

Klinik und Poliklinik für Orthopädie und Sportorthopädie
der Technischen Universität München
Klinikum rechts der Isar
(Direktor: Univ.-Prof. Dr. R. Gradinger)

**Möglichkeiten der operativen Behandlung des Hallux valgus unter
besonderer Berücksichtigung der Operation nach Keller-Brandes in
eigener Variation mit muskeldynamischer Stabilisierung**

Martin Schier

Vollständiger Abdruck der von der Fakultät für Medizin der Technischen Universität
München zur Erlangung des akademischen Grades eines

Doktors der Medizin

genehmigten Dissertation.

Vorsitzender: Univ.-Prof. Dr. D. Neumeier

Prüfer der Dissertation:

1. Univ.-Prof. Dr. E. Hipp ,(em.)
2. Univ.-Prof. Dr. R. Gradinger

Die Dissertation wurde am 23.10.2001 bei der Technischen Universität München eingereicht
und durch die Fakultät für Medizin am 13.02.2002 angenommen.

Inhaltsverzeichnis

	Seite	
1.	Einleitung	6
1.1.	Historisches	6
1.2.	Ätiologie	7
1.2.1.	Intrinsische Faktoren	7
1.2.2.	Extrinsische Faktoren	7
1.3	Anatomie	8
1.4.	Pathogenese	8
1.5.	Therapie	9
1.5.1.	Konservative Therapie	9
1.5.2.	Operative Therapie	10
2.	Fragestellung	12
3.	Material und Methode	13
3.1.	Patientenkollektiv	13
3.2.	Auslußkriterien	13
3.3.	Nachuntersuchung	13
3.4	Ausfallquote	14
3.5.	Auswertung	14
3.5.1.	Datenerhebung aus den Akten und Krankenunterlagen	14
3.5.2.	Subjektive Kriterien	15

3.5.3.	Objektive Kriterien	15
3.5.3.1.	Schmerzhafte Beschwielung	15
3.5.3.2.	Schmerzhafte Beweglichkeit oder Steifigkeit	15
3.5.3.3.	Feststellung der passiven Bewegungsausmaße	15
3.5.3.4.	Feststellung des Kraftausmaßes	16
3.5.3.5.	Untersuchungsbogen	16
3.6.	Röntgen	18
3.6.1.	Metatarsophalangealwinkel I (Hallux valgus-Winkel)	19
3.6.2.	Intermetatarsalwinkel I – II	19
3.6.3.	Relative Länge des Metatarsale I gegenüber dem Metatarsale II	19
3.6.4.	Bestimmung des Resektionsausmaßes	21
3.6.5.	Pseudogelenkspalt	21
3.7.	Komplikationen	22
3.8.	Auswertung der Ergebnisse	22
3.9.	Analyse der schlechten Ergebnisse	22
3.10.	Statistische Auswertung	22
3.11.	Operation und Nachbehandlung	23
3.11.1.	Operationstechnik	23
3.11.2.	Nachbehandlung	23
3.11.3	Arbeits- und Sportfähigkeit	24
4.	Ergebnisse	25
4.1.	Auswertung der erhobenen Daten aus den Krankenblättern und Patientenakten	25

4.1.1.	Alter und Geschlechtsverteilung der nachuntersuchten Patienten zum Operationszeitpunkt	25
4.1.2.	Nachuntersuchungszeitraum	25
4.1.3.	Wiederfindungsrate	25
4.1.4.	Stationärer Aufenthalt	25
4.1.5.	Zusatzoperationen an Kleinzehen	26
4.1.6.	Komplikationen	26
4.2.	Auswertung der klinischen Untersuchungen	26
4.2.1.	Gesamtergebnisse	26
4.2.2.	Analyse der schlechten Ergebnisse	27
4.2.3.	Einzelbetrachtung der Unterpunkte	31
4.2.3.1.	Stärke der Schmerzen	31
4.2.3.2.	Schmerzverlauf im Einzelvergleich	31
4.2.3.3.	Funktionsstörung	32
4.2.3.4.	Funktionsstörungen im Verlauf – Einzelvergleich	
4.2.3.5.	Schuhwahl	32
4.2.3.6.	Probleme bei der Schuhwahl im Einzelvergleich	33
4.2.3.7.	Alignement	34
4.2.3.8.	Schmerzhafte Beschwielung	34
4.2.3.9.	Steifigkeit oder schmerzhafte Gelenkbeweglichkeit	34
4.3.	Auswertung der Zusatzfragen	35
4.3.1.	Zufriedenheit mit der Operation	35
4.3.2.	Wiederholung der Operation	35
4.3.3.	Hilfsmittel	35
4.4.	Auswertung der Zusatzuntersuchungen	36
4.4.1.	Passive Beweglichkeit im Metatarsophalangealgelenk I	36
4.4.2.	Kraftgrad im Metatarsophalangealgelenk I	37
4.5.	Auswertung der Röntgenuntersuchung	38
4.5.1.	Metatarsophalanealwinkel I	38
4.5.2.	Intermetatarsalwinkel I-II	39

4.5.3.	Ausmaß der Grundphalanxresektion	40
4.5.3.1.	Resektion in Prozent	40
4.5.3.2.	Gruppeneinteilung des Resektionsausmaßes	40
4.5.4.	Gelenkspaltbreite (Pseudogelenkspalt)	41
4.5.5.	Metarsaltyp	41
4.6.	Vergleich verschiedener Einzelergebnisse	41
4.6.1.	Erreichtes Ergebnis im Mayo-Score versus Alter	41
4.6.2.	Erreichtes Ergebnis im Mayo-Score versus postoperativer Hallux valgus-Winkel	42
4.6.3.	Erreichtes Ergebnis im Mayo-Score versus Korrektur des Hallux valgus-Winkels in Prozent	43
4.6.4.	Erreichtes Ergebnis im Mayo-Score versus Intermetatarsalwinkel I-II präoperativ	44
4.6.5.	Erreichtes Ergebnis im Mayo-Score versus Ausmaß der Grundphalanx-Resektion in Prozent	46
4.6.6.	Vergleich erreichtes Ergebnis im Mayo-Score mit dem klinischen Bild der Metatarsalgie	47
4.6.7.	Vergleich Metatarsalindex versus erreichte Punkte im Score	47
4.6.8.	Erreichte Punktzahl im Mayo-Score im Vergleich mit der Anzahl der durchgeführten Zusatzoperationen an den Kleinzehen	48
4.6.9	Korrekturausmaß des Metatarsophalangealwinkels I in Abhängigkeit vom Resektionsausmaß	49
5.	Diskussion	50
6.	Zusammenfassung	62
7.	Literaturverzeichnis	63
8.	Abkürzungsverzeichnis	69
9.	Danksagung	70

1. Einleitung

1.1. Historisches

Die Hallux valgus - Deformität ist schon seit mehreren Jahrtausenden bekannt. So zeigen alte ägyptische Vasenbilder bereits Darstellungen des Hallux valgus. Seit Anfang des 17. Jahrhunderts haben vor allem holländische Maler, wie Rubens den Hallux valgus abgebildet. Diese Deformität und auch die übrigen Zehenleiden, wie Hammerzehen mit Clavusbildung, wurden früher häufig durch Quacksalber mit zerimoniellem Aufwand behandelt, was auf Gemälden aus dieser Zeit zu sehen ist. Broka (3) beschrieb 1852 erstmals das Krankheitsbild des Hallux valgus. 1881 hat Reverdin (31) die erste operative Behandlung mit einer subkapitalen Keilosteotomie des Mittelfußstrahls durchgeführt.

Als Hallux valgus wird eine Fußdeformität bezeichnet, bei der die Großzehe nach lateral und der erste Mittelfußstrahl nach medial abweicht und im Sinne einer Pronation rotiert. Dies führt in späteren Stadien häufig zu einer Subluxation des ersten Metatarsophalangealgelenks.

Das klinische Erscheinungsbild des Hallux valgus ist durch den infolge des Schuhdrucks entstehenden schmerzhaften Ballen geprägt. Weiter wird vom Patienten die kosmetisch auffallende Achsenabweichung der Großzehe nach lateral als störend empfunden. Bei länger bestehender Fehlstellung kommt eine schmerzhafteste Bewegungseinschränkung im Großzehengrundgelenk hinzu, die ein Hinweis für eine bereits beginnende Arthrose ist.

Der Hallux valgus tritt selten isoliert auf. Häufig besteht ein komplexes Vorfußproblem. Gemeinsam mit dem Hallux valgus findet sich sehr oft schon eine Metatarsalgie bei einem bestehenden Senkspreiz- bzw. Senkknickfuß. Als weitere Deformitäten sind Fehlstellungen der Kleinzehen zu beobachten, wie zum Beispiel Hammer- oder Krallenzehen sowie super- oder subductus Stellungen der Kleinzehen.

1.2. Ätiologie

1.2.1. Intrinsische Faktoren

Der Einfluss intrinsischer Faktoren auf die Entstehung eines Hallux valgus wird in der Literatur unterschiedlich diskutiert. Insbesondere sollen erbliche Faktoren eine Rolle spielen. So weisen Hohmann (16) und Johnstone (21) auf eine Anlage bedingte Bindegewebsschwäche hin, wobei letzterer vermutete, daß es sich um ein autosomal vererbtes Leiden mit unvollständiger Penetranz handeln könnte.

Mitchell (28), Coughlin (6) und Hardy und Clapham (15) weisen in ihren Arbeiten auf eine positive Familienanamnese hin.

Welche Bedeutung einer sekundären Deformität, wie dem Senkspreizfuß bzw. dem Knickplattfuß, für die Entstehung eines Hallux valgus als vorausgehende Fehlform beigemessen werden kann, ist umstritten. Im Gegensatz zu Mann und Coughlin (26) messen Hohmann (17) und Inman (20) der Rückfußpronation eine große Bedeutung zu.

Häufig beobachtet man einen Metatarsus primus varus in Verbindung mit einem Hallux valgus. Ob für die Entstehung des Hallux valgus ein Zusammenhang besteht, kann jedoch nicht eindeutig beantwortet werden. Hardy und Clapham (15) fanden lediglich einen Zusammenhang zwischen Ausprägung des Hallux valgus und der Größe des ersten Intermetatarsalwinkels. Als weitere intrinsische Faktoren werden in der Literatur Achillessehnenkontrakturen, eine Instabilität des ersten Tarsometatarsalgelenks sowie neuromuskuläre Störungen angegeben (7,27).

1.2.2. Extrinsische Faktoren

Viele Autoren stellen externe Einflußfaktoren bei der Entstehung eines Hallux valgus in den Vordergrund.

Auf die Bedeutung des Schuhwerks weist die Arbeit von Sim-Fook und Hodgson (32) hin. Sie stellten fest, daß die Häufigkeit des Hallux valgus in Hongkong bei den schuhtragenden Einwohnern 30% beträgt, bei Nichtschuhträgern 1,9%.

Auch in Japan kam es nach Einführung der modischen Lederschuhe zu einem Anstieg der Hallux valgus-Inzidenz um das Sechsfache (23). Der Einfluß des Schuhwerks bei der Entstehung des Hallux valgus wird durch die Tatsache unterstützt, daß bevorzugt Frauen höheren Alters betroffen sind.

1.3. Anatomie

Zum besseren Verständnis der biomechanischen Abläufe bei der Entstehung des Hallux valgus und der Therapieentscheidungen ist die Kenntnis der speziellen Anatomie von besonderer Bedeutung.

Das Metatarsophalangealgelenk des ersten Strahls zeigt Unterschiede zu dem der Kleinzehen. Plantarseitig des ersten Metatarsaleköpfchens findet sich ein Sesambeinmechanismus, der als Ansatz und Hebelarm für die kurzen Zehenbeuger und den M. adductor hallucis dient. Die Ansätze der intrinsischen Muskeln sind für die Stabilität und die Kraftübertragung in diesem Gelenk verantwortlich.

Die Muskeln und Sehnen, die das erste Metatarsophalangealgelenk umgeben, werden in 4 Gruppen eingeteilt. Dorsalseitig findet man die M.m. extensor hallucis longus et brevis, die mittig über das Metatarsophalangealgelenk ziehen und an der distalen und proximalen Phalanx inserieren. Der M. extensor hallucis longus wird durch einen fibrösen Bandkomplex (sog. hood ligaments) gehalten. Teile dieses Bandes strahlen in die Bänder der Sesambeine und in die Kollateralbänder ein und verstärken die Kapsel des Metatarsophalangealgelenks. Die kurzen und langen Sehnen der Flexoren ziehen plantarseitig über das Gelenk. Der mediale und laterale Anteil der Sehne des M. flexor hallucis brevis inseriert an den Sesambeinen und über die plantare Sehnenplatte an der Basis der proximalen Phalanx. Die Sehne des M. flexor hallucis longus liegt plantar des Sesambeinkomplexes in einer Sehnenscheide und inseriert an der Basis der distalen Phalanx.

Die Sehnen des M. abductor- und des M. adductor hallucis sind plantar an der medialen und lateralen Seite des Metatarsophalangealgelenks lokalisiert und inserieren an der proximalen Phalanx, wobei Anteile in den Sesambeinkomplex einstrahlen.

1.4. Pathogenese

Betrachtet man die Entstehung des Hallux valgus aus biomechanischer Sicht so stellt man fest, daß die Änderung der Stellung der am Großzehengrundgelenk beteiligten Knochen zueinander zu einer Verschiebung der Kraftwirkungslinie der Muskeln an der Großzehe führt. Dadurch entsteht eine muskuläre Dysbalance, die zu einer kapsulären Insuffizienz führt. Schon beim normalen Fuß werden die Streck- und Beugesehnen der Großzehe unter Belastung nach lateral dezentriert. Da der distale Anteil des ersten Mittelfußknochens keine

Muskelsätze hat und somit die aktiven Stabilisatoren fehlen, ist hier eine physiologische Schwachstelle für eine mediale Deviation.

Bei einem Senkspitzfuß und auch beim Knickplattfuß besteht, durch das Absinken des Drehpunktes des Großzehengrundgelenks, ein verminderter Tonus der Zehenbeuger. Dadurch können die Extensoren das Übergewicht gewinnen und eine Einstellung der Großzehe nach lateral zur Folge haben, während der erste Mittelfußstrahl noch medial ausweicht. Beim Knickplattfuß kommt es infolge einer Valgusstellung des Rückfußes zu einer Instabilität im Talonavikulargelenk. Es folgt eine Abflachung des Längsgewölbes, die mit einer Abduktion und Pronation des Vorfußes einhergeht. Dadurch wird das erste Mittelfußköpfchen einer zusätzlichen Druckbelastung ausgesetzt, was zu einer medialen Abweichung und sekundär zu einer Lateralisierung der Großzehe führt (18,19). Nimmt die Abwinklung der Großzehe zu, kommt es durch ein Übergewicht des M. adductor hallucis zu einer Pronationsstellung der Großzehe. Dadurch wird der M. abductor hallucis nach plantar verlagert und verliert an Funktion. Der schwächere dorsale Kapselanteil verlagert sich nach medial und bildet hier einen locus minoris resistentiae. Die langen Großzehenstrecker und -beuger begünstigen zusätzlich die Abwinklung der Großzehe nach lateral.

1.5. Therapie

1.5.1. Konservative Therapie

Unbehandelt führt der Hallux valgus häufig zu erheblichen Schmerzen beim Gehen und Stehen, insbesondere zum Schuhdruck und rezidivierenden Schleimbeutelentzündungen an der entstandenen Pseudoexostose, dem sog. Ballen oder Bunion.

Die konservative Therapie beschränkt sich auf die Behandlung der Begleitsymptome, oder vermindert bestenfalls die Progredienz der Fehlstellung.

Die Behandlung eines jugendlichen Patienten mit einem Hallux valgus kann, worauf Hohmann bereits 1939 (18) hingewiesen hat, zunächst konservativ erfolgen, da während des Skelettwachstums ein Fortschreiten der Deformität verhindert werden kann.

Die Kräftigung der Fußmuskulatur (Abspreizung der Großzehe) unter krankengymnastischer Anleitung ist sinnvoll, wird aber oft nicht konsequent durchgeführt. Zur Vermeidung einer raschen Progredienz ist eine kritische Schuhwahl wichtig. Die Verwendung von Nachtschienen ist ebenfalls anzuraten.

Vor allem bei gleichzeitig bestehendem Spreizfuß oder Metatarsalgien ist das Tragen von Einlagen zu empfehlen. Diese Einlagen sollen am besten nach Abguß fußgerecht hergestellt und formend gestaltet werden. Beim Vorliegen von Druckstellen lateral am Ballen bringen Ringpolster oft eine Erleichterung. Im Bereich der kleinen Zehen können Spreizpolster und Zehentrichter Anwendung finden. Bei einer entsprechenden Fehlstellung im Großzehengrundgelenk wird, trotz aller konservativen Maßnahmen, meist keine dauerhafte Besserung der Beschwerden erreicht.

1.5.2. Operative Therapie

Um zuverlässige Ergebnisse zu erreichen muß der Orthopäde, der sich mit der Behandlung des Hallux valgus befaßt, mit verschiedenen Methoden vertraut sein. Es ist dabei notwendig sowohl Weichteileingriffe als auch Eingriffe am Knochen oder die Kombination beider Techniken zu beherrschen. Eine differenzierte Abwägung der operativen Verfahren in den verschiedenen Altersgruppen ist notwendig (35,36).

Ziele der operativen Behandlung sind: Schmerzfreiheit, Funktionsverbesserung, Erleichterung bei der Schuhwahl und eine weitgehend normale Form der Zehen und des Fußes. Grundsätzlich soll die Wiederherstellung der normalen Anatomie angestrebt werden, sofern dies nicht durch bereits bestehende degenerative Veränderungen nicht mehr möglich ist.

Mehr als einhundert Jahre lange Erfahrung bei der operativen Wiederherstellung des Fußes haben gezeigt, daß zuverlässige Methoden empfohlen werden können, die nach einer eingehenden präoperativen Befunderhebung, unter Abwägung verschiedener Gegebenheiten, gute Ergebnisse liefern.

Eine Auswahl der verschiedenen Therapiemöglichkeiten und Indikationen sind in Tabelle 1 zusammengestellt.

