

Aus der Klinik und Poliklinik für Orthopädie und Orthopädische Chirurgie
(Direktor Univ.- Prof. Dr. med. H. Merk)
der Medizinischen Fakultät der Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald

**Klinische Ergebnisse und Erfahrungen nach
arthroskopischer Meniskusrefixation bei traumatischen
Meniskusläsionen**

Inaugural - Dissertation

zur

Erlangung des akademischen

Grades

Doktor der Medizin
(Dr. med.)

der

Medizinischen Fakultät

der

Ernst-Moritz-Arndt-Universität

Greifswald

2004

vorgelegt von: Heiko Spank
geb. am: 28.06. 1967
in: Ueckermünde

Dekan: Univ.-Prof. Dr. rer. nat. H. K. Kroemer
1. Gutachter: Univ.-Prof. Dr. med. H. Merk
2. Gutachter: Univ.-Prof. Dr. med. von Salis-Soglio

Ort, Raum: Greifswald, Klinik für Unfall- und
Wiederherstellungschirurgie
Tag der Disputation: 22.12. 2004

Inhalt

Inhalt	1
Anhang	2
1.	Einleitung4
1.1	Anatomie5
1.2	Gefäßversorgung.....5
1.3	Biomechanik/Physiologie.....6
1.4	Die Operationstechnik7
1.4.1	Nähte.....7
1.4.1.1	Außen-innen-technik7
1.4.1.2	Innen-außen-Technik7
1.4.1.3	Rein intraartikuläre Technik: Naht8
1.4.2	Heilungsverbessernde Techniken8
1.4.2.1	Debridement und Abrasion der Synovialmembran8
1.4.2.2	Hyaluronsäureinjektionen9
1.4.2.3	Faszienlappen9
1.4.2.4	Gefäßkanäle9
1.4.2.5	Fibrinklumpen10
1.4.2.6	Fibrinkleber10
1.4.2.7	Synovialer Lappen.....10
1.4.3	Nahtmaterial11
1.4.4	Nahttyp11
1.4.5	Neue Techniken12
1.4.5.1	Nichtresorbierbare Implantate12
1.4.5.2	Biodegradierbare Implantate12
2.	Aufgabenstellung14
3.	Methoden und Studiendurchführung16
3.1	Ethische und gesetzliche Bedingungen.....16

3.2	Studiendesign.....	16
3.3	Material und Methoden.....	17
3.3.1	Der modifizierte Knee Score nach Lysholm und Gillquist.....	17
3.3.2	Probandencharakteristik.....	18
3.3.2.1	Alter, Gewicht, Größe.....	18
3.3.2.2	Angewandte OP-Techniken.....	18
3.3.2.3	Zeitlicher Verlauf.....	19
3.3.2.4	Rehabilitation.....	20
3.3.2.5	Statistische Methoden.....	20
4.	Ergebnisse.....	21
4.1	Compliance und Studiendisziplin.....	21
4.2	Scoreverlauf.....	22
4.2.1	Gesamtscore.....	22
4.2.2	Scoreverlauf bei zusätzlicher VKB-Plastik.....	23
4.2.3	Patientenalter und Scoreverlauf.....	25
4.2.4	Scoreverlauf und OP-Techniken.....	26
4.2.5	Zeitlicher Verlauf und Scoreverlauf.....	28
4.2.6	Radiologischer Scoreverlauf.....	30
4.3	Revisionen.....	31
5.	Diskussion.....	33
5.1	Klinische Heilungsraten.....	36
5.2	Einfluß der VKB-Plastik auf die Heilungsrate.....	37
5.3	Alterseinfluss auf die Heilungsrate.....	41
5.4	Einfluss weiterer Faktoren auf die Heilungsrate.....	43
5.5	Radiologische Veränderungen.....	43
5.6	Komplikationen.....	44
5.7	Schlussfolgerungen und klinische Relevanz.....	45
6.	Zusammenfassung.....	46

Anhang

Tabellen und Abbildungen

Erklärung

Lebenslauf

Danksagung

1. Einleitung

Die vitale Rolle des Meniskus zum Erhalt der normalen Funktion des Kniegelenkes und zur Vermeidung der tibio-femorale Arthrose ist generell unbestritten und wurde in vielen Studien eindrücklich dokumentiert(1-3).

Auf Grund dieser Erkenntnisse und besserer technischer Möglichkeiten, hat sich die Meniskus Chirurgie in den letzten Jahrzehnten gewandelt. Während noch vor ungefähr 100 Jahren die Menisken des Kniegelenkes als funktionslose Überreste eines Muskels angesehen wurden, ist ihre Bedeutung für die Integrität und Funktion des Kniegelenkspaltes spätestens seit den Studien von Fairbank etabliert (4). Dieser beschrieb 1948 die radiologischen Veränderungen nach offener, also durch einen Hautschnitt durchgeführten Meniskusteil- bzw. vollständige Entfernungen und konnte nachweisen, dass der zunehmende Gelenkverschleiß proportional zur Menge des entfernten Meniskus war.

Die Tatsache, dass die beiden Menisken als „Lastverteiler, Stoßdämpfer und Bremsklötze“ wichtige Elemente der Kniemechanik sind, führte zu dem Bestreben, diese Funktion möglichst zu erhalten(5).

So ist es heute das Ziel, bei Meniskusrissen nicht mehr die subtotale Meniskektomie anzustreben, sondern zunächst so wenig Meniskusgewebe wie möglich zu reseziieren(6).

Wann immer es möglich ist, sollte versucht werden, einen rupturierten Meniskus zu refixieren. Die arthroskopisch durchgeführte Meniskusnaht ist heute ein Standardeingriff.

In den letzten Jahren wurden vielfältige Implantate entwickelt, die die arthroskopische Meniskusrefixation vereinfachen und die Operationszeit deutlich verkürzen.

Ein weiterer wesentlicher Faktor für das Gelingen einer Meniskusnaht ist die zeitnahe Versorgung von traumatisch bedingten Kniegelenksinstabilitäten. Hier spielt die vordere Kreuzbandplastik nach vorderer Kreuzbandruptur eine große Rolle.

Dem Erfolg einer Meniskusrefixation sind biologische und technische Grenzen gesetzt, die durch Anatomie und Physiologie des Meniskusgewebes bestimmt werden(7; 8).

Neue Erkenntnisse sollten es möglich machen, in Zukunft operationstechnisch einfache und klinisch effektive Lösungen zur Verfügung zu stellen, welche die guten Ergebnisse von Meniskusrefixationen für Läsionen im peripheren vaskularisierten Bereich auch auf Läsionen in den avaskulären Zonen ausdehnen können.

1.1 Anatomie

Die Menisken stellen keilförmige Strukturen dar, die zwischen den Kondylen des Femurs und des Tibiaplateaus liegen. Mit ihrem dickeren, konvexen Rand sind sie mit der Gelenkkapsel verwachsen, während der zentrale, ins Gelenk ragende dünne Rand ohne Anheftung ist.

Zusätzlich sind die Vorder- und Hinterhörner der Menisken über Insertionsbänder fest mit der tibialen Gelenkfläche verwachsen.

Die proximalen Oberflächen sind konkav und haben Kontakt mit den Femurkondylen, die Unterseiten sind flach und liegen der tibialen Gelenkfläche auf(9-11).

1.2 Gefäßversorgung

Die Menisken besitzen ein spezielles Gefäßversorgungssystem, welches überwiegend ihre Fähigkeit zur Regeneration und Heilung bestimmt. Arterienäste, die ihren Ursprung aus der A. poplitea nehmen, gewährleisten die Hauptversorgung(9; 12).

Im medialen Kompartiment sind dabei die A. genus superior medialis sowie der Ramus articularis descendens der A. genus descendens und im lateralen Kompartiment die A. genus inferior lateralis von Bedeutung(12).

Ausläufer dieser Arterien bilden ein perimeniskales und subsynoviales Gefäßnetz, welches die Peripherie der Menisken versorgt.

Es wird eine Gefäßversorgung von 10-30 % des medialen und 10-25% des lateralen Meniskus gewährleistet (13).

Zusätzlich befindet sich am peripheren Rand der Menisken ein schmaler, der Oberfläche anhaftender, vaskularisierter synovialer Überzug. Dieser beteiligt sich

nicht unmittelbar an der Gefäßversorgung der Menisken, erlangt jedoch im Rahmen von Reparaturprozessen eine große Bedeutung(14).

Der größere Prozentsatz der Menisken ist jedoch avaskulär, eine Ernährung wird ähnlich der des Gelenkknorpels durch Diffusion und mechanische Pumpfunktion gewährleistet(15).

1.3 Biomechanik/Physiologie

Die Menisken bestehen zu ca. 75% aus Wasser, zu 20% aus Kollagen, einem kleinen Anteil an Proteoglykanen, sowie nichtkollagenen Proteinen, Lipiden und Zellen(11; 16-18).

Zusätzlich finden sich vereinzelt Fibroblasten und Mastzellen.

Im unmittelbaren Bereich von Meniskusverletzungen können außerdem sogenannte Myofibroblasten als Zwischenform zwischen Fibroblasten und glatten Muskelzellen auftreten(19).

Kollagen-Typ-I bildet mit über 90% den Hauptanteil des Meniskuskollagens, daneben wurden noch die Kollagentypen III,V,VI und im Bereich der Meniskusoberfläche Typ II nachgewiesen.

Die Kollagenfibrillen zeigen ein typisches Verteilungsmuster, welches der Funktion der Menisken entspricht und im Falle einer Verletzung zu typischen Rissmustern führt(20). An der tibialen und femoralen Oberfläche sind die Kollagenfasern parallel zur Oberfläche angeordnet und in ihrer Richtung zufällig verteilt(21).

Bereits unmittelbar darunter formen die Kollagenfasern kräftige zirkuläre Bündel, die mehr oder weniger kontinuierlich von den Vorder- zu den Hinterhörnern verlaufen und für die Funktion des Meniskus unter Kompression verantwortlich sind. Zwischen diesen Faserbündeln verlaufen radiär orientierte Verbindungsfasern. Die Dichte dieser radiären Fasern ist im Bereich der Meniskushinterhörner größer, entsprechend der größeren Belastungen(22).

Durch die Menisken wird die Inkongruenz der Femurkondylen und des Tibiaplateaus ausgeglichen. Dies führt zu einer deutlichen Erhöhung der femoro-tibialen Kontaktfläche und dadurch zu einer wesentlichen Reduktion und Verteilung der auf den Gelenkknorpel wirkenden Belastung(23).

Werden die Menisken entfernt, kommt es zu einer massiven Abnahme der Kontaktfläche und damit verbunden zu lokalen Belastungsspitzen am Gelenkknorpel(24-26).

Neben der Lastverteilung kommt den Menisken eine wichtige, gelenkstabilisierende Wirkung zu, welche v.a. bei ligamentärer Insuffizienz zunehmende Bedeutung für die funktionelle Integrität des Kniegelenkes erlangt(27).

1.4 Die Operationstechnik

Bevor sich die Meniskusnaht weltweit als Standardeingriff durchsetzte, wurden in den 80er Jahren zunächst offene und später, begleitend zur Verbreitung der Arthroskopie, arthroskopische Techniken zur Meniskusnaht entwickelt(28-33). In den 90er Jahren wurden die ersten biodegradierbaren Implantate zur Meniskusrekonstruktion erforscht.

1.4.1 Nähte

1.4.1.1 Außen-innen-technik

Bei der Außen-innen-Technik werden mit Fäden versehene Kanülen von außen durch den Meniskus eingebracht. Durch die 1. Kanüle wird ein Fadenende in das Kniegelenk geführt, wobei Meniskusbasis und Fragment aufgefädelt werden. Durch die 2. Kanüle werden eine Schlinge in das Knie gelegt und der Meniskus in gleicher Weise aufgefädelt. Der Faden aus der 1. Kanüle wird dann durch die Schlinge geführt und mit dieser nach außen gezogen.

1.4.1.2 Innen-außen-Technik

Die Meniskusrefixation von intra- nach extraartikulär wurde in den frühen 80er Jahren besonders durch Henning und Henning et al. verbreitet(34). Vor der Einführung der neuen Implantate war sie die am häufigsten angewendete Technik(35). Sie umfasst die arthroskopische Präparation des Meniskusrisses (mittels eines Shavers oder einer Meniskusraspel), das Platzieren von posteromedialen oder posterolateralen Zugängen unter besonderer Beachtung der neurovaskulären Strukturen und die

arthroskopische Naht des Meniskusrisses mit speziellen, langen Nadeln, welche über Einzel- oder Doppelkanülen ins Kniegelenk geführt werden. Diese Nadeln können mit resorbierbaren oder nichtresorbierbaren Fäden versehen sein.

1.4.1.3 Rein intraartikuläre Technik: Naht

Die All-inside-Naht wurde von Morgan und Cascells mit dem Ziel entwickelt, einen besseren arthroskopischen Zugriff auf das Hinterhorn zu erhalten(30). Die Indikation zur All-inside-Technik umfasst ausschließlich periphere Hinterhornläsionen (<3mm von der Peripherie). Die Technik ist sehr anspruchsvoll und deswegen nur sehr erfahrenen Operateuren zugänglich. Die 70°-Optik wird durch die Fossa intercondylaris geschoben, um einen Blick vom hinteren Kompartiment auf den Riss zu erhalten. Die Instrumente werden vom posteromedialen oder posterolateralen Zugang eingeführt. Es handelt sich hier um speziell entwickelte, gekrümmte und gewinkelte Kanülen (suture hooks), welche es erlauben, eine intraartikuläre Naht durchzuführen. Es können nur vertikale Nähte angelegt werden. Die Operation erfolgt bei 90° gebeugten Knie, um im posterioren Kompartiment genügend Freiraum für die Manipulation der Instrumente zu haben.

1.4.2 Heilungsverbessernde Techniken

Unter heilungsverbessernden Techniken sind Eingriffe einzuordnen, die alternativ oder in den meisten Fällen zusätzlich zur Rekonstruktion durchgeführt werden können. Sie sollen die Heilung des Meniskusrisses biologisch unterstützen, indem sie entweder die Durchblutung fördern oder heilungsinduzierende Faktoren, wie z.B. Wachstumsfaktoren, an die Rissstelle bringen.

1.4.2.1 Debridement und Abrasion der Synovialmembran

Vor der Rekonstruktion sollten die Ränder des Meniskusrisses angefrischt werden, um nekrotisches Gewebe zu entfernen. Wenn mindestens einer der Ränder in der durchbluteten Zone des Meniskus liegt (Red-red oder Red-white-Zone), kann auf diese Weise eine frische Blutung erzeugt werden. Hierdurch soll ein

Reparaturprozess eingeleitet werden, wie er auch von anderen bindegewebigen Strukturen her bekannt ist(14). Ein ähnlicher Effekt soll durch die Abrasion der an die Peripherie angrenzenden Synovialmembran erzielt werden(34). Letzteres wird v.a. dann empfohlen, wenn die Meniskusläsion > 3 mm von der Peripherie entfernt liegt (Zonen 2-3). Die Abrasion sollte femoral- und tibialseitig erfolgen.

1.4.2.2 Hyaluronsäureinjektionen

Sonoda et al. führten in einer tierexperimentellen Studie an Kaninchen intrartikuläre Injektionen mit Hyaluronsäure durch(36). Sie konnten keinen Einfluss auf die Heilungsrate oder die biochemischen Eigenschaften des Meniskus feststellen.

1.4.2.3 Faszienlappen

Bereits Mitte der 80er Jahre führten Henning et al. ein Verfahren zur Meniskusrekonstruktion bei komplexen Läsionen ein, wie es heute in ähnlicher Form von Knorpelzelltransplantationen her bekannt ist. Sie nähten einen aus dem Unterschenkel gewonnen Faszienstreifen über die vorher genähte Meniskusläsion. Danach wurde ein Fibringerinnsel unter den Faszienstreifen injiziert. Eine arthroskopisch gesicherte Heilung wurde in 84% der 31 Fälle erreicht.

1.4.2.4 Gefäßkanäle

Eine der ersten Ideen, die aufgegriffen wurden, um die durchblutete, periphere Meniskuszone in das zentrale avaskuläre Meniskusareal zu erweitern, waren die Schaffungen von einigen Millimeter breiten Kanälen oder die Resektion der peripheren Meniskusrandleiste(14; 28). In tierexperimentellen Studien konnte auf diese Weise eine Neovaskularisation erreicht werden(14). Der große Nachteil dieser Methode bestand allerdings darin, dass der zirkuläre Faserring durch Schaffung der Kanäle zerstört wurde. Hierdurch wurden die biomechanischen Eigenschaften des Meniskus zu stark beeinträchtigt, so dass diese Techniken schnell wieder verlassen wurden(28).

1.4.2.5 Fibrinklumpen

Arnoczky et al. brachten in tierexperimentellen Studien Fibrinklumpen in Meniskuläsionen ein(14). Die Idee zu dieser Methode beruht auf der Beobachtung, dass Meniskusnähte bei gleichzeitiger Kreuzbandersatzplastik besser heilen als isolierte Meniskusnähte. Die Autoren gingen davon aus, dass der Hämarthros im Fall einer gleichzeitigen Kreuzbandplastik eine höhere Freisetzung von heilungsfördernden Faktoren induziert. Der Fibrinklumpen soll die Heilung der Meniskuläsion durch wachstumsfördernde Faktoren und ein Kollagengerüst unterstützen. Beim Menschen deutet sich in der Studie von Henning et al. ein positiver Effekt dieser Technik bei isolierten Meniskuläsionen an(28).

1.4.2.6 Fibrinkleber

Ein ähnliches Prinzip wird bei der Verwendung von Fibrinkleber eingesetzt. Es besteht aus einigen Gerinnungsfaktoren in Kombination mit einem Antifibrinolyse (Aprotinin) und wurde bereits in anderen operativen Gebieten eingesetzt. Im Vergleich zum Fibringerinnsel bietet der Kleber stärkere adhäsive Eigenschaften. Von Nachteil ist, dass er weniger biologisch aktive Faktoren enthalten soll(37).

