

**Aus der Klinik und Poliklinik für Orthopädie und
Orthopädische Chirurgie**

(Direktor: Univ.- Prof. Dr. med. H.R. Merk)

der Medizinischen Fakultät der Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald

**Prospektive Untersuchungen zur Propriozeption am Kniegelenk im
Vergleich zu klinischen Parametern bei Patienten mit
endoprothetischem Kniegelenkersatz**

Inaugural - Dissertation

zur

Erlangung des akademischen

Grades

Doktor der Medizin

(Dr. med.)

der

Medizinischen Fakultät

der

Ernst-Moritz-Arndt-Universität

Greifswald

2005

vorgelegt von:
Juliane, Wrobel
geb. am: 18.03.1978
in: Berlin

Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung und Fragestellung	3
1.1	Die Kniegelenkarthrose	4
1.1.1	Pathophysiologie/ Ätiologie	4
1.1.2	Das klinische Bild der Gonarthrose	7
1.1.3	Therapie	8
1.1.4	Postoperative Erfolge	9
1.2	Die Propriozeption	9
1.2.1	Physiologische Grundlagen der Propriozeption	9
1.2.2	Einflussfaktoren auf die propriozeptiven Fähigkeiten	11
1.3	Auswirkungen des Kniegelenkersatzes auf die Propriozeption	13
1.4	Fragestellungen	15
2.	Materialien und Methoden	16
2.1	Die Propriozeptionsmessung allgemein	16
2.2	Realisierte Messmethode	18
2.3	Patientengut	21
2.4	Art der implantierten Endoprothesen	24
2.5	Datenerhebung	25
2.5.1	Klinische Untersuchung	25
2.5.2	Befragung	26
2.5.3	Scores	27
3.	Ergebnisse	29
3.1	Klinische Ergebnisse	29
3.2	Propriozeptive Fähigkeiten	37
3.2.1	Allgemein	37
3.2.2	Die Propriozeption in Abhängigkeit vom Alter	39
3.2.3	Die Propriozeption in Abhängigkeit vom Prothesentyp	41
3.2.4	Die Propriozeption in Abhängigkeit vom klinischen Bild	51
3.2.5	Die Propriozeption in Abhängigkeit vom Nachbehandlungskonzept	55

4.	Diskussion	62
4.1	Die Propriozeptionsveränderungen prä- und postoperativ in beiden Kniegelenken	63
4.2	Der Zusammenhang zwischen dem präoperativen klinischen Bild und der Propriozeption	64
4.3	Die Abhängigkeit der Propriozeption vom Alter des Patienten	66
4.4	Zusammenhänge zwischen der Propriozeption und den implantierten Prothesentypen	66
4.5	Die Abhängigkeit der Propriozeption vom klinischen Bild	67
4.6	Einflüsse der postoperativen Physiotherapie auf die Propriozeption	69
4.7	Aussagekraft und klinische Anwendbarkeit der Propriozeptionsmessung	72
5.	Zusammenfassung	74
6.	Literaturverzeichnis	77
7.	Anhang	86
7.1	Scores	86
7.2	Tabellen	88

1. Einleitung und Fragestellung

Mit der zunehmenden Lebenserwartung unserer Gesellschaft steigt die Anzahl an medizinisch zu behandelnden degenerativen Gelenkerkrankungen stetig an. Vor allem die operative Therapie und Nachbehandlung der Gonarthrose stellt hier neue Anforderungen an die Medizin.

Aussagen zur Propriozeption im Kniegelenk gewinnen zunehmend an Bedeutung, da die Arthrose im Kniegelenk unter anderem in steigendem Maße durch operative Eingriffe wie dem Implantieren einer Endoprothese behandelt werden kann. Im Vordergrund steht hier vor allem die Evaluation von Ergebnissen der Therapie- und Rehabilitationsmaßnahmen. Von besonderem Interesse erscheint vor allem die Beurteilung der Resultate nach operativ - endoprothetischer Behandlung der Gonarthrose.

Physiologisch wird die Propriozeption als die Fähigkeit zur Wahrnehmung der Stellung, der Bewegung und der Kraft von Gelenken im Raum und zueinander beschrieben (18).

Die Komplexität dieser Sinneswahrnehmung ergibt sich aus einer Vielzahl von verantwortlichen Sensoren der Propriozeption, wie die Gelenk-, Muskel-, Sehnen- und Hautrezeptoren. Erst aus der weitgehend unbewussten Verarbeitung aller Afferenzen entsteht eine fehlerfreie Wahrnehmungsfähigkeit.

Vor allem degenerative und krankheitsbedingte Pathologien führen im Kniegelenk zu einer veränderten Propriozeption.

Durch einen operativen Eingriff wie dem Kniegelenksersatz, aber auch bei der Arthroskopie werden zahlreiche Gelenkstrukturen traumatisiert (Muskel - und Weichteildefekte) sowie rezeptorenhaltende Strukturen (Kreuzbänder, Kapselgewebe) entfernt.

Daraus lässt sich ein gravierender Einfluss auf die postoperative Propriozeptionsfähigkeit im ersetzten Kniegelenk vermuten.

Untersuchungen zu propriozeptiven Fähigkeiten des Kniegelenkes wurden in der Vergangenheit durchgeführt. So zum Beispiel bei Patienten mit hinteren

(62) oder vorderen (1, 8) Kreuzbandläsionen oder bei Gonarthrosepatienten mit Retropatellararthrose (54).

Dabei wurden vor allem Vergleiche zu gesunden Kontrollgruppen angestrebt, intraindividuelle Veränderungen präoperativ und im postoperativen Heilungsverlauf jedoch weitgehend vernachlässigt.

Die vorliegende prospektive Studie untersucht zum einen die Propriozeptionsfähigkeit des operierten Kniegelenkes, erfasst andererseits aber auch z.B. belastungsabhängige Veränderungen an der eigentlich gesunden Gegenseite. Da die Propriozeption interindividuelle Unterschiede aufweist, soll in dieser Studie vor allem der intraindividuelle Verlauf im Seitenvergleich betrachtet werden.

Die Messungen werden demzufolge an beiden Kniegelenken präoperativ sowie 3 - und 6 - Monate postoperativ durchgeführt.

1.1 Die Kniegelenkarthrose

1.1.1 Pathophysiologie / Ätiologie

Die Arthrose ist eine stadienhaft fortschreitende Gelenkerkrankung, die von einer strukturellen und funktionellen Beeinträchtigung des Gelenkknorpels ausgeht und durch Miteinbeziehung des subchondralen Knochengewebes sowie der Synovialmembran die Gelenkkörper deformiert (Arthrosis deformans) (58). Am häufigsten betroffen sind Fingergelenke, Kniegelenke, Hüftgelenke und die Großzehengrundgelenke.

Die Gonarthrose ist eine der häufigsten degenerativen orthopädischen Erkrankungen im Rentenalter (51) mit einem Altersgipfel in der 7. Lebensdekade. Frauen sind im Durchschnitt häufiger betroffen als Männer. Es lassen sich jedoch in der Literatur keine einheitlichen Angaben zur Prävalenz der Gonarthrose in der Bevölkerungsgruppe ab 60 Jahre finden. Es wird davon ausgegangen, dass ab dem 60. Lebensjahr ca. 27 bis 90% der Bevölkerung (je nach Studie) von einem Verschleiß der Kniegelenke betroffen sind.

Ätiologisch unterscheidet man die primäre von der sekundären Arthrose.

Als ursächliche pathogenetische Faktoren der **primären Arthrose** sind vor allem biomechanisch bedingte Missverhältnisse zwischen Knorpelbelastung und Knorpelbelastbarkeit anzusehen. Dabei spielen sowohl systemische als auch biomechanische Fehler eine entscheidende Rolle.

Die metabolisch funktionelle Einheit des Knorpels wird von den Chondrozyten gebildet. Ihre Hauptaufgabe besteht in der Produktion einer hyalinen Grundsubstanz im Gelenkknorpel, die durch ihren Anteil an Proteoglykanen große Mengen an Wasser binden kann. Der gesunde Knorpel ist durch seine Elastizität somit in der Lage, den Gelenkdruck möglichst gleichmäßig auf die artikulierenden Flächen zu verteilen.

Eine physiologische Druckbelastung bildet den potentiellen Anreiz zur Substanzsynthese der Chondrozyten. Hierbei handelt es sich jedoch um einen selbstlimitierenden Prozess, da mit zunehmender Knorpeldicke die Diffusionsernährung des gefäßlosen Gelenkknorpels erschwert wird.

Infolge biomechanischer Überforderung sterben Knorpelzellen ab und es kommt zu einer herabgesetzten Belastbarkeit des Gelenkknorpels. Der zusätzliche Verlust an Proteoglykanen schränkt die Elastizität weiter ein. Es kommt zu oberflächlichen Fissurierungen, Gelenkknorpelzerstörungen mit darunterliegender reaktiver Markfibrose und subchondraler Knochenneubildung. Knorpel - Knochennekrosen werden in den Markraum abgestoßen und resorbiert.

Es ergibt sich ein röntgenologisch erfassbares Bild (51) der Arthrose mit höhengemindertem Knorpelgewebe (Gelenkspaltverschmälerung), Spaltenbildungen im Gelenkknorpel, subchondralen Sklerosierungen, Geröllzysten und reaktiven Knochenneubildungen im Randbereich (Osteophyten) sowie eine Gelenkkapsel-fibrose (58).

Da der Gelenkknorpel selbst keine Nervenendigungen besitzt, bleiben zum Teil ausgeprägte morphologische Veränderungen zunächst weitgehend schmerzfrei. Man spricht dann von einer latenten Arthrose. Erst die abgeriebenen Knorpelteilchen aktivieren Cytokine sowie knorpelauflösende

Enzyme und lösen schließlich eine schmerzhafte Gelenkinnenhautentzündung (Synovialitis) aus. Hält die Überlastung der Gelenke an, setzt sich der Verschleiß fort und es kommt zu rezidivierenden Entzündungen, d.h. zur aktivierten Arthrose. Klinisch imponieren in diesem Stadium Schwellungen, Ergüsse und starke Schmerzen.

Die **sekundären Arthrosen** entstehen im Rahmen einer ätiologisch bekannten Schädigung des Gelenkknorpels. Man unterscheidet posttraumatische Arthrosen (z.B. Gelenkflächenfrakturen, Luxationen), Inkongruenzarthrosen, endokrine Arthrosen (z.B. Hyperparathyreoidismus, Hypothyreose, Gicht, Chondrokalzinosen, Oochondrosen) sowie neuropathische Arthrosen. Morphologisch zeigen sich keine Unterschiede zur primären Arthrose.

Neben diesen pathophysiologischen Ursachen der Arthrose sind am Kniegelenk eine Reihe von mechanischen Faktoren für die Entstehung einer Gonarthrose verantwortlich. Beinachsenfehlstellungen führen zum unilateralen Gelenkverschleiß der Varus- oder Valgusgonarthrose. Auch Meniskusschäden oder -resektionen sowie chronische Knieinstabilitäten z.B. nach Kreuzbandriss führen mit der Zeit zu erheblichen degenerativen Gelenkabnutzungen.

Des Weiteren führen ungesunde Lebensgewohnheiten zu einer unphysiologischen Belastung des Gelenkes. So ist nachgewiesen, dass die Adipositas mit einem hohen Body – Mass - Index und der Bewegungsmangel einen Knorpel - und Knochenverschleiß im Sinne der Arthrose begünstigen.

1.1.2 Das klinische Bild der Gonarthrose

Das klinische Bild der Gonarthrose ist zunächst geprägt von Belastungsschmerzen, die später in einen Ruheschmerz übergehen. Oft imponiert ein bewegungseingeschränktes Kniegelenk mit einem schonhinkendem Gangbild. Das Kniegelenk kann durch die aktivierte Arthrose überwärmt und geschwollen erscheinen. Radiologisch zeigen sich Gelenkspaltver-schmälerungen, Geröllzysten, subchondrale Sklerosierungen und osteo-phytäre Anbauten.

Die Stadieneinteilung der Arthrosis deformans erfolgt nach dem klinischen Bild und der Röntgenmorphologie (51).

Stadium 1: Belastungsabhängige Schmerzen mit reflektorischen Muskelverspannungen;
Knorpel verschmälert (Gelenkspaltverschmälerung).

Stadium 2: Typischer Anlaufschmerz, Muskelhärten, Kontrakturen;
subchondrale Sklerosierungen, Knorpelusurierung.

Stadium 3: Ruheschmerz, reflektorisch- funktionelle Kontrakturen,
strukturelle Kontrakturen;
Zystenbildung, Knorpelaufbruch,
Knochenanschliff, Osteophytenbildung.

1.1.3 Therapie

Im Vordergrund der frühzeitigen Behandlung des Krankheitsbildes stehen vor allem konservative Therapiemaßnahmen. Diese können mit gezielter Physiotherapie, Krankengymnastik, Balneotherapie und Sporttherapie erfolgen.

Therapiebegleitend können Massagetechniken und elektrotherapeutische Anwendungen die reflektorischen Muskelverspannungen positiv beeinflussen. Diese Maßnahmen bewirken eine Verbesserung der Kniegelenksbeweglichkeit sowie eine Reduktion der Entzündungssymptomatik bei aktivierten Arthrosen.

Eine mechanische Entlastung des Gelenkes kann mit Hilfe von Gehhilfen und Gewichtsreduktion erreicht werden. Therapiebegleitend können Massagen, diadynamische Ströme und Interferenzströme die reflektorischen Muskelverspannungen positiv beeinflussen.

Medikamentös wird die aktivierte Gonarthrose mittels nichtsteroidaler Antiphlogistika (oral, intramuskulär oder intraartikulär) behandelt. Intraartikuläre Injektionen von Kortikosteroiden und Chondroprotektiva sollten strengen Indikationsstellungen vorbehalten bleiben. Lokal können Salbenverbände oder bei der nicht aktivierten Arthrose Wärmeapplikationen (Fango, Elektrotherapie) die bestehenden Schmerzzustände reduzieren.

Operativ wird zunächst eine Verbesserung der Gelenkbiologie oder der Gelenkmechanik angestrebt. Zum Einsatz kommen Verfahren der Knochenanbohrung (Pridie-Bohrung), Synovialektomie, autologe Chondrozytentransplantationen sowie die Denervierung. Bei durch Achsfehlstellungen bedingten Arthrosen kann mit Hilfe von Umstellungsosteotomien die Biomechanik im Gelenk optimiert und somit ein Fortschreiten der Erkrankung gemindert werden. Dabei wird die Gelenkkongruenz verbessert, die Belastung gleichmäßiger verteilt und somit eine punktuelle Kraftübertragung vermieden.

Als definitive Therapie der fortgeschrittenen Arthrose steht der endoprothetische Gelenkersatz im Vordergrund. Die Indikation wird vor allem in Abhängigkeit von der Schmerzsymptomatik, dem Röntgenbefund und dem persönlichen Leidensdruck bzw. der eingeschränkten Lebensqualität des Patienten gestellt. Hier haben sich in den letzten Jahren Oberflächenersatzprothesen hinsichtlich längerer Standzeiten und geringerer postoperativer Komplikationen deutlich gegenüber Prothesen mit einer mechanischen Achsführung (Scharnierprothesen) durchgesetzt.

1.1.4 Postoperative Erfolge

Die operativ - endoprothetische Versorgung einer konservativ therapierefraktären Gonarthrose bedeutet für die meisten Patienten eine erhebliche Reduktion des bis dahin bestehenden Leidensdruckes und der Schmerzintensität.

Obwohl Langzeitergebnisse für Knieendoprothesen noch nicht in dem Maße vorliegen wie für Hüftendoprothesen, scheinen die mittelfristigen Ergebnisse durchaus vielversprechend (2). Mehrere Studien bestätigen, dass die Erwartungen an eine Standzeit von etwa 10 Jahren postoperativ weitgehend erfüllt werden können (14, 19, 29, 44, 73). Die Prothesenwechselrate liegt laut der „Schwedenstudie“ bei nur 2,5% nach 7 Jahren (43). Im Zeitraum 1993 bis 2002 fielen auf 45812 Totalendoprothesen 1860 Revisionen. Dies entspricht einem Prozentsatz von 4%, wobei die Primärimplantation auch mehr als 10 Jahre zurückliegen kann (42).

1.2 Die Propriozeption

1.2.1 Physiologische Grundlagen der Propriozeption

Unter Tiefensensibilität versteht man die Empfindung von Stellungen, Lageänderungen sowie Kraftentwicklungen und Bewegungen des Körpers (18).

Dabei geht die Propriozeption insofern über die alleinige Tiefensensibilität hinaus, als dass sie die Empfindung der Lage im Raum mit einschließt. Damit ist sie wesentlich an der Regulation der Motorik beteiligt.

Die Rezeptoren der Propriozeption (Propriozeptoren) sind in den unterschiedlichsten anatomischen Strukturen des Körpers lokalisiert. Zu den Propriozeptoren zählen die Gelenkrezeptoren, die Muskelspindeln und die Golgi - Sehnenorgane in der Muskulatur sowie die kutanen Rezeptoren der Haut.

Gelenkrezeptoren befinden sich in den Gelenkkapseln und den perikapsulären Faszien. Sie zählen zu den langsam adaptierenden (slowly adapting) SA-Mechanorezeptoren vom Ruffini-Typ. Prinzipiell kann ihre Aktivierung in allen Gelenkwinkelbereichen erfolgen. Der überwiegende Anteil der Rezeptoren entlädt jedoch nicht während einer mittleren Gelenkstellung, sondern vor allem innerhalb eines eingeschränkten Winkelbereiches nahe den Extremstellungen.

Muskelrezeptoren wie die Golgi–Sehnenorgane liegen seriell zur Skelettmuskulatur. Sie reagieren mit ihren Ib-Afferenzen auf Muskelspannungen, also auf aktiv entwickelte Kräfte (Muskelkontraktionen) und passive Spannungen des Muskels.

Demgegenüber entladen Muskelspindeln über Ia-Afferenzen vor allem bei Verlängerung der intrafusalen Muskulatur, also bei Muskeldehnungen.

Komplexe neuronale Verschaltungen sind notwendig, um sowohl passive Dehnungen des Muskels mit Spannungs - und Längenzunahme als auch aktive Kontraktionen mit Spannungszunahme und Längenabnahme eindeutig im ZNS verarbeiten zu können. Muskelspindeln werden über γ -Motoaxone (Fusimotoneurone) innerviert. Bei Entladung der γ -Fasern kontrahieren die polaren Zonen der Intrafusalfasern, die Äquatorialzone wird gedehnt und somit die Muskelspindelafferenz aktiviert. Ohne γ -Motoneuronaktivität werden die Spindelafferenzen bei Muskelverkürzung entlastet. In dieser „Spindelpause“ können dann α -Motoneuron induzierte Längenänderungen

des Muskels nicht erfasst werden. Erst durch die α - γ -Koaktivierung kann die Empfindlichkeit der Längenrezeptoren auch während Kontraktionen der Skelettmuskelfasern erhalten bleiben (41).

Kutane Rezeptoren liegen als (fast adapting) FA-II- und (slowly adapting) SA-II- Rezeptoren in der Haut. Ihre Aktivierung erfolgt durch Scherkräfte bei jeder Art von Bewegung. Sie tragen somit ebenfalls wesentlich zum Erfassen der Gelenkstellung bei.

Welche Relevanz den einzelnen Komponenten der Propriozeption zukommt, ist bis lang noch nicht ausreichend geklärt (18). So reagieren einige Gelenkrezeptoren nicht in mittleren Gelenkstellungen und somit nicht im Rahmen des eigentlich physiologischen Gangbildes.

Lokalanästhesien verändern die propriozeptiven Fähigkeiten weder bei Injektion in das Gelenk selbst (7) noch bei kutanen Applikation. Daraus lässt sich schlussfolgern, dass den Gelenk- und Hautrezeptoren eine eher untergeordnete Rolle beim reinen Bewegungs- und Stellungsempfinden zukommt.

Es bleiben die Muskelrezeptoren, die mit ihren komplexen Innervations- und Rückkopplungsmechanismen einen entscheidenden Anteil an den willkürlichen und unwillkürlichen Bewegungsabläufen unseres Körpers zu besitzen scheinen.

1.2.2 Einflussfaktoren auf die propriozeptiven Fähigkeiten

Das komplexe Zusammenspiel so vieler Faktoren macht deutlich, dass nicht ein einzelner propriozeptiver Faktor die efferente neuromuskuläre Antwort beeinflusst, sondern dass das Gesamtsystem erheblich von der zentralen Verarbeitung mitbestimmt wird.

Zahlreiche wissenschaftliche Arbeiten konnten verschiedene Einflussgrößen herausgearbeitet werden, die die Propriozeption im Wesentlichen mit beeinflussen. Diese sind in Tabelle 1 dargestellt.

Tabelle 1: Einflussgrößen auf die Propriozeption

Einflussgröße	Autor	Jahr	Quelle
Alter des Individuums	Kaplan et al.	1985	(40,
	Skinner et al.	1984	67)
vermehrte Gelenkbeweglichkeit bzw. reduzierte Gelenkstabilität	Barrack et al.	1983	(5)
muskulärer Trainingszustand mit Hypertrophie oder Atrophie	Balduin et al.	1987	(3, 20,
	Fahim	1986	28)
	Gauffin et al.	1988	
muskuläre Ermüdung	Bigland et al.	1984	(12,
	Nelson et al.	1985	50)
Vibration	Jones	1988	(39,
	Rogers	1985	60)
lokales neuromuskuläres Trauma	Garn/Newton	1988	(27,
	Glencross	1981	30)
a) mechanisch durch:			
Dehnung	Gauffin et al.	1988	(28)
Kompression	Lundborg	1988	(47)
Kompartmentsyndrom			
b) physiologisch durch:			
Ischämie			
Denervation-/Reinervationsfehler	Barker	1984	(4)
Länge der Muskelfaszikel	De Dominico	1987	(17,
	Nitz/Peck	1986	52)
Mechanorezeptordichte	Nitz/Peck	1986	(52)
Muskelkontraktion, Schmerz, Muskelver- spannungen	Jones	1988	(39,
	Rymer	1980	61)
Gelenkerkrankungen	Skinner et al.	1984	(68)
	Ferrel et. Al.	2004	(22)

1.3 Auswirkungen des Kniegelenkersatzes auf die Propriozeption

Die physiologische Funktionsweise der Gelenke hängt von drei Faktoren ab (23):

1. Kongruenz der artikulierenden Gelenkflächen - Statische Stabilität
2. Integrität der nicht kontraktile periartikulären Weichteilstrukturen – Statische Stabilität
3. Funktion der gelenkübergreifenden Muskulatur – Dynamische Stabilität

Dysregulationen in einem dieser Parameter, wie geometrische Gelenkinkongruenz, ligamentäre Insuffizienz oder muskuläre Fehlbalance, führen über pathologische Gelenkbewegungen, pathologische Gewebeveränderungen, Funktionsstörungen und Schmerzen im Bereich der Haltungs- und Bewegungsorgane zwangsläufig zu mehr oder weniger ausgeprägten degenerativen Veränderungen.

