

Aus der
Orthopädischen Klinik und Poliklinik
der Ludwig-Maximilians-Universität zu München
Vorstand: Prof. Dr. med. H.J. Refior

**Klinische und röntgenologische Ergebnisse nach operativer
Therapie des Hallux valgus und Hallux rigidus in der Technik
nach Keller-Brandes**

Dissertation
zum Erwerb des Doktorgrades der Medizin
an der Medizinischen Fakultät der
Ludwig-Maximilians-Universität zu München

Vorgelegt von
Andreas Feitenhansl
aus München

2003

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München

Berichterstatter	Priv. Doz. Dr. med. M. Maier
Mitberichterstatter	Prof. Dr. med. S. B. Keßler
Dekan	Prof. Dr. med. Dr. h.c. K. Peter
Tag der mündlichen Prüfung	20.11.2003

Meinen Eltern

Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung	5
2.	Material und Methode	7
2.1.	Hallux valgus	7
2.1.1.	Definition	7
2.1.2.	Ätiologie und Pathogenese	7
2.1.3.	Klinische Symptomatik und bildgebende Diagnostik	11
2.1.4.	Therapie	11
2.2.	Hallux rigidus	16
2.2.1.	Definition	16
2.2.2.	Ätiologie und Pathogenese	16
2.2.3.	Klinische Symptomatik und bildgebende Diagnostik	17
2.2.4.	Therapie	18
2.3.	Patientengut	21
2.4.	Datenerhebung	21
2.4.1.	Analyse der Krankenakte	21
2.4.2.	Durchführung der Nachuntersuchung	21
2.4.3.	Analyse der Röntgenbilder	24
2.4.4.	Statistische Analyse	30
3.	Ergebnisse	31
3.1.	Hallux valgus	31
3.2.	Hallux rigidus	47
4.	Diskussion	61
4.1	Hallux valgus	61
4.2	Hallux rigidus	69
5.	Zusammenfassung	73
6.	Literatur	75
7.	Danksagung	81
8.	Lebenslauf	82

1. Einleitung

Die Debasierung der Grundphalanx der Großzehe ist auch heute noch eine häufig angewendete Operation bei den klinisch symptomatischen Vorfußdeformitäten Hallux valgus (Burckhardt 1991, Flamme 1998, Kleinod 1990, Kropej 1990, Lahm 1996, Leonhardt 1990) und Hallux rigidus (Anderl 1991, Mann 1979). Dieses Verfahren wurde erstmalig von Keller (1904) und später von Brandes (1929) beschrieben und ging in die Literatur als Operation nach Keller-Brandes ein. Bis heute ist die Resektionsarthroplastik nach Keller-Brandes weltweit verbreitet und wird im allgemeinen als operatives Standardverfahren bei älteren, wenig aktiven Patienten (Flamme 1998, Kaltenkirchen 1994, Majkowski 1992) mit Hallux valgus bei gleichzeitig bestehender ausgeprägter, schmerzhafter Arthrose des Metatarsophalangealgelenks (Viladot 1996) sowie bei Hallux rigidus (Anderl 1991, Mann 1979) angesehen.

In der angloamerikanischen Literatur (Flamme 1998, Mann 1992, Mann 1996) wird die Indikation zur Durchführung der Operation nach Keller-Brandes bei Hallux valgus bei gleichzeitig bestehender Arthrose kritisch diskutiert, obwohl die subjektive Zufriedenheit der Patienten im mittel- und langfristigen Verlauf von zahlreichen Autoren bestätigt wurde (Leonhardt 1990, Love 1987). Es bleibt jedoch die Spreizfußstellung mit dem Metatarsus primus varus, die als ein Vorstadium des Hallux valgus angesehen wird (Debrunner 1986), durch die Debasierung der Grundphalanx unbehandelt. Sie wird somit für die von einigen Autoren beschriebene hohe Rezidivhäufigkeit des Hallux valgus nach Keller-Brandes Operationen verantwortlich gemacht (Kropej 1990, Lahm 1996, Mann 1996). Als weiterer Nachteil der Operation nach Keller-Brandes wird die Einschränkung des Abrollvorgangs beim Gehen angesehen (Fellmann 1998, Flamme 1998).

Ähnlich dem Hallux valgus wird auch die Indikationsstellung der Operation nach Keller-Brandes beim Hallux rigidus kontrovers diskutiert und die Cheilektomie oder Arthrodese des ersten Metatarsophalangealgelenks als Alternativverfahren diskutiert (Anderl 1991, Breitenseher 1996, Coughlin 1987, Dhanendran 1980, Mann 1984, Mann 1988, Salis-Soglio 1979).

Bei allen Diskussionen um das optimale Operationsverfahren bei Hallux valgus und Hallux rigidus muß berücksichtigt werden, daß zurzeit keine Daten aus randomisierten kontrollierten Studien zu den einzelnen Operationsverfahren vorliegen. Eine Bewertung der derzeit in klinischer Anwendung befindlichen operativen Therapiemaßnahmen

entsprechend den Kriterien der „evidence based medicine“ ist deshalb nicht möglich (Ferrari 2000). Daher müssen operative Verfahren auch weiterhin hinsichtlich ihrer Langzeitergebnisse überprüft werden, um jedem Patienten eine seinen individuellen Gegebenheiten angepaßte erfolgreiche operative Versorgung zu ermöglichen.

Die Ziele der vorliegenden Untersuchung waren:

- die vollständige Nachuntersuchung aller zwischen 1985 und 1996 in der Orthopädischen Klinik am Klinikum Großhadern der Ludwig-Maximilians-Universität München wegen Hallux valgus und Hallux rigidus in der Technik nach Keller-Brandes operierten Patienten
- die Untersuchung möglicher Risikofaktoren für einen Mißerfolg der durchgeführten Operation nach Keller-Brandes für die Indikationen Hallux valgus und Hallux rigidus.

2. Material und Methodik

2.1 Hallux valgus

2.1.1 Definition

Unter einem Hallux valgus wird eine Achsenfehlstellung der Großzehe verstanden, die eine Medialisierung des Os metatarsale I sowie eine Lateralisierung der Grundphalanx der Großzehe umfaßt (Mann 1981). Der Hallux valgus ist gehäuft mit einem Metatarsus primus varus (Spreizfuß) kombiniert. Dabei weichen die Metatarsalia im Vorfuß auseinander und führen zur Verbreiterung des Vorfußes sowie zur Abflachung des Quergewölbes (Debrunner 1986).

Zum klinischen Bild des Hallux valgus gehört zusätzlich die mediallyseitig gelegene Pseudoexostose des ersten Metatarsophalangealgelenks als morphologisches Korrelat des nach medial abgewanderten Metatarsale-I-Köpfchens. Über der Pseudoexostose ist regelmäßig ein entzündlich vergrößerter, subkutan gelegener Schleimbeutel nachweisbar (Schreiber 1976). Radiologisch ist der Hallux valgus nicht exakt definiert. Nach Eulert ist ein Metatarsophalangealwinkel zwischen 8° und 20° als physiologisch anzusehen, ein Metatarsophalangealwinkel von mehr als 20° hingegen wird als sicher pathologisch bezeichnet (Eulert 1986, Mann 1981). Eine weitere Meßgröße stellt der Intermetatarsalwinkel, gemessen zwischen Os metatarsale I und Os metatarsale II, dar. Beträgt dieser Winkel mehr als 9° liegt ein Metatarsus primus varus vor (Abb. 1).

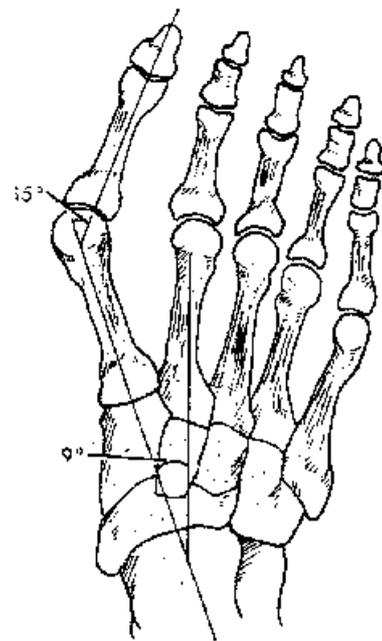


Abb. 1: Physiologischer Metatarsal- und Intermetatarsalwinkel (Mann 1981)

2.1.2 Ätiologie und Pathogenese

Der Hallux valgus ist die häufigste Deformität der unteren Extremitäten, deren Inzidenz nicht bekannt ist, da sich die Patienten gewöhnlich erst bei erheblichen Schmerzen oder aus kosmetischen Gründen in Behandlung begeben.

Die Ätiologie des Hallux valgus ist nicht geklärt (Schöb 1993). Zu seiner Entstehung sind mehrere Faktoren notwendig (Ritschl 1999, Scholder 1982, Vallier 1991). Nur in wenigen Fällen führt eine einzige Ursache zum Krankheitsbild des Hallux valgus. Nach

Debrunner (1986) lassen sich Faktoren, die die Entstehung des Hallux valgus begünstigen in fünf Kategorien einteilen:

- angeborener Hallux valgus: Sehr selten und meist mit anderen Mißbildungen vergesellschaftet (Steinböck 1993).
- Arthritis des Großzehengrundgelenks (z.B. chronische Polyarthritits, Hyperurikämie): Zerstörungen des Gelenkknorpels, Erweiterung der Kapsel und Schwächung der derben Bänder des Grundgelenks.
- Störungen des Muskelgleichgewichts am Metatarsophalangealgelenk I: Spastische oder schlaffe Lähmung eines oder mehrerer Muskeln, z.B. bei Poliomyelitis oder Multipler Sklerose.
- Fraktur des Os metatarsale I oder der Großzehenknochen, Weichteilverletzungen im Bereich des Großzehengrundgelenks: Es resultiert eine Störung der anatomischen Form oder des Muskelgleichgewichts.
- Bindegewebsschwäche: Z.B. bei Marfan-Syndrom.

Der häufigste Typ des Hallux valgus ist der idiopathische Hallux valgus, bei dem mehrere Faktoren zusammenwirken. Der Erbgang ist autosomal-dominant mit inkompletter Penetranz (Johnston 1956). Dies bedeutet, daß die Erbanlage nicht bei jedem Individuum phänotypisch in Erscheinung tritt und daß die Ausprägung von einem Merkmalsträger zum anderen verschieden ist. Diskutiert wird auch, ob der Erbgang nicht in vielen Fällen angesichts des Überwiegens weiblicher Hallux-valgus-Trägerinnen geschlechtsgebunden ist (Johnston 1956). Nach Debrunner (1986) zählt auch das Geschlecht zu den prädisponierenden Parametern, da Frauen deutlich häufiger betroffen sind. Möglicherweise sind Muskel- und Sehnenanomalien oder besondere Skelettvarianten (DuVries 1959, Johnston 1956) die Hauptursachen. Ebenso wie Varianten der Muskel- und Sehneninsertionen am Vorfuß können auch die Längen des Os metatarsale I und der Großzehe zum Hallux valgus prädestinieren (Boebel 1960). Es handelt sich dabei um den ägyptischen Fußtyp, bei dem die Großzehe länger als die zweite Zehe ist. Andere Autoren (Gschwend 1977, Viladot 1979) berichten hingegen von erhöhtem Auftreten des Hallux valgus bei kürzerer Großzehe (Index minus nach Nilsonne 1930). Einer der wichtigsten Auslöser, die den Hallux valgus begünstigen, ist das Tragen von engen Konfektionsschuhen mit hohem Absatz (Steinböck 1993). Durch zu kurze Schuhe ohne genügende Zehenfreiheit wird das fein abgestimmte Muskelspiel beim Gehen bei jedem Schritt entscheidend gestört. Bei spitzen Schuhformen wird der

Vorfuß derart hineingezwängt, daß der Schuhdruck aus medialer Richtung die Großzehe direkt in die Valgusstellung drückt, besonders bei der ägyptischen Fußform. Trotzdem ist unklar, ob der Schuhdruck allein genügt, um einen Hallux valgus zu erzeugen. Kato (1981) berichtet, daß in Japan vor 1972 kein Hallux valgus zu operieren war. Seitdem haben die Hallux-valgus-Operationen proportional mit der vermehrten Herstellung von Konfektionsschuhen zugenommen. Dies wird als Hinweis angesehen, daß die vorhandenen Erbfaktoren, die bisher nicht penetrant waren, sich manifestieren konnten, weil ein äußerer Faktor hinzukam.

Die Pathogenese des Hallux valgus ist vielfältig (Antrobus 1984, Debrunner 1986, Kilmartin 1991, Ritschl 1999), wobei ein alleiniger Auslöser für den Hallux valgus nicht existiert (Antrobus 1984, Bonney 1952, Hardy 1951). Vielmehr beruht das Krankheitsbild auf dem Zusammenwirken vieler pathologischer Zustände, die in einer Kaskade von Veränderungen entstehen (Debrunner 1986, Kilmartin 1991, Mann 1981, Ritschl 1999). Der Spreizfuß in Kombination mit dem Knick-Platt-Fuß scheint aber in fast allen Fällen mit dem Hallux valgus vergesellschaftet zu sein (Hohmann 1922, Scholder 1982). Die Entstehung eines Spreizfußes wird dadurch verursacht, daß die randständigen Ossa Metatarsalia I und V nach oben und damit vom zentralen Strahl weggedrängt werden und somit eine Verbreiterung des Vorfußes mit Varusstellung des Metatarsale I vorliegt (Debrunner 1986). Diese Varusstellung des Metatarsale I ist gekennzeichnet durch einen steileren Winkel zwischen Os cuneiforme I und dem Metatarsale I (Mann 1981). Durch Gewichtsbelastung wird das Metatarsale I noch weiter nach medial gebracht, was durch eine Instabilität der Bindegewebsstrukturen und der Bänder zwischen dem Metatarsale I und II begünstigt wird (Castellana 1987). Je größer und runder das Metatarsale-I-Köpfchen ist, desto größer ist die Gefahr, daß die damit artikulierende erste proximale Phalanx in mediale oder laterale Position gerät. Als Ergebnis des vorliegenden Metatarsus primus varus und der veränderten Lage des Muskelgleichgewichts wird die proximale Phalanx in eine nach lateral zeigende, valgische Position gebracht (Mann 1981). Der Knorpel des Metatarsale I wird im Laufe der Zeit aufgebraucht und ist damit nicht mehr in der Lage die Subluxation der proximalen Phalanx aufzuhalten. Durch die Subluxation der Grundphalanx nach lateral ragt das Köpfchen des Metatarsale I nach medial vor und imponiert als „Pseudoexostose“ (Abb. 2). Die über dem medialen Anteil des Gelenkes liegende Bursa wird überdehnt; sie entzündet sich, verdickt sich und verknöchert schließlich (Mann 1981).

Das erste Metatarsophalangealgelenk unterscheidet sich von den Gelenken der anderen Zehen darin, daß zwei Sesambeine am Gelenk beteiligt sind (Haines 1954). Auf der plantaren Fläche des Metatarsale-I-Köpfchens befinden sich zwei parallele Einkerbungen. Die Sesambeine sind in die Sehne des M. flexor hallucis brevis integriert und „reiten“ über diesen Einkerbungen (Mann 1981). Die Sehnen setzen an der Basis der Grundphalanx an und somit bewegt sich der Sesambeinkomplex in die gleiche Richtung wie die Großzehe. Außerdem sind die Grundgelenke der Metatarsalia I und V mit dem Tarsus nur durch Kapsel und Bänder verbunden, so daß sie leicht sowohl nach innen als auch nach außen gleiten können (Castellana



Abb. 2: Pseudoexostose (Haines 1954)

1987, Mann 1981). Bei valgisierte Grundphalanx wirken der M. flexor hallucis brevis und der M. flexor hallucis longus auf der plantaren Seite und der M. extensor hallucis longus auf der dorsalen Seite nicht mehr nur als Flexor und Extensor auf die Grundphalanx, sondern vielmehr wie eine Sehne am Bogen. Sie ziehen die Zehenspitze weiter nach lateral und drücken damit gleichzeitig durch ihre Spannung den Metatarsus immer weiter medialwärts heraus (Castellana 1987, Mann 1981). Zusätzlich proniert der M. extensor hallucis longus die Großzehe (Stephens 1994). Die Sehne des M. abductor hallucis, die am medialen Sesambein ansetzt, verlagert sich bei der Subluxation des Köpfchens des Metatarsale I nach plantarwärts, verliert ihre varisierende Wirkung und verursacht eine mehr oder weniger ausgeprägte Pronation der Großzehe (Mann 1981, Mann 1996, Stephens 1994). Gleichzeitig wirkt der Muskel flektierend anstatt abduzierend (Debrunner 1986).

Zusammenfassend ergibt sich, daß sowohl Ätiologie als auch Pathogenese des Hallux valgus einen multifaktoriellen Prozeß darstellen. Die einzelnen Faktoren können im Einzelfall stark variieren, wobei erst die Kombination der einzelnen Faktoren zur Entstehung des Krankheitsbildes führt.

2.1.3 Klinische Symptomatik und bildgebende Diagnostik

Die Klinik des Hallux valgus wird anhand subjektiver und objektiver Kriterien erfaßt. Dabei ist zu beachten, daß die subjektiven Beschwerden häufig nicht mit den objektiv beurteilbaren Faktoren übereinstimmen (Leonhardt 1990, Love 1987). Subjektiv geben die Patienten Schmerzen über der Pseudoexostose, dem Metatarsale-I-Köpfchen und im Metatarsophalangealgelenk an. Daraus ergeben sich Einschränkungen in der Gehfähigkeit und im Tragen von Konfektionsschuhen. Durch die Beeinträchtigung der Kosmetik drängen Patienten auch ohne Schmerz auf eine Behandlung der Zehenfehlstellung.

Bei der klinischen Befunderhebung zeigt sich eine Verbreiterung des Vorfußes mit abgeflachtem Quergewölbe und durchgehender Schwielenbildung in Form eines Spreizfußes mit nach medial verlagertem Metatarsale I und Achsabweichung der Großzehe nach lateral (Burckhardt 1991, Mann 1981). Die zweite und auch die dritte Zehe können von der Großzehe bedrängt werden, so daß sie nach dorsal oder plantar ausweichen müssen (Eulert 1986) und als Hammer- oder Krallenzehen imponieren können. In fortgeschritteneren Phasen der Erkrankung weist die Großzehe eine Pronationsstellung auf (Blatter 1991, Mann 1996). Am medialen Rand des Vorfußes findet sich die Pseudoexostose verursacht durch die Medialverschiebung des Os metatarsale I (Blatter 1991). Im Bereich dieser Pseudoexostose ist regelmäßig eine chronisch entzündete, äußerst druckschmerzhafte Bursa zu beobachten (Eulert 1986). Durch die Deformität der Großzehe kann die Beweglichkeit im Metatarsophalangealgelenk eingeschränkt sein (Baumgartner 1986). Nach Coughlin (1995) sollte physiologisch das Ausmaß der Plantarflexion etwa 15° und der Dorsalflexion etwa 25° betragen, um eine Gesamtbeweglichkeit von 40° zu erreichen. Klinisch finden sich plantarseitig Schwielen, dorsalseitig Clavi oder disseminierte Metatarsalgien (Burckhardt 1991, Eulert 1986). Zum radiologischen Nachweis des Hallux valgus werden unter Belastung routinemäßig Röntgenbilder in anterior-posteriorer und seitlicher Aufnahme vom betroffenen Fuß gemacht. Die radiologischen Parameter werden nachfolgend im Rahmen der Analyse der Röntgenbilder vorgestellt.

2.1.4 Therapie

Die konservative Behandlung des Hallux valgus kann bestenfalls die Progredienz der Erkrankung verlangsamen oder bestehende Beschwerden lindern (Wülker 1996). Die Pseudoexostose des Metatarsale I läßt sich durch direkte Polsterung entlasten; möglich

ist auch die indirekte Polsterung am Schaft des Metatarsale I in Form einer Bandage oder Einlage (Baumgartner 1986). Mit dieser Einlage wird auch das in der Regel abgeflachte Quergewölbe unterstützt. Das Schuhwerk sollte weit sein, um damit der Großzehe genügend Bewegungsfreiheit zu ermöglichen (Baumgartner 1986). Bei Schmerzen, die durch eine fortgeschrittene Arthrose des Metatarsophalangealgelenks bedingt sind, kann eine versteifte Sohle mit Ballenrolle das Gelenk entlasten (Baumgartner 1986). Zur konservativen Therapie zählen zudem systemische krankengymnastische Übungen (Matzen 1949, Wülker 1996).

Mehr als 150 Operationsverfahren zur Behandlung des Hallux valgus sind in der Literatur beschrieben (Viladot 1982). Hauptindikation der Operation ist der Vorfußschmerz (Scholder 1982), regelmäßig ausgehend von der Exostose des Metatarsale-I-Köpfchens und des Metatarsophalangealgelenks sowie die Fehlstellung der Großzehe bzw. weiterer Kleinzehen. Die operative Versorgung des Hallux valgus aus rein kosmetischen Gründen, d.h. ohne klinische Beschwerden oder Funktionseinschränkung des Vorfußes, stellt hingegen nur eine relative Indikation dar (Reiter 1961). Kontraindikationen der Hallux-valgus Operation sind unzureichende Blutversorgung oder neurologische Erkrankungen und damit verbundene schlechte Haut- und Weichteilverhältnisse des Fußes.

Die Wahl der Operationsmethode zur Korrektur des Hallux valgus muß differenziert erfolgen (Hohmann 1974, Mann 1996, Wülker 1996); das Alter des Patienten, die funktionellen und kosmetischen Ansprüche, das Ausmaß der Funktionsstörung und die Ätiologie müssen berücksichtigt werden (Wülker 1996). Es muß die Entscheidung getroffen werden, ob die individuelle physiologische Anatomie des Vorfußes wiederhergestellt werden kann oder ob arthrotische Veränderungen am Metatarsophalangealgelenk eine Wiederherstellung verhindern.

Zusammengefaßt stehen fünf große Gruppen von Operationsmethoden zur Verfügung:

- Resektion am Metatarsale-I-Köpfchen mit Resektion der Grundgliedbasis

Diese Operation beinhaltet neben der Zwei-Drittel-Resektion des Metatarsale-I-Köpfchens (Hueter 1871, Mayo 1908, Schede 1928) auch die Abtragung der Pseudoexostose als Bestandteil der Keller-Brandes Operation.

Die Indikation zur Operation nach Keller-Brandes setzt eine klinisch eindeutige Valgus-Fehlstellung der Großzehe im Metatarsophalangealgelenk voraus. Zusätzlich setzt die Indikation zur Operation voraus, daß die Beweglichkeit im ersten Metatarsophalangealgelenk klinisch schmerzhaft eingeschränkt ist. Im Rahmen der

Indikationsstellung wird eine a.p. und seitliche Röntgenaufnahme des betreffenden Vorfußes im Stehen angefertigt, wobei hier nativ radiologische Arthrosezeichen am Großzehengrundgelenk zur Durchführung der Operation vorhanden sein müssen. Als Ausschlußkriterien zur Operation gelten die o.g. allgemeinen Ausschlußkriterien sowie spezielle wie neurologische Erkrankungen mit Affektion der betroffenen unteren Extremität.

Die hier vorgestellten Patienten wurden entweder in Intubationsnarkose oder Spinalanästhesie operiert. Der Zugang zum Großzehengrundgelenk erfolgte in Blutleere von medial her, wobei der Hautschnitt von ca. 1cm distal der Gelenkkapsel bis etwa 3cm proximal der Gelenkkapsel parallel zum Os metatarsale I geführt wurde (Abb. 3). Nach der Präparation des subkutanen Gewebes erfolgte die Darstellung der Gelenkkapsel sowie des nach proximal und medial gelegenen, über dem Metatarsale-I-Köpfchen befindlichen

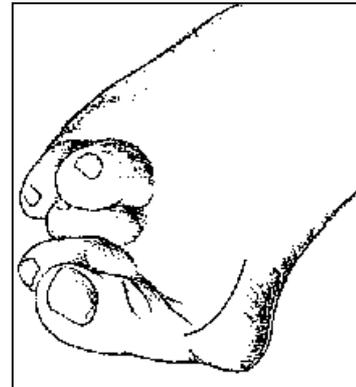


Abb. 3: Operation nach Keller-Brandes. Hautschnitt. (Bauer 1995)

Schleimbeutel. Dieser subkutan gelegene Schleimbeutel wurde immer entfernt. Die darunter befindliche Exostose wurde ebenfalls in allen Fällen mit einem Meißel tangential reseziert. Die Glättung der Resektionsränder erfolgte mit der Knochenfeile bis keine Knochenränder palpatorisch nachweisbar waren.

Im Folgenden wurde von der Gelenkkapsel ein nach distal auf die Grundphalanx gestielter Kapsellappen präpariert (Abb. 4). Nach Abschluß der Präparation erfolgte die Resektion des proximalen Drittels der Grundgliedbasis mit der Motorsäge. Nach Entfernung des Knochenresektates wurde der gestielte Kapsellappen als

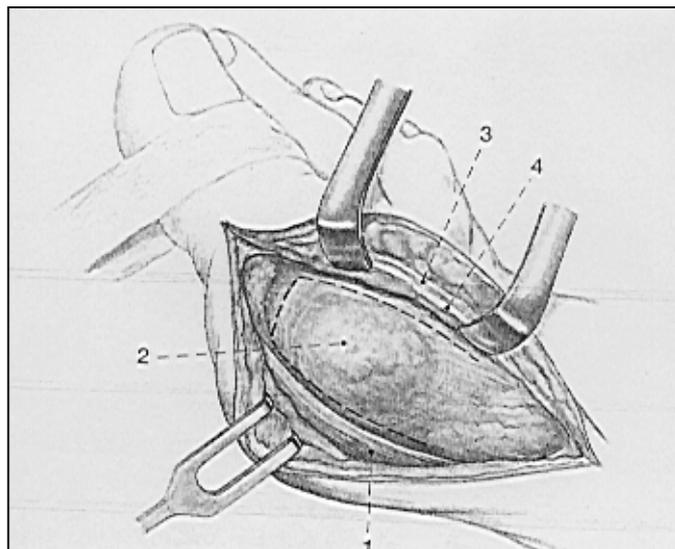


Abb. 4: Operation nach Keller-Brandes. Präparation des gestielten Kapsellappens (Bauer, 1995)

- | | |
|---|--|
| 1 | <i>Tendo m. abductoris hallucis</i> |
| 2 | <i>Bursa synovialis</i> |
| 3 | <i>V. saphena magna</i> |
| 4 | <i>N. cutaneus dorsalis medialis (N. saphenus)</i> |

Platzhalter in das Gelenk eingelegt und mit zwei Fäden locker an die Kapsel adaptiert. Nach Öffnen der Blutsperrung erfolgte die subtile Blutstillung, der subkutane Wundverschluß sowie die Hautnaht in Einzelknopf-Rückstichtechnik. Postoperativ wurde durch eine spezielle Verbandtechnik die Großzehe in der Neutralstellung fixiert. Dieser Verband verblieb 12 bis 14 Tage bis zur Entfernung des Hautnahtmaterials. Die Vollbelastung des operierten Vorfußes war ab diesem Zeitpunkt dem Patienten gestattet. Im weiteren Verlauf wurde dem Patienten angeraten für mindestens drei Monate eine Hallux-Nachtschiene anzulegen. Bestanden bei dem Patienten zusätzlich zum Hallux valgus klinisch symptomatische Fehlstellungen der Zehen zwei bis fünf, wurden diese Fehlstellungen in derselben Sitzung ebenfalls korrigiert. Handelte es sich um Hammer- oder Krallenzehe, erfolgte die Korrektur dieser Fehlstellung mit der Resektionsarthroplastik nach Hohmann. Bei dieser Operation wird ausgehend von einem dorsal, parallel zur Zehengrundphalanx angelegten Hautschnitt auf das Zehenmittelgelenk zugegangen und nach Längsspaltung der Strecksehne das Gelenk dargestellt. Unter dem Schutz zweier Hohmann-Haken erfolgt dann die Resektion des Zehengrundphalanxköpfchens. Auch hier wird der Wundverschluß in Einzelknopf-Rückstichnaht durchgeführt. Eine spezielle Nachbehandlung erfolgte bei diesen Eingriffen nicht.