Tab. 1: Übersicht über die Therapiemöglichkeiten und deren Indikationen (in Anlehnung an Wülker 1997) in Abhängigkeit der klinischen und radiologischen Befunde.

Konservative Therapie	
Therapiemöglichkeiten	Indikationen
Einlagen Hallux-Nachtschienen Krankengymnastik Ringpolster usw.	-Jugendlicher Patient vor Wachstumsabschluß -Ältere Patienten mit absoluter Kontraindikation für eine Operation oder als symptomatischer Therapieversuch
Operative Therapie	
Therapiemöglichkeiten	Indikationen
Gelenkerhaltende Eingriffe	Nur ohne Grundgelenksarthrose
Weichteilkorrektur - OP nach McBride	-Hallux valgus mit Gelenkinkongruenz -bei IMW I-II 12-15° optional mit Basisosteotomie -bei IMW I-II ab 15° obligat mit Basisosteotomie
Subkapitale Osteotomie - Chevron-Osteotomie - Mitchell- Osteotomie - Kramer- Osteotomie - Hohmann- Osteotomie	-Hallux valgus bis 40° leichte Gelenkinkongruenz -IMW I-II ab 12° mit Basisosteotomie -bei distalem Gelenkflächenwinkel ab 10° mit medialer Keilentnahme.
Basisosteotomie	-bei Metatarsus primus varus ab IMW I-II 10-15° optional und ab 15° obligat
Grundphalanxosteotomie nach Akin	-bei Hallux valgus interphalangeus
Nicht gelenkerhaltende Eingriffe	-bei Grundgelenksarthrose
Resektionsarthroplastik - Op nach Keller-Brandes (mit muskeldynamischer Stabilisierung) Arthrodesen	-bei Hallux valgus mit Grundgelenksarthrose bei IMW I-II ab 15° fakultativ mit Basisosteotomie -nach fehlgeschlagenen Hallux valgus-Operationen anderer Art

2. Fragestellung

Die konservative und vor allem die operative Therapie des Hallux valgus stellen nach wie vor ein Problem dar. Mehr als 100 verschiedene Methoden sind ein Zeichen dafür, daß viele Wege versucht wurden eine Methode zu finden, die das Leiden erfolgreich beeinflussen kann. Unter den verschiedenen operativen Verfahren hat sich die von Keller 1904 (24) und Brandes 1929 (2) angegebene Resektionsarthroplastik als eine der am häufigsten angewendete Methode durchgesetzt. Dies gilt vor allem bei bereits bestehender Arthrose des Großzehengrundgelenks.

In der neueren Literatur ist diese Operationsmethode zunehmend in die Kritik geraten (37,12). Es wird vor allem angeführt, daß die Operation nach Keller-Brandes als funktionelle Amputation des ersten Strahls anzusehen ist, was zu einem inakzeptablen Funktionsverlust führt und eine Überbeanspruchung der lateralen Strahlen bewirkt.

Das Ziel der Arbeit war es daher, die Keller-Brandes Operation auf Grundlage der hauseigenen Modifikation mit muskeldynamischer Stabilisierung an zwischen 1986 bis 1991 operierten Füßen hinsichtlich der Leistungsfähigkeit zu analysieren. Diese Untersuchung sollte zeigen, inwieweit es möglich war durch unsere Modifikation die Schmerzsituation, die Funktionalität und die Problematik bei der Schuhwahl zu verbessern. Von besonderem Interesse war, ob die Modifikation einen Einfluß auf den ersten Intermetatarsalwinkel und somit auf die Verbreiterung des Vorfußes hat. Desweiteren sollte untersucht werden, inwieweit auf längere Sicht eine Revalgisierung und das Auftreten von Transfermetatarsalgien durch diese neue Methode verhindert werden kann.

3. Material und Methode

3.1. Patientenkollektiv

Zwischen 1986 und 1991 wurden in der Klinik für Orthopädie und Sportorthopädie am Klinikum rechts der Isar der Technischen Universität München vom Direktor der Klinik, 60 Patienten an 95 Halluces valgi in der unten beschriebenen Technik operiert. 35 Patienten wurden beidseits in einer Sitzung operiert, 10 Patienten rechts und 15 Patienten links.

Es handelte sich um 5 (8,3%) männliche und 55 (91,7%) weibliche Patienten mit einem Durchschnittsalter zum Operationszeitpunkt von 60 ± 11 Jahren.

Bei den männlichen Patienten wurden 8 (8,4%) Halluces valgi, bei den weiblichen 87 (91,6%) Halluces valgi operiert.

3.2. Auschlusskriterien

In die Studie wurden nur Patienten aufgenommen, die wegen eines Hallux valgus operiert worden sind.

Ausgeschlossen wurden Patienten, die in gleicher Technik wegen einer schmerzhaften Teileinsteifung ohne Valgusfehlstellung (Hallux rigidus) operiert wurden. Weitere Auschlusskriterien waren Revisionsoperationen nach fehlgeschlagenen Hallux valgus-Operationen unterschiedlicher Technik und Patienten mit Vorfußdeformitäten bei chronischer Polyarthritits und anderen Erkrankungen aus dem rheumatischen Formenkreis sowie Patienten mit neurologischen Erkrankungen oder posttraumatische Hallux valgus-Fehlstellungen.

3.3. Nachuntersuchung

Die Nachuntersuchung fand vom 01.03.2000 bis 30.06.2000 statt. Es erschienen 40 Patienten (66,7 %) mit 66 (69,5 %) operierten Füßen.

Es handelte sich dabei um 3 männliche Patienten mit 4 operierten Halluces und 37 weibliche Patienten mit 62 operierten Halluces mit einem Durchschnittsalter von 59 ± 9 Jahren. 26 mal wurde die Operation an beiden Füßen gleichzeitig durchgeführt, 8 mal wurde rechts operiert und 6 mal links.

3.4. Ausfallquote

20 Patienten konnten an der Untersuchung nicht teilnehmen.

10 Patienten, 5 davon beidseits operiert, waren nicht aufzufinden, obwohl die angegebenen Hausärzte und das Kreisverwaltungsreferat (Einwohnermeldewesen München) hinzugezogen worden sind.

4 Patienten, davon einer beidseits operiert, waren verstorben.

2 Patienten, davon einer beidseits operiert, litten an einer schweren körperlichen Erkrankung, die es ihnen nicht möglich machte, an der Untersuchung teilzunehmen (einmal apoplektischer Insult mit konsekutiven neurologischen Defiziten, einmal schwere coronare Herzkrankheit).

4 Patienten, zwei davon beidseits operiert, lehnten eine Teilnahme an der Untersuchung ohne Gründe ab.

3.5. Auswertung

3.5.1. Datenerhebung aus den Akten und Krankenunterlagen

Aus den Krankenunterlagen der Patienten, die an der Orthopädischen Klinik des Klinikums rechts der Isar geführt wurden, stammen personenbezogene Daten wie Geschlecht und Alter der Patienten sowie den Operationszeitpunkt, der Art des operativen Eingriffs, der Länge des stationären Aufenthalts und Informationen über peri- und postoperative Komplikationen.

Für die Verlaufsbeurteilung wurden die bei der Nachuntersuchung erhobenen Befunde herangezogen. Es wurden nur Daten verwendet, die von allen Patienten zweifelsfrei erhoben werden konnten.

Die Auswahl der Fragen und die klinische Untersuchung wurden so gewählt, daß die Ergebnisse in einen nach dem Mayo-Clinic-Forfoot-Scoring-System (22) modifiziertem Score integriert werden konnten, der sowohl subjektive wie objektive Kriterien beinhaltet.

Außerdem wurden zusätzliche Fragen und Untersuchungen durchgeführt, die für die Beurteilung des Gesamtergebnisses relevant erschienen.

3.5.2. Subjektive Kriterien

Die subjektiven Resultate wurden durch standardisierte Befragung erhoben. Um Mißverständnisse zu vermeiden, las der Untersucher die Fragen und die jeweiligen Antwortmöglichkeiten vor und konnte ggf. Unklarheiten beseitigen. Bei Fragen, die sich auf den präoperativen Zustand bezogen, wurden die Angaben der Patienten mit ihren Angaben in den Akten verglichen, um etwaige Diskrepanzen zu klären.

3.5.3. Objektive Kriterien

3.5.3.1. Schmerzhaftige Beschwiellung

Aufgezeichnet wurden schmerzhaftige Druckstellen medialseitig über dem Grundgelenk (Ballen, Pseudoexostose) und schmerzhaftige Schwielenbildung (Metatarsalgie) über den Metatarsaleköpfchen der Kleinzehen D II-V plantar.

3.5.3.2. Schmerzhaftige Beweglichkeit oder Steifigkeit

Untersucht wurde die Bewegungsschmerzhaftigkeit im Grundgelenk sowie die aktiv mögliche Beweglichkeit.

Die Patienten wurde in Ruhestellung am unbelasteten und entkleideten Fuß untersucht. Registriert wurde die aktive Beweglichkeit in Richtung der dorsalen Extension und Plantarflexion im Großzehengrundgelenk und dabei auftretende Schmerzen.

3.5.3.3. Feststellung der passiven Bewegungsausmaße

Zusätzlich wurde die mögliche passive Beweglichkeit in Richtung der dorsalen Extension und Plantarflexion im Großzehengrundgelenk mit einem Goniometer gemessen und nach der Neutral-Null-Methode registriert. Die Gesamtbeweglichkeit wurde durch Addition der beiden Werte ermittelt.

3.5.3.4. Feststellung des Kraftausmaßes

Als weitere Zusatzuntersuchung wurde die Kraftausprägung in Richtung der dorsalen Extension und Plantarflexion im Großzehengrundgelenk manuell getestet und nach den Richtlinien von Daniels, Williams und Worthigham in einfüntel Kraftgrade eingeteilt (9).

3.5.3.5. Untersuchungsbogen

In Anlehnung an das Mayo-Clinic-Forfoot-Scoring-System wurde ein Untersuchungsbogen entwickelt, der sowohl die Scoreuntersuchungen wie auch die oben genannten Zusatzfragen und –untersuchungen beinhaltet. Der Untersuchungsbogen ist Tabelle 2 abgebildet.

Tab. 2: Fußscore modifiziert nach dem Mayo-Clinic-Forfoot-Scoring-System und Zusatzfragen sowie Zusatzuntersuchungen:

Untersuchungsbogen		
Pat:	Untersuchungsdatum:	
Fußscore		
Kriterien		Punkte
<i>Schmerz</i>		
keiner		30
mild:	ab und zu minimal	20
mittel:	deutlich, täglich	10
schwer:	fast immer da, Patient wünscht Behandlung	0
<i>Funktionelle Einschränkung</i>		
keine		15
leicht:	geringe Behinderungen im täglichen Leben und bei Freizeitsaktivitäten	10
mittel:	Freizeitsaktivitäten werden nicht toleriert, einige Einschränkungen im täglichen Leben	5
schwer:	deutliche Einschränkung im täglichen Leben, Unterstützung ist notwendig	0
<i>Einschränkungen bei der Schuhwahl</i>		
keine oder geringe Einschränkungen	einige Modeschuhe werden toleriert	10
mittlere Einschränkungen	Modeschuhe werden nicht toleriert	5
schwere Einschränkungen	nur orthopädische Schuhe werden toleriert	0
<i>Alignement</i>		
nicht oder sichtbar akzeptabel		5
deutlich sichtbar, unangenehm		0
<i>Empfindliche, schmerzhafte Schwielen</i>		
keine		10
vorhanden		0
<i>Steifigkeit oder schmerzhafte Gelenkbeweglichkeit</i>		
nein		5
ja		0
Gesamtpunktzahl		75

Zusatzfragen:	
Subjektive Zufriedenheit sehr zufrieden zufrieden nicht zufrieden	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Würden Sie bei gleichen Beschwerden die Operation nochmal durchführen lassen? ja nein	ja – nein <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Tragen Sie Einlagen, benötigen Sie eine spezielle Schuhzurichtung oder Gehhilfen? Einlagen Schuhzurichtung Gehhilfen	ja – nein ja – nein ja – nein
Zusatzuntersuchungen:	
Passive Beweglichkeit im Großzehengrundgelenk in Grad Dorsalextension Plantarflexion	x / ° x / °
Kraftausprägung im Großzehengrundgelenk in 1/5 Kraftgraden Dorsalextension Plantarflexion	x / 5 x / 5

3.6. Röntgen

Bei der Nachuntersuchung wurde von den operierten Füßen eine Aufnahme in der Transversalebene im dorso-plantaren Strahlengang unter Belastung (a.p.-Aufnahme im Stehen) angefertigt.

Zur Verlaufsbeurteilung wurden präoperative Aufnahmen herangezogen, die in gleicher Technik angefertigt worden waren.

Zum Vergleich präoperativ / postoperativ lagen präoperativ 56 auswertbare Aufnahmen vor. Postoperativ konnten von allen Patienten, die an der Untersuchung teilnahmen, Aufnahmen angefertigt werden (n= 66 Füße). Für Untersuchungen die sich auf den präoperativen Zustand bezogen, wurden 56 Aufnahmen ausgewertet. Bei Untersuchungen die lediglich den postoperativen Status betrafen wurden 66 Aufnahmen berücksichtigt.

Die Röntgenbilder wurden nach folgenden Kriterien ausgewertet:

3.6.1 Metatarsophalangealwinkel I (Hallux valgus-Winkel)

Der Winkel im ersten Metatarsophalangealgelenk wird in der a.p.-Aufnahme bestimmt durch den Winkel zwischen den Längsachsen des Os metatarsale I und der Grundphalanx auf Höhe der Längshalbierenden der Diaphyse des jeweiligen Knochens (siehe Abbildung 1).

Der Normwert beträgt bis 15° (15).

3.6.2. Intermetatarsalwinkel I–II

Der Intermetatarsalwinkel wird in der a.p.-Aufnahme zwischen den Längsachsen der jeweiligen Os metatarsalia auf Höhe der längshalbierenden Diaphysen gemessen (siehe Abbildung 1).

Der Normwert beträgt bis 9° (15).

3.6.3. Relative Länge des Metatarsale I gegenüber dem Metatarsale II

Die relative Länge der ersten beiden Mittelfußknochen bzw. die Stellung ihrer Köpfchen zueinander, wird als Metatarsalindex angegeben. Es ist zu unterscheiden zwischen einem Plus-Index, bei dem das Os metatarsale des 1.Strahls das des 2.Strahls an relativer Länge überschreitet, einem Minus-Index, wobei das Köpfchen des 2.Mittelfußknochens relativ gesehen das erste überragt und einem Plus-Minus-Index, bei dem beide Os metatarsalia eine gleiche relative Länge aufweisen.

Bestimmt wurde der Metatarsalindex nach der Methode von Donick (8). Hierbei bildet der Schnittpunkt der nach proximal verlängerten Längsachsen durch den ersten und zweiten Mittelfußknochen den Mittelpunkt der Kreisbögen durch die distale Kortexlinie der jeweiligen Metatarsaleköpfchen. Nach dem Abtragen der Kreisbögen auf die nach distal verlängerte Längsachse des Metatarsale I erfolgt das Abmessen der Differenz d in Millimeter, wobei der Index eindeutig abzulesen ist (siehe Abbildung 1).

Abb.1: Dargestellt sind die Methoden, nach denen der Metatarsophalangealwinkel I (Hallux valgus-Winkel), der Intermetatarsalwinkel I-II und der Metatarsalindex im Röntgenbild bestimmt wurden.

- a) Metatarsophalangealwinkel I zwischen den Linien 1 und 2.
- b) Intermetatarsalwinkel I-II zwischen den Linien 1 und 3.
- c) Metatarsalindex: Abstand d zwischen Kreisbogen 1 und Kreisbogen 2 vom Schnittpunkt P ausgehend.



3.6.4. Bestimmung des Resektionsausmaßes

Die Länge der Grundphalanx wurde am präoperativen und postoperativen Röntgenbild durch je zwei transversale Linien, die im Bereich der distalen und proximalen Kortexlinie der Grundphalanx angelegt wurden, bestimmt. Beide Längen wurden in Millimeter angegeben, und daraus wurde das Resektionsausmaß RA in Prozent errechnet ($RA = 100\% - [100/L1 \times L2]$) (siehe Abbildung 2).

3.6.5. Pseudogelenkspalt

Der Pseudogelenkspalt wurde gemessen, indem transversale Linien im Bereich der proximalen Grundphalanx und im Bereich des Metatarsaleköpfchens jeweils am Ende der Kortikalislinien gelegt wurden. Der Abstand wurde in Millimeter angegeben (siehe Abbildung 2).

Abb.2: Dargestellt sind die Methoden nach denen das Resektionsausmaß und der Pseudogelenkspalt ausgemessen wurden.

a) Resektionsausmaß:

RA = Abstand zwischen Linie1 und Linie 2 minus Abstand zwischen Linie3 und Linie 4.

b) Pseudogelenkspalt: Abstand d zwischen Linie 4 und Linie 5.



3.7. Komplikationen

Komplikation die mittelbar oder unmittelbar mit der Operation zusammenhängen, oder noch während des stationären Aufenthalts aufgetreten sind wurden aus den Akten entnommen.

3.8. Auswertung der Ergebnisse

Die Auswertung der Ergebnisse erfolgte mittels des oben angegebenen klinischen Scores mit einer Gesamtpunktzahl von 75. Die Resultate wurden, wie im Score vorgegeben, als gut angesehen, wenn 70 - 75 Punkte erreicht wurden, als befriedigend bei 60 - 65 Punkte und als schlecht bei Erreichen von weniger als 60 Punkte.

3.9. Analyse der schlechten Ergebnisse

Es wurde eine Einzelanalyse der schlechten Ergebnisse durchgeführt.

3.10. Statistische Auswertung

Die statistische Auswertung wurde mit der Software SigmaStat für Windows Version 2.0 (Jandel Corporation, Erkrath, Germany) durchgeführt. Es wurden für die gemessenen Parameter Mittelwert und Standardabweichung berechnet.