Die exakte Koordination angemessener Muskelkräfte beruht auf der Fähigkeit zur Festlegung des Beginns und des Endes einer Bewegung, der Steuerung des notwendigen Krafteinsatzes sowie der Balance zwischen Agonist und Antagonist.

Welche Bedeutung dem propriozeptiven Informationssystem zukommt, wird meist erst bewusst, wenn akute Verletzungen oder chronische Beschwerden auftreten, die oftmals zu einer funktionellen Instabilität führen. Gelingt es nicht, den präzisen Regelkreis der propriozeptiven Fähigkeiten wiederherzustellen führt dies zusätzlich zum primären Schaden zu weiteren degenerativen Folgeschäden.

Sind die konservativen Behandlungsmöglichkeiten weitgehend ausgeschöpft, ohne dass der Circulus vitiosus durchbrochen werden konnte, steht die Indikation zum endoprothetischen Kniegelenksersatz. Ziel der operativen Versorgung ist es, die physiologischen biomechanischen Bewegungsabläufe im Gelenk wiederherzustellen und für den Patienten ein weitgehendnormales Maß an Lebensqualität wiederzuerlangen.

Anatomisch sollten mit Hilfe der Endoprothese:

1. Eine optimale Gelenkkongruenz erreicht,
2. die Sanierung des pathologisch veränderten Gewebes vorgenommen,
3. ligamentäre Defizite im Gelenk (unter anderem durch den Einsatz unterschiedlicher Inlethöhen) ausgeglichen und
4. muskuläre Dysbalancen, die vor allem nach längerer Inaktivität auftreten, durch ein postoperatives Muskelaufbau- und Bewegungstraining optimiert werden.

Daraus ließe sich ein überwiegend positiver Einfluss auf die postoperative Propriozeption vermuten. Weitgehend unklar ist jedoch, inwieweit die erneute Traumatisierung in Form eines operativen Eingriffes das präoperativ bestehende propriozeptive Defizit zusätzlich negativ beeinflussen. Vor allem die Schädigung Rezeptoren enthaltender Strukturen wie Gelenkkapsel, Muskulatur und Haut bzw. die vollständige Entfernung der Kreuzbänder (59, 62) und Menisken (37) müssen hier genannt werden.

Mehrere Arbeitsgruppen haben in der Vergangenheit gezeigt, dass in arthrotisch veränderten Kniegelenken die Propriozeptionsfähigkeit schlechter ist als bei einem gesunden Altersdurchschnittes (55, 65), ein endoprothetischer Eingriff jedoch zu keiner relevanten weiteren Abnahme führt (25, 72).

Postoperativ wurden dabei keine propriozeptiven Unterschiede zwischen kreuzbanderhaltenden unikondylären Schlittenprothesen oder kreuzbanderhaltenden Totalendoprothesen gefunden (26).

1.4 Fragestellungen

Wie aus der Darstellung der physiologischen Grundlagen hervorgeht, lässt sich ein gravierender Einfluss der Gonarthrose auf die Propriozeptionsfähigkeit im Kniegelenk vermuten.

Mit Hilfe der Detektionsschwellenmessung soll in dieser prospektiven Studie geklärt werden, ob zwischen dem Ausmaß der präoperativ bestehenden Gonarthrose bzw. dem nach erfolgter operativer Therapie bestehenden klinischen Erscheinungsbild und den objektivierbaren propriozeptiven Fähigkeiten ein relevanter Zusammenhang erkennbar ist. Des Weiteren stellt sich die Frage nach der klinischen Relevanz und Anwendbarkeit einer solchen Propriozeptionsmessung im Praxisalltag.

Konkret ergeben sich für die vorliegende Arbeit folgende Fragestellungen:

1. Welche Propriozeptionsfähigkeit besteht vor der Operation?
2. Wie verändert sich die Propriozeption im Vergleich präoperativ zu postoperativ a) im operierten Kniegelenk ?
b) im nicht operierten Kniegelenk ?
3. Welcher Zusammenhang lässt sich zwischen dem präoperativen klinischen Bild und der Propriozeptionsfähigkeit erkennen?
4. Ist die Propriozeption Abhängig vom Alter des Patienten?
5. Lassen sich für die verschiedenen implantierten Prothesentypen Unterschiede in der postoperativen Propriozeptionsfähigkeit beobachten ?
6. Wie aussagekräftig ist eine Propriozeptionsmessung zur Beurteilung a) der allgemeinen Leistungsfähigkeit des Patienten ?
b) des subjektiven Wohlbefindens des Patienten ?
c) des objektiven klinischen Befundes des Patienten ?
7. Welchen Einfluss hat die postoperative Mobilisation und Physiotherapie auf die Propriozeptionsentwicklung?
8. Welche Aussagekraft und Relevanz hat die Propriozeptionsmessung für den klinischen Alltag?

2. Materialien und Methoden

2.1 Die Propriozeptionsmessung allgemein

In den vergangenen Jahren haben sich besonders zwei Arten von Messansätzen zur Quantifizierung der Propriozeption am Kniegelenk etabliert.

Die Messung des Stellungssinnes und die des Bewegungssinns.

Das Prinzip der Messung des Gelenkstellungssinnes beruht im Wesentlichen auf einer Winkelreproduktion durch den Patienten. Dabei werden durch den Untersucher verschiedene Winkelstellungen am Kniegelenk des Patienten passiv eingestellt. Nachfolgend sollen diese Winkel vom Patienten reproduziert werden. Die Differenzen zwischen den passiv eingestellten und den durch den Patienten wiedergegebenen Winkeln gelten dann als Maß für die propriozeptive Leistung (9).

Die Messung des Bewegungssinnes beruht demgegenüber auf der Erfassung der Wahrnehmungsschwelle des Bewegungsbeginns und des Bewegungsendes (55). Nach zufällig ausgewählten Zeitintervallen beginnt die passive Bewegung des zu untersuchenden Kniegelenkes. Der Bewegungsumfang in Grad, der vergeht, bis der Proband die Wahrnehmung der Bewegung signalisiert, wird dabei als Maß für die propriozeptive Leistung genommen.

Obwohl die Grundprinzipien beider Messungen relativ etabliert sind, finden sich in der internationalen Literatur unterschiedliche Angaben zum Versuchsaufbau.

Bei der Stellungsinnmessung unterscheiden sie sich sowohl hinsichtlich der Art der Winkelmessung und der Winkelreproduktion als auch in der Art und dem Umfang der Eliminierung von externen Reizen (9), (45), (34).

Auch für die Durchführung von Bewegungssinnmessungen sind verschiedene Messanordnungen entwickelt worden, die sich im Wesentlichen in den Winkelgeschwindigkeiten, den passiven Gelenk-

bewegungen und den Ausgangswinkeln der passiven Gelenkbewegungen unterscheiden (6), (15), (16), (56).

Betrachtet man beide Messmethoden im Vergleich, so lassen sich vor allem methodische Probleme aufzeigen.

Dies sind bei der Stellungssinnanalyse:

1. Die mitunter ungenügende Elimination von externen Reizen (kutane und akustische Reize);
2. die passive Einstellbewegung der Gelenkwinkel, die an sich schon einen propriozeptiven Reiz darstellt;
3. die mangelnde Gedächtnisleistung der überwiegend alten Patienten;
4. das ungenügende und interindividuell unterschiedliche räumliche Vorstellungsvermögen sowie
5. die Messgenauigkeit, die unter anderem von der Messgenauigkeit der Apparatur abhängig ist.

Bei der Bewegungssinnmessung fallen insbesondere folgende Probleme auf:

1. Die langsamen Winkelgeschwindigkeiten zwischen $0,1^\circ/\text{s}$ bis $0,85^\circ/\text{s}$ erlauben keinen Rückschluss auf physiologische Bewegungsabläufe;
2. eine aktive Muskelkontraktion während der eigentlich passiven Gelenkbewegung kann nicht vollständig ausgeschlossen werden und
3. es treten patientenspezifische Reaktionszeiten auf.

Mittels beider Untersuchungsmethoden konnten bis jetzt bei verschiedenen Gelenkpathologien Abnahmen der propriozeptiven Fähigkeiten herausgearbeitet werden (55), (66), (35), (36), (21).

Einheitliche Normwerte für den Bewegungs- oder Stellungssinn einer gesunden Patientengruppe konnten jedoch noch nicht definiert werden.

Bei den Gelenkstellungssinnmessungen sind in der Literatur Angaben über mittlere Winkelreproduktionsfehler in gesunden Normgruppen von 3° (49) bis $7,8^\circ$ (38) zu finden.

Ähnliche Abweichungen zeigen sich bei den Bewegungssinmessungen. Hier werden von verschiedenen Arbeitsgruppen Normwerte von 1° (31) (56) bis $2,7^\circ$ (8) angegeben.

Umso wichtiger erscheint es also, die propriozeptiven Fähigkeiten nicht an einer Normgruppe zu messen, sondern vielmehr den individuellen Verlauf innerhalb einer spezifischen Gelenkpathologie zu beurteilen.

2.2 Realisierte Messmethode

Die Propriozeptionsmessungen erfolgten als Kinästhesiemessungen zur Bestimmung der Wahrnehmungsschwelle des Bewegungsbeginns (55). Zunächst wurde bei allen Patienten das rechte Kniegelenk und im Anschluss das linke Kniegelenk untersucht, um das Procedere zu vereinheitlichen. Dabei war nicht relevant, welches Bein zur Operation vorgesehen war.

Bei der Messanordnung liegt der Patient mit dem Rücken auf einer Untersuchungsliege. Das zu untersuchende Kniegelenk befindet sich entspannt in einer auch zur physiotherapeutischen Nachbehandlung etablierten CPM- Bewegungsschiene (Typ Artromot K2 der Firma Ormed), welche modifiziert und über ein Computerprogramm gesteuert wurde. Um die taktilen Reizeinflüsse zu vermindern, wird die einzige Auflagefläche am Unterschenkel mit einer Staumanschette abgepolstert, die mit einem konstanten Druck angelegt wird.

Mittels einer Augenbinde und einem über Kopfhörer präsentierten Geräuschpegel (dem „weißen Rauschen“) können die visuellen bzw. akustischen Reize eliminiert werden (11).

Als Startposition wurde eine Kniegelenksflexion von 45° gewählt, bei der sich der Kapsel - Bandapparat relativ gut relaxiert und somit die kleinsten propriozeptiven Veränderungen wahrgenommen werden können (62).

Die passive Bewegung des Kniegelenkes beginnt aus einer 45° Flexionsstellung mit einer Winkelgeschwindigkeit von durchschnittlich $0,8^\circ/s$ bis zu einer Flexion von 55° .

Die anschließende Extension führt das Kniegelenk wieder in die Ausgangsstellung zurück.

Schon in der Vorbereitungsphase wird der Patient instruiert, nur die Bewegung im Kniegelenk bewusst wahrzunehmen und es ausschließlich passiv bewegen zu lassen. In dieser Vorbereitungsphase wurde der gesamte Bewegungsumfang von 45° bis 55° Flexion mit der anschließenden Extension in die Ausgangslage (45°) durchlaufen.

Der Testlauf diente vor allem der Festlegung der exakten Geschwindigkeiten, mit der das Kniegelenk in der Schiene bewegt wurde. Relative Unterschiede ergaben sich durch die verschiedenen „Beingewichte“. Im Mittel bewegte sich die Motorschiene jedoch mit einer Winkelgeschwindigkeit von $0,8^\circ/\text{s}$. Zum anderen diente diese Vorbereitung der Konzentrierung des Patienten auf die passive Bewegung in seinem Kniegelenk.

Die Aufgabe des Patient bestand darin, den verspürten Bewegungsbeginn im Kniegelenk über einen Tastendruck (betätigen einer Maustaste) zu signalisieren. Der Versuchsaufbau und die praktische Durchführung sind in Abb. 1 bis 3 dargestellt.



Abbildung: 1 Der Messplatz



Abbildung: 2 Hilfsutensilien zur Elimination sekundärer Reize



Abbildung: 3 Die Messanordnung mit Patient

Der tatsächliche Bewegungsbeginn wird jeweils zufällig vom Computerprogramm ausgewählt.

Pro Seite werden 4 Messzyklen durchgeführt und die Daten gespeichert.

Das Bewegungsausmaß in Grad, das vergeht, bis der Proband die Wahrnehmung der Bewegung signalisiert, wird dabei als Maß für die propriozeptive Leistung genommen.

Die Wahrnehmungsschwellen für den Bewegungsbeginn S ($^{\circ}$) wird für jede Messbewegung über den Computer direkt bestimmt, indem die zwischen tatsächlichem Bewegungsbeginn und Knopfdruck vergangene Zeit t (s) gemessen und mit der Winkelgeschwindigkeit ($0,8^{\circ}/s$) multipliziert wird:

$$S (^{\circ}) = t (s) \times 0,8^{\circ}/s.$$

Erfolgte bis zu einem Winkel von 5° keine Detektion, so wurde diese als Detektionsfehler beurteilt. 5° wurde als Grenze für die Klassifikation der Bewegungsdetektion als korrekt oder falsch festgelegt, da bei wesentlich größeren Bewegungsumfängen keine eindeutige Trennung von Bewegungssinn und Lagesinn mehr möglich ist (57).

In der statistischen Auswertung wurde aus den 4 durchgeführten Messungen der Median ermittelt.

2.2 Patientengut

Mit dieser Meßmethode wurden im Zeitraum zwischen August 2002 und September 2003 insgesamt 45 Patienten aus der Klinik und Poliklinik für Orthopädie und Orthopädische Chirurgie der Ernst–Moritz–Arndt–Universität Greifswald untersucht.

In diese Studie eingeschlossen wurden alle Patienten, die im Untersuchungszeitraum mit dem klinischen Bild einer Gonarthrose zur stationären Aufnahme kamen und sich der Implantation einer Knieendoprothese unterzogen. Alter und Geschlecht waren dabei nicht relevant.

Auszuschließen waren alle Patienten, die unter neurologischen Vorerkrankungen oder an Erkrankungen litten, die den neurologischen Gesamtstatus beeinflussen.

Zum Beispiel: M. Parkinson, M. Alzheimer, Diabetes mellitus mit neurologischen Komplikationen.

Des Weiteren waren Prothesenwechsel- oder Revisions- Eingriffe von der Aufnahme in die prospektive Studie ausgeschlossen.

Alle Patienten zeigten das ausgeprägte Bild einer klinisch relevanten Gonarthrose (21 rechte, 22 linke Kniegelenke) oder andere Krankheitsbilder (M. Ahlbäck, Aseptische Osteonekrose), die die Indikation zur operativen endoprothetischen Versorgung darstellten.

Untersucht wurden die Probanden jeweils ein bis zwei Tage präoperativ sowie im Durchschnitt drei und sechs Monate postoperativ. Dadurch konnte sowohl der präoperative klinische und propriozeptive Zustand beider Kniegelenke als auch der postoperative Heilungsverlauf erfasst und dokumentiert werden.

In der Patientengruppe befanden sich 24 männliche und 21 weibliche Patienten mit einem Altersdurchschnitt von 65 Jahren (Minimum 46 Jahre, Maximum 88 Jahre).

Als auffällig erwies sich das durchgängig überdurchschnittlich hohe Körpergewicht in der Untersuchungsgruppe. Mittels Berechnung des BMI (Body – Maß - Index), der sich aus dem Quotienten von Körpergewicht (in Kilogramm) und quadrierter Körpergröße (in Metern) ergibt, wurden:

- 1 Patient als normalgewichtig (BMI: 18,5 bis 24),
- 19 Patienten als leicht bis mäßig übergewichtig (BMI: 25 bis 29),
- 22 Patienten als deutlich übergewichtig (BMI: 30 bis 39) und
- 3 Patienten als sehr stark übergewichtig eingestuft.

In Tabelle 2 und 3 sind die Diagnosen der Patienten sowie das durchschnittliche Alter und Gewicht dargestellt.

Tabelle 2 : Einteilung der Patienten nach Diagnosen

	männlich	weiblich	Gesamt
Gonarthrose rechts	10	11	21
Gonarthrose links	13	9	22
Aseptische Osteonekrose rechts	1	0	1
M. Ahlbäck	0	1	1
Gesamt	24	21	45

Tabelle 3: Durchschnittsalter und Gewicht der Patienten

	Mittelwert	Minimum	Maximum
Alter	65	46	88
männlich	63,5	46	75
weiblich	66,8	47	88
BMI	33,4	24,9	43,4

2.3 Art der implantierten Endoprothesen

Die operative Versorgung der Gonarthrosepatienten erfolgte mit Oberflächenersatzprothesen.

Durch geringe Unterschiede im Prothesendesign wird auf spezielle Probleme der Biomechanik des Kniegelenkes eingegangen.

a) Natural-Knee II (Fa. Zimmer):

Das Natural-Knee-System gewährleistet einen verbesserten postoperativen Bewegungsumfang von durchschnittlich 122° sowie eine optimale Stabilität im Kniegelenk. Intraoperativ besteht die Möglichkeit, zwischen einer fixierten Plattform (Fixed Bearing) oder einer rotierenden Plattform (Mobile bearing) zu wählen.

b) LPS-Flex (Fa. Zimmer):

Das NexGen Legacy Posterior Stabilized Knie wurde für Patienten mit guter Knochensubstanz und Varus–Valgus-Stabilität entwickelt. Es kann bei mediolateraler und/oder anteroposteriorer Bandinstabilität verwendet werden. Mittels einer speziellen Verankerung (tibialer Steg – intrakondyläre Box) wird die posteriore Subluxations-Tendenz verringert und eine physiologische Roll-Gleitbewegung bis zu 120° gesichert. Beide Kreuzbänder werden bei Implantation dieser Prothese resiziert.

c) TC-Plus (Fa. EndoPlus):

Das Design der selbstausrichtenden (Selfaligning Bearing) Tibiakomponenten der TC-PLUS Solution Endoprothese beruht auf dem bewährten Konzept der rotierenden Plattform und bietet als Vorteil gegenüber fixierten (Fixed Bearing) Varianten geringere Polyethylenbelastung bei weitgehend weichteilbestimmter Kinematik. Des Weiteren kann das hintere Kreuzband funktional erhalten werden.

d) LCS-Complete (Fa. DePuy):

Das Konzept des LCS (Low Contact Stress = Flächenkongruenz) – Kniees beruht auf einem flächenkongruenten Interface von femoraler Komponente und dem Gleitlager. Dadurch sollen Belastungen innerhalb des Polyethylens im Inlet reduziert werden, was wiederum die Gefahr des Polyethylen-Abriebs und die damit verbundene Schädigung des Gleitlagers auf ein Minimum reduziert. Die Beweglichkeit an den Interfaces des Gleitlagers ermöglicht eine nahezu normale kinematische Funktion des Kniegelenkes.

Intraoperativ besteht für den Operateur die Möglichkeit, das hintere Kreuzband funktionell zu erhalten.

2.4.Datenerhebung

Alle Patienten wurden ein bis zwei Tage präoperativ sowie im Durchschnitt drei und sechs Monate postoperativ untersucht.

Neben der eigentlichen Messung der Propriozeptionsfähigkeit erfolgte zu jedem Untersuchungstermin eine genaue klinische Untersuchung sowie die umfassende Befragung des Patienten. Eine Dokumentation der erhobenen Daten wurde in Form standardisierter Scores (Score nach Lysholm und Gillquist 1982 (48), Knee-Society-Score von Insall et al. 1989) vorgenommen. Die zur Operationsplanung erstellten Röntgenbilder konnten präoperativ begutachtet und der Befund anhand der röntgenologischen Gonarthroseklassifikation nach Jäger-Wirth in vier Stadien eingeteilt werden.

2.4.1 Klinische Untersuchung

Die klinische Untersuchung umfasst vor allem die Inspektion:

1. Des Gangbildes – Schonhinken, Benutzung von Gehhilfen;
2. der Weichteilgegebenheiten und Narbenverhältnisse – Spannungen, Wundheilungsstörungen;
3. Erguss, Schwellung, Überwärmung;

4. Oberschenkelumfang – sichtbare Muskelatrophie vor allem im Seitenvergleich,
5. Bewegungsumfang (Neutral-Null-Methode)
aktiv – Streckdefizit (extension lag)
passiv – Beugekontraktur (flexion contracture);
6. Achsabweichung in Grad – Genu varum, Genu valgum;
7. Bandinstabilitäten (Seitenbänder, Kreuzbänder) – mediale oder laterale Aufklappbarkeit, hintere oder vordere Schublade.

2.4.2 Befragung

Erfragt wurden allgemeine Angaben wie Größe, Alter und Gewicht des Patienten. Speziell galt das Augenmerk der Erhebung der Schmerzanamnese (Dauer, Intensität, Ausstrahlung, mögliche Alltagseinschränkungen durch die Schmerzen), des derzeitigen Aktivitätsgrades (sportliche Aktivitäten mehr oder weniger oft als drei mal pro Woche) sowie der Evaluation von eventuellen Voroperationen.

Postoperativ wurden, neben den klinischen Untersuchungen, Daten bezüglich des Heilungsverlaufs erhoben. Diese beinhalteten Angaben über eventuelle Komplikationen wie Wundheilungsstörungen, Thrombose, rezidivierende Ergussbildung, Infektionen des Kniegelenkes o.ä. bzw., ob Revisionseingriffe notwendig wurden. Des Weiteren wurden Art und Umfang der durchgeführten Rehabilitationsmaßnahmen evaluiert.

Zur Standardisierung des subjektiven Wohlbefindens waren die Patienten aufgefordert, auf einer Skala von 1 (trifft nicht zu) bis 5 (trifft voll zu) Punkte für folgende Empfindlichkeiten zu vergeben:

1. Ich habe das Gefühl, dass die Schmerzen nach der Operation nachgelassen haben.
2. Ich bin mit dem Heilungsverlauf zufrieden.
3. Im Alltag komme ich mit dem neuen Kniegelenk gut zurecht.
4. Körperliche Aktivitäten fallen mir leichter.

2.4.3 Scores

Sowohl die klinisch objektivierbaren Daten als auch die subjektiven Empfindlichkeiten der einzelnen Patienten wurden anhand standardisierter Tests erhoben und zusammengefasst.

Röntgenologische Gonarthroseklassifikation nach Jäger-Wirth:

Der röntgenologische Gonarthrosegrad wurde nur für das zu operierende Kniegelenk bei der Voruntersuchung bestimmt.

Mit der 1986 von M. Jäger und C.J. Wirth eingeführten Klassifikation kann die Gonarthrose anhand des radiologischen Bildes in vier Schweregrade eingeteilt werden.

Grad 1: Initiale Gonarthrose mit ausgedehnten Ausziehungen der Eminentia interkondylaris und den gelenkseitigen Patellapolen.

Grad 2: Mäßige Gonarthrose mit Ausziehungen auch an den Tibiakonsolen, mäßige Verschmälerung des Gelenkspaltes und beginnender Abflachung der Femurkondylen, mäßige subchondrale Sklerosierung.

Grad 3: Mittelgradige Gonarthrose mit hälftiger Gelenkspaltverschmälerung, deutlicher Entrundung der Femurkondylen, osteophytärer Randwulstbildung an den Tibiakonsolen, der Eminentia interkondylaris, den Innenkanten der Femurkondylen und den gelenkseitigen Patellapolen, ausgeprägte subchondrale Sklerosierung.

