

Aus der Medizinischen Universitätsklinik und Poliklinik Tübingen
Abteilung Innere Medizin V / Sportmedizin
Ärztlicher Direktor: Professor Dr. A. Nieß

**Gleichgewichts- / Koordinationsfähigkeit und Kraft-
verhalten der kniegelenksumgebenden Muskulatur
bei Patienten vor und nach Implantation
einer Kniegelenktotalendoprothese**

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Medizin

der Medizinischen Fakultät
der Eberhard Karls Universität
zu Tübingen

vorgelegt von
Jan-Marcel Hanssen
aus
Waiblingen

2006

Dekan: Professor Dr. I. B. Autenrieth

1. Berichterstatter: Professor Dr. T. Horstmann

2. Berichterstatter: Privatdozent Dr. M. Rudert

„Gesundheit ist nicht alles, aber ohne Gesundheit ist alles nichts.“

Arthur Schopenhauer (deutscher Philosoph, *22.02.1788 in Danzig)

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	1
1.1 Grundlagen zum Kniegelenk	2
1.1.1 Anatomie	2
1.1.2 Gonarthrose	5
1.1.3 Kniegelenksendoprothetik	8
1.2 Grundlagen zu Koordination und Gleichgewicht	11
1.2.1 Koordination und koordinative Fähigkeiten	11
1.2.2 Sensomotorisches System	12
1.2.3 Relevanz koordinativer Fähigkeiten im Alltag	17
1.2.4 Die Koordination beeinflussende Faktoren	18
1.2.5 Trainierbarkeit koordinativer Fähigkeiten	20
1.3 Grundlagen zur Muskelkraft	21
1.3.1 Physiologische Grundlagen	21
1.3.2 Relevanz der Muskelkraft im Alltag	22
1.3.3 Die Maximalkraft und Kraftausdauer beeinflussende Faktoren	23
1.3.4 Trainierbarkeit der Muskelkraft	23
1.4 Studienziel, Fragestellungen und Hypothesenbildung	23
1.4.1 Studienziel	23
1.4.2 Fragestellungen	24
1.4.3 Hypothesenbildung	25
2. Material und Methodik	26
2.1 Probanden und Untersuchungsdesign	26
2.1.1 Patientengruppe	26
2.1.2 Normgruppe	27
2.2 Methodik	27
2.2.1 Organisation und Untersuchungszeitraum	27
2.2.2 Untersuchungsschema	28

2.3 Erfassung und Analyse der Daten	44
2.3.1 Aufzeichnung ins Messprotokoll während der Untersuchungen ..	44
2.3.2 Dateneingabe in den PC	44
2.3.3 Auswertung und Statistik	44
3. Ergebnisse	51
3.1 Probanden	51
3.1.1 Patientengruppe	51
3.1.2 Normgruppe	53
3.2 Anamnese	56
3.2.1 Aktenstudium	56
3.2.2 Befragung bzgl. Vor- / Grunderkrankungen	57
3.2.3 Allgemeiner Fragebogen	59
3.2.4 SF-36 Fragebogen	67
3.3 Bristol Score	72
3.2.1 Kategorie „FUNCTION“	72
3.2.2 Kategorie „PAIN“	73
3.2.3 Kategorie „MOVEMENT“	74
3.2.4 Kategorie „DEFORMITY“	75
3.2.5 Gesamtscore	76
3.4 Kraftmessplatte „Forceplate“	78
3.4.1 Messgröße und deren Bedeutung	78
3.4.2 Darstellung der Ergebnisse	78
3.4.3 Darstellung der Defizite in der Patientengruppe	86
3.5 Therapiegerät „Posturomed“	87
3.5.1 Messgröße und deren Bedeutung	87
3.5.2 Darstellung der Ergebnisse	88
3.5.3 Darstellung der Defizite in der Patientengruppe	91
3.6 Sternschritt-Test	93
3.6.1 Messgröße und deren Bedeutung	93
3.6.2 Darstellung der Ergebnisse	93
3.6.3 Darstellung der Defizite in der Patientengruppe	95

3.7 Kraftmessungen per „DigiMax“-Kraftaufnehmer	96
3.7.1 Messgröße und deren Bedeutung	96
3.7.2 Darstellung der Ergebnisse	96
3.7.3 Darstellung der Defizite in der Patientengruppe	99
3.8 Kraftausdauerterest	101
3.8.1 Messgröße und deren Bedeutung	101
3.8.2 Darstellung der Ergebnisse	101
3.8.3 Darstellung der Defizite in der Patientengruppe	102
4. Diskussion	104
4.1 Probandengut und anamnestische Daten	104
4.2 SF-36 Fragebogen	108
4.2.1 Methodenkritik SF-36	108
4.2.2 Interpretation der Ergebnisse: SF-36	109
4.3 Bristol-Score	111
4.3.1 Methodenkritik Bristol-Score	111
4.3.2 Interpretation der Ergebnisse: Bristol-Score	113
4.4 Untersuchungsblock „Koordination“	115
4.4.1 Methodenkritik „Koordination“	115
4.4.2 Interpretation der Ergebnisse „Koordination“	121
4.5 Untersuchungsblock „Kraftverhalten“	130
4.5.1 Methodenkritik „Kraftverhalten“	130
4.5.2 Interpretation der Ergebnisse „Kraftverhalten“	133
4.6 Gesamtergebnis	141
4.7 Schlussfolgerungen und Ausblicke	145
5. Zusammenfassung	147
6. Literaturverzeichnis	151
7. Anhang	173

1. Einleitung

Arthrose und Arthritis führen als chronische Erkrankungen unbehandelt oft zu schweren Einschränkungen, bedingt durch starke Schmerzen und zunehmende Einsteifung der betroffenen Gelenke. Häufig wird auch die Lebensqualität negativ beeinflusst. Aufgrund der zunehmenden Überalterung der heutigen Gesellschaft nehmen degenerative Gelenkerkrankungen wie die Arthrose einen immer größeren Stellenwert ein (102, 111). Therapeutisch kommen nach oftmals jahrelanger analgetischer und physiotherapeutischer Vorbehandlung Implantationen von Hüft- bzw. Kniegelenktotalendoprothesen zum Einsatz, welche heutzutage weit verbreitete und akzeptierte orthopädisch-chirurgische Eingriffe darstellen.

Bei Patienten mit Coxarthrose und bei hüftendoprothetisch versorgten Patienten konnten sowohl vor wie auch nach Rehabilitation Defizite hinsichtlich Kraft, Kraftausdauer, Gangverhalten und elektrischer Muskelansteuerung nachgewiesen werden (92). Als neuer, weiterer Teilbereich werden in der aktuellen Literatur häufig koordinative Fähigkeiten und hier insbesondere die Gleichgewichtsfähigkeit untersucht. Nach Freiwald et al. kommt der Koordination bei der potentiellen Entlastung durch Muskelkraft eine entscheidende Rolle zu (60). Auch für diesen Teilbereich konnten bereits Defizite bei Coxarthrose- und Hüftendoprothesenpatienten nachgewiesen werden (20, 137). Für Patienten mit Gonarthrose bzw. für knieendoprothetisch versorgte Patienten sind in der Literatur ebenfalls defizitäre Zustände im Bereich Muskelkraft (204) nachzulesen. Für den Bereich Koordination (71) besteht noch Forschungsbedarf, insbesondere bei endoprothetisch versorgten Patienten.

Im Vergleich zum Trainingswissen über die Entwicklung, Steigerung und Steuerung konditioneller Fähigkeiten (wie z.B. der Kraft (42)), bestehen für den Bereich der motorischen Koordination deutlich weniger konkrete Wissenszusammenhänge (87, 116, 181). Allgemein wird dieser defizitäre Zustand mit der Forderung nach mehr Forschungsarbeit beklagt (181, 194, 205). Das Training konditioneller und koordinativer Fähigkeiten nach Implantation einer Totalendoprothese an Hüfte oder Knie ist aufgrund des Nachweises defizitärer Zustände

auch nach durchgeführter Rehabilitation dringend zu fordern. So beschreibt Küsswetter bereits 1998, dass bis wenige Jahre zuvor sportliche Aktivitäten von Endoprothesenträgern kritisch beurteilt worden wären, krankengymnastische und sportlich rehabilitative Muskelaufbauprogramme jedoch zunehmend zentrale Bedeutung in der postoperativen Nachbehandlung erlangen würden (122). In Tübingen werden deshalb seit mehreren Jahren Hüft- und neuerdings auch Kniesportgruppen vom Präventionssportverein Tübingen e.V. angeboten, die unter krankengymnastischer Anleitung stattfinden. Auch die Durchführung spezieller Heimtrainingsprogramme – ebenfalls unter krankengymnastischer Anleitung – wäre eine denkbare Alternative in der postoperativen Rehabilitationsphase.

Ziel dieser Untersuchung ist es nun, als Grundlage für weitere Studien, die den Erfolg solcher sportlich rehabilitativer Trainingsprogramme evaluieren sollen, ein Studiendesign zu erstellen, welches koordinative und konditionelle Fähigkeiten prüft. Durch Testung von Patienten vor und nach Implantation einer Kniegelenkstotalendoprothese, die lediglich ein derzeit übliches postoperatives Rehabilitationsprogramm – bestehend aus Anschlussheilbehandlung und ambulanter Physiotherapie – durchlaufen, sollen zudem weitere Aufschlüsse über defizitäre Zustände in den Bereichen Kraft und Koordination gewonnen werden. Um die Testbatterie abzurunden, wurde ein Fragebogen zur Überprüfung des Therapieerfolgs in Bezug auf die gesundheitsbezogene Lebensqualität, der SF-36, und ein krankheitsspezifischer Score, der sog. Bristol-Score, verwendet.

1.1 Grundlagen zum Kniegelenk

1.1.1 Anatomie

Das Kniegelenk ist das größte Gelenk des menschlichen Körpers. In ihm sind Ober- und Unterschenkel beweglich miteinander verbunden. Funktionell kann man es als transportables Drehscharniergelenk mit zwei Freiheitsgraden betrachten: In der Sagittalebene sind Beuge- und Streckbewegungen anhand eines kombinierten Roll-Gleit-Vorgangs möglich, in der Transversalebene sind in gebeugter Kniegelenksstellung zusätzlich Rotationsbewegungen möglich

(105). Mit Femur, Tibia und Patella sind drei knöcherne Strukturen am Aufbau beteiligt. Diese bilden drei Gelenkhöhlen aus, die Articulatio femoropatellaris und die beiden Articulationes femorotibiales. Die Oberflächen der an den Gelenkflächen beteiligten Knochenareale sind zur Minderung von Stoß- und Reibungskräften mit hyalinem Gelenkknorpel überzogen. Somit kann man das Kniegelenk auch in drei Kompartimente einteilen, in ein mediales und ein laterales Kompartiment und ein retropatellares Gleitlager.

Neben den knöchernen Strukturen teilen Schumpelick et al. (173) das Gelenk in fünf Funktionskomplexe ein: ventral, zentral, medial, lateral und dorsal. Der ganz ventral gelegene M. quadrizeps femoris ist via Patellasehne und Lig. patellae der kräftigste Kniestabilisator. Außer seiner Streckfunktion ist er der dynamische Partner des hinteren Kreuzbandes. Ebenfalls ventral ist die Patella in die vordere Kapselwand eingelassen. Zentral finden sich das vordere und hintere Kreuzband als entscheidende passive Führungselemente bei Roll-Gleit-Bewegungen. Sie verhindern sowohl Vorwärts- und Rückwärtsbewegungen (Schiebebewegungen) der Tibia gegenüber den Femurkondylen und spannen sich – obwohl in allen Gelenkstellungen zumindest teilweise gespannt (192) – erst in maximaler Extension bzw. Flexion straff (152). Medial und lateral finden sich die Menisci und Kapsel-Band-Apparate. Die Menisci gleichen durch Abstützung der Gelenkflächen den geringen Kontakt von Femurkondylen und Tibiaplateau zum Teil aus und vergrößern somit die femorotibiale Kontaktfläche. Sie sind keilförmig, femurwärts entsprechend der Rundung der Femurkondylen ausgehöhlt und gegenüber der Tibia plan. Indem sie ungefähr 45% des Körpergewichts aufnehmen, entlasten sie den Gelenkknorpel und sind entscheidende Stabilisatoren im Kniegelenk (173). Beide Menisci sind an ihren äußeren Flächen mit der Gelenkkapsel verwachsen. Der Innenmeniskus weist dabei stärkere Verbindungszüge zu seiner Umgebung auf. Die daraus resultierende geringere Mobilität führt zu einer erhöhten Verletzungshäufigkeit im Vergleich zum Außenmeniskus. Das mediale Seitenband stabilisiert das Gelenk als wichtigste Verstärkung der medialen Gelenkkapsel gegen Valgus- und Außenrotationskräfte. Das laterale Seitenband, das unabhängig von der lateralen Gelenkkapsel ist, ist ein weiterer Stabilisator des Kniegelenks

gegenüber Varus- und Innenrotationskräften. Als stärkere und wichtigere Stabilisatoren sind lateral jedoch der Tractus ileotibialis und der M. biceps femoris zu nennen. Dorsal ist die Gelenkkapsel mit vertikal verlaufenden Fasern, die kaudal vom Lig. popliteum obliquum überlagert werden, an den Femurkondylen, der Fossa intercondylaris, den Menisci und den Tibiakondylen befestigt.

Wie bereits angedeutet, kommt neben dem stabilisierenden Kapsel-Band-Apparat auch der kniegelenksumgebenden Muskulatur eine große Rolle bei der Gelenksführung und -stabilisation zu. Nach ihrer Funktion in Bezug auf das Kniegelenk kann man Kniestrecker, Kniebeuger, Innen- und Außenrotatoren unterscheiden. Der aus vier Teilmuskeln bestehende ventral gelegene M. quadrizeps femoris ist der hauptsächliche Kniestrecker. Er setzt sich aus dem M. rectus femoris und den Mm. vasti (M. vastus medialis, intermedius und lateralis) zusammen. Gemeinsam setzen diese vier Muskeln via der Patella-sehne und ihrer Fortsetzung, dem Lig. patellae, an der Tuberositas tibiae an. Die Patella, das größte Sesambein des menschlichen Körpers, dient dabei als Hypomochlion. Unterstützend für die Kniegelenksstreckung wirkt zudem der M. tensor fasciae latae, der sich an der lateralen Oberschenkelseite befindet und den Tractus ileotibialis spannt. Die Kniebeugemuskulatur setzt sich aus mehreren Muskelgruppen zusammen. Einerseits sorgt die dorsal am Oberschenkel gelegene ischiocrurale Muskulatur – bestehend aus M. semitendinosus, M. semimembranosus und M. biceps femoris – für Flexionsbewegungen, andererseits ist auch die oberflächliche Wadenmuskulatur mit den beiden Mm. gastrocnemii daran beteiligt. Der ventral verlaufende M. sartorius und der zur Hüftadduktorengruppe zählende M. gracilis sind ebenfalls (schwache) Beuger des Kniegelenks. Gemeinsam mit dem M. semitendinosus bilden diese zwei Muskeln eine weitere klinisch bedeutsame anatomische Struktur, den mediodorsal gelegenen Pes anserinus. Alle drei dort ansetzenden Muskeln wirken neben dem M. semimembranosus zudem als Innenrotatoren im Knie. Der M. biceps femoris ist für Außenrotationsbewegungen verantwortlich. Zudem sei noch erwähnt, dass die Kniestrecker ihre maximale Kraft bei

Hüftstreckung und umgekehrt die Kniegelenksbeuger ihre maximale Kraft bei Hüftbeugung entfalten können (61).

Abschließend ist hinzuzufügen, dass im Kniegelenk nur durch ein komplexes Zusammenspiel von Knochen, Knorpel, Menisci, Kapsel-Band-Apparat und Muskeln ein Kompromiß aus Stabilität und Beweglichkeit erzielt werden kann. Dies bedeutet, dass die Erhaltung all dieser Strukturen Grundvoraussetzung für die Integrität des Gelenks ist (204).

1.1.2 Gonarthrose

Als Gonarthrose bezeichnet man eine nichtentzündliche, degenerative Erkrankung des Kniegelenks, welche häufig auf dem Boden einer präarthrotischen Deformität entsteht (84). Die Gonarthrose gehört zu den häufigsten chronischen Erkrankungen des höheren Lebensalters und ist die häufigste degenerative Gelenkerkrankung überhaupt (82). Es ist davon auszugehen, dass 30% der über 60-jährigen Knieprobleme aufweisen, die mit einer Gonarthrose in Zusammenhang zu bringen sind (160).

Allgemein kann als Ursache der Gonarthrose eine mechanische Überlastung des Gelenkknorpels ausgemacht werden. Diese führt zu einer fokalen Erweichung des Knorpels, was als initiale Läsion anzusehen ist. Nach der Ätiologie kann man die Gonarthrose in eine primäre, ideopathische Form und in sekundäre Formen einteilen, die in Zusammenhang mit identifizierbaren präarthrotischen Deformitäten zu sehen sind. Zu nennen sind beispielsweise Gonarthrosen aufgrund von Achsfehlstellungen (Varus- und Valgusgonarthrose), posttraumatische Gonarthrosen, Gonarthrosen bei Knochenerkrankungen, Gonarthrosen im Rahmen entzündlicher Vorgänge, Gonarthrosen bei neurologischen Erkrankungen, Gonarthrosen nach ausgedehnten intraartikulären Einblutungen oder Gonarthrosen bei Erkrankungen der Stoffwechselsysteme. Anzumerken ist außerdem, dass die Entwicklung einer Arthrose auch durch vermehrte körperliche Belastungen genauso wie durch Minderbeanspruchung und Immobilisation oder aufgrund von Adipositas entstehen bzw. beschleunigt werden kann. Problematisch ist, dass die Regenerationsfähigkeit des hyalinen Gelenkknorpels außerordentlich schlecht ist.

Zur Knorpelneubildung in Form von faserknorpeligem Ersatzgewebe kommt es erst, wenn die subchondrale Grenzlamelle des Knochens durchbrochen ist, ein Prinzip, das auch bei verschiedenen Therapieformen ausgenutzt wird. Die initiale Knorpelläsion oder Chondromalazie wird nach Outerbridge (155) in vier Schweregrade eingeteilt, wobei Grad I der reinen Knorpelerweichung und Knorpelschwellung bei intakter Oberfläche und Grad IV dem bis auf den Knochen reichenden Knorpelschaden entspricht.

Die Korrelation zwischen klinisch objektiven Befunden und subjektiven Beschwerden ist nicht immer eindeutig (69, 72), so dass die Arthrose auch bei bestehenden degenerativen Veränderungen oftmals ohne Krankheitswert ist. Nur etwa jeder zweite Patient mit klinisch objektiven Kriterien empfindet auch subjektiv Beschwerden. Man unterscheidet dabei den Zustand der „stummen“ oder „kompensierten Arthrose“ ohne aktuelle Beschwerdesymptomatik vom Zustand der „aktivierten“ bzw. „dekompensierten Arthrose“ mit Reizerscheinungen, wie Schwellungen, Schmerzen und Gelenkerguss. Der Gesamtverlauf der Erkrankung ist chronisch. Mit zunehmendem Knorpelverschleiß berichten die Betroffenen über fortschreitende belastungsabhängige Schmerzen und zunehmende Bewegungseinschränkung. Gelenkgeräusche werden oft wahrgenommen, und häufig kommt es rezidivierend zum Gelenkerguss. Durch einseitigen Knorpelabrieb kann es zu fortschreitenden Achsendeformitäten (Genu varum bzw. valgus), aber auch zu reellen Beinlängendifferenzen kommen. Ebenso ist für die Gonarthrose eine Weichteilbeteiligung typisch. Durch schmerzreflektorische Tonussteigerung der kniegelenksumgebenden Muskulatur kann es zu myogenen Kontrakturen, Muskelatrophien und Durchblutungsstörungen kommen. Die begleitende Atrophie der Muskulatur betrifft in erster Linie die Oberschenkelvorderseite mit dem M. quadrizeps femoris, also die Kniestrecker. Bei der klinischen Untersuchung gilt es während der Inspektion des Patientengangbilds, zwischen Schmerzinken, Hinken aufgrund einer reellen Beinlängendifferenz oder Hinken durch funktionelle Beinlängendifferenz – aufgrund sekundärer Kontrakturen – zu differenzieren (41).

Die typischen radiologischen Zeichen einer degenerativen Gelenkerkrankung sind Gelenkspaltverschmälerung, erhöhte subchondrale Sklerosierung, Bildung

von osteophytären Anbauten und Bildung subchondraler Knochenzysten. Dies erlaubt abermals die radiologische Einteilung in vier Schweregrade (84). Neben der Objektivierung durch konventionelle Röntgenaufnahmen ist diese auch durch Szintigrafie und Kernspintomografie (MRT) möglich. Die Szintigrafie zeigt Zonen erhöhten Knochenstoffwechsels und somit mit vermehrter Belastung an, kernspintomografisch lassen sich neben Veränderungen von Bändern und Menisken auch Knorpelläsionen darstellen.

Im Rahmen der therapeutischen Möglichkeiten kommen bei der Gonarthrose konservative und operative Maßnahmen in Betracht. Von entscheidender Bedeutung ist allerdings zunächst festzustellen, ob eine präarthrotische Deformität vorliegt, die für die Entwicklung einer Arthrosis deformans im Vordergrund steht (84). Diese gilt es in erster Linie anzugehen, zum Beispiel operativ durch valgisierende oder varisierende Umstellungsosteotomien. Im Rahmen der konservativen Therapieoptionen spielen verschiedenste orthopädische Hilfsmittel eine Rolle. Spezielle Einlagen mit medialer oder lateraler Schuhranderhöhung, luftgepolsterte Schuhe oder Absätze sowie Orthesen oder Bandagen sind hier zu nennen. Die lokale Anwendung von Kälte im Akutzustand bzw. Wärme im Intervall kann ebenfalls einen positiven Einfluss ausüben. Medikamentös kommen in erster Linie nichtsteroidale Antirheumatika (NSAR) zum Einsatz, die sowohl analgetisch als auch antiphlogistisch wirken, allerdings auch erhebliche Nebenwirkungen, wie etwa ein erhöhtes Blutungsrisiko, etc. aufweisen. Bei der Akutbehandlung der aktivierten Arthrose spielen auch intraartikuläre Glucocorticoidinjektionen eine Rolle. Mittlerweile sind auch Medikamente, die direkt in den Knorpelstoffwechsel eingreifen sollen, verfügbar. So zeigte sich für intraartikulär applizierte Hyaluronsäure ein günstiger Effekt auf die Beschwerden der Patienten (160). Operative Maßnahmen beinhalten heute zunächst ein vorsichtiges arthroskopisch durchgeführtes Débridement, bei dem lediglich lose ins Gelenk hinein hängende Knorpelanteile entfernt werden. Für dieses Vorgehen konnten bessere Ergebnisse nachgewiesen werden als für die früher durchgeführte aggressivere Abrasionsarthroplastik (10). Allerdings führt nach Miehlke (143) bereits die alleinige arthroskopische Gelenkspülung aufgrund des Auswaschens von

Detritus zu einem günstigen Effekt bei aktivierter Gonarthrose. Mit der sogenannten Mikrofrakturierung steht ein neues Verfahren zur Verfügung, das die Bildung von Faserknorpel induzieren soll (182). Ein anderer Ansatz liegt der Transplantation mit hyalinem Gelenknorpel zugrunde. Im wesentliche werden heute drei verschiedene Techniken der Knorpeltransplantation angewandt, die Mosaikplastik (73), der sogenannte Kondylentransfer (84) und die autologe Chondrozytentransplantation (8). Am Ende der therapeutischen Möglichkeiten steht häufig die endoprothetische Versorgung des Kniegelenkes. Vorteil der Endoprothetik gegenüber der Arthrodeese, die nur als ultima ratio angewendet wird, ist die erhaltene Beweglichkeit und Funktion des Kniegelenks.

1.1.3 Kniegelenksendoprothetik

Erste Versuche zur operativen Behandlung der Gonarthrose mittels Resektionsarthroplastik gehen bereits auf das Jahr 1861 zurück. In den 50-er Jahren des 20. Jahrhunderts begann die eigentliche Geschichte der Kniegelenksendoprothetik. Seither hat eine rasante Entwicklung stattgefunden, so dass heute endoprothetische Operationen in vielen orthopädischen und chirurgischen Kliniken fester Bestandteil des operativen Alltags sind. Es können vier Grundprinzipien bei den Kniegelenksendoprothesen unterschieden werden:

Zum einen sind unikompartimentelle Prothesen verfügbar, bei denen nur das mediale oder seltener das laterale Kompartiment endoprothetisch ersetzt wird. Vorteilhaft ist hierbei das geringere Operationstrauma und die erhaltene Kinematik des Kniegelenks bei intakten Kreuzbändern. Allerdings erfordert die Implantation ein sehr hohes Maß an Präzision (84). Die Überlebensraten der unikompartimentellen Prothesen sind denen von Totalprothesen unterlegen und werden in der Literatur mit 11-Jahresüberlebensraten von 82% angegeben (174). Der heutzutage mit Abstand am häufigsten verwendete Endoprothesentyp ist die nichtgekoppelte Doppelschlittenprothese. Diese Prothesenart besteht aus einem Metalldoppelschlitten zum Ersatz beider femoraler Gelenkflächen und des patellaren Gleitlagers, einem Inlay aus Polyethylen, welches als Gleitfläche dient, und einer metallischen Tibiakomponente, die das Tibiaplateau bedeckt. Inlay und Tibiakomponente sind fest verbunden, allerdings sind keinerlei

festen Verbindungen zum Femurteil vorhanden. Die Gelenkstabilität wird nur über die anatomischen Bandverbindungen gewährleistet. Beim klassischen Typ der nichtgekoppelten Doppelschlittenprothese bleibt nur das hintere Kreuzband erhalten – der Erhalt beider Kreuzbänder hat sich aufgrund häufiger Bewegungseinschränkungen und Instabilitäten nicht bewährt. Ein theoretischer Nachteil dieser Konstruktion ist die sehr hohe Flächenlast auf dem Polyethyleninlay, die zu hohem Abrieb führen kann. Deshalb wurden alternativ Doppelschlittenprothesen mit rotierender Plattform entwickelt, welche diesen Nachteil nicht aufweisen, aber die Resektion beider Kreuzbänder erfordern (84). Die Langzeitergebnisse nichtgekoppelter Kniegelenksendoprothesen sind als hervorragend zu bezeichnen. In der bestehenden Literatur finden sich mehrfach 10-Jahres-Überlebensraten von deutlich über 90% (32, 35). Als dritter Prothesentyp sind mittlerweile verschiedene Systeme teilgekoppelter Kniegelenksprothesen erhältlich, die den Zwischenraum zwischen ungekoppelten und gekoppelten Systemen schließen. Teilgekoppelte Prothesen bieten Vorteile bei Insuffizienz des hinteren Kreuzbands und lassen sich darüber hinaus auch bei erhöhtem Varus- bzw. Valgusstress oder höhergradigen Beugekontrakturen implantieren (84). Der letzte Endoprothesentyp, der hier angesprochen werden soll, ist die gekoppelte Kniegelenkstotalendoprothese, die häufig auch als Scharnierprothese bezeichnet wird. Bei diesen Konstruktionen werden Implantate mit längeren Verankerungsstielen verwendet, weil über den festen Kopplungsmechanismus zwischen Femur- und Tibiakomponente höhere Kräfte übertragen werden. Nachteilhaft gegenüber ungekoppelten Systemen sind vor allem die unphysiologische Kniegelenkskinematik und der intraoperativ deutlich größere Knochenverlust. Indikationen ergeben sich bei Patienten mit hochgradigen ligamentären Insuffizienzen, bei extremer Gelenkdestruktion und bei Wechseloperationen. Die Standzeiten moderner achsgeführter Prothesen sind vergleichbar mit denen ungekoppelter Schlittenprothesen (21).

Weil sich aufgrund moderner Operationsmethoden in vielen Fällen eine ausgeglichene ligamentäre Führung (z.B. durch Verwendung eines geeigneten Inlays) herstellen lässt, nehmen ungekoppelte Systeme eine überragende Rolle ein. So geben Hipp et al. 2003 eine Verteilung mit 95% ungekoppelten, 4% teil-

gekoppelten und 1% gekoppelten Prothesen für ihr Patientengut an (84). Bei der Frage der Verankerungstechnik werden vollzementierte bzw. teilzementierte Gelenkimplantationstechniken mit zementloser Femurkomponente und zementierter Tibiakomponente favorisiert. Bei zementlosen Tibiaanteilen besteht häufig die Gefahr des Einsinkens des Implantats aufgrund fehlender kortikaler Abstützung oder weicher Spongiosa.

1.1.3.1 Die NexGen®-Kniegelenktotalendoprothese

Zur Familie der NexGen®-Kniegelenktotalendoprothesen, die durch die Firma Zimmer mit deutschem Hauptsitz in Freiburg i. Br. hergestellt und vertrieben werden, gehören unter anderen die Modelle NexGen® CR und NexGen® LPS. Es handelt sich jeweils um nichtgekoppelte Doppelschlittenprothesen. Diese Systeme wurden bei den meisten Probanden der hier dargestellten Untersuchung verwendet, wobei das CR-System weitaus häufiger verbaut wurde. „CR“ steht dabei für „cruciate retaining“ und bedeutet, dass die Prothese für Indikationen mit Erhaltung des hinteren Kreuzbands entwickelt wurde. Grundvoraussetzung für die Implantation ist neben einer guten Knochensubstanz ein intakter Bandapparat mit ausreichender mediolateraler, anteroposteriorer und Varus-Valgus-Stabilität. Das LPS-System („LPS“ = Legacy posterior stabilized) verfügt zusätzlich über eine spezielle Verankerung mit tibialem Zapfen und intrakondylärer Box. Dieses System wurde für Patienten mit gutem Knochen und Varus-Valgus-Stabilität entwickelt. Es kann auch bei mediolateraler und / oder anteroposteriorer Bandinstabilität verwendet werden. Allerdings müssen bei der Verankerung dieser Prothese beide Kreuzbänder geopfert werden. Beide Systeme sind für Knieflexionen bis 120° ausgelegt. Für beide Systeme können hervorragende (Langzeit)-Ergebnisse in der bestehenden Literatur gefunden werden (96, 183, 188, 200).

1.1.3.2 Die Blauth-Kniegelenktotalendoprothese

Die Blauth-Knieprothese wird seit 1972 in fast unveränderter Form klinisch verwendet und von der Firma Aesculap AG, Tuttlingen vertrieben. Seit 1983 gibt es eine modifizierte Version in drei verschiedenen Größen mit Patellarückflächenersatz, verbessertem Patellagleitlager und um 2° geringerer Valgusposition des

femorale Prothesenschaftes (15, 16). Die Prothese ist eine gekoppelte Kniegelenktotalprothese und besteht aus insgesamt vier Komponenten, einem femoralen Teil, einem tibialen Teil und zwei Polyethylenkörpern (eine in einem Polyethylenring gelagerte Achse und ein halbkugelförmiges Kunststoffteil, das als Patellagelenkflächenersatz dient). Bei der Implantation wird die Prothese sowohl femoral als auch tibial mittels Knochenzement intramedullär im Schaft verankert. Der gesamte Bandapparat des Kniegelenkes, inklusive den Kollateralbändern, wird dabei entfernt. Die Gelenkführung übernimmt die eingebrachte Achse als Scharniergelenk (204). Zu beachten ist, dass eine rechte und eine linke Prothesenausführung erforderlich ist, weil der Prothesenstiel eine Valgusposition von 6° aufweist (100). Laut Blauth und Hassenpflug (19) erlaubt die Prothese in 98% der Fälle Flexionen von 90° und mehr. Die Überlebensanalyse nach 10 Jahren wird in dieser Publikation mit 89% angegeben (19), was die allgemein vermutete Tendenz erhöhter Lockerungsraten bei Scharnierprothesen (6, 85, 147) nicht bestätigt. Auch andere Veröffentlichungen konnten zufrieden stellende Ergebnisse über längere Untersuchungszeiträume darstellen (17, 18, 79).

1.2 Grundlagen zu Koordination und Gleichgewicht

1.2.1 Koordination und koordinative Fähigkeiten

Bei älteren Menschen im allgemeinen und speziell aber bei Patienten mit Gonarthrose oder nach Implantation einer Kniegelenksprothese sind häufig Veränderungen des Gangbilds sichtbar (115). Die Bewegungen dieser Personen scheinen verlangsamt, nicht flüssig, unsicher und wenig zielgerichtet zu sein. Duncan et al. berichten, dass viele Patienten diesen äußerlichen Eindruck auch subjektiv empfinden und zudem ein erhöhtes Sturzrisiko besteht (44). Ursache ist die mangelnde Koordination der am Gang beteiligten Einzelbewegungen in Hüft-, Knie- und Sprunggelenk. Das Zusammenspiel der einzelnen Muskelaktionen ist verändert, so dass eine ebenfalls veränderte Bewegungskoordination resultiert (169).

Alle Bewegungen des Skelettmuskelsystems – vom einfachen Beugen und Strecken bis hin zu komplexen sportlichen Bewegungsabläufen – lassen sich auf Kraft- und Längenänderungen der Skelettmuskulatur zurückführen. Erst durch die Bewegungskoordination, die zeitliche, räumliche und kraftmäßige Steuerung einer Einzelbewegung oder komplexer Bewegungsvollzüge (140), sind unterschiedliche Bewegungsmuster möglich (42). Koordination ist auf Beobachtungsebene physiologischer Prozesse das Zusammenspiel zwischen ZNS bzw. neuromuskulären Strukturen und der Skelettmuskulatur (86). Jede muskuläre Aktion wird dabei von der Qualität voneinander unabhängiger Koordinationssysteme auf drei Ebenen bestimmt: ZNS, intermuskuläre Koordination zwischen verschiedenen Muskeln und intramuskuläre Koordination innerhalb eines Muskels. Die morphologische Grundlage bilden Muskulatur, Sinnesorgane und Nervensystem, was zum Begriff des sensomotorischen Systems führt. Koordination wird daher auch als sensomotorische Koordination bezeichnet und kann als Handlungsrealisierung zugrunde liegender koordinativer Fähigkeiten aufgefasst werden. Koordinative Fähigkeiten können nach Harre (76) sowie nach Meinel und Schnabel (139) in insgesamt sieben Teilbereiche eingeteilt werden: Differenzierungsfähigkeit, Kopplungsfähigkeit, Reaktionsfähigkeit, Orientierungsfähigkeit, Gleichgewichtsfähigkeit, Umstellungsfähigkeit und Rhythmisierungsfähigkeit. Man muss allerdings anmerken, dass diese Einteilung in jüngster Vergangenheit immer mehr in Frage gestellt wird, da es sich bei den beschriebenen Fähigkeiten lediglich um Konstrukte handelt (141). Es gibt eine Vielzahl weiterer Ansätze, koordinative Fähigkeiten abzuleiten und einzuteilen, so dass bisher kein einheitliches, allgemeingültiges wissenschaftliches Strukturkonzept der koordinativen Fähigkeiten vorliegt. Eine strikte Trennung koordinativer Teilbereiche lässt sich formal wohl durchführen, allerdings sollten die koordinativen Fähigkeiten immer als komplexes Wirkungsgefüge verstanden werden.

1.2.2 Sensomotorisches System

Im sensomotorischen System unterscheidet man Ziel- und Stützmotorik. Zielmotorik meint motorische Reaktionen auf ein nur durch Ortsveränderung zu er-

reichendes Ziel. Hierfür sind weiße, schnelle Muskelfasern notwendig. Stütz- motorik bezeichnet die Funktion des Skelettmuskelsystems, der Schwerkraft entgegen zu wirken und für eine situationsadäquate Körperhaltung zu sorgen. Dies geschieht über rote, myoglobinreiche, langsame Muskelfasern (42). Die Abstimmung zwischen Haltung und Bewegung ist ein präzise koordinierter Prozess. Aufgabe des ZNS ist es, Muskelkontraktionen für Stütz- und Ziel- motorik zu ermöglichen, weiterzuleiten, räumlich und zeitlich zu koordinieren und zu kontrollieren. Wie bereits angedeutet, erfordert dies sowohl ein sensorisches System, das Reize von außerhalb des Körpers oder vom Körper selbst aufnimmt und weiterleitet, als auch ein motorisches System, welches die entsprechenden Bewegungsreaktionen initiiert und ausführt. Die Abbildung 1 zeigt ein vereinfachtes Modell des sensomotorischen Regelkreises, aus dem in erster Linie die sensorischen Informationssysteme deutlich werden.

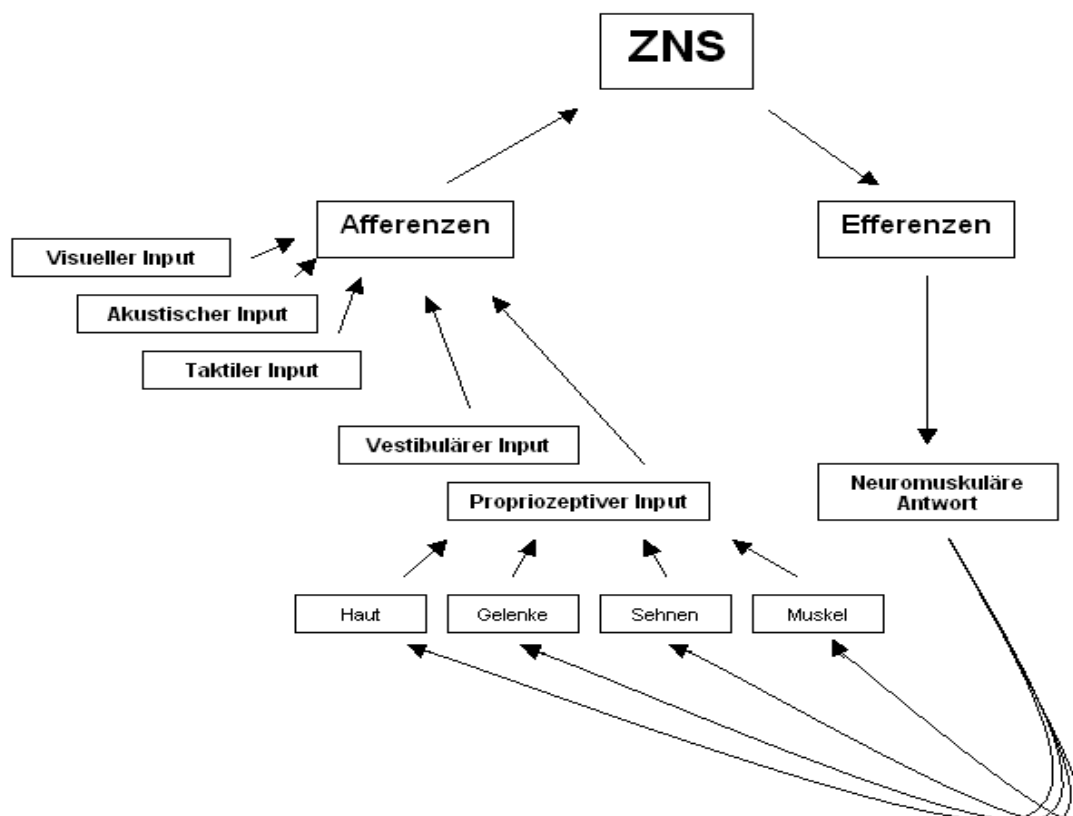


Abb. 1: Vereinfachtes Modell des sensomotorischen Regelkreises

1.2.2.1 Zentralnervöse Prozesse und efferente Leitungsbahnen

An dieser Stelle erfolgt eine vereinfachte und verkürzte Darstellung der an Bewegungen beteiligten Areale des ZNS. Zur weiteren Information sei auf die entsprechende Fachliteratur verwiesen (42, 171, 193).

Motivationsareale in der Großhirnrinde und in subkortikalen Strukturen, wie Frontalhirn und Limbisches System, sind entscheidend für den Handlungsantrieb. Dieser wird weitergeleitet an den Assoziationskortex, in dem Bewegungsentwürfe wie in einem motorischen Gedächtnis abgelegt sind. Diese werden im prämotorischen und supplementärmotorischen Großhirnkortex zu konkreten Bewegungsprogrammen zusammengestellt. Die situative Anpassung übernehmen das Kleinhirn und die Basalganglien. Das Kleinhirn scheint hierbei eher für rasche, diskontinuierliche Bewegungen zuständig zu sein, die Basalganglien für langsame, kontinuierliche Bewegungen. Von dort gelangt die Information weiter zum motorischen Kortex, der als Exekutivorgan für motorische Handlungen angesehen werden kann. Über die Pyramidenbahn und das extrapyramidalmotorische System werden die Erregungen via Hirnstamm und Rückenmark an die Peripherie weitergeleitet, von wo aus dann die entsprechende neuromuskuläre Antwort – durch einen rein motorischen bzw. gemischt motorisch-sensiblen peripheren Nerven auf die motorische Endplatte übertragen – erfolgt. Wichtig ist, dass durch eine Vielzahl synaptischer Verschaltungen ein dauernder auf- und absteigender Informationsaustausch zwischen den beteiligten Strukturen sichergestellt ist, der rückkoppelnde Korrekturmöglichkeiten zulässt. Dabei werden längst nicht alle sensorischen Rückkopplungsinformationen bis hin zum motorischen Kortex zurückgeleitet. So gibt es beispielsweise spinale Reflexe, wie die Muskeleigenreflexe, die einfache Haltungs- und Bewegungsmuster auf rein spinaler Ebene ermöglichen. Zudem wird auf Hirnstammebene bereits ein wesentlicher Anteil der Stützmotorik mit Abstimmung der Haltemuskulatur geregelt.

1.2.2.2 Informationssysteme und afferente Leitungsbahnen

Die rückkoppelnde Informationsaufnahme besteht aus äußeren und inneren Informationssystemen. Die Registrierung äußerer Reize aus der Umwelt erfolgt

über den äußeren Regelkreis bestehend aus optischen, akustischen und taktilen Analysatoren. Der innere Regelkreis erfasst die Wahrnehmungen innerhalb des Körpers (vestibuläre und kinesthetische Informationen). Wichtig ist, dass die hier durchgeführte strukturelle Trennung lediglich der übersichtlicheren Beschreibung dient. In Realität werden sämtliche Informationen nebeneinander registriert, analysiert und differenziert. Die integrative Verarbeitung aller Informationssysteme sowie deren Interpendenz ist die eigentliche Leistung (153). Erst sie ermöglicht eine adäquate, situativ optimale motorische Aktion (42).

a.) Äußerer Regelkreis:

Visuelle Informationen ermöglichen die Wahrnehmung der eigenen Ausgangsstellung und der Lage der Körperteile im Bezug zum Raum. Die visuellen Informationen haben großen Anteil an der Regulation koordinativer Fähigkeiten. So beschreibt zum Beispiel Mayer im Rahmen seines Gleichgewichtstest auf einer Airex-Matte eine erhebliche Erhöhung des Schweregrades beim Einbeinstand mit geschlossenen Augen gegenüber dem mit offenen Augen (137).

Akustische Informationen sind von untergeordneter Bedeutung. Allerdings können störende Geräusche die Wahrnehmung anderer Reize und die Konzentration in erheblichem Maße negativ beeinflussen. So fordert Böer eine störungsfreie Atmosphäre bei der Durchführung von Gleichgewichtsmessungen auf dem Posturomed (20).

Über Mechanorezeptoren der äußeren Hautschichten werden **taktile Informationen** aufgenommen und bei der Bewegungsregulation berücksichtigt. Bei der Durchführung von Koordinationstests sollte deshalb auf gleiche taktile Bedingungen geachtet werden (20).

b.) Innerer Regelkreis:

Vestibuläre Informationen werden durch das Gleichgewichtsorgan – den Vestibularapparat – wahrgenommen. Dieses besteht aus zwei Makulaorganen, dem Utrikulus und dem Sakkulus, und drei Bogengängen (Ductus semicirculares), die sich basisnah zu den Ampullen erweitern. Es ist im Labyrinth des rechten und linken Innenohrs im knöchernen Felsenbein in der Schädelbasis lokalisiert. Adäquater Reiz für die Sensoren des Vestibularapparates ist

die Beschleunigung, d.h. die Geschwindigkeitsänderung pro Zeit. Dabei sprechen die Sinneszellen der beiden Makulaorgane auf Translations- bzw. Linearbeschleunigungen, die der Bogengänge auf Rotations- bzw. Drehbeschleunigungen an. Die Signaltransduktion kommt über eine durch die Endolymphe ausgelöste Abbiegung der Sinneshärchen zustande, die in einen elektrischen Reiz umgewandelt wird (= mechanoelektrische Transduktion). Über den N. vestibulocochlearis (VIII) werden die Gleichgewichtsinformationen zu den Vestibulariskernen weitergeleitet. Diese sind als Integrationszentrale des Gleichgewichtssystems und Schaltstelle zwischen sensorischem und effektorischem Bereich zu verstehen, da eine Vielzahl von Verschaltungen mit Sensoren anderer Sinnessysteme und zentralnervösen Strukturen bestehen. Der Gleichgewichtssinn nimmt eine Sonderstellung unter den Sinnesorganen ein, weil er neben Informationen aus dem eigentlichen Gleichgewichtsorgan auch Rückmeldungen aus dem visuellen System sowie aus Oberflächen- und Tiefensensibilität integrativ verarbeitet. Dabei laufen zahlreiche Vorgänge, die der Raumorientierung sowie der Kontrolle und Korrektur von Haltung und Bewegung dienen, reflektorisch – ohne Einschaltung des Bewusstseins – ab (42).

Kinästhetische Information bedeutet Wahrnehmung der Stellung und Bewegung unseres Körpers. Diese spielt eine sehr wichtige Rolle im sensorischen Regelkreis. Wie schon geschildert, geschieht dies einerseits über das visuelle System, andererseits erhält das ZNS dazu aber auch Informationen über tiefensensible oder kinästhetische Sinnesorgane, die Propriozeptoren. Diese können passive Winkelveränderungen eines Gelenks (= kinästhetische, dynamische Propriozeption), die Stellung der Gelenke zueinander (= statische Propriozeption) und die Größe von Muskelspannung und -länge registrieren (193). Zu den wichtigsten Propriozeptoren gehören Muskelspindeln, Sehnenspindeln oder Golgi-Sehnenorgane, Ruffini-Körperchen, Paccini-Körperchen und freie Nervenendungen.

Die aufgenommenen Informationen werden über aufsteigende, afferente Bahnen von der Peripherie zu zentralnervösen Strukturen geleitet. Visuelle Informationen gelangen über den N. opticus (II), akustische und vestibuläre Informationen über den N. vestibulocochlearis (VIII) zum ZNS. Die

kinästhetischen Informationen für die Tiefensensibilität werden im Hinterstrang des Rückenmarks fortgeleitet. Taktile Informationen, Schmerz und Temperaturempfinden überträgt der Vorderseitenstrang des Rückenmarks (42).

1.2.3 Relevanz koordinativer Fähigkeiten im Alltag

Gleichgewicht: Das Körpergleichgewicht ist für die Durchführung und Bewältigung aller körperlicher Aktivitäten des täglichen Lebens von besonderer Relevanz. Es ist die Grundlage für Mobilität und Sicherheit im Alltag (163, 208). Unter Gleichgewicht versteht man „die Fähigkeit, den gesamten Körper im Gleichgewichtszustand zu halten oder während und nach umfangreichen Körperverschiebungen, diesen Zustand beizubehalten beziehungsweise wiederherzustellen“ (139). Dabei können verschiedene Formen der Gleichgewichtsfähigkeit differenziert werden, zum einen die Fähigkeit, das Gleichgewicht im relativen Ruhezustand aufrecht halten zu können (= statisches Gleichgewicht), zum anderen die Fähigkeit, das Gleichgewicht bei und nach schnellen umfangreichen Lageänderungen zu erhalten bzw. schnellstmöglich wiederherzustellen (= dynamisches Gleichgewicht). Außerdem kann die hier geschilderte personenbezogene Gleichgewichtsfähigkeit von einer objektbezogenen Form unterschieden werden, bei der beispielsweise Gegenstände balanciert werden müssen. Das Gleichgewicht nimmt als posturale Gleichgewichtsregulation eine Sonderstellung unter den koordinativen Fähigkeiten ein. Der Ausdruck „Gleichgewicht“ wird häufig zu eng mit dem vestibulären System verknüpft. Dieses spielt zwar eine entscheidende Rolle im posturalen Regelkreis, dominiert dieses System aber keineswegs. In vielen Arbeiten werden die Begriffe „Gleichgewicht“ und „Balance“ synonym verwendet. Balance meint die Kontrolle der Körperposition im Raum bzw. der Position der Körperteile zueinander. Sie ermöglicht dem menschlichen Körper, von außen einwirkenden Kräften entgegenzuwirken oder eine bestimmte Haltung einzunehmen und beizubehalten (168). Auch hier werden „Gleichgewicht“ und „Balance“ als Synonyme verwendet. Unter „posturalem System“ versteht man die Gesamtheit aller Systeme, welche die Aufgaben der Haltungsstabilität erfüllen (168).

„Posturale Reaktion“ bezeichnet als Sammelbegriff alle sensomotorischen Vorgänge, die Balance und Haltungskontrolle aufrecht erhalten.

Gang und Stand: Die Bewahrung des Gleichgewichts unter statischen und dynamischen Bedingungen ist eine der entscheidenden Voraussetzungen für den sicheren Stand und den normalen Gang (74). Ein Gangzyklus ist beispielsweise als Abfolge kontrollierter Gleichgewichtsverlagerungen zu verstehen. Neben der Gleichgewichtsfähigkeit sind auch die Rhythmusfähigkeit (190) und die Umstellungsfähigkeit (207) als weitere koordinative Fähigkeiten für ein harmonisches Gangmuster bedeutsam. Natürlich spielen auch die Kraftverhältnisse eine wichtige Rolle (26, 46, 135).

1.2.4 Die Koordination beeinflussende Faktoren

Koordinative Fähigkeiten – und insbesondere die Gleichgewichtsfähigkeit – unterliegen generell großen intra- und interindividuellen Schwankungen (20). Folgende Faktoren bestimmen die koordinative Leistungsfähigkeit:

Zum einen ist natürlich der Funktionszustand der Analysatoren bedeutsam. Es ist leicht einzusehen, dass teilweise oder gar totale Ausfälle der oben geschilderten Informationssysteme negative Einflüsse auf die koordinativen Fähigkeiten einer Person ausüben. Aber auch Arthrose (99, 175, 180) und Operationen an Gelenken, wie beispielsweise der Gelenkersatz mittels einer Totalendoprothese, verschlechtern durch Ausfall von Rezeptorgewebe die Propriozeption (149). Im Falle der Arthrose wird dies vor allem durch die fortlaufenden Synovitiden erklärt, die als Begleitreaktion der Arthrose zur Reduzierung der Mechanorezeptorenzahl in gelenkumgebenden Strukturen führen (172, 180). Beim operativen Gelenkersatz lässt sich auch durch schonende operative Vorgehensweise die Zerstörung neurogenen Gewebes nicht gänzlich vermeiden (5). Es muss daher von einer veränderten propriozeptiven Situation nach Prothesenimplantation ausgegangen werden (58), die auch in der anschließenden Rehabilitation zu berücksichtigen ist.

Auch das Symptom Schmerz kann die Propriozeption und damit die Gleichgewichtsfähigkeit negativ beeinflussen (175). Über einen lokal erhöhten Muskeltonus kann es zu muskulären Dysbalancen kommen. Das sog. „Giving-way“-

Phänomen ist ein Beispiel für schmerzreflektorische Hemmung von Muskelanteilen mit nachfolgendem Instabilitätsgefühl (142).

Die motorische Lernfähigkeit spielt ebenfalls eine wichtige Rolle. Hier führen beispielsweise Faktoren wie erhöhte Motivation (59), sportliche Vorerfahrungen (115, 203) und guter Trainingszustand (189), insbesondere konditioneller Fähigkeiten wie z.B. der Muskelkraft, zu gesteigerter koordinativer Leistungsfähigkeit. Das Alter hat aufgrund der physiologischen Altersinvolution einen negativen Einfluss auf die Informationsaufnahme und -verarbeitung und damit auch insgesamt auf die Koordination (203). Tendenziell nehmen die interindividuellen Unterschiede mit steigendem Alter zu, besonders bei Bewegungsabläufen, die im Alltag nicht ausreichend geschult werden. So konnten Sell et al. für das Kniegelenk eine eindeutige Abnahme der Propriozeption mit steigendem Lebensalter nachweisen (175). Untersuchungen von Wegener et al. ergaben, dass rund ein Drittel aller Personen, die 65 Jahre oder älter sind, einmal pro Jahr aufgrund einer Standunsicherheit stürzen (201). Nach Shamway-Cook et al. stürzen etwa 10-25% älterer Personen wegen mangelhafter Balance und Gangabweichungen (176).

Auch das Geschlecht scheint einen Einfluss auszuüben. Ekdahl et al. (46) schildern bei weiblichen Probanden altersunabhängig geringere Körperschwankungen als bei männlichen. Über ähnliche Ergebnisse berichten Frändin et al. im Hinblick auf den Einbeinstand mit offenen und geschlossenen Augen (57). Auch scheinen mit steigenden motorischen Anteilen an der koordinativen Aufgabe zunehmende Unterschiede zwischen weiblichen und männlichen Probanden zu existieren: Frauen sind in Präzisionstests überlegen, Männer bei Aufgaben unter Zeitdruck (167). Allerdings berichtet Böer 2004 in seiner Literaturrecherche über inkonsistente Ergebnisse für den Einfluss des Geschlechts auf die Gleichgewichtsfähigkeit (20).

Nardone et al. schildern, dass Belastungen oberhalb der anaeroben Schwelle zu größeren Körperschwankungen bei Gleichgewichtsübungen führen (150).

Für Alkohol, Nikotin und eine Vielzahl an Medikamenten sind Effekte auf die koordinativen Fähigkeiten in der Literatur nachzulesen (203). Ebenso können interne Faktoren, wie Tagesform, Stimmung und Temperament, Einflüsse aus-

üben (163). Auch äußere Faktoren, wie Lärm, Temperatur, visuelle oder taktile Ablenkung, spielen eine Rolle.

1.2.5 Trainierbarkeit koordinativer Fähigkeiten

Im Vergleich zum Trainingswissen über die Entwicklung, Steigerung und Steuerung konditioneller Fähigkeiten (wie z.B. der Kraft) bestehen für den Bereich der motorischen Koordination deutlich weniger konkrete Wissenszusammenhänge (87, 116, 181). Allgemein wird dieser defizitäre Zustand mit der Forderung nach mehr Forschungsarbeit beklagt (181, 194, 205). So ist beispielsweise die Entwicklung motorischer Fähigkeiten – bezogen auf verschiedene Lebensabschnitte insbesondere im Erwachsenen- und Ältestenbereich – bisher nur unzureichend erforscht. Im vorigen Abschnitt wurde dargelegt, dass aufgrund von Involutionenprozessen im Alter mit einem Rückgang bzw. Verlust koordinativer Fähigkeiten gerechnet werden muss (87, 167, 189, 205). Der Rückgang der koordinativen Leistungsfähigkeit im Alter fällt aber deutlich geringer aus als bei den konditionellen Fähigkeiten. Die altersbedingten Koordinationsverluste betreffen vor allem die Bereiche der schnelligkeits- und kraftbetonten Koordinationsaufgaben (205). Dabei gehen Bewegungsmuster, die zuletzt erlernt wurden, zuerst verloren, während früh erlernte koordinative Funktionen länger erhalten bleiben (44, 116). Gleichzeitig wird aber in der Literatur auch darauf verwiesen, dass auch bei älteren Patienten Übungseffekte möglich sind und somit koordinative Fähigkeiten durch Training nicht nur erhalten, sondern durchaus gesteigert werden können (167, 189, 205). In verschiedenen Untersuchungen konnte zudem gezeigt werden, dass zwischen koordinativen Fähigkeiten und konditionellen Fähigkeiten enge Beziehungen und Wechselwirkungen vorhanden sind (167). Nach Kirchner ist vor allem eine Steigerung der Kraftverhältnisse dafür geeignet, das koordinative Leistungsvermögen zu halten bzw. zu steigern (117). Die Relevanz koordinativer Fähigkeiten für den Alltag sei an dieser Stelle nochmals betont. Gerade bei einfachen Bewegungen, wie dem Gehen und Stehen, spielen Gleichgewichts- und Reaktionsfähigkeit mit zunehmendem Alter eine besonders wichtige Rolle, da sie die Sturzgefahr älterer Patienten maßgeblich beeinflussen (163). Hierzu ist

schnelles Reagieren und Agieren von Nöten (59). Der Erwerb einer gleichgewichtsregulatorischen Alltagskompetenz, z.B. im Kindesalter, und deren möglichst lange Aufrechterhaltung mit zunehmendem Alter kann demnach zu einer erfolgreichen Sturzprophylaxe beitragen. Insbesondere bei älteren Patienten, wie Patienten nach Implantation einer Knieprothese, sind hierfür durch gleichgewichtsorientierte Bewegungsprogramme bemerkenswerte Effekte erzielbar (42).

1.3 Grundlagen zur Muskelkraft

Die Beeinflussung der koordinativen Leistungsfähigkeit durch konditionelle Fähigkeiten sei hier eingangs nochmals erwähnt. Wichtig ist, dass nicht etwa eine einseitige Beziehung zwischen Kraft und Koordination besteht, sondern vielmehr eine wechselseitige Beziehung. So ist zum Beispiel die muskuläre Maximalkraft unter anderem auch von der intra- und intermuskulären Koordination abhängig (42).

1.3.1 Physiologische Grundlagen

Die Unterscheidung zwischen Stütz- und Zielmotorik wurde ebenfalls schon angesprochen. „Rote“, langsame Skelettmuskelfasern überwiegen in Muskeln mit vorwiegend stützmotorischer Funktion. Sie haben einen hohen Myoglobingehalt und sind reich an Mitochondrien und Enzymen des oxidativen Stoffwechsels. So ist beispielsweise beim sicheren Zweibeinstand ein deutlich geringerer stützmotorischer Muskeleinsatz von Nöten als beim labilen Einbeinstand. „Weiße“, schnelle Muskelfasern sind eher für die Zielmotorik verantwortlich. Sie sind myoglobinarmer und reich an Enzymen der Glykolyse (42).

Daneben können verschiedene Arbeitsbedingungen und Kontraktionsformen im muskulären Bereich abgegrenzt werden: Zunächst einmal kann statische Haltearbeit von dynamischer Arbeit abgegrenzt werden. Bei statischer Arbeit bzw. statischer Kraftentwicklung wird entweder durch einen Muskel oder eine Muskelgruppe einer äußeren Gegenkraft das Gleichgewicht gehalten oder es erfolgt eine Kraftentwicklung gegen einen festen Widerstand. Dynamische Arbeit bzw. dynamische Kraft wird von einem Muskel oder einer Muskelgruppe

willentlich gegen sich bewegende Massen unter sichtbarer Längenänderung der Muskulatur entwickelt. An Kontraktionsformen sind die isometrische Kontraktion, die isotonische Kontraktion, die auxotonen Kontraktion und die isokinetische Kontraktion zu nennen (42, 66).

Außerdem können mehrere Dimensionen der Kraft unterschieden werden (42): die Maximalkraft, die Schnellkraft oder Explosivkraft und die Kraftausdauer.

1.3.2 Relevanz der Muskelkraft im Alltag

Unter sportmedizinischen Aspekt werden nach Hollmann et al. (87) fünf verschiedene motorische Hauptbeanspruchungsformen der Muskulatur unterschieden – die Kraft, die Schnelligkeit, die Ausdauer, die Flexibilität und die Koordination. Unbestritten ist, dass der Kraft dabei eine übergeordnete Bedeutung zukommt, denn sie ist Grundlage zur Verwirklichung der anderen Beanspruchungsformen (42).

In Bezug auf die Thematik und Fragestellung dieser Arbeit, also auf die kniegelenksumgebende Muskulatur, lässt sich folgendes feststellen: Die kniegelenksumgebende Muskulatur – insbesondere der M. quadrizeps femoris – ist für ein normales, flüssiges Gangbild von größter Bedeutung und beeinflusst entscheidend die Statik des menschlichen Körpers (204). Bei Schwäche dieser Muskulatur ist das Aufstehen aus dem Sitzen und das Aufrichten aus liegender oder hockender Position zumindest erschwert (61). Entstehen aufgrund einer Erkrankung – wie zum Beispiel der Gonarthrose – muskuläre Defizite, so kommt es aufgrund von schmerzbedingtem Hinken und Veränderungen der Statik zu Belastungsverschiebungen am gesamten Bewegungsapparat. In der Folge können sich zunehmende Gelenksinstabilitäten mit weiterem Fortschreiten der Gonarthrose einstellen. Außerdem kann es zu Beschwerden an benachbarten Gelenken – vor allem am kontralateralen Kniegelenk, den Hüftgelenken und dem Lendenwirbelsäulenbereich – kommen. Nach Parker et al. (157) sind Beschwerden bzw. Komplikationen am Extensionsapparat die häufigste Ursache für postoperative Morbidität nach Implantation einer Kniegelenktotalendoprothese, die unter Umständen sogar eine Revisionsoperation erforderlich machen können.

1.3.3 Die Maximalkraft und Kraftausdauer beeinflussende Faktoren

Die **Maximalkraft** wird von folgenden Faktoren beeinflusst (42): Vom Querschnitt der eingesetzten Muskelfasern, der Anzahl der eingesetzten Muskelfasern, der individuellen Struktur der Muskulatur (faserspezifische Zusammensetzung), der intra- und intermuskulären Koordination, der Muskellänge, dem Winkel zwischen Kraftangriffspunkt und Knochenachse (z.B. abhängig von der Gelenkstellung) und von psychischen Faktoren, wie z.B. der Motivation.

Die **Kraftausdauer** wird bestimmt durch den Querschnitt der eingesetzten Muskelfasern, die Anzahl der eingesetzten Muskelfasern, die individuelle Struktur der Muskulatur (faserspezifische Zusammensetzung), die intra- und intermuskuläre Koordination, die Energiebereitstellung, die Aktionspotentialfrequenz und durch psychischen Faktoren, wie z.B. die Motivation (42).

1.3.4 Trainierbarkeit der Muskelkraft

Unter Training ist allgemein das planmäßig wiederholte Ausführen von Übungen bzw. Bewegungsabläufen zu verstehen, verbunden mit dem Ziel, die körperliche Leistungsfähigkeit zu steigern, ein erworbenes höheres Niveau zu konservieren oder den altersbedingten Leistungsminderungen entgegen zu wirken (42). Bereits aus dieser Definition und den Vorbemerkungen zum Thema Relevanz der Muskelkraft lässt sich erkennen, dass ein Krafttraining gerade auch bei Patienten nach Implantation einer Kniegelenktotalendoprothese als sinnvoll erachtet werden muss. Durch effektives Krafttraining sind unter anderem Maximalkraft, Kraftausdauer und muskuläre Koordination zu verbessern (42).