Roeddecker et al. zeigten an Kaninchen, dass die Ausreißkraft eines mit Fibrinkleber reparierten Meniskusrisses nach 3 Monaten 42,5% vom normalen Meniskusgewebe beträgt(38). Im Vergleich hierzu erreichten die genähten oder nicht reparierten Rissen nur 26 bzw. 19%.

1.4.2.7 Synovialer Lappen

Eine andere Möglichkeit, die Durchblutung der avaskulären Zone des Meniskus zu fördern, besteht darin, einen synovialen Lappen in den Meniskus einzunähen. Tierexperimentelle Untersuchungen an Hunden und Schafen zeigten, dass sowohl mit gestielten als auch mit freien Lappen höhere Heilungsraten erzielt werden konnten als in Kontrollgruppen(37; 39; 40).

1.4.3 Nahtmaterial

Die Frage des am besten geeigneten Nahtmaterial wird kontrovers diskutiert(35; 41-44). Es besteht sowohl Uneinigkeit, was die Stärke (2-0 USP, 0 USP, 1 USP), als auch, was die Art des Nahtmaterials betrifft (resorbierbar/nicht resorbierbar). Während bei resorbierbaren Nähten unterschiedliche Fadenstärken beschrieben wurden (PDS 2-0 USP bis PDS 1 USP), wurden bei nichtresorbierbaren Nähten überwiegend Fäden der Stärke 2-0 USP benutzt(35; 43; 45-52). Über den Einfluss der Art des Nahtmaterials (resorbierbare gegen nichtresorbierbare Naht) gibt es kontroverse Auffassungen(45; 53; 54). Nichtresorbierbaren Nähten wird nachgesagt, den Gelenkknorpel zu schädigen, weil sie zu sehr auf der Meniskusoberfläche aufliegen sollen. Klinisch konnte das aber noch nicht nachgewiesen werden(41; 42). Die Resorption kann aber auch einen großen Nachteil des resorbierbaren Nahtmaterials darstellen. Die Haltekraft von PDS 0 beträgt nach 4 Wochen nur noch 50% des Ausgangswertes. Das führt zu Befürchtungen, dass resorbierbare Nähte die langwierige Meniskusheilung mechanisch nicht lange genug unterstützen(43).

1.4.4 Nahttyp

Die Nahttypen unterscheiden sich durch die Nahtausrichtung (Horizontal- und Vertikalnähte) sowie durch die Art und Weise, in der sie das Meniskusgewebe umfassen ((Matratzennähte oder Schleifen (loop sutures)). Eine weitere Methode ist die Blockierknotentechnik, bei denen ein Faden an einem Ende mit einem oder mehreren Knoten versehen wird, um dann von innen nach außen durch den Meniskus gezogen und auf der Kapsel geknüpft zu werden. Über alle angeführten Techniken liegen In-vitro-Daten zur Primärstabilität vor(43; 55-63).

Laut internationaler Literatur sollte alle 3-5 mm eine Naht angebracht werden(35; 49; 50; 52). Vertikale Nähte geben mehr Raum für eine größere Anzahl von Nähten als horizontale.

Empfohlen ist, die Nähte nicht zu weit entfernt vom Rissrand zu legen, da dieser sonst zu evertieren droht(35). Wenn die Naht zu nahe an den Rand platziert, kann sie aus dem zentralen Fragment ausreißen, da sie zu wenig Gewebe umfasst(35; 50).

1.4.5 Neue Techniken

In den letzten Jahren wurden zahlreiche neue Techniken und Implantate entwickelt, mit dem Ziel, die Meniskusrefixation technisch einfacher und schneller zu gestalten. Im Vergleich zu klassischer Naht haben diese Implantate den Vorteil, dass sie eine wesentlich schnellere Meniskusrefixation erlauben und keine zusätzliche Inzision erforderlich machen (intraartikuläre Techniken).

1.4.5.1 Nichtresorbierbare Implantate

a) T-Fix Die erste dieser Techniken wurde mit der Entwicklung des T-Fix (Acufex, Mansfield, USA) etabliert, eines Fadens, dessen Ende an einem Querbalkchen aus nichtresorbierbarem Kunststoff (Delrin) befestigt ist(64-66).

b) FastT-Fix Eine Weiterentwicklung des T-Fix stellt der FastT-Fix (Acufex, Mansfield, USA) dar. In diesem Nahtsystem ist eine Kanüle mit 2 „T“-Implantaten vorgeladen, welche mit einem Faden miteinander verbunden sind. Ein vorgelegter Gleitknoten macht das arthroskopische Knoten überflüssig.

1.4.5.2 Biodegradierbare Implantate

Es wurde in den letzten Jahren eine Vielzahl von Implantaten für den Einsatz in der Sporttraumatologie entwickelt(67).

Bei den Meniskusimplantaten kommen vor allen Dingen 3 Biomaterialien zur Anwendung:

- 1.) Implantate aus Glykolsäure (PGA-polyglycolic acid)
- 2.) Implantate aus Milchsäure (PLA-polyactic acid)
- 3.) Implantate aus Polydioxanon (PDS)

Es ist noch nicht vollständig geklärt, wie Meniskusgewebe auf das Biomaterial reagiert und wie lange die Degradation dauert. Es sind 2 Degradationsprozesse möglich:

1.) Hydrolyse

2.) Fragmentation

Der Meniscus Arrow war das erste resorbierbare Implantat, das auf den Markt kam. Er ist T-förmig und wird aus verstärkter Milchsäure hergestellt (self reinforced PLLA). Er ist in 3 Längen erhältlich.

Die Clearfix Screw hat unterschiedliche Gewindegänge und soll eine Kompression auf den Riss erzeugen können. Sie wird ebenfalls aus PLLA hergestellt.

Der Meniscal Dart ist ein zierliches Implantat ohne Kopf. Er wird aus PLDLA hergestellt und ist elastischer als die anderen Implantate.

Der BioStinger ist, wie der Meniscus Arrow, T-förmig.

2. Aufgabenstellung

Aus den vorangegangenen Beschreibungen von Anatomie, Gefäßversorgung, Biomechanik und Physiologie ergeben sich folgende Hypothesen:

- 1.) Die strukturelle Wiederherstellung der Menisken führt zu einer Wiederherstellung der Meniskusphysiologie und hat die Heilung und Wiedererlangung einer normalen Meniskusfunktion zum Ziel.
- 2.) Die zeitnahe Versorgung von vorderen Kreuzbandrupturen hat einen positiven Einfluss auf die Wiedererlangung der normalen Meniskusfunktion.

Die Hypothesen beruhen auf folgenden Annahmen:

Nach einer Verletzung in der vaskulären Zone des Meniskus kommt es zur Formung eines Fibrinbelages, welcher reich an Entzündungszellen ist und schließlich von einem zellreichen, fibrovaskulären Narbengewebe ersetzt wird(13; 23; 68).

Die Umwandlung dieses Gewebes in ursprüngliches Meniskusgewebe dauert mehrere Monate. Während dieser Zeit sind die biomechanischen Eigenschaften des Narbengewebes reduziert.

Die Beobachtung dieser „Selbtheilung“ von peripheren Meniskusrissen stellt die Grundlage für die Entwicklung von Refixationstechniken peripherer Meniskusrisse dar. Dabei ist es das Ziel, durch Implantate oder Drahttechniken eine permanente Annäherung der Rissflächen zu erreichen und dadurch die Spontanheilung zu verbessern.

Aufgrund der Bedeutung der Vaskularität für den Erfolg der Refixation werden 3 Zonen unterschieden:

- a) Rot-rote-Zone; verfügt über eine funktionelle Blutversorgung an beiden Seiten der Läsion und zeigen die beste Prognose zur Heilung(9).
- b) Rot-weiße-Zone; besteht nur eine Vaskularität am peripheren Läsionsteil. Auch hier ist durch Bildung eines Fibrinbelages eine Heilung möglich(9).

- c) Weiß-weiße-Zone; es besteht keinerlei Blutversorgung und eine Heilung ist im Normalfall nicht zu erwarten.

Durch Anlage vaskulärer Zugangskanäle bzw. die Verwendung von gestielten oder freien Synoviallappen, Fibrinklumpen oder der Implantation autologer prekultivierter Stammzellen wurde versucht, eine bessere Heilung im avaskulären Bereich des Meniskus zu erreichen(19; 39; 69; 70). Es zeigte sich jedoch, dass die mechanischen Eigenschaften des resultierenden Narbengewebes wesentlich schlechter sind, als die des ursprünglichen Meniskusgewebes (70).

Die Fragestellung der durchgeführten klinischen Studie bestand deshalb darin:

- 1.) Es sollen die klinischen und radiologischen Veränderung mit Hilfe des modifizierten Scores nach Lysholm bei Patienten mit stattgehabter Meniskusrefixation im prä- und postoperativen Verlauf festgestellt werden.
- 2.) Es soll der Einfluss der zeitnahen Versorgung einer Ruptur des vorderen Kreuzbandes mittels vorderer Kreuzbandplastik auf den prä- und postoperativen Verlauf des modifizierten Scores nach Lysholm und Gillquist nach Meniskusrefixation festgestellt werde

3. Methoden und Studiendurchführung

3.1 Ethische und gesetzliche Bedingungen

Die Planung und Durchführung der Studie entsprach den Empfehlungen der Deklaration von Helsinki (Somerset West 1996).

Ein Votum der Ethikkommission war nicht notwendig.

Um den Datenschutzbestimmungen zu entsprechen, wurde für jeden Probanden ein Code, bestehend aus den Initialen des Namens und einer zugeordneten Nummer, erstellt (siehe Anhang 1). Eine Identifizierung der Person anhand der gespeicherten Daten ist somit nicht möglich. Die gewonnenen Daten wurden mit Hilfe der elektronischen Datenverarbeitung gesichert und ausgewertet. Über die Verwendung der erhobenen Daten zu Publikationszwecken wurden die Probanden in schriftlicher und mündlicher Form aufgeklärt und gaben ihr Einverständnis.

Alle erhobenen Daten wurden einer internen Qualitätsprüfung unterzogen und sind in der Orthopädischen Klinik und Poliklinik der Universität Greifswald für 15 Jahre archiviert.

3.2 Studiendesign

Die Durchführung erfolgte an 77 männlichen und 30 weiblichen, gesunden Patienten als kontrollierte, offene und prospektive Studie im Zeitraum vom 01.01.2000 bis 31.12.2003. In diesem Zeitraum erfolgte die operative Versorgung sowie die Nachuntersuchung der Patienten.

Als Ausschlußkriterien waren festgelegt:

- 1.) ein früherer ipsilateraler Meniskusschaden mit anschließender Meniskuschirurgie
- 2.) eine schwere arthroskopische Arthrose (Outerbridge 3-4)(71)
- 3.) eine hintere Kreuzband- und Seitenbandinstabilität
- 4.) Patientenalter > 66 Jahre

Die Untersuchung erfolgte anhand

- 1) der Anamnese,
- 2) der klinischen Untersuchung
- 3) des modifizierten Lysholm Knee Score jeweils präoperativ, sowie 6 Monate und 24 Monate postoperativ.

3.3 Material und Methoden

3.3.1 Der modifizierte Knee Score nach Lysholm und Gillquist

Zur Auswertung der gewonnenen klinischen Daten wurde der modifizierte Knee Score nach Lysholm und Gillquist genutzt(72; 73).

Die Datenerhebung erfolgte präoperativ, 6 Monate postoperativ und 24 Monate postoperativ. Das durchschnittliche Follow-up betrug 20 Monate.

Der Knee Score nach Lysholm und Gillquist ist ein klinischer Score, welcher für die Untersuchung von Knie- bzw. Bandinstabilitäten und Meniskusverletzungen des Kniegelenkes genutzt wird. Die Kriteriengewichtung erfolgt in % von 100 Punkten und teilt sich wie folgt auf:

- a) Hinken 5%
- b) Gehhilfen 5%
- c) Treppensteigen 10%
- d) Kauern 5%
- e) Instabilität subjektiv 30%
- f) Schmerz 30%
- g) Schwellung 10%
- h) Muskelumfang 5%

Der Knee Score nach Lysholm und Gillquist ist ein überwiegend subjektiver Score(95%).

Zusätzlich erfolgte die Anfertigung von Röntgenaufnahmen der betroffenen Kniegelenke in 2 Ebenen (a.p. im Stehen und seitlich) präoperativ, 6 Monate postoperativ und 24 Monate postoperativ.

Die Auswertung erfolgte in Anlehnung an den Score nach Freeman et al., wobei die röntgenologischen Veränderungen einer Kriteriengewichtung von 20% bezogen auf 30 Punkte entsprechen(74). Der maximale Punktwert ist 6 - normales Röntgenbild, 5 - abgeflachte Kondylen, 4 – periphere Osteophyten, 2 – Gelenkspaltverschmälerung und Osteophytenbildung, 0 – schwere Arthrose.

3.3.2 Probandencharakteristik

3.3.2.1 Alter, Gewicht, Größe

In die klinische Studie waren 107 männliche und weibliche Probanden (Kaukasier) eingeschlossen, die aus dem Patientenstamm der Orthopädischen Klinik und Poliklinik der Universität Greifswald rekrutiert wurden. Von den 107 Patienten waren 77 (72%) männlichen Geschlechts und 30 (29%) weiblichen Geschlechts.

Das durchschnittliche Patientenalter betrug 30,4 Jahre (16-67). Zur Altersgruppe unterhalb von 40 Jahren gehörten 83 (77,57%) Patienten, 24 (22,42%) Patienten waren älter als 40 Jahre.

Bei einer durchschnittlichen Patientengröße von 171,3 cm (164-196) lag das Durchschnittsgewicht bei 76,2 kg (51-98).

3.3.2.2 Angewandte OP-Techniken

Die Operationen wurden zwischen Januar 2000 und Dezember 2003 von 7 Operateuren durchgeführt. Die chirurgische Technik war nicht randomisiert. Insgesamt wurden 107 Patienten mit einer Meniskusrefixation im Bereich des medialen 80 (74,7%) und des lateralen 27 (25,3%) Meniskus versorgt.

Tabelle 1: Lokalisation Refixation

	Medialer Meniskus	Lateraler Meniskus
Meniskusrefixation	80 (74,7%)	27 (25,3%)

Eingeschlossen in die klinische Nachuntersuchung waren ausschließlich Meniskusrisse zwischen 10 und 30 mm Länge in der Rot-roten bzw. Rot-weißen Zone.

37 (34,6%) Patienten erhielten zusätzlich eine vordere Kreuzbandplastik bei vorderer Kreuzbandruptur. Bezogen auf das gesamte Kollektiv (n=107) waren das 26 (24,3%) männliche Patienten und 11 (10,3%) weibliche Patienten.

Die Versorgung des Meniskusrisses mit einem FastT-Fix System erfolgte bei 37 (33,6%) aller Patienten. 13 (12,1%) der mit dem FastT-Fix System operierten Patienten erhielten zusätzliche eine vordere Kreuzbandplastik bei vorderer Kreuzbandruptur.

Die operative Versorgung mit einem Hybridverfahren (Inside-out oder Outside-in Naht sowie Arrow) wurde bei 23 (21,5%) der Patienten des Gesamtkollektivs (n=107) durchgeführt. Eine vordere Kreuzbandplastik bei vorderer Kreuzbandruptur war zusätzlich bei 7 (6,5%) Patienten notwendig.

Eine Refixation des Meniskusrisse mittels Arrow war Operation der Wahl bei 47 (44,0%) aller Patienten, davon erfolgte bei 17 (15,9%) die additive Versorgung mit einer vorderen Kreuzbandplastik bei vorderer Kreuzbandruptur.

3.3.2.3 Zeitlicher Verlauf

Die durchschnittliche Zeitspanne zwischen der Verletzung des Meniskus und der Operation betrug 2,6 Monate. 52 (48,6%) der Patienten wurden innerhalb eines Monats operiert, 25 (23,4%) zwischen dem ersten und dem dritten Monat, 15 (14%) zwischen dem dritten und sechsten Monat und 15 (14%) nach dem 6 Monat nach Verletzung des Meniskus.

Die zusätzliche Versorgung mit einer vorderen Kreuzbandplastik bei vorderer Kreuzbandruptur erfolgte bei 5 (4,7%) der Patienten zeitgleich, bei 5 (4,7%) innerhalb

des ersten Monats, bei 13 (12,1%) zwischen dem ersten und dem zweiten Monat, bei 7 (6,5%) zwischen dem zweiten und dritten Monat und bei 7 (6,5%) aller Patienten nach dem dritten Monat.

3.3.2.4 Rehabilitation

Bei alleiniger Meniskusnaht wird die Nachbehandlung in der Einheilungsphase (4-6 Wochen) von 2 Faktoren bestimmt:

- 1.) der Belastung bzw. Entlastung des operierten Beines
- 2.) dem Bewegungsumfang des Kniegelenkes.

Ausgehend von der Erfahrung, dass eine aggressive Rehabilitation zu einer erhöhten Revisionsrate führt(1), führten wir in den ersten 2-3 postoperativen Wochen eine Teilbelastung von 10 kg und Extension/Flexion von 0/0/60° durch(75). Danach wurde die belastete Flexion bis einschließlich des dritten postoperativen Monats auf 90° eingeschränkt. Radfahren ohne Widerstand war ab der 4.-6. Woche erlaubt. Im genannten Zeitraum wurde von uns eine Orthese mit Bewegungslimitierung auf 0/0/90° eingesetzt. Diese Form der Rehabilitation wurde den Patienten von uns empfohlen und als moderat bezeichnet. Wurden eine frühere Vollbelastung, Flexion oder Rückkehr zum Sport durchgeführt, wurde dies als aggressive Rehabilitation bezeichnet.

3.3.2.5 Statistische Methoden

Die statistische Auswertung der erhobenen Daten erfolgte mit den Programmen Microsoft Excel 5.0 und SPSS. Statistische Vergleiche wurden mit dem Symmetrietest und dem Wilcoxon-Vorzeichen-Rangsummen-Test für verbundene Stichproben durchgeführt. Eine Irrtumswahrscheinlichkeit von $p < 0,05$ wurde einheitlich festgelegt.