Zunächst wurden die Daten auf Normalverteilung (Kolmogorow-Smirnov-Test) überprüft. Zum Vergleich der prä- und postoperativen Daten kam der Wilcoxon Paardifferenztest zur Anwendung. Zum Vergleich zweier unabhängiger Gruppen wurde der U-Test nach Mann und Whitney angewandt, zum Vergleich mehrerer unabhängiger Stichproben bei Vorliegen einer Normalverteilung der one-way ANOVA, bei nicht normalverteilten Gruppen der H-Test nach Kruskal-Wallis. Unterschiede zwischen den Gruppen wurden mittels post hoc-Test nach Tukey ermittelt.

Ein $p < 0,05$ wurde als signifikant, ein $p < 0,01$ als hoch signifikant erachtet.

3.11. Operation und Nachbehandlung

3.11.1. Operationstechnik

Über einen plantarkonvexen medialen Hautschnitt (dorsal geführte Hautschnitte müssen aus kosmetischen Gründen unbedingt vermieden werden) wird die Exostose und das Großzehengrundgelenk freigelegt (keine schichtweise Präparation wegen der Gefahr von Hautnekrosen). Die Resektion von einem Drittel bis zur Hälfte der Grundphalanx wird unter Schutz der Flexorensehne vorgenommen. Ausnahmsweise werden auch zwei Drittel, vor allem bei Rezidiveingriffen, reseziert. Nachfolgend wird die Exostose abgetragen. Es folgt die Präparation der Sehne des M. adductor hallucis und die Ablösung der Sehne vom lateralen Sesambein. Diese wird in der Mitte mit einem resorbierbaren Faden angeschlungen und die Fäden werden transossär durch das Metatarsaleköpfchen geführt und medial unter Zug geknotet. Der distale Rest der Sehne kann als Interpositum lateral im neugebildeten Großzehengrundgelenk dienen. Manchmal ist die Fixierung der Sehne des M. abductor hallucis über einen kleinen Bohrkanaal an der medialen Resektionsstelle der Grundphalanx notwendig. Die Stabilisierung erfolgt mit einem Kirschnerdraht. Gegebenenfalls empfiehlt es sich, einen zweiten Kirschnerdraht zur Rotationssicherung einzubringen. Die Drähte werden nach frühestens zwei Wochen entfernt.

3.11.2. Nachbehandlung

Postoperativ kann der Patient eine Fersenbelastung durchführen. Das Abrollen wird wegen der Bruchgefahr des Kirschnerdrahtes nicht erlaubt. Nach Entfernung des Kirschnerdrahtes erfolgt eine intensive krankengymnastische Übungsbehandlung nach den Vorstellungen der Fußmuskelschule.

Bei der postoperativen Übungsbehandlung ist größter Wert auf die Abspreizung der Großzehe (Kräftigung des M. abductor hallucis) zu legen. Die Fußmuskelschulung sollte, wenn möglich, zumindest für acht Tage stationär durchgeführt werden. Somit ist eine intensive Schulung der Patienten gewährleistet, und die Muskelübungen können dann vom Patienten selbst durchgeführt werden. Zur Vermeidung einer Transfermetatarsalgie ist eine Versorgung mit Einlagen notwendig, um eine Abstützung des Quergewölbes durch eine Metatarsalpelotte zu erreichen.

3.11.3 Arbeits- und Sportfähigkeit

Vier Wochen nach der Operation, spätestens aber nach sechs Wochen sollte die Großzehe eine Muskelstabilität aufweisen und die aktive Beweglichkeit des Großzehengrundgelenks 20-0-20 Grad betragen. Sämtliche sportliche Betätigungen sind danach erlaubt.

4. Ergebnisse

4.1. Auswertung der erhobenen Daten aus den Krankenblättern und Patientenakten

4.1.1. Alter und Geschlechtsverteilung der nachuntersuchten Patienten zum Operationszeitpunkt

Die 40 nachuntersuchten Patienten waren zum Operationszeitpunkt im Durchschnitt 59 ± 9 Jahre alt, der jüngste Patient war 32 Jahre, der älteste 76 Jahre. Es handelte sich um 37 Frauen und 3 Männer.

4.1.2. Nachuntersuchungszeitraum

Der Zeitraum zwischen Operation und Nachuntersuchung betrug im Mittel 128 ± 22 Monate ($10,6 \pm 1,8$ Jahre).

Der kürzeste Nachuntersuchungszeitraum betrug 101 Monate (8,4 Jahre), der längste 171 Monate (14,2 Jahre).

4.1.3. Wiederfindungsrate

Von den 60 operierten Patienten konnten 40 für eine Nachuntersuchung erreicht werden. Da bei 26 Patienten beide Halluces operiert wurden, konnten 66 von 95 nachuntersucht werden. Dies entspricht einer Wiederfindungsrate von 66,7% respektive 69,5%.

4.1.4. Stationärer Aufenthalt

Die durchschnittliche Aufenthaltsdauer nach der Operation betrug im Mittel 6 Tage, die längste Aufenthaltsdauer 17 Tage, die kürzeste 2 Tage. Anschließend wurden die Patienten in eine Nachbehandlungsklinik überwiesen, in der die Drahtentfernung und die erste Phase der krankengymnastischen Übungsbehandlung stattfanden.

4.1.5. Zusatzoperationen an Kleinzechen

15 Hallux valgus Operationen (22,7%) erfolgten ohne Zusatzoperationen. Bei 31 (47%) wurde zusätzlich in gleicher Sitzung eine Kleinzehe operiert, bei 13 (19,7%) wurden 2-3 Kleinzechen in gleicher Sitzung korrigiert und bei 7 (10,6%) alle Kleinzechen.

4.1.6. Komplikationen

Bei den 66 durchgeführten Operationen kam es in der frühen postoperativen Phase in drei Fällen (4,6%) zu folgenden Komplikationen.

Eine oberflächliche Wundheilungsstörung, die ohne Folgen unter lokal antiseptischen Maßnahmen ausheilte. Eine Durchblutungsstörung der dritten Zehe nach einer Hammerzechenkorrektur nach Hohmann, die sich nach Stellungskorrektur der Zehe und systemischer Gabe von durchblutungsfördernden Infusionen am zweiten postoperativen Tag besserte und folgenlos ausheilte und eine Thrombophlebitis am Unterschenkel bei vorbestehender Varikosis, die ebenfalls nach konservativer Therapie zur Ausheilung gebracht werden konnte. Es wurden keine tiefen Infektionen, Pininfekte oder thromboembolische Komplikationen beobachtet.

4.2. Auswertung der klinischen Untersuchungen

Zur Auswertung der klinischen Ergebnisse wurde ein, nach dem Mayo-Clinic-Forefoot-Scoring-System modifizierter klinischer Score verwendet.

4.2.1. Gesamtergebnisse

Insgesamt wurde bei den 66 untersuchten Füßen ein mittleres Ergebnis von 64 ± 17 Punkten erreicht (Maximum 75 Punkte, Minimal 15 Punkte).

Die erreichten Score-Ergebnisse wurden eingeteilt in gut (70-75 Punkte), befriedigend (60-65 Punkte) und schlecht (< 60 Punkte).

Von den 66 untersuchten Füßen erreichten 43 (65,2%) ein gutes Ergebnis. 11 mal (16,7%) wurde ein befriedigendes Ergebnis und 12 mal (18,1%) ein schlechtes Ergebnis erzielt.

4.2.2. Analyse der schlechten Ergebnisse

Bei 7 Patienten mit 12 operierten Füßen wurde ein schlechtes Ergebnis im Score erreicht. Häufig waren mehrere Kriterien für ein Fehlschlagen der Operation verantwortlich.

Einzelbetrachtung

Pat.1: Eine zum Operationszeitpunkt 46 Jahre alte Patientin, beidseits operiert, klagte über eine Instabilität der Großzehe mit einem deutlichem Kraftverlust vor allem in der Plantarflexion beidseits. Es bestand weiterhin ein Hallux valgus von 24° rechts und 21° links, was als störend empfunden wurde. Grund für die Instabilität und das Hallux valgus-Rezidiv war vermutlich die ausgiebige Grundgelenksresektion von 54% rechts und 57% links.

Pat.2: Eine zum Operationszeitpunkt 58 Jahre alte Patientin, beidseits operiert, klagte über Schmerzen im Sinne einer Metatarsalgie beidseits und über der Pseudoexostose links. Hier bestand ein Hallux valgus von 28° , sowie eine superductus Stellung D II rechts mehr als links und Hammerzehen D III-IV beidseitig (siehe Abbildung 3). Die Patientin benötigte eine orthopädische Schuhzurichtung. Der Grund für die Probleme der Patientin kann die nicht beseitigte Spreizfußdeformität gewesen sein, da vor allem links ein postoperativer Intermetatarsalwinkel I-II von 14° gemessen wurde. Präoperative Aufnahmen zum Vergleich waren nicht vorhanden. In der nachfolgenden Abbildung sind die postoperativen Röntgenaufnahmen im a.p.-Strahlengang dargestellt.

Abb.3: Dargestellt sind die postoperativen Röntgenbilder der Pat. 2:

- a) a.p.-Strahlengang postoperativ links,
- b) a.p.-Strahlengang postoperativ rechts



Pat.3: Eine zum Operationszeitpunkt 52 Jahre alte Patientin, beidseits operiert, klagte über Schmerzen vor allem im Großzehengrundgelenk beidseits, die mit einer Steifigkeit einhergingen. Die Beweglichkeit betrug Dorsalextension - Plantarflexion 30-0-10°. Die Hallux valgus-Fehlstellung wurde von 30° auf 21° rechts und von 27° auf 20° links korrigiert. Ein möglicher Grund für die Schmerzen und Bewegungseinschränkung könnte eine zu knappe Grundgelenksresektion von 32% rechts und 29% links gewesen sein.

Pat.4: Eine zum Operationszeitpunkt 52 Jahre alte Patientin, beidseits operiert, klagte über Steifigkeit und Schmerzen im Großzehengrundgelenk, bei einer Beweglichkeit von Dorsalextension - Plantarflexion von 20-0-5° beidseits. Der Intermetatarsalwinkel I-II und der Halux valgus-Winkel betragen 12° bzw. 24° beidseits (siehe Abbildung 4). Gründe für die Probleme der Patientin können nicht sicher angegeben werden, da präoperative Aufnahmen zum Vergleich nicht vorhanden waren. In Abbildungen 4 sind die postoperativen Röntgenaufnahmen im a.p.-Strahlengang von beiden Füßen dargestellt.

Abb.4: Dargestellt sind die postoperativen Röntgenbilder der Pat. 4:

a) a.p.-Strahlengang zur Nachuntersuchung links

b) a.p.-Strahlengang zur Nachuntersuchung rechts.



Pat.5: Eine zum Operationszeitpunkt 72 Jahre alte Patientin, einseitig operiert, klagte über einen Hallux valgus von 26° , bei einem Ausgangswinkel präoperativ von 38° . Außerdem bestand eine störende Überlänge der vierten Zehe. Der Grund für die Probleme der Patientin kann eine Nichtbeachtung des Zehenalignements bei komplexer Vorfußdeformität gewesen sein. Bei der Patientin wurden bei präoperativ bestehenden Hammerzehenfehlstellungen zusätzlich alle Kleinzehen korrigiert.

Pat.6: Eine zum Operationszeitpunkt 76 Jahre alte Patientin, beidseits operiert, klagte bei der Nachuntersuchung über einen Hallux valgus von 29° bzw. 30° , bei einem Ausgangswinkel von 40° beidseits. Außerdem waren Hammerzehen D IV und D V wieder aufgetreten. Bei der Patientin wurden bei präoperativ bestehenden Hammerzehenfehlstellungen zusätzlich alle Kleinzehen korrigiert. Der Grund für das Hallux valgus-Rezidiv könnte die ausgiebige Resektion der Grundphalanx mit 50%, respektive 63% gewesen sein.

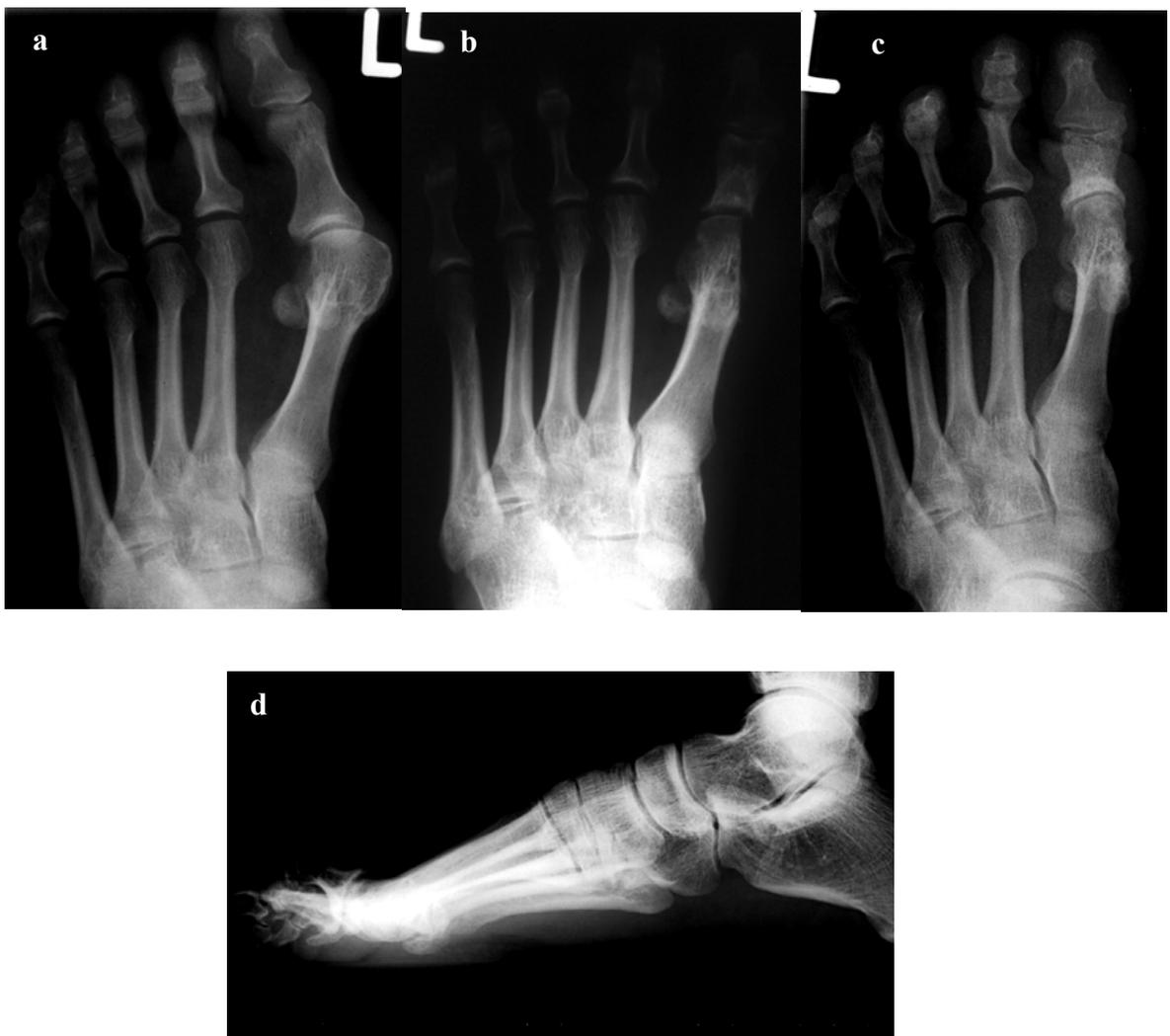
Pat.7: Eine zum Operationszeitpunkt 52 Jahre alte Patientin, einseitig operiert, klagte über eine Dorsalextensionsfehlstellung im Großzehengrundgelenk. Die maximal mögliche

Plantarflexion betrug passiv -5° . Auch hier liegt ein möglicher Grund in der ausgiebigen Resektion der Grundphalanx mit 52% sowie in einer großzügigen Resektion der Pseudoexostose (siehe Abbildung 5).

In den nachfolgenden Abbildungen sind die Röntgenaufnahmen des linken Fußes präoperativ, 6 Wochen postoperativ im a.p.-Strahlengang und in beiden Ebenen zum Nachuntersuchungszeitpunkt dargestellt.

Abb.5: Dargestellt sind die Röntgenbilder der Pat. 7:

- a) a.p.-Strahlengang präoperativ links
- b) a.p.-Strahlengang 6 Wochen postoperativ links
- c) a.p.-Strahlengang zur Nachuntersuchung.
- d) seitlicher Strahlengang zur Nachuntersuchung.



4.2.3. Einzelbetrachtung der Unterpunkte

4.2.3.1. Stärke der Schmerzen

Untersucht wurden die Angaben der Patienten bezüglich der durch die Halluxfehlstellung verursachten Schmerzen präoperativ und bei der Nachuntersuchung.

Präoperativ wurden die Schmerzen, die durch die Hallux valgus-Deformität verursacht werden 6 mal (9,1%) als mild beschrieben, 38 mal (57,6%) als mittel und 22 mal (33,3%) als schwer. Eine schmerzfreie Hallux valgus-Deformität wurde in keinem Fall gefunden.

Bei der Nachuntersuchung waren 52 (78,8%) der operierten Füße schmerzfrei, 7 (10,6%) der operierten Großzehen verursachten milde Schmerzen, 5 (7,6%) mittlere und 2 (3%) schwere Schmerzen. Das ergab eine mittlere Scorepunktzahl von 2 ± 6 präoperativ und 26 ± 9 postoperativ.

Die Abbildung 6 zeigt die Mittelwerte und Standardabweichungen der Scorepunkte prä- und postoperativ.

Bei der Auswertung der erreichten Scorepunkte für die subjektive Schmerzeinschätzung mittels Wilcoxon Paardifferenztest ergab sich eine statistisch hoch signifikante Verbesserung des Schmerzlevels ($p < 0,01$) im Vergleich zu präoperativ. 66 Füße wurden ausgewertet.

4.2.3.2. Schmerzverlauf im Einzelvergleich

Vor der Operation litten alle Patienten unter Schmerzen im Bereich der zu operierenden Großzehe.