1.4 Studienziel, Fragestellungen und Hypothesenbildung

1.4.1 Studienziel

Ziel der Studie ist es, Defizite sowie deren Veränderungen bei Patienten vor und nach Implantation einer Kniegelenktotalendoprothese hinsichtlich koordinativer Fähigkeiten und hinsichtlich des Kraftverhaltens der kniegelenkumgebenden Muskulatur herauszufinden. Um die Ergebnisse einordnen zu können, erfolgt ein Vergleich mit hinsichtlich Alter und Geschlecht möglichst

übereinstimmenden Normgruppenprobanden. Weitere Studienziele sind die Darstellung sich ergebender Veränderungen der gesundheitsbezogenen Lebensqualität – gemessen durch den SF-36-Fragebogen – und des Rankings im verwendeten Bristol-Score.

1.4.2 Fragestellungen

- 1) Sind präoperativ Einschränkungen der gesundheitsbezogenen Lebensqualität bei den Patienten nachweisbar (SF-36)?
- 2) Ergeben sich vier Monate postoperativ Veränderungen beim SF-36 ?
- 3) Wie stellt sich die Situation der Patienten vor dem Eingriff im krankheitsspezifischen Bristol-Score dar?
- 4) Wie stellt sie sich postoperativ dar?
- 5) Gibt es vor dem Eingriff Unterschiede zwischen erkrankter und betroffener Seite im Bereich Balance / Koordination?
- 6) Stellen sich bei den Patienten präoperativ Defizite im Bereich Balance / Koordination verglichen mit der Normgruppe dar?
- 7) Haben sich vier Monate nach Implantation einer Kniegelenkstotalendoprothese bei den Patienten Verbesserungen im Bereich Balance / Koordination ergeben?
- 8) Sind Verbesserungen im Bereich Balance / Koordination nur am operierten Bein aufgetreten oder auch kontralateral? Gibt es einen (signifikanten) Unterschied in der Entwicklung beider Beine?
- 9) Verbleiben bei den Patienten auch vier Monate postoperativ Restdefizite im Bereich Balance / Koordination?
- 10) Gibt es zum Zeitpunkt vor der Operation Unterschiede zwischen beiden Beinen im Bereich Muskelkraft?
- 11) Sind zu diesem Zeitpunkt Defizite im Bereich muskuläre Kraft verglichen mit der Normgruppe zu verzeichnen?
- 12) Wie stellt sich der Verlauf der Muskelkraft vier Monate postoperativ dar?

- 13) Haben sich Steigerungen im Bereich Kraft nur am OP-Bein oder auch gegenüber ergeben? Ist hier ein signifikanter Unterschied nachweisbar?
- 14) Sind im Bereich Muskelkraft vier Monate postoperativ Unterschiede zwischen Patienten und Normgruppenprobanden erkennbar?
- 15) In welchem Bereich sind präoperativ vorhandene Defizite am stärksten, wo am geringsten ausgeprägt?
- 16) In welchem Bereich sind die durch die Therapie erreichten Steigerungen am größten, wo am kleinsten?
- 17) In welchem Bereich sind postoperativ vorhandene Restdefizite am stärksten, wo am geringsten ausgeprägt?
- 18) Sind Zusammenhänge zwischen den Bereichen Balance / Koordination und dem Bereich Muskelkraft erkennbar?

1.4.3 Hypothesenbildung

H1: Im viermonatigen Studienverlauf sind statistisch signifikante Verbesserungen der Testergebnisse im Bereich Gleichgewichtsfähigkeit / Balance am OP-Bein nachweisbar.

H2: Auch das kontralaterale Bein zeigt beim Bereich Gleichgewichtsfähigkeit / Balance statistisch signifikante Verbesserungen.

H3: Es ergibt sich aber ein statistisch signifikanter Verlaufsunterschied im Bereich Gleichgewichtsfähigkeit / Balance zwischen OP-Bein und kontralateralem Bein mit Vorteilen für das OP-Bein.

H4: Im Bereich Muskelkraft steigern sich die Patienten mit dem OP-Bein statistisch signifikant hinsichtlich Maximalkraft und Kraftausdauer.

H5: Auch kontralateral sind statistisch signifikante Verbesserungen in diesem Bereich sichtbar.

H6: Die Kraftzunahme ist am OP-Bein statistisch signifikant größer als kontralateral.

2. Material und Methodik

2.1 Probanden und Untersuchungsdesign

2.1.1 Patientengruppe

In einer prospektiven Längsschnittuntersuchung, die als Stichprobe Patienten der Orthopädischen Klinik des Universitätsklinikums der Eberhard-Karls-Universität Tübingen mit Kniegelenksbeschwerden aufwies, bei denen zum Untersuchungszeitpunkt die Implantation einer Kniegelenktotalendoprothese vorgesehen war, wurden insgesamt 29 Patienten ausgelost. Diese wurden im Rahmen der Studie jeweils zweimal befragt und untersucht: Der erste Untersuchungstermin fand direkt vor dem geplanten Eingriff am Tag der stationären Aufnahme statt, die Nachuntersuchung im Abstand von ca. vier Monaten nach Operationsdatum. Einschlusskriterien waren das Vorliegen einer ein- oder beidseitigen Gonarthrose (ohne Berücksichtigung der Ätiologie), ein sicherer Stand und Gang mit oder ohne Gehhilfe sowie Einwilligungsfähigkeit und Mindestalter von 18 Jahren. Als Ausschlusskriterien galten Zustände nach bereits implantierter Kniegelenksprothese am erkrankten Kniegelenk, neurologische Erkrankungen mit Auswirkung auf das Gleichgewichtsorgan bzw. die Skelettmuskulatur sowie Erkrankungen des Herz-Kreislaufsystems, die zu einer hochgradigen Einschränkung der Belastungsfähigkeit im Alltag führen, wie beispielsweise eine Herzinsuffizienz NYHA Stadium IV.

Die Probanden waren alle vor Beginn der Messungen genau über Ziele, Dauer, Ablauf, Nutzen und eventuelle Risiken der Studienteilnahme, wie insbesondere Schmerzen während der präoperativen Untersuchungen, aufgeklärt worden und hatten dies schriftlich bestätigt. Außerdem war darauf hingewiesen worden, dass die Teilnahme an der Studie vollkommen freiwillig war und jederzeit ohne Angabe näherer Gründe und ohne Nachteil für den Patienten widerrufen werden konnte. Gemessen und untersucht wurden je beide Beine, so dass im Ergebnisteil auch Werte für die kontralateralen Kniegelenke aufgeführt werden können.

2.1.2 Normgruppe

Hierfür wurden in einer Querschnittserhebung 15 kniegelenksgesunde Probanden ausgesucht und einmalig untersucht. Ausschlusskriterien waren insbesondere bekannte arthrotische Gelenkserkrankungen an den Beinen (Hüfte, Knie, Sprung- oder sonstige Fußgelenke), das Vorliegen starker Beinbeschwerden zum Zeitpunkt der Untersuchung sowie dieselben neurologischen und internistischen Erkrankungen wie bei der Patientengruppe.

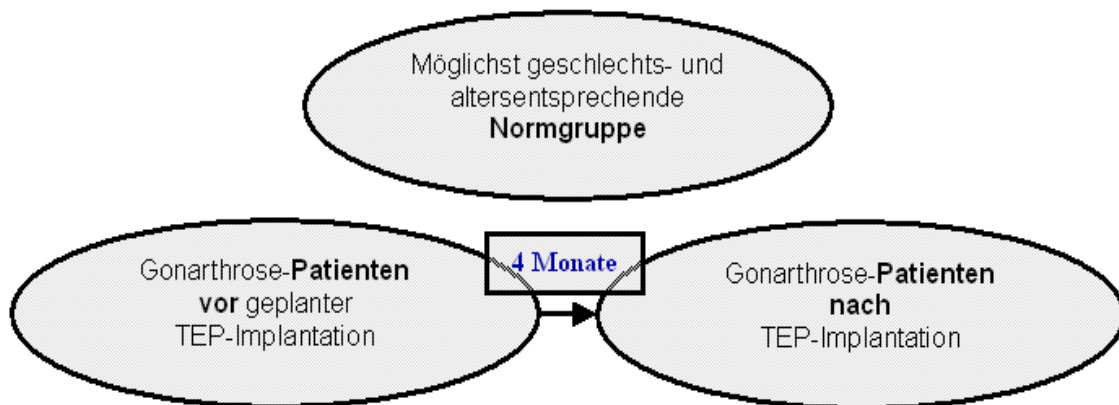


Abb. 2: schematische Darstellung des Untersuchungsdesigns

2.2 Methodik

2.2.1 Organisation und Untersuchungszeitraum

Der Untersuchungszeitraum erstreckte sich von Juni 2002 bis Mai 2004, wobei die Teilnehmer der Patientengruppe im Zeitraum von Juni 2002 bis Januar 2003 präoperativ untersucht und anschließend operiert wurden. Der Zeitraum, in dem die postoperativen Messungen und Untersuchungen stattfanden, lag somit zwischen Oktober 2002 und Mai 2003. Jeweils vor den Messungen war jeder potentielle Proband zunächst angeschrieben und dann telefonisch kontaktiert worden. Anfallende Fahrtkosten wurden von der Sportmedizinischen Abteilung der Universität Tübingen übernommen. Zusätzlich wurden die Patienten für Ihren Aufwand mit einem Balance-Trainingsgerät der Firma Thera-Band®

entschädigt. Die Probanden der Normgruppe wurden im Zeitraum von Mai 2003 bis Mai 2004 untersucht.

2.2.2 Untersuchungsschema

Alle Untersuchungen und Messungen wurden anhand eines vorher festgelegten Schemas immer in der gleichen Reihenfolge durchgeführt (siehe Anhang). Dabei wurde in der Patientengruppe keinerlei Rücksicht darauf genommen, welches Bein das zu operierende bzw. operierte Bein war. Denkbare Abweichungen, beispielsweise aufgrund von Schmerzen, mussten bei keinem der Probanden vorgenommen werden. Außerdem wurde jeder Studienteilnehmer in möglichst gleicher Weise mündlich durch den Untersucher motiviert und angewiesen.

2.2.2.1 Anamnese

a.) Aktenstudium

Die Daten zur Einweisungsdiagnose, zum Operationsdatum, zur Art der implantierten Knieendoprothese und zur Dauer des stationären Aufenthalts wurden aus den Krankenakten erhoben.

b.) Befragung bzgl. Vor- / Grunderkrankungen:

Anamnestisch wurden Vorerkrankungen bzw. Verletzungen an den Beinen (vor allem Hüfte, Knie, OSG) oder am sonstigen Bewegungsapparat, eventuell vorliegende neurologische oder internistische Grunderkrankungen und die Berufs- und Sportanamnese erhoben.

c.) Fragebögen:

Der allgemeine Fragebogen und der SF-36 wurde nur den Patienten per Post zugesendet und vor der ersten Untersuchung vervollständigt.

1.) Allgemeiner Fragebogen (incl. Teilen des Bristol-Scores)

Beim allgemeinen Fragebogen handelte es sich um einen Fragebogen, der einerseits speziell für diese Studie aus zum Teil schon zuvor verwendeten Fragebögen anderer Studien der Sportmedizinischen Abteilung der Universität Tübingen zusammengestellt worden war (137, 204) andererseits aber auch vollkommen neue Themenkomplexe beinhaltete. Dieser lag den Patienten jeweils in einer „prä- und post-OP-Form“ vor. Neben persönlichen Daten waren Fragen

zur Haupterkrankung am Kniegelenk anzugeben, welche die Erkrankungsdauer, Schmerzanamnese, Medikamentenanamnese und vor allem auch sämtliche anamnestisch zu erhebende Teilbereiche des in der Studie verwendeten Bristol-Scores (siehe unten) abdeckten. Außerdem wurden konservative Therapiemaßnahmen, wie beispielsweise präoperativ durchgeführte Physiotherapie, detailliert erfragt. Postoperativ lag dann ein Schwerpunkt auf dem tatsächlich absolvierten Rehabilitationsprogramm, das üblicherweise eine stationäre Anschlussheilbehandlung und ambulante Physiotherapie umfasst. Zur Einschätzung der körperlichen Leistungsfähigkeit und der im Laufe des Lebens aufgetretenen Belastungen, wurden die Patienten hinsichtlich der Berufsanamnese befragt. Außerdem war eine Sportanamnese Bestandteil des Fragebogens. Abschließend erfolgte postoperativ noch eine Evaluation des Operationsergebnisses.

2.) SF-36 Fragebogen

Erfassung der gesundheitsbezogenen Lebensqualität: Als krankheitsunspezifisches Messinstrumentarium wurde ein zweiter Fragebogen – der Short Form (SF-) 36 Health Survey – zur Bestimmung des allgemeinen Gesundheitszustands bzw. der gesundheitsbezogenen Lebensqualität eingesetzt. Dadurch sollten die durch Operation und Rehabilitation erzielten Veränderungen der Lebensqualität in der Patientengruppe eingeschätzt werden. Dieses Vorgehen, die gesundheitsbezogene Lebensqualität oder subjektive Gesundheit als Evaluationsparameter für die Bewertung von Behandlungsmaßnahmen anzuführen, ist erst seit relativ kurzer Zeit anerkannt (148), gewinnt aber mehr und mehr an Bedeutung (71, 137). Gesundheitsbezogene Lebensqualität ist mit subjektiven Gesundheitsindikatoren gleichzusetzen und bezeichnet ein multidimensionales psychologisches Konstrukt, das durch vier Kategorien beschrieben werden kann: das psychische Befinden, die körperliche Verfassung, die sozialen Beziehungen und die funktionale Kompetenz der Befragten (33). Von entscheidender Bedeutung ist dabei, dass die Patienten selbst Auskunft über ihr Befinden und ihre Funktionsfähigkeit geben.

Aufbau des Fragebogens: Beim SF-36 Health Survey handelt es sich um einen aus dem amerikanischen Sprachraum stammenden Fragebogen, der die

Kurzform eines ursprünglich 100 Items umfassenden Messinstruments darstellt, das in der Medical Outcomes Study (MOS) entwickelt und eingesetzt wurde, um die Leistung von Versicherungssystemen in Amerika zu prüfen (33). Der ursprünglich für die Verwendung in den USA entwickelte SF-36 wurde durch das International Quality of Life Assessment (IQOLA) Projekt (1, 197) übersetzt und angepasst. Die deutsche Form wurde durch eine Arbeitsgruppe um Frau Prof. Dr. Bullinger an den Instituten für Medizinische Psychologie der Universitäten in München und Hamburg bearbeitet. Der SF-36 Health Survey umfasst insgesamt 36 Items verschiedener Themen und Kategorien, die von einfach binär „ja - nein“ bis hin zu sechsstufigen Antwortskalen reichen. Die neun Themenbereiche können unten stehender Tabelle entnommen werden.

Tab. 1: Übersicht über die neun Subskalen des SF-36 Fragebogens

Konzepte	Items	Stufen	Beschreibung
Körperliche Funktionsfähigkeit	10	21	Ausmaß, in dem der Gesundheitszustand körperliche Aktivitäten wie Selbstversorgung, gehen, Treppen steigen, bücken, heben und mittelschwere oder anstrengende Tätigkeiten beeinträchtigt
Körperliche Rollenfunktion	4	5	Ausmaß, in dem der körperliche Gesundheitszustand die Arbeit oder andere tägliche Aktivitäten beeinträchtigt, z.B. weniger schaffen als gewöhnlich, Einschränkungen in der Art der Aktivitäten oder Schwierigkeiten, bestimmte Aktivitäten auszuführen
Körperliche Schmerzen	2	11	Ausmaß an Schmerzen und Einfluss der Schmerzen auf die normale Arbeit, sowohl im als auch außerhalb des Hauses
Allgemeine Gesundheitswahrnehmung	5	21	Persönliche Beurteilung der Gesundheit, einschließlich aktuellem Gesundheitszustand, zukünftigen Erwartungen und Widerstandsfähigkeit gegenüber Erkrankungen
Vitalität	4	21	Sich energiegeladener und voller Schwung fühlen versus müde und erschöpft
Soziale Funktionsfähigkeit	2	9	Ausmaß, in dem die körperliche Gesundheit oder emotionale Probleme normale soziale Aktivitäten beeinträchtigen
Emotionale Rollenfunktion	3	4	Ausmaß, in dem emotionale Probleme die Arbeit oder andere tägliche Aktivitäten beeinträchtigen; u.a. weniger Zeit aufbringen, weniger schaffen und nicht so sorgfältig wie üblich arbeiten
Psychisches Wohlbefinden	5	26	Allgemeine psychische Gesundheit, einschließlich Depression, Angst, emotionale und verhaltensbezogene Kontrolle, allgemeine positive Gemütsstimmung
Veränderung der Gesundheit	1	5	Beurteilung des aktuellen Gesundheitszustandes im Vergleich zum vergangenen Jahr

Zusätzlich zu diesen neun Dimensionen werden basierend auf den ersten acht noch zwei weitere Summenskalen gebildet, die den körperlichen und psychischen Gesundheitszustand beschreiben und die Gegenüberstellung mit Normpopulationen erleichtern.

Durchführung und Erhebung mit dem SF-36: Für den Fragebogen gibt es sechs verschiedene Versionen: die Selbstbeurteilungsform, die Fremdbeurteilungsform und die Interviewform jeweils in einer Standardversion mit Bezug auf die vergangenen vier Wochen und einer Akutversion mit Bezug auf die vergangene Woche. In der vorliegenden Studie wurde die Selbstbeurteilungsform mit dem Zeitfenster der vergangenen vier Wochen verwendet, d.h. das Ergebnis gibt nicht den subjektiven Gesundheitszustand der Patienten zum Zeitpunkt der Befragung wieder, sondern den während der vier Wochen zuvor. Beim Ausfüllen des SF-36 besteht die Aufgabe für die Probanden darin, die Antwortmöglichkeit zu markieren, die ihrem Erleben am nächsten kommt. Eine Zeitbegrenzung für die Bearbeitung existiert nicht. Grundsätzlich ist mit einer Bearbeitungszeit von 7 bis 15 Minuten, im Durchschnitt mit 10 Minuten zu rechnen. Generell ist darauf zu achten, dass die Fragebögen in der Selbstbeurteilungsform von autorisierten Personen auf Vollständigkeit überprüft werden, um die Auswertbarkeit nicht zu gefährden (33).

Einsatzbereich und Indikationen: Der Einsatzbereich des SF-36 Fragebogens kann als äußerst vielfältig bezeichnet werden, denn sowohl gesunde als auch erkrankte Personen der unterschiedlichsten Erkrankungsgruppen können mit diesem Verfahren ab einem Alter von 14 Jahren bis hin zum höchsten Lebensalter untersucht werden (33). Der SF-36 Health Survey wurde zwar in erster Linie zur Evaluation von Behandlungsverfahren entwickelt, die Anwendung im Bereich der Indikation von Behandlungen bzw. der Evaluation individueller Behandlungsmaßnahmen nimmt aber zu (198). In jüngster Vergangenheit hat sich der SF-36 als das Standardinstrument zur Erfassung der subjektiven Gesundheit herausgestellt, so dass dessen Gebrauch international empfohlen wird (33).

2.2.2.2 Klinische Untersuchung: Vervollständigung Bristol-Score

Der bereits angesprochene und in den allgemeinen Fragebogen teils integrierte Bristol-Score wurde in der vorliegenden Studie als krankheitsspezifisches Messinstrumentarium verwendet. Die genaue Architektur des Scores kann im Anhang eingesehen werden.

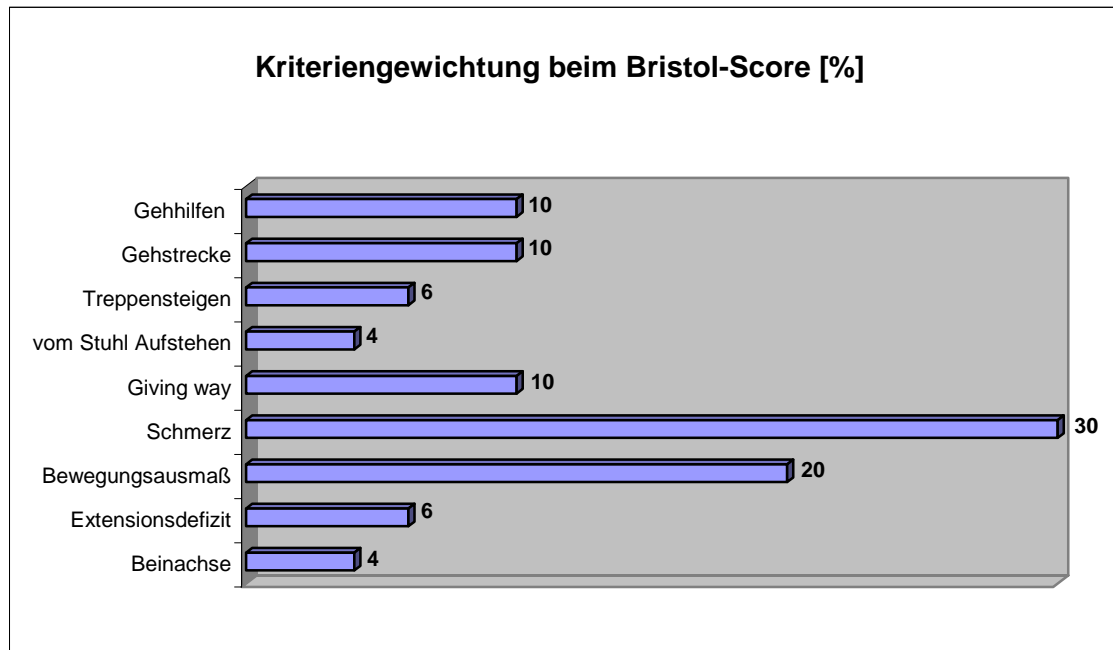


Abb. 3: Gewichtung der einzelnen Kriterien beim Bristol-Score [%].

Er setzt sich aus insgesamt neun Items zusammen und ist in vier Kategorien gegliedert. Die ersten fünf Items „Gehhilfen“, „Gehstrecke“, „Treppensteigen“, „vom Stuhl aufstehen“ und „Giving way“ ergeben zusammen die Kategorie „FUNCTION“, die mit 40% in die Kriteriengewichtung eingeht. Die zwei Items „Schmerz“ und „Bewegungsausmaß“ bleiben als eigenständige Kategorien bestehen („PAIN“ und „MOVEMENT“) und gehen mit 30% bzw. 20% in die Gesamtwertung des Scores ein. Die letzte Kategorie „DEFORMITY“ setzt sich aus zwei Items („Extensionsdefizit“ und „Beinachse“) zusammen und macht einen Anteil von 10% am Gesamtergebnis des Bristol-Scores aus. Sechs der neun Items wurden mittels des in der Studie verwendeten allgemeinen Fragebogens erhoben (Items der Kategorien „FUNCTION“ und „PAIN“), sind also subjektive Parameter. Die restlichen drei Items der Kategorien „MOVEMENT“

und „DEFORMITY“ wurden im Rahmen der klinischen Untersuchung durch den Versuchsleiter gewonnen und stellen somit objektive Parameter dar. Überprüft wurde jeweils das passive Bewegungsausmaß (Kategorie „MOVEMENT“), ein eventuell vorhandenes Extensionsdefizit und die Beinachsenstellung (Kategorie „DEFORMITY“). Die Normgruppe wurde in gleicher Weise untersucht, so dass für diese beiden Kategorien Vergleichswerte angegeben werden können. Betrachtet man mittels oben stehender Abbildung 3 nochmals die Gewichtung der einzelnen Items, so ergibt sich beim Gesamtscore ein Verhältnis von 70% zu 30% zwischen subjektiven und objektiven Parametern. Außerdem ist zu betonen, dass die Items „Schmerz“ (30%) und „Bewegungsausmaß“ (20%) bereits 50% des Gesamtscores ausmachen und somit als Schwerpunkt des Bristol-Scores anzusehen sind.

2.2.2.3 Kraftmessplatte „Forceplate“

Die in diesem und in den folgenden Kapiteln (2.2.2.3 – 2.3.3.7) beschriebenen praktisch durchgeführten Tests wurden von allen Probanden mit zur Verfügung gestellten Turnschuhen absolviert. Dabei handelte es sich handelsübliche Joggingsschuhe der Firma Nike, die in den Schuhgrößen 36,38,40,41,43 und 45 zur Verfügung standen. Bei den postoperativen Messungen vier Monate später erhielt jeder Patient jeweils wieder denselben Schuh.

Als Testverfahren zur Überprüfung des statischen Gleichgewichts wurden auf der Kraftmessplatte „Forceplate“, also auf einer festen Unterlage, Standversuche (Zweibeinstand und Einbeinstände rechts bzw. links) bei offenen Augen durchgeführt. Die Versuchsanordnung erlaubt nicht nur Angaben in Form erreichter Zeitwerte, sondern auch quantitative Aussagen in Form eines berechenbaren Wegsignals. Als maximale Standzeit wurde ein Intervall von 10 Sekunden gewählt. Nur die Versuche mit der erreichten maximalen Standzeit konnten in die Berechnungen der Wegsignale aufgenommen werden.

Im folgenden Abschnitt soll der Arbeitsweise der Kraftmessplatte „Forceplate“ und ihrer Auswertesoftware näher erläutert werden. Es handelt sich dabei um die in Abbildung 4 dargestellte 50 x 50 cm große und 10 cm hohe Plattform des

ADAM®-Messplattensystems der Herstellerfirma ADDON Elektronik System GmbH, Friedberg.



Abb. 4: Kraftmessplatte „Forceplate“ mit zugehörigem Messverstärker

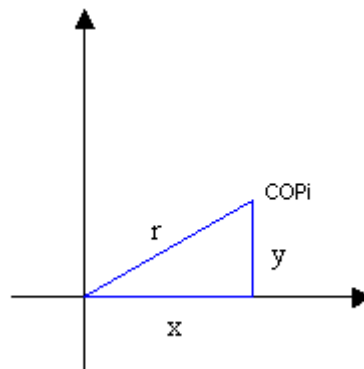


Abb. 5: Koordinaten-Darstellung eines willkürlichen Messpunktes COPi im Bezug zum arithmetischen Mittelpunkt aller Messpunkte (Koordinatenursprung)

Die Kraftmessplatte „Forceplate“ bestimmt den Kraftangriffspunkt der Bodenreaktionskraft (COP, centre of pressure) mit einer Positionsgenauigkeit von 1 mm. In der Orthopädischen Klinik des Universitätsklinikums Tübingen existiert eine in Microsoft Excel programmierte Anwendung, mit der die Messdaten mit einer Abtastrate von 30 Hz ausgelesen und weiterverarbeitet werden können. Der zeitliche Verlauf des COP wird dabei in den beiden Koordinatenrichtungen x (rechts – links) und y (vorne – hinten) aufgezeichnet. Aus dem Verlauf dieses Wegsignals wurden die Schwankungen des COPs $r_x = \text{rms}(x - x_{\text{mean}})$ und $r_y =$

rms ($y - y_{\text{mean}}$) ermittelt, wobei „rms“ für „root mean square“ steht, was der Wurzel der mittleren quadratischen Abweichung vom errechneten Mittelwert (x_{mean} , y_{mean}) der COP-Werte entspricht. Zusätzlich wurde die aus den einzelnen Koordinatenwerten erhaltene radiale Entfernung zum Mittelwert des COP mit Hilfe des Satzes des Pythagoras und dessen mittlere quadratische Werte ermittelt (vgl. Abb. 5). Die errechneten Werte haben jeweils die Einheit Millimeter [mm].



Abb. 6 und 7: Zweibeinstand und Einbeinstand auf der Kraftmessplatte „Forceplate“

Kurzanleitung Kraftmessplatte „Forceplate“:

Beschreibung: Zweibeinstand, Einbeinstand mit jeweils zunächst Standbein rechts und dann links bei geöffneten Augen in Turnschuhen auf der Kraftmessplatte „Forceplate“.

Durchführung: Zweibeinstand in normaler bequemer Körperposition mit gleichmäßiger Belastung beider Beine, Arme frei hängend, Blick nach vorne gerichtet. Einbeinstand zusätzlich mit leicht im Kniegelenk gebeugtem Standbein (ca. 10°) und mit im Kniegelenk um 90° gebeugtem Spielbein. Das Spielbein bleibt ohne Kontakt zum Standbein (13, 95). Die Zeit wird genommen, wenn der Proband einen sicheren Stand eingenommen hat. Es werden ein Probedurchgang und 3 Testdurchgänge, bestehend aus Zweibeinstand, Einbeinstand rechts und Einbeinstand links, absolviert.

Abbruchkriterien: Die Zeit wird gestoppt, wenn das Spielbein den Boden berührt, der Patient sich mit den Händen abstützen muss oder wenn sich der Fuß

des Standbeins von der Ausgangsstellung wegbewegt (hüpfen, herumrutschen, ...).

Messgröße: Zeit in Sekunden (z.B. 8,47 sec.), bei erreichter maximaler Standzeit von 10 sec. zusätzlich Wegsignale rx, ry und r.

Utensilien: Kraftmessplatte, Messverstärker, Computer und Stoppuhr.

2.2.2.4 Therapiegerät „Posturomed“

Auf dem „Posturomed“, einer beweglichen Unterlage, wurden ebenfalls Einbeinstandversuche mit einer maximalen Standzeit von 10 Sekunden durchgeführt.

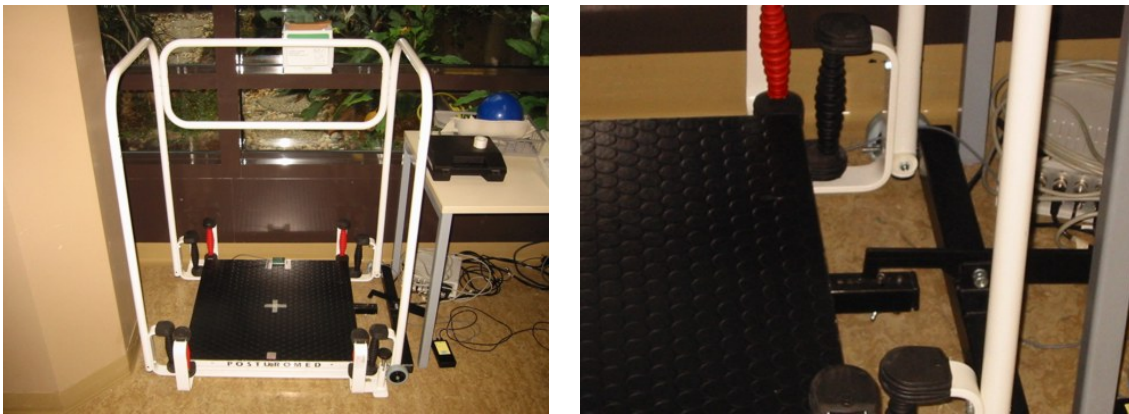


Abb. 8 und 9: Therapiegerät „Posturomed“ und arretierter Auslenkmechanismus eingestellt auf 10 mm laterale Auslenkung

Das „Posturomed“ ist laut Herstellerfirma (Haider Bioswing, Pullenreuth) ein Therapie- und Trainingsgerät für propriozeptives Training. Seit 1994 ist es auf dem Markt und wird häufig in Rehabilitationspraxen eingesetzt. Wesentliche Bestandteile des Gerätes sind eine Standplatte und ein umgebendes Sicherheitsgeländer. Die Standplatte des „Posturomeds“ ist mit ihren vier Ecken an 15 cm langen Stahlseilen aufgehängt, wobei alle Stahlseile zur Dämpfung der Plattenbewegung eine Kunststoffummantelung besitzen. Eine spezielle Konstruktion der Plattenaufhängung beinhaltet vier weitere Aufhängepunkte, wodurch die Schwingungseigenschaften der Platte in drei Stufen reguliert werden können. Es können vier, sechs oder acht Stahlseile aktiviert werden. Im Rahmen dieser Arbeit wurde unter Berücksichtigung der Erkrankung Gonarthrose und des Alters

des Probandenguts die Plattenaufhängung mit vier Stahlseilen – also die einfachste Stufe – gewählt. An der rechten Seite des Geräts wurde zusätzlich ein mechanischer Auslenkmechanismus angebracht, der die Platte in seitlicher Richtung (x- Richtung) 10 mm außerhalb der Gleichgewichtslage arretieren kann. Nach Lösen der Arretierung schwingt die Platte in ihre Ruhelage zurück. Somit können Störungen des Standes und dadurch die Reaktionen auf eine sturzgefährdete Situation simuliert werden (146).

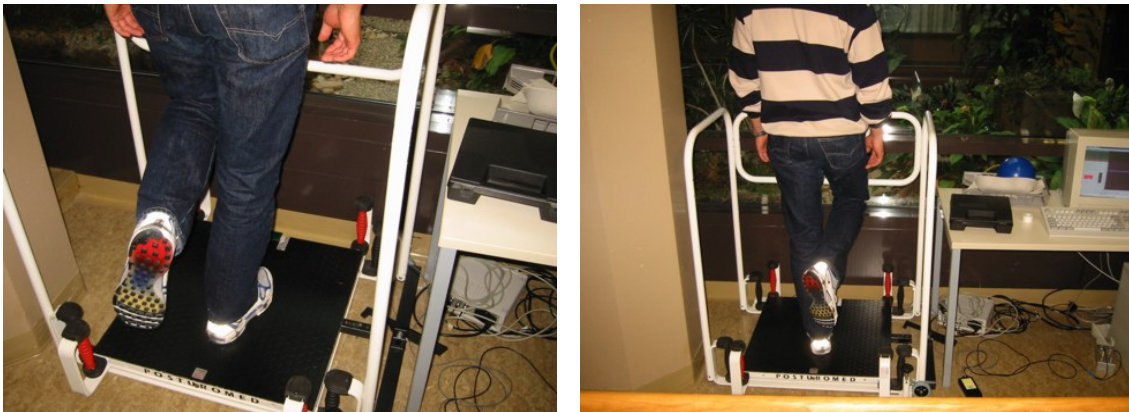


Abb. 10 und 11: Einbeinstand rechts und links auf dem „Posturomed“

Es ist bekannt, dass Probanden, die zum ersten Mal auf dem „Posturomed“ stehen, mit unangemessen großen Ausgleichsbewegungen reagieren. Dieser Effekt, der als Habituation, also als Toleranzsteigerung des Organismus, zu verstehen ist, verschwindet nach 1-3 Minuten. Ursächlich sind ausgelöste Gewöhnungseffekte, die unter anderem auf der Ausbildung neuraler Hemmungsprozesse basieren (23). Deshalb standen die Probanden bereits während der Instruktionen auf der Plattform, was eine Gewöhnung an die wackelige Standfläche ermöglichen sollte. Zusätzlich konnten die Probanden vor jeder Übung in einem Probeversuch, der nicht aufgezeichnet wurde, den Versuchablauf kennen lernen. Die gewerteten Testdurchgänge begannen also erst nach Verschwinden des Kurzzeiterneffektes. Auch auf dem „Posturomed“ wurde eine standardisierte Körperposition während der Einbeinstände vorgegeben. Im Unterschied zu den Standversuchen auf der Kraftmessplatte, wurde hier noch zusätzlich die Standposition auf der Standplatte – markiert durch ein Kreuz aus

Klebestreifen – vorgeschrieben, um intra- und interindividuell gleiche Schwingungseigenschaften der Standplatte zu garantieren. Auf dem „Posturomed“ waren insgesamt vier verschiedene Übungen zu absolvieren: Zunächst wurden die Einbeinstände ohne Auslenkung durchgeführt. Im zweiten Teil der Messungen wurde die Platte dann um 10 mm in x- Richtung (Störung von lateral) ausgelenkt und arretiert. Nach Lösen der Arretierung war es dann Aufgabe des Probanden, die Platte so schnell wie möglich im Einbeinstand wieder in Ruhe zu bringen und anschließend so ruhig wie möglich zu halten.

Kurzanleitung Therapiegerät „Posturomed“:

Beschreibung: Einbeinstand mit entweder Standbein rechts oder links bei geöffneten Augen in Turnschuhen auf der Standplatte des „Posturomeds“. Zunächst ohne Auslenkung, dann mit Auslenkung um 10 mm von lateral.

Durchführung: Einbeinstand mit leicht im Kniegelenk gebeugtem Standbein (ca. 10°) und mit im Kniegelenk um 90° gebeugtem Spielbein, das Spielbein bleibt ohne Kontakt zum Standbein (13, 95), Arme frei hängend, Blick nach vorne gerichtet ohne Blickkontakt zur Standplatte oder auf den Auslösemechanismus. Die Zeit wird genommen, wenn der Proband einen sicheren Stand eingenommen hat. Es werden je Versuchsanordnung (ohne und mit Auslenkung) ein Probedurchgang und 3 Testdurchgänge, bestehend aus Einbeinstand rechts und Einbeinstand links, absolviert.

Abbruchkriterien: Die Zeit wird gestoppt, wenn das Spielbein den Boden berührt, der Patient sich mit den Händen abstützen muss oder wenn sich der Fuß des Standbeins von der Ausgangsstellung wegbewegt (hüpfen, herumrutschen, ...).

Messgröße: Zeit in Sekunden (z.B. 6,84 sec.).

Utensilien: „Posturomed“ und Stoppuhr.

2.2.2.5 Sternschritt-Test

Als drittes Untersuchungsverfahren im Block „Koordination“ wurde der Sternschritt-Test als Messinstrument für das dynamische Gleichgewicht ver-

wendet. Dieses Testverfahren hatte sich zuvor in mehreren zum Teil auch an der Universität Tübingen durchgeführten Studien bewährt (64, 71, 137, 194).

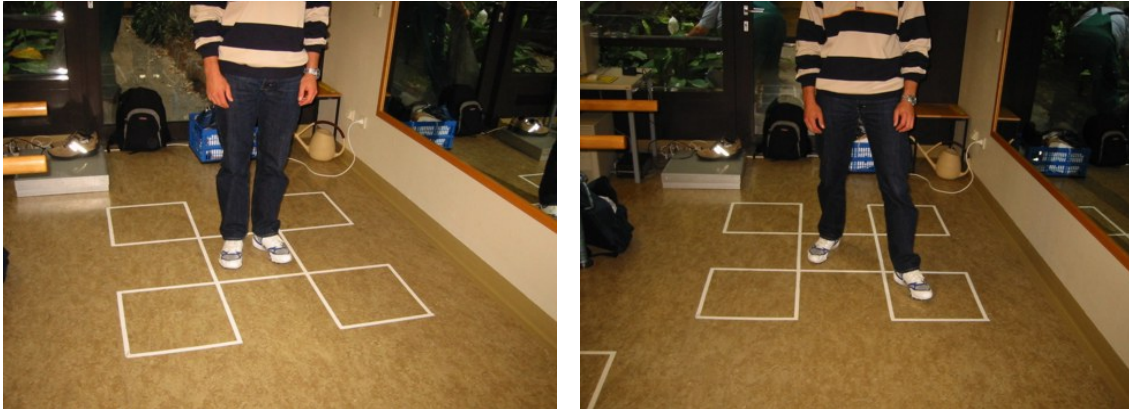


Abb. 12 und 13: Sternschritt-Test

Kurzanleitung Sternschritt-Test:

Beschreibung: Ein Testfeld, bestehend aus fünf Quadraten mit 40 cm Seitenlänge, wird mittels Tape am Boden angebracht. Ziel ist es, die vorgegebene Schrittfolge mit Wechsel des Standbeines in möglichst kurzer Zeit zu bewältigen.

Durchführung: Ausgangsstellung: Beidbeinig im mittleren Feld. Es sind drei Abfolgen im Uhrzeigersinn zu bewältigen, wobei mit dem linkem Bein begonnen wird. Die Abfolge lautet wie folgt: Links-vorne; Mitte, Rechts-vorne, Mitte, Rechts-hinten, Mitte, Links-hinten, Mitte. Entscheidend ist, dass jeweils der gesamte Fuß (und nicht nur die Ferse oder die Zehenspitzen) aufgesetzt werden muss. Die Zeit wird gestoppt, wenn beide Beine wieder in der Ausgangsposition nach drei Abfolgen sind. Es werden ein Probedurchgang und zwei Testdurchgänge absolviert.

Abbruchkriterien: Wenn zwei Mal hintereinander das Feld nicht getroffen wird oder zu starke Schmerzen auftreten.

Messgröße: Zeit in Sekunden (z.B. 17,92 sec.).

Utensilien: Maßband, Tape und Stoppuhr.

2.2.2.6 Kraftmessungen mittels „DigiMax“-Kraftaufnehmer



Abb. 14: „DigiMax“-Kraftmesssystem

Die Kraftmessungen in dieser Studie wurden mittels eines Kraftaufnehmers durchgeführt. Dieser Kraftaufnehmer oder Kraftsensor (siehe Abb. 14) ist Bestandteil des elektronischen Kraftmessgeräts „DigiMax“ der Firma mechaTronic © GmbH (Münsterstr. 5, 59065 Hamm), mit dem isometrische und dynamische Belastungen an mechanischen Trainingsgeräten gemessen werden können. Das „DigiMax“- System ist ein digitales, microprozessorgesteuertes Messgerät mit guter Reproduzierbarkeit der Messergebnisse. Wir verwendeten eine Version mit „DigiMax“ PC-Interface, die per Netzteil betrieben werden kann. Der Kraftsensor wurde in unserem Versuchsaufbau mittels Ringschrauben und Karabinerhaken in eine jeweils für die Flexions- bzw. Extensionsübungen eigens entworfene Seilkonstruktion eingebaut (vgl. Abb. 15). Mittels eines zusätzlichen Karabinerhakens erfolgte über eine das obere Sprunggelenk und die Ferse umfassende Manschette die Kraftübertragung vom Bein der Probanden auf diese Seilkonstruktion und damit auf den Kraftsensor. Grundlage für unseren Versuchsaufbau war dabei der „Beuger-Strecker“-Apparat, der in der Ergotherapeutischen Abteilung der Universitätsklinik Tübingen unter anderem auch bei Knieprothesepatienten zur postoperativen Rehabilitation eingesetzt wird. Es handelt sich dabei um die in Abb. 15 sichtbare halbkreisförmige und beidseits seitlich begrenzte Fahrbahnunterlage. Auf dieser können durch Verwendung handelsüblicher Rollschuhgestelle geführte Flexions- und Extensionsbewegungen absolviert werden. Die Sitz-

position der Probanden kann mittels einem in der Sitzhöhe und im Abstand zur Fahrbahnunterlage individuell einstell- und fixierbaren Stuhl den jeweils vorhandenen anatomischen Gegebenheiten optimal angepasst werden.

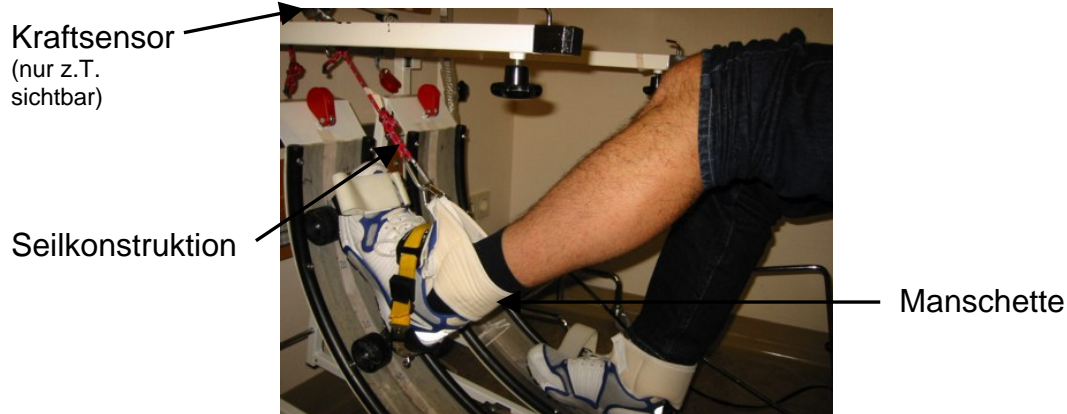


Abb. 15: Messkonfiguration für die isometrischen Flexionsübungen

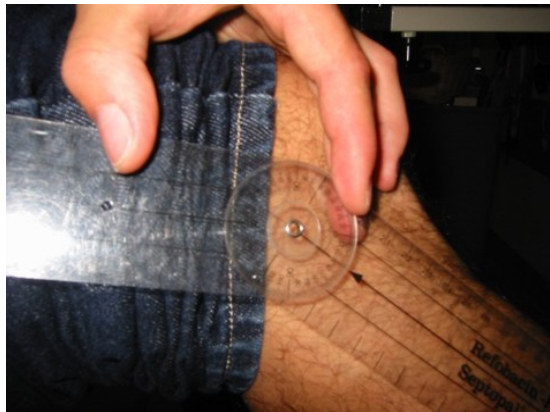


Abb.16: Kontrolle der korrekten Startposition (für Flexion 30°, für Extension 60°) mittels Goniometer

Bei den Kraftmessungen per „DigiMax“-Kraftaufnehmer ging es in der vorliegenden Untersuchung darum, die Maximalkraft der kniegelenksumgebenden Muskulatur für isometrische Flexions- und Extensionsbewegungen zu ermitteln. Aufgabe der Probanden war es, mit maximaler Kraft über ein kurzes Zeitintervall von 5 Sekunden in der jeweiligen Bewegungsrichtung an der Messapparatur zu ziehen. Da die verwendete Seilkonstruktion und der daran montierte Kraftsensor ein starres Widerlager darstellten, handelte es sich bei den durchgeführten Kraftmessungen um isometrische Kraftübungen. Bei den Flexionsübungen wurde als Startposition eine Kniegelenkstellung von 30°

Flexion gewählt. Die Startposition wurde vor jeder Messung mittels Goniometer auf 30° Flexion eingestellt. Für die Extensionsübungen wurde die Manschette anschließend um 180° gedreht, so dass der Seilzug nun dorsal des Unterschenkels ansetzte und eine Kraft in Extensionsrichtung nach vorne ausgeübt werden konnte. Als Ausgangsposition wurde bei den Extensionen eine Kniegelenksstellung von 60° Flexion verwendet.

Kurzanleitung Kraftmessungen per „DigiMax“-Kraftaufnehmer:

Beschreibung: Messung der Kraftverhältnisse bei über 5 sec. mit maximaler Intensität durchgeführten isometrischen Flexions- und Extensionsbewegungen.

Durchführung: a.) Flexion: Ausgangsstellung: 30° flektiertes Kniegelenk, das kontralaterale Bein darf auf dem Boden abgestützt werden. Die Arme müssen ohne Kontakt mit dem Stuhl vor der eigenen Brust verschränkt werden. Die Probanden werden über einen Bauchgurt am Drehstuhl fixiert. Zunächst Messungen am rechten Bein: Initial ein Probedurchgang, dann drei gewertete Testdurchgänge. Start der Messung nach Kommando durch den Versuchsleiter. Nach jedem Durchgang (5 sec.) exakt 30 sec. Pause bis zum nächsten (5-30-5-30-5-30-5 sec.). Danach gleiches Procedere links.

b.) Extension: Ausgangsstellung: 60° flektiertes Kniegelenk, ansonsten gleiche Vorgaben und gleicher Ablauf wie oben.

Abbruchkriterien: Auftreten zu starker Schmerzen → Abbruch. Abstützen mit den Armen, Lösen der Manschette am Fuß, Positionsänderung des vorher fixierten Drehstuhls → Wiederholung des Testdurchgangs.

Messgröße: Ausgeübte Maximalkraft während 5 sec..

Utensilien: PC, „DigiMax“-Kraftmessgerät und Stoppuhr.

2.2.2.7 Kraftausdauerstest

Aufgabe der Probanden beim Kraftausdauerstest war es, auf der Fahrbahnnunterlage des „Beuger-Strecker“ im Bewegungsintervall von 20° bis 80° Flexion das zu testende Bein ständig hin und her zu bewegen, d.h. zu strecken und zu beugen. Aufgrund des Versuchsaufbaus wurde in der verwendeten Konfiguration vor allem die Kraftausdauer der Kniegelenksex tensoren überprüft.



Abb. 17: Untere Begrenzung bei 80° Flexion mit 3 kg Gewicht (für Frauen)

Abb. 18 : Obere Begrenzung bei 20° Flexion mit 4 kg Gewicht (für Männer)

Kurzanleitung Kraftausdauerstest:

Beschreibung: Das zu testende Bein ist auf der Fahrbahnunterlage des „Beuger-Strecker“ ständig im Intervall von 20° bis 80° Flexion zu beugen und zu strecken. Ziel ist es, die maximal mögliche Anzahl an Bewegungswiederholungen in 60 sec. zu erreichen.

Durchführung: Ausgangsstellung: Der Proband wird mit Hilfe des einstellbaren Stuhls so positioniert, dass die untere Begrenzung 80° Flexion und die obere Begrenzung 20° Flexion im Knie entsprechen (die zu absolvierende Strecke auf der Fahrbahnunterlage bleibt von Proband zu Proband immer gleich). Das kontralaterale Bein darf auf dem Boden abgestützt werden. Die Arme müssen ohne Kontakt mit dem Stuhl vor der eigenen Brust verschränkt werden (kein Abstützen erlaubt). Die Probanden werden über einen Gurt am Stuhl fixiert. Begonnen wird an der unteren Begrenzung bei 80° Flexion. Es werden nur die Wiederholungen gezählt, bei denen der Proband die obere und untere Markierung mit dem Rollschuh berührt und die Fahrbahn nicht seitlich verlässt. Rutscht der Proband mit seinem Rollschuh aus der Fahrbahn oder muss er aufgrund von Ermüdung pausieren, so läuft die Zeit trotzdem weiter. Zunächst wird das rechte Bein getestet, danach das linke. Pro Seite werden 3-5 Probewiederholungen absolviert, danach je ein Durchgang über 60 Sekunden.

Abbruchkriterien: Zu starke Schmerzen oder vorzeitige Ermüdung.

Messgröße: Anzahl der korrekt ausgeführten Bewegungswiederholungen in 60 sec. (1 Wiederholung = Extension von 80° auf 20° (gegen die Schwerkraft = bergauf) und Flexion von 20° auf 80° (mit der Schwerkraft = bergab)).

Utensilien: Stoppuhr und lautes Mitzählen.

2.3 Erfassung und Analyse der Daten

2.3.1 Aufzeichnung ins Messprotokoll während der Untersuchungen

Die zu Beginn und während der Untersuchungen vom Versuchsleiter gewonnenen Daten wurden in ein standardisiertes Untersuchungsprotokoll (siehe Anhang) eingetragen. Für die Untersuchungen der Normgruppenprobanden wurde das Untersuchungsprotokoll um die Berufs- und Sportanamnese erweitert.

2.3.2 Dateneingabe in den PC

Anschließend wurden sämtliche erhobene Daten in verschiedene Datenbanken unter Verwendung des Softwareprogramms Excel 2000 der Firma Microsoft, Inc. auf einem Notebook der Firma Gericom mit Intel-Pentium-4-Prozessor und 2,53 MHz eingegeben und gespeichert.

2.3.3 Auswertung und Statistik

Die statistische und schriftliche Ausarbeitung der hier vorliegenden Studie erfolgte auf oben genanntem Notebook unter Verwendung der Softwareprogramme Word 2000 und Excel 2000 der Firma Microsoft, Inc.. Bei der Auswertung wurden in der Patientengruppe nur die Probanden berücksichtigt, die sowohl an der prä- wie auch postoperativen Untersuchung teilgenommen hatten. Die gewonnenen Daten wurden mittels der beschreibenden oder deskriptiven Statistik aufgearbeitet und ausgewertet. Alle Ergebnisse werden durch das arithmetische Mittel mit zugehöriger Standardabweichung angegeben. Das arithmetische Mittel ist der gebräuchlichste Wert, sein Nachteil besteht darin, dass er aber von Ausreißern stark beeinflusst wird (75). Insbesondere bei der Darstellung der Ergebnisse des SF-36 Fragebogens und des Bristol-Scores wird jeweils noch der Median angegeben, welcher gegen

Ausreißer in der Regel unempfindlicher ist (75). Außerdem findet der Leser jeweils noch Angaben über die Standardabweichungen, Minima und Maxima vor, um eine Vorstellung über die Spannweite der Daten zu erhalten. Die Daten werden tabellarisch und grafisch mittels Balken-, Kreis- oder Netzdiagrammen dargestellt.

2.3.3.1 Statistische Auswertung der anamnestischen Daten

Beim Aktenstudium, der Befragung bzgl. Vor- / Grunderkrankungen und dem allgemeinen Fragebogen waren aus statistischer Sicht keine besonderen Vorgehensweisen notwendig.

SF-36 Fragebogen

Der SF-36-Fragebogen wurde mittels der dem Fragebogen beiliegenden Anleitung (33) ausgewertet. Dieses Vorgehen erfolgte, weil – wie bei allen standardisierten Tests – erst die Standardisierung des Inhalts und der Auswertung eine sinnvolle Interpretation des SF-36 möglich macht (33). Auch nur geringfügige Veränderungen der Auswertungsalgorithmen würden die Reliabilität und Validität negativ beeinflussen und Vergleiche mit Normdaten und Ergebnissen anderer Studien unmöglich machen. Die Items und Skalen des SF-36 werden dabei so berechnet, dass ein höherer Wert einem besseren Gesundheitszustand entspricht. Höhere Skalenwerte reflektieren demnach einen besseren Zustand in der jeweiligen gesundheitlichen Dimension.

Zunächst erfolgte eine einfache Dateneingabe in eine Excel-Datenbank, d.h. die Antworten auf die Items des SF-36 wurden genauso eingegeben, wie sie bereits im Fragebogen vorkodiert sind. Die Problemlösung, Werte außerhalb des Wertebereichs – etwa durch fehlerhafte Dateneingabe verursacht – in fehlende Daten umzuwandeln, musste in der Auswertung der Daten dieser Studie nicht angewandt werden, da dem Autor sämtliche Fragebögen im Original vorlagen. Die Problematik der fehlerhaften Markierung von Items (z.B. Markierung von zwei Antwortmöglichkeiten) wurde dadurch umgangen, dass sämtliche SF-36 Fragebögen in Anwesenheit der Probanden vom Versuchsleiter kontrolliert wurden und somit vollständig und korrekt ausgefüllt vorlagen. Nach der Dateneingabe stand die eigentliche Auswertung der Items und Skalen

in drei Schritten an: Zunächst erfolgte die Umkodierung und Rekalibrierung von 10 Items, dann die Berechnung der Skalenrohwerter durch Addition der zur jeweiligen Skala gehörigen Items und zuletzt die Transformation der Rohwerter in eine 0-100 Skala. Diese Vorgänge wurden ebenfalls unter Verwendung des Programms Microsoft Excel 2000 durch Erstellen von Formeln auf Basis der Vorlage von Bullinger / Kirchberger (33) durchgeführt.

Ebenso wie beim Scoring der SF-36 Subskalen ist auch die standardisierte Auswertung der körperlichen und psychischen Summenskala von entscheidender Wichtigkeit, um abermals nicht die Reliabilität und Validität der Ergebnisse und damit die Vergleichbarkeit mit anderen Studien zu gefährden. Auch hier wurde streng nach der Anleitung von Bullinger / Kirchberger (33) gearbeitet, d.h. für die Berechnung der Summenskalen wurden Mittelwerte, Standardabweichungen und Regressionskoeffizienten von acht der neun SF-36 Subskalen (die Skala „Veränderung der Gesundheit“ findet in den Summenskalen keine Berücksichtigung) aus der amerikanischen Normpopulation verwendet. Ebenso wie bei den Subskalen reflektieren auch bei den beiden Summenskalen höhere Werte einen besseren körperlichen bzw. psychischen Gesundheitszustand. Die Berechnung der Summenskalen erfolgte in folgenden Schritten: Zunächst wurden für die acht in die Summenskalen eingehenden Subskalen auf Grundlage der Mittelwerte und Standardabweichungen der amerikanischen Normstichprobe z-Werte berechnet. Danach erfolgte die Berechnung von Summenskalen-Rohwerten durch Multiplikation jedes z-Wertes mit dem entsprechenden körperlichen und psychischen Regressionskoeffizienten aus der amerikanischen Normstichprobe, die ebenfalls der Anleitung von Bullinger / Kirchberger (33) entnommen werden können. Dabei sind die z-Werte der Subskalen „KÖFU“, „KÖRO“, „SCHM“ und „AGES“ vor allem für die körperliche Summenskala, die der Subskalen „VITA“, „SOFU“, „EMRO“ und „PSYC“ insbesondere für die psychische Summenskala prägend. Zuletzt wurden die Summenskalen so transformiert, dass sie einen Mittelwert von 50 und eine Standardabweichung von 10 haben.

Am Ende der SF-36 Auswertung stand die Durchführung von Fehlerkontrollen. Die Berechnung von Korrelationen zwischen den acht SF-36 Subskalen und

den zwei gebildeten Summenskalen (33) wurde ebenfalls durchgeführt, so dass Auswertefehler ausgeschlossen werden können.

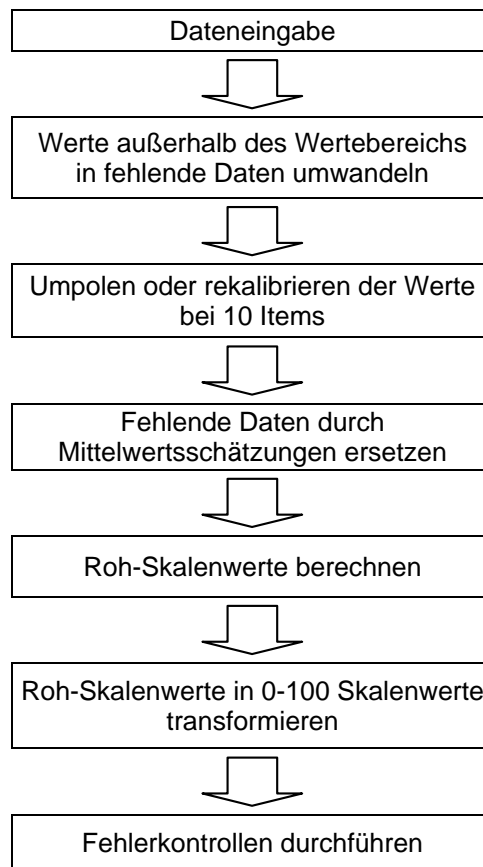


Abb. 19: Auswertung SF-36 Fragebogen

Im Ergebnisteil werden die Daten des SF-36 Fragebogens grafisch mittels Netzdiagrammen dargestellt. Dabei werden jeweils Vergleiche mit der deutschen Normstichprobe vorgenommen, um die eventuell vorliegende Defizite bei der Patientengruppe prä- wie postoperativ herausarbeiten zu können. In der Anleitung für den SF-36 Fragebogen sind bei der deutschen Normstichprobe zusätzlich zu den Medianwerten arithmetische Mittelwerte und zugehörige Standardabweichungen angegeben, und dies obwohl die Skalenwerte eigentlich ordinalverteilt sind. Die Antwortkategorien des SF-36 wurden allerdings mittels einem speziellen Verfahren, dem Thurstone-Verfahren, geprüft (33). Dabei zeigte sich, dass die Abstände zwischen den Antwortkategorien auf das Vorliegen einer Intervallskala hinweisen. Deshalb ist es zulässig, im

Ergebnisteil sowohl Vergleiche auf Basis des Medianwertes als auch mittels der arithmetischen Mittelwerte anzustellen.

2.3.3.2 Statistische Auswertung Bristol-Score

Betrachtet man den Aufbau des Bristol-Scores aus statistischer Sicht, so ist von entscheidender Bedeutung, dass nur die Merkmalsausprägungen des Items „Bewegungsausmaß“ das Skalenniveau einer Intervallskala aufweisen. Alle anderen Items erreichen dagegen lediglich das Niveau einer Ordinalskala. Laut Hahn (71) können somit Veränderungen zwischen zwei Untersuchungszeitpunkten nicht als relative Änderungen aufgeführt werden, und es verbietet sich, individuelle Unterschiede in Form von Differenzbeträgen zu Mittelwerten zusammenzufassen. Hahn gibt in seiner Untersuchung deshalb nur die Mittelwerte und Standardabweichungen an. Harms geht in seiner Abhandlung über Quantitative Merkmale und Skalenniveaus (75) sogar soweit, dass er mindestens das Vorhandensein einer Intervallskala als Voraussetzung für die Berechnung von arithmetischem Mittelwert und Standardabweichung ansieht. Er empfiehlt die Angabe von Medianwerten.

Aufgrund dieser Vorbemerkungen werden in der hier vorliegenden Studie bei der Auswertung der mit dem Bristol-Score ermittelten Daten sowohl arithmetische Mittelwerte und Standardabweichungen als auch Medianwerte, Minima und Maxima angegeben. Auf Mittelwerte individueller Differenzen zwischen prä- und postoperativer Messung wurde verzichtet. Um aber die individuellen Verläufe und Veränderungen zwischen den verschiedenen Untersuchungszeitpunkten trotzdem darstellen zu können, wurden für jede Kategorie und den Gesamt-Score spezielle Verlaufsdiagramme gezeichnet.

2.3.3.3 Statistische Auswertung der praktisch durchgeführten Testverfahren

Die Darstellung der Messwerte erfolgt im Ergebnisteil nach folgendem Schema: Zunächst wird nochmals kurz auf die zentrale Messgröße bzw. die Messgrößen eingegangen und deren Bedeutung erläutert.

Danach erfolgt – unterstützt durch Tabellen und Grafiken – die Beschreibung der gewonnenen Ergebnisse vorwiegend auf Basis der arithmetischen Mittel-

werte. Besonders erwähnt werden muss das gewählte Vorgehen bei der Auswertung der Ergebnisse der Kraftmessplatte „Forceplate“ und der Kraftmessungen per „DigiMax“-Kraftaufnehmer. Es wurden hier pro zu absolvierender Übung drei Durchgänge durchgeführt. Da beide Versuchsaufbauten ein wenig Eingewöhnungszeit bedurften, entschlossen wir uns, unsere Auswertungen in erster Linie auf den jeweils besten Versuch zu stützen (= Auswertungsmethode „best of 3“). Somit wurde sichergestellt, dass negative Ausreißer nicht in die Statistik einfließen. Die Daten, die sich unter Wertung aller drei Durchgänge ergeben hatten, sind aber an entsprechender Stelle ebenfalls tabellarisch aufgeführt. Bei den Wegsignalen auf der „Forceplate“ erfolgte zudem noch eine weitere Einschränkung. Hier wurde ein Patient bei den Auswertungen nach „best of 3“ nur dann in die Wertung genommen, wenn er sowohl prä- als auch postoperativ zumindest einen gültigen Versuch über 10 Sekunden geschafft hatte. Grundlage dafür ist folgende Überlegung: Schafft ein Proband bei den ersten Messungen zunächst keinen Versuch, postoperativ dann aber einen, so besteht das Problem, dass dieser neue Versuch nicht im Verhältnis mit einem vorigen betrachtet werden kann. Es kann also in einem solchen Fall keine Auskunft darüber gegeben werden, ob dieser Versuch von der Schwankungsbreite des COP schlechter, gleich gut oder besser ist als die präoperativen Versuche derselben Person war. Da die Schwankungsbreite des COP allerdings eine interindividuell sehr unterschiedliche Messgröße darstellt (146), erscheinen Vergleiche mit Vorversuchen anderer Personen fragwürdig. Zur Überprüfung der in Kapitel 1.4.3 aufgestellten Hypothesen wurde in der vorliegenden Untersuchung folgendes statistisches Testverfahren angewandt: Um Veränderungen zwischen prä- und postoperativ beurteilen zu können, müssen intraindividuelle Differenzen zwischen prä- und postoperativem Ergebnis gebildet werden. Die Berechnung erfolgt dann über den Mittelwert dieser Differenzen (= „mittlere Differenz“). Teilt man die zur mittleren Differenz zugehörige Standardabweichung durch die Wurzel aus n (= Anzahl der Probanden), so erhält man den Standardfehler der jeweiligen mittleren Differenz. Multipliziert man diesen Standardfehler nun mit 1,96 und addiert diesen Wert zum bzw. subtrahiert diesen Wert vom Mittelwert der Differenzen, so erhält man ein 95%-

Konfidenzintervall der mittleren Differenzen. Nun gilt folgende Faustregel: Enthält ein so berechnetes Intervall nicht die Null, dann ist die Nullhypothese, dass die untersuchte Variable keine Veränderung zwischen prä- und postoperativ zeigt, auf dem 5% Niveau – dem Testniveau – abzulehnen. Die mittlere Differenz ist in einem solchen Fall dann statistisch signifikant auf dem Testniveau von 5%. Das bedeutet umgekehrt, dass die Hypothese, dass die untersuchte Variable eine Veränderung zwischen prä- und postoperativ zeigt, mit 95%-iger Wahrscheinlichkeit angenommen werden kann. Allgemein gilt, dass eine statistische Prüfung auf Unterschiede zwischen den Messtagen mit einem geeigneten Testverfahren nur dann sinnvoll ist, wenn nach genauer Betrachtung und Beschreibung der Daten klinisch relevante Veränderungen nicht eindeutig erkennbar sind. Ein statistischer Test kann dabei bei der Abschätzung helfen, ob es sich um einen zufälligen Unterschied handelt (137).