- Eingriffe am Metatarsalschaft

Die distale Osteotomie korrigiert die seitliche Abweichung der Großzehe ohne Eröffnung des Metatarsophalangealgelenks. Es wird ein medialbasiger Keil am Os metatarsale I entnommen, das Metatarsalköpfchen nach medial gekippt und nach lateral verschoben. Dieses rekonstruierende Verfahren wird bei jüngeren Patienten mit keinen oder nur geringen arthrotischen Veränderungen des Großzehengrundgelenks angewendet (Magerl 1982).

- Alloarthroplastik

Der endoprothetische Ersatz des Großzehengrundgelenks wird in der Literatur kontrovers diskutiert (Scholder 1982, Swanson 1975), da diese Prothesen eine hohe Komplikations- und Lockerungsrate aufweisen.

- Arthrodesen

Bei stark ausgeprägtem Hallux valgus mit fortgeschrittener Arthrose im Großzehengrundgelenk werden von einigen Autoren Arthrodesen des

Großzehengrundgelenks in 15° bis 20° Dorsalextension beschrieben (Salis-Soglio 1986).

- Rein muskuläre Eingriffe

Die quere Vorfußzuggurtung (LeLievre 1967) versucht den passiv aufgerichteten Metatarsus primus varus zu stabilisieren und auf rein physiologischem Weg das erste Metatarsalköpfchen auf die Sesambeine zu reponieren und dort zu halten. Bei der Verpflanzung des M. adductor hallucis von der Grundphalanx an eine tibiale dorsomediale Position am Metatarsale I wird versucht den Intermetatarsalwinkel mit einer aktiven Zuggurtung zu verringern (McBride 1928). Die Indikation für rein muskuläre Eingriffe wird bei einem Hallux valgus mit keiner oder geringer Arthrose des Großzehengrundgelenks, bei redressierbarer Valgusstellung des Hallux und bei Varusstellung des Metatarsale I gestellt (Scholder 1982).

2.2 Hallux rigidus

2.2.1 Definition

Der Hallux rigidus (Synonym: Hallux limitus, Hallux flexus) ist eine arthrotisch bedingte schmerzhafte Bewegungseinschränkung des Großzehengrundgelenks (Zollinger 1991). Im angelsächsischen Raum wird der Hallux rigidus als Arthritis deformans im Metatarsophalangealgelenk der großen Zehe definiert (Nilsonne 1930). Der Hallux rigidus ist nach dem Hallux valgus die zweithäufigste Funktionsstörung des Großzehengrundgelenks (Gould 1981). Durch die degenerativen Veränderungen wird speziell die Dorsalflexion eingeschränkt (Breitenseher 1996). Die Inzidenz des Hallux rigidus nimmt mit dem Alter zu und erreicht ab dem 60. Lebensjahr eine Häufigkeit von 1:45. Bei jüngeren Patienten sind vorwiegend Frauen betroffen, im Alter vorwiegend Männer (Gould 1981).

Der Hallux rigidus kommt in zwei unterschiedlichen Formen vor. Bei jungen Erwachsenen scheint der Hallux rigidus auf einer angeborenen Gelenkdeformität zu beruhen. Im höheren Lebensalter gleicht der Hallux rigidus eher einer Arthrose bei anderen Gelenken der unteren Extremitäten, wobei nur gelegentlich eine konkrete Ursache, wie z.B. eine traumatische Gelenkflächenschädigung, auszumachen ist.

2.2.2 Ätiologie und Pathogenese

Die Ursachen für die Entstehung des degenerativen Prozesses beim Hallux rigidus sind nicht geklärt (Breitenseher 1996). Es kommen eine Vielzahl von Faktoren in Frage, wie nicht fußgerechte Schuhbekleidung, schmaler und langer Fuß, pronierter Fuß, langes Metatarsale I, Inkongruenz des Großzehengrundgelenks, idiopathische Arthrosis deformans, abnormaler Gang, Geschlecht und Übergewicht (Mann 1979). Die Gelenkdestruktion kann auch als Folge der Hyperextension des Metatarsale I angesehen werden (Kessel 1958). Ein akutes oder chronisches Trauma mit Fraktur des Metatarsale I kann ebenfalls zu einer degenerativen Veränderung und damit zum Hallux rigidus führen (McMaster 1978). Auch eine Osteochondritis dissecans des Metatarsale-I-Köpfchen wird als möglicher Grund diskutiert (Goodfellow 1966). Einige Autoren sind sich einig darüber, daß der Hallux rigidus stets mit einem Pes planus verbunden ist (Jack 1940, Nilsonne 1930).

Das Krankheitsbild des Hallux rigidus ist durch eine schmerzhafte Einschränkung der Dorsalflexion im Großzehengrundgelenk gekennzeichnet (Kessel 1958, Mann 1979). Sie wird durch eine Arthrose im Metatarsophalangealgelenk verursacht (McMaster

1978). In der Frühphase der Erkrankung wird ein Spasmus der kurzen Flexoren beobachtet, dessen Auslöser unbekannt ist. Dies hat eine limitierte Dorsalflexion zur Folge und geht mit einer schmerzhaften Schwellung des Metatarsophalangealgelenks einher (Jack 1930). Es findet sich oft eine schmerzhafte Synovitis im Metatarsophalangealgelenk. Der Gelenkknorpel des Metatarsale-I-Köpfchens degeneriert; am Metatarsale-I-Köpfchen entwickeln sich dorsomedial und lateral Osteophyten, die eine mechanische, die Dorsalflexion einschränkende Barriere bilden und die Großzehe in Plantarflexion fixiert halten (Mann 1979, Zollinger 1991).

2.2.3 Klinische Symptomatik und bildgebende Diagnostik

Synovitis und degenerative Veränderungen, Schmerzen und Schwellungen im Metatarsophalangealgelenk stehen am Anfang (Zollinger 1991). Bei der Untersuchung des Metatarsophalangealgelenks zeigen sich Plantarflexion, eingeschränkte Dorsalflexion und Krepitation der aneinander reibenden Knochenenden. Das Metatarsophalangealgelenk ist synovial verdickt und vergrößert. Der Schuhdruck kann zu einer Ulzeration über dem dorsalen Knochenvorsprung führen (Zollinger 1991). Der Patient rollt beim Gehvorgang über die Fußaußenseite ab, weshalb in diesem Bereich oft eine Beschwiellung zu finden ist.

Im Frühstadium entwickeln sich Schmerzen, besonders bei Dorsalextension der Großzehe und verstärkt beim Abrollen. Typisch ist ein relativ unspezifischer Befund bei der klinischen Untersuchung. Oft wird lediglich die Großzehe beim Gehen vermindert belastet, im Röntgenbild gibt es keine Anzeichen für degenerative Veränderungen.

Im mittleren Stadium beginnt die Arthrose im dorsalen Anteil des Gelenks, da hier die mechanische Belastung am stärksten ist. Die Schmerzen bei Dorsalextension der Großzehe und beim Abrollen verstärken sich. Die Dorsalextension ist in aller Regel deutlich eingeschränkt oder sogar aufgehoben. An der dorsalen Kante des Metatarsale-I-Köpfchens tastet man Osteophyten, die sich häufig nach dorsal fortsetzen. Das Röntgenbild im dorsoplantaren Strahlengang zeigt eine Verschmälerung des Gelenkspaltes und eine subchondrale Sklerosierung.

Im späten Stadium des Hallux rigidus ist die Großzehengrundgelenksarthrose voll ausgebildet. Die Beweglichkeit im Großzehengrundgelenk ist nahezu aufgehoben. Häufig findet sich ein Gelenkreiben. Dorsal und manchmal auch dorsolateral über dem Metatarsale-I-Köpfchen sind regelmäßig kräftige Osteophyten zu tasten. Plantar zeichnet sich eine verminderte Beschwiellung unter dem ersten Strahl ab, da die

Großzehe funktionell minderbeansprucht wird. Im Röntgenbild bestehen im dorsoplantaren Strahlengang fortgeschrittene degenerative Veränderungen am Metatarsophalangealgelenk. Der Gelenkspalt ist häufig bereits vollständig verschmolzen. Oft findet sich eine ausgeprägte subchondrale Sklerosierung sowohl am Metatarsale-I-Köpfchen als auch an der Grundphalanx.

2.2.4 Therapie

Im frühen Stadium des Krankheitsbildes kann durch eine konservative Behandlung die Schmerzhaftigkeit im Großzehengrundgelenk gemindert werden. Neben Umschlägen, Einreibungen und Krankengymnastik umfaßt die konservative Behandlung die symptomatische medikamentöse Therapie mit nichtsteroidalen Antiphlogistika (Zollinger 1991). Zusätzlich ist es möglich, durch Einspritzen eines Lokalanästhetikums, gegebenenfalls kombiniert mit Glukokortikoiden, die Schmerzen zu lindern. Eine partielle Sohlenversteifung zur Einschränkung des Abrollvorgangs entlastet das Großzehengrundgelenk. Zur Unterstützung wird eine Ballenrolle empfohlen. Zu Beginn der Erkrankung sind entzündungshemmende Maßnahmen häufig über einen längeren Zeitraum erfolgreich. Dagegen ist die krankengymnastische Behandlung beim Hallux rigidus nur wenig hilfreich. Lediglich die manuelle Mobilisation verspricht Besserung. Zusätzlich zur entzündungshemmenden Behandlung soll die mechanische Belastung des Metatarsalgelenkes vermindert werden. Einlagen ohne Federung, z.B. normale Kork-Leder-Einlagen, sind beim Hallux rigidus nicht hilfreich. Bei fortgeschrittenem Gelenkverschleiß ist die konservative Behandlung in der Regel höchstens vorübergehend erfolgreich. Bei Zunahme der Beschwerden werden operative Maßnahmen notwendig. Diese sollten abhängig sowohl von der Ausdehnung der Krankheit, dem lokalen und allgemeinen Gesundheitszustand als auch von den Ansprüchen des Patienten an das Behandlungsergebnis ausgewählt werden (Zollinger 1991). Die Indikation zur konservativen oder operativen Behandlung des Hallux rigidus richtet sich nach dem Beschwerdebild des Patienten und nach dem Zustand des Großzehengrundgelenks. Bei weitgehend erhaltenen Knorpeloberflächen kann bei entsprechender Symptomatik ein längerer konservativer Therapieversuch unternommen werden. Kontraindikationen zur Vorfuß-Operation bestehen bei unzureichender Blutversorgung und neurologischen Erkrankungen.

Es stehen folgende Operationsmethoden zur Verfügung:

- Resektion der Grundphalanx
Bei der Methode nach Keller-Brandes werden $\frac{1}{3}$ bis $\frac{2}{3}$ der Grundphalanx reseziert und ein Kapsellappen in den Gelenkspalt eingeschlagen. Hauptindikation stellt die fortgeschrittene Arthrose des Großzehengrundgelenks beim älteren Patienten dar (Jordan 1951, Bonney 1952, Mann 1979). Bereits beim Hallux valgus wurde die Operationstechnik nach Keller-Brandes dargestellt.
- Eingriffe am Metatarsale I
Osteotomien erreichen eine Plantarflexion des Metatarsale-I-Köpfchens, eine Änderung der Gelenkflächenstellung sowie eine Verkürzung des Metatarsale I mit daraus folgender Großzehengrundgelenksentlastung und Funktionsverbesserung (McMurray 1936).
- Osteotomie an der Grundphalanx
Bei jüngeren Patienten mit eingeschränkter Dorsalflexion, aber noch geringer Arthrose kann eine keilförmige Osteotomie mit dorsaler Basis an der Großzehengrundphalanx vorgenommen werden (Bonney 1952).
- Cheilektomie
Darunter wird die großzügige Entfernung der dorsalen Osteophyten und osteochondralen Proliferationen am Großzehengrundgelenk („Gelenktoilette“) verstanden. Dabei wird der dorsale Anteil des Metatarsale-I-Köpfchens mit einem Meißel abgetragen, so daß die Grundphalanx wieder ohne schmerzhaften Knochenkontakt dorsalextendiert werden kann. Dieses Verfahren ist indiziert bei schmerzhaftem Hallux rigidus, bedingt durch dorsale Osteophyten und bei noch erhaltenem Gelenkknorpel. Der Hauptvorteil der Cheilektomie liegt darin, daß eine Arthrodesese des Metatarsalgelenks oder eine Resektionsarthroplastik zu einem späteren Zeitpunkt noch möglich ist.
- Arthrodesese des Großzehengrundgelenks
Ist das Gelenk bereits arthrotisch zerstört und eingesteift, empfiehlt sich die Durchführung der Arthrodesese. Bei diesem Verfahren wird das Großzehengrundgelenk in leichter Dorsalextensions- und Valgusstellung versteift. Beim Abrollen kann über die Großzehe Kraft übertragen werden, so daß die Arthrodesese im Vergleich zur Resektionsarthroplastik die funktionellere Operation darstellt. Diese Methode bietet sich auch bei vorangegangenen Eingriffen an, die zu keinem befriedigenden Ergebnis geführt haben (Coughlin 1987, Zollinger 1986).

- Silastik-Implantate

Eine Metallprothese ersetzt das Köpfchen des Metatarsale I. Der Erfolg dieser Methode ist umstritten. Krismer (1990) berichtet über hervorragende Ergebnisse, während Zollinger (1991) die Anwendung ablehnt.

2.3 Patientengut

Zwischen 1985 und 1996 wurden an der Orthopädischen Klinik der Ludwig-Maximilians-Universität, Klinikum Großhadern, 92 Patienten aufgrund eines Hallux valgus nach der Methode von Keller-Brandes primär operativ versorgt (Abb. 5), davon 14 Patienten beidseits. Wegen eines Hallux rigidus wurden 26 Patienten nach der gleichen Methode behandelt (Abb. 5).

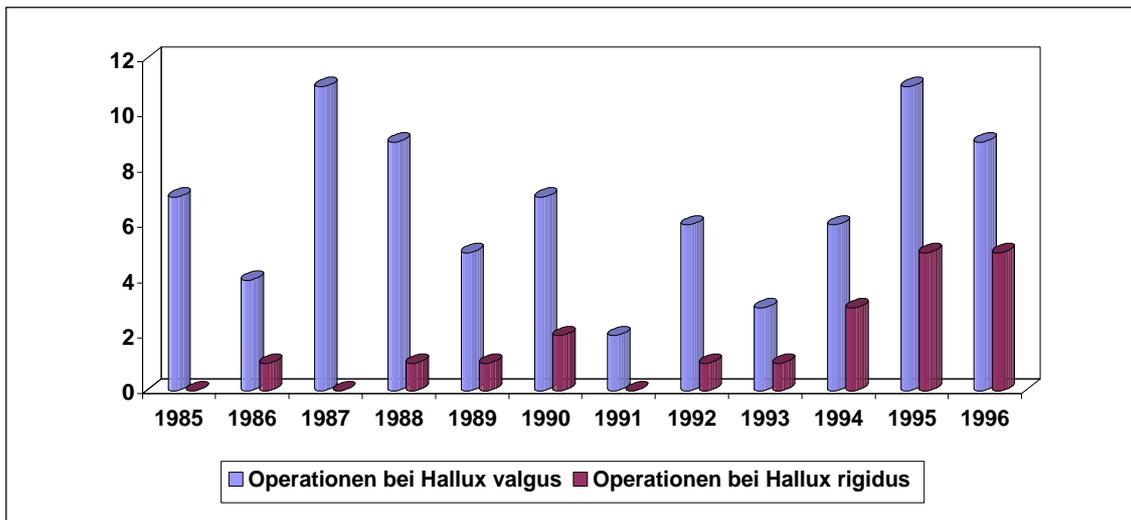


Abb. 5: Operationen pro Jahr nach Keller-Brandes

2.4 Datenerhebung

2.4.1 Analyse der Krankenakten

Die Erhebung der präoperativen Befunde bei allen Patienten sowohl mit Hallux valgus als auch mit Hallux rigidus erfolgte retrospektiv anhand der Krankenakte. Zunächst wurden die persönlichen Daten der Patienten, wie Name, Alter, Geschlecht, Wohnort und Telefonnummer erfaßt. Anhand der Anamnese bzw. der nachfolgenden Krankengeschichte konnte festgestellt werden, ob zusätzlich Hammer- bzw. Krallenzehen vorhanden waren. Außerdem wurden die Art des Schmerzes, die Länge der schmerzfreien Gehstrecke und das vom Patienten verwendete Schuhwerk klassifiziert. Bei der Auswertung der OP-Berichte interessierte vor allem das Auftreten von intra- und postoperativen Komplikationen, die postoperative Ruhigstellung und die Art der funktionellen Nachbehandlung.

2.4.2 Durchführung der Nachuntersuchung

Zur Nachuntersuchung wurden die Patienten in die Klinik einbestellt. Im Rahmen der Untersuchung wurde sowohl auf die subjektive Zufriedenheit hinsichtlich der

Behandlung als auch auf das aktuelle Schmerzempfinden (Ruhe-, Nacht-, Belastungsschmerz bzw. Länge der schmerzfreien Gehstrecke) besonderer Wert gelegt. Kosmetische Aspekte und die Art des Schuhwerks (Konfektionsschuhe mit oder ohne Einlagen, orthopädische Schuhe) wurden berücksichtigt. Bei der klinischen Nachuntersuchung wurde die Beweglichkeit im Großzehengrundgelenk nach der Neutral-Null-Methode mit Hilfe eines Goniometers gemessen. Weiter wurde die Großzehe auf Pronation und damit möglicher Instabilität überprüft, außerdem der Fuß nach Metatarsalgien, Schwielen bzw. Clavi und hinsichtlich des Zustandes des Quergewölbes untersucht.

Alle gewonnen postoperativen Daten wurden mittels des HMIS (Hallux-Metatarsophalangeal-Interphalangeal-Scale) - Score und des Bonney-Score (Tab. 1) bewertet. Der HMIS-Score geht von einer Punkteverteilung von 0 bis 100 aus. Der Bonney-Score weist eine Zweiteilung auf (subjektiv, objektiv) und zeigt eine Merkmalsausprägung zwischen sehr gut bis schlecht.

Aufbau des HMIS-Score nach Kitaoka (1994) mit insgesamt 100 möglichen Punkten:

100-93 (sehr gut), 92-83 (gut), 82-66 (befriedigend), <66 (schlecht)

- Schmerz (max. 40 Punkte möglich):
Ohne (40 Punkte); wenig, gelegentlich (30 Punkte); mäßig, täglich (20 Punkte); stark, immer (0 Punkte)
- Funktion (max. 30 Punkte möglich):
 - Einschränkung der Aktivität
Keine (10 Punkte); in der Freizeit, aber nicht bei alltäglichen Verrichtungen (7 Punkte); bei täglichen Arbeiten (4 Punkte); ständig (0 Punkte)
 - Schuhwerk
Normal (10 Punkte); Einlagen (5 Punkte); Sonderanfertigung (0 Punkte)
 - Beweglichkeit im Metatarsophalangealgelenk (Dorsalextension + Plantarflexion)
>75° Normal (10 Punkte); 30°-74° mäßig (5 Punkte), <30° schlecht (0 Punkte)
- Beweglichkeit des IP-Gelenks (Plantarflexion) (max. 5 Punkte möglich):
Keine Einschränkung (>10°) (5 Punkte); starke Einschränkung (<10°) (0 Punkte)
- Stabilität im MTP-/IP- Gelenk (max. 5 Punkte möglich)
Stabil (5 Punkte); instabil (0 Punkte)
- Kallusbildung im MTP-/IP-Gelenk-Bereich (max. 5 Punkte möglich):
Kein Kallus oder asymptomatisch (5 Punkte); Kallus, symptomatisch (0 Punkte)

- Ausrichtung (max. 15 Punkte möglich):
 Gut (15 Punkte), befriedigend (asymptomatisch) (8 Punkte), schlecht (symptomatisch) (0 Punkte)

Score nach Bonney:

	subjektiv	objektiv
sehr gut	schmerzfrei, auch bei Belastung im Beruf und/oder Sport, kein Mobilitätslimit, Kosmetik sehr gut	aktive Plantarflexion > 15° aktive Dorsalextension > 30° Hallux valgus < 15°
Gut	schmerzfrei, nur bei Belastung im Beruf und/oder Sport, fallweise Schmerzen, kein Mobilitätslimit, Kosmetik gut	aktive Plantarflexion > 15° aktive Dorsalextension 15° - 29° Hallux valgus 16° - 25°
befriedigend	fallweise Schmerzen, Beeinträchtigung bei Belastung im Beruf und/oder Sport, mäßig reduzierte Mobilität, Kosmetik befriedigend	aktive Plantarflexion 10° - 14° aktive Dorsalextension 10° - 14° Hallux valgus 26° - 35°
schlecht	regelmäßige Schmerzen, Aggravation bei Belastung im Beruf und/oder Sport, deutlich reduzierte Mobilität, Kosmetik schlecht	aktive Plantarflexion < 10° aktive Dorsalextension < 10° Hallux valgus > 35° Dorsalextensionskontraktur, Hallux varus, Schlotterzehe

Tab.1: Klinischer Score modifiziert nach Bonney und MacNab, Anderl (Zembsch 1999)

2.4.3 Analyse der Röntgenbilder

Bei der röntgenologischen Untersuchung des Hallux valgus und Hallux rigidus wurden im Stehen zwei Röntgenbilder in anterior-posteriorer (a.p.) und seitlicher Projektion angefertigt (Burckhardt 1991, Eulert 1986, Flamme 1998, Hardy 1951, Kropelj 1990, Ritschl 1999, Zembsch 1999). Folgende Parameter wurden erfaßt:

- Der Hallux-valgus-Winkel oder Metatarsophalangealwinkel beschreibt die Abweichung der Achse der Grundphalanx vom Os metatarsale I und beträgt physiologisch zwischen 15° und 20° (Antrobus 1984, Burckhardt 1991, Coughlin 1995, Hardy 1951, Karasick 1990; Abb. 6).



Abb. 6: Hallux-valgus-Winkel

- Der Intermetatarsalwinkel oder Metatarsus-primus-varus-Winkel bestimmt den Winkel zwischen den Längsachsen des Metatarsale I und II und beträgt physiologisch etwa 10° (Antrobus 1984, Burckhardt 1991, Coughlin 1995, Hardy 1951, Karasick 1990; Abb. 7).



Abb. 7: Intermetatarsalwinkel

- Der distale Gelenkflächenwinkel (Gelenkfläche des Metatarsale-I-Köpfchens gegenüber einer Senkrechten zur Achse des Metatarsale I) ist physiologisch um weniger als 10° nach lateral geneigt (Abb. 8).



Abb. 8: Distaler Gelenkflächenwinkel

- Der Winkel zwischen der Längsachse des Metatarsale I und der Gelenkfläche des ersten Tarsometatarsalgelenks (Tarso-Metatarsale-I-Winkel) beträgt physiologisch 90° (Abb. 9).



Abb. 9: Tarso-Metatarsale-I-Winkel

- Der Zustand des Metatarsophalangealgelenks wurde hinsichtlich des Vorliegens einer Arthrose bewertet. Vier Arthrosegrade wurden unterschieden (Karasick 1990):
 - Grad 0 (keine Arthrose): Weiter Gelenkspalt ohne typische Zeichen der Arthrose.
 - Grad 1 (geringe Arthrose): Der Gelenkspalt ist diskret verschmälert; es finden sich Osteophyten.
 - Grad 2 (mäßige Arthrose): Zunehmende Gelenkspaltverminderung mit Osteophytenbildung, subchondraler Sklerosierung und Zystenbildung.
 - Grad 3 (starke Arthrose): Der Gelenkspalt ist kaum mehr erkennbar; Osteophyten, subchondrale Sklerosierung und Zystenbildung sind sehr ausgeprägt (Abb. 10).



Abb. 10: Arthrose Grad 3(Karasick 1990) im Metatarsophalangealgelenk

- Die Stellung der Sesambeine wurde anhand der Position des tibialen (medialen) Sesambeines in vier Grade unterteilt (Karasick 1990; Abb.11):

- Grad 0: Keine Verschiebung des Sesambeines.
- Grad 1: Das laterale Sesambein ist bis zu 50% über die Längsachse des Metatarsale I nach lateral gerutscht.
- Grad 2: Das laterale Sesambein ist mit mehr als 50% seiner Fläche über die Mitte der Längsachse verlagert.
- Grad 3: Totale Verschiebung des lateralen Sesambeines über die Längsachse hinaus.

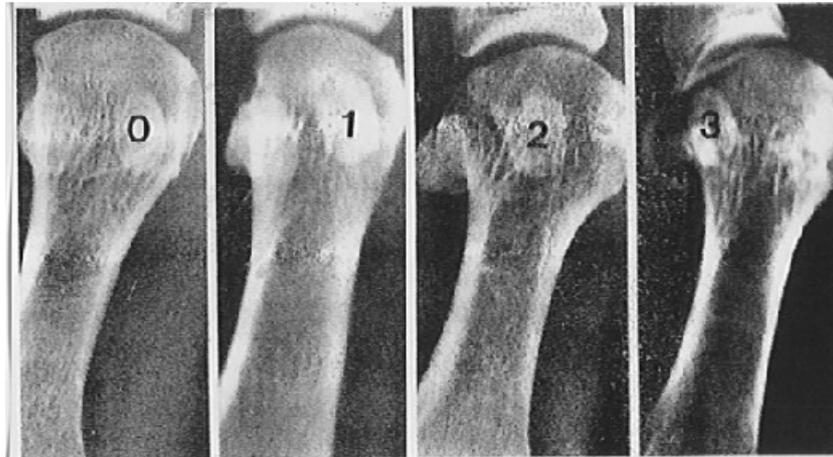


Abb. 11: Sesambeinstellung (Karasick 1990)

- Die Stellung des Großzehengrundgelenks wurde in vier Grade unterteilt (Karasick 1990):



Abb. 12: Gelenkstellung Grad 2

Grad 0 (kongruentes Gelenk): Die Basis der Grundphalanx artikuliert schlüssig mit dem Metatarsale-I-Köpfchen. Die Linien der Gelenkflächen liegen parallel zueinander.

Grad 1 (inkongruentes Gelenk): Die Basis der Grundphalanx artikuliert überwiegend mit dem lateralen Anteil des Metatarsale-I-Köpfchens. Die Linien der Gelenkflächen kreuzen sich in einem flachen Winkel außerhalb des Gelenks.