Bei der Nachuntersuchung waren 52 (78,8%) der 66 untersuchten Füße schmerzfrei. Acht (12,1%) Füße waren vom Schmerzlevel her gebessert, aber nicht schmerzfrei, 5 mal (7,6%) war das Schmerzlevel gleich und einmal (1,5%) kam es zu einer Verschlimmerung der Schmerzen.

4.2.3.3. Funktionsstörung

Verglichen wurden die Angaben der Patienten bezüglich der durch den Hallux valgus verursachten Funktionsstörungen prä- und postoperativ.

Präoperativ wurden die Funktionsstörungen, die durch die Zehendeformation verursacht werden, in 17 (25,8%) Fällen als leicht angegeben, 40 mal (60,6%) als mittel und 9 mal (13,6%) als schwer. Ohne Funktionsstörungen waren keine der 66 Halluxdeformitäten.

Postoperativ waren 44 (66,7%) der 66 operierten Halluces subjektiv ohne Funktionsstörungen, 17 mal (25,7%) zeigten sich leichte Funktionsstörungen, 5 mal (7,6%) mittelgradige. Schwere Funktionsstörungen fanden sich in keinem Fall. Das ergab eine mittlere Scorepunktzahl von 5 ± 3 präoperativ und 13 ± 3 postoperativ.

In Abbildung 6 sind die Mittelwerte und Standardabweichungen der Scorepunkte prä- und postoperativ dargestellt.

Die statistische Auswertung nach Einteilung der Funktionseinschränkungen in die 4 Gruppen und Vergabe der Scorepunkte ergab eine statistisch hoch signifikante Verbesserung des Ergebnisses ($p < 0,01$). Getestet wurde mittels Wilcoxon Paardifferenztest, 66 Füße wurden ausgewertet.

4.2.3.4. Funktionsstörungen im Verlauf – Einzelvergleich

Präoperativ verursachten alle untersuchten Füße Funktionsstörungen unterschiedlicher Ausprägung.

44 der 66 nachuntersuchten Füße verursachten postoperativ keine Funktionsstörungen und bei 14 Füßen war eine Verbesserung der Funktion feststellbar, sechsmal wurde die Funktion nicht verbessert und zweimal kam es zu einer Verschlechterung.

4.2.3.5. Schuhwahl

Die Patienten wurden befragt, ob sie aufgrund ihrer Zehendeformitäten Schwierigkeiten bei der Auswahl ihrer Schuhe haben.

Präoperativ gab lediglich 1 Patient mit einer Hallux valgus-Deformität keine Probleme bei der Schuhwahl an. 59 Hallux valgus-Deformitäten (89,4%) verursachten mittelgradige Probleme

bei der Schuhwahl und 6 Hallux valgus-Deformitäten (9,1%) waren für schwere Probleme bei der Schuhwahl verantwortlich, so daß eine orthopädische Schuhzurichtung notwendig wurde. Postoperativ zeigte sich, daß 33 (50%) der 66 operierten Füße keinerlei Probleme bei der Schuhwahl verursachten, 31 (47%) mittlere Probleme und nur 2 (3%) der operierten Füße verursachten schwere Probleme.

Das ergab eine mittlere Scorepunktzahl von 5 ± 2 präoperativ und 7 ± 3 postoperativ.

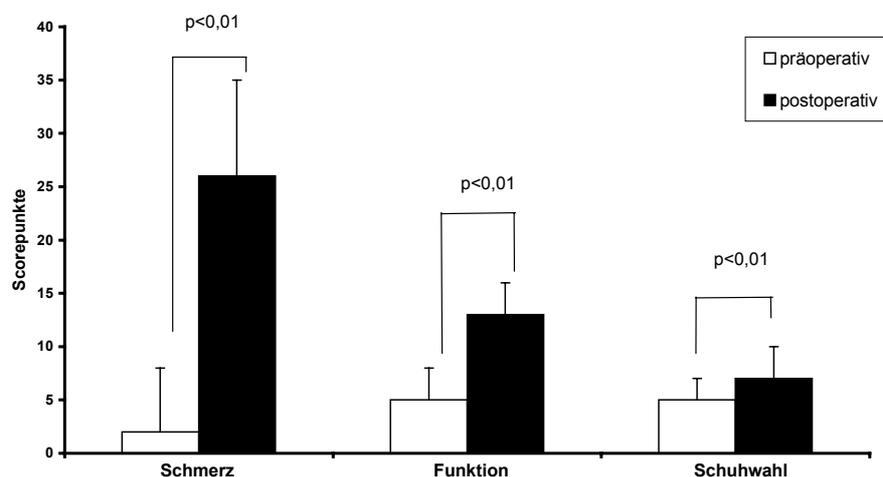
Die Abbildung 6 zeigt die Mittelwerte und Standardabweichungen der vergebenen Scorepunkte prä- und postoperativ.

Die statische Auswertung nach Einteilung der Einschränkungen bei der Schuhwahl in 3 Gruppen und Vergabe der Punkte nach Vorgabe des Scores ergab eine hoch signifikante Verbesserung der Ergebnisse ($p < 0,01$). Untersucht wurden 66 Füße. Die statische Auswertung erfolgte mittels Wilcoxon Paardifferenztest.

4.2.3.6. Probleme bei der Schuhwahl im Einzelvergleich

Bei der Nachuntersuchung zeigte sich, daß 33 (50%) von 66 untersuchten Füßen keinerlei Probleme bei der Schuhwahl hatten, präoperativ war lediglich 1 Patient (ein Fuß) ohne Probleme bei der Schuhwahl. Bei zwei Füßen (3%) kam es zu einer Verbesserung, wobei modische Schuhe nicht toleriert wurden, 28 mal (42,5%) blieben die Probleme gleich und in 3 Fällen (4,5%) wurde eine Verschlechterung registriert.

Abb.6: Schmerzen, Funktionsstörungen und Probleme bei der Schuhwahl im Vergleich präoperativ und postoperativ. Dargestellt sind Mittelwert und Standardabweichung der vergebenen Scorepunkte. Die Unterschiede prä- / postoperativ sind hoch signifikant.



4.2.3.7. Alignement

Die Patienten wurden postoperativ befragt, wie sie mit der Stellung ihrer Zehen und ihrer Fußform zufrieden seien.

Die Patienten gaben an, in 55 Fällen (83,3%) mit dem Alignement ihrer Füße zufrieden zu sein und beurteilten es als nicht sichtbar oder sichtbar akzeptabel.

11 mal (16,7%) wurden die Fußdeformitäten als deutlich sichtbar und somit störend empfunden.

4.2.3.8. Schmerzhaft Beschwiellung

Untersucht wurde nach Schmerzen im Bereich des ersten Metatarsalsköpfchens medial und nach Zeichen einer Metatarsalgie.

a) Druckschmerz im Bereich des Metatarsaleköpfchen I medial (Pseudoexostose, Bunion)

Ein Druckschmerz fand sich bei 3 Füßen (4,5%), 63 mal (95,5%) konnte keiner ausgelöst werden.

b) Druckschmerz über den Metatarsaleköpfchen II-V plantar

4 mal (6,1%) fand sich ein positiver Druckschmerz, 62 mal (93,9%) konnte kein Druckschmerz i.S. einer Metatarsalgie ausgelöst werden.

4.2.3.9. Steifigkeit oder schmerzhaft Gelenkbeweglichkeit

Untersucht wurde auf Druck- und Bewegungsschmerzen im Großzehengrundgelenk und die aktive Beweglichkeit in diesem Gelenk.

a) Bewegungsschmerz im Metatarsophalangealgelenk I.

In 12 Fällen (18,2%) konnte ein Druck- oder Bewegungsschmerz im Großzehengrundgelenk ausgelöst werden, 54 mal (81,8%) war dies bei der Untersuchung nicht auszulösen.

b) Aktive Beweglichkeit im Metatarsophalangealgelenk I

Die Angaben für die aktive Beweglichkeit wurden rein qualitativ getroffen und beinhalten lediglich die Aussage, ob eine Beweglichkeit aktiv möglich oder nicht möglich war.

In 66 Fällen war eine aktive Dorsalextension möglich, in 65 Fällen konnte die Großzehe im Grundgelenk aktiv plantar flektiert werden.

4.3. Auswertung der Zusatzfragen

4.3.1. Zufriedenheit mit der Operation

Die Patienten bewerteten ihre Zufriedenheit mit dem Operationsergebnis zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung. 30 Patienten (75%), davon 19 mit beidseits operierten Füßen, zeigten sich sehr zufrieden. Sechs Patienten (15%), davon 4 beidseits operiert, waren mit dem Operationsergebnis zufrieden und 4 Patienten (10%), davon 3 beidseits, operiert waren mit der Operation nicht zufrieden.

4.3.2. Wiederholung der Operation

Auf die Frage, ob sie bei gleichen Beschwerden wie vor der Operation bei gleicher Ausgangslage wieder eine Operation nach Keller-Brandes an ihrem Hallux valgus machen lassen würden, äußerten sich 35 Patienten (87,5%), davon 23 mit beidseits operierten Großzehen, mit ja und 5 Patienten (12,5%), davon 3 beidseits operiert, mit nein.

4.3.3. Hilfsmittel

Die Patienten wurden befragt, ob sie prä- oder postoperativ orthopädietechnische Hilfsmittel aufgrund ihrer Zehendeformitäten benötigten. Gefragt wurde nach Einlagen, orthopädischen Schuhen und Gehhilfen.

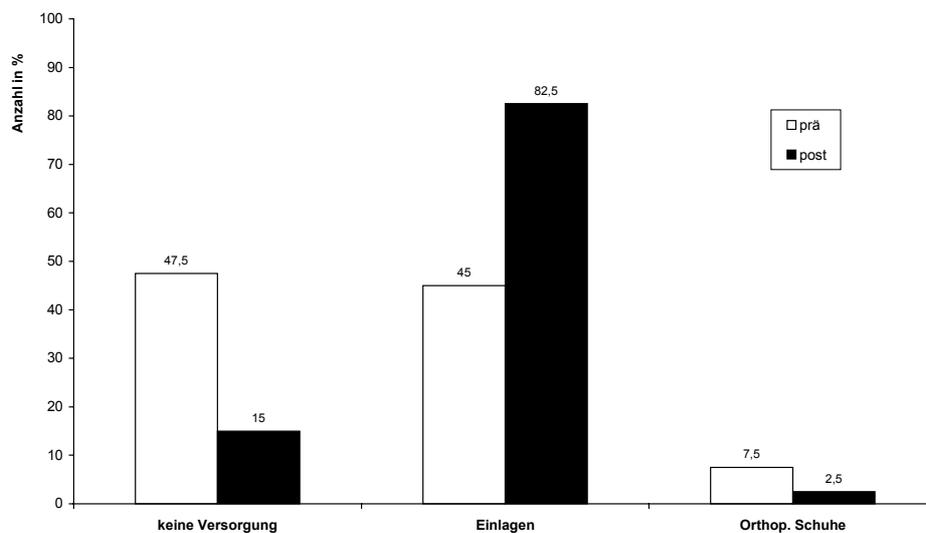
Von den 40 befragten Patienten (66 Füße) verwendeten 19 Patienten (47,5%) präoperativ keinerlei Hilfsmittel, 18 Patienten (45%) benutzten präoperativ regelmäßig Einlagen, 3 Patienten benötigten eine orthopädische Schuhzurichtung.

Postoperativ gaben 6 Patienten (15%) an, keine Hilfsmittel zu verwenden, 33 Patienten (82,5%) benutzten regelmäßig Einlagen und 1 Patient (2,5%) benötigte orthopädische Schuhe.

Weder präoperativ noch bei der Nachuntersuchung war einer der Patienten auf Gehhilfen angewiesen.

In Abbildung 7 ist die Verteilung der Hilfsmittel prä- und postoperativ dargestellt.

Abb.7: Verwendung von Hilfsmitteln: Dargestellt ist die Verteilung der verwendeten orthopädiotechnischen Hilfsmittel im Vergleich prä- zu postoperativ, bezogen auf die Anzahl der Patienten in Prozent.



4.4. Auswertung der Zusatzuntersuchungen

4.4.1. Passive Beweglichkeit im Metatarsophalangealgelenk I

Das passive Bewegungsausmaß der Plantarflexion und Dorsalextension im Metatarsophalangealgelenk wurde gemessen, wobei von der Neutralstellung von oberem und unterem Sprunggelenk und Metatarsophalangealgelenk I ausgegangen wurde.

Die Angaben für die passive Beweglichkeit beruhen auf der Neutral-O-Methode.

Tabelle 3 zeigt Ihnen das durchschnittliche Bewegungsausmaß in Dorsalextension, Plantarflexion und Gesamtbeweglichkeit. Angegeben wird außerdem Maximum, Minimum und Standardabweichung.

Tab.3: Passive Beweglichkeit im Großzehengrundgelenk. Angegeben sind Mittelwert, Standardabweichung, Maximum und Minimum der möglichen Dorsalextension und Plantarflexion sowie die Gesamtbeweglichkeit in Grad.

Passive Beweglichkeit in Grad	Mittelwert \pm SD	Maximum	Minimum
Dorsalextension	42 \pm 8	50	20
Plantarflexion	24 \pm 10	40	-5
Gesamtbeweglichkeit	66 \pm 17	90	25

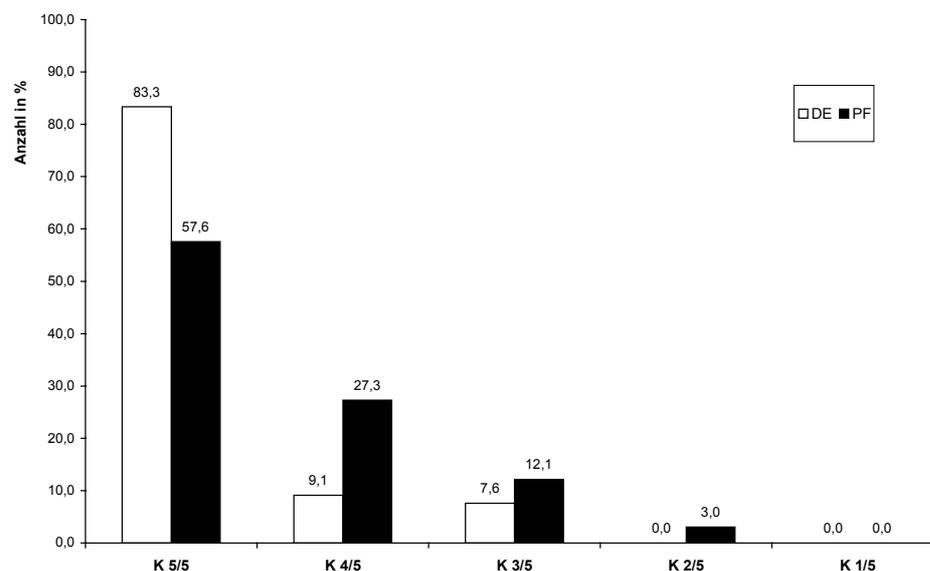
4.4.2. Kraftgrad im Metatarsophalangealgelenk I

Die Kraft der Flexoren und Extensoren wurde geprüft und in 1/5 Kraftgrade, nach der in Material und Methode beschriebenen Art, eingeteilt.

55 (83,3%) der 66 untersuchten Großzehen erreichten in die Dorsalextension und 38 (57,6%) in die Plantarflexion die maximale Kraftentwicklung.

Die Werte sind in Abbildung 8 dargestellt.

Abb.8: Ermittelter Kraftgrad für die Dorsalextension (DE) und Plantarflexion (PF) eingeteilt in 1/5 Grade bezogen auf die Anzahl der operierten Füße in Prozent.



4.5. Auswertung der Röntgenuntersuchung

Die Röntgenbilder wurden in der in Material und Methode beschriebenen Technik durchgeführt. Präoperative Aufnahmen lagen uns für 56 Füße vor. Bei der Nachuntersuchung konnten von allen Füßen Röntgenaufnahmen in oben beschriebener Technik angefertigt und ausgewertet werden.

Für die Auswertung der Ergebnisse im Verlauf wurden nur die Röntgenbilder aus der Nachuntersuchung herangezogen, für die auch präoperative Aufnahmen vorlagen.

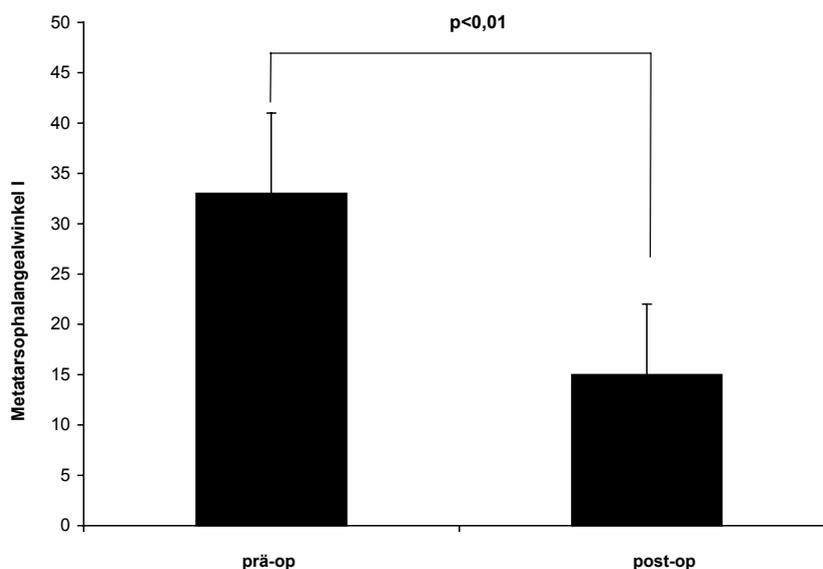
4.5.1. Metatarsophalangealwinkel I

Der Metatarsophalangealwinkel I wurde in der a.p.-Röntgenaufnahme im Stehen bestimmt. Der präoperative Metatarsophalangealwinkel I betrug im Durchschnitt $33^\circ \pm 8^\circ$, postoperativ $15^\circ \pm 7^\circ$.

In Abbildung 9 sind Mittelwert und Standardabweichung der bei der Nachuntersuchung ausgewerteten Ergebnisse aufgeführt. Die Anzahl der ausgewerteten Füße war $n = 56$.