Im Ergebnisteil an jeweils dritter Stelle steht die Darstellung der Defizite in der Patientengruppe. Hierbei wird das im jeweiligen Testdurchgang bzw. das beim Gesamtergebnis erzielte Resultat der Normgruppe als Referenzwert angesehen (= 0% Defizit). Dies geschieht aufgrund der Annahme, dass es sich dabei um das Ergebnis der geschlechts- und altersentsprechenden Normalpopulation handelt. Darauf Bezug nehmend wird der relative Unterschied zu den Ergebnissen der Patientengruppe errechnet, der als das relative Defizit angesehen werden kann. Dadurch sind auch Vergleiche mit den Ergebnissen der anderen durchgeführten Testverfahren möglich, die im Diskussionsteil besprochen werden. Weil für die Normgruppenprobanden allerdings keine Werte für ein operiertes Bein bzw. kontralaterales Bein angegeben werden können, sondern lediglich für rechts und links, mussten die jeweiligen Referenzwerte aufgrund folgender Überlegungen errechnet werden: In der Patientengruppe wurden 56% der Probanden am rechten Bein und 44% am linken operiert (vgl. Kapitel 3.2.1.2). Somit wurde beim Referenzwert auf Basis der arithmetischen Mittelwerte das Normgruppenergebnis der rechten Seite mit 56% gewertet und das der linken Seite mit 44%. Dieses Vorgehen kann auch damit gerechtfertigt werden, dass die rechte Körperhälfte in der Grundgesamtheit aller Gonarthrose-Patienten etwas häufiger betroffen zu sein scheint (132, 151).

3. Ergebnisse

3.1 Probanden

3.1.1 Patientengruppe

Im Rahmen der Studie wurden insgesamt 29 Patienten untersucht. Bei 25 Patienten, darunter 15 Frauen und 10 Männer, konnten sowohl die präoperativen als auch die postoperativen Untersuchungen vollständig durchgeführt werden.

4 Patienten, allesamt Frauen, erklärten sich jeweils zur zweiten Messung nicht bereit, 1 Patientin aufgrund von Schmerzen im operierten Knie, 1 Patientin aufgrund von Schmerzen im kontralateralen Knie und 1 Patientin aufgrund von Wirbelsäulenbeschwerden. 1 Patientin nahm ohne Angabe einer Begründung nicht an der postoperativen Untersuchung teil.

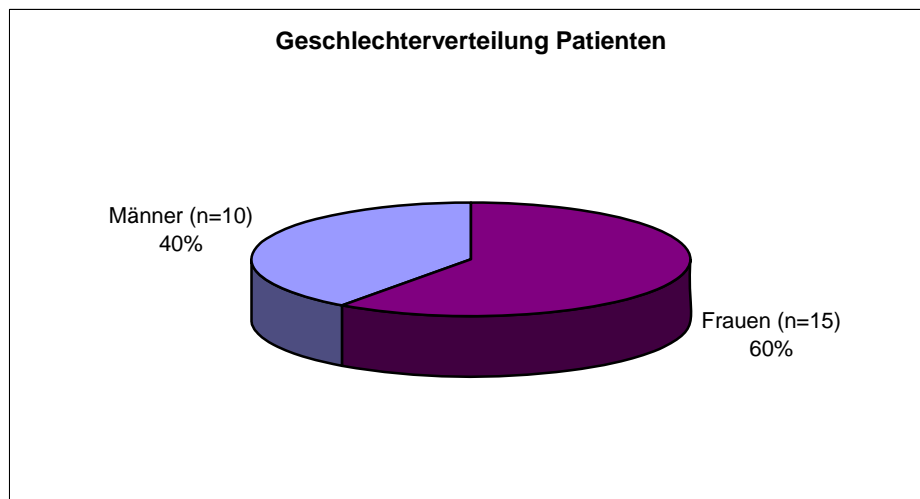


Abb. 20: Geschlechtsverteilung in der Patientengruppe

Die präoperativen Untersuchungen wurden am Tag der stationären Aufnahme – im Durchschnitt 1,5 ($\pm 1,5$) Tage vor dem Eingriff – durchgeführt. Die postoperativen Messungen fanden durchschnittlich 130,8 ($\pm 15,0$) Tage nach der Operation statt. Das entspricht 4,3 ($\pm 0,5$) Monaten. Das kürzeste Zeitintervall

zwischen Operation und postoperativer Untersuchung war 108 Tage lang, also 3,6 Monate, das längste 174 Tage, was 5,7 Monaten entspricht.

Das durchschnittliche Alter der Patienten zum Zeitpunkt der Operation betrug 69,1 ($\pm 7,0$) Jahre, wobei der jüngste Patient 57,4 Jahre, der älteste 83,8 Jahre alt war.

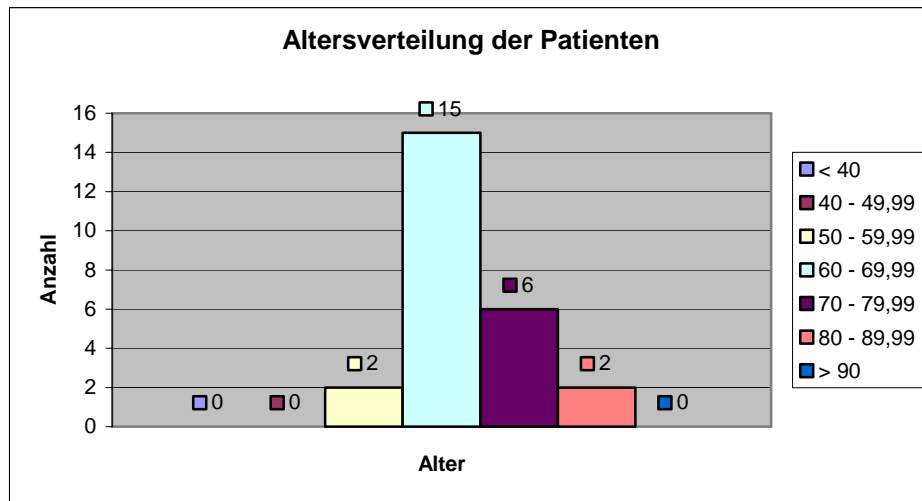


Abb. 21: Altersverteilung in der Patientengruppe

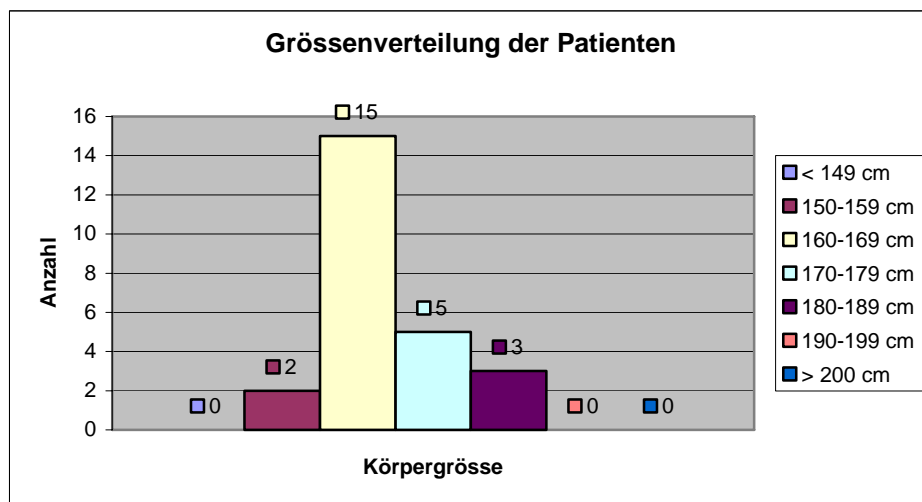
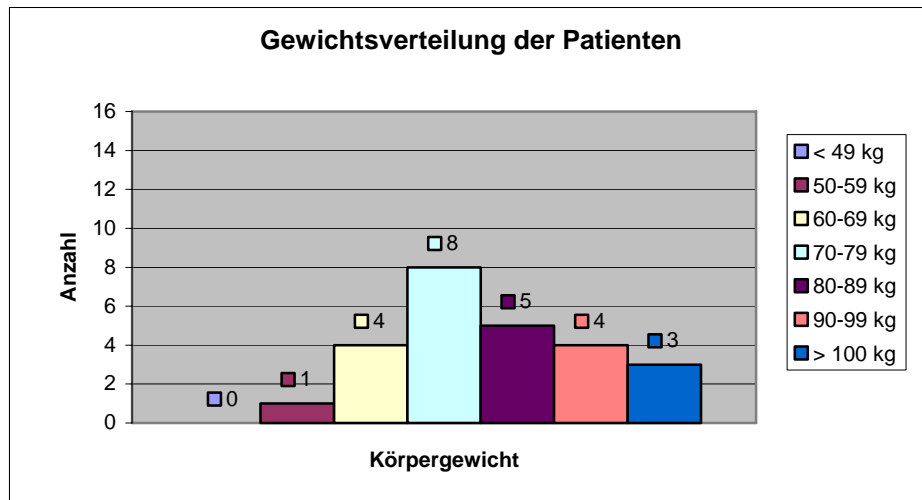


Abb. 22: Verteilung der Körpergröße in der Patientengruppe



.Abb. 23: Verteilung des Körpergewichts in der Patientengruppe

Die durchschnittliche Größe der Patienten lag bei 168,0 ($\pm 7,9$) cm bei einem durchschnittlichen Körpergewicht von 81,6 ($\pm 13,6$) kg. Das entspricht einem durchschnittlichen Body-Maß-Index (BMI) von 28,8 ($\pm 3,4$) kg/m². Der größte Patient war 181 cm groß, die kleinste Patientin 153 cm. Der schwerste Patient wog 113 kg, die leichteste Patientin 58 kg. Der maximale BMI in der Patientengruppe betrug 34,2 kg/m², der minimale 23,7 kg/m².

3.1.2 Normgruppe

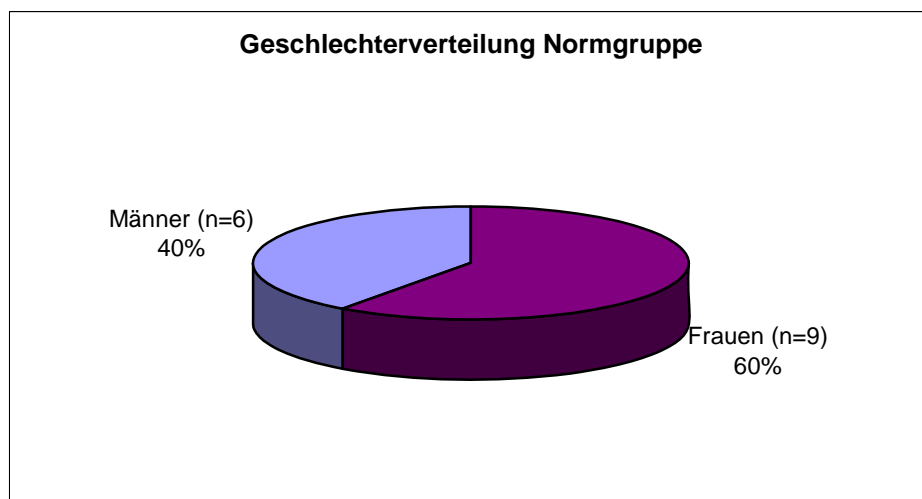


Abb. 24: Geschlechterverteilung in der Normgruppe

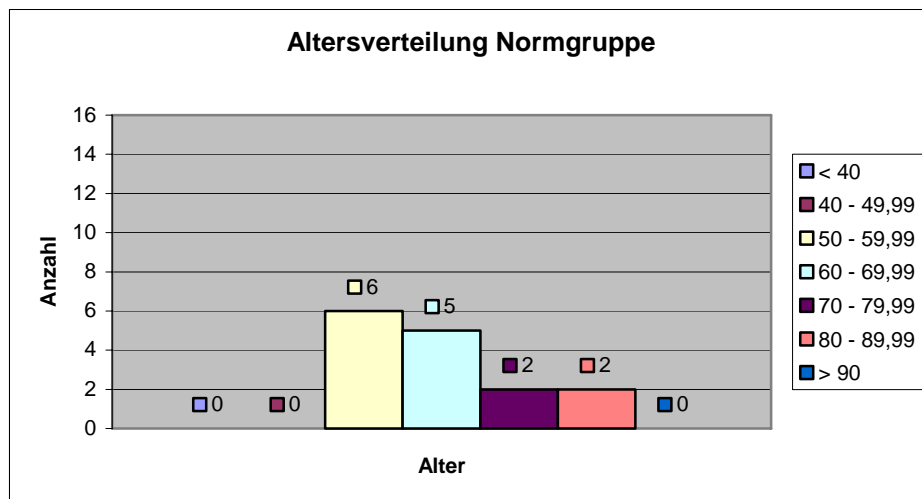


Abb. 25: Altersverteilung in der Normgruppe

Zur Teilnahme an der Normgruppe erklärten sich 9 Frauen und 6 Männer bereit. Somit ergibt sich ein Verhältnis von 60% zu 40%, was exakt der Geschlechtsverteilung der Patientengruppe entspricht. Das durchschnittliche Alter der Normgruppenprobanden lag bei 64,6 ($\pm 10,9$) Jahren, die älteste Teilnehmerin war 86,3 Jahre alt, die jüngste 51,6. Die Mitglieder dieser Gruppe waren also zum Zeitpunkt der Messungen durchschnittlich um 4,6 Jahre jünger als die der Patientengruppe.

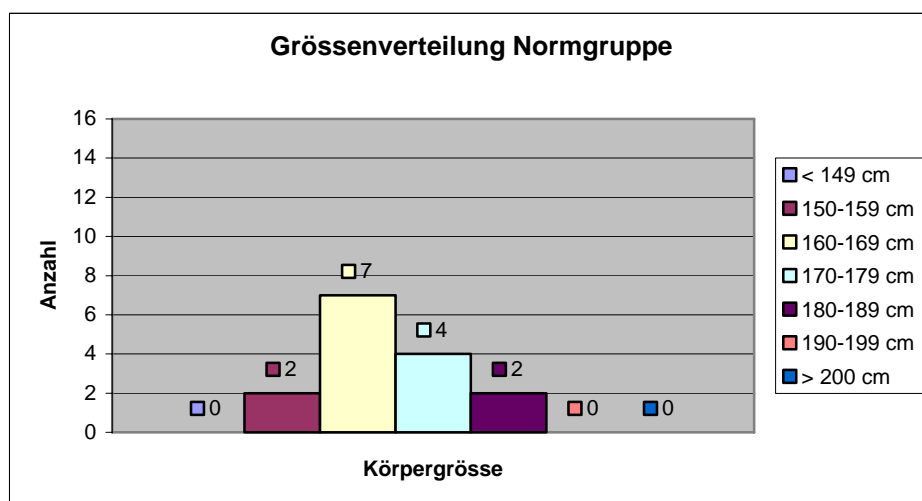


Abb. 26: Verteilung der Körpergröße in der Normgruppe

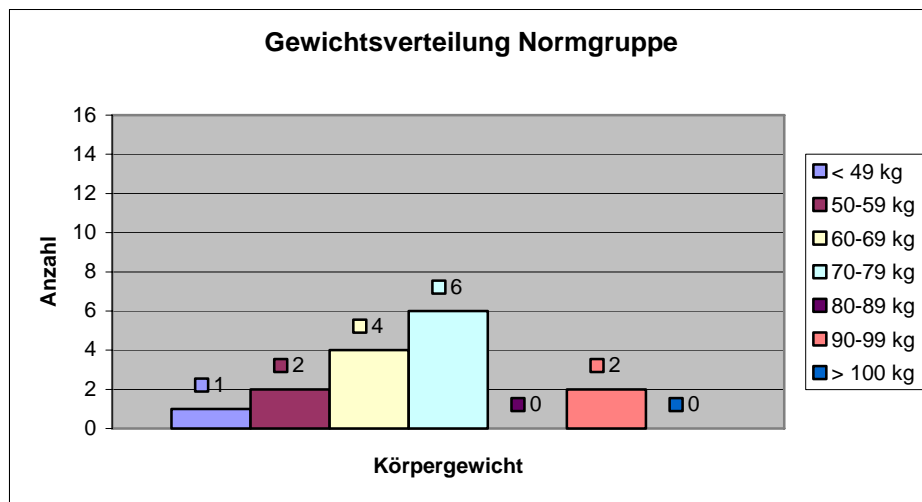


Abb. 27: Verteilung des Körpergewichts in der Normgruppe

Die durchschnittliche Körpergröße der Normgruppe lag mit 168,5 ($\pm 8,3$) cm nur knapp über derjenigen der Patienten (größter Proband 186 cm groß, kleinste 158 cm). Beim Körpergewicht ergaben sich dagegen größere Differenzen zwischen den beiden Gruppen (Mittelwert der Normgruppenteilnehmer 69,7 ($\pm 13,4$) kg; maximal 99 kg Körpergewicht, minimal 49 kg). Dies schlägt sich auch beim Vergleich der Body-Maß-Indices beider Gruppen nieder: 24,4 ($\pm 3,0$) kg/m² bei den Mitgliedern der Normgruppe (Max. 29,9 kg/m², Min. 18,7 kg/m²).

Tab. 2: Zusammenfassung der biometrischen Daten

	Gesamte Patientengruppe	Dropouts	Gewertete Patientengruppe	Normgruppe
Anzahl	29	4	25	15
Frauen	19	4	15	9
Männer	10	0	10	6
Alter [Jahre]	69,9 ($\pm 6,9$)	74,8 ($\pm 3,9$)	69,1 ($\pm 7,0$)	64,6 ($\pm 10,9$)
Größe [cm]	167,1 ($\pm 7,8$)	161,3 ($\pm 4,3$)	168,0 ($\pm 7,9$)	168,5 ($\pm 8,3$)
Gewicht [kg]	81,1 ($\pm 14,1$)	78,0 ($\pm 19,0$)	81,6 ($\pm 13,6$)	69,7 ($\pm 13,4$)
BMI [kg/m²]	29,0 ($\pm 4,1$)	30,1 ($\pm 8,2$)	28,8 ($\pm 3,4$)	24,4 ($\pm 3,0$)
OP rechts	16	2	14	-
OP links	13	2	11	-

3.2 Anamnese

3.2.1 Aktenstudium

3.2.1.1 Einweisungsdiagnose

Bei 14 der 25 komplett untersuchten Patienten lautete die Einweisungsdiagnose laut Krankenakte Varusgonarthrose, was einem Anteil von 56% entspricht. Lediglich 2 Studienteilnehmer (= 8%) wurden unter der Diagnose Valgusgonarthrose aufgenommen. Bei 5 Probanden (= 20%) war der Gelenkverschleiß so vorangeschritten, dass von einer Pangonarthrose gesprochen werden musste. 1 Patientin (= 4%) litt unter rheumatoider Arthritis, bei 3 Probanden (= 12%) lautete die Diagnose idiopathische Gonarthrose.

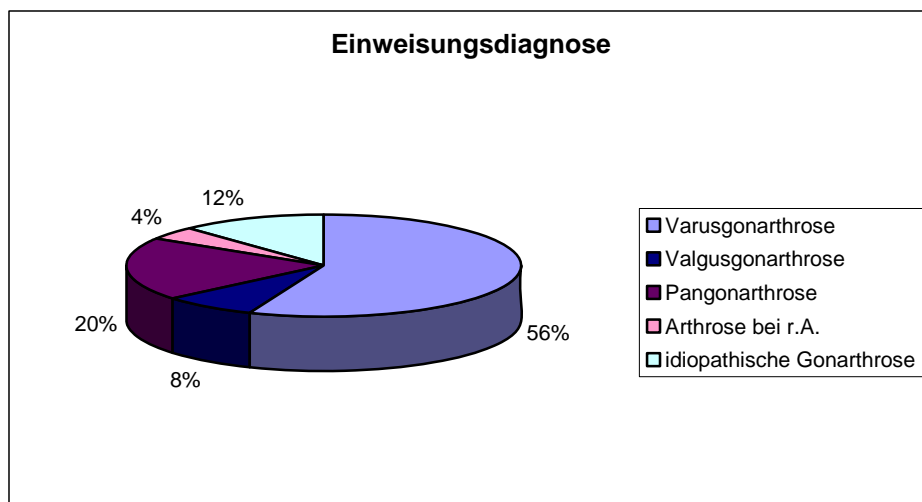


Abb. 28: Einweisungsdiagnosen zur Knie-TEP bei den Patienten

3.2.1.2 Betroffene Seite und Implantat

14 Patienten wurden am rechten Knie operiert (= 56%), 11 am linken (= 44%). Bei 24 der 25 Studienteilnehmer wurde eine NexGen®-Knie totalendoprothese implantiert, lediglich 1 Patient bekam die achsgeführte Blauth-Knie totalendoprothese. Bei 20 Patienten wurde die Knieendoprothese vollzementiert implantiert, 5 der NexGen®-Knie totalendoprothesenträger bekamen laut Operationsbericht lediglich die Tibiakomponente zementiert.

3.2.1.3 Stationärer Aufenthalt

Die Dauer des stationären Aufenthalts im Universitätsklinikum Tübingen betrug im Mittel 11,8 ($\pm 3,3$) Tage. Gleich 7 Patienten waren bereits am 10. postoperativen Tag entlassen worden, dagegen war 1 Patientin 24 Tage im Klinikum.

3.2.2 Befragung bzgl. Vor- / Grunderkrankungen

3.2.2.1 Patientengruppe: Beschwerden im kontralateralen Kniegelenk

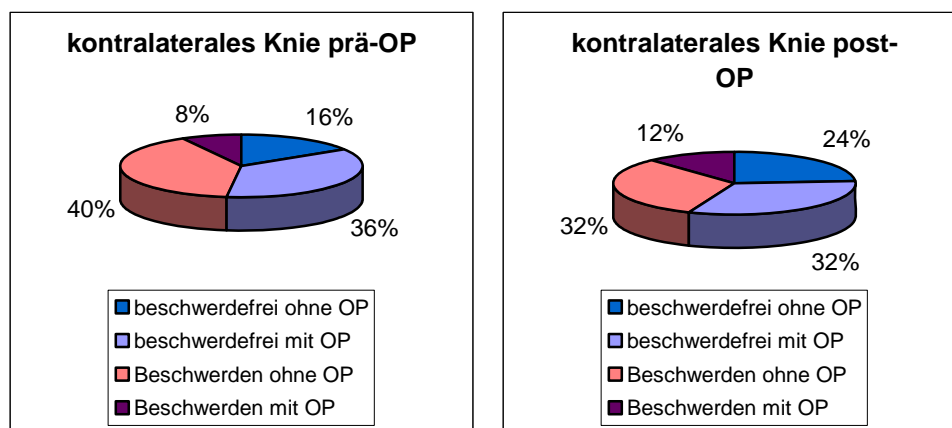


Abb. 29 und 30: Beschwerden im kontralateralen Kniegelenk bei den Patienten

Auf die Frage nach Schmerzen / Beschwerden im Kniegelenk der anderen Körperseite gaben 13 Patienten (= 52%) zum Zeitpunkt der präoperativen Untersuchungen an, in diesem Gelenk keinerlei Beschwerden zu haben. Lediglich 4 dieser 13 Patienten (= 16% aller Probanden) waren an diesem Gelenk in der Vorgeschichte auch niemals operiert worden. Dagegen waren 9 Studienteilnehmer, entsprechend 36%, nur beschwerdefrei mit einer Kniegelenksoperation im kontralateralen Knie in der Krankengeschichte. Dieses Bild veränderte sich zur postoperativen Messung nur wenig. Hier klagten immer noch 11 Probanden (= 44%) über Beschwerden kontralateral und nur 56%, entsprechend 14 Untersuchten, waren jetzt beschwerdefrei. 9 dieser Patienten hatten auch schon präoperativ darunter gelitten, bei 3 Studienteilnehmern

waren die Schmerzen nicht mehr zu beobachten und bei 2 waren sie neu hinzugekommen.

3.2.2.2 Patientengruppe: Beschwerden am sonstigen Bewegungsapparat

Präoperativ konnten nur 6 in diesem Sinne völlig beschwerdefreie Patienten (= 24%) gezählt werden. 19 Teilnehmer der Patientengruppe (= 76%) beklagten hingegen Schmerzen. Postoperativ, ergab sich hier eine Verschlechterung. Nun waren lediglich 4 Patienten (= 16%) beschwerdefrei, während 21 Probanden (= 84%) Schmerzen angaben.

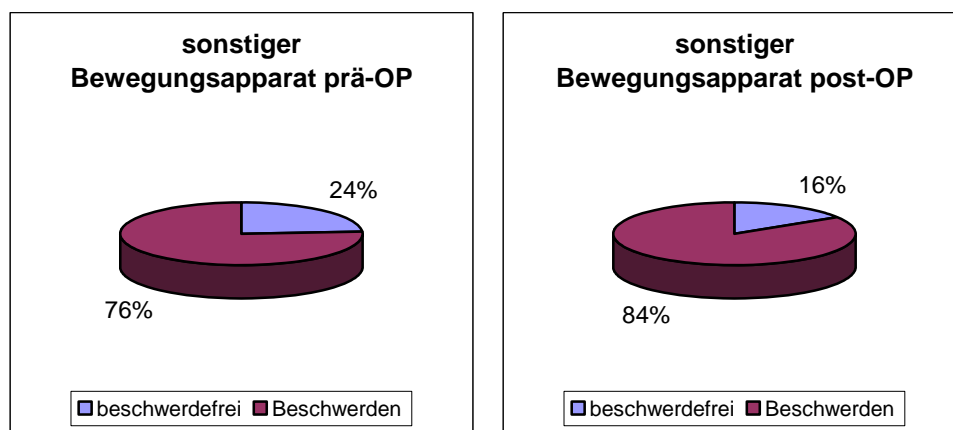


Abb. 31 und 32: Beschwerden am sonstigen Bewegungsapparat bei den Patienten

3.2.2.3 Patientengruppe: Begleiterkrankungen

Bei 7 (= 28%) Patienten lag zum Zeitpunkt der ersten Untersuchung keine Begleiterkrankung vor. Bei den 18 (= 72%) übrigen Probanden der Patientengruppe konnte verschiedenste Grunderkrankungen, vorwiegend aus dem internistischen Fachbereich, evaluiert werden.

3.2.2.4 Normgruppe: Erkrankungen des Bewegungsapparates

In der Vergleichsgruppe war ein großer Anteil von 9 (= 60%) Probanden beschwerdefrei bzgl. des Bewegungsapparates.

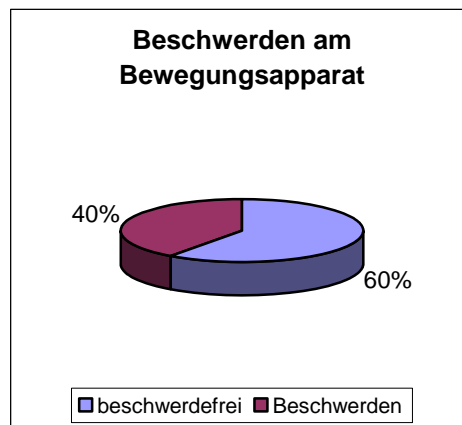


Abb. 33: Beschwerden am Bewegungsapparat bei den Normgruppenprobanden

3.2.2.5 Normgruppe: Begleiterkrankungen

Bei 10 Probanden lag zum Zeitpunkt der Untersuchung keine Begleiterkrankung vor (= 66,7%). Bei den 5 (= 33,3%) übrigen Probanden der Normgruppe konnte dagegen Grunderkrankungen, ebenfalls in erster Linie aus dem internistischen Fachbereich, festgestellt werden.

3.2.3 Allgemeiner Fragebogen

3.2.3.1 Beschwerdedauer im zu operierenden Knie vor OP

10 Patienten (= 40%) berichteten über Schmerzen seit mehr als 10 Jahren. 3 Studienteilnehmer (= 12%) klagten über Schwierigkeiten seit 6-10 Jahren, 12 Probanden (= 48%) gaben an, seit 1-5 Jahren unter Kniegelenksbeschwerden auf der zu operierenden Seite zu leiden. Kein Patient berichtete über eine nur sehr kurze Beschwerdedauer von unter 1 Jahr.

3.2.3.2 Schmerzanamnese bezüglich des zu operierenden bzw. operierten Knies

Befragt nach ihrem allgemeinen Schmerzempfinden zum Zeitpunkt vor der Operation ergab sich ein Mittelwert von 6,8 ($\pm 2,3$). Postoperativ wurde das allgemeine Schmerzempfinden mit durchschnittlich 2,8 ($\pm 1,8$) deutlich geringer angegeben. Auch bezüglich des Ruheschmerzes zeigt sich ein ähnliches Bild. Präoperativ liegt hier der Mittelwert bei 3,9 ($\pm 2,2$), postoperativ bei 2,0 ($\pm 1,4$).

Die Frage nach Schmerzen in der Nacht beantworteten die Patienten vor der Operation durchschnittlich mit dem Skalenwert 4,4 ($\pm 2,5$), postoperativ mit 2,3 ($\pm 1,6$). Das Schmerzempfinden beim Aufstehen aus dem Sitzen wurde präoperativ im Mittel mit einem Wert von 7,8 ($\pm 1,9$) angegeben, nach der Operation nur noch mit 3,5 ($\pm 2,4$). Hinsichtlich der Beschwerden beim Gehen werteten die Patienten präoperativ durchschnittlich mit einem Wert von 8,2 ($\pm 2,1$). Auch in dieser Kategorie wurde der Wert postoperativ mit 2,6 ($\pm 2,0$) deutlich geringer angegeben. Die letzte Frage in dieser Form richtete sich nach den Schmerzen beim Treppensteigen. Diese wurden vor Operation im Mittel mit 8,6 ($\pm 1,7$) bewertet, nach vier Monaten nur noch mit 3,7 ($\pm 2,3$).

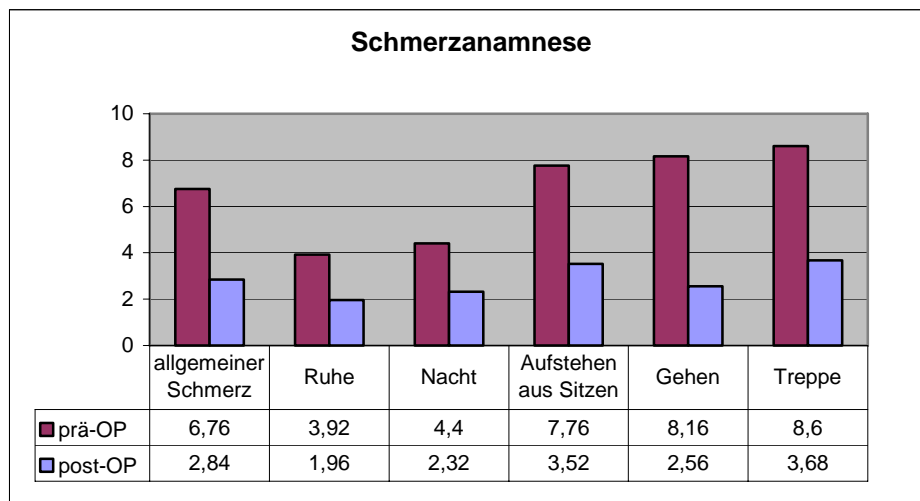


Abb. 34: Prä- und postoperative Schmerzanamnese auf OP-Seite (Skala von 1-10, wobei 1 = sehr geringer Schmerz und 10 = sehr starker Schmerz bedeutete)

3.2.3.3 Anamnese bezüglich der Schmerzmitteleinnahme aufgrund des zu operierenden bzw. operierten Knies

Vor dem Eingriff nahmen 7 Patienten regelmäßig Analgetika ein, 10 Probanden manchmal und 8 nie. Postoperativ war der Analgetikabedarf aufgrund des operierten Knie deutlich geringer. Zu diesem Zeitpunkt nahm deshalb nur noch 1 Patient regelmäßig Schmerzmittel ein, 10 manchmal und 14 nie.

3.2.3.4 Anamnese bezüglich der Schmerzmitteleinnahme aufgrund anderer Beschwerden

Der überwiegende Teil der Patientengruppe, genauer gesagt 19 Patienten, nahm präoperativ keine Medikamente zur Schmerzlinderung anderer Beschwerden ein. Bei der Befragung nach vier Monaten hat sich diese Zahl auf 14 verringert.

3.2.3.5 Notwendigkeit von Arztbesuchen aufgrund der Kniebeschwerden im zu operierenden bzw. operierten Gelenk

Präoperativ gaben 5 Angehörige der Patientengruppe an, „häufig“, d.h. 1-2 mal pro Monat, einen Arzt deshalb aufzusuchen. Ebenfalls 5 gingen „regelmäßig“ (ca. 1 mal pro 2 Monate) und 15 Patienten „manchmal“ (ca. 1 mal pro halbes Jahr) deshalb zum Arzt.

In den vier Monaten nach der Operation hatte nur ein Patient dreimal und häufiger (entsprechend der Kategorie „häufig“) medizinischen Beistand durch einen Arzt in Anspruch nehmen müssen. 4 Probanden waren zweimal, entsprechend der Kategorie „regelmäßig“, beim Arzt gewesen und 8 einmal, was „manchmal“ entspricht. Gar 12 Teilnehmer der Patientengruppe hatten bis zur Nachuntersuchung im Rahmen dieser Studie noch keinen erneuten Arztkontakt gehabt, d.h. in diesen Fällen war die postoperativ routinemäßig erfolgende Nachkontrolle durch den Operateur bzw. die operierende Klinik noch nicht erfolgt.

3.2.3.6 Anamnese bezüglich konservativer Therapiemaßnahmen in Form von Krankengymnastik vor der Operation

2 Patienten gaben präoperativ an, bis an den Operationszeitpunkt heran krankengymnastisch behandelt worden zu sein. 9 Probanden hatten im letzten Jahr vor dem Eingriff Physiotherapie bekommen, 4 Teilnehmer zuletzt im Zeitraum von 1 bis 5 Jahren vor der Operation. In einem Fall wurde über einen physio-therapeutischen Therapieversuch mehr als 10 Jahre zuvor berichtet. 9 Teilnehmer der Patientengruppe aber waren bis zur Operation noch nie zuvor krankengymnastisch an ihrem erkrankten Kniegelenk therapiert worden.

3.2.3.7 Anamnese bezüglich konservativer Therapiemaßnahmen in Form von Anschlussheilbehandlung und Krankengymnastik nach der Operation

23 der 25 Mitglieder der Patientengruppe, entsprechend 92%, erhielten postoperativ sowohl eine Anschlussheilbehandlung als auch später ambulante Physiotherapie. Bei 1 Patientin wurde lediglich das Angebot der Anschlussheilbehandlung wahrgenommen, und 1 Proband führte postoperativ nur ambulante Krankengymnastik durch.

3.2.3.8 Berufsanamnese – Patientengruppe

Hier wurden die Patienten um eine Einschätzung der körperlichen Belastungen, die durch ihren Beruf entstanden waren, gebeten. 3 Probanden (= 12%) waren nach eigenen Angaben schwerer körperlicher Arbeit ausgesetzt, 6 Studienteilnehmer (= 24%) empfanden ihre Tätigkeit als mittlere körperliche Belastung. 12 Mitglieder der Patientengruppe, also 48%, sprachen von lediglich leichter körperlicher Arbeit, und 4 Teilnehmer (= 16%) sahen in ihrem Beruf gar keine körperliche Belastung.

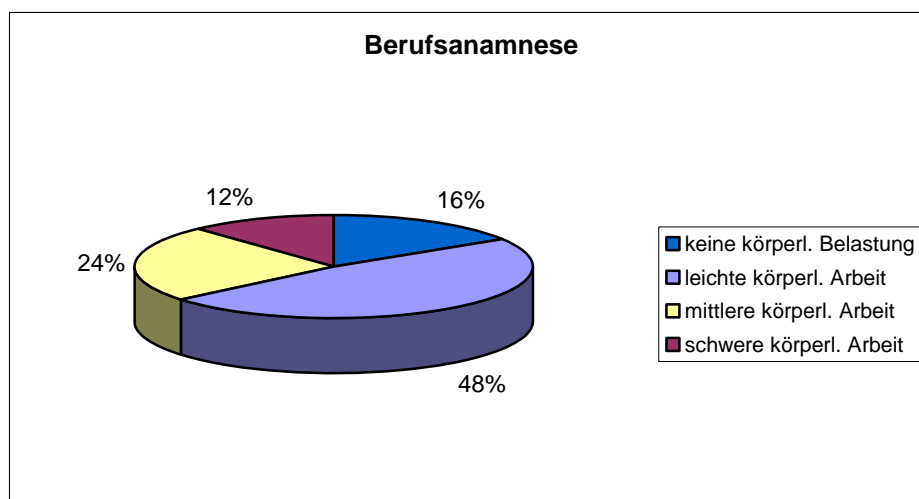


Abb. 35: Anamnese hinsichtlich beruflicher Belastungen bei den Patienten

3.2.3.9 Berufsanamnese - Normgruppe

Von der Normgruppe gab kein Proband an, eine schwere körperliche Arbeit zu verrichten bzw. verrichtet zu haben. 4 Angehörige dieser Gruppe (= 26,7%)

empfanden ihre berufliche Tätigkeit als mittlere körperliche Arbeit. Die Mehrzahl der Normgruppenteilnehmer (8 Probanden = 53,3%) stufen die Belastungen als nur gering, entsprechend leichter körperlicher Arbeit ein. 3 Personen, also nur 20%, hatten gar keine körperlichen Belastungen im Berufsleben gehabt.

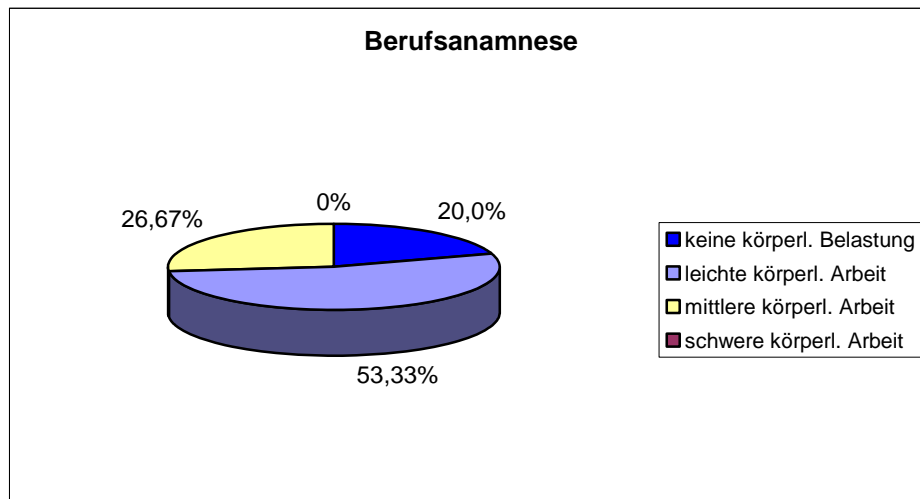


Abb. 36: Anamnese hinsichtlich beruflicher Belastungen bei den Normgruppenprobanden

3.2.3.10 Sportanamnese (1): sportliche Vergangenheit – Patientengruppe

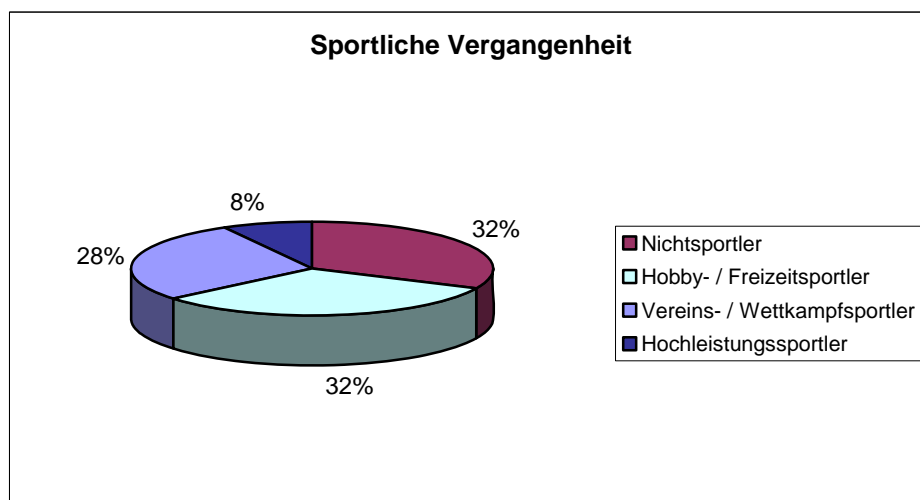


Abb. 37: Anamnese hinsichtlich sportlicher Erfahrung bei den Patienten

Zur Einschätzung der sportlichen Erfahrung im Patientengut, vor allem hinsichtlich der Koordinationsschulung und Kraftverhältnisse, wurde zunächst einmal die sportliche Vergangenheit der Studienteilnehmer betreffend des Kindes-/Jugend- und jungen Erwachsenenalters erfragt. 8 Probanden gaben an, zu keiner Zeit des bisherigen Lebens in irgendeiner Form regelmäßig Sport betrieben zu haben. Dies entspricht einem Anteil von 32% Nichtsportlern. Die restlichen 17 Mitglieder der Patientengruppe (= 68%) verteilten sich als Sportler gemäß Abbildung 37.

3.2.3.11 Sportanamnese (2): aktuelle Aktivitäten – Patientengruppe

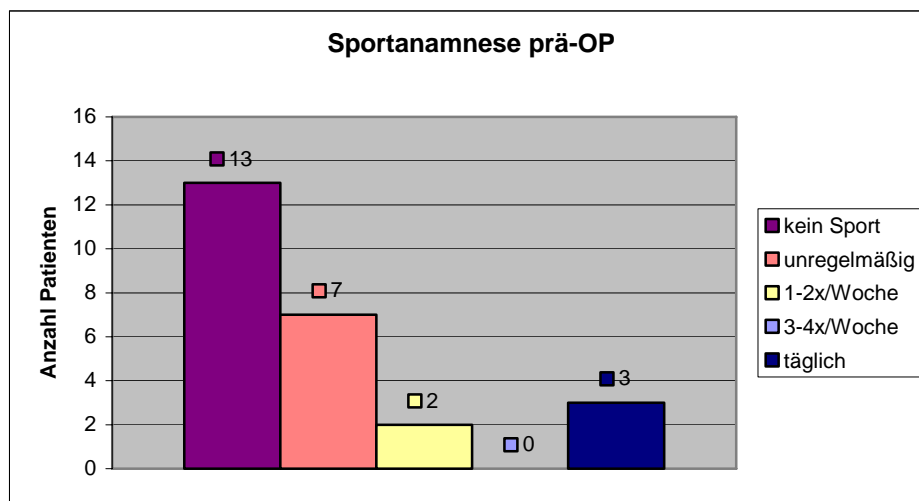


Abb. 38: aktuelle Sportanamnese bei den Patienten vor der Operation

Außerdem ist es zur Beurteilung der körperlichen Leistungsfähigkeit der Patientengruppe zum Zeitpunkt der prä- bzw. postoperativen Messungen von Bedeutung, ob die Studienteilnehmer in jüngster Vergangenheit sportlichen Aktivitäten nachgingen. Präoperativ trieben 13 Probanden keinen Sport, was 52% entspricht. 7 Patienten (= 28%) betätigten sich nur unregelmäßig im Sinne von Sport, 2 ein- bis zweimal wöchentlich (= 8%). Kein Mitglied der Patientengruppe war drei- bis viermal pro Woche sportlich aktiv, aber immerhin 12%, also 3 Probanden, trieben sogar täglich Sport. Postoperativ verringerte sich der Anteil der Nichtsportler auf 32%, entsprechend 8 Studienteilnehmern. 10 Patienten (= 40%) trieben unregelmäßig, 2 (= 8%) ein- bis zweimal wöchentlich, 3 (= 12%) drei- bis viermal pro Woche und 2 (= 8%) täglich Sport.

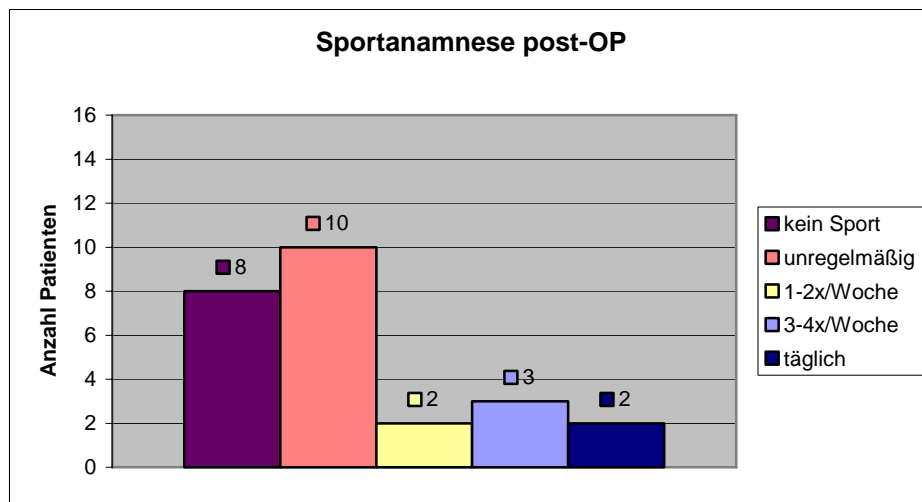


Abb. 39: aktuelle Sportanamnese bei den Patienten nach der Operation

3.2.3.12 Sportanamnese (1): sportliche Vergangenheit – Normgruppe

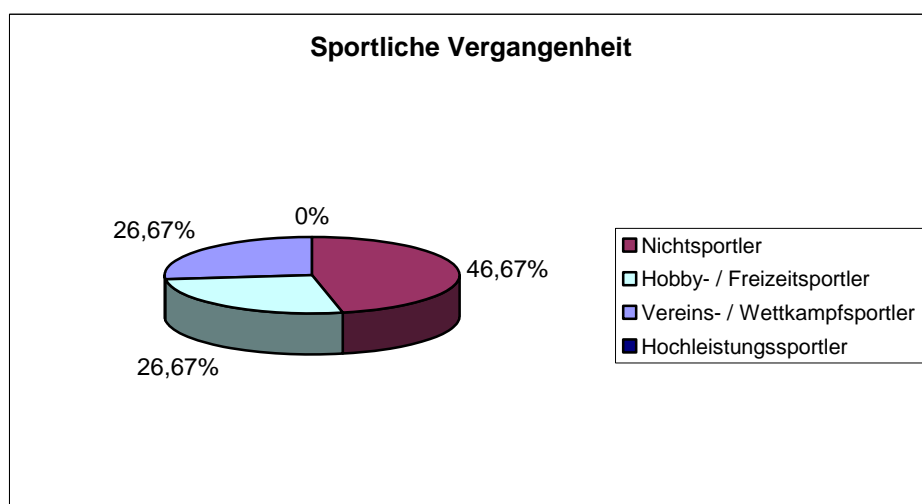


Abb. 40: Anamnese hinsichtlich sportlicher Erfahrung in der Normgruppe

7 Angehörige der Normgruppe, die einen Anteil von 46,7% darstellen, bestätigten, zu keiner Zeit des Lebens in irgendeiner Form regelmäßig sportlich aktiv gewesen zu sein (= Nichtsportler). Die anderen 8 (= 53,3%) Sportler verteilten sich gemäß obiger Abbildung auf die schon bekannten Kategorien.

3.2.3.13 Sportanamnese (2): aktuelle Aktivitäten – Normgruppe

3 Probanden trieben keinen Sport (= 20%). Ebenfalls 3 Mitglieder (= 20%) der Normgruppe waren nur unregelmäßig sportlich aktiv. 4 Studienteilnehmer aus

dieser Gruppe trieben ein- bis zweimal pro Woche Sport (= 26,7%). Keiner machte drei- bis viermal pro Woche Sport, dafür trieben 5 Probanden (= 33,3%) täglich Sport.

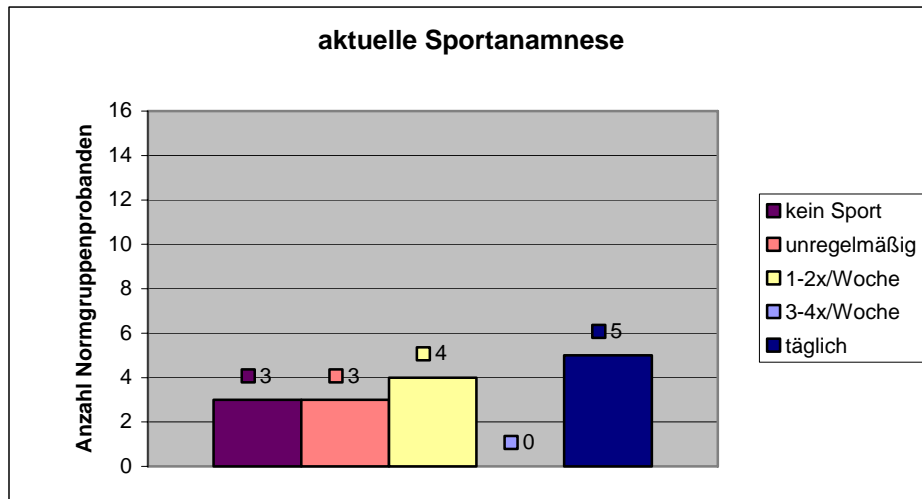


Abb. 41: aktuelle Sportanamnese in der Normgruppe

3.2.3.14 Evaluation des Operationsergebnisses

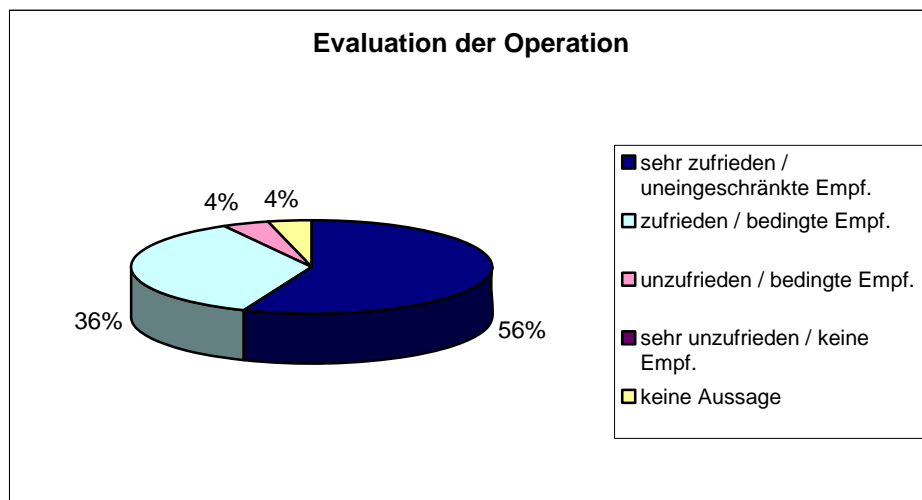


Abb. 42: Evaluation des Operationsergebnisses durch die Patienten nach vier Monaten

14 Patienten zeigten sich postoperativ mit dem Operationsergebnis sehr zufrieden und würden die Operation als Therapieform uneingeschränkt weiterempfehlen. 9 Studienteilnehmer waren nach dem Eingriff zufrieden und würden

eine bedingte Empfehlung aussprechen. 1 Probandin war mit dem Resultat nicht zufrieden, würde aber trotzdem die Operation bedingt weiterempfehlen, und kein Mitglied der Patientengruppe war so sehr unzufrieden, dass ein Ab-raten vom Eingriff erfolgen würde. 1 Proband konnte oder wollte zu dieser Fragestellung keine Aussage machen.

3.2.4 SF-36 Fragebogen

Bei der Darstellung der Ergebnisse des SF-36 werden mehrfach Abkürzungen verwendet, deren Bedeutung unten stehender Tabelle 3 zu entnehmen sind. Gemäß der Auswertung in der Originalanleitung (33) und der anderer Studien (137), finden – wie auch bei der Berechnung der Summenskalen – nur 8 der insgesamt 9 Subskalen des SF-36 in den verwendeten Diagrammen Berücksichtigung. Die Subskala „VDG“ wird am Ende gesondert dargestellt.

Tab. 3: Subskalen des SF36-Fragebogens

Skala	Abkürzung Skala
Körperliche Funktionsfähigkeit	KÖFU
Körperliche Rollenfunktion	KÖRO
Körperliche Schmerzen	SCHM
Allg. Gesundheitswahrnehmung	AGES
Vitalität	VITA
Soziale Funktionsfähigkeit	SOFU
Emotionale Rollenfunktion	EMRO
Psychisches Wohlbefinden	PSYC
Körperliche Summenskala	KÖSUM
Psychische Summenskala	PSYSUM
Veränderung der Gesundheit	VDG

Bereits bei der ersten Betrachtung der Ergebnisse dieser Studie fällt auf, dass die Werte der Patientengruppe im Bereich der den psychischen Bereich abdeckenden Subskalen („SOFU“, „EMRO“ und „PSYC“) deutlich höher sind als die Werte für die körperlichen Subskalen („KÖFU“, „KÖRO“ und „SCHM“). Interessanterweise finden sich zudem eher mittlere Werte in den Subskalen „AGES“ und „VITA“, die eben den Übergang zwischen körperlichem und psychischem Bereich im SF-36 Fragebogen darstellen. Ebenfalls auffällig ist, dass die Unterschiede zwischen den Ergebnissen der deutschen Normstich-

probe und denen der Patientengruppe im Bereich der körperlichen Subskalen größer sind als im Bereich der psychischen Subskalen. Dementsprechend verhält es sich auch mit den Summenskalen. Auch hier findet man für die Patientengruppe höhere Werte im Bereich der psychischen Summenskala („PSYSUM“) als bei der körperlichen Summenskala („KÖSUM“), und außerdem sind die Differenzen zwischen der deutschen Normstichprobe und der Patientengruppe zu beiden Untersuchungszeitpunkten bei „KÖSUM“ deutlich größer als bei „PSYSUM“. Diese generellen Aussagen treffen sowohl für die Vergleiche auf Basis der Medianwerte als auch auf Basis der arithmetischen Mittelwerte zu, was anhand der Netzdiagramme 43 und 44 nachvollzogen werden kann. Die exakten Zahlenwerte sind unten stehender Tabelle 4 zu entnehmen.

Tab. 4: Ergebnisse SF36-Fragebogen (obere Zeile: arithmet. Mittel und Standardabweichung; untere Zeile: Median, Minimum und Maximum)

Subskala SF-36	Patientengruppe prä-OP	Patientengruppe post-OP	deutsche Normstichprobe (Altersgruppe 61 – 70 J.)
KÖFU	28,4 (\pm 17,5) 25 (5; 65)	57,4 (\pm 22,6) 55 (25; 95)	76,0 (\pm 22,6) 80 (0; 100)
KÖRO	20,0 (\pm 36,1) 0 (0; 100)	39,0 (\pm 42,7) 25 (0; 100)	72,5 (\pm 35,2) 100 (0; 100)
SCHM	25,4 (\pm 16,7) 22 (0; 72)	55,6 (\pm 22,6) 51 (22; 100)	71,2 (\pm 27,0) 74 (0; 100)
AGES	55,7 (\pm 18,22) 57 (15; 87)	59,0 (\pm 16,5) 57 (30; 87)	58,7 (\pm 18,1) 60 (0; 100)
VITA	48,8 (\pm 21,3) 50 (10; 85)	59,2 (\pm 16,4) 60 (25; 85)	61,1 (\pm 18,5) 60 (0; 100)
SOFU	69,0 (\pm 27,3) 62,5 (25; 100)	88,0 (\pm 18,9) 100 (25; 100)	87,1 (\pm 18,4) 100 (0; 100)
EMRO	68,0 (\pm 42,5) 100 (0; 100)	73,3 (\pm 41,9) 100 (0; 100)	88,9 (\pm 25,8) 100 (0; 100)
PSYC	72,0 (\pm 18,1) 76 (32; 96)	75,2 (\pm 19,2) 80 (36; 100)	75,7 (\pm 16,6) 76 (4; 100)
KÖSUM	25,4 (\pm 7,4) 23,4 (13,1; 46,0)	36,7 (\pm 9,0) 34,2 (22,4; 55,6)	44,8 (\pm 10,3) 47,5 (7,6; 60,5)
PSYSUM	54,4 (\pm 11,4) 56,1 (28,6; 71,3)	54,6 (\pm 9,3) 56,8 (30,3; 67,9)	53,2 (\pm 7,9) 54,6 (13,1; 73,3)

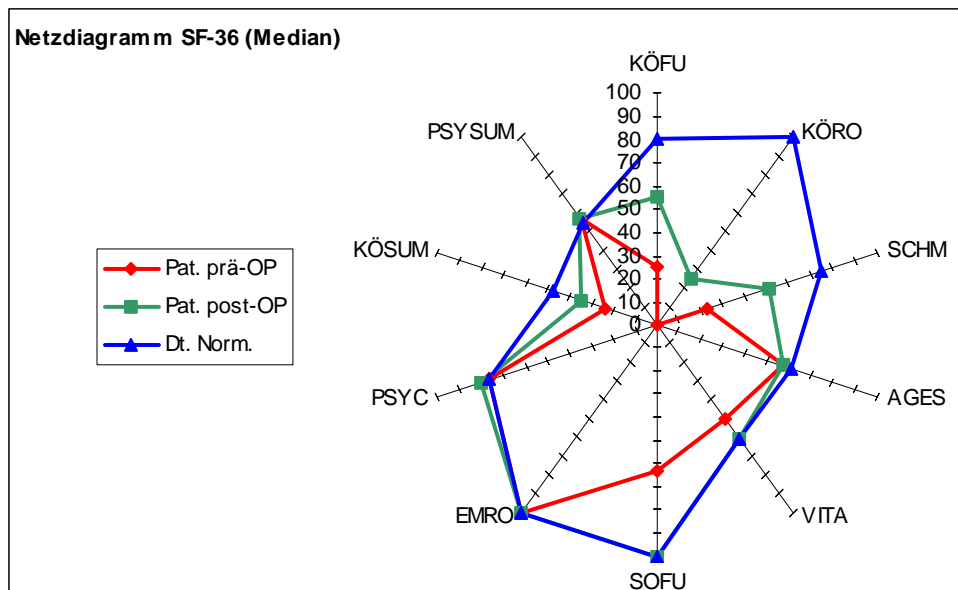


Abb. 43: Netzdiagramm SF36-Fragebogen anhand der Medianwerte

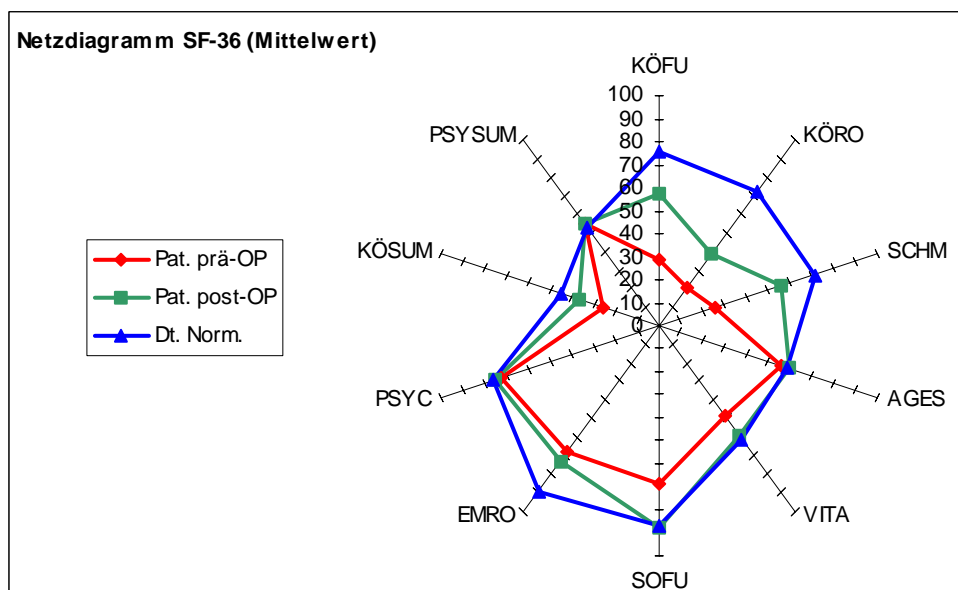


Abb. 44: Netzdiagramm SF36-Fragebogen anhand der Mittelwerte

Besonders interessant sind natürlich die Vergleiche zwischen den Ergebnissen der deutschen Normstichprobe und denen der Patientengruppe. Daran kann der Effekt der Therapie in den einzelnen Subskalen und den Summenskalen ersehen werden. In der Kategorie „KÖFU“ ergab sich präoperativ ein Defizit von 55 (Median) bzw. von 47,6 Punkten (arithmet. Mittel). Vier Monate später sind davon nur noch 25 bzw. 18,6 Punkte Differenz übrig geblieben, d.h. Ver-

besserungen von 30 bzw. 29,0 Punkten konnten durch die Therapie, bestehend aus Operation und Rehabilitation, in der Patientengruppe erzielt werden. In der Subskala „KÖRO“ wies die Patientengruppe präoperativ sogar ein Defizit von 100 bzw. 52,5 Punkten auf. Postoperativ waren davon noch 75 bzw. 33,5 Punkte verblieben, was wiederum ausdrückt, dass auch in diesem Bereich deutliche Steigerungen von 25 bzw. 19,0 Punkten erreicht wurden. Die zum Bereich „SCHM“ gehörenden Items ergeben ein ganz ähnliches Bild: Auch hier bestanden präoperativ mit 52 bzw. 45,8 Punkten erwartungsgemäß sehr große Differenzen zwischen der deutschen Norm und den Patienten, die sich aber im Verlauf der vier Monate auf 23 bzw. 15,6 Punkte reduzierten. Die Verbesserungen fielen also mit 29 bzw. 30,2 Punkten ebenfalls sehr deutlich aus. Die im SF-36 Fragebogen den Übergang zwischen körperlichem und psychischem Bereich darstellenden Subskalen „AGES“ und „VITA“ zeigen ebenso wie die drei eindeutig dem psychischen Bereich zuzuordnenden Kategorien „SOFU“, „EMRO“ und „PSYC“ jedoch andere Ergebnisse. In der Subskala „AGES“ betrug das Defizit der Patientengruppe vor dem Eingriff lediglich jeweils 3,0 Punkte. Betrachtet man allein den Median, so blieb dieses Defizit im Verlauf der vier Monate zwischen den Untersuchungen unverändert bestehen. Durch einen Blick auf das arithmetische Mittel wird jedoch klar, dass sich während des Untersuchungszeitraums eine geringe Steigerung von 3,3 Punkten ergeben hatte und das Ergebnis der Patientengruppe in dieser Kategorie postoperativ sogar um 0,3 Punkte über dem der deutschen Normstichprobe lag. In der Subskala „VITA“ war präoperativ ein Defizit von 10 bzw. 12,3 Punkten zu beobachten gewesen. Vier Monate später sah man in dieser Kategorie mit 0 bzw. lediglich 1,9 Punkten Unterschied davon fast nichts mehr. Es hatten sich also Steigerungen von 10 bzw. 10,4 Punkten eingestellt. Auch in der Subskala „SOFU“ bestanden vor der Operation mit 37,5 bzw. 18,1 Punktwerten relativ große Unterschiede zwischen der deutschen Norm und den Patienten, die allerdings vier Monate später komplett verschwunden waren. Hier konnten nämlich nach Verbesserungen von 37,5 bzw. 19,0 Punkten keine Defizite mehr festgestellt werden. Die Patienten lagen vielmehr beim Median genau gleichauf und hinsichtlich des arithmetischen Mittels sogar um 0,9

Punkte über dem Ergebnis der Normstichprobe. Die Subskala „EMRO“ zeigt Unterschiede zwischen den Berechnungen auf Grundlage des Medians und denen aufgrund des arithmetischen Mittelwertes: Nimmt man den Median, so ergaben sich weder prä- noch postoperativ Unterschiede zwischen den Gruppen und demnach auch keinerlei Veränderungen. Beim Betrachten der Mittelwerte fiel jedoch ein präoperatives Defizit von 20,9 Punktwerten auf, das im Verlauf der Studie um 5,3 Punkte auf 15,6 Punkte abnahm. In der letzten Kategorie „PSYC“ war vor dem Eingriff ein Defizit von 0 bzw. 3,7 Punkten zu verzeichnen gewesen, postoperativ waren die Patienten beim Median sogar um 4 Punkte besser, hinsichtlich des arithmetischen Mittels dagegen noch um 0,5 Punkte schlechter. Es hatten sich also geringe Steigerungen von 4 bzw. 3,2 Punktwerten ergeben.