Grad 2 (subluxiertes Gelenk): Die Grundphalanx-Basis artikuliert nur noch ausschließlich mit dem lateralen Anteil des Metatarsale-I-Köpfchens. Der Schnittpunkt der Gelenkflächenlinien liegt innerhalb des Gelenks (Abb. 12)

Grad 3 (luxiertes Gelenk): Grundphalanx und Metatarsale I artikulieren nicht mehr miteinander.

- Der Metatarsalindex gibt über die relative Länge des ersten und zweiten Metatarsale Auskunft (Karasick 1990, Nilsonne 1930; Abb. 13):

Minus-Index: Das Metatarsale I ist kürzer als das Metatarsale II

Plus-minus-Index: Beide Metatarsalia sind gleich lang

Plus-Index: Das Metatarsale I ist länger als das Metatarsale II

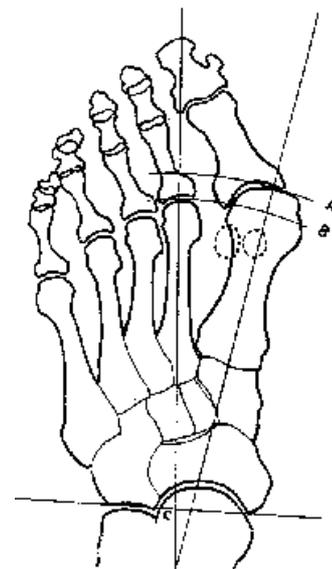


Abb. 13: Metatarsale-Plus-Index (Karasick 1990)

- Die Vorfußbreite wurde zwischen dem medialen Rand des Metatarsale I bzw. der Pseudoexostose und dem lateralen Rand des Metatarsale V bestimmt (Coughlin 1995; Abb. 14)



Abb. 14: Vorfußbreite

- Die Länge der Grundphalanx wurde wie in Abb.15 dargestellt gemessen.



Abb. 15: Länge der Grundphalanx

- Die Breite des Metatarsale-I-Köpfchens wurde wie in Abb.16 dargestellt gemessen.



Abb. 16: Breite Metatarsale-I-Köpfchen

2.4.4 Statistische Analyse

Die statistische Auswertung wurde mit dem Programm SPSS (Version 11.0) durchgeführt.

In dieser Studie konnte wegen der zu geringen Fallzahlen nicht von einer Normalverteilung nach Gauß ausgegangen werden. Somit war die Anwendung parametrischer Testverfahren nicht möglich.

Für zwei nichtparametrische verbundene Stichproben, z.B. Schmerzen vor und nach der Operation, wurde der Wilcoxon-Test verwendet.

Für zwei nichtparametrische unverbundene Stichproben (Vergleich zweier Gruppen bezüglich einer Variablen), z.B. gute und schlechte Ergebnisse bezüglich postoperativer Schmerzen, wurde der Mann-Whitney-U-Test angewendet.

Bei allen Testverfahren wurde das Signifikanzniveau mit $p < 0,05$ festgelegt.

3. Ergebnisse

3.1 Hallux valgus

Von den 92 Patienten waren 11 (12,0%) im Nachbeobachtungszeitraum verstorben, 8 Patienten (8,7%) waren unbekannt verzogen, 4 Patienten (4,3%) waren aufgrund von Erkrankungen nicht in der Lage an der Nachuntersuchung teilzunehmen.

Im Rahmen der Nachuntersuchung konnten somit 69 Patienten (75,0%) erfaßt und klinisch sowie radiologisch ausgewertet werden. 11 dieser Patienten wurden beidseits operiert, so daß insgesamt 80 Vorfüße = 80 Fälle nachuntersucht werden konnten.

Das nachuntersuchte Patientenkollektiv bestand aus 60 Frauen und 9 Männern. Das Durchschnittsalter der Frauen betrug 57,5 Jahre \pm 8,1 Jahre Standardabweichung (SD) (Min. 40 Jahre, Max. 78 Jahre), das der Männer 59,9 Jahre \pm 3,1 Jahre SD (Min. 34 Jahre, Max. 74 Jahre). Der Nachuntersuchungszeitraum betrug im Mittel 7,8 Jahre \pm 3,8 Jahre SD (Min. 2 Jahre, Max. 14 Jahre).

Zur klinischen Auswertung standen die Daten von allen erfaßten 69 Patienten = 80 Fälle zur Verfügung.

46 mal (57,5%) wurde die linke und 34 mal (42,5%) die rechte Großzehe operiert.

Eine zusätzliche Operation an Hammer- oder Krallenzehen wurde 45 mal (56,2%) durchgeführt, in 35 Fällen (43,8%) wurde ausschließlich die Operation nach Keller-Brandes durchgeführt.

Präoperativ war kein Patient schmerzfrei. 37 Patienten (46,3%) klagten über belastungsabhängige Schmerzen und 43 (53,7%) über Belastungs- und Ruheschmerzen. Postoperativ wurden 59 Füße (73,8%) als vollständig schmerzfrei bewertet, bei 14 Füßen (17,5%) bestand Belastungsschmerz und bei 7 Füßen (8,8%) wurden sowohl Belastungs- als auch Ruheschmerz angegeben (Abb. 17).

Es ergab sich eine signifikante Verbesserung der Schmerzsituation ($p < 0,01$; Wilcoxon-Test).

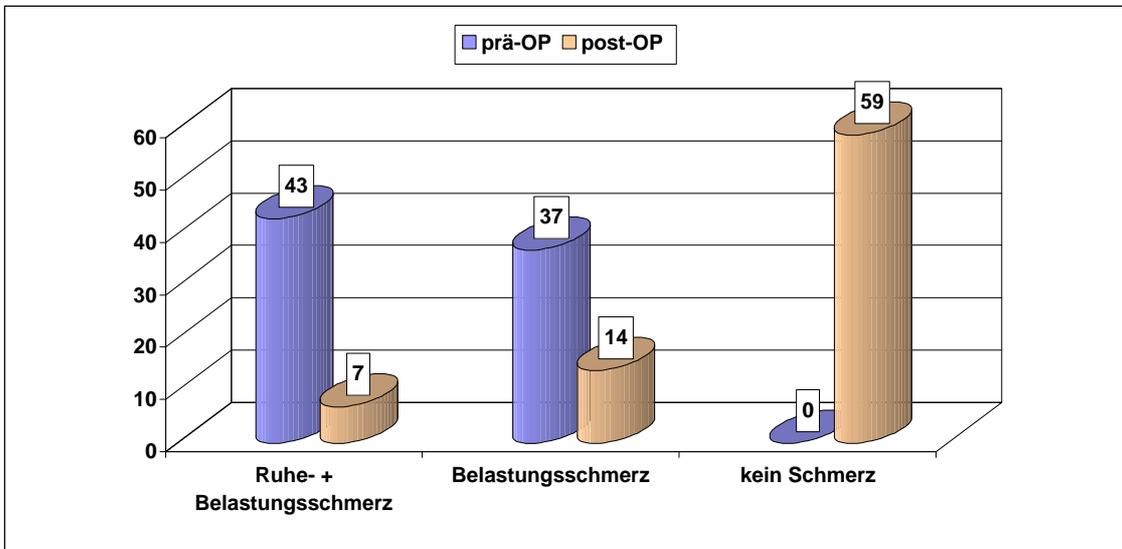


Abb. 17: Schmerzen

12 Patienten (15%) war es präoperativ möglich, eine unbeschränkt lange Gehstrecke schmerzfrei zurückzulegen. 11 Patienten (13,8%) gaben eine schmerzfrie Gehstrecke von bis zu 30 min an und bei 57 Patienten (71,3%) war präoperativ überhaupt keine schmerzfrie Gehstrecke möglich. Postoperativ waren 64 Patienten (80%) dauerhaft schmerzfrie, 8 (10%) waren bis zu 30 min nicht schmerzhaft eingeschränkt und 8 Patienten (10%) zeigten auch postoperativ keine schmerzfrie Gehstrecke (Abb. 18). Die Gehstrecke zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung war gegenüber dem präoperativen Ergebnis signifikant verbessert ($p < 0,01$; Wilcoxon-Test).

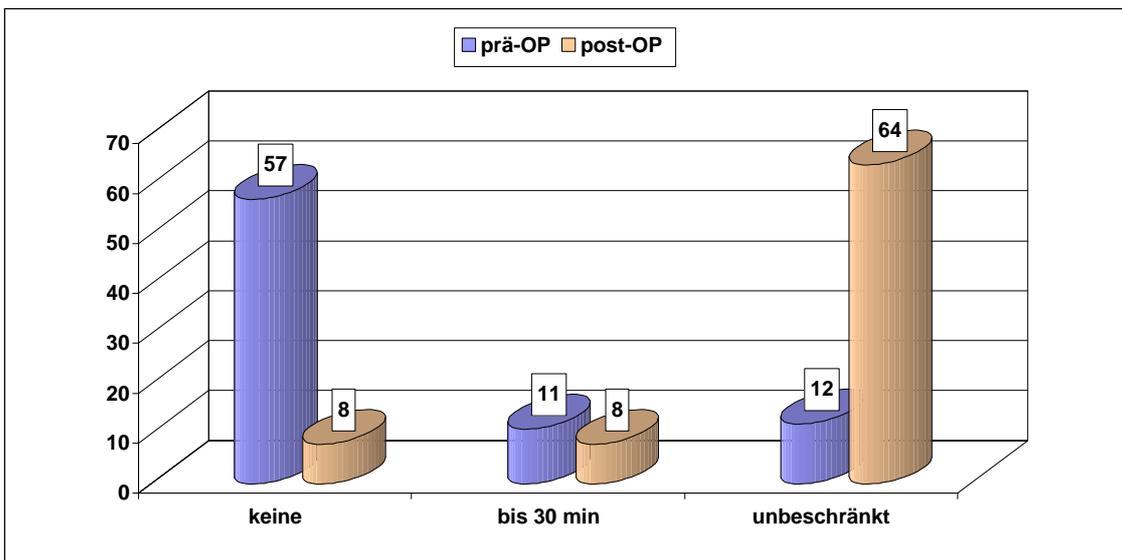


Abb. 18: schmerzfrie Gehstrecke

In 75 Fällen (93,8%) wurden vor der Operation Konfektionsschuhe getragen, 28 mal (35%) wurde zusätzlich eine Spreizfußeinlage im Konfektionsschuh benutzt. In 5 Fällen (6,2%) war bereits vor der Operation ein orthopädischer Maßschuh angefertigt worden, der auch postoperativ getragen wurde. Postoperativ wurden ebenfalls in 75 Fällen (93,8%) Konfektionsschuhe getragen, wobei 40 mal (50%) eine zusätzliche Einlagenversorgung bestand (Abb. 19). Es ergab sich eine signifikante Änderung des Schuhwerkes ($p=0,03$; Wilcoxon-Test).

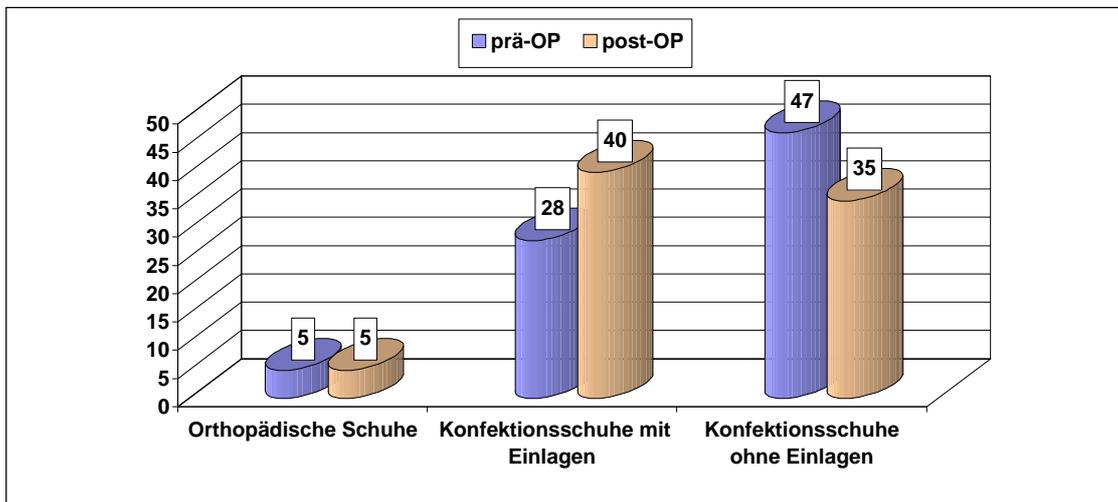


Abb. 19: Schuhwerk

Die Patienten befanden sich durchschnittlich $13,5 \text{ Tage} \pm 3,8 \text{ Tage (SD)}$ (Min. 8 Tage, Max. 26 Tage) in stationärem Aufenthalt.

Postoperativ ergab sich in der Dorsalextension des Metatarsophalangealgelenks ein Mittelwert von $27,9^\circ \pm 10,5^\circ \text{ (SD)}$ (Min. 5° , Max. 60°), für die Plantarflexion ein Mittelwert von $24,4^\circ \pm 10,0^\circ \text{ (SD)}$ (Min. 0° , Max. 50°). Die Gesamtbeweglichkeit war somit durchschnittlich $52,4^\circ \pm 16,4^\circ \text{ (SD)}$ (Min. 15° , Max. 105°).

Der postoperative VAS-Pain-Score betrug im Durchschnitt $11,7 \pm 2,3 \text{ (SD)}$ (Min. 0, Max. 78).

In 59 Fällen (73,8%) war postoperativ eine Pronation der Großzehe zu beobachten, bei 21 Fällen (26,2%) zeigte sich die Großzehe in neutraler Stellung (Abb. 20).

Das Quergewölbe war bei 68 Füßen (85%) abgeflacht, bei 12 (15%) noch intakt (Abb. 20).

Bei 58 Füßen (72,5%) wurde eine deutliche Beschwielung unter den Metatarsophalangealgelenken festgestellt, bei 22 Füßen (27,5%) waren keine Schwielen vorhanden (Abb. 20).

In 62 Fällen (77,5%) gaben die Patienten Metatarsalgien an, in 18 Fällen (22,5%) waren sie nicht vorhanden (Abb. 20).

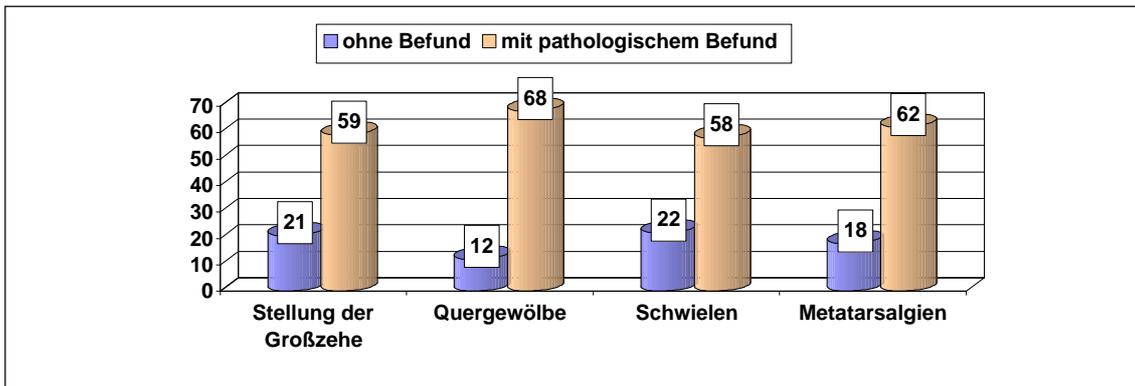


Abb. 20: Postoperative Untersuchungsbefunde beim Hallux valgus

Durchblutung und Sensibilität war bei den nachuntersuchten Vorfüßen in allen Fällen intakt. Ebenso waren alle Narben reizlos.

In der postoperativen Phase wurde in 26 Fällen (32,5%) keine Hallux-Nachtschiene verordnet, bei 25 Fällen (31,3%) wurde eine solche bis zu drei Monaten, in 19 Fällen (23,8%) bis zu sechs Monaten und in 10 Fällen (12,4%) länger als sechs Monate getragen (Abb. 21).

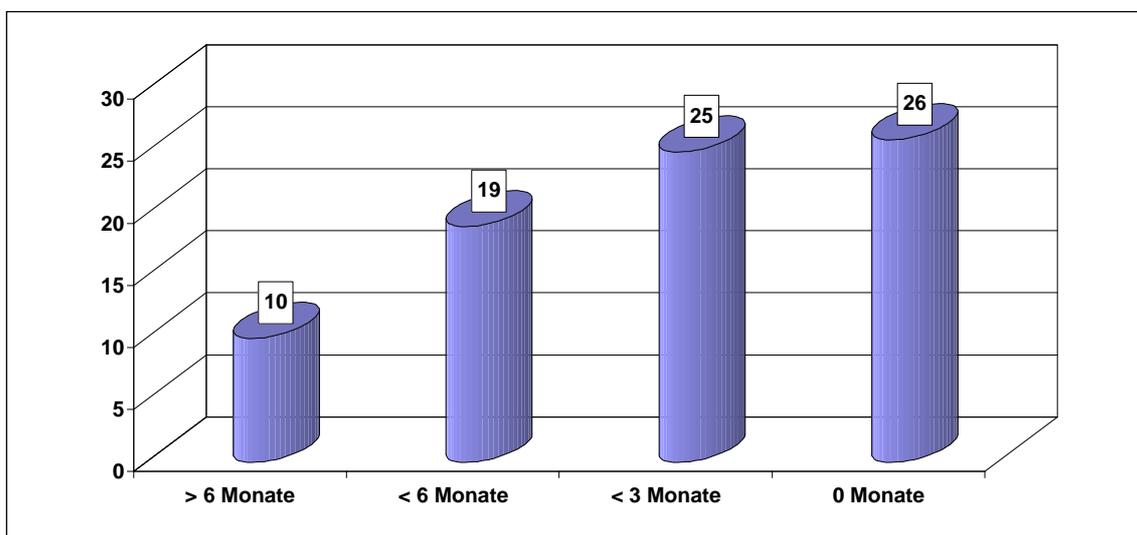


Abb. 21: Hallux-Nachtschiene

Nach dem HMIS-Score wurden 49 FüÙe (61,3%) als sehr gut (100-93 Punkte) oder gut (92-83) bewertet, 17 FüÙe (21,2%) wurden befriedigend (82-66) und 14 FüÙe (17,5%) als schlecht (<66 Punkte) beurteilt (Abb. 22). Die durchschnittliche Punktezahl betrug 79,2 Punkte \pm 19,5 Punkte (SD) (Min. 20 Punkte, Max. 100 Punkte).

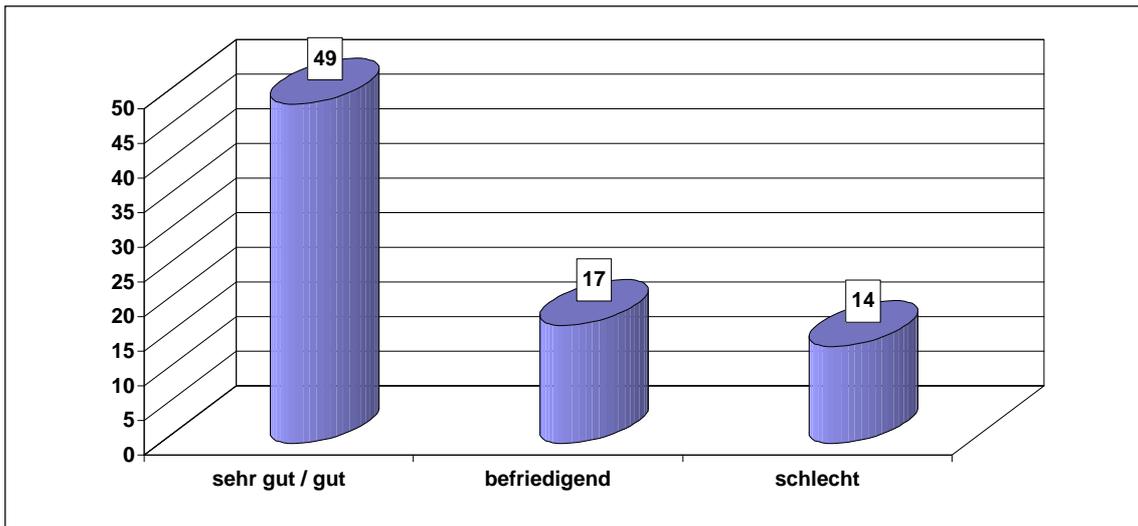


Abb. 22: HMIS-Score

Entsprechend dem Score nach Bonney et al. (Zembsch 1999) waren subjektiv 58 FüÙe (72,5%) sehr gut oder gut, 14 befriedigend (17,5%) und 8 (10%) waren schlecht. Objektiv waren sehr gut oder gut 51 FüÙe (63,8%), 29 (36,2%) befriedigend und keiner schlecht (Abb. 23).

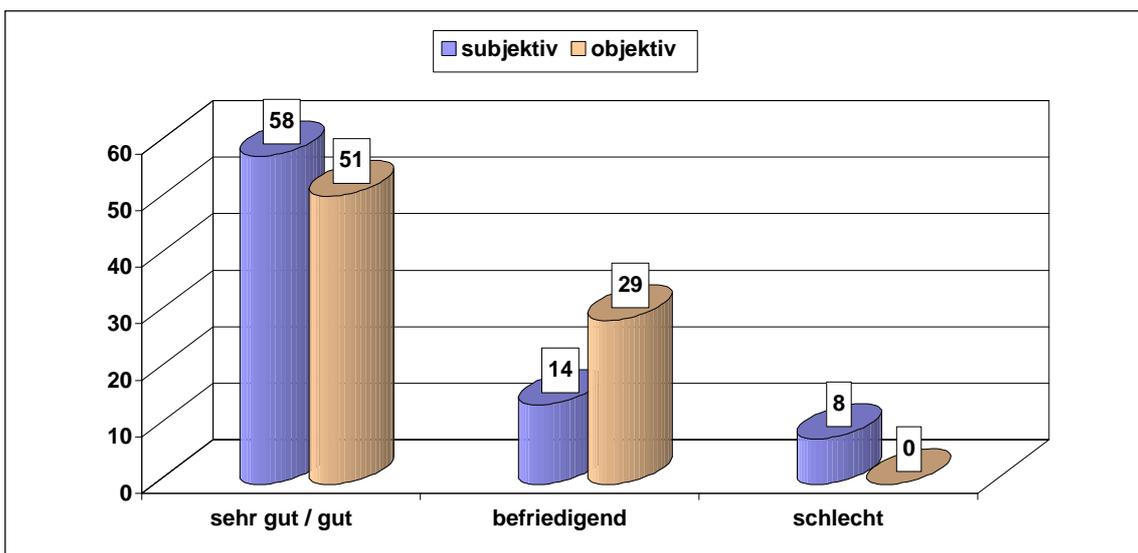


Abb. 23: Score nach Bonney

Die Patienten wurden gefragt, ob Ihre Erwartungen an die Behandlung erfüllt wurden. Bei 41 Füßen (51,3%) wurden die Erwartungen der Patienten an die Behandlung sehr gut erfüllt, bei 17 (21,3%) gut, bei sieben (8,7%) befriedigend und bei 15 Füßen (18,7%) wurden die Erwartungen nicht erfüllt (Abb. 24).

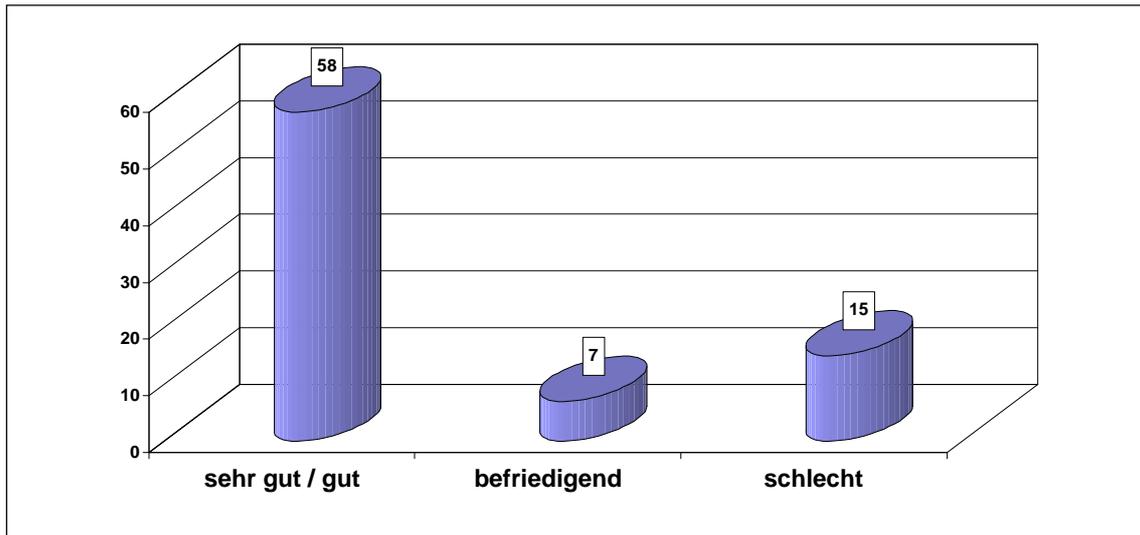


Abb. 24: Erfüllung der Erwartungen

Abschließend erfolgt die Darstellung der vier unterschiedlichen Bewertungen in einem Diagramm (Abb. 25).

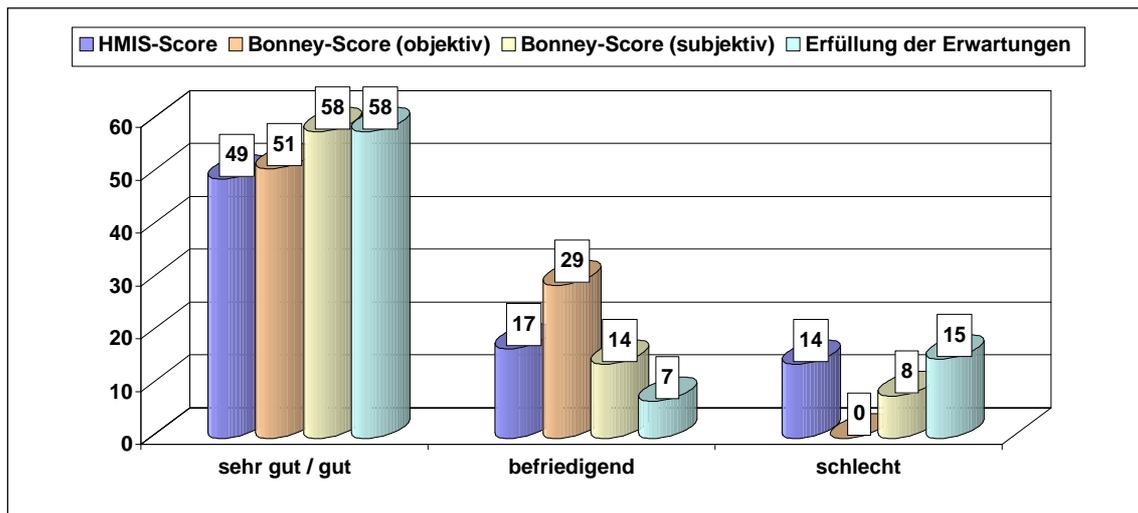


Abb. 25: Vergleich der Bewertungen

Zur radiologischen Auswertung standen postoperativ die Röntgenbilder aller 69 Patienten zur Verfügung. Jedoch konnten nur 62 der insgesamt 80 behandelten Füße präoperativ radiologisch erfaßt werden, da in 18 Fällen keine Röntgenbilder mehr vorlagen. Aus methodischen Gründen werden daher immer nur die 62 vollständig auswertbaren Vorfüße besprochen.

