate ligament reconstruction. *Unfallchirurg*, 104(4):312-316

- [64] Rushton, N. et al. (1983) The clinical arthroscopic and histological findings after replacement of the anterior cruciate ligament with carbon-fibre. *J Bone Joint Surg*, 65B: 308-309
- [65] Shaieb, M.D., Kan, D.M., Chang, S.K., Marumoto, J.M., Richardson, A.B. (2002) A prospective randomized comparison of patellar tendon versus semitendinosus and gracilis tendon autograft for anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med*, 30(2),214-220
- [66] Sloane, P.A., Brazier, H., Murphy A.W., Collins, T. (2002) Evidence based medicine in clinical practice: How to advise patients on the influence of age on the outcome of surgical anterior cruciate ligament reconstruction: A review of literature. *Br J Sports Med*: 36(3): 200-203
- [67] Smith, S.A. (1918) The diagnosis and treatment of injuries of the crucial ligaments. *Br J Surg*, 6:176-189
- [68] Sobotta-Bechler: Atlas der deskriptiven Anatomie des Menschen, 3.Teil, München-Berlin, Urban und Schwarzenberg
- [69] Tegner, Y., and Lysholm, J. (1985) Rating Systems in the Evaluation of Knee Ligament Injuries. *Clinical Orthopedics and Related Research* 198: 43
- [70] Walsh, J.J., Jr. (1972) Meniscal reconstruction of the anterior cruciate ligament. *Clin Orthop*, 89:171-177
- [71] Feller, J.A., Cooper, R., Webster, K. E. (2002) Current Australian trends in rehabilitation following anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee*, 9(2): 121-126
- [72] Weiss, A.B., Alexander, H. and Parsons, J.R. (1982) Ligament replacement with absorbable polymer carbon fibre scaffolds - early clinical experience.

Presented at the Thirteenth Annual Meeting of the Eastern Orthopedic Association, Southampton, Bermuda

- [73] Wojtys, E.M., Huston, L.J., Lindenfeld, T.N., Hewett, T.E., Greenfield, M.L. (1998) Association between menstrual cycle and anterior cruciate ligament injuries in female athletes. *Am J Sports Med*, 26(5):614-619
- [74] Wolter, D. (1983) Biocompatibility of carbon fibre and carbon fibre micro-particles. *Aktuelle Probleme der Chir Orthop*, 26: 28-36
- [75] Woods, G.W. (1985) *Orthop Clin North Am* - Vol 16, no 2
- [76] Wodds, L.D. and Andrish, J.T. (1982) Dacron augmentation of anterior cruciate reconstruction in dogs. Presented at the Twenty-Ninth Annual Meeting of the Orthopedic Research Society, Anaheim, California

# Lebenslauf

## Persönliche Daten

Name: Elliger-Wimber  
Vorname: Carolin  
Geburtsdatum: 19.06.1968  
Ort: Münster/Westfalen  
Eltern: Günter Alfred Elliger und Gesina Maria Elliger, geb. Tangerding  
Anschrift: Lahnstrasse 9, 48145 Münster  
Familienstand: verheiratet mit Heinrich-Jürgen Wimber

## Schulbildung

1974-1978: Don Bosco Grundschule, Münster  
1978-1987: Johann-Konrad-Schlaun-Gymnasium, Münster

## Hochschulbildung

1987-1995: Studium der Humanmedizin an der  
Westfälischen Wilhelms-Universität, Münster  
09.1989: Ärztliche Vorprüfung  
09.1990: 1. Abschnitt der ärztlichen Prüfung  
04.1994: 2. Abschnitt der ärztlichen Prüfung  
12.1995: 3. Abschnitt der ärztlichen Prüfung  
23.09.1997: Approbation

## Auslandsaufenthalte

08.1990-06.1991: Medizinstudium an der Universität zu Lille, Frankreich  
07.1992-11.1992: Gaststudium am North China Coalmining Medical College  
Tangshan, China

## Berufliche Tätigkeiten

02.1996-09.1997: Ärztin im Praktikum  
Chirurgie, Marienhospital Emsdetten, CA Dr. med. Schneider  
Anästhesie, Gemeinschaftspraxis in der Tagesklinik  
am Hohenzollernring, Dres. med. M. Wolfgart und Partner  
10.1997- Assistenzärztin in der Tagesklinik am Hohenzollernring, Anästhesie  
05.2000 Tauchärztin am Zentrum für Hyperbare Sauerstofftherapie  
am Hohenzollernring, Münster  
seit 06.2000 Assistenzärztin der Anästhesie im Franziskus-Hospital, Münster,  
CA PD Dr. med. M. Möllmann