Abschließend kann man also feststellen, dass in den eindeutig dem körperlichem Bereich zuzuordnenden Subskalen „KÖFU“, „KÖRO“ und „SCHM“ sowie in der Subskala „SOFU“ präoperativ sehr große Defizite bei der Patientengruppe festgestellt werden konnten. Die Verbesserungen nach vier Monaten fielen aber auch in genau diesen Kategorien mit Abstand am deutlichsten aus. Bei den körperlichen Subskalen „KÖFU“, „KÖRO“ und „SCHM“ verblieben allerdings immer noch deutliche Restdefizite. In der Kategorie „SOFU“ war davon dagegen nichts mehr zu sehen. Die übrigen Kategorien „AGES“, „VITA“, „EMRO“ und „PSYC“ hatten vor dem Eingriff demgegenüber nur geringe Defizite bei der Patientengruppe aufdecken können. Vier Monate später konnte in diesen Subskalen (mit Ausnahme den Medianwertberechnungen bei „EMRO“) ebenfalls kein nennenswerter Unterschied mehr zwischen der deutschen Normstichprobe und der Patientengruppe festgestellt werden.

Diese Tendenzen drücken sich auch bei den Vergleichen der Summenskalen aus. Präoperativ fanden sich betreffend der körperlichen Summenskala „KÖSUM“ deutliche Defizite bei der Patientengruppe von 24,1 (Median) bzw. 19,4 (arithmet. Mittel) Punktwerten. Nach Steigerungen von 10,8 bzw. 11,3 Punkten verblieben allerdings noch Restdefizite von 13,3 bzw. 8,1 Punktwerten. Bei der psychischen Summenskala „PSYSUM“ war dagegen deutlich weniger

Bewegung zu verzeichnen. Hier lagen die Patienten nach nur geringfügigen Steigerungen von 0,7 bzw. 0,2 Punkten sowohl prä- wie postoperativ leicht über dem Niveau der Normstichprobe.

Zum Abschluss der Bemerkungen über den SF-36 Fragebogen möchte der Autor noch auf die lediglich aus einem Item bestehende Subskala „Veränderung der Gesundheit“ = „VDG“ eingehen, die nicht in die Berechnungen der Summenskalen einfließt, und zu der es keine Vergleichswerte in der Anleitung von Bullinger / Kirchberger (33) gibt. Der Autor hat sich aber trotzdem entschlossen, die Ergebnisse dieses Items hier aufzuführen. Nach einer zu den anderen Subskalen analog durchgeführten Berechnung und Transformation ergab sich präoperativ ein Medianwert von 25 Punkten bei einem arithmetischen Mittelwert von 31,0 ($\pm 18,1$) Punkten. Das Minimum betrug 0 Punktwerte und das Maximum 75. Vier Monate später steigerten sich die Patienten hinsichtlich der Einschätzung der Entwicklung ihrer Gesundheit deutlich auf einen Medianwert von 75 bei einem Mittelwert von ebenfalls 75,0 ($\pm 27,0$) Punkten. Das Minimum lag zu diesem Zeitpunkt nur noch bei 25, das Maximum nun bei 100 Punktwerten.

3.3 Bristol Score

3.2.1 Kategorie „FUNCTION“

Zum Zeitpunkt der präoperativen Untersuchungen ergab sich in dieser Kategorie ein Mittelwert von 13,3 ($\pm 3,2$), d.h. die 25 Patienten lagen durchschnittlich zwischen dem Bereich „fair“ und „good“ bezüglich der anamnestisch erhobenen Funktionalität des Kniegelenks. Der Median entsprach dem Wert 14. Vier Monate nach der Operation verspürten die Patienten hinsichtlich den Anforderungen dieser Kategorie eine Besserung, was durch den höheren Mittelwert von 16,3 mit einer Standardabweichung von $\pm 3,0$ zum Ausdruck kam. Die Patienten steigerten sich also in dieser Kategorie durchschnittlich auf die Obergrenze des Bereichs „good“. Der Median lag nun bei 17.

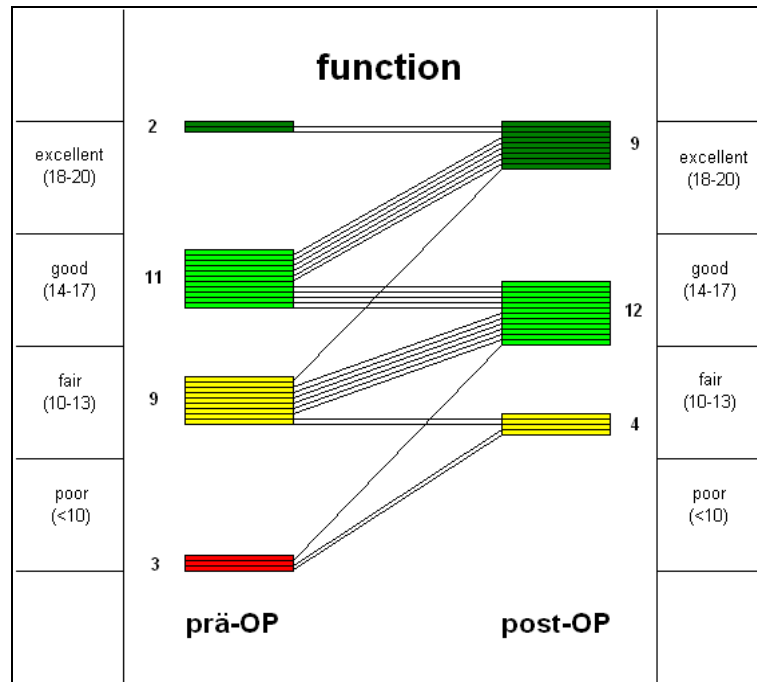


Abb. 45: Verlaufsdigramm Kategorie „FUNCTION“

3.2.2 Kategorie „PAIN“

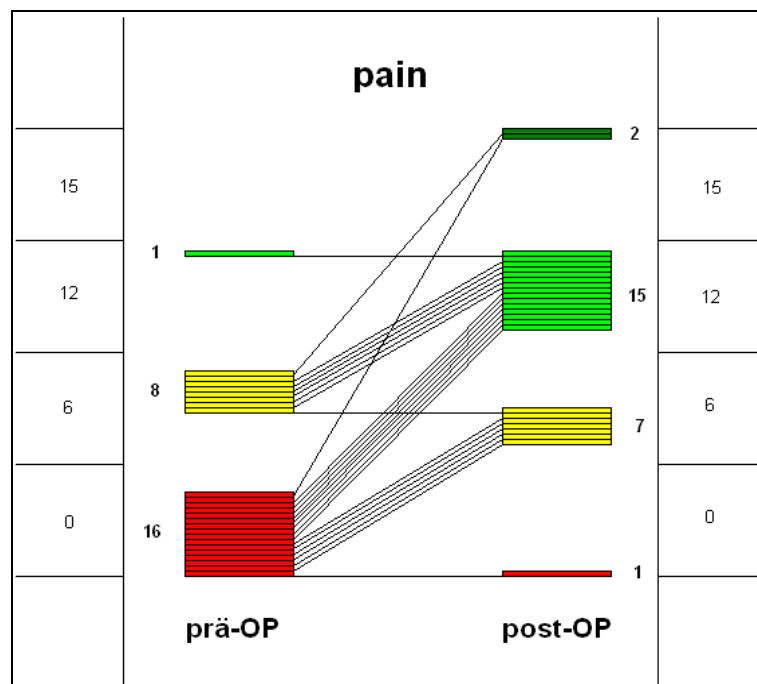


Abb. 46: Verlaufsdigramm Kategorie „PAIN“

Präoperativ war ein Mittelwert von 2,4 ($\pm 3,5$) und als Median ein Wert von 0 Punkten festzuhalten. Nach vier Monaten ergab sich durchschnittlich ein Score-

Wert von 10,1 ($\pm 3,7$) Punkten. Der Median war jetzt auf 12 Scorewerte angestiegen.

3.2.3 Kategorie „MOVEMENT“

Präoperativ lag der durchschnittliche Punkte-Score der 25 Patienten bei 8,9 ($\pm 1,1$), der Medianwert bei 9. Grundlage war ein mittleres Bewegungsausmaß von 116,2 ($\pm 11,2$) – 3,8 ($\pm 5,9$) – 0 für die Flexion und Extension, angegeben nach der Neutral-Null-Methode. Der postoperative Durchschnittswert für den Punkte-Score war entsprechend einem durchschnittlichen Bewegungsausmaß von 111,2 ($\pm 12,5$) – 4,2 ($\pm 3,5$) – 0 für das operierte Knie im Verlauf der vier Monate auf einen Wert von 8,6 ($\pm 1,3$) zurückgegangen. Der Wert für den Median lag ebenso wie präoperativ bei 9 Punkten. Die Ergebnisse dieser Kategorie, die während der klinischen Untersuchung gewonnen worden waren, zeigten somit im Unterschied zu den rein subjektiven Daten der vorherigen zwei Kategorien keine eindeutig positive Tendenz nach vier Monaten. Insgesamt ist von einer durchschnittlich geringfügigen Verschlechterung des Bewegungsausmaßes im operierten Knie zu sprechen, die sich auch im Verlaufsdiagramm dieser Kategorie ausdrückt.

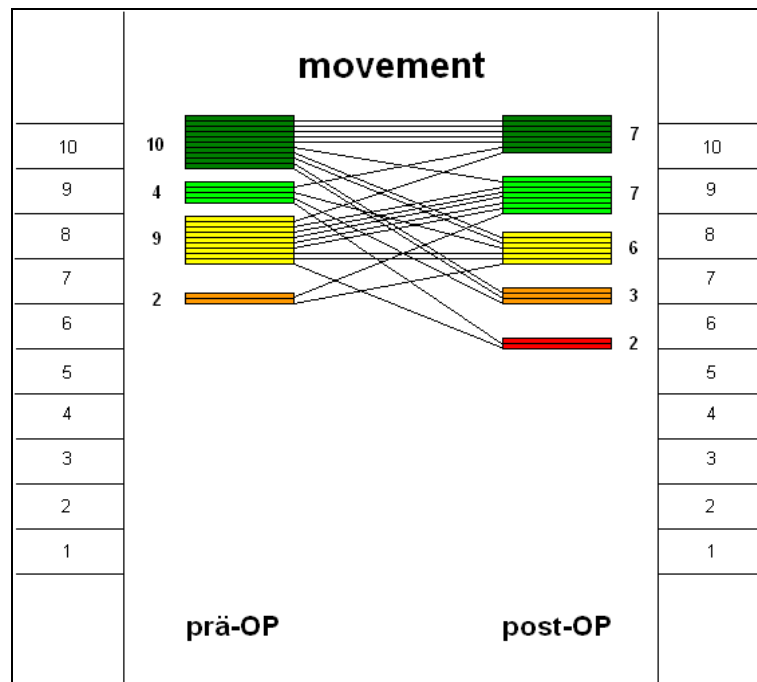


Abb. 47: Verlaufsdiagramm Kategorie „MOVEMENT“

Vergleicht man nun die Werte des Bewegungsausmaßes des operierten Beines mit denen des kontralateralen Beines, so bestätigt sich hier dieser Negativtrend nicht. Vielmehr lag das Ergebnis vor dem Eingriff bei $121,7 (\pm 10,8) - 0,4 (\pm 3,9) - 0$ und vier Monate danach bei $125,3 (\pm 12,0) - 0,9 (\pm 3,1) - 0$. Auf der kontralateralen Seite war also im Verlauf der Studie eine leichte Besserung der Kniegelenksbeweglichkeit zu beobachten gewesen. Außerdem ist festzustellen, dass die Werte mit einer mittleren Winkeldifferenz von $121,4^\circ$ präoperativ und postoperativ $124,4^\circ$ erwartungsgemäß auf höherem Niveau als die des erkrankten Beines (zunächst $112,4^\circ$, nach vier Monaten $107,0^\circ$) liegen, an die Vergleichswerte der Normgruppe mit einem durchschnittlichen Bewegungsausmaß von $137,5^\circ$ rechts und $137,3^\circ$ links jedoch ebenfalls nicht heranreichen können. Formuliert nach Neutral-Null-Methode waren es in der Normgruppe Werte von $137,8 (\pm 9,8) - 0,3 (\pm 2,1) - 0$ für das rechte Bein und links Werte von $137,7 (\pm 9,2) - 0,4 (\pm 1,6) - 0$.

3.2.4 Kategorie „DEFORMITY“

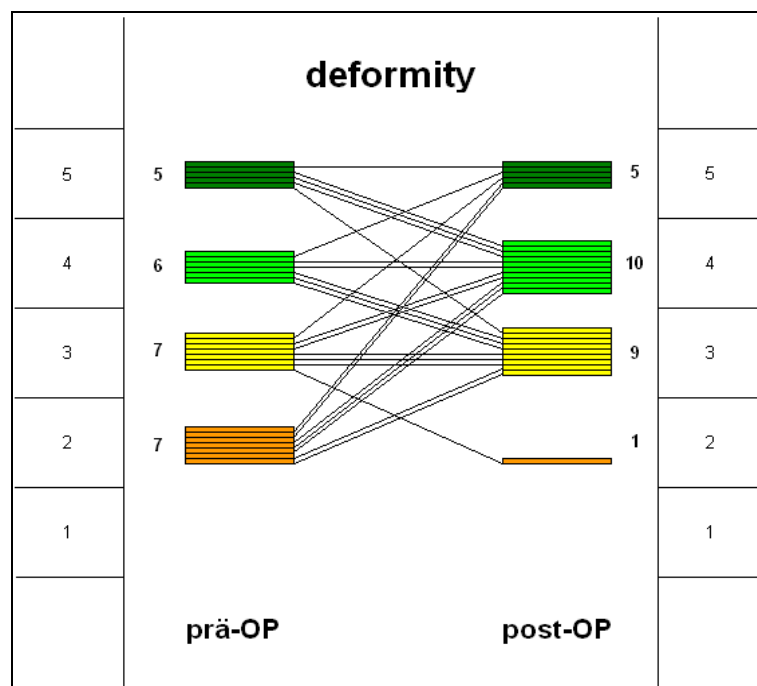


Abb. 48: Verlaufsdigramm Kategorie „DEFORMITY“

Genau wie bei der zuvor beschriebenen Kategorie „MOVEMENT“ ist bei den hier gewonnenen Daten kein eindeutig positiver Trend zwischen dem Status vor

und nach der Operation zu beobachten. Allerdings verbesserten sich die Patienten im Verlauf der Studie zumindest durchschnittlich in dieser Kategorie, denn präoperativ konnte ein Mittelwert von 3,4 ($\pm 1,1$) Score-Punkten notiert werden, der sich postoperativ auf 3,8 ($\pm 0,8$) Punkte steigerte. Der Medianwert lag vor dem Eingriff bei 3, danach bei 4 Punkten. Als Mittelwert bezüglich der Beinachse konnte präoperativ ein Wert von 2,4° ($\pm 5,2$) Valgusstellung ermittelt werden, der postoperativ bei 5,9° valgus ($\pm 2,3$) lag. Die Veränderung erklärt sich aufgrund des Bemühens der Operateure, intraoperativ eine physiologische Beinachse von 6° Valgusstellung zu erreichen. Hinsichtlich des Extensionsdefizits wurde zunächst ein Durchschnittswert von 3,8° ($\pm 5,9$) beobachtet, der vier Monate nach der Operation mit 4,2° ($\pm 3,5$) notiert wurde. Als Vergleichswerte wurden hier 5,3° ($\pm 4,4$) Valgusstellung im kontralateralen Kniegelenk bei einem Extensionsdefizit von 0,9° ($\pm 3,1$) gemessen. Bei der Normgruppe ergab sich für das rechte Bein eine Achse von 3,2° ($\pm 3,4$) valgus und ein Extensionsdefizit von 0,3° ($\pm 2,1$), links betrug die durchschnittliche Beinachse 2,1° valgus ($\pm 2,9$) mit 0,4° ($\pm 1,6$) Streckdefizit.

3.2.5 Gesamtscore

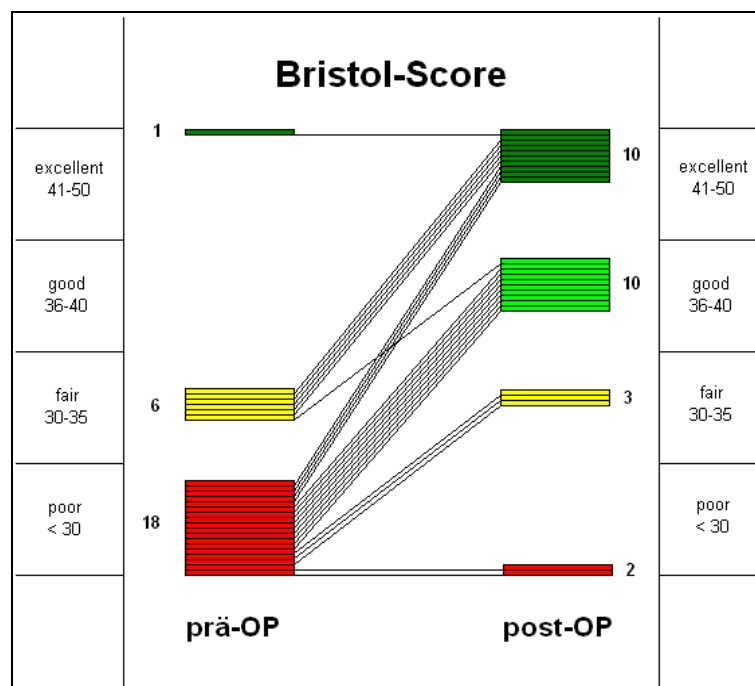


Abb. 49: Verlaufdiagramm Gesamtergebnis beim Bristol-Score

Tab. 5: Zusammenfassung Ergebnisse Bristol-Score (Mittelwert, Standardabweichung, Median, Minimum und Maximum)

Kategorie	Patienten OP-Bein prä-OP	Patienten OP-Bein post-OP	Patienten kontralat. prä-OP	Patienten kontralat. post-OP	Normgrupp e rechts	Normgrupp e links
FUNCTION (max. 20)	13,3 (\pm 3,2) 14 (7; 19)	16,3 (\pm 3,0) 17 (11; 20)				
PAIN (max. 15)	2,4 (\pm 3,5) 0 (0; 12)	10,1 (\pm 3,7) 12 (0; 15)				
MOVEMENT (max. 10)	8,9 (\pm 1,1) 9 (7; 10)	8,6 (\pm 1,3) 9 (6; 10)	9,4 (\pm 0,7) 10 (8; 10)	9,6 (\pm 0,70) 10 (7; 10)	10,0 (\pm 0) 10 (10; 10)	9,9 (\pm 0,3) 10 (9; 10)
DEFORMITY (max. 5)	3,4 (\pm 1,1) 3 (2; 5)	3,8 (\pm 0,8) 4 (2; 5)	3,9 (\pm 1,0) 4 (2; 5)	4,3 (\pm 0,8) 4 (2; 5)	4,0 (\pm 0,5) 4 (3; 5)	4,1 (\pm 0,5) 4 (3; 5)
BRISTOL-SCORE (max. 50)	28,0 (\pm 5,1) 27 (17; 42)	38,7 (\pm 6,1) 39 (21; 50)				

Bei der Auswertung der Ergebnisse der vorliegenden Studie bleibt festzuhalten, dass in den subjektiven Kategorien „FUNCTION“ und „PAIN“ jeweils deutlich positive Entwicklungen in der Patientengruppe beschrieben wurden. Diese konnten aber durch die objektiven Parameter der Bereiche „MOVEMENT“ und „DEFORMITY“ nur zum Teil bestätigt werden. Aufgrund der unterschiedlichen Gewichtung der einzelnen Kategorien bezüglich des Gesamtscores (70% subjektiv zu 30% objektiv erreichbare Punkte) ergibt sich aber folgendes eindeutiges Ergebnis: Präoperativ lag der Gesamtdurchschnittswert aller 25 Patienten bei 28,0 (\pm 5,1) Punkten. Dies entsprach deutlich der Einschätzung „poor“ (Medianwert 27). Vier Monate postoperativ ist hinsichtlich des Bristol-Scores eine deutliche Verbesserung auf durchschnittlich 38,7 (\pm 6,1) Punkte zu verzeichnen gewesen, was einer Steigerung um 10,7 Punkte entsprach. Die Probanden der Patientengruppe lagen also im Mittel bereits nach dieser kurzen Zeit postoperativ im oberen Bereich der Einschätzung „good“, was auch der für diesen Zeitpunkt errechnete Medianwert mit 39 ausdrückt. Bezüglich der Patientenverläufe kann man feststellen, dass sich 22 Probanden verbesserten (= 88,0%), nur 3 Studienteilnehmer konnten ihren Level lediglich halten (= 12,0%), einer davon auf höchstem Niveau, aber auch zwei auf niedrigstem. Kein einziger Patient verschlechterte sich im Gesamt-Score um eine oder

mehrere Abstufungen. Die oben stehende Abbildung 49 und Tabelle 5 verschaffen nochmals einen Überblick über alle Teilergebnisse.

3.4 Kraftmessplatte „Forceplate“

3.4.1 Messgröße und deren Bedeutung

Die erste Messgröße bei den Standversuchen auf der Kraftmessplatte „Forceplate“ war die Standzeit in Sekunden, die ein Proband bei der jeweils zu absolvierenden Übung erreichte. Konnte ein Proband die maximale Standzeit von 10 Sekunden erbringen, so lassen sich zusätzlich die Wegsignale der Schwankungen des COP in x-Richtung, y-Richtung und als erhaltene radiale Entfernung zum Mittelpunkt des COP angeben. Beide Messgrößen lassen Schlüsse auf das statische Gleichgewichtsvermögen der Probanden zu. Dabei stehen längere Standzeiten und kleinere Schwankungsbreiten des COP für ein jeweils besseres Ergebnis.

3.4.2 Darstellung der Ergebnisse

3.4.2.1 Anteil gültiger Versuche und Standzeiten

Tab. 6: Prozentsatz und in Klammern Anzahl der korrekt durchgeführten Standversuche auf der Kraftmessplatte „Forceplate“

	Prä-OP (n=25)	Post-OP (n=25)	Norm (n=15)	
Zweibeinstand	100% (75)	100% (75)	100% (45)	Zweibeinstand
Einbeinst. OP	58,7% (44)	66,7% (50)	86,7% (39)	Einbeinst. re.
Einbeinst. k-lat.	61,3% (46)	74,7% (56)	86,7% (39)	Einbeinst. li.

Tabelle 6 zeigt die Anzahl der korrekt durchgeführten Standversuche. Demnach wird deutlich, dass – entsprechend den Ein- und Ausschlusskriterien der vorliegenden Untersuchung – alle Probanden die Zweibeinstände zu jedem Zeitpunkt der Studie vollständig korrekt absolvieren konnten. Bei den Einbeinständen zeigte sich ein deutlich anderes Bild: Auf der OP-Bein-Seite gelangen den Patienten vor dem operativen Eingriff zunächst nur 44 von 75 Standversuchen über 10 Sekunden (= 58,7%). Vier Monate postoperativ konnte ein Zuwachs auf 50 gültige Durchgänge registriert werden (= 66,7%). Mit dem

kontralateralen Bein erreichten die Patienten präoperativ nur 46-mal die 10 Sekunden (= 61,3%), bei den postoperativen Messungen dagegen schon 56-mal (= 74,7%).

Die Normgruppenprobanden erreichten bei je 39 von hier insgesamt 45 Durchgängen die maximale Standzeit von 10 Sekunden bei den Einbeinständen mit dem rechten und dem linken Bein, so dass Vergleichswerte von jeweils 86,7% gültigen Versuchen registriert werden konnten.

Tab. 7, 8 und 9: Ergebnisse der Standzeiten bei den Standversuchen auf der Kraftmessplatte „Forceplate“

Patientengruppe prä-OP (n=25), 75 Versuche

Übungsform	Mittelwert	Stabw.	Median	Minimum	Maximum
Zweibeinstand	10,0 s	$\pm 0,0$ s	10,0 s	10,0 s	10,0 s
Einbeinst. OP	7,21 s	$\pm 3,65$ s	10,0 s	1,0 s	10,0 s
Einbeinst. k-lat.	8,05 s	$\pm 2,84$ s	10,0 s	1,0 s	10,0 s

Patientengruppe post-OP (n=25), 75 Versuche

Übungsform	Mittelwert	Stabw.	Median	Minimum	Maximum
Zweibeinstand	10,0 s	$\pm 0,0$ s	10,0 s	10,0 s	10,0 s
Einbeinst. OP	8,32 s	$\pm 2,82$ s	10,0 s	1,0 s	10,0 s
Einbeinst. k-lat.	8,90 s	$\pm 2,30$ s	10,0 s	2,0 s	10,0 s

Normgruppe (n=15), 45 Versuche

Übungsform	Mittelwert	Stabw.	Median	Minimum	Maximum
Zweibeinstand	10,0 s	$\pm 0,0$ s	10,0 s	10,0 s	10,0 s
Einbeinst. re.	9,11 s	$\pm 2,51$ s	10,0 s	1,0 s	10,0 s
Einbeinst. li.	8,98 s	$\pm 2,68$ s	10,0 s	1,0 s	10,0 s

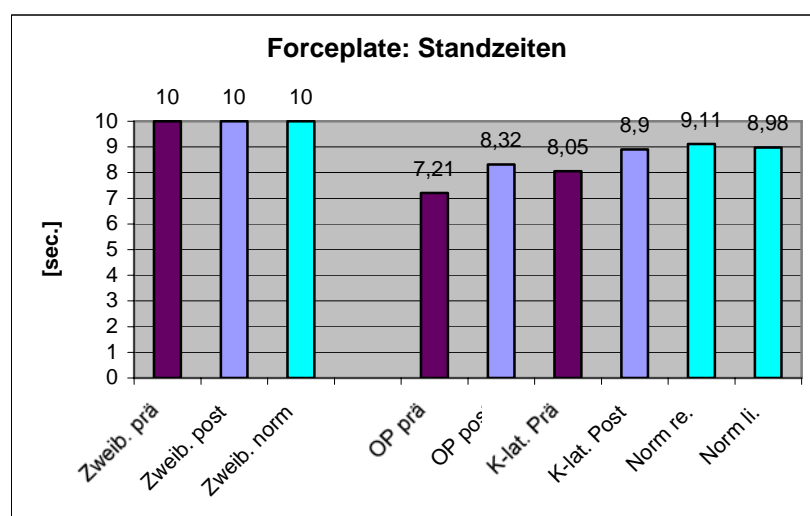


Abb. 50: Grafische Darstellung der Standzeiten auf der Kraftmessplatte „Forceplate“ auf Basis der arithmetischen Mittelwerte

Ebenso interessant sind aber natürlich auch die Standzeiten der Versuche, die nicht komplett, d.h. nicht über 10 Sekunden gestanden werden konnten. Die Tabellen 7 bis 9 geben deshalb die genauen Standzeiten aller Durchgänge wider, und Abb. 50 veranschaulicht diese auf Basis der Mittelwerte.

Die Tabelle 10 zeigt die Ergebnisse des durchgeführten Tests auf statistische Signifikanz (vgl. Kap. 2.3.3.3). Bemerkenswert ist, dass es sich bei den Auswertungen auf Grundlage der Standzeiten an beiden untersuchten Beinen um statistisch signifikante Verbesserungen handelte.

Tab.10: Test auf statistische Signifikanz bei der „Forceplate“ (Versuche, Zeit)

Gerät	Übung	Errechnetes Intervall	Signifikanz
I. Forceplate (Versuche)	Zweibeinstand	0; 0	---
	Einbeinstand OP-Bein	0,55; -0,07	---
	Einbeinstand kontralateral	0,78; 0,02	+++
I. Forceplate (Zeit)	Zweibeinstand	0; 0	---
	Einbeinstand OP-Bein	1,94; 0,28	+++
	Einbeinstand kontralateral	1,56; 0,13	+++

3.4.2.2 Wegsignale in x-Richtung

Tab. 11, 12 und 13: Wegsignale rx aller gültiger Versuche

Patientengruppe prä-OP

Übungsform	Mittelwert	Stabw.	Median	Minimum	Maximum
Zweibeinstand	3,58 mm	+1,53 mm	3,29 mm	1,41 mm	8,29 mm
Einbeinst. OP	5,41 mm	+1,59 mm	5,37 mm	1,94 mm	8,94 mm
Einbeinst. k-lat.	5,28 mm	+1,64 mm	4,98 mm	2,50 mm	10,21 mm

Patientengruppe post-OP

Übungsform	Mittelwert	Stabw.	Median	Minimum	Maximum
Zweibeinstand	3,01 mm	+1,20 mm	2,77 mm	1,06 mm	6,73 mm
Einbeinst. OP	4,98 mm	+1,27 mm	5,04 mm	1,96 mm	9,53 mm
Einbeinst. k-lat.	5,06 mm	+1,57 mm	4,93 mm	2,29 mm	9,44 mm

Normgruppe

Übungsform	Mittelwert	Stabw.	Median	Minimum	Maximum
Zweibeinstand	2,42 mm	+1,13 mm	2,13 mm	0,82 mm	6,42 mm
Einbeinst. re.	4,77 mm	+2,46 mm	3,92 mm	1,76 mm	15,37 mm
Einbeinst. li.	4,54 mm	+1,89 mm	4,13 mm	1,79 mm	9,74 mm

In die Tabellen 11 bis 13 sind die Wegsignale aus allen über 10 Sekunden gestandenen Versuchen in x-Richtung (rechts – links) eingeflossen. Da es dem Autor allerdings sinnvoller scheint, jeweils nur den besten der drei absolvierten Versuche miteinander zu vergleichen, und dies auch nur dann, wenn präoperativ zumindest ein gültiger Versuch erreicht wurde (die Begründungen für dieses Vorgehen sind im Teil Material und Methodik unter Kapitel 2.3.3.3 nachzulesen), sind Berechnungen für die in den Tabellen 14 bis 16 aufgeführten Ergebnisse unternommen worden.

Tab. 14, 15 und 16: Wegsignale rx bei Auswertung „best of 3 und prä-OP mindestens einem gültigen Versuch“

Patientengruppe prä-OP

Übungsform	Mittelwert	Stabw.	Median	Minimum	Maximum
Zweibeinstand	2,76 mm	±1,01 mm	2,76 mm	1,41 mm	5,12 mm
Einbeinst. OP	4,82 mm	±1,72 mm	4,69 mm	1,94 mm	8,94 mm
Einbeinst. k-lat.	4,72 mm	±1,41 mm	4,72 mm	2,50 mm	7,57 mm

Patientengruppe post-OP

Übungsform	Mittelwert	Stabw.	Median	Minimum	Maximum
Zweibeinstand	2,21 mm	±0,65 mm	2,21 mm	1,06 mm	3,77 mm
Einbeinst. OP	4,38 mm	±1,09 mm	4,49 mm	1,96 mm	6,24 mm
Einbeinst. k-lat.	4,19 mm	±1,30 mm	3,78 mm	2,29 mm	7,24 mm

Normgruppe

Übungsform	Mittelwert	Stabw.	Median	Minimum	Maximum
Zweibeinstand	1,76 mm	±0,51 mm	1,58 mm	0,82 mm	2,89 mm
Einbeinst. re.	3,42 mm	±0,80 mm	3,24 mm	1,76 mm	4,90 mm
Einbeinst. li.	3,56 mm	±1,16 mm	3,67 mm	1,79 mm	6,45 mm

Den Ergebnissen für die Zweibeinstände liegen dabei in der Patientengruppe 25 gewertete Versuche zugrunde, bei den Einbeinständen auf OP-Bein-Seite gingen 19 Patienten in die Wertung ein, und kontralateral waren es 20. In der Normgruppe konnten bei den Zweibeinständen alle 15 Mitglieder gewertet werden, bei den Einbeinständen jeweils nur 13.

Betrachtet man die arithmetischen Mittelwerte, so ergaben sich für den Zweibeinstand Verbesserungen von 2,76 mm auf 2,21 mm. Dies entspricht einer Abnahme der Schwankungsbreite um 0,55 mm oder um 19,9%. Beim Einbeinstand mit dem OP-Bein nahm die Schwankungsbreite des COP im Verlauf der viermonatigen Studie von 4,82 mm um 0,44 mm auf 4,38 mm ab. Dies

bedeutete eine Verringerung des Wegsignals um 9,1%. Kontralateral änderte es sich um 0,52 mm (= -11,2%), denn präoperativ war ein Wert von 4,72 mm gemessen worden, der vier Monate später nur noch 4,19 mm betrug.

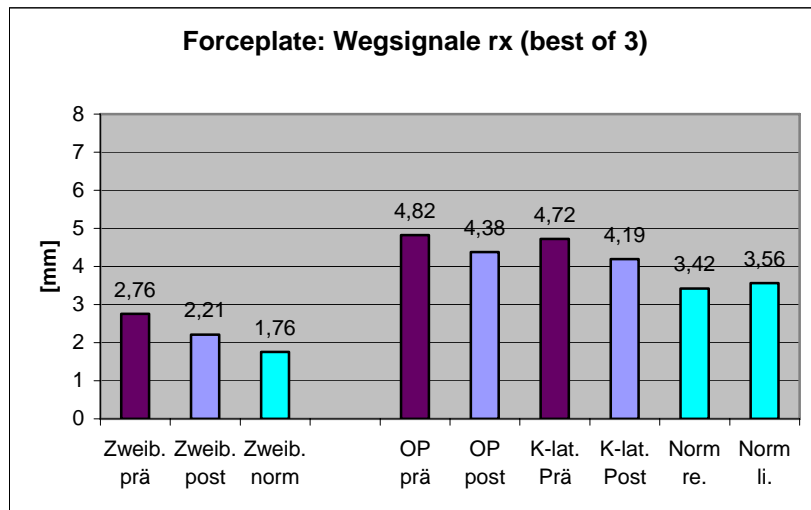


Abb. 51: Grafische Darstellung der Mittelwerte der Wegsignale rx bei Auswertung best of 3 und prä-OP mindestens einem gültigen Versuch

3.4.2.3 Wegsignale in y-Richtung

Analog zur Darstellung der Wegsignale rx werden auch hier die Ergebnisse in den Tabellen 17 bis 19 bzw. 20 bis 22 aufgeführt.

Tab. 17, 18 und 19: Wegsignale ry aller gültiger Versuche

Patientengruppe prä-OP

Übungsform	Mittelwert	Stabw.	Median	Minimum	Maximum
Zweibeinstand	2,30 mm	±1,45 mm	2,08 mm	0,55 mm	11,87 mm
Einbeinst. OP	4,31 mm	±1,22 mm	4,11 mm	2,36 mm	7,74 mm
Einbeinst. k-lat.	4,60 mm	±1,17 mm	4,55 mm	2,56 mm	8,54 mm

Patientengruppe post-OP

Übungsform	Mittelwert	Stabw.	Median	Minimum	Maximum
Zweibeinstand	1,91 mm	±1,0 mm	1,68 mm	0,52 mm	5,37 mm
Einbeinst. OP	4,43 mm	±1,15 mm	4,41 mm	2,06 mm	7,74 mm
Einbeinst. k-lat.	4,44 mm	±1,40 mm	4,49 mm	2,25 mm	8,69 mm

Normgruppe

Übungsform	Mittelwert	Stabw.	Median	Minimum	Maximum
Zweibeinstand	1,72 mm	±0,58 mm	1,57 mm	0,86 mm	3,05 mm
Einbeinst. re.	3,92 mm	±1,59 mm	3,53 mm	1,49 mm	7,81 mm
Einbeinst. li.	3,54 mm	±1,10 mm	3,51 mm	1,73 mm	6,73 mm

Bei den Zweibeinständen trat eine Abnahme der Schwankungsbreite des COP von 0,23 mm (prä-OP 1,59 mm, vier Monate später 1,35 mm) oder um -15,1% auf. Am betroffenen und später operierten Bein konnte initial ein Wert von 4,14 mm gemessen werden. Dieser nahm im Studienverlauf um 0,29 mm (= -7,0%) auf 3,85 mm ab. Das gegenüberliegende Bein zeigte zunächst eine größere Schwankungsbreite des COP in y-Richtung mit 4,19 mm. Mit einer Abnahme um lediglich 0,07 mm, also nur -1,7%, änderte sich daran fast gar nichts.

Tab. 20, 21 und 22: Wegsignale ry bei Auswertung „best of 3 und prä-OP mindestens einem gültigen Versuch“

Patientengruppe prä-OP

Übungsform	Mittelwert	Stabw.	Median	Minimum	Maximum
Zweibeinstand	1,59 mm	+0,58 mm	1,41 mm	0,55 mm	2,86 mm
Einbeinst. OP	4,14 mm	+1,24 mm	4,00 mm	2,36 mm	6,67 mm
Einbeinst. k-lat.	4,19 mm	+1,09 mm	4,05 mm	2,56 mm	7,02 mm

Patientengruppe post-OP

Übungsform	Mittelwert	Stabw.	Median	Minimum	Maximum
Zweibeinstand	1,35 mm	+0,69 mm	1,15 mm	0,52 mm	3,06 mm
Einbeinst. OP	3,85 mm	+1,07 mm	3,66 mm	2,06 mm	6,29 mm
Einbeinst. k-lat.	4,12 mm	+1,23 mm	3,87 mm	2,25 mm	6,86 mm

Normgruppe

Übungsform	Mittelwert	Stabw.	Median	Minimum	Maximum
Zweibeinstand	1,32 mm	+0,31 mm	1,31 mm	0,86 mm	1,88 mm
Einbeinst. re.	3,16 mm	+1,24 mm	2,80 mm	1,49 mm	5,19 mm
Einbeinst. li.	2,89 mm	+0,83 mm	2,89 mm	1,73 mm	4,61 mm

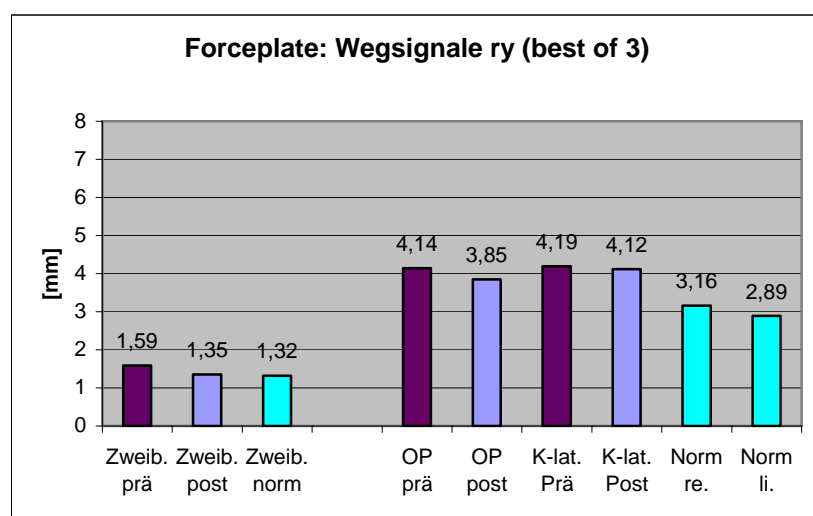


Abb. 52: Grafische Darstellung der Mittelwerte der Wegsignale ry bei Auswertung best of 3 und prä-OP mindestens einem gültigen Versuch

3.4.2.4 Wegsignale der radialen Entfernung

Tab. 23, 24 und 25: Wegsignale r aller gültiger Versuche

Patientengruppe prä-OP

Übungsform	Mittelwert	Stabw.	Median	Minimum	Maximum
Zweibeinstand	4,65 mm	±1,98 mm	4,30 mm	1,55 mm	15,11 mm
Einbeinst. OP	7,69 mm	±1,79 mm	7,72 mm	4,42 mm	12,10 mm
Einbeinst. k-lat.	7,79 mm	±1,97 mm	7,73 mm	4,81 mm	12,72 mm

Patientengruppe post-OP

Übungsform	Mittelwert	Stabw.	Median	Minimum	Maximum
Zweibeinstand	3,87 mm	±1,40 mm	3,54 mm	1,62 mm	7,82 mm
Einbeinst. OP	7,29 mm	±1,67 mm	7,17 mm	3,59 mm	13,57 mm
Einbeinst. k-lat.	7,64 mm	±2,14 mm	7,22 mm	3,51 mm	11,99 mm

Normgruppe

Übungsform	Mittelwert	Stabw.	Median	Minimum	Maximum
Zweibeinstand	3,29 mm	±1,17 mm	2,91 mm	1,53 mm	6,92 mm
Einbeinst. re.	6,86 mm	±2,89 mm	6,43 mm	2,57 mm	17,18 mm
Einbeinst. li.	6,36 mm	±2,20 mm	6,08 mm	2,77 mm	11,51 mm

Tab. 26, 27 und 28: Wegsignale r bei Auswertung „best of 3 und prä-OP mindestens einem gültigen Versuch“

Patientengruppe prä-OP

Übungsform	Mittelwert	Stabw.	Median	Minimum	Maximum
Zweibeinstand	3,73 mm	±1,16 mm	3,75 mm	1,55 mm	6,64 mm
Einbeinst. OP	7,30 mm	±2,09 mm	7,05 mm	4,42 mm	12,10 mm
Einbeinst. k-lat.	7,15 mm	±1,78 mm	7,11 mm	4,81 mm	11,59 mm

Patientengruppe post-OP

Übungsform	Mittelwert	Stabw.	Median	Minimum	Maximum
Zweibeinstand	2,94 mm	±0,84 mm	3,03 mm	1,62 mm	5,56 mm
Einbeinst. OP	6,48 mm	±1,40 mm	6,40 mm	3,59 mm	9,07 mm
Einbeinst. k-lat.	6,83 mm	±0,85 mm	6,91 mm	3,51 mm	10,37 mm

Normgruppe

Übungsform	Mittelwert	Stabw.	Median	Minimum	Maximum
Zweibeinstand	2,56 mm	±0,59 mm	2,55 mm	1,53 mm	3,94 mm
Einbeinst. re.	5,37 mm	±1,49 mm	5,14 mm	2,57 mm	7,93 mm
Einbeinst. li.	5,26 mm	±1,53 mm	4,99 mm	2,77 mm	9,07 mm

Der Blick auf die Mittelwerte zeigt bei den präoperativen Zweibeinständen der Patientengruppe einen Wert von 3,73 mm Schwankungsbreite. Postoperativ waren es nur noch 2,94 mm, so dass sich eine deutliche Steigerung von 0,78 mm bzw. 21,2% ergeben hatte. Beim Einbeinstand auf dem betroffenen und zu operierenden Bein erreichten die Patienten zu Beginn der Studie einen Mittelwert von 7,30 mm. Vier Monate später lautete der hierfür gemessene Wert nur

noch 6,48 mm. Im Verlauf hatte sich also eine Abnahme um 0,82 mm ergeben, was einer Verbesserung um 11,2% gleichkommt. Die Veränderungen am kontralateralen und demnach nicht operierten Bein fielen erwartungsgemäß geringer aus: Präoperativ lautete der Messwert durchschnittlich 7,15 mm, postoperativ dann 6,83 mm. Dies entsprach einer Veränderung von -0,32 mm oder -4,5%.

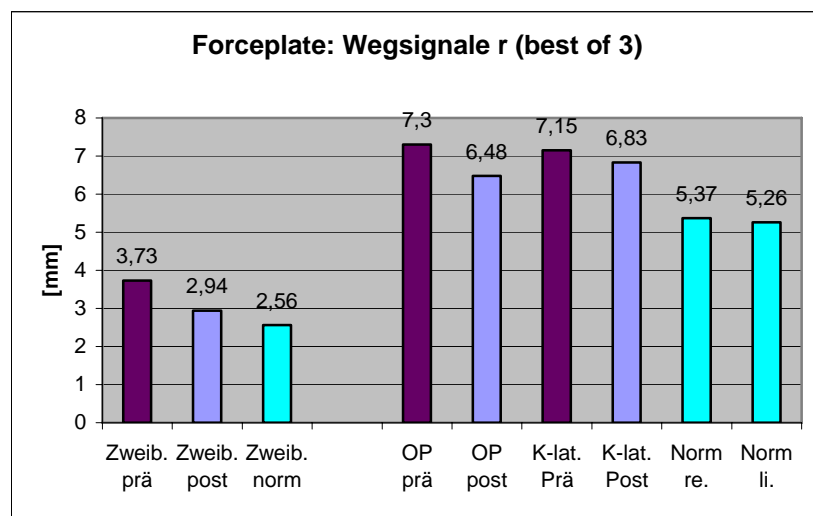


Abb. 53: Grafische Darstellung der Mittelwerte der Wegsignale r bei Auswertung best of 3 und prä-OP mindestens einem gültigen Versuch

Überprüft man die Ergebnisse auf ihre statistische Signifikanz (vgl. Tab. 29), so kann festgehalten werden, dass der Verlauf des Gesamtwegsignals r sowohl für die Zweibeinstandversuche als auch für den Einbeinstand auf dem OP-Bein als statistisch signifikant gelten kann.

Tab. 29: Test auf statistische Signifikanz bei der „Forceplate“ (Wegsignale)

Gerät	Übung	Errechnetes Intervall	Signifikanz
I. Forceplate (Wegsignal) (best of 3)	Zweibeinstand	Rx: -0,22; -0,90 Ry: 0,03; -0,50 R: -0,44; -1,13	+++ --- +++
	Einbeinstand OP-Bein	Rx: 0,34; -1,22 Ry: 0,12; -0,70 R: -0,07; -1,56	--- --- +++
	Einbeinstand kontralateral	Rx: -0,05; -1,00 Ry: 0,49; -0,69 R: 0,34; -0,97	+++ --- ---

3.4.3 Darstellung der Defizite in der Patientengruppe

Um die gewonnenen Ergebnisse weiter interpretieren zu können und mit den Ergebnissen der anderen durchgeführten Tests vergleichen zu können, wurden die in den Tabellen 30 bis 34 dargestellten Berechnungen durchgeführt.

Tab. 30: Berechnungen relativer Testdefizite auf Basis der gültigen Versuche

	Prä-OP (n=25)	Post-OP (n=25)	Norm (n=15)	
Zweibeinstand	75 von 75 0%	75 von 75 0%	45 von 45 Referenz	Zweibeinstand
Einbeinst. OP	44 von 75 32,3%	50 von 75 23,1%	39 von 45 Referenz	(re. 56%, li. 44%):
Einbeinst. k-lat.	46 von 75 29,2%	56 von 75 13,3%	39 von 45 Referenz	(re. 44%, li. 56%):

Tab. 31: Berechnungen relativer Testdefizite auf Basis der Standzeiten

	Prä-OP (n=25)	Post-OP (n=25)	Norm (n=15)	
Zweibeinstand	10,0 s 0%	10,0 s 0%	10,0 s Referenz	Zweibeinstand
Einbeinst. OP	7,21 s 20,3%	8,32 s 8,1%	9,05 s Referenz	(re. 56%, li. 44%):
Einbeinst. k-lat.	8,05 s 11,0%	8,90 s 1,6%	9,04 s Referenz	(re. 44%, li. 56%):

Hinsichtlich Fehlversuchen und Standzeiten fanden sich beim Zweibeinstand keinerlei Unterschiede zwischen den Normgruppenprobanden und den Mitgliedern der Patientengruppe. Zu Untersuchungsbeginn bestanden in der Frontalebene sehr große Defizite in der Patientengruppe während des Zweibeinstandes. Diese fielen nach vier Monaten deutlich geringer aus. In der Sagitalebene fanden sich dagegen beim Zweibeinstand initial vergleichsweise geringe Defizite, die postoperativ fast gänzlich verschwunden waren. Insgesamt zeigt der Zweibeinstand die deutlichsten Fortschritte zwischen prä- und postoperativem Resultat.

Der Einbeinstand auf dem OP-Bein brachte in Bezug auf Standzeiten und Fehlversuche – verglichen mit dem Einbeinstand auf dem nicht zu operierenden Bein – größere Testdefizite zu Tage. Bei beiden Beinen bestanden bei den Wegsignalen vor dem Eingriff ähnliche Defizite sowohl in der Frontal- als auch Sagitalebene. Die Restdefizite nach der Operation sind in beiden Ebenen beim OP-Bein deutlich zurückgegangen und insgesamt etwas geringer als die ver-

bliebenen Defizite kontralateral. Dort fanden sich vor allem Steigerungen in x-Richtung, aber nur kaum in y-Richtung.

Tab. 32: Berechnungen relativer Defizite anhand der Wegsignale in x-Richtung

	Prä-OP	Post-OP	Norm	
Zweibeinstand	2,76 mm 56,8%	2,21 mm 25,6%	1,76 mm Referenz	Zweibeinstand
Einbeinst. OP	4,82 mm 38,5%	4,38 mm 25,9%	3,48 mm Referenz	(re. 56%, li. 44%):
Einbeinst. k-lat.	4,72 mm 34,9%	4,19 mm 19,7%	3,50 mm Referenz	(re. 44%, li. 56%):

Tab. 33: Berechnungen relativer Defizite anhand der Wegsignale in y-Richtung

	Prä-OP	Post-OP	Norm	
Zweibeinstand	1,59 mm 20,5%	1,35 mm 2,3%	1,32 mm Referenz	Zweibeinstand
Einbeinst. OP	4,14 mm 36,2%	3,85 mm 26,6%	3,04 mm Referenz	(re. 56%, li. 44%):
Einbeinst. k-lat.	4,19 mm 39,2%	4,12 mm 36,9%	3,01 mm Referenz	(re. 44%, li. 56%):

Tab 34: Berechnungen relativer Defizite anhand der Wegsignale der radialen Entfernung

	Prä-OP	Post-OP	Norm	
Zweibeinstand	3,73 mm 45,7%	2,94 mm 14,8%	2,56 mm Referenz	Zweibeinstand
Einbeinst. OP	7,30 mm 37,2%	6,48 mm 21,8%	5,32 mm Referenz	(re. 56%, li. 44%):
Einbeinst. k-lat.	7,15 mm 34,7%	6,83 mm 28,6%	5,31 mm Referenz	(re. 44%, li. 56%):

3.5 Therapiegerät „Posturomed“

3.5.1 Messgröße und deren Bedeutung

Wie bei den Einbeinbeinständen auf der Kraftmessplatte „Forceplate“ wurden auch hier die erreichten Standzeiten in Sekunden gemessen. Daraus konnte die Anzahl der gültigen Versuche bzw. der Fehlversuche bestimmt werden. Längere Standzeiten und ein höherer Anteil über 10 Sekunden gestandener Versuche sprechen für ein besseres statisches Gleichgewichtsvermögen.

3.5.2 Darstellung der Ergebnisse

3.5.2.1 Einbeinstände auf dem „Posturomed“ ohne Auslenkung

Tab. 35: Prozentsatz und in Klammern Anzahl der korrekt durchgeführten Standversuche auf dem Therapiegerät „Posturomed“ ohne Auslenkung

	Prä-OP (n=25)	Post-OP (n=25)	Norm (n=15)	
Einbeinst. OP	46,7% (35)	73,3% (55)	80,0% (36)	Einbeinst. re.
Einbeinst. k-lat.	54,7% (41)	76,0% (57)	82,2% (37)	Einbeinst. li.

Zunächst soll auch hier auf die Anzahl der gültigen Versuche eingegangen werden. Die Tabelle 35 verschafft den dafür nötigen Überblick. Vor dem geplanten Einbau einer Knie totalendoprothese gelang es den Patienten mit dem betroffenen Bein nur bei 35 von 75 Versuchen (= 46,7%), die maximale Standzeit von 10 Sekunden im Einbeinstand zu bewältigen. Bei den zweiten Messungen vier Monate postoperativ waren dagegen 55 von 75 Testdurchgängen gültig (= 73,3%). Auch beim kontralateralen Bein konnten im Verlauf der Untersuchungen anhand der Einbeinstandversuche auf dem „Posturomed“ deutliche Fortschritte beobachtet werden. Präoperativ waren hier 41 von 75 Durchgängen gültig gewesen, also ein Anteil von 54,7%. Bei den zweiten Messterminen waren aber 16 weitere Versuche als neu gestanden hinzugekommen, so dass eine Gesamtzahl von 57 gültigen Einbeinständen mit dem kontralateralen Bein notiert werden konnte (= 76,0%). Die Normgruppenteilnehmer erreichten Anteile von 80,0% erfolgreicher Einbeinstände mit dem rechten und sogar von 82,2% mit dem linken Bein.

Der Blick auf die exakten Standzeiten ist fast noch interessanter als die deutlich ungenauere Betrachtungsweise „Versuch gültig oder ungültig“. Die Ergebnisse hierfür sind den Tabellen 36 bis 38 und der Abbildung 54 zu entnehmen. Sie können ohne Einschränkung als statistisch signifikant angesehen werden (vgl. Tab. 39).

Tab. 36, 37 und 38: Ergebnisse der Standzeiten bei den Standversuchen auf dem Therapiegerät „Posturomed“ ohne Auslenkung

Patientengruppe prä-OP (n=25), 75 Versuche

Übungsform	Mittelwert	Stabw.	Median	Minimum	Maximum
OP-Bein	6,95 s	+3,40 s	9,0 s	0,0 s	10,0 s
kontralat. Bein	7,73 s	+2,91 s	10,0 s	1,0 s	10,0 s

Patientengruppe post-OP (n=25), 75 Versuche

Übungsform	Mittelwert	Stabw.	Median	Minimum	Maximum
OP-Bein	8,48 s	+2,75 s	10,0 s	0,5 s	10,0 s
kontralat. Bein	9,02 s	+2,07 s	10,0 s	3,0 s	10,0 s

Normgruppe (n=15), 45 Versuche

Übungsform	Mittelwert	Stabw.	Median	Minimum	Maximum
rechts	9,06 s	+2,21 s	10,0 s	2,0 s	10,0 s
links	8,91 s	+2,58 s	10,0 s	2,0 s	10,0 s

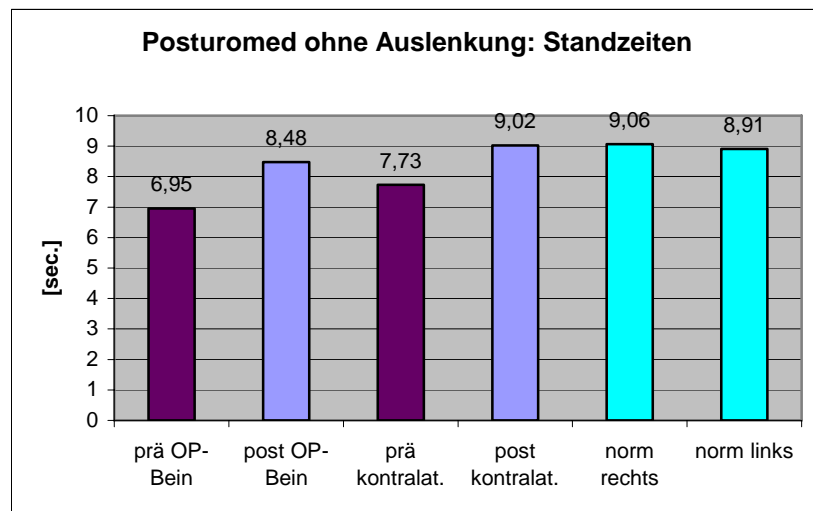


Abb. 54: Grafische Darstellung der Standzeiten auf dem „Posturomed“ ohne ausgelenkte Platte auf Basis der arithmetischen Mittelwerte

Tab. 39: Test auf Signifikanz beim Posturomed ohne Auslenkung

Gerät	Übung	Errechnetes Intervall	Signifikanz
II.a Posturomed o. A. (Versuche)	Einbeinstand OP-Bein	1,28; 0,32	+++
	Einbeinstand kontralateral	1,08; 0,20	+++
II.a Posturomed o. A. (Zeit)	Einbeinstand OP-Bein	2,55; 0,53	+++
	Einbeinstand kontralateral	2,00; 0,57	+++

3.5.2.2 Einbeinstände auf dem „Posturomed“ mit Auslenkung

Tab. 40: Prozentsatz und in Klammern Anzahl der korrekt durchgeführten Standversuche auf dem Therapiegerät „Posturomed“ mit Auslenkung

	Prä-OP (n=25)	Post-OP (n=25)	Norm (n=15)	
Einbeinst. OP	33,3% (25)	52,0% (39)	80,0% (36)	Einbeinst. re.
Einbeinst. k-lat.	30,7% (23)	54,7% (41)	80,0% (36)	Einbeinst. li.

Aus Tabelle 40 ist zu entnehmen, dass mit dem zu operierenden Bein nur ein Drittel der durchgeführten Einbeinstände nach initialer Auslenkung der Plattform um 10 mm von der Patientengruppe über 10 Sekunden bewältigt werden konnten. Vier Monate nach Operation und Rehabilitation gelangen dann aber zumindest 39 von 75 Durchgängen (= 52,0%) über die volle Zeit. Der Einbeinstand auf dem gegenüberliegenden Bein bereitete den Patienten bei den ersten Messterminen ähnlich große Schwierigkeiten. Nur 23 von 75 Versuchen (= 30,7%) konnten als gültig gewertet werden. Postoperativ konnte dann ein Ergebnis von 41 gestandenen Versuchen oder 54,7% registriert werden. Bei den Einbeinständen mit ausgelenkter Plattform zeigte die Normgruppe deutlich ihre Überlegenheit, denn die hinsichtlich Alter und Geschlecht entsprechenden Probanden absolvierten sowohl rechts wie links 80,0% ihrer Durchgänge erfolgreich.

Tab. 41, 42 und 43: Ergebnisse der Standzeiten bei den Standversuchen auf dem Therapiegerät „Posturomed“ mit Auslenkung

Patientengruppe prä-OP (n=25), 75 Versuche

Übungsform	Mittelwert	Stabw.	Median	Minimum	Maximum
OP-Bein	5,47 s	+3,63 s	4,0 s	0,0 s	10,0 s
kontralat. Bein	5,34 s	+3,55 s	4,0 s	1,0 s	10,0 s

Patientengruppe post-OP (n=25), 75 Versuche

Übungsform	Mittelwert	Stabw.	Median	Minimum	Maximum
OP-Bein	6,81 s	+3,69 s	10,0 s	0,0 s	10,0 s
kontralat. Bein	6,98 s	+3,61 s	10,0 s	1,0 s	10,0 s

Normgruppe (n=15), 45 Versuche

Übungsform	Mittelwert	Stabw.	Median	Minimum	Maximum
rechts	8,44 s	+3,20 s	10,0 s	1,0 s	10,0 s
links	8,48 s	+3,13 s	10,0 s	1,0 s	10,0 s

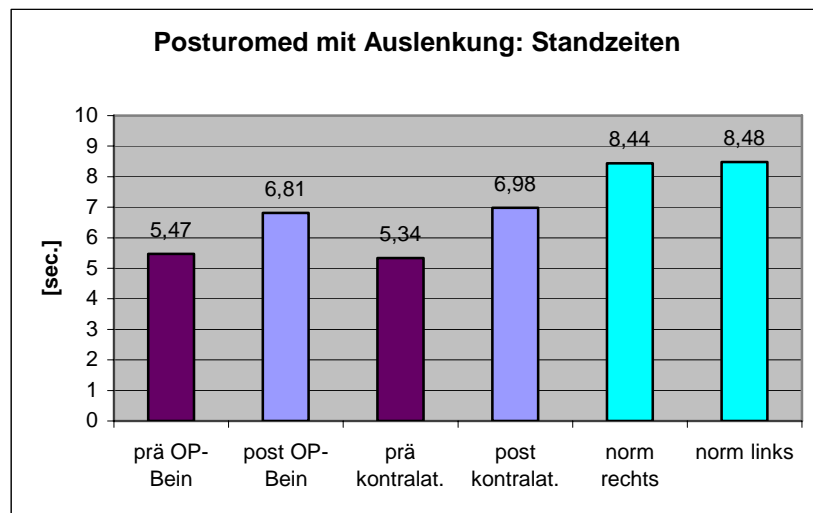


Abb. 55: Grafische Darstellung der Standzeiten auf dem „Posturomed“ mit ausgelegter Platte auf Basis der arithmetischen Mittelwerte

Ein Blick auf die Standzeiten in den Tabellen 40 bis 42 sowie in Abbildung 55 untermauert diese Aussagen. Wie auch schon bei den Versuchen ohne ausgelegte Plattform, sind auch hier alle Verläufe von prä- zu postoperativ als statistisch signifikant zu bezeichnen (vgl. Tab. 44).