Der Metatarsophalangealwinkel I (MTPW) betrug präoperativ im Mittel $35,7^\circ \pm 8,7^\circ$ (SD) (Min. 21° , Max. 56°). Zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung wurde der MTPW im Mittel mit $26^\circ \pm 10,0^\circ$ (SD) (Min. 10° , Max. 65°) gemessen (Abb. 26). Diese Verminderung des MTPW um durchschnittlich $9,7^\circ$ war statistisch signifikant (Wilcoxon-Test; $p < 0,01$). Bei 54 Patienten war der MTPW zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung im Mittel um $11,6^\circ$ gegen den präoperativen Ausgangswert vermindert. Bei zwei Patienten war er unverändert und bei sechs Patienten ergab die postoperative Messung eine Zunahme von im Mittel $4,2^\circ$.

Der Intermetatarsalwinkel I (IMTW) betrug präoperativ im Mittel $12,9^\circ \pm 3,5^\circ$ (SD) (Min. 6° , Max. 20°). Zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung wurde der IMTW im Mittel mit $11,3^\circ \pm 3,3^\circ$ (SD) (Min. 3° , Max. 20°) gemessen (Abb. 26). Insgesamt ergab sich somit eine Verminderung des IMTW im Mittel um $1,6^\circ$, welche statistisch signifikant war (Wilcoxon-Test; $p < 0,01$). Bei 39 Patienten war der IMTW zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung im Mittel um $3,8^\circ$ gegen den präoperativen Ausgangswert vermindert. Bei sieben Patienten war er unverändert und bei 16 Patienten ergab die postoperative Messung eine Zunahme von im Mittel $3,2^\circ$.

Der distale Gelenkflächenwinkel I (DGFW) betrug präoperativ im Mittel $18,8^\circ \pm 9,7^\circ$ (SD) (Min. 0° , Max. 47°). Zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung wurde der DGFW im Mittel mit $18,3^\circ \pm 9,9^\circ$ (SD) (Min. 0° , Max. 52°) gemessen (Abb. 26). Insgesamt ergab sich somit eine Verminderung des DGFW im Mittel um $0,5^\circ$, welche statistisch nicht signifikant war (Wilcoxon-Test; $p = 0,56$). Bei 32 Patienten war der DGFW zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung im Mittel um $8,5^\circ$ gegen den präoperativen Ausgangswert vermindert. Bei neun Patienten war er unverändert und bei 21 Patienten ergab die postoperative Messung eine Zunahme von im Mittel $11,7^\circ$.

Der Tarso-Metatarsale-I-Winkel (TMTW) betrug präoperativ im Mittel $95,3^\circ \pm 5,5^\circ$ (SD) (Min. 86° , Max. 110°). Zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung wurde der TMTW im Mittel mit $91,7^\circ \pm 5,0^\circ$ (SD) (Min. 78° , Max. 105°) gemessen (Abb. 26). Insgesamt ergab sich somit eine Verminderung des TMTW im Mittel um $3,6^\circ$, welche statistisch signifikant war (Wilcoxon-Test; $p < 0,01$). Bei 32 Patienten war der TMTW zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung im Mittel um $8,4^\circ$ gegen den präoperativen Ausgangswert vermindert. Bei 19 Patienten war er unverändert und bei elf Patienten ergab die postoperative Messung eine Zunahme von im Mittel $4,6^\circ$.

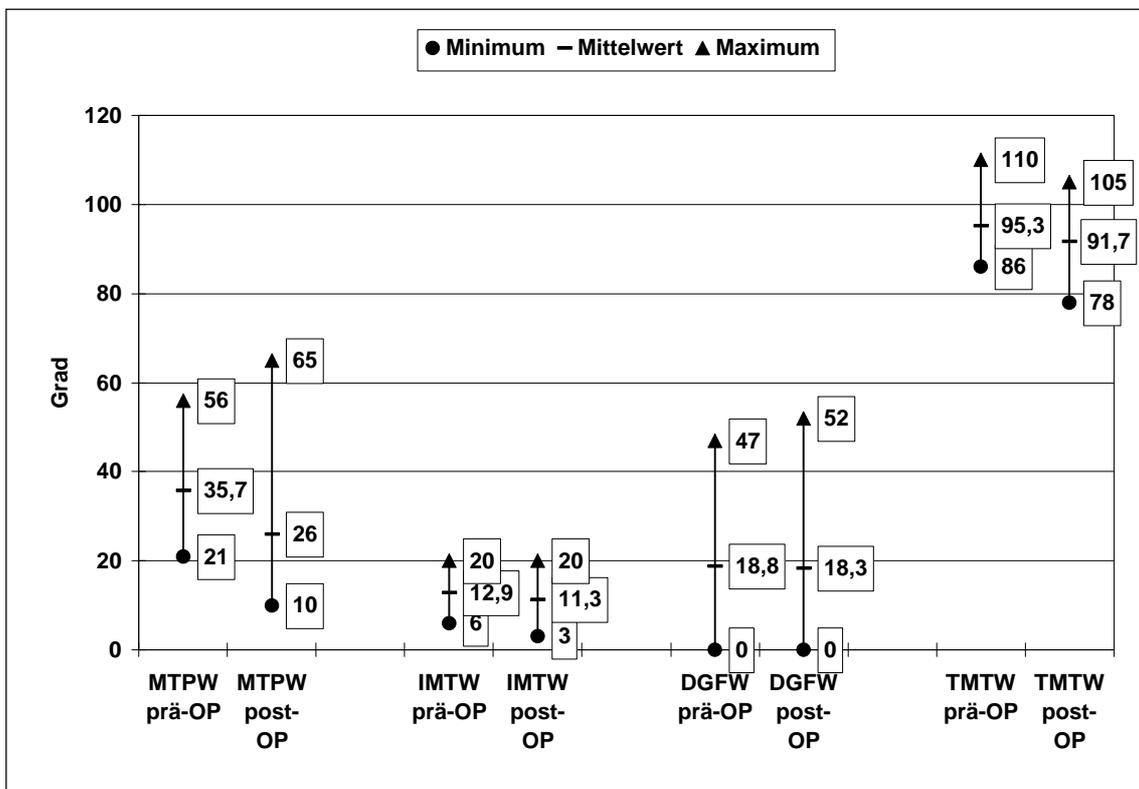


Abb. 26: Bestimmung der Vorfußwinkel präoperativ (prä-OP) und zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung (post-OP).

MTPW=Metatarsophalangealwinkel
 IMTW=Intermetatarsalwinkel
 DGFW=Distaler Gelenkflächenwinkel
 TMTW=Tarso-Metatarsale-I-Winkel

Präoperativ betrug die durchschnittliche Länge der I. Phalanx $28,1 \text{ mm} \pm 3,4 \text{ mm}$ (SD) (Min. 20 mm, Max. 35 mm), postoperativ betrug sie $18,8 \text{ mm} \pm 4,5 \text{ mm}$ (SD) (Min. 2 mm, Max. 30 mm) (Abb. 27). Daraus ergibt sich eine durchschnittliche Verkürzung der I. Phalanx um $9,3 \text{ mm} \pm 3,9 \text{ mm}$ (SD) (Min. 4 mm, Max. 26 mm), was einer Resektionsmenge von $33,1\% \pm 13,2\%$ (SD) (Min. 12%, Max. 93%) entspricht.

Die Größe der Exostose am Metatarsale-I-Köpfchen betrug präoperativ im Mittel 23,3 mm \pm 2,4 mm (SD) (Min. 18 mm, Max. 28 mm) und postoperativ 19,6 mm \pm 2,6 mm (SD) (Min. 15 mm, Max. 27 mm) (Abb.27). Daraus ergibt sich eine durchschnittliche Resektion um 3,7 mm \pm 2,7 mm (SD) (Min. 0 mm, Max. 11 mm), was einer Verringerung von 15,6% \pm 10,9% (SD) (Min. 0%, Max. 42%) entspricht.

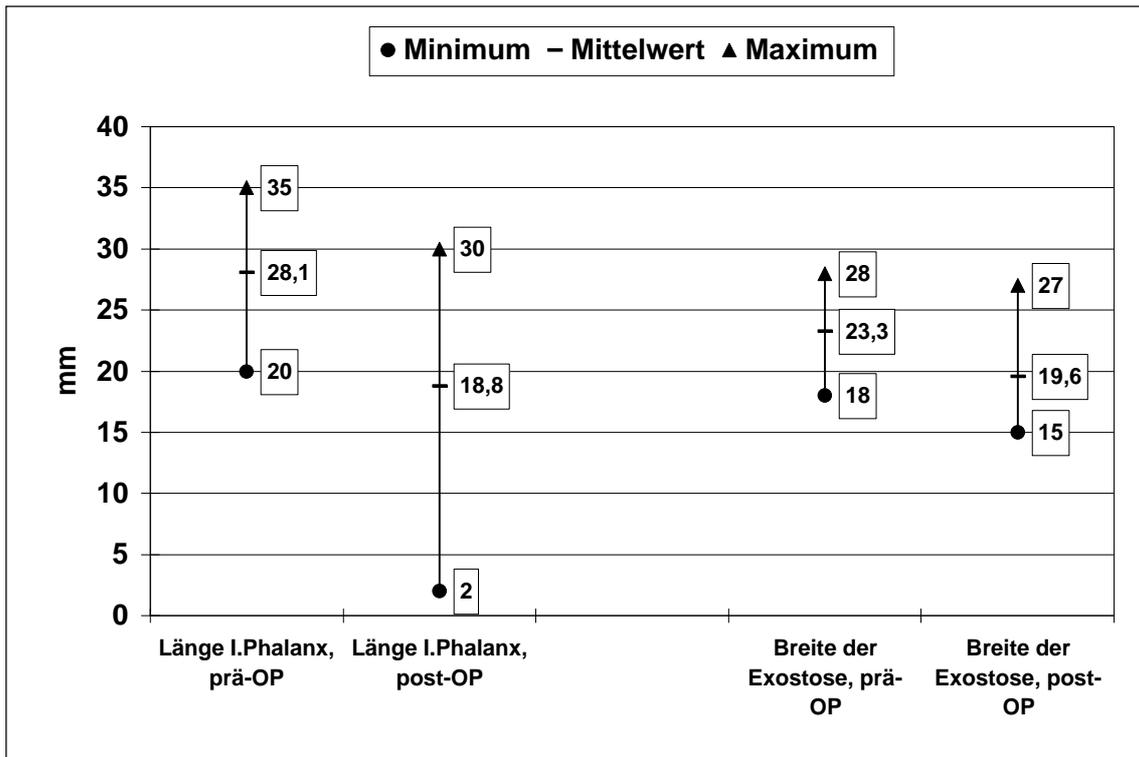


Abb. 27: Bestimmung der Länge der I. Phalanx und der Breite der Exostose präoperativ (prä-OP) und zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung (post-OP).

Präoperativ war bei 33 Füßen (53,2%) das Metatarsale I länger als das Metatarsale II, in 24 Fällen (38,7%) waren beide Metatarsalia gleich lang und bei 5 Füßen (8,1%) war das Metatarsale II länger als das Metatarsale I. Postoperativ war in 16 Fällen (25,8%) das Metatarsale I länger als das Metatarsale II, bei 25 Füßen (40,3%) waren beide Metatarsalia gleich lang und bei 21 Füßen (33,9%) war das Metatarsale II länger (Abb.28). Viermal verlängerte sich relativ gesehen das Metatarsale I, 27 mal blieb das Verhältnis zwischen beiden Metatarsalia gleich und 31 mal verkürzte sich das Metatarsale I relativ zum Metatarsale II. Die Veränderungen sind statistisch signifikant (Wilcoxon-Test; $p < 0,01$).

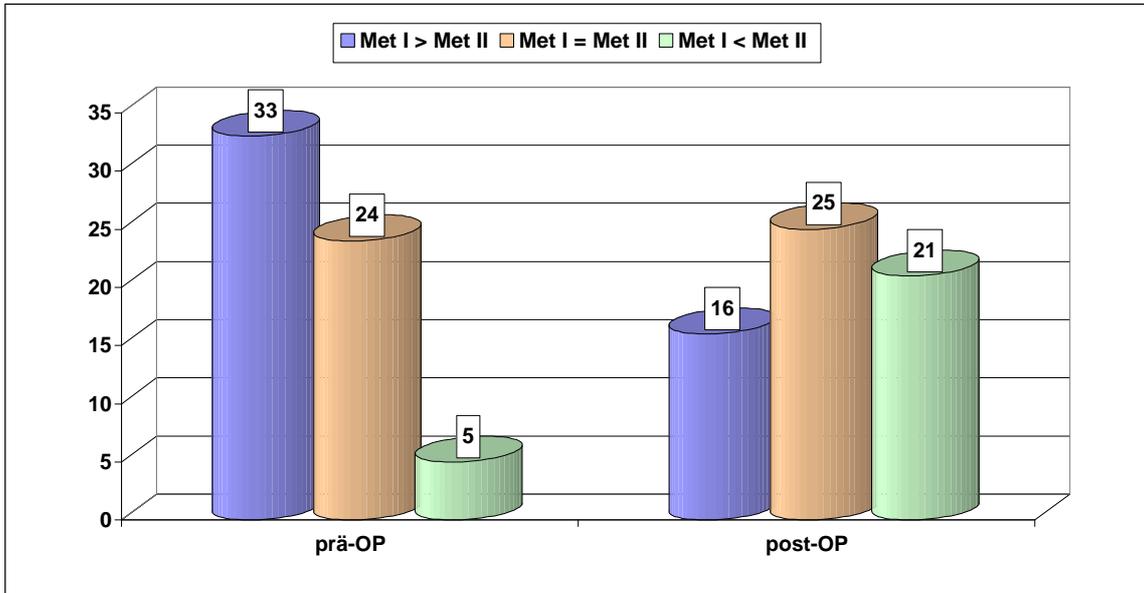


Abb. 28: Metatarsalindex

Im Großzehengrundgelenk ergab sich präoperativ aus den Röntgenbildern in 22 Fällen (35,5%) eine starke Arthrose im Metatarsophalangealgelenk, bei 32 Füßen (51,6%) eine mäßige Arthrose, bei 8 Füßen (12,9%) eine leichte. Kein Fall war ohne Arthrose (Abb.29). Aufgrund der Gelenkresektion konnten postoperativ keine Angaben mehr zum Arthrosegrad gemacht werden.

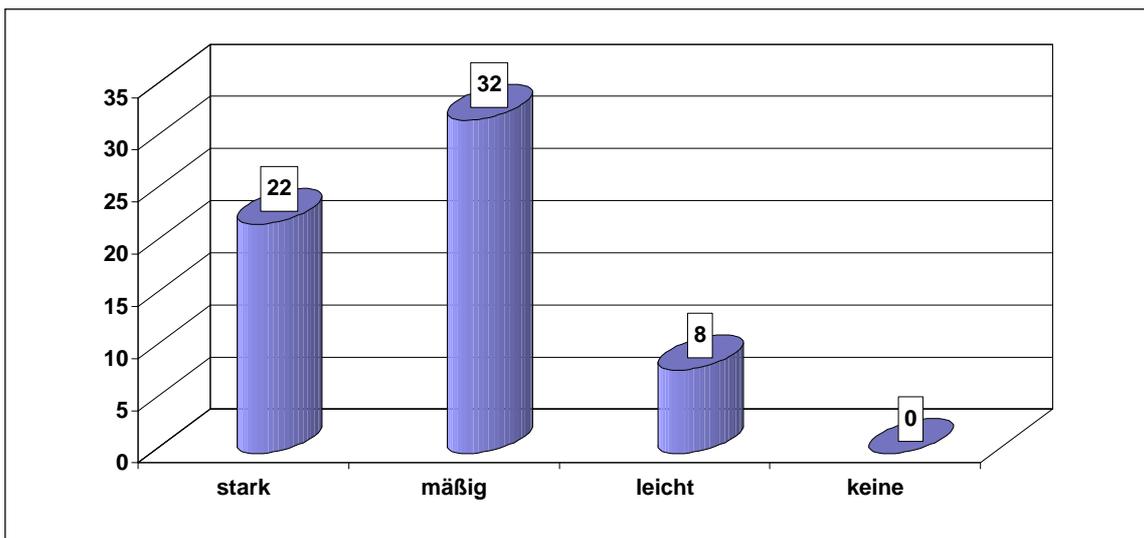


Abb. 29: Arthrose im Metatarsophalangealgelenk, prä-OP

Präoperativ ergab sich aus den Röntgenbildern in sechs Fällen (9,7%) eine starke Dislokation der Sesambeine, bei 25 Füßen (40,3%) eine mäßige, bei 30 Füßen (48,3%) eine leichte und in einem Fall (1,6%) keine Dislokation. Postoperativ fand sich in 4 Fällen (6,5%) eine starke Dislokation, in 20 Fällen (32,3%) eine mäßige Dislokation, in

37 Fällen (59,7%) eine leichte und in einem Fall (1,6%) keine Dislokation (Abb. 30). Zehnmal wurde der Grad der Dislokation geringer, 45 mal blieb er gleich und in vier Fällen nahm er zu. Die Veränderungen waren statistisch signifikant ($p=0,03$; Wilcoxon-Test).

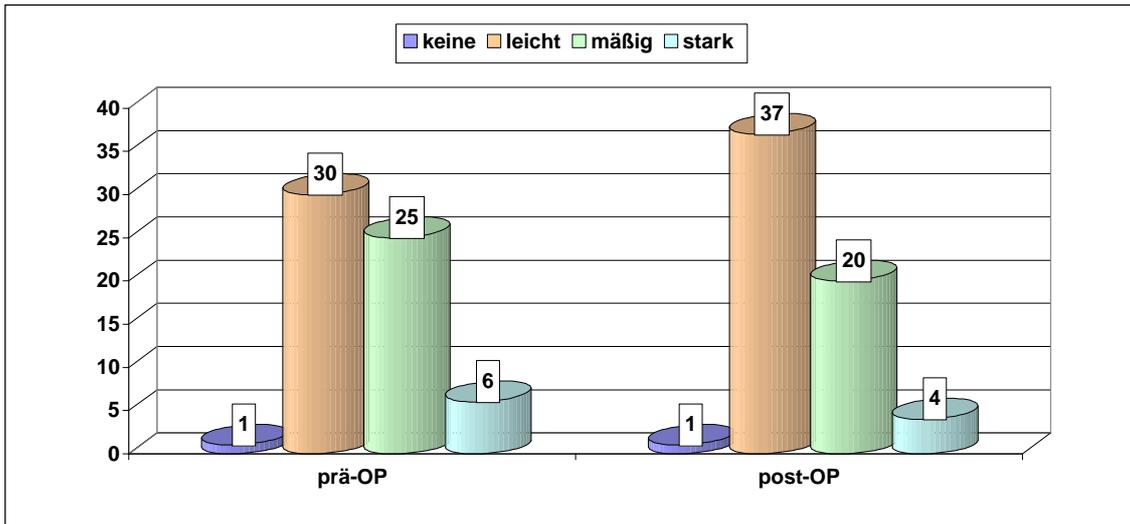


Abb. 30: Dislokation der Sesambeine

Präoperativ ergab sich aus den Röntgenbildern in 22 Fällen (35,5%) eine Luxation im Metatarsophalangealgelenk, bei 33 Fällen (53,2%) eine Subluxation, bei sieben Fällen (11,3%) ein inkongruentes Gelenk und in keinem Fall ein kongruentes Gelenk. (Abb. 31). Nach der Gelenkresektion konnte die Gelenkstellung nicht mehr erfasst werden.

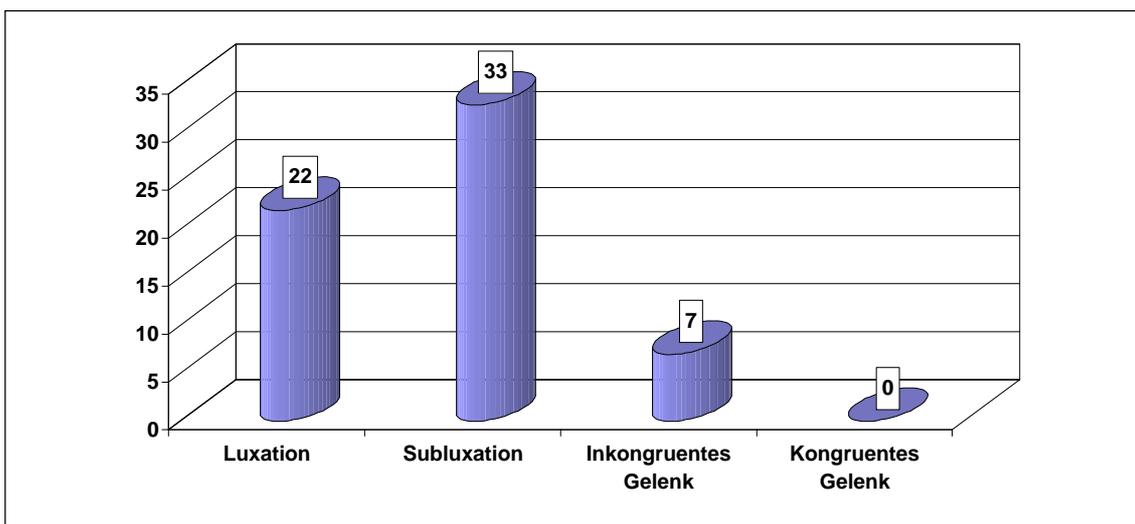


Abb. 31: Gelenkstellung im Metatarsophalangealgelenk, prä-OP

Das Interphalangealgelenk war präoperativ in allen Fällen unauffällig und postoperativ in 10 Fällen (16,1%) gering arthrotisch verändert.

Aus den bisher genannten Ergebnissen konnten mit Hilfe zweier Bewertungsschemata, dem HMIS-Score (Tab. 2) und dem SBS-Score (Tab. 3), die Daten weiterverarbeitet werden.

Aus der Gruppe der 69 Patienten mit der Diagnose Hallux valgus und Therapie nach Keller-Brandes standen 55 Patienten (32 links und 30 rechts operierte Füße) mit einem symptomatischen Hallux valgus mit basaler Gelenksarthrose, prä- und postoperativen Röntgenbildern (anterior-posteriorer und lateraler Strahlengang unter Gewichtsbelastung), präoperativem Behandlungsprotokoll und Operationsbericht für eine Bewertung durch die zwei Scores zur Verfügung. Für beide Scores wurde eine Trennung in positive und negative Ergebnisse eingeführt: HMIS > 82 Punkte (Gruppe 1a) oder SBS sehr gut bzw. gut (Gruppe 2a) wurden mit HMIS < 83 Punkten (Gruppe 1b) oder SBS befriedigend oder schlecht (Gruppe 2b) verglichen, um die folgenden Variablen zu analysieren:

Als klinische Parameter wurden die Schmerzintensität mittels der VAS-Schmerzskala (Visuelle Analog Skala: 0=keine Schmerzen, 100=sehr große Schmerzen) und die schmerzfreie Gehstrecke (1=unbeschränkt, 2= <30 min., 3=keine) sowohl prä- als auch postoperativ analysiert. Zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung wurde die Beweglichkeit der Großzehe (Flexion, Extension) gemessen und überprüft, ob eine Pronation des ersten Strahles oder Metatarsalgien vorlagen oder weitere Operationen an den anderen Zehen (D II bis D V) vorgenommen wurden.

Radiologische Parameter nach Karasick (1990) waren der Metatarsalindex, der Metatarsophalangealwinkel, der Intermetatarsalwinkel, die prä- und postoperative Lage der Sesambeine (1=physiologisch, 2= seitliche Verschiebung des lateralen Sesambeines um weniger als 50% seitlich der Metatarsalachse, 3= seitliche Verschiebung des lateralen Sesambeines um mehr als 50%, 4= seitliche Verschiebung des lateralen Sesambeines um mehr als 100%), die präoperative Kongruenz im Metatarsophalangealgelenk (1=kongruent, 2=inkongruent, 3=Subluxation, 4=komplette Dislokation) und die präoperative Arthrose (1=keine Arthrose, 2=geringe Gelenkspaltverschmälerung, kleine Osteophyten, 3=deutliche Gelenkspaltverschmälerung, Osteophyten, subchondrale Sklerose und Zysten, 4=kein Gelenkspalt mehr erkennbar, große Osteophyten, Sklerose und Zysten). Schließlich wurde das prozentuale Ausmaß der Grundphalanxresektion angegeben.