4. Ergebnisse

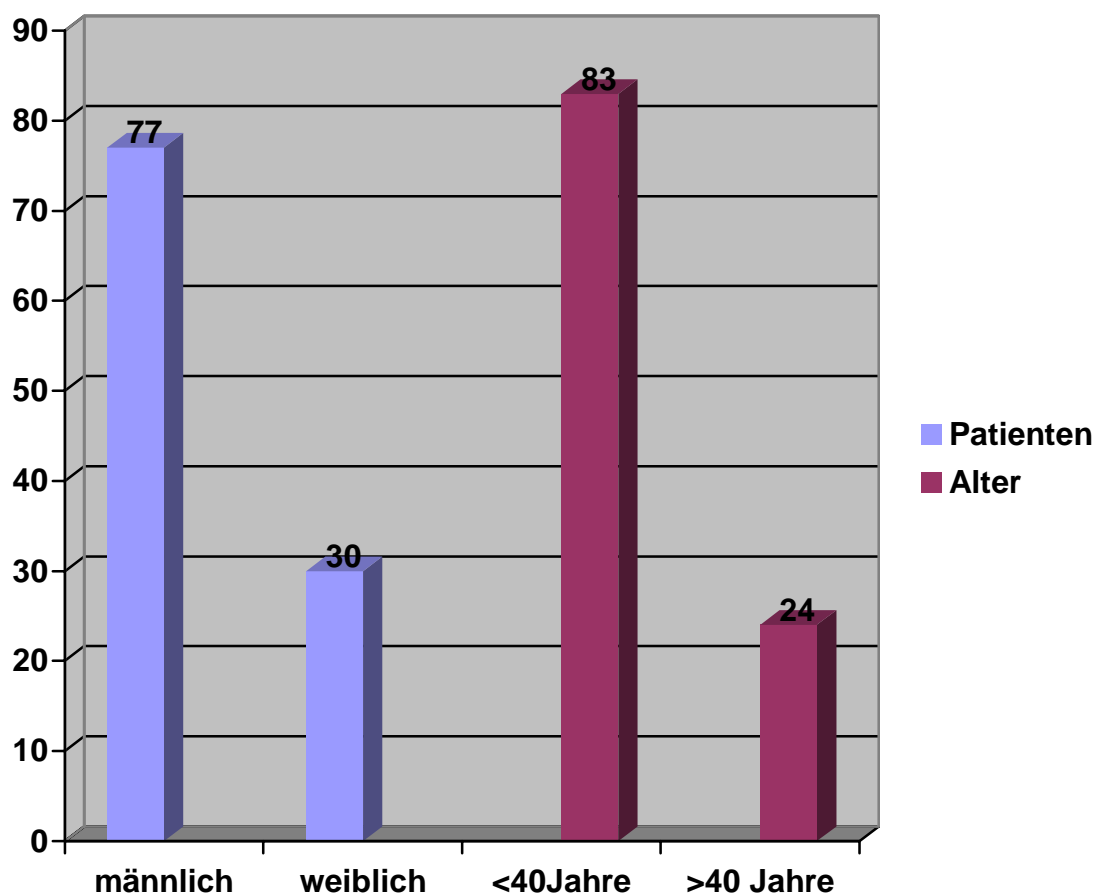
4.1 Compliance und Studiendisziplin

Die klinische Studie wurde im Zeitraum von Januar 2000 bis Dezember 2003 durchgeführt. Es kamen keine Studienabbrüche vor. Die im Prüfplan vorgesehenen Untersuchungen wurden ohne Einschränkungen an allen Patienten durchgeführt, so dass vollständige Daten für 107 Studienteilnehmer erhoben werden konnten.

Alle Patienten waren sowohl bei der Einschluß- als auch bei den folgenden Untersuchungen gesund.

Die Berechnung der Standardabweichung erfolgte als Quadratwurzel aus der Varianz und wird im folgenden Text mit δ bezeichnet.

Abb. 1: Alters- und Geschlechtsverteilung



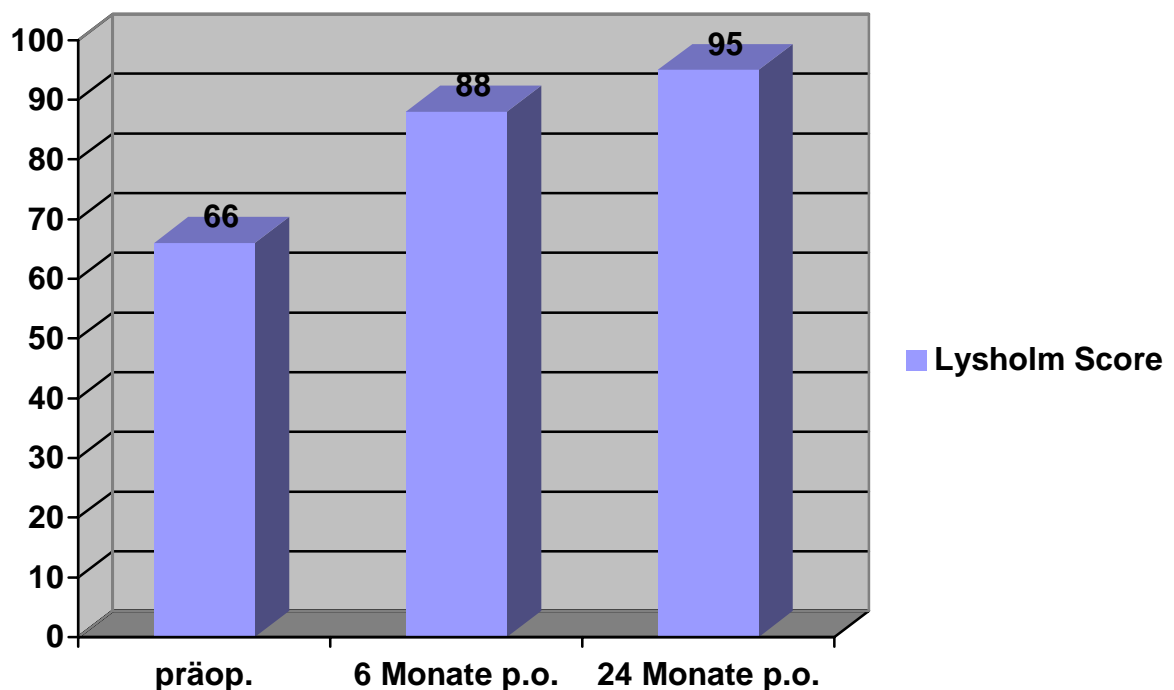
4.2 Scoreverlauf

4.2.1 Gesamtscore

Die Auswertung der Ergebnisse nach den Kriterien des Lysholm Knee Scores im Gesamtkollektiv (n=107) ergab einen durchschnittlichen Punktwert von 66 (47-78, $\bar{\delta}=1,07$) von maximal 100 Punkten zum Zeitpunkt der präoperativen Untersuchung. Bereits die erste postoperative Verlaufskontrolle nach 6 Monaten zeigte einen Anstieg des durchschnittlichen Punktwertes auf 88 (66-96, $\bar{\delta}=1,061$) Punkte. Nach 24 Monaten postoperativer Untersuchung wurde ein durchschnittlicher Punktwert von 94,6 (86-100, $\bar{\delta}=1,063$) erreicht.

Der Symmetrietest sowie der Vorzeichentest ergaben eine signifikante Veränderung im Sinne einer Verbesserung des Lysholm Knee Scores vom präoperativen Untersuchungszeitpunkt bis zur letzten Untersuchung nach 24 Monaten postoperativ.

Abb 2 : Allgemeiner Scoreverlauf



4.2.2 Scoreverlauf bei zusätzlicher VKB-Plastik

Die Patienten ohne Ruptur des vorderen Kreuzbandes (n=70) mit alleiniger Meniskusrefixation zeigten im Beobachtungszeitraum ebenso eine signifikante Verbesserung (Wilcoxon-Test) der Werte des Lysholm Knee Scores, wie die Patienten mit zusätzlich erfolgter vorderer Kreuzbandplastik bei vorderer Kreuzbandruptur (n=37).

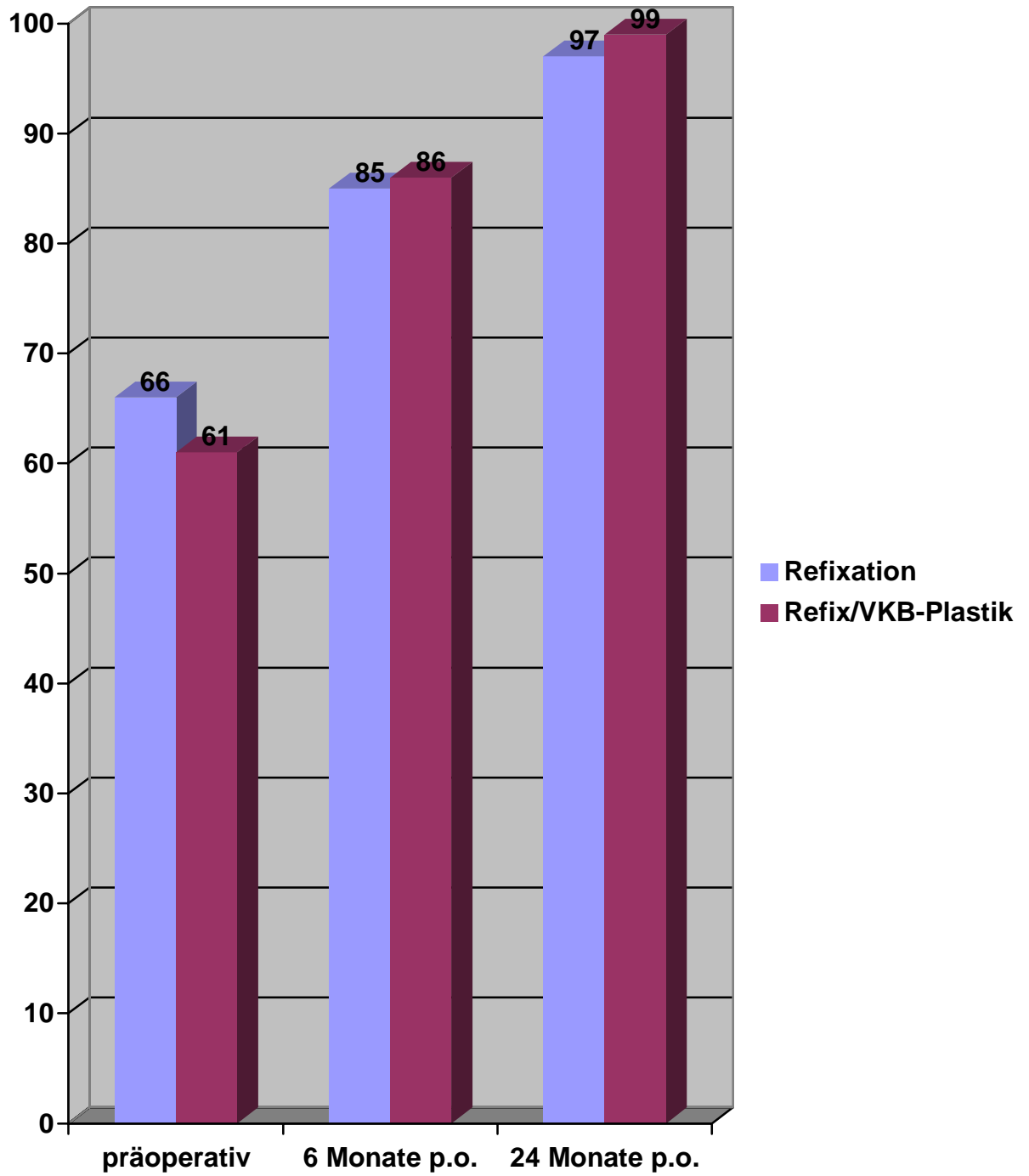
So lag der präoperative Punktwert im erstgenannten Kollektiv bei 66 Punkten ($\delta=1,05$). Er steigerte sich im weiteren Verlauf in der nach 6 Monaten erfolgten Untersuchung auf 85 ($\delta=1,071$) und in der nach 24 Monaten erfolgten Untersuchung auf 97 ($\delta=1,062$) von 100 Punkten.

Im Patientenkollektiv mit zusätzlich erfolgter vorderer Kreuzbandplastik lag der ermittelte Punktwert des Lysholm Knee Score mit 61 Punkten ($\delta=1,052$) unter dem Wert der Patienten mit alleiniger Meniskusläsion.

Bereits nach 6 Monaten war ein Anstieg auf 86 Punkte ($\delta=1,04$) und nach 24 Monaten auf 99 von 100 Punkten ($\delta=1,028$) zu verzeichnen.

Es besteht ein signifikanter Unterschied zwischen beiden Gruppen im Bezug auf die Differenzen (Wilcoxon Test, $p<0,05$) der ermittelten Scorewerte im prä- und postoperativen Verlauf im Sinne einer deutlicheren Verbesserung im Kollektiv mit zusätzlicher vorderer Kreuzbandplastik.

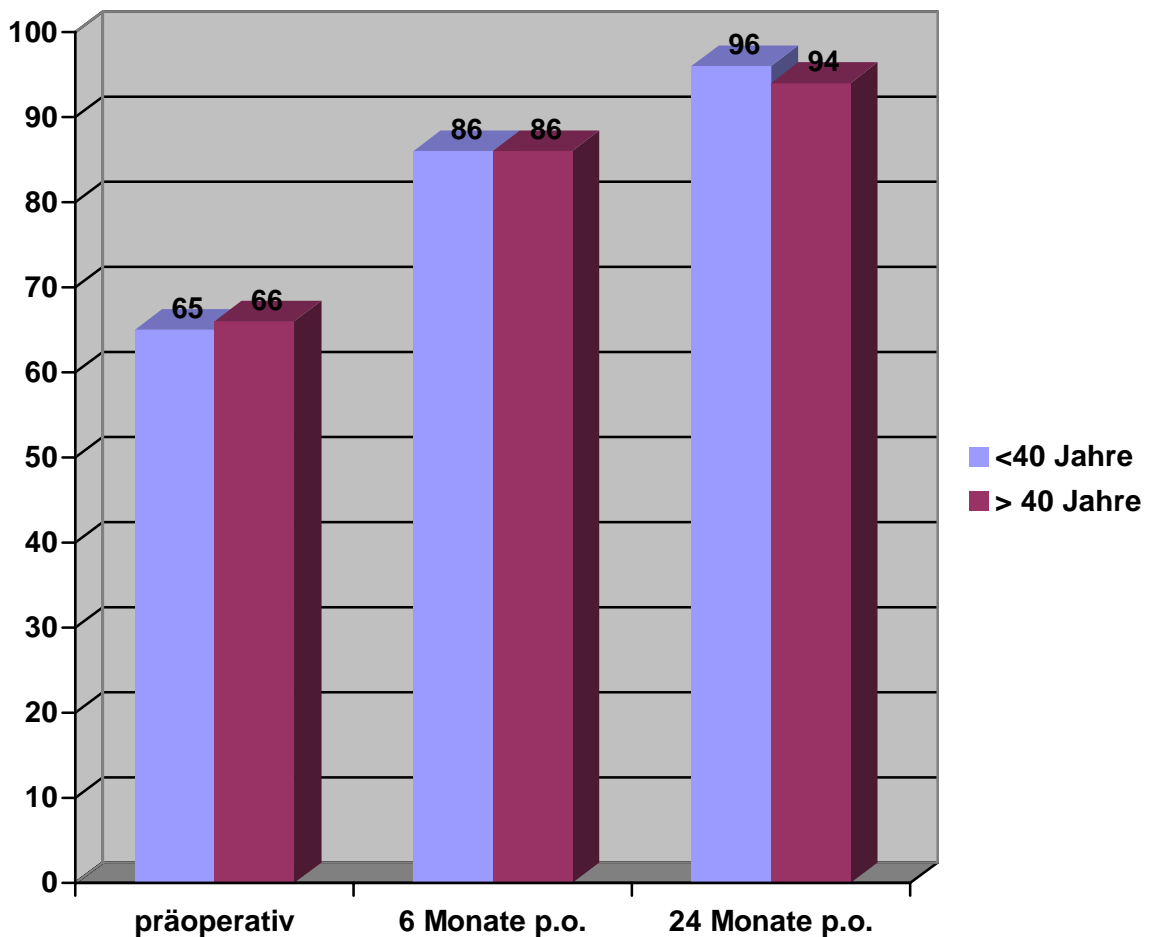
Abb 3 : Scoreverlauf bei Refixation mit und ohne VKB-Plastik



4.2.3 Patientenalter und Scoreverlauf

Das Patientenalter hatte keinen wesentlichen Einfluss auf die im prä- und postoperativen Verlauf ermittelten Punktwerte. So betrug die präoperative Punktzahl in dem Patientenkollektiv unterhalb 40 Jahre (n=83) 65 ($\bar{\delta}$ =1,034) von 100 Punkten, die 6 Monate postoperative lag bei 86 ($\bar{\delta}$ =1,045) und die 24 Monate postoperative bei 96 ($\bar{\delta}$ =1,067) Punkten. Ähnlich verhielt es sich in dem Kollektiv oberhalb 40 Jahre. Hier betrug der präoperative Ausgangswert 66 ($\bar{\delta}$ =1,034) von 100 Punkten, der 6 Monate postoperative 86 ($\bar{\delta}$ =1,057) und der 24 Monate postoperative 94 ($\bar{\delta}$ =1,036).

Abb 4: Scoreverlauf in Abhängigkeit vom Alter



4.2.4 Scoreverlauf und OP-Techniken

Keine signifikanten Unterschiede wurden im Bezug auf die genutzte Operationstechnik und den Scoreverlauf festgestellt.