Grad 4: Ausgeprägte Gonarthrose, Gelenkdestruktion mit ausgeprägter Verschmälerung bis Aufhebung des Gelenkspaltes und unruhiger Randkontur, zystische Veränderungen an Tibiakopf, Femurkondylen und Patella, Subluxationstellung des Femurs gegenüber der Tibia.

Laut dieser Einteilung konnte bei 10% der Patienten präoperativ eine Gonarthrose im Stadium 3 sowie bei den restlichen 90% eine Gonarthrose im Stadium 4 festgestellt werden.

Score nach Lysholm und Gillquist:

Der Lysholm – Score erfragt vor allem subjektive Empfindungen des Alltags, zum Beispiel Hinken (5%), Treppensteigen (10%), Schwellungen (10%), Instabilitäten (30%) und Schmerzen (30%). Insgesamt ist eine maximale Punktzahl von 100 zu erreichen. Der vollständige Score ist in der Anlage nachzulesen.

Knee-Society-Score von Insall et al. 1989:

Der von John N. Insall u.a. 1989 entwickelte Knie- Score wurde speziell entwickelt, um das Outcome der Vielzahl an unterschiedlichen Knieendothesen postoperativ besser evaluieren zu können. Der in dieser Studie verwendete 1. Abschnitt des Knee-Society-Scores vergibt insgesamt 100 Punkte, wobei 50 allein für die völlige Schmerzfreiheit anzurechnen sind. 25 Punkte werden für einen vollen Bewegungsumfang von 125° angerechnet und weitere 25 Punkte für eine komplette Stabilität des Bandsystems (Kreuzbänder, Seitenbänder). Abzüge gibt es hingegen für das aktive oder passive Streckdefizit sowie für eine Achsabweichung im Kniegelenk (max. 50 Punkte Abzug).

Der gesamte Knee-Society-Score kann im Anhang nachgelesen werden.

3. Ergebnisse

3.1 Klinische Ergebnisse

Die klinischen Ergebnisse wurden anhand der körperlichen Untersuchung sowie der umfangreichen Befragung der Patienten evaluiert.

Auf die vier Aussagen zum Aktivitätsempfinden (Körperliche Aktivitäten fallen mir nach der Operation leichter.), zum Alltagsempfinden (Im Alltag komme ich mit dem neuen Kniegelenk gut zurecht.), zum Schmerzempfinden (Ich habe das Gefühl, dass die Schmerzen nach der Operation nachgelassen haben.) sowie zum Heilungsverlauf (Ich bin mit dem Heilungsverlauf zufrieden.) konnten die Patienten maximal 5 Punkte für eine volle Übereinstimmung mit der Aussage vergeben. Bei Nichtübereinstimmung wurde nur ein Punkt angerechnet.

a) Aktivitätsempfinden: Drei Monate postoperativ stimmten 33% (15) der Patienten der Aussage: „körperliche Aktivitäten fallen mir nach dem operativen Eingriff leichter“ voll zu. Sechs Monate postoperativ waren es 64% (29). Der durchschnittliche Punktwert lag nach 3 Monaten bei 3,5, nach 6 Monaten bei 4,3.

b) Alltagsempfinden: 3 Monate postoperativ kamen 56% (25) der Patienten mit dem neuen Kniegelenk sehr gut zurecht. 6 Monate nach der Operation waren es 78% (35). Im Durchschnitt ergab sich ein Punktwert von 4,1 nach 3 Monaten und 4,5 zur Abschlussuntersuchung.

c) Schmerzempfinden: 3 Monate postoperativ bejahten 67% (30) der Patienten eine Schmerzabnahme. 6 Monate postoperativ waren es 84% (38). Dies entspricht einem Anstieg des durchschnittlichen Punktwertes von 4,3 3 Monate postoperativ auf 4,7 nach 6 Monaten.

d) Heilungsverlauf: 3 Monate postoperativ stimmten der Aussage „Ich bin mit dem Heilungsverlauf zufrieden.“ 69% (31) der Patienten voll zu. 6 Monate postoperativ bereits 84% (38). Für den Durchschnitt ergab sich ein Wert von 4,5 nach 3 Monaten sowie von 4,7 nach 6 Monaten.

Im nachfolgenden Diagramm (Abbildung 4) sind diese subjektiven Empfindungen noch einmal graphisch dargestellt.

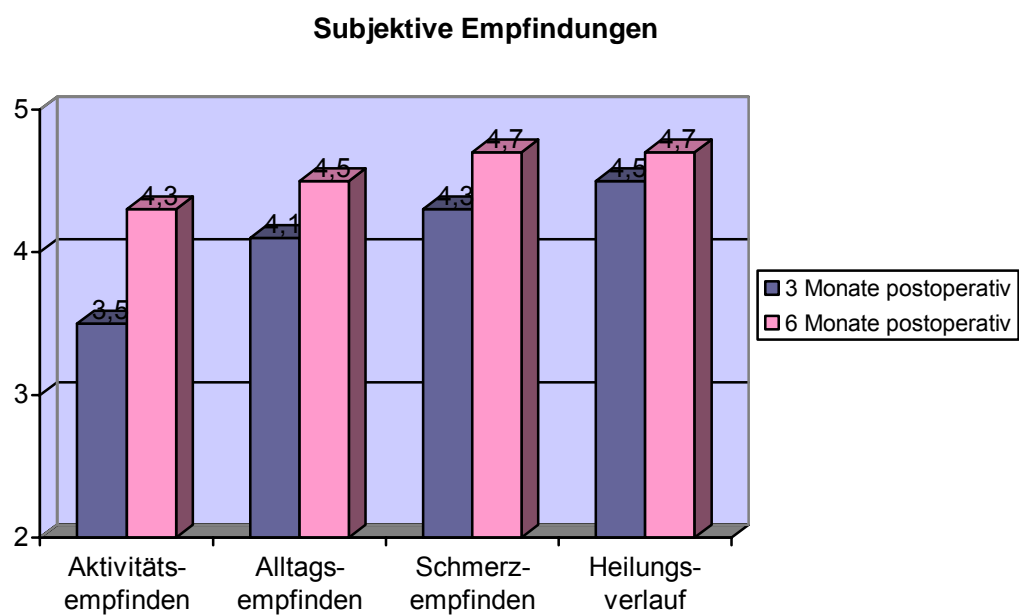


Abbildung 4: Darstellung der subjektive Empfindungen nach 3 und 6 Monaten postoperativ

Die objektiv erhobenen klinischen Werte wurden anhand standardisierter Scores zusammengefasst.

a) KSS - Knee-Society-Score von Insall et al. 1989:

Von den maximal erreichbaren 100 Punkten wurden zum präoperativen Zeitpunkt im Durchschnitt 46,3 Punkte auf der zu operierenden Seite erreicht. 76,8 Punkte waren es auf der nicht zu operierenden Seite. Während der Punktwert auf der Nicht-OP-Seite relativ konstant blieb (76,8 präoperativ; 82,5 nach 3 Monaten; 80,9 6 Monate postoperativ), konnte auf der operierten Seite ein signifikanter ($p < 0,01$) Unterschied im Sinne eines Anstiegs des durchschnittlichen Wertes verzeichnet werden.

Zur ersten Nachuntersuchung nach 3 Monaten erreichten die Patienten im Durchschnitt einen Punktwert von 75,4. Zur Abschlussuntersuchung nach 6 Monaten lag der erreichte Wert mit 82,3 knapp über dem der nicht operierten Seite (80,9). Alle Werte sind in dem Diagramm (Abbildung 5) dargestellt.

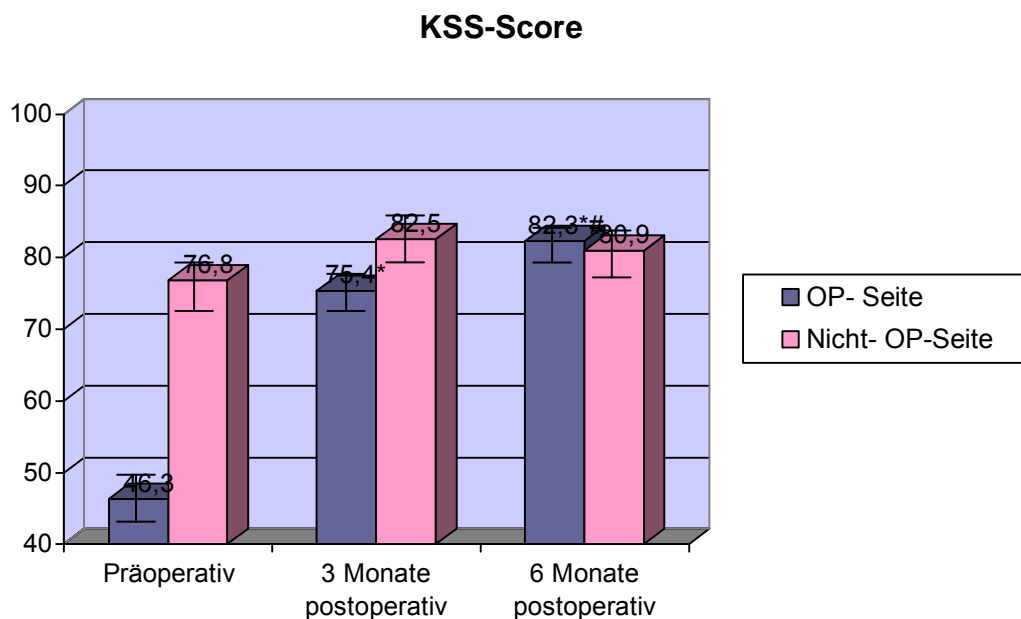


Abbildung 5: KSS-Score zu den verschiedenen

Untersuchungszeitpunkten, Mittelwert mit Standardfehler

* signifikanter Unterschied ($p < 0,01$) zur Voruntersuchung

signifikanter Unterschied ($p < 0,01$) zur 1. Nachuntersuchung

(Wilcoxon-Paar-Differenztest)

b) Bewegungsumfang:

Innerhalb dieses KSS - Scores wurde der Bewegungsumfang der Kniegelenke bestimmt. Das nicht operierte Kniegelenk zeigte einen im Durchschnitt konstanten Bewegungsumfang von 121°. Dies entspricht präoperativ 120°, 3 Monate postoperativ 120° sowie 6 Monate postoperativ 121°.

Das auf der zu operierenden Seite präoperativ bestehende Defizit im Bewegungsumfang (105°) konnte auch postoperativ nicht ausgeglichen werden. 3 Monate nach dem operativen Gelenkersatz sank der Bewegungsumfang auf 97° und konnte 6 Monate auf 100° gesteigert werden. Die Bewegungsumfänge sind in der Abbildung 6 graphisch dargestellt.

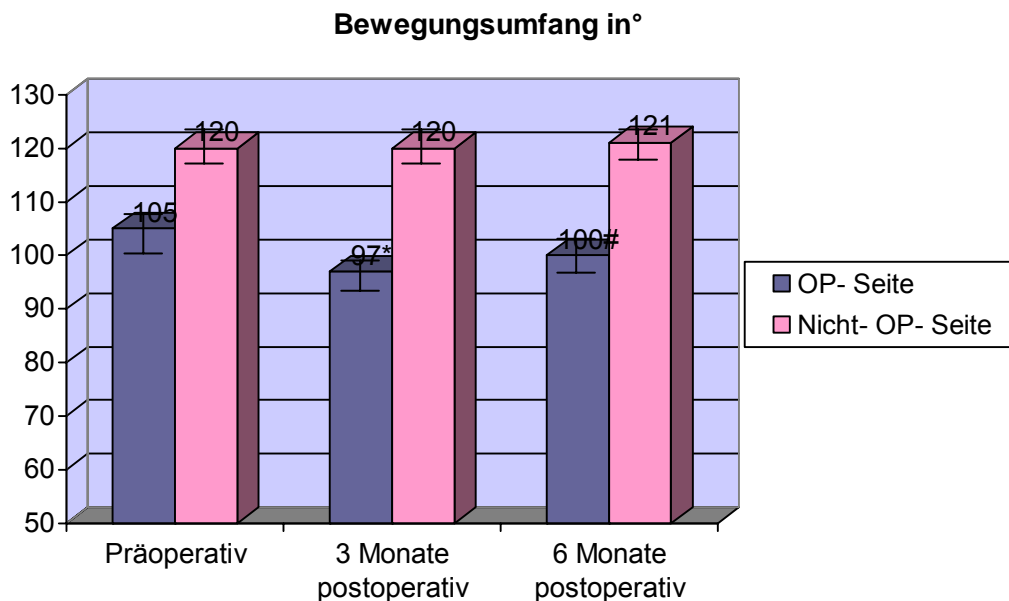


Abbildung 6: Bewegungsumfänge in° zu den verschiedenen

Untersuchungszeitpunkten, Mittelwert mit Standardfehler

* signifikanter Unterschied ($p < 0,05$) zur Voruntersuchung

signifikanter Unterschied ($p < 0,05$) zur 1. Nachuntersuchung

(Wilcoxon-Paar-Differenztest)

c) Lysholm – Score:

Mit dem Lysholm – Score konnten maximal 100 Punkte erzielt werden. Sowohl auf der operierten Seite als auch auf der Seite des nicht operierten Kniegelenkes wurde eine stetige Zunahme des Punktwertes verzeichnet.

Die durchschnittlich erreichte Punktzahl lag für das endoprothetisch versorgte Kniegelenk bei 40,2 Punkten präoperativ, bei 69,9 Punkten (signifikanter Unterschied zur Voruntersuchung $p < 0,01$) nach 3 Monaten und bei bereits 79,7 Punkten (signifikanter Unterschied zur 1. Nachuntersuchung $p < 0,01$) nach einem halben Jahr.

Auf der Gegenseite stieg der Durchschnittswert von 70,3 präoperativ auf 73,0 Punkte nach 3 Monaten sowie weiter auf 78,0 Punkte 6 Monate nach dem operativen Eingriff.

Die Punktwerte des Lysholm-Scores sind in Abbildung 7 dargestellt.

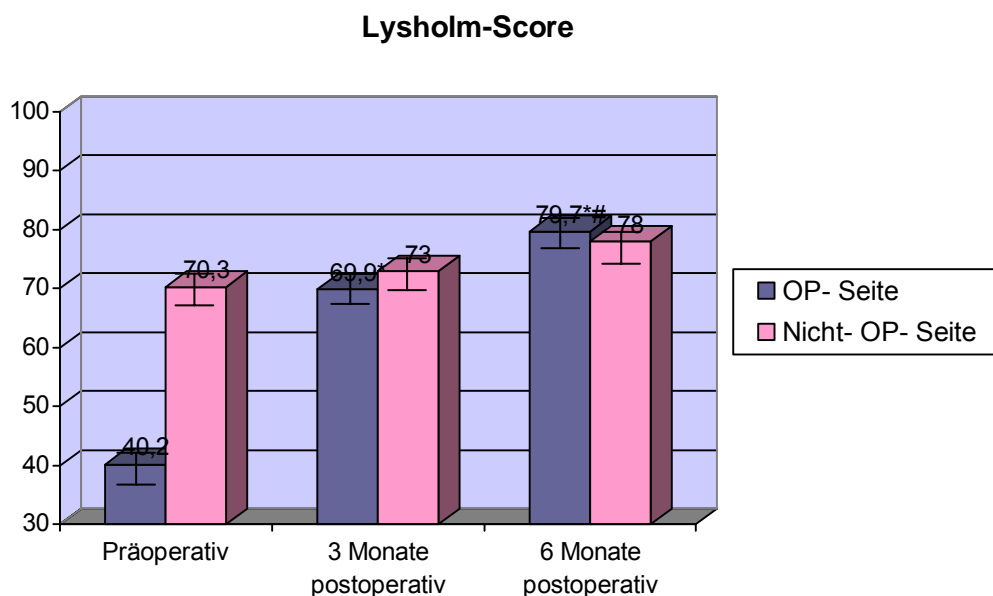


Abbildung 7: Lysholm-Score zu den verschiedenen

Untersuchungszeitpunkten, Mittelwert mit Standardfehler

* signifikanter Unterschied ($p < 0,01$) zur Voruntersuchung

signifikanter Unterschied ($p < 0,01$) zur 1. Nachuntersuchung

(Wilcoxon-Paar-Differenztest)

d) Schmerzgrad:

Innerhalb des Lysholm – Scores wurde der subjektive Schmerzgrad der Patienten evaluiert. Bei völliger Schmerzfreiheit wurden 30 Punkte erreicht. bei einem Zustand der dauernden schweren Schmerzen hingegen 0 Punkte. Auf der nicht operierten Seite gaben die Patienten im Durchschnitt „Schmerzen nur im Zusammenhang mit giving away“ an. Dies entspricht präoperativ 20,6 Punkten, 3 Monate postoperativ 21,9 Punkten und 6 Monate postoperativ 20,9 Punkten.

Ein deutlicher Anstieg war auf der operierten Seite zu verzeichnen. Präoperativ gaben die Patienten im Durchschnitt an, „dauernd schwere Schmerzen“ zu haben. Dies entspricht einem Punktwert von 3,2. Nach 3 Monaten entsprach das Schmerzempfinden schon dem auf der Gegenseite und lag im Durchschnitt bei 20,8 Punkten (signifikanter Unterschied zur Voruntersuchung $p < 0,001$). 6 Monate nach der Operation gaben die Mehrzahl der Patienten lediglich „manchmal leichte Schmerzen an“, was zu einem Punktwert von 23,7 (signifikanter Unterschied zur Vor- und 1. Nachuntersuchung $p < 0,001$) führte.

Die erreichten Punktwerte für den Schmerzgrad sind in Abbildung 8 graphisch dargestellt.

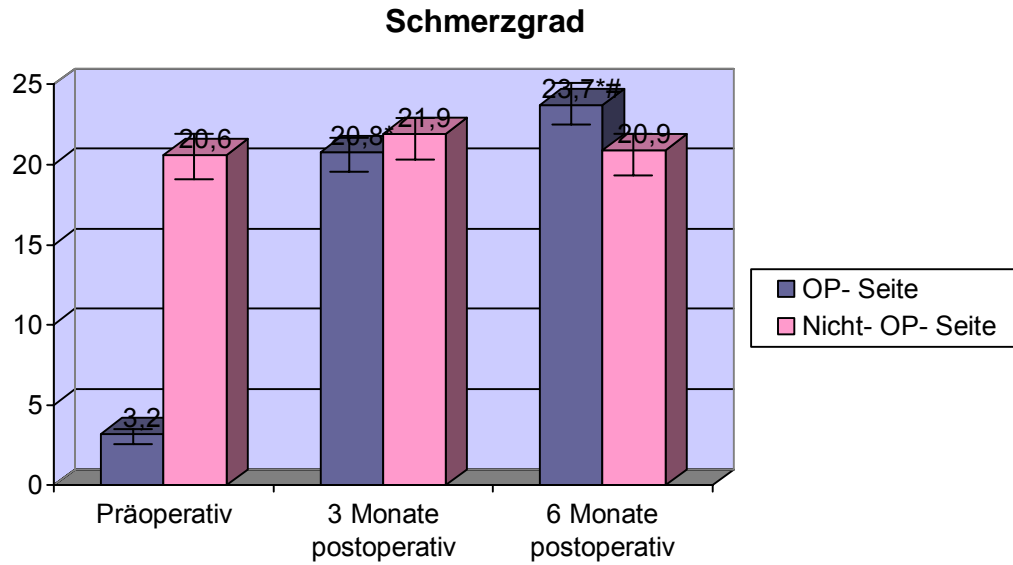


Abbildung 8: Schmerzgrad zu den verschiedenen Untersuchungszeitpunkten, Mittelwert mit Standardfehler
 * signifikanter Unterschied ($p < 0,001$) zur Voruntersuchung
 # signifikanter Unterschied ($p < 0,001$) zur 1. Nachuntersuchung

In der nachfolgenden Tabelle 4 sind alle klinischen Ergebnisse im zeitlichen Verlauf zusammengefasst dargestellt.

Tabelle 4: Klinische Ergebnisse im zeitlichen Verlauf

KSS	Voruntersuchung	postoperativ 3 Monate	postoperativ 6 Monate
OP-Seite	46,3	75,4 *	82,3*#
Nicht-OP-Seite	76,8	82,5	80,9

* signifikanter Unterschied ($p < 0,01$) zur Voruntersuchung

signifikanter Unterschied ($p < 0,01$) zur 1. Nachuntersuchung

(Wilcoxon-Paar-Differenztest)

Lyseholm-Score	Voruntersuchung	postoperativ 3 Monate	postoperativ 6 Monate
OP-Seite	40,2	69,9*	79,7*#
Nicht-OP-Seite	70,3	73,0	78,0

* signifikanter Unterschied ($p < 0,01$) zur Voruntersuchung

signifikanter Unterschied ($p < 0,01$) zur 1. Nachuntersuchung

(Wilcoxon-Paar-Differenztest)

Schmerzgrad			
OP-Seite	3,2	20,8*	23,7*#
Nicht-OP-Seite	20,6	21,9	20,9

* signifikanter Unterschied ($p < 0,001$) zur Voruntersuchung

signifikanter Unterschied ($p < 0,001$) zur 1. Nachuntersuchung

(Wilcoxon-Paar-Differenztest)

Bewegungs- umfang (°)			
OP-Seite	105	97*	100*
Nicht-OP-Seite	120	120	121

* signifikanter Unterschied ($p < 0,05$) zur Voruntersuchung

signifikanter Unterschied ($p < 0,05$) zur 1. Nachuntersuchung

(Wilcoxon-Paar-Differenztest)

Flexion (°)			
OP-Seite	113	100	103
Nicht-OP-Seite	121	121	122

3.2 Propriozeptive Fähigkeiten

3.2.1 Allgemein

Bei insgesamt 45 Patienten wurde zu 3 Untersuchungsterminen die propriozeptiven Fähigkeiten anhand der Detektionsschwelle qualifiziert.

Alle Werte der Detektionsschwellen werden als Winkel in Grad (°) angegeben. Kleine Winkelwerte entsprechen einer niedrigen Detektionsschwelle und damit einer besseren Propriozeptionsfähigkeit.

Auf der operierten Seite lässt sich im zeitlichen Verlauf der Detektionsschwelle eine signifikante Abnahme der Schwelle erkennen. Dabei lag der durchschnittliche Wert präoperativ bei 2,7°, sank zum Zeitpunkt der 1. Nachuntersuchung nach 3 Monaten auf 2,5° und war 6 Monate nach dem operativen Eingriff auf 2,3° (signifikanter Unterschied zur Voruntersuchung $p < 0,05$) gesunken .

Die Detektionsschwelle des nicht operierten Kniegelenkes lag mit 2,5° präoperativ unter der Schwelle des zu operierende Kniegelenks zu diesem Zeitpunkt. Im zeitlichen Verlauf lassen sich 3 Monate postoperativ keine Veränderungen nachweisen. Der Wert lag hier ebenfalls bei 2,5°. Erst zum 2. Nachuntersuchungstermin nach 6 Monaten sank die Detektionsschwelle auf einen Wert von 2,2°.

Nach 6 Monaten haben sich die Detektionsschwellen der Kniegelenke (sowohl operiert als auch nicht operiert) einander angeglichen und lagen insgesamt unter dem präoperativen Wert.