Variable	HMIS > 82 (sehr gut / gut) Gruppe 1a n=41	HMIS < 83 (befriedigend / schlecht) Gruppe 1b n=21	Mann-Whitney-U-Test
Alter	55,7 ± 7,7 40 – 71 Jahre	63,7 ± 8,8 46 – 78 Jahre	p=0,002
Zusätzliche Krallenzehen-Operation	16x nein 25x ja	8x nein 16x ja	p=0,944
Stationärer Aufenthalt	13,6 ± 4,0 8 – 26 Tage	13,6 ± 3,7 8 – 25 Tage	p=0,940
Schuhwerk, prä-OP	21 x normale Schuhe 17 x Einlagen 3 x Orthopädische Schuhe	13 x normale Schuhe 7 x Einlagen 1 x Orthopädische Schuhe	p=0,418
Schuhwerk, post-OP	22 x normale Schuhe 17 x Einlagen 2 x Orthopädische Schuhe	7 x normale Schuhe 11 x Einlagen 3 x Orthopädische Schuhe	p=0,091
VAS-Pain-Score, prä-OP	64,4 ± 23,4 4 – 96 Punkte	62,2 ± 32,1 0 – 98 Punkte	p=0,618
VAS-Pain-Score, post-OP	1,8 ± 5,6 0 – 26 Punkte	26,4 ± 29,1 0 – 75 Punkte	p=0,000
Schmerzfremie Gehstrecke, prä-OP	5x unbeschränkt 7x <30 min. 29x keine	6x unbeschränkt 2x <30 min. 13x keine	p=0,336
Schmerzfremie Gehstrecke, post-OP	41x unbeschränkt	13x unbeschränkt 3x <30 min. 5x keine	p=0,005
Gesamtbeweglichkeit im Großzehengrund-gelenk	56,7° ± 15,6° 30° – 105°	47,4° ± 18,2° 15° – 90°	p=0,054
Pronation	35x nein 6x ja	11x nein 10x ja	p=0,005
Metatarsalgien	36x nein 5x ja	15x nein 6x ja	p=0,113
Metatarsalindex, prä-OP	19x I>II 19x I=II 3x I<II	14x I>II 5x I=II 2x I<II	p=0,204
Metatarsalindex, post-OP	9x I>II 17x I=II 15x I<II	7x I>II 8x I=II 6x I<II	p=0,357
Metatarsophalangeal-winkel, prä-OP	35,0° ± 7,8° 22° – 55°	37,2° ± 10,4° 21° – 56°	p=0,466

Metatarsophalangealwinkel, post-OP	24,0° ± 7,7° 10° – 40°	30,1° ± 12,7° 10° – 65°	p=0,070
Intermetatarsalwinkel, prä-OP	12,8° ± 3,6° 6° – 20°	13,1° ± 3,3° 9° – 20°	P=0,911
Intermetatarsalwinkel, post-OP	10,8° ± 3,1° 3° – 17°	12,3° ± 3,4° 8° – 20°	p=0,174
Sesambeinposition, prä-OP	1x physiologisch 21x Verschiebung <50% 16x Verschiebung >50% 3x Verschiebung >100%	0x physiologisch 9x Verschiebung <50% 9x Verschiebung >50% 3x Verschiebung >100%	p=0,313
Sesambeinposition, post-OP	1x physiologisch 25x Verschiebung <50% 13x Verschiebung >50% 2x Verschiebung >100%	0x physiologisch 12x Verschiebung <50% 7x Verschiebung >50% 2x Verschiebung >100%	p=0,504
Arthrose, prä-OP	3x leichte 18x mäßige 20x schwere	5x leichte 14x mäßige 2x schwere	p=0,001
Gelenkstellung, prä-OP	3x inkongruent 26x subluxiert 12x luxiert	4x inkongruent 7x subluxiert 10x luxiert	p=0,534
Grundphalanxresektion	30,0% ± 9,3% 12% - 63%	39,1% ± 17,4% 16% - 93%	p=0,021

Tab 2: Statistische Auswertung HMIS-Score

Variable	SBS sehr gut/gut Gruppe 2a n=47	SBS befriedigend/schlecht Gruppe 2b n=15	Mann-Whitney-U-Test
Alter	57,2 ± 8,3 40 – 74 Jahre	62,3 ± 9,8 46 – 78 Jahre	p=0,112
Zusätzliche Krallenzehen-Operation	18x nein 29x ja	6x nein 9x ja	p=0,907
Stationärer Aufenthalt	13,8 ± 4,1 8 – 26 Tage	13,0 ± 3,0 8 – 17 Tage	p=0,609
Schuhwerk, prä-OP	25 x normale Schuhe 19 x Einlagen 3 x Orthopädische Schuhe	9 x normale Schuhe 5 x Einlagen 1 x Orthopädische Schuhe	P=0,682

Schuhwerk, post-OP	23 x normale Schuhe 20 x Einlagen 4 x Orthopädische Schuhe	6 x normale Schuhe 8 x Einlagen 1 x Orthopädische Schuhe	p=0,640
VAS-Pain-Score, prä-OP	66,3 ± 21,2 15 – 96 Punkte	55,5 ± 38,3 0 – 98 Punkte	p=0,724
VAS-Pain-Score, post-OP	2,9 ± 8,6 0 – 48 Punkte	32,9 ± 30,5 0 – 75 Punkte	p=0,000
Schmerzfrie Gehstrecke, prä-OP	6x unbeschränkt 8x <30 min. 33x keine	5x unbeschränkt 1x <30 min. 9x keine	p=0,274
Schmerzfrie Gehstrecke, post-OP	46x unbeschränkt 1x <30 min.	8x unbeschränkt 2x <30 min. 5x keine	p=0,000
Gesambeweglichkeit im Großzehengrund-gelenk	54,9° ± 15,3° 20° – 105°	49,3° ± 21,5° 15° – 90°	p=0,192
Pronation	36x nein 11x ja	10x nein 5x ja	p=0,448
Metatarsalgien	40x nein 7x ja	11x nein 4x ja	p=0,303
Metatarsalindex, prä-OP	21x I>II 22x I=II 4x I<II	12x I>II 2x I=II 1x I<II	p=0,300
Metatarsalindex, post-OP	10x I>II 19x I=II 18x I<II	6x I>II 6x I=II 3x I<II	p=0,109
Metatarsophalangeal-winkel, prä-OP	35,2° ± 8,2° 22° – 55°	37,2° ± 10,6° 21° – 56°	p=0,610
Metatarsophalangeal-winkel, post-OP	24,2° ± 8,3° 10° – 44°	31,4° ± 12,9° 13° – 65°	p=0,068
Intermetatarsalwinkel, prä-OP	12,8° ± 3,6° 6° – 20°	13,2° ± 3,3° 9° – 20°	p=0,817
Intermetatarsalwinkel, post-OP	10,9° ± 3,0° 3° – 17°	12,5° ± 3,8° 8° – 20°	p=0,259
Sesambeinposition, prä-OP	1x physiologisch 23x Verschiebung <50% 20x Verschiebung >50% 3x Verschiebung >100%	0x physiologisch 7x Verschiebung <50% 5x Verschiebung >50% 3x Verschiebung >100%	p=0,451

Sesambeinposition, post-OP	1x physiologisch 28x Verschiebung <50% 16x Verschiebung >50% 2x Verschiebung >100%	0x physiologisch 9x Verschiebung <50% 4x Verschiebung >50% 2x Verschiebung >100%	p=0,670
Arthrose, prä-OP	4x leichte 23x mäßige 20x schwere	4x leichte 9x mäßige 2x schwere	p=0,017
Gelenkstellung, prä-OP	5x inkongruent 28x subluxiert 14x luxiert	2x inkongruent 5x subluxiert 8x luxiert	p=0,216
Grundphalanxresektion	31,1% ± 10,9% 12% – 67%	39,1% ± 17,8% 19% – 93%	p=0,042

Tab 3: Statistische Auswertung SBS-Score

3.2 Hallux rigidus

Von den 26 Patienten war 1 Patient (3,8%) im Nachbeobachtungszeitraum verstorben, 4 Patienten (15,4%) waren unbekannt verzogen, 2 Patienten (7,7%) aufgrund anderer Erkrankungen nicht in der Lage an der Nachuntersuchung teilzunehmen.

Im Rahmen der Nachuntersuchung konnten somit 19 Patienten klinisch und radiologisch ausgewertet werden. Dies entspricht einer Nachuntersuchungsrate von 73,1%.

Das nachuntersuchte Patientenkollektiv bestand aus 12 Frauen und 7 Männern. Das Durchschnittsalter der Frauen betrug 57,3 Jahre \pm 8,2 Jahre (SD) (Min. 44 Jahre, Max. 73 Jahre), das der Männer 52,1 Jahre \pm 9,7 Jahre (SD) (Min. 43 Jahre, Max. 69 Jahre). Der Nachuntersuchungszeitraum betrug im Mittel 4,9 Jahre \pm 2,8 Jahre (SD) (Min. 25 Monate, Max. 12 Jahre).

Zur klinischen Auswertung standen die Daten von allen erfaßten 19 Patienten = 19 Vorfüße = 19 Fälle zur Verfügung.

6 mal (31,6%) wurde die linke Großzehe operiert und 13 mal (68,4%) die rechte.

Eine zusätzliche Operation an Hammer- oder Krallenzehen wurde 4 mal (21,1%) durchgeführt, in 15 Fällen (78,9%) wurde ausschließlich nach Keller-Brandes verfahren.

Präoperativ berichteten alle Patienten über Belastungsschmerz, aber auch 12 Patienten (63,2%) über Ruheschmerz im betroffenen Fuß. Postoperativ wurden 15 Fälle (78,9%) als vollständig schmerzfrei bewertet, in 3 Fällen (15,8%) bestand Belastungsschmerz und in 1 Fall (5,3%) wurden sowohl Belastungs- als auch Ruheschmerz angegeben (Abb. 32). Es ergab sich eine signifikante Verbesserung der Schmerzsituation (Wilcoxon-Test; $p < 0,01$).

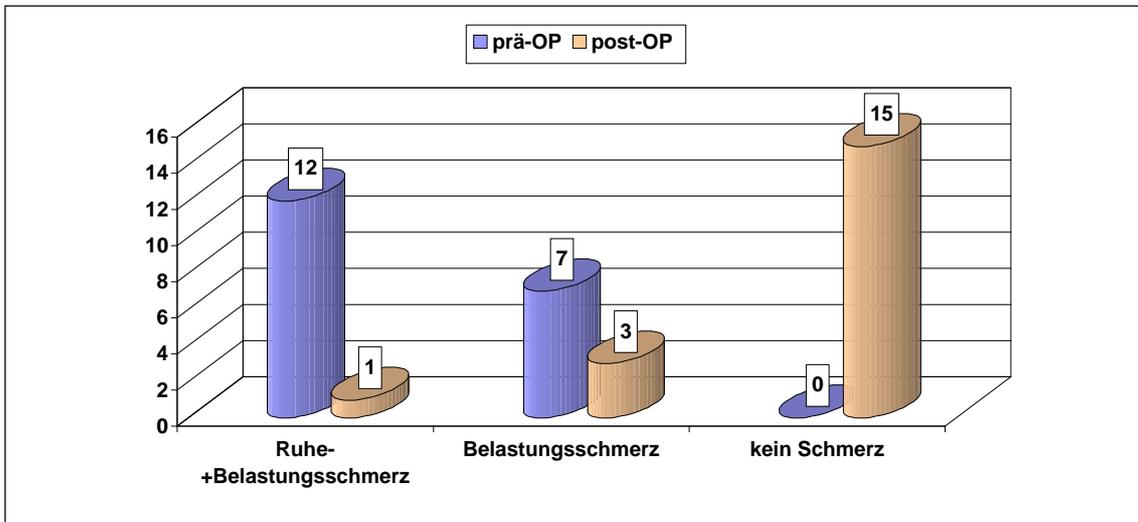


Abb. 32: Schmerzen

Einem Patienten (5,2%) war es präoperativ möglich eine unbeschränkt lange Gehstrecke schmerzfrei zurückzulegen, 4 Patienten (21,1%) gaben an, daß eine schmerzfrie Gehstrecke von bis zu 30 min möglich war und 14 Patienten (73,7%) konnten präoperativ überhaupt keine schmerzfrie Gehstrecke zurücklegen. Postoperativ waren dagegen 16 Patienten (84,2%) dauerhaft schmerzfrie, 1 Patient (5,3%) war bis zu 30 min schmerzfrie und für 2 Patienten (10,5%) war auch postoperativ keine schmerzfrie Gehstrecke möglich (Abb. 33). Die Gehstrecke zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung war gegenüber dem präoperativen Ergebnis signifikant verbessert (Wilcoxon-Test; $p < 0,01$).

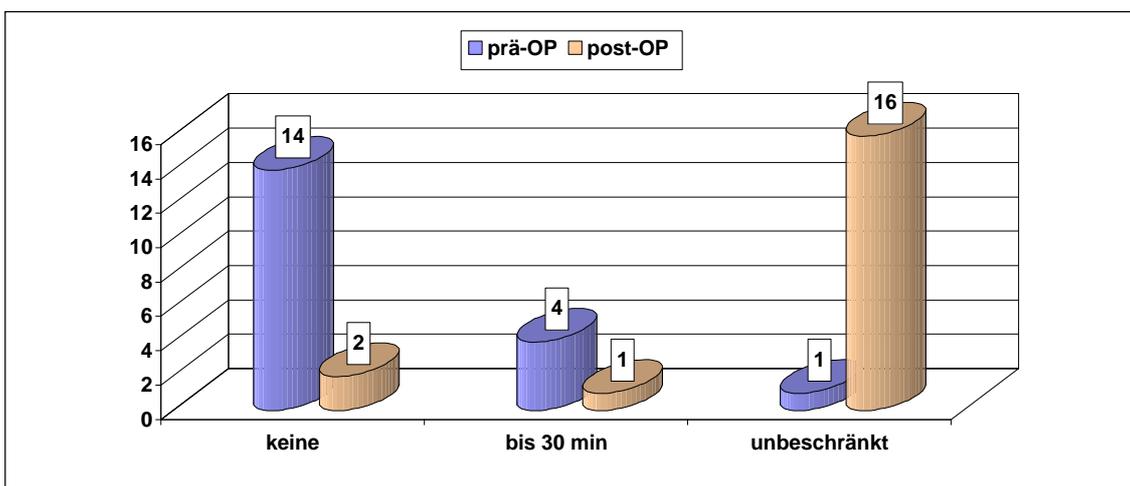


Abb. 33: Schmerzfrie Gehstrecke

94,7% aller Patienten (n=18) trugen vor der Operation Konfektionsschuhwerk, zwei (15,8%) trugen eine Spreizfußeinlage im Konfektionsschuh. In einem Fall (5,3%) war bereits vor der Operation ein orthopädischer Maßschuh angefertigt worden. Postoperativ trugen ebenfalls 18 Patienten (94,7%) Konfektionsschuhe, wobei sieben Patienten (36,8%) eine Einlagenversorgung hatten (Abb. 34). Es ergab sich keine signifikante Änderung des Schuhwerkes (Wilcoxon-Test; $p=0,07$).

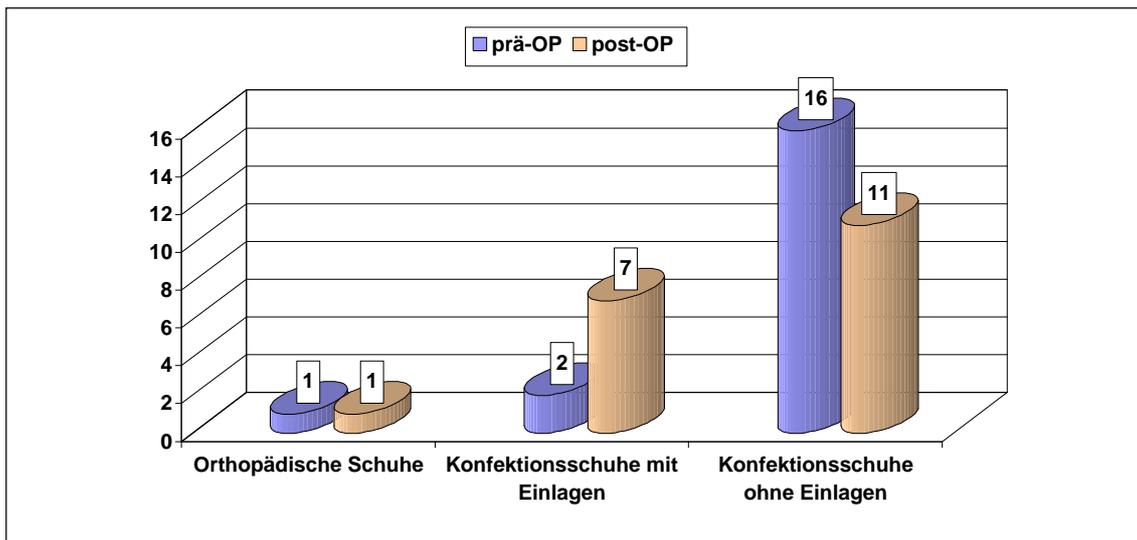


Abb. 34: Schuhwerk

Die Patienten befanden sich durchschnittlich $12,8 \text{ Tage} \pm 7,0 \text{ Tage (SD)}$ (Min. 6, Max. 38) in stationärem Aufenthalt.

Postoperativ ergab sich in der Dorsalexension des Metatarsophalangealgelenks ein Mittelwert von $15,8^\circ \pm 7,5^\circ \text{ (SD)}$ (Min. 5° , Max. 30°), für die Plantarflexion ein Mittelwert von $25,8^\circ \pm 8,9^\circ \text{ (SD)}$ (Min. 10° , Max. 40°). Die Gesamtbeweglichkeit war somit durchschnittlich $41,6^\circ \pm 13,0^\circ \text{ (SD)}$ (Min. 15° , Max. 60°).

Der postoperative VAS-Pain-Score betrug im Durchschnitt $10,1 \pm 14,4 \text{ (SD)}$ (Min. 0, Max. 40).

In fünf Fällen (26,3%) war postoperativ eine Pronation der Großzehe zu beobachten, in 14 Fällen (73,7%) zeigte sich die Großzehe in regelgerechter Stellung (Abb. 35).

Das Quergewölbe war in 17 Fällen (89,5%) abgeflacht, in zwei (10,5%) noch intakt (Abb. 35).

In sieben Fällen (36,8%) wurde eine deutliche Beschwielung unter den Metatarsophalangealgelenken festgestellt, in zwölf Fällen (63,2%) waren keine Schwielen vorhanden (Abb. 35).

In vier Fällen (21,1%) gaben die Patienten Metatarsalgien an, in 15 Fällen (78,9%) waren sie nicht vorhanden (Abb. 35).

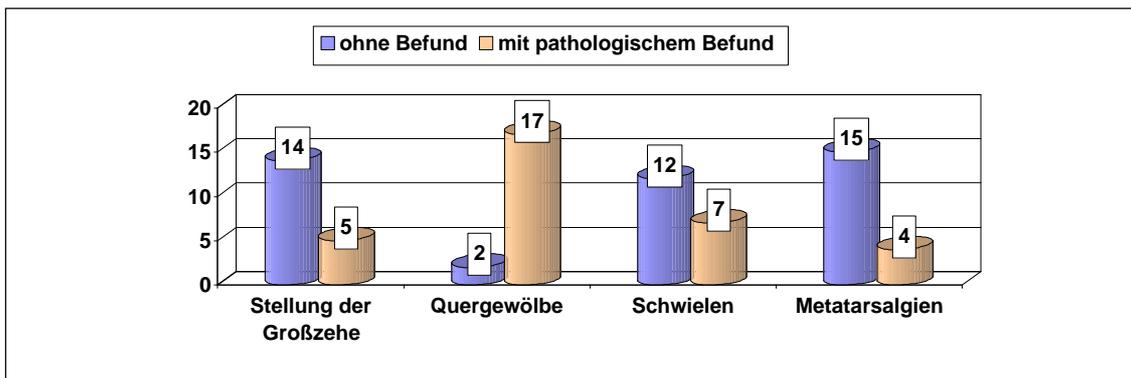


Abb. 35: Postoperative Untersuchungsbefunde beim Hallux rigidus

Durchblutung und Sensibilität waren postoperativ in allen Fällen intakt.

Im Rahmen der postoperativen Nachuntersuchung wurden sämtliche Narben als reizlos bewertet.

In der postoperativen Nachsorge wurde in 14 Fällen (73,7%) keine Hallux-Nachtschiene verordnet, in 3 Fällen (15,8%) bis zu sechs Monaten und in 2 Fällen (10,5%) länger als sechs Monate (Abb. 36).

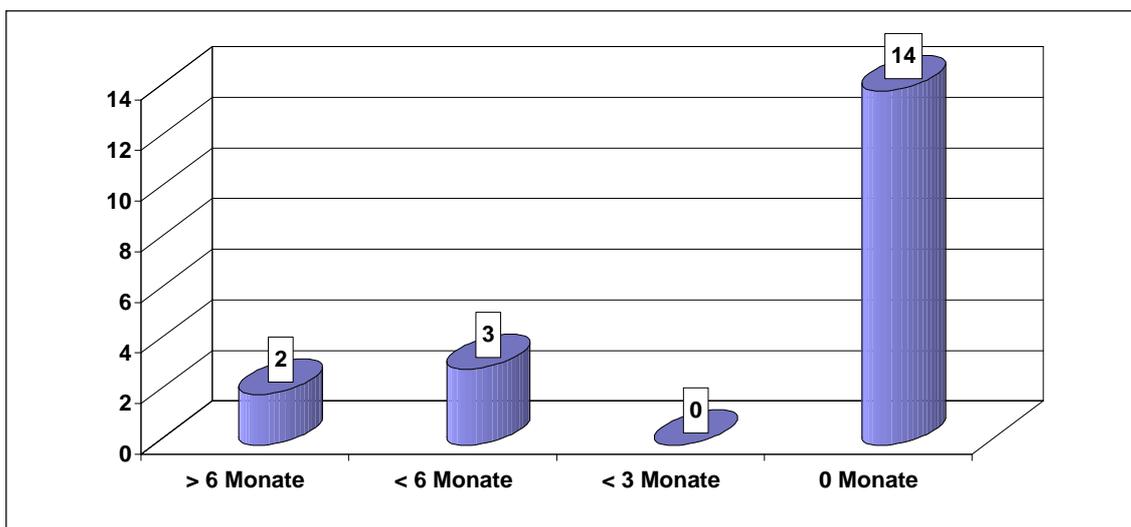


Abb. 36: Hallux-Nachtschiene

Nach dem HMIS-Score wurden 12 FüÙe (63,2%) als sehr gut (100-93 Punkte) oder gut (92-83) bewertet, 2 FüÙe (10,5%) wurden befriedigend (82-66) und 5 FüÙe (26,3%) als schlecht (<66 Punkte) beurteilt (Abb. 37). Die durchschnittliche Punktzahl betrug 80,5 Punkte \pm 19,1 Punkte (SD) (Min. 35, Max. 95).

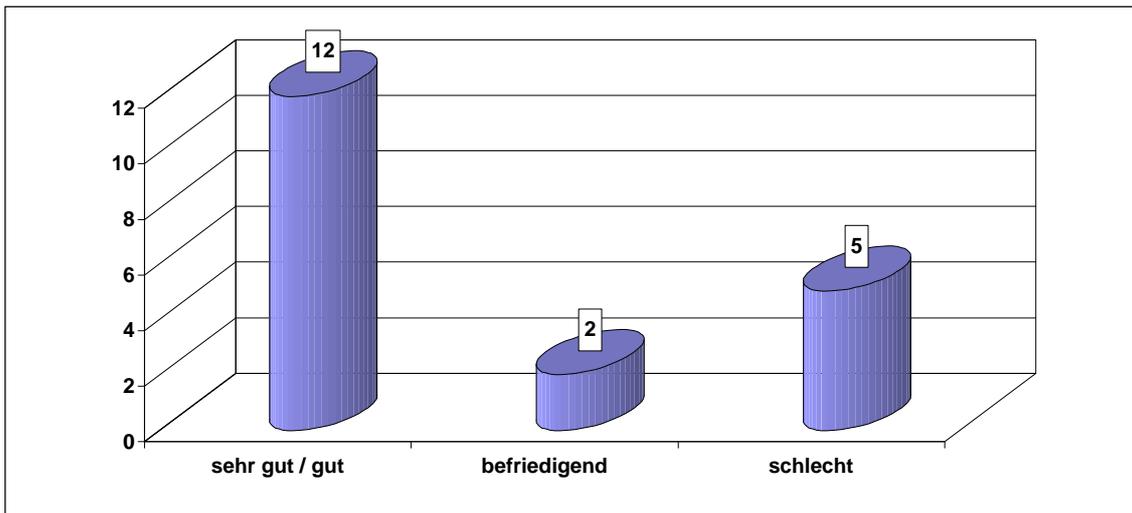


Abb. 37: HMIS-Score

Entsprechend dem Score nach Bonney (Zembsch 1999) waren subjektiv 15 FüÙe (78,9%) sehr gut oder gut, 2 befriedigend (10,5%) und 2 (10,5%) schlecht beschrieben worden. Objektiv wurden 18 FüÙe (94,7%) sehr gut oder gut, einer (5,3%) befriedigend und keiner schlecht beurteilt (Abb. 38).

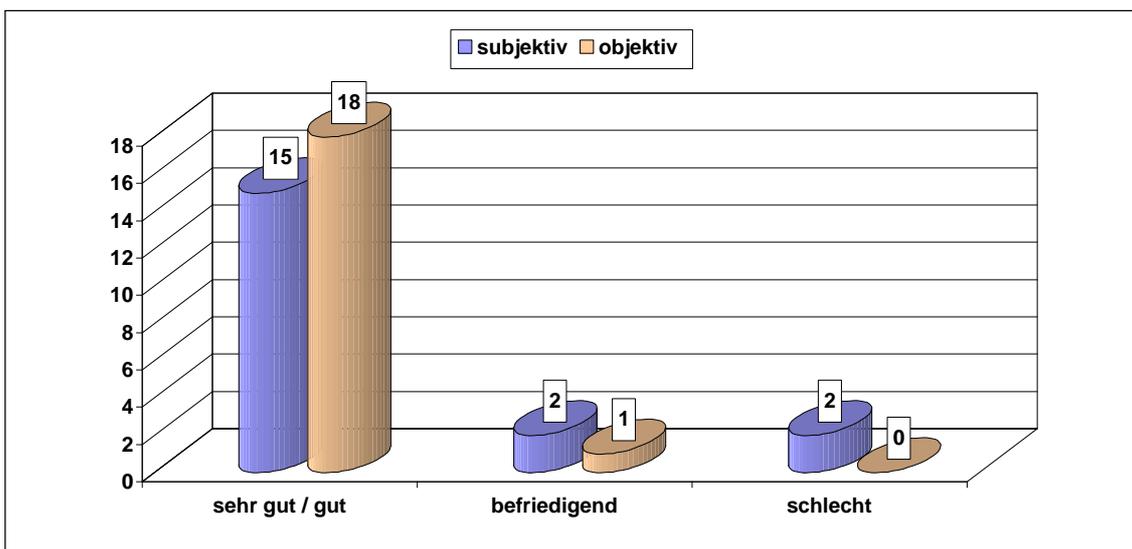


Abb. 38: Score n. Bonney

Die Patienten wurden gefragt, ob Ihre Erwartungen an die Behandlung erfüllt wurden. In 12 Fällen (63,2%) wurden die Erwartungen der Patienten an die Behandlung sehr gut

erfüllt, in 2 (10,5%) gut und in 5 Fällen (26,3%) wurden die Erwartungen eher nicht erfüllt (Abb. 39).

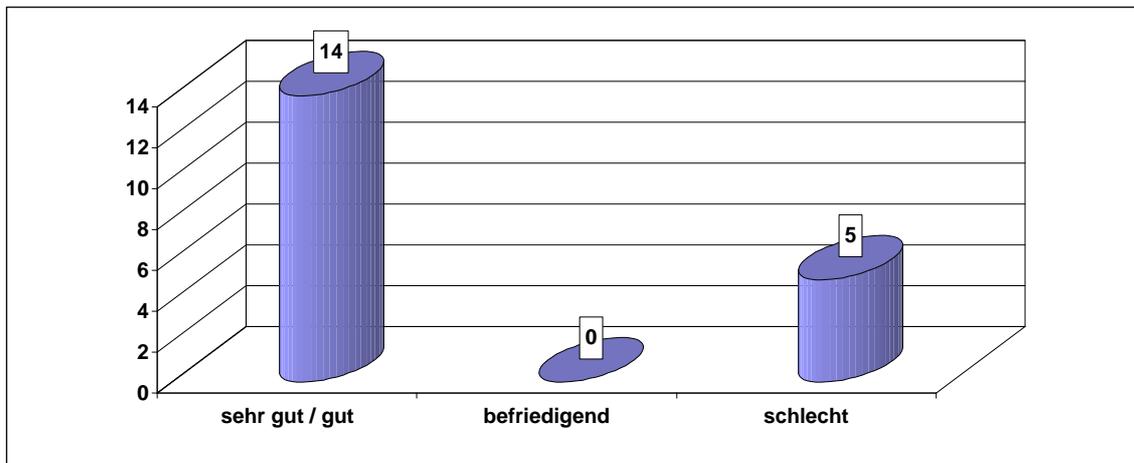


Abb. 39: Erfüllung der Erwartungen

Abschließend werden die vier unterschiedlichen Bewertungen in einem Diagramm dargestellt (Abb. 40).