Tab. 44: Test auf Signifikanz beim „Posturomed“ mit Auslenkung

Gerät	Übung	Errechnetes Intervall	Signifikanz
II.b Posturomed m. A. (Versuche)	Einbeinstand OP-Bein	0,92; 0,20	+++
	Einbeinstand kontralateral	1,07; 0,37	+++
II.b Posturomed m. A. (Zeit)	Einbeinstand OP-Bein	2,18; 0,49	+++
	Einbeinstand kontralateral	2,54; 0,74	+++

3.5.3 Darstellung der Defizite in der Patientengruppe

3.5.3.1 Einbeinstände auf dem „Posturomed“ ohne Auslenkung

Betrachtet man abermals die Ergebnisse der Normgruppe als Referenzwert, so erhielten wir hinsichtlich der gültigen Versuche bei nicht ausgelegter Plattform Defizite von präoperativ 41,8% für das zu operierende Bein und von 33,5%

kontralateral. Bei den reinen Standzeiten fielen die Unterschiede nicht ganz so deutlich aus, bestätigen aber die Tendenz. Auch hier war das betroffene Bein mit einem Defizit von zunächst 22,7% hinsichtlich des Gleichgewichtvermögens schlechter als das gegenüberliegende Bein, dem 13,9% auf die Normgruppe fehlten. Vier Monate nach Einbau einer Kniegelenktotalendoprothese waren diese Defizite sehr stark zurückgegangen. Bei der Anzahl gestandener Versuche fehlten den Patienten mit dem nun operierten Bein nur noch 8,3%. Betrachtet man die Standzeiten, so waren es noch 5,7% Differenz. Bei der gegenüberliegenden Seite waren bei den postoperativen Messungen anhand der Fehlversuche nur noch Unterschiede von 7,6% nachweisbar. Schaut man sich die Standzeiten an, so lagen die Patienten mit der Normgruppe hier absolut auf Augenhöhe bzw. waren sogar leicht besser.

Tab. 45: Berechnungen relativer Testdefizite auf Basis der gültigen Versuche

	Prä-OP (n=25)	Post-OP (n=25)	Norm (n=15)	
Einbeinst. OP	35 von 75 41,8%	55 von 75 8,3%	36 von 45 Referenz	(re. 56%, li. 44%):
Einbeinst. k-lat.	41 von 75 33,5%	57 von 75 7,6%	37 von 45 Referenz	(re. 44%, li. 56%):

Tab. 46: Berechnungen relativer Testdefizite auf Basis der Standzeiten

	Prä-OP (n=25)	Post-OP (n=25)	Norm (n=15)	
Einbeinst. OP	6,95 s 22,7%	8,48 s 5,7%	8,99 s Referenz	(re. 56%, li. 44%):
Einbeinst. k-lat.	7,73 s 13,9%	9,02 s 0%	8,98 s Referenz	(re. 44%, li. 56%):

3.5.3.2 Einbeinstände auf dem „Posturomed“ mit Auslenkung

Beim Erschweren der Einbeinstandversuche auf dem „Posturomed“ durch anfängliche Auslenkung der Plattform um 10 mm konnten sehr große Defizite beim statischen Gleichgewicht in der Patientengruppe nachgewiesen werden. Diese verringerten sich zwar durch die Therapiemaßnahmen Operation und Rehabilitation deutlich, verblieben aber in durchaus beträchtlichem Umfang auch vier Monate postoperativ. Dazu die genauen Zahlen: Vor der Implantation einer Knie totalprothese bestand in der Patientengruppe beim Einbeinstand auf dem zu operierenden Bein mit ausgelenkter Plattform ein Defizit von 58,3%

hinsichtlich der Anzahl gültiger Versuche und von 35,3% hinsichtlich der Standzeiten. Dieses konnte vier Monate später mit Restdefiziten in Höhe von 35,0% (Versuche) bzw. 19,5% (Standzeit) als gebessert herausgearbeitet werden. Auf der kontralateralen Seite zeigten sich fast die gleichen Resultate. Das anfängliche Defizit gegenüber der Normgruppe betrug dort 61,7% (Fehlversuche) bzw. 36,9% (Standzeit). Bei der zweiten Messung bleiben ebenfalls deutliche Restdefizite mit 31,7% hinsichtlich der gültigen Versuche und mit 17,5% im Hinblick auf die Standzeiten bestehen.

Tab. 47: Berechnungen relativer Testdefizite auf Basis der gültigen Versuche

	Prä-OP (n=25)	Post-OP (n=25)	Norm (n=15)	
Einbeinst. OP	25 von 75 58,3%	39 von 75 35,0%	36 von 45 Referenz	(re. 56%, li. 44%):
Einbeinst. k-lat.	23 von 75 61,7%	41 von 75 31,7%	36 von 45 Referenz	(re. 44%, li. 56%):

Tab. 48: Berechnungen relativer Testdefizite auf Basis der Standzeiten

	Prä-OP (n=25)	Post-OP (n=25)	Norm (n=15)	
Einbeinst. OP	5,47 s 35,3%	6,81 s 19,5%	8,46 s Referenz	(re. 56%, li. 44%):
Einbeinst. k-lat.	5,34 s 36,9%	6,98 s 17,5%	8,46 s Referenz	(re. 44%, li. 56%):

3.6 Sternschritt-Test

3.6.1 Messgröße und deren Bedeutung

Die Zeit, die ein Proband benötigte, um drei Abfolgen des Sternschritts im Uhrzeigersinn zu bewältigen, war die Messgröße beim Sternschritt-Test. Je kürzer diese ausfiel, das heißt je schneller der Proband die Testabfolge korrekt durchführen konnte, desto besser ist es um seine dynamische Gleichgewichtsfähigkeit bestellt.

3.6.2 Darstellung der Ergebnisse

Die einzelnen Ergebnisse sind den Tabellen 49 bis 51 zu entnehmen. Demnach benötigten die Patienten vor der Operation für ihren ersten gewerteten Test-

durchgang durchschnittlich 20,87 Sekunden und für den zweiten 18,18 Sekunden. Vier Monate später waren sie mit 16,80 und 14,77 Sekunden um 4,07 bzw. 3,41 Sekunden schneller als noch vor dem Eingriff. Dies entsprach relativen Steigerungen von 19,5% in Durchgang 1 bzw. 18,8% für Durchgang 2. Rechnet man beide gewerteten Testdurchgänge zusammen, so ergibt sich prä-operativ ein arithmetisches Mittel von 19,52 Sekunden und vier Monate post-operativ ein durchschnittliches Ergebnis von 15,79 Sekunden. Dies entspricht einer absoluten Zeitersparnis von 3,73 Sekunden und relativen von 19,1%. Wie aus Tabelle 52 hervorgeht, handelte es sich dabei um eine statistisch signifikante Verbesserung der dynamischen Gleichgewichtsfähigkeit.

Tab. 49, 50 und 51: Ergebnisse des Sternschritt-Tests

Patientengruppe prä-OP (n=25)

Übungsform	Mittelwert	Stabw.	Median	Minimum	Maximum
Durchgang 1	20,87 s	+6,0 s	18,69 s	10,81 s	33,67 s
Durchgang 2	18,18 s	+5,84 s	15,96 s	9,54 s	33,66 s
Gesamt	19,52 s	+6,01 s	18,07 s	9,54 s	33,67 s

Patientengruppe post-OP (n=25)

Übungsform	Mittelwert	Stabw.	Median	Minimum	Maximum
Durchgang 1	16,80 s	+4,32 s	16,17 s	9,66 s	27,60 s
Durchgang 2	14,77 s	+3,92 s	13,86 s	9,10 s	24,07 s
Gesamt	15,79 s	+4,21 s	15,03 s	9,10 s	27,60 s

Normgruppe (n=15)

Übungsform	Mittelwert	Stabw.	Median	Minimum	Maximum
Durchgang 1	15,02 s	+5,71 s	12,85 s	9,42 s	27,79 s
Durchgang 2	13,30 s	+4,79 s	12,73 s	8,06 s	23,48 s
Gesamt	14,16 s	+5,25 s	12,74 s	8,06 s	27,79 s

Tab. 52: Test auf Signifikanz beim Sternschritt-Test

Gerät	Übung	Errechnetes Intervall	Signifikanz
III. Sternschritt-Test (Zeit)	Mittelwert Durchgänge 1+2	-2,07; -5,40	+++

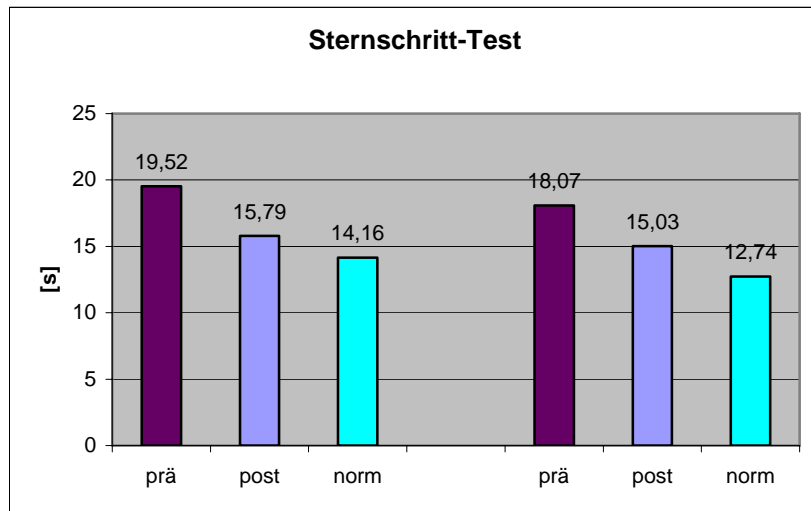


Abb. 56: Vergleich der arithmetischen Mittelwerte (links) und Medianwerte (rechts) von prä- und postoperativem Patientenergebnis mit der Normgruppe

3.6.3 Darstellung der Defizite in der Patientengruppe

Tab. 53: Berechnungen relativer Defizite beim Sternschritt-Test

	Prä-OP (n=25)	Post-OP (n=25)	Norm (n=15)
Durchgang 1:	20,87 s 39,0%	16,80 s 11,9%	15,02 s Referenz
Durchgang 2:	18,18 s 36,7%	14,77 s 11,1%	13,30 s Referenz
Gesamtergebnis:	19,52 s 37,9%	15,79 s 11,5%	14,16 s Referenz

Das Defizit der Patienten vor dem Gelenkersatz beim ersten Testdurchgang betrug durchschnittlich 39,0%, postoperativ aber nur noch 11,9%. Auch Testdurchgang 2 zeigte ein ganz ähnliches Bild: Hier waren die Patienten zunächst um 36,7% langsamer, konnten dieses Defizit im Verlauf der viermonatigen Therapiephase jedoch auf 11,1% verringern. Insgesamt war also vor der Operation von einem 37,9%-igen Defizit beim dynamischen Gleichgewicht zu sprechen, das nach vier Monaten nur noch 11,5% betrug.

3.7 Kraftmessungen per „DigiMax“-Kraftaufnehmer

3.7.1 Messgröße und deren Bedeutung

Die ausgeübte Maximalkraft während über 5 Sekunden mit maximaler Intensität durchgeführter isometrischer Flexion- bzw. Extension wurde per „DigiMax“-Kraftaufnehmer gemessen. Höhere Werte sprechen dabei naturgemäß für bessere Kraftverhältnisse.

3.7.2 Darstellung der Ergebnisse

3.7.2.1 Flexion

Für die Maximalkraft der kniegelenksumgebenden Flexoren konnte in der Patientengruppe am zu operierenden Bein präoperativ ein Durchschnittswert von 87,94 N gemessen werden. Vier Monate postoperativ waren durchschnittliche Steigerungen von 14,05 N (= +16,0%) aufgetreten, so dass ein arithmetisches Mittel von 101,98 N registriert wurde. Bei den Vergleichsmessungen am kontralateralen Kniegelenk erhielten wir ganz ähnliche Werte. Der Ausgangsstatus lag hier mit durchschnittlich 87,39 N nur minimal unter dem der zu operierenden Seite. Nach fast identischen Steigerungen um 15,11 N oder 17,3% war auch der postoperative Durchschnittswert des gegenüberliegenden Beines mit 102,50 N auf einem Niveau mit der OP-Seite.

Tab. 54, 55 und 56: Ergebnisse bei maximaler isometrischer Flexion (Auswertung „best of 3“)

Patientengruppe prä-OP (n=25), je 25 beste Versuche

FLEXION (best of 3)	Mittelwert	Stabw.	Median	Minimum	Maximum
OP-Bein	87,94 N	+43,92 N	78,48 N	35,32 N	205,03 N
kontralat. Bein	87,39 N	+42,70 N	70,63 N	36,30 N	172,66 N

Patientengruppe post-OP (n=25), je 25 beste Versuche

FLEXION (best of 3)	Mittelwert	Stabw.	Median	Minimum	Maximum
OP-Bein	101,98 N	+54,14 N	112,81 N	23,56 N	234,46 N
kontralat. Bein	102,50 N	+57,98 N	103,00 N	20,74 N	250,16 N

Normgruppe (n=15), je 15 beste Versuche

FLEXION (best of 3)	Mittelwert	Stabw.	Median	Minimum	Maximum
rechts	133,68 N	+72,24 N	115,76 N	46,11 N	290,38 N
links	146,17 N	+75,62 N	131,45 N	45,13 N	286,45 N

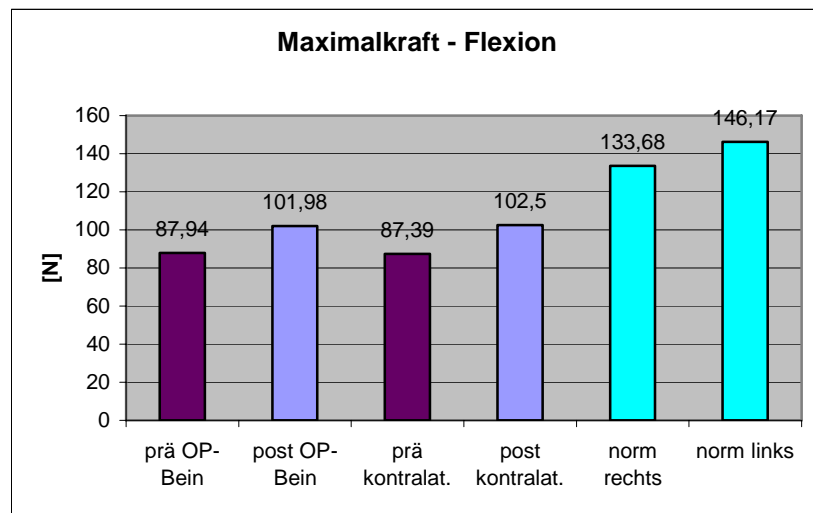


Abb. 57: Grafische Darstellung der Maximalkräfte der Flexoren

Die Ergebnisse der Normgruppe erbrachten bei den Flexionen deutlich höhere Werte mit durchschnittlich 133,68 N rechts und sogar 146,17 N links.

Tab. 57, 58 und 59: Ergebnisse bei maximaler isometrischer Flexion (unter Berücksichtigung aller Durchgänge)

Patientengruppe prä-OP (n=25), alle 75 Versuche

FLEXION	Mittelwert	Stabw.	Median	Minimum	Maximum
OP-Bein	80,83 N	+40,37 N	75,54 N	26,29 N	205,03 N
kontralat. Bein	80,68 N	+41,01 N	67,69 N	24,02 N	172,66 N

Patientengruppe post-OP (n=25), alle 75 Versuche

FLEXION	Mittelwert	Stabw.	Median	Minimum	Maximum
OP-Bein	92,21 N	+48,28 N	100,06 N	21,19 N	234,46 N
kontralat. Bein	90,70 N	+52,12 N	83,38 N	15,12 N	250,16 N

Normgruppe (n=15), alle 45 Versuche

FLEXION	Mittelwert	Stabw.	Median	Minimum	Maximum
rechts	123,08 N	+66,77 N	108,89 N	38,26 N	290,38 N
links	135,04 N	+69,43 N	126,06 N	40,22 N	286,45 N

3.7.2.2 Extension

Bei der Untersuchung der Maximalkräfte der kniegelenksumgebenden Extensorengruppe zeigten sich im Gegensatz zu den Flexoren deutlichere Unterschiede zwischen OP-Bein-Seite und gegenüberliegender Seite. Vor der geplanten Implantation einer Knieprothese konnten die Patienten das Kniegelenk des betroffenen Beins lediglich mit einer Maximalkraft von durchschnittlich 158,45 N strecken. Vier Monate später erreichten sie bei den post-

operativen Messungen immerhin schon eine mittlere Maximalkraft von 221,86 N. Dies entsprach einer Steigerung um 63,41 N oder anders ausgedrückt um 40,0%. Kontralateral erreichten die Patienten dagegen schon präoperativ eine Maximalkraft von 197,61 N. Auch hier konnten sie im Studienverlauf noch einmal beträchtlich zulegen und erreichten nach vier Monaten Werte von 261,24 N. Die Probanden der Patientengruppe hatten sich also auch auf der nicht operierten Seite mit 63,63 N oder +32,2% in erheblicher Form verbessern können. Der Vergleich mit der Normgruppe zeigte bei den Extensoren noch größere Unterschiede zwischen den Patienten und beingesunden Probanden als bei den Flexoren. In dieser Gruppe wurden nämlich durchschnittliche Werte von 329,55 N rechts und 364,74 N links erreicht.

Tab. 60, 61 und 62: Ergebnisse bei maximaler isometrischer Extension (Auswertung „best of 3“)

Patientengruppe prä-OP (n=25), je 25 beste Versuche

EXTENSION (best of 3)	Mittelwert	Stabw.	Median	Minimum	Maximum
OP-Bein	158,45 N	+72,63 N	155,00 N	59,84 N	337,46 N
kontralat. Bein	197,61 N	+101,06 N	153,04 N	81,42 N	439,49 N

Patientengruppe post-OP (n=25), je 25 beste Versuche

EXTENSION (best of 3)	Mittelwert	Stabw.	Median	Minimum	Maximum
OP-Bein	221,86 N	+123,28 N	195,22 N	54,94 N	423,79 N
kontralat. Bein	261,24 N	+135,21 N	240,34 N	29,91 N	469,90 N

Normgruppe (n=15), je 15 beste Versuche

EXTENSION (best of 3)	Mittelwert	Stabw.	Median	Minimum	Maximum
rechts	329,55 N	+143,93 N	346,29 N	129,49 N	568,00 N
links	364,74 N	+187,48 N	378,67 N	116,74 N	672,97 N

Tab. 63, 64 und 65: Ergebnisse bei maximaler isometrischer Extension (unter Berücksichtigung aller Durchgänge)

Patientengruppe prä-OP (n=25), alle 75 Versuche

EXTENSION	Mittelwert	Stabw.	Median	Minimum	Maximum
OP-Bein	145,33 N	+70,90 N	127,53 N	53,95 N	337,46 N
kontralat. Bein	177,44 N	+94,17 N	143,23 N	59,84 N	439,49 N

Patientengruppe post-OP (n=25), alle 75 Versuche

EXTENSION	Mittelwert	Stabw.	Median	Minimum	Maximum
OP-Bein	201,88 N	+113,08 N	168,73 N	41,20 N	423,79 N
kontralat. Bein	238,61 N	+124,54 N	239,36 N	28,03 N	469,90 N

Normgruppe (n=15), alle 45 Versuche

EXTENSION	Mittelwert	Stabw.	Median	Minimum	Maximum
rechts	308,82 N	+141,10 N	297,24 N	87,31 N	568,00 N
links	339,23 N	+174,93 N	349,24 N	105,95 N	672,97 N

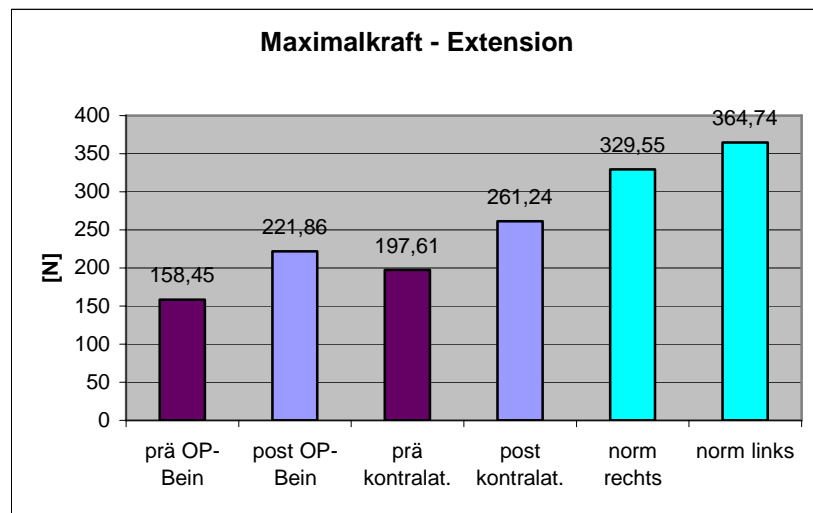


Abb. 58: Grafische Darstellung der tatsächlichen Maximalkräfte bei den isometrischen Maximalkraftmessungen der Extensoren

Der nachfolgenden Tabelle 66 ist zu entnehmen, dass lediglich die Verläufe der Extensorenmaximalkräfte als statistisch signifikante Verbesserungen zu interpretieren sind. Dagegen ist dies für die Maximalkraft der Beugemuskelatur weder am OP-Bein noch kontralateral anzunehmen.

Tab. 66: Test auf Signifikanz bei den Maximalkraftmessungen per „DigiMax“

Gerät	Übung	Errechnetes Intervall	Signifikanz
IV. DigiMax-Maximalkraft (best of 3)	OP-Bein: Flexion	34,49; -6,40	---
	kontralat. Bein: Flexion	38,38; -8,61	---
	OP-Bein: Extension	112,32; 14,50	+++
	kontralat. Bein: Extension	115,26; 12,00	+++
IV. DigiMax-Maximalkraft (alle Versuche)	OP-Bein: Flexion	29,78; -7,02	---
	kontralat. Bein: Flexion	32,08; -12,05	---
	OP-Bein: Extension	100,92; 12,17	+++
	kontralat. Bein: Extension	106,88; 15,44	+++

3.7.3 Darstellung der Defizite in der Patientengruppe

3.7.3.1 Flexion

Anhand unten stehender Tabellen lassen sich die relativen Defizite der Patientengruppe im Vergleich zu den Resultaten der Normgruppenprobanden

herauslesen. Präoperativ war von einem Maximalkraftdefizit der Flexoren des zu operierenden Beines von 36,8% auszugehen. Vier Monate postoperativ betrug dieses nur noch 26,7%. Kontralateral war zunächst ein Defizit von 37,9% bei den Beugern festgestellt worden, das im Studienverlauf aber auf 27,1% gesenkt werden konnte.

Tab. 67 und 68: Berechnungen relativer Defizite bei der Maximalkraft der Flexoren auf Basis der arithmetischen Mittelwerte

FLEXION (best of 3)	Prä-OP (n=25)	Post-OP (n=25)	Norm (n=15)	
OP-Bein	87,94 N 36,8%	101,98 N 26,7%	139,18 N Referenz	(re. 56%, li. 44%):
kontralat. Bein	87,39 N 37,9%	102,50 N 27,1%	140,67 N 100%	(re. 44%, li. 56%):

FLEXION (best of 3)	Prä-OP (n=25)	Post-OP (n=25)	Norm (n=15)	
OP-Bein	80,83 N 37,0%	92,21 N 28,2%	128,34 N Referenz	(re. 56%, li. 44%):
kontralat. Bein	80,68 N 37,8%	90,70 N 30,1%	129,78 N Referenz	(re. 44%, li. 56%):

3.7.3.3 Extension

Tab. 69 und 70: Berechnungen relativer Defizite bei der Maximalkraft der Extensoren auf Basis der arithmetischen Mittelwerte

EXTENSION (best of 3)	Prä-OP (n=25)	Post-OP (n=25)	Norm (n=15)	
OP-Bein	158,45 N 54,1%	221,86 N 35,7%	345,03 N Referenz	(re. 56%, li. 44%):
kontralat. Bein	197,61 N 43,4%	261,24 N 25,2%	349,26 N Referenz	(re. 44%, li. 56%):

EXTENSION (best of 3)	Prä-OP (n=25)	Post-OP (n=25)	Norm (n=15)	
OP-Bein	145,33 N 54,9%	201,88 N 37,3%	322,20 N Referenz	(re. 56%, li. 44%):
kontralat. Bein	177,44 N 45,6%	238,61 N 26,8%	325,85 N Referenz	(re. 44%, li. 56%):

Verglichen mit den Defiziten der Flexoren waren die im folgenden besprochenen Defizite der Patientengruppe bezüglich der kniegelenksumgebenden Extensionsmuskeln bei den ersten Untersuchungen vor allem am zu operierenden Bein viel stärker sichtbar (54,1% auf OP-Bein-Seite, 43,4% gegenüber). Während der vier Monate konnten sich die Probanden hinsichtlich

der Maximalkraft der Streckmuskulatur beider Beine aber enorm verbessern und wiesen postoperativ nur noch Restdefizite von 35,7% beim operierten Bein und von 25,2% kontralateral auf. Auffällig war hier vor allem, dass das OP-Bein zu beiden Zeitpunkten dem nicht betroffenen Bein unterlegen war.

3.8 Kraftausdauer test

3.8.1 Messgröße und deren Bedeutung

Die Anzahl der korrekt ausgeführten Bewegungswiederholungen in 60 sec. (1 Wiederholung = Extension von 80° auf 20° (gegen die Schwerkraft = bergauf) und Flexion von 20° auf 80° (mit der Schwerkraft = bergab)) war die Messgröße beim Kraftausdauer test. Eine größere Anzahl von Wiederholungen spricht für eine bessere Kraftausdauer.

3.8.2 Darstellung der Ergebnisse

Tab. 71, 72 und 73: Ergebnisse des Kraftausdauer tests

Patientengruppe prä-OP (n=25)

Übungsform	Mittelwert	Stabw.	Median	Minimum	Maximum
OP-Bein	48,40	+18,26	51	5	86
kontralat. Bein	57,16	+18,55	63	15	82

Patientengruppe post-OP (n=25)

Übungsform	Mittelwert	Stabw.	Median	Minimum	Maximum
OP-Bein	57,12	+19,46	59	18	100
kontralat. Bein	64,76	+17,51	67	26	103

Normgruppe (n=15)

Übungsform	Mittelwert	Stabw.	Median	Minimum	Maximum
rechts	73,73	+13,97	77	46	93
links	63,27	+19,87	72	22	89

Vor dem geplanten operativen Eingriff erreichten die Patienten mit dem betroffenen Bein eine Anzahl von durchschnittlich 48,40 Wiederholungen. Kontralateral waren es 57,12 Wiederholungen. Vier Monate später konnte sich die Patientengruppe mit dem operierten Bein auf 57,16 Extensionen und Flexionen steigern. Auch zu diesem Zeitpunkt war die nicht betroffene Seite mit durchschnittlich 64,76 Bewegungsmustern stärker. Diese Ergebnisverläufe entsprechen absoluten Steigerungen von 8,66 Wiederholungen auf der OP-Bein-

Seite und von 7,64 kontralateral. Errechnet man die relativen Verbesserungen, so kann eine Steigerung von 18,0% für das operierte Bein und von 13,3% am kontralateralen Bein festgehalten werden. Beide Verläufe, d.h. am OP-Bein und kontralateral, sind als statistisch signifikant zu bezeichnen, was ein Blick auf Tabelle 74 verrät.

Tab. 74: Test auf Signifikanz beim Kraftausdauerstest

Gerät	Übung	Errechnetes Intervall	Signifikanz
V. Kraftausdauerstest	OP-Bein	15,05; 2,39	+++
	kontralat. Bein	13,17; 2,03	+++

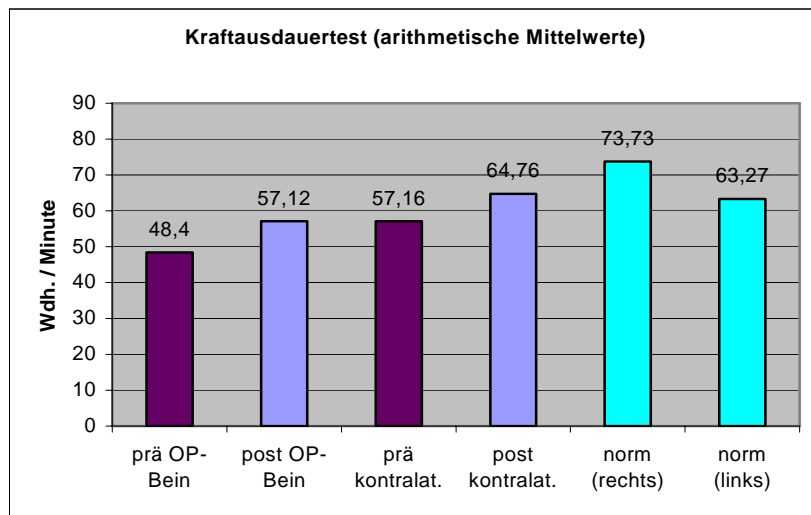


Abb. 59: Ergebnisse des Kraftausdauerstests

3.8.3 Darstellung der Defizite in der Patientengruppe

Auch an dieser Stelle erfolgt die bereits bekannte Berechnung relativer Testdefizite in der Patientengruppe, die abermals tabellarisch dargestellt sind.

Tab. 75: Berechnungen relativer Defizite beim Kraftausdauerstest auf Basis der arithmetischen Mittelwerte

	Prä-OP (n=25)	Post-OP (n=25)	Norm (n=15)	
OP-Bein	48,40 30,0%	57,12 17,4%	69,13 Referenz	(re. 56%, li. 44%):
kontralat. Bein	57,16 15,8%	64,76 4,6%	67,87 Referenz	(re. 44%, li. 56%):

Die Patienten erreichten mit dem zu operierenden Bein vor dem Eingriff lediglich 70,0% des Kraftausdauerergebnisses der Normgruppe. Sie wiesen also hier ein 30,0%-iges Defizit auf, das sie im Verlauf der Studie auf 17,4% senken konnten. Kontralateral fielen die Defizite im Bereich Kraftausdauer mit 15,8% zunächst deutlich geringer aus. Nach vier Monaten waren auch hier nochmals deutliche Verbesserungen erzielt worden, so dass sich die Defizite dieses Bereichs auf 4,6% reduziert hatten.

4. Diskussion

Bei der Dokumentation der Ergebnisse von Operationen und Therapie-schemata, werden im allgemeinen Mischformen von Testverfahren gefordert und angestrebt (14), d.h. sowohl subjektive als auch objektive Testverfahren sollen zum Einsatz kommen. So wird die Erfassung klinischer und funktioneller Ergebnisse nach Implantation einer Kniegelenktotalendoprothese mittels Patientenfragebögen, klinischem Score und konkreten naturwissenschaftlichen Testverfahren heute als notwendiges Standardverfahren angesehen (112). Genau diesen Ansprüchen gerecht zu werden, war eine Vorgabe bei der Zusammenstellung der Testverfahren. Ein eigens für diese Untersuchung entworfener Fragebogen, sowie der standardisierte SF-36-Fragebogen dienen als rein subjektive Messinstrumente. Mit dem Bristol-Score wurde ein zu 70% subjektiver und zu 30% objektiver klinischer Score ausgewählt. Die übrigen Testverfahren der Blöcke „Koordination“ (Forceplate, Posturomed und Sternschritt-Test) und „Kraftverhalten“ (Kraftmessungen per „DigiMax“ und Kraftausdauer-test) können als objektiv bezeichnet werden. Allerdings ist anzumerken, dass die Motivationslage der Probanden entscheidenden Einfluss auf die Ergebnisse nehmen kann, so dass manche Leser die Testverfahren als lediglich „semi-objektiv“ einstufen dürften (42).

4.1 Probandengut und anamnestische Daten

Die in der Patientengruppe zu beobachtende Geschlechtsverteilung mit insgesamt 29 Patienten, 19 Frauen (= 65,5%) und 10 Männern (= 34,5%), bzw. nach Abzug der Dropouts mit 15 Frauen (= 60%) und 10 Männern (= 40%), entspricht nur tendenziell den Ergebnissen anderer Studien. In der bestehenden Literatur ist häufig ein noch größerer Anteil der Frauen beschrieben (40, 63, 71, 121, 179, 204, 209). Bei der Zusammenstellung der Normgruppe wurde das Verhältnis von 60% zu 40% berücksichtigt und exakt realisiert.

Das durchschnittliche Alter der Patienten ist dagegen mit oben genannten Literaturstellen konform. Die Altersspanne fällt mit 57,4 bis 83,8 Jahren relativ

klein aus – ein Effekt, den auch Hahn in seiner Arbeit über Knieendoprothesepatienten in Tübingen beschreibt (71). Bei der Auswertung und Interpretation der Daten der Normgruppenprobanden ist darauf zu achten, dass diese mit durchschnittlich 64,6 Jahren etwas jünger sind als die Patienten (69,1 Jahre).

Neben dem Alter spielt vor allem auch das Verhältnis von Körpergewicht und Körpergröße eine entscheidende Rolle bei der Ätiologie der Gonarthrose (50, 124, 132, 145, 179). Hier zeigen sich erwartungsgemäß auch die größten Unterschiede zwischen Patienten- und Normgruppe. Bereits 1973 fanden Leach et al (124) heraus, dass 83% der Frauen und 35% der Männer mit Gonarthrose übergewichtig sind. Als ursächlich für diese Übergewichtigkeit ist einerseits die ernährungsbedingte Adipositas, andererseits aber auch die zunehmende Immobilität der Patienten bei vorhandenen Beschwerden anzusehen (204).

Hinsichtlich Berufs- und speziell der Sportanamnese von Gonarthrose und Knieendoprothesepatienten können in der Literatur durchaus widersprüchliche Aussagen gefunden werden. So berichten beispielsweise Baker et al. (4) über einen Zusammenhang zwischen Sport bzw. körperlicher Aktivität und akuten oder degenerativen Meniskusläsionen, die ihrerseits zur Entwicklung von arthrotischen Gelenkbeschwerden führen können. Beim Miranda et al. (145) wird der Einfluss kniebelastender Arbeit auf Kniegelenksbeschwerden geschildert, der Zusammenhang zwischen sportlicher Aktivität und Knieschmerzen gilt laut diesen Autoren nicht als sicher. Dies mag folgende Überlegung verdeutlichen: Sportarten, wie z.B. Fußball, Skifahren oder Kampfsportarten, die mit einem größeren Risiko von Knieverletzungen assoziiert sind (166), müssen sicherlich als Risikofaktor für die Entstehung einer (sekundär post-traumatischen) Gonarthrose gelten. Andererseits hat Sport bzw. körperliche Aktivität einen positiven Einfluss zur Vermeidung von Übergewichtigkeit, was wiederum das Risiko einer Adipositas assoziierten Gonarthrose verringert. So werden in der Praxis häufig kniegelenksschonende Sportarten wie Schwimmen und Radfahren vielen Patienten mit Kniegelenksbeschwerden zur Prävention von Arthrose empfohlen. Beim Vergleich von Patienten- und Normgruppe dieser Untersuchung ist allerdings auffällig, dass in beiden Fällen extreme Belastungen wie „schwere körperliche Arbeit“ und „Hochleistungssport“ lediglich in

der Patientengruppe genannt wurden. Dabei könnte dies einerseits durch die kleinen Gruppengrößen als zufallsbedingt interpretiert werden, andererseits ist aber auch hier ein Zusammenhang von größter körperlicher Belastung und der Entwicklung einer Arthrose abzuleiten. Die Sportanamnese in Bezug auf aktuelle Aktivitäten zeigte erwartungsgemäß deutliche Unterschiede zwischen beiden Studiengruppen. Der Anteil regelmäßig Sport treibender Probanden ist bei der Normgruppe deutlich größer. Erfreulich zu werten ist, dass sich im Studienverlauf der Anteil nicht sportlich aktiver Patienten von über 50% auf unter ein Drittel reduzierte.

Die Häufigkeitsverteilung der Einweisungsdiagnose zur Kniegelenktotalendoprothese in dieser Studie zeigt einen überdurchschnittlich großen Anteil von Varusgonarthrosen und differiert somit gegenüber der Häufigkeitsverteilung einer Vorstudie (204). Auffällig ist zudem, dass die idiopathische Gonarthrose mit 12% einen nur geringen Anteil ausmacht. Von vielen Autoren wird diese als häufigste Form der Gonarthrose postuliert (30). Aufgrund der kleinen Gruppengröße von 25 gewerteten Patienten können hier aber sicher keine weiteren Schlüsse gezogen werden.

Bei der betroffenen Körperseite ergab sich ein leichtes Übergewicht von 56% zu 44% zugunsten der rechten Seite. Generell scheint das Risiko einer Gonarthrose am rechten Kniegelenk etwas größer zu sein, was auch in der bestehenden Literatur bestätigt wird (132, 151).

Einen weiteren wichtigen Punkt stellen die Auswirkungen bzw. Einflüsse der Ein- und Ausschlusskriterien dieser Studie dar. Dadurch erfolgte mit Sicherheit eine gewisse Vorselektion, da sturzanfällige und weniger leistungsfähig erscheinende Patienten von vornherein nicht an den Untersuchungen teilnahmen. Somit ist das untersuchte Patientenkollektiv dieser Studie als etwas leistungstärker einzuschätzen, verglichen mit der Grundgesamtheit aller Patienten vor und nach Implantation einer Kniegelenktotalendoprothese. Bei der Interpretation von Steigerungen prä- zu postoperativ und insbesondere beim Vergleich mit den Probanden der Normgruppe sollte der kritische Leser dies im Hinterkopf behalten. Allerdings wirkt diesem Effekt die Tatsache entgegen, dass die Probanden der Normgruppe im Schnitt etwas jünger waren. Die Kriterien

wurden in erster Linie deshalb gewählt, weil zum einen ein Sturzereignis bei Prothesenträgern unbedingt zu vermeiden ist (44) und weil eine gesundheitliche Gefährdung durch die teils sehr fordernden Testverfahren ausgeschlossen werden musste. Dass auch andere Autoren mit ähnlichen Fragestellungen solche Ein- und Ausschlusskriterien verwenden, ist ein weiterer Beleg für die Angemessenheit dieses Vorgehens (20, 71, 137, 175, 204).

An der ein oder anderen Stelle des bisherigen Diskussionsteils wurden bereits die relativ kleinen Gruppengrößen von 25 (Patientengruppe) bzw. 15 (Normgruppe) Probanden einschränkend erwähnt. Dadurch muss die Aussagekraft der durchgeführten Untersuchungen insgesamt als eingeschränkt bezeichnet werden. Größenordnungen von – wie in diesem Fall – ca. 40 Probanden können aber auch in anderen Studien angetroffen werden (20, 71, 209) und sind als ein Zugeständnis an die Durchführbarkeit zu werten.

Die im Rahmen des allgemeinen Fragebogens erhobene Anamnese hinsichtlich Beschwerdedauer, Schmerzen, Arztkontakten, Medikamenteneinnahme und sonstiger konservativer Therapiemaßnahmen zielt auf die Gesamtsituation bezüglich gonarthrosetypischer Beschwerden hin. Präoperativ konnte anhand der Schmerzanamnese die Diagnose einer operationswürdigen Gonarthrose in allen Fällen bestätigt werden. Auch die Frage nach der Beschwerdedauer ergab ein für die Arthrose typisches Bild mit oft jahrelanger Symptomatik (41, 84, 152). Postoperativ beklagten die Patienten durchweg deutlich weniger Schmerzen. Somit konnte jeweils eines der wesentlichen Operationsziele – die Schmerzreduktion – erreicht werden. Dies zeigt sich konform zu den Ergebnissen von Vorstudien (204) auch beim Blick auf die Medikamentenanamnese bzgl. Analgetika. Auf die Schmerzreduktion wird nochmals ausführlicher bei der Besprechung der Ergebnisse des Bristol-Scores eingegangen.

Ein häufiges Begleitphänomen bei Patienten mit Gonarthrose sind Beschwerden auch am kontralateralen Kniegelenk bzw. am sonstigen Bewegungsapparat, die oft aufgrund dauernder Entlastung des betroffenen Kniegelenks mit konsekutiver Überlastung anderer Gelenke zustande kommen (204). Dieses Phänomen konnte in der vorliegenden Untersuchung bestätigt werden. Eine deutliche Verbesserung bei den postoperativen Messungen nach

vier Monaten konnte nicht festgestellt werden, vermutlich aufgrund des kurzen Untersuchungsintervalls. Auffällig war weiterhin, dass unter den Normgruppenprobanden ein deutlich geringer Anteil von nur 40% (im Vergleich zu 80% bei den Patienten) über Schmerzen am Bewegungsapparat berichtete. Dies stützt oben genannte „Überlastungstheorie“.

Bei der Befragung nach internistischen oder sonstigen Begleiterkrankungen zeigten sich Patienten- und Normgruppe relativ homogen. Für beide Kollektive kann festgehalten werden, dass etwa ein Drittel der Probanden unter Begleiterkrankungen litt und zwei Drittel beschwerdefrei waren. Dieser Umstand wirkt sich natürlich positiv auf die Vergleichbarkeit der Daten beider Gruppen aus.

Die im Rahmen der Nachuntersuchungen durchgeführte Evaluation des Operationsergebnisses ergab ein für die Tübinger Universitätsklinik erfreuliches Resultat. Über 90% der Patienten drückten vier Monate postoperativ ihre Zufriedenheit aus.

4.2 SF-36 Fragebogen

4.2.1 Methodenkritik SF-36

Nach intensiver Literaturrecherche konnte festgestellt werden, dass mehrere Autoren die Notwendigkeit einer Befragung der Patienten in Bezug auf den von ihnen wahrgenommenen Nutzen nach Implantation eines endoprothetischen Gelenkersatzes postulieren (125, 196). Daher ist es heutzutage üblich, neben radiologischen Kontrollen, Nachsorgeuntersuchungen und klinischen Scores, patientenzentrierte Fragebögen einzusetzen, die gesundheitliche und vor allem funktionelle Gewinne nach Protheseneinbau erfassen sollen. Mit dem SF-36 Fragebogen wurde ein Messinstrument ausgewählt, das die gesundheitsbezogene Lebensqualität misst. Wichtig bei der Betrachtung der Ergebnisse sind vor allem zwei Punkte: Gesundheitsbezogene Lebensqualität ist nicht direkt beobachtbar, sondern ein latentes Konstrukt, das nur indirekt über die Verwendung von Indikatoren erschlossen werden kann (34), und die verwendete Form des SF-36 misst nicht die gesundheitsbezogene Lebensqualität zum Zeitpunkt der Befragung, sondern jeweils in den vier Wochen zuvor. Somit

sind direkte Vergleiche mit den Ergebnissen der anderen Testverfahren schwierig. Ausgewählt wurde der SF-36 Fragebogen aufgrund der internationalen Anerkennung, der weiten Verbreitung zur Messung der gesundheitsbezogenen Lebensqualität (162) und des Vorliegens einer deutschen Normstichprobe, welche die Einordnung der Ergebnisse ohne Befragung der Normgruppe ermöglicht. Zudem werden dem SF-36 erfüllte hohe Testgütekriterien – eine hohe Reliabilität und Validität (133) – attestiert. Diese Testgütekriterien wurden bereits bei Populationen mit Hüft- bzw. Knieprothese und allgemein bei älteren Populationen ausführlich evaluiert (27, 28, 39, 109, 127, 138). Zusätzlich konnte durch Verwendung der Selbstbeurteilungsform des Fragebogens oben geforderter Subjektbezug in der hier vorliegenden Studie gewährleistet werden. Kritisch muss angemerkt werden, dass aus Untersuchungen, welche die Eignung eines allgemeinen Messinstrumentariums wie dem SF-36 gegenüber einem kniespezifischen Score hinsichtlich der Sensivität für krankheitsspezifische Veränderungen der körperlichen Funktionsfähigkeit und der Schmerzwahrnehmung prüften, bekannt ist, dass kniespezifische Scores hier besser differenzieren (27, 109). Durch parallelen Einsatz eines solchen Scores – wie in dieser Studie verwirklicht – kann dieses Problem behoben werden. Bei der Durchführung der eigentlichen Befragungen können die äußeren Einflüsse als gering betrachtet werden. Zu beiden Untersuchungszeitpunkten hatten die Patienten die Bögen einige Tage zuvor per Post erhalten und zu Hause ausfüllen können. Bei Fragen standen die Versuchsleiter zur Verfügung. Placebo-Effekte durch das Ausfüllen in Anwesenheit ärztlichen Personals, wie sie Hahn in seiner Arbeit beschreibt (71), können somit weitestgehend ausgeschlossen werden.

4.2.2 Interpretation der Ergebnisse: SF-36

Zu Frage 1:

Bei der Analyse der Ergebnisse dieser Studie fallen präoperativ vor allem große Defizite in den Bereichen KÖFU, KÖRO und SCHM, also in den vorwiegend physischen Teilbereichen auf. Erkennbare Defizite sind auch in den Teilbereichen VITA, SOFU und EMRO abzuleiten, in den Teilbereichen AGES und

PSYC sind dagegen schon vor vornherein kaum Unterschiede zwischen Patienten und deutscher Normgruppe erkennbar. Dementsprechend ergibt sich für die körperliche Summenskala ein Defizit von ca. 20 Punkten, bei der psychischen Summenskala dagegen gar keines. Es können also Einschränkungen der gesundheitsbezogenen Lebensqualität, erwartungsgemäß vorwiegend im körperlichen Bereich, festgehalten werden, die auch Auswirkungen auf die Vitalität und soziale wie emotionale Rollenfunktion der Patienten zeigen. Deutliche psychische Auswirkungen sind nicht ableitbar. Diese präoperativ gewonnenen Daten entsprechen ziemlich genau den Ergebnissen anderer Studien (102, 114). So berichten beispielsweise Kiebzak et al. (114) in ihrer Veröffentlichung über Ergebnisse des SF-36 bei Patienten vor und nach Implantation einer Hüft- bzw. Kniegelenksendoprothese über deutlichste präoperative Defizite in den Bereichen KÖFU, SCHM und SOFU. Interessante Teilergebnisse dieser Untersuchung waren zudem, dass generell Frauen geringe Werte erzielten als Männer und dass Begleiterkrankungen ebenfalls einen schwachen Einfluss auf das Gesamtergebnis ausübten. Einen Unterschied zwischen präoperativem Ergebnis beim SF-36 von Hüft- gegenüber Kniepatienten konnten die Autoren nicht nachweisen.

Zu Frage 2:

Postoperativ ergaben sich in allen Subskalen zumindest geringe Steigerungen. So bleibt in dieser Untersuchung bereits vier Monate nach Implantation einer Knie-TEP die generelle Verbesserung der gesundheitsbezogenen Lebensqualität festzuhalten. Ein Effekt, der auch durch die Ergebnisse vieler weiterer Untersuchungen mit ähnlicher Fragestellung bestätigt wird (7, 11, 43, 102, 103, 113, 114). Die deutlichsten Steigerungen hinsichtlich des Punktwertes beim SF-36 stellten sich in den Subskalen KÖFU und SCHM ein. Auch die Teilbereiche KÖRO und SOFU zeigen immer noch große Fortschritte. Diese Entwicklungen konnten ebenfalls bereits in Vorstudien gezeigt werden und sind demnach als literaturkonform zu bezeichnen (11, 114). Geringe Steigerungen ergab auch die Kategorie VITA. In den Teilbereichen AGES und PSYC kann allenfalls von minimalen Veränderungen gesprochen werden. Beim Blick auf die Summenskalen wird klar, dass die insgesamt festzustellende Steigerung der

gesundheitsbezogenen Lebensqualität auch in der vorliegenden Untersuchung nur den körperlichen Verbesserungen zugeschrieben werden kann. Im psychischen Bereich fanden kaum nennenswerte Veränderungen statt. Allerdings hatten die Patienten hier schon präoperativ einen sogar leicht besseren Punktwert als die deutsche Normpopulation erreicht. Darüber berichten auch Bert et al. und Kiebzak et al. (11, 114). Der Vergleich mit den Daten der Normpopulation zeigt weiterhin, dass postoperative Defizite eigentlich nur noch in den physischen Subskalen bestehen, also in den Bereichen, in denen im Studienverlauf die größten Steigerungen zu beobachten waren. Es bleibt zu vermuten, dass bei weiteren Follow-up-Messungen diese Defizite mit der Zeit weiter abnehmen bzw. sogar ganz verschwinden könnten. Allerdings muss hier kritisch angemerkt werden, dass in oben genannten Literaturstellen die deutlichsten Effekte in den ersten drei Monaten zu sehen waren und dass insgesamt bei Patienten nach Implantation einer Kniegelenksendoprothese die Verbesserungen im SF-36 als geringer oder zumindest später auftretend anzusehen sind als bei Patienten nach Einbau einer Hüftprothese (103, 114).

4.3 Bristol-Score

4.3.1 Methodenkritik Bristol-Score

Der in dieser Studie als krankheitsspezifisches Messinstrument verwendete Bristol-Score kann als typisches Beispiel eines klinischen Scores zur Bestimmung von Ergebnissen nach endoprothetischem Kniegelenkersatz angesehen werden. Es handelt sich um einen Score, der speziell für Fragestellungen im Zusammenhang mit Kniegelenksprothesen am Winford Orthopaedic Hospital in Bristol (GB) von Mackinnon und seiner Arbeitsgruppe erstellt wurde (129). Der Bristol-Score wurde aus verschiedenen zur Verfügung stehenden Kniegelenkscores ausgewählt, da er zum einen relativ häufig in der bestehenden Literatur verwendet wird und weil er zum anderen aufgrund seines Aufbaus besonders für die Phase der frühen Rehabilitation nach Implantation einer Kniegelenkprothese geeignet ist (71).

Scores unterscheiden sich grundsätzlich vor allem hinsichtlich ihres Spezifitätsgrades. So sind einerseits Systeme vorhanden, die ganz allgemein den Funktionsgewinn nach einer Prothesenimplantation – ganz gleich an welchem Gelenk – festhalten, andererseits gibt es Scores, die gerade nur für ein Gelenk einzusetzen sind, dies aber unabhängig von der medizinischen Intervention (119). Trotz der Vielfalt an Score-Systeme, die von manchen Autoren als regelrechte „Scoreflut“ beschrieben wird (37), konnten sich in den vergangenen Jahren einige Scores für Fragestellungen rund um das Thema Implantation einer Kniegelenk(total)endoprothese etablieren. So wurden in der Vergangenheit Studien durchgeführt, die beispielsweise verschiedene Score-Systeme in Zusammenhang mit Kniegelenkersatz direkt miteinander vergleichen. Bach et al. untersuchten 2002 vier für diese Fragestellung gebräuchliche Scores, den Hungerford Score, den Hospital for Special Surgery Score, den Knee Society Score und den Bristol-Score, dem sie dabei die höchsten Korrelationen betreffend Untersucherunabhängigkeit bescheinigten (3). Ein weiterer in der Literatur beschriebener Vorteil des Bristol-Scores ist, dass durch Abänderungen der Originalversion eine bessere Anpassung auf Patienten mit Gonarthrose gelungen ist (119). Als fast logische Konsequenz daraus existieren einige Beispiele für bisherige Anwendungen des Bristol-Scores. MacKinnon et al. verwendeten den Bristol-Score zur Dokumentation der Ergebnisse ihrer Schlittenprothese (129), Broughton et al. untersuchten die Ergebnisse nach Umstellungsosteotomie und nach Implantation einer Schlittenprothese (31). 1997 wurden an 461 Patienten unter anderem mit dem Bristol-Score Untersuchungen zur Überprüfung langfristiger Erfolge nach Prothesenimplantation durchgeführt (2). Ein Jahr später untersuchten Shepperd et al. die unterschiedliche Wirksamkeit ambulanter und stationärer Patientenbetreuung (177). Im gleichen Jahr setzte Hahn den Bristol-Score zur Überprüfung der Effektivität eines vierwöchigen Bewegungsprogramms zur Förderung der koordinativen Fähigkeiten nach Implantation einer Knieprothese an der Universität Tübingen ein (71) und erst 2004 schilderten Gleeson et al. ihre Ergebnisse für Kniegelenksteilprothesen anhand des Bristol-Scores (65). Bremner-Smith et al. überprüften den Bristol-Score an älteren, beingesunden

Probanden, so dass dadurch Ergebnisse einer vergleichbaren Normgruppe in der Literatur bereits bestehen. Kritisch anzumerken bleibt, dass diese Autoren eine negative Korrelation zwischen steigendem Alter bzw. dem Vorhandensein von Begleiterkrankungen und dem Gesamtscore beschreiben. Sie fordern die Berücksichtigung dieser Faktoren (29). In der vorliegenden Studie wurden hinsichtlich Alter und Begleiterkrankungen für die Implantation einer Kniegelenktotalendoprothese typische Probanden untersucht, so dass auf eine getrennte Auswertung verzichtet wird.

4.3.2 Interpretation der Ergebnisse: Bristol-Score

Bremner-Smith et al. geben in oben zitierter Literaturstelle (29) ihre Ergebnisse als „normalised median scores“ an, d.h. den Gesamtscore als prozentuales Ergebnis des theoretisch maximal möglichen Ergebnisses auf Grundlage des Medianwertes. In Klammern sind dort nach analoger Berechnung die Werte für das Minimum bzw. Maximum aufgeführt. Zur besseren Vergleichbarkeit der Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung wird dieses Vorgehen auch besprochen.

Zu Frage 3:

Präoperativ erreichten die Patienten in der Kategorie „FUNCTION“ einen Median von 14 bei 20 maximal in dieser Kategorie möglichen Punkten, also ein 70%-Ergebnis (35-95). In der Kategorie „PAIN“ waren es 0% (0-80), bei „MOVEMENT“ 90% (70-100) und bei „DEFORMITY“ 60% (40-100).

Es bleibt festzuhalten, dass zu diesem Zeitpunkt vor allem die Kniegelenkschmerzen deutlich im Vordergrund standen, dass sowohl was die Funktionalität wie auch die Deformität des Kniegelenks ein verbesserungswürdiges aber noch akzeptables Ergebnis verbucht werden konnte, und dass die Kniegelenksbeweglichkeit nur relativ wenig tangiert war. Dies lässt darauf schließen, dass die meisten der untersuchten Patienten die notwendige Operation nicht übermäßig lange hinausgezögert hatten, da sonst wahrscheinlich deutlichere Bewegungseinschränkungen messbar gewesen wären. Der Gesamtscore fiel mit 54% (34-82) erwartungsgemäß bei den direkt vor der

Operation stehenden Patienten relativ niedrig aus, vor allem aufgrund des großen Gewichtung der Kategorie „PAIN“ beim Gesamtergebnis.

Zu Frage 4:

Im Rahmen der zweiten, postoperativen Messungen konnte für „FUNCTION“ eine deutliche Steigerung auf 85% (55-100), für „PAIN“ eine extreme Verbesserung auf 80% (0-100), für „MOVEMENT“ ein fast identisches Ergebnis bzw. eine leichte Verschlechterung auf 90% (60-100) und für „DEFORMITY“ eine geringe Verbesserung auf 80% (40-100) festgestellt werden. Die deutliche Schmerzreduktion kann als Therapieerfolg hinsichtlich eines der primären Operationsziele, Verminderung der Schmerzen (84), gewertet werden. Sie dürfte auch Grundlage der in Kapitel 4.1 geschilderten postoperativen Patientenzufriedenheit von über 90% sein. Dass auch funktionell ein großer Benefit zu beobachten ist, insbesondere was die Kniegelenksstabilität anbetrifft, deutet weiterhin auf den Therapieerfolg hin. Ebenfalls erfreulich ist der Umstand, dass bei der Betrachtung der Patientenverlaufsdigramme dieser beiden wichtigen Kategorien bei keinem Probanden Verschlechterungen erkennbar sind. Das Ergebnis der Kategorie „MOVEMENT“ enttäuscht auf den ersten Blick ein wenig. Es sollte dabei allerdings bedacht werden, dass generell die Kniegelenksbeweglichkeit – natürlich auch abhängig vom verbauten Prothesentyp – einen gewissen Problembereich in der postoperativen Rehabilitation darstellt (156, 161). In der Literatur sind Steigerungen der Kniegelenksbeweglichkeit auch noch mehrere Monate nach Implantation einer Kniegelenktotalendoprothese beschrieben (161), so dass zu spekulieren bleibt, ob das Ergebnis in weiteren Follow-up-Messungen besser ausgefallen wäre. Außerdem muss man sich in Erinnerung rufen, dass die Patientengruppe mit ihrem präoperativen Ergebnis bereits überraschend gut abgeschnitten hatte, so dass wohl zu wenig Spielraum für weitere Steigerungen vorhanden war. In der Kategorie „DEFORMITY“ waren im Studienverlauf genau wie bei der Kniegelenksbeweglichkeit sowohl Verbesserungen als auch Verschlechterungen zu beobachten. Insgesamt reicht es in diesem Bereich zu einer geringen Steigerung auf 80% (40-100). Dies kann vor allem dadurch erklärt werden, dass der Operateur bei der Prothesenimplantation darum bemüht ist, eventuell

vorhandene Beinachsensdeformitäten auszugleichen und ein mechanisch gerade Beinachse zu realisieren (84).

Postoperativ bleibt festzuhalten, dass in keinem Teilbereich größere Defizite bestehen blieben. Dies drückt sich auch im Verlauf des Gesamtscores aus, der auf 78% (42-100) zunahm. Das Verlaufendiagramm des gesamten Bristol-Scores zeigt ebenfalls bei keinem Patienten eine Verschlechterung. 40% der Patienten erreichten bereits vier Monate postoperativ ein exzellentes Ergebnis, ebenfalls 40% ein gutes, bei 12% bleibt die Einschätzung „fair“ stehen, und nur 8% erreichen nach vier Monaten ein schlechtes Gesamtergebnis beim Bristol-Score. Eine ähnliche Verteilung des postoperativen Gesamtscores beschreiben MacKninnon et al. mit 86% „excellent or good“ und 14% „fair or poor“ (129). Auch Hahn berichtet 1998 (71) über ähnliche Gesamtergebnisse. Der Vergleich mit den von Bremner-Smith et al. (29) ermittelten Normgruppendaten älterer, beingesunder Probanden zeigt allerdings auch vier Monate postoperativ noch erkennbare Restdefizite der Patientengruppe beim Bristol-Score. Die Normprobanden dieser Autoren erreichten einen Gesamtscore von 96% (69-100).

4.4 Untersuchungsblock „Koordination“

4.4.1 Methodenkritik „Koordination“

Die Quantifizierung koordinativer Fähigkeiten und insbesondere des Gleichgewichtssystems gestaltet sich aufgrund der in der Einleitung angesprochenen Komplexität des sensomotorischen Systems incl. Vestibularapparat als äußerst schwierig (42). Komplexität und Geschwindigkeit der Regulationsprozesse sowie fehlende direkte Zugänge zwingen bei der wissenschaftlichen Untersuchung zu erheblichen Vereinfachungen (97).

Trotzdem sind in der Literatur verschiedenste Möglichkeiten, Teilaspekte koordinativer Fähigkeiten zu erforschen bzw zu prüfen, beschrieben. So untersuchten beispielsweise Erler et al. 2001 bzw. 2003 die muskuläre Ansteuerung einzelner Muskeln des Oberschenkels nach Knieendoprothesenimplantation mittels EMG-Mapping (48, 49). Ein weiteres Verfahren ist die Testung propriozeptiver Fähigkeiten anhand geblindeter aktiver oder passiver Be-

wegungsmuster (36, 64, 187). Bereits 1997 formulierten Wegener et al. die Forderung nach verlässlichen Studien zum Gleichgewichts- / Balanceverhalten bei Arthrosepatienten ausgehend von der Feststellung, dass Kraft- und Propriozeptionsdefizite dieses Patientenguts bereits ausreichend dokumentiert seien (201). Dabei nimmt die Gleichgewichtsschulung in der Koordinationsschulung einen besonders wichtige Stellung ein, da sie die allgemeine Bewegungssicherheit fördert (98, 137). Aufgrund dieser Vorbemerkungen wurden in der vorliegenden Studie schwerpunktmäßig koordinative Testverfahren zur Überprüfung des Gleichgewichts bzw. des Balancevermögens unter statischem und dynamischem Aspekt durchgeführt.

Dabei bietet das Gleichgewichtssystem nur Zugänge über die durch okulomotorische bzw. spinalmotorische Efferenzen ausgelösten Bewegungen und Reaktionen. Eine direkte, z.B. morphologische Erfassung von Trainingseffekten – wie nach muskulärer Adaptation – ist nicht möglich. Da die vestibulookulären Reizreaktionen deutlicher ausgeprägt sind als die vestibulospinalen, steht bei vielen Untersuchungen des Gleichgewichtssystems die Nystagmusprüfung im Vordergrund (42). Die hier vorliegende Untersuchung beschäftigt sich allerdings ausschließlich mit Gleichgewichtsuntersuchungen unter vestibulospinalem Aspekt, da die Implantation einer Kniegelenktotalendoprothese keinen Einfluss auf die Okulomotorik, wohl aber auf die Spinalmotorik hat. Aus Vorstudien ist dabei deutlich geworden, dass die Interpretation von Messergebnissen, bezogen auf einen so komplexen Leistungsfaktor wie das Gleichgewicht, durchaus als problematisch anzusehen ist. So bestehen zwischen verschiedenen Probanden interindividuell sehr große Unterschiede bei der Balance. Durch ein Studiendesign mit prä- und postoperativer Messung der gleichen Individuen kann aber der genaue intraindividuelle Verlauf verfolgt und dieser Problematik ein Stück weit begegnet werden (20).

Als Beispiel für einen Test der statischen Gleichgewichtsfähigkeit wird in der bestehenden Literatur der Einbeinstand dargestellt (162). Er taucht auch in zahlreichen von Bös 1987 (22) erläuterten Koordinationstests auf und wurde zudem von vielen mehr (24, 46, 57, 62, 101, 115, 187, 206) als Test für das statische Gleichgewicht bei älteren Personengruppen verwendet. 1999 wurde

der Einbeinstand von Gehrmann (64) für die Zielgruppe Hüftpatienten modifiziert und auf Testgütekriterien untersucht, wobei dem Einbeinstand mit offenen Augen vor allem eine gute Reliabilität bescheinigt werden konnte (64). Gehrmann ließ den Test damals ebenso wie Mayer, der den Test 2004 an einer deutlich größeren Stichprobe durchführte (137), sowohl mit offenen als auch geschlossenen Augen auf einer 1,5 cm Airex-Matte absolvieren und verwendete als maximale Standzeit eine Zeit von 30 Sekunden, da in einer Liste von Bohannon (25) für die durchschnittlichen Standzeiten verschiedener Altersklassen die Werte deutlich unter 30 Sekunden lagen. Mayer gab in seiner Ergebnisdarstellung über die Standzeiten von Hüftarthrose- und Hüftprothesenpatienten arithmetische Mittelwerte von ca. 20-26 Sekunden an, bei allerdings sehr großer Streubreite der Werte von 1-30 Sekunden. Wir verwendeten in unserem Versuchsaufbau demgegenüber relativ kurze maximale Standzeiten von 10 Sekunden, um eine möglichst große Anzahl vollständig gestandener Versuche zu erhalten, weil nur diese auch die Berechnung der im Vordergrund stehenden Wegsignale erlaubten. Für den Einbeinstand mit geschlossenen Augen lagen die Mittelwerte bei Mayer mit ca. 4-7 Sekunden deutlich niedriger (137). Deshalb und weil Gehrmann den Einbeinstand mit geschlossenen Augen als nicht reliabel darstellte (64), wurde darauf verzichtet.