Die Detektionsschwellen zu allen 3 Untersuchungszeiten sind in Abbildung 9 dargestellt.

Detektionsschwelle

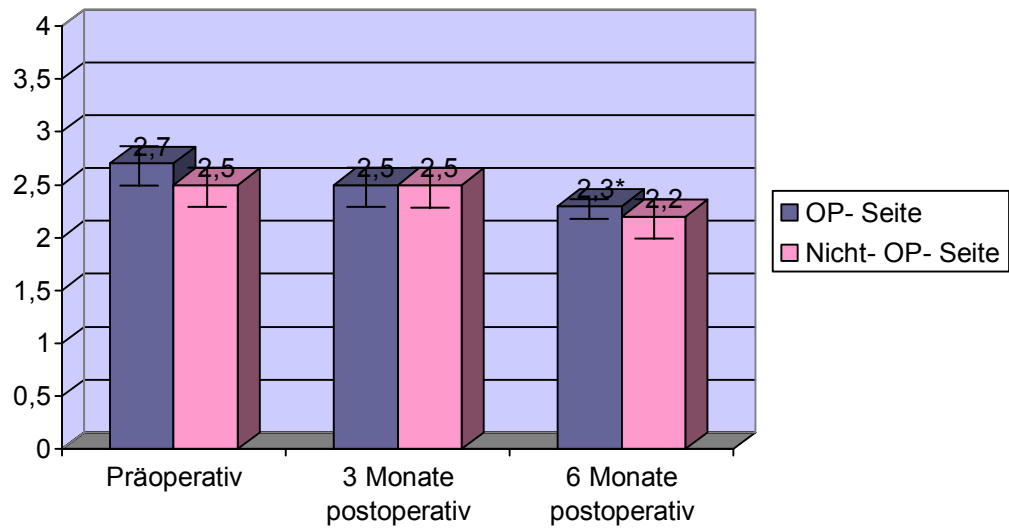


Abbildung 9: Detektionsschwellen in Grad (°) zu den verschiedenen Untersuchungszeitpunkten, Median mit Standardfehler
 * signifikanter Unterschied ($p < 0,05$) Voruntersuchung (Wilcoxon-Paar-Differenztest)

Die Entwicklung der Detektionsschwelle ist in der nachfolgenden Tabelle 5 noch einmal dargestellt.

Tabelle 5: Die Detektionsschwellen in (°) im zeitlichen Verlauf

	Voruntersuchung	3 Monate postOP	6 Monate postOP
Detektionsschwelle			
OP-Seite	2,7	2,5	2,3*
Nicht-OP-Seite	2,5	2,5	2,2

* signifikanter Unterschied ($p < 0,05$) zur Voruntersuchung (Wilcoxon-Paar-Differenztest)

3.2.2 Die Propriozeption in Abhängigkeit vom Alter

In Abhängigkeit vom Alter zeigte sich in der vorliegenden Studie ein Anstieg der Detektionsschwelle mit zunehmendem Alter der Patienten. Dieser Anstieg der Detektionsschwelle verläuft auf der zu operierenden Gelenkseite in einem monotonen Zusammenhang (Spearmanischer Korrelationskoeffizient $r=0,005$). Auf der nicht zu operierenden Gegenseite lässt sich dieser monotone Zusammenhang der Detektionsschwelle mit dem Alter auch linear darstellen (Pearsonischer Korrelationskoeffizient $r=0,0028$). Die Detektionsschwelle in Abhängigkeit vom Alter ist in den Abbildungen 10 und 11 dargestellt.

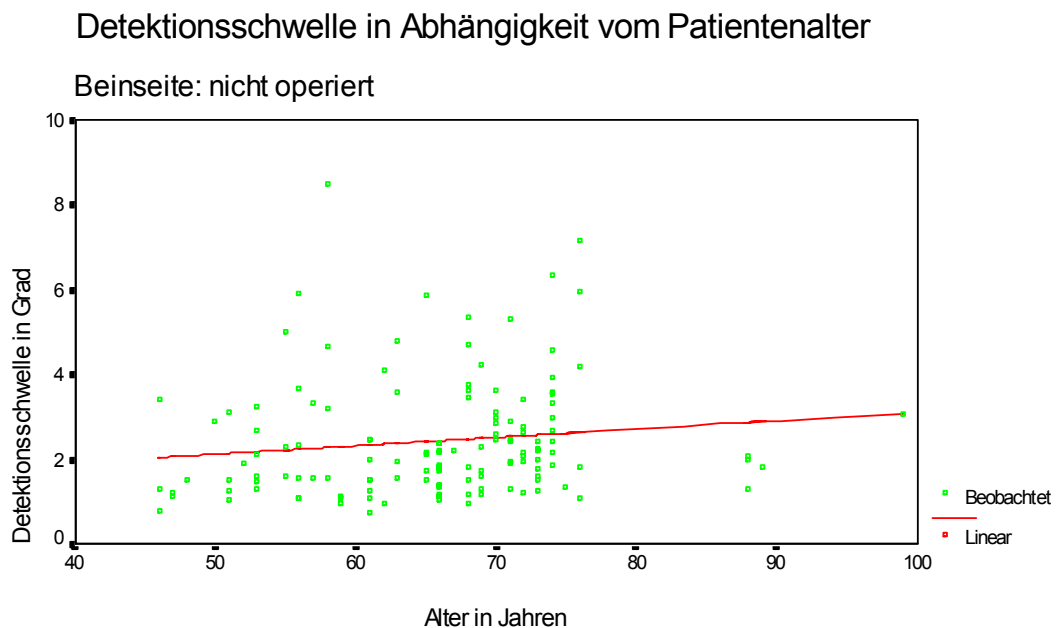


Abbildung 10: Die Detektionsschwelle (Median) in ($^{\circ}$) auf der operierten Gelenkseite in Abhängigkeit vom Patientenalter, Spearmanischer Korrelationskoeffizient $r=0,005$

Detektionsschwelle in Abhängigkeit vom Alter

Beinseite: operiert

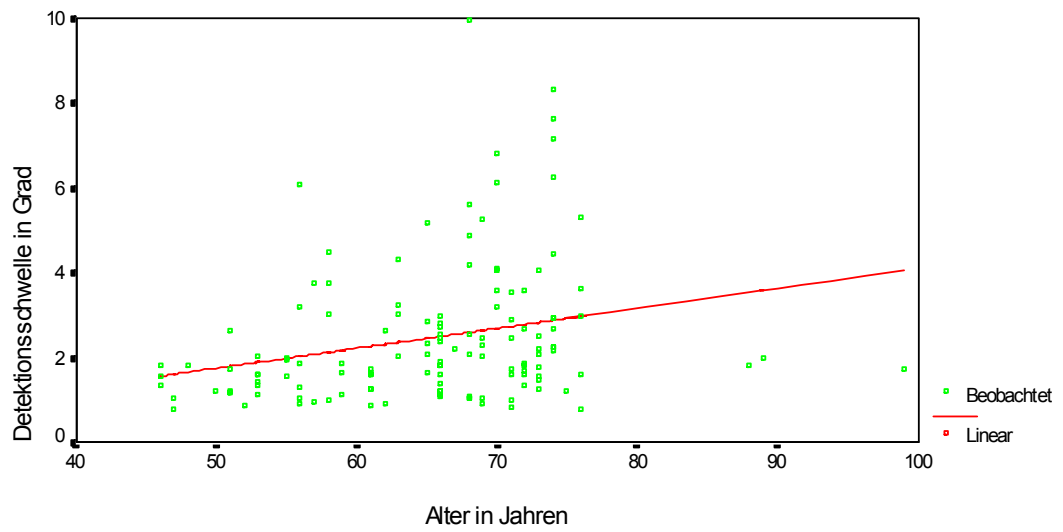


Abbildung 11: Die Detektionsschwelle (Median) in ($^{\circ}$) auf der Gegenseite in Abhängigkeit vom Patientenalter, Pearsonscher Korrelationskoeffizient $r=0,0028$

3.2.3 Die Propriozeption in Abhängigkeit vom Prothesentyp

Die Implantatwahl in unserer Patientengruppe wurde wie folgt gewählt: 19 x Natural-Knee, Fa. Zimmer; 12 x LPS-Flex, Fa. Zimmer; 7 x TC-Plus, Fa. EndoPlus; 5 x LCS-Complete, Fa. DePuy sowie 1 OATS und 1 Unikondylärer Schlitten.

Die Verteilung der Prothesentypen ist in der Tabelle 6 dargestellt.

Tabelle 6: Verteilung der Prothesentypen auf die untersuchten Patienten

Knieprothesentypen, Hersteller	männlich	weiblich	Gesamt
Natural-Knee II, Fa. Zimmer	12	7	19
LPS-Flex, Fa. Zimmer	7	5	12
TC-Plus, Fa. EndoPlus	3	4	7
LCS-Complete, Fa. DePuy	2	3	5
OATS	0	1	1
Unikondyläre Schlitten	0	1	1
Gesamt	24	21	45

Im Weiteren werden die erhobenen Daten der operierten Gelenkseite auf die einzelnen Prothesentypen aufgeschlüsselt dargestellt.

a) TC - Plus:

Bei den 7 Patienten, die ein TC - Plus Knie implantiert bekamen, sank auf der operierten Gelenkseite die Detektionsschwelle von präoperativ 3,0° auf 2,6° nach 3 Monaten und auf 2,5° nach 6 Monaten. Die Detektionsschwellen sind in Abbildung 12 graphisch dargestellt.

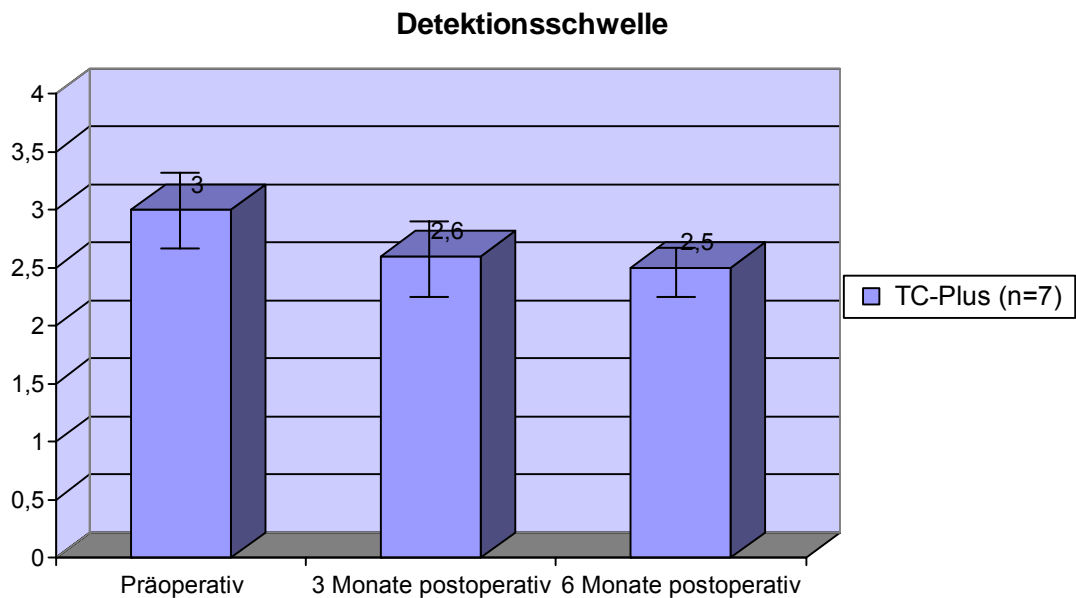


Abbildung 12: Die Detektionsschwellen in Grad (°) zu den verschiedenen Untersuchungszeitpunkten beim TC-Plus Knie, Median mit Standardfehler

Klinisch erhöhte sich der durchschnittlich erreichte Punktwert im Lysholm-Score von 34,7 präoperativ auf 69 nach 3 Monaten (signifikanter Unterschied zur Voruntersuchung $p < 0,05$) und auf 81 Punkte nach 6 Monaten (signifikanter Unterschied zur Vor- und zur 1. Nachuntersuchung $p < 0,05$). Der Punktwert des Knee-Society-Score stieg von 43,9 präoperativ auf 76,3 nach 3 Monaten (signifikanter Unterschied zur Voruntersuchung $p < 0,05$) und auf 83,9 Punkte 6 Monate postoperativ (signifikanter Unterschied zur Voruntersuchung $p < 0,05$).

Die Punktwerte der klinischen Scores sind in Abbildung 13 graphisch dargestellt.

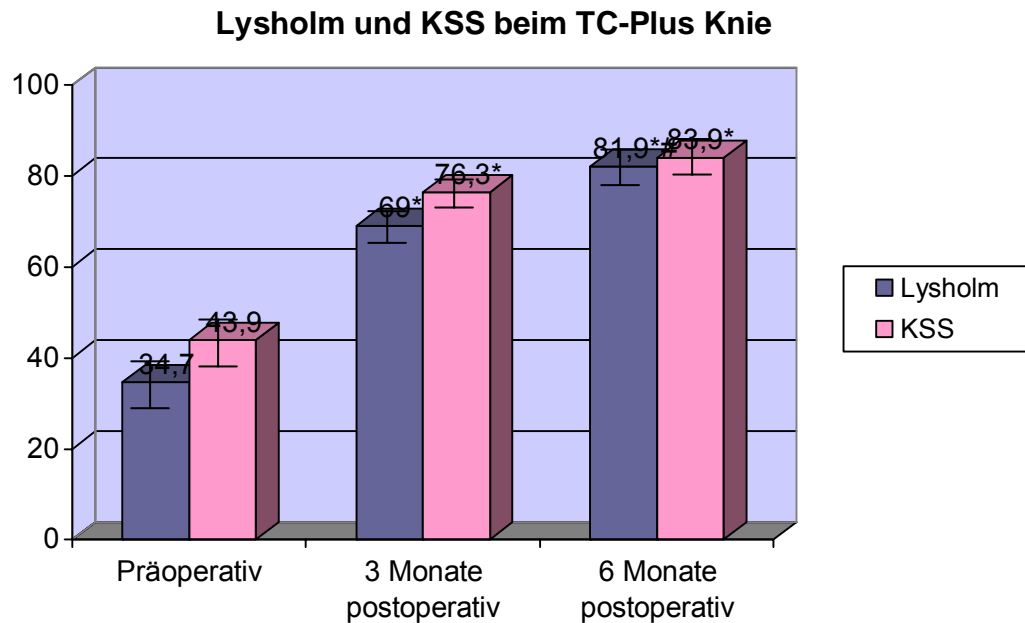


Abbildung 13: Klinische Werte (Lysholm-Score und KSS) beim TC-Plus Knie zu den verschiedenen Untersuchungszeitpunkten, Mittelwert mit Standardfehler

* signifikanter Unterschied ($p < 0,05$) zur Voruntersuchung

signifikanter Unterschied ($p < 0,05$) zur 1. Nachuntersuchung (Wilcoxon-Paar-Differenztest)

b) LPS- Flex:

12 der 45 Patienten erhielten im Untersuchungszeitraum eine Knieendoprothese vom Typ des LPS-Flex. Die anfängliche Detektionsschwelle von $3,0^\circ$ auf der operierten Gelenkseite sank nach 3 Monaten auf $2,7^\circ$ und erreichte zum Nachuntersuchungstermin nach 6 Monaten den niedrigsten Wert von $2,5^\circ$.

Die Detektionsschwellen beim LPS-Flex Knie sind in Abbildung 14 dargestellt.

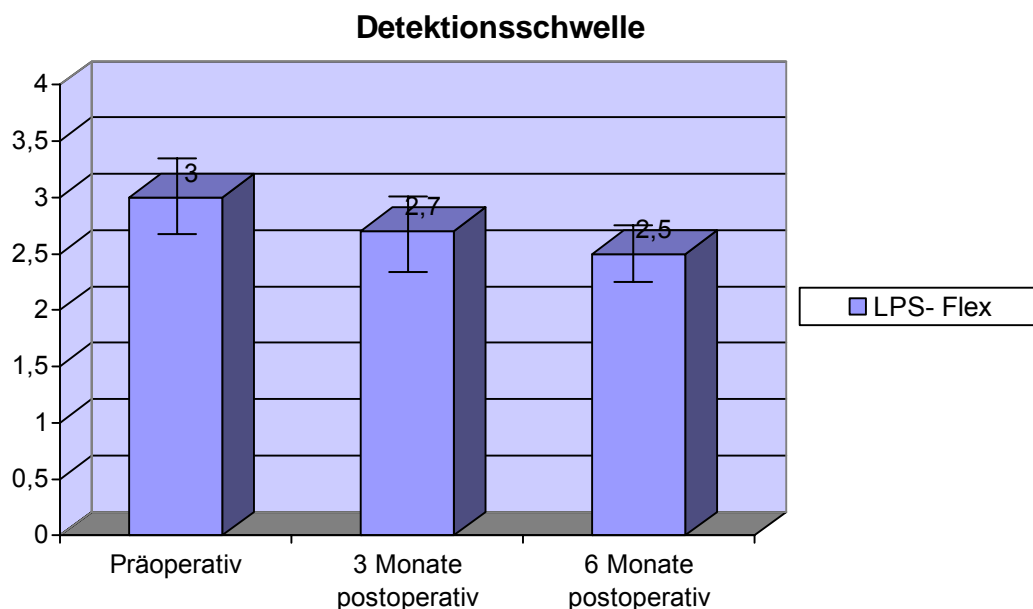


Abbildung 14: Die Detektionsschwellen in Grad ($^\circ$) zu den unterschiedlichen, Untersuchungszeitpunkten beim LPS-Flex Knie Median mit Standardfehler

Klinisch erhöhte sich der durchschnittlich erreichte Punktwert im Lysholm-Score von 43,7 präoperativ auf 66,5 nach 3 Monaten (signifikanter Unterschied zur Voruntersuchung $p < 0,05$) und auf 79,5 Punkte nach 6 Monaten (signifikanter Unterschied zur Voruntersuchung $p < 0,05$, zur 1. Nachuntersuchung $p < 0,01$). Der Punktwert im Knee-Society-Score stieg von 44,8 präoperativ auf 72 nach 3 Monaten (signifikanter Unterschied zur Voruntersuchung $p < 0,05$) und auf 80,4 Punkte 6 Monate postoperativ

(signifikanter Unterschied zur Voruntersuchung $p < 0,05$, zur 1. Nachuntersuchung $p < 0,01$).

Die Punktwerte der klinischen Scores sind in Abbildung 15 graphisch dargestellt.

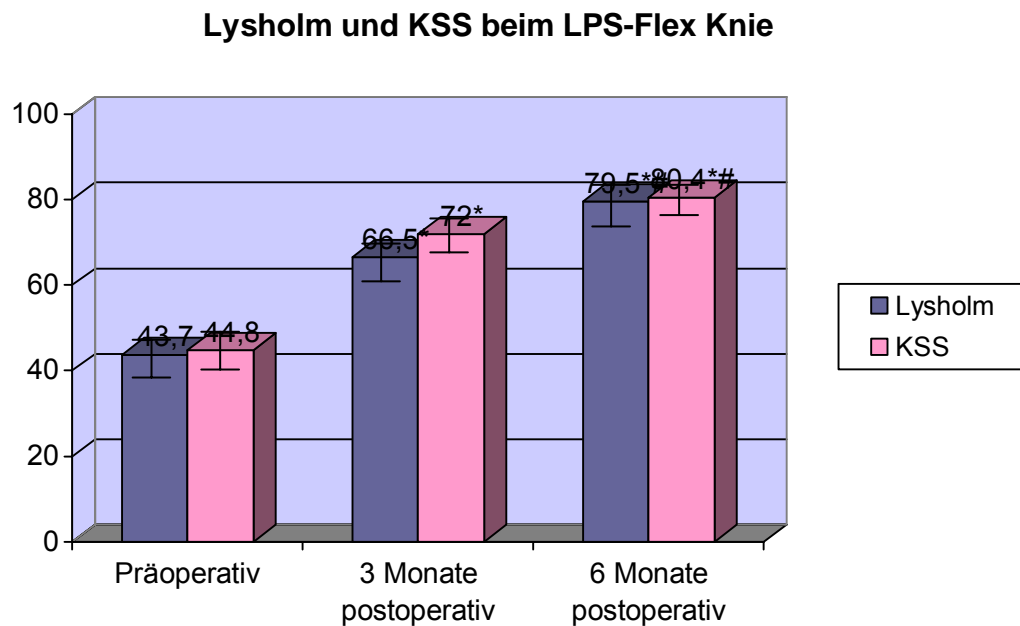


Abbildung 15: Klinische Werte (Lysholm-Score und KSS) zu den unterschiedlichen Untersuchungszeitpunkten beim LPS-Flex Knie, Mittelwert mit Standardfehler
* signifikanter Unterschied ($p < 0,05$) zur Voruntersuchung
signifikanter Unterschied ($p < 0,01$) zur 1. Nachuntersuchung (Wilcoxon-Paar-Differenztest)

c) LCS- Complete:

5 Patienten wurden während des Untersuchungszeitraums mit einer LCS-Complete-Endoprothese versorgt. Die präoperative Detektionsschwelle von $2,3^\circ$ fiel 3 Monate postoperativ auf $1,7^\circ$. Nach 6 Monaten stieg diese Schwelle wieder auf einen Detektionswinkel von $2,0^\circ$ an und lag damit noch $0,3^\circ$ unter dem präoperativen Wert.

Die Detektionsschwellen beim LCS-Complete Knie sind in Abbildung 16 dargestellt.

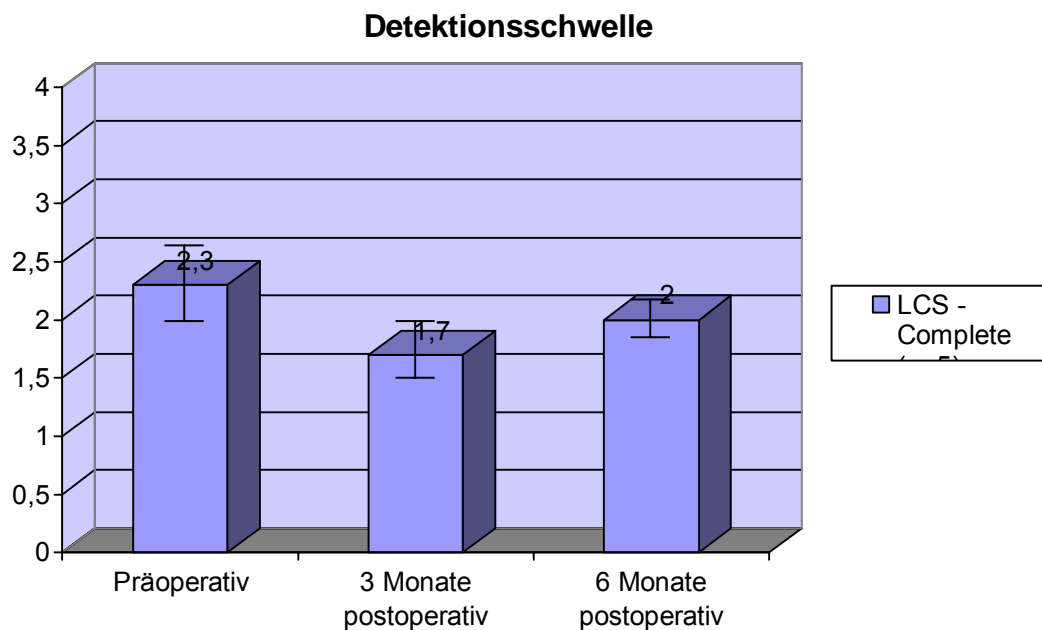


Abbildung 16: Die Detektionsschwellen in Grad ($^\circ$) zu den unterschiedlichen Untersuchungszeitpunkten beim LCS-Complete Knie, Median mit Standardfehler

Klinisch erhöhte sich der durchschnittlich erreichte Punktwert im Lysholm-Score von 21 präoperativ auf 62,6 nach 3 Monaten und auf 67,6 Punkte nach 6 Monaten. Der Punktwert im Knee-Society-Score stieg von 25,8 präoperativ auf 70,4 nach 3 Monaten (signifikanter Unterschied zur Voruntersuchung $p < 0,05$) und auf 72,2 Punkte 6 Monate postoperativ (signifikanter Unterschied zur Voruntersuchung $p < 0,05$).