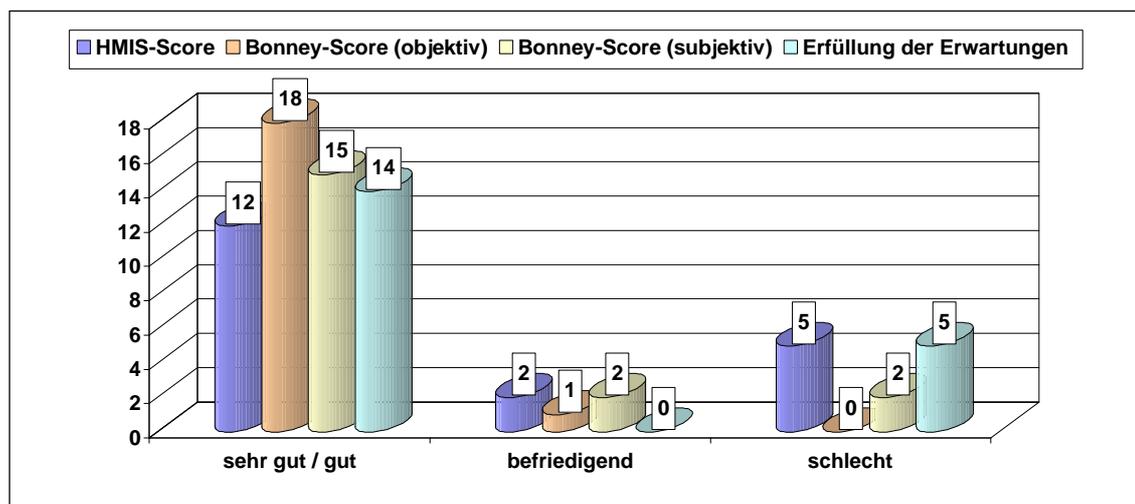


Abb. 40: Vergleich der Bewertungen

Zur radiologischen Auswertung standen postoperativ die Röntgenbilder aller erfassten 19 Patienten zur Verfügung. Nur von 16 Vorfüßen lagen die präoperativen Röntgenbilder vor. Aus methodischen Gründen werden daher nur die 16 vollständig auswertbaren Vorfüße zur Beurteilung herangezogen.

Der Metatarsophalangealwinkel I (MTPW) betrug präoperativ im Mittel $19,1^\circ \pm 3,2^\circ$ (SD) (Min. 13° , Max. 25°). Zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung wurde der MTPW im Mittel mit $8,4^\circ \pm 5,8^\circ$ (SD) (Min. 0° , Max. 20°) gemessen (Abb. 41). Insgesamt ergab sich somit eine Verminderung des MTPW im Mittel um $10,7^\circ$, die statistisch signifikant war (Wilcoxon-Test; $p < 0,01$). Bei allen 16 Patienten war der MTPW zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung vermindert.

Der Intermetatarsalwinkel I (IMTW) betrug präoperativ im Mittel $8,8^\circ \pm 2,5^\circ$ (SD) (Min. 4° , Max. 13°). Zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung wurde der IMTW im Mittel mit $7,9^\circ \pm 1,9^\circ$ (SD) (Min. 4° , Max. 11°) gemessen (Abb. 41). Insgesamt ergab sich somit eine Verminderung des IMTW im Mittel um $0,9^\circ$, die statistisch nicht signifikant war (Wilcoxon-Test; $p = 0,07$). Bei 8 Patienten war der IMTW zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung im Mittel um $2,1^\circ$ gegen den präoperativen Ausgangswert vermindert. Bei 6 Patienten war er unverändert und bei 2 Patienten ergab die postoperative Messung eine Zunahme von im Mittel $2,0^\circ$.

Der distale Gelenkflächenwinkel I (DGFW) betrug präoperativ im Mittel $5,1^\circ \pm 6,4^\circ$ (SD) (Min. 0° , Max. 16°). Zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung wurde der DGFW im Mittel mit $4,5^\circ \pm 5,6^\circ$ (SD) (Min. 0° , Max. 16°) gemessen (Abb. 41). Insgesamt ergab sich somit eine Verminderung des DGFW im Mittel um $0,6^\circ$, die statistisch nicht signifikant war (Wilcoxon-Test; $p = 0,61$). Bei 4 Patienten war der DGFW zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung im Mittel um $5,8^\circ$ gegen den präoperativen Ausgangswert vermindert. Bei 9 Patienten war er unverändert und bei 3 Patienten ergab die postoperative Messung eine Zunahme von im Mittel $4,7^\circ$.

Der Tarso-Metatarsale-I-Winkel (TMTW) betrug präoperativ im Mittel $92^\circ \pm 4,1^\circ$ (SD) (Min. 84° , Max. 99°). Zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung wurde der TMTW im Mittel mit $87,9^\circ \pm 4,3^\circ$ (SD) (Min. 76° , Max. 94°) gemessen (Abb. 41). Insgesamt ergab sich somit eine Verminderung des TMTW im Mittel um $4,1^\circ$, die statistisch signifikant war (Wilcoxon-Test; $p < 0,01$). Bei 11 Patienten war der TMTW zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung im Mittel um $5,9^\circ$ gegen den präoperativen Ausgangswert vermindert und bei 5 Patienten war er unverändert.

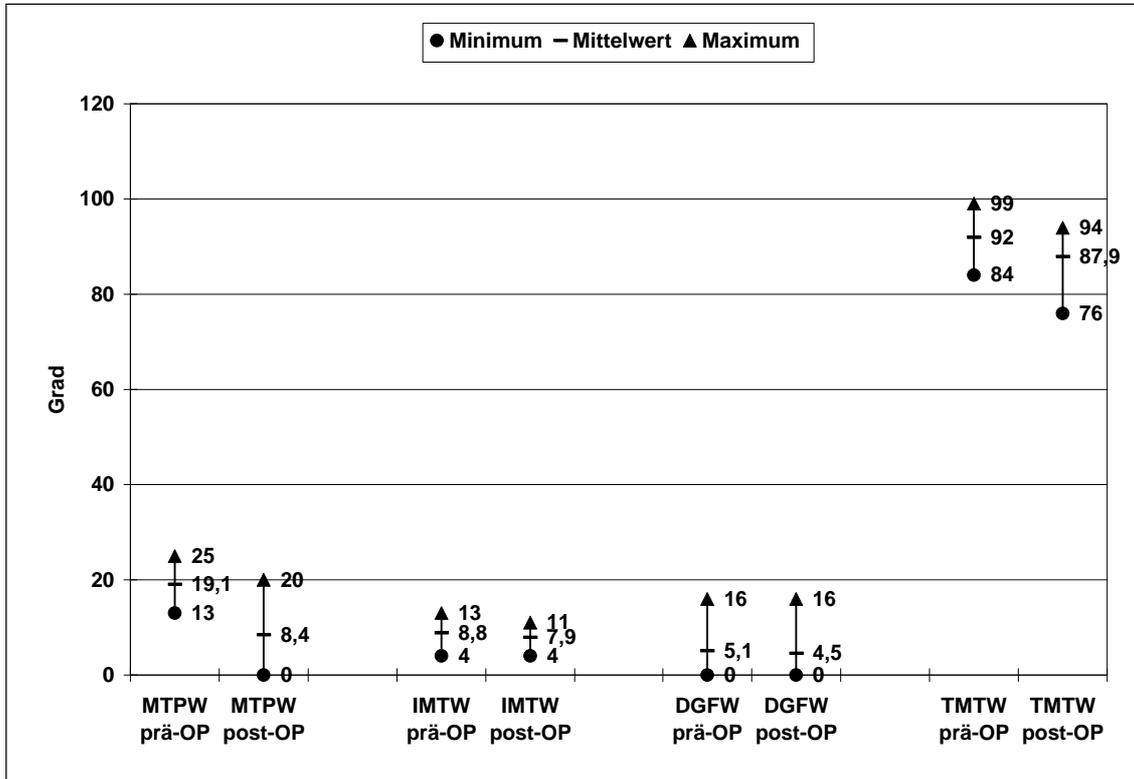


Abb. 41: Bestimmung der Vorfußwinkel präoperativ (prä-OP) und zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung (post-OP).

MTPW=Metatarsophalangealwinkel

IMTW=Intermetatarsalwinkel

DGFW=Distaler Gelenkflächenwinkel

TMTW=Tarso-Metatarsale-I-Winkel

Präoperativ betrug die durchschnittliche Länge der I. Phalanx $28,8 \text{ mm} \pm 1,9 \text{ mm}$ (SD) (Min. 25 mm, Max. 32 mm), postoperativ betrug sie $21,3 \text{ mm} \pm 2,8 \text{ mm}$ (SD) (Min. 15 mm, Max. 26 mm) (Abb. 42). Daraus ergibt sich eine durchschnittliche Verkürzung der I. Phalanx um $7,5 \text{ mm} \pm 1,6 \text{ mm}$ (SD) (Min. 5 mm, Max. 10 mm), was einer Verkürzung um $26\% \pm 5,6\%$ (SD) (Min. 17%, Max. 40%) entspricht.

Die Größe der Exostose am Metatarsale-I-Köpfchen betrug präoperativ im Mittel $25,4 \text{ mm} \pm 1,9 \text{ mm}$ (SD) (Min. 22 mm, Max. 30 mm) und postoperativ $22,1 \text{ mm} \pm 1,8 \text{ mm}$ (SD) (Min. 19 mm, Max. 25 mm) (Abb. 42). Daraus ergibt sich eine durchschnittliche Resektion um $3,3 \text{ mm} \pm 1,1 \text{ mm}$ (SD) (Min. 2 mm, Max. 6 mm), was einer Verringerung von $13\% \pm 4,3\%$ (SD) (Min. 7%, Max. 23%) entspricht.

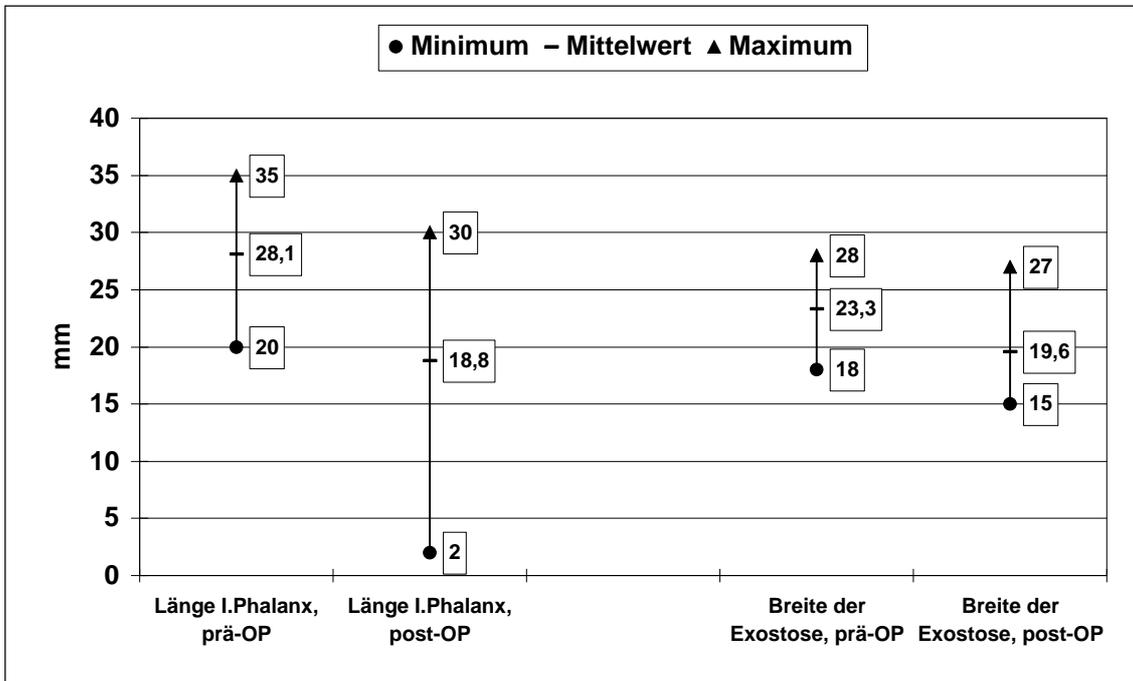


Abb. 42: Bestimmung der Länge der I. Phalanx und der Breite der Exostose präoperativ (prä-OP) und zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung (post-OP).

Präoperativ war bei acht Füßen (42,1%) das Metatarsale I länger als das Metatarsale II, in sieben Fällen (36,8%) waren beide Metatarsalia gleich lang und bei einem Fuß (8,1%) war das Metatarsale II länger als das Metatarsale I. Postoperativ war in zwei Fällen (12,5%) das Metatarsale I länger als das Metatarsale II, bei zehn Füßen (62,5%) waren beide Metatarsalia gleich lang und bei vier Füßen (25%) war das Metatarsale II länger (Abb. 43). Siebenmal blieb das Verhältnis zwischen beiden Metatarsalia gleich und neunmal war das Metatarsale I relativ zum Metatarsale II verkürzt. Die Veränderungen sind statistisch signifikant (Wilcoxon-Test; $p < 0,01$).

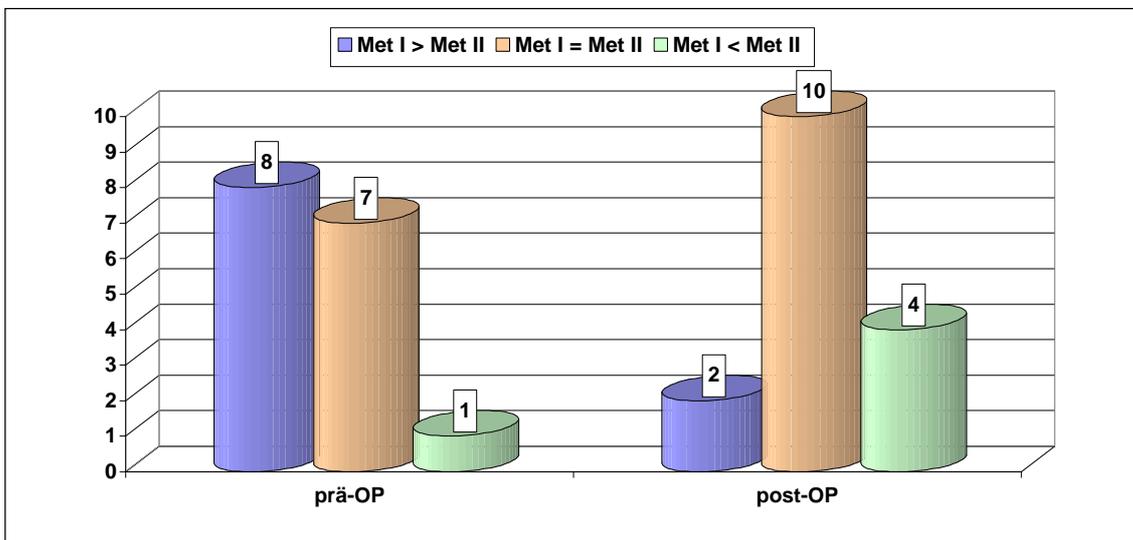


Abb. 43: Metatarsalindex

Präoperativ ergab sich aus den Röntgenbildern in allen 16 Fällen (100%) eine starke Arthrose im Metatarsophalangealgelenk. Postoperativ konnte das Großzehengrundgelenk aufgrund der Gelenkresektion bezüglich einer Arthrose nicht mehr beurteilt werden.

Präoperativ ergab sich aus den Röntgenbildern in jeweils 8 Fällen (50%) eine leichte bzw. keine Dislokation der Sesambeine. Postoperativ fand sich in 9 Fällen (56,3%) eine leichte und in 7 Fällen (43,7%) keine Dislokation. Einmal wurde der Grad der Dislokation geringer, 13 mal blieb er gleich und in 2 Fällen nahm er zu (Abb. 44). Die Veränderungen sind statistisch nicht signifikant (Wilcoxon-Test; $p=0,56$).

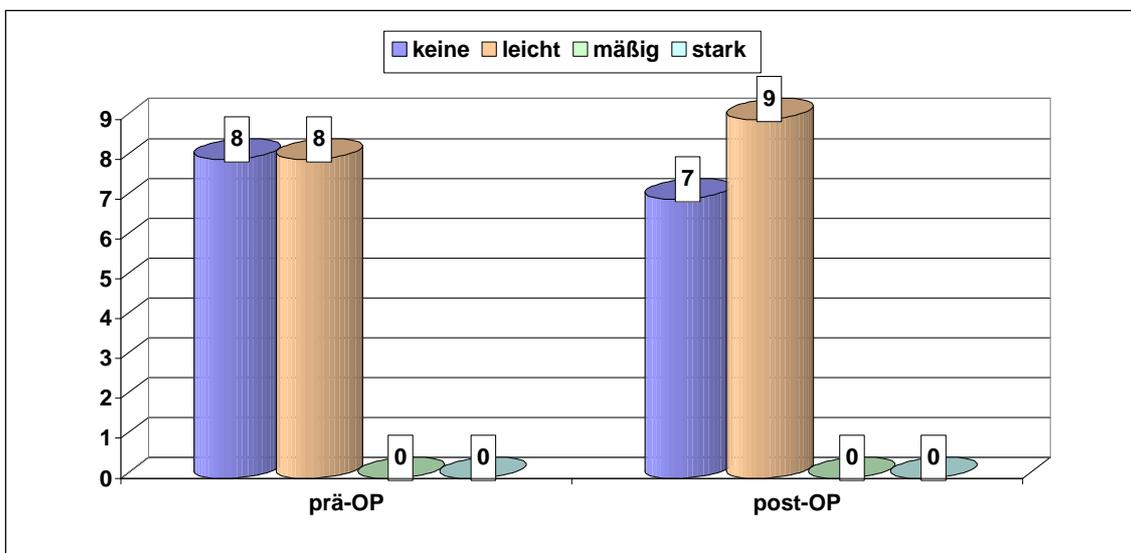


Abb. 44: Dislokation der Sesambeine

Bei der Stellung im Metatarsophalangealgelenk ergab sich präoperativ aus den Röntgenbildern in 5 Fällen (31,2%) ein inkongruentes Gelenk und in 11 Fällen (68,8%) ein kongruentes Gelenk (Abb. 45). Die postoperative Gelenkstellung war nach der Gelenkresektion nicht mehr zu klassifizieren.

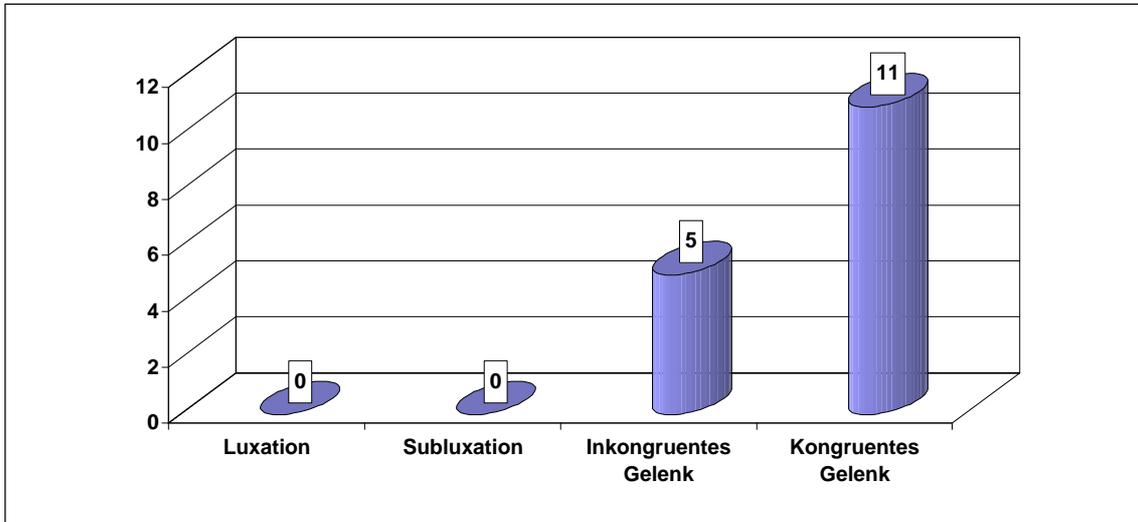


Abb. 45: Gelenkstellung im Metatarsophalangealgelenk, prä-OP

Das Interphalangealgelenk war präoperativ in jedem Fall unauffällig und postoperativ in drei Fällen (18,8%) gering arthrotisch verändert.

Aus den bisher genannten Ergebnissen konnten beim Hallux rigidus mit Hilfe zweier Bewertungsschemata, dem HMIS-Score (Tab. 4) und dem SBS-Score (Tab. 5), die Daten weiterverarbeitet werden.

Variable	HMIS > 82 (sehr gut / gut) Gruppe 1a n=9	HMIS < 83 (befriedigend / schlecht) Gruppe 1b n=7	Mann-Whitney-U-Test
Alter	58,6 ± 9,8 44 – 73 Jahre	54,4 ± 7,2 43 – 64 Jahre	p=0,490
Zusätzliche Krallenzehen-Operation	6x nein 3x ja	7x nein 0x ja	p=0,101
Stationärer Aufenthalt	12,7 ± 3,8 6 – 19 Tage	14,1 ± 10,7 7 – 38 Tage	p=0,424
Schuhwerk, prä-OP	8 x normale Schuhe 1 x Einlagen 0 x Orthopädische Schuhe	4 x normale Schuhe 2 x Einlagen 1 x Orthopädische Schuhe	p=0,142
Schuhwerk, post-OP	7 x normale Schuhe 2 x Einlagen 0 x Orthopädische Schuhe	1 x normale Schuhe 5 x Einlagen 1 x Orthopädische Schuhe	p=0,013

VAS-Pain-Score, prä-OP	63,4 ± 14,8 40 – 85 Punkte	57,7 ± 18,7 36 – 84 Punkte	p=0,596
VAS-Pain-Score, post-OP	0 0 Punkte	25,1 ± 13,2 0 – 40 Punkte	p=0,001
Schmerzfremie Gehstrecke, prä-OP	0x unbeschränkt 3x <30 min. 6x keine	1x unbeschränkt 1x <30 min. 5x keine	p=1,000
Schmerzfremie Gehstrecke, post-OP	9x unbeschränkt	4x unbeschränkt 1x <30 min. 2x keine	p=0,036
Gesamtbeweglichkeit im Großzehengrund-gelenk	42,2° ± 13,3° 20° – 60°	36,4° ± 13,1° 15° – 50°	p=0,384
Pronation	8x nein 1x ja	3x nein 4x ja	p=0,056
Metatarsalgien	9x nein 0x ja	3x nein 4x ja	p=0,011
Metatarsalindex, prä-OP	5x I>II 3x I=II 1x I<II	3x I>II 4x I=II 0x I<II	P=0,812
Metatarsalindex, post-OP	1x I>II 5x I=II 3x I<II	1x I>II 5x I=II 1x I<II	p=0,461
Metatarsophalangeal-winkel, prä-OP	19,4° ± 2,7° 17° – 25°	18,7° ± 4,0° 13° – 24°	p=0,592
Metatarsophalangeal-winkel, post-OP	8,9° ± 6,6° 0° – 20°	7,9° ± 5,0° 0° – 14°	p=0,669
Intermetatarsalwinkel, prä-OP	10° ± 1,6° 8° – 13°	7,1° ± 2,6° 4° – 11°	p=0,032
Intermetatarsalwinkel, post-OP	8,9° ± 1,4° 7° – 11°	6,7° ± 1,9° 4° – 9°	p=0,028
Sesambeinposition, prä-OP	3x physiologisch 6x Verschiebung <50%	5x physiologisch 2x Verschiebung <50%	p=0,143
Sesambeinposition, post-OP	3x physiologisch 6x Verschiebung <50%	4x physiologisch 3x Verschiebung <50%	p=0,356
Arthrose, prä-OP	9x schwere	7x schwere	p=1,000
Gelenkstellung, prä-OP	7x kongruent 2x inkongruent	4x kongruent 3x inkongruent	p=0,392
Grundphalanxresektion	26,8% ± 7,4% 17% - 40%	25,2% ± 5,5% 17% - 30%	p=0,624

Tab 4: Statistische Auswertung HMIS-Score

Variable	SBS sehr gut/gut Gruppe 2a n=11	SBS befriedigend/schlecht Gruppe 2b n=5	Mann-Whitney-U-Test
Alter	56,6 ± 10,0 43 – 73 Jahre	57,0 ± 6,1 48 – 64 Jahre	p=0,776
Zusätzliche Krallenzehen-Operation	8x nein 3x ja	5x nein	p=0,210
Stationärer Aufenthalt	12,2 ± 3,6 6 – 19 Tage	15,6 ± 12,7 7 – 38 Tage	p=0,732
Schuhwerk, prä-OP	9 x normale Schuhe 2 x Einlagen 0 x Orthopädische Schuhe	3 x normale Schuhe 1 x Einlagen 1 x Orthopädische Schuhe	p=0,295
Schuhwerk, post-OP	7 x normale Schuhe 4 x Einlagen 0 x Orthopädische Schuhe	1 x normale Schuhe 3 x Einlagen 1 x Orthopädische Schuhe	p=0,075
VAS-Pain-Score, prä-OP	62,4 ± 16,6 36 – 85 Punkte	57,8 ± 17,2 40 – 84 Punkte	p=0,820
VAS-Pain-Score, post-OP	2,3 ± 7,6 0 – 25 Punkte	30,2 ± 8,4 20 – 40 Punkte	p=0,001
Schmerzfremie Gehstrecke, prä-OP	1x unbeschränkt 3x <30 min. 7x keine	0x unbeschränkt 1x <30 min. 4x keine	p=0,486
Schmerzfremie Gehstrecke, post-OP	11x unbeschränkt	2x unbeschränkt 1x <30 min. 2x keine	p=0,006
Gesamtbeweglichkeit im Großzehengrundgelenk	39,6° ± 13,3° 20° – 60°	40,0° ± 14,1° 15° – 50°	p=0,954
Pronation	9x nein 2x ja	2x nein 3x ja	p=0,105
Metatarsalgien	10x nein 1x ja	2x nein 3x ja	p=0,035
Metatarsalindex, prä-OP	6x I>II 4x I=II 1x I<II	2x I>II 3x I=II 0x I<II	P=0,751
Metatarsalindex, post-OP	2x I>II 6x I=II 3x I<II	0x I>II 4x I=II 1x I<II	p=0,792

Metatarsophalangeal- winkel, prä-OP	19,0° ± 2,6° 16° – 25°	19,4° ± 4,7° 13° – 24°	p=0,774
Metatarsophalangeal- winkel, post-OP	8,6° ± 6,7° 0° – 20°	8,2° ± 3,6° 5° – 12°	p=0,647
Intermetatarsalwinkel, prä- OP	9,7° ± 1,7° 7° – 13°	6,6° ± 2,7° 4° – 11°	p=0,039
Intermetatarsalwinkel, post-OP	8,6° ± 1,4° 7° – 11°	6,6° ± 2,3° 4° – 9°	p=0,121
Sesambeinposition, prä-OP	5x physiologisch 6x Verschiebung <50%	3x physiologisch 2x Verschiebung <50%	p=0,602
Sesambeinposition, post- OP	5x physiologisch 6x Verschiebung <50%	2x physiologisch 3x Verschiebung <50%	p=0,844
Arthrose, prä-OP	11x schwere	5x schwere	p=1,000
Gelenkstellung, prä-OP	8x kongruent 3x inkongruent	3x kongruent 2x inkongruent	p=0,622
Grundphalanxresektion	27,5% ± 6,7% 17% - 40%	23,4% ± 5,5% 17% - 30%	p=0,624

Tab 5: Statistische Auswertung SBS-Score

4. Diskussion

92 Patienten, die aufgrund eines Hallux valgus, und 26 Patienten, die aufgrund eines Hallux rigidus mit der Resektionsarthroplastik nach Keller-Brandes operiert wurden, konnten ermittelt und angeschrieben werden. Aus diesen beiden Gruppen wurden bei 69 Patienten mit 80 operierten Füßen (Hallux valgus) und bei 19 Patienten mit 19 operierten Füßen (Hallux rigidus) Nachuntersuchungen durchgeführt. Damit lag der Anteil der postoperativ erhobenen Daten im Vergleich zur Gesamtzahl der operierten Patienten mit 75% bzw. 73% im Bereich anderer Veröffentlichungen (Kleinod 1990: 79,7%, Zemsch 2000: 69,4%, Toma 1994: 66,5%).