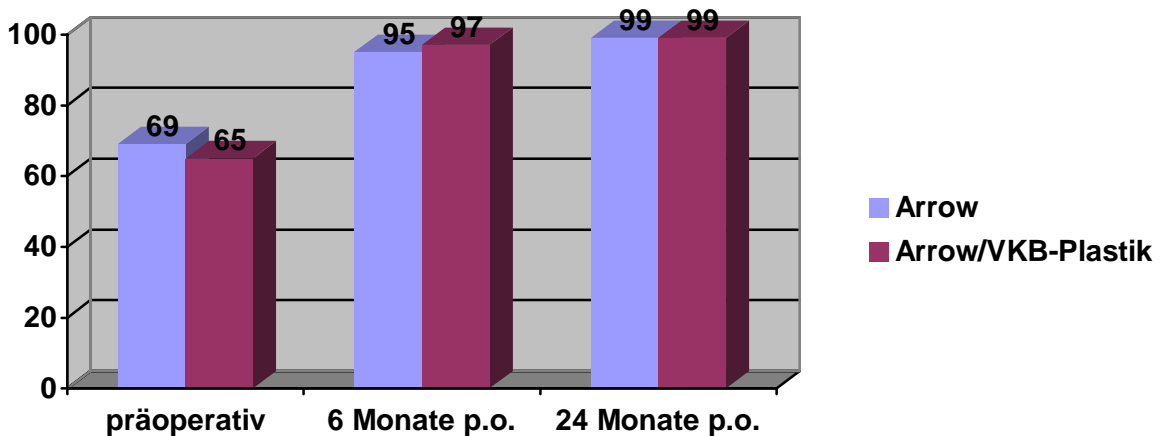
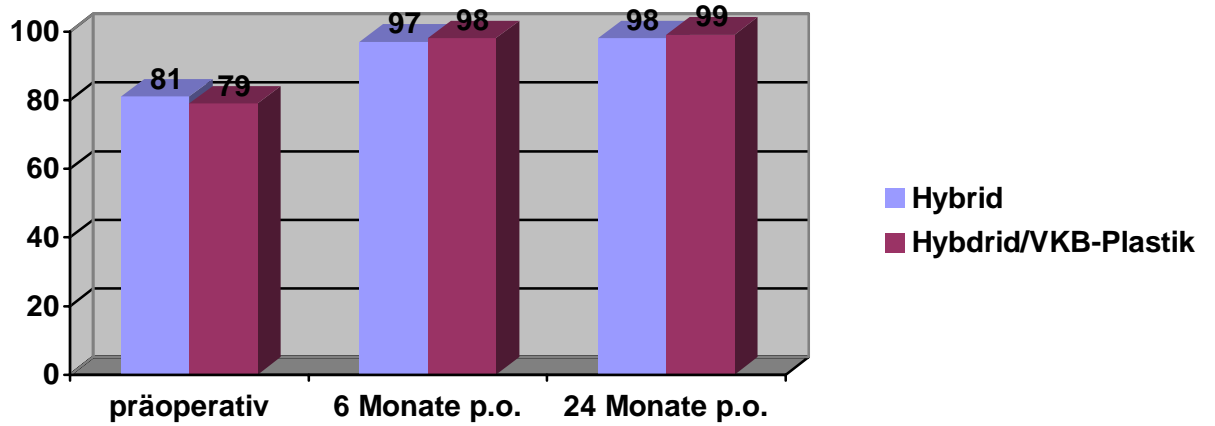
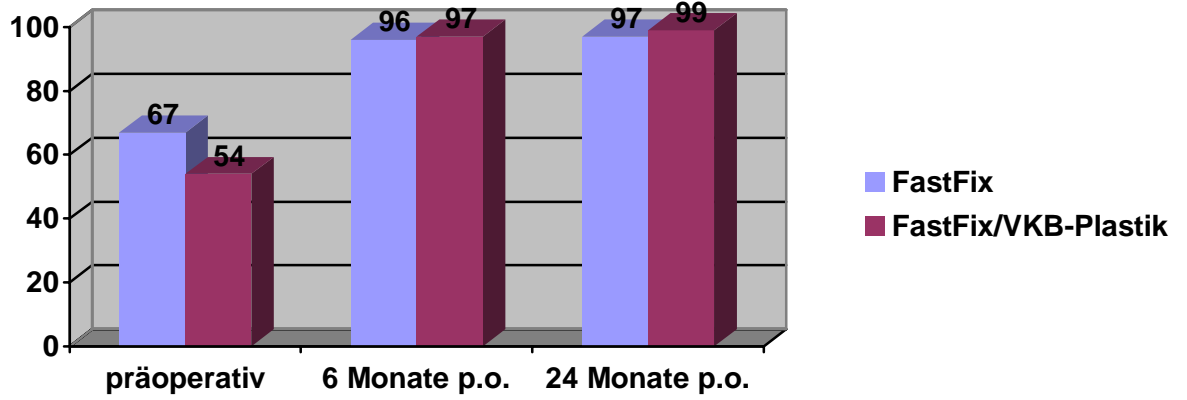
So lag der präoperative Punktwert bei der Fast-Fix Technik bei 67 ($\delta=1,064$) von 100 Punkten, der 6 Monate postoperativ ermittelte Punktwert bei 96 ($\delta=1,078$) Punkten und der 24 Monate postoperativ festgestellte Wert bei 97 ($\delta=1,091$ Punkten. Ähnlich verhielt es sich bei der Hybridtechnik präoperativ 81 ($\delta=1,034$), 6 Monate postoperativ 97 ($\delta=1,081$), 24 Monate postoperativ 98 ($\delta=1,043$) und bei der Arrowrefixation präoperativ 69 ($\delta=1,026$), 6 Monate postoperativ 95 ($\delta=1,053$), 24 Monate postoperativ 99 ($\delta=1,23$).

Signifikant bessere Werte im Scoreverlauf konnten wiederum bei den Techniken mit zusätzlicher vorderer Kreuzbandplastik verzeichnet werden (VorzeichenTest).

So lagen die postoperativ ermittelten Punktwerte bei Fast Fix, Hybrid- und Arrow-Technik mit zusätzlicher vorderer Kreuzbandplastik um mindestens 3 Scorepunkte höher als bei alleiniger Meniskusrefixation.

Einen genauen Überblick über den Scoreverlauf der einzelnen Techniken vermittelt Abbildung 5.

Abbildung 5: Scoreverlauf der einzelnen OP-Techniken



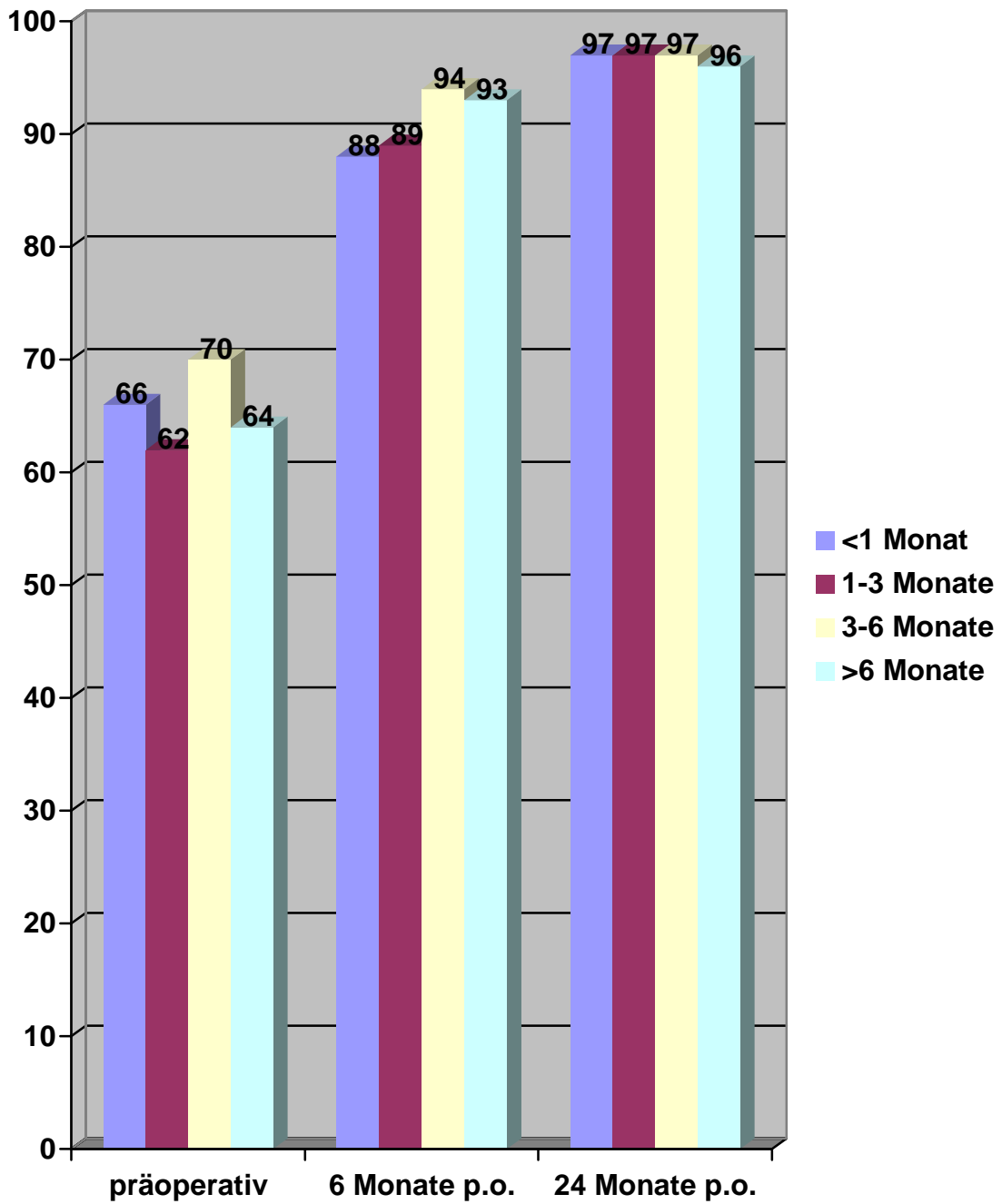
4.2.5 Zeitlicher Verlauf und Scoreverlauf

Die Zeitspanne zwischen dem Unfallereignis bzw. der Verletzung und der Operation hatte keinen signifikanten Einfluss auf den postoperativen Verlauf.

So liegen die Punktwerte der ersten postoperativen Kontrolle nach 6 Monaten zwischen 88 ($\delta=1,67$) (OP innerhalb eines Monats) und 91 ($\delta=1,87$) (OP mehr als 6 Monate nach Unfall) Punkten des Lysholm Knee Scores.

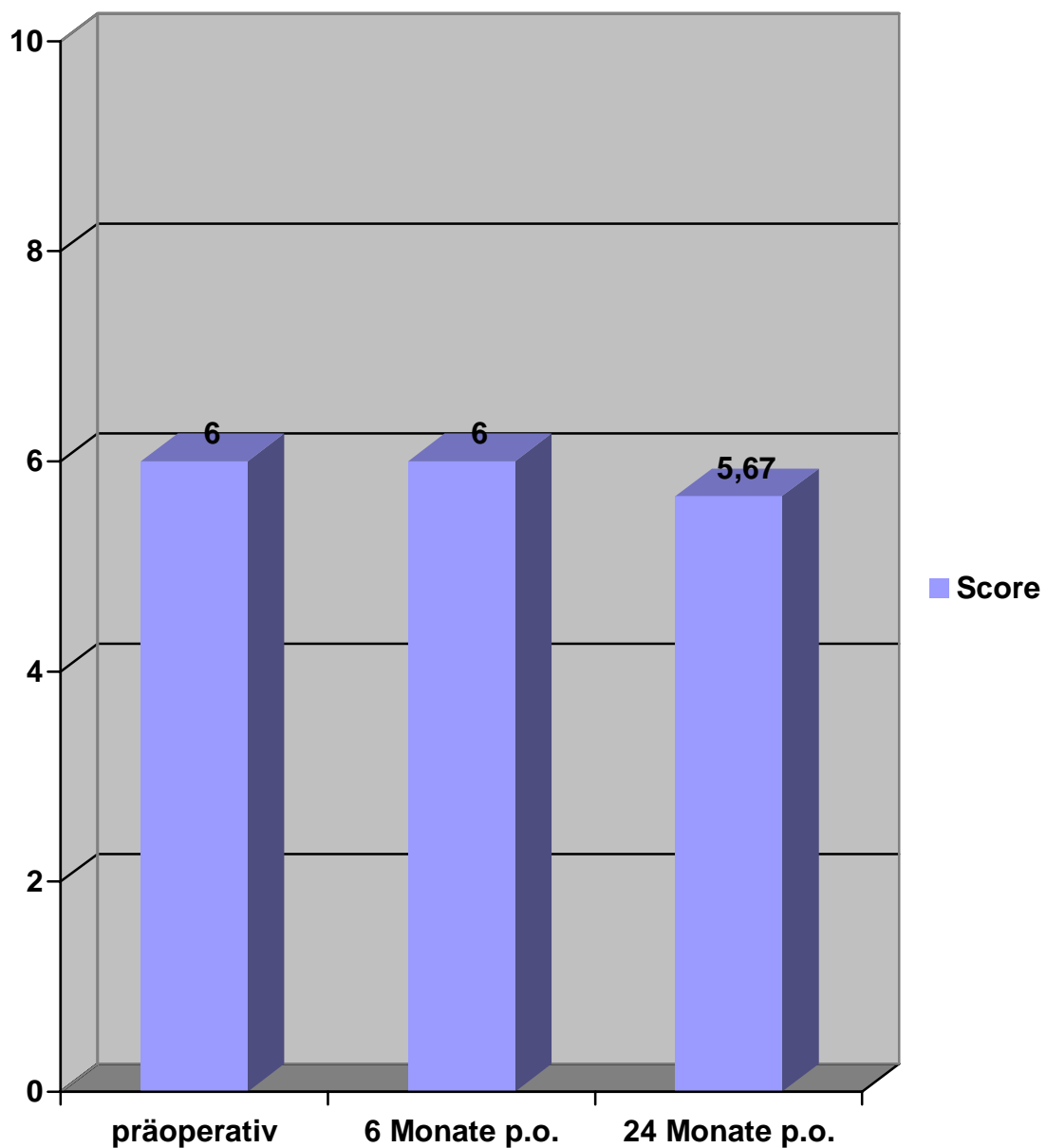
Auch die nach 24 postoperativen Monaten durchgeführte Untersuchung zeigte keine signifikanten Differenzen. Der Punktwert lag bei 97 ($\delta=1,023$) (OP innerhalb eines Monats), 97 ($\delta=1,065$) (OP zwischen 1.-3. Monat), 97 ($\delta=1,85$) (OP zwischen 3.-6. Monat) und 96 ($\delta=1,73$) (OP nach mehr als 6 Monaten).

Abb. 6: Scoreverlauf in Abhängigkeit vom zeitlichen Verlauf Verletzung-OP



4.2.6 Radiologischer Scoreverlauf

Die Verlaufskontrolle mittels des modifizierten und objektivierten Lysholm Knee Scores bezogen auf röntgenologische Arthrosezeichen zeigte keine signifikanten Veränderungen. So lag der präoperativ ermittelte Punktwert genau wie der nach 6 Monaten festgestellte Wert bei 6 von 6 möglichen Punkten. Der durchschnittliche Punktwert nach 24 Monaten lag exakt bei 5,67 und wurde auf 6 aufgerundet.



4.3 Revisionen

Von den 107 im Follow-up nachuntersuchten Patienten zeigten 17 (15,8%) klinische Zeichen einer Meniskusschädigung.

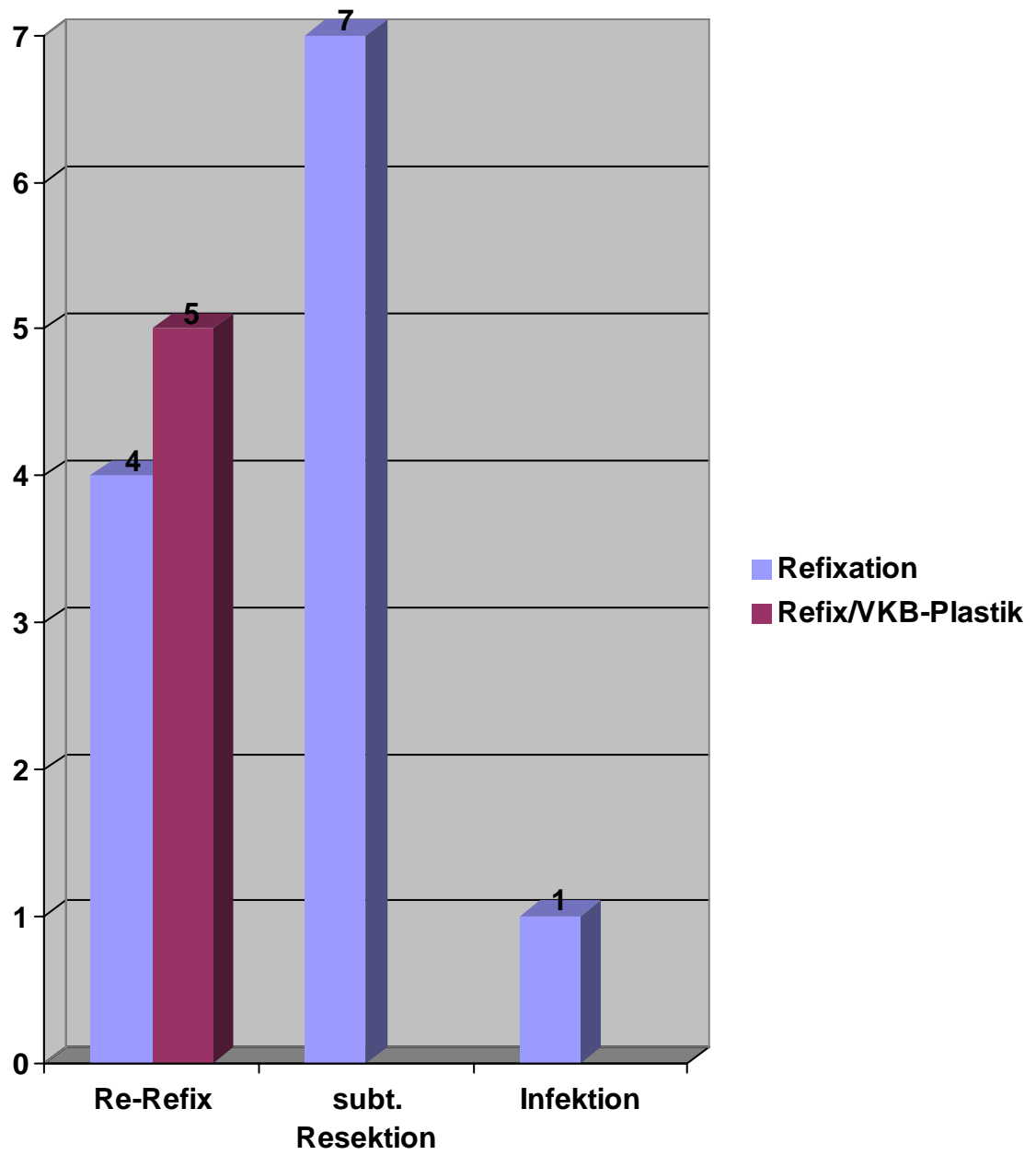
7 (6,5%) unterzogen sich daraufhin einer subtotalen Menishektomie. Bei 9 (8,4%) wurde eine Re-refixation des geschädigten Meniskus durchgeführt

.In einem Fall (0,9%) kam es zu einer postoperativen Frühinfektion. Der Keimnachweis im Abstrich ergab Staph. aureus. Der Patient wurde mittels arthroskopischer Spülung des betroffenen Gelenkes und antibiotischer Abschirmung nach Resistogramm behandelt

.Die durchschnittliche Zeit von der ursprünglichen Meniskusrefixation zur Revision betrug 11,8 Monate (2-23). Bei 5 (4,7%) aller revidierten Patienten wurde gleichzeitig eine vordere Kreuzbandplastik durchgeführt.