Die Punktwerte der klinischen Scores sind in Abbildung 17 graphisch dargestellt.

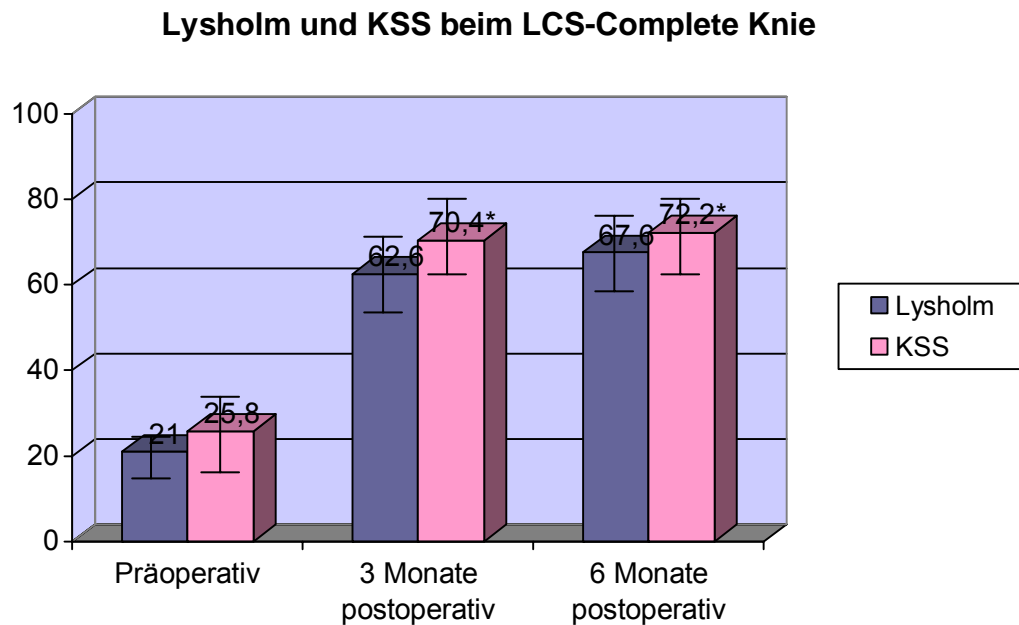


Abbildung 17: Klinische Werte (Lysholm-Score und KSS) zu den unterschiedlichen Untersuchungszeitpunkten beim LCS-Complete Knie, Mittelwert mit Standardfehler
* signifikanter Unterschied ($p < 0,05$) zur Voruntersuchung (Wilcoxon-Paar-Differenztest)

d) Natural- Knee:

19 Patienten wurden im Untersuchungszeitraum mit einem Natural-Knee versorgt. Die präoperative Detektionsschwelle mit $2,1^\circ$ stieg zunächst auf $2,4^\circ$ nach 3 Monaten. Zur Nachuntersuchung nach 6 Monaten konnte im Durchschnitt wieder eine Detektionsschwelle von $2,1^\circ$ erreicht werden. Die Detektionsschwellen für das Natural-Knee sind in Abbildung 18 dargestellt.

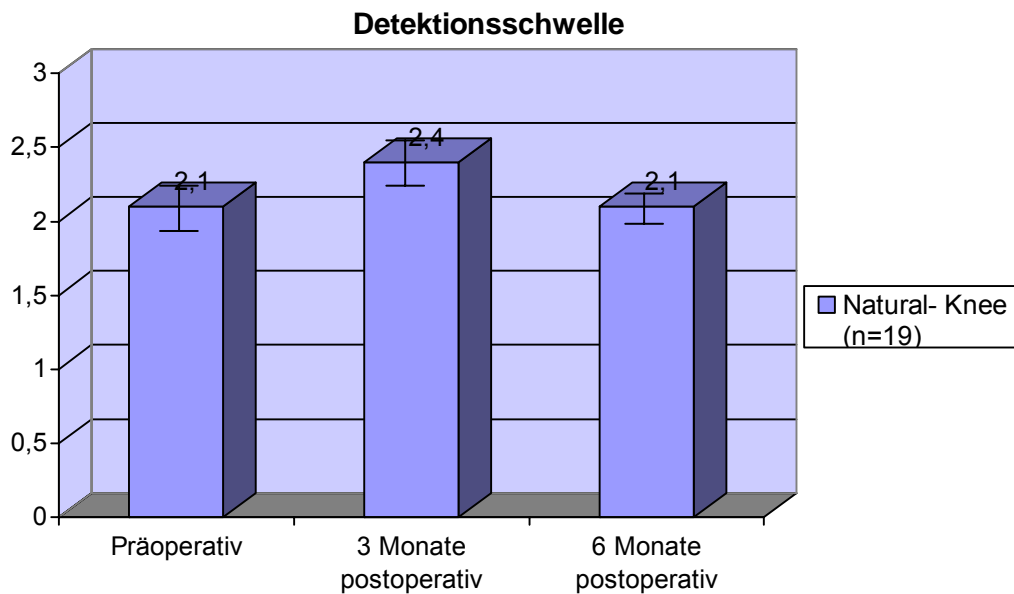


Abbildung 18: Die Detektionsschwellen in Grad ($^\circ$) zu den verschiedenen

Untersuchungszeitpunkten beim Natural-Knee, Median mit Standardfehler

Klinisch erhöhte sich der durchschnittlich erreichte Punktwert im Lysholm-Score von 46,8 präoperativ auf 74,5 nach 3 Monaten (signifikanter Unterschied zur Voruntersuchung $p < 0,05$) und auf 83,4 Punkte nach 6 Monaten (signifikanter Unterschied zur Voruntersuchung $p < 0,05$, zur 1. Nachuntersuchung $p < 0,01$). Der Punktwert im Knee-Society-Score stieg von 53,4 präoperativ auf 78 nach 3 Monaten (signifikanter Unterschied zur

Voruntersuchung $p < 0,05$) und auf 86,3 Punkte 6 Monate postoperativ (signifikanter Unterschied zur Voruntersuchung $p < 0,05$, zur 1. Voruntersuchung $p < 0,01$).

Die Punktwerte der klinischen Scores sind in Abbildung 19 graphisch dargestellt.

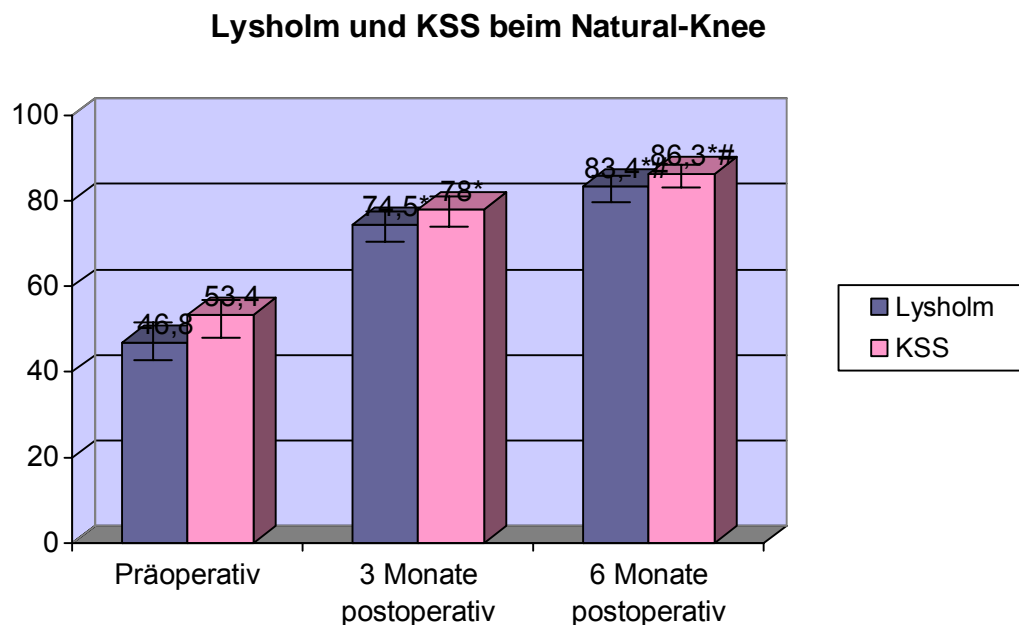


Abbildung 19: Klinische Werte (Lysholm-Score und KSS) zu den verschiedenen Untersuchungszeitpunkten beim Natural-Knee, Mittelwert mit Standardfehler
 * signifikanter Unterschied ($p < 0,05$) zur Voruntersuchung
 # signifikanter Unterschied ($p < 0,01$) zur 1. Nachuntersuchung (Wilcoxon-Paar-Differenztest)

Da die präoperativen Ausgangsverhältnisse der Detektionsschwellen der verschiedenen Knieprothesentypen unterschiedlich sind, ist neben der absoluten Angabe der Detektionsschwelle die Betrachtung der prozentuellen Entwicklung sinnvoll. Nach Implantation des TC-Plus und des LPS-Flex Knies sinkt die Detektionsschwelle um 17%. Beim LSC-Complete Knie waren es 13% und beim Natural-Knee 0%.

Die prozentuelle Abnahme der Detektionsschwelle ist in Abbildung 20 dargestellt.

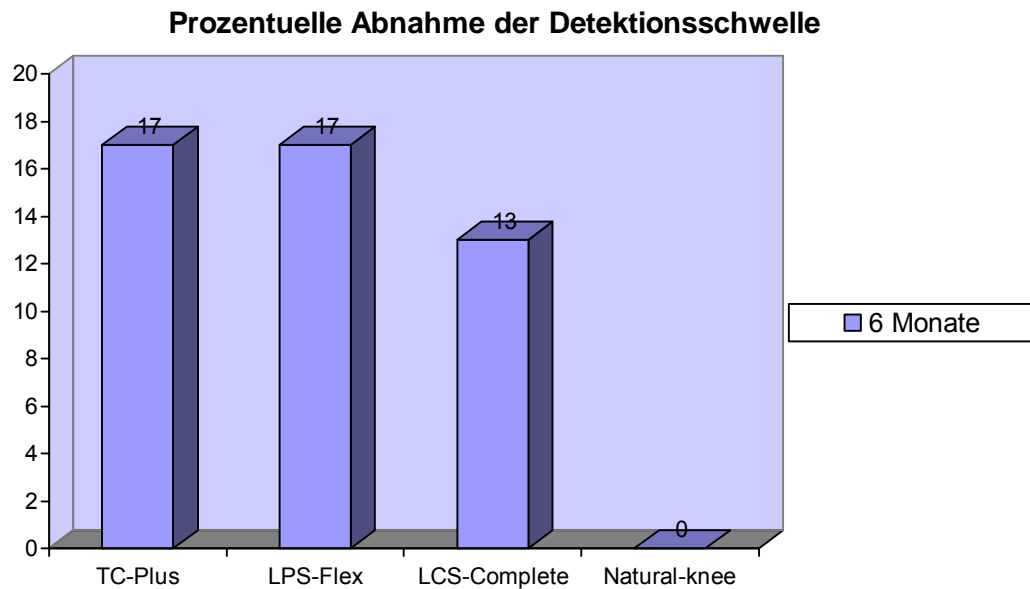


Abbildung 20: Die prozentuelle Abnahme der Detektionsschwelle im Zeitraum von 6 Monaten

Diese Abnahme der Detektionsschwelle entspricht einer Verbesserung der propriozeptiven Fähigkeiten.

Die Detektionsschwellen der einzelnen Prothesentypen im zeitlichen Verlauf sind noch einmal in der nachfolgenden Tabelle 7 zusammengefasst dargestellt.

Tabelle 7: Die Detektionsschwellen der einzelnen Prothesentypen im zeitlichen Verlauf

	Voruntersuchung	3 Monate postOP	6 Monate postOP
LPS-Flex (12)	3,0°	2,7°	2,5°
TC-Plus (7)	3,0°	2,6°	2,5°
LCS-Complete (5)	2,3°	1,7°	2,0°
Natural-Kee (19)	2,1°	2,4°	2,1°

3.2.4 Die Propriozeption in Abhängigkeit vom klinischen Bild

Um die Propriozeptionsfähigkeit in Abhängigkeit vom klinischen Bild zu beurteilen, wurden die Detektionsschwellen den jeweiligen gruppierten Score bzw. Schmerzgradpunkten zugeordnet. Dabei war nicht relevant, ob es sich um die operierte oder die nicht operierte Kniegelenksseite handelt. Auch der Untersuchungszeitpunkt spielte keine Rolle.

a) Schmerzgrad

Innerhalb des klinisch erhobenen Lysholm-Scores wurden insgesamt maximal 30 Punkte für das Schmerzempfinden wie folgt vergeben: keine Schmerzen 30 Punkte, manchmal leichte Schmerzen 25 Punkte, im Zusammenhang mit „giving away“ 20 Punkte, erhebliche Schmerzen bei sportlicher Belastung 15 Punkte, erhebliche Schmerzen beim Gehen über 2

km 10 Punkte, erhebliche Schmerzen beim Gehen unter 2 km 5 Punkte und dauernd schwere Schmerzen 0 Punkte.

In der Gruppe, die über 25 Punkte erreichte und somit keine oder nur manchmal leichte Schmerzen angaben, fand sich eine durchschnittliche Detektionsschwelle von $2,3^\circ$. In der Gruppe unter 25 Punkte wurde nur eine Detektionsschwelle von $2,7^\circ$ erreicht.

Die Detektionsschwelle in Abhängigkeit vom Schmerzgrad ist in Abbildung 21 dargestellt.

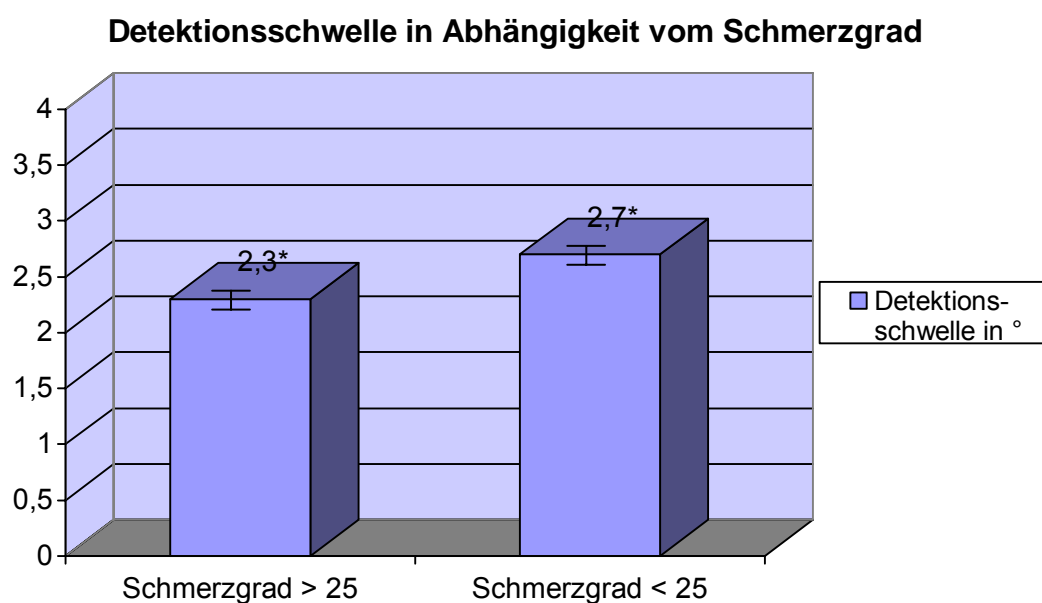


Abbildung 21: Die Detektionsschwelle in ($^\circ$) in Abhängigkeit vom Schmerzgrad, Median mit Standardfehler

* signifikanter Unterschied ($p < 0,05$)

(Mann-WhitneyU-Wilcoxon-Test)

b) Lysholm - Score

Bei dem klinisch eher subjektiven Lysholm-Score waren maximal 100 Punkte für ein uneingeschränktes Alltags - und Bewegungsempfinden zu erreichen. Kriterium der Gruppenzuordnung war eine erreichte Punktzahl über bzw. unter 75. Bei einem guten Scorewert über 75 Punkte wurde im Durchschnitt eine Detektionsschwelle von $2,3^\circ$ erreicht. Unter einem Punktwert von 75 lag die Detektionsschwelle bei $2,6^\circ$.

Die Detektionsschwelle in Abhängigkeit vom Lysholm-Score ist in Abbildung 22 dargestellt.

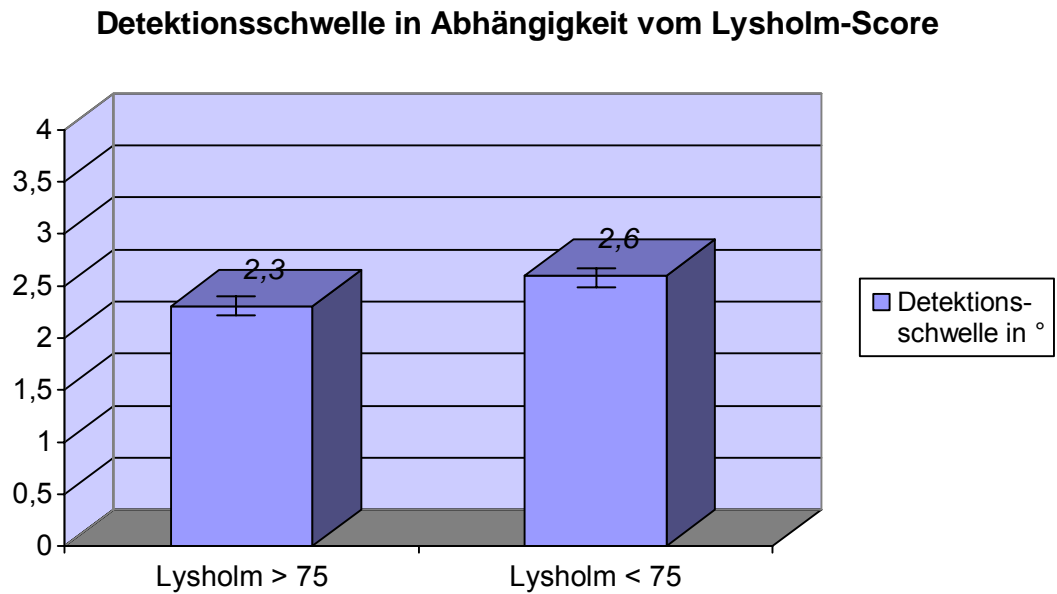


Abbildung 22: Die Detektionsschwelle in (°) in Abhängigkeit vom Lysholm-Score, Median mit Standardfehler

c) Knee-Society-Score

Mit Hilfe des Knee-Society-Scores lassen sich die objektivierbaren Bewegungseinschränkungen graduieren. Die maximale Punktzahl beträgt 100. Auch hier erfolgte die Gruppierung nach der erreichten Punktzahl von mehr oder weniger als 75 Punkten.

Bei einem Wert über 75 Punkte wurde im Durchschnitt eine Detektionsschwelle von 2,2° erreicht. Lag der erreichte Punktwert unter 75, liegt die Detektionsschwelle bei 2,8°.

Die Detektionsschwelle in Abhängigkeit vom Knee-Society-Score sind in Abbildung 23 dargestellt.

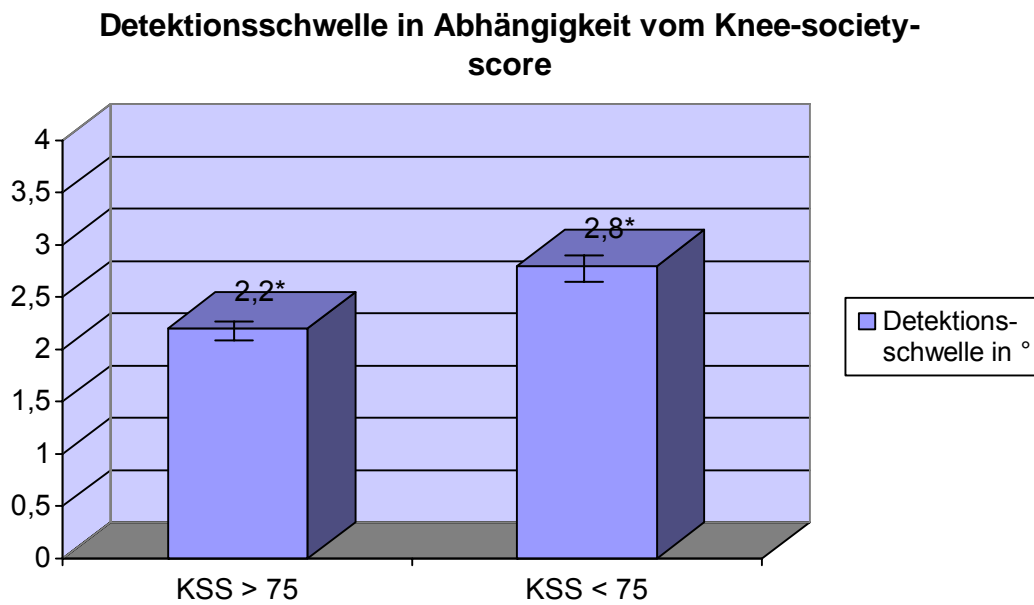


Abbildung 23: Die Detektionsschwelle in (°) in Abhängigkeit vom Knee-Society-Score, Median mit Standardfehler
* signifikanter Unterschied ($p < 0,05$)
(Mann-Whitney U -Test)

Die einzelnen Detektionsschwellen sind in Abhängigkeit von den gruppierten Scores in der nachfolgenden Tabelle 8 zusammengefasst dargestellt.