Abb.9: Metatarsophalangealwinkel I prä- und postoperativ.

Dargestellt sind Mittelwert, Standardabweichung, des Metatarsophalangealwinkel I in Grad im Vergleich prä- und postoperativ. Ausgewertet wurden $n = 56$ Füße.



Bei allen 56 ausgewerteten Röntgenbildern konnte eine Verminderung des Metatarsophalangealwinkel I festgestellt werden (Maximum 36°, Minimum 1°).

Das durchschnittliche Korrekturergebnis lag bei $18^\circ \pm 8^\circ$ (55,4%).

Die statistische Untersuchung erfolgte mittels Wilcoxon Paardifferenztest.

Es zeigt sich eine statistisch hoch signifikante Abnahme des Metatarsophalangealwinkel I im Verlauf ($p < 0,01$).

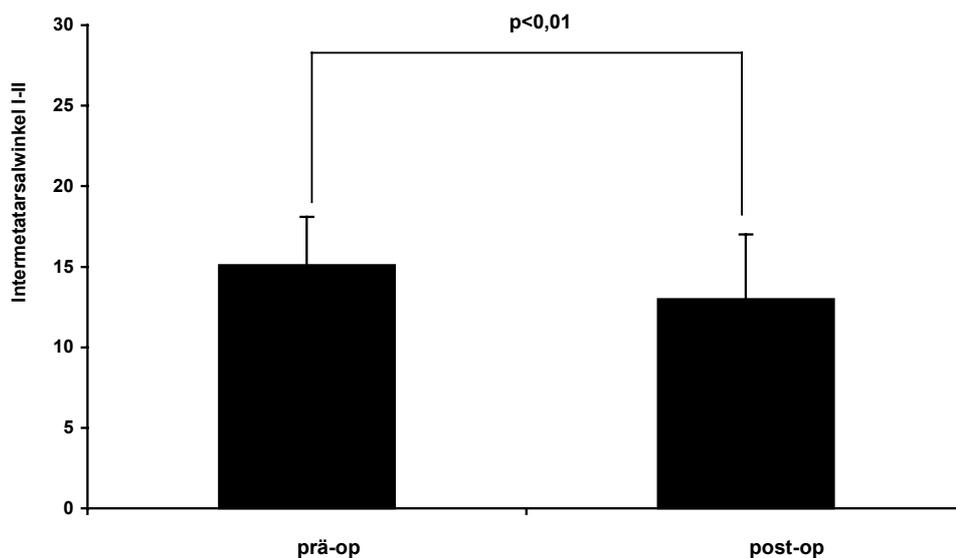
4.5.2. Intermetatarsalwinkel I-II

Der Intermetatarsalwinkel I-II wurde in der a.p.-Röntgenaufnahme im Stehen bestimmt. Der Intermetatarsalwinkel I-II betrug präoperativ im Durchschnitt $15^\circ \pm 3^\circ$, postoperativ $13^\circ \pm 4^\circ$.

Die nachfolgende Graphik zeigt die erhaltenen Ergebnisse. Angegeben werden Mittelwert und Standardabweichungen. Zur Auswertung kamen 56 Füße.

Abb.10: Intermetatarsalwinkel I-II prä- und postoperativ.

Dargestellt sind Mittelwert und Standardabweichung des Intermetatarsalwinkel I-II in Grad im Vergleich prä- und postoperativ. Ausgewertet wurden $n = 56$ Füße.



Eine Verbesserung des Intermetatarsalwinkels wurden in 38 Fällen festgestellt, in 5 Fällen blieb er gleich und 13 mal vergrößerte sich der Intermetatarsalwinkel. Das durchschnittliche Ausmaß der Verbesserung lag bei $2^\circ \pm 3^\circ$ (10%), mit einem Maximum von 11° (56%) und einem Minimum von -7° (Verschlechterung von 67%).

Die statistische Auswertung mittels Wilcoxon Paardifferenztest ergab eine statistisch hoch signifikante Verbesserung des Intermetatarsalwinkels I-II ($p < 0,01$).

4.5.3. Ausmaß der Grundphalanxresektion

4.5.3.1. Resektion in Prozent

Es wurde das Resektionsausmaß in Prozentresektion ausgewertet.

Im Durchschnitt wurden bei den 56 untersuchten Eingriffen 41% der Grundphalanx reseziert. Die nachfolgende Tabelle zeigt das Resektionsausmaß in Prozent. Angegeben werden Mittelwert, Standardabweichung, Maximum und Minimum.

Tab. 4: Grundphalanxresektion. Dargestellt sind Mittelwert, Standardabweichung, Maximum und Minimum der Grundphalanxresektion in Prozent.

Grundphalanxresektion	in Prozent
Mittelwert \pm SD	41 \pm 9
Maximum	68
Minimum	26

4.5.3.2. Gruppeneinteilung des Resektionsausmaßes

Das ideale Resektionsausmaß bei der Operation beträgt ein Drittel bis ein Halb der Ausgangslänge der Grundphalanx. Es wurden daher aus den oben erhaltenen Ergebnissen drei Gruppen gebildet. Die erste Gruppe enthält Grundphalanxresektionen weniger als $1/3$, die zweite Gruppe von $1/3 - 1/2$ und die dritte Gruppe ein Resektionsausmaß von mehr als der Hälfte der Grundphalanx.

Insgesamt wurde 16 mal weniger als $1/3$ reseziert, 31 mal wurde zwischen $1/3$ und der Hälfte der Grundphalanx reseziert und 9 mal wurde mehr als die Hälfte der Grundphalanx reseziert.

4.5.4. Gelenkspaltbreite (Pseudogelenkspalt)

Die Gelenkspaltbreite wurde aus den bei der Nachuntersuchung angefertigten a.p.-Röntgenaufnahmen im Stehen entnommen.

Zur Auswertung kamen 66 Röntgenaufnahmen. Es wurden zwei Gruppen gebildet. Die erste Gruppe beinhaltete Gelenkspaltbreiten kleiner 2 mm, die zweite Gruppe Gelenkspaltbreiten größer 2 mm.

48 mal (72,7%) fand sich eine Gelenkspaltbreite kleiner und 18 mal (27,3%) größer 2 mm.

4.5.5. Metarsaltyp

Der Metatarsaltyp wurde aus den bei der Nachuntersuchung angefertigten a.p.-Röntgenaufnahmen im Stehen bestimmt.

Eingeteilt wurden die Metatarsaltypen nach dem Längenverhältnis Metatarsale I zu Metatarsale II.

Insgesamt fand sich 7 mal (10,6%) eine Index-Plusvariante, 28 mal (42,4%) fand sich eine Index-Minusvariante und 31 mal (47%) eine Index-Plus-Minusvariante.

4.6. Vergleich verschiedener Einzelergebnisse

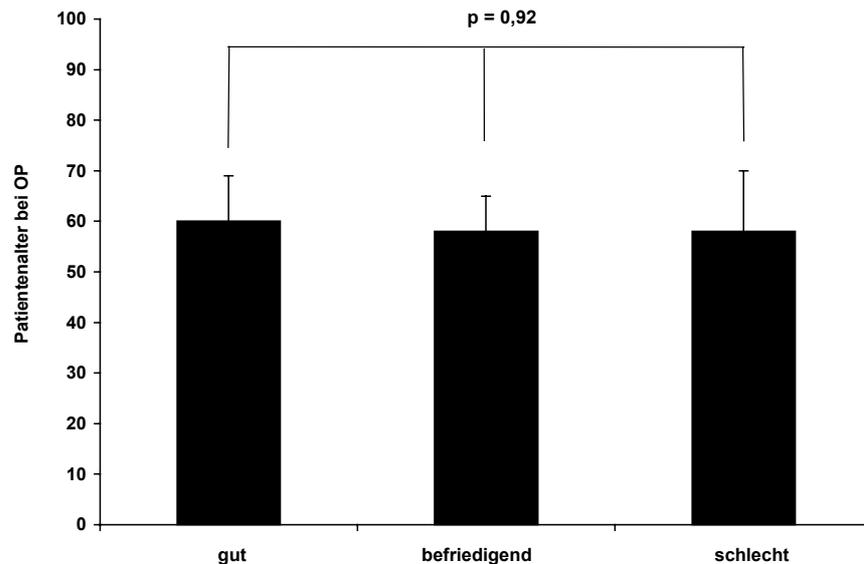
4.6.1. Erreichtes Ergebnis im Mayo-Score versus Alter

Untersucht wurde, ob das erreichte Score-Ergebnis abhängig vom Alter des Patienten bei der Operation ist. Das Durchschnittsalter betrug zum Zeitpunkt der Operation bei den guten Ergebnissen 60 ± 9 Jahre, bei der befriedigenden 58 ± 7 Jahre und bei den schlechten 58 ± 12 Jahre.

Die nachfolgende Graphik zeigt die erhaltenen Ergebnisse. Angegeben werden Mittelwert und Standardabweichung des ermittelten Alters in den einzelnen Gruppen: gutes Ergebnis, befriedigendes Ergebnis und schlechtes Ergebnis.

Zur Auswertung kamen alle Patienten ($n = 40$), die zur Nachuntersuchung erschienen waren. Bei den beidseitig operierten Patienten wurde jeweils zufällig einer der operierten Füße ausgewählt und ausgewertet.

Abb.11: Ergebnis versus Alter (alle Patienten). Dargestellt sind Mittelwert und Standardabweichung des Alters der nachuntersuchten Patienten zum Operationszeitpunkt in Abhängigkeit des erreichten Ergebnisses im Score.



Die statistische Auswertung erfolgte mittels one way-Anova.

Die erhaltenen Ergebnisse zeigten keinen statistisch signifikanten Unterschied ($p = 0,92$).

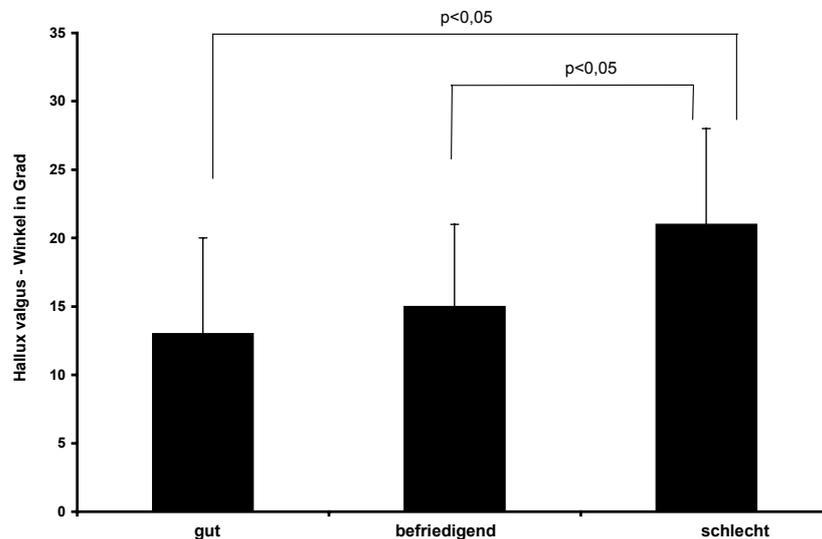
4.6.2. Erreichtes Ergebnis im Mayo-Score versus postoperativer Hallux valgus-Winkel

Untersucht wurde, ob der postoperative Hallux valgus-Winkel in Zusammenhang mit dem erreichten Ergebnis im Mayo-Score steht.

Der postoperative Hallux valgus-Winkel betrug bei den guten Ergebnissen $13^\circ \pm 7^\circ$, bei den befriedigenden $15^\circ \pm 6^\circ$ und bei den schlechten $21^\circ \pm 7^\circ$. Zur Auswertung kamen 66 Füße.

Die nachfolgende Graphik zeigt die erhaltenen Ergebnisse. Angegeben wurden Mittelwert und Standardabweichung des postoperativ erreichten Hallux valgus-Winkels in Grad.

Abb.12: Ergebnis versus postoperativer Hallux valgus-Winkel. Dargestellt sind Mittelwert und Standardabweichung des erreichten Hallux valgus-Winkels in Grad der nachuntersuchten Füße in Abhängigkeit des erreichten Ergebnisses im Score.



Die statistische Auswertung erfolgte mittels one way Anova und post hoc Test nach Tukey.

Bei Vergleich der einzelnen Gruppen zeigte sich, daß ein statistisch signifikanter Unterschied bezüglich der Gruppen 1 und 3 (gutes Ergebnis, schlechtes Ergebnis) und zwischen den Gruppen 2 und 3 (befriedigendes Ergebnis, schlechtes Ergebnis) festzustellen war ($p < 0,05$). Keine statistische Signifikanz zeigte sich zwischen den Gruppen 1 und 2 (gutes Ergebnis, befriedigendes Ergebnis).

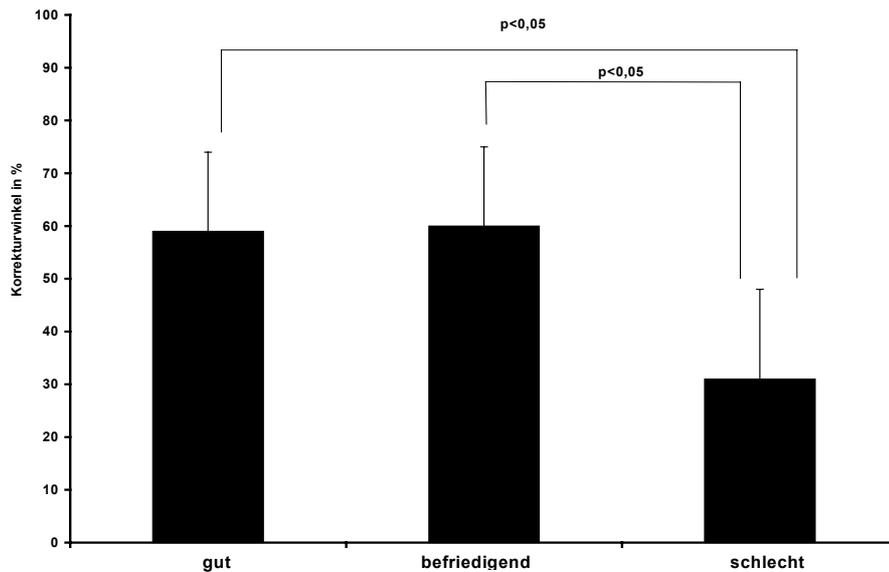
4.6.3. Erreichtes Ergebnis im Mayo-Score versus Korrektur des Hallux valgus-Winkels in Prozent

Untersucht wurde, ob das erreichte Korrekturergebnis des Hallux valgus-Winkels in Prozent mit dem erreichten Ergebnis im Mayo-Score einhergeht. Bei den guten Ergebnissen wurde eine Korrektur von $59\% \pm 15\%$ erreicht, bei den befriedigenden $60\% \pm 15\%$ und bei den schlechten $31\% \pm 17\%$. Zur Auswertung kamen 56 Füße.

Die nachfolgenden Graphik zeigen die erhaltenen Ergebnisse in den einzelnen Gruppen.

Abb.13: Ergebnis versus Korrektur des Hallux valgus Winkels in Prozent

Dargestellt sind Mittelwert, Standardabweichung der erreichten Korrektur des Hallux valgus Winkels in Prozent der nachuntersuchten Füße in Abhängigkeit des erreichten Ergebnisses im Score.



Die statistische Auswertung erfolgte mittels one way Anova und post hoc Test nach Tukey. Eine statistische Signifikanz bezüglich der Korrekturergebnisse ergab sich für die Gruppen 1 und 3 (gut versus schlecht) und 2 und 3 (befriedigend versus schlecht) ($p < 0,05$). Keine statistische Signifikanz zeigte sich zwischen den Gruppen 1 und 2 (gut versus befriedigend).

4.6.4. Erreichtes Ergebnis im Mayo-Score versus Intermetatarsalwinkel I-II präoperativ

Untersucht wurde, ob der präoperativ gemessene Intermetatarsalwinkel I-II die erreichten Ergebnisse im Mayo-Score beeinflusst. Zur Auswertung kamen 56 Füße.

Die Mittelwerte der präoperativen Intermetatarsalwinkel I-II betragen in der Gruppe der guten Ergebnisse $14^\circ \pm 3^\circ$, bei den befriedigenden Ergebnissen $17^\circ \pm 4^\circ$ und bei den schlechten Ergebnissen $16^\circ \pm 4^\circ$.

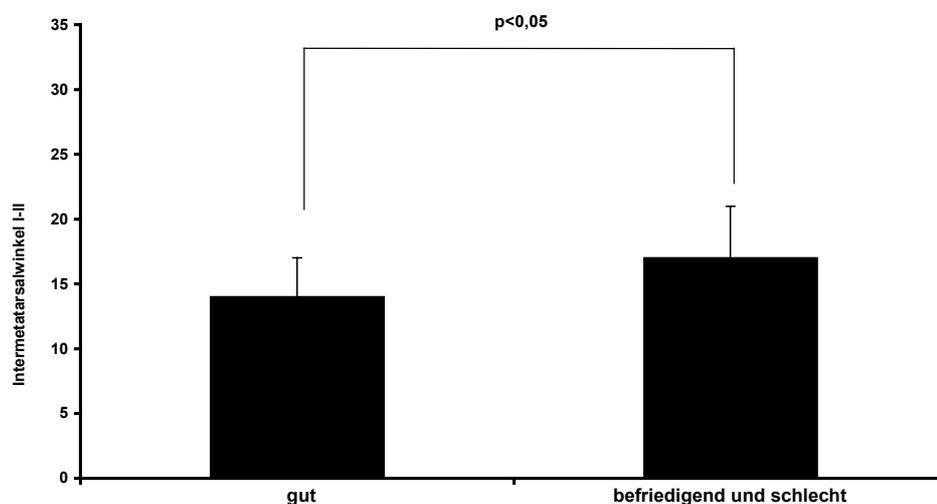
Die statistische Auswertung erfolgte mittels H-Test nach Kruskal-Wallis.

Obgleich die statistische Auswertung ergab, daß zwischen den Gruppen kein signifikanter Unterschied besteht ($p=0,066$) war auffällig, daß die Gruppen „befriedigend und schlechtes Ergebnis“ einen höheren präoperativen Intermetatarsalwinkel I-II hatten.