In dem hier betrachteten Krankengut der Hallux valgus- und Hallux rigidus-Patienten waren bei etwa 7% der Fälle postoperative Komplikationen zu verzeichnen, und zwar vornehmlich als Wunddehiszenzen oder Thrombophlebitiden. Glückert (1984) beschrieb eine Komplikationsrate von 13,6% und Stengel (1986) von 10,7%.

4.1 Hallux valgus

Die Operationen wegen eines Hallux valgus wurden bei den im Klinikum Großhadern behandelten Patienten in 84% als einseitiger und in 16% als beidseitiger Eingriff vorgenommen. Leonhardt (1990) zeigte ein ausgewogeneres Verhältnis (54,3% einseitige und 45,7% beidseitige Operationen). Hingegen wurden bei Axt (1993) mit 27,6% einseitigen und mit 72,4% beidseitigen Operationen und bei Willkommen (1979) mit 37,5% einseitigen und mit 62,5% beidseitigen Operationen vermehrt beidseitige Eingriffe durchgeführt. Bei der Untersuchung von Stengel (1986) überwog die beidseitige Operation (83,6%) noch deutlicher.

Die Geschlechterverteilung der Männer gegenüber den Frauen bei dem hier untersuchten Patientengut betrug 1 : 7,7. Leonhardt (1990) mit 1 : 4 und Kropelj (1990) mit 1 : 5 berichteten ebenfalls von einem Überwiegen der weiblichen Patienten. Einen weitaus größeren Unterschied stellten Stengel (1986) mit 1 : 21 und Burckhardt (1991) mit 1 : 16 fest.

Die Nachuntersuchung im Klinikum Großhadern erfolgte 2-14 Jahre nach dem operativen Eingriff, im Mittel nach 7,9 Jahren. Ebenfalls mittelfristige Erhebungen zeigten die Studien von Glückert (1984) (6,3 Jahre), Stengel (1986) (4,8 Jahre), Leonhardt (1990) (4,6 Jahre) und Vitek (1989) (8,5 Jahre). Frühergebnisse wurden von

Kropej (1990) nach 1,3 Jahren erhoben. Spätergebnisse lieferten die Untersuchungen von Radke (1976) mit 16 Jahren oder Zollinger (1990) mit 17 Jahren.

Das Durchschnittsalter der in unserer Klinik behandelten Patienten lag bei 57,8 Jahren. Ähnliche Angaben wurden von Kropej (1990) (52 Jahre) und Glückert (1984) (52,2 Jahre) gemacht.

Die stationäre Aufenthaltsdauer in der Orthopädischen Klinik der Universität München belief sich im Mittel auf 13,5 Tage. Eine vergleichbare Dauer gab Leonhardt (1990) mit 14 Tagen an. Stengel (1986) nannte eine deutlich längere Aufenthaltsdauer von 20,4 Tagen. Willkommen (1979) berichtete über einen mittleren postoperativen stationären Aufenthalt von 18 Tagen.

Die Beschwerden durch einen Hallux valgus traten bei unserem Patientengut in Form von Ruhe- und Belastungsschmerzen (53,8%) oder ausschließlich als Belastungsschmerzen (46,2%) auf, die im Bereich der Schwielen als Spreizfußbeschwerden oder als Schmerzen durch eine Bursitis charakterisiert wurden. In den Untersuchungen von Leonhardt (1990) wurden ebenfalls in 95% der Fälle Schmerzen als Hauptgrund der Operation angegeben.

Die Operationen zur Behandlung eines Hallux valgus wurden nach der Originalmethode nach Keller-Brandes durchgeführt. Rebmann (1984) und Leonhardt (1990) berichteten ebenfalls über die Anwendung der Originalmethode; mehrere Autoren beschrieben Modifikationen der Operation. So wurde beispielsweise bei Burckhardt (1991) eine zusätzliche Cerclage fibreuse durchgeführt. Darunter ist die laterale Fixierung des Metatarsale-I-Köpfchens durch Weichteile zu verstehen (Kropej 1990, LeLievre 1967). In der Studie von Kropej (1990) erfolgte eine Ergänzung der Operation durch das Einschlagen eines gestielten Weichteillappens in die Resektionstasche.

Neben der Resektionsarthroplastik nach Keller-Brandes wurden im Klinikum Großhadern bei der Diagnose Hallux valgus zusätzlich 45 Operationen aufgrund von Hammer- oder Krallenzehen vorgenommen (58%). Stengel (1986) beschrieb einen geringeren Anteil zusätzlicher Hammer- oder Krallenzehenoperationen (36,4%). Höhere Prozentangaben erwähnten Rebmann (1984) mit 77,4% und Vitek (1989) mit 67%. Die zuletztgenannten berichteten in fast allen Fällen über einen Metatarsalindex-Minus bei gleichzeitig diagnostizierten sekundären Hammer- oder Krallenzehen; es wurden jedoch keine konkreten Zahlen aufgeführt. In unserem Patientengut konnte bei der Überprüfung des Zusammentreffens zwischen Hammer- oder Krallenzehen und dem

dazugehörigen Metatarsalindex kein Überwiegen des Minus-Index (7,9%) festgestellt werden.

Das Resektionsausmaß bei unseren Operationen betrug hinsichtlich der Grundphalanxlänge in 58,8% der Fälle ca. 1/2, in 38,7% ca. 1/3 und in 2,5% ca. 2/3. Willkommen (1979) zeigte eine ähnliche Verteilung des Resektionsausmaßes, wobei ebenfalls die 1/2-Resektion (57%) am häufigsten vertreten war. In den Untersuchungen von Zollinger (1990) überwog dagegen die 2/3-Resektion (59%). Bei dem von Axt (1993) untersuchten Patientengut wurden die einzelnen Resektionsausmaße bei den Operationen in etwa gleich oft vorgenommen, wobei die 1/3-Resektion leicht überwog. Eine Ruhigstellung des operierten Fußes erfolgte bei uns für 7-10 Tage durch einen Verband. Kropiej (1990) berichtete ebenfalls von der Verwendung eines Vorfußverbandes. Demgegenüber erfolgte die Ruhigstellung im Gips bei Rebmann (1984) für 18 Tage und bei Stengel (1986) für 10 Tage. Radke (1976) und Zollinger (1990) empfahlen eine Drahtfixation der Großzehe für 10 Tage. An die Entfernung der Hautfäden schlossen sich in dem hier betrachteten Patientengut Bewegungsübungen der Zehen und regelmäßig eine Versorgung mit Einlagen an. Zollinger (1990) und Stengel (1986) führten eine vergleichbare Nachbehandlung durch.

Der durchschnittliche präoperative Metatarsophalangealwinkel bei unserem Patientengut betrug 35,7°, wobei die Winkel über 30° mit 66% am häufigsten vertreten waren. Die Durchschnittswerte der Vergleichsuntersuchungen wiesen ähnliche Angaben auf (Axt 1993: 39,5°, Burckhardt 1991: 34°, Stengel 1986: 32,1°). Die Werte lagen bei Willkommen (1979) mit 89,8% ebenfalls überwiegend über 30°. Reiter (1961) fand ähnliche Ergebnisse (88% der Hallux-valgus-Winkel über 30°). Weber (1975) gab in seinen Untersuchungen nur in 44,4% der Fälle einen Hallux-valgus-Winkel über 30° an, was auf das Vorliegen von Befunden junger Patienten zurückzuführen sein könnte. Der Hallux-valgus-Winkel war hier selten sehr schwer pathologisch.

Der durchschnittliche Intermetatarsalwinkel (12,9°) unserer Patienten konnte durch Studien von Axt (1993) (12,9°) und Stengel (1986) (12,5°) bestätigt werden. Burkhardt (1991) führte dagegen einen höheren Intermetatarsalwinkel an (15°).

Anhand der hier untersuchten Röntgenbilder der Hallux valgus Patienten wurde präoperativ in 13% der Fälle der Arthrosegrad I des Großzehengrundgelenks, in 52% der Grad II und in 35% der Grad III ermittelt. Die von Anderl (1991) mit Hilfe der Röntgenbilder beurteilten Zustände der Gelenke zeigten ein anderes Verhältnis: Grad I: 31%, Grad II: 41% und Grad III: 22%.

In unserem Patientengut waren in 53% der Fälle ein Metatarsale-Plus-Index, in 39% ein Plus-Minus-Index und in 8% ein Minus-Index des Metatarsale I zu erkennen. Anderl (1991) bestätigte dieses Verhältnis. In seinen Untersuchungen überwog leicht der Anteil der Füße mit dem Plus-Index (46%). In einer Studie von Nilsonne (1930) wurde sehr oft der Index-Plus (88,4%) gefunden.

Nach der Operation nach Keller-Brandes konnte bei unseren Patienten eine Änderung der Metatarsophalangealwinkel von durchschnittlich $35,7^\circ$ präoperativ auf $26,0^\circ$ postoperativ ermittelt werden. Dies entsprach einer Differenz von $9,7^\circ$. Das Ergebnis war nicht in Übereinstimmung mit den Aussagen anderer Autoren. Burckhardt (1991), Glückert (1984) und Weber (1975) stellten aufgrund der Operation eine Änderung des Winkels von 16° bzw. 17° fest. Ihre präoperativen und demzufolge auch die postoperativen Winkelangaben zeigen kleinere Werte, wie zum Beispiel bei Glückert (1984) von 33° auf 17° , bei Burckhardt (1991) von 34° auf 17° bei zusätzlicher Cerclage fibreuse. Die präoperativen Metatarsophalangealwinkel der in dieser Arbeit untersuchten Hallux valgus Gruppe zeigten in 34% einen Wert von 0° bis 30° und in 66% Werte über 30° . Die postoperativen Gradzahlen konnten in 70% der Fälle in die Kategorie 0° bis 30° und in 30% in die Kategorie mit Werten über 30° eingeordnet werden. Eine ähnliche Verbesserung beschrieb Willkommen (1979) und bestätigte somit die hier festgestellte Beziehung (präoperativ 10,2% mit 0° bis 30° , 89,8% über 30° ; postoperativ 75,6% mit 0° bis 30° und 24,4% über 30°), ebenso Stengel (1986) (77,7% postoperative Werte von 0° bis 29°) und Burckhardt (1991) (82% mit Winkelangaben von 0° bis 30° postoperativ).

Im Weiteren konnte eine Änderung des durchschnittlichen Intermetatarsalwinkels von $12,9^\circ$ auf $11,3^\circ$ um $1,6^\circ$ festgestellt werden. Stengel (1986) und Kropelj (1990) führten ähnliche Differenzen zwischen prä- und postoperativen Intermetatarsalwinkel auf ($1,6^\circ$ bzw. 1°). Zollinger (1990) und Burckhardt (1991) trafen andere Aussagen (verminderte Intermetatarsalwinkel um $2,8^\circ$ bzw. 3°), wobei bei Burckhardt (1991) gleichzeitig zu der Operation nach Keller-Brandes eine Cerclage fibreuse durchgeführt wurde. Glückert (1984) stellt eine stärkere Verkleinerung des Intermetatarsalwinkels fest (Minderung um 5°), die auf eine zusätzliche Metatarsalbasisosteotomie zurückzuführen war.

Obwohl die Resektionsarthroplastik nach Keller-Brandes keinen Eingriff an den Sesambeinen beinhaltet, ist in den Untersuchungen unserer Hallux valgus Patientengruppe eine Änderung der Sesambeinpositionen in Richtung Normalbefund nachweisbar, wobei dieser aber nicht erreicht wurde. Eine Erklärung könnte die relative

Entspannung der Flexorensehnen sowie eine relative Verbesserung der Sesambeinposition durch die tibialseitige Kapselraffung und der damit verbundenen veränderten Metatarsalköpfchenlage sein. In den Untersuchungen von Kropelj (1990) erfolgte eine Einteilung der Sesambeinpositionen in vier Stufen. Bei der Analyse der Positionen konnte Kropelj (1990) keine Änderung der Luxationsgrade der Sesambeine durch die Operation aufzeigen.

Die Ergebnisse der Nachuntersuchung unserer Patienten zeigten im Durchschnitt eine Verkürzung der Großzehengrundgliedlänge um 9,3 mm (von 28,1 mm auf 18,8 mm). Bei Stengel (1986) erfolgte eine durchschnittliche Verkürzung um 13,3 mm (28,2 mm auf 14,9 mm). Glückert (1984) berichtete über eine Verkürzung des ersten Strahles um ca. 12,5 mm.

Ein Vergleich des Verhältnisses der prä- zur postoperativen Beweglichkeit der Großzehe mit den Daten anderer Autoren war aufgrund fehlender Dokumentation nicht möglich. Es konnte nur eine Bewertung der postoperativen Beweglichkeit vorgenommen werden. Dazu mußten die Ergebnisse unseres Patientengutes in die Schemata aufgeschlüsselt werden, die von den Vergleichsautoren verwendet wurden. Anderl (1991) wählte für die Beweglichkeit (Dorsalextension/Plantarflexion) im Großzehengrundgelenk folgende Einteilung: Sehr gute Beweglichkeit ($>30^\circ / 0^\circ / >15^\circ$), gute Beweglichkeit ($5^\circ-30^\circ / 0^\circ / 5^\circ-15^\circ$), schlechte Beweglichkeit ($<5^\circ / 0^\circ / <5^\circ$). Axt (1993) benutzte ebenfalls diese Klassifikation zur Bewertung der Beweglichkeit der Großzehe beim Hallux valgus. Dabei stellte er in 77% der Fälle eine sehr gute bis gute und in 23% der Fälle eine schlechte Beweglichkeit fest. Die Untersuchungsergebnisse der in dieser Arbeit betrachteten Patienten zeigten beim Hallux valgus 90% sehr gute bis gute und 10% schlechte Resultate. Hier lag ein besseres funktionelles Ergebnis der Operationen vor als bei Axt (1993). Die durchschnittliche Beweglichkeit beim Hallux valgus betrug in den von uns durchgeführten Untersuchungen Dorsalextension/Plantarflexion: $27,9^\circ / 0^\circ / 24,4^\circ$.

Die subjektive Beurteilung der Patienten war von besonderer Bedeutung, da der Patient über Erfolg oder Mißerfolg der Operation entscheidet. In unserer Hallux valgus Gruppe zeigten sich 72,5% der Patienten subjektiv zufrieden und 27,5% unzufrieden mit dem Ergebnis der Operation. Zollinger (1990) mit 80,3%, Leonhardt (1990) mit 76,5% und Glückert (1984) mit 85% berichteten über eine größere Zufriedenheit.

26,3% unserer Patienten gaben postoperative Schmerzen an. Da präoperativ alle Patienten über Schmerzen klagten, konnte durch die Operation eine Verbesserung der

Beschwerdesymptomatik erreicht werden, die von den Patienten als besonders wichtig bezeichnet wurde. Die Angaben umfaßten Ruhe-, Belastungs-, statisch bedingte Schmerzen oder Metatarsalgien. Bei der Untersuchung von Leonhardt (1990) äußerten nur 71,8% der Patienten präoperativ Schmerzen. Postoperativ gaben 26,3% der Patienten Schmerzen an. Dabei ist zu beachten, daß mehrere Operationsverfahren betrachtet wurden, wobei die Keller-Brandes Operation den Hauptanteil darstellte, aber die Aussagen über andere Operationen miteinflussen. Somit waren die Ergebnisse nur bedingt mit den hier erstellten vergleichbar.

Die Auswertung des postoperativ getragenen Schuhwerkes ergab, daß 50% der Hallux valgus Patienten Einlagen trugen, 6,2% orthopädisches Schuhwerk und 43,8% Konfektionsschuhe ohne Einlagen. In der Untersuchungsgruppe von Leonhardt (1990) war der Anteil der Patienten, die orthopädisches Schuhwerk trugen – ohne Trennung in Hallux valgus und Hallux rigidus Gruppe – mit 50,8% höher. Die Zahlen der getragenen Einlagen (19,1%) und der getragenen Konfektionsschuhe (76,2%) waren mit den hier vorliegenden kaum vergleichbar. Die Angaben von Lücke (1986) waren anders strukturiert: 90% der Patienten verwendeten bequemes Schuhwerk. Dabei erfolgte keine Differenzierung in orthopädisches oder konfektionelles Schuhwerk; 60% benutzten Einlagen.

Aus den bisher genannten Ergebnissen konnten mit Hilfe zweier Bewertungsschemata, dem HMIS-Score und dem SBS-Score, die Daten weiterverarbeitet werden und mögliche prädiktive Aussagen erfolgen.

Der HMIS-Score bewegte sich zwischen 20 und 100 Punkten (80 ± 19 Punkte = Mittelwert \pm Standardabweichung). 21 Fälle gehörten zur Gruppe 1b (negatives Resultat) und 41 Fälle gehörten zur Gruppe 1a (positives Resultat). Der SBS-Score bewegte sich zwischen 1 und 4 Punkten ($1,9 \pm 1,2$) (1=sehr gut, 2=gut, 3=befriedigend, 4=schlecht). Mit negativem Resultat (befriedigend oder schlecht) wurden 15 Füße bewertet (Gruppe 2b), die zwischen 3 (n=4) und 4 (n=11) Punkten lagen. Mit positivem Resultat (sehr gut oder gut) wurden 47 Füße bewertet (Gruppe 2a), die zwischen 1 (n=32) und 2 (n=15) Punkten lagen.

Der Vergleich der Gruppen 1a und 1b zeigt einen signifikanten Unterschied für die folgenden Variablen:

In Gruppe 1b war die präoperative Gelenksarthrose weniger weit fortgeschritten ($p < 0,01$) als in Gruppe 1a, die postoperativen Schmerzen waren größer (VAS: $p < 0,01$),

die postoperative Gehstrecke war verkürzt ($p < 0,01$) und eine Pronation der Großzehe wurde postoperativ häufiger beobachtet ($p < 0,01$). Das Ausmaß der Grundphalanxresektion war größer als in Gruppe 1a ($p = 0,021$). Die Patienten in Gruppe 1b waren älter als in Gruppe 1a ($p < 0,01$).

Der Vergleich der Gruppen 2a und 2b zeigt signifikante Unterschiede bei den folgenden Variablen:

In Gruppe 2b war die präoperative Gelenksarthrose weniger weit fortgeschritten ($p = 0,017$) als in Gruppe 2a, die postoperativen Schmerzen waren größer (VAS: $p < 0,01$) und die postoperative Gehstrecke war verkürzt ($p < 0,01$). Das Ausmaß der Grundphalanxresektion war größer als in Gruppe 2a ($p = 0,042$).

Das Ergebnis der prädiktiven Analyse war mit anderen Studien vergleichbar (Axt 1993, Broughten 1990, Flamme 1998, Vallier 1991). Beim SBS-Score beschrieben 24% der Patienten das Ergebnis als unbefriedigend, während sich beim HMIS-Score 34% der Patienten unzufrieden äußerten. Der Unterschied lag darin begründet, daß innerhalb des HMIS-Scores sowohl subjektive als auch objektive Parameter berücksichtigt wurden. Alle negativen SBS-Ergebnisse waren auch in der HMIS-Gruppe der schlechten Ergebnisse und in beiden Scores waren die noch verbliebene Deformität (Hallux valgus Winkel) und die noch bestehenden Schmerzen (VAS-Pain-Score und schmerzfreie Gehstrecke) die Hauptursachen für ein schlechtes Ergebnis.

Bei der Analyse der Gründe für die schlechten Resultate wurden drei präoperative Variablen mit prädiktiven Eigenschaften festgestellt: Der Arthrosegrad im Metatarsophalangealgelenk, ein positiver Metatarsalindex zum Zeitpunkt der Operation und das höhere Alter der Patienten.

Bessere Ergebnisse zeigten sich in der HMIS-Gruppe bei präoperativ weiter fortgeschrittenen Stadien der Arthrose, wohingegen unbefriedigende Resultate oft bei geringgradiger Arthrose beobachtet werden konnten.

Insgesamt war es nachvollziehbar, daß das kosmetische Ergebnis das subjektive Resultat beeinflusste, das durch den Hallux valgus Winkel im dorsoplantaren Röntgenbild objektiviert wurde. Nach Mann (1981) hängt der Hallux valgus Winkel auch vom Intermetatarsalwinkel ab. Bei den technischen Details der Operation sollte zunächst das Ausmaß der Grundphalanxresektion diskutiert werden. Es unterschied sich signifikant bei beiden Ergebnisgruppen unabhängig von den unterschiedlichen Scores. Insgesamt wurde bei den guten Ergebnissen geringer reseziert als in der Gruppe der schlechten Ergebnisse. Dies wurde auch von anderen Autoren diskutiert, die eine

Resektion von max. 50% der Grundphalanxlänge empfehlen (Axt 1993, Vallier 1991). Eine längere Phalanx würde auch mit einer besseren Funktion der Großzehe einhergehen. Aus unserer Sicht ist auch die Primärstabilität bei geringerem Resektionsausmaß größer; es sind auch weniger Weichteilkorrekturen nötig. Die Resektion sollte 30% der Grundphalanxlänge nicht überschreiten, obwohl bei zu geringer Resektion die Gefahr einer Kontraktur des M. extensor hallucis longus besteht. In solchen Fällen ist eine gleichzeitige Sehnenverlängerung notwendig, um eine schmerzhaft e Einsteifung oder „cock-up“ Deformität, d.h. eine dauerhafte Dorsalextension durch die relativ verkürzte Sehne des M. extensor hallucis longus, zu verhindern (Hohmann 1974).

Warum andere Faktoren, wie gleichzeitige Operationen an anderen Zehen, Gelenkkongruenz (prä- und postoperativ) oder unphysiologische Sesambeinpositionen, sich nicht auf die Langzeitergebnisse auswirken, bleibt unklar, wird aber von anderen Autoren ebenso bestätigt (Axt 1993, Flamme 1998, Vallier 1991).

Im Allgemeinen muß auf folgende Problembereiche der Keller-Brandes-Resektionsarthroplastik hingewiesen werden. Die Operationsmethode nach Keller-Brandes war zum Zeitpunkt ihrer Erstbeschreibung als eine erfolversprechende Therapie anzusehen. Sie ist technisch einfach durchzuführen, was zu ihrer großen Verbreitung beigetragen hat. Aufgrund der vor allem in den letzten zehn Jahren detaillierteren Betrachtung der Biomechanik des Vorfußes (Milani 1995, Wanivenhaus 1993) kann dieses Verfahren heutzutage nicht mehr als Standardeingriff empfohlen werden. Die Gründe dafür lassen sich auch aus dieser Arbeit ableiten:

Die größenmäßige Verkürzung der Großzehe führt zu einer ausgeprägten Entspannung und Überlänge der extrinsischen Großzehenmuskulatur. Die Großzehe selbst nimmt nicht mehr aktiv am Abrollvorgang im Sinne einer kraftvollen Plantarflexion teil. Im Röntgenbild kommt zur Untermauerung dieser Aussage der nach proximal retrahierte Sesambeinkomplex zur Darstellung. Aufgrund der Insuffizienz der Großzehe und damit des ersten Strahles beim aktiven Abrollvorgang ist eine Überbelastung der Metatarsalia II bis V nicht zu vermeiden, was als Ursache der sogenannten Transfermetatarsalgie gilt.

Weiterhin ist die Resektionsarthroplastik nach Keller-Brandes konsequenterweise nicht geeignet, die pathologische Lagebeziehung zwischen Sesambeinkomplex und Mittelfußköpfchen zu reponieren. Diese Aussage bestätigt sich in den Ergebnissen der

Arbeit. Die Wiederherstellung der anatomischen Korrespondenz der Sesambeine zu dem Mittelfußköpfchen I ist jedoch für das normale Funktionieren der extrinsischen Großzehenmuskulatur eine unverzichtbare Bedingung; andernfalls ist der Circulus vitiosus der Hallux valgus Fehlstellung nicht zu beheben.

Als dritter Mangel ist anzuführen, daß die Resektionsarthroplastik kaum geeignet ist, den pathologisch vergrößerten intermetatarsalen Winkel und damit die Vorfußbreite zu reduzieren, da die Operationsmethode nach Keller-Brandes keinen Eingriff beinhaltet, der mit einer Metatarsalwinkeländerung einhergeht. Erforderlich wäre hierzu entweder eine dynamische Fixierung oder eine knöcherne Umstellungsoperation.

4.2 Hallux rigidus

In der Hallux rigidus Gruppe mit 19 Patienten wurden alle Eingriffe im Klinikum Großhadern einseitig durchgeführt. Anderl (1991) (72,8% einseitige und 27,2% beidseitige Operationen) wie auch Bonney (1952) (70,4% einseitige und 29,6% beidseitige Operationen) zeigten eine ähnliche Tendenz. Nilsonne (1930) beschrieb dagegen nur in 36,7% einseitige Operationen.

Das Verhältnis der Männer zu den Frauen betrug hier 1 : 2. Anderl (1991) mit 1 : 2,8 und Nilsonne (1930) mit 1 : 3,3 zeigten ein Überwiegen des weiblichen Geschlechts.

Die Nachuntersuchung wurde nach 2-12 Jahren durchgeführt, im Durchschnitt nach 4,9 Jahren. Toma (1994) und Zollinger (1990) zeigten Langzeitergebnisse nach 9,7 bzw. 17 Jahren.

Das Durchschnittsalter unserer Patienten lag bei 55,4 Jahren; Anderl (1991) zeigte ein Überwiegen des Krankheitsbildes im Alter von 51 Jahren, Toma (1994) berichtete von einem Durchschnittsalter von 52 Jahren.

Die stationäre Aufenthaltsdauer in der Orthopädischen Klinik der Universität München belief sich auf 12,5 Tage beim Hallux rigidus. Bei Toma (1994) waren die Patienten 9,7 Tage in stationärer Behandlung und bei Willkommen (1990) 18 Tage .

Die Beschwerden traten in Form von Ruhe- und Belastungsschmerzen (63,2%) oder ausschließlich als Belastungsschmerzen (36,8%) auf.

Eine weitere Operation aufgrund von Hammer- oder Krallenzehen wurde in keinem Fall vorgenommen. Anderl (1991) führte mit 25,5% andere Zahlen an.

In unserer Hallux rigidus Gruppe erfolgte in 89,5% der Fälle eine 1/3- und in 10,5% eine 1/2-Resektion. Anderl (1991) bestätigte diese Angaben nicht, mit 81% überwog deutlich die 1/2-Resektion. Die 2/3- bzw. 1/3-Resektion konnte jeweils nur in 9,5% der

Fälle festgestellt werden. Bei Breitseher (1996) wurde bei 55% der Patienten eine 1/2-Resektion durchgeführt, bei 34% eine 1/3-Resektion und bei 11% eine 2/3-Resektion.