Tabelle 8: Die Detektionsschwellen in (°) in Abhängigkeit von den erreichten klinischen Scorewerten

Parameter	Punkte	Detektionsschwelle
Schmerzgrad		
(Max. 30 Punkte=keine Schmerzen)	> 25	2,3°*
	< 25	2,7°*
Lysholm-Score (Max.100 Punkte)		
	> 75	2,3°*
	< 75	2,6°*
Knee-society-score		
(Max. 100 Punkte)	> 75	2,2°*
	< 75	2,8°*

* signifikanter Unterschied ($p < 0,05$)
(Mann-Whitney U -Test)

3.2.5 Die Propriozeption in Abhängigkeit vom Nachbehandlungskonzept

Bei 6 der insgesamt 45 untersuchten Patienten erfolgte nach der endoprothetischen Versorgung des Kniegelenkes keine stationäre Nachbehandlung, sondern lediglich eine intensive ambulante Physiotherapie. 39 Patienten wurden direkt im Anschluss an den Krankenhausaufenthalt in einer stationären Rehabilitationseinrichtung weiterbehandelt.

Der Nachbehandlungszeitraum lag im Durchschnitt bei 3 Wochen.

Die Detektionsschwelle der ohne stationäre Rehabilitation nachbehandelten Patienten lag auf der operierten Seite präoperativ mit 3,1° etwas über der Detektionsschwelle von 2,6° bei den mit stationärer Rehabilitation nachbehandelten Patienten.

Im weiteren Verlauf nach 3 Monaten zeigte sich eine gleichartige Differenz mit einem Wert von 3,1° ohne stationäre Rehabilitation und 2,4° mit stationärer Rehabilitation. Nach 6 Monaten ergaben sich ein Detektionsschwellenwert von 2,5° ohne stationäre Rehabilitation und ein Wert von 2,2° mit stationärer Rehabilitation.

Die Detektionsschwellen der operierten Gelenkseite in Abhängigkeit vom Nachbehandlungskonzept sind in Abbildung 24 dargestellt.

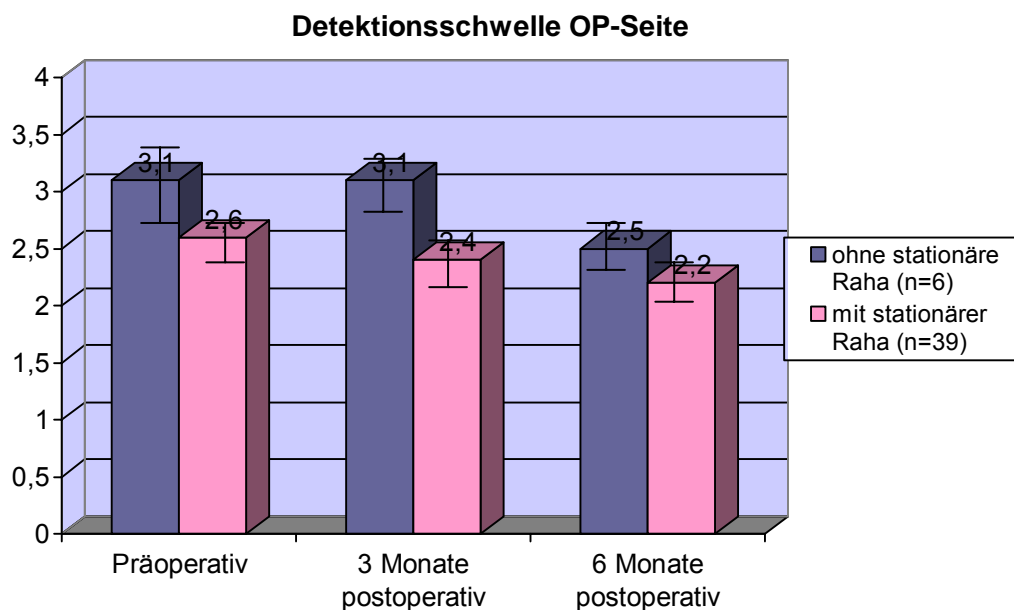


Abbildung 24: Die Detektionsschwelle in (°) der operierten Gelenkseite in Abhängigkeit vom Nachbehandlungskonzept, Median mit Standardfehler

Die Detektionsschwelle der ohne stationäre Rehabilitation nachbehandelten Patienten lag auf der nicht operierten Seite präoperativ mit 2,8° über der Detektionsschwelle von 2,4° bei denen mit stationärer Rehabilitation nachbehandelten Patienten.

Nach 3 Monaten unterscheidet sich die Detektionsschwelle mit einem Wert von 3,1° ohne stationäre Rehabilitation von der Schwelle der stationär nachbehandelten Patienten mit 2,4°. Nach 6 Monaten ergaben sich ein Detektionsschwellenwert von 3,0° ohne stationäre Rehabilitation und ein Wert von 2,1° mit stationärer Rehabilitation.

Die Detektionsschwellen der Gegenseite in Abhängigkeit vom Nachbehandlungskonzept sind in Abbildung 25 dargestellt.

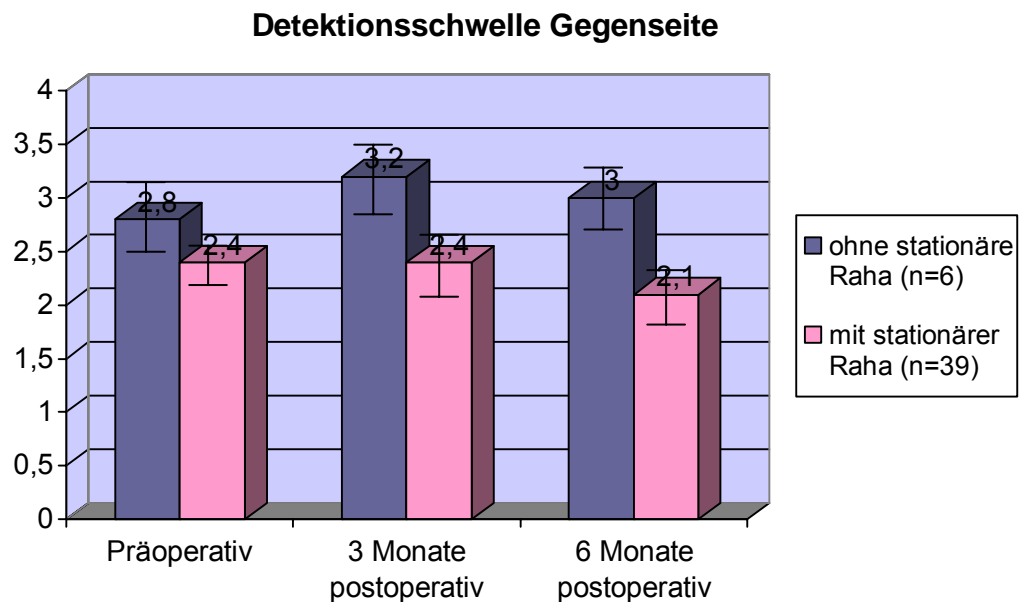


Abbildung 25: Die Detektionsschwelle in (°) der nicht operierten Gelenkseite in Abhängigkeit vom Nachbehandlungskonzept, Median mit Standardfehler

Die Detektionsschwellen sowohl der operierten als auch der nicht operierten Kniegelenke mit oder ohne stationäre Rehabilitation sind in der nachfolgenden Tabelle 9 zusammengefasst dargestellt.

Tabelle 9: Die Detektionsschwellen in (°) in Abhängigkeit vom Nachbehandlungskonzept

	Voruntersuchung	postoperativ 3 Monate	postoperativ 6 Monate
Ohne stationäre Reha			
Op-Seite	3,1°	3,1°	2,5°
Mit stationärer Reha			
Op-Seite	2,6°	2,4°	2,2°
Ohne stationäre Reha			
Gegenseite	2,8°	3,2°	3,0°
Mit stationärer Reha			
Gegenseite	2,4°	2,4°	2,1°

Bei Betrachtung der klinischen Ergebnisse in Abhängigkeit vom Nachbehandlungskonzept lassen sich folgende Daten erheben:

Bei den endoprothetisch versorgten Kniegelenken stieg der KSS-Score in der ambulanten Gruppe von 42 Punkten präoperativ auf 69 Punkte nach 3 Monaten und auf 75 Punkte nach 6 Monaten. Der Lysholm-Score zeigte einen Anstieg von 30 Punkten präoperativ auf 57 Punkte nach 3 Monaten und auf 67 Punkte nach 6 Monaten.

In der stationären Rehabilitationsgruppe stieg der KSS von 46 Punkten präoperativ auf 77 Punkte nach 3 Monaten und auf 84 Punkte nach 6 Monaten. Der Lysholm-Score verbessert sich von 42 Punkten präoperativ auf 72 Punkte nach 3 Monaten und auf 81 Punkte nach 6 Monaten.

Die durchschnittlich erreichten Punktwerte im Knee-Society-Score und im Lysholm-Score in Abhängigkeit vom Nachbehandlungskonzept sind in den Abbildungen 26 und 27 dargestellt.

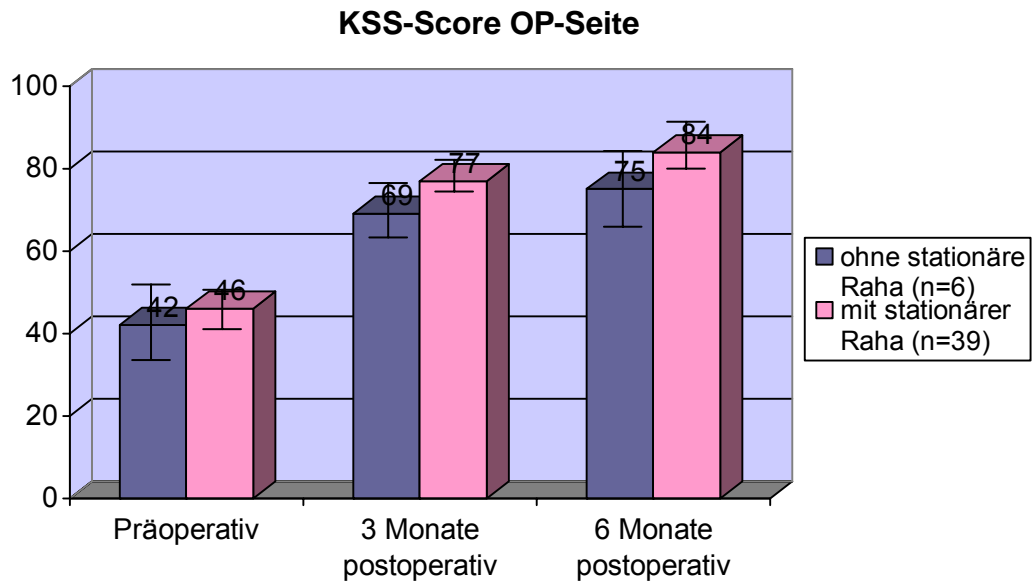


Abbildung 26: Der KSS- Punktwert auf der operierten Gelenkseite in Abhängigkeit vom Nachbehandlungskonzept, Mittelwert mit Standardfehler

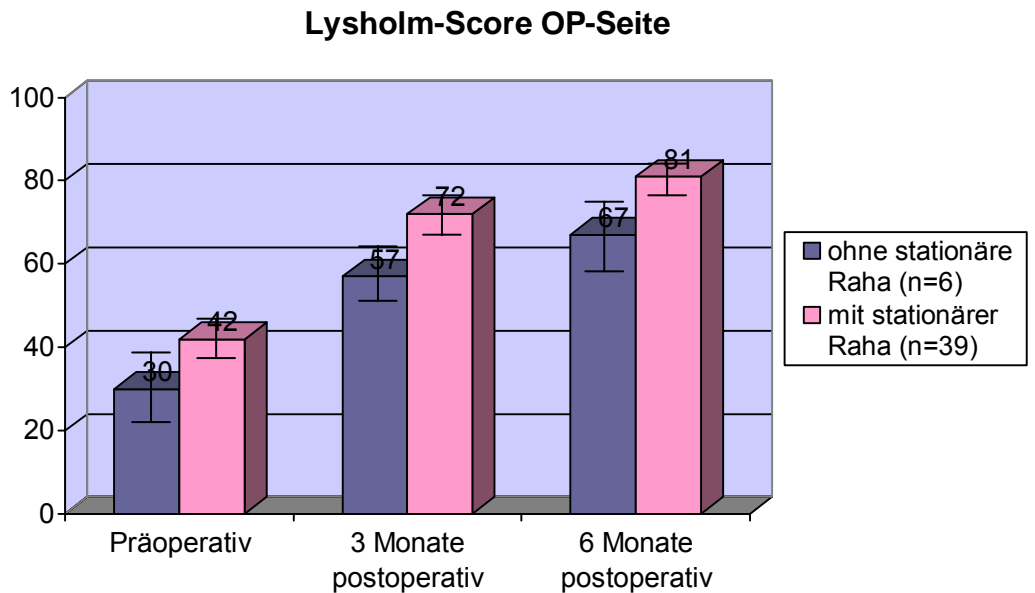


Abbildung 27: Der Lysholm-Score auf der operierten Gelenkseite in Abhängigkeit vom Nachbehandlungskonzept, Mittelwert mit Standardfehler

Auf der Gegenseite sank bei der ambulanten Kontrollgruppe der KSS mit 81 Punkten präoperativ auf 78 Punkte nach 3 Monaten und stieg auf 80 Punkte

nach 6 Monaten an. Der Lysholm-Score lag bei 70 Punkten präoperativ, bei 68 Punkten nach 3 Monaten und bei 79 Punkten nach 6 Monaten.

Bei den stationär nachbehandelten Patienten stieg der KSS von 76 Punkten präoperativ auf 81 Punkte nach 3 Monaten und betrug nach 6 Monaten 80 Punkte. Der Lysholm-Score stieg von 69 Punkten präoperativ auf 73 Punkte nach 3 Monaten und nach 6 Monaten auf 77 Punkte.

Die durchschnittlich erreichten Punktwerte im Knee-Society-Score und im Lysholm-Score in Abhängigkeit vom Nachbehandlungskonzept sind in den Abbildungen 28 und 29 dargestellt.

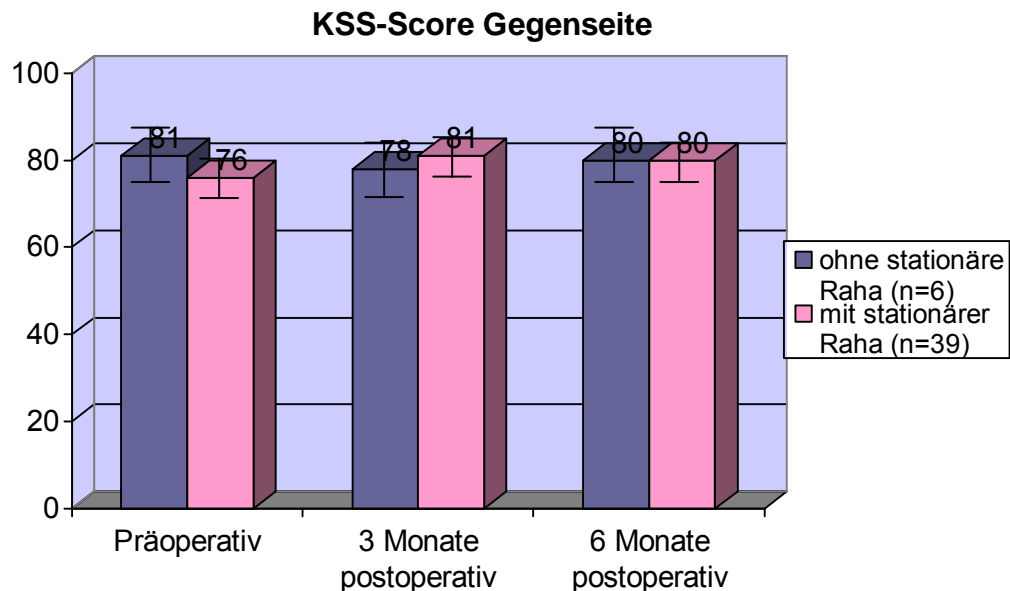


Abbildung 28: Der Knee-Society-Score auf der nicht operierten Gegenseite in Abhängigkeit vom Nachbehandlungskonzept, Mittelwert mit Standardfehler

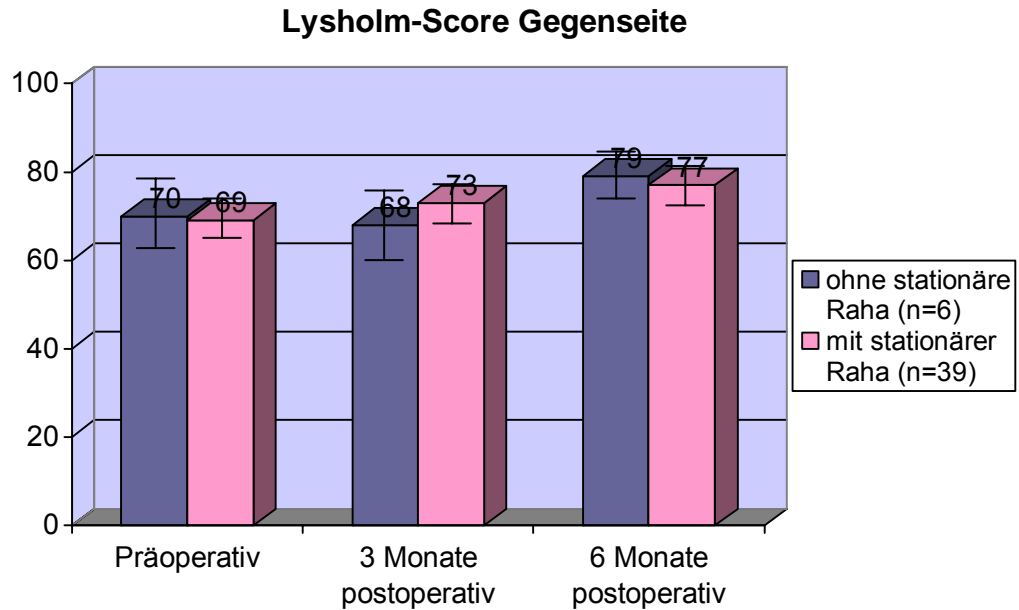


Abbildung 29: Der Lysholm-Score auf der nicht operierten Gelenkseite in Abhängigkeit vom Nachbehandlungskonzept, Mittelwert mit Standardfehler

Die einzelnen Punktwerte der klinischen Scores in Abhängigkeit vom Nachbehandlungskonzept sind in der Tabelle 9 zusammengefasst.

Tabelle 9: Die klinischen Scores in Abhängigkeit vom Nachbehandlungskonzept

Nachbehandlungskonzept	Voruntersuchung	KSS		Voruntersuchung	Lysholm	
		3 Monate postOP	6 Monate postOP		3 Monate postOP	6 Monate postOP
ambulant						
Op-Seite stationär	42	69	75	30	57	67
Op-Seite ambulant	46	77	84	42	72	81
Gegenseite stationär	81	78	80	70	68	79
Gegenseite ambulant	76	81	80	69	73	77

4. Diskussion

Die Gonarthrose stellt ein Volksleiden da, die durch ihren Schmerzcharakter und ihren langsam progredienten Verlauf zu einem meist erheblichen Leidensdruck führt. Die eingeschränkte Mobilität und Beweglichkeit des Gelenkes bedeutet für die meisten Patienten eine Reduktion der Alltagsaktivitäten und damit eine gewisse soziale Isolation.

Die jährlich steigenden Implantationszahlen für Knieendoprothesen deuten auf eine zunehmende Tendenz zur primären operativen Versorgung der fortgeschrittenen Gonarthrose hin. Postoperative Komplikationsraten von unter 4% beweisen die hohe operative Qualität. Neue Anforderungen werden nun zusätzlich an die präoperative Planung und die postoperative Nachbehandlung gestellt. Eine Optimierung setzt dabei in jedem Fall eine weitere Qualifizierung des Operationserfolges und der Nachbehandlung voraus.

Die Propriozeptionsmessung stellt eine Möglichkeit zur objektiven Beurteilung der Wahrnehmung des Bewegungs- und Stellungssinnes dar.

Die vorliegende prospektive Studie untersucht die Propriozeptionsfähigkeit vor und nach definitiver Therapie (Endoprothese) der Gonarthrose.

Hierbei stellt sich die Frage, inwieweit die Messungen der Propriozeptionsfähigkeit mit dem klinischen Bild korrelieren und welche Aussagekraft bzw. Relevanz eine solche Messung zur Beurteilung des präoperativen Schweregrades der Gonarthrose, des postoperativen Heilungsverlaufs und der Effektivität der postoperativen Rehabilitation darstellt.

In der vorliegenden prospektiven Studie entschieden wir uns für die Messung des Bewegungssinnes zur Bestimmung der Wahrnehmungsschwelle des Bewegungsbeginns (55).

Um die zuvor beschriebenen methodischen Probleme zu minimieren, wählten wir eine Winkelgeschwindigkeit in unserer Messanordnung von $0,8^\circ/\text{s}$ und lagen somit eher im oberen Bereich, der in der Literatur verwendeten Geschwindigkeiten.

Alle Patienten wurden vor Beginn der Messungen genauestens instruiert, um eine aktive Muskelkontraktion möglichst zu vermeiden. Des Weiteren diente der Vorbereitungsdurchlauf einer Gewöhnung und Entspannung des Patienten.

Durch die Medianbildung der Messergebnisse pro Kniegelenk wurden grobe Ausreißer ausgeschlossen.

4.1 Die Propriozeptionsveränderungen prä- und postoperativ in beiden Kniegelenken

In der internationalen Literatur lassen sich Angaben zu prä- und postoperativen Propriozeptionsfähigkeiten finden (13, 15, 24), (69). Eine Kombination in Form von Verlaufskontrollen vor und nach erfolgtem operativen Eingriff war in der uns zugänglichen Literatur jedoch nicht auffindbar. Vielmehr wird in den Studien vor allem der Vergleich zu einer gesunden Normgruppe angestrebt.

Durch die bei unseren Patienten erfolgte prä- und postoperativen Datenerhebungen ist es möglich, den individuellen Krankheits- und Heilungsverlauf zu beurteilen.

Im Einzelnen lassen sich folgende Aussagen treffen:

Präoperativ bestand auf der zu operierenden Gelenkseite eine höhere Detektionsschwelle, als auf der nicht zu operierenden Gelenkseite.

Die propriozeptiven Fähigkeiten auf der operierten Kniegelenkeseite zeigten im zeitlichen Verlauf eine der Kniegelenkspropriozeption bis zur 2. Nachuntersuchung (signifikanter Unterschied zur Voruntersuchung $p < 0,05$). Dabei lag der durchschnittliche Detektionsschwellenwert präoperativ bei $2,7^\circ$ und sank zum Zeitpunkt der 1. Nachuntersuchung nach 3 Monaten auf $2,5^\circ$. 6 Monate nach dem operativen Eingriff wurde ein im Durchschnitt niedriger Wert von $2,3^\circ$ erreicht.

Die Detektionsschwelle des nicht operierten Kniegelenkes lag mit 2,5° präoperativ unter der Schwelle, die das zu operierende Kniegelenk zu diesem Zeitpunkt aufwies. Im zeitlichen Verlauf lassen sich 3 Monate postoperativ keine Veränderungen nachweisen. Der Wert lag hier ebenfalls bei 2,5°. Erst zum 2. Nachuntersuchungstermin nach 6 Monaten sank die Detektionsschwelle auf einen Wert von 2,2°.

Nach 6 Monaten haben sich die propriozeptiven Fähigkeiten der Kniegelenke (sowohl operiert als auch nicht operiert) einander angeglichen und lagen insgesamt unter den präoperativen Werten.