Weitere Komplikationen (neurologische Komplikationen, Irritationen, Gefäßverletzungen) traten in der Studie nicht auf.

Abb. 7: Revisionen



5. Diskussion

Die große Bedeutung der Menisken für die Funktion und den Erhalt des Kniegelenkes ist heute unumstritten. Folglich sollte das Ziel jedes arthroskopischen Eingriffs am Meniskus im Idealfall dessen vollständiger Erhalt durch eine Refixation sein.

Im Verlauf der letzten Jahrzehnte, insbesondere der letzten 20 Jahre, hat die Meniskuschirurgie einen umfangreichen Wandel erlebt.

Bereits 1885 wurden von Thomas Annandale erste Versuche einer offenen Meniskusrefixation gemacht(76). Trotzdem gab es bis vor etwa 15 Jahren nur sporadisch Berichte über Refixationen von akuten oder chronischen Längsrissen des Meniskus(77).

Basierend auf den ersten tierexperimentellen Arbeiten von Arnoczky, Warren und Carbaud et al. wurde die offene Meniskusnaht in den 80er Jahren zur Routineoperation(14; 31; 33; 78).

Die erste arthroskopische Meniskusnaht wurde von Ikeuchi, einem Schüler von Watanabe, einem der bedeutendsten Pioniere der Arthroskopie, im Jahre 1976 beschrieben. Einige Jahre später folgten weitere Berichte(28-30; 54; 79; 80).

Mit der Entwicklung von neuen Techniken und Implantaten in den letzten 5 – 10 Jahren wurde die Meniskusrefixation vereinfacht und dadurch zunehmend populär.

Das Ziel einer Meniskusnaht bzw. Meniskusrekonstruktion sollte es sein, das Meniskusgewebe über einen Zeitraum von mehreren Wochen derart mechanisch zu unterstützen, dass es zu einer biologischen Heilung des Meniskusrisses kommen kann.

Außerdem sollte die Meniskusrekonstruktion möglichst schnell, einfach und komplikationsarm sein.

Unter Berücksichtigung der anatomischen und biomechanischen Voraussetzungen können die Meniskusrefixationen in 3 Gruppen eingeteilt werden:

- 1.) Outside-in-Technik – hier werden zwei Kanülen von außen nach innen vorgeschoben, so dass sie sowohl die Meniskusbasis als auch das zentrale Meniskusfragment perforieren. Die ventrale Kanüle ist so mit einem Faden versehen, dass dieser zu einer Schlinge geöffnet werden kann. Durch die dorsal positionierte Kanüle wird ein zweiter Faden vorgeschoben. Mit einer Faszange wird der aus der posterioren Kanüle vorgeschobene Faden durch die Schlinge der ventralen Kanüle geführt. Durch Zurückziehen der Fadenschlinge wird das freie Ende des posterioren Fadens durch die Kapsel nach außen transportiert. Beide Fadenenden können extraartikulär der Kapsel geknotet werden.
- 2.) Inside-out-Technik – Unter arthroskopischer Sicht werden fadenarmierte, biegsame Nadeln von der Gelenkinnenseite aus durch lange, lenkende Einfach- oder Doppelkanülen durch die Meniskussubstanz nach extraartikulär vorgeschoben. Wie bei der Outside-in- Technik werden die Nähte extraartikulär auf der Kapsel geknotet.
- 3.) All-inside-Technik – Mit einem Spezialinstrumentarium (suture hook) kann der Riss von intraartikulär unter arthroskopischer Kontrolle versorgt werden, ohne dass eine Nadel aus dem Gelenk ausgestochen werden muss. Die Fäden werden intraartikulär unter Verwendung des Knotenschiebers geknotet.

Unserer Hypothese war, dass die strukturelle Wiederherstellung der Menisken zu einer Wiederherstellung der Meniskusphysiologie und damit zur Heilung und Wiedererlangung der normalen Meniskusfunktion führt.

Zusätzlich sollte untersucht werden, welchen Einfluss die Versorgung vorderer Kreuzbandrupturen auf die Wiedererlangung der Meniskusfunktion hat.

Das Ergebnis einer Meniskusrefixation kann nach klinischen und anatomischen Kriterien beurteilt werden.

- 1.) Der Beurteilung und Einschätzung nach klinischen Kriterien, wie in unserer Studie erfolgt, liegt das Vorhandensein oder Fehlen von Meniskuszeichen oder Ergussbildung zugrunde.
Morgan et al. berichtete nach Kontrollarthroskopien, dass alle asymptomatischen Patienten einen komplett oder inkomplett geheilten Meniskus hatten, während von den symptomatischen Menisken keiner geheilt war(53).
- 2.) Die Beurteilung nach anatomischen Kriterien kann nur sinnvoll arthroskopisch erfolgen(28). Üblich ist die Einteilung in komplette Heilung, inkomplette Heilung und fehlende Heilung. Second-look-Eingriffe nach Meniskusrefixation werden kritisch beurteilt, da sie invasiv und kostenträchtig sind(50; 81).

In unserer Studie erfolgte die Beurteilung nach klinischen Kriterien anhand des modifizierten Lysholm Knee Scores sowie der prä- und postoperativ angefertigten Röntgenaufnahmen.

Überlegungen, zusätzlich im postoperativen Verlauf ein MRT des operierten Kniegelenkes zur Verifizierung des anatomischen Heilungsverlaufes anzufertigen, wurden aus folgenden Gründen verworfen:

- 1.) In mehr als 50 % der nach Meniskusrefixationen angefertigten MRT kommt es zu falsch-positiven Ergebnissen(82).
- 2.) Es ist keine suffiziente Unterscheidung zwischen kompletter bzw. inkompletter Heilung des refixierten Meniskus möglich(83).
- 3.) Die hohen Kosten der MRT als Routinenachuntersuchung stellen einen limitierenden Faktor dar.

5.1 Klinische Heilungsraten

Die in unserer Studie gewonnenen Ergebnisse für alle Meniskusrefixationen zeigten eine signifikante Steigerung der Punktwerte des Lysholm Knee Scores im postoperativen Verlauf auf 88 von 100 Punkten nach 6 Monaten bzw. 95 von 100 Punkten nach 24 Monaten (Abb. 1).

Damit wird eine durchschnittliche Heilungsrate von 92 % erreicht, welche den klinischen und anatomischen Heilungsraten in der Literatur entspricht. Diese werden zwischen 50 und 95 % angegeben(80; 84-89).

Ein wichtiger subjektiver Parameter für die Lebensqualität stellt heute die Sportfähigkeit dar. In hochindustrialisierten Ländern wird die postoperative Sportfähigkeit von den Patienten höher bewertet als die postoperative Arbeitsfähigkeit. Nachweislich kommt es nach einer Operation immer zur Reduzierung der sportlichen Aktivität.

Untersuchungen nach Meniskusrefixationen u.a. durch Herrmann und Fox et al. zeigen aber, dass die Mehrzahl der mit einer Meniskusrefixation versorgten Patienten in großer Zahl postoperativ weiter Sport (hauptsächlich Freizeitsport) betrieben haben(90).

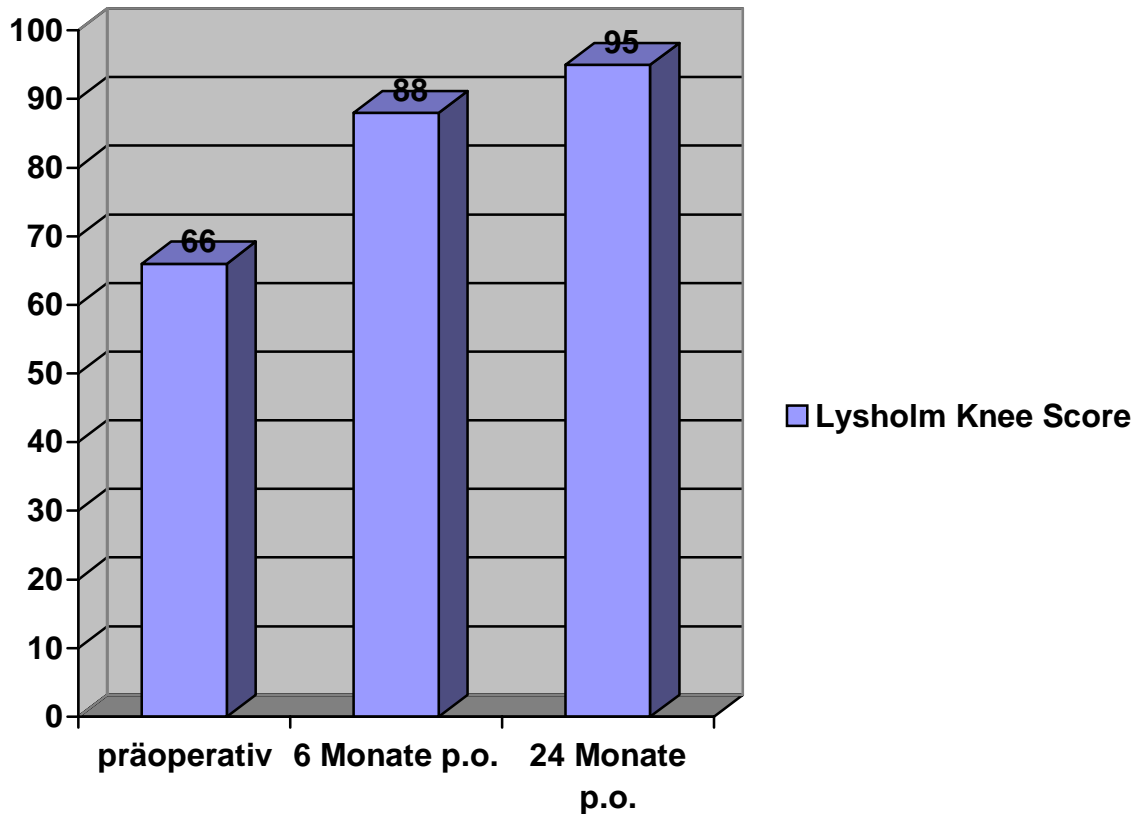
Ähnliche Ergebnisse konnten wir auch für unserer Nachuntersuchungen verzeichnen. So war ein signifikanter postoperativer Anstieg der Punktwerte der Sportparameter;

- 1)Gehen
- 2) Laufen
- 3) Springen

bei 92% der Patienten zu verzeichnen.

Auf Grund der dieser Erkenntnisse ist es verständlich und notwendig, dass bei entsprechenden Voraussetzungen meniskuserhaltende Eingriffe angestrebt werden sollten.

Abb. 8: Lysholm Score



5.2 Einfluß der VKB-Plastik auf die Heilungsrate

Die Inzidenz von simultan auftretenden Verletzungen des vorderen Kreuzbandes bei Patienten mit Meniskusläsionen wird in der Literatur mit 35 – 76 % angegeben(91-95).

Diese Aussage stimmt mit den in unserer Studie erhobenen Ergebnissen überein. So erhielten von 107 mit einer Meniskusrefixation versorgten Patienten 37 zusätzlich eine vordere Kreuzbandplastik bei vorderer Kreuzbandruptur.

Dies entspricht einem prozentualen Anteil am Gesamtkollektiv von 34,6 %.

Es zeigte sich in Studien, in denen die Heilungsrate nach klinischen Kriterien beurteilt wurde, dass Meniskusrefixationen mit gleichzeitiger vorderer Kreuzbandplastik die höchste Heilungsrate hatten, während Nähte bei instabilen Kniegelenken ohne zusätzlichen vorderen Kreuzbandersatz die geringsten Heilungsraten aufwiesen(96).

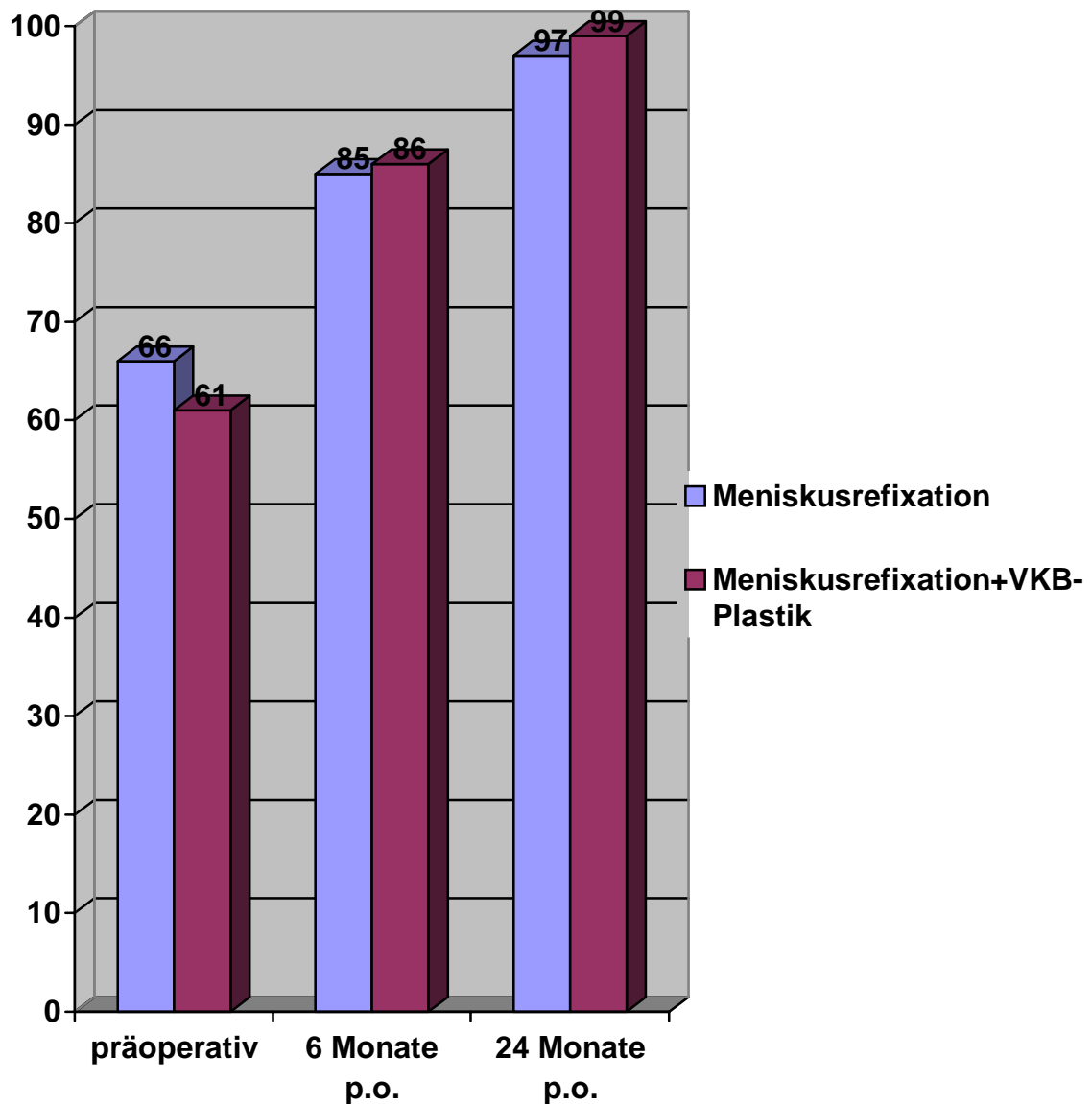
In unserer Studie besteht ein signifikanter Unterschied (Wilcoxon-Test) zwischen den prä- und postoperativen Verlaufswerten des Lysholm Knee Scores bei Patienten mit alleiniger Meniskusrefixation und Patienten mit zusätzlicher vorderer Kreuzbandplastik (Abbildung 9).

Erwartungsgemäß liegen die präoperativen klinischen Ausgangswerte bei Patienten mit zusätzlicher vorderer Kreuzbandruptur mit 61 Punkten unter den Werten der Patienten ohne vordere Kreuzbandruptur mit 66 Punkten.

Im weiteren postoperativen Verlauf kommt es dann zu einer Annäherung der Werte (6 Monate p.o.) beider Gruppen bzw. zu einem höheren Punktwert und damit einem besseren klinischen Ergebnis der Patienten mit zusätzlicher vorderer Kreuzbandplastik bei vorderer Kreuzbandruptur.

Es konnte somit eine höhere Heilungsrate (95%) bei zusätzlicher vorderer Kreuzbandplastik nachgewiesen werden.

Abb. 9: Vergleich Scoreverlauf Meniskusrefixation+/- VKB-Plastik



Die höhere Heilungsrate bei gleichzeitiger vorderer Kreuzbandplastik lässt sich mit einer „biologischen Heilungsförderung“ durch den mit der Bandplastik verbundenen Hämarthros und die folgenden Erläuterungen erklären(34; 50; 52).