Der durchschnittliche Metatarsophalangealwinkel in unserem Patientengut betrug 19,1°. Breitseher (1996) bestätigte dieses Ergebnis mit einem durchschnittlichen Winkel von 19°. Der Wert war nicht mit dem von Anderl (1991) vergleichbar, der in diesem Fall einen Winkel von 12,3° nannte.

Der durchschnittliche Wert des Intermetatarsalwinkels mit 8,8° wurde von Anderl (1991) mit 11,9° nicht bestätigt. Hingegen berichtete Breitseher (1996) von einem Winkel von 9°.

Anhand der hier untersuchten präoperativen Röntgenbilder wurde in 100% der Arthrose-Grad III ermittelt. Die von Anderl (1991) mit Hilfe der Röntgenbilder beurteilten Zustände der Gelenke zeigten ein anderes Verhältnis: Grad I: 31%, Grad II: 41% und Grad III: 22%.

In 42% der Fälle war bei den hier untersuchten Patienten mit dem Krankheitsbild des Hallux rigidus ein Metatarsale-Plus-Index, in 37% ein Plus-Minus-Index und in 5% ein Minus-Index des Metatarsale I zu erkennen. Anderl (1991) bestätigt dieses Verhältnis. In seinen Untersuchungen überwog leicht der Anteil der Füße mit dem Plus-Index (46%). Nilsson (1930) zeigte ein deutliches Überwiegen des Plus-Index beim Hallux rigidus (81,2%).

Es kam in unserer Patientengruppe zu einer Minderung des Metatarsophalangealwinkels um 10,7° von 19,1° auf 8,4°. Anderl (1991) berichtete von einer Verminderung des Winkels um 26° von 39,5° auf 13,5°.

Bei den Untersuchungen der Hallux rigidus Gruppe konnte eine Änderung des durchschnittlichen Intermetatarsalwinkels von 8,8° auf 7,9° festgestellt werden.

Bei der Betrachtung der Sesambeinpositionen war keine Änderung der postoperativen zu den präoperativen Befunden zu erkennen. Anderl (1991) benutzte eine andere Einteilung und stellte in 85% der Fälle eine postoperative Retraktion der Sesambeine fest.

Beim Hallux rigidus verkürzte sich der erste Strahl um durchschnittlich 7,5 mm von 28,8 mm auf 21,3 mm.

Unsere Untersuchungen der Großzehenbeweglichkeit wiesen in 70% der Fälle sehr gute bis gute (jeweils 35%) und in 30% schlechte Ergebnisse auf. Anderl (1991) zeigte ähnliche Zahlen: 67% sehr gute bis gute (26% und 41%) und 33% schlechte

Beweglichkeit. Die durchschnittliche Beweglichkeit beim Hallux rigidus betrug in den durchgeführten Untersuchungen Dorsalextension/Plantarflexion: $15,8^\circ / 0^\circ / 25,8^\circ$.

Der subjektiven Beurteilung der Patienten wurde eine besondere Bedeutung beigemessen. In der Hallux rigidus Gruppe zeigten sich 73,7% der Patienten subjektiv zufrieden und 26,3% unzufrieden mit dem Ergebnis der Operation. Kleinod (1990) und Toma (1994) berichten dagegen von 95% bzw. 90,8% zufriedenen Patienten.

21,1% der Hallux rigidus Patienten gaben postoperative Schmerzen an. Da präoperativ alle Patienten über Schmerzen klagten, konnte durch die Operation eine Verbesserung der Beschwerdesymptomatik erreicht werden, die von den Patienten als besonders wichtig bezeichnet wurde. Die Angaben umfaßten Ruhe-, Belastungs-, statisch bedingte Schmerzen oder Metatarsalgien.

Die Auswertung des postoperativ getragenen Schuhwerkes ergab, daß 36,8% der Hallux rigidus Patienten Einlagen trugen, 5,3% orthopädisches Schuhwerk und 57,9% Konfektionsschuhe ohne Einlagen. In der Untersuchungsgruppe von Leonhardt (1990) ist der Anteil der Patienten, die orthopädisches Schuhwerk trugen – ohne Trennung in Hallux valgus und Hallux rigidus Gruppe – mit 50,8% eindeutig höher.

Aus der Gruppe der 19 Patienten mit der Diagnose Hallux rigidus und der operativen Therapie nach Keller-Brandes waren 16 Patienten (4 links und 12 rechts operierte Füße) mit einem symptomatischen Hallux rigidus, prä- und postoperativen Röntgenbildern (anterior-posteriorer und lateraler Strahlengang unter Gewichtsbelastung), dem präoperativen Behandlungsprotokoll und dem Operationsbericht für eine Bewertung durch die beiden bereits vorher vorgestellten Scores geeignet.

Der HMIS-Score bewegte sich zwischen 35 und 95 Punkten (78 ± 20 Punkte = Mittelwert \pm Standardabweichung), 7 Fälle gehörten zur Gruppe 1b (negatives Resultat) und 9 Fälle gehörten zur Gruppe 1a (positives Resultat).

Der SBS-Score bewegte sich zwischen 1 und 4 Punkten ($2,1 \pm 1,4$). Mit negativem Resultat wurden 5 Füße bewertet (Gruppe 2b), mit positivem Resultat 11 Füße (Gruppe 2a).

Der Vergleich der Gruppen 1a und 1b zeigte signifikante Unterschiede für die folgenden Variablen:

In Gruppe 1b waren die postoperativen Schmerzen größer (VAS: $p < 0,01$), die schmerzfreie Gehstrecke postoperativ war kürzer ($p = 0,036$), es traten vermehrt

Metatarsalgien auf ($p=0,011$), der Intermetatarsalwinkel war sowohl prä- ($p=0,032$), als auch postoperativ kleiner ($p=0,028$) und es wurde postoperativ häufiger auf Einlagen oder orthopädisches Schuhwerk zurückgegriffen ($p=0,013$).

Der Vergleich der Gruppen 2a und 2b zeigte signifikante Unterschiede bei folgenden Variablen:

In Gruppe 2b waren die postoperativen Schmerzen größer (VAS: $p<0,01$), die schmerzfreie Gehstrecke postoperativ war kürzer ($p<0,01$), es traten vermehrt Metatarsalgien auf ($p=0,035$) und der Intermetatarsalwinkel war präoperativ kleiner ($p=0,039$).

Beim Hallux rigidus konnte demnach in dieser Studie keine prädiktive Aussage getroffen werden. Es kann lediglich die Tatsache bestätigt werden, daß in beiden Gruppen die postoperativen Schmerzzustände ebenso wie beim Hallux valgus von großer Bedeutung für die Bewertung sind. Außerdem scheint das Operationsergebnis Einfluß auf die Wahl des Schuhwerks bzw. einer Einlagenversorgung zu haben. Dies kann darauf zurückgeführt werden, daß beim Hallux rigidus die vornehmliche Aufgabe der Therapie auch darin besteht, wieder eine verbesserte Beweglichkeit im Großzehengrundgelenk und damit eine Erleichterung des Abrollvorgangs im Vorfuß zu erhalten.

5. Zusammenfassung

Ziel der vorliegenden Arbeit war es, Ergebnisse der Resektionsarthroplastik nach Keller-Brandes zu erfassen und mögliche Einschränkungen dieser Operationsmethode für das Krankheitsbild des Hallux valgus und des Hallux rigidus aufzuzeigen. Neben der Bewertung der Krankenakten und der präoperativen Röntgenbilder diente als Grundlage für diese Arbeit eine klinische und radiologische Nachuntersuchung, die an 69 Patienten mit Hallux valgus bzw. an 19 Patienten mit Hallux rigidus nach durchschnittlich 7,9 Jahren bzw. 4,9 Jahren durchgeführt wurde.

Der Hallux valgus trat überwiegend beim weiblichen Geschlecht mittleren Alters auf (Durchschnittsalter 57,8 Jahre). Er war durch Ruhe- und Belastungsbeschwerden sowie durch eine schmerzhaft eingeschränkte Beweglichkeit im Großzehengrundgelenk gekennzeichnet. Radiologisch ergab sich meist der Metatarsalindex-Plus, der gleichzeitig mit Hammer- oder Krallenzehen vergesellschaftet war. Es fanden sich eine valgische Achsabweichung im Großzehengrundgelenk um durchschnittlich $35,7^\circ$, ein mittlerer Intermetatarsalwinkel von $12,9^\circ$ und lateralisierte Sesambeine; das Großzehengrundgelenk war häufig subluxiert. Aufgrund der Resektion der Grundphalanx im Rahmen der Operation und der tibialseitigen Kapselraffung konnte eine Verminderung des Hallux valgus Winkels um $9,7^\circ$ erreicht werden. Die Sesambeine wiesen eine relative Verbesserung ihrer Position durch die Kapselraffung und der damit verbundenen veränderten Metatarsalköpfchenlage auf. Ein großer Teil der Patienten (72,6% beim Hallux valgus und 73,7% beim Hallux rigidus) zeigte sich aufgrund der Schmerzreduktion und der Wiedererlangung der Beweglichkeit sowie der Kosmetik der operierten Füße sehr zufrieden mit dem Ergebnis der Operation.

Bei der Betrachtung des Einflusses des Resektionsausmaßes in Bezug auf ein gutes funktionelles sowie ein gutes subjektives Ergebnis der Operation konnte sowohl bei der Diagnose Hallux valgus als auch bei der Diagnose Hallux rigidus eine Bevorzugung der 1/3-Resektion festgestellt werden. Bei der Beurteilung der Ästhetik wurden ebenfalls die Operationen mit einer 1/3-Resektion am höchsten bewertet. Insgesamt zeigt die Resektionsinterpositionsarthroplastik gute Ergebnisse bei symptomatischen Patienten mit fortgeschrittener Grundgelenksarthrose und einem neutralen oder negativen Metatarsalindex, wenn das Resektionsausmaß 30% nicht übersteigt.

Aus den Resultaten der Arbeit kann der Schluß gezogen werden, daß die Resektionsarthroplastik nach Keller-Brandes nur beim Vorliegen von Hallux valgus

Deformitäten bei älteren Patienten mit geringen Ansprüchen an die Belastbarkeit und die Ästhetik des Fußes indiziert ist. Bei jüngeren Patienten sollten gelenkerhaltende Methoden angewandt werden, die unter anderem eine bessere Beweglichkeit und Kosmetik ermöglichen.

Die Anwendung der Operationstechnik für die Hallux rigidus Patienten kann, reguläre Vorfußverhältnisse vorausgesetzt, großzügiger gestellt werden.

6. Literatur

1. Anderl W, Knahr K, Steinböck G (1991) Langzeitergebnisse der Hallux-Rigidus-Operation nach Keller-Brandes. *Z Orthop* 129: 42-47
2. Antrobus JN (1984) The Primary Deformity in Hallux Valgus and Metatarsus Primus Varus. *Clin Orthop* 184: 251-255
3. Appel M, Gradinger R (1989) Die Morphologie des M. adductor hallucis und deren Bedeutung für die operative Behandlung des Hallux valgus. *Z Orthop* 127: 326-330
4. Axt M, Wildner M, Reichelt A (1993) Late Results of the Keller-Brandes operation for hallux valgus. *Arch Orthop Trauma Surg* 112: 266-269
5. Baumgartner R (1986) Prophylaxe und konservative Behandlung des Hallux valgus. In: Blauth W (Hrsg.) *Hallux valgus*. Springer, Berlin Heidelberg New York, S. 83-87
6. Blatter G, Magerl F (1991) Osteotomien des ersten Strahls zur Behandlung des Hallux valgus. *Ther Umsch* 48: 803-811
7. Boebel A, Wolff K (1960) Über die Beziehung zwischen Großzehenlänge und Hallux valgus. *Z Orthop* 93: 254-259
8. Bonney G, Macnab I (1952) Hallux Valgus And Hallux Rigidus. *J Bone Joint Surg* 34B: 366-385
9. Brandes M (1929) Zur operativen Therapie des Hallux valgus. *Zbl Chir* 56: 2434-2440
10. Breitenseher MJ, Thoma CD, Gottsauner-Wolf F, Imhof H (1996) Hallux rigidus operiert nach Keller und Brandes: Radiologische Erfolgs- und Prognoseparameter. *Fortschr Röntgenstr* 164,6: 483-488
11. Broughten NS, Winson IG (1990) Keller's Arthroplasty and Mitchel Osteotomy: A Comparison with First Metatarsal Osteotomy of the Long-Term-Results for Hallux Valgus Deformity in Younger Females. *Foot Ankle* 10: 201-205
12. Burckhardt A, Abbühl U (1991) Die Behandlung des Hallux valgus mit der Operation nach Keller/Brandes – Indikation, Operationsmethode und Ergebnisse. *Ther Umsch* 48: 824-831
13. Castellana A (1987) Pathogenese und kausale Behandlung des Hallux valgus. *Z Orthop* 125: 77-81
14. Coughlin MJ, Mann RA (1987) Arthrodesis of the First Metatarsophalangeal Joint as Salvage for the Failed Keller Procedure. *J Bone Joint Surg* 69A: 68-75

15. Coughlin MJ (1995): Juvenile Hallux Valgus: Etiology and Treatment. *Foot Ankle* 16: 682-697
16. Debrunner HU (1986) Ätiologie und Pathogenese des Hallux valgus. In: Blauth W (Hrsg.) *Hallux valgus*. Springer, Berlin Heidelberg New York, S. 37-44
17. Dhanendran M, Pollard JP, Hutton WC (1980) Mechanics Of The Hallux Valgus Foot And The Effect Of Keller's Operation. *Acta Orthop Scand* 51: 1007-1012
18. Du Vries HL (1959) *Surgery of the foot*. Mosby, St.Louis. S. 381-440
19. Eulert J, Mau H (1986) Der Hallux valgus: klinisches und röntgenologisches Bild. In: Blauth W (Hrsg.) *Hallux valgus*. Springer, Berlin Heidelberg New York, S. 45-52
20. Fellmann J, Zollinger H (1998) Resektionsarthroplastik des ersten Metatarsophalangealgelenks nach Keller-Brandes. *Operat Orthop Traumatol* 10: 143-51
21. Ferrari J, Higgins JP, Williams RL (2000) Interventions for treating hallux valgus (abductovalgus) and bunions. In: *The Cochrane Library*, Issue 3, 2002. Oxford
22. Flamme CH, Wülker N, Kuckerts K, Rühmann O (1998) Langzeitergebnisse nach Arthroplastik im Großzehengrundgelenk. *Z Orthop* 136: 250-254
23. Glückert K (1984) Ergebnisse nach Hallux-valgus-Operationen und vorfußverschmälernden Eingriffen. *Orthop Praxis* 20: 578-584
24. Goodfellow J (1966) Aetiology of hallux rigidus. *Proc R Soc Med* 59: 821-824
25. Gould N (1981) Technique tips: footings. *Foot Ankle* 2: 58-62
26. Gschwend N, Barbier M, Dybowski WR (1977) Die Vorfußkorrektur – Häufigkeit und Bedeutung der Zehen und Metatarsal-Indices. *Arch Orthop Unfall Chir* 88: 75-85
27. Haines RW (1954) The Anatomy Of Hallux Valgus. *J Bone Joint Surg* 36B: 272-293
28. Hardy RH, Clapham JCR (1951) Observations On Hallux Valgus. *J Bone Joint Surg* 33B: 376-391
29. Hohmann G (1922) Über Hallux valgus und Spreizfuß, ihre Entstehung und physiologische Behandlung. *Arch Orthop Unfall Chir* 21: 525-550
30. Hohmann D (1974) Fehlergebnisse nach Hallux-valgus-Operationen und die Behandlung ihrer Folgen. *Orthopäde* 3: 22-28
31. Hueter K (1871) *Klinik der Gelenkkrankheiten*. Leipzig
32. Jack EA (1940) The Aetiology Of Hallux Rigidus. *Brit J Surg* 27: 492-497

33. Johnston O (1956) Further studies of the inheritance of hand and foot anomalies. Clin Orthop 8: 146-160
34. Jordan HH, Brodsky AE (1951) Keller Operation For Hallux Valgus And Hallux Rigidus. Arch Surg 62: 586-596
35. Karasick D, Wapner KL (1990) Hallux Valgus Deformity: Preoperative Radiologic Assessment. AJR 155: 119-123
36. Kato T, Watanabe S (1981) The Etiology of Hallux Valgus in Japan. Clin Orthop 157: 78-81
37. Keller WL (1904) The Surgical Treatment Of Bunions And Hallux Valgus. NY Med J: 741-742
38. Kessel L, Bonney G (1958) Hallux Rigidus In The Adolescent. J Bone Joint Surg 40B: 668-673
39. Kilmartin TE, Barrington RL, Wallace WA (1991) Metatarsus Primus Varus. J Bone Joint Surg 73B: 937-940
40. Kitaoka HB, Alexander IJ, Adelaar RS, Nunley JA, Myerson MS, Sanders M (1994) Clinical Rating Systems for the Ankle-Hindfoot, Midfoot, Hallux, and Lesser Toes. Foot Ankle 15: 349-352
41. Kleinod G (1990) Ergebnisse verschiedener Hallux-valgus-Operationen. Beitr Orthop Traumatol 37: 177-181
42. Krismer M, Eichenauer M (1990) Mittelfristige Ergebnisse mit dem Großzehenimplantat nach Swanson. Z Orthop 128: 519-524
43. Kropiej D, Wanivenhaus A, Wurnig C, Traxler M, Wagner T(1990) Die Bedeutung der transversalen Vorfußstabilisierung in der Therapie des Hallux valgus. Z Orthop 128: 165-169
44. Lahm A, Axt M, Reichelt A (1996) Die Keller-Brandes-Operation beim Hallux valgus – Langzeitergebnisse und technische Variationen. Orthop Praxis 32: 840-844
45. LeLievre J (1967) Pathologie du pied. Masson et Cie., Paris, S.462-502
46. Leonhardt K (1990) Ergebnisse von Hallux-valgus-Operationen nach Keller-Brandes. Beitr Orthop traumatol 37: 510-517
47. Love TR, Whynot AS, Farine I, Lavoie M, Hunt L (1987) Keller Arthroplasty: A Prospective Review. Foot Ankle 8: 46-53
48. Magerl F (1982) Stabile Osteotomien zur Behandlung des Hallux valgus. Orthopäde 11: 170-180

49. Majkowski RS, Galloway S (1992) Excision Arthroplasty for Hallux Valgus in the Elderly: A Comparison between the Keller and Modified Mayo Operations. *Foot Ankle* 13: 317-319
50. Mann RA, Coughlin MJ, DuVries HL (1979) Hallux Rigidus. *Clin Orthop* 142: 57-63
51. Mann RA, Coughlin MJ (1981) Hallux Valgus – Etiology, Anatomy, Treatment and Surgical Considerations. *Clin Orthop* 157: 31-41
52. Mann RA, Thompson FM (1984) Arthrodesis of the First Metatarsophalangeal Joint for Hallux valgus in Rheumatoid Arthritis. *J Bone Joint Surg* 66A: 687-692
53. Mann RA, Clanton TO (1988) Hallux Rigidus: Treatment by Cheilectomy. *J Bone Joint Surg* 70A: 400-406
54. Mann RA, Graves SC (1992) Repair of Hallux Valgus with a Distal Soft-Tissue Procedure and Proximal Metatarsal Osteotomy. *J Bone Joint Surg* 74A: 124-129
55. Mann RA (1996) Behandlung des Hallux valgus. *Orthopäde* 25: 302-307
56. Matzen PF (1949) Beitrag zur operativen Behandlung extremer Formen von Hallux valgus. *Zbl Chir* 74: 828-832
57. Mayo CH (1908) The surgical treatment of bunion. *Ann Surg* 48: 300-302
58. McBride ED (1928) A conservative operation for bunions. *J Bone Joint Surg* 10: 735-739
59. McMaster MJ (1978) The Pathogenesis Of Hallux Rigidus. *J Bone Joint Surg* 60B: 82-87
60. McMurray TP (1936) Treatment of hallux valgus and rigidus. *Br Med J* 2: 218-221
61. Milani TL, Retzlaff S (1995) Druckverteilungsanalyse zur Beurteilung des Abrollverhaltens bei operierten Hallux valgus-Patienten. *Z Orthop* 133: 341-346
62. Nilsson H (1930) Hallux Rigidus And Its Treatment. *Acta Orthop Scand*: 295-303
63. Radke J (1976) Technik und Indikation der Operation nach Brandes aufgrund von Spätergebnissen. *Orthop Praxis* 12: 372-373
64. Rebmann K, Grasshoff H (1984) Ergebnisse nach Hallux valgus-Operationen. *Beitr Orthop u Traumatol* 31: 279-289
65. Reiter R (1961) Spätergebnisse nach 1464 Hallux-valgus-Operationen (vorwiegend nach der Methode nach Brandes). *Z Orthop* 94: 178-196
66. Ritschl P, Trnka HJ, Zettl R, Mühlbauer M (1999) Hallux valgus: Ein Therapiekonzept und dessen Ergebnisse von 1993 bis 1996. *Z Orthop* 137: 521-527

67. Salis-Soglio G, Thomas W (1979) Arthrodesis of the Metatarsophalangeal Joint of the Great Toe. Arch Orthop Traumat Surg 95: 7-12
68. Salis-Soglio G, Gebler-Rothländer B (1986) Die Arthrodesis des Großzehengrundgelenks. Z Orthop 124:288-292
69. Schede F (1928) Hallux valgus. Zbl Chir 55: 1554
70. Schöb O, Auracher J, Kappeler U, Meyer RP (1993) Die Operation des Hallux valgus: ein Vergleich dreier häufiger Operationsverfahren. Orthop Praxis 29: 492-498
71. Scholder P (1982): Gegenüberstellung der üblichsten chirurgischen Behandlungsverfahren beim Hallux valgus-Syndrom. Orthopäde 11: 154-161
72. Schreiber A, Zollinger H, Naghachan F (1976) Die Hallux valgus-Operation nach Brandes. Orthop Praxis 12: 369-371
73. Steinböck G (1993) Pathogenese des Hallux valgus. In: Wirth CJ, Ferdini R, Wülker N (Hrsg.) Vorfußdeformitäten. Springer, Berlin Heidelberg New York, S. 187-200
74. Stengel U (1986) Leistungsfähigkeit der Grundphalanxresektion in der operativen Behandlung des Hallux valgus. Beitr Orthop u Traumatol 33: 616-624
75. Stephens MM (1994) Pathogenesis of hallux valgus. Eur J Foot Ankle Surg 1: 7-10
76. Swanson AB (1975) Silicone implant resection arthroplasty of the great toe. Rheumatology 11: 136-152
77. Toma C (1994) Die Operation nach Keller-Brandes zur Behandlung des Hallux rigidus. Wien Klin Wochenschr 106: 381-383
78. Vallier GT, Petersen SA, LaGrone MO (1991) The Keller resection arthroplasty: A 13-year Experience. Foot Ankle 11: 187-194
79. Viladot A (1979) Pathologie de l'avant-pied. Expansion Scientifique, Paris
80. Viladot A (1982) Überlegungen bezüglich der operativen Behandlung des Hallux valgus und der Hammerzehen. Orthopäde 11: 162-169
81. Viladot R, Rochera R, Alvarez F, Paserin A (1996) Die Resektionsarthroplastik zur Behandlung des Hallux valgus. Orthopäde 25: 324-331
82. Vitek M, Steinböck (1989) Value of cerclage fibreux for the Keller-Brandes procedure. Arch Orthop Trauma Surg 108: 104-106
83. Wanivenhaus A, Prettklieber M (1989) First tarsometatarsal joint: anatomical biomechanical study. Foot Ankle 9: 153-159

84. Wanivenhaus A, Brettschneider W (1993) Influence of metatarsal head displacement on metatarsal pressure distribution after hallux valgus surgery. *Foot Ankle* 14: 85-89
85. Weber A (1975) Ergebnisse der operativen Korrektur des Hallux valgus beim jungen Patienten. *Z Orthop* 113: 1011-1021
86. Willkommen H (1979) Spätergebnisse der Hallux-valgus-Operation nach Brandes und nach Mayo. *Beitr Orthop Traumatol* 26: 385-391
87. Wülker N, Wirth CJ (1996) Differenzierte Therapie des Hallux valgus. *Deutsches Ärzteblatt* 93: B-881 – B-885
88. Zembsch A, Trnka HJ, Menschik G, Ritschl P (1999) Die Operation nach Keller-Brandes: Langzeitergebnisse bei jungen Patienten mit Hallux valgus. *Z Orthop* 137: 181-188
89. Zollinger H, Imhoff A (1986) Die operative Behandlung des Hallux valgus. In: Blauth W (Hrsg.) *Hallux valgus*. Springer, Berlin Heidelberg New York, S. 96-104
90. Zollinger H, Kind E (1990) Die Operation nach Keller-Brandes – Langzeitresultate. In: Debrunner A (Hrsg.) *Langzeitresultate in der Orthopädie*. Enke. Stuttgart
91. Zollinger H (1991) Der Hallux rigidus und seine Behandlung. *Ther Umsch* 48: 832-835

7. Danksagung

Mein Dank gilt Herrn Privatdozent Dr. med. Markus Maier für die Möglichkeit der Durchführung dieser Dissertation unter seiner Betreuung. Außerdem danke ich Herrn Dr. med. Christoph Schulz und dem Team der Orthopädischen Poliklinik im Klinikum Großhadern.

8. Lebenslauf

Adresse: Andreas Feitenhansl
H.-K.-Schmidstr. 14
82140 Olching

Geburtstag: 09.10.75

Geburtsort: München

Staatsangehörigkeit: deutsch

Familienstand: ledig

Eltern: Dipl.-Ing. Norbert Feitenhansl
Heide-Marie Feitenhansl

Schulbildung:

1981-1985 Grundschule Olching

1985-1994, Abitur Gymnasium Olching

Grundwehrdienst:

1994-1995 Drohnenbatterie 200, München

Studium:

1995-1996 Chemie an der Ludwig-Maximilians-Universität
München

1996-1998, Physikum Humanmedizin an der Ludwig-Maximilians-
Universität München

1998-2001, II.Staatsexamen Humanmedizin an der Technischen Universität
München

2001-2002, III.Staatsexamen Humanmedizin an der Ludwig-Maximilians-
Universität München

Praktisches Jahr:

2001-2002

Chirurgie, Klinikum Augsburg

Nephrologie, Städtisches Krankenhaus München-Schwabing

Emergency Medicine, Toronto East General Hospital, Canada

Orthopädie, Inselspital Bern, Schweiz

Nebentätigkeiten:

1999-2001

Studentischer Mitarbeiter der Deutschen Stiftung Organtransplantation (DSO) am Transplantationszentrum München

2000-2001

Co-Assistent im Kursus für Makroskopische Anatomie (Präparierkurs), Prof. Dr. med. Dr. h.c. R. Putz, Anatomische Anstalt der Ludwig-Maximilians-Universität, München

Seit 01.07. 2002

Arzt im Praktikum an der Klinik für Unfall- und Wiederherstellungschirurgie am Klinikum Augsburg (Chefarzt: Prof. Dr. med. A. Rüter)