4.2 Der Zusammenhang zwischen dem präoperativen klinischen Bild und der Propriozeption

Viele Studien belegten in der Vergangenheit das Auftreten von Propriozeptionsdefiziten im Rahmen verschiedener Kniegelenkpathologien. So zum Beispiel nach Kreuzbandläsionen (1) (13) (56), bei Retropatellararthrose (54) und bei Gonarthrosepatienten (53) (64). Dabei wurde vermehrt darauf hingewiesen, dass der zur Charakterisierung der Propriozeption herangezogene Wert der Detektionsschwelle bei allen Pathologien über dem einer Normgruppe Gesunder liegt.

In der vorliegenden Studie zeigt sich ein deutlicher Zusammenhang zwischen der fortgeschrittenen Gonarthrose im klinischen Bild und dem begleitenden Propriozeptionsdefizit.

Das klinische Erscheinungsbild wurde anhand etablierter Scores standardisiert bewertet.

Präoperativ fanden sich röntgenologisch bei 10% der Patienten eine Gonarthrose im Stadium 3 sowie bei den Restlichen 90% eine Gonarthrose im Stadium 4.

Im Rahmen des eher subjektiv angelegten Lysholm Scores konnten von 100 möglichen Punkten für das endoprothetisch zu versorgende Kniegelenk präoperativ 40,2 Punkte vergeben werden, wohingegen auf der Gegenseite

der durchschnittliche Punktwert von 70,3 ein klinisch gesünderes Gelenk impliziert.

Ähnlich erscheint die Auswertung des KSS (Knee–Society-Score) von Insall et al. 1989. Von den maximal erreichbaren 100 Punkten wurden zum präoperativen Zeitpunkt im Durchschnitt 46,3 Punkte auf der zu operierenden Seite erreicht. 76,8 Punkte waren es auf der nicht zu operierenden Seite.

Vergleicht man dazu die erreichten Detektionsschwellen für den Bewegungsbeginn, sieht man, dass das zu operierende Kniegelenk mit 2,7° eine höhere Schwelle aufweist als das nicht zu operierende gegenseitige Kniegelenk mit 2,5°.

Bei relativ guten klinischen Ergebnissen findet sich auf der Gegenseite eine niedrigere Detektionsschwelle als auf der zu operierenden Gelenkseite. Diese Detektionsschwelle liegt jedoch auch mit 2,5° im oberen Referenzbereich der Schwelle 1° (31) bis 2,7° (8), die in der internationalen Literatur für eine Vergleichsgruppe angegeben wird.

Gründe für die erhöhte Detektionsschwelle sind zum einen auf verschiedene Einflussgrößen zurückzuführen, die die Propriozeption beeinflussen. Wie unter 1.2.2 bereits aufgeführt spielen zum Beispiel das Alter und der muskuläre Trainingszustand des Patienten eine entscheidende Rolle. Die schmerzbedingte Entlastung der kranken Gelenkseite und die damit verbundene Überlastung der Gegenseite ist eine weitere mögliche Ursache für die erhöhte Detektionsschwelle.

Aufgrund der Tatsache, dass eine Röntgenaufnahme nur für das zu operierende Kniegelenk angefertigt wurde lassen sich Aussagen zum Arthrosegrad der Gegenseite nur aus den klinische Angaben ableiten.

Es muss jedoch angenommen werden, dass auch das zu diesem Zeitpunkt für den Patienten noch als gesund wahrgenommene Kniegelenk eine Arthrose aufweist. Dies zeigt sich am deutlichsten in den, im Vergleich zu gesunden Kontrollgruppen, defizitären Propriozeptionsfähigkeiten. Diese Ergebnisse decken sich mit den schon gewonnenen Erkenntnissen anderer Arbeitsgruppen (15).

4.3 Die Abhängigkeit der Propriozeption vom Alter des Patienten

Wie in der internationalen Literatur beschrieben (40) (67) steigt die Detektionsschwelle mit zunehmendem Alter der Patienten an. In der vorliegenden prospektiven Studie zeigte sich ein Zusammenhang zwischen dem Alter der Patienten und den erreichten Detektionsschwellen. Mit zunehmendem Alter stieg die Detektionsschwelle der nicht zu operierenden Gelenkseite linear an. Auf der zu operierenden Gelenkseite zeigte sich ein monotoner Anstieg der Detektionsschwelle mit zunehmendem Alter.

4.4 Zusammenhänge zwischen der Propriozeption und den implantierten Prothesentypen

Betrachtet man die Veränderung der Propriozeption in Abhängigkeit vom implantierten Prothesentyp, so zeigen sich schon präoperativ prothesenbezogene Unterschiede. Daher erscheint es sinnvoll, hier die prozentuelle Entwicklung näher darzustellen.

Sowohl das TC-Plus als auch das LPS-Flex Knie weisen präoperativ eine Detektionsschwelle von $3,0^\circ$ auf. Nach 6 Monaten ist diese Schwelle um 17% gesunken. Sie liegt dann im Durchschnitt bei $2,5^\circ$.

Bei dem LCS-Complete Knie verbesserte sich die Detektionsschwelle von präoperativ $2,3^\circ$ auf postoperativ $2,0^\circ$. Damit hat sich die Wahrnehmungsfähigkeit um 13% gesteigert.

Keine Verbesserung der präoperativen Propriozeption lässt sich nach Implantation des Natural-Knees erkennen. Vor und nach Operation liegt die Detektionsschwelle bei $2,1^\circ$.

Die fehlende Verbesserung beim Natural-Knee könnte sich aus der Tatsache erklären, dass bereits präoperativ eine relativ gute durchschnittliche Detektionsschwelle erreicht wurde. Im Vergleich zum Gesamtkollektiv lag die Detektionsschwelle hier mit $2,1^\circ$ deutlich unter dem Gesamtdurchschnitt präoperativ von $2,7^\circ$ und auch unter dem postoperativen Durchschnitt von

2,3°, was an der Auswahl der Patienten für diesen Prothesentyp gelegen haben kann. Zum anderen fallen in der Patientengruppe mit dem Natural-Knee die auch schon präoperativ bestehenden guten klinischen Scorewerte auf. Der Punktwert des Lysholm-Scores liegt mit 46,8 über den Punktwerten der anderen Prothesentypen (TC-Plus 34,7; LPS-Flex 43,7; LCS-Complete 21,0). Auch der Knee-Society-Score liegt mit 53,4 Punkten über dem der restlichen Prothesentypen (TC-Plus 43,9; LPS-Flex 44,8; LCS-Complete 25,8).

Bei allen anderen Knieendoprothesen kam es zu einer deutlichen Verbesserung der propriozeptiven Fähigkeiten.

4.5 Die Abhängigkeit der Propriozeption vom klinischen Bild

In den vorangegangenen Diskussionsabschnitten wurde bereits deutlich, wie sich das klinische Bild und die Propriozeptionsfähigkeit nach Implantation einer Kniegelenksendoprothese verändert.

Zum einen führte die definitive Therapie der oft schon langjährig bestehenden Gonarthrose zu einer subjektiv deutlich gesteigerten Lebensqualität. Mit Hilfe der standardisierten klinischen Scores ließ sich diese darstellen und äußerte sich postoperativ in einem deutlichen Anstieg der Scorewerte.

Andererseits zeigte die Auswertung der Propriozeptionsmessung eine signifikante Abnahme der Detektionsschwelle nach dem operativen Eingriff.

Es stellt sich nun die Frage, ob der subjektive Eindruck, dass ein besseres klinisches Bild eine gesteigerte Propriozeptionsfähigkeit bedeutet, auch objektivierbar ist.

Dazu wurden die Detektionsschwellen in Abhängigkeit von den klinischen Scorewerten des Lysholm-Scores und des Knee-society-scores (KSS) sowie in Abhängigkeit vom Schmerzempfinden analysiert.

Es erfolgte zunächst eine Gruppierung der Scores in 2 Gruppen über die Definition einer Punktgrenze.

Als Punktgrenze wurde hier jeweils ein Punktwert von 75 angenommen. Oberhalb von 75 Punkten wird von einem relativ guten klinischen Ergebnis ausgegangen, welches eine nahezu uneingeschränkte Bewegung und Alltagsaktivität zulässt. Zum anderen lässt ein Punktwert von unter 75 Punkten eine doch deutliche Einschränkung des Bewegungsausmaßes mit Schmerzen und Instabilitäten vermuten. Egal, ob vor oder nach Implantation einer Knieendoprothese erscheint die Integration in Alltagsaktivitäten und somit unter Umständen auch die Integration in soziale Aktivitäten bei einem niedrigeren Scorewert deutlich erschwert.

Betrachtet man nun die Detektionsschwellen, lässt sich eindeutig feststellen, dass diese bei einem KSS über 75 Punkten mit $2,2^\circ$ (signifikanter Unterschied $p < 0,05$) deutlich unter der Schwelle von $2,8^\circ$ bei einem KSS von weniger als 75 Punkten lag. Auch beim Lysholm-Score ließ sich bei einem Wert über 75 Punkten mit einer Detektionsschwelle von $2,3^\circ$ eine bessere Propriozeptionsfähigkeit erkennen als bei einem Scorewert unter 75 Punkten mit nur $2,6^\circ$ Detektionsschwelle.

Die Propriozeption ist also bei guten klinischen Ergebnissen deutlich besser als bei niedrigen Scorewerten.

Da bei der Angabe des Schmerzgrades maximal nur 30 Punkte zu erzielen waren, erfolgte hier eine Gruppierung in eine mit über 25 Punkten und eine andere mit weniger als 25 Punkten.

Bei einer nahezu vollständigen Schmerzfreiheit (über 25 Punkte) lag die Detektionsschwelle im Durchschnitt bei $2,3^\circ$. Mit zunehmender Schmerzsymptomatik (unter 25 erreichte Punkte) lag diese Schwelle mit $2,7^\circ$ und deutlich höher (signifikanter Unterschied $p < 0,05$).

Diese erhöhte Detektionsschwelle deutet auf eine Abnahme der Propriozeptionsfähigkeit bei zunehmender Schmerzintensität hin.

Es ist anzunehmen, dass eine verbesserte Propriozeptionsfähigkeit das klinische und subjektive Wohlbefinden deutlich steigern kann.

Das ganzheitlich bewusstere Körpergefühl, die präzisere neuronale Verarbeitung propriozeptiver Reize und damit verbunden ein sichereres Gangbild ermöglicht eine aktivere Lebensgestaltung und Zunahme an Lebensqualität.

Gerade für diese Patienten mit einer langen Krankheitsvorgeschichte stellt dieser neue Aspekt an Lebensqualität eine besondere Bedeutung dar. Es sollte neben dem operativen Eingriff vor allem postoperativ das intensive propriozeptive Training im Vordergrund stehen. Die Kombination aus optimalem Operationsergebnis und effektiver Nachbehandlung erweist sich für die hier untersuchten Patienten als zufrieden stellendes Therapieergebnis.

4.6 Einflüsse der postoperativen Physiotherapie auf die Propriozeptionsentwicklung

Alle Patienten erhielten postoperativ bis zum Entlassungstermin eine standardisierte intensive Physiotherapie in unserer Klinik.

39 Patienten wurden direkt im Anschluss an den Krankenhausaufenthalt in einer stationären Rehabilitationseinrichtung weiterbehandelt. Der Nachbehandlungszeitraum lag im Durchschnitt bei 3 Wochen.

Bei 6 der insgesamt 45 untersuchten Patienten erfolgte nach der endoprothetischen Versorgung des Kniegelenkes keine stationäre Nachbehandlung sondern lediglich eine intensive ambulante physiotherapeutische Therapie.

Die Patientengruppe mit stationärer Rehabilitation zeigte schon präoperativ niedrigere Ausgangswerte der Detektionsschwelle (OpSeite=2,6°, nichtOpSeite=2,4°) als die nur ambulant betreuten Patienten (OpSeite=3,1°, nichtOpSeite=2,8°).

Eine Ursache hierfür könnte das soziale Umfeld sowie das reduzierte Gesundheitsverständnis dieser Patientengruppe darstellen. Bei den Patienten ohne stationäre Rehabilitation handelte es sich überwiegend um Bewohner ländlicher Gebiete, die stark an Familie, Garten oder Hof

gebunden waren. Zum einen muss man hier davon ausgehen, dass erst im fortgeschrittenen Stadium der gesundheitlichen Beschwerden eine Arztkonsultation erfolgt. Zum anderen werden lange stationäre Aufenthalte möglichst vermieden und somit das stationäre Rehabilitationsangebot nur bedingt in Anspruch genommen.

Postoperativ fällt bei den nur ambulant nachbehandelten Patienten sowohl auf der operierten Gelenkseite als auch auf der Gegenseite eine gravierende Abweichung der Propriozeption von der Patientengruppe mit stationärer Rehabilitation auf. Im operierten Kniegelenk stagnierte hier die Propriozeptionsfähigkeit bei einem Wert von $3,1^\circ$. Im Gegensatz dazu zeigte sich in der stationären Rehabilitationsgruppe bereits nach 3 Monaten eine deutliche Verbesserung auf $2,4^\circ$. Im weiteren Verlauf gleichen sich beide Patientengruppen einem verbesserten Wert der Detektionsschwelle an. Dieser liegt aber in der ambulanten Gruppe nach 6 Monaten mit $2,5^\circ$ höher als in der stationären Rehabilitationsgruppe mit einer Detektionsschwelle von $2,2^\circ$.

Dem zufolge erreichen die Patienten mit stationärer Rehabilitation bessere propriozeptive Fähigkeiten als die Patienten der ambulanten Gruppe.

Auf der nicht operierten Gelenkseite zeigte sich bei den stationär nachbehandelten Patienten eine Verbesserung der Propriozeption von $2,4^\circ$ auf $2,1^\circ$.

Auffällig erscheint hingegen der durchweg schlechtere Verlauf der nicht operierten Gelenkseite im Patientenkollektiv ohne stationäre Rehabilitation. Hier stieg die Detektionsschwelle von $2,8^\circ$ auf $3,2^\circ$ nach 3 Monaten und lag mit $3,0^\circ$ nach 6 Monaten erheblich über dem Wert von $2,4^\circ$ bei den Patienten mit stationärer Reha.

Das Patientenkollektiv ohne stationäre Rehabilitation zeigte also auf der operierten Seite erst verspätet eine adäquate Propriozeption und Heilungstendenz. Auf der nicht operierten Gegenseite kam es sogar zu einer Verschlechterung der propriozeptiven Fähigkeiten.

Sowohl die verspätete Entwicklung adäquater propriozeptiver Fähigkeiten auf der operierten Gelenkseite als auch die Verschlechterung auf der Gegenseite lassen sich aus dem unzureichenden neurophysiologischen Training erklären. Des Weiteren kommt es durch die fehlende intensive Schulung des Gangbildes wahrscheinlich zu einer Fehlbelastung des nicht operierten Kniegelenkes und somit zu einer Verschlechterung des klinischen und propriozeptiven Befundes.

In der Patientengruppe mit stationärer Anschlussheilbehandlung führte das umfangreiche Training zu einer deutlich früheren Rehabilitation, was die Werte nach 3 Monaten ausweisen. Die neurophysiologische Rehabilitation als Gesamtkonzept wirkte nicht nur auf das Wahrnehmungsgefühl eines Kniegelenkes, sondern auf beide Kniegelenke. Dabei kam es auch zu einer deutlichen Verbesserung im nicht operierten Kniegelenk.

Dieses Ergebnis konnte in der ambulanten Nachbehandlungsgruppe nicht erreicht werden.

Neben den Differenzen im propriozeptiven Bild zeigten sich auch bei Auswertung der klinischen Scores Unterschiede zwischen der Patientengruppe mit stationärer Rehabilitation und der ohne stationäre Rehabilitation. Auf der operierten Gelenkseite wurden von der ambulanten Gruppe nach 6 Monaten in beiden Scores (Lysholm 67 Punkte, KSS 75 Punkte) deutlich niedrigere Durchschnittswerte erreicht. Bei der Gruppe mit stationärer Rehabilitation fielen diese Werte (Lysholm 81 Punkte, KSS 84 Punkte) wesentlich besser aus.

Die nicht operierte Gelenkseite zeigte bei beiden Patientengruppen präoperativ und postoperativ ähnlich gleich bleibende klinische Scorewerte. Wobei aber der klinisch objektivere Knee-Society-Score in der stationären Rehabilitationsgruppe auch auf der nicht operierten Gelenkseite leicht anstieg, während er in der ambulanten Gruppe geringfügig absank. Dieses Ergebnis korreliert mit dem Befund der schlechteren Propriozeption.

Subjektiv, im Rahmen des Lysholm-Scores ersichtlich, empfinden die Patienten der ambulanten Kontrollgruppe jedoch auch auf der Gegenseite

eine Verbesserung, was wiederum auf diese Patientenstruktur zurückzuführen sein kann.

Auch in der internationalen Literatur wird der Einfluss eines intensiven Trainings auf den postoperativen Heilungsverlauf untersucht. Im Rahmen verschiedener Gelenkpathologien wurde der positive Einfluss eines propriozeptiv orientierten Trainings dargelegt (10, 22, 32, 33, 46, 63, 65).

Auch neuere Trainingsmethoden, welche die Wahrnehmungsfähigkeiten des gesamten Körpers schulen, scheinen durchaus positive Effekte aufzuweisen. Dies zeigt sich zunächst in einer allgemein verbesserten Propriozeptionsfähigkeit. Ein Beispiel hierfür stellt das Trainingsprogramm des Thai Chi dar (70, 71, 74).

Wenn man davon ausgeht, dass ein ausgeprägteres Körpergefühl und damit eine gute Propriozeptionsfähigkeit in den Gelenken auch das Operationsergebnis postoperativ deutlich verbessern kann, wäre die Integration eines solchen Therapiekonzeptes in die Rehabilitationsbehandlung vorstellbar. Zu untersuchen wäre im Weiteren, ob ein präoperatives propriozeptives Training den Bewegungs- und Stellungssinn schon präoperativ positiv beeinflussen kann. Damit könnte zumindest der Grundstein für ein positives Operationsergebnis gelegt und die postoperative Rehabilitation effizienter gestaltet werden.

4.7 Aussagekraft und klinische Anwendbarkeit der Propriozeptionsmessung

Wie aus der statistischen Auswertung der klinischen und propriozeptiven Daten hervorgeht, besteht ein deutlicher Zusammenhang zwischen der Propriozeptionsfähigkeit und dem klinischen Erscheinungsbild.

Die Detektionsschwellenmessung spiegelt in gewissem Maße den Arthrosegrad wieder. Vor allem aber stellt sie einen bedeutenden Pfeiler in der Verlaufskontrolle und der Kontrolle des Therapieergebnisses dar. Daraus ergeben sich insbesondere neue Aspekte, die einen positiven Einfluss auf die Patientenführung haben und somit zu einer gesteigerten Compliance der

Patienten führen können. Wenn der Patient davon überzeugt ist, dass er aktiv das Operationsergebnis mitbeeinflussen kann und mit den Messdaten konfrontiert wird, wird er sich mit beträchtlich höherer Motivation im Sinne eines positiven feed back an der doch wesentlich intensiveren stationären Rehabilitation beteiligen.

Ein wichtiger Aspekt für die klinische Anwendbarkeit der Propriozeptionsmessung ist sicher ihre Praktikabilität. Aufgrund der Komplexität der Bewegungssinnmessung ergibt sich eine Reihe möglicher Fehlerquellen. Um diese zu vermeiden sollte auf die exakte und immer gleich bleibende Messsituation geachtet werden. Durch eine genaue und umfangreiche Einführung des Patienten in die bevorstehende Messung können Fehler seitens des Patienten weitgehend minimiert werden. Der zeitliche Rahmen der Propriozeptionsmessung liegt mit Aus- und Ankleiden des Patienten, Erörterung des Versuches und der eigentlichen Messung bei etwa einer halben Stunde und erscheint somit durchaus akzeptabel.

Neben der Anwendbarkeit in der klinischen Praxis sollte die Detektionsschwellenbestimmung auch weiterhin im Rahmen der wissenschaftlichen Forschung genutzt werden. Vor allem erscheint es sinnvoll, die Detektionsschwelle als Maß für die Propriozeptionsfähigkeit als Indikator für eine optimale postoperative Physio- und Sporttherapie einzusetzen und hier auch neue Therapieansätze auf ihre Effektivität zu prüfen. Des Weiteren werden zusätzliche Studien benötigt, um den Einfluss präoperativer propriozeptiver physiotherapeutischer Maßnahmen auf das Operationsergebnis zu untersuchen.

5. Zusammenfassung

Die Messung der Propriozeption erfolgte in der vorliegenden prospektiven Studie anhand einer etablierten Kinästhesiemessung zur Bestimmung der Wahrnehmungsschwelle des Bewegungsbeginnes. Zur Beurteilung der Propriozeptionsfähigkeit nach Kniegelenksendoprothetik erwies sich diese Methode im klinischen Alltag als praktikabel und vor allem sehr aussagekräftig in Hinsicht auf die veränderten Leistungsfähigkeiten in operierten Kniegelenken.

Aus der Klinik und Poliklinik für Orthopädie und orthopädische Chirurgie in Greifswald wurden im Zeitraum von August 2002 bis September 2003 45 Patienten, die sich auf Grund fortgeschrittener Gonarthrosen einer operativ-endoprothetischen Versorgung unterzogen, hinsichtlich ihres klinischen Bildes und ihrer Propriozeptionsfähigkeiten untersucht. Die Untersuchungen erfolgten zum einen präoperativ und zum anderen drei und sechs Monate postoperativ.

Anhand der statistischen Auswertung der erhobenen Daten lassen sich nun folgende Aussagen zum klinischen und propriozeptiven Verlauf nach Implantation einer Kniegelenksendoprothese treffen.

Die präoperative Detektionsschwelle ist bei dem Krankheitsbild der ausgeprägten Gonarthrose im Vergleich zu einer gesunden Normalbevölkerung erhöht. Die Detektionsschwelle ist präoperativ auf der zu operierenden Gelenkseite höher, als auf der nicht zu operierenden Gegenseite. Mit zunehmendem Alter der Patienten steigt die durchschnittliche Detektionsschwelle an.

In Abhängigkeit vom klinischen Bild zeigte sich zudem eine höhere Detektionsschwelle, je ausgeprägter sich das Krankheitsbild darstellte. Insbesondere war die Detektionsschwelle um so höher, je höher die Schmerzsymptomatik und je niedriger die mittels der klinischen Scores (Lysholm, KSS) erhobenen Punktwerte ausfielen.

Vor dem endoprothetischen Eingriff weist das zu operierende Kniegelenk ein ausgeprägteres klinisches Krankheitsbild und eine höhere

Detektionsschwelle auf als die Gegenseite. Abweichungen von Werten, die bei gesunden Kontrollgruppen gefunden wurden, lagen jedoch auch auf der nicht zu operierenden Gegenseite vor.

Postoperativ stiegen die klinischen Scorewerte und die propriozeptiven Fähigkeiten auf der operierten Kniegelenksseite signifikant an. Eine Zunahme war aber auch auf der Gegenseite zu verzeichnen.