1) In tierexperimentellen Studien konnte nachgewiesen werden, dass die Durchblutung der Meniskusbasis bei einer Verletzung des vorderen Kreuzbandes über einen mehrwöchigen Zeitraum stimuliert wird. Bei isolierten Meniskusläsionen war dieser Effekt geringer ausgeprägt(97).

2) Möglicherweise lässt sich ein Knie mit vorderer Kreuzbandinsuffizienz bei der Arthroskopie besser aufklappen und gibt dem Operateur mehr Raum zur Rekonstruktion, was eine bessere operationstechnische Qualität erlaubt als in einem sehr engen Knie.

3) Meniskusrefixationen bei instabilen Kniegelenken führen zu ungünstigeren Heilungsraten. Auf Grund der Bandverbindungen sind vor allem die Meniskushinterhörner Synergisten des vorderen Kreuzbandes und verhindern die vordere Tibiatranslationsbewegung(98).

4) Die anatomisch bedingte relative Immobilität des medialen Meniskus ist, insbesondere bei gestörter Gelenkinematik, die Ursache für hohe Scherkraftbelastungen des medialen Hinterhorns(99). Damit wird die Zunahme der medialen Meniskusläsion bei längerdauernder Insuffizienz des vorderen Kreuzbandes biomechanisch erklärbar und findet in der hohen Anzahl der Hinterhornrisse ihr morphologisches Korrelat(68). Mit zunehmender Dauer der Insuffizienz des vorderen Kreuzbandes kommt es nicht nur zu einer Zunahme der Anzahl der medialen Meniskusläsionen, sondern auch der Komplexität der Veränderungen. Damit wird im chronisch instabilen Kniegelenk eine Meniskusnaht immer unmöglicher mit der Folge des Auftretens von Knorpeldefekten und subchondralen Veränderungen des Femurkondylus und des Tibiaplateaus(91).

Allerdings ist ein instabiles Kniegelenk keine absolute Kontraindikation zur Meniskusrefixation. So konnten Hanks et al. nachweisen, dass bei Sportlern mit Meniskusnähten bei 23 peripher gelegenen Rissen und nicht versorgter Ruptur des vorderen Kreuzbandes nach durchschnittlich 4,5 Jahren eine Erfolgsrate von 87 % zu verzeichnen war(100-102).

Die Entscheidung zur operativen oder konservativen Behandlung einer frischen Ruptur des vorderen Kreuzbandes bei gleichzeitiger Meniskusrefixation ist von verschiedenen Faktoren abhängig.

Neben dem Alter, dem Geschlecht, dem Aktivitätsniveau, den sozialen Umständen und dem individuellen Anspruchsniveau spielen assoziierte Verletzungen, vor allem des lateralen Seitenbandes sowie Knorpeldefekte eine wesentliche Rolle(103).

Ein wichtiges Kriterium für den Erfolg einer Meniskusrefixation ist die Lokalisation in einer der vaskularisierten Zonen des Meniskus.

In unserer Studie wurden Refixationen nur in der Rot-roten- bzw. Rot-weißen Zone durchgeführt.

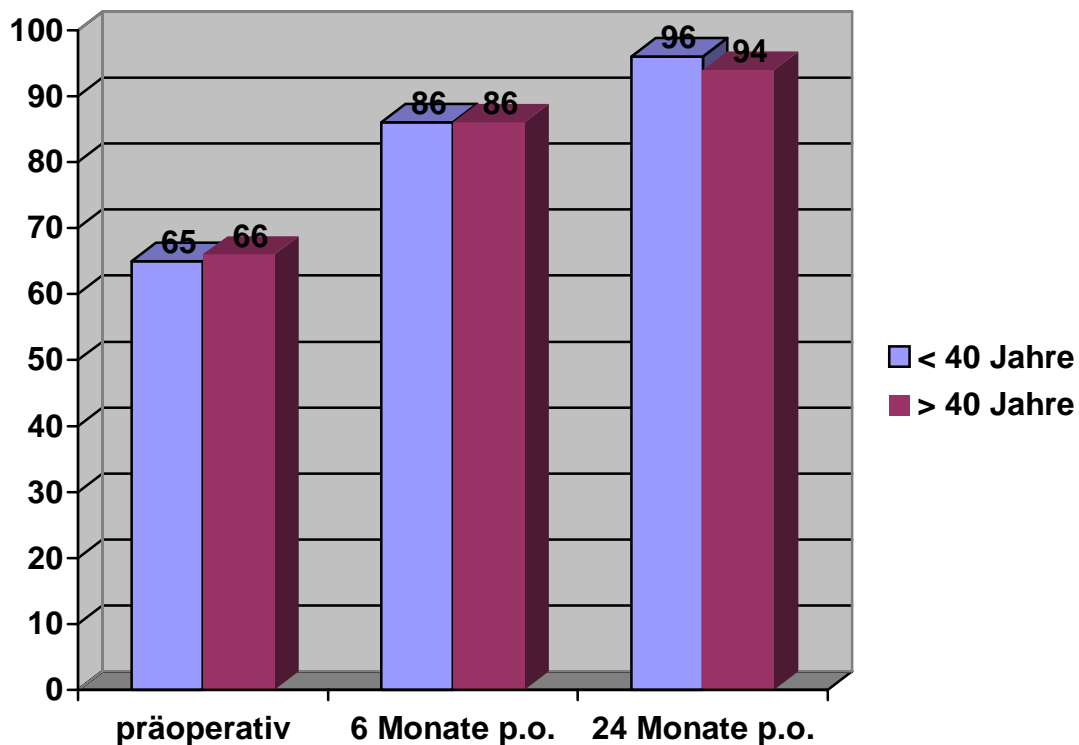
In der Literatur findet sich der Nachweis, dass, je peripherer der refixierte Meniskusriß liegt, desto besser die Heilungstendenzen und die klinischen Ergebnisse sind(49; 96). Bessere Ergebnisse können mit vaskularisierenden Maßnahmen erreicht werden(104).

5.3 Alterseinfluss auf die Heilungsrate

Ein weiterer in der Diskussion befindlicher Faktor ist der Einfluss des Alters auf die Heilung nach Meniskusnaht.

In unserer Studie konnten wir nachweisen, dass unter Berücksichtigung der Ausschlusskriterien (Seite 10), in beiden Altersgruppen (< 40 Jahre, > 40 Jahre) keine signifikanten Unterschiede in den klinischen Ergebnissen bestanden (S. Abb. 10).

Abb. 10: Scoreverlauf in Abhängigkeit vom Alter



Cannon fand eine vergleichbare Erfolgsrate bei Patienten, die älter als 36 Jahre waren im Vergleich zu einer jüngeren Patientengruppe(105). Barret et al. schlossen bei 86,5 % ihrer Patienten, welche zum Zeitpunkt der Meniskusrefixation 40 Jahre und älter waren, auf eine erfolgreiche Meniskusnaht(1).

Bei älteren Patienten ist jedoch der Zusammenhang zwischen degenerativ bedingten histologischen Veränderungen und den Heilungschancen zu klären.

Weitere Faktoren wie

- 1) die Dauer zwischen der Verletzung und der Operation und
- 2) die Beteiligung des medialen oder des lateralen Meniskus

werden kontrovers diskutiert(52; 53; 96; 106-108).

5.4 Einfluss weiterer Faktoren auf die Heilungsrate

Wir konnten in unserer Studie nachweisen, dass die Zeitspanne zwischen dem Unfallereignis bzw. der Verletzung und der Operation keinen signifikanten Einfluss auf den Heilungsverlauf hatte.

So wurden in der Patientengruppe, welche innerhalb des ersten Monats mit einer Meniskusrefixation versorgt wurde, im postoperativen Verlauf nahezu identische Werte zu den Gruppen zwischen 3 und 6 Monaten und oberhalb von 6 Monaten erzielt (s. Tabelle 8 S. 27).

Einen Einfluss der Seitenlokalisation des refixierten Meniskusrisses (medial, lateral) auf die Heilungstendenz bzw. das klinische Ergebnis konnten wir nicht feststellen.

Internationale Studien kommen hier zu unterschiedlichen Ergebnissen. So sehen DeHaven et al. eine höhere Heilungsrate bei lateral refixierten Menisken(109). Cannon et al. konnten nachweisen, dass die Erfolgsrate nach Meniskusrefixationen im Bereich des medialen Meniskus höher ausfällt als bei Refixierungen im Bereich des lateralen Meniskus(96).

Hier sind sicherlich weiterführende Untersuchungen notwendig, um eindeutige Aussagen treffen zu können.

5.5 Radiologische Veränderungen

Die biomechanische Funktion eines rekonstruierten Meniskus wird indirekt anhand der radiologischen Arthrosezeichen abgeschätzt(110).

Wird davon ausgegangen, dass ein rekonstruierter Meniskus wieder eine ähnliche Funktion wie der ehemals intakte Meniskus aufnimmt, dürfte die Arthroserate nach Meniskusnaht nicht über das altersentsprechende Maß ansteigen.

Die radiologische Verlaufskontrolle aller 107 operierten Patienten zeigte keine signifikanten Veränderungen zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung nach 6 Monaten und nach 24 Monaten.

So konnte bei 97% der operierten und nachuntersuchten Patienten ein Punktwert von 6 (6=normales Röntgenbild) im postoperativen Verlauf ermittelt werden.

Dieses Ergebnis stimmt mit internationalen Studien überein.

So konnten DeHaven et al. in einer Langzeitstudie (10 Jahre) nachweisen, dass bei 26 klinisch erfolgreich refixierten Menisken 85% der Kompartemente mit der Refixation radiologisch unauffällig imponierten(68).

5.6 Komplikationen

Die selben Typen von Komplikationen, die bei der offenen Kniechirurgie auftreten, können auch bei der arthroskopischen Meniskusrefixation vorkommen.

Dazu zählen

- 1) Infektionen
- 2) Venenthrombosen
- 3) Arthrofibrose
- 4) Algodystrophie.

Da die meisten Meniskusrefixationen in den vergangenen 5 Jahren arthroskopisch durchgeführt wurden, muss zwischen Komplikationen die durch die Arthroskopie bedingt sind, und solchen, die durch die Rekonstruktionstechnik hervorgerufen wurden, unterschieden werden(111).

Prinzipiell können alle neurovaskulären Strukturen oder auch Sehnen, welche das Kniegelenk umgeben, bei einer Naht verletzt werden.

Die häufigste Komplikation nach einer arthroskopischen Meniskusnaht ist die Läsion des N. saphenus. Besonders gefährdet ist hier der R. infrapatellaris, der im distalen Bereich des Zugangs zur Innen-außen-technik nach ventral verläuft(112).

Komplikationen durch Verletzungen von neuro-vaskulären Strukturen kamen in unserer Studie nicht vor.

Es kam zum Auftreten einer postoperativen Frühinfektion mit Staph. aureus.

16 Patienten zeigten erneute klinische Symptome einer Meniskusläsion und wurden in einem Zweiteingriff operativ versorgt.

Somit lag die Rerupturrate mit 15% unter der in der internationalen Literatur aufgeführten von ca. 25%(113).

5.7 Schlussfolgerungen und klinische Relevanz

Langzeitergebnisse nach Meniskusnähten nach den Kriterien der evidenzbasierten Medizin könne aus den bis 1998 bekannten Daten im Vergleich zur partiellen Meniskektomie noch nicht hergeleitet werden.

Zur Klärung dieses Zusammenhanges sind weiterführende Studien basierend auf den gewonnen Daten vorgesehen.

Die klinische Beurteilung von Langzeitergebnissen wird sich an der Rerupturrate, den röntgenologischen Arthrosezeichen und der Gelenkfunktion orientieren.

6. Zusammenfassung

Mit der Erkenntnis, dass die Menisken als „Lastverteiler, Stoßdämpfer und Bremsklötze“ wichtige Elemente der Kniemechanik sind, hat sich die Meniskus Chirurgie in den letzten Jahrzehnten gewandelt.

Das Bestreben geht heute dahin, diese Funktion möglichst zu erhalten. Die logische Konsequenz ist, bei Meniskusrissen nicht mehr die subtotale Meniskektomie anzustreben, sondern zunächst so wenig Gewebe wie möglich zu resezierieren, oder – wann immer möglich – Meniskusrisse zu refixieren. Die arthroskopisch durchgeführte Meniskusnaht ist heute ein Standardeingriff. Das Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, über die klinischen Ergebnisse und den Heilungsverlauf nach arthroskopischer Refixierung von Meniskuläsionen zu berichten.

Im Zeitraum von Januar 2000 bis Dezember 2003 wurde eine kontrollierte, offene und prospektive Studie an 107 Patienten nach arthroskopischer Meniskusrefixation durchgeführt. Eingeschlossen in die Studie waren 77 männliche und 30 weibliche Patienten.

Keiner der Patienten hatte einen früheren ipsilateralen Meniskusschaden mit anschließender Meniskus Chirurgie, eine schwere arthroskopische Arthrose, eine hintere Kreuzband- und Seitenbandinstabilität und war, bis auf eine Ausnahme, älter als 65 Jahre.

Die Auswertung der präoperativ, 6 Monate postoperativ und 24 Monate postoperativ gewonnenen klinischen Daten erfolgte mit dem modifizierten Knee Score nach Lysholm und Gillquist. Außerdem wurden zur Objektivierung der gewonnenen Daten Röntgenaufnahmen des betroffenen Kniegelenkes a.p. und seitlich zu den o.g. Zeitpunkten durchgeführt und in Anlehnung an den Score nach Freeman et al. ausgewertet.

Insgesamt wurden 80 Patienten mit einer Meniskusnaht im Bereich des medialen und 27 im Bereich des lateralen Meniskus versorgt. Genäht wurden ausschließlich Risse zwischen 10 und 30 mm Länge in der Rot-roten bzw. Rot-weißen Zone.

Eine zusätzliche vordere Kreuzbandplastik bei vorderer Kreuzbandruptur erhielten 37 Patienten. Die Meniskusrefixation erfolgte bei 47 Patienten mittels Arrow, bei 37

mit einem FastT-Fix System und bei 23 Patienten mit einem Hybridverfahren aus Naht sowie Arrow. Revisionen waren bei 17 Patienten notwendig, davon eine arthroskopische Spülung bei Frühinfektion, 9 Re-refixationen und 7 subtotale Menishektomien. Komplikationen durch Verletzungen von neurovaskulären Strukturen traten nicht auf.

Die klinischen Ergebnisse im postoperativen Verlauf zeigten einen signifikanten Anstieg der Punktwerte aller Parameter des Lysholm Knee Scores. Es wurde eine durchschnittliche Heilungsrate von 92 % bei einem mittleren Follow-up von 20 Monaten erreicht. Patienten, die zusätzlich eine vordere Kreuzbandplastik erhielten, wiesen insgesamt die höchste Heilungsrate, 95%, auf. Weitere Faktoren wie die Dauer zwischen der Verletzung und der Operation, die Beteiligung des medialen oder lateralen Meniskus sowie das Gewicht und Alter der Patienten hatten keinen wesentlichen Einfluss auf das Ergebnis.

Auf Grund dieser Erkenntnisse muss es in der heutigen Zeit im Falle einer Meniskusverletzung das Ziel sein, möglichst viel an Meniskusgewebe zu erhalten, also einen rupturierten Meniskus eher zu refixieren als zu entfernen.

Die strukturelle Wiederherstellung der Menisken führt zu einer Wiederherstellung der Meniskusphysiologie und hat die Heilung und eine normale Meniskusfunktion zum Ziel. Zusätzlich aufgetretene vordere Kreuzbandrupturen sollten zeitnah versorgt werden, da sie einen nachgewiesenen positiven Einfluss im Sinne einer biologischen Heilungsförderung auf den refixierten Meniskus und damit die Wiedererlangung einer normalen Meniskusfunktion haben.

Zur abschließenden Bewertung der Meniskusnaht sind weitere und längerfristige Studien notwendig. So bedarf es der Klärung, ob Patienten nach einer erfolgreichen Naht eine bessere Kniefunktion behalten als Patienten nach partieller Menishektomie. Die klinische Beurteilung von Langzeitergebnissen wird sich an der Rerupturrate, den röntgenologischen Arthrosezeichen und der Gelenkfunktion orientieren.

Literaturliste

1. Barrett GR, Field MH, Treacy SH, Ruff CG. Clinical results of meniscus repair in patients 40 years and older. *Arthroscopy* 1998;14:824-829.
2. Venkatachalam S, Godsiff SP, Harding ML. Review of the clinical results of arthroscopic meniscal repair. *Knee* 2001;8:129-133.
3. Steenbrugge F, Verdonk R, Verstraete K. Long-term assessment of arthroscopic meniscus repair: a 13-year follow-up study. *Knee* 2002;9:181-187.
4. Fairbank TJ. Examination of the knee joint. *Br Med J* 1969;3:220-222.
5. Ellermann A, Siebold R, Buelow JU, Sobau C. Clinical evaluation of meniscus repair with a bioabsorbable arrow: a 2- to 3-year follow-up study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2002;10:289-293.
6. McDermott ID, Richards SW, Hallam P, Tavares S, Lavelle JR, Amis AA. A biomechanical study of four different meniscal repair systems, comparing pull-out strengths and gapping under cyclic loading. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2003;11:23-29.
7. Fisher SR, Markel DC, Koman JD, Atkinson TS. Pull-out and shear failure strengths of arthroscopic meniscal repair systems. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2002;10:294-299.
8. Jones HP, Lemos MJ, Wilk RM, Smiley PM, Gutierrez R, Schepsis AA. Two-year follow-up of meniscal repair using a bioabsorbable arrow. *Arthroscopy* 2002;18:64-69.
9. Arnoczky SP, DiCarlo EF, O'Brien SJ, Warren RF. Cellular repopulation of deep-frozen meniscal autografts: an experimental study in the dog. *Arthroscopy* 1992;8:428-436.
10. Messner K, Gao J. The menisci of the knee joint. Anatomical and functional characteristics, and a rationale for clinical treatment. *J Anat* 1998;193 (Pt 2):161-178.
11. Setton LA, Guilak F, Hsu EW, Vail TP. Biomechanical factors in tissue engineered meniscal repair. *Clin Orthop* 1999;S254-S272.
12. Benedetto KP, Glotzer W, Kunzel KH, Gaber O. [The vascularization of the menisci. Morphological basis for the repair.]. *Acta Anat (Basel)* 1985;124:88-92.