Um die Gruppengrößen anzupassen wurden die Gruppen 2 und 3 (befriedigende und schlechte Ergebnisse) zusammengefaßt. Die Unterschiede zwischen beiden Gruppen wurden mittels U-Test nach Mann und Whitney ermittelt. Der Vergleich der beiden Gruppen zeigt einen signifikanten Unterschied ($p < 0,05$). Die Ergebnisse sind in der nachfolgenden Graphik dargestellt.

Abb.14: Ergebnis versus präoperativer Intermetatarsalwinkel I-II.

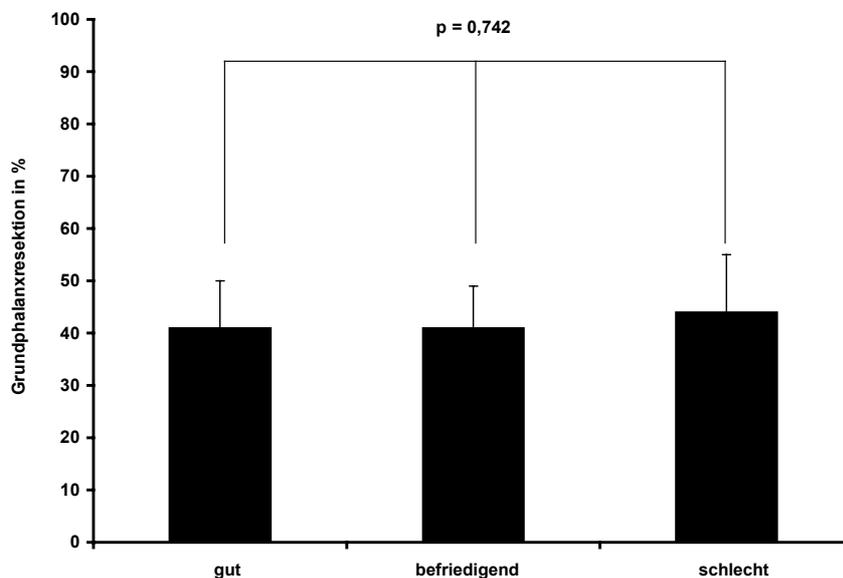
Dargestellt sind Mittelwert und Standardabweichung des präoperativ gemessenen Intermetatarsal I-II Winkels in Grad, in Abhängigkeit des erreichten Ergebnisses im Score. Die Gruppen „befriedigendes und schlechtes Ergebnis wurden zusammengefaßt.



4.6.5. Erreichtes Ergebnis im Mayo-Score versus Ausmaß der Grundphalanx-Resektion in Prozent

Untersucht wurde, ob das erreichte Ergebnis im Mayo-Score in Zusammenhang mit dem Ausmaß der Grundphalanxresektion steht. Die durchschnittliche Grundphalanxresektion in den einzelnen Gruppen betrug für die guten und befriedigenden Ergebnisse $41\% \pm 9\%$ und $41\% \pm 8\%$ sowie $44\% \pm 11\%$ für die schlechten Ergebnisse. Zur Auswertung kamen 56 Füße. Die nachfolgende Abbildung zeigt die erhaltenen Ergebnisse. Angegeben werden Mittelwert und Standardabweichung des Resektionsausmaßes in Prozent.

Abb.15: Ergebnis versus Ausmaß der Grundphalanxresektion in Prozent-Resektion. Dargestellt sind Mittelwert und Standardabweichung des Ausmaßes der Grundphalanxresektion in Prozent-Resektion der nachuntersuchten Füße ($n = 56$) in Abhängigkeit des erreichten Ergebnisses im Score.



Die statistische Auswertung erfolgte mittels one way Anova-Test.

Es ergab sich kein statistisch signifikanter Unterschied bezüglich des Resektionsausmaßes innerhalb der Gruppen gutes Ergebnis, befriedigendes Ergebnis und schlechtes Ergebnis ($p = 0,742$).

4.6.6. Vergleich erreichtes Ergebnis im Mayo-Score mit dem klinischen Bild der Metatarsalgie

Untersucht wurde, ob das Auftreten der Metatarsalgie in Zusammenhang mit dem erreichten Ergebnis im Mayo-Score steht. Zur Auswertung kamen 66 Füße.

An 4 Füßen wurde bei der Nachuntersuchung eine Metatarsalgie festgestellt. Alle 4 Füße waren in der Gruppe mit schlechtem Operationsergebnis nach dem Mayo-Score. Sie erreichten lediglich 15 von 75 Scorepunkten.

Für eine statistische Auswertung war die Gruppe mit den auftretenden Metatarsalgien zu klein, auffallend ist jedoch, daß die Patienten mit Metatarsalgie die schlechtesten Ergebnisse im Mayo-Score erreichten.

4.6.7. Vergleich Metatarsalindex versus erreichte Punkte im Score

Um festzustellen ob der Metatarsalindex einen Einfluß auf das Ergebnis der Operation hat, wurden die erreichten Scorepunkte in den einzelnen Indexkategorien Plus-Minus, Plus und Minus miteinander verglichen. Bei den 31 operierten Füßen mit einem Plus-Minus-Index und bei den 28 operierten Füßen mit einem Minus-Index wurden jeweils 64 Scorepunkte im Durchschnitt erreicht, bei den 7 operierten Füßen mit einem Plus-Index 59 Punkte. Eine statistische Signifikanz konnte nicht festgestellt werden ($p = 0,832$). Die statistische Auswertung erfolgte mittels one way Anova-Test.

4.6.8. Erreichte Punktzahl im Mayo-Score im Vergleich mit der Anzahl der durchgeführten Zusatzoperationen an den Kleinzehen

Untersucht wurde, ob das Score-Ergebnis von der Anzahl der bei der Hallux valgus-Operation zusätzlich durchgeführten Operationen an den Kleinzehen in Zusammenhang steht und somit das Ergebnis beeinflusst.

Es wurden 4 Gruppen gebildet. Die 1. Gruppe beinhaltet die Hallux valgus-Operationen, bei denen keine Zusatzoperation durchgeführt wurde, in der 2. Gruppe wurde nur eine Kleinzehe korrigiert, in der 3. Gruppe 2-3 Kleinzehen und in der 4. Gruppe wurden alle Kleinzehen in derselben Sitzung korrigiert. Die nachfolgende Tabelle zeigt die erhaltenen Ergebnisse.

Angegeben wurden Mittelwert, Standardabweichung, Maximum und Minimum der erreichten Punktzahl im Mayo-Score.

Tab. 5: Anzahl der durchgeführten Zusatzoperationen an Kleinzehen versus Punkte im Mayo-Score. Dargestellt sind Mittelwert, Standardabweichung, Maximum und Minimum der erreichten Punktzahl im Score bezogen auf die Anzahl der durchgeführten Zusatzoperationen an den Kleinzehen (n = 66).

Gruppen	Keine KZ	1 KZ	2-3 KZ	Alle KZ
Anzahl n =	15	31	13	7
Mittelwert ± SD	61 ± 22	63 ± 19	68 ± 6	65 ± 13
Maximum	75	75	75	75
Minimum	15	15	60	50

Die statistische Auswertung erfolgte mittels H-Test nach Kruskal-Wallis.

Es zeigte sich kein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen ($p = 0,95$). Alle 4 Gruppen erreichten annähernd gleiche Punktzahlen im Mayo-Score.

4.6.9 Korrekturausmaß des Metatarsophalangealwinkels I in Abhängigkeit vom Resektionsausmaß

Untersucht wurde, inwieweit das Resektionsausmaß der Grundphalanx die postoperative Korrektur des Hallux valgus-Winkels beeinflusst. Dazu wurden 3 Gruppen gebildet.

Die erste Gruppe beinhaltete Grundphalanxresektionen von mehr als der Hälfte, die zweite Gruppe Resektionen von der Hälfte bis zu einem Drittel der Grundphalanx und die dritte Gruppe waren Resektionen von weniger als einem Drittel der Grundphalanx.

Die nachfolgende Tabelle zeigt die erhaltenen Ergebnisse.

Angegeben werden Mittelwert, Standardabweichung, Maximum und Minimum der erreichten Korrektur in Grad.

Tab 6: Korrekturausmaß des Metatarsophalangealwinkels I in Grad versus Resektionsausmaß:

Gruppen	> 1/2	1/2 - 1/3	< 1/3
Anzahl n =	9	31	16
Mittelwert \pm SD	18 \pm 9	19 \pm 7	18 \pm 9
Maximum	29	31	36
Minimum	1	8	7

Die statistische Auswertung erfolgte mittels H-Test nach Kruskal-Wallis. Der Vergleich ergab keine statistisch signifikante Differenz unter den einzelnen Gruppen ($p = 0,938$).

Die höchsten Korrekturwerte wurde in der Gruppe 2 (Resektionsausmaß 1/2 bis 1/3) erreicht.

5. Diskussion

Seit der Erstbeschreibung der Methode durch Keller 1904 (24) und Brandes 1929 (2) ist die Resektionsarthroplastik eines der am häufigsten angewendeten Operationsverfahren bei der Therapie des Hallux valgus.

Obwohl sich vor allem in den letzten 10 Jahren zahlreiche gelenkerhaltende Methoden zur operativen Therapie des Hallux valgus etabliert haben, stellt die OP nach Keller-Brandes weiterhin ein bewährtes Verfahren, vor allem bei älteren Patienten mit ausgeprägter Fehlstellung im ersten Metatarsophalangealgelenk und beginnender oder ausgeprägter Osteoarthritis, dar. Weitere gute Indikationen sind der Hallux rigidus und nach Fehlschlägen bei gelenkerhaltenden Methoden.

Die Operationstechnik erfuhr seit ihrer Erstbeschreibung zahlreiche Modifikationen. Die am häufigsten genannte Veränderung ist die Verringerung des Resektionsausmaßes der Grundphalanx von zwei Drittel (4,25,29) auf weniger als die Hälfte. Es werden auch zahlreiche Zusatzoperationen im Bereich der Kapsel, Sehnen und Knochen angegeben (5,33,34).

Ziel dieser Arbeit war es, Langzeitergebnisse einer modifizierten Keller-Brandes Operation an einem selektionierten Patientengut zu evaluieren. Die Modifikation bestand in der muskeldynamischen Stabilisierung des ersten Strahls, bei der der M. adductor hallucis an der Basis der Grundphalanx sowie am lateralen Sesambein abgelöst und als aktiver Stabilisator distal am Metatarsaleköpfchen I refixiert wird.

Im Speziellen sollte untersucht werden, inwieweit es möglich war durch diese Modifikation die Schmerzsituation, die Funktionalität und die Problematik bei der Schuhwahl, die durch den Hallux valgus hervorgerufen werden, zu verbessern. Von besonderem Interesse war, ob durch die Modifikation der erste Intermetatarsalwinkel und somit die Verbreiterung des Vorfußes beeinflusst werden kann, und auf längere Sicht eine Revalgisierung und das Auftreten von Transfermetatarsalgien verhindert werden kann. Eine weitere Fragestellung war herauszufinden, von welchen prä- und postoperativen Gegebenheiten die Gesamtergebnisse beeinflusst werden.

In dieser retrospektiven Studie wurden nur Patienten berücksichtigt, die zwischen 1986 und 1991 vom Direktor der Orthopädischen Klinik selbst operiert wurden. Um mögliche Einflüsse der Grunderkrankung auf das Ergebnis auszuschließen wurden nur Patienten mit Hallux valgus berücksichtigt. Ausgeschlossen wurden Patienten, die in gleicher Technik wegen einer

schmerzhaften Teileinsteifung ohne Valgusfehlstellung (Hallux rigidus) operiert wurden. Weitere Ausschlußkriterien waren Revisionsoperationen nach fehlgeschlagenen Hallux valgus-Operationen unterschiedlicher Technik, Vorfußdeformitäten bei chronischer Polyarthritits und anderen Erkrankungen aus dem rheumatischen Formenkreis sowie Hallux valgus-Deformitäten bei neurologischen Erkrankungen oder posttraumatische Hallux valgus-Fehlstellungen.

Zur Validierung einer Operationsmethode sind nur Studien mit einer statistisch aussagekräftigen Patientenzahl und langem follow up geeignet. Außerdem ist es notwendig, die Ergebnisse in einem anerkannten Score zu integrieren, um Vergleiche mit anderen Studien zu ermöglichen. Bei kritischer Betrachtung der aktuellen Studien der letzten 10 Jahre zeigte sich, daß diese Kriterien häufig nur teilweise erfüllt werden.

Trotz langer Nachuntersuchungszeiten (10,11,12,34,37) weisen viele Studien deutliche Mängel auf, die eine wissenschaftlich verwertbare Aussage nicht erlauben.

Entweder ist die Nachuntersuchungsrate sehr gering (1,4,11,12,34,37) oder wird nicht angegeben (10). Es ist somit nicht feststellbar, ob eine größere Anzahl unzufriedener Patienten nicht erfaßt wurde. Ein weiterer wesentlicher Gesichtspunkt ist die Verwendung nicht aussagekräftiger Scores (1,5,10,11,12,34) und die mangelnde oder fehlende statistische Auswertung (1,4,10,25). Weiterhin wird teilweise ein uneinheitliches Patientengut in die Studien aufgenommen und zudem werden unterschiedliche Operationsmodifikationen angewendet (4,11,12,33), was eine Beurteilung der Ergebnisse nicht erlaubt.

In der Literatur wird die Keller-Brandes Operation häufig nur für ältere Patienten empfohlen, die funktionell weniger Ansprüche an die Leistungsfähigkeit ihrer Füße stellen (4,11,12,34,37). Das Durchschnittsalter der 40 nachuntersuchten Patienten zum Zeitpunkt der Operation lag in unserem Patientengut bei 59 Jahren. Dieser Altersdurchschnitt liegt im Bereich vergleichbarer Studien der neueren Literatur (1,29,33). Lediglich bei Capasso et al. (5) lag der Altersdurchschnitt mit 66,5 Jahre geringfügig darüber, bei anderen Studien lag das Durchschnittsalter zwischen 57 und 34 Jahren (4,10,11,12,25,34,37,38,39).

Der Nachuntersuchungszeitraum in unserer Studie betrug $10,6 \pm 1,8$ Jahre und übertrifft somit viele Studien der neueren Literatur (1,4,5,25,29,33). Nur wenige übertrafen oder erreichten unsere Nachuntersuchungszeit (10,11,12,34,37,38,39).

Die Wiederfindungsrate mit zwei Drittel aller Patienten und 69,5% aller operierten Füße ist, im Vergleich mit anderen Langzeituntersuchungen, die Wiederfindungsraten unter 50% angeben (34,37,38,39), sehr hoch. Dies liegt vermutlich daran, daß es sich bei unserem Patientengut um ältere Personen handelt, die einer höheren sozialen Schicht zuzuordnen sind (privatversicherte Patienten) und eine geringere Mobilität aufweisen. Des weiteren erwies es sich als günstig, daß ein Großteil der Patienten im Umkreis von ca. 50 km von München angesiedelt waren. Eine ähnlich hohe Wiederfindungsrate mit 61% gibt Flamme (11) bei einer durchschnittlichen Nachuntersuchungszeit von 17,6 Jahren an.

Bei über 77% der von uns operierten Füße wurde zusätzlich eine Korrektur einer oder mehrerer Kleinzehen vorgenommen. Dies ist ein Anzeichen dafür, daß es sich bei der Hallux valgus Deformität selten um eine isolierte Problematik handelt, sondern meist der gesamte Vorfuß betroffen ist. In der Literatur finden sich nur selten Angaben über Zusatzoperationen. Axt et al. (1) führten bei 100 operierten Füßen 36 mal eine Korrektur der Kleinzehen durch, Vallier (33) berichtet über 15 Zusatzoperationen (27,8%) und Zembsch et al. (37) führten bei 29,7% der Füße zusätzlich Kleinzehenkorekturen durch. Leonhart (25) führte keine gleichzeitige Längenkorektur der Kleinzehen durch, berichtet aber über 52,3% Überlängen der zweiten oder dritten Zehe bei seiner Nachuntersuchung. In unserer Studie konnte, in Übereinstimmung mit Vallier (33), kein negativer Zusammenhang zwischen Operationsergebnis und der Anzahl der durchgeführten Kleinzehenoperationen gefunden werden, was dafür spricht, daß alle Fehlstellungen in einer Sitzung operativ angegangen werden können.

In vielen Studien wird auf einen Score verzichtet oder aber ein Score verwendet, der die Problematik der Nachuntersuchung von Hallux valgus-Operationen nicht erfaßt (1,4,5,10,11,12,33,34). So sind die entscheidenden Kriterien für eine erfolgreiche Korrektur eines Hallux valgus, wie Schmerz, Funktion, Schuhwahl und Alignment, häufig nicht oder nur unzureichend berücksichtigt (1,4,5,10,33).

Die Auswertung unserer klinischen Ergebnisse erfolgte mittels eines klinischen Scores, der nach dem Mayo-Clinic Forefoot-Scoring-System (22) modifiziert wurde. Dieser Score wurde gewählt, da die entscheidenden subjektiven Parameter bezüglich Schmerz, funktioneller Einschränkung, Einschränkung bei der Schuhwahl und dem Alignment bezüglich der Großzehenstellung und der Zufriedenheit mit dem Gesamtaussehen des Fußes erfaßt werden. Außerdem sind objektive Kriterien, wie schmerzhafte Druckstellen an Großzehe und Metatarsalia sowie Steifigkeit und schmerzhafte Gelenkbeweglichkeit, enthalten.

Diese Kriterien sind für die Beurteilung der Leistungsfähigkeit einer Vorfußoperation in seiner Gesamtheit entscheidend.

Der wesentliche Punkt für die Beurteilung eines Operationsergebnisses bei Hallux valgus-Operationen ist sicherlich das Erreichen eines schmerzfreien Fußes, der die Patienten funktionell nicht behindert und keine wesentlichen Einschränkungen bezüglich der Wahl des Schuhwerks hinterläßt. Dies wurde in dem von uns verwendeten Score deshalb sehr hoch bewertet. Ein Hallux valgus von 30°, der nach oben genannten Kriterien keine wesentlichen Probleme verursacht, wird weder präoperativ zu einer Operationsindikation führen noch postoperativ als schlechtes Ergebnis gewertet werden.