Der Versuchsaufbau der Kraftmessplatte „Forecplate“ stellt ein typisches posturographisches Testverfahren dar, was bereits, zumindest in ähnlicher Form, auch bei anderen Autoren zur Anwendung gekommen ist (77, 78, 120, 201). In diesen Studien konnten Defizite im Bereich Gleichgewichtsvermögen / Balance bei Patienten mit Gonarthrose nachgewiesen werden. Zudem existieren auch schon Ergebnisse für andere Grunderkrankungen, wie beispielsweise den M. Parkinson (88). Neu ist die hier vollzogene Anwendung der Posturographie bei Patienten vor und nach Implantation einer Kniegelenkttotalprothese. Vorteil der Methode ist in erster Linie, dass durch Messung des COP (centre of pressure), zusätzlich zu den Bewertungsmaßstäben „Versuch gültig“ und „erreichte Standzeit“, Angaben über die Schwankungsbreite posturaler Gleichgewichtsreaktionen („postural sway“) in Form von Wegsignalen möglich sind. In der praktischen Durchführung erwies sich unser Versuchsaufbau als

relativ gut durchführbar, allerdings mit folgenden Einschränkungen: Durch die Notwendigkeit der gleichzeitigen Bedienung von Computer (zur Aufnahme der Wegsignale) und Stoppuhr, ergab sich zwangsläufig eine gewisse Ungenauigkeit bei den Zeitangaben. Außerdem bemängelten viele Probanden ein fehlendes Geländer um die Kraftmessplatte – wie etwa beim Posturomed realisiert – mit der Möglichkeit, sich im Zweifelsfall dort festhalten zu können. Durch Verwendung eines solchen Geländers wären unter Umständen bei den Einbeinstandversuchen noch mehr gültige Durchgänge zu verzeichnen gewesen, was die Aussagekraft der Wegsignalaufzeichnungen weiter verbessert hätte. Kritisch angemerkt werden muss zudem, dass bei jedem Probanden nicht strikt nur drei Durchgänge aufgezeichnet wurden, sondern – falls der Versuchsleiter den Eindruck gewonnen hatte, dass ein Durchgang als „Ausrutscher“ nicht erfolgreich absolviert worden war – zum Teil auch ein vierter Durchgang zugelassen wurde. Dieses Vorgehen ergab sicher den Vorteil weiterer gültiger Versuche, muss aber im Hinblick auf die Abhängigkeit vom Testleiter kritisch betrachtet werden. Beachtet werden muss weiterhin die Tatsache, dass bei den Zweibeinstandversuchen aufgrund der Ein- und Ausschlusskriterien der Studie weder vor noch nach dem Eingriff Fehlversuche zu verzeichnen waren und bei den Einbeinstandversuchen bereits präoperativ jeweils mehr als die Hälfte aller Versuche gültig waren. Somit ergeben die Ergebnisse anhand der Bewertungsmaßstäbe „Versuch gültig“ und „erreichte Standzeit“ im Falle der Zweibeinstände gar keine Aussagen und besitzen im Falle der Einbeinstände nur geringe Aussagekraft. Somit konnte aber – und deshalb wurde diese einfache Übung gewählt – eine hohe Anzahl an für die Wegsignalberechnungen verwertbaren Versuche erzielt werden, welche als primäre Zielgröße dieses Versuchsaufbaus anzusehen sind.

Als zweite Messeinrichtung zur Überprüfung des Gleichgewichts- / Balancevermögens wurde das Therapiegerät Posturomed verwendet, welches mittlerweile als Messinstrument der Gleichgewichtsfähigkeit anerkannt ist (20, 146). Auf diesem wurden Einbeinstandversuche zunächst ohne und später auch mit ausgelenkter Plattform durchgeführt. Dieses Vorgehen schlägt Mayer (137) nach seiner Beschreibung der von ihm durchgeführten Einbeinstände auf einer Airex-

Matte vor. Er verweist hier zudem darauf, dass nicht zwingend Wegsignale der Plattform mit aufgezeichnet werden müssen – wie bei Böer (20) und Ott (154) geschehen – sondern, dass aufgrund der erhöhten Schwierigkeit der Standversuche auf dieser beweglichen Unterlage bereits die Zeitdauer bis zum Abbruch der Übung als zu bestimmende Zielgröße ausreicht (137). Für die Aussagekraft der Tests auf dem Posturomed gelten wiederum ähnliche Einschränkungen wie bei der Kraftmessplatte „Forceplate“. Speziell ist darauf zu verweisen, dass die Zeitangaben nicht als Ergebnisse mit 100%-iger Gültigkeit betrachtet werden können. Der, verglichen mit der Kraftmessplatte „Forecplate“, größere Anteil an Fehlversuchen sowohl für die Einbeinstände ohne als auch mit ausgelenkter Plattform, lässt den Schluss zu, dass es sich hier um eine schwierige Testform handelt, die somit die Unterschiede zwischen prä- und postoperativ besser herausstellen kann.

Erwähnt werden sollte weiterhin, dass bei allen Standversuchen dieser Untersuchung auf eine standardisierte Körperposition geachtet wurde, um eine höhere Reliabilität der Messwerte zu erreichen. Es hatte sich in Vorstudien gezeigt, dass die Messwerte je nach Standverhalten inter- und vor allem auch intraindividuell stark variieren können (154).

Nach intensiver Literaturrecherche wurde der Sternschritt-Test als Test der dynamischen Gleichgewichtsfähigkeit ausgewählt. Dieser Test wird im Anhang bei Verdonck et al. (194) als allgemeiner Koordinationstest mit den Geltungsbereichen Reaktionsfähigkeit, Schnelligkeit und Gesamtkörperkoordination bei Vorwärts- und Rückwärtsbewegungen beschrieben. In der Originalkonfiguration des Tests handelt es sich um eine rechnergesteuerte Zeitmessanlage mit insgesamt fünf Bodenkontaktplatten. 1998 wurde der Test von Hahn (71) bei Patienten nach Knieprothesenimplantation angewandt, um die Effektivität eines Bewegungsprogramms zur Förderung koordinativer Fähigkeiten zu testen. 1999 wurde der Test von Gehrman so modifiziert, dass er mit einfachen Hilfsmitteln an jedem Ort durchzuführen ist (64). Dazu wurde zum einen auf die Zeitmessanlage verzichtet, zum anderen wurden statt Bodenplatten am Boden markierte Felder verwendet. Gehrman untersuchte dabei die wesentlichen Testgütekriterien verschiedener Koordinationstests und attestierte dem Sternschritt-Test

unter anderem eine sehr hohe Objektivität und Reproduzierbarkeit (64), was entscheidend dazu beitrug, den Sternschritt-Test innerhalb der jetzt durchgeführten Untersuchungen zu verwenden. Auch in dieser Untersuchung muss er, wie bei Mayer auch (137), als das in der Praxis am einfachsten zu handhabende Messinstrument bezeichnet werden. Allerdings wurde entgegen der Durchführung in oben genannten Studien eine kleine Abänderung vorgenommen, denn pro Durchgang waren in der hier vorliegenden Untersuchung drei Schrittfolgen zu absolvieren. Dieses Vorgehen hatte Mayer empfohlen, um die Trennschärfe des Tests zu erhöhen (137). Kritisch anzumerken bleibt, dass die ermittelten Zeitangaben auch bei diesem Untersuchungsverfahren lediglich durch den Untersucher mittels einer Stoppuhr gemessen wurden, so dass nicht von einer 100%-igen Gültigkeit, wie etwa bei Verwendung einer Lichtschranke, ausgegangen werden kann.

Anzusprechen ist noch, dass alle Testverfahren dieser Untersuchung mit von der Firma Nike zur Verfügung gestellten Turnschuhen durchgeführt wurden. Dieses Vorgehen, Koordinationstests mit Schuhen durchführen zu lassen, wurde auch schon von anderen Autoren gewählt (77, 78) und bietet folgende Vorteile: Zum einen erleichtert der zusätzlich stabilisierende Effekt die Standversuche auf der „Forceplate“ und dem „Posturomed“. Es konnte in verschiedensten Vorstudien festgestellt werden, dass diese Testverfahren Patienten mit Arthrose teils größte Schwierigkeiten bereiten (20, 154). Zum anderen vermindert sich durch die gut haftende Gummisohle die Sturzgefahr der Patienten während der Untersuchungen. Als drittes Argument bleibt anzuführen, dass Schuhe von vielen Personen während den meisten Stunden des Tages getragen werden, so dass dadurch eine gute Simulation alltäglicher Belastungen möglich ist. Als nachteilig muss man sicher die Tatsache ansehen, dass nicht für jeden Probanden der optimal passende Schuh gefunden werden konnte und somit nicht 100%-ig gleiche Voraussetzungen für alle Probanden geschaffen werden konnten. Einflüsse auf die Test-Retest-Reliabilität wurden dadurch vermieden, dass jeder Patient bei der Nachuntersuchung exakt den Schuh der ersten Untersuchung erhielt.

4.4.2 Interpretation der Ergebnisse „Koordination“

Zunächst zu den Bedeutungen der Messgrößen: In der bestehenden Literatur ist völlig unbestritten, dass längere Standzeiten und demnach auch eine größere Anzahl über 10 Sekunden gestandener Versuche von Ein- und Zweibeinständen für bessere koordinative Fähigkeiten sprechen (20, 64, 137, 146, 154). Zur Bedeutung der Wegsignale des „postural sway“ konnten zum Teil widersprüchliche Argumente in der Literatur gefunden werden. Allgemein wird angenommen, dass eine Vergrößerung der posturalen Aktivität, welche das Wegsignal auf der Kraftmessplatte darstellt, als Verschlechterung interpretiert werden kann (67, 146). Laughton et al. sehen einen direkten Zusammenhang zwischen erhöhtem „postural sway“ und Stürzen älterer Menschen (123) und Tjon et al. zeigten, dass auch eine größere Geschwindigkeit des COP-Signals für eine vermehrte posturale Instabilität steht (191). Allerdings argumentieren Horak et al. (88), dass ein größerer Wert im „postural sway“ nicht generell als Hinweis auf eine schlechte posturale Kontrolle gelten könne, da beispielsweise Parkinsonpatienten geringere und langsamere Werte aufweisen als Normalpersonen. Die Ursache hierfür sehen Pratorius et al. (159) in einer verminderten plantaren Sensibilität, die ihrerseits zur verminderten Kontrolle der Balance führt. Maki et al. (130,131) verweisen auf komplexe Zusammenhänge und verschiedenste Einflüsse mit Auswirkungen auf das posturale Wegsignal. Beispielsweise könnten einerseits Persönlichkeitsmerkmale, wie „Ängstlichkeit“, das Wegsignal durch Angst vor Stürzen vergrößern und somit zu große Werte liefern. Denkbar wäre auch, dass Probanden mit wirklich guter posturaler Funktion durch die sich nicht bewegende Plattform der Kraftmessplatte „Forceplate nicht genügend gefordert werden und dann aufgrund eines schlampigen Kontrollmechanismus ebenfalls größere Werte erzielen als es der wahren posturalen Kapazität entsprechen würde. Maki et al. (130, 131) halten deshalb Reaktionsweisen auf Störungen des Standes – wie in dieser Untersuchung bei den Standversuchen auf dem „Posturomed“ mit Auslenkung geschehen – für geeigneter, um das tatsächliche Gleichgewichtspotential zu evaluieren. In kommenden Arbeiten sollten deshalb posturale Wegsignale auch unter Verwendung des „Posturomed“ bestimmt werden.

In der vorliegenden Untersuchung werden die posturalen Wegsignale entsprechend der zur Zeit allgemein üblichen Sichtweise (67, 146) so interpretiert, dass größere Werte des „postural sway“ einer schlechteren posturalen Kontrolle und geringere Werte einer besseren gleichgesetzt werden. Die Interpretation der mit dem „Posturomed“ ermittelten Messgrößen „Anteil geschaffter Versuche“ und „Standzeit“ erfolgt letzten Endes analog zur Interpretation der Ergebnisse der Kraftmessplatte „Forceplate“, d.h. auch hier deuten längere Standzeiten und ein höherer Anteil gestandener Versuche auf eine bessere Gleichgewichtsfähigkeit hin (20, 146, 154). Hinsichtlich der Bedeutung und Interpretation des Sternschritt-Tests ergeben sich ebenfalls eindeutige Verhältnisse anhand der Literatur (64, 137), so dass hier im Fall kürzerer Zeiten von besseren koordinativen Fähigkeiten ausgegangen werden kann.

Zu Frage 5:

Bei der Auswertung der über 10 Sekunden gestandenen Versuche auf der „Forceplate“ war die kontralaterale Seite präoperativ ein wenig besser (59% vs. 61%). Auch der Blick auf die durchschnittlichen Standzeiten aller Versuche belegt dies (8,1 Sekunden kontralateral im Vergleich zu 7,2 Sekunden auf dem zu operierenden Bein). Der Vergleich der direkt vor der Operation erzielten Wegsignale bestätigt den Trend, denn es fanden sich Werte von 7,30 mm für das radiale Wegsignal am Op-Bein und von 7,15 mm kontralateral. Vor allem in mediolateraler Richtung war das kontralaterale Bein etwas stabiler, in anteroposteriorer Richtung schnitt dagegen das OP-Bein etwas besser ab. Dieser nur geringe Vorteil des kontralateralen Beines überrascht zunächst. Aber auch andere Autoren fanden ähnliche Ergebnisse für Wegsignale bei Ein- und Zweibeinstandversuchen heraus (20, 154). Böer stellte 2004 (20) deshalb die Vermutung auf, dass die unterschiedliche Anzahl gültiger Versuche eine Ursache für die geringen Unterschiede sein könnte. Er gab zu überlegen, dass Patienten mit dem kontralateralen Bein auch Messungen mit größerem Wegsignal erfolgreich absolvieren können, während dies auf der betroffenen Seite häufig zu einem Fehlversuch geführt hätte. Diese Überlegung mag sicher ihre Berechtigung haben, wird aber durch die hier gewonnenen Daten zum Teil entkräftigt, da den Ergebnissen mit 19 (OP-Seite) bzw. 20 (kontralateral) ge-

werteten Versuchen annähernd gleich viele Durchgänge zugrunde liegen und sich trotzdem nur geringe Unterschiede zeigen. Bedacht werden sollte allerdings, dass der Vergleich der hier präoperativ gewonnenen Daten nicht bei allen Patienten ein Vergleich „Bein mit Gonarthrose“ vs. „gesundes Bein“, sondern teils auch ein Vergleich „stärker symptomatisches Bein mit Gonarthrose“ vs. „symptomärmeres Bein mit Gonarthrose oder Bein mit Zustand nach Knie-TEP“ ist. Somit ergeben sich natürlich automatisch geringere Differenzen zwischen OP-Bein und kontralateralem Bein. Wollte man die Daten noch weiter auswerten, dann müssten weitere Untergruppen gebildet und getrennt ausgewertet werden, was dem Autor aber aufgrund der geringen Größe der Patientengruppe mit 25 Probanden nicht sinnvoll erscheint. Ähnliche Ergebnisse, d.h. eine Überlegenheit symptomärmerer Beine hinsichtlich koordinativer Fähigkeiten, können in der Literatur ebenfalls für den Vergleich stark symptomatisches vs. symptomärmeres gonarthrotisches Kniegelenk bei Collier et al. (36) gefunden werden, der vor allem propriozeptive Defizite genauer untersuchte.

Der Anteil gestandener Versuche auf dem „Posturomed“ fiel erwartungsgemäß präoperativ niedriger aus als auf der „Forceplate“. Grundlage für diese Überlegung war, dass das „Posturomed“ mit seiner wackeligen Plattform eine größere Herausforderung für die Probanden darstellt als die feste Unterlage auf der Kraftmessplatte (137). So ergaben sich mit 47% gestandener Versuche auf OP-Bein-Seite und 55% kontralateral für den Einbeinstand ohne Auslenkung etwas geringere Anteile. Die durchschnittlichen Standzeiten fielen ebenfalls kürzer aus (OP-Seite 7,0 s vs. kontralateral 7,7 s) und zeigen wiederum leichte Vorteile der kontralateralen Seite. Die Ergebnisse des „Posturomeds“ ohne ausgelenkte Plattform bestätigen also die Ergebnisse der Kraftmessplatte „Forceplate“ in ganzer Linie. Etwas anders sieht es für die Einbeinstandversuche mit ausgelenkter Plattform aus. Diese Testform stellte die höchsten Anforderungen an die Gleichgewichtsfähigkeit der Patienten (20). Hier liegen beide Beine präoperativ mit 33% und 31% gestandener Versuche und Standzeiten von 5,5 bzw. 5,3 Sekunden mehr oder weniger gleich auf. Es zeigen sich sogar minimale Vorteile zugunsten des zu operierenden Beines. Dies ist nach Ansicht des

Autors nur damit erklärbar, dass die Einbeinstandversuche mit Auslenkung die Patienten in hohem Maße überforderten. Somit ergaben sich beidseits relativ schlechte Ergebnisse, was sich auch im Vergleich mit den Daten der Normgruppe zeigt.

Vergleichswerte zur Anzahl gestandener Versuche bzw. zu Standzeiten existieren für Einbeinstände auf der Kraftmessplatte „Forceplate“ bisher keine. Einbeinstände auf dem „Posturomed“ führte dagegen auch Böer (20) 2004 mit Teilnehmern einer Hüftsportgruppe durch. Bei diesen allerdings durchschnittlich um mehr als 10 Jahren jüngeren Probanden ergaben sich zu Beginn deutlich weniger Fehlversuche und somit auch viel höhere Anteile gestandener Versuche beim Einbeinstand ohne ausgelenkte Plattform von 82,3 bzw. 82,7% und von 81,5 bzw. 82,5% mit ausgelenkter Platte. Durchschnittliche Standzeiten gibt Böer keine an.

Der Sternschritt-Test erlaubt aufgrund seines Versuchsaufbaus keine Vergleiche zwischen OP-Bein und kontralateralem Bein. Präoperativ wurde ein arithmetisches Mittel von 19,5 Sekunden notiert. Es existieren an der Universität Tübingen einige Vergleichswerte (64, 71, 137), allerdings in der von uns verwendeten Konfiguration nur für Patienten mit Coxarthrose bzw. Hüftendoprothese. Mayer (137) erhielt beispielsweise im Rahmen seiner Untersuchungen mit Teilnehmern einer Hüftsportgruppe zu Kursbeginn für zwei Sternschrittfolgen (statt der von uns durchgeführten drei) Durchschnittszeiten von 9,0 bzw. 7,6 Sekunden. Rechnet man diese Zwischenergebnisse hoch, so bleibt festzustellen, dass die von uns gemessenen Kniepatienten im Vergleich langsamer waren. Die von Mayer untersuchten Probanden waren mit durchschnittlich 64,0 Jahren deutlich jünger.

Zu Frage 6:

Beim Blick auf die Ergebnisse der Normgruppenprobanden wird klar, dass die Patienten präoperativ in allen Teilbereichen, die mit der „Forceplate“ untersucht wurden, sowohl am OP-Bein als auch kontralateral Defizite aufwiesen. Die Normgruppenteilnehmer erreichten, wie die Patienten auch, in 100% der Zweibeinstandversuche die geforderten 10 Sekunden, schwankten aber jeweils in mediolateraler bzw. anterioposteriorer Richtung deutlich weniger und erzielten

folglich auch bei der radialen Entfernung ein besseres Ergebnis. Besonders interessant ist, dass die größten relativen Testdefizite auf der „Forceplate“ mit 57% für die mediolaterale Schwankungsbreite und 46% für die radiale Entfernung präoperativ beim Zweibeinstand zu verzeichnen waren. Dies veranschaulicht eindrucksvoll die Berechtigung dieser auf den ersten Blick als überaus einfach erscheinenden Übungsform. Bei den Einbeinstandversuchen ergaben sich auf beiden Seiten ebenfalls Vorteile für die Normgruppenprobanden hinsichtlich des Anteils geschaffter Versuche, der Standzeit und den Wegsignalen. Da die Patienten mit dem kontralateralen Bein durchschnittlich bessere Werte erzielten als mit dem zu operierenden (mit Ausnahme des Wegsignals in anteroposteriorer Richtung), fielen die relativen Testdefizite zu diesem Untersuchungszeitpunkt auch jeweils auf OP-Bein-Seite deutlicher aus als gegenüber. Auch Wegener et al. (201) sowie Hassan et al. (77) konnten in ihren Untersuchungen Defizite von Patienten mit Gonarthrose gegenüber einer Kontrollgruppe hinsichtlich des „postural sway“ herausfinden und bestätigen somit die hier gewonnenen Ergebnisse. Letztgenannte fanden beispielsweise für die Schwankungsbreite des COP in mediolateraler Richtung beim Einbeinstand Medianwerte von 2,3 mm bei der Kontrollgruppe (Interquartilabstand 1,8-2,9 mm) und Werte von 4,7 mm (Interquartilabstand 1,9-4,7 mm) bei den Gonarthrosepatienten heraus. Auch in anteroposteriorer Richtung schwankten die Patienten in dieser Studie (77) deutlich mehr als die Kontrollprobanden. Vergleicht man die relativen Testdefizite auf Basis der Fehlversuche und Standzeiten, so fällt auf, dass die geringsten Unterschiede zwischen Patienten- und Normgruppe bei den einfachen Übungen auf der „Forceplate“ zu finden sind. Je schwerer die Übung, desto größer werden die Defizite bei den Patienten. Dies zeigt sich an den relativ großen Unterschieden beim Einbeinstand mit Auslenkung auf dem „Posturomed“ von 58 bzw. 61%. Weiterhin interessant sind die großen Unterschiede zwischen Patienten und Normgruppenprobanden im Sternschritt-Test von präoperativ knapp 38%.

Ähnliche Vergleiche wie hier, also zwischen Gonarthrosepatienten und altersentsprechenden beingesunden Probanden, wurden erst in jüngster Vergangenheit von Hinman et al. (83) 2002 und von Sturnieks et al. (186) 2004 publiziert.

Beide Autoren berichten ebenfalls über deutliche Defizite der Kniearthrosepatienten im Bereich Balance und speziell beim „postural sway“. Während Hinman et al. die klinische Relevanz dieser Ergebnisse noch offen lassen, identifizieren Sturnieks et al. die Ergebnisse als direkte Indikatoren für ein erhöhtes Sturzrisiko.

Zu Frage 7:

Bei den Messungen vier Monate postoperativ wurden bei den Standversuchen auf der Kraftmessplatte „Forceplate“ auf OP-Seite wie kontralateral weniger Fehlversuche beobachtet (+6 Versuche (= +8%) mit dem operierten Bein und sogar +10 (= +13%) gegenüber). Auch die Standzeiten hatten um 1,1 s (OP-Seite) bzw. 0,9 s (kontralateral) zugenommen. Die Verläufe der Standzeiten können auf beiden Körperseiten als statistisch signifikante Steigerungen betrachtet werden. Bei der Auswertung der posturalen Wegsignale brachte der Zweibeinstand sehr große Steigerungen von prä- zu postoperativ zu Tage. Für die mediolaterale Schwankungsrichtung und das Gesamtwegsignal können diese als statistisch signifikant gelten. Mit dem operierten Bein verbesserten sich die Patienten in beiden Schwankungsrichtungen spürbar, so dass auch hier für das Gesamtwegsignal eine statistisch signifikante Steigerung im Sinne einer Abnahme des radialen „postural sway“ um 0,82 mm (= -11%) festgehalten werden kann. Kontralateral konnten sich die Patienten in erster Linie in mediolateraler Richtung verbessern, die Steigerungen in anteroposteriorer Richtung fielen jedoch minimal aus, so dass das Gesamtwegsignal merklich geringere Verbesserungstendenzen zeigt als am operierten Bein. Eine statistisch signifikante Steigerung konnte hier nicht gezeigt werden (lediglich -0,32 mm bzw. -5%). Von der Größenordnung sind die von uns gemessenen posturalen Verbesserungen mit Daten aus der bestehenden Literatur durchaus als konform anzusehen. Judge et al. konnten bereits 1993 (104) eine Abnahme posturaler Wegsignale um 17% beim Einbeinstand älterer Frauen nach sechsmonatigem Koordinationstraining feststellen.

Bei den Einbeinstandversuchen auf dem „Posturomed“ ergaben sich im viermonatigen Studienverlauf ebenfalls sehr eindeutige Verbesserungen in der Patientengruppe. Beim Einbeinstand ohne ausgelenkte Plattform waren mit

dem operierten Bein 20 mehr gestandene Versuche zu verzeichnen (= +27%), kontralateral sah man einen Zuwachs von 16 Versuchen (= +21%). Auch die durchschnittlichen Standzeiten nahmen mit +1,5 s (OP-Seite) und +1,3 s (kontralateral) zu. Alle Verläufe können im Vergleich prä- zu postoperativ als statistisch signifikant bezeichnet werden. In der Studie von Böer (20) wurde im Rahmen eines Hüftsporthurses eine geringere Reduktion von Fehlversuchen beim „Posturomed“ ohne Auslenkung um 12,2% gesehen, allerdings ausgehend von einem sehr viel besseren Ausgangsstatus. Der Einbeinstand mit ausgelenkter Plattform zeigt ebenfalls ausschließlich statistisch signifikante Entwicklungen. Hier trat ein Zuwachs von 14 (= +19%) neu gestandenen Versuchen, verbunden mit einem Anstieg der durchschnittlichen Standzeit um +1,3 s mit dem operierten Bein auf. Mit der gegenüberliegenden Seite wurden postoperativ sogar 18 (= +24%) weitere Versuche gestanden und dies durchschnittlich 1,6 s länger. Auch hier sei auf das Ergebnis von Böer (20) verwiesen, der bei seinem Probandengut 7,3% mehr gültige Versuche am Ende seiner Untersuchungszeit aufzeichnete.

Der Sternschritt-Test konnte ebenfalls deutliche Verbesserungen der dynamischen Gleichgewichtsfähigkeit nachweisen. Die Reduktion der durchschnittlich benötigten Zeit um -3,7 s ist auch in diesem Fall statistisch signifikant. Mayer (137) hatte bei seinen Untersuchungen bei Hüftpatienten Verbesserungen beim Sternschritt-Test um 0,96 bzw. um 1,75 s messen können.

Generell kann also von statistisch signifikanten Verbesserungen in fast allen getesteten Teilbereichen gesprochen werden. Die **Hypothese H1** für das OP-Bein kann somit bestätigt werden. Lediglich das Wegsignal beim Einbeinstand auf dem kontralateralen Bein und die Fehlversuche bei der „Forceplate“ sind nicht signifikant weniger geworden. Die **Hypothese H2** wird demnach von den Entwicklungen auf dem „Posturomed“ und beim Sternschritt-Test gestützt, ist aber aufgrund der Ergebnisse der „Forceplate“ zumindest teilweise abzulehnen.

Zu Frage 8:

Der Vergleich der Entwicklungstendenzen zwischen operiertem und kontralateralem Bein zeigt in allen durchgeführten Testverfahren für beide Körperseiten deutliche Verbesserungen. Standzeiten und posturale Schwankungs-

breiten auf der „Forceplate“ ergeben leichte Vorteile für das OP-Bein. Bei den Fehlversuchen konnten größere Steigerungen kontralateral festgehalten werden. Ein statistisch signifikanter Unterschied in der Entwicklung beider Beine, beispielsweise mit deutlich größeren Verbesserungstendenzen am operierten Bein, konnte nicht nachgewiesen werden. Beim „Posturomed“ ohne ausgelenkte Plattform verhält es sich ähnlich. Die Verbesserungen sind im Studienverlauf ebenfalls auf der Seite des operierten Knies etwas größer als kontralateral. Einen statistisch signifikanten Unterschied ergibt dies aber auch an dieser Stelle nicht. Die Einbeinstandversuche mit Auslenkung zeigen eine andere Tendenz. Hier sind die Steigerungen kontralateral größer, allerdings abermals ohne statistisch signifikanten Unterschied.

Die Ergebnisse lassen mehrere Spekulationen und Schlüsse zu. Zum einen scheinen die Patienten auch am nicht operierten Bein im Bereich Koordination und Balance entscheidend zu profitieren. Dies lässt sich damit erklären, dass auch das kontralaterale Bein in der Rehabilitation häufig mitbeübt wird. Zudem steigert sich das allgemeine Aktivitätsniveau aufgrund der Schmerzreduktion am OP-Bein, was sich positiv auf die gegenüberliegende Seite auswirkt. Außerdem erscheint die in der vorliegenden Untersuchung gewählte Zeitspanne von vier Monaten zwischen prä- und postoperativer Messung als relativ kurz, so dass sich sicher noch nicht der volle Verbesserungsumfang am operierten Bein eingestellt hat. Winkler (204) konnte zum Beispiel in seiner Untersuchung über die Kraftverhältnisse der kniegelenksumgebenden Muskulatur in gleich mehreren Bereichen bei einer ersten Nachuntersuchung nach drei Monaten ebenfalls nur geringe Entwicklungsvorteile für das operierte Bein herausarbeiten. Bei ihm stellten sich erst in der Folgezeit bis zu seiner zweiten Nachuntersuchung nach ca. einem halben Jahr dann am OP-Bein deutlich größere Fortschritte ein als kontralateral. Es bleibt somit die Vermutung, dass es sich mit dem Gleichgewichts- / Balancevermögen ganz ähnlich verhält und man evtl. statistisch signifikante Entwicklungsunterschiede erst nach längerer Beobachtungsdauer erhalten kann.

Die **Hypothese H3** ist für den relativ kurzen Studienverlauf von vier Monaten aufgrund der besprochenen Ergebnisse abzulehnen.

Zu Frage 9:

Abschließend bleibt für den Bereich Gleichgewichtsgefühl / Balance die Frage offen, ob bereits nach vier Monaten bestimmte Defizite bei den Patienten, verglichen mit der Normgruppe, vollständig beseitigt werden konnten bzw. ob und in welchen Bereichen noch Restdefizite vorhanden sind.

Bei den Tests auf der Kraftmessplatte verbleiben für die Anzahl gestandener Versuche noch Defizite von 23% am OP-Bein und knapp 14% gegenüber. Bei den Standzeiten sind es sogar nur Unterschiede von 8% bzw. 2%. In beiden Kategorien konnten für die Zweibeinstände keine Unterschiede zwischen Patienten- und Normgruppe ausgemacht werden, wie bereits betont aufgrund der dafür zu einfachen Übung. Die posturalen Wegsignale zeigen Restdefizite von 15% beim Zweibeinstand, 22% beim Einbeinstand auf dem operierten Bein und 29% beim Einbeinstand gegenüber. Hier konnte also das operierte Bein bereits nach vier Monaten bessere Werte erzielen als das nicht operierte. Beim „Posturomed“ wurden beidseits Restdefizite von ca. 8% beim Einbeinstand ohne Auslenkung unter Verwendung der Fehlversuche gefunden. Nach Auswertung der Standzeiten sind noch 6% am operierten Bein bzw. gar keines mehr mit dem gegenüberliegenden Bein verblieben. Die Einbeinstände mit Auslenkung zeigten die größten Unterschiede zwischen Patienten und Normgruppenprobanden prä- wie postoperativ. Auch nach vier Monaten fehlen den Patienten noch 35% (OP-Bein) bzw. 32% (kontralateral) bei den Fehlversuchen. Hinsichtlich der Standzeiten belaufen sich die Differenzen auf 20% und 17%. Der Sternschritt-Test zeigt ein relatives Testdefizit von 12% vier Monate postoperativ. Vergleichswerte aus der bestehenden Literatur zu verbliebenen Testdefiziten nach therapeutischer Intervention konnten für den Bereich Balance- / Gleichgewichtsfähigkeit nicht gefunden werden.

Insgesamt wird also deutlich, dass bei den Patienten in den leichteren Übungsformen im Bereich Gleichgewicht allenfalls geringe (<10%) oder sogar gar keine Defizite mehr verbleiben. Je schwerer die Übungsform desto eher zeigen sich noch Unterschiede.

4.5 Untersuchungsblock „Kraftverhalten“

4.5.1 Methodenkritik „Kraftverhalten“

Zur Beurteilung des Ist-Zustandes bei Gonarthrose-Patienten und des Trainingserfolgs nach Implantation einer Kniegelenktotalendoprothese und der damit verbundenen Rehabilitation ist die Messung der Muskelkraft notwendig.

Morphologisch ist dies zum einen durch Messung des aktiven Muskelquerschnitts anhand metrischer Umfangsmessungen möglich. Derartige Messungen des Oberschenkelumfangs haben sich allerdings als relativ ungenau erwiesen, was sich auch in den Ergebnissen der Vorstudie von Winkler (204) zeigt. Mittlerweile sind solche Messungen durch CT oder MRT exakter durchführbar, was allerdings den Rahmen der hier vorliegende Studie gesprengt hätte. Aus diesem Grunde wurde auf metrische Umfangsmessungen der kniegelenksumgebenden Muskulatur verzichtet. Zum anderen gibt es verschiedene Möglichkeiten, die einzelnen Dimensionen der Muskelkraft – die Maximalkraft, die Kraftausdauer und die Schnellkraft oder Explosivkraft – apparativ zu untersuchen. In der bestehenden Literatur existiert bereits eine Vielzahl von Untersuchungen über das Kraftverhalten der kniegelenksumgebenden Muskulatur bei Gonarthrosepatienten (45, 51, 53, 54, 55, 81, 91, 170). Beispielsweise wurde an der Universität Tübingen in einer Vorstudie von Winkler (204) das Kraftverhalten von Patienten mit Gonarthrose vor und nach Implantation einer Kniegelenktotalendoprothese mittels dem elektronischen Kraftmessgerät „Cybex 340“ untersucht. Ähnliche Fragestellungen wurde mittlerweile auch von einigen weiteren Autoren genauer erforscht (12, 49, 178, 184, 185).

Bei der Durchführung von Maximalkraftmessungen ist allgemein zu beachten, dass die vom Meßsystem angezeigte Kraft lediglich den erzeugten Impuls bzw. die resultierende Kraft erfasst, nicht aber die Muskelkraft selbst (42). Der Grund hierfür liegt darin, dass Extremitätenbewegungen Rotationen um Gelenkachsen darstellen. Somit wird das Drehmoment der Kraft und nicht die Kraft selbst erfasst. Es gilt folgende Formel: $\text{Drehmoment} = \text{Kraft} \times \text{Hebelarm}$. Um also gute Ergebnisse messen zu können, muss peinlichst genau auf einen korrekten und immer gleichen Hebelarm geachtet werden. Ein weiterer entscheidender Punkt

ist, dass die gemessene Muskelkraft in unkontrollierbarer Weise von der Motivation der Versuchsteilnehmer abhängt. Somit sind Maximalkraftmessungen lediglich als semiobjektive Meßmethode zu sehen (42). Auch speziell für den Bereich Maximalkraftmessungen finden sich in der bestehenden Literatur bereits Angaben über unterschiedlichste Messmethoden (12, 45, 49, 51, 53, 54, 55, 81, 91, 170, 178, 184, 185, 204).

Aufgrund dieser bereits ausreichenden Datenlage war der Gedanke dieser Arbeit, nicht nochmals aufwendige Untersuchungen der Kraftverhältnisse durchzuführen. Vielmehr ging es uns darum, die durch die koordinativen Testverfahren gewonnenen Daten in direkten Bezug zur Entwicklung der Kraftverhältnisse derselben Probanden setzen zu können. Deshalb wurde in dieser Untersuchung auch kein technisch allzu aufwendiges – und damit übermäßig teures – Mess-Setup verwendet, sondern wir beschränkten uns auf die Verwendung des in Kapitel 2 beschriebenen Kraftaufnehmers. Hierbei ging es jeweils um isometrische Kontraktionen gegen einen fixen Widerstand in Flexion- bzw. Extensionsrichtung. Dabei ist die maximale statische Muskelkraft einerseits vom aktiven Muskelquerschnitt abhängig, der durch Training und Rekrutierung weiterer motorischer Einheiten vergrößert werden kann. Andererseits wird sie auch von der Ausgangslänge des Muskels, d.h. durch die Vordehnung des Muskels, beeinflusst. Sein Kraftmaximum erreicht der Muskel bei einer gewissen Vordehnung (= „Ruhelänge“), bei einer zu kleinen bzw. zu großen Vordehnung nimmt die Maximalkraft jeweils ab (42). Um diese Problematik zu berücksichtigen, wurden bei der von uns verwendeten Versuchsanordnung deshalb definierte Gelenkstellungen gemäß den Ergebnissen der Vorstudie von Winkler (204) gewählt. Dieser gibt das maximale Drehmoment der meisten seiner Probanden für maximale isometrische Flexionen bei 30° Kniegelenksbeugung und für Extensionen bei 60° Kniegelenksstellung an.

Bei der praktischen Durchführung gestalteten sich die Kraftmessungen per „DigiMax“-Kraftaufnehmer als zeitlich relativ aufwendiges (es mussten viele Einstellungen, Kalibrierungen und Fixierungen vorgenommen werden), aufgrund der benutzerfreundlichen Computersoftware jedoch insgesamt gut zu handhabendes Messinstrument. Positiv kann weiterhin angemerkt werden, dass bei

dieser semiobjektiven Messmethode der Maximalkraftmessung die Patienten jeweils in gleicher Weise mündlich durch den Versuchsleiter motiviert wurden, um Motivationseffekte zu minimieren. Allerdings konnte ein vermutlich folgenschweres Problem festgestellt werden: Trotz der Verwendung spezieller Manschetten zur Kraftübertragung und Fixierung dieser in Turnschuhen kam es vor, dass die Manschetten sich lösten bzw. verrutschten. Deshalb ist nicht auszuschließen, dass sich bei manchen Probanden ein vom Untersucher nicht wahrgenommener veränderter Hebelarm ergab: Dies kann zu abweichenden Ergebnissen führen, denn – wie oben erläutert – gilt für Maximalkraftmessungen die Formel „Drehmoment = Kraft x Hebelarm“ (42). Diese Problematik ist sicherlich mit ein Grund für die ungewöhnlich großen Standardabweichungen bei den Ergebnissen der Kraftmessungen per „DigiMax“.

Die große Bedeutung der Komponente „Kraftausdauer“ bei der Bewältigung von Alltagssituationen wurde bereits in der Einleitung angesprochen. Dabei ist die Kraftausdauer vor allem durch zwei Merkmale geprägt: Einerseits durch die Bewältigung einer Last und andererseits durch die Dauer dieser Lastbewältigung (137). Messmethoden zur Überprüfung der Kraftausdauer müssen also diese beiden Aspekte berücksichtigen, wie beispielsweise beim Zweiphasen-Test nach Martin et al. (134) und dem bei Mayer beschriebenen Kraftausdauer-Test (137) realisiert. Im Unterschied dazu wurde der in der hier vorgestellten Untersuchung durchgeführte Kraftausdauer-Test nicht in stehender, sondern in sitzender Körperposition absolviert. Deshalb konnte für das erste Merkmal der Kraftausdauer – die Lastbewältigung – nicht das probandeneigene Körpergewicht eingesetzt werden, sondern wir mussten mit definierten Gewichten in Form von Gewichtsmanschetten (1 und 2 kg) arbeiten. Weibliche Probanden erhielten dabei insgesamt 3 kg und männliche Probanden 4 kg Gewicht. Die Dauer der Lastbewältigung setzten wir mit 60 Sekunden an. Als Basis für den Kraftausdauer-Test wurde der in Kapitel 2 angesprochene „Beuger-Strecker“-Apparat verwendet. Vorteil dieser Apparatur ist nämlich, dass durch den Einsatz von Rollschuhen auf einer seitlich begrenzten Fahrbahn geführte Bewegungen gefordert werden. Da bei einem Kraftausdauer-Test Bewegungsmuster zunächst mit submaximaler Intensität und im Idealfall gegen Ende des Tests mit

maximaler Intensität wiederholt werden müssen, ist eine solche Führung von großem Vorteil.

Auch diese Meßmethode kann aufgrund der unterschiedlichen Motivationslage verschiedener Probanden als lediglich semi-objektiv betrachtet werden, was abermals mittels gleichartiger mündlicher Motivation durch den Versuchsleiter versucht wurde aufzufangen. Bei der praktischen Durchführung bewährte sich der von uns gewählte Versuchsaufbau. Einzig als problematisch erwies sich die Tatsache, dass es nicht allen Probanden gelang, über die vollen 60 Sekunden mit dem Rollschuh innerhalb der Fahrbahn zu bleiben, was auf die nicht zu vernachlässigende koordinative Beanspruchung bei diesem Testverfahren schließen lässt. So wurde vermutlich das Ergebnis manch eines Probanden mehr durch koordinative Defizite als durch die tatsächliche Kraftausdauer bestimmt. Der Autor ist allerdings der Meinung, dass aufgrund der engen Verzahnung von Koordination und Kraftausdauer, insbesondere mit Hinblick auf die Fragestellung dieser Untersuchung, dies nicht als negativ ausgelegt werden kann. Gerade ein bestimmtes Maß an Ermüdung kann zur Abnahme der Koordination führen, was dann in diesem Fall zum Verlassen der Fahrbahn führt, obwohl weiterhin noch (unpräzisere) Bewegungsformen möglich wären. Auf eine Messung der Schnellkraft wurde aufgrund des durchschnittlich fortgeschrittenen Alters von Gonarthrosepatienten und der damit verbundenen geringeren Relevanz schnellkräftiger Prozesse in dieser Arbeit verzichtet.

4.5.2 Interpretation der Ergebnisse „Kraftverhalten“

Die Bedeutung der im Bereich „Kraftverhalten“ untersuchten Messgrößen (Kraftwerte in N und Anzahl möglicher Bewegungswiederholungen beim Kraftausdauerstest) ist unstrittig.

Beim Vergleich der gewonnenen Messwerte bei den Kraftmessungen per „DigiMax“-Kraftaufnehmer mit denen anderer Studien fallen zum Teil erhebliche Unterschiede auf. Es ist deshalb wichtig, auf die Patientenauswahl und auf das jeweils verwendete Messgerät zu achten, wenn die hier beschriebenen Daten mit anderweitig ermittelten „Referenzwerten“ verglichen werden. Ebenfalls auffällig sind die durchweg hohen Standardabweichungen der hier ermittelten

durchschnittlichen isometrischen Kraftwerte. Dieses Phänomen beschreibt auch schon Winkler bei der Diskussion seiner Messwerte (204) und führt dafür mehrere mögliche Ursachen an, die auch für die hier vorliegende Arbeit als möglich angesehen werden können. Einerseits könnte die ungleiche Geschlechterverteilung mit weniger Männern als Frauen (Männer erzielten erwartungsgemäß durchweg deutlich höhere Werte) ein Grund dafür sein, andererseits sind unberechenbare individuelle Faktoren wie allgemeiner Gesundheitszustand, psychische Belastbarkeit, Schmerzempfindung, etc. mögliche Ursachen. Zudem ist die geschilderte Problematik unseres Versuchsaufbaus mit der Kraftübertragung über eine Manschette und dem dadurch nicht sicher standardisierten Hebelarm ein möglicher Grund für die starke Schwankungsbreite der gewonnenen Werte. Vergleichbare Untersuchungen mit ähnlichen Fragestellungen weisen häufig geringere Standardabweichungen auf (9, 94, 106). Trotzdem ist der Autor der Meinung, dass anhand der erhobenen Daten allgemeine Aussagen über die perioperative Kraftentwicklung bei Implantation einer Kniegelenktotalendoprothese gemacht werden und Vergleiche mit anderen Autoren angestellt werden können.

Zu Frage 10:

Präoperativ konnten für die isometrische Maximalkraft der Flexoren durchschnittliche Werte von 88 N am OP-Bein und von 87 N kontralateral notiert werden. Diese Ergebnisse stehen im Gegensatz zu den von Winkler ermittelten Daten, der präoperativ Werte von 43,2 Nm mit dem OP-Bein und 52,1 Nm bzw. 56,8 Nm gegenüber angibt (204). Er beschreibt also einen Unterschied zwischen OP-Bein und kontralateralem Bein bzgl. der maximalen Kniegelenkbeugung. Bei der isometrischen Maximalkraft der Extensoren zeigt sich dagegen auch in unserer Untersuchung ein Unterschied. Mit dem OP-Bein wurden vor dem Eingriff durchschnittliche Maximalwerte von 158 N erzielt. Die kontralaterale Seite zeigte sich mit Werten von durchschnittlich 198 N überlegen. Auch Winkler (204) hatte in seiner Untersuchung eine sogar noch deutlichere Überlegenheit des nicht zu operierenden Beines bezüglich der Maximalkraft der Kniegelenkextensoren mit 58,9 Nm am OP-Bein und 78,9 Nm bzw. 91,4 Nm gegenüber feststellen können. Die Ergebnisse des durchge-

fürten Kraftausdauer tests der Extensorengruppe bestätigen diesen präoperativen Unterschied zwischen gesunder bzw. weniger betroffener Seite und erkrankter Seite (durchschnittlich 48 Wiederholungen mit dem OP-Bein und 57 kontralateral).

Zu Frage 11:

Zum Zeitpunkt direkt vor der Operation ergaben sich beim Vergleich Patientengruppe und Normgruppe jeweils deutliche Unterschiede. Bei der Maximalkraft der Flexoren betrug der Unterschied 37% auf OP-Bein-Seite. Gegenüber waren es mit 38% ähnlich große Defizite. Bei den Extensoren zeigten sich Defizite im Vergleich mit beingesunden Probanden von 54% bei der Maximalkraft des zu operierenden Beines. Das Resultat im Kraftausdauer test fiel um 30% schlechter aus. Kontralateral waren die Unterschiede beim Streckapparat immer noch groß, verglichen mit der OP-Seite aber kleiner. Hinsichtlich der Maximalkraft wurden Defizite von 43%, beim Kraftausdauer test von 16% festgestellt.

Für den präoperativen Status des Kraftverhaltens der kniegelenksumgebenden Muskulatur bleibt also in Einklang mit der bestehenden Literatur (47, 52, 93, 204) folgendes festzuhalten:

- Erkrankungen des Kniegelenks und insbesondere die Gonarthrose führen zur Atrophie der umgebenden Muskulatur.
- Die Atrophie betrifft sowohl die Flexoren- als auch die Extensorenloge.
- Die Kraftdefizite sind auf Extensorenseite größer als auf Seite der Flexoren, obwohl bei den Streckern höhere Absolutwerte gemessen werden können.
- Die Atrophie betrifft sowohl die kniegelenksumgebende Muskulatur des erkrankten Kniegelenks sowie, zumeist in geringerem Maße, auch die des kontralateralen Kniegelenks. Die Kraftdefizite des nicht zu operierenden Beins lassen sich allein schon damit erklären, dass wenig beanspruchte Muskulatur ihre (aerobe) Leistungsfähigkeit verliert (144, 158) und diese Einschränkung bei Gonarthrosepatienten kurz vor dem Gelenkersatz am größten ist (164).
- Der fehlende bzw. geringe Unterschied zwischen OP-Bein und kontralateralem Bein hinsichtlich der präoperativen Maximalkräfte in dieser

Studie kann vermutlich zumindest teilweise damit erklärt werden, dass hier keine Unterscheidung zwischen kontralateralem Bein mit bzw. ohne Beschwerden gemacht wurde, wie dies etwa Winkler (204) vorgenommen hat.

Zu Frage 12:

Vier Monate später haben sich die Patienten bei der Maximalkraft der flektierenden ischiocruralen Muskulatur mit dem OP-Bein um 16% auf 102 N gesteigert. Mit dem nicht operierten Bein konnten Verbesserungen auf durchschnittlich 103 N erzielt werden, was einer Steigerung um 17% entspricht. Wenn man den durchgeführten Test auf statistische Signifikanz zugrunde legt, können beide Verläufe aber nicht als signifikant gelten. Vergleicht man die gewonnenen Daten mit den Ergebnissen von Winkler aus dem Jahre 2000 (204), so fällt auf, dass sich dort die Patienten hinsichtlich der Maximalkraft der Flexoren bei isometrischen Kraftmessungen nach drei Monaten mit dem OP-Bein um 10,2% gesteigert hatten. Am Ende seiner Untersuchungen nach sieben Monaten beschreibt Winkler einen Zuwachs von insgesamt 38,7%. Da dem hier gemessenen Ergebnis ein Beobachtungszeitraum von vier Monaten zugrunde liegt, können die Ergebnisse für die Flexoren des operierten Bein also durchaus als damit übereinstimmend betrachtet werden. Kontralateral beobachtete Winkler dagegen nach drei Monaten einen leichten Rückgang der Maximalkraft der Flexorengruppe und nach sieben Monaten eine deutlich geringere Steigerung um nur 8,6% bzw. 9,0%. Nach den Ergebnissen anhand unseres Versuchsaufbaus konnten sich die Patienten jedoch auch kontralateral in gleichem Maße wie mit dem OP-Bein steigern.

Betrachtet man die Verläufe der isometrischen Maximalkräfte der streckenden anterioren Oberschenkelmuskulatur in der vorliegenden Untersuchung, so fällt initial auf, dass die Kraftzuwächse hier deutlich größer ausfallen als bei den Flexoren. Mit dem OP-Bein steigerten sich die Patienten um 40% auf durchschnittlich 222 N. Mit dem gegenüberliegenden Bein waren fast genauso große Kraftzuwächse um 32% auf einen Durchschnittswert von 261 N im viermonatigen Studienverlauf erreicht worden. Beide Verläufe können mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5% als statistisch signifikante Verbesserungen

betrachtet werden. Auch hier sollen die Ergebnisse primär mit denen von Winkler (204) verglichen werden. Dort wurden mit dem OP-Bein lediglich Zuwächse von 3,1% nach drei Monaten und 27,7% nach sieben Monaten registriert. Auch kontralateral änderte sich die Maximalkraft der Extensoren nach drei Monaten nur geringfügig, und nach sieben Monaten waren ebenfalls geringere Anstiege um 5,8% bzw. 9,3% zu verzeichnen. Nach unseren Ergebnissen verbesserten sich die Maximalkräfte der Extensoren also in erheblich größeren Maße, und es wurde ein deutlich geringerer Unterschied im Verlauf zwischen OP-Bein und nicht operiertem Bein festgestellt.

Der durchgeführte Kraftausdauer test für die Extensorengruppe konnte Verbesserungen der Kraftausdauer um 18% für das operierte Bein ermitteln, kontralateral etwas geringere Steigerungen um 13%. Beide Ergebnisverläufe sind ebenfalls statistisch signifikant und stützen die oben dargestellten Verläufe der Maximalkraftentwicklung der Streckmuskulatur im viermonatigen Studienverlauf in dem Sinne, dass mit dem OP-Bein ein wenig größere Verbesserungen erzielt wurden, bei den Absolutwerten jedoch nach wie vor die gegenüberliegende Seite überlegen ist. Vergleichswerte für den Kraftausdauer test kann die von Winkler (204) gemessene isokinetische Arbeit der Extensoren während 20 Wiederholungen isokinetischer Messungen liefern. Dieser Vergleich ist gerechtfertigt, weil auch von anderen Autoren, die Gesamtarbeit als ein geeignetes Maß für die Kraftausdauer betrachtet wird (108, 136). Für das OP-Bein gibt Winkler (204) hier vergleichbare Steigerungen von 12,0% nach drei Monaten und von 63,3% nach sieben Monaten an. Auch kontralateral sind die Ergebnisse für die Kraftausdauer als konform zu werten: es sind nach drei Monaten leicht schlechtere Werte bzw. Steigerungen um 8,5% beschrieben und nach sieben Monaten Verbesserungen um 12,2% bzw. 21,1%.

Festzuhalten bleibt, dass nach unseren Ergebnissen die **Hypothese H4** und die **Hypothese H5** jeweils für die Maximalkraft der Flexoren verworfen werden müssen, für die Maximalkraft und Kraftausdauer der Extensoren jedoch für beide Beine bestätigt werden können.

Zu Frage 13:

Wie bereits angesprochen, ergaben die Ergebnisse dieser Studie beim Vergleich der Entwicklungstendenzen beider Beine nur allenfalls geringfügige Unterschiede zugunsten des operierten Beines (Maximalkraft und Kraftausdauer der Extensoren) bzw. keine Unterschiede (Maximalkraft der Flexoren). Es konnten somit weder für die Maximalkraftmessungen per „DigiMax“-Kraftaufnehmer noch für den Kraftausdauerstest signifikante Unterschiede hinsichtlich der hier zugrunde liegenden Fragestellung herausgearbeitet werden. Mögliche Erklärungen gibt Winkler (204) in seiner Studie an. Er gibt zu bedenken, dass vor allem die postoperativ gesteigerte Mobilität der Patienten dazu führt, dass zum einen die Maximalkraft und zum anderen die Kraftausdauer auch des nicht operierten, stützenden Beines zunimmt. Außerdem wird bei der postoperativen krankengymnastischen Übungsbehandlung bilateral trainiert, so dass kontralateral ebenfalls eine Stärkung der kniegelenksumgebenden Muskulatur resultiert. In Anlehnung an verschiedene Autoren muss deshalb zusätzlich von einer konsensuellen Reaktion ausgegangen werden (cross-transfer), welche eine wesentliche Kraftzunahme der gegenüberliegenden Seite zur Folge hat (38, 70, 89, 107, 118). Kraftzuwächse in der von uns festgestellten Größenordnung von 10-40% nach vier Monaten aufgrund krankengymnastischen Trainings werden übrigens auch von anderen Autoren beschrieben. So berichten Rogind et al. (165) in ihre Studie über die Effekte eines physiotherapeutischen Trainingsprogramms mit Gonarthrosepatienten über einen Anstieg der isometrische Maximalkraft des M. quadrizeps am weniger betroffenen kontralateralen Bein nach drei Monaten um bereits 21%.

Aufgrund dieser Ergebnisse und Überlegungen ist die **Hypothese H6** zu verwerfen.

Zu Frage 14:

Auch vier Monate postoperativ sind zum Teil noch erhebliche Unterschiede zwischen den Ergebnissen der Normgruppenprobanden und den Teilnehmern der Patientengruppe erkennbar. Bei der Maximalkraft der flektierenden ischio-cruralen Muskulatur verblieben Defizite von 27% am OP-Bein. Diese

Ergebnisse sind vergleichbar mit denen der Literatur, was ein Blick auf die 2003 durchgeführte Studie von Silva et al. (178) verrät, die 2 Jahre nach operativem Kniegelenksersatz isometrische Flexionsdefizite von 32,2% fanden. Kontralateral fanden sich für die Flexion abermals vergleichbare Unterschiede zu den altersentsprechenden gesunden Probanden in Höhe von 27%.

Hinsichtlich der Extensorenmaximalkraft verblieben am operierten Bein Defizite in der Größenordnung von 36%, gegenüber waren es hier dagegen nur noch 25%. Ähnliche Ergebnisse schildern auch Walsh et al. (195) für die Extensorenkraft ein Jahr nach Kniegelenksersatz. Sie beobachteten Defizite von 37-39% bei Männern und 28-29% bei Frauen. Auch Silva et al. (178) konnten isometrische Streckdefizite in Höhe von bis zu 30,7% 2 Jahre postoperativ feststellen. Bei der Kraftausdauer der Streckmuskulatur betrug der Unterschied mit dem OP-Bein nur noch 17%, kontralateral wurde nach vier Monaten mit einem geringen Restdefizit von 5% ein fast zur Normgruppe identisches Ergebnis erzielt.

Für den Studienverlauf über den Beobachtungszeitraum von vier Monaten nach Implantation einer Kniegelenktotalendoprothese und den postoperativen Status kann man sich also folgendes merken:

- Verschiedene Autoren konnten zeigen, dass sich nach Implantation einer Kniegelenktotalendoprothese die Maximalkräfte der Flexoren am OP-Bein an die der nicht betroffenen Gegenseite annähern (9, 94, 204). Dieser Effekt konnte bei den von uns gewonnenen Daten nicht gesehen werden. Vielmehr lagen die Werte für die ischiocrurale Muskulatur schon präoperativ auf einem Level, woran sich im Studienverlauf nach vergleichbaren Kraftzuwächsen beidseits nichts änderte. Regelrechte zu erwartende Fortschritte konnten hier jeweils im Studienverlauf gezeigt werden.
- Bei der Beugemuskulatur verbleiben auch postoperativ noch signifikante Kraftdefizite im Vergleich zu gesunden Probanden. Dies bestätigen zum einen unsere Ergebnisse, zum anderen kann man das auch aus den Daten anderer Studien ersehen (90, 204). Die funktionelle Einschränkung der ischiocruralen Muskulatur ist nach operativem Gelenk-

ersatz allein aufgrund der prothesenbedingten Beweglichkeitseinschränkung nicht zu beheben (204).

- Die deutlichsten Steigerungen im Bereich „Kraftverhalten der kniegelenksumgebenden Muskulatur“ wurden bei der isometrischen Maximalkraft der Kniegelenksextensoren beobachtet. So berichten beispielsweise Berman et al. (9) darüber, dass während eines Beobachtungszeitraums von 2 Jahren nach Prothesenimplantation bereits 80 bis 90% des absoluten Kraftzuwachses der Streckmuskulatur in den ersten 6 bis 12 Monaten gesehen werden kann. Das OP-Bein verbesserte sich in unserer Studie nur ein wenig mehr als das kontralaterale Bein.
- Auch vier Monate postoperativ sind noch deutliche Kraftdefizite der Quadrizepsmuskulatur darstellbar – auf OP-Bein-Seite etwas ausgeprägter als kontralateral. In mehreren anderen Studien konnte bereits gezeigt werden, dass postoperative Kraftdefizite der Kniestreckmuskulatur über lange Zeit bestehen bleiben (9, 68, 170, 178, 195, 202). Erwartungsgemäß wurden die Maximalkräfte altersentsprechender gesunder Probanden nicht erreicht, was auch schon Winkler (204) beim Vergleich mit den von Horstmann et al. (90) 1996 erstellten Daten gesunder Probanden herausgefunden hatte. Die postoperativ verbleibenden Defizite im Vergleich zur Normgruppe fallen auf OP-Bein-Seite höher als bei den Flexoren aus, kontralateral befinden sie sich auf einem Niveau.
- Physiologische Quotienten Kniebeuger / Kniestrecker von 0,6-0,7 (136) konnten im Studienverlauf zu keiner Zeit dargestellt werden. Präoperativ wurde ein Quotient von 0,56 für das OP-Bein errechnet, kontralateral von 0,44. Postoperativ betrug dieser 0,46 für das operierte Knie und 0,39 gegenüber. Bei der Normgruppe wurden Werte von 0,41 bzw. 0,40 ermittelt. Die Ursache für diese durchweg zu kleinen Werte ist vermutlich in der Ausgangsstellung für die Maximalkraftmessungen der Beuger zu finden. Gemäß der Arbeit von Winkler (204) wurde eine Position von 30° Flexion gewählt. Horstmann et al. (90) hatten in ihrer Untersuchung

allerdings eine Kniegelenksstellung von 15° Flexion als die mit dem maximalen Drehmoment für die Beugung beschrieben, welche Winkler gar nicht untersucht hatte. Somit bleibt die Spekulation erlaubt, dass wir unter Verwendung der 15°-Position höhere Absolutwerte für die maximalen isometrischen Flexionen erhalten hätten, was dann zu physiologischen Quotienten geführt hätte. Anhand unserer Daten wird aber ebenso wie bei Winkler deutlich (204), dass dieser Quotient – bedingt durch die absolut und relativ größeren Kraftzuwächse der Kniegelenksextensoren – im Studienverlauf kleiner wird und sich den Werten gesunder bzw. weniger betroffener Gelenke annähert.

- Nicht nur die Maximalkraft, sondern auch die Kraftausdauer der das Kniegelenk streckenden Oberschenkelvorderseite nimmt im Studienverlauf beidseits deutlich zu. Diesen Effekt beschreibt auch Winkler, der zudem auch einen Anstieg der Kraftausdauer der Flexoren darstellen konnte (204).

Abschließend sollte nicht unerwähnt bleiben, dass durchaus auch schon gegensätzliche Resultate für die Kraftentwicklung nach Implantation einer Kniegelenktotalendoprothese veröffentlicht wurden. Beispielhaft sei an dieser Stelle die Studie von Lorentzen et al. von 1999 (126) aufgeführt, die über seinen sechsmonatigen Zeitraum verminderte isometrische Maximalkräfte der Flexoren am operierten Bein beschreibt (Abfall um 17%). Die Streckseite erholte sich im Rahmen dieser Untersuchung nach ebenfalls anfänglichem Abfall binnen der ersten drei postoperativen Monate bis zum Ende der Untersuchung auf das vormals präoperative Niveau. Effekte an den kontralateralen Beinen konnten weder für die Flexoren noch für die Extensoren herausgearbeitet werden.

4.6 Gesamtergebnis

An dieser Stelle erfolgt die Beantwortung der noch offen gebliebenen Fragen 15 bis 18. Vergleichswerte anderer Autoren können nicht angegeben werden, da Quervergleiche der gewonnenen Daten untereinander naturgemäß sehr abhängig von den gewählten Untersuchungsverfahren sind. Die in dieser Studie

verwendete Testbatterie wurde im Rahmen dieser Arbeit erstmals an der Universität Tübingen angewandt und will Grundlage für weitere Untersuchungen sein. Zudem muss man betonen, dass aktuell – wenn überhaupt – nur sehr wenige Studien vorliegen, die sowohl koordinative wie konditionelle Fähigkeiten von Patienten vor und nach Implantation einer Kniegelenktotalendoprothese evaluiert haben.

Zu Frage 15:

Um die errechneten relativen Testdefizite einordnen zu können, hat sich der Autor zu folgenden Definitionen entschlossen:

Tab. 76: Definitionen relativer Testdefizite

<10%	Keine bzw. allenfalls geringe Defizite
10-19,9%	Kleine Defizite mit spürbarer Beeinträchtigung
20-29,9%	Mittlere Defizite mit deutlicher Beeinträchtigung
30-39,9%	Große Defizite mit starker Beeinträchtigung
>40%	Sehr große Defizite mit extremster Beeinträchtigung

Betrachtet man die einzelnen Testdefizite (vgl. auch Kap. 7.2.3 im Anhang) näher, so fällt auf, dass präoperativ sehr große Defizite von über 40% zum einen beim Gesamtwegsignal des Zweibeinstands auf der „Forceplate“ gefunden wurden, zum anderen bei der Maximalkraft der Extensoren am zu operierenden und am kontralateralen Bein. Große Defizite sind zu diesem Zeitpunkt für die Gesamtwegsignale der Einbeinstände beider Beine auszumachen. Auch die Einbeinstände mit Auslenkung auf dem „Posturomed“ zeigten beidseits große Unterschiede zu den Ergebnissen der Normgruppe, ebenso wie das Ergebnis beim Sternschritt-Test und die Maximalkräfte der Flexoren an OP-Bein und gegenüberliegendem Bein. Mittlere Defizite konnten mit dem zu operierenden Bein nur bei den leichteren Koordinationstests auf der „Forceplate“ und beim „Posturomed“ ohne Auslenkung (jeweils Zeitauswertung) beobachtet werden. Auch der Kraftausdauerstest ergab für das betroffene Bein präoperativ mittlere Defizite. Kleinere Testdefizite konnten ausschließlich für das nicht zu operierende kontralaterale Bein gefunden werden (Zeit beim Einbein-

stand auf der „Forceplate“ und dem „Posturomed“ ohne Auslenkung sowie beim Kraftausdauerstest).