13. Arnoczky SP, Warren RF. Microvasculature of the human meniscus. *Am J Sports Med* 1982;10:90-95.
14. Arnoczky SP, Warren RF. The microvasculature of the meniscus and its response to injury. An experimental study in the dog. *Am J Sports Med* 1983;11:131-141.
15. Fithian DC, Kelly MA, Mow VC. Material properties and structure-function relationships in the menisci. *Clin Orthop* 1990;19-31.
16. McDevitt CA, Webber RJ. The ultrastructure and biochemistry of meniscal cartilage. *Clin Orthop* 1990;8-18.
17. McNicol D, Roughley PJ. Extraction and characterization of proteoglycan from human meniscus. *Biochem J* 1980;185:705-713.
18. Webber RJ, Harris MG, Hough AJ, Jr. Cell culture of rabbit meniscal fibrochondrocytes: proliferative and synthetic response to growth factors and ascorbate. *J Orthop Res* 1985;3:36-42.
19. Ghadially FN, Lalonde JM, Wedge JH. Ultrastructure of normal and torn menisci of the human knee joint. *J Anat* 1983;136 (Pt 4):773-791.
20. Herwig J, Egner E, Buddecke E. Chemical changes of human knee joint menisci in various stages of degeneration. *Ann Rheum Dis* 1984;43:635-640.
21. Adams ME. Cartilage research and treatment of osteoarthritis. *Curr Opin Rheumatol* 1992;4:552-559.
22. Cohen NP, Foster RJ, Mow VC. Composition and dynamics of articular cartilage: structure, function, and maintaining healthy state. *J Orthop Sports Phys Ther* 1998;28:203-215.
23. Diment MT, DeHaven KE, Sebastianelli WJ. Current concepts in meniscal repair. *Orthopedics* 1993;16:973-977.
24. Tissakht M, Ahmed AM. Tensile stress-strain characteristics of the human meniscal material. *J Biomech* 1995;28:411-422.
25. Kettelkamp DB, Jacobs AW. Tibiofemoral contact area--determination and implications. *J Bone Joint Surg Am* 1972;54:349-356.
26. Walker PS, Erkman MJ. The role of the menisci in force transmission across the knee. *Clin Orthop* 1975;184-192.
27. Rangger C, Glotzer W, Benedetto KP. [Ligament instability after arthroscopic partial medial meniscus resection]. *Unfallchirurg* 1994;97:435-437.

28. Lynch MA, Henning CE, Glick KR, Jr. Knee joint surface changes. Long-term follow-up meniscus tear treatment in stable anterior cruciate ligament reconstructions. *Clin Orthop* 1983;148-153.
29. Jakob RP, Staubli HU, Zuber K, Esser M. The arthroscopic meniscal repair. Techniques and clinical experience. *Am J Sports Med* 1988;16:137-142.
30. Morgan CD, Casscells SW. Arthroscopic meniscus repair: a safe approach to the posterior horns. *Arthroscopy* 1986;2:3-12.
31. Cabaud HE, Rodkey WG, Fitzwater JE. Medical meniscus repairs. An experimental and morphologic study. *Am J Sports Med* 1981;9:129-134.
32. Hamberg P, Gillquist J, Lysholm J. Suture of new and old peripheral meniscus tears. *J Bone Joint Surg Am* 1983;65:193-197.
33. Wirth CR. Meniscus repair. *Clin Orthop* 1981;153-160.
34. Henning CE, Lynch MA, Clark JR. Vascularity for healing of meniscus repairs. *Arthroscopy* 1987;3:13-18.
35. Schulte KR, Fu FH. Meniscal repair using the inside-to-outside technique. *Clin Sports Med* 1996;15:455-467.
36. Ishima M, Wada Y, Sonoda M, Harada Y, Katsumi A, Moriya H. Effects of hyaluronan on the healing of rabbit meniscus injured in the peripheral region. *J Orthop Sci* 2000;5:579-584.
37. Gershuni DH, Skyhar MJ, Danzig LA, Camp J, Hargens AR, Akeson WH. Experimental models to promote healing of tears in the avascular segment of canine knee menisci. *J Bone Joint Surg Am* 1989;71:1363-1370.
38. Roeddecker K, Muennich U, Nagelschmidt M. Meniscal healing: a biomechanical study. *J Surg Res* 1994;56:20-27.
39. Kobuna Y, Shirakura K, Niiijima M. Meniscal repair using a flap of synovium. An experimental study in the dog. *Am J Knee Surg* 1995;8:52-55.
40. Ghadially FN, Wedge JH, Lalonde JM. Experimental methods of repairing injured menisci. *J Bone Joint Surg Br* 1986;68:106-110.
41. Barber FA, Click JN. The effect of inflammatory synovial fluid on the breaking strength of new "long lasting" absorbable sutures. *Arthroscopy* 1992;8:437-441.
42. Barber FA, Gurwitz GS. Inflammatory synovial fluid and absorbable suture strength. *Arthroscopy* 1988;4:272-277.
43. Kohn D, Siebert W. Meniscus suture techniques: a comparative biomechanical cadaver study. *Arthroscopy* 1989;5:324-327.

44. Miller DB, Jr. Arthroscopic meniscus repair. *Am J Sports Med* 1988;16:315-320.
45. Barrett GR, Richardson K, Ruff CG, Jones A. The effect of suture type on meniscus repair. A clinical analysis. *Am J Knee Surg* 1997;10:2-9.
46. Esser RD. Arthroscopic meniscus repair: the easy way. *Arthroscopy* 1993;9:231-233.
47. Reigel CA, Mulhollan JS, Morgan CD. Arthroscopic all-inside meniscus repair. *Clin Sports Med* 1996;15:483-498.
48. Horibe S, Shino K, Maeda A, Nakamura N, Matsumoto N, Ochi T. Results of isolated meniscal repair evaluated by second-look arthroscopy. *Arthroscopy* 1996;12:150-155.
49. Rubman MH, Noyes FR, Barber-Westin SD. Arthroscopic repair of meniscal tears that extend into the avascular zone. A review of 198 single and complex tears. *Am J Sports Med* 1998;26:87-95.
50. Scott GA, Jolly BL, Henning CE. Combined posterior incision and arthroscopic intra-articular repair of the meniscus. An examination of factors affecting healing. *J Bone Joint Surg Am* 1986;68:847-861.
51. Shelbourne KD, Patel DV, Adsit WS, Porter DA. Rehabilitation after meniscal repair. *Clin Sports Med* 1996;15:595-612.
52. Tenuta JJ, Arciero RA. Arthroscopic evaluation of meniscal repairs. Factors that effect healing. *Am J Sports Med* 1994;22:797-802.
53. Morgan CD, Wojtys EM, Casscells CD, Casscells SW. Arthroscopic meniscal repair evaluated by second-look arthroscopy. *Am J Sports Med* 1991;19:632-637.
54. Warren RF. Arthroscopic meniscus repair. *Arthroscopy* 1985;1:170-172.
55. Albrecht-Olsen P, Lind T, Kristensen G, Falkenberg B. Failure strength of a new meniscus arrow repair technique: biomechanical comparison with horizontal suture. *Arthroscopy* 1997;13:183-187.
56. Asik M, Sener N, Akpınar S, Durmaz H, Goksan A. Strength of different meniscus suturing techniques. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 1997;5:80-83.
57. Boenisch UW, Faber KJ, Ciarelli M, Steadman JR, Arnoczky SP. Pull-out strength and stiffness of meniscal repair using absorbable arrows or Ti-Cron vertical and horizontal loop sutures. *Am J Sports Med* 1999;27:626-631.

58. Dervin GF, Downing KJ, Keene GC, McBride DG. Failure strengths of suture versus biodegradable arrow for meniscal repair: an in vitro study. *Arthroscopy* 1997;13:296-300.
59. Koukoubis TD, Glisson RR, Feagin JA, Jr., Seaber AV, Schenkman D, Korompilias AV, Stahl DL. Meniscal fixation with an absorbable staple. An experimental study in dogs. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 1997;5:22-30.
60. Post WR, Akers SR, Kish V. Load to failure of common meniscal repair techniques: effects of suture technique and suture material. *Arthroscopy* 1997;13:731-736.
61. Rimmer MG, Nawana NS, Keene GC, Percy MJ. Failure strengths of different meniscal suturing techniques. *Arthroscopy* 1995;11:146-150.
62. Seil R, Rupp S, Kohn DM. Cyclic testing of meniscal sutures. *Arthroscopy* 2000;16:505-510.
63. Bellemans J, Vandenneucker H, Labey L, Van Audekercke R. Fixation strength of meniscal repair devices. *Knee* 2002;9:11-14.
64. Barrett GR, Richardson K, Koenig V. T-Fix endoscopic meniscal repair: technique and approach to different types of tears. *Arthroscopy* 1995;11:245-251.
65. Barrett GR, Treacy SH, Ruff CG. The T-fix technique for endoscopic meniscus repair. Technique, complications, and preliminary results. *Am J Knee Surg* 1996;9:151-156.
66. Barrett GR, Treacy SH, Ruff CG. Preliminary results of the T-fix endoscopic meniscus repair technique in an anterior cruciate ligament reconstruction population. *Arthroscopy* 1997;13:218-223.
67. Weiler A, Hoffmann RF, Stahelin AC, Helling HJ, Sudkamp NP. Biodegradable implants in sports medicine: the biological base. *Arthroscopy* 2000;16:305-321.
68. DeHaven KE, Lohrer WA, Lovelock JE. Long-term results of open meniscal repair. *Am J Sports Med* 1995;23:524-530.
69. Shirakura K, Nijima M, Kobuna Y, Kizuki S. Free synovium promotes meniscal healing. Synovium, muscle and synthetic mesh compared in dogs. *Acta Orthop Scand* 1997;68:51-54.
70. Port J, Jackson DW, Lee TQ, Simon TM. Meniscal repair supplemented with exogenous fibrin clot and autogenous cultured marrow cells in the goat model. *Am J Sports Med* 1996;24:547-555.

71. Klug S, Wittmann G, Weseloh G. Arthroscopic synovectomy of the knee joint in early cases of rheumatoid arthritis: follow-up results of a multicenter study. *Arthroscopy* 2000;16:262-267.
72. Tegner Y, Lysholm J. Rating systems in the evaluation of knee ligament injuries. *Clin Orthop* 1985;43-49.
73. Lysholm J, Gillquist J. Evaluation of knee ligament surgery results with special emphasis on use of a scoring scale. *Am J Sports Med* 1982;10:150-154.
74. Freeman BL, III, Beaty JH, Haynes DB. The pes anserinus transfer. A long-term follow-up. *J Bone Joint Surg Am* 1982;64:202-207.
75. Pyne SW. Current progress in meniscal repair and postoperative rehabilitation. *Curr Sports Med Rep* 2002;1:265-271.
76. Annandale T. An operation for displaced semilunar cartilage. 1885. *Clin Orthop* 1990;3-5.
77. Wirth CJ, Peters G. [Meniscus lesions]. *Orthopade* 1997;26:191-208.
78. Barber FA, Stone RG. Meniscal repair. An arthroscopic technique. *J Bone Joint Surg Br* 1985;67:39-41.
79. Barber FA, Stone RG. Meniscal repair. An arthroscopic technique. *J Bone Joint Surg Br* 1985;67:39-41.
80. Rosenberg TD, Scott SM, Coward DB, Dunbar WH, Ewing JW, Johnson CL, Paulos LE. Arthroscopic meniscal repair evaluated with repeat arthroscopy. *Arthroscopy* 1986;2:14-20.
81. DeHaven KE. Meniscus repair. *Am J Sports Med* 1999;27:242-250.
82. Muellner T, Egkher A, Nikolic A, Funovics M, Metz V. Open meniscal repair: clinical and magnetic resonance imaging findings after twelve years. *Am J Sports Med* 1999;27:16-20.
83. DeHaven KE. Meniscus repair. *Am J Sports Med* 1999;27:242-250.
84. Rubman MH, Noyes FR, Barber-Westin SD. Technical considerations in the management of complex meniscus tears. *Clin Sports Med* 1996;15:511-530.
85. van Trommel MF, Simonian PT, Potter HG, Wickiewicz TL. Arthroscopic meniscal repair with fibrin clot of complete radial tears of the lateral meniscus in the avascular zone. *Arthroscopy* 1998;14:360-365.
86. van Trommel MF, Simonian PT, Potter HG, Wickiewicz TL. Different regional healing rates with the outside-in technique for meniscal repair. *Am J Sports Med* 1998;26:446-452.

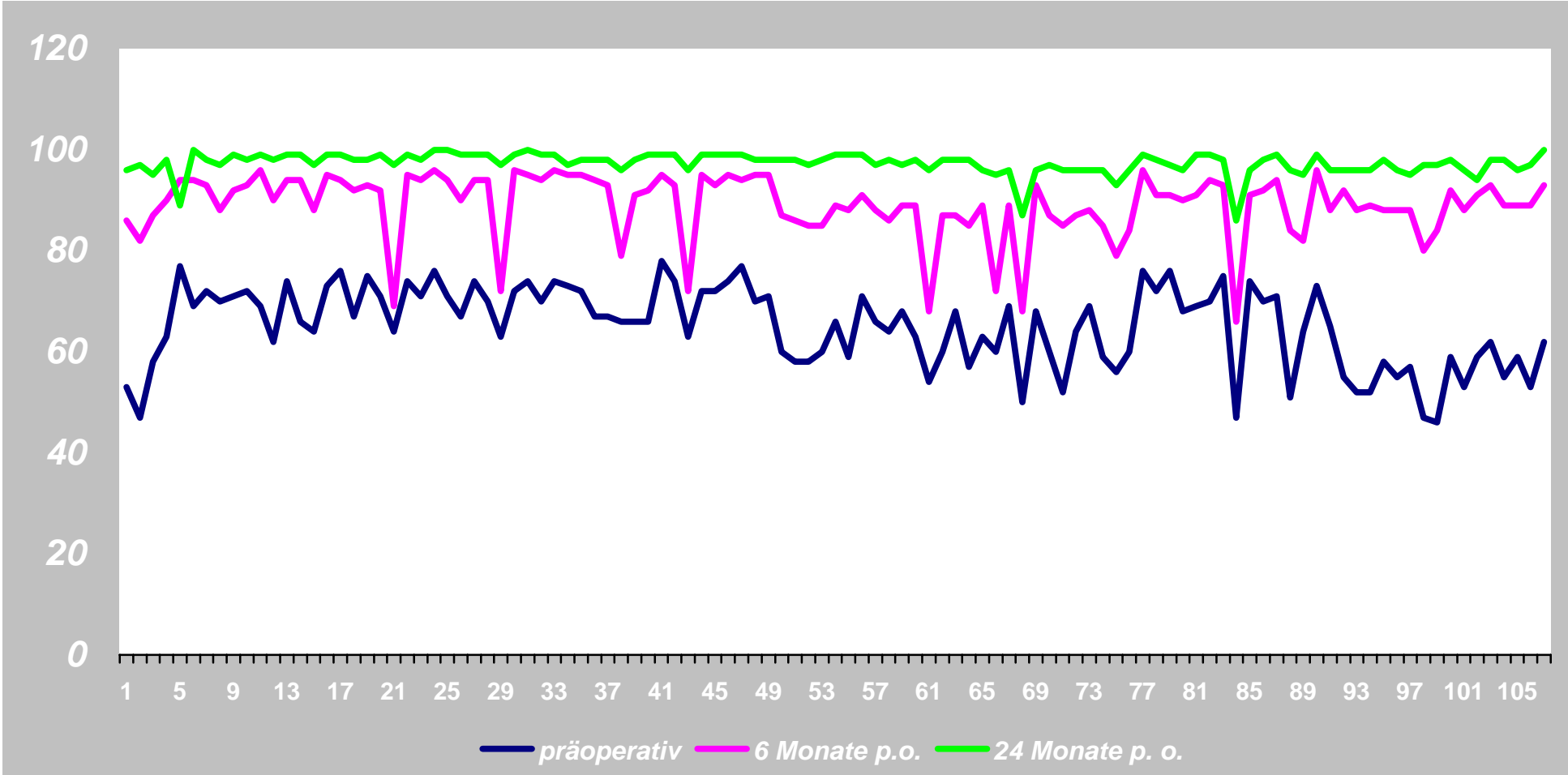
87. Eggli S, Wegmuller H, Kosina J, Huckell C, Jakob RP. Long-term results of arthroscopic meniscal repair. An analysis of isolated tears. *Am J Sports Med* 1995;23:715-720.
88. Rockborn P, Gillquist J. Results of open meniscus repair. Long-term follow-up study with a matched uninjured control group. *J Bone Joint Surg Br* 2000;82:494-498.
89. Rockborn P, Messner K. Long-term results of meniscus repair and meniscectomy: a 13-year functional and radiographic follow-up study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2000;8:2-10.
90. Fox JM, Blazina ME, Carlson GJ. Multiphasic view of medial meniscectomy. *Am J Sports Med* 1979;7:161-164.
91. Cipolla M, Scala A, Gianni E, Puddu G. Different patterns of meniscal tears in acute anterior cruciate ligament (ACL) ruptures and in chronic ACL-deficient knees. Classification, staging and timing of treatment. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 1995;3:130-134.
92. Keene GC, Bickerstaff D, Rae PJ, Paterson RS. The natural history of meniscal tears in anterior cruciate ligament insufficiency. *Am J Sports Med* 1993;21:672-679.
93. Keene GC, Paterson RS, Teague DC. Advances in arthroscopic surgery. *Clin Orthop* 1987;64-70.
94. Satku K, Kumar VP, Ngoi SS. Anterior cruciate ligament injuries. To counsel or to operate? *J Bone Joint Surg Br* 1986;68:458-461.
95. Wickiewicz TL. Meniscal injuries in the cruciate-deficient knee. *Clin Sports Med* 1990;9:681-694.
96. Cannon WD, Jr., Vittori JM. The incidence of healing in arthroscopic meniscal repairs in anterior cruciate ligament-reconstructed knees versus stable knees. *Am J Sports Med* 1992;20:176-181.
97. Bray RC, Smith JA, Eng MK, Leonard CA, Sutherland CA, Salo PT. Vascular response of the meniscus to injury: effects of immobilization. *J Orthop Res* 2001;19:384-390.
98. Johnson RJ, Kettelkamp DB, Clark W, Leaverton P. Factors effecting late results after meniscectomy. *J Bone Joint Surg Am* 1974;56:719-729.
99. Keene GC, Bickerstaff D, Rae PJ, Paterson RS. The natural history of meniscal tears in anterior cruciate ligament insufficiency. *Am J Sports Med* 1993;21:672-679.
100. Hanks GA, Gause TM, Handal JA, Kalenak A. Meniscus repair in the anterior cruciate deficient knee. *Am J Sports Med* 1990;18:606-611.