Lediglich in dem HISM-Score der AOFAS werden ähnlichen Kriterien wie in dem von uns verwendeten Score erfaßt (37,38,39). Ob es sinnvoll ist zusätzlichen Angaben, wie absolutes Bewegungsausmaß in Grund- und Endgelenk sowie Instabilität im Grundgelenk in einen Score zu integrieren, ist zu diskutieren.

Wegen der unterschiedlichen Kriterien und Gewichtungen der Ergebnisse in den einzelnen Scores, kann mit anderen Studien (1,4,10,11,12,25,29,33,34) nur ein Vergleich der einzelnen Unterpunkte vorgenommen werden.

In unserem Nachuntersuchungskollektiv von 66 Füßen wurde eine mittlere Scorepunktzahl von 64 Punkten erreicht. Die Einteilung bezüglich der Ergebnisse ergab in 65,2% ein gutes Ergebnis und in 16,7% ein befriedigendes Ergebnis. 12 Füße (18,1%) fielen unter die Kategorie schlechtes Ergebnis und erreichten eine Punktzahl von weniger als 60 Punkten.

Ähnliche Ergebnisse finden sich in der Literatur bei Zembsch et al. (37). Er benutzte zur Beurteilung seiner klinischen Ergebnisse den HMIS-Score und fand in 81% sehr gute, gute und befriedigende Ergebnisse und in 19% schlechte Ergebnisse. Verwunderlich ist die Einschätzung des Autors, der trotz der guten subjektiven und zufriedenstellenden funktionellen Resultate die Keller-Brandes Methode beim jungen Patienten nicht für empfehlenswert hält. Patienten mit Arthrose wurden nicht in die Studie aufgenommen. Diese Aussage sollte unserer Meinung nach differenzierter betrachtet werden, wobei eine bestehende Arthrose auch bei jüngeren Patienten nicht für eine gelenkerhaltende Operation geeignet ist.

Die entscheidenden Kriterien für den Operationserfolg sind, das Erreichen einer Besserung der Schmerzsymptomatik, der Funktion und der Schuhwahl.

Alle unsere Patienten litten vor der Operation unter Schmerzen im Bereich der Großzehe. Bei der Nachuntersuchung waren fast 80% der operierten Füße schmerzfrei. Wir konnten zeigen, daß mit unserer Operationsmethode eine statistisch hoch signifikante Verbesserung der Schmerzsymptomatik zu erreichen war.

Bezüglich der Schmerzreduktion finden sich in der Literatur zahlreiche vergleichbare Ergebnisse (1,4,10,25,29,33,37).

So erreichten Broughton et al. (4) eine Schmerzfreiheit bei 77,1% und manchmal auftretende leichte Schmerzen bei 22,9%. Die Schmerzfreiheit bezieht sich hier nur auf das Großzehengrundgelenk. Auch Fellmann et al. (10) erreichten mit 96% eine sehr hohe Schmerzfreiheit der operierten Zehen. Die aufgetretenen Metatarsalgien wurden jedoch gesondert ausgewertet. Bei Vallier (33) klagten präoperativ 96% der Patienten über Schmerzen, postoperativ noch 29%. Da in dieser Studie, wie bereits erwähnt, ein inkonstantes Patientengut aufgenommen wurde, wäre es interessant gewesen die unterschiedlichen Krankheitsbilder gesondert auszuwerten. O'Doherty (29) erreichte bei allen Patienten eine Verbesserung der Schmerzsymptomatik, wobei 88% postoperativ völlig schmerzfrei waren. Bei einer Nachuntersuchungszeit von zwei Jahren kann sich dieses Ergebnis im Laufe der Zeit allerdings noch verschlechtern. Interessant war, daß die Schmerzreduktion der Vergleichsgruppe, die mit einer Arthrodeese versorgt wurde, geringer war.

Bezüglich der Schmerzverbesserung findet man auch bei Axt et al. (1) und Leonhard et al. (25) eine sehr hohe Anzahl von schmerzfreien oder schmerzgebesserten Füßen mit 97% respektive 92%.

Zembsch et al (37) hatten in ihrem nachuntersuchten Patientengut 70% schmerzfreie Füße, in 19 % waren die Schmerzen nur bei gesteigerter Belastung vorhanden und in nur 11% der Fälle zeigte sich ein regelmäßiger Schmerz. Da aber keine Daten über präoperative Beschwerden vorlagen, ist eine Aussage bezüglich einer Verbesserung nicht möglich.

Diese Ergebnisse zeigen, daß durch die Keller-Brandes Operation eine für den Patienten in hohem Maße zufriedenstellende Reduktion der Schmerzen erzielt werden kann. Sie liefert somit teilweise bessere Ergebnisse als andere Hallux valgus-Operationen.

Einen ähnlich positiven Verlauf konnten wir bezüglich der Funktionsverbesserung feststellen. Von den 66 nachuntersuchten Füßen waren in 66,7% keine Funktionsstörungen und somit keine Einschränkungen im täglichen Leben und bei Freizeitaktivitäten feststellbar. In 21,2% konnten wir eine deutliche Verbesserung erzielen, lediglich 12,1% waren nicht besser.

Ähnlich zufriedenstellende Ergebnisse fand Fellmann (10). Bei dem in dieser Arbeit verwendeten Score zeigte sich bezüglich der Funktion in 92% ein gutes Ergebnis.

Broughton et al. (10) fanden in ihrer Nachuntersuchung bei 88,6% der Füße keine weiteren Funktionsstörungen, bei O'Doherty (29) hatten 85% der nachuntersuchten Patienten eine freie Gehstrecke. In diesen Studien werden unterschiedliche Definitionen einer Funktionsstörung verwendet, was eine Vergleichbarkeit schwierig macht. Die subjektive Einschätzung der Patienten hängt je nach Fragestellung von den Ansprüchen der Belastungsfähigkeit ab. Somit wird jemand, der im Beruf oder in der Freizeit einen hohe Anspruch an seine Füße stellt, auch subjektiv eine schlechtere Einschätzung bezüglich der Funktion haben.

Die Funktionsverbesserung ist unserer Meinung nach, in erster Linie von der Schmerzsymptomatik abhängig und in geringerem Ausmaß von Beweglichkeit, Kraft und Stabilität der Großzehe.

Für die Patientenzufriedenheit ist es sehr wichtig, daß ein Tragen von Konfektionsschuhen oder bei jüngeren Patienten auch von modischem Schuhwerk postoperativ möglich ist. Bei der Nachuntersuchung zeigte sich, daß 50% der operierten Füße keinerlei Probleme bei der Schuhwahl verursachten, bei 3% zeigte sich eine Verbesserung. 42% der operierten Füße verursachten gleichbleibende Probleme bei der Schuhwahl. Vor allem das Tragen von Modeschuhen war nicht möglich, was einer mittelgradigen Einschränkung entspricht. Eine

Verschlechterung zeigte sich bei 5% der Füße, wobei eine Patientin postoperativ auf eine orthopädische Schuhzurichtung angewiesen war. Dies zeigt, daß die Problematik der Schuhwahl im Vergleich zur Schmerz- und Funktionsverbesserung mit der Operation nur unzureichend zu lösen war. Vor allem das Tragen von modischen Schuhen mit erhöhten Absätzen bereitete in vielen Fällen Schwierigkeiten.

Ähnliche Ergebnisse findet man auch in den Arbeiten von Broughton(4) und Zembsch (37), die bei 57% respektive 54% ihrer Patienten keinerlei Probleme bei der Schuhwahl fanden. In beiden Studien handelt es sich jedoch um sehr junge Patienten, die eher hohe Ansprüche bezüglich der Schuhwahl stellen.

Etwas bessere Ergebnisse finden sich bei Leonhart. (25), O'Doherty (29) und Capasso(5). Die Nachuntersuchungszeit dieser Studien ist mit maximal 3,6 Jahren aber zu kurz, um eine endgültig Aussage zu machen.

Bei über 83% der operierten Füße waren die Patienten subjektiv mit dem Alignement zufrieden, was mit den Ergebnissen anderer Autoren übereinstimmt (1,4,10,34).

Dem gegenüber stehen Befunde von Zembsch (37), der in seinem Patientengut in lediglich 64% ein sehr gutes respektive gutes Ergebnis bezüglich des Alnements fand. 36% der Patienten waren noch zufrieden oder unzufrieden. Dies liegt möglicherweise an dem mit 34 Jahren im Durchschnitt sehr jungem und anspruchsvollem Patientenkollektiv.

Bei den 66 nachuntersuchten Füßen fanden wir nur in 3 Fällen (4,5%) einen druckschmerzhaften Ballen. Die Druckschmerzhaftigkeit in diesem Bereich ist als klinisches Ballenrezidiv mit Wiederauftreten der Pseudoexostose zu werten. Zusammen mit dem niedrigen postoperativen Hallux valgus Winkel von 15° ist dies ein Hinweis dafür, daß die Versetzung des M. adductor hallucis größere Rezidive verhindern kann. Unterstützt wird diese Vermutung durch Ergebnisse von Leonhard, wonach die Pseudoexostose bei alleiniger OP nach Keller-Brandes in 37,4% der Fälle wieder auftritt.

O'Doherty et al. (29) fanden in ihrer Studie in der Keller-Brandes-Gruppe in 5% bei 44 nachuntersuchten Patienten einen schmerzhaften Ballen, der in dieser Patientengruppe präoperativ bei 65% zu finden war. Diese niedrige Anzahl ist insofern verwunderlich, da der durchschnittliche Hallux valgus-Winkel postoperativ 25° betrug. In diesem Fall würden wir eine höhere Druckbelastung im Bereich der Pseudoexostose erwarten. Da die Nachuntersuchungszeit von 30,8 Monaten relativ kurz ist, ist eine Zunahme der Beschwerden im Laufe der Zeit sehr wahrscheinlich.

Eine in der Literatur häufig diskutierte Komplikation bei Hallux valgus-Operationen ist das Auftreten einer Transfermetatarsalgie. Daß diese Komplikation nicht nur bei der Keller-Brandes Operation zu beobachten ist, zeigten O'Doherty (29) und Zembsch (39).

O'Doherty (29) fand in seiner Studie bei 20% der Patienten der Keller-Brandes Gruppe Metatarsalgien, in der Arthrodesegruppe bei 23%. Zembsch (39) vergleicht in seiner Studie die Keller-Brandes Operation mit der verkürzenden Basisosteotomie und distalen Weichteiloperation. Er stellte fest, daß die Anzahl der vorhandenen Metatarsalgien mit 28% in der zweiten Gruppe geringfügig höher war. Da bei dieser Operationsmethode der M. adductor hallucis abgelöst wurde, gibt dies einen Hinweis auf die protektive Wirkung dieses aktiven Stabilisators auf das Quergewölbe.

Als Grund für die operationsbedingte Metatarsalgie werden mehrere Ursachen diskutiert:

1. Starke Verkürzung des 1. Strahls bei Nichtbeachtung der Zehenformel (1,33).
2. Nichtbeachtung eines Metatarsus primus varus (11,12,13).
3. Funktionslose Großzehe im Sinne der Kraftaufnahme (1,10,29,33,37).
4. Dekompensierter unbehandelter Spreizfuß (11,12,25).

Bei unserer Nachuntersuchung fanden wir lediglich bei 4 von 66 Füßen (6,1%) einen Vorfußkompressionsschmerz oder Druckschmerzhaftigkeit über den Metatarsaleköpfchen 2-5. Diese geringe Zahl von Metatarsalgiebeschwerden mag zum einen daran liegen, daß wir bei der Operation großen Wert auf die Beachtung der Zehenformel gelegt haben, und unsere Patienten postoperativ konsequent Einlagen getragen haben. Zum anderen erreichten nahezu alle Patienten eine gute Kraftentwicklung und Funktion. Als weiterer wesentlicher Grund für das gute Ergebnis kann unseres Erachtens die Versetzung des M. adductor hallucis angeführt werden. Durch die Versetzung bleibt der wichtigste aktive Stabilisator des Quergewölbes erhalten und somit wird eine Transfermetatarsalgie vermieden.

Dies wird durch anderen Studien unterstrichen, da hier eine höhere Zahl an Transfermetatarsalgien beschrieben wird. Die Angaben reichen von 20% bis 75% (1,4,10,11,12,25,29,33,39), wobei es meist zu einer Zunahme der Zahl der Metatarsalgien kommt. Lediglich O'Doherty (29) und Vallier (33) berichtet über einen Rückgang.

Ein sehr gutes Ergebnis erreichten wir bezüglich einer Druck- oder Bewegungsschmerzhaftigkeit im Bereich des ersten Metatarsophalangealgelenks. Lediglich 12 Patienten (18%) klagten bei der Nachuntersuchung über Schmerzen im Bereich des Großzehengrundgelenks, die restlichen 82% waren schmerzfrei.

Über ähnlich gute Ergebnisse berichten auch andere Autoren. Bei O'Doherty (29) hatten 96% der nachuntersuchten Patienten keine auf das erste Metatarsophalangealgelenk bezogene Schmerzen, bei Broughton (4) waren dies 77% und bei Leonhard (25) 74 %.

Bei den unzufriedenen Patienten finden sich sowohl Deformitäten der Großzehe, wie Hallux valgus-Rezidive und Dorsalextensionskontrakturen, oder auch Verkürzungen der Großzehe und überlange oder deformierte Kleinzehe. Durch die große Anzahl von Schmerz- und Funktionsverbesserungen erklärt sich auch die hohe Zufriedenheit der Patienten mit dem Operationsergebnis. 87,5% der befragten Patienten gaben an, die Operation bei gleicher Symptomatik noch einmal durchführen zu lassen. Auch in diesem Punkt findet sich eine hohe Übereinstimmung in der Literatur (1,29,10,11,33,34).

Das Ausmaß der Beweglichkeit im Großzehengrundgelenk ist bei der Keller-Brandes Operation ein weiteres wichtiges Kriterium für die Patientenzufriedenheit, da für einen kräftigen Abdruck eine ausreichende Plantarflexion und für ein ungestörtes Abrollverhalten eine ausreichende Dorsalextension notwendig ist.

Die passive Gesamtbeweglichkeit betrug im Mittel 66°, wobei die Dorsalextension mit 42°, die Plantarflexion mit 24° überwog.

Andere Autoren erreichten ähnliche Ergebnisse (4,37). So kam Broughton (4) auf eine Gesamtbeweglichkeit von 47° und Zembsch (37) auf 70°, bei identischer Verteilung der Einzelbeweglichkeiten. Noch günstiger Werte erreichten Axt et al. und Capasso (1,5). Axt erreichte bei seiner Untersuchung eine durchschnittliche Gesamtbeweglichkeit von 89° passiv, wobei 57° auf die Dorsalextension entfielen und 32° auf die Plantarflexion. Bei Capasso et al (5) erreichten 13 von 15 Patienten eine normale Beweglichkeit, die in dieser Arbeit mit Dorsalextension 90° und Plantarflexion 30° definiert wurde. Dies zeigt, daß mit der Keller-Brandes Operation ein gut bis sehr gutes Ergebnis bezüglich der Beweglichkeit erzielt werden kann. Auch mit gelenkerhaltenden Operationen werden keine besseren Ergebnisse erreicht, wie Broughton (4) und Zembsch (38,39) feststellten. Ihre vergleichenden Arbeiten zeigen, daß die Beweglichkeit in den Patientengruppen, die mit einer subkapitalen

Osteotomie bzw. einer Weichteiloperation mit basaler Keilosteotomie gelenkerhaltend operiert wurden, nicht höher liegt.

Aus den zur Verfügung stehenden prä- und postoperativen Röntgenbildern (n=56) wurden zur Objektivierung der Operationsergebnisse folgende Parameter entnommen und im Verlauf verglichen:

Der Metatarsophalangealwinkel I (Hallux valgus-Winkel) diente zur Objektivierung des erreichten Korrekturausmaßes. Der Intermetatarsalwinkel I-II sollte einen Hinweis darauf geben, inwieweit wir mit unserer Operationsmethode in der Lage sind, eine Behandlung des Metatarsus primus varus zu erreichen. Das Ausmaß der Grundphalanxresektion sowie der Gelenkspaltbreite wurden zur Objektivierung von klinischen Ergebnissen verwendet.

Wir fanden einen durchschnittlichen Metatarsophalangealwinkel I von präoperativ 33° und postoperativ 15°, was einer Korrektur von 55% entspricht. Diese Werte liegen deutlich höher als bei den meisten vergleichbaren Arbeiten (1,10,11,25,29,33,37). Im Vergleich zu anderen Studien sehen wir als Ursache für die guten Ergebnisse unsere Modifikation mit Ablösung des M. adductor hallucis von der Grundphalanx und dem lateralen Sesambein an, da dadurch die Valgusabweichung und Rotation verhindert werden. Von anderen Autoren werden unterschiedliche Gründe für die schlechten Korrekturergebnisse angegeben. Leonhard (25) sieht die Ursache vor allem in der großzügigen Zweidrittelresektion der Grundphalanx. Wir hingegen konnten, in Übereinstimmung mit Axt (1), keinen statistischen Zusammenhang bezüglich der erreichten Korrektur und des Resektionsausmaßes nachweisen.

Flamme (11) macht einen präoperativ hohen Intermetatarsalwinkel I-II für die schlechten Korrekturergebnisse verantwortlich, da es bei einem Intermetatarsalwinkel I-II von über 15° zu einer Verschlechterung des Hallux valgus-Winkels kam.

Vallier (33) hingegen sieht die Verwendung einer temporären K-Draht Fixierung als notwendig an, um eine Revalgisierung zu verhindern. Er konnte in seiner Untersuchung zeigen, daß seine Ergebnisse bei Patienten mit K-Drahtfixation besser waren als ohne.

Ähnlich gute Ergebnisse bzgl. Korrektur und postoperativer Hallux valgus-Winkel wie wir erreichten Broughton (4) und Viladot (34). So kam Broughton (4) auf eine Korrektur von 51,6%, und Viladot (34) von 45,7%. Für das gute Korrekturergebnis bei Viladot ist vermutlich die sorgfältig durchgeführte Kapselplastik sowie das Abösen des M. adductor hallucis verantwortlich, was sich sowohl auf den Hallux valgus-Winkel wie auch auf den Intermetatarsalwinkel günstig auswirkte.

Vergleicht man unsere präoperativen Intermetatarsalwinkel I-II mit den Angaben in der Literatur, so ist festzustellen, daß sich in unserem Krankengut, mit einem durchschnittlichen Intermetatarsalwinkel I-II von 15° , wobei 18 Patienten einen Intermetatarsalwinkel I-II von mehr als 15° hatten, eine hohe Zahl von Patienten mit einem Metatarsus primus varus befand. Die Angaben in der Literatur liegen zwischen 11° und $14,4^\circ$ (1,4,10,11,25,29,33,34,37). Lediglich Capasso et al (5) haben in ihrem Krankengut präoperativ einen höheren Intermetatarsalwinkel I-II mit $18,8^\circ$ in Gruppe 1 und $19,1^\circ$ in Gruppe 2.

Die statistische Auswertung des Intermetatarsalwinkels I-II im Verlauf ergab eine signifikante Abnahme des Winkels, die jedoch mit nur 2° sehr gering war. Es ist somit davon auszugehen, daß die muskeldynamische Stabilisierung mittels Versetzung des M. adductor hallucis auf das distale Os metatarsale, keine wesentliche Verminderung des Metatarsus primus varus bewirkt. Eine suffiziente Behandlung bei ausgeprägten Metatarsus primus varus, im Sinne einer Normalisierung, ist damit nicht zu erreichen.

Ähnliche Einschätzung zu dieser Problematik finden sich in der Literatur. Axt (1) erreichte eine durchschnittliche Korrektur des Intermetatarsalwinkels I-II von $1,7^\circ$, Fellmann (10) von $2,8^\circ$, Vallier (33) von $4,1^\circ$ und Viladot (34) von $3,6^\circ$. Lediglich Vallier (33) nahm eine statistische Absicherung des Ergebnisse vor und fand eine signifikante Abnahme des Winkels. Eine deutliche Verbesserung sowohl des Intermetatarsal I-II-Winkels wie auch der Vorfußbreite erreichten Capasso et al (5), wobei die kurze Nachuntersuchungszeit noch keine abschließende Beurteilung zuläßt.

Im Gegensatz dazu, blieb bei der Langzeitnachuntersuchung von Zembsch (37) der Intermetatarsalwinkel I-II gleich und auch bei Flamme et al. (11) war keine statistisch signifikante Änderung festzustellen. Gründe hierfür wurden nicht angegeben.

Wir konnten feststellen, daß bei einem präoperativ hohen Intermetatarsalwinkel I-II die Ergebnisse der Operation signifikant schlechter ausfielen. Da eine zufriedenstellende Korrektur mit der Keller-Brandes Operation nicht zu erreichen ist, muß in diesen Fällen eine zusätzliche Korrektur im Sinne einer Basisosteotomie vorgenommen werden.

Immer wieder wird das Ausmaß der Grundgelenkresektion für schlechte Ergebnisse nach Keller-Brandes Operationen verantwortlich gemacht. In der Literatur wird allgemein davon ausgegangen, daß die Zweidrittelresektion, wie sie von Keller-Brandes ursprünglich empfohlen wird, zu instabilen Situationen im Grundgelenk führt und eine erhöhte Rezidivrate aufweist. Umgekehrt ist auch eine zu geringe Resektion für schlechte Ergebnisse verantwortlich. Sie wird für das Entstehen eines postoperativen Hallux rigidus verantwortlich gemacht.

Das durchschnittliche Resektionsausmaß in unserem Patientenkollektiv betrug 41% der Ausgangslänge, wobei 16 mal weniger als ein Drittel, 31 mal zwischen einem Drittel und der Hälfte der Grundphalanx und 9 mal mehr als die Hälfte der Grundphalanx reseziert wurde. Bei der statistischen Analyse, ob das Ausmaß der Grundphalanxresektion das Ergebnis der Operation beeinflußt, konnten wir keine Unterschiede zwischen den einzelnen Gruppen erkennen. Unterstützt werden diese Ergebnisse durch die Befunde von Axt (1), der in seiner Untersuchung keinen Zusammenhang im Ausmaß der Resektion und der Rezidivrate beim Hallux valgus-Winkel fand.

Ein häufig in der Literatur verwendetes Argument gegen Resektionsarthroplastik ist das Alter des Patienten. Viele Autoren empfehlen diese Operation nur bei Patienten über 60 Jahren durchzuführen, die sie als „low demand-Patientengruppe“ bezeichnen. Wir untersuchten daher die Altersverteilung unserer Patienten in den einzelnen Gruppen: gutes Ergebnis, befriedigendes Ergebnis und schlechtes Ergebnis. Es zeigte sich kein statistisch nachweisbarer Zusammenhang zwischen Alter und Operationsergebnis.

In der Literatur finden sich dazu uneinheitliche Aussagen. Während Vallier (33) bessere Ergebnisse bei seinen jüngeren Patienten feststellen konnte, fanden Broughton und Viladot (34) günstigere Ergebnisse bei den älteren Patienten.

Wir denken, daß die Indikation zur Keller-Brandes Operation vom Zustand des Grundgelenks und nicht vom Patientenalter abhängig gemacht werden soll. Ein arthrotisch verändertes Gelenk ist in keiner Altersstufe für eine gelenkerhaltende Operation geeignet.

6. Zusammenfassung:

In unserer Langzeitstudie kamen 40 Patienten mit 66 operierten Füßen, die nach einer eigenen Modifikation der Keller-Brandes Operation wegen eines Hallux valgus operiert worden sind, zur Auswertung.

Zur Überprüfung der Leistungsfähigkeit dieser Operation maßen wir den Punkten Schmerzverbesserung, Verbesserung der Funktion und Verbesserung bei der Schuhwahl eine sehr große Bedeutung zu. Weitere Punkte waren die Korrektur des Hallux valgus-Winkels und Intermetatarsalwinkels I-II, das Auftreten von Metatarsalgien und das allgemeine Aligment des Fußes. Bei fast all diesen Punkten konnten wir zufriedenstellende Ergebnisse feststellen, was sich auch in einer hohen Patientenzufriedenheit widerspiegelt.

Was mit dieser Operation nicht zu erreichen war, ist eine suffiziente Korrektur des Metatarsus primus varus. Bei einem ausgeprägten Metatarsus primus varus muß daher die Kombination der Grundphalanxresektion mit einer proximalen Basisosteotomie überlegt werden, vor allem wenn der erste Intermetatarsalwinkel 15° übersteigt.

Bezüglich der klinisch manifesten Metatarsalgien war das Ergebnis mehr als zufriedenstellend. Hier zeigt sich, daß die Refixation des M. adductor hallucis als aktiver Stabilisator des Quergewölbes sowie das konsequente Tragen von Spreizfußeinlagen protektiv gegen das Auftreten von Metatarsalgien zu empfehlen ist. Bei bereits präoperativ klinisch auffälliger Metatarsalgie muß diese operativ angegangen werden, da hier postoperativ mit einer Verschlechterung zu rechnen ist.

Insgesamt gesehen zeigen unsere Ergebnisse, daß die Keller-Brandes Operation beim ausgeprägten Hallux valgus mit bereits degenerativen Veränderungen im Großzehengrundgelenk vor allem beim älteren Patienten eine Methode der Wahl darstellt. Die Ablösung und Refixation des M. adductor hallucis ist eine Modifikation, die zahlreiche Probleme der klassischen Keller-Brandes Operation löst und speziell die Gefahr der Revalgisierung und Transfermetatarsalgie deutlich verringert.

Summary

In our long-term study we were able to review 66 operations on 40 patients who had undergone a modified Keller-Brandes Arthroplasty for correction of hallux valgus.

To evaluate the outcome of this procedure we were interested in pain relief, improvement of functional and shoe wear restrictions. Other points were hallux valgus and intermetatarsal angle-correction, transfer-metatarsalgia and overall alignment. In all these points we find satisfying results, what we could also notice in the subjective satisfaction of the patients.

We could not reach a good intermetatarsal angle-correction with this method. So you have to think on a combination of resection arthroplasty according to Keller-Brandes and basal wedge osteotomy of the first metatarsus especially if the intermetatarsal angle is more than 15° . We had very good results in the respect of transfer-metatarsalgia. This shows that the re-fixation of the m. adductor hallucis, as an active protector of the transvers arc of the forefoot and the use of splayfoot-inlays should be recommended to avoid transfer-metatarsalgia. If you see preoperatively pain syndromes in the sense of metatarsalgia you have to treat them by surgery, because they are getting worse after hallux-surgery.

Finally our results show that the resection arthroplasty according to Keller-Brandes is a method of choice in severe hallux valgus with metatarsophalangeal arthritis especially in elder people. The re-fixation of the m. adductor hallucis is a modification that can solve many problems of the original resection arthroplasty according to Keller-Brandes. The risk of recurrent hallux valgus and transfer-metatarsalgia is minimized.

7. Literaturverzeichnis

- 1) Axt, M., Wildner, M., Reichelt, A.
Late results of the Keller-Brandes operation for hallux valgus.
Arch. Orthop. Trauma. Surg. 112 (6) (1993) 266-269
- 2) Brandes, M.
Zur operativen Therapie des Hallux valgus.
Zbl. Chir. 56 (1929) 2434-2440
- 3) Broka, P.
Des difformiés de la partie anterieure du pied produite par faction de la chaussure.
Bull. Soc. Anat. 27 (1852) 60-67
- 4) Broughton, N.S., Winson, I.G.
Keller's arthroplasty and Mitchell osteotomy: a comparison with first metatarsal osteotomy of the long-term results for hallux valgus deformity in the younger female.
Foot and Ankle 10 (4) (1990) 201-205
- 5) Capasso, G., Testa, V., Maffulli, N., Barletta, L.
Molded arthroplasty and transfer of the extensor hallucis brevis tendon. A modification of the Keller-Lelievre operation.
Clin. Orthop. 308 (1994) 43-49
- 6) Coughlin, M.J.
Juvenile hallux valgus: etiology and treatment.
Foot and Ankle Internat. 16 (1995) 682-697
- 7) Coughlin, M.J.
Hallux valgus: An Instructional Course Lecture.
J. Bone and Joint Surg. 78A (6) (1996) 932-966

- 8) Donick, II, Berlin, S.J, Block, L.D, Costa, A.J, Fox, J.S, Martorana, V.J.
An approach for hallux valgus surgery - fifteen-year review: part I.
J. Foot Surg. 19 (3) (1980) 113-126

- 9) Debrunner, H.U.
Neurologische Untersuchung in der Orthopädie.
In: „Orthopädisches Diagnostikum“,
Debrunner, H.U. (Hrsg.), Georg Thieme Verlag Stuttgart - New York, 1987, 5. Auflage,
34-52

- 10) Fellmann, J., Zollinger, H.
Resektionsorthoplastik des ersten Metatarsophalangealgelenks nach Keller–Brandes.
Operat. Orthop. Traumatol. 10 (2) (1998) 143-151

- 11) Flamme, C.H, Wülker, N., Kuckerts, K., Gosse, F., Wirth, C.J.
Follow-up results 17 years after resection arthroplasty of the great toe.
Arch. Orthop. Trauma. Surg. 117 (8) (1998) 457-60

- 12) Flamme, C.H, Wülker, N., Kuckerts, K., Ruhmann, O.
Langzeitergebnisse nach Arthroplastik im Großzehengrundgelenk.
Z. Orthop. 136 (3) (1998) 250-254

- 13) Gschwendt, N., Barbier, M., Dybowski, W.R.
Die Vorfußkorrektur - Häufigkeit und Bedeutung der Zehen- und Metatarsalindices.
Arch. Orthop. Unfall-Chir. 88 (1977) 75-85

- 14) Gutzeit, R.
Über Hallux valgus interphalangeus.
Münchener Med. Wschr. 1 (1914) 11-46

- 15) Hardy, R.H., Clapham, J.C.R.
Observations on hallux valgus. Based on a controlled series.
J. Bone and Joint Surg. 33B (3) (1951) 376-391

- 16) Hohmann, G.
Über Hallux valgus und Spreizfuß, ihre Entstehung und physiologische Behandlung.
Arch. Orthop. Unfall-Chir. 21 (1923) 525 – 550
- 17) Hohmann, G.
Der Hallux valgus und die übrigen Zehenverkrümmungen.
Erg. Chir. Orthop. (1925) 308–376
- 18) Hohmann, G.
Hallux valgus und Spreizfuß.
In: „Fuß und Bein – Ihre Erkrankungen und deren Behandlung“,
Hohmann, G. (Hrsg.), Bergmann, München, 1939, 3. Aufl., 134-167
- 19) Hohmann, G.
Hallux valgus und Spreizfuß.
In: „Fuß und Bein – Ihre Erkrankungen und deren Behandlung“,
Hohmann, G. (Hrsg.), Bergmann, München, 1951, 5. Aufl., 145-180
- 20) Inman, V.T.
Hallux valgus: a review of etiologic faktors.
Orthop. Clin. North America 5 (1974) 59-66
- 21) Johnstone, O.
Further studies of the inheritance of hand and foot anomalies.
Clin. Orthop. 8 (1965) 146-160
- 22) Kiatoka, H.B., Holyday, A.D. Jr.
Metatarsal head resection for bunionette: long-term follow-up.
Foot and Ankle 11 (4) (1991) 345-349
- 23) Kato, T., Watanabe, W.
The etiology of hallux valgus in Japan.
Clin. Orthop. 157 (1981) 78 - 81

- 24) Keller, W.
Surgical treatment for bunions and hallux valgus.
N.Y. Med. J. 80 (1904) 741- 742
- 25) Leonhardt, K.
Ergebnisse von Hallux-valgus-Operationen nach Keller-Brandes.
Beitr. Orthop. Traumatol. 37 (9) (1990) 510-517.
- 26) Mann, R.A., Coughlin, M.J.
Hallux valgus – ethiology, anatomy, treatment and surgical considerations.
Clin. Orthop. 157 (1981) 31-41
- 27) Mann, R.A., Coughlin, M.J.
Adult hallux valgus.
In „Surgery of the Foot and Ankle“,
Mann, R.A., Coughlin, M.J. (Ed.), Mosby-Year Book, St.Louis, 1993, 6. Edition, 167-
296
- 28) Mitchell, C.L.O., Fleming, J.L., Allen, R.
Osteotomy bunionectomy for hallux valgus.
J: Bone Joint Surg. 40A (1958) 41 -58
- 29) O’Doherty, P.D., Lowrie, I.G., Magnussen, P.A, Gregg, P.J.
The Management of the painful first metatarsophalangeal joint in the older patient.
Arthrodesis or Keller’s arthroplasty?
J. Bone Joint Surg. 72B (1990) 839-842
- 30) Tillmann, B.
Untere Extremität – Fuß, Pes.
In: “Rauber; Kopsch. Anatomie des Menschen Bd I Bewegungsapparat”,
Leonhart, H., Töndury, G., Tillman, B., Ziles, K. (Hrsg.), Georg Thieme Verlag,
Stuttgart - New York, 1987, 598-546

- 31) Reverdin, J.L.
Anatomie et opération du hallux valgus.
Sitzung d. Genfer med. Gesellschaft, 4. Mai 1881
Int. Med Cong. 2 (1881) 408
- 32) Sim-Fook, L., Hodgson, A.R.
A comparison of foot forms among the non-shoe and shoe-wearing Chinese population.
J. Bone Joint Surg. 40-A (1958) 1058 - 1062
- 33) Vallier, G.T., Petersen, S.A., LaGrone, M.O.
The Keller resection arthroplasty: a 13-year experience.
Foot and Ankle. 11 (4) (1991) 187-194.
- 34) Viladot; R., Rochera, R., Alvarez, F., Pasarin, A.
Die Resektionsarthroplastik zur Behandlung des Hallux valgus.
Orthopäde. 25 (1996) 324-331.
- 35) Wülker, N.
„Hallux valgus, Hallux rigidus“,
Bücherei des Orthopäden Bd. 67: Beihefte zur Zeitschrift für Orthopädie.
Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart, 1997
- 36) Wülker, N.
Hallux valgus.
Orthopäde 26 (1997) 654-664
- 37) Zembsch, A., Trnka, H.J., Menschik, G., Ritschl, P.
Die Operation nach Keller-Brandes: Langzeitergebnisse bei jungen Patienten.
Z. Orthop. 137 (1999) 181-188
- 38) Zembsch; A.; Trnka; H.J., Ritschl, P.
Correction of hallux valgus. Metatarsal osteotomy versus excision arthroplasty.
Clin. Orthop. 376 (2000) 183-194

- 39) Zembsch, A., Trnka, H.J.
Basale Keilosteotomie und Resektionsarthroplastik bei Hallux valgus: Vergleich der
Langzeitresultate.
Orthop. Praxis 36 (8) (2000) 503-509

8. Abkürzungsverzeichnis

Abb.	Abbildung
a.p.	anterior-posterior
bzw.	beziehungsweise
ca.	circa
D	digitus
DE	Dorsalextension
ggf.	gegebenenfalls
IMW	Intermetatarsalwinkel
i.S.	im Sinne
K	Kraftgrad
KZ	Kleinzehe (-zehen)
M.	musculus
M.m.	musculi
o.g.	oben genannt
OP	Operation
PF	Plantarflexion
resp.	respektive
SD	Standardabweichung
sog.	sogenannte
Tab.	Tabelle
usw.	und so weiter

9. Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich herzlich bedanken bei:

Herrn Univ. Prof. Dr. Hipp für die Überlassung dieser interessanten Arbeit und für seine Hilfe bei der Auffindung der Patienten und Röntgenbilder, der Überlassung von Literatur sowie bei der wissenschaftlichen Auswertung.

Herrn Univ. Prof. Dr. R. Gradinger für die Untersuchungsmöglichkeit in seiner Klinik und die Unterstützung dieser wissenschaftlichen Dissertation.

Herrn Dr. H. Anetzberger für die Unterstützung bei der statistischen und wissenschaftlichen Auswertung.