Festzuhalten bleibt: Die Maximalkraft der Oberschenkelvorderseite beider Beine sowie die Feinmotorik beim normalen beidbeinigen Stehen sind nach unseren Ergebnissen am stärksten von der Erkrankung Gonarthrose betroffen. Keine oder nur geringe Testdefizite sind präoperativ nicht auszumachen (mit Ausnahme der in dieser Hinsicht wertlosen Zeitauswertung der Zweibeinstände auf der „Forceplate“).

Zu Frage 16:

Auch zur Beantwortung dieser Frage erfolgt zunächst die in Tabelle 77 zu entnehmende Definition des Ausmaßes der beobachteten Steigerungen bzw. Verbesserungen (vgl. auch Kap. 7.2.1 des Anhangs).

Tab. 77: Definitionen relativer Steigerungen

<5%	Minimale Steigerung ohne Auswirkung
5-9,9%	Kleine Steigerung mit spürbarer Auswirkung
10-19,9%	Mittlere Steigerung mit deutlicher Auswirkung
20-29,9%	Große Steigerung mit erheblicher Auswirkung
>30%	Sehr große Steigerung mit extremer Auswirkung

Sehr große Steigerungen konnten bei der Maximalkraft der Streckmuskulatur der Kniegelenke beider Beine erreicht werden. Auch der Einbeinstand mit dem kontralateralen Bein auf dem „Posturomed“ mit Auslenkung zeigt derartige Verbesserungen. Große Verbesserungen wurden jeweils bei den Einbeinständen auf dem „Posturomed“ mit und ohne Auslenkung mit dem OP-Bein und beim Gesamtwegsignal des Zweibeinstandes auf der „Forceplate“ erzielt. Steigerungen mittleren Ausmaßes konnten hinsichtlich der Standzeiten mit dem OP-Bein auf der „Forceplate“ und mit dem kontralateralen Bein auf der „Forceplate“ und dem „Posturomed ohne Auslenkung“ gesehen werden. Auch das Gesamtwegsignal beim Einbeinstand mit dem operierten Bein zeigte derartige Entwicklungen. Ebenso traten mittlere Verbesserungen beim Sternschritt-Test, der Maximalkraft der Flexoren und der Extensorenkraftausdauer beider Beine auf. Kleine Steigerungen waren nur beim Gesamtwegsignal des Einbeinstandes

mit dem kontralateralen Bein zu sehen. Minimale Verbesserungen oder gar Verschlechterungen konnten bemerkenswerterweise nicht beobachtet werden.

Man sollte sich merken, dass die größten Steigerungen im Studienverlauf bei der Extensorenmuskulatur beider Beine (am OP-Bein etwas mehr als kontralateral) zu beobachten waren.

Zu Frage 17 (vgl. auch Kap. 7.2.3 im Anhang):

Sehr große bzw. große Restdefizite der Patienten sind vier Monate postoperativ eigentlich nur noch bei der Maximalkraft der Oberschenkelvorderseite des operierten Beines sichtbar, und dies obwohl hier die größten Verbesserungen im Studienverlauf aufgetreten waren. Das verdeutlicht nochmals eindrücklich das Ausmaß der präoperativen Beeinträchtigung dieser Muskelgruppe. Mittlere Unterschiede zwischen Normgruppe und operierten Patienten sind bei der kontralateralen Streckmuskulatur, beim Gesamtwegsignal beider Beine auf der „Forceplate“ und auch bei den Flexoren beidseits sichtbar. Kleinere Defizite verblieben beim Gesamtwegsignal des Zweibeinstandes, bei den Einbeinständen mit Auslenkung auf dem „Posturomed“, beim Sternschritt und bei der Kraftausdauer des operierten Beines. Von allenfalls geringen oder gar keinen Unterschieden ist im Fall der Zeitauswertungen auf der „Forceplate“ und dem „Posturomed“ ohne Auslenkung sowie beim Kraftausdauerterst mit dem kontralateralen Bein zu sprechen.

Es bleibt festzustellen: Die Extensoren des operierten Beines bleiben vier Monate postoperativ der am stärksten beeinträchtigte Teil. Es gibt aber auch Teilbereiche, bei denen Patienten und Normgruppenprobanden nahezu gleichartige Ergebnisse erzielen konnten.

Zu Frage 18:

Die Frage nach einem Zusammenhang zwischen den Bereichen Balance / Koordination und Muskelkraft kann eindeutig mit einem „ja“ beantwortet werden. Dies veranschaulichen allein schon die in den Fragen 15 bis 17 angesprochenen gleichartigen Entwicklungstendenzen im Studienverlauf dieser Untersuchung. Bereits in der Einleitung wurden vom Autor mit Berufung auf De Marees (42) derartige Wechselbeziehungen erläutert. Danach beeinflusst die

inter- bzw. intramuskuläre Koordination sowohl die Kraftausdauer als auch die Maximalkraft, und umgekehrt sind natürlich auch konditionelle Fähigkeiten wie die Muskelkraft, für die Umsetzung fein koordinierter Aufgaben von entscheidender Bedeutung. Man sollte sich allerdings hierbei vergegenwärtigen, dass die Muskelkraft nicht der dominierende Faktor bei der Aufrechterhaltung des Gleichgewichts ist, was Katayama et al. 2004 (110) bei ihrer Untersuchung der Beziehung zwischen posturaler Balance und Muskelkraft an jungen Frauen eindrucksvoll schildern. Erkennbar ist dies auch aus der vom Autor dieser Studie gemachten Erfahrung, dass sich Frauen bei den statischen Koordinationstest dieser Untersuchung generell leichter taten als Männer.

4.7 Schlussfolgerungen und Ausblicke

Aus den dargestellten Ergebnissen können folgende Schlüsse gezogen werden: Präoperativ können mittels der verwendeten Testbatterie Defizite in den Bereichen allgemeiner Gesundheitszustand (SF-36 Fragebogen), krankheitsspezifischer Gesundheitszustand (Bristol-Score), Balance / Koordination („Forceplate“, „Posturomed“ und Sternschritt-Test) und Muskelkraft („DigiMax“-Kraftmessungen und Kraftausdauerstest) bei Patienten mit Gonarthrose dargestellt werden. Außerdem zeigen unsere Ergebnisse, dass sich allein durch die operative Intervention mittels einer Kniegelenktotalendoprothese und die derzeit übliche anschließende stationäre und ambulante physiotherapeutische Behandlung über zwei bis vier Monate diese Defizite in der ersten postoperativen Phase zwar verbessern, aber nicht vollständig beheben lassen. Deshalb sind postoperativ längere Behandlungszeiträume, intensiveres Training oder auch schon präoperativ durchgeführte Vorbehandlungen zu fordern. Denkbare Möglichkeiten hierfür, welche auch den in der heutigen Zeit immer wichtiger werdenden Kostenfaktor berücksichtigen, wären beispielsweise unter krankengymnastischer Anleitung erlernte Heimtrainingsprogramme oder die mittlerweile vom Präventionssportverein Tübingen e.V. angebotenen Kniesportgruppen. Durch diese langfristig angelegten Therapiemaßnahmen, beispielsweise mit Integration der Tätigkeiten in tägliche Lebensaktivitäten, könnte dann auch der

Problematik begegnet werden, dass Trainingsverbesserungen nach Trainingsabbruch langsam wieder auf das Ausgangsniveau zurückgehen (80). Inhaltlich sollten diese Übungsprogramme aufgrund unserer Ergebnisse sowohl Gleichgewichts- bzw. Koordinationstraining als auch Krafttraining umfassen. Wichtig ist dabei zu wissen, dass speziell Gleichgewichtstraining nach den Ergebnissen von Fleck (56) und Maar (128) neben verbesserten koordinativen Fähigkeiten auch Steigerungen der Maximalkräfte und Ausgleich muskulärer Dysbalancen zur Folge haben kann. Dadurch ist es denkbar, dass solche Trainingsprogramme auch einen wichtigen Beitrag zur Verhinderung der Progression von Arthrose liefern können, was die Anwendung vor einer Operation ebenfalls interessant erscheinen lässt.

Aus diesen Überlegungen lassen sich einige interessante Fragestellungen für kommende Untersuchungen ableiten, in die unsere hier verwendete Testbatterie integriert werden kann. So könnte man zum Beispiel Patienten mit postoperativ zusätzlich durchgeführtem Heimtraining oder Patienten, die nach dem Eingriff zusätzlich an Kniesportgruppen teilnehmen, mit Patienten, die das momentan übliche Rehabilitationsschema durchlaufen, vergleichend untersuchen. Damit wäre es auch möglich, Zusammenhänge zwischen durchgeführter Rehabilitation, koordinativen Fähigkeiten, Kraftfähigkeiten und allgemeiner und krankheitsspezifischer Lebensqualität zu erarbeiten. Solche zukünftige Studien sollten allerdings größere Fallzahlen, wenn möglich längere Beobachtungszeiträume, eventuell eine nach Geschlecht und Alter der Probanden weiter untergliederte Auswertung, die Aufzeichnung zusätzlicher Wegsignale bei den Standversuchen auf dem „Posturomed“ und eine verlässlichere Kraftübertragung als die von uns bei den Kraftmessungen per „DigiMax“-Kraftaufnehmer verwendete Manschettenkonstruktion aufweisen.

5. Zusammenfassung

Bei Gonarthrosepatienten bestehen nicht selten aufgrund der häufig jahrelangen Krankheitsdauer erhebliche Defizite in den Bereichen Koordination und Muskelkraft der kniegelenksumgebenden Muskulatur, was oft zu deutlichen Einschränkungen der Lebensqualität führt.

Ziel dieser Untersuchung war es, neben der Erstellung eines geeigneten Studiendesigns für die Bereiche Koordination und Muskelkraft der kniegelenksumgebenden Muskulatur, diese defizitären Zustände präoperativ darzustellen und den Verlauf dieser Parameter nach Implantation einer Kniegelenktotalendoprothese zu evaluieren.

So wurden in der prospektiven Studie insgesamt 25 Patienten, davon 15 Frauen und 10 Männer mit einem Durchschnittsalter von 69,1 Jahren, präoperativ und vier Monate postoperativ untersucht. Zusätzlich wurden einmalig 15 Normgruppenprobanden getestet, 9 Frauen und 6 Männer, die zum Untersuchungszeitpunkt durchschnittlich 64,6 Jahre alt waren. Als Testverfahren zur Überprüfung koordinativer Fähigkeiten verwendeten wir einen posturografischen Versuchsaufbau (Kraftmessplatte „Forceplate“ der Firma ADDON Elektronik GmbH, Friedberg), das Therapiegerät „Posturomed“ (Firma Haider Bioswing, Pullenreuth) und einen an der Tübinger Universität bereits mehrfach angewandten sportmotorischen Test, den Sternschritt-Test. Die Kraftverhältnisse der kniegelenksumgebenden Muskulatur wurden unter Verwendung des elektronischen Kraftmessgeräts „DigiMax“ (Firma mechaTronic © GmbH, Hamm) hinsichtlich der Maximalkraft der Flexoren- und Extensorenloge und mittels eines weiteren sportmotorischen Tests (Kraftausdauerterst) hinsichtlich der Kraftausdauer der Kniegelenksextensoren untersucht. Anamnestische und klinische Daten sowie Auswirkungen auf die gesundheitsbezogene Lebensqualität wurden anhand von Fragebögen (allgemeiner Fragebogen incl. Bristol-Score und SF-36 Fragebogen) und einer körperlichen Untersuchung gewonnen.

Wesentliche Zielgrößen waren die Standzeiten auf der „Forceplate“ (hier auch Wegsignale) bzw. auf dem „Posturomed“, die für 3 Durchgänge benötigte Zeit

beim Sternschritt-Test, die Maximalkraft der Flexoren bei isometrischer Beugung aus 30°-Kniegelenksstellung, die Maximalkraft der Extensoren bei isometrischer Streckung aus 60°-Stellung, die Anzahl erreichter Bewegungswiederholungen beim Kraftausdauererprobungs- sowie die Punktwerte beim Bristol-Score und dem SF-36.

Präoperativ konnten im Teilbereich „Koordination“ auf der „Forceplate“ Defizite in der Größenordnung von ca. 35% für das OP-Bein und von ca. 33% für das kontralaterale Bein gefunden werden. Interessanterweise war das größte Defizit bei den Wegsignalen des Zweibeinstandes (46%) zu finden. Das „Posturomed“ bestätigte diesen nur leichten Unterschied im Teilbereich „Koordination“ zwischen zu operierendem und gegenüberliegendem Bein (ca. 29% vs. ca. 26%). Der Sternschritt-Test erbrachte größenordnungsmäßig ähnliche Resultate mit einem 38%-igen präoperativen Testdefizit. Im Bereich „Kraftverhalten der kniegelenksumgebenden Muskulatur“ konnten zu diesem Zeitpunkt ebenfalls fast seitengleiche Defizite für die isometrische Maximalkraft der Flexoren (am OP-Bein 37% und kontralateral 39%) festgestellt werden. Die isometrische Maximalkraft der Extensoren erbrachte dagegen deutliche Unterschiede (54% auf OP-Seite und 43% kontralateral). Auch die Kraftausdauer der Kniegelenksstrecker zeigte präoperativ eine spürbare Seitendifferenz mit 30%-igen (OP-Seite) bzw. 16%-igen (kontralateral) Defiziten. Sowohl beim erkrankungsspezifischen Bristol-Score als auch beim unspezifischen SF-36 Fragebogen konnten vor dem Eingriff deutlichste Einschränkungen der gesundheitsbezogenen Lebensqualität bei Gonarthrose-Patienten nachgewiesen werden.

Bereits vier Monate postoperativ zeigten sich erhebliche Verbesserungen im Bereich der anamnestischen Parameter, beispielsweise bei der Schmerzanamnese und der Anamnese bezüglich körperlicher bzw. sportlicher Tätigkeiten. So konnte postoperativ auch eine breite Mehrheit an 94% zufriedenen Patienten festgestellt werden. Nur allenfalls geringe Verbesserungen wurden von den Patienten bezüglich der Auswirkungen einer Kniegelenktotalendoprothese auf das kontralaterale Kniegelenk oder auch den sonstigen Bewegungsapparat wahrgenommen (dies steht im Gegensatz zu den

gewonnenen Ergebnissen – siehe unten). Beim kniegelenksspezifischen Bristol-Score ergaben sich große Verbesserungen in den Kategorien „function“ und „pain“. Weniger eindeutig war der Verlauf bei „movement“ und „deformity“. Der Gesamt-Score bestätigte den durchweg positiven Studienverlauf (fast) aller Probanden der Patientengruppe. Mittels des SF-36 Fragebogens konnten erwartungsgemäß erhebliche Verbesserungen in den Bereichen der körperlichen Teil- und Summenskalen und daneben auch positive Auswirkungen auf psychische bzw. psychosoziale Funktionen evaluiert werden. In letztgenannten Skalen lagen die Patientengruppe und die deutsche Normpopulation postoperativ gleichauf, bzw. die Patientengruppe schnitt sogar zum Teil besser ab. Für den untersuchten Teilbereich „Koordination“ konnten bei allen Testverfahren Steigerungen festgestellt werden. Auffällig war dabei vor allem, dass zum einen erwartungsgemäß das operierte Bein von der operativen Therapie und durchgeführten Rehabilitation profitiert hatte, dass zum anderen aber auch fast genauso große Steigerungen mit dem kontralateralen Bein zu sehen gewesen waren. Die Versuche auf der „Forceplate“ ergaben so für den Einbeinstand mit dem operierten Bein ein postoperatives Restdefizit von ca. 23%. Das gegenüberliegende Bein schnitt mit durchschnittlichen Defiziten von 21% abermals leicht besser ab. Auffällig waren die extremen Verbesserungen beim Zweibeinstand (postoperativ nur noch 15% Restdefizit). Dies bestätigte auch der Sternschritt-Test, bei dem im Rahmen der zweiten Untersuchungen ein noch um 12% langsames Ergebnis der Patientengruppe zu notieren war. Die Einbeinstandversuche auf dem „Posturomed“ ohne ausgelenkte Plattform ergaben postoperativ die geringsten Unterschiede zwischen Patienten- und Normgruppe (OP-Bein 6% und kontralateral sogar 0%). Bei den schwereren Versuchen mit ausgelenkter Plattform konnten aber auch auf dem „Posturomed“ noch vier Monate postoperativ Unterschiede zwischen beiden Untersuchungsgruppen gezeigt werden (20% bzw. 18%). Diese Testform kann deshalb aufgrund ihres höheren Schwierigkeitsgrades als sensitiver angesehen werden. Auch die Untersuchungen im Teilbereich „Kraftverhalten der kniegelenksumgebenden Muskulatur“ zeigten ähnliche Verläufe in dem Sinne, dass auch hier beide Beine entscheidend von der durchgeführten Therapie profitiert

hatten. Die Maximalkraft der Kniegelenksflexoren war postoperativ am operierten Bein noch um durchschnittlich 27%, die der Extensoren um 36% schwächer ausgeprägt als bei den Vergleichsprobanden. Kontralateral betrug die Testdefizite zu diesem Zeitpunkt noch 27% (Beugerloge) bzw. 25% (Streckerloge). Der durchgeführte Kraftausdauer test zeigte ebenfalls deutliche Verbesserungen im Studienverlauf. Hier betrug die Unterschiede noch 17% (OP-Bein) bzw. 5% (nicht operiertes Bein).

Abschließend konnte festgestellt werden, dass die hier verwendete Testbatterie die zu untersuchenden Teilbereiche „Koordination“, „Kraftverhalten“ und „Auswirkungen auf die gesundheitsbezogene Lebensqualität“ vor und nach Implantation einer Kniegelenktotalendoprothese in ausreichendem Maße und – soweit Vergleichswerte anderer Arbeiten mit ähnlichem Thema vorlagen – überwiegend literaturkonform darstellen konnte. Allerdings muss an dieser Stelle auch betont werden, dass trotz der im Studienverlauf erreichten Verbesserungen vier Monate nach Implantation einer Kniegelenktotalendoprothese noch deutliche Restdefizite in fast allen untersuchten Teilbereichen zu sehen waren. Eine Anwendung des hier verwendeten Studiendesigns im Rahmen weiterführender Arbeiten ist also unter Berücksichtigung der im Diskussionsteil angeführten Modifikationen wünschenswert.

6. Literaturverzeichnis

1. Aaronson NK, Acquadro C, Alonso J (1992)
Quality of life research.
International Quality of life assessment IQOLA 1: 349-51.
2. Ansari S, Newman JH, Ackroyd CE (1997)
St Georg sledge for medial compartment knee replacement. 461 arthroplasties followed for 4 (1-17) years.
J of Biomechanical Engineering 115 (4B): 575-81.
3. Bach CM, Nogler M, Steingruber IE, Ogon M, Wimmer C, Gobel G, Krismer M (2002)
Scoring systems in total knee arthroplasty.
Clin Orthop Relat Res 399: 184-96.
4. Baker P, Coggon D, Reading I, Barrett D, McLaren M, Cooper C (2002)
Sports injury, occupational physical activity, joint laxity and meniscal damage.
J Rheumatol 29 (3): 557-63.
5. Bauer R (1986)
Kniegelenk.
In: Bauer R, Kerschbaumer F, Poisel S (Hrsg.): Operative Zugangswege in Orthopädie und Traumatologie. Georg Thieme Verlag, Stuttgart, New York.
6. Bargar WL, Cracchiolo A, Amstutz HC (1980)
Results with the constrained knee prosthesis in treating severely disabled patients and patients with failed total knee replacement.
J Bone Joint Surg Am 62 (4): 504-12.
7. Beaupre LA, Lier D, Davies DM, Johnston DB (2004)
The effect of a preoperative exercise and education program on functional recovery, health related quality of life, and health service utilization following primary total knee arthroplasty.
J Rheumatol 31 (6): 1166-73.
8. Behrens P, Ehlers EM, Köchermann KU, Rohwedel J, Russlies M, Plötz W (1999)
Neues Therapieverfahren für lokalisierte Knorpeldefekte.
Fortschr Med 45: 49.
9. Berman AT, Bosacco SJ, Israelite C (1991)
Evaluation of total knee arthroplasty using isokinetic testing.
Clin Orthop 271: 106-13.

10. Bert JM, Maschka K (1989)
The arthroscopic treatment of unicompartmental gonarthrosis.
Arthroscopy 5: 25.
11. Bert JM, Gross M, Kline C (2000)
Outcome results after total knee arthroplasty: does the patient's physical and mental health improve?
Am J Knee Surg 13 (4): 223-7.
12. Berth A, Urbach D, Awiszus F (2002)
Improvement of voluntary quadriceps muscle activation before and after total knee arthroplasty.
Arch Phys Med Rehabil 83 (10): 1432-6.
13. Beyerlein C (2003)
Auswirkungen eines neuro- muskulären Trainings auf die Koordinationsfähigkeit nach Ruptur des vorderen Kreuzbandes: Theoretische Grundlagen und Ergebnisse unter besonderer Berücksichtigung der Masai Barfuss Technologie (MBT).
Wissenschaftliche Arbeit für die Diplomprüfung in Sportwissenschaft an der Eberhard-Karls-Universität Tübingen.
14. Binazzi R, Soudry M, Mestriner LA, Insall JN (1992)
Knee Arthroplasty Rating.
J of Arthroplasty 7 (2): 145-8.
15. Blauth W (1977)
Über eine neue Kniegelenktotalprothese.
Med Orthop Techn 94: 65-7.
16. Blauth W (1986a)
Unsere Kniegelenksprothesen mit Patellaersatz.
Z Orthop 124: 125Y- 240.
17. Blauth W (1986b)
Unsere Kniegelenksprothesen mit Patellaersatz.
Z Orthop 124 (2): 218-24.
18. Blauth W, Hassenpflug J (1990)
Are unconstrained components essential in total knee arthroplasty? Long term results of the Blauth knee prosthesis.
Clin Orthop 258: 86-94.
19. Blauth W, Hassenpflug J (1991)
Scharnierprothesen des Kniegelenkes, Langzeiterfahrungen am Beispiel der Blauth-Prothese.
Orthopäde 20: 206-15.

20. Böer J (2004)
Quantifizierung des Trainingserfolges einer Hüftsportgruppe – nach intensivem Koordinationstraining – durch Messung mit dem Posturomed.
Wissenschaftliche Arbeit für die Diplomprüfung in Sportwissenschaft an der Eberhard-Karls-Universität Tübingen.
21. Böhm P, Holy T (1998)
Is there a future for hinged prostheses in primary total knee arthroplasty?
J Bone Joint Surg Br 80: 302.
22. Bös K (1987)
Handbuch sportmotorischer Tests.
Göttingen o.V.
23. Bös K, Brehm W (1998)
Zur Konzeption des Handbuchs: Zugänge zum „Gesundheitssport“.
In: Bös K, Brehm W (Hrsg.): Gesundheitssport: Ein Handbuch.
Hofmann-Verlag, Schorndorf: 7-14.
24. Bohannon RW, Walsh S, Joseph MC (1993)
Ordinal and timed balance measurements: reliability and validity in patients with stroke.
Clin Rehab 7: 9-13.
25. Bohannon RW (1994)
One-legged balance test times.
Perceptual and Motor Skills: 379-85.
26. Bohannon RW, Andrews AW, Thomas MW (1996)
Walking speed: Reference values and correlates for older adults.
J Orthop Sports Phys Ther 24 (2): 86-90.
27. Bombardier C, Melfi CA, Paul J (1995)
Comparison of a generic and a disease-specific measure of pain and physical function after knee replacement surgery.
Med Care 33: 131-44.
28. Brazier JE, Harper R, Jones NM (1992)
Validating the SF-36 questionnaire: New outcome measure for primary care.
BMJ 305: 160-4.
29. Bremner-Smith AT, Ewings P, Weale AE (2004)
Knee scores in a “normal” elderly population.
Knee 11 (4): 279-82.

30. Breusch S, Mau H, Sabo D (2002)
Klinikleitfaden Orthopädie.
4. Auflage, Urban und Fischer Verlag, München, Jena.
31. Broughton NS, Newman JH, Baily RA (1986)
Unicompartmental Replacement and High Tibial Osteotomy for Osteoarthritis of the Knee.
J Bone Joint Surg Br 68 (3): 447-52.
32. Buechel FF, Pappas MJ (1990)
Long-term survivorship analysis of cruciate-sacrificing knee prostheses using meniscal bearings.
Clin Orthop 260: 162.
33. Bullinger M, Kichberger I (1998)
SF-36 Fragebogen zum Gesundheitszustand. Handanweisung.
Hogrefe-Verlag, Göttingen.
34. Bullinger M, Ravens-Sieberer U, Siegrist J (2000)
Gesundheitsbezogene Lebensqualität in der Medizin – Eine Einführung.
In: Bullinger M, Siegrist J, Ravens-Sieberer U (Hrsg.),
Lebensqualitätsforschung – aus medizinpsychologischer und
soziologischer Perspektive. Hogrefe-Verlag, Göttingen, Bern, Toronto,
Seattle.
35. Callaghan JJ, Squire MW, Goetz DD, Sullivan PM, Johnston RC (2000)
Cemented rotating-platform total knee replacement.
J Bone Joint Surg Am 82: 705.
36. Collier MB, McAuley JP, Szuszczewicz ES, Engh GA (2004)
Proprioceptive deficits are comparable before unicondylar and total knee arthroplasties, but greater in the more symptomatic knee of the patient.
Clin Orthop Relat Res 423: 138-43.
37. Cotta H, Dustmann HO (1979)
Zur Ätiopathogenese der Gonarthrose.
Orthopädische Praxis 6: 488-90.
38. Coyle EF, Feiring DC, Rotkis TC, Cote RW, Roby FB, Lee W, Wilmore JH (1981)
Specificity of power improvements through slow and fast isokinetic training.
J Appl Physiol 51 (6): 1437-42.
39. Davies AP (2002)
Rating systems for total knee replacement.
Knee 9 (4): 261-6.

40. Dawson J, Fitzpatrick R, Murray D, Carr A (1998)
Questionnaire on the perceptions of patients about total knee replacement.
JBJS Br 80 (1): 63-9.
41. Debrunner M (1988)
Orthopädie.
2. Auflage, Huber, Bern, Stuttgart, Toronto.
42. De Marees H (2003)
Sportphysiologie.
Korrigierter Nachdruck der 9., vollst. überarb. und erweit. Aufl. / Bearb.:
Heck H, Bartmus U. Verlag Sport und Buch Strauss, Köln.
43. Dierick F, Aveniere T, Cossement M, Poilvache P, Lobet S, Detrembleur C
(2004)
*Outcome assessment in osteoarthritic patients undergoing total knee
arthroplasty.*
Acta Orthop Belg 70 (1): 38-45.
44. Duncan PW, Chandler J, Studenski S, Hughes M, Prescott B (1993)
How do physiological components of balance affect mobility in elderly men?
Archives of Physical Medicine and Rehabilitation 74 (12): 1343-9.
45. Egli D (1989)
Maßvolles Training: Einsatz isokinetischer Systeme.
In: Ow D, Hüni G: Muskuläre Rehabilitation, 1. Auflage, Perimed,
Erlangen.
46. Ekdahl C, Jarnlo GB, Andersson SI (1989)
Standing balance in healthy subjects.
Scand J Rehab Med 27: 187-95.
47. Ekdahl C, Broman G (1992)
*Muscle strength and aerobic capacity in rheumatoid arthritis: a
comparative study with healthy subjects.*
Ann Rheum Dis 51 (1): 35-40.
48. Erler K, Anders C, Fehlberg G, Neumann U, Brückner L, Scholle HC
(2001)
*Objektivierung der Ergebnisse einer speziellen Wassertherapie in der
stationären Rehabilitation nach Knieendoprothesenimplantation.*
Z Orthop Ihre Grenzgeb 139: 352-8.
49. Erler K, Neumann U, Anders C, Venbrocks RA, Babisch J, Pieper KS,
Scholle HC, Brückner L (2003)
*Nachuntersuchungsergebnisse mittels EMG-Mapping – 5 Jahre nach
Knieendoprothesenimplantation.*
Z Orthop Ihre Grenzgeb 141: 48-53.

50. Felson DT (1995)
Weight and osteoarthritis.
J Rheum 22 suppl. 43: 7-9.
51. Fisher NM, Gresham GE, Abrams M, Hicks J, Horrigan D, Pendergast DR (1993a)
Quantitative effects of physical therapy on muscular and functional performance in subjects with osteoarthritis of the knees.
Arch Phys Med Rehab 74 (8): 840-7.
52. Fisher NM, Gresham GE, Abrams M, Hicks J, Horrigan D, Pendergast DR (1993b)
Effects of a quantitative progressive rehabilitation program applied unilaterally to the osteoarthric knee.
Arch Phys Med Rehab 74 (12): 1319-26.
53. Fisher NM, Kame VD Jr, Rouse I, Pendergast DR (1994a)
Quantitative evaluation of a home exercise program on muscle and functional capacity of patients with osteoarthritis.
Am J Phys Med 73 (6): 413-20.
54. Fisher NM, Pendergast DR (1994b)
Effects of a muscle exercise program on exercise capacity in subjects with osteoarthritis.
Arch Phys Med Rehab 75 (7): 792-7.
55. Fisher NM, White SC, Yack HJ, Smolinski RJ, Pendergast DR (1997)
Muscle function and gait in patients with knee osteoarthritis before and after muscle rehabilitation.
Disability and rehabilitation 19 (2): 47-55.
56. Fleck M (2000)
Auswirkungen eines Gleichgewichtstrainings bei Judoka. Eine empirische Untersuchung zur Entwicklung der Gleichgewichtsfähigkeit und der Kraftfähigkeit der unteren Extremitäten durch ein disziplinspezifisches propriozeptives Trainingsprogramm.
Wissenschaftliche Arbeit für die Diplomprüfung in Sportwissenschaft an der Eberhard-Karls-Universität Tübingen.
57. Frändin K, Sonn U, Svantesson U, Grimby G (1995)
Functional balancetests in 76-year-olds in relation to performance, activities of daily living and platform tests.
Scand J Rehab Med 27: 231-41.
58. Freiwald J, Engelhardt M, Konrad P, Reuter I, Gneewuch A (1996)
Postoperative Rehabilitationen nach Kniebinnentraumen.
TW Sport + Medizin 8 (6): 352-8.

59. Freiwald J, Gneewuch A, Engelhardt M, Reuter I, Konrad P (1998)
Trainingstherapie nach Verletzungen des Kniegelenks.
Krankengymnastik 50 (2): 228-42.
60. Freiwald J, Greiwing A, Engelhardt M (2003)
Bewegung und Sport bei Arthrose.
Sportorthopädie Sporttraumatologie 18: 5-10.
61. Frick H, Leonhardt H, Starck D (1987)
Allgemeine Anatomie, Spezielle Anatomie 1 und 2.
3. Auflage, Georg Thieme Verlag, Stuttgart, New York.
62. Froböse I, Nellessen G (1998)
Training in der Therapie.
Wiesbaden.
63. Fuchs S, Jerosch J (1997)
Knieendoprothetik – Eine Standortbestimmung.
Orthopädische Praxis 33 (1): 59-63.
64. Gehrman E (1999)
Überprüfung der Reliabilität an neun ausgewählten sportmotorischen Koordinationstests für Hüftpatienten.
Wissenschaftliche Arbeit für die Diplomprüfung in Sportwissenschaft an der Eberhard-Karls-Universität Tübingen.
65. Gleeson RE, Evans R, Ackroyd CE, Webb J, Newman JH (2004)
Fixed or mobile bearing unicompartmental knee replacement? A comparative cohort study.
Knee 11 (5): 379-84.
66. Golenhofen K (1997)
Physiologie: Lehrbuch, Kompendium, Fragen und Antworten.
Urban und Schwarzenberg. München, Wien, Baltimore.
67. Granacher U (2003)
Neuromuskuläre Leistungsfähigkeit im Alter (> 60 Jahre): Auswirkungen von Kraft- und sensomotorischem Training.
Dissertation, Fakultät für Wirtschafts- und Verhaltenswissenschaften, Universität Freiburg.
68. Grimby G, Gustafsson E, Peterson L, Renström (1980)
Quadriceps function and training after knee ligament surgery.
Med Sci Sports Exerc 12 (1): 70-5.
69. Hadler NM (1992)
Knee pain is the malady – not osteoarthritis.
Ann Intern Med 116 (7): 589-99.

70. Häkkinen K (1989)
Neuromuscular and hormonal adaption during strength and power training. A review.
J Sports Med 29 (1): 9-26.
71. Hahn F (1998)
Effektivität eines vierwöchigen Bewegungsprogramms zur Förderung der koordinativen Fähigkeiten von Patienten nach Knieprothesenimplantation.
Wissenschaftliche Arbeit für die Diplomprüfung in Sportwissenschaft an der Eberhard-Karls-Universität Tübingen.
72. Hamerman D (1995)
Clinical implications of osteoarthritis and aging.
Ann Rheum Dis 54 (2): 82-5.
73. Hangody L, Kish G, Karpati Z, Udvarhelyi I, Szigeti I, Bely M (1998)
Mosaicplasty for the treatment of articular cartilage defects: application in clinical practice.
Orthopedics 2: 747.
74. Hansten RL (1998)
Grundlagen des normalen Ganges und Analyse pathologischer Gangmuster.
Krankengymnastik 50, 9: 1503-11.
75. Harms V (1998)
Biomathematik, Statistik und Dokumentation.
7. überarbeitete Auflage, Harms Verlag, Kiel.
76. Harre D (Hrsg.) (1986)
Trainingslehre.
Berlin.
77. Hassan BS, Mockett S, Doherty M (2001)
Static postural sway, proprioception, and maximal voluntary quadriceps contraction in patients with knee osteoarthritis and normal control subjects.
Ann Rheum Dis 60 (6): 612-8.
78. Hassan BS, Doherty SA, Mockett S, Doherty M (2002)
Effect of pain reduction on postural sway, proprioception, and quadriceps strength in subjects with knee osteoarthritis.
Ann Rheum Dis 61 (5): 422-8.
79. Hassenpflug J, Harten K, Hahne HJ, Hobeck K, Holland C, Maronna (1988)
Ist die Implantation von Kniegelenksscharnierprothesen heute noch vertretbar?
Z Orthop 126 (4): 398-407.

80. Hauer K, Pfisterer M, Schuler M, Baartsch P, Oster P (2003)
Two years later: A prospective long-term follow-up of a training intervention in geriatric patients with a history of severe falls.
Arch Med Phys Rehabil 84: 1426-31.
81. Heitkamp HC, Graf I, Horstmann T, Mayer F (1997)
Pathophysiologie und Sporttherapie der Gonarthrose aus heutiger Sicht.
Dtsch Z Sportmed 9: 349-59.
82. Hill JA (1995)
The aging knee.
J Back Musculoskel Rehabil 5: 27-32.
83. Hinman RS, Benell KL, Metcalf BR, Crossley KM (2002)
Balance impairments in individuals with symptomatic knee osteoarthritis: a comparison with matched controls using clinical tests.
Rheumatology 41 (12): 1388-94.
84. Hipp EG, Plötz W, Thiemel G (2003)
Orthopädie und Traumatologie.
Georg Thieme Verlag, Stuttgart, New York.
85. Hiu FC, Fitzgerald RH (1980)
Hinged total knee arthroplasty.
J Bone Joint Surg Am 62 (4): 513-9.
86. Hollmann W, Hettinger TH (1976)
Sportmedizin – Arbeits- und Trainingsgrundlagen.
Stuttgart.
87. Hollmann W, Rost R, Mader A, Liesen H (1992)
Altern, Leistungsfähigkeit und Training.
Deutsches Ärzteblatt 89 (38): 1930-7.
88. Horak MB, Dimitrova D, Nutt JG (2005)
Direction-specific postural instability in subjects with Parkinson`s disease.
Exp Neurol 193 (2): 504-21.
89. Horstmann T, Martini F, Mayer F, Sell S, Knak J, Zacher J (1995)
Kraftverhalten der hüftumgreifenden Muskulatur und Gehfähigkeit bei Patienten nach Implantation einer zementfreien Hüftendoprothese.
Z Orthop 133 (6): 562-7.
90. Horstmann T, Maschmann J, Mayer F, Handel M, Heitkamp HC, Dickhuth HH (1999)
Alterseinfluß auf das isokinetische Drehmoment der Ober- und Unterschenkelmuskulatur des Mannes.
Int J Sports Med 20 (6): 262-7.

91. Horstmann T, Mayer F, Merk J, Willms R, Axmann D (2000a)
Individuelles isokinetisches Krafttraining bei Patienten mit Gonarthrose.
Z Rheumatol 59 (2): 93-100.
92. Horstmann T, Mayer F, Niess A, Röcker K, Dickhuth HH (2000b)
Neue Aspekte der Rehabilitation bei Arthrose- und Endoprothesenpatienten.
Med Welt 51 (6).
93. Hsieh LF, Didenko B, Schumacher HR (1987)
Isokinetic and isometric testing of knee musculature in patients with rheumatoid arthritis with mild knee involvement.
Arch Phys Med Rehab 68 (5 Pt 1): 294-7.
94. Huang CH, Cheng CK, Lee YT, Lee KS (1996)
Muscle strength after successful total knee replacement: a 6- up to 13-year followup.
Clin Orthop 328: 147-54.
95. Ilg M (2000)
Veränderung der Balance und Beweglichkeit von Hüftsportteilnehmern und Erweiterung der Testmethode auf dem Posturomed. Exploration der Möglichkeit durch den Einsatz der Elektromyographie im Zusammenhang mit dem Posturomed.
Wissenschaftliche Arbeit für die Diplomprüfung in Sportwissenschaft an der Eberhard-Karls-Universität Tübingen.
96. Ip D, Wu WC, Tsang WL (2003)
Early results of posterior-stabilised NexGen Legacy total knee arthroplasty.
J of Orthop Surg 11 (1): 38-42.
97. Jendrusch G, Brach M (2003)
Sinnesleistungen im Sport.
In: Melching H, Munzert J (Hrsg.): Handbuch Bewegungswissenschaft – Bewegungslehre. Hofmann-Verlag, Schorndorf: 347-69.
98. Jerosch J, Heisel J (1996)
Endoprothesenschule.
Deutscher Ärzte-Verlag, Köln.
99. Jerosch J, Schmidt K, Prymka M (1997)
Beeinflussung der propriozeptiven Fähigkeit von Kniegelenken mit einer primären Gonarthrose.
Der Unfallchirurg 100 (3): 219-24.

-
100. Jerosch J, Heisel J (1999)
Knieendoprothetik: Indikationen, Operationstechnik, Nachbehandlung, Begutachtung.
Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York.
101. Johannsson G, Jarnlo GB (1991)
Balance training in 70-year-old women.
Physiotherapy Theory and Practice 7: 121-5.
102. Jones CA, Voeklander DC, Johnston DW, Suarez-Almazor ME (2000)
Health related quality of life outcomes after total hip and knee arthroplasties in a community based population.
J Rheumatol 27 (7): 1745-52.
103. Jones CA, Voeklander DC, Suarez-Alma ME (2003)
Determinants of function after total knee arthroplasty.
Phys Ther 83 (8): 696-706.
104. Judge JO, Lindsey C, Underwood M, Winsemius D (1993)
Balance improvements in older women: effects of exercise training.
Phys Ther 73 (4): 254-65.
105. Kahle W, Leonhardt H, Platzer W (1991)
Taschenatlas der Anatomie. Band 1: Bewegungsapparat.
6. Auflage, Georg Thieme Verlag, Stuttgart, New York.
106. Kannus P (1992a)
Normality, variability and predictability of work, power and torque acceleration energy with respect to peak torque in isokinetic muscle testing.
Int J Sports Med 13 (3): 249-56.
107. Kannus P, Alosa D, Cook L, Johnson RJ, Renström P, Pope M, Beynon B, Yasuda K, Nichols J, Kaplan M (1992b)
Effect of one-legged exercise on the strenght, power and endurance of the contralateral leg. A randomized, controlled study using isometric and concentric isokinetic training.
Eur J Appl Physiol 64 (2) : 117-26.
108. Kannus P (1994)
Isokinetic evaluation of muscular performance: Implications for muscle testing and rehabilitation.
Int J Sports Med 15 Suppl 1: 11-8.
109. Kantz JN, Harris WJ, Levitzky K, Ware JE, Davies AR (1992)
Methods for assessing condition-specific measure of pain and physical function after total knee replacement.
Med Care 3: 240-52.

110. Katayama Y, Senda M, Hamada M, Kataoka M, Shintani M, Inoue H (2004)
Relationship between postural balance and toe muscle power in young women.
Acta Med Okayama 58 (4): 189-95.
111. Katthagen BD, Zeidler H (2001)
Verbesserung der Lebensqualität als Therapieziel. Maßnahmen am Beispiel der Arthrose und Arthritis.
Dtsch Ärztebl 98 (23): 1564-5.
112. Kazis LE (1990)
Quality of life assessment in clinical practice.
Hosp Pract 25 (3A): 6.
113. Kiebzak GM, Vain PA, Gregory AM, Mokris JG, Mauerhan DR (1997)
SF-36 general health status survey to determinate patient satisfaction at short-term follow-up after total hip and knee arthroplasty.
J South Orthop Assoc 6 (3): 169-72.
114. Kiebzak GM, Campbell M, Mauerhan DR (2002)
The SF-36 general health status survey documents the burden of osteoarthritis and the benefits of total joint arthroplasty: but why should we use it?
Am J Manag Care 8 (5): 463-74.
115. Kiphard EJ, Seel R, Carstensen R (1985)
Leistungs- und Lernfähigkeit im Alter. Eine Untersuchung zur Bewegungskoordination.
Praxis und Psychomotorik 10 (1): 2-7.
116. Kirchner G (1994a)
Der Automatismus „Körpergleichgewicht“ im Alter.
Praxis der Psychomotorik 19 (1): 10-2.
117. Kirchner G (1994b)
Fertigkeitsstabilität und Fertigungsänderung im Alter.
Praxis der Psychomotorik 19 (3): 142-5.
118. Komi PV, Viitasalo J, Raupamaa R, Vihko V (1978)
Effect of isometric strength training on mechanical, electrical and metabolic aspects of muscle function.
Eur Appl Physiol 40 (1): 45-55.
119. Krämer KL, Maichl FP (1993)
Scores – Wertungsschemata und Klassifikation in Orthopädie und Traumatologie.
Stuttgart, New York.

120. Kraemer WJ, Ratamess NA, Maresh CM, Anderson JA, Tiberio DP, Joyce ME, Messinger BN, French DN, Sharman MJ, Rubin MR, Gomez AL, Volek JS, Salvestre R, Hesslink RL Jr (2005)
Effects of treatment with a cetylated fatty acid topical cream on static postural stability and plantar pressure distribution in patients with knee osteoarthritis.
J Strength Cond Res 19 (1): 115-21.
121. Krause K, Neumann HW, Roth N, Brosz M (1995)
Idiopathische Varusgonarthrose: Verminderte nozizeptive vs. unveränderte somatosensorische Sensibilität.
Zeitschrift für Orthopädie und ihre Grenzgebiete 133 (4): 352-6.
122. Küsswetter W (1998)
Endoprothetik und körperliche Belastung.
Dtsch Z Sportmed 49 (6): 249-51.
123. Laughton CA, Slavin M, Katdare K, Nolan L, Bean JF, Kerrigan DC, Phillipps E, Lipsitz LA, Collins JJ (2003)
Aging, muscle activity and balance control: physiologic changes associated with balance impairment.
Gait Posture 18, 101-108.
124. Leach RE, Baumgard S, Broom J (1973)
Obesity: Its relationship to osteoarthritis of knee.
Clin Orthop 93: 271-3.
125. Liang MH, Fossel AH, Larson MG (1990)
Comparisons of five health status instruments for orthopaedic evaluation.
Medical Care 28: 7.
126. Lorentzen JS, Petersen MM, Brot C, Madson OR (1999)
Early changes in muscle strength after total knee arthroplasty. A 6-month follow-up of 30 knees.
Acta Orthop Scand 70 (2): 176-9.
127. Lyons RA, Perry HM, Littlepage BN (1994)
Evidence of the validity of the short-form 36 questionnaire: new outcome measure for primary care.
Age Ageing 23: 182-4.

128. Maar D (2004)
Auswirkungen eines Gleichgewichtstrainings im Vergleich zu einem Krafttraining bei Frauen in der Postmenopause. Eine empirische Untersuchung zur Entwicklung der Kraftfähigkeit und der Gleichgewichtsfähigkeit der Oberschenkelmuskulatur durch ein allgemeines Gleichgewichtstraining.
Wissenschaftliche Arbeit für die Diplomprüfung in Sportwissenschaft an der Eberhard-Karls-Universität Tübingen.
129. MacKinnon J, Young S, Baily RA (1988)
The St Georg sledge for unicompartmental replacement of the knee. A prospective study of 115 cases.
J Bone Joint Surg Br 70 (2): 217-23.
130. Maki BE, McIlroy W (1996)
Postural control in older adults.
Clinics and Geriatric Medicine 12 (4): 635-58.
131. Maki BE (1997)
Gait changes in older adults: predictors of falls or indicators of fear.
J Am Geriatr Soc 45 (3): 313-20.
132. Manninen P, Riihimaki H, Heliovaara M, Makela P (1996)
Overweight, gender and knee osteoarthritis.
Int J Obes Relat Metab Disord 20 (6): 595-7.
133. March LM, Cross MJ, Lapsley H, Brnabic AJ, Tribe KL, Bachmeier CJ, Courteney BG, Brooks PM (1999)
Outcomes after hip or knee replacement surgery for osteoarthritis. A prospective cohort study comparing patients quality of life before and after surgery with age-related population norms.
Med J Aust 171 (5): 235-8.
134. Martin D, Carl K, Lehnertz K (1991)
Handbuch Trainingslehre.
Hoffmann-Verlag, Schorndorf.
135. Mathias S, Nayak USL, Isaacs B (1986)
Balance in elderly patients: the "get-up and go" test.
Arch Phys Med Rehabil 67, 6: 387-9.
136. Mayer F, Horstmann T, Küsswetter W, Dickhuth HH (1994)
Isokinetic – Eine Standortbestimmung.
Dtsch Z Sportmed 45: 272-87.

137. Mayer J (2004)
Gesundheitsbezogene Lebensqualität und Koordination bei Patienten mit Hüftarthrose und -prothese im Verlauf eines sechsmonatigen Hüftschulkurses.
Wissenschaftliche Arbeit im Fach Sport, Institut für Sportwissenschaft Eberhard-Karls-Universität Tübingen.
138. McHorney CA, Ware JE, Lu JF, Sherbourne CD (1994)
The MOS 36 item short-form health survey (SF-36): III. Tests of data quality, scaling assumptions and reliability across diverse patient groups.
Med Care 32: 40-66.
139. Meinel K, Schnabel G (1998)
Bewegungslehre – Sportmotorik. Abriß einer Theorie der sportlichen Motorik unter pädagogischem Aspekt.
Sportverlag, Berlin.
140. Melching H (1992)
Bewegungskoordination.
In: Röthig P, Becker H, Carl K, Kayser D, Prohl R (Hrsg.):
Sportwissenschaftliches Lexikon, Hofmann-Verlag, Schorndorf: 82-3.
141. Melching H (2003)
Von koordinativen Fähigkeiten zum Strategie-Adaptations-Ansatz.
In: Mechling H, Munzert J (Hrsg.): Handbuch Bewegungswissenschaft –
Bewegungslehre. Hofmann-Verlag, Schorndorf: 347-69.
142. Menke W (2000)
Spezielle Sportorthopädie und Sporttraumatologie.
Limpert. Wiebelsheim.
143. Miehle K (1979)
Synovialflüssigkeitsbefunde bei Synovialdialyse.
In: Thumb N Hrsg. Synovialflüssigkeit und synoviales Milieu.
Georg Thieme Verlag, Stuttgart, New York.
144. Minor MA, Hewett JE, Webber RR, Anderson SK, Kay DR (1989)
Efficacy of physical conditioning exercise in patients with rheumatoid arthritis and osteoarthritis.
Arthr Rheum 32 (11): 1396-405.
145. Miranda H, Viikari-Juntura E, Martikainen R, Riihimäki H (2002)
A prospective study on knee pain and its risk factors.
Osteoarthritis cartilage 10 (8): 623-30.

146. Müller O, Gunther M, Krauss I, Horstmann T (2004)
Physical characterization of the therapeutic device Posturomed as a measuring device – presentation of a procedure to characterize balancing ability.
Biomed Tech 49 (3): 56-60.
147. Murray DG (1980)
In defense of becoming unhinged.
J Bone Joint Surg Am 62 (4): 495-6.
148. Najman JM, Levine S (1981)
Evaluating the impact of medial care and technology on quality of life.
Social Science and Medicine 15F: 105-15.
149. Nallegowda M, Singh U, Bhan S, Whadwa S, Handa G, Dwivedi SN (2003)
Balance and gait in total hip replacement: a pilot study.
Am J Phys Med Rehabil 82, 9: 669-77.
150. Nardone A, Tarantola J, Giordano A, Schieppati M (1997)
Fatigue effects on body balance.
Electroencephalography and clinical neurophysiology 105: 309-20.
151. Neame R, Zhang W, Deighton C, Doherty M, Doherty S, Lanyon P, Wright G (2004)
Distribution of radiographic osteoarthritis between the right and left hands, hips and knees.
Arthritis Rheum 50 (5): 1487-94.
152. Netter FH, Böttcher T, Engelhardt S, Kortenhaus M (2001)
Netters Orthopädie.
Georg Thieme Verlag, Stuttgart, New York.
153. Neumeier A, Melching H (1995)
Allgemeines oder sportartspezifisches Koordinationsstraining.
Leistungssport 25, 5: 14-8.
154. Ott H (1999)
Evaluiierung und Reproduzierbarkeit der Gleichgewichtsfähigkeit bei älteren Personen mit dem Posturomed.
Wissenschaftliche Arbeit für die Diplomprüfung in Sportwissenschaft an der Eberhard-Karls-Universität Tübingen.
155. Outerbridge RE (1961)
The etiology of chondromalacia patellae.
J Bone Joint Surg Br. 43 : 752-7.

156. Parent E, Moffet H (2003)
Preoperative predictors of locomotor ability two months after total knee arthroplasty for severe osteoarthritis.
Arthritis Rheum 49 (1): 36-50.
157. Parker DA, Dunbar MJ, Rorabeck CH (2003)
Extensor mechanism failure associated with total knee arthroplasty: prevention and management.
J Am Acad Orthop Surg 11(4): 238-47.
158. Philbin EF, Groff GD, Ries MD, Millere TE (1995)
Cardiovascular fitness and health in patients with end-stage osteoarthritis.
Arthr Rheum 38 (6): 799-805.
159. Pratorius B, Kimmeskamp S, Milani TL (2003)
The sensitivity of the sole of the foot in patients with Morbus Parkinson.
Neurosci Lett 346 (3): 173-6.
160. Puhl W, Bernau A, Böhle E, Brune K, Gerhardt P, Greitemann B, et al. (2000)
Ambulante Diagnostik und Therapie der Gonarthrose.
Z Orthop Ihre Grenzgeb. 138: 85.
161. Quillet D, Moffet H (2002)
Locomotor deficits before and two months after knee arthroplasty.
Arthritis Rheum 47 (5): 484-93.
162. Rieder H, Lehnertz K (1991)
Bewegungslernen und Techniktraining.
In: Trainerakademie Köln (Hrsg.), Studienbrief der Trainerakademie Köln des Deutschen Sportbundes 21. Hoffmann-Verlag, Schorndorf.
163. Rieder H (1996)
Koordination.
In: Rieder H, Huber G, Wehrle J, (Hrsg.): Sport mit Sondergruppen. Ein Handbuch. Schorndorf, 185-96.
164. Ries MD, Philbin EF, Groff GD (1995)
Relationship between severity of gonarthrosis and cardiovascular fitness.
Clin Orthop 313: 169-76.
165. Rogind H, Bibow-Nielsen B, Jensen B, Moller HC, Frimodt-Moller H, Bliddal H (1998)
The effects of a physical training program on patients with osteoarthritis of the knees.
Arch Phys Med Rehabil 79 (11): 1421-7.

166. Rost R (Hrsg.) (2001)
Lehrbuch der Sportmedizin.
Dt. Ärzte-Verlag Köln: 299-305.
167. Roth K, Winter R (1994)
Entwicklung koordinativer Fähigkeiten.
In: Baur J, Bös K, Singer R (Hrsg.): Motorische Entwicklung. Ein Handbuch.
Schorndorf: 191-217.
168. Runge M (1998)
Gehstörungen, Stürze und Hüftfrakturen.
Darmstadt. Steinkopff.
169. Schaff PS, Lubner M, Mößmer C, Rosemeyer B (1995)
Der Effekt infrapatellarer Sehnenbandagen auf das EMG-Muster.
Sportorthopädie – Sporttraumatologie 11 (2): 124-88.
170. Scharf H-P, Noack W (1987)
Die Bedeutung isokinetischer Kraftmessung in Sport und Rehabilitation.
Sportverletzung-Sportschaden 1 (3): 142-9.
171. Schmidt RF, Thews G (1997)
Physiologie des Menschen.
Springer-Verlag, Berlin.
172. Schultz RA, Miller DC, Kerr CS (1984)
Mechanoreceptors in human cruciate ligaments.
J of Bone and Joint Surgery Am 66: 1072-6.
173. Schumpelick V, Bleese NM, Mommsen U (2000)
Chirurgie.
5. unveränderte Auflage, Enke, Stuttgart.
174. Scott RD, Cobb AG, McQueary FG, Thornhil TS (1991)
Unicompartmental knee arthroplasty.
Clin Orthop 271: 96.
175. Sell S, Zacher J, Lack S (1993)
Propriozeptionsstörung am arthrotischen Kniegelenk.
Zeitschrift für Rheumatologie 52: 150-5.
176. Shamway-Cook A, Gruber W, Baldwin M, Liao S (1997)
The effect of multidimensional exercises on balance, mobility and fall risk in community-dwelling older adults.
Physical Therapy 77, 1: 46-57.

177. Shepperd S, Harwood D, Jenkinson C, Gray A, Vessey M, Morgan P (1998)
Randomised controlled trial comparing hospital at home care with inpatient hospital care. I: Three month follow up of health outcomes.
British Medical Journal 316 (7147): 1786-91.
178. Silva M, Shepherd EF, Jackson WO, Pratt JA, McClung CD, Schmalzried TP (2003)
Knee strenght after total knee arthroplasty.
J Arthroplasty 18 (5): 605-11.
179. Smith BE, Askew MJ, Gradisar IA Jr, Gradisar JS, Lew MM (1992)
The effect of patient weight on the functional outcome of total knee arthroplasty.
Clin Orthop Relat Res. 276: 237-44.
180. Sparmann M, Hessel C, Gosztanyi G (1996)
Innervationsstörungen des vorderen Kreuzbandes bei der ideopathischen Gonarthrose.
Zeitschrift für Orthopädie und ihre Grenzgebiete 134 (3): 233-7.
181. Starischka S (1990)
Zur Diagnostik und Trainierbarkeit sportmotorischer Fähigkeiten Älterer.
In: Menzel HJ, Preiß R (Hrsg.): Forschungsstand Sport. Frankfurt a. Main, 339-67.
182. Steadman JR, Rodkey WG, Briggs KK, Rodrigo JJ (1999)
Die Technik der Mikrofrakturierung zur Behandlung von kompletten Konorpeldefekten im Kniegelenk.
Orthopäde 28: 26.
183. Stem SH, Insall JN (1992)
Posterior stabilized prosthesis: Results after follow up of nine to twelve years.
JBJS 74 A: 980-4.
184. Stevens JE, Mizner RL, Snyder-Mackler L (2003)
Quadriceps strenght and volitional activation before and after total knee arthroplasty for osteoarthritis.
J Orthop Res 21 (5): 775-9.
185. Stevens JE, Mizner RL, Snyder-Mackler L (2004)
Neuromuscular electrical stimulation for quadriceps muscle strenghtening after bilateral total knee arthroplasty: a case series.
J Orthop Sports Phys Ther 34 (1): 21-9.

186. Sturnieks DL, Tiedemann A, Chapman K, Munro B, Murray SM, Lord SR (2004)
Physiological risk factors for falls in older people with lower limb arthritis.
J Rheumatol 31 (11): 2272-9.
187. Suchodoll M (1998)
Der Einfluss unterschiedlicher Trainingsprogramme auf das Koordinationsvermögen von Hüft-TEP-Patienten in der stationären Rehabilitation.
Aachen.
188. Tanzer M, Smith K, Burnett S (2002)
Posterior-stabilized versus cruciate-retaining total knee arthroplasty: balancing the gap.
J Arthroplasty 17 (7): 813-9.
189. Teipel D (1988)
Diagnostik koordinativer Fähigkeiten. Eine Studie zur Struktur und querschnittlich betrachteten Entwicklung fein- und grobmotorischer Leistungen.
Profil-Verlag. München.
190. Tinetti ME (1986)
Performance –oriented assessment of mobility problems in elderly patients.
J Am Geriatr Soc 34: 119-26.
191. Tjon SS, Geurts AC, van't Pad Bosch P, Laan RF, Mulder T (2000)
Postural control in rheumatoid arthritis patients scheduled for total knee arthroplasty.
Arch Phys Med Rehabil 81 (11): 1489-93.
192. Tittel K (1989)
Beschreibende und funktionelle Anatomie des Menschen.
Fischer-Verlag, Stuttgart, New York.
193. Trepel M (1999)
Neuroanatomie: Struktur und Funktion.
Urban und Fischer-Verlag, München, Jena.
194. Verdonck A, Wiek M, Hölk V (1994)
KOMET – Eine neue Möglichkeit zur Objektivierung und Schulung der Koordination.
Biokinetische Verfahren und ihre praktische Anwendung in Diagnostik und Therapie, Lüdenscheid.

195. Walsh M, Woodhouse LJ, Thomas SG, Finch E (1998)
Physical impairments and functional limitations: a comparison of individuals 1 year after total knee arthroplasty with control subjects.
Phys Ther 78 (3): 248-58.
196. Ware JE, Sherbourne CD (1992)
The MOS 36-item Short-Form Health Survey (SF 36): I. Conceptual framework and item selection.
Medical Care 30: 473-483.
197. Ware JE, Gandek B (1994)
The SF-36 health survey: Development and use in mental health research and the IQOLA Project.
International Journal of Mental Health 23: 49-73.
198. Ware JE (1996)
The SF-36 Health Survey. Quality of life and pharmacoconomics in clinical trials.
Lippincott-Raven, Philadelphia: 337-46.
199. Ware JE, Kosinski M (2001)
Interpreting SF-36 summary health measures: a response.
Qual Life Res 10 (5): 405-20.
200. Watanabe T, Tomita F, Fujii M, Hashimoto J, Sugamoto K, Yoshikawa H (2005)
Comparison between mobile-bearing and fixed-bearing knees in bilateral total knee replacements.
Int Orthop 5.
201. Wegener L, Kisner C, Nichols D (1997)
Static and dynamic balance responses in persons with bilateral knee osteoarthritis.
J Orthop Sports Phys Ther 25 (1): 13-8.
202. Weidenhielm L, Olsson E, Broström L-A, Börjesson-Hederström M, Mattsson E (1993)
Improvement in gait one year after surgery for knee osteoarthrosis: A comparison between high tibial osteotomy and prosthetic replacement in a prospective randomized study.
Scand J Rehab Med 25 (1): 25-31.
203. Weineck J (2002)
Sportbiologie.
Spitta-Verlag. Balingen.

204. Winkler C (2000)
Kraftverhalten der kniegelenksumgebenden Muskulatur bei Implantation einer Kniegelenktotalendoprothese.
Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades der Medizin, Medizinische Universitätsklinik und Poliklinik Tübingen, Abteilung Sportmedizin.
205. Winter R, Baur J (1994)
Motorische Entwicklung im Erwachsenenalter.
In: Baur J, Bös K, Singer R (Hrsg.): Motorische Entwicklung. Ein Handbuch.
Schorndorf, 309-32.
206. Wolfson L, Whipple R, Derrby C, Judge J, King M, Amerman P, Schmidt J, Smyers D (1996)
Balance and strength training in older adults: Intervention gains and Tai Chi maintenance.
JAGS 44 (5): 489-502.
207. Woollacott MH, Tang PF (1997)
Balance control during walking in the older adult: Research and its implications.
Physical Therapy 77, 6: 646-60.
208. Wydra G (1993)
Bedeutung, Diagnose und Therapie von Gleichgewichtsstörungen.
Motorik 16, 3: 100-6.
209. Zavadak KH, Gibson KR, Whitley DM, Britz P, Kwok CK (1995)
Variability in the attainment of functional milestones during the acute care admission after total joint replacement.
J Rheumatol 22 (3): 482-7.

7. Anhang

7.1 Anhang Material und Methodik

7.1.1 Patientenanschreiben vor der OP

 <p>Eberhard-Karls-Universität UKT Universitätsklinikum Tübingen</p>	<p>Universitätsklinikum Tübingen</p>
<p>Orthopädische Klinik und Poliklinik Hoppe-Seyler-Str. 3 · 72076 Tübingen</p>	
	<p>Orthopädische Klinik und Poliklinik Ärztl. Leiter: Prof. Dr. N. Wülker</p>
	<p>Hoppe-Seyler-Str. 3 · 72076 Tübingen</p>
	<p>Telefon 0 70 71/29- 8 66 85 Poliklinik 0 70 71/29- 8 66 33 Vermittlung 0 70 71/29- 8 66 11 Telefax 0 70 71/29- 40 91</p>
	<p>Datum: 26.04.02</p>
	<p>Unser Zeichen:</p>
<p>Sehr geehrte Patientin, sehr geehrter Patient,</p>	
<p>aufgrund Ihres fortgeschrittenen Knieleidens ist bei Ihnen die Implantation einer Kniegelenktotalprothese vorgesehen. Wir führen derzeit eine kontrollierte Studie in unserer Orthopädischen Klinik durch, die sich mit diesem Thema beschäftigt. Anhand der gewonnenen Daten wollen wir die vor der Operation meist verminderte Fähigkeit, das Gleichgewicht zu halten und die Kraftminderung einzelner Muskelgruppen, die für das einwandfreie Funktionieren des Kniegelenkes und des Gangbildes notwendig sind, darstellen.</p>	
<p>Nach der Operation wird die krankengymnastische Therapie einen großen Stellenwert für Sie einnehmen. Bei der routinemäßigen Kontrolluntersuchung, in der Regel nach 4 Monaten, wollen wir durch erneute Messung die aufgrund von Operation und Gymnastik zu erwartenden Verbesserungen des Gleichgewichtsgefühls und der Kraftverhältnisse herausfinden. Neben einer kollektiven Aussage werden auch individuelle Empfehlungen für Ihre weitere Rehabilitation möglich sein. Die Untersuchungen werden von den erfahrenen Doktoranden der Medizin, Markus Albrecht und Jan Hanssen, an geprüften Messgeräten durchgeführt.</p>	
<p>Wir möchten Sie bitten, uns durch Ihre Teilnahme, insbesondere aber auch durch den Besuch der Kontroll- und Verlaufsmessung, die im Rahmen Ihrer Nachuntersuchung (nach 4 Monaten) stattfinden kann, in dieser Studie zu unterstützen. Die Teilnahme an der Studie ist freiwillig und Ihre Daten werden selbstverständlich anonym und vertraulich behandelt. Für Ihre Mühen werden Sie am Ende der Kontroll- und Verlaufsmessung ein Balance-Trainingsgerät erhalten.</p>	
<p>Anbei schicken wir Ihnen 2 Fragebögen zu, die wir bei der Durchführung dieser Studie verwenden. Wir möchten Sie bitten, diese Fragebögen in Ruhe auszufüllen und am Tag Ihrer stationären Aufnahme mitzubringen.</p>	
<p>Wir werden uns erlauben, mit Ihnen in den nächsten Tagen telefonisch in Kontakt zu treten, um in Erfahrung zu bringen, ob Sie an der Studie teilnehmen möchten.</p>	
<p>Mit freundlichen Grüßen</p>	
<p>Dr. med. P. Reize Klinikoberarzt</p>	<p>PD Dr. med. T. Horstmann Komm. Leiter Sportmedizin</p>
<p>Universitätsklinikum Tübingen Anstalt des öffentlichen Rechts Sitz Tübingen Geisweg 3 · 72076 Tübingen Telefon (0 70 71) 29-0 www.medizin.uni-tuebingen.de Stadtbus - Linie 5</p>	<p>Aufsichtsrat: Helmut Meinhold (Vors.)</p>
	<p>Vorstand: Prof. Dr. Michael Bamberg* (Leitender Ärztlicher Direktor) Prof. Dr. Ludger Seipel (Stellv. Leitender Ärztlicher Direktor) Prof. Dr. Claus D. Claussen (Dekan) Rüdiger Strehl* (Kaufmännischer Direktor) Günther Brenzel (Pflegedirektor) * Gemeinsame Vertretungsbefugnis</p>
	<p>Banken: BW-Bank AG Tübingen (BLZ 641 200 30) 1 208 075 000 KSK Tübingen (BLZ 641 500 20) 14 144</p>

7.1.2 Einverständniserklärung

EINVERSTÄNDNISERKLÄRUNG

Medizinische Klinik und Poliklinik, Abteilung Sportmedizin
Universität Tübingen, Hölderlinstr.11 72074 Tübingen

Verantwortlicher Studienleiter: Priv. Doz. Dr. T. Horstmann, Abtl. Sportmedizin
Tel. 07071-29-86493

Studie: „*Verbesserung des Gleichgewichtsgefühls und der Kraft bei Implantation einer Kniegelenktotalendoprothese*“

Proband: Name _____
Adresse _____

Ich wurde über die Ziele, die Dauer, den Ablauf, den Nutzen sowie sämtliche Risiken und Nebenwirkungen der Studienteilnahme aufgeklärt. Ich habe von diesen Informationen Kenntnis genommen.