101. Fitzgibbons RE, Shelbourne KD. "Aggressive" nontreatment of lateral meniscal tears seen during anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med* 1995;23:156-159.
102. Orfaly RM, McConkey JP, Regan WD. The fate of meniscal tears after anterior cruciate ligament reconstruction. *Clin J Sport Med* 1998;8:102-105.
103. Rosenberg LS, Sherman MF. Meniscal injury in the anterior cruciate-deficient knee. A rationale for clinical decision-making. *Sports Med* 1992;13:423-432.
104. Kimura M, Shirakura K, Hasegawa A, Kobuna Y, Nijima M. Second look arthroscopy after meniscal repair. Factors affecting the healing rate. *Clin Orthop* 1995;185-191.
105. Cannon WD, Jr. Arthroscopic meniscal repair. Inside-out technique and results. *Am J Knee Surg* 1996;9:137-143.
106. Buseck MS, Noyes FR. Arthroscopic evaluation of meniscal repairs after anterior cruciate ligament reconstruction and immediate motion. *Am J Sports Med* 1991;19:489-494.
107. Horibe S, Shino K, Maeda A, Nakamura N, Matsumoto N, Ochi T. Results of isolated meniscal repair evaluated by second-look arthroscopy. *Arthroscopy* 1996;12:150-155.
108. Valen B, Molster A. Meniscal lesions treated with suture: a follow-up study using survival analysis. *Arthroscopy* 1994;10:654-658.
109. DeHaven KE. Meniscus repair. *Am J Sports Med* 1999;27:242-250.
110. Fairbank TJ. Examination of the knee joint. *Br Med J* 1969;3:220-222.
111. Small NC. Complications in arthroscopic surgery performed by experienced arthroscopists. *Arthroscopy* 1988;4:215-221.
112. Buseck MS, Noyes FR. Arthroscopic evaluation of meniscal repairs after anterior cruciate ligament reconstruction and immediate motion. *Am J Sports Med* 1991;19:489-494.
113. Johnson MJ, Lucas GL, Dusek JK, Henning CE. Isolated arthroscopic meniscal repair: a long-term outcome study (more than 10 years). *Am J Sports Med* 1999;27:44-49.

Anhang 1: Probandenverschlüsselungscode

Probandennr.	Code	Probandennr.	Code	Probandennr.	Code
1	DA01	37	DE37	73	JS73
2	MM02	38	KT38	74	NR74
3	SM03	39	RM39	75	KA75
4	BM04	40	TS40	76	PF76
5	FS05	41	SM41	77	SS77
6	HR06	42	HJ42	78	AB78
7	KM07	43	SR43	79	JK79
8	ST08	44	GA44	80	AD80
9	GH09	45	VF45	81	AA81
10	JG10	46	MF46	82	KL82
11	SG11	47	BJ47	83	LC83
12	MM12	48	NA48	84	KJ84
13	HR13	49	SA49	85	DA85
14	PA14	50	PH50	86	RK86
15	SD15	51	LM51	87	BE87
16	NA16	52	AM52	88	SL88
17	LM17	53	SK53	89	SE89
18	RM18	54	DR54	90	BS90
19	OA19	55	DM55	91	HJ91
20	SA20	56	WR56	92	HA92
21	HR21	57	WG57	93	LM93
22	JG22	58	GS58	94	KS94
23	WR23	59	SF59	95	FF95
24	BM24	60	HM60	96	FR96
25	ZK25	61	BR61	97	HB97
26	GH26	62	WS62	98	GE98
27	SH27	63	SJ63	99	JN99
28	WM28	64	ES64	100	KC100
29	KC29	65	BE65	101	BS101
30	KO30	66	KT66	102	ND102
31	DS31	67	WT67	103	WM103
32	EL32	68	QM68	104	RJ104
33	KC33	69	WO69	105	SG105
34	LM34	70	SS70	106	LM106
35	TP35	71	GG71	107	MC107
36	HA36	72	ZS72		

Anhang2: Verlaufsdiagramm Lysholm Knee Score



x – Achse Numerierung lt. Patientenverschlüsselungscode

y – Achse Skalierung nach Lysholm Knee Score

Verschlüsselung Statistiktabelle:

1	-männlich
2	-weiblich
3	-<1 Monat
4	-1-3 Monate
5	-3-6 Monate
6	->6 Monate
7	-Meniskusrefix-VKB-Plastik zeitgleich
8	-Meniskusrefix-VKB-Plastik 1 Monat
9	-Meniskusrefix-VKB-Plastik 2 Monate
10	-Meniskusrefix-VKB-Plastik 3 Monate
11	-Meniskusrefix-VKB-Plastik > 3 Monate
12	-Meniskusrefix
13	-Meniskusrefix und VKB-Plastik
14	-Infektion
15	-Re-re-Fixation
16	-subtotale Menishektomie
A	-Name
B	-Lysholm Score präoperativ
C	-Lyshol Score 6 Monate postoperativ
D	-Lysholm Score 24 Monate postoperativ
E	-Freeman Score präoperativ
F	-Freeman Score 6 Monate postoperativ
G	-Freeman Score 24 Monate postoperativ
H	-Alter
I	-Gewicht
J	-Grösse
K	-Geschlecht
L	-Zeitraum zwischen Unfall und OP
M	-Zeitraum zwischen Meniskusnaht und VKB-Plastik
N	-Röntgenscore präoperativ
O	-Röntgenscore 6 Monate postoperativ

- P -Röntgenscore 24 Monate postoperativ
- Q -Meniskusrefixation, Meniskusrefixation und VKB-Plastik
- R -Revisionen

Anhang 4: Statistiktabelle

Name	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
DA01	55	89	98	13	21	21	20	85	186	1	3	-	6	6	5	12	16
MM02	47	82	97	12	20	21	22	78	182	1	3	-	6	6	6	12	16
SM03	58	87	95	12	20	20	17	72	178	1	4	-	6	6	6	12	-
BM04	63	90	98	13	21	21	17	78	180	1	6	-	6	6	6	12	-
FS05	77	94	89	13	19	21	22	76	174	1	3	-	6	6	6	12	-
HR06	69	94	100	11	18	20	33	78	180	1	4	-	6	6	5	12	-
KM07	72	93	98	11	20	21	25	82	176	1	5	-	6	6	6	12	-
ST08	70	88	97	14	18	19	26	85	183	1	6	-	6	6	6	12	-
GH09	71	92	99	12	20	20	43	89	184	1	3	-	5	4	4	12	16
JG10	72	93	98	12	19	19	35	91	186	1	3	-	5	5	5	12	-
SG11	69	96	99	12	18	19	36	79	174	1	3	-	5	5	5	12	-
MM12	62	90	98	14	20	20	35	92	183	1	3	-	6	6	6	12	-
HR13	74	74	99	16	19	20	42	87	182	1	3	-	6	5	5	12	-
PA14	66	94	99	11	18	18	40	82	179	1	3	-	5	5	5	12	-
SD15	64	88	97	12	19	20	39	79	174	1	3	-	6	6	6	12	-
NA16	73	95	99	12	20	20	25	86	179	1	3	-	5	4	4	12	-
LM17	76	94	99	12	20	20	22	78	180	1	6	-	6	6	6	12	-
RM18	67	92	98	10	17	18	23	79	182	1	5	-	6	6	6	12	-
OA19	75	93	98	12	20	20	19	79	183	1	4	-	6	6	6	12	15
SA20	71	92	99	10	13	16	23	74	169	1	3	-	6	6	6	12	-
HR21	64	69	97	12	19	19	33	82	177	1	3	-	6	6	6	12	15
JG22	74	95	99	15	19	20	44	92	186	1	4	-	6	6	6	12	-
WR23	71	94	98	15	19	20	35	89	182	1	4	-	6	6	6	12	-
BM24	76	96	100	11	18	18	36	98	185	1	3	-	5	5	5	12	-
ZK25	71	94	100	12	19	20	40	82	178	1	4	-	6	6	6	12	-
GH26	67	90	99	12	20	20	39	92	184	1	4	-	6	6	5	12	-
SH27	74	94	99	12	19	19	23	84	186	1	3	-	5	5	5	12	-
WM28	70	94	99	12	20	20	21	79	180	1	3	-	6	6	6	12	16

KC29	63	72	97	16	20	20	22	78	180	1	3	-	6	6	6	12	16
KO30	72	96	99	12	19	19	21	76	181	1	3	-	6	6	6	12	-
DS31	74	95	100	12	19	19	24	82	181	1	6	-	6	6	6	12	-
EL32	70	94	99	13	19	19	21	77	180	1	5	-	6	6	6	12	-
KC33	74	96	99	13	20	20	24	76	169	1	3	-	6	6	6	12	-
LM34	73	95	97	12	20	20	23	79	182	1	4	-	6	6	6	12	-
TP35	72	95	98	12	20	20	21	79	183	1	4	-	6	6	6	12	-
HA36	67	94	98	13	20	20	21	77	179	1	4	-	6	6	6	12	-
DE37	67	93	98	12	20	20	31	85	182	1	5	-	6	6	6	12	-
KT38	66	79	96	12	18	19	30	82	184	1	3	-	6	5	5	12	16
RM39	66	91	98	16	29	20	29	87	183	1	3	-	6	6	6	12	-
TS40	66	92	99	11	19	19	29	85	179	1	3	-	6	6	6	12	-
SM41	78	95	99	12	20	20	32	84	179	1	3	-	6	6	6	12	-
HJ42	74	93	99	12	19	19	38	92	186	1	3	-	6	6	6	12	-
SR43	63	72	96	12	20	20	38	89	189	1	3	-	6	5	5	12	16
GA44	72	95	99	10	12	15	44	89	182	1	3	-	6	5	5	12	-
VF45	72	93	99	12	18	18	38	82	169	1	3	-	6	6	6	12	-
MF46	74	95	99	12	20	20	47	92	182	1	3	-	6	6	6	12	-
BJ47	77	94	99	11	15	19	45	92	187	1	3	-	5	5	4	12	-
NA48	70	95	98	12	20	20	44	87	183	1	3	-	6	5	5	12	-
SA49	71	95	98	12	20	20	67	89	185	1	3	-	6	6	5	12	-
PH50	60	87	98	11	17	17	23	79	182	1	4	9	5	5	4	12	-
LM51	58	85	98	12	20	20	17	78	182	1	4	11	6	6	6	13	-
AM52	58	85	97	10	10	12	19	77	179	1	5	10	6	6	6	13	-
SK53	60	85	98	10	20	20	33	89	186	1	6	9	6	6	6	13	-
DR54	66	89	99	12	16	19	24	77	169	1	6	9	6	6	5	13	-
DM55	59	88	99	12	20	20	34	82	180	1	5	11	6	6	6	13	-
WR56	71	91	99	12	15	19	27	82	184	1	3	9	6	6	5	13	-
WG57	66	88	97	11	19	18	30	88	184	1	3	11	6	6	5	13	-

GS58	64	86	98	12	14	17	41	92	179	1	3	11	6	6	5	13	-
SF59	68	89	97	12	20	20	23	82	180	1	3	9	6	6	6	13	-
HM60	63	89	98	12	20	20	29	87	182	1	3	10	6	6	6	13	-
BR61	54	68	96	13	20	20	28	79	174	1	3	7	6	6	6	13	15
WS62	60	87	98	17	20	20	33	78	172	1	3	7	6	6	6	13	-
SJ63	68	87	98	14	18	18	34	92	182	1	3	7	6	5	5	13	-
ES64	57	85	98	17	18	19	23	92	183	1	4	10	6	6	6	13	-
BE65	63	89	96	12	20	20	22	79	186	1	4	7	6	6	6	13	16
KT66	60	72	95	12	19	19	22	82	187	1	4	9	6	6	6	13	16
WT67	69	89	96	13	20	20	26	95	184	1	4	11	6	6	6	13	15
QM68	50	68	87	12	20	20	33	99	186	1	3	9	6	6	6	13	-
WO69	68	93	96	12	19	20	33	89	182	1	3	9	6	6	6	13	15
SS70	60	87	97	13	20	20	32	79	175	1	3	9	6	6	6	13	-
GG71	52	85	96	14	17	19	29	87	185	1	3	8	6	6	5	13	-
ZS72	64	87	96	13	20	20	28	80	179	1	4	8	6	6	6	13	-
JS73	69	88	96	13	19	19	26	79	181	1	4	9	6	6	6	13	-
NR74	59	85	96	13	20	20	31	82	183	1	4	10	6	6	6	13	-
KA75	56	79	93	12	20	20	41	92	183	1	5	8	6	6	6	13	-
PF76	60	84	96	12	14	18	16	51	164	2	5	-	6	5	5	13	-
SS77	76	96	99	13	18	19	36	57	169	2	6	-	6	6	6	12	-
AB78	72	91	98	12	20	20	37	58	173	2	3	-	6	5	5	12	-
JK79	76	91	97	13	15	19	35	62	165	2	4	-	6	5	5	12	-
AD80	68	90	96	12	20	19	47	63	165	2	5	-	6	6	6	12	-
AA81	69	91	99	12	14	15	84	67	164	2	6	-	6	5	4	12	-
KL82	70	94	99	12	20	20	21	54	169	2	5	-	6	6	5	12	-
LC83	75	93	98	12	20	20	31	57	167	2	5	-	6	6	6	12	16
KJ84	47	66	86	13	17	20	30	72	171	2	5	-	6	6	6	12	16
DA85	74	91	96	12	19	20	42	74	168	2	6	-	6	6	6	12	-
RK86	70	92	98	11	19	16	63	77	163	2	3	-	5	5	5	12	-
BE87	68	87	97	11	17	19	63	77	173	2	3	-	6	6	6	12	-
SL88	51	84	96	17	19	19	63	77	172	2	3	-	6	5	4	12	-

SE89	64	82	95	11	17	18	63	64	165	2	3	-	5	4	4	12	-
BS90	73	96	99	12	20	20	19	54	164	2	3	-	5	6	6	12	-
HJ91	65	88	96	13	20	20	20	57	169	2	3	-	6	6	6	12	16
HA92	55	92	96	12	19	20	22	56	164	2	3	-	6	6	6	12	-
LM93	52	88	96	11	19	19	17	56	165	2	4	-	6	6	6	12	-
KS94	52	89	96	12	12	12	25	59	167	2	4	-	6	6	5	12	-
FF95	58	88	96	14	18	20	27	61	167	2	4	-	6	6	6	12	16
FR96	55	88	96	12	20	20	25	63	172	2	3	-	6	6	5	12	-
HB97	75	88	95	14	19	19	49	68	161	2	6	-	5	5	4	12	-
GE98	47	80	97	12	20	20	19	53	165	2	6	10	6	6	6	13	-
JN99	46	84	97	12	18	20	19	56	196	2	5	10	6	6	6	13	-
KC100	59	92	98	12	20	20	23	64	171	2	4	11	6	6	6	13	-
BS101	53	88	96	14	20	20	23	66	172	2	3	11	6	6	6	13	-
ND102	59	91	94	12	20	20	20	57	166	2	3	8	6	6	6	13	-
WM10 3	62	93	98	12	20	20	30	59	167	2	5	9	6	6	6	13	-
RJ104	62	92	96	12	20	20	40	92	182	2	3	9	6	6	6	13	-
SG105	59	89	96	12	20	20	44	64	162	2	4	10	6	6	6	13	-
LM106	53	89	97	12	20	20	47	64	166	2	5	8	6	5	5	13	-
MC107	62	93	100	12	20	20	62	67	167	2	6	9	6	6	6	13	-

Eidesstattliche Erklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Dissertation selbstständig verfasst und keine als die angegebenen Hilfsmittel benutzt habe.

Die Dissertation ist bisher in keiner anderen Fakultät vorgelegt worden.

Ich erkläre, dass ich bisher kein Promotionsverfahren erfolglos beendet habe und dass eine Aberkennung eines bereits erworben Doktorgrades nicht vorliegt.

Curriculum vitae

Persönliche Angaben

Name Heiko Spank
Adresse Liegnitzer Strasse 13
10999 Berlin
Geburtstag 28. Juni 1967
Geburtstag Ueckermünde
Familienstand ledig

Ausbildung

1974 – 1984 Polytechnische Oberschule Eggesin
1984 – 1986 Erweiterte Oberschule Torgelow
1986 Abitur

1986 – 1989 Wehrdienst
1989 – 1995 Medizinstudium an der Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald

Facharztausbildung

1995 – 1997 AiP an der Orthopädischen Klinik des Krankenhauses Berlin-Neukölln
1997 – 1999 Assistenzarzt Praxisklinik Mark/Voss Berlin-Moabit
1999 – 2000 Assistenzarzt Trauma&Orthopaedics Department Kidderminster Hospital, Großbritannien
2000 – 2001 Assistenzarzt Abtlg. Unfallchirurgie Krankenhaus Berlin-Friedrichshain
Seit 2001 Klinik und Poliklinik für Orthopädie der Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald
November 2003 Facharzt für Orthopädie

Danksagung

Meinem Mentor, Herrn Prof. Dr. H. Merk, bin ich sehr dankbar für die Überlassung des Themas. Ich möchte mich für die engagierte und persönliche Betreuung bedanken, die ich zu jedem Zeitpunkt von ihm erfahren habe.

Ein Dankeschön ergeht an die Mitarbeiter des Institutes für Biomathematik, insbesondere Herrn Dr. Wodny, der mir bei der statistischen Aufarbeitung der gewonnenen Daten behilflich war.

Abschließend möchte ich allen Ungenannten, die tatkräftig zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben, ganz herzlich für ihre Mühe danken.