Bei differenzierter Betrachtung der Veränderungen der Propriozeptionsfähigkeit in Abhängigkeit von der Art der Implantierten Prothesen kann man feststellen, dass die Detektionsschwelle beim TC-Plus- und beim LPS-Flex-Knie um 17% sinkt und beim LCS-Complete-Knie um 13%. Dies entspricht einer signifikanten Zunahme der Propriozeptionsfähigkeit. Bei dem Naturalknee liegt die Detektionsschwelle sowohl präoperativ als auch postoperativ auf einem gleichen überdurchschnittlich guten Level. Zu erklären ist die niedrigere Detektionsschwelle mit dem prä- und postoperativ bestehenden besseren klinischen Erscheinungsbild dieser Patientengruppe.

Die gravierensten Unterschiede in den Propriozeptionsfähigkeiten ließen sich in Abhängigkeit vom stationären oder ambulanten Nachbehandlungskonzept erkennen. Hier kam es bei den nur ambulant nachbehandelten Patienten auf der Operationsseite erst nach sechs Monaten zu einer Zunahme der klinischen Scorewerte und der Propriozeptionsfähigkeit. Bei den stationär nachbehandelten Patienten war dieser Anstieg schon nach drei Monaten zu verzeichnen.

Auf der nicht operierten Gegenseite zeigten die Patienten mit ambulanter Nachbehandlung eine deutliche Verschlechterung des klinischen Bildes und der Propriozeption. Im Gegensatz dazu verbesserte sich das subjektive Befinden und die Propriozeptionsfähigkeit bei den stationär nachbehandelten Patienten auch auf der Gegenseite deutlich.

Die vorliegende Arbeit zeigt die Praxisbezogenheit der Anwendung dieser wissenschaftlich erhobenen Messdaten. Die Propriozeptionsmessung im Rahmen operativer Eingriffe bei Gonarthrosepatienten ist praktikabel anwendbar und sollte in der Rehabilitation nach operativ – endoprothetischer

Behandlung der Gonarthrose einen vielseitigen klinischen Einsatz finden, um die gezielte Rehabilitation der Patienten im Krankheitsverlauf wirksam zu unterstützen und eine schnellere Wiederherstellung des Gesundheitszustandes und der Alltagsbelastbarkeit zu gewährleisten.

6. Literaturverzeichnis

1. Al-Othman AA: Clinical measurement of proprioceptive function after anterior cruciate ligament reconstruction. *Saudi Med J* 25:195-7, 2004
2. AWMF: AWMF online -Leitlinien Orthopädie/ Gonarthrose. 2003
3. Balduini F, Vegso J, Torg J: Management and rehabilitation of ligamentous injuries to the ankle. *Sports Med (New Zealand)* 4(5):364-380, 1987
4. Barker D, Milburn A: Development and regeneration of mammalian muscle spindles. *Sci Prog (England)*, 69(273):45-64, 1984
5. Barrack R, Skinner H, Cook S: Effect of articular disease and total knee arthroplasty on knee joint-position sense. *J Neurophysiol (United States)* 50(3):684-687, 1983
6. Barrack R, Skinner H, Cook S: Proprioception of the knee joint. Paradoxical effect of training. *Am J Phys Med (United States)* 63:175-181, 1984
7. Barrack RL, Skinner HB, Brunet ME, Cook SD: Joint kinesthesia in the highly trained knee. *J Sports Med Phys Fitness* 24:18-20, 1984
8. Barrack RL, Skinner HB, Buckley SL: Proprioception in the anterior cruciate deficient knee. *Am J Sports Med* 17:1-6, 1989
9. Barrett DS, Cobb AG, Bentley G: Joint proprioception in normal, osteoarthritic and replaced knees. *J Bone Joint Surg Br* 73:53-36, 1991
10. Bartlett MJ, Warren PJ: Effect of warming up on knee proprioception before sporting activity. *Br J Sports Med* 36:132-4, 2002

11. Bennell KL, Wee E, Crossley KM, Stillmann B, Hodges P: Effects of experimentally-induced anterior knee pain on knee joint position sense in healthy individuals. *J Orthop Res* 23(1):46-53, 2005
12. Bigland-Ritchie B, Woods J: Changes in muscle contractile properties and neural control during human muscular fatigue. *Muscle Nerve (United States)* 7(9):691-699, 1984
13. Bonfim TR, Jansen Paccola CA, Barela JA: Proprioceptive and behavior impairments in individuals with anterior cruciate ligament reconstructed knees. *Arch Phys Med Rehabil* 84:1217-23, 2003
14. Cloutier J: Long-term results after nonconstrained total knee arthroplasty. *Clin Orthop* 271:63-65, 1991
15. Collier MB, McAuley JP, Szuszczewicz ES, Engh GA: Proprioceptive deficits are comparable before unicondylar and total knee arthroplasties, but greater in the more symptomatic knee of the patient. *Clin Orthop*:138-43, 2004
16. Corrigan JP, Cashman WF, Brady MP: Proprioception in the cruciate deficient knee. *J Bone Joint Surg Br* 74:247-250, 1992
17. De Domenico G, McCloskey D: Accuracy of voluntary movements at the thumb and elbow joints. *Exp Brain Res* 65(2):471-478, 1987
18. Deetjen, Speckmann: Physiologie. 1994
19. Ejsted R, Hindsö K, Mouritzen V: The total condylar knee prosthesis in osteoarthritis. A 5 to 10 year follow-up. *Arch. Orthop. Trauma Surge.* 113:61-65, 1994

20. Fahim M, Robbins N: Remodelling of the neuromuscular junction after subtotal disuse. *Brain Res (Netherlands)* 383(1-2):353-356, 1986
21. Ferrell WR, Crighton A, Sturrock RD: Position sense at the proximal interphalangeal joint is distorted in patients with rheumatoid arthritis of finger joints. *Exp Physiol* 77:675-680, 1992
22. Ferrell WR, Tennant N, Sturrock RD, Ashton L, Creed G, Brydson G, Rafferty D: Amelioration of symptoms by enhancement of proprioception in Patients with joint hypermobility syndrom. *Arthritis Rheum* 50(10):3323-8, 2004
23. Frenzel G, Wueschech H: Arthroskopische Gelenkchirurgie Gestern-Heute-Morgen Standortbestimmung.137-195, 2002
24. Fuchs S, Frisse D, Tibesku CO, Laass H, Rosenbaum D: Proprioceptive function, clinical results, and quality of life after unicondylar sledge prostheses. *Am J Phys Med Rehabil* 81:478-82, 2002
25. Fuchs S, Thorwesten L, Niewerth S: Proprioceptive function in knees with and without total knee arthroplasty. *Am J Phys Med Rehabil* 78:39-45, 1999
26. Fuchs S, Tibesku CO, Frisse D, Genkinger M, Laass H, Rosenbaum D: Clinical and funktional comparison of uni- and bikondylar sledge prostheses. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 13(3):197-202, 2004
27. Garn S, Newton R: Kinesthetic awareness in subjects with multiple ankle sprains. *Phys Ther (United States)* 68(11):1667-1671, 1988
28. Gauffin H, Tropp H, Odenrick P: Effect of ankle disk training on postural control in patients with functional instability of the ankle joint. *Int J Sports Med (Germany, West)* 9(2):141-144, 1988

29. Gill GS, Mills DM: Long-term follow-up evaluation of 1000 consecutive cemented total knee arthroplasties. *Clin Orthop* 273:66-76, 1991
30. Glencross D, Thornton E: Position sense following joint injury. *J Sports Med Phys Fitness (Italy)* 21(1):23-27, 1981
31. Hall MG, Ferrell WR, Baxendale RH, Hamblen DL: Knee Joint Proprioception: Thresold Detection Levels in Healthy Young Subjects. *Neuro Orthop* 15:81-90, 1994
32. Hazneci B, Yildiz Y, Selkir U, Aydin T, Kalyon TA: Efficacy of isokinetic exercise on joint position sense and muscle strength in patellofemoral pain syndrom. *Am J Phys Med Rehabil* 84(I):521-7, 2005
33. Holm I, Fosdahl MA, Friis A, Risberg MA, Myklebust G, Steen H: Effect of neuromuscular training on proprioception, balance, muscle strength, and lower limb function in female team handball players. *Clin J Sport Med* 14:88-94, 2004
34. Ishii Y, Terajima K, Terashima S, Bechtold JE: Comparison of joint position sense after total knee arthroplasty. *J Arthroplasty* 12:541-545, 1997
35. Jerosch J, Prymka M: Knee joint proprioception in patients with posttraumatic recurrent patella dislocation. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 4:14-18, 1996
36. Jerosch J, Prymka M: [Proprioceptive deficits of the knee joint after rupture of the medial meniscus]. *Unfallchirurg* 100:444-8, 1997
37. Jerosch J, Prymka M, Castro WH: Proprioception of knee joints with a lesion of the medial meniscus. *Acta Orthop Belg* 62:41-5, 1996

38. Jerosch J, Schmidt K, Prymka M: [Proprioceptive capacities of patients with retropatellar knee pain with special reference to effectiveness of an elastic knee bandage]. *Unfallchirurg* 100:719-23, 1997
39. Jones L: Motor illusions: what do they reveal about proprioception? *Psychol Bull (United States)*, 103(1):72-86, 1988
40. Kaplan F, Nixon J, Reitz M ea: Age-related changes in proprioception and sensation of joint position. *Acta Orthop Scand (Denmark)*, 56(1):72-4, 1985
41. Klinke R, Silbernagel S: Lehrbuch der Physiologie.631-649, 1996
42. Knutson K, Lewold G, Robertsson O, Lindgren L: Annual report 2004 - The Swedish Knee Arthroplasty Register - Part II. *The Swedish Knee Arthroplasty Register*:12, 2004
43. Knutson K, Lewold G, Robertsson O, Lindgren L: The shwedish knee arthroplasty register. *Acta Orthop Scand* 65:375, 1994
44. Kraay MJ, Meyers SA, Goldberg VM, Figgie HE, Conroy PA: Hybrid total kneearthroplasty with the Miller-Galante prothesis. *Clin Orthop* 273:32-41, 1991
45. LaRiviere J, Osternig LR: The effect of Ice Immersion on Joint Position Sense. *J Sport Rehab* 3:58-67, 1994
46. Liu-Ambrose T, Taunton JE, MacIntyre D, McConkey P, Khan KM: The effects of proprioceptive or strength training on the neuromuscular function of the ACL reconstructed knee: a randomized clinical trial. *Scand J Med Sci Sports* 13:115-23, 2003

47. Lundborg G: Intraneural microcirculation. *Orthop Clin North Am* 19(1):1-12, 1988
48. Lysholm J, Gillquist J: Evaluation of knee ligament surgery results with special emphasis on use of a scoring scale. *Am J Sports Med* 10(3):150-154, 1982
49. Marks R: The reliability of knee position sense measurements in healthy women. *Physiotherapy Canada* 46:37-41, 1994
50. Nelson DL HR, A, 17(4) p445-50: Dynamic and static stretch responses in muscle spindle receptors in fatigued muscle. *Med Sci Sports Exerc (United States)* 17(4):445-450, 1985
51. Niethardt FU, Pfeil J: *Duale Reihe Orthopädie*, pp 175-1190, 2003
52. Nitz A, Peck D: Comparison of muscle spindle concentrations in large and small human epaxial muscles acting in parallel combinations. *Am Surg* 52(5):273-277, 1986
53. Pai YC, Rymer WZ, Chang RW, Sharma L: Effect of age and osteoarthritis on knee proprioception. *Arthritis Rheum* 40:2260-2265, 1997
54. Pap G, Machner A, Awiszus F: Einfluß der Retropatellararthrose auf die Propriozeptionsfähigkeit von Gonarthrosepatienten. *Der Orthopäde* 27:619-624, 1998
55. Pap G, Machner A, Awiszus F: Messung der Kniegelenkskinästhesie zur Bestimmung von Propriozeptionsdefiziten bei Varusgonarthrose. *Z Rheumatol* 57:5-10, 1998
56. Pap G, Machner A, Awiszus F: Proprioceptive Deficits in ACL deficient Knees - Do they Really Exist. *Sports, Exercise and Injury* 3:9-14, 1998

57. Refshauge KM, Chan R, Taylor JL, McCloskey DI: Detection of movements imposed on human hip, knee, ankle and toe joints. *J Physiol* 488:231-241, 1995
58. Riede HE, Schaefer UN: *Allgemeine und spezielle Pathologie*, pp 1145-1146, 1999
59. Roberts D, Andersson G, Friden T: Knee joint proprioception in ACL-deficient knees is related to cartilage injury, laxity and age: a retrospective study of 54 patients. *Acta Orthop Scand* 75:78-83, 2004
60. Rogers D, Bendrups A, Lewis M: Disturbed proprioception following a period of muscle vibration in humans. *Neurosci Lett (Netherlands)* 57(2):147-152, 1985
61. Rymer W, D'Almeida A: Joint position sense: the effects of muscle contraction. *Brain Res (Netherlands)* 103(1):1-22, 1980
62. Safran MR, Allen AA, Lephart SM, Borsa PA, Fu FH, Harner CD: Proprioception in the posterior cruciate ligament deficient knee. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 7:310-317, 1999
63. Sayers SP, Bean J, Cuoco A, LeBrasseur NK, Jette A, Fielding RA: Changes in function and disability after resistance training: does velocity matter?: a pilot study. *Am J Phys Med Rehabil* 82:605-13, 2003
64. Sharma L: Proprioceptive impairment in knee osteoarthritis. *Rheum Dis Clin North Am* 25:299-314, 1999
65. Sharma L, Cahue S, Song J, Hayes K, Pai YC, Dunlop D: Physical functioning over three years in knee osteoarthritis: role of

psychosocial, local mechanical, and neuromuscular factors. *Arthritis Rheum* 48:3359-70, 2003

66. Sharma L, Pai YC, Holtkamp K, Rymer WZ: Is knee joint proprioception worse in the arthritic knee versus the unaffected knee in unilateral knee osteoarthritis? *Arthritis Rheum* 40:1518-1525, 1997
67. Skinner H, Barrack R, Cook S: Age-related decline in proprioception. *Clin Orthop (United States)* 184, 1984
68. Skinner H, Barrack R, Cook S: Joint position sense in total knee arthroplasty. *J Orthop Res (United States)*:276-283, 1984
69. Takayama H, Muratsu H, Doita M, Harada T, Kurosaka M, Yoshiya S: Proprioceptive recovery of patients with cervical myelopathy after surgical decompression. *Spine* 30(9):1039-44, 2005
70. Tsang WW, Hui-Chan CW: Effects of exercise on joint sense and balance in elderly men: Tai Chi versus golf. *Med Sci Sports Exerc* 36:658-67, 2004
71. Tsang WW, Hui-Chan CW: Effects of tai chi on joint proprioception and stability limits in elderly subjects. *Med Sci Sports Exerc* 35:1962-71, 2003
72. Wada M, Kawahara H, Shimada S, Miyazaki T, Baba H: Joint proprioception before and after total knee arthroplasty. *Clin Orthop*:161-7, 2002
73. Whiteside LA: Cementless total knee arthroplasty. Nine to 11 year results and 10-year survivorship analysis. *Clin Orthop* 309:185-192, 1994

74. Xu D, Hong Y, Li J, Chan K: Effect of tai chi exercise on proprioception of ankle and knee joints in old people. *Br J Sports Med* 38:50-4, 2004

7. Anhang

7.1 Scores

Score nach Lysholm und Gillquist:

Hinken (max. 5 P.)	kein Hinken	5
	zeitweiliges Hinken	3
	dauerndes Hinken	0
Treppensteigen (max. 10 P.) 6	keine Probleme	10
	etwas beeinträchtigt	
	Stufe für Stufe unmöglich	2 0
Instabilität (max. 30 P.)	kein „giving away“	30
	selten beim Sport	25
	häufiger beim Sport/Sportunfähigkeit	20
	gelegentlich im Alltag	10
	häufig im Alltag	5
	bei jedem Schritt	0
Schwellung (max. 10 P.)	keine Schwellung	10
	nach „giving away“	7
	nach schwerer Belastung	5
	nach normaler Belastung	2
	dauernde Schwellung	0
Stockhilfe (max. 5 P.)	keine Stockhilfe	5
	Gehstützen	3
	Belastung unmöglich	0
In die Hocke gehen (max. 5 P.) 4	keine Probleme	5
	etwas beeinträchtigt	
	nicht über 90° Kniebeuge unmöglich	2 0
Schmerzen (max. 30 P.) 5	keine Schmerzen	30
	manchmal leichte Schmerzen	25
	im Zusammenhang mit „giving away“	20
	erheblich bei sportlicher Belastung	15
	erheblich beim Gehen über 2 km	10
	erheblich beim Gehen unter 2 km	
Atrophie des Oberschenkels(max.5 P.)	keine Atrophie	5
	1 – 2 cm im Vergleich zur Gegenseite	3
	mehr als 2 cm zur Gegenseite	0

Gesamtpunktzahl

max. 100 Punkte

Knee-Society-Score von Insall et al. 1989:

Schmerzen (max. 50 P.)	keine	50
	leicht oder gelegentlich	45
	beim Treppensteigen	40
	beim Laufen und Treppensteigen	30
	mäßig gelegentlich	20
	mäßig ständig	10
	stark	0
Bewegungsumfang (5°=1P)	max. 25 Punkte	max. 25
Stabilität anterior- posterior	< 5 mm	10
	5 – 10 mm	5
	> 10 mm	0
	medio- lateral	< 5°
	6° - 9°	10
	10° - 14°	5
	> 15°	0
Deduction Flexion contracture	5° - 10°	-2
	10° - 15°	-5
	16° - 20°	-10
	> 20°	-15
Extention lag	< 10°	-5
	10° - 20°	-10
	> 20°	-15
Achsabweichung	0° - 4° (physiologisch)	0
	5° - 10°	- 3 Punkte pro°
	11° - 15°	- 3 Punkte pro°
	andere	-20

Gesamtpunktzahl:

max.100 Punkte

7.2 Tabellen

1.Voruntersuchung:

Tabelle : Gegenüberstellung der untersuchten Parameter in Abhängigkeit vom Prothesentyp

	Detektions- schwelle	Bewegungs- umfang	Extension	Flexion	KSS	Lysholm	Schmerz- grad
LCS- Complete (5)	2,3	104,0°	9,0	113,0	25,8	21,0	1,0
TC-Plus (7)	3,0	102,6°	10,0	112,9	43,9	34,7	2,9
Natural-Knee (19)	2,1	106,9°	5,8	112,6	53,4	46,8	4,5
LPS-Flex (12)	3,0	101,9°	10,8	112,9	44,8	43,7	2,9

2. Nachuntersuchung (3 Monate postoperativ):

Tabelle : Gegenüberstellung der untersuchten Parameter in Abhängigkeit vom Prothesentyp

	Detektions- schwelle	Bewegungs- umfang	Extension	Flexion	KSS	Lysholm	Schmerz- grad
LCS- Complete (5)	1,7	96,0°	2,0	98,0	70,4	62,6	17,0
TC-Plus (7)	2,6	90,0°	3,6	93,6	76,3	69,1	20,7
Natural-Knee (19)	2,4	93,2°	3,2	96,6	78,1	74,5	24,0
LPS-Flex (12)	2,7	103,3°	2,5	105,9	72,1	66,5	17,5

3. Nachuntersuchung (6 Monate postoperativ):

Tabelle : Gegenüberstellung der untersuchten Parameter in Abhängigkeit vom Prothesentyp

	Detektions- schwelle	Bewegungs- umfang	Extension	Flexion	KSS	Lysholm	Schmerz- grad
LCS- Complete (5)	2,0	93,0°	5,0	98,0	72,2	67,6	19,0
TC-Plus (7)	2,5	98,8°	3,1	100,6	83,9	81,9	26,3
Natural-Knee (19)	2,1	99,2°	2,8	101,9	86,3	83,4	25,3
LPS-Flex (12)	2,5	105,4°	1,7	106,7	80,4	79,5	22,1

4. Untersuchungen im zeitlichen Verlauf:

Tab. : Gegenüberstellung der untersuchten Parameter im zeitlichen Verlauf und in Abhängigkeit vom Prothesentyp

	Vorunter- suchung	post- operativ 3 Monate	post- operativ 6 Monate	Bewegungsumfang Voruntersuchung → 6 Monate	KSS Voruntersuchung → 6 Monate	Lysholm Voruntersuchung → 6 Monate
LCS- Complete (5)	2,3	1,7	2,0	104 → 93	26 → 72	21 → 68
TC-Plus (7)	3,0	2,6	2,5	103 → 99	44 → 84	35 → 82
Natural-Knee (19)	2,1	2,4	2,1	107 → 99	53 → 86	47 → 83
LPS-Flex (12)	3,0	2,7	2,5	102 → 105	45 → 80	44 → 80

Erklärung

Ich erkläre hiermit eidesstattlich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst habe.

Ich habe keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel benutzt.

Diese Dissertation wurde bisher keiner anderen Fakultät vorgelegt.

Ich habe bisher kein Promotionsverfahren erfolgreich oder erfolglos abgeschlossen.

Greifswald, den 30.06.2005

Juliane Wrobel

Lebenslauf

Persönliche Angaben

Name: Juliane Wrobel
Geburtsdatum: 18.03.1978
Geburtsort: Berlin
Wohnort: Martin-Luther-Str. 11
17489 Greifswald
Familienstand: ledig
Nationalität: deutsch

Schulbildung 1984 – 1991 Karl-Neuhof-Oberschule Glienicke
1991 – 1997 Friedrich-List-Oberschule
Berlin-Pankow

Studium seit 1998 Medizin,
Ernst–Moritz–Arndt Universität
Greifswald
März 2001 Ärztliche Vorprüfung
April 2002 1. Staatsexamen
März 2004 2. Staatsexamen
Mai 2005 3. Staatsexamen

Famulaturen 1. Allgemein- und Abdominalchirurgie,
Unfallchirurgie und Endoprothetik,
Maria Heimsuchung – Caritas-Klinik Pankow
2. Orthopädie,
Ernst-Moritz-Arndt Universität Greifswald
3. Allgemein-/Sportarztpraxis, Berlin

Praktisches Jahr 2004 – 2005 Ernst-Moritz-Arndt Universität
Greifswald
Wahlfach: Orthopädie

Promotion Professor Dr.med. H.R. Merk – Orthopädie

Sprachen Englisch
Französisch
Russisch

Hobby Volleyball
Badminton
Schwimmen, Tauchen
Skifahren, Snowboarden

Juliane Wrobel

Danksagung

Für die Bereitstellung des interessanten Themas möchte ich mich an dieser Stelle ganz herzlich bei Herrn Prof. Dr. med. H. R. Merk bedanken.

Ganz besonderer Dank gebührt Herrn Dipl.-Ing. Heiko Wissel für die intensive Betreuung und Unterstützung bei der Erstellung der Arbeit.

Weiterhin möchte ich mich bei den Mitarbeitern der Forschungsabteilung der orthopädischen Klinik, Frau Grabe und Frau Gerber, für ihre stete Hilfsbereitschaft bedanken.

Von ganzem Herzen danke ich meiner Mutter und meinem Opa für die konstruktiven Diskussionen und die aktive Unterstützung.