Ich wurde darüber informiert, daß die Teilnahme an der Untersuchung vollkommen freiwillig ist und daß das Einverständnis jederzeit ohne Angabe von Gründen und ohne Nachteile widerrufen werden kann. Mir ist bekannt, dass für die Durchführung der Studie eine Probandenversicherung abgeschlossen wurde.

Über den Umgang mit personenbezogenen Daten wurde ich informiert, ich stimme der wissenschaftlichen Verwendung der anonymisierten Daten zu.

Unterschrift Proband: _____ **Datum:** _____

Unterschrift Studienleiter: _____ **Datum:** _____

7.1.3 Patientenanschreiben nach der OP

 <p>Eberhard-Karls-Universität UKT Universitätsklinikum Tübingen</p>	<p>Universitätsklinikum Tübingen Orthopädische Klinik und Poliklinik Ärztl. Leiter: Prof. Dr. N. Wülker</p>
<p>Orthopädische Klinik und Poliklinik Hoppe-Seyler-Str. 3 · 72076 Tübingen</p>	
	<p>Hoppe-Seyler-Str. 3 · 72076 Tübingen Telefon 0 70 71/29- 8 66 85 Poliklinik 0 70 71/29- 8 66 33 Vermittlung 0 70 71/29- 8 66 11 Telefax 0 70 71/29- 40 91 Datum: 02.10.02</p>
	<p>Unser Zeichen:</p>
<p>Sehr geehrte Patientin, sehr geehrter Patient,</p>	
<p>aufgrund Ihres fortgeschrittenen Knieleidens wurde bei Ihnen die Implantation einer Kniegelenktotalendoprothese in unserer Klinik vorgenommen. Nachdem Sie sich freundlicherweise bereit erklärt haben, an der operationsbegleitenden Studie „Verbesserung des Gleichgewichtsgefühls und der Kraft bei Implantation einer Kniegelenktotalendoprothese“ teilzunehmen, möchten wir Sie mit diesem Schreiben auf die bevorstehende Kontroll- und Verlaufsmessung aufmerksam machen. Diese soll ca. 4 Monate nach der Operation erfolgen. Wir werden uns erlauben, mit Ihnen telefonisch in Kontakt zu treten, um einen geeigneten Termin zu vereinbaren.</p>	
<p>An dieser Stelle möchten wir nochmals betonen, dass wir die Daten der präoperativen Messung nur dann sinnvoll auswerten können, wenn wir sie mit den Daten der jetzt anstehenden Kontroll- und Verlaufsmessung vergleichen können. Da Sie für die Teilnahme an unserer Studie nun nochmals unsere Klinik aufsuchen müssen, werden wir Ihnen selbstverständlich die anfallenden Fahrtkosten ersetzen. Außerdem werden Sie am Ende der Untersuchung ein Balance-Trainingsgerät sowie eine Anleitung mit Übungen für das Knie als Aufwandsentschädigung erhalten.</p>	
<p>Die Messungen werden abermals von den erfahrenen Doktoranden der Medizin Markus Albrecht und Jan Hanssen an geprüften Messgeräten durchgeführt werden, die Sie bereits von Ihrer ersten Messung kennen.</p>	
<p>Anbei schicken wir Ihnen wiederum 2 Fragebögen zu, die wir bei der Durchführung der Studie verwenden. Wir möchten Sie bitten, diese ausgefüllt zu Ihrer Kontroll- und Verlaufsmessung mitzubringen. Außerdem befindet sich anbei eine vereinfachte Darstellung der Ergebnisse der präoperativen Messung.</p>	
<p>Mit freundlichen Grüßen</p>	
<p>Dr. med. P. Reize Klinikerarzt</p>	<p>Dr. med. T. Horstmann Komm. Leiter Sportmedizin</p>
<p>F991666 - 10/2000 - B2</p>	<p>Universitätsklinikum Tübingen Anstalt des öffentlichen Rechts Sitz Tübingen Geissweg 3 · 72076 Tübingen Telefon (0 70 71) 29-0 www.medizin.uni-tuebingen.de Stadtbus - Linie 5</p>
<p>Aufsichtsrat: Helmut Meinhold (Vors.)</p>	<p>Vorstand: Prof. Dr. Michael Bamberg* (Leitender Ärztlicher Direktor) Prof. Dr. Ludger Seipel (Stellv. Leitender Ärztlicher Direktor) Prof. Dr. Claus D. Claussen (Dekan) Rüdiger Strehli* (Kaufmännischer Direktor) Günther Brenzel (Pflegedirektor) * Gemeinsame Vertretungsbefugnis</p>
	<p>Banken: BW-Bank AG Tübingen (BLZ 641 200 30) 1 208 075 000 KSK Tübingen (BLZ 641 500 20) 14 144</p>

7.1.4 Fahrtkostenerstattungsformular

<p>Fahrtkostenerstattung im Rahmen der Studie</p> <p>„Verbesserung des Gleichgewichtsgefühls und der Kraft bei Implantation einer Kniegelenktotalendoprothese“</p>	
Name:	_____
Strasse:	_____
PLZ und Wohnort:	_____
Bankverbindung:	Kontoinhaber: _____
	Konto-Nr.: _____
	BLZ: _____
	bei Kreditinstitut: _____
Benutztes Verkehrsmittel:	<input type="checkbox"/> privater PKW
	Strecke für Hin- und Rückfahrt: _____ km (Vergütung je gefahrener km = 0,22 Euro)
	Kosten für Hin- und Rückfahrt: _____, _____ Euro
	<input type="checkbox"/> öffentliche Verkehrsmittel (Bus, Bahn, ...) (bitte Quittung geben lassen!)
	Kosten für Hin- und Rückfahrt: _____, _____ Euro
	<input type="checkbox"/> Taxi (bitte Quittung geben lassen!)
	Kosten für Hin- und Rückfahrt: _____, _____ Euro
<p>Hiermit versichere ich die Richtigkeit der oben gemachten Angaben und erkläre mich mit der Überweisung des oben genannten Geldbetrages durch die Universität Tübingen einverstanden.</p>	
Tübingen, den _____	_____ (Unterschrift des Probanden)

7.1.5 Untersuchungsschema

I.	Anamnese
-	Aktenstudium ! nur Patienten!
-	Befragung bzgl. Vor- / Grunderkrankungen
-	Allgemeiner Fragebogen (incl. Bristol-Score) ! nur Patienten!
-	SF-36 Fragebogen ! nur Patienten!
II.	Klinische Untersuchung
-	Vervollständigung Bristol-Score (objektive Parameter)
III.	Kraftmessplatte „Forceplate“
-	3 Serien: <ul style="list-style-type: none">▪ Zweibeinstand▪ Einbeinstand rechts▪ Einbeinstand links
IV.	Posturomed
-	3 Serien: <ul style="list-style-type: none">▪ Einbeinstand rechts ohne Auslenkung▪ Einbeinstand links ohne Auslenkung
-	3 Serien: <ul style="list-style-type: none">▪ Einbeinstand rechts mit Auslenkung▪ Einbeinstand links mit Auslenkung
V.	Sternschritt-Test
-	2 Durchgänge
VI.	Kraftmessungen per Digi-Max-Kraftaufnehmer
-	3 Versuche in Folge: <ul style="list-style-type: none">▪ Flexion rechts▪ Flexion links▪ Extension rechts▪ Extension links
VII.	Kraftausdauerstest
-	1 Durchgang pro Seite (zunächst rechts, dann links)

7.1.6 Untersuchungsprotokoll Patientengruppe

Messprotokoll

Probandennummer:**1. Anamnese:**

Befragung bzgl. Vor- / Grunderkrankungen		
Skelettsystem > Knie kontralat.: > Hüfte: > OSG: > sonst. Beinbeschwerden: > sonst. Bewegungsapp.:	internistische E.	neurologische E.

2. Klinische Untersuchung:

a.) passives BÄM:	rechts:	links:
b.) fixierte Flexion / Extensionsdefizit:	rechts:	links:
c.) maximale Varus- / Valgusstellung (Beinachse):	rechts:	links:

3. Forceplate:

	Z	RE	LI
Durchgang 1:			
Durchgang 2:			
Durchgang 3:			

4. Posturomed:**a.) ohne Auslenkung:**

	RE	LI
Durchgang 1:		
Durchgang 2:		
Durchgang 3:		

b.) mit Auslenkung:

	RE	LI
Durchgang 1:		
Durchgang 2:		
Durchgang 3:		

5. Sternschritt-Test:

Durchgang 1:	
Durchgang 2:	

6. Digimax-Kraftmessungen:

	Durchgang 1:	Durchgang 2:	Durchgang 3:
Flexion re.			
Flexion li.			
Extension re.			
Extension li.			

7. Kraftausdauerstest :

	RE	LI
Durchgang 1:		

7.1.7 Untersuchungsprotokoll Normgruppe

Messprotokoll

Normgruppennummer:**Persönliche Daten:**

Name:
Vorname:
Geburtsdatum:
Geschlecht:
Größe:
Gewicht:

1. Anamnese:

a.) Vor- / Grunderkrankungen		
Skelettsystem > Hüfte: > Knie: > OSG: > sonst. Beinbeschwerden: > sonst. Bewegungsapp.:	internistische E.	neurologische E.
b.) Berufsanamnese o keine körperliche Belastung o leichte körperliche Arbeit o mittlere körperliche Arbeit o schwere körperliche Arbeit		
c.) Sportanamnese (sportl. Vergangenheit) o Nichtsportler o Hobby- / Freizeitsport o Vereins- / Wettkampfsport o Hochleistungssport > Sportart(en): > Trainingseinheiten / Woche: > Jahre:		

2. Klinische Untersuchung:

a.) passives BAM:	rechts:	links:
b.) fixierte Flexion / Extensionsdefizit:	rechts:	links:
c.) maximale Varus- / Valgusstellung (Beinachse):	rechts:	links:

3. Forceplate:

	Z	RE	LI
Durchgang 1:			
Durchgang 2:			
Durchgang 3:			

4. Posturomed:**a.) ohne Auslenkung:**

	RE	LI
Durchgang 1:		
Durchgang 2:		
Durchgang 3:		

b.) mit Auslenkung:

	RE	LI
Durchgang 1:		
Durchgang 2:		
Durchgang 3:		

5. Sternschritt-Test:

Durchgang 1:	
Durchgang 2:	

6. Digimax-Kraftmessungen:

	Durchgang 1:	Durchgang 2:	Durchgang 3:
Flexion re.			
Flexion li.			
Extension re.			
Extension li.			

7. Kraftausdauer test :

	RE	LI
Durchgang 1:		

7.1.8 Allgemeiner Fragebogen – prä-OP-Version

Fragebogen zur Studie

"Verbesserung des Gleichgewichtsgefühls und der Kraft" bei Implantation einer Kniegelenktotalendoprothese

Version 1 (Status vor der Operation)

Bearbeitungshinweise:

- Bitte versuchen Sie, jede Frage zu beantworten, und markieren Sie bitte nur jeweils eine Antwortmöglichkeit.
- Bitte kreuzen Sie bei den Antwortmöglichkeiten die Zahl an, die am ehesten auf Sie zutrifft.
- Falls Sie bei einer Frage keine Antwort wissen sollten, stehen Ihnen die Doktoranden der Medizin natürlich gerne im Rahmen Ihrer Messung zur Verfügung.
- Bitte bringen Sie den Fragebogen ausgefüllt am Tag Ihrer stationären Aufnahme bzw. am Tag Ihrer Messung mit!
- Ihr Fragebogen wird anonym ausgewertet werden, was Sie daran erkennen können, dass Ihre persönlichen Daten ausschließlich auf dem abtrennbaren Deckblatt erscheinen. Für die Auswertung wird lediglich Ihre Probanden-Nummer verwendet werden.

A. persönliche Daten

1. Probanden-Nummer _____
2. Name _____
3. Vorname _____
4. Geschlecht weiblich / männlich
5. Geburtsdatum _____
6. Größe (in cm) _____
7. Gewicht (in kg) _____
8. Adresse Straße und Hausnummer: _____
PLZ und Wohnort: _____
9. Telefonnummer _____

Probanden-Nummer: _____

B. Seit wann bestehen die Kniebeschwerden ?

seit diesem Jahr	1
seit 1 bis 5 Jahren	2
seit 6 bis 10 Jahren	3
seit mehr als 10 Jahren	4

C. Schmerzen (bitte nur die Schmerzen im zu operierenden Knie bewerten)

verspüre keine Knieschmerzen	1
verspüre geringe oder nur gelegentlich Knieschmerzen	2
mäßiger Schmerz, der mich in manchen Tätigkeiten einschränkt	3
starke Schmerzen, die mich bei jeglicher Tätigkeit einschränken	4

D. Schmerzeinschätzung (Geben Sie auf einer Skala von 1 bis 10 Ihr Schmerzempfinden an, wobei 1= sehr geringer Schmerz und 10= sehr starker Schmerz bedeutet) (bitte jede Einzelfrage beantworten)

derzeitiges allgemeines Schmerzempfinden	1-2-3-4-5-6-7-8-9-10
derzeitiges Schmerzempfinden in Ruhe	1-2-3-4-5-6-7-8-9-10
derzeitiges Schmerzempfinden bei Nacht	1-2-3-4-5-6-7-8-9-10
derzeitiges Schmerzempfinden beim Aufstehen aus dem Sitzen	1-2-3-4-5-6-7-8-9-10
derzeitiges Schmerzempfinden beim Gehen	1-2-3-4-5-6-7-8-9-10
derzeitiges Schmerzempfinden beim Treppensteigen	1-2-3-4-5-6-7-8-9-10

E. Schmerzmittelbedarf wegen des zu operierenden Knies

nehme wegen meiner Kniebeschwerden nie Schmerzmittel ein	1
nehme deshalb manchmal Schmerzmittel ein	2
nehme deshalb regelmäßig Schmerzmittel ein	3

Welches/welche Schmerzmittel nehmen Sie ein ? _____

F. Nehmen Sie aufgrund von Schmerzen an anderer Stelle des Bewegungsapparats (als dem jetzt zu operierenden Kniegelenk) zur Zeit Schmerzmittel ein ? (Bitte beschränken Sie sich auf einen weiteren Hauptschmerzpunkt)

nein	1
ja, aufgrund von Schmerzen im Hals-Wirbel-Säulenbereich	2
ja, aufgrund von Schmerzen in den Schultergelenken	3
ja, aufgrund von Schmerzen im Lenden-Wirbel-Säulenbereich	4
ja, aufgrund von Schmerzen in den Hüftgelenken	5
ja, aufgrund von Schmerzen im Kniegelenk auf der anderen Seite	6
ja, aufgrund von Schmerzen in den Sprunggelenken	7
ja, aufgrund von sonstigen Schmerzen _____	8

Welches/welche Schmerzmittel nehmen Sie ein ? _____

Probanden-Nummer: _____

G. Gehfähigkeit

benötige keine Hilfsmittel beim Gehen	1
benötige manchmal 1 Stock	2
benötige immer 1 Stock	3
benötige 2 Stöcke	4
benötige 2 Krücken oder einen Gehwagen	5
brauche einen Rollstuhl oder bin bettlägerig	6

H. Gehstrecke

uneingeschränkt	1
ungefähr 800m bis 1600m	2
ungefähr bis zu 400m	3
ungefähr 100m bis 200m	4
kann nur ein paar Schritte gehen	5
kann gar nicht gehen	6

I. Treppensteigen

kann Treppen ganz normal steigen	1
muss jede Stufe einzeln nehmen	2
kann Treppen nur mit Hilfe steigen	3
kann keine Treppen steigen	4

J. Aufstehen vom Sitzen / Stuhl

kann ohne Zuhilfenehmen der Arme aufstehen	1
Aufstehen ist nur mit Hilfe der Arme möglich	2
das Aufstehen aus dem Sitzen ist nicht möglich	3

K. Kniestabilität

das Knie ist stabil	1
das Knie fühlt sich unsicher an	2
das Knie ist instabil	3
das Knie kann kein Gewicht tragen	4

L. Wie oft suchen Sie wegen Ihren Kniebeschwerden einen Arzt auf?

häufig (ca. 1-2x pro Monat)	1
regelmäßig (ca. 1x pro 2 Monate)	2
manchmal (ca. 1x pro halbes Jahr)	3
nie	4

Probanden-Nummer: _____

M. Waren Sie wegen Ihrem Knie schon einmal in krankengymnastischer Behandlung ?

- | | |
|----------------------------|---|
| ja | 1 |
| nein (weiter zu Frage "T") | 2 |
- wenn ja, welche Therapieformen wurden durchgeführt? _____
 (Gymnastik, Bäder, Fango, Elektrotherapie,...) _____

N. Wann waren Sie wegen Ihres Knies in krankengymnastischer Behandlung?

- | | |
|----------------------------------|---|
| bin im Moment noch in Behandlung | 1 |
| im letzten Jahr | 2 |
| vor 1 bis 5 Jahren | 3 |
| vor 6 bis 10 Jahren | 4 |
| vor mehr als 10 Jahren | 5 |

O. Wie lange waren Sie in krankengymnastischer Behandlung ?

- | | |
|----------------------|---|
| ein Jahr oder länger | 1 |
| ca. ein halbes Jahr | 2 |
| weniger als 2 Monate | 3 |

P. Wie oft wurden Sie behandelt ?

- | | |
|--------------------------|---|
| 3x pro Woche oder öfter | 1 |
| 2x pro Woche | 2 |
| 1x pro Woche | 3 |
| weniger als 1x pro Woche | 4 |

Q. Haben Sie zu Hause noch zusätzlich krankengymnastische Übungen absolviert ?

- | | |
|------------------------|---|
| jeden Tag | 1 |
| ca. 4 bis 5x pro Woche | 2 |
| 2 bis 3x pro Woche | 3 |
| 1x pro Woche | 4 |
| nur unregelmäßig | 5 |
| nein | 6 |

-> wie lange dauerte ein Trainingsprogramm? _____ (Minuten)

Probanden-Nummer: _____

R. Effektivität der Krankengymnastik (bitte jede Einzelfrage ausfüllen)

die Beschwerden haben sich dadurch gebessert	1=ja	2=nein
die Aktivitäten des täglichen Lebens haben sich dadurch gebessert	1=ja	2=nein
die Therapie hat sich insgesamt gelohnt	1=ja	2=nein

S. Wie motiviert waren Sie bei der Therapie? (Geben Sie auf einer Skala von 1 bis 10 Ihre Einschätzung an, wobei 1=sehr gut und 10=sehr schlecht motiviert bedeutet)

1-2-3-4-5-6-7-8-9-10

T. Berufliche Tätigkeit

welchen Beruf üben Sie zur Zeit aus? _____

wenn Sie zur Zeit keinen Beruf mehr ausüben, geben Sie hier bitte an, bis wann Sie in welchem Beruf tätig waren

U. Wie schätzen Sie die körperliche Belastung Ihrer Arbeit ein?

keine körperliche Belastung	1
leichte körperliche Arbeit	2
mittelschwere körperliche Arbeit	3
schwere körperliche Arbeit	4

V. Treiben Sie zur Zeit Sport?

ja, täglich	1
ja, regelmäßig (ca. 3-4x pro Woche)	2
ja, regelmäßig (ca. 1-2x pro Woche)	3
ja, aber unregelmäßig	4
nein (weiter zu Frage "X")	5

Probanden-Nummer: _____

W. Welche Sportart betreiben Sie ?

Gymnastik	1
Heimtrainer / Fahrradergometer	2
Schwimmen	3
Radfahren	4
Wandern	5
Langlauf	6
sonstiges	7

X. Haben Sie früher Sport betrieben ? (z.B. in der Jugend oder bis zum Beginn Ihrer Kniebeschwerden)
(bitte jede Einzelfrage beantworten)

Hochleistungssport in der Jugend / frühen Erwachsenenalter 1=ja 2=nein
(wenn ja, welche Sportart _____
wie lang (in Jahren) _____
und in welcher Intensität? _____
(Trainingseinheiten /Woche)
(Dauer 1 Trainingseinheit: _____ Minuten)

Vereins-/Wettkampfsport in der Jugend / frühen Erwachsenenzeit 1=ja 2=nein
(wenn ja, welche Sportart _____
wie lang (in Jahren) _____
und in welcher Intensität? _____
(Trainingseinheiten /Woche)
(Dauer 1 Trainingseinheit: _____ Minuten)

Freizeitsport in der Jugend oder auch in den letzten Jahren 1=ja 2=nein
(wenn ja, welche Sportart _____
wie lang (in Jahren) _____
und in welcher Intensität? _____
(Trainingseinheiten /Woche)
(Dauer 1 Trainingseinheit: _____ Minuten)

7.1.9 Allgemeiner Fragebogen – post-OP-Version

Fragebogen zur Studie

"Verbesserung des Gleichgewichtsgefühls und der Kraft" bei Implantation einer Kniegelenktotalendoprothese

Version 2 (Status 4 Monate nach der Operation)

Bearbeitungshinweise:

- Bitte versuchen Sie jede Frage zu beantworten und markieren Sie bitte nur jeweils eine Antwortmöglichkeit.
- Bitte kreuzen Sie bei den Antwortmöglichkeiten die Zahl an, die am ehesten auf Sie zutrifft.
- Falls Sie bei einer Frage keine Antwort wissen sollten, stehen Ihnen die Doktoranden der Medizin natürlich gerne im Rahmen Ihrer Messung zur Verfügung.
- Bitte bringen Sie den ausgefüllten Fragebogen am Tag Ihrer stationären Aufnahme bzw. am Tag Ihrer Messung ausgefüllt mit!
- Ihr Fragebogen wird anonym ausgewertet werden, was Sie daran erkennen können, dass Ihre persönlichen Daten ausschließlich auf dem abtrennbaren Deckblatt erscheinen. Für die Auswertung wird lediglich Ihre Probanden-Nummer verwendet werden.

A. persönliche Daten

1. Probanden-Nummer und Datum der ersten Messung _____
2. Name _____
3. Vorname _____
4. Geschlecht weiblich / männlich
5. Geburtsdatum _____
6. Größe (in cm) _____
7. Gewicht (in kg) _____
8. Adresse Straße und Hausnummer: _____
PLZ und Wohnort: _____
9. Telefonnummer _____

Probanden-Nummer: _____

B. Schmerzen (bitte nur die Schmerzen im operierten Knie bewerten)

- | | |
|---|---|
| verspüre keine Knieschmerzen | 1 |
| verspüre geringe oder nur gelegentlich Knieschmerzen | 2 |
| mäßiger Schmerz, der mich in manchen Tätigkeiten einschränkt | 3 |
| starke Schmerzen, die mich bei jeglicher Tätigkeit einschränken | 4 |

C. Schmerzeinschätzung (Geben Sie auf einer Skala von 1 bis 10 Ihr Schmerzempfinden an, wobei 1= sehr geringer Schmerz und 10= sehr starker Schmerz bedeutet) (bitte jede Einzelfrage beantworten)

- | | |
|--|----------------------|
| derzeitiges allgemeines Schmerzempfinden | 1-2-3-4-5-6-7-8-9-10 |
| derzeitiges Schmerzempfinden in Ruhe | 1-2-3-4-5-6-7-8-9-10 |
| derzeitiges Schmerzempfinden bei Nacht | 1-2-3-4-5-6-7-8-9-10 |
| derzeitiges Schmerzempfinden beim Aufstehen (aus dem Sitzen) | 1-2-3-4-5-6-7-8-9-10 |
| derzeitiges Schmerzempfinden beim Gehen | 1-2-3-4-5-6-7-8-9-10 |
| derzeitiges Schmerzempfinden beim Treppensteigen | 1-2-3-4-5-6-7-8-9-10 |

D. Schmerzmittelbedarf für das operierte Knie

- | | |
|--|---|
| nehme wegen meiner Kniebeschwerden nie Schmerzmittel ein | 1 |
| nehme deshalb manchmal Schmerzmittel ein | 2 |
| nehme deshalb regelmäßig Schmerzmittel ein | 3 |

Welches/welche Schmerzmittel nehmen Sie ein? _____

E. Nehmen Sie aufgrund von Schmerzen an anderer Stelle des Bewegungsapparats (als dem operierten Knie) zur Zeit Schmerzmittel ein? (Bitte beschränken Sie sich auf einen weiteren Hauptschmerzpunkt)

- | | |
|--|---|
| nein | 1 |
| ja, aufgrund von Schmerzen im Hals-Wirbel-Säulenbereich | 2 |
| ja, aufgrund von Schmerzen in den Schultergelenken | 3 |
| ja, aufgrund von Schmerzen im Lenden-Wirbel-Säulenbereich | 4 |
| ja, aufgrund von Schmerzen in den Hüftgelenken | 5 |
| ja, aufgrund von Schmerzen im Kniegelenk auf anderer Seite | 6 |
| ja, aufgrund von Schmerzen in den Sprunggelenken | 7 |
| ja, aufgrund von sonstigen Schmerzen _____ | 8 |

Welches/welche Schmerzmittel nehmen Sie ein? _____

Probanden-Nummer: _____

F. Gehfähigkeit

benötige keine Hilfsmittel beim Gehen	1
benötige manchmal 1 Stock	2
benötige immer 1 Stock	3
benötige 2 Stöcke	4
benötige 2 Krücken oder einen Gehwagen	5
brauche einen Rollstuhl oder bin bettlägerig	6

G. Gehstrecke

uneingeschränkt	1
ungefähr 800m bis 1600m	2
ungefähr bis zu 400m	3
ungefähr 100m bis 200m	4
kann nur ein paar Schritte gehen	5
kann gar nicht gehen	6

H. Treppensteigen

kann Treppen ganz normal steigen	1
muss jede Stufe einzeln nehmen	2
kann Treppen nur mit Hilfe steigen	3
kann keine Treppen steigen	4

I. Aufstehen vom Sitzen / Stuhl

kann ohne Zuhilfenehmen der Arme aufstehen	1
Aufstehen ist nur mit Hilfe der Arme möglich	2
das Aufstehen aus dem Sitzen ist nicht möglich	3

J. Kniestabilität

das Knie ist stabil	1
das Knie fühlt sich unsicher an	2
das Knie ist instabil	3
das Knie kann kein Gewicht tragen	4

Probanden-Nummer: _____

K. Haben Sie nach Ihrer OP noch einmal einen Arzt wegen Ihrer Kniebeschwerden aufgesucht?

ja	1
nein	2

wenn ja, weshalb und wie oft? _____

L. Welche Formen der Anschlussheilbehandlung / Rehabilitationsmaßnahmen wurden bei Ihnen nach dem stationären Aufenthalt durchgeführt?

Rehabilitationskur und anschließende ambulante krankengymnastische Therapie (bitte sowohl Fragenkomplex "M"."P", als auch "Q"."V" beantworten)	1
ausschließlich Besuch einer Rehabilitationskur (bitte nur Fragenkomplex "M"."P" beantworten)	2
ausschließlich ambulante krankengymnastische Therapie (bitte nur Fragenkomplex "Q"."V" beantworten)	3
keine weiteren Rehabilitationsmaßnahmen (weiter zu Frage "W")	4

M. Wie lange dauerte die Rehabilitationskur?

ca. 6 Wochen oder länger	1
ca. 5 Wochen	2
ca. 4 Wochen	3
ca. 3 Wochen	4
ca. 2 Wochen oder kürzer	5

N. Wie oft wurden Sie in der Rehabilitationskur behandelt?

a.) täglich (auch sonntags, d.h. 7x pro Woche)	1
5-6x pro Woche	2
3-4x pro Woche	3
1-2x pro Woche	4

b.) wieviele Behandlungen wurden pro Tag durchgeführt? _____

c.) Dauer 1 Behandlung: _____ (Minuten)

Probanden-Nummer: _____

Q. Effektivität der Rehabilitationskur

die Beschwerden haben sich dadurch gebessert	1=ja	2=nein
die Aktivitäten des täglichen Lebens haben sich dadurch gebessert	1=ja	2=nein
die Therapie hat sich insgesamt gelohnt	1=ja	2=nein

P. Wie motiviert waren Sie bei der Rehabilitationskur? (Geben Sie auf einer Skala von 1 bis 10 Ihre Einschätzung an, wobei 1=sehr gut und 10=sehr schlecht motiviert bedeutet.)

1-2-3-4-5-6-7-8-9-10

Q. Wie lange waren Sie nach der Operation in ambulanter krankengymnastischer Behandlung?

ca. 4 Monate	1
ca. 3 Monate	2
ca. 2 Monate	3
ca. 1 Monat	4
ca. 2-3 Wochen	5

R. Wie oft wurden Sie in der ambulanten krankengymnastischen Therapie behandelt?

a.) 3x pro Woche oder öfter	1
2x pro Woche	2
1x pro Woche	3
weniger als 1x pro Woche	4
b.) wie lange dauerte eine "Sitzung" beim Krankengymnast? _____ (Minuten)	

S. Haben Sie während der ambulanten krankengymnastischen Therapie zu Hause noch zusätzlich krankengymnastische Übungen absolviert?

jeden Tag	1
ca. 4 bis 5x pro Woche	2
2 bis 3x pro Woche	3
1x pro Woche	4
nur unregelmäßig	5
nein	6

-> wie lange dauerte ein Trainingsprogramm? _____ (Minuten)

Probanden-Nummer: _____

T. Führen Sie momentan auch noch krankengymnastische Übungen zu Hause durch ?

jeden Tag	1
ca. 4 bis 5x pro Woche	2
2 bis 3x pro Woche	3
1x pro Woche	4
nur unregelmäßig	5
nein	6

-> wie lange dauert ein Trainingsprogramm ? _____

U. Effektivität der ambulanten krankengymnastischen Therapie

die Beschwerden haben sich dadurch gebessert	1=ja	2=nein
die Aktivitäten des täglichen Lebens haben sich dadurch gebessert	1=ja	2=nein
die Therapie hat sich insgesamt gelohnt	1=ja	2=nein

V. Wie motiviert waren Sie bei der ambulanten krankengymnastischen Therapie ? (Geben Sie auf einer Skala von 1 bis 10 Ihre Einschätzung an, wobei 1=sehr gut und 10=sehr schlecht motiviert bedeutet.)

1-2-3-4-5-6-7-8-9-10

W. Berufliche Tätigkeit

- a.) Sie sind in Ihrem alten Beruf wieder in vollem Umfang tätig 1
 Sie sind wieder in Ihrem alten Beruf tätig, allerdings eingeschränkt 2
 Sie üben momentan einen anderen Beruf aus (welchen? _____) 3
 Sie sind noch nicht wieder in den Beruf zurückgekehrt (weiter zu Frage "X") 4
- b.) Hat sich durch die Operation und die anschließende Rehabilitation die Fähigkeit zur Ausübung Ihres Berufs verbessert?
 1=ja 2=nein
- c.) Wie schätzen Sie momentan die körperliche Belastung Ihrer Arbeit ein ?
- | | |
|----------------------------------|---|
| keine körperliche Belastung | 1 |
| leichte körperliche Arbeit | 2 |
| mittelschwere körperliche Arbeit | 3 |
| schwere körperliche Arbeit | 4 |

Probanden-Nummer: _____

X. Treiben Sie zur Zeit Sport ?

ja, täglich	1
ja, regelmäßig (ca. 3-4x pro Woche)	2
ja, regelmäßig (ca. 1-2x pro Woche)	3
ja, aber unregelmäßig	4
nein (weiter zu Frage "Z")	5

Y. Welche Sportart betreiben Sie ?

Gymnastik	1
Heimtrainer / Fahrradergometer	2
Schwimmen	3
Radfahren	4
Wandern	5
Langlauf	6
sonstiges _____	7

Z. Wie zufrieden sind Sie insgesamt mit Ihrer Operation?

bin sehr zufrieden und würde sie uneingeschränkt weiterempfehlen	1
bin zufrieden und würde sie bedingt weiterempfehlen	2
kann darüber keine Aussage machen	3
bin unzufrieden, würde die Operation aber bedingt empfehlen	4
bin sehr unzufrieden und würde die Operation nicht weiterempfehlen	5

7.1.10 SF-36 Fragebogen

- 21 -

Patienten-Fragebogen zum Gesundheitszustand*

* SF-36 Health Survey. Copyright 1992 Medical Outcomes Trust

In diesem Fragebogen geht es um Ihre Beurteilung Ihres Gesundheitszustandes. Der Bogen ermöglicht es, im Zeitverlauf nachzuvollziehen, wie Sie sich fühlen und wie Sie im Alltag zurechtkommen.

Bitte beantworten Sie jede der folgenden Fragen, indem Sie bei den Antwortmöglichkeiten die Zahl ankreuzen, die am besten auf Sie zutrifft.

1. Wie würden Sie Ihren Gesundheitszustand im Allgemeinen beschreiben?

(Bitte kreuzen Sie nur eine Zahl an)

Ausgezeichnet		1
Sehr gut		2
Gut		3
Weniger gut		4
Schlecht		5

2. Im Vergleich zum vergangenen Jahr, wie würden Sie Ihren derzeitigen Gesundheitszustand beschreiben?

(Bitte kreuzen Sie nur eine Zahl an)

Derzeit viel besser als vor einem Jahr		1
Derzeit etwas besser als vor einem Jahr		2
Etwas so wie vor einem Jahr		3
Derzeit etwas schlechter als vor einem Jahr		4
Derzeit viel schlechter als vor einem Jahr		5

3. Im folgenden sind einige Tätigkeiten beschrieben, die Sie vielleicht an einem normalen Tag ausüben. Sind Sie durch Ihren derzeitigen Gesundheitszustand bei diesen Tätigkeiten eingeschränkt? Wenn ja, wie stark?

(Bitte kreuzen Sie in jeder Zeile nur eine Zahl an)

	TÄTIGKEITEN	Ja, stark eingeschränkt	Ja, etwas eingeschränkt	Nein, überhaupt nicht eingeschränkt
a)	anstrengende Tätigkeiten, z.B. schnell laufen, schwere Gegenstände heben, anstrengenden Sport treiben	1	2	3
b)	mittelschwere Tätigkeiten, z.B. einen Tisch verschieben, staubsaugen, kegeln, Golf, spielen	1	2	3
c)	Einkaufstaschen heben oder tragen	1	2	3
d)	mehrere Treppenabsätze steigen	1	2	3
e)	einen Treppenabsatz steigen	1	2	3
f)	sich beugen, knien; bücken	1	2	3
g)	mehr als 1 Kilometer zu Fuß gehen	1	2	3
h)	mehrere Straßenkreuzungen weit zu Fuß gehen	1	2	3
i)	eine Straßenkreuzung weit zu Fuß gehen	1	2	3
j)	sich baden oder anziehen	1	2	3

- 22 -

4. Hatten Sie in den vergangenen vier Wochen aufgrund Ihrer körperlichen Gesundheit irgendwelche Schwierigkeiten bei der Arbeit oder anderen alltäglichen Tätigkeiten im Beruf bzw. zu Hause?

(Bitte kreuzen Sie in jeder Zeile nur eine Zahl an)

SCHWIERIGKEITEN		Ja	Nein
a)	Ich konnte nicht so lange wie üblich tätig sein	1	2
b)	Ich habe weniger geschafft als ich wollte	1	2
c)	Ich konnte nur bestimmte Dinge tun	1	2
d)	Ich hatte Schwierigkeiten bei der Ausführung (z.B. ich mußte mich besonders anstrengen)	1	2

5. Hatten Sie in den vergangenen vier Wochen aufgrund seelischer Probleme irgendwelche Schwierigkeiten bei der Arbeit oder anderen alltäglichen Tätigkeiten im Beruf bzw. zu Hause (z.B. weil Sie sich niedergeschlagen oder ängstlich fühlten)?

(Bitte kreuzen Sie in jeder Zeile nur eine Zahl an)

SCHWIERIGKEITEN		Ja	Nein
a)	Ich konnte nicht so lange wie üblich tätig sein	1	2
b)	Ich habe weniger geschafft als ich wollte	1	2
c)	Ich konnte nicht so sorgfältig wie üblich arbeiten	1	2

6. Wie sehr haben Ihre körperliche Gesundheit oder seelische Probleme in den vergangenen vier Wochen Ihre normalen Kontakte zu Familienangehörigen, Freunden, Nachbarn oder im Bekanntenkreis beeinträchtigt?

(Bitte kreuzen Sie nur eine Zahl an)

Überhaupt nicht	_____	1
Etwas	_____	2
Mäßig	_____	3
Ziemlich	_____	4
Sehr	_____	5

7. Wie stark waren Ihre Schmerzen in den vergangenen vier Wochen?

(Bitte kreuzen Sie nur eine Zahl an)

Ich hatte keine Schmerzen	_____	1
Sehr leicht	_____	2
Leicht	_____	3
Mäßig	_____	4
Stark	_____	5
Sehr stark	_____	6

8. Inwieweit haben die Schmerzen Sie in den vergangenen vier Wochen bei der Ausübung Ihrer Alltags-tätigkeiten zu Hause und im Beruf behindert?

(Bitte kreuzen Sie nur eine Zahl an)

Überhaupt nicht	_____	1
Ein bißchen	_____	2
Mäßig	_____	3
Ziemlich	_____	4
Sehr	_____	5

- 23 -

In diesen Fragen geht es darum, wie Sie sich fühlen und wie es Ihnen in den vergangenen vier Wochen gegangen ist (bitte kreuzen Sie in jeder Zeile die Zahl an, die Ihrem Befinden am ehesten entspricht). Wie oft waren Sie in den vergangenen vier Wochen

(Bitte kreuzen Sie in jeder Zeile nur eine Zahl an)

	BEFINDEN	Immer	Meistens	Ziemlich oft	Manchmal	Selten	Nie
a)	... voller Schwung?	1	2	3	4	5	6
b)	... sehr nervös?	1	2	3	4	5	6
c)	... so niedergeschlagen, daß Sie nichts aufheitem konnte?	1	2	3	4	5	6
d)	... ruhig und gelassen?	1	2	3	4	5	6
e)	... voller Energie?	1	2	3	4	5	6
f)	... entmutigt und traurig?	1	2	3	4	5	6
g)	... erschöpft?	1	2	3	4	5	6
h)	... glücklich	1	2	3	4	5	6
i)	... müde?	1	2	3	4	5	6

10. Wie häufig haben Ihre körperliche Gesundheit oder seelischen Probleme in den vergangenen vier Wochen Ihre Kontakte zu anderen Menschen (Besuche bei Freunden, Verwandten usw.) beeinträchtigt?

(Bitte kreuzen Sie nur eine Zahl an)

Immer	_____	1
Meistens	_____	2
Manchmal	_____	3
Selten	_____	4
Nie	_____	5

11. Inwieweit trifft jede der folgenden Aussagen auf Sie zu?

(Bitte kreuzen Sie in jeder Zeile nur eine Zahl an)

	AUSSAGEN	trifft ganz zu	trifft weitgehend zu	weiß nicht	trifft weitgehend nicht zu	trifft überhaupt nicht zu
a)	Ich scheine etwas leichter als andere krank zu werden	1	2	3	4	5
b)	Ich bin genauso gesund wie alle anderen, die ich kenne	1	2	3	4	5
c)	Ich erwarte, daß meine Gesundheit nachläßt	1	2	3	4	5
d)	Ich erfreue mich ausgezeichneter Gesundheit	1	2	3	4	5

7.1.11 Bristol-Score

Bristol Score			
I. FUNCTION maximum 20 points <i>mobility</i> no aids 5 1 stick sometimes 4 1 stick allways 3 2 sticks 2 2 crutches or frame 1 chairbound or bedridden 0 <i>walking</i> unlimited 5 0,5 to 1 mile 4 up to 0,25 mile 3 100 to 200 yards 2 a few steps 1 cannot walk 0 <i>stairs</i> climbs stairs normally 3 one at a time 2 only with help 1 cannot climb stairs 0 <i>chair</i> rises not using armes 2 rises using armes 1 cannot rise from chair 0 <i>giving way</i> no giving way 5 feels insecure 3 gives way 1 does not support weight 0	SCORE	II. PAIN maximum 15 points no pain 15 mild or occasional pain 12 moderate pain restricting activity 6 severe pain disturbing rest 0	SCORE
		III. MOVEMENT maximum 10 points one piont for each 12 degrees 0-10	
		IV. DEFORMITY maximum 5 points <i>fixed flexion and / or extensor lag</i> none 3 a few degrees 2 up to 15 ° 1 16 ° or more 0 <i>maximum varus / valgus</i> none (normal 5 ° valgus) 2 up to 15 ° 1 16 ° or more 0	
GRADING OF FUNCTION excellent good fair poor	18-20 14-17 10-13 <10	GRADING OF TOTAL excellent good fair poor	41-50 36-40 30-35 <30

7.2. Anhang Ergebnisse

7.2.1 Tabellarische und grafische Darstellung der Patientenverläufe

Tab. 77: Absolute und relative Steigerungen auf der Forceplate

Gerät	Übung	Verlauf	
		Mittelwert	Median
I. Forceplate (Zeit)	Zweibeinstand	±0,0 s	
	Einbeinstand OP-Bein	+1,11 s (+15,4 %)	
	Einbeinstand kontralateral	+0,85 s (+10,6 %)	
I. Forceplate (Wegsignal) (best of 3)	Zweibeinstand	Rx: -0,55 mm (-19,9 %) Ry: -0,23 mm (-15,1 %) R : -0,78 mm (-21,2 %)	-0,55 mm (-19,9 %) -0,26 mm (-18,4 %) -0,72 mm (-19,2 %)
	Einbeinstand OP-Bein	Rx: -0,44 mm (-9,1 %) Ry: -0,29 mm (-7,0 %) R : -0,82 mm (-11,2 %)	-0,20 mm (-4,3 %) -0,34 mm (-8,5 %) -0,65 mm (-9,2 %)
	Einbeinstand kontralateral	Rx: -0,52 mm (-11,2 %) Ry: -0,07 mm (-1,7 %) R : -0,32 mm (-4,5 %)	-0,94 mm (-19,9 %) -0,18 mm (-4,4 %) -0,20 mm (-2,8 %)

Tab. 78: Absolute und relative Steigerungen auf dem Posturomed

Gerät	Übung	Verlauf	
		Mittelwert	Median
II.a Posturomed o. A. (Zeit)	Einbeinstand OP-Bein	+1,54 s (+22,0 %)	
	Einbeinstand kontralateral	+1,29 s (+16,7 %)	
II.b Posturomed m. A. (Zeit)	Einbeinstand OP-Bein	+1,34 s (+24,5 %)	
	Einbeinstand kontralateral	+1,64 s (+30,7 %)	

Tab. 79: Absolute und relative Steigerungen beim Sternschritt-Test

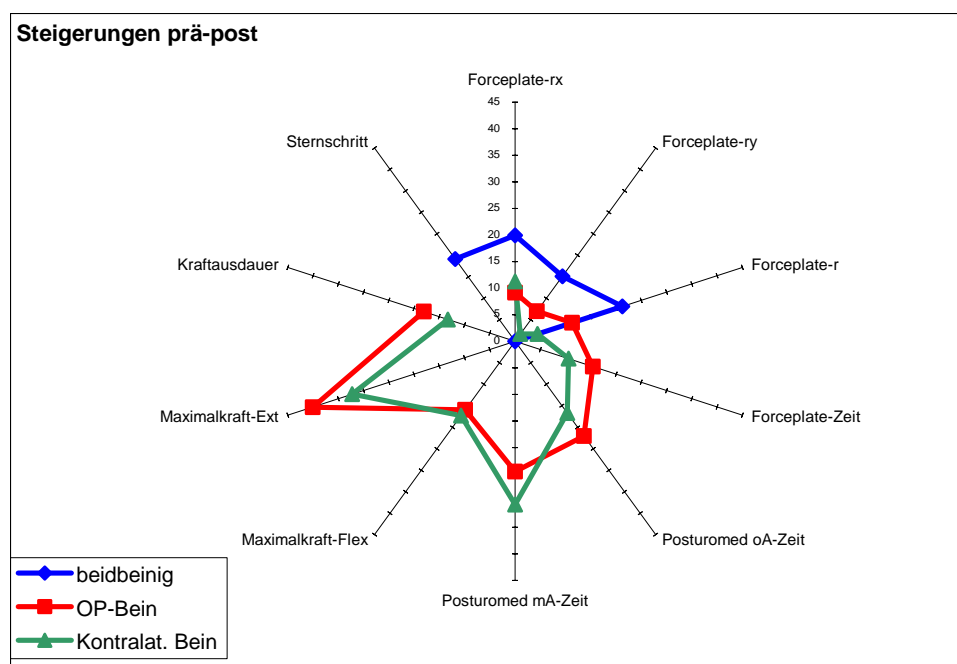
Gerät	Übung	Verlauf	
		Mittelwert	Median
III. Sternschritt-Test (Zeit)	Mittelwert Durchgänge 1+2	-3,73 s (-19,1 %)	-3,04 s (-16,8 %)

Tab. 80: Absolute und relative Steigerungen bei den Maximalkraftmessungen

Gerät	Übung	Verlauf	
		Mittelwert	Median
IV. DigiMax-Maximalkraft (best of 3)	OP-Bein: Flexion	+14,05 N (+16,0 %)	+34,33 N (+43,7 %)
	kontralat. Bein: Flexion	+15,11 N (+17,3 %)	+32,37 N (+45,8 %)
	OP-Bein: Extension	+63,41 N (+40,0 %)	+40,22 N (+26,0 %)
	kontralat. Bein: Extension	+63,63 N (+32,2 %)	+87,30 N (+57,0 %)

Tab. 81: Absolute und relative Steigerungen beim Kraftausdauerstest

Gerät	Übung	Verlauf	
		Mittelwert	Median
V. Kraftausdauerstest	OP-Bein	+8,72 Wdh. (+18,0 %)	+8 Wdh. (+15,7 %)
	kontralat. Bein	+7,60 Wdh. (+13,3 %)	+4 Wdh. (+6,4 %)

**Abb. 60:** Netzdiagramm der Steigerungen im Studienverlauf [%]

7.2.2 Test auf statistische Signifikanz beim Vergleich OP-Bein vs. kontralaterales Bein prä- und postoperativ ((klat. Prä – OP prä) – (klat. post – OP post))

Tab. 82: Test auf Signifikanz bei der Forceplate (2)

Gerät	Übung	Errechnetes Intervall	Signifikanz
I. Forceplate (Versuche)	Einbeinstände	0,38; -0,70	---
I. Forceplate (Zeit)	Einbeinstände	1,18; -0,64	---
I. Forceplate (Wegsignal) (best of 3)	Einbeinstände	nicht berechenbar, da unterschiedl. n (19 vs. 20)	

Tab. 83: Test auf Signifikanz beim Posturomed ohne Auslenkung (2)

Gerät	Übung	Errechnetes Intervall	Signifikanz
II.a Posturomed o. A. (Versuche)	Einbeinstände	0,76; -0,44	---
II.a Posturomed o. A. (Zeit)	Einbeinstände	1,42; -0,92	---

Tab. 84: Test auf Signifikanz beim Posturomed mit Auslenkung (2)

Gerät	Übung	Errechnetes Intervall	Signifikanz
II.b Posturomed m. A. (Versuche)	Einbeinstände	0,33; -0,65	---
II.b Posturomed m. A. (Zeit)	Einbeinstände	0,76; -1,37	---

Tab. 85: Test auf Signifikanz beim Sternschritt-Test (2)

Gerät	Übung	Errechnetes Intervall	Signifikanz
III. Sternschritt-Test (Zeit)	entfällt, da beidbeinig		

Tab. 86: Test auf Signifikanz bei den Maximalkraftmessungen (2)

Gerät	Übung	Errechnetes Intervall	Signifikanz
IV. DigiMax-Maximalkraft (best of 3)	Flexion	9,82; -11,95	---
	Extension	19,42; -28,66	---
IV. DigiMax-Maximalkraft (alle Versuche)	Flexion	10,99; -8,26	---
	Extension	19,42; -28,66	---

Tab. 87: Test auf Signifikanz beim Kraftausdauerterst (2)

Gerät	Übung	Errechnetes Intervall	Signifikanz
V. Kraftausdauerterst	OP und k-lat.	6,27; -4,03	---

7.2.3 Tabellarische und grafische Darstellung der relativen Testdefizite auf Basis der arithmetischen Mittelwerte

Tab. 88: Relative Testdefizite auf der Forceplate

Gerät	Übung	Verlauf	
		Prä-OP	Post-OP
I. Forceplate (Zeit)	Zweibeinstand	0 %	0 %
	Einbeinstand OP-Bein	20,3 %	8,1 %
	Einbeinstand kontralateral	11,0 %	1,6 %
I. Forceplate (Wegsignal) (best of 3)	Zweibeinstand	Rx: 56,8 % Ry: 20,5 % R: 45,7 %	Rx: 25,6% Ry: 2,3% R: 14,8%
	Einbeinstand OP-Bein	Rx: 38,5 % Ry: 36,2 % R: 37,2 %	Rx: 25,9 % Ry: 26,6 % R: 21,8 %
	Einbeinstand kontralateral	Rx: 34,9 % Ry: 39,2 % R: 34,7 %	Rx: 19,7 % Ry: 36,9 % R: 28,6 %

Tab. 89: Relative Testdefizite auf dem Posturomed

Gerät	Übung	Verlauf	
		Prä-OP	Post-OP
II.a Posturomed o. A. (Zeit)	Einbeinstand OP-Bein	22,7 %	5,7 %
	Einbeinstand kontralateral	13,9 %	0 %
II.b Posturomed m. A. (Zeit)	Einbeinstand OP-Bein	35,3 %	19,5 %
	Einbeinstand kontralateral	36,9 %	17,5 %

Tab. 90: Relative Testdefizite beim Sternschritt-Test

Gerät	Übung	Verlauf	
		Prä-OP	Post-OP
III. Sternschritt-Test (Zeit)	Mittelwert Durchgänge 1+2	37,9 %	11,5 %

Tab. 91: Relative Testdefizite bei den Maximalkraftmessungen

Gerät	Übung	Verlauf	
		Prä-OP	Post-OP
IV. DigiMax-Maximalkraft (best of 3)	OP-Bein: Flexion	36,8 %	26,7 %
	kontralat. Bein: Flexion	37,9 %	27,1 %
	OP-Bein: Extension	54,1 %	35,7 %
	kontralat. Bein: Extension	43,4 %	25,2 %

Tab. 92: Relative Testdefizite beim Kraftausdauerstest

Gerät	Übung	Verlauf	
		Prä-OP	Post-OP
V. Kraftausdauerstest	OP-Bein	30,0 %	17,4 %
	kontralat. Bein	15,8 %	4,6 %

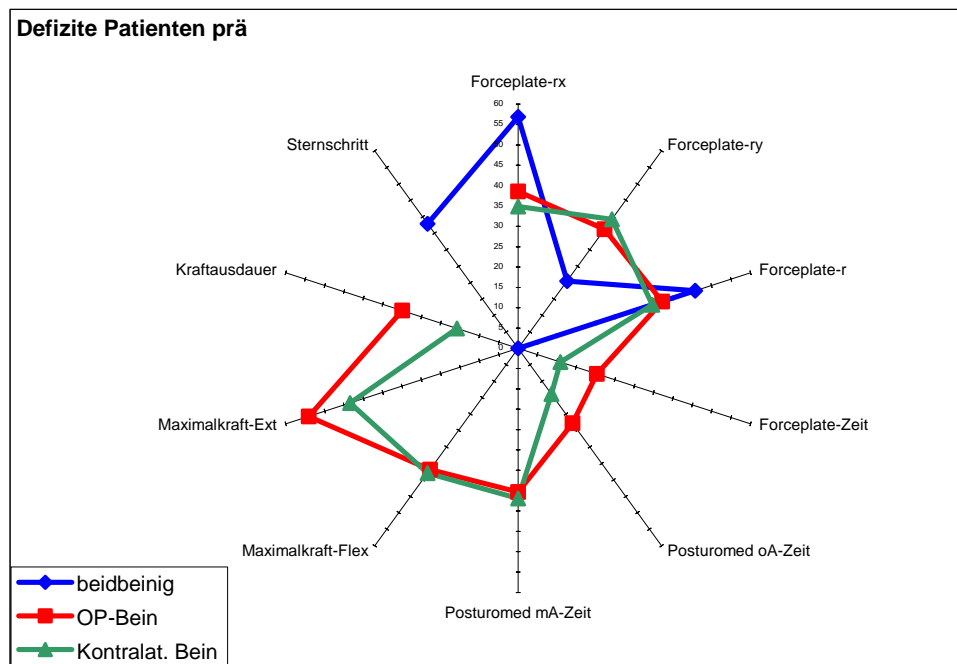


Abb. 61: Netzdiagramm der präoperativen Patientendefizite [%]

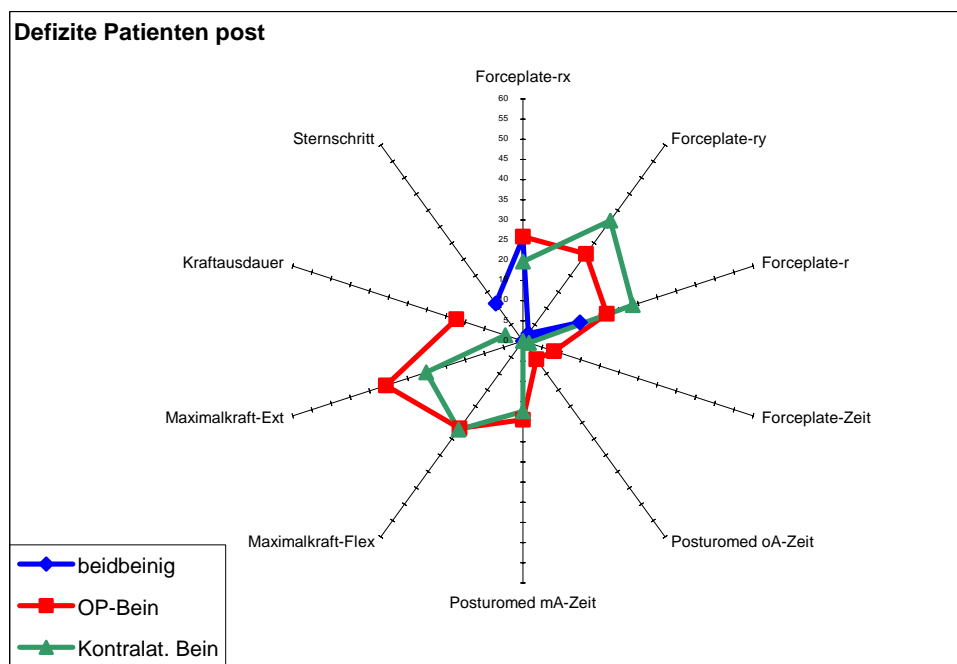


Abb. 62: Netzdiagramm der postoperativen Patientendefizite [%]

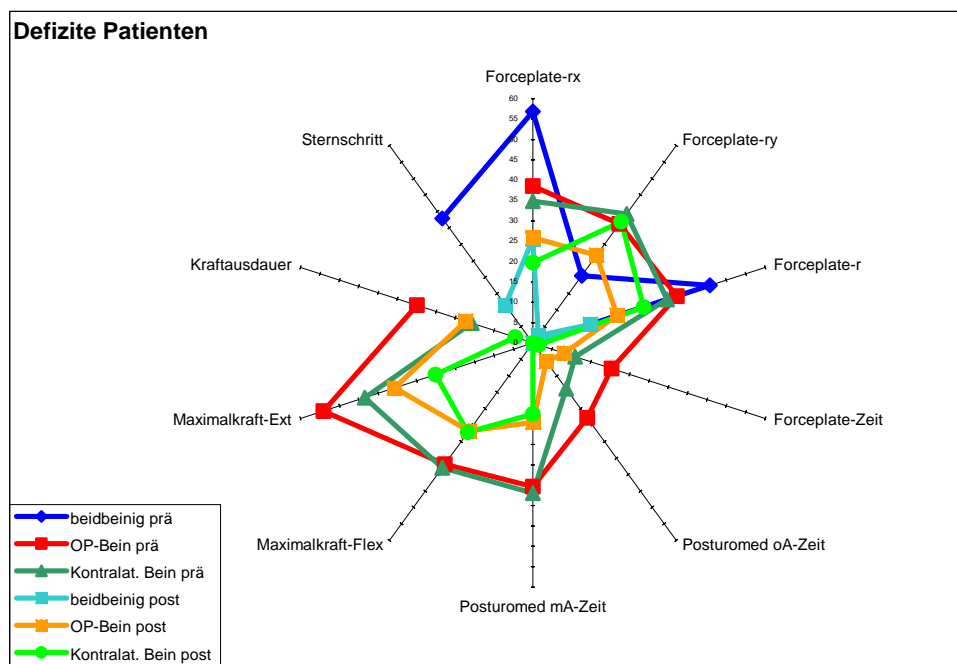


Abb. 63: Netzdiagramm prä- und postoperativen Patientendefizite [%]

7.2.4 Übersichtstabelle Patientenverläufe

Tab. 94: Individuelle Patientenverläufe bei den einzelnen Tests

Test	Seite	Ver- besserung	Gleiches Ergebnis	Ver- schlechterun- g	Max./Min.
1. Forceplate					
a. gestandene V.	OP-Bein	8	15	2	+2/-2
	Kontralat.	8	16	1	+3/-2
b. Standzeiten	OP-Bein	12	9	4	+5,7/-2,3
	Kontralat.	12	10	3	+4,3/-3,7
c. Wegsignale	Zweibein	19	0	6	-2,8/+0,4
	OP-Bein	11	0	8	-4,3/+1,5
	Kontralat.	11	0	9	-3,2/+2,8
2a. Posturomed o.A.					
a. gestandene V.	OP-Bein	12	12	1	+3/-2
	Kontralat.	12	10	3	+3/-1
b. Standzeiten	OP-Bein	15	5	5	+5,7/-3,5
	Kontralat.	15	7	3	+5,3/-1,3
2b. Posturomed m.A.					
a. gestandene V.	OP-Bein	11	12	2	+2/-1
	Kontralat.	13	11	1	+2/-1
b. Standzeiten	OP-Bein	14	6	5	+5,3/-2,3
	Kontralat.	18	3	4	+6,7/-1,7
3. Sternschritt- Test					
a. Zeiten	Zweibein	20	0	5	-13,8/+4,1
4. Maximalkraft					
a. Flexion	OP-Bein	12	1	12	+158,9/-55,9
	Kontralat.	14	0	11	+181,5/-71,6
b. Extension	OP-Bein	15	0	10	+288,4/-97,1
	Kontralat.	15	0	10	+330,6/-131,5
5. Kraftausdauer- test					
a. Wiederholungen	OP-Bein	17	0	8	+46/-26
	Kontralat.	20	1	4	+38/-26

Danksagung

Herrn Professor Dr. T. Horstmann sei an dieser Stelle für die Überlassung der Aufgabenstellung und seine konstruktive Unterstützung während der gesamten Studiendauer gedankt.

Ohne die engagierte Mitarbeit und die zahlreichen Hilfestellungen von Dr. O. Müller wäre die Durchführung der Studie nicht möglich gewesen. Hierfür gilt ihm mein besonderer Dank.

Weiterhin möchte ich den Herren Dr. D. Axmann, G. Haupt, M. Albrecht, Dr. S. Grau, Privatdozent Dr. P. Reize und Professor Dr. N. Wülker sowie allen Mitarbeitern der Orthopädischen Universitätsklinik Tübingen und der Abteilung Sportmedizin Tübingen danken, die aufgrund ihrer Hilfsbereitschaft zum Gelingen der Arbeit beitrugen.

Ein besonderer Dank geht an alle Probanden – sowohl an die Patienten, die trotz ihrer Erkrankung zur Studienteilnahme bereit waren, wie auch an die Normgruppenteilnehmer.

Zum Schluss möchte ich mich noch bei meinen Eltern, meinen Großeltern, meinem Bruder und meiner Freundin für ihren stetigen Rückhalt während der vergangenen Jahre bedanken.

Lebenslauf

Persönliche Daten

Name und Vorname : Hanssen, Jan-Marcel
Geburtsdatum : 09.04.1977
Geburtsort : Waiblingen
Familienstand : ledig

Ausbildung und Beruf

1983 - 1987 Besuch der Grundschule Wäldenbronn in Esslingen am Neckar
1987 - 1996 Besuch des Schelztor-Gymnasiums in Esslingen am Neckar
20.06.1996 Allgemeine Hochschulreife
1996 - 1997 Zivildienstleistender bei der Johanniter-Unfall-Hilfe e.V. in Esslingen am Neckar
1997 - 2004 Studium der Humanmedizin an der Eberhard-Karls-Universität in Tübingen
23.11.2004 Dritter Abschnitt der Ärztlichen Prüfung
26.11.2004 Approbation als Arzt
Mai / Juni 2005 Wissenschaftlicher Assistent in der Orthopädischen Klinik, Kantonsspital Luzern
Seit Juli 2005 Assistenzarzt in der Chirurgischen Abteilung Kirchheim u. Teck, Klinikum Kirchheim-Nürtingen