

Aus der Klinik und Poliklinik für Unfall-, Hand und
Wiederherstellungschirurgie
des Universitätskrankenhauses Hamburg-Eppendorf
Ärztlicher Leiter: Prof. Dr. med. Johannes M. Rueger

Operative Verfahren beim Hallux rigidus:
Implantatarthroplastik
im metaanalytischen Vergleich zur
Resektionsarthroplastik und Arthrodesese

DISSERTATION
zur Erlangung des Grades eines
Doktors der Medizin

Dem Fachbereich Medizin der Universität Hamburg

vorgelegt von

ANNA-KATHRIN WOLFRING
aus Kempten /Allgäu

Hamburg 2006

Angenommen vom Fachbereich Medizin

der Universität Hamburg am:

04.12.2006

Veröffentlichung mit Genehmigung des Fachbereichs

Medizin der Universität Hamburg

Prüfungsausschuss, der/die Vorsitzende:

Prof. Dr. J. M. Rueger

Prüfungsausschuss: 2. Gutacher/in:

Prof. Dr. U. Rehder

Prüfungsausschuss: 3. Gutachter/in:

PD Dr. R. Skripitz

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	- 4 -
1. Einleitung	- 5 -
2. Arbeitshypothese und Fragestellung	- 6 -
3. Anatomische Grundlagen des Fußes mit Schwerpunkt: Großzehengrundgelenk (I. MTP)	- 8 -
3.1 Knöcherne Form	- 8 -
3.2 I. MTP und weitere Fußgelenke; Funktion und Bewegungsumfänge	- 9 -
3.3 Fußmuskeln	- 11 -
3.4 Form und Funktion der Fußwölbungen	- 12 -
3.5 Biomechanik des gesunden Fußes	- 14 -
4. Das Krankheitsbild des Hallux rigidus	- 15 -
4.1 Definition und pathologische Anatomie	- 15 -
4.2 Ätiologie und Pathogenese	- 16 -
4.3 Klinische Symptomatik und bildgebende Diagnostik	- 22 -
4.3.1 Klinische Erscheinungsformen	- 22 -
4.3.2 Radiologische Erscheinungsformen	- 27 -
5. Therapieformen des Hallux rigidus	- 29 -
5.1 Konservative Therapie	- 29 -
5.2 Übersicht operativer Therapiemöglichkeiten	- 31 -
5.2.1 Cheilektomie	- 32 -
5.2.2 Osteotomie	- 32 -
5.2.3 Arthrodese	- 33 -
5.2.4 Resektionsarthroplastik nach Keller-Brandes	- 34 -
5.2.5 Implantatarthroplastik	- 35 -
5.2.5.1 Einstielige Silikon-Prothesen nach Swanson	- 37 -
5.2.5.2 Doppelstielige scharnierartige Silikon Totalprothese nach Swanson	- 37 -
5.2.5.3 Zweikomponentensysteme	- 38 -
5.2.5.4 Hemiprothesen aus Metall	- 40 -
5.2.5.5 Weitere Implantatmodifikationen- und modelle	- 40 -
6. Material und Methode	- 46 -
6.1 Metaanalyse	- 46 -
6.2 Literaturrecherche	- 46 -
6.3 Datenerhebung	- 47 -
6.4 Statistische Auswertung	- 58 -

7.	Ergebnisse	- 60 -
7.1	Datenerhebung	- 60 -
7.2	Demographische Daten	- 60 -
7.2.1	Nachuntersuchungszeit	- 60 -
7.2.2	Alter	- 61 -
7.2.3	Geschlecht	- 62 -
7.2.4	Ein- und Doppelseitigkeit	- 63 -
7.3	Klinische Daten	- 64 -
7.3.1	Schmerzen zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung	- 64 -
7.3.2	Bewegungsumfang im I. MTP zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung	- 66 -
7.3.3	Kosmetische Zufriedenheit	- 70 -
7.3.4	Schuhwerk	- 71 -
7.3.5	Revisionseingriffe	- 72 -
8.	Ergebnisdiskussion	- 74 -
8.1	Datenerhebung	- 74 -
8.2	Demographische Daten	- 77 -
8.2.1	Nachuntersuchungszeit	- 77 -
8.2.2	Häufigkeit und Altersverteilung	- 77 -
8.2.3	Geschlechterverteilung	- 78 -
8.2.4	Ein- und Doppelseitigkeit	- 78 -
8.3	Klinische Daten	- 79 -
8.3.1	Schmerzen zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung	- 79 -
8.3.2	Bewegungsumfang im I. MTP zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung	- 80 -
8.3.3	Kosmetische Zufriedenheit zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung	- 82 -
8.3.4	Schuhwerk zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung	- 83 -
8.3.5	Revisionseingriffe zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung	- 84 -
9.	Diskussion	- 88 -
10.	Zusammenfassung	- 97 -
11.	Literaturverzeichnis	- 98 -
12.	Anhang	- 112 -
13.	Danksagung	- 113 -
14.	Lebenslauf	- 114 -
15.	Erklärung	- 115 -

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1	Skelett des linken Fußes von dorsal	- 9 -
Abb. 2	Darstellung von Achsen und Bewegungsumfängen a) Bewegungsumfang im I. MTP und b) Ab/Adduktion der Großzehe	- 11 -
Abb. 3	Dreipunktbelastung mit drei Knochenstützpunkten: Tuber calcanei, Metatarsale I- und V-Köpfchen	- 13 -
Abb. 4	Zweipunktunterstützung: a) Druckverteilung (kPa) beim beidbeinigen Stand und b) Maximaldruckverteilung (kPa) beim Gehen	- 13 -
Abb. 5	Schmerzhafte Einschränkung der Dorsalextension im I. MTP	- 23 -
Abb. 6	Gangbild bei Hallux rigidus: Bei eingeschränkter Dorsalflexion der Großzehe erfolgte eine Rotation des Fußes zur Vermeidung der Abstoßung der Großzehe	- 24 -
Abb. 7	a) und b): Rosendornartige Spornbildung bei Hallux rigidus	- 25 -
Abb. 8	Seitenansicht linke Großzehe bei Hallux rigidus mit Schwellung im Bereich des I. MTP und limitierter Dorsalflexion	- 25 -
Abb. 9	Beugstellung des Grundgliedes nach plantar und Überstreckung des Endgliedes nach dorsal	- 26 -
Abb. 10	Ausgeprägter Hallux rigidus von a) lateral und b) anteroposterior	- 31 -
Abb. 11	Cheilektomie	- 32 -
Abb. 12	Bonney-Kessel Osteotomie	- 32 -
Abb. 13	Watermann Osteotomie	- 33 -
Abb. 14	Resektionsarthroplastik nach Keller	- 34 -
Abb. 15	Erste Endoprothese des I. MTP nach Endler	- 35 -
Abb. 16	Einstielige Silikonprothesen	- 37 -
Abb. 17	Doppelstieliges flexibles Silikonimplantat von Swanson	- 37 -
Abb. 18	Bio-Action Implantat	- 38 -
Abb. 19	Reflexion-Prothese	- 39 -
Abb. 20	Biomet Total Toe	- 39 -
Abb. 21	Titan-Hemiprothese	- 40 -
Abb. 22	Great-Toe-System von Acumed	- 40 -
Abb. 23	Doppelstielige Swanson Prothese mit Schutzhülse	- 41 -
Abb. 24	Helal-Prothesen	- 41 -
Abb. 25	Modifizierte Depuy Prothese	- 42 -
Abb. 26	Vitallium Prothesen	- 42 -
Abb. 27	Kampner Silikonmodell der 2. Generation	- 43 -
Abb. 28	Kinetikos Prothese in situ	- 43 -
Abb. 29	a) LaPorta und b) Lawrence Großzehenimplantat	- 44 -
Abb. 30	Toefit Prothese	- 45 -
Abb. 31	Anzahl der Eingriffe je nach operativem Verfahren	- 60 -
Abb. 32	Durchschnittlicher Nachuntersuchungszeitraum in Monaten je nach operativem Verfahren	- 61 -
Abb. 33	Durchschnittsalter zum Zeitpunkt der Operation je nach operativem Verfahren	- 62 -
Abb. 34	Geschlechtsverteilung je nach operativem Verfahren	- 63 -
Abb. 35	Ein- und Doppelseitigkeit je nach operativem Verfahren	- 63 -
Abb. 36	Schmerzen zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung je nach operativem Verfahren	- 65 -
Abb. 37	Durchschnittlicher Bewegungsumfang in Grad zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung je nach operativem Verfahren	- 67 -
Abb. 38	Subjektives kosmetisches Ergebnis je nach operativem Verfahren	- 71 -
Abb. 39	Schuhwerk je nach operativem Verfahren	- 72 -
Abb. 40	Revisionseingriffe je nach operativem Verfahren	- 73 -
Abb. 41	Absorption und Implantatbruch einer Silikonprothese nach 7-jähriger Verweildauer	- 92 -

1. Einleitung

Unter dem Begriff Hallux rigidus versteht man eine Funktionsstörung des Grundgelenkes (Metatarsophalangealgelenk = MTP) der Großzehe, welche mit Schmerzen und Bewegungseinschränkungen v.a. bei der Dorsalextension der Großzehe einhergeht. In der Regel ist eine Arthrose des I. MTP die Ursache.

Beim Hallux rigidus klagen die Patienten zu Beginn während des Abrollvorgangs über Druck- und Bewegungsschmerzen im Bereich des I. MTP. Da das Abrollen des Fußes beim Gehen vermieden wird, führt die hierdurch bedingte Schonhaltung zu einem steifen Gangbild.

Folgende klinische Untersuchungsbefunde sind typisch:

1. Die Behinderung oder schmerzhaftige Bewegungseinschränkung im I. MTP - insbesondere bezüglich der für den Abrollvorgang notwendigen Dorsalextension
2. Das Vorhandensein eines passiven Stauchungs- und Bewegungsschmerzes im I. MTP
3. Die eingeschränkte Beweglichkeit des Interphalangealgelenkes mit dorsalextendierter Überstreckung
4. Dorsale und laterale Osteophyten im Bereich des I. MTP

Während im Frühstadium krankengymnastische und entzündungshemmende sowie konservativ-orthopädische Maßnahmen zur Anwendung kommen, stehen im fortgeschrittenen Zustand die operativen Verfahren bei der Therapie des Hallux rigidus im Vordergrund. Zur Auswahl steht eine Vielzahl von Operationsvarianten. Neben gelenkerhaltenden operativen Maßnahmen wie der Cheilektomie und der Osteotomie bieten sich gelenkresezierende Verfahren wie Arthrodesen, Resektions- und Implantatarthroplastik an.

Im Rahmen dieser Arbeit soll die Implantatarthroplastik retrospektiv analysiert werden und in einer Metaanalyse mit den altbewährten Methoden der Resektionsarthroplastik und Arthrodesen verglichen werden.

2. Arbeitshypothese und Fragestellung

Neben dem Hallux valgus handelt es sich bei dem Hallux rigidus um die zweithäufigste Funktionsstörung der Großzehe (Cohn u. Kanat, 1984; Zollinger, 1991). Unter dem Hallux rigidus versteht man eine zunehmende Starrheit des Großzehengrundgelenkes (I. MTP) auf dem Boden einer Arthrose mit schmerzhaft eingeschränkter, wenn nicht sogar aufgehobener Dorsalflexion.

In der vorliegenden Arbeit wird das Krankheitsbild des Hallux rigidus und seine Therapieoptionen ausführlich dargestellt.

Einem allgemeinen Überblick über die Anatomie und Funktion des Fußes folgen die Zusammenhänge von Definition, Ätiologie und Pathogenese des Hallux rigidus. Nachfolgend werden die klinischen Untersuchungsbefunde beschrieben, denen ein Literaturüberblick über die prinzipiellen Möglichkeiten der konservativen und der am häufigsten durchgeführten operativen Behandlungsmethoden folgt.

Als operative Therapie für das schmerzhafte I. MTP bei Hallux rigidus bieten sich anfänglich gelenkerhaltende Maßnahmen und für das Endstadium gelenkresezierende Maßnahmen wie Implantatarthroplastik, Resektionsarthroplastik oder Arthrodesen an. Ziele der operativen Methoden sind die Schmerzfreiheit bzw. zumindest Schmerzreduktion, Verbesserung der Zehenbeweglichkeit bei gleichzeitiger Stabilität, Verschönerung des kosmetischen Bildes und die Akzeptanz von Konfektionsschuhen.

Der sich anschließende literarische Überblick erfasst die analysierten Studien. Er beinhaltet die verwertbare aktuelle Literatur zu den verschiedenen endoprothetischen Versorgungsmöglichkeiten (Silikon- und Metallprothesen) des Hallux rigidus; diesen werden die altbewährten operativen Verfahren wie Arthrodesen und Resektionsarthroplastik nach Keller-Brandes bei Hallux rigidus gegenübergestellt.

Hinsichtlich der Hauptsymptome des Krankheitsbildes sollen die vorliegenden Studien im Rahmen dieser Arbeit bei Hallux rigidus retrospektiv analysiert werden und mittels metaanalytischem Vergleich des postoperativen Bewegungsumfanges auf deren Erfolg untersucht werden.

Ziel dieser Arbeit ist es, anhand von Vor- und Nachteilen der operativen Verfahren, zu analysieren, ob die derzeitigen Ergebnisse der endoprothetischen Versorgung des I. MTP eine Therapiealternative zur Resektionsarthroplastik und zur Arthrodesen im Endstadium des Hallux rigidus darstellen oder ob die Notwendigkeit einer Prothesenweiterentwicklung besteht, um erfolgreicher eingesetzt werden zu können.

Auf folgende Fragestellung wird anhand der ausgewerteten Ergebnisse besonders eingegangen:

- Wie sind die Ergebnisse der Implantatarthroplastik im Vergleich zur Resektionsarthroplastik und Arthrodesse insbesondere bei Gegenüberstellung der Evaluationskriterien: Schmerz und Bewegungsumfang?
- Sind weitere subjektive und objektive Unterschiede in operativen Langzeitergebnissen gemessen an subjektiven und objektiven Parametern hinsichtlich der einzelnen Verfahren festzustellen?
- Ergeben sich anhand dieser Arbeit weitere prä- und postoperative Aspekte bzw. Evaluationskriterien, die bei zukünftigen prospektiven Studien bei Hallux rigidus Operationen berücksichtigt werden sollten?

3. Anatomische Grundlagen des Fußes mit Schwerpunkt: Großzehengrundgelenk (I. MTP)

Die medizinische Bedeutung des Fußes ist in seiner Funktion als stark belasteter Abschnitt des Bewegungsapparates begründet. Das knöcherner Gerüst, seine Muskeln, Sehnen und Bänder sind häufig den Anforderungen nicht gewachsen.

3.1 Knöcherner Form

Man unterscheidet am knöchernen Fuß die Fußwurzelknochen (Ossa tarsi), die Mittelfußknochen (Ossa metatarsalia) und die Zehenknochen (Ossa digitorum pedis) (Abb. 1).

▪ Mittelfußknochen

Der Mittelfußbereich besteht aus den fünf nebeneinander liegenden Mittelfußknochen, wobei das Os metatarsale I am kräftigsten ausgebildet ist. „Dies erklärt sich aus der Tatsache, dass beim Gehen der erste Strahl bei der Abwicklung des Fußes vom Boden am meisten beansprucht wird.“ (Benninghoff u. Drenckhan, 2001)

Auf der plantaren Gelenkfläche des Metatarsale I-Köpfchens finden sich zwei Sesambeine, die in die Beugesehnen eingelagert sind und die Aufgabe einer besseren Druckverteilung übernehmen (Rabl u. Nyga, 1994).

▪ Zehenknochen

Die Zehenknochen bestehen aus Grund-, Mittel- und Endphalanx (Phalanx proximalis, media und distalis). Während die Großzehe lediglich aus zwei Phalangen besteht, die entsprechend der größeren Beanspruchung am stärksten ausgebildet sind, bestehen die II.-V. Zehe jeweils aus drei Zehenphalangen, wovon die Grundphalanx jeweils die längste ist.

Das Verhältnis der Zehenlängen ist individuell sehr unterschiedlich ausgeprägt. Beim „griechischen Fuß“ ist die Großzehe am längsten, während beim „ägyptischen Fuß“ die zweite Zehe am längsten ausgebildet ist (Götz, 2001).

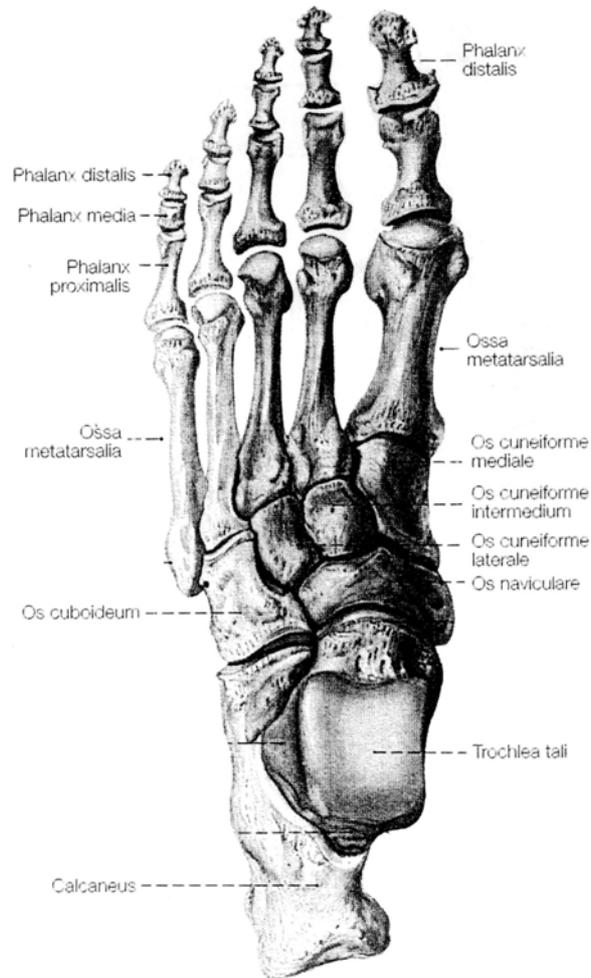


Abb. 1 Skelett des linken Fußes von dorsal
(Benninghoff u. Drenckhan, 2001)

3.2 I. MTP und weitere Fußgelenke; Funktion und Bewegungsumfänge

- Fußwurzel- und Mittelfußgelenke

Die Beweglichkeit in den Fußwurzel- und Mittelfußgelenken ist im Vergleich zu den großen Exkursionen des oberen und unteren Sprunggelenkes sehr eingeschränkt. Es handelt sich bei diesen Gelenken um straffe Gelenke mit geringer Beweglichkeit, den so genannten Amphiarthrosen. Sie sind einerseits so beweglich, dass sie im Gegensatz zu einem starren knöchernen Verband eine federnde Anpassung an Unebenheiten des Bodens zulassen, andererseits aber so straff, dass sich das Gefüge des Stützfußes nicht lockert.

In der Regel besteht der Bewegungsumfang beim Gehen nicht nur aus isolierten Bewegungen des Vor- oder Rückfußes, sondern aus einer Einheit von Bewegungsabläufen im Sprunggelenk sowie in den Tarsometatarsal- und Intermetatarsalgelenken. Die Störung eines Gelenkes kann zu einer funktionellen Beeinträchtigung der Nachbargelenke führen; die klinischen Zeichen hierfür sind Schmerzen und Gehstörungen.

- Zehengelenke

Die Zehengrundgelenke (*Articulationes metatarsophalangeales I-V*) weisen im Vergleich zu den Mittelfußgelenken ein größeres Bewegungsmaß auf. Anatomisch handelt es sich hierbei um Kugelgelenke zwischen den Metatarsalköpfchen und den kleinen Pfannen der Grundphalangen. Die phalangealen Pfannen gleiten v.a. auf dem dorsalen Anteil der Metatarsalköpfchen, deren plantarer Teil von den faserknorpeligen *Ligg. plantaria* bedeckt ist. Die *Ligg. Plantaria* - in die Gelenkkapsel eingewoben - vergrößern gewissermaßen die kleine Pfanne und enthalten am ersten Strahl obligatorisch zwei Sesambeine.

Der mögliche Bewegungsumfang in den Zehengrundgelenken beträgt aus der Grundstellung heraus (Neutral-Null-Methode) 30-40° bei aktiver Plantarflexion sowie 50-60° bei aktiver Dorsalextension. Durch passive Dorsalextension können die Zehen in diesen Gelenken in der Endphase der Fußabrollung bis zu 90° erreichen (Rabl u. Nyga, 1994).

Bei den Mittel- und Endgelenken (*Articulatio interphalangeales proximales et distales*) der Zehen handelt es sich im Gegensatz zu den Zehengrundgelenken um Scharniergelenke. In den Mittelgelenken ist von der Normalstellung aus nur eine Plantarbeugung bis 90° ausführbar. Die Endgelenke haben einen Bewegungsumfang von 45° Dorsalextension und Plantarflexion (Frick et al., 1992).

Die Beweglichkeit der Großzehe kann erheblich variieren. Im Interphalangealgelenk der Großzehe ist normalerweise keine Dorsalextension, allerdings eine Plantarflexion von etwa 80° möglich. Hingegen ist im Großzehengrundgelenk die erreichbare Dorsalextension mit etwa 60° größer als die Plantarflexion mit 40° (Abb. 2a). Die Abduktion der Großzehe mit 20° und die Adduktion mit 10° sind stark eingeschränkt (Abb. 2b).

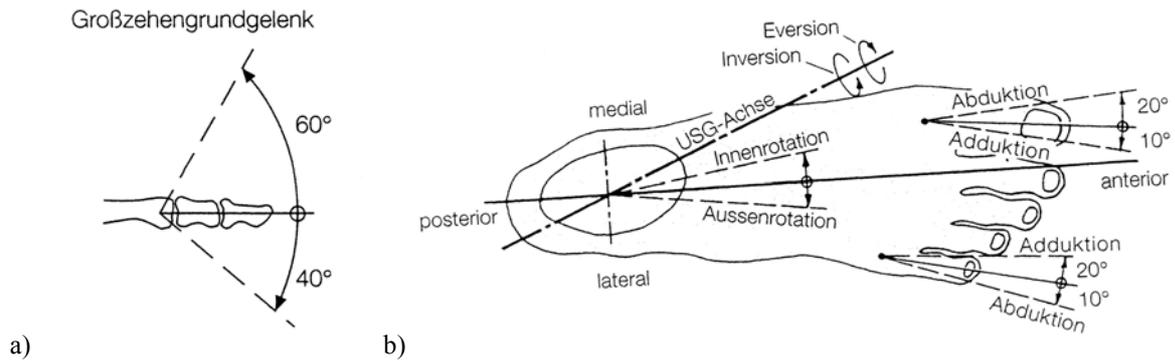


Abb. 2 Darstellung von Achsen und Bewegungsumfängen a) Bewegungsumfang im I. MTP und b) Ab/Adduktion der Großzehe (Benninghoff u. Drenckhan, 2001)

3.3 Fußmuskeln

Die Fußmuskulatur ist ermüdbar und schwächer als der Bandapparat des Fußes, der hauptsächlich zur passiven Längsverspannung und Federung des Fußgewölbes dient. Man unterscheidet die kurzen und langen Fußmuskeln. Die kurzen Fußmuskeln liegen zwischen Plantaraponeurose und knöchernem Gerüst und spannen sich zwischen den Tarsalknochen und den Metatarsal- bzw. Phalangealknochen aus. Sie sind zuständig für die Verspannung des Fußgewölbes. Ihre Spannung ist je nach Belastung aktiv regulierbar, damit sie dem Fuß die aktive Anpassungsmöglichkeit an die Unebenheiten des Bodens verleihen können.

Die aktive Streckung der Zehen erfolgt im wesentlichen durch den M. extensor digitorum longus, den M. extensor hallucis longus, M. extensor digitorum brevis.

Die Beuger stemmen den abrollenden Fuß am Boden ab bzw. stützen den Körper im Vorfuß, so dass ein Vorwärtsfallen bei Verlagerung des Körperschwerpunktes im Stand nach vorne verhindert wird. Die aktive Beugung der Zehen erfolgt durch den M. flexor digitorum longus, den M. flexor hallucis longus, dem kräftigsten Zehenbeuger, der beim Abrollen des Fußes die Großzehe als letzte vom Boden stößt, den M. flexor digitorum brevis und den M. flexor digiti minimi brevis. Die Beugung wird außerdem durch die plantaren Muskeln unterstützt.

Die Mm. interossei und lumbricales sind Beuger der Grundgelenke. Willkürliche Ab- und Adduktion der Zehen in den Grundgelenken sind nur geringfügig ausführbar, da sie durch die Mm. interossei und lumbricales stark eingeschränkt werden. Die Abspreizung der

Großzehe nach medial erfolgt durch den M. abductor hallucis. Die Mm. interossei und lumbricales können die Zehen im Endgelenk nicht strecken, da sie nicht in die Dorsalaponeurose der Zehen einstrahlen. Sie dienen hauptsächlich der Stabilisierung der Zehen.

Eine Übersicht über Ansatz und Ursprung der langen Muskeln, deren Ansatz an der Großzehe liegt und der kurzen Fußmuskeln zeigt Tabelle 9 im Anhang (S. 111).

3.4 Form und Funktion der Fußwölbungen

Aufgrund der besonderen Anordnung und Form der Fußknochen bildet der Fuß ein Fußgewölbe aus, welches aus drei Bogenanteilen, einer medialen und lateralen Längswölbung und eine vorderen Querwölbung besteht (Abb. 3). Das mediale Längsgewölbe spannt sich vom Calcaneus zum Metatarsale I-Köpfchen, das laterale vom Calcaneus zum Metatarsale V-Köpfchen. Das Quergewölbe liegt im Bereich der distalen Fußwurzelreihe. Unter der Belastung des Stehens und Gehens flachen sich die Fußwölbungen ab. Das Ausmaß dieser Abflachung ist abhängig von der Festigkeit ligamentärer Verspannungssysteme und Muskelkräfte (Rabl u. Nyga, 1994). Versagen diese, entstehen Deformierungen und Fehlstellungen des Fußes.

▪ Dreipunktbelastung versus Zweipunktunterstützung

An der so genannten Dreipunktbelastung des Fußes, die sich in den ersten drei Lebensjahren am Großzehen- und Kleinzehenballen und der Ferse ausbildet, halten auch heute noch einige Autoren fest (Rabl u. Nyga, 1994). Sie besagt, dass die Last des Körpers vom Unterschenkel über das obere Sprunggelenk auf den Talus übertragen wird und sich auf die drei Eckpunkte Tuberculum calcanei, Metatarsale I- und V-Köpfchen verteilt (Abb. 3). „V. Kapandji hat festgestellt, dass beim aufrechten Stehen der Calcaneus die Hälfte der Körperlast übernimmt, das Köpfchen des 1. Mittelfußknochens $\frac{1}{3}$ und das Köpfchen des 5. Mittelfußknochens $\frac{1}{6}$ der Körperlast.“ (Rabl u. Nyga, 1994)

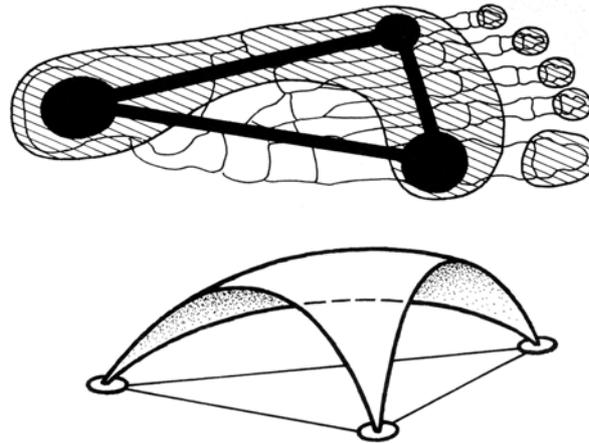


Abb. 3 Dreipunktbelastung mit drei Knochenstützpunkten: Tuber calcanei, Metatarsale I- und V-Köpfchen (oben) und drei Fußgewölben (unten) (Debrunner, 1995)

Weitere Messungen von Druckverteilungen am Fuß widersprechen der allgemeingültigen These der Dreipunkteverteilung. Durch Henning (Henning u. Milani, 1993) konnte die wichtige Funktion der Großzehe für das Abstoßen beim Gehen durch ein Druckmaximum unter der Großzehe beim Gehen bestätigt werden. Der Maximaldruck unterhalb des Hallux ist beim Gang 12,6-mal höher als im Stand (Abb. 4). Mit deutlich höheren Druckwerten unter dem III. Metatarsale als unter dem I. und V. Metatarsale unterstützt er jedoch die Theorie einer Zweipunktebelastung beim Stand und Gang an der Ferse und im mittleren Vorfuß.

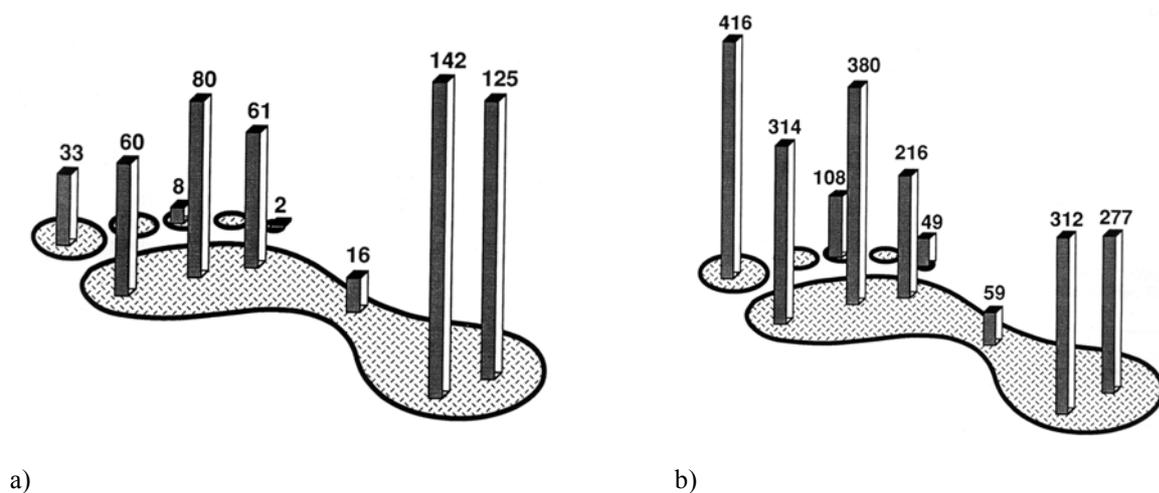


Abb. 4 Zweipunktunterstützung: a) Druckverteilung (kPa) beim beidbeinigen Stand und b) Maximaldruckverteilung (kPa) beim Gehen (Henning u. Milani, 1993)

3.5 Biomechanik des gesunden Fußes

Der Fuß dient als Standfläche, Fortbewegungsmittel und Stoßdämpfer. Zu diesem Zweck muss er sowohl ausreichende Stabilität, als auch wechselnde Verformbarkeit aufweisen. Dies verdeutlicht besonders die Anatomie des Großzehenstrahls, der beim Zehenstand die Hauptlast des Rumpfes tragen muss (Benninghoff u. Drenckhan, 2001).

Im aufrechten Stand sind die Zehen als Unterstützungsfläche wichtig. Beim unbelasteten Fuß sind die Zehen im Grundgelenk leicht dorsalexteniert, so dass die Metatarsalköpfchen als Stützpunkte frei liegen. Mittel- und Endgelenke sind leicht plantar gebeugt.

Beim Gehen werden die einzelnen Teile des Fußes in den verschiedenen Phasen unterschiedlich belastet. Mit jedem Schritt wird der Fuß in leichter Varusstellung mit der Ferse aufgesetzt. Anschließend wird die Hauptlast auf die Innenkante der Ferse verlagert. Von der Ferse wird über den lateralen äußeren Fußrand abgerollt, so dass bei normaler Fußwölbung der mittlere Teil der Sohle innen gar nicht die Erde berührt und zunächst die Basis des Metatarsale V-Köpfchen am meisten zu tragen hat. Die Belastung wandert dann zum I. Strahl, „wobei erst die Sesambeine unter dem Großzehengrundgelenk und anschließend die große Zehe selbst am meisten zu tragen haben.“ (Rabl u. Nyga, 1994) Der Fuß rollt sich vom Boden ab, indem sich die Ferse hebt, dann der Fußballen und die Zehen folgen, bis zuletzt der Großzehenballen mit der Großzehe sich vom Boden abstoßen.

Um ein normales Gangbild zu erzielen, sollte während der Abstoßungsphase eine passive Dorsalflexion der Großzehe von 42 bis 90° (Nawoczinski, 1999), 65 bis 75° (Grady et al., 2002) möglich sein.

4. Das Krankheitsbild des Hallux rigidus

4.1 Definition und pathologische Anatomie

Der Hallux rigidus ist nach dem Hallux valgus die zweithäufigste Funktionsstörung des I. MTP. Es handelt sich dabei um eine Funktionsstörung mit Schmerzen und teilweisem oder völligem Ausfall der Dorsalextension der Großzehe mit progredienter Arthrose.

Das Krankheitsbild des Hallux rigidus taucht im Laufe der Jahre medizinhistorisch unter einer Vielzahl von Synonymen auf.

1887 wird es erstmals auf der Tagung der Clinical Society of London von Davies–Colley (Davies-Colley, 1887) als *Hallux flexus* beschrieben. Er erwähnt fünf Patienten mit einer kontrakten Großzehe in 30-60° Plantarflexion und einer Schwellung des I. MTP.

Der Begriff *Hallux rigidus* wird erstmalig noch im gleichen Jahr von Cotterill (Cotterill, 1887) eingeführt, mit dem er eine Beugstellung bei teilweiser oder aufgehobener Dorsalextension der Großzehe beschreibt.

Andere Autoren (Blair u. Brown, 1993) hingegen benutzen den Begriff des Hallux rigidus nur für das degenerativ veränderte Endstadium.

Auch der Begriff des *Hallux limitus* definiert entweder ein Stadium des Hallux rigidus (Regnauld, 1986) oder ein eigenständiges Krankheitsbild (Root et al., 1977), welches eine vom Metatarsalköpfchen plantarwärts subluxierte Grundphalanxbasis, die bei Dorsalextension nicht mehr in der Lage ist, den Bewegungen auf dem Metatarsalköpfchen zu folgen, beschreibt.

Weitere Bezeichnungen finden sich in der Literatur zu verschiedenen Zeiten: *Hammerzehenplattfuß* (Breitenfelder, 1950), *Pes malleus valgus* (Vulpinus, 1896), *Hallux equinus* (Camasta, 1996), *funktionaler Hallux limitus* (Laird, 1990), *Metatarsus primus elevatus* (Lambrinudi, 1938), *Hallux dolorosus* (Cohn u. Kanat, 1984; Ronconi et al., 2000), „*Arthritis deformans*“ des Großzehengrundgelenkes (Watermann, 1927) oder „*juvenile Arthritis deformans*“ des Großzehengrundgelenkes (Lindemann, 1936).

Cotterill (Cotterill, 1887) prägt mit dem Begriff des Hallux rigidus einen Namen für ein Krankheitsbild des I. MTP, das allen Stadien der Erkrankung gerecht wird, denn die Rigidität des I. MTP ist das charakteristische Merkmal, das die Erkrankung von ihrem Entstehen bis zum Endstadium begleitet.

4.2 Ätiologie und Pathogenese

Sowohl die Vielzahl der Synonyme für das Krankheitsbild des Hallux rigidus im Laufe der historischen Entwicklung, als auch die verschiedenen Therapieansatzpunkte und deren Therapieerfolge verdeutlichen die Individualität der klinischen Befunde und bringen zugleich die unterschiedliche Auffassung der verschiedenen Autoren in Bezug auf Entstehung und Ursache zum Ausdruck. Die primären Auslöser sind heterogen und häufig nicht eindeutig abgrenzbar.

Im Folgenden werden einige ätiologische Faktoren dargestellt:

- **Arthrosis deformans**

- Endogene Arthrosis

Lindemann (Lindemann, 1936) stellt anhand von radiologischen Untersuchungen bei Jugendlichen fest, dass die Arthrosis deformans die Ursache und nicht die Folge der Einschränkung der Dorsalflexion der Großzehe ist. Bei nur gering ausgeprägten Kontrakturzuständen sind bereits im Röntgenbild Arthrosezeichen am I MTP zu erkennen. Der Arthrose folgen eine Kapselschrumpfung und eine Muskelkontraktur des kurzen Großzehenbeugers, da dessen Ansatz an den Sesambeinen, die in der Gelenkkapsel mit eingewebt sind, liegt. Zusammen mit der ständig einwirkenden Belastung entwickelt sich eine Plantarflexionskontraktur.

Auch Watermann (Watermann, 1927) beschreibt eine oft im jugendlichen Alter beginnende, primäre „Arthritis deformans“ des I. MTP, die im Laufe der Zeit mit völliger Versteifung endet.

- sekundär

Mau (Mau, 1928) ist der Auffassung, dass es sich beim Hallux rigidus nicht um eine primäre Arthrosis deformans handelt, sondern um eine sekundäre infolge muskulärer Kontrakturen. Diese Auffassung unterstützt Breitenfelder (Breitenfelder, 1950), da vom Beginn bis zum Endzustand die schmerzhafte Plantarflexionskontraktur der Großzehe im Vordergrund steht.

Im Röntgenbild sind zu Beginn nur eine Flexionsstellung der Großzehe und eine mehr oder weniger ausgeprägte dorsal-supinatorische des ersten Strahls zu sehen. Erst im weiteren Verlauf treten die Zeichen einer Arthrosis deformans hinzu. Bestätigt wird diese These dadurch, dass durch eine früh durchgeführte Operation das Fortschreiten der Arthrose aufzuhalten ist.

- **Schwachfuß und Fußdeformitäten**

Hackenbroch (Hackenbroch, 1961) sieht den Hallux rigidus als irreversible Formveränderung mit Reizerscheinungen an, die als Folge einer Entwicklungsstörung durch ungünstige mechanisch statische Verhältnisse mit funktioneller Überbeanspruchung entsteht.

Der Hallux rigidus kann häufig mit einem Pes valgus oder plano-valgus assoziiert sein (Breitenfelder u. Rütt, 1985; Mau, 1928). Laut Rütt (Rütt, 1961) ist der Hallux rigidus immer mit einem Pes plano-valgus assoziiert, der durch einen Überlastungsschaden zustande kommt, da das I. MTP bei der Abrollung einen großen Teil der Körperlast aufnehmen muss. Coughlin (Coughlin u. Shurnas, 2003a) widerspricht diesem, da im Durchschnitt zur Normalbevölkerung kein gehäuftes Auftreten (12%) von Pes valgus und Hallux rigidus nachgewiesen werden konnte.

Während Vulpius (Vulpius, 1896) die These vertritt, dass die „Hammerzehe“ primäre Ursache für den Plattfuß ist, nennt Schede (Schede, 1925) den Plattfuß als Ursache für den Hallux rigidus: Die Fußsenkung bedingt eine dorsal-supinatorische Aufbiegung des ersten Strahls und erzeugt somit eine vermehrte Spannung in den relativ verkürzten Beugesehnen, dass die Großzehe beim Abrollen des Fußes nicht mehr vom Boden abgehoben werden kann. Es kommt zu einer anhaltenden Kontraktur der Flexoren während der Abstoßung. Die Arthrosis deformans entsteht durch das „ständige Aufeinanderpressen“ der Gelenkflächen des I. MTP. Lindemann (Lindemann, 1936) widerlegt diese Vermutung, dass der Hallux rigidus in jedem Fall mit dem Plattfuß vergesellschaftet ist. Bei Einigen „fanden sich durchaus wohlgestaltet erscheinende Füße!“

Der Fuß beim Hallux rigidus zeigt in der großen Mehrzahl der Fälle eine Knickfußstellung (Breitenfelder, 1950; Mau, 1928). In der Adoleszenz kommt es zur mechanischen Beanspruchung der Großzehe durch den entgegenstehenden Bodendruck, der zur allmählichen Dorsalaufbiegung des ersten Strahls führt.

Die dauernde falsche und übermäßige Beanspruchung des I. MTP führt zu einem reflektorischen Krampfzustand der muskulären Zehenbeuger (Stadium I). Bei chronischem Verlauf entsteht aus der muskulären Kontraktur eine ligamentäre (Stadium II), später eine knöcherne Deformierung (Stadium III).

Da der Hallux rigidus bei Kindern mit relativ langen schmalen Füßen auftritt, wurde ein Zusammenhang des Hallux rigidus mit der Länge des Fußes vermutet (Hackenbroch, 1961; Nilsonne, 1930; Rütt, 1961). Jedoch konnte von Breitenfelder (Breitenfelder, 1950) keine gesetzmäßige Abhängigkeit des Ausmaßes mit der Fußform und Fußlänge bzw. der des ersten Strahls in Verbindung bringen, da schlanke Füße bei Kindern häufig sind, der Hallux rigidus aber selten.

Nie ist der Hallux rigidus bei einem kurzen, gedrungenen, einem Spreiz- oder Hohlfuß aufgetreten (Rütt, 1961). Auch ist kein Zusammenhang zwischen dem Auftreten eines Hallux rigidus und der Kontraktur der Achillessehne oder einer hypermobilen Großzehe zu erkennen (Coughlin u. Shurnas, 2003b).

Da bei diversen Fußdeformitäten kein Hallux rigidus vorliegt, können sich zum Hallux rigidus andere Erkrankungen des Fußes mit großer Wahrscheinlichkeit hinzugesellen, müssen aber nicht. Durch das häufige Auftreten mit anderen Fußdeformitäten muss angenommen werden, dass auch sekundär infolge falscher statischer Belastung die Arthrosis deformans im I. MTP auftreten kann.

- **Trauma**

„Eine Schädigung des Metatarsophalangealgelenkes infolge einer Verletzung kann zum fortschreitenden Gelenkverschleiß, also zur posttraumatischen Arthrose führen.“ (Wülker, 1997a) Akute einmalige schwere Verletzungen (z.B. Hyperextensions-, Anpralltraumata) oder repetitive Mikrotraumatisierungen (Gould, 1981) an der Gelenkfläche der Grundphalanx oder des Metatarsale I-Köpfchen durch z.B. Fußball- und Hockey, Ballett oder das Tragen von falschem Schuhwerk können zu chondralen (McMaster, 1978) und osteochondralen (Gould, 1981; Nawoczenski, 1999) Verletzungen am proximalen Phalanxbasisrand des Metatarsale I-Köpfchen führen. McMaster (McMaster, 1978) geht hierbei nur von einer Mikroverletzung des Gelenkknorpels aus, so dass er von einer „Chondritis dissecans“ spricht.

Insbesondere das einseitige Auftreten des Hallux rigidus spricht für eine posttraumatische Arthrosis deformans (Elmslie, 1926; Lindemann, 1936). Grady (Grady et al., 2002) konnte bei 55% von 772 Patienten mit Hallux limitus eine traumatische Genese anamnestizieren.

- **Funktionelle Überbelastung**

Mau (Mau, 1928) beschreibt das Auftreten des Hallux rigidus besonders häufig bei Personen in Berufen, in denen von Jugend an besondere Anforderungen an ihre Füße gestellt wurden (Gepäckträger, Kellner, Laufburschen, Boten).

Schon 1927 spricht Watermann (Watermann, 1927) von einem „Sportschaden“ infolge außerordentlich funktioneller Belastung vorwiegend bei Springern und Läufern, die von Jugend an Sport trieben. Breitenfelder (Breitenfelder, 1950) entkräftigt dieses Argument, da bei vielen Sportlern bei gleicher Belastung kein Hallux rigidus auftritt.

- **Osteochondrosis dissecans (OD) und aseptische Knochennekrose**

„Die Osteochondrosis dissecans als avaskuläre Knorpel-Knochennekrose eines Teils des Metatarsale I-Köpfchens kann zur Bewegungseinschränkung des Metatarsophalangealgelenkes und zum Gelenkverschleiß führen.“ (Wülker, 1997b)

Der kongenitale Hallux rigidus manifestiert sich nach Zollinger (Zollinger, 1991) im Schulalter und lässt als Ursache eine Veränderung der epiphysären Entwicklung, im Sinne einer OD, erkennen. Das Vorkommen der OD am Metatarsalköpfchen sehen Kessel und Bonney (Kessel u. Bonney, 1958) anhand von Patienten im Kindes- und Jugendalter als häufigste (Goodfellow, 1966) unbemerkte Ursache für den Hallux rigidus. Im Erwachsenenalter wird sie dann aufgrund von degenerativen Veränderungen als Hallux rigidus diagnostiziert, ohne die primäre Genese aufzudecken.

Diskutiert wird auch, ob es sich primär um eine anlagebedingte Epiphysenzonenzerstörung handelt. Rütt (Rütt, 1961) folgert, dass zumindest in einem großen Teil der Fälle eine Störung der epiphysären Verknöcherung am Grundglied zu einer Früharthrose führt. Er fand bei 50% der erkrankten Kinder eine Teilung bzw. Unregelmäßigkeit der Wachstumsfuge des Grundgliedes. Auch Kingreen (Kingreen, 1933) und Hackenbroch (Hackenbroch, 1961) beschreiben radiologisch häufig eine Zweiteilung des Epiphysenkerns der Großzehenphalanx und des Mittelfußknochens bei Hallux rigidus Patienten und vermuten den Hallux rigidus als Folge einer aseptischen Knochennekrose. Dieser These widersprechen Breitenfelder

(Breitenfelder, 1950), Lindemann (Lindemann, 1936), Schede (Schede, 1925) und Mau (Mau, 1928). Beim Hallux rigidus ist nur der gelenknahe Knochen und nicht das gesamte Köpfchen betroffen (Wülker, 1997b)

- **Die vestimentär bedingte Disposition**

Mau (Mau, 1928) und Wülker (Wülker, 1997b) beschreiben als Ursache für den atraumatischen (Elmslie, 1926) Hallux rigidus bei beidseitigem Auftreten den Gelenkverschleiß infolge unphysiologischer Belastung insbesondere beim Tragen von Schuhen mit Absätzen und von zu kleinem steifen Schuhwerk (Davies-Colley, 1887). Die starre Fußsohle behindert die Plantarflexion und die meist zu eng ansitzende Schuhkappe die Dorsalflexion der Großzehe. Dadurch ist die willkürliche Bewegung und somit der Bewegungsumfang der Großzehe eingeschränkt (Romich, 1924). Infolgedessen wird aus dem aktiven Fußapparat ein passiver, dessen Muskeln und Bänder erschlaffen und dessen Fußgerüst nachgibt (Hohmann, 1948).

Breitenfelder (Breitenfelder, 1950) sieht in schlechtem Schuhwerk allenfalls einen prädisponierenden Faktor bei der Entstehung des Hallux rigidus. Zehenfehlstellungen und Vorfußbeschwerden sind nicht nur das Produkt von zu engem Schuhwerk, sondern das Produkt von komplexen Vorgängen der Fußsenkung (Schede, 1925).

- **Heredität**

Bonney und Macnab (Bonney u. Macnab, 1952) fanden bei 50% der Patienten eine positive Familienanamnese mit Beschwerdebeginn vor dem 20. Lebensjahr und bei 10% der Fälle einen Beschwerdebeginn nach dem 20. Lebensjahr. Ein klar definierter Erbgang besteht nicht.

- **Metatarsus primus elevatus**

Als Metatarsus primus elevatus wird eine Kontraktur des I. MTP nach plantar, dem sog. Hallux flexus, bezeichnet, wobei das Metatarsale I beim Stand auf ebenem Boden zwangsläufig in vermehrter Dorsalextension steht.

Lambrinudi (Lambrinudi, 1938) sah als erster einen Zusammenhang mit dem Auftreten des Metatarsus primus elevatus und dem Hallux rigidus und geht von einer angeborenen Deformität aus, da dieses Krankheitsbild ihm bei einer 14-Jährigen aufgefallen ist.

Für Kessel und Bonney (Kessel u. Bonney, 1958), Rütt (Rütt, 1961) und Wülker (Wülker, 1997b) bleibt es ungeklärt, ob der Metatarsus primus elevatus primär oder sekundär entsteht.

Horton (Horton et al., 1999) geht von einer sekundären Erscheinung aus, da die Erhebung des ersten Metatarsale gegenüber dem zweiten sowohl bei Hallux rigidus Patienten als auch in der Kontrollgruppe ohne Hallux rigidus im Durchschnitt bei 8 mm liegt. (Coughlin u. Shurnas, 2003b)

- **Abnorme relative Länge der Großzehe**

Schon Davies-Colley (Davies-Colley, 1887) vermutet einen Zusammenhang zwischen der Überlänge der Großzehe und dem Hallux flexus. Dies bestätigen Nilsonne (Nilsonne, 1930) und Jack (Jack, 1940). Nilsonne (Nilsonne, 1930) hielt einen ungewöhnlich langen ersten Mittelfußknochen im Verhältnis zum zweiten für die entscheidende Ursache des Hallux rigidus bei Jugendlichen. Dieses Längenverhältnis wird durch den von ihm eingeführten Metatarsalindex beschrieben. Index plus (Metatarsale I länger als Metatarsale II), Index plus minus (Metatarsale I und II gleich lang) und Index minus (Metatarsale I kürzer als II).

Bei 81.2% seiner 49 Hallux rigidus Fälle lag ein Index plus vor. Außerdem kann die Großzehe bei einer Überlänge schon im normalen Konfektionsschuh bei jedem Schritt axial gestaucht werden.

Lindemann (Lindemann, 1936), Breitenfelder (Breitenfelder, 1950) und Anderl (Anderl et al., 1991) konnten diesen Zusammenhang in diesem erheblichem Maße nicht bestätigen. V.a. verwirft die große Anzahl der Hallux rigidus Fälle bei Index minus diese Hypothese (Rütt, 1961).

- **Sesambeingelenk**

Die Sesambeine der Großzehe sind in die Sehnen des M. flexor hallucis brevis eingebettet. Infolge einer Chondromalazie, Ankylose oder Arthrose der Sesambeine auf der Plantarseite des Metatarsale I-Köpfchens kann die ungestörte Gleitfähigkeit der Sehnen und somit die Dorsalextension eingeschränkt sein. Dieses kommt jedoch selten isoliert vor, so dass hier eher eine Begleiterscheinung als eine Ursache des Hallux rigidus vorliegt (Wilson, 1988).

- **Andere Ursachen**

Rütt (Rütt, 1961) ist der Ansicht, dass jede Erkrankung wie z.B. TBC, Lues, Gicht und Gelenkrheuma am I. MTP einen Hallux rigidus verursachen kann.

Wülker (Wülker, 1997b) weist darauf hin, dass der Begriff des „Hallux rigidus“ für die ideopathische bzw. posttraumatische Form der schmerzhaften Bewegungseinschränkung des

I. MTP vorbehalten ist und andere Ursachen einer Bewegungseinschränkung am I. MTP, wie zum Beispiel die Gicht, chronische Poly- und Psoriasisarthritis in keinem Zusammenhang stehen (Lindemann, 1936). „Wenn überhaupt eine Korrelation zwischen Hallux-rigidus-Arthrose und Gicht herzustellen ist, dann nur im stochastischen Sinne, nicht im kausalen.“ (Mertz, 1982)

Fasst man die verschiedenen Veröffentlichungen zusammen, ergibt sich keine einheitliche Meinung zur Ätiologie und Pathogenese des Hallux rigidus.

Konsens besteht darin, dass sowohl eine pathologische Veränderung des Gelenkes durch eine Formveränderung des Fußes als auch geringfügig eine endogene Komponente zusammenwirken, um die Arthrosis deformans auszulösen und den Hallux rigidus entstehen zu lassen. Grady (Grady et al., 2002) und seine Mitarbeiter bestätigen in ihrer Studie bei 330 (43%) von 772 Hallux limitus/rigidus Füßen die multiätiologische Ursache

4.3 Klinische Symptomatik und bildgebende Diagnostik

Die Hauptbeschwerden des Hallux rigidus sind Schmerz und die Bewegungseinschränkung der Großzehe.

Die Ursachen für diese Bewegungseinschränkung sind hauptsächlich Knochenproliferationen in Form von Osteophyten um das Metatarsale I-Köpfchen, eine Kontraktur der das Gelenk umgebenden Weichteile und eine generalisierte Entzündung im Gelenk (Brage u. Ball, 2002).

4.3.1 Klinische Erscheinungsformen

Die Patienten mit Hallux rigidus suchen den Arzt wegen einer Abrollbehinderung der Großzehe auf. Hauptsächlich bei Dorsalextension der Großzehe besteht v.a. im dorsalen Bereich des I. MTP ein zunehmender Druck- und Bewegungsschmerz (Abb. 5).

Die Schmerzen verstärken sich mit dem Ausmaß der Großzehengrundgelenksarthrose und können durch Zehenstand, Bergaufgehen, Treppensteigen und Druck des Schuhwerks provoziert werden. Hohe Absätze verursachen ebenfalls Schmerzen oder sind im fortgeschrittenen Stadium ganz unmöglich (Pitzen, 1984). Barfußlaufen und flache Schuhe bringen Schmerzerleichterung aber keine Schmerzfreiheit.

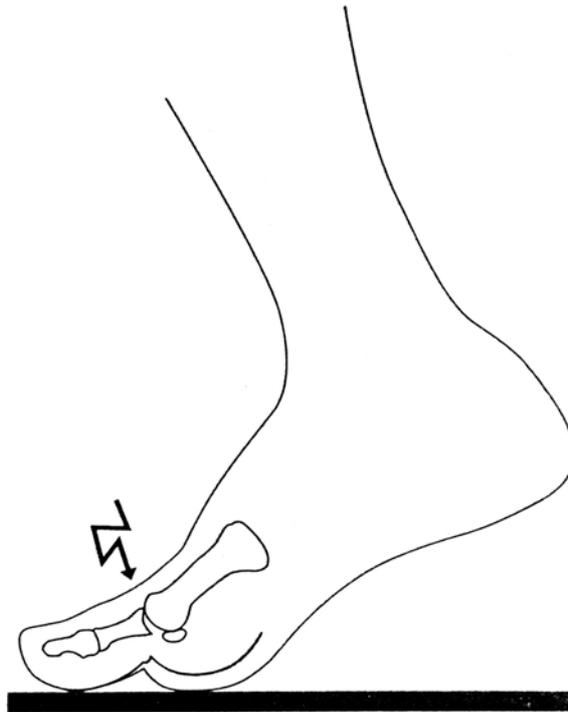


Abb. 5 Schmerzhafte Einschränkung der Dorsalextension im I. MTP (Wülker, 1997b)

- Steifes Gangbild

Schon im frühen Stadium fällt auf, dass das Abrollen des Fußes aufgrund der Schmerzen nicht mehr richtig über die Großzehe geschieht. Die Patienten versuchen durch ein vermindertes Abrollen über die Großzehe, den Bewegungsumfang und die Belastung des eingesteiften und schmerzenden I. MTP zu vermindern. Der Fuß wird stattdessen rotiert und nur auf der Ferse oder auf dem äußeren Fußrand supinatorisch aufgesetzt (Abb. 6). Da die Patienten oft den Arzt erst bei völlig fehlender Überstreckfähigkeit aufsuchen, ist der „Gang in allen Fällen behindert, die Kranken ermüden leicht und klagen schließlich überhaupt über Schmerzen im ganzen Fuß“ (Mau, 1928), die bis in den Unterschenkel ziehen können.

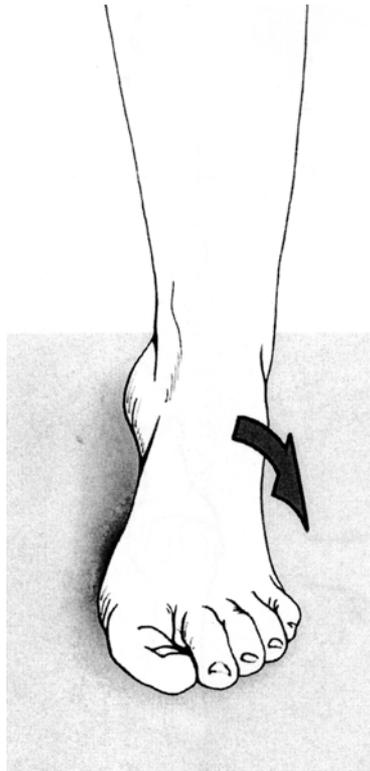


Abb. 6 Gangbild bei Hallux rigidus: Bei eingeschränkter Dorsalflexion der Großzehe erfolgte eine Rotation des Fußes zur Vermeidung der Abstoßung der Großzehe (Giannini et al., 2004)

- Inspektion

Im Frühstadium gibt es bei der klinischen Inspektion zwangsläufig keine Auffälligkeiten. Die plantare Beschwellung in der Gegend des I. MTP nimmt aufgrund der Minderbeanspruchung der Großzehe ab, während sie im Bereich des V. MTP eine vermehrte Hornbildung aufweist. Bei längerem Bestehen der Symptome kann auf Höhe des Interphalangealgelenkes der Großzehe eine Schwielenbildung auftreten.

Im späteren Stadium ist „als sicht- und tastbares Zeichen einer fortschreitenden Arthrosis deformans über dem Dorsum des Mittelfußköpfchens, eine feine spitze, teils höckerige Leiste nachweisbar“ (Rütt, 1961) (Abb. 7a). Statt der normalen Gelenkkonturen lassen sich dorsal und lateral Osteophyten in Form von rosenspornartigen Spornen erkennen (Abb. 7b), über denen sich durch Druck von zu engem Schuhwerk Rötung, Schleimhautbildungen und Ulzerationen ausbilden können.

Im weiteren Verlauf nehmen die Schwellung, die infolge arthropathischer Osteophytenbildung unregelmäßig ist, und die Verdickung des I. MTP zu (Abb. 8).

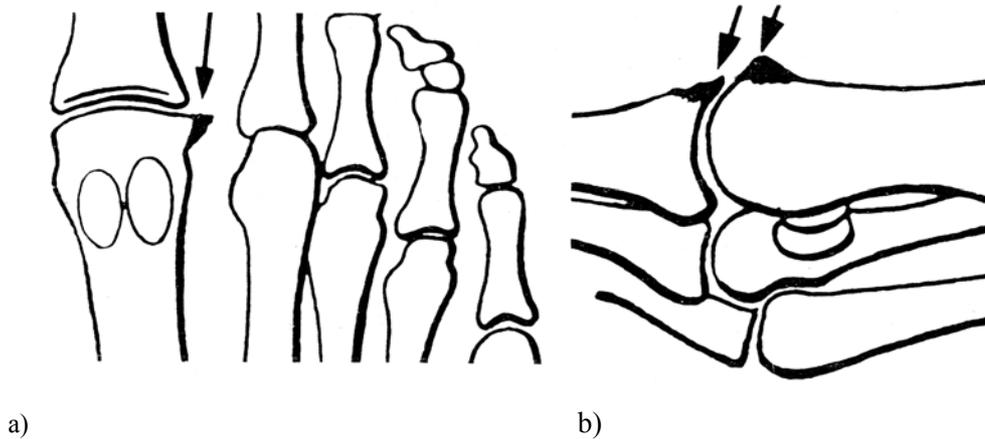


Abb. 7 a) und b): Rosendornartige Spornbildung bei Hallux rigidus (Breitenfelder u. Rütt, 1985)

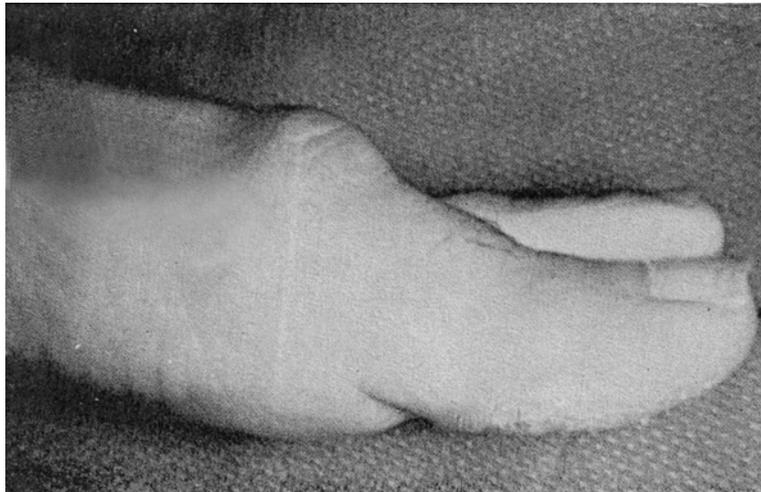


Abb. 8 Seitenansicht linke Großzehe bei Hallux rigidus mit Schwellung im Bereich des I. MTP und limitierter Dorsalflexion (Joplin, 1971)

▪ Palpation

Zu Beginn der Erkrankung ist nichts Auffälliges zu palpieren. Später ist das I. MTP infolge einer Synovitis oft dorsal druckempfindlich. Im weiteren Verlauf ist quer dorsal hinter dem Metatarsale I- Köpfchen eine kammförmige Kante zu tasten, die später einen dorsalen Osteophyten ausbildet, der eventuell so groß wird, dass die Großzehe in Plantarflexion gedrängt wird. Weitere reaktive Osteophytenbildungen, die eine zunehmende Barriere bilden, sind dorsomedial, lateral und an der Grundphalanx möglich.

Häufig lässt sich auf der Beugeseite die angespannte und kontrakte Beugesehne tasten (Breitenfelder u. Rütt, 1985).

- Funktionsüberprüfung

Bei der Funktionsüberprüfung achtet man zunächst sowohl auf das Vorhandensein eines passiven Stauchungs- und Bewegungsschmerzes als auch auf Gelenkreiben im I. MTP.

Charakteristisch ist der Grad der Bewegungseinschränkung des arthrotisch veränderten I. MTP, der ganz allmählich aber unaufhaltsam fortschreitet. Beim Hallux rigidus ist insbesondere die für den Abrollvorgang notwendige Dorsalextension, die beim Gesunden passiv bis 90° möglich ist, zunächst schmerzhaft eingeschränkt, dann steif behindert und im fortgeschrittenen Zustand so gut wie aufgehoben.

Während zu Beginn charakteristischerweise die Plantarflexion noch nicht eingeschränkt ist (Breitenfelder u. Rütt, 1985; Kessel u. Bonney, 1958), wird auch diese im Spätstadium behindert. Es kann sich im Endstadium eine vollkommene Starre im I. MTP bis zur „Kontraktur in leichter Beuge- und Subluxationsstellung des Grundgliedes plantarwärts“ (Mau, 1928; Schede, 1925) bei 10-20° Flexion (Breitenfelder u. Rütt, 1985) entwickeln. Die Starre im Grundgelenk kann durch eine kompensatorische Überdehnung der Kapsel und Bänder zu einer kompensatorischen dorsalextendierten Überstreckung bis Überstreckungskontraktur im Endgelenk führen. Das Endglied der Großzehe biegt sich kufenförmig auf (Mau, 1928), so dass der I. Strahl zwangsweise nicht mehr über den Großballen, sondern über das Endglied, den gewissermaßen nach vorne verlagerten neuen Ballen, abgestoßen wird (Abb. 9).

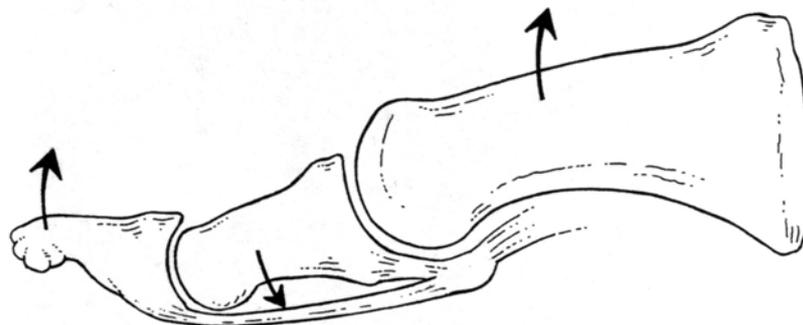


Abb. 9 Beugstellung des Grundgliedes nach plantar und Überstreckung des Endgliedes nach dorsal (Camasta, 1996)

4.3.2 Radiologische Erscheinungsformen

Im frühen Stadium weist der Hallux rigidus röntgenologisch noch keine bzw. kaum Veränderungen auf. Durch allmählich eintretende charakteristische Veränderungen lässt sich das Krankheitsbild des Hallux rigidus röntgenologisch, u. a. von Hallux valgus und Gicht, abgrenzen.

Im weiteren Verlauf findet sich an der Gelenkfläche des Metatarsale I-Köpfchen dorsolateral, ggf. auch medial und an der gegenüberliegenden Grundphalanxgelenkfläche, eine Randwulstbildung, die sich zu einem scharfkantigen Osteophyten in Spornform entwickelt.

Im mittleren Stadium lassen sich im dorsoplantaren Strahlengang Zeichen der Grundgelenksarthrose (eine Verschmälerung des Gelenkspalts mit subchondraler Sklerosierung und Osteophyten) im dorsalen Anteil erkennen. Im seitlichen Röntgenbild lässt sich häufig schon die dorsale Gelenkspaltverschmälerung erkennen, während plantarwärts der Gelenkknorpel noch gut erhalten scheint.

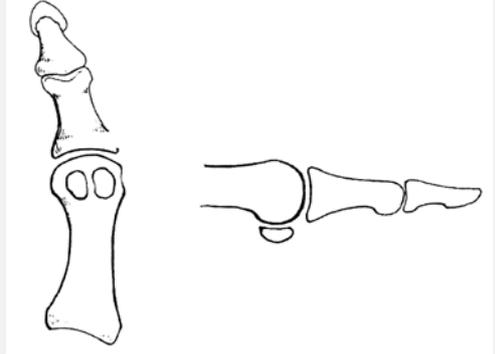
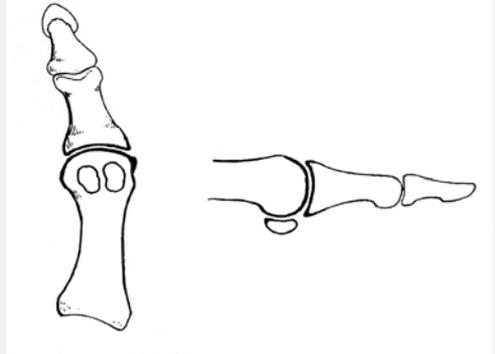
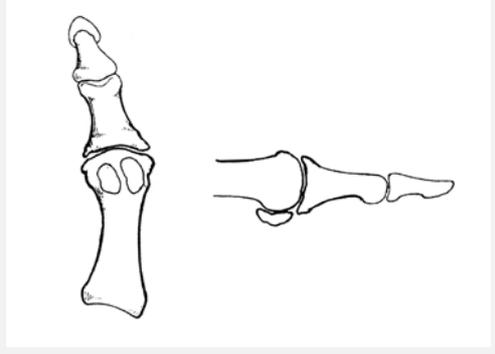
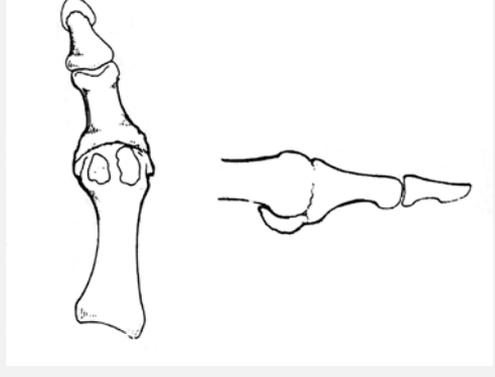
Im Spätstadium erkennt man im dorsoplantaren Strahlengang das Ausmaß einer fortgeschrittenen Arthrose des I. MTP in Form von Gelenkspaltverschmälerung, lateralen Exostosen, ausgeprägten subchondralen Sklerosierungsherden am Metatarsale I und an der Grundphalanx und ggf. Zysten. Der Gelenkspalt ist häufig kaum noch erkennbar und verschmolzen. Man findet einen großen Osteophyten dorsolateral am Metatarsale I-Köpfchen und osteophytäre Ausziehungen an der Grundphalanx. Im lateralen Röntgenbild ist nun auch der plantare Gelenkanteil degenerativ verändert.

Ergänzend können anhand der Röntgenbilder des Vorfußes der Metatarsalindex, die Knochenbeschaffenheit, weitere Fehlstellungen, Sesambeine, Frakturen, das Vorliegen von Osteonekrosen und Osteochondrosen beurteilt werden.

▪ Klassifikation

Aufgrund der radiologischen Veränderungen kann das Krankheitsbild in verschiedene Stadien eingeteilt werden (Grady et al., 2002; Vanore et al., 2003), anhand derer das geeignete Therapieverfahren später ausgewählt werden kann (Solan et al., 2001).

Eine 4-Stadien-Klassifikation wurde eingeführt, die sowohl radiologische als auch biomechanische Veränderungen berücksichtigt (Tab. 1):

Stadium 1	Funktionelle Bewegungseinschränkung
	<ul style="list-style-type: none"> • Hallux equinus/flexus • Plantare Subluxation der proximalen Phalanx • Metatarsus primus elevatus • Erhebung des ersten Metatarsale mit Bewegungseinschränkung • Röntgenologisch sind noch keine degenerativen Veränderungen zu erkennen • Hyperextension des Interphalangealgelenkes • Pronationsstellung
Stadium 2	Gelenkanpassung
	<ul style="list-style-type: none"> • Abflachung des ersten Metatarsalköpfchen • Osteochondraler Defekt/Läsion • Knorpelerosion- und fibrillation • Schmerzhaftes Einschränkung des Bewegungsumfangs, aktiv, evtl. schon passiv • Tastbare Auftreibung an der Dorsalseite des Metatarsale I-Köpfchens • Subchondrale Sklerosierung
Stadium 3	Ausgebildete Großzehengrundgelenksarthrose
	<ul style="list-style-type: none"> • Starke Abflachung des ersten Metatarsalköpfchen • Osteophyten, vor allem dorsalseitig • Degeneration des Gelenkknorpels • Erosionen, Exkoriationen • Gelenkspaltverschmälerung vor allem dorsal • Gelenkreiben • Subchondrale Zysten • Schmerzhaftes Bewegungsumfang, aktiv und passiv • Entzündliche Reaktionen
Stadium 4	Spätstadium der Ankylose
	<ul style="list-style-type: none"> • Verschmelzung des Gelenkspaltes • Osteophyten vergrößern sich, brechen gelegentlich ab und verbleiben als ortsständiges Knochenfragment • Bewegungsumfang < 10° • Deformität, • Ankylose • Entzündliches Gelenk • Druckschmerz über Osteophyten, evtl. mit Hautirritation oder Bursitis

Tab. 1 Stadieneinteilung des Hallux rigidus (Vanore et al., 2003)

5. Therapieformen des Hallux rigidus

Zur Verfügung stehen konservative und operative Therapieformen. Die Therapiewahl richtet sich nach dem Beschwerdebild des Patienten und dem Stadium des Hallux rigidus. Konservative Maßnahmen ergreift man bei weitgehend erhaltenen Knorpeloberflächen. Im fortgeschrittenen Stadium mit Gelenkdestruktion und Zunahme der Beschwerden sollte man je nach Typ und Ausdehnung der Erkrankung, dem allgemeinem Zustand des Patienten und den Ansprüchen des Patienten an das Behandlungsergebnis operative Therapien in Erwägung ziehen (Zollinger, 1991).

5.1 Konservative Therapie

Ziel der konservativen Therapie beim Hallux rigidus im Frühstadium ist es, die Beweglichkeit und Schmerzsymptomatik bei Synovitis zu verbessern. Im Vordergrund stehen krankengymnastische und entzündungshemmende Maßnahmen einerseits, andererseits die mechanische Entlastung des I. MTP durch passendes Schuhwerk und orthopädietechnische Maßnahmen sowie Anpassung des Aktivitätslevels.

▪ Krankengymnastik

wird, um ein Fortschreiten der Bewegungseinschränkung aufzuhalten, im Sinne von Traktionsbehandlung mit axialem Zug an der Großzehe durchgeführt. Abgeraten wird von Dorsalextensions- und Plantarflexionsübungen, die die Beschwerden oft verschlimmern. Sportarten wie Jogging, die zu einer vermehrten Belastung des I. MTP führen, sollten vermieden werden (Brage u. Ball, 2002; Smith et al., 2000).

▪ Entzündungshemmende Maßnahmen

- Kälteanwendungen in Form von Eis, Kryopacks und Kältesprays.
- Antiphlogistica in Form von Salben oder die systemische Anwendung, welche aufgrund der erhöhten Nebenwirkungen nur eingeschränkt angewendet werden sollten (Wülker, 1999).
- Physikalische Therapie, wie z.B.
 - Iontophorese, mit deren Hilfe ionisierte Moleküle eines Wirkstoffes (z.B. NSAR) an das entzündete Schleimhautgewebe gebracht werden.

- Erwärmung des Gewebes mit Ultraschall; Ultraschall wird frequenzabhängig gedämpft und dabei überwiegend in Wärme umgewandelt.
- Intraartikuläre Injektionen von Steroidpräparaten und Lokalanästhetikum. Häufige Injektionen sind zu vermeiden, da sie aufgrund einer erhöhten Infektionsgefahr zur Zerstörung des Gelenkes führen (Rabl u. Nyga, 1994).
- Geeignetes Schuhwerk und orthopädietechnische Maßnahmen
 tragen zu einer mechanischen Entlastung der Großzehe bei. Zu empfehlen sind Schuhe mit niedrigem Absatz, „damit eine größtmögliche Plantarbeugung um den Metatarsaldrehpunkt ausgeführt werden kann“ (Romich, 1924) und aus weichem Oberleder, die der Großzehe mit den dorsalen Osteophyten sowohl in der Länge als auch in der Breite genügend Freiraum bieten. Bei ausgeprägter Schwellung kann eine Schuhausbeulung oder eine Weichpolsterung hilfreich sein. Der Abrollvorgang beim Gehen wird durch eine steife Sohle oder eine Ballenrolle am Schuh unterstützt.

Die konservativen symptomatischen Therapieformen beim Hallux rigidus sind nur von begrenzter Dauer und im frühen Stadium der Synovitis, die durch mechanische Überbelastung und beginnenden Knorpelabrieb entsteht, Erfolg versprechend.

Dauererfolge bzw. eine sichere Schmerzfreiheit und Wiederherstellung der normalen Funktion sind konservativ nicht zu erreichen. Smith (Smith et al., 2000) konnte in einer Langzeituntersuchung von konservativ behandelten Hallux rigidus Patienten keine Korrelation zwischen Schmerzprogredienz und Fortschreiten des Krankheitsbildes im Röntgenbild nachweisen. Nach 14,4 Jahren beschreiben 92% der Patienten ein unverändertes Schmerzbild unter konservativer Therapie.

Solan (Solan et al., 2001) ist der Meinung, dass die „Manipulation unter Steroid- und Lokalanästhetikainjektionen“ eine konservative Therapieform im Frühstadium des Hallux rigidus ist, die die Patienten schnell und im Durchschnitt für sechs Monate beschwerdefrei macht. Diese Maßnahme ist allerdings zeitlich mit ca. einem Jahr Beschwerdefreiheit im Frühstadium limitiert. Im Spätstadium ist der zeitliche Erfolg kürzer und eine operative Intervention unumgänglich.

5.2 Übersicht operativer Therapiemöglichkeiten

Bei fortgeschrittener Gelenkdestruktion (Abb. 10) und Zunahme der Beschwerdesymptomatik (Schmerz, Bewegungseinschränkung und Einschränkung im Alltag) trotz konservativer Therapie kommen vielfältige operative Therapiemöglichkeiten zum Einsatz. Sie reichen vom Weichteileingriff, Osteotomie, Resektionsarthroplastik und Arthrodesis bis zum Implantateinsatz.

a)



b)



Abb. 10 Ausgeprägter Hallux rigidus von a) lateral und b) anteroposterior (Coughlin u. Shurnas, 2003a)

Das Hauptproblem bei allen operativen Verfahren des Hallux rigidus mit fortgeschrittener Gelenkdestruktion ist, das I. MTP in seiner ursprünglichen Form und Stabilität wiederherzustellen. Des Weiteren sollen neben der Schmerzreduktion die Verbesserung der Dorsalflexion, der Erhalt der Plantarflexion und der Großzehnlänge (Coughlin u. Shurnas, 2003a) sowie eine normale Fußsohlendruckverteilung hergestellt werden (Fuhrmann et al., 2003). Es werden gelenkerhaltende und gelenkresezierende Eingriffe unterschieden. Gelenkresezierende Methoden finden dann Anwendung, wenn schon präoperativ von einer überwiegenden Zerstörung der Gelenkfläche ausgegangen werden muss.

Bekannteste gelenkerhaltende Methoden:	Gelenkresezierende Methoden:
<ul style="list-style-type: none"> • Cheilektomie 	<ul style="list-style-type: none"> • Arthrodesese
<ul style="list-style-type: none"> • Osteotomie 	<ul style="list-style-type: none"> • Resektionsarthroplastik
	<ul style="list-style-type: none"> • Implantatarthroplastik

Tab. 2 Gelenkerhaltende und gelenkresezierende Methoden

Im Folgenden werden die operativen gelenkerhaltenden Verfahren vorgestellt:

5.2.1 Cheilektomie



Abb. 11 Cheilektomie (Drago et al., 1984)

„Bei der Cheilektomie wird das degenerativ veränderte dorsale Drittel des 1. Mittelfußköpfchens mit einem Meißel entfernt.“ (Wülker, 1997a)

Indikation: Ein schmerzhafter Hallux rigidus im frühen und mittlerem Stadium, „bedingt durch einen dorsalen Osteophyten – bei noch erhaltenem Gelenkknorpel.“ (Zollinger, 1991)

Ziel: Verbesserung der eingeschränkten Dorsalflexion durch Verhinderung des Anstoßens der proximalen Phalanx gegen die großen dorsalen Osteophyten am Metatarsale I-Köpfchen. Verminderter Druck gegen den Schuh (Nawoczinski, 1999).

5.2.2 Osteotomie

- Osteotomie der Grundphalanx (Bonney-Kessel Osteotomie)

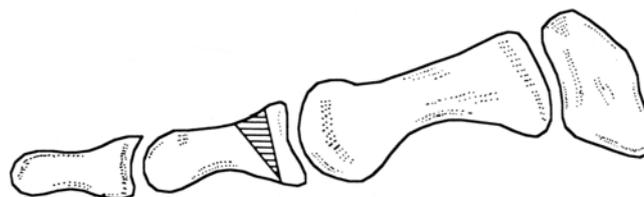


Abb. 12 Bonney-Kessel Osteotomie (DeLauro u. Positano, 1989)

Mit einem Meißel wird ein Keil mit einer dorsalen Basis von ca. 2-3 mm entnommen. Die Stabilisierung erfolgt mit Schrauben oder Knochenklammern.

Indikation: Jüngere Patienten mit eingeschränkter Dorsalflexion, mit jedoch nur geringen oder keinen degenerativen Veränderungen.

Ziel: Bessere Dorsalflexion bei Verringerung des Plantarflexion-Umfangs (Cohn u. Kanat, 1984).

- Osteotomie des Metatarsale I (Watermann Osteotomie)

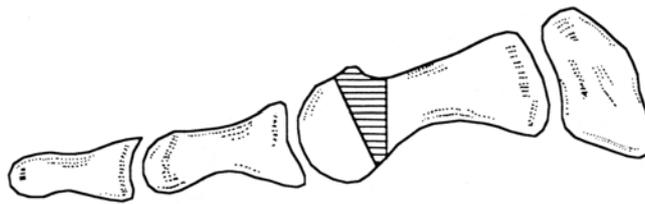


Abb. 13 Watermann Osteotomie (DeLauro u. Positano, 1989)

Direkt hinter dem Köpfchen des Metatarsale I wird ein kleiner Keil mit der Basis nach oben entnommen.

Indikation: Jugendliche Patienten mit Hallux rigidus.

Ziel: Gute Abwicklung der Großzehe durch Stellung in Dorsalflexion, Beseitigung der dorsalsupinatorischen Aufbiegung des ersten Strahls (Breitenfelder u. Rütt, 1985).

Im Folgenden werden die operativen gelenkresezierenden Verfahren vorgestellt:

5.2.3 Arthrodesen

Unter einer Arthrodesen versteht man die Versteifung.

Historik: 1852 wurde das erste Mal die Arthrodesen des Metatarsophalangealgelenk von Broca beschrieben (Wülker, 1996). Clutton (Clutton, 1894) führte 1894 bei Patienten mit Hallux valgus und rigidus mittels eines Elfenbeinnagels die Großzehenarthrodesen erfolgreich durch. In den folgenden Jahren wurden Knochenspäne (Glissan, 1946; Thompson u. McElvenny, 1940), intramedulläre Knochennägel (Tupman, 1959), Schrauben (McKeever, 1952), Marknägel (Wilson, 1958), Kirschnerdrähte (Ginsburg, 1979) und der Fixateur externe als Stabilisierung der Arthrodesen benutzt. (Harrison u. Harvey, 1963). In aktueller Literatur wird die Plattenarthrodesen bevorzugt (Coughlin u. Shurnas, 2004).

Indikation: Bei Hallux rigidus im fortgeschrittenen Stadium als Ersteingriff, wenn aufgrund der Destruktion der Gelenkflächen eine gelenkerhaltende Maßnahme nicht mehr sinnvoll erscheint. Bei jungen und sportlich aktiven Patienten mit einem unwiderruflich geschädigtem Gelenk, bei Hallux valgus und rheumatoider Arthritis (Lombardi et al., 2001) sowie als Zweiteingriff nach vorausgegangener misslungener Operation, z.B. nach Resektionsarthroplastik oder Implantatarthroplastik.

Ziel: Schmerzfreiheit und Stabilität bei knöcherner Ankylose der beteiligten Knochen, trotz hohem Funktionsanspruch.

5.2.4 Resektionsarthroplastik nach Keller-Brandes

Die häufigste angewandte Resektionsarthroplastik ist die nach Keller-Brandes.

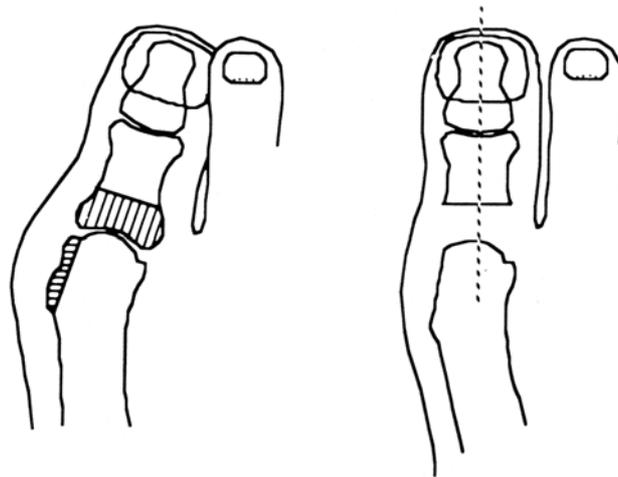


Abb. 14 Resektionsarthroplastik nach Keller (DeLauro u. Positano, 1989) (DeLauro u. Positano, 1989)

Bei dieser Methode werden $\frac{1}{3}$ bis $\frac{2}{3}$ von der Basis der Grundphalanx reseziert und die exostotische Verdickung am Metatarsale I-Köpfchen abgemeißelt (Abb. 14). Die in dem Bereich der früheren „Exostose“ zu weit gewordenen Weichteile werden dann tabaksbeutelartig vernäht, um keine Hohlräume entstehen zu lassen. „An der Stelle des resezierten Knochens bildet sich eine zuerst schlaffe, später mehr oder weniger stabile, aber doch einigermaßen bewegliche und schmerzfreie Pseudarthrose aus.“ (Debrunner, 1995)

Historik: Bereits 1878 wurde von Davies-Colley (Davies-Colley, 1887) in 2 Fällen Resektionen eines kleineren oder größeren proximalen Teils der Grundphalanx durchgeführt.

Indikation: Ältere Patienten mit fortgeschrittener Arthrose, bei denen keine gelenkerhaltende Maßnahme mehr möglich ist und die postoperativ nur gering körperlich aktiv tätig sein möchten. Patienten mit Hallux rigidus, Hallux valgus, rheumatoider Arthritis und Gicht (Sammarco u. Idusuyi, 2001).

Ziel: Schmerzreduktion, ein guter Bewegungsumfang im I. MTP.

5.2.5 Implantatarthroplastik

Historik: Die erste Endoprothese am I. MTP wurde von Endler (Endler, 1951) beschrieben (Abb. 15). Sie bestand aus einem Reißnagel aus Methacrylat, der nach sparsamer Resektion an der Basis der Grundphalanx im Resektionsstumpf verankert wurde. Durch diese Endoprothese sollte im Gegensatz zu den Ergebnissen nach Resektionsarthroplastik eine kongruente gleitfähige Gelenkfläche geschaffen werden, die zu einem sicheren Kraftschluss der artikulierenden Gelenkflächen führt.



Abb. 15 Erste Endoprothese des I. MTP nach Endler (Wülker, 1997b)

Aufgrund unzureichender Resultate nach der Resektionsarthroplastik wurde von Swanson 1952 das Metatarsale I-Köpfchen durch eine intramedullär verankerte Metallprothese ersetzt (Swanson, 1972). Die Starrheit von Metall und einwirkende Scherkräfte können zu Mikrobewegungen zwischen Metall und Knochen führen und infolgedessen kann es zu einer Aktivierung von Osteoklasten und zur Freisetzung von Lysozymen kommen (Vanore et al., 2003). Die Folge ist eine intramedulläre Knochenresorption mit Lockerung und Instabilität der Metallprothese. Ab 1962 begann Swanson mit der Entwicklung und Testung von Implantaten aus Silikon für Metatarsal- und Interphalangealgelenke, Radiusköpfchen etc. Auch das 1965 zur Verfügung stehende intramedulläre flexible Silikonimplantat für das

Metatarsale I-Köpfchen führte aufgrund von Verankerungsproblemen zur baldigen Lockerung. Weitere weniger erfolgreiche Versuche wurden mit Vitallium von Joplin (Joplin, 1971) unternommen.

Indikation: Patienten mit Erkrankungen am I. MTP, Revisionseingriffe nach Resektionsarthroplastik oder Korrekturosteotomie mit beidseitiger Gelenkflächendestruktion (Ganz, 1986; Swanson et al., 1979).

Ziel: Das neue Gelenk sollte langfristig dauerhaft und stabil sein. Auch im Falle einer zementfreien Implantation muss eine gute primäre Verankerung in Form eines guten Knochen-Implantat-Kontaktes angestrebt werden. Ein modularer Aufbau für die Beweglichkeit des Gelenkes in der Sagittal- und Transversalebene (Gerbert u. Chang, 1995) ist ebenso wichtig wie die anatomieadaptierte Form. Des Weiteren sollte das Implantat kein Weichteilimpingement hervorrufen und zu lang anhaltender Schmerzbefreiung bzw. Reduktion führen. Nicht nur die Funktion der Sesambeine sollte erhalten bleiben, sondern auch die der Großzehe, was den Erhalt der Großzehenlänge voraussetzt. Die Anwendung sollte einfach, praktikabel und anwenderfreundlich sein. Das Implantat sollte in verschiedenen Größen erhältlich sein. Heutzutage ist die Kostenfrage nicht unwesentlich. Rückzugsmöglichkeiten bei erfolgloser Operation sollten vorhanden sein. Auch an das Material werden Ansprüche gestellt. Es darf weder toxisch, karzinogen, pyrogen, noch allergen sein (Gerbert u. Chang, 1995). Es sollte korrosionsbeständig, osteophil, knochen – und weichteilverträglich sein und zu keinem Implantatbruch führen.

Um diesen Ansprüchen gerecht zu werden, sind seit der Erstimplantation der o.g. Prothesen in das I. MTP viele verschiedene Prothesen entwickelt worden. Es wird zwischen Silikon- und Metallprothesen, Total- und Hemiprothesen differenziert.

Grundsätzlich lassen sich vier verschiedene Implantatsmodelle unterscheiden:

- 1. Einstielige und**
- 2. Doppelstielige Silikon-Prothesen nach Swanson**
- 3. Modulare Zweikomponentenprothesen aus Metall und Polyäthylen**
- 4. Hemiprothesen aus Metall**

5.2.5.1 Einstielige Silikon-Prothesen nach Swanson

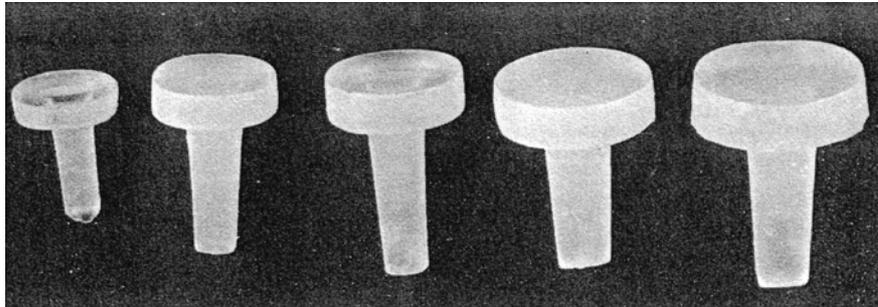


Abb. 16 Einstielige Silikonprothesen (Swanson et al., 1979)

Swanson entwickelte 1967 eine Prothese für die proximale Phalanxbasis, den nicht gewichtstragenden Teil des Gelenkes. Es handelt sich um einen in die debasierte Grundphalanx eingestauchten Kunststoffzapfen, der als Platzhalter (Spacer) nach der Resektionsarthroplastik als neue Gelenkfläche mit dem Metatarsale I-Köpfchen artikuliert (Swanson, 1972).

5.2.5.2 Doppelstielige scharnierartige Silikon Totalprothese nach Swanson

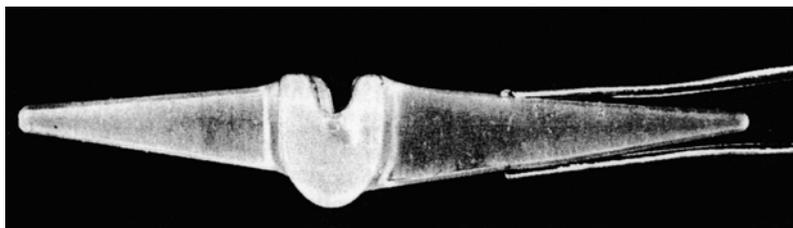


Abb. 17 Doppelstieliges flexibles Silikonimplantat von Swanson (Vanore et al., 1984)

Es handelt sich um ein doppelt gestieltes, flexibles Scharnierimplantat, das speziell für die Rekonstruktion des I. MTP seit 1974 von Alfred Swanson entwickelt und im Laufe der Jahre modifiziert wurde. Das flexible Scharniergelenk besteht aus hochwertigem Silikon, einem Elastomer (Dimethylsiloxan) mit niedrigem Elastizitätskoeffizienten medizinischer Qualität. Der proximale längere Stiel wird in den Markraum des ersten Mittelfußknochens eingepasst,

der kürzere distale in die Grundphalanx. Die Beugeseite des Scharniergelenkes zeigt zum Fußrücken, um eine bessere Dorsalflexion zu erreichen. Proximaler und distaler Stiel weisen einen rechteckigen Querschnitt auf, um eine Rotationsstabilität zu gewährleisten.

5.2.5.3 Zweikomponentensysteme

Im Folgenden werden die für die vorliegende Arbeit relevanten Zweikomponentensysteme vorgestellt:

- **Bioaction Großzehenimplantat von Microaire**

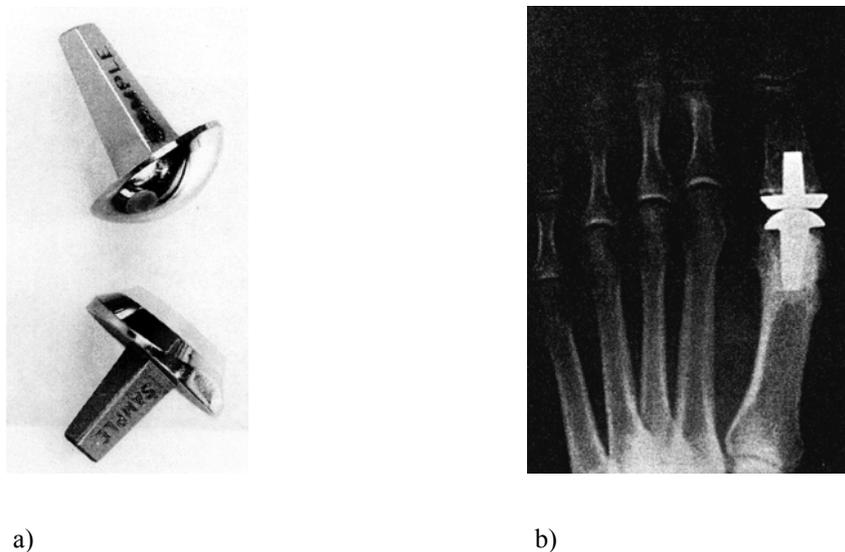


Abb. 18 Bio-Action Implantat: a) Phalangeale (unten) und metatarsale Komponente (oben) (Olms u. Dietze, 1999) und b) radiologische Kontrolle nach einem Jahr (Blair u. Brown, 1993)

Es handelt sich um ein kugelförmiges zementfreies Zweikomponentensystem mit einem konvexen Kobalt-Chrom Implantat als Gelenkflächenersatz am Metatarsale I-Köpfchen. Die phalangeale Komponente besteht aus einem Titanstift mit einer kugelförmigen konkaven Polyäthylen Komponente (Schweitzer et al., 1995).

- **ReFlexion-Prothese von Osteomed/Gentamed**

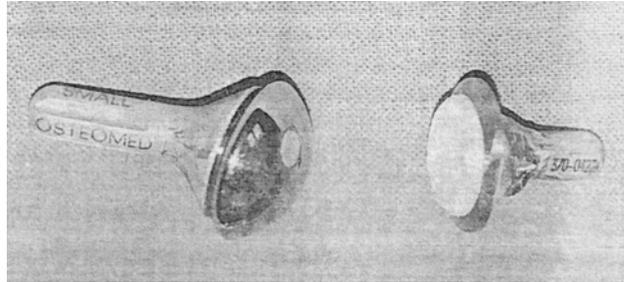


Abb. 19 Reflexion-Prothese (Notni et al., 2001)

Dieses Implantat besteht aus Ti 6Al 4V legierten metatarsalen und phalangealen Schäften. Der sphärische CoCrMo-Kopf korrespondiert mit einer polyäthylenbeschichteten Auflage der phalangealen Komponente. Die Oberfläche des Schaftes ist unbeschichtet und porös. Die konischen Schäfte können mittels pressfit oder zementiert verankert werden.

- **Total Toe System von Biomet**

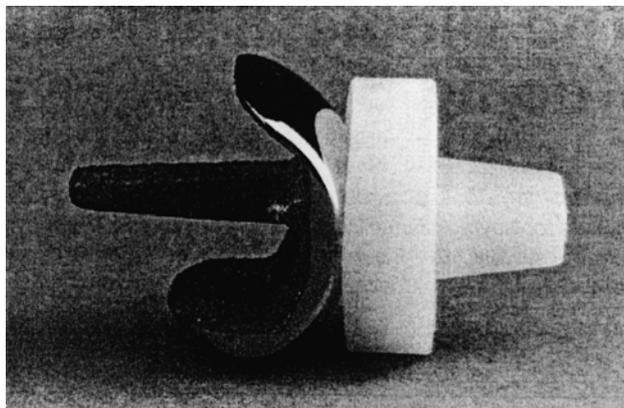


Abb. 20 Biomet Total Toe: Metatarsale Kobald-Chrom Komponente mit phalangealer Polyäthylenschale (Koenig u. Horwitz, 1996)

Es handelt sich dabei um ein modulares Zweikomponentensystem. Die metatarsale Komponente besteht aus einem walzenförmigen Implantat aus Kobald-Chrom mit einem, an zu den Knochen gewandten Seiten, aufgespritzten porösen Titanüberzug. Die schalenförmige Grundphalanxkomponente besteht entweder aus einer zementierten Polyäthylenschale oder

aus einem zementfreien Polyäthyleninlay mit Titanstift. Durch den Titanüberzug sollte eine gute Osteointegration, durch eine nachweislich gute Verträglichkeit des Polyäthylens mit der Cobalt/Chrom Komponente eine lange Haltbarkeit und durch den Titanstift die Reduktion von Deformitäten erreicht werden (Koenig u. Horwitz, 1996).

5.2.5.4 Hemiprothesen aus Metall

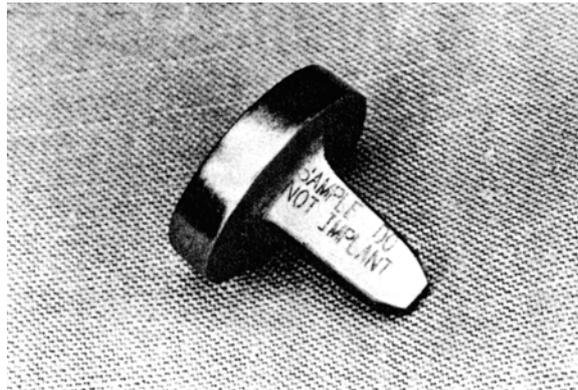


Abb. 21 Titan-Hemiprothese (Leavitt et al., 1991)

Dieses Implantat besteht aus einem Titanstift als intramedullärer Ersatz für das proximale Drittel der Grundphalanx. Eine Verankerung mit Zement wird empfohlen. Es kann auch bei jüngeren Patienten mit fehlgeschlagener konservativer Therapie angewendet werden (Leavitt et al., 1991; Schweitzer et al., 1995).

5.2.5.5 Weitere Implantatmodifikationen- und modelle

- **Great-Toe-System von Acumed**

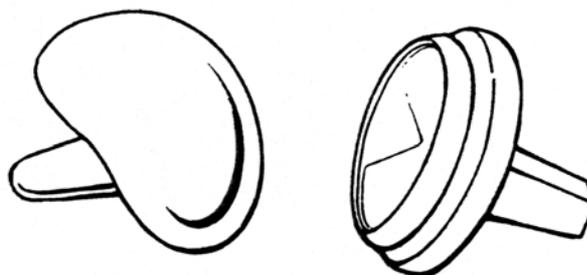


Abb. 22 Great-Toe-System von Acumed (Schweitzer et al., 1995)

Totalendprothese mit einem der anatomischen Form des metatarsalen Köpfchens ähnelnden Komponente für das Metatarsale I aus Kobalt-Chrom. Die Komponente für die Grundphalanx besteht aus einem Polyäthylenkopf mit einem Titanstift. Die Fixation mit Knochenzement wird empfohlen (Schweitzer et al., 1995).

- **Grommets**

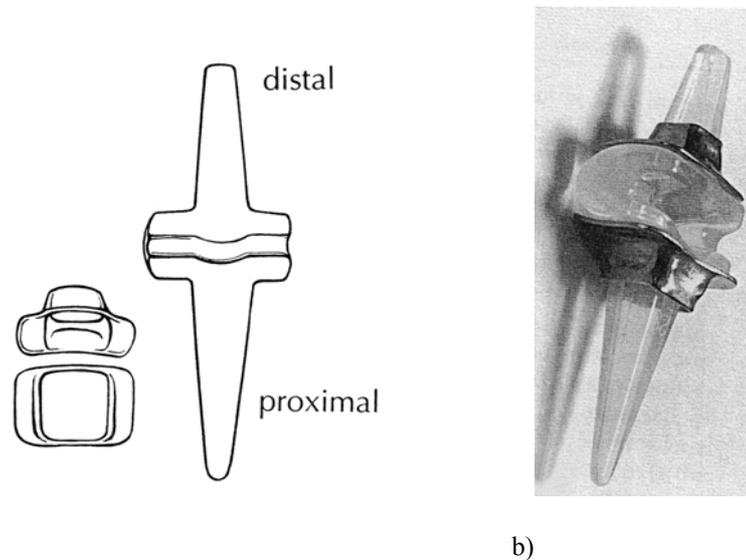


Abb. 23 Doppelstiellige Swanson Prothese mit Schutzhülse: a) (Schweitzer et al., 1995) und b) (Swanson et al., 1997)

Seit 1985 kommt es zu dem Einsatz von doppelstielligen Silikonimplantaten mit Schutzhülsen (Grommets) aus Titan. Die proximale Titanhülse wird über den proximalen Stiel und die distale Hülse über den distalen Stiel auf das Mittelstück gestülpt, bevor das Implantat eingesetzt wird (Schweitzer et al., 1995).

- **Helal und Chen Großzehenimplantat**

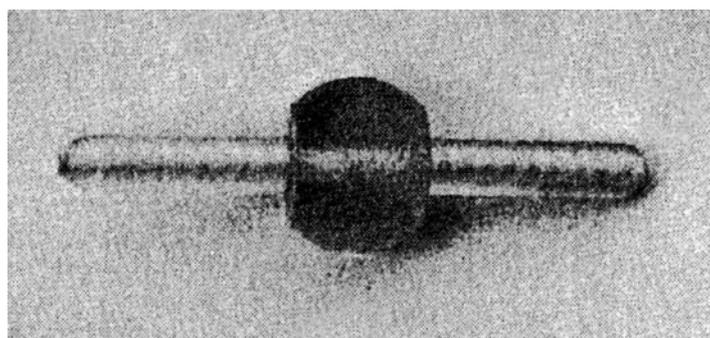


Abb. 24 Helal-Prothesen (Helal u. Chen, 1982)

Es handelt sich bei dieser Prothese um eine Silastikkugel mit proximalem und distalem dünnen flexiblen Stift, der mit einem zentralen Dacronkern stabilisiert wird. Zur Verankerung der dünnen Stifte sind nur zwei kleine Bohrlöcher und keine Basisresektion der Grundphalanx notwendig. Sesambeine verbleiben in ihrer Position (Helal u. Chen, 1982).

- **Johnson Großzehenimplantat**

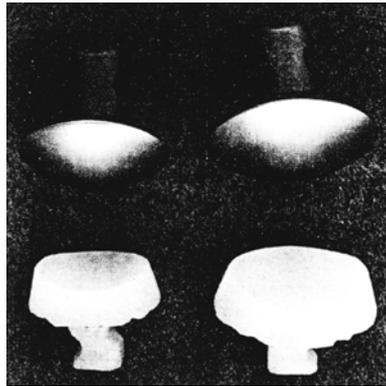


Abb. 25 Modifizierte Depuy Prothese (Johnson u. Buck, 1981)

Dieses Modell besteht aus einer Stahl-Komponente als Ersatz für das Metatarsale I und einer Polyäthylen-Komponente für die Grundphalanx (Johnson u. Buck, 1981).

- **Joplin Großzehenimplantat**

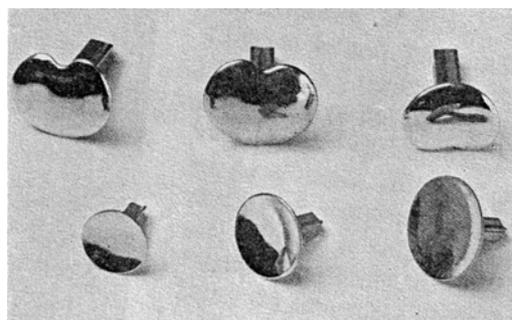


Abb. 26 Vitallium Prothesen: Metatarsaler Ersatz (oben), phalangealer Ersatz (unten) (Joplin, 1971)

Zur Verfügung stehen zwei verschiedene Modelle aus Vitallium: Ein konvexes Implantat zum Ersatz der Gelenkflächen am Metatarsale I-Köpfchen bei älteren Patienten sowie ein konkaves Implantat zum Ersatz der Grundfläche an der Grundphalanx bei jüngeren Patienten (Joplin, 1971).

- **Kampner Großzehenimplantat**

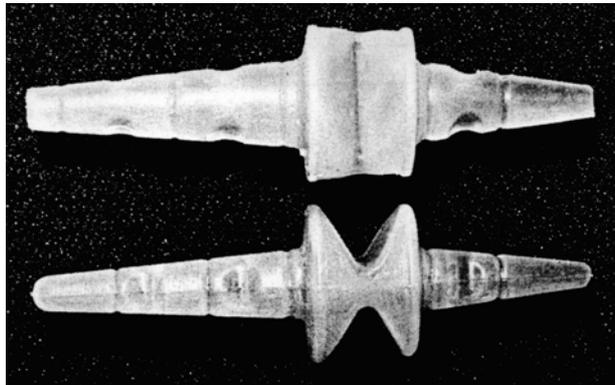


Abb. 27 Kampner Silikonmodell der 2. Generation (Kampner, 1984)

Doppelstämmiges Silikon-Polyäthylen Scharnierimplantat, das zu Beginn zur besseren Einheilung mit einem Polyäthylen Mantel und mit Fäden zur besseren Fixierung im Knochen versehen wird. Dem häufigen Auftreten von Frakturen wird durch eine Verdickung des Scharniergelenkes und die Benutzung eines stabileren Silikon Elastomers entgegengewirkt (Kampner, 1984).

- **Großzehenimplantat von Kinetikos**



Abb. 28 Kinetikos Prothese in situ (Gerbert u. Chang, 1995)

Die phalangeale Komponente besitzt eine konkav- runde Gelenkfläche zur Aufnahme der walzenförmigen metatarsalen Komponente aus Kobald-Chrom. Die phalangeale Komponente besitzt einen Polyäthylen Kopf mit Titanstift. Der metatarsale Stift ist um 13° in der Transversalebene und um 12° in der Sagittalebene abgewinkelt. Für eine bessere Verankerung und eine bessere Kraftverteilung besitzen die Stifte eine stark gerillte Oberfläche.

- **LaPorta Großzehenimplantat**

Doppelstämmiges Scharniergelenk aus Silikon, dessen metatarsaler Stiel um 15° in der Sagittalebene nach dorsal abgewinkelt ist. Zur Korrektur des Hallux varus wurde es auch mit einem Winkel von 10° in der Transversalebene hergestellt. Im Gegensatz zu Swanson's Scharnierprothese mit „U“ förmigem Mittelstück besitzt dieses Implantat ein sanduhrförmiges Mittelstück (Abb. 29a). Die Prothese wird nur durch die einwirkenden Kräfte um das Implantat herum verankert.

- **Lawrence Design Großzehenimplantat**

Diese Prothese ist mit dem Modell von LaPorta nahezu identisch. Der distale Stiel ist gewinkelt, so dass weniger Knochen an der Phalanxbasis reseziert werden muss (Abb. 29b).

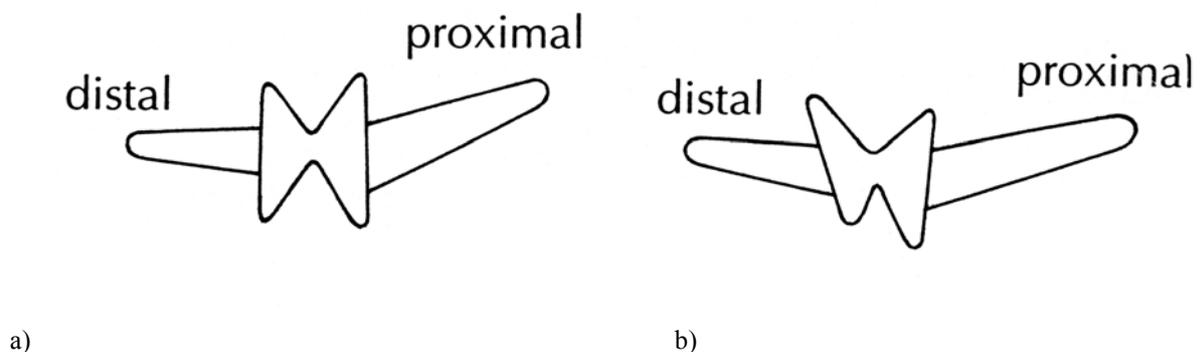


Abb. 29 a) LaPorta und b) Lawrence Großzehenimplantat (Schweitzer et al., 1995)

- **Lubinus Großzehenimplantat**

Implantat mit einer 0,5 mm dickwandigen Halbkugel aus rostfreiem Stahl mit gezahntem Inlay für die zementierte/unzementierte Verankerung auf der Oberfläche des Metatarsale I-Köpfchens. Die Verankerung erfolgt mit einem stempelähnlichen Polyäthylenteil, das die Basis der Grundphalangen nach sparsamer Resektion ersetzt (Lubinus, 1983).

- **Toefit Plus TM Implantat**



Abb. 30 Toefit Prothese (Wülker, 1997a)

Das Implantat kann als Hemiarthroplastik bei Hallux rigidus mit leichter bis mäßiger Arthrose oder als Totalarthroplastik bei Hallux rigidus mit mäßiger bis schwerer Arthrose und bei Revisionsoperationen mit starker Destruktion der Gelenkflächen angewendet werden. Die Hemiprothese besteht als Phalanxersatz aus einer Kobalt-Chrom Gelenkfläche. Das Totalimplantat besteht aus einem Kobalt-Chrom Metatarsalgelenkeinsatz und einem Polyäthylen Gelenkeinsatz für die Phalanx. Die Verankerung erfolgt zementfrei durch ein selbstschneidendes Titangewinde.

6. Material und Methode

6.1 Metaanalyse

Ziel der vorliegenden Arbeit war es, eine Metaanalyse im klassischen Sinne aufzustellen.

Die Metaanalyse ist ein statistisches Verfahren, um Ergebnisse von verschiedenen, aber vergleichbaren Studien zusammenfassend zu bewerten, die inhaltlich zu identischen Themen evaluiert wurden. Das Zusammenfassen der verschiedenen Resultate zu einem „Metaresultat“, quasi dem Mittelwert, wird „pooling“ genannt. Das Ziel einer Metaanalyse ist es, durch Poolen der Daten hohe Patientenzahlen zu erlangen, um genauere Aussagen über die Effektivität machen zu können. Mit der Metaanalyse, der keine Rohdaten, sondern bereits die Ergebnisse der zu untersuchenden Studien zugrunde liegen, werden so genannte Effektgrößen berechnet, die einen direkten Vergleich zwischen Studien bezüglich ihrer Wirksamkeit erlauben.

6.2 Literaturrecherche

Die Literaturrecherche nach Hallux rigidus erfolgte mit Medline (PubMed 202 Treffer), Biosis (21 Treffer), Embase (167 Treffer), Medikat (16 Treffer) und SciSearch (77 Treffer).

Literaturdatenbank	Themen	Quellen	Umfang
SciSearch (IS90)	Naturwissenschaften, Medizin, angewandte Wissenschaften und Technik	5.900 internationale Zeitschriften	12.674.248 Dokumente
Embase (EM90)	Humanmedizin und Randgebiete einschließlich der biologischen Grundlagenwissenschaften	4.000 internationale Zeitschriften	5.931.475 Dokumente
Biosis Previews (BA90)	Biologie, Human- und Veterinärmedizin, Verhaltensforschung, Biochemie, Biophysik und Umweltschutz.		7.979.277 Dokumente
Medikat (MK77)	Medizin und Randgebiete		628.547 Dokumente
Medline	Alle Bereiche der Medizin und des öffentlichen Gesundheitswesens	4.500 internationale Zeitschriften	

Tab. 3 Literaturdatenbanken: Deutsches Institut für Medizinische Dokumentation und Information, Köln, Deutschland; Stand: Mai 2004 (DIMDI, Mai 2004)

6.3 Datenerhebung

Neben demographischen Daten wurden Schmerz und Bewegungsumfang des I. MTP als die wichtigsten funktionellen Parameter beim Hallux rigidus ausgewählt. Das postoperative Schmerzempfinden repräsentiert das subjektive Empfinden des Patienten, während die objektive Seite hinsichtlich des postoperativen Bewegungsumfangs im I. MTP möglichst rein objektiv durch den Untersucher beurteilt wird.

Ziel der Datenerhebung in der vorliegenden Arbeit war es, Mittelwerte und Standardabweichungen aus vorliegenden Studien zu ermitteln, um eine Metaanalyse durchführen zu können.

Folgendermaßen wurde bei der Datenerhebung vorgegangen:

- Es wurde die Anzahl der Eingriffe am I. MTP pro Studie gesammelt.
- Sind die Patienten einzeln aufgelistet worden, wurden die individuellen Daten für Patienten nur bei Hallux rigidus übernommen.
- Sind die Patienten nicht einzeln aufgelistet worden, wurden die durchschnittlichen Ergebniswerte der Studien pro Gelenk einzeln aufgeführt, um die unterschiedlich hohe Anzahl der Fälle berücksichtigen zu können.
- In Fällen, in denen keine exakte Ergebnisdefinition vorlag, wurde in allen Fällen der schlechtere Wert angenommen.
- Die Angaben „sehr gut“ und „gut“ wurden durchweg als zufriedene Ergebnisse interpretiert, mäßige und schlechte Ergebnisse wurden mit Unzufriedenheit dokumentiert.

Auf diese Weise wurden folgende Daten aufgenommen:

- Demographische Daten:
 - Durchschnittsalter
 - Geschlecht
 - Durchschnittlicher Nachuntersuchungszeitpunkt
 - Ein- und Doppelseitigkeit

- Klinische Untersuchungsbefunde:
 - Subjektives Schmerzempfinden zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung, welches den folgenden vier Kategorien zugeordnet wurde:
kein Schmerz, leichter Schmerz, mäßiger Schmerz und starker Schmerz.
 - Durchschnittliche Beweglichkeit (Dorsalflexion, Plantarflexion, gesamter Bewegungsumfang) im I. MTP in °.
 - Kosmetische Zufriedenheit und Schuhwerk, die mit Zufriedenheit und Unzufriedenheit klassifiziert wurden, als weitere subjektive Kriterien.
 - Revisionseingriffe

Die Daten der Studien nach Implantatarthroplastik wurden in zwei Gruppen aufgeteilt:

Gruppe 1: Versorgung mittels Silikonprothese (12 Studien)

Gruppe 2: Versorgung mittels Metallprothesen (10 Studien)

Diese Daten wurden den Studienergebnissen altbewährter Methoden gegenübergestellt:

Gruppe 3: Versorgung mittels Arthrodesen (5 Studien)

Gruppe 4: Versorgung mittels Resektionsarthroplastik (3 Studien)

Zum Vergleich dieser vier Operationsmethoden wurden die angegebenen Ergebnisse der einzelnen Studien zusammengetragen und dann die Mittelwerte mit Standardabweichung pro Gruppe ermittelt und den anderen Gruppen gegenübergestellt.

Folgende Studien wurden in die statistische Auswertung aufgenommen (Tab. 4):

Silikonprothesen			
Einstielige Silikonprothesen			
Brewood	The long term results of single stem silastic arthroplasty of the great toe	J R Coll Surg Edinb	1985
Mölster	Hallux rigidus treated with Swanson SILASTIC hemi-joint prosthesis.	Acta Orthop Scand	1980
Mondul	Implant arthroplasty of the first metatarsophalangeal joint: a 12-year retrospective study.	J Foot Surg	1985
Sethu	Swanson's silastic implants in great toes	J Bone Joint Surg	1980
Shankar	Silastic single-stem implants in the treatment of hallux rigidus	Foot Ankle Int	1995

Doppelstiellige Silikonprothesen			
Bonet	Retrospective analysis of silastic implant arthroplasty of the first metatarsophalangeal joint	J Foot Ankle Surg	1998
Dobbs	LaPorta great toe implant	J Am Podiatr Med Assoc	1990
Farnworth	The LaPorta great toe implant	J Am Podiatr Med Assoc	1986
Ferdini	Silikon-Implantate am Großzehengrundgelenk	Z Orthop Ihre Grenzgeb	1988
Jarvis	Lawrence design first metatarsophalangeal joint prosthesis	J Am Podiatr Med Assoc	1986
Kampner	Total joint prosthetic arthroplasty of the great toe - a 12 year experience	Foot Ankle	1984
Mondul	Implant arthroplasty of the first metatarsophalangeal joint: a 12-year retrospective study.	J Foot Surg	1985
Pontell	Retrospective analysis of surgical treatment of hallux rigidus/limitus: clinical and radiographic follow-up of hinged, silastic implant arthroplasty and cheilectomy	J Foot Surg	1988
Metallprothesen			
Ess	Non-constrained titanium-polyethylene total endoprosthesis in the treatment of hallux rigidus	Scand J Surg	2002
Fuhrmann	First metatarsophalangeal joint replacement: the method of choice for end-stage hallux rigidus?	Foot Ankle Clin	2003
Johnson	Total replacement arthroplasty of the first metatarsophalangeal joint	Foot Ankle	1981
Koenig	Koenig total great toe implant	J Am Podiatr Med Assoc	1990
Merkle	Prosthetic replacement of the first metatarsophalangeal joint	Foot Ankle	1989
Notni	Frühergebnisse der Implantation einer ungekoppelten Großzehengrundgelenksprothese	Z Orthop Ihre Grenzgeb	2001
Olms	Replacement arthroplasty for hallux rigidus	Int Orthop	1999
Leavitt	Titanium hemi-great toe implant: a preliminary study of its efficacy	J Foot Surg	1991
Roukis	BIOPRO resurfacing endoprosthesis versus periarticular osteotomy for hallux rigidus: short term follow up and analysis	J Foot Ankle Surg	2003
Townley	A metallic hemiarthroplasty resurfacing prosthesis for the hallux metatarsophalangeal joint	Foot Ankle Int	1994
Arthrodesen			
Coughlin	Hallux rigidus	J Bone Joint Surg	2003
DeFrino	First Metatarsophalangeal Arthrodesis: A clinical, pedobarographic and gait analysis study	Foot Ankle Int	2002
Lombardi	First metatarsophalangeal arthrodesis for treatment of hallux rigidus: a retrospective Study	J Foot Ankle Surg	2001
Salis-Soglio	Die Arthrodesen des Großzehengrundgelenkes	Z Orthop Ihre Grenzgeb	1986
Southgate	Hallux rigidus: the long-term results of dorsal wedge osteotomy and arthrodesis in adults	J Foot Ankle Surg	1997
Resektionsarthroplastik			
Anderl	Langzeitergebnisse der Hallux-Rigidus-Operation nach Keller-Brandes	Z Orthop Ihre Grenzgeb	1991
Breitenseher	Hallux rigidus operiert nach Keller und Brandes: Radiologische Erfolgs- und Prognoseparameter	Rofo	1996
Toma	Kurzfassungen der Dissertationen: Die Operation nach Keller-Brandes zur Behandlung des Hallux rigidus	Wien Klin Wochenschr	1994

Bei der Literaturrecherche wird kein Anspruch auf Vollständigkeit erhoben.

Tab. 4 Studienauflistung

Im Nachfolgenden werden die einzelnen Studienergebnisse ausführlich vorgestellt:

- **Silikonprothesen**

- Einstämmige Silikonprothesen

Brewood (Brewood u. Griffiths, 1985) berichtet nach einer durchschnittlichen Nachuntersuchungszeit von 4.4 Jahren über 25 einstämmige Silikonprothesen bei 18 Frauen und zwei Männern mit Hallux rigidus. Das Durchschnittsalter betrug zum Zeitpunkt der Operation 53 Jahre. Postoperative Schmerzfreiheit konnte in 17 Fällen berichtet werden. Vier Patienten berichteten über leichten intermittierenden Schmerz. Vier Fälle ohne Schmerzangabe wurden als stark bewertet. Die postoperative durchschnittliche Plantarflexion betrug 26° bei einer durchschnittlichen Dorsalflexion von 17° und einem gesamten Bewegungsumfang von durchschnittlich 43°. In 18 Fällen traten keine Probleme beim Tragen von Konfektionsschuhen auf.

1980 werden von **Mölster** (Mölster et al., 1980) 20 Patienten mit 21 einstämmigen Silikonimplantaten nach 47 Monaten postoperativ nachuntersucht. In dem ursprünglichen Patientenkollektiv waren zehn Frauen und 15 Männer mit 26 Implantaten. Das durchschnittliche Alter betrug 56 Jahre. In 14 Fällen war zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung kein Schmerz vorzufinden, in neun Fällen ein geringfügiger Schmerz und in einem Fall mäßiger Schmerz. In zwei Fällen musste das Implantat aufgrund eines Traumas und einer Infektion entfernt werden, diese Patienten waren ebenfalls nach Revisionsoperation schmerzfrei. Die Untersuchungen der Beweglichkeit im I. MTP wiesen eine durchschnittliche passive Dorsalflexion von 18° und eine Plantarflexion von 17° auf. Es wurden in 88.4% der Fälle über eine sehr gute bis gute subjektive Zufriedenheit und in 84% über sehr gute bis gute objektive Ergebnisse berichtet.

Mondul (Mondul et al., 1985) berichtet in seiner Studie über Hallux rigidus und Hallux valgus Fälle, die sowohl mit Hemi- als auch Totalprothesen versorgt worden sind. Es wurden nur die sieben Implantationen von einstämmigen Silikonprothesen bei Hallux rigidus nach durchschnittlich 76 Monaten in die Datenerhebung aufgenommen. Das durchschnittliche Patientenalter lag in diesem Kollektiv bei 51.5 Jahren. Die durchschnittliche Dorsalflexion betrug 61°, die Plantarflexion 4.5° und der gesamte Bewegungsumfang lag bei 58°. In allen Fällen konnten sehr gute Ergebnisse erreicht werden.

Sethu (Sethu et al., 1980) berichtet getrennt über Ergebnisse beim Hallux rigidus und Hallux valgus. In der vorliegenden Arbeit wurden nur Ergebnisse bei Hallux rigidus aufgenommen. Sethu evaluierte in 21 (80%) von 26 Fällen Beschwerdefreiheit bei einer durchschnittlichen Nachuntersuchungszeit von 60 Monaten. Diese wurden als subjektive Zufriedenheit gewertet. $\frac{2}{3}$ der zehn Frauen und 11 Männer waren in der sechsten oder siebten Dekade. Der postoperative Bewegungsumfang konnte bei 20 Prothesen als sehr gut eingestuft werden, da die Plantar- und Dorsalflexion mehr als 30° betragen; in vier Fällen als gut, Plantar- und Dorsalflexion betragen mehr als 20°, aber mindestens ein Bewegungsumfang betrug weniger als 30°. Als schlecht wurden zwei Zehen eingestuft, deren Bewegungsumfang in einer Richtung weniger als 20° betrug. Ein Patient gab immer noch Schmerzen an, die als stark und als subjektiv unzufrieden bewertet wurden. Das kosmetische Ergebnis war in 25 Fällen gut.

Shankar (Shankar, 1995) bringt die Ergebnisse nach Implantation von 40 einstämmigen Silikonimplantaten an 36 Patienten nach durchschnittlich 104.8 Monaten zur Darstellung. Das Durchschnittsalter der 23 Frauen und 17 Männer betrug 54.1 Jahre. Der durchschnittliche Wert der Plantarflexion betrug 12° und der Dorsalflexion 20°. In 25 Fällen hatten sich die Schmerzen postoperativ verbessert (Wertung: leichte Schmerzen), in vier Fällen blieben sie sie gleich (Wertung: mäßige Schmerzen) und in 11 Fällen hatten sich die Schmerzen verschlechtert (Wertung: starke Schmerzen). Neun Patienten benötigten spezielle Schuhanfertigungen. 13 Patienten berichteten aufgrund von Schmerzen über eine eingeschränkte Gehleistung. 14-mal wird über eine subjektive Unzufriedenheit berichtet.

- Doppelstämmige Silikonprothesen

Bonet (Bonet et al., 1998) berichtet über 40 Gelenke nach Implantation von doppelstämmigen Silikonimplantaten bei Hallux valgus, rheumatoider Arthritis, Hallux rigidus/limitus. In die Statistik wurden nur die sechs Gelenke bei Hallux limitus aufgenommen. Das Patientenkollektiv bestand aus drei Männern und einer Frau. Das Durchschnittsalter betrug 64.7 Jahre bei einem Nachuntersuchungszeitraum von 99 Monaten. Ein Patient klagte über postoperativen Schmerz, während die anderen Patienten schmerzfrei waren. Die postoperative Zufriedenheit wurde beurteilt als: sehr gut (3x), gut (2x) und mäßig (1x). Postoperativ ergab sich eine durchschnittliche Dorsalflexion im I. MTP von 12.7°, eine Plantarflexion von 12.5° und ein durchschnittlicher Gesamtbewegungsumfang von 25.2°. Konfektionsschuhe konnten ohne Probleme getragen werden.

Dobbs (Dobbs, 1990) evaluierte sechs Patienten mit acht LaPorta Implantaten nach durchschnittlich 5.8 und 20 Monaten. Der Altersdurchschnitt der Patienten betrug 57.75 Jahre. Es resultierte postoperativ nach 5.8 Monaten eine durchschnittliche Dorsalflexion im I. MTP von 48.1° und nach 20 Monaten von 29.4°. Die Plantarflexion betrug 14.6° nach 5.8 Monaten und 15.6° nach 20 Monaten bei einem gesamten Bewegungsumfang von 62.8° nach 5.8 Monaten und von 43.8° nach 20 Monaten. Schmerzen waren zum Untersuchungszeitpunkt nicht vorhanden.

Farnworth (Farnworth et al., 1986) standen acht Patienten nach Implantation von zehn LaPorta Prothesen zur Nachuntersuchung zur Verfügung. Die Nachuntersuchungszeit betrug im Durchschnitt drei Monate. Der durchschnittliche gesamte Bewegungsumfang betrug postoperativ 46.3°, die Plantarflexion 8.8° und die Dorsalflexion 41.1°.

Ferdini (Ferdini et al., 1988) standen zur klinischen und radiologischen Auswertung 60 Gelenke zur Verfügung. Die Indikation war in 53 Gelenken ein Hallux rigidus, in vier Gelenken eine chronische Polyarthritits und in drei Fällen die Implantation nach misslungener Resektionsarthroplastik. Es wurden alle Ergebnisse mit in die Wertung aufgenommen. Das Durchschnittsalter betrug 50.5 Jahre. Der Nachuntersuchungszeitraum betrug zwischen 120 und 192 Monate (Wertung: 120 Monate). Kein Schmerz wurde in 41 Fällen, leichter Schmerz in 15 Fällen und Dauerschmerz in vier Fällen angegeben. Der bei der Nachuntersuchung gemessene Bewegungsumfang lag durchschnittlich bei Flex/Ext: 30-0-5°. Es gab keine Beeinträchtigung hinsichtlich des Schuhwerks.

Jarvis (Jarvis et al., 1986) berichtet von 30 Lawrence Prothesen drei Monate nach Implantation. Die durchschnittliche Plantarflexion betrug 20.23°, die Dorsalflexion 29.3° bei einem Gesamtbewegungsumfang von 49.4°. Kein Schmerz wurde in 22 Fällen, mäßiger und leichter Schmerz jeweils in vier Fällen angegeben.

In einer Studie von **Kampner** (Kampner, 1984) werden die Ergebnisse von 103 Implantationen bei 71 Patienten nach durchschnittlich 7.4 Jahren postoperativ wiedergegeben. Davon wurden aber nur 36 Frauen und drei Männer mit einem Durchschnittsalter von 59 Jahren mit 64 doppelstämmigen Silikonprothesen bei Hallux rigidus in das Patientenkollektiv aufgenommen. Das kosmetische Ergebnis wurde folgendermaßen bewertet: sehr gut (16x),

gut (36x), mäßig (5x), schlecht (7x). Der postoperative Schmerz wurde 31-mal als sehr gut, 25-mal als gut, einmal als mäßig und in sieben Fällen als schlecht klassifiziert.

Mondul (Mondul et al., 1985) berichtet nach durchschnittlich 25 Monaten über fünf Hallux rigidus Fälle mit doppelstämmiger Silikonprothesen Versorgung. Das durchschnittliche Patientenalter lag bei 62.75 Jahren. Zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung betrug die durchschnittliche Dorsalflexion 43.14°, die Plantarflexion 13.71° und der gesamte Bewegungsumfang 41.57°. Sehr zufrieden waren vier von fünf Patienten (80%). Ein Patient war nur mäßig zufrieden.

Pontell (Pontell u. Gudas, 1988) verglich die postoperativen Ergebnisse nach Cheilektomie und nach Implantation von 14 Silikonprothesen. Die Nachuntersuchungszeit der Silikonprothesen betrug durchschnittlich 58 Monate und ergab einen durchschnittlichen postoperativen Bewegungsumfang von 49°, bei einer Plantarflexion von 4° und einer Dorsalflexion von 45°. Das nachuntersuchte Patientenkollektiv war im Durchschnitt 61 Jahre alt. Alle 12 Patienten konnten postoperativ Konfektionsschuhe tragen. In allen Fällen ist ein zufrieden stellendes kosmetisches Resultat erreicht worden.

- **Metallprothesen**

- Zweikomponentenprothesen

Ess (Ess et al., 2002) beschreibt die Ergebnisse nach Implantation der ungekoppelten ReFlexion Prothesen im I. MTP von neun Frauen und einem Mann. Der Altersdurchschnitt betrug 53 Jahre. Nach durchschnittlich 24 Monaten betrug der gesamte Bewegungsumfang durchschnittlich 55°, die Plantarflexion 15° und die Dorsalflexion 25°. Schmerzfreiheit konnte in fünf Fällen erzielt werden. Noch leichte Schmerzen wurden in vier Fällen und mäßige Schmerzen in einem Fall angegeben. Konfektionsschuhe konnten von sieben Patienten getragen werden. Die Ausrichtung der Großzehe wurde in sieben Fällen mit gut, in zwei Fällen als mäßig und in einem Fall als schlecht bewertet. Acht Patienten waren subjektiv sehr zufrieden, zwei unzufrieden. Infolge der Entwicklung einer Hallux valgus Deformität kam es zu einer Implantatentfernung mit anschließender Arthrodesese.

Ebenfalls über die Ergebnisse von ReFlexion Prothesen berichtet **Fuhrmann** (Fuhrmann et al., 2003) nach durchschnittlich 39 Monaten. Das Kollektiv bestand aus 34 Frauen und sieben Männern mit einem Altersdurchschnitt von 49 Jahren. Postoperativ betrug die durchschnittliche Dorsalflexion im I. MTP 45° bei einem gesamten Bewegungsumfang von $30-74^\circ$ (Wertung: 31°). In vier Fällen kam es zur Prothesenexplantation und anschließender Arthrodeese infolge von Schmerz und eingeschränkter Dorsalflexion.

Johnson (Johnson u. Buck, 1981) berichtet über die postoperativen Ergebnisse nach Einsatz von 21 DePuy Prothesen bei 20 Patienten. 15 Patienten, die sich wegen Hallux rigidus operieren ließen, wurden in die statistische Auswertung aufgenommen. Die durchschnittliche Nachuntersuchungszeit betrug 39 Monate. Im Hallux rigidus Kollektiv betrug das Durchschnittsalter 61 Jahre. Die Geschlechtsverteilung ergab neun Frauen und sechs Männer. Der durchschnittliche gesamte Bewegungsumfang lag bei 38° . Keine Schmerzen wurden 11-mal, mäßige 3-mal, starke 1-mal angegeben. Es lagen sehr gute (13x) und gute (2x) kosmetische Resultate bei der Nachuntersuchung vor. Gute Resultate im Hinblick auf das Schuhwerk konnten in 14 Fällen erzielt werden. Über mäßige Probleme berichtete ein Patient. Die Patientenzufriedenheit wurde als sehr gut (11x), gut (2x), mäßig (1x) und schlecht (1x) beurteilt. Das schlechte Ergebnis resultierte aus einer Prothesenlockerung mit anschließender Resektionsarthroplastik.

Koenig (Koenig, 1990) berichtet über die Ergebnisse von 16 Patienten mit 18 Implantaten nach 18 Monaten. Das Patientenalter lag im Durchschnitt bei 55.47 Jahren. Acht Patienten bei Hallux rigidus/limitus, die alle postoperativ schmerzfrei waren, wurden in die Statistik aufgenommen. Der durchschnittliche Bewegungsumfang lag bei 47.38° , bei einer durchschnittlichen Plantarflexion von 26.13° und einer Dorsalflexion von 21.25° .

Merkle (Merkle u. Sculco, 1989) untersuchte neun Patienten nach Einsatz einer halbgekoppelten Zweikomponentenprothese. Davon wurden nur sieben Patienten mit Arthrose in die Auswertung eingeschlossen. Das Patientenalter betrug im Durchschnitt 66.4 Jahre, die Nachuntersuchungszeit durchschnittlich 21 Monate. Im Patientenkollektiv mit Hallux rigidus betrug die Dorsalflexion postoperativ im Durchschnitt 47.1° , die Plantarflexion 6° und der gesamte Bewegungsumfang 53.14° . Kein Schmerz wurde in fünf Fällen, mäßiger in zwei Fällen angegeben. Das kosmetische Resultat wurde als sehr gut (2x), gut (1x), mäßig (3x) und schlecht (1x) bewertet. Vier Patienten hatten Probleme beim Tragen von

Konfektionsschuhen. Die Patienten beurteilten das Gesamtergebnis 3-mal als sehr gut, 1-mal als gut, 2-mal als mäßig und 1-mal als schlecht.

Notni (Notni et al., 2001) beschreibt die Ergebnisse nach Implantation von 26 ReFlexion Prothesen bei einem Patientenkollektiv mit einem Durchschnittsalter von 52 Jahren. Die durchschnittliche Nachuntersuchungszeit betrug 31 Monate. Das Kollektiv bestand aus 21 Frauen und fünf Männern. Postoperativ wurde im Mittel im I. MTP eine passive gesamte Beweglichkeit von 35° erreicht. Die Plantarflexion betrug im Durchschnitt 10° und die Dorsalflexion 25°. Der postoperative Schmerz wurde folgendermaßen bewertet: kein Schmerz (7x), leichter Schmerz (14x), mäßiger Schmerz (5x). Die postoperative Gesamtzufriedenheit wurde mit Zufriedenheit (19x), mäßiger Zufriedenheit (4x) und Unzufriedenheit (3x) angegeben. In drei Fällen kam es aufgrund der weiterhin schmerzhaften Dorsalflexion zur Implantatentfernung mit nachfolgender Arthrodesese.

Olms (Olms u. Dietze, 1999) berichtet in einem zwei Jahres Follow-up (Wertung: 24 Monate) über 21 Patienten: 15 Männer und sechs Frauen mit einem Altersdurchschnitt von 58.8 Jahren nach Implantation von Bio-Action Großzehenimplantaten. Der durchschnittliche gesamte Bewegungsumfang betrug 50°. Schmerz wurde in vier Fällen angegeben. In 17 Fällen kam es zur Schmerzreduktion oder Schmerzfreiheit (Wertung: leichter Schmerz). Mit dem kosmetischen Resultat waren alle Patienten zufrieden. Vier Patienten hatten weiterhin Schmerzen beim Tragen von Konfektionsschuhen. 18 Patienten waren mit dem Ergebnis zufrieden, drei unzufrieden.

- Hemiprothesen

Leavitt (Leavitt et al., 1991) evaluierte sechs Patienten mit fünf Hemiprothesen aus Titan am I. MTP und einer Operation am II. MTP. Es wurden nur die fünf Operationen am I. MTP berücksichtigt. Das Durchschnittsalter betrug 50.8 Jahre. Es wurden vier Frauen und ein Mann nach durchschnittlich 21.2 Monaten untersucht. Vier Patienten waren schmerzfrei. Ein Patient hatte mäßigen Schmerz.

Roukis (Roukis u. Townley, 2003b) vergleicht die postoperativen Ergebnisse nach neun BIOPRO Prothesen Implantationen und nach 16 Osteotomie Eingriffen bei Hallux rigidus. Der Altersdurchschnitt der fünf Männer und zwei Frauen betrug 49.6 Jahre. Nach durchschnittlich 12 Monaten konnte eine Dorsalflexion von $17.9^\circ \pm 7.2$ und eine Plantarflexion von $25.4^\circ \pm 10.7$ gemessen werden.

Townley (Townley u. Taranow, 1994) untersuchte 279 BIOPRO Hemiprothesen bei 222 Frauen und 57 Männern nach. Die Indikation war in 171 Fällen ein Hallux rigidus (Osteoarthritis). Nur diese Patienten wurden in die Auswertung aufgenommen. Der Nachuntersuchungszeitraum lag zwischen 56 und 396 Monate (Wertung: 56 Monate). Der Altersdurchschnitt betrug 53.5 Jahre. Die postoperative Schmerzbeurteilung sah wie folgt aus: schmerzfrei (259x), mäßiger Schmerz (7x) und starker Schmerz (13x). Das kosmetische Resultat fiel 266-mal gut und 13-mal schlecht aus. Die Gesamtbeurteilung war sehr gut (259x), gut (7x) und schlecht (13x).

- **Arthrodesse**

Coughlin (Coughlin u. Shurnas, 2003a) vergleicht die Ergebnisse von 93 Gelenken nach Cheilektomie und 34 Gelenken nach Arthrodesse bei Hallux rigidus nach durchschnittlich 80.4 Monaten. Das Durchschnittsalter betrug 50 Jahre. Das Patientenkollektiv bestand aus 19 Frauen und 11 Männern. Bei neun Gelenken war postoperativ noch Schmerz vorhanden. Neun Patienten mussten mit Schuheinlagen versorgt werden. Subjektiv wurde das Ergebnis nach Arthrodesse bei 26 Gelenken als sehr gut und in vier Fällen trotz des Gesamtbewegungsumfangs von 0° als gut bewertet. Kosmetische Zufriedenheit lag in allen Fällen vor.

DeFrino (DeFrino et al., 2002) berichtet über zehn Füße bei neun Patienten mit Arthrodesse. Das Durchschnittsalter der fünf Frauen und vier Männer betrug 56 Jahre. Der durchschnittliche Nachuntersuchungszeitraum betrug 34 Monate. Leichte Schmerzen wurden in sechs Fällen, keine in vier Fällen angegeben. Mit dem kosmetischen Resultat waren alle Patienten zufrieden. Absatzprobleme bestanden in drei Fällen.

Lombardi (Lombardi et al., 2001) berichtet über 17 Patienten (zehn Frauen, sieben Männer) nach 21 Arthrodesen bei Hallux rigidus nach durchschnittlich 28.1 Monaten. Das Durchschnittsalter betrug 54.5 Jahre. Die Zufriedenheit wurde in 11 Fällen als sehr gut, in neun Fällen als gut und in einem Fall als mäßig angegeben.

Salis-Soglio (Salis-Soglio u. Gebler-Rothlaender, 1986) berichtet über den Zustand nach erfolgter Arthrodesen an 95 Großzehengelenken nach durchschnittlich 38.6 Monaten. Bei den Nachuntersuchten waren 83 Patienten weiblichen Geschlechts und 12 männlichen Geschlechts. Das Durchschnittsalter lag bei 57 Jahren. 75 Gelenke wurden postoperativ als sehr gut und gut, 13 als mäßig und sieben als schlecht beurteilt. Bei 51 Gelenken traten Probleme mit dem Schuhwerk, v.a. bei Schuhen mit hohen Absätzen auf.

Southgate (Southgate u. Urry, 1997) vergleicht die Ergebnisse nach zehn Osteotomie Eingriffen mit den Ergebnissen von 20 Zehen nach Arthrodesen bei Hallux rigidus. Das Durchschnittsalter der Patienten mit Arthrodesen betrug 46.9 Jahre. Die Nachuntersuchungszeit betrug 154.2 Monate. Der postoperative gesamte Bewegungsumfang im I. MTP betrug 0°. Schmerzbeurteilung: kein Schmerz (14x), leichter (1x), mäßiger (3x), starker Schmerz mit Metatarsalgie (2x).

- **Resektionsarthroplastik**

Anderl (Anderl et al., 1991) evaluierte 100 Patienten nach Keller-Brandes Resektionsarthroplastik an 137 operierten Großzehen, die nach durchschnittlich 14.1 Jahren nachuntersucht wurden. Von den Nachuntersuchten waren 74 weiblichen und 26 männlichen Geschlechts. Das durchschnittliche Alter betrug 51 Jahre. Subjektiv wurden die Ergebnisse 105-mal als sehr gut mit Schmerzfreiheit und sehr gutem kosmetischem Resultat, 21-mal als gut mit mäßigen Schmerzen und zufrieden stellendem kosmetischem Ergebnis und 11-mal als schlecht mit Dauerschmerzen und schlechtem kosmetischem Resultat beschrieben. Objektiv betrachtet resultierten 36 sehr gute Fälle mit einer passiven Dorsalflexion über 30°, 56 gute Ergebnisse mit einer passiven Dorsalflexion zwischen 5° und 30° und 45 schlechte Ergebnisse mit einer passiven Dorsalflexion kleiner 5°.

Breitenseher (Breitenseher et al., 1996) veröffentlichte 121 Hallux rigidus Ergebnisse nach Keller-Brandes Resektionsarthroplastik. Das Nachuntersuchungskollektiv mit einem Durchschnittsalter von 52.4 Jahren umfasste 62 weibliche Patienten mit 92 Zehen und 21 männliche Patienten mit 29 Zehen. Die durchschnittliche Nachuntersuchungszeit betrug 9.7 Jahre. Der durchschnittliche Bewegungsumfang im I. MTP betrug 31.9° , die Dorsalflexion 17.8° und die Plantarflexion 14.9° . 60 Zehen zeigten einen Gesamtbewegungsumfang von weniger als 30° , 49 Füße einen von 30° - 60° und 12 Füße eine Beweglichkeit von über 60° . In 110 Fällen wurden die Ergebnisse als sehr gut und gut befunden. In 11 Fällen als schlecht. Das kosmetische Resultat wurde in 87 Füßen zufrieden stellend beurteilt. In 34 Fällen wurde Unzufriedenheit angegeben.

Toma (Toma, 1994) berichtet von 141 Füßen von 95 Patienten. Die Nachuntersuchung der 74 Frauen und 21 Männer erfolgte 115.8 Monate nach Keller-Brandes Operation. Das Durchschnittsalter lag bei 52 Jahren. Der durchschnittliche gesamte Bewegungsumfang lag bei 33.2° bei einer Plantarflexion von 15.1° und einer Dorsalflexion von 18° . Das kosmetische Resultat wurde mit sehr gut (53x), zufrieden stellend (44x) und unzufrieden (44x) bewertet. Subjektiv wurde das Gesamtergebnis als sehr gut (106x), gut (22x) und schlecht (13x) eingeschätzt.

6.4 Statistische Auswertung

Die statistische Auswertung erfolgte mit dem Programm SPSS for Windows (SPSS Version 10.0 Inc., Chicago, IL). Das Signifikanzniveau wurde bei allen Verfahren mit $p < .05$ festgelegt.

Bei der Auswahl der Tests zur statistischen Auswertung mussten folgende Voraussetzungen berücksichtigt werden:

Für die Parameter des Bewegungsumfangs wurden einfaktorielle Varianzanalysen zum Vergleich der Gruppen gerechnet. Die Rechenvoraussetzungen der Normalverteiltetheit und Varianzhomogenität waren allerdings in der Regel verletzt. Obwohl Varianzanalysen als robust gegen die Verletzung der Rechenvoraussetzungen (Backhaus u. Erichson, 2005) gelten, wurden zusätzlich die Ergebnisse von Kruskal-Wallis-Tests berichtet und bei der Interpretation einbezogen. Für die multiplen Paarvergleiche wurde aufgrund der Varianzhomogenität der Tamhane's Test ausgewählt. Somit wurden

Bewegungsumfänge und Alter der einzelnen operativen Verfahren aufgrund der Inhomogenität der Varianzen mittels des Tamhane's Tests ausgewertet.

Für ordinalskalierte Merkmale wurde als nichtparametrische Alternative zur Varianzanalyse der Kruskal-Wallis-Test gewählt. Als nichtparametrische Paarvergleiche wurden Mann-Whitney-U-Tests eingesetzt. Um die multiple Testsituation zu berücksichtigen, wurden die einzelnen Fehlerwahrscheinlichkeiten einer nachträglichen Bonferronikorrektur unterzogen.

Für die Berechnung des Mittelwerts zweier Gruppen wurde als parametrische Möglichkeit der t-Test und als nicht parametrische Alternative der Mann-Whitney-U-Test angewendet.

Für die Erstellung von Metaanalysen gibt es verschiedene Varianten der Berechnung von Effektstärken, bei denen z.B. die einzelnen Standardabweichungen von Versuchs- und Kontrollgruppen gemittelt werden. Effektstärken von $d=0.2$ bis $d=0.5$ deuten auf schwache, Effektstärken von $d=0.5$ bis $d=0.8$ auf eine mittlere Wirksamkeit einer Therapie und $d>0.8$ liegt eine gute bis sehr gute Therapie vor (Cohen, 1988). In den meisten vorliegenden Studien waren keine Mittelwerte mit Standardabweichung aufgelistet, so dass trotz Intervallskalierung keine Metaanalyse im klassischen Sinn durchzuführen war.

Die Effektstärke wurde mittels Cohen's d auf folgender Internetseite berechnet: <http://www.uccs.edu/~lbecker/psy590/escalc3.htm>.

7. Ergebnisse

7.1 Datenerhebung

Es wurden die Ergebnisse aus 31 Studien nach Implantation von Silikonprothesen, Metallprothesen, nach Arthrodese und Resektionsarthroplastik am I. MTP bei Hallux rigidus ausgewertet. Zur Auswertung standen die Daten von 1207 Eingriffen am I. MTP bei Hallux rigidus zur Verfügung.

Bei diesen Eingriffen zeigte sich folgende Verteilung auf vier Gruppen (Abb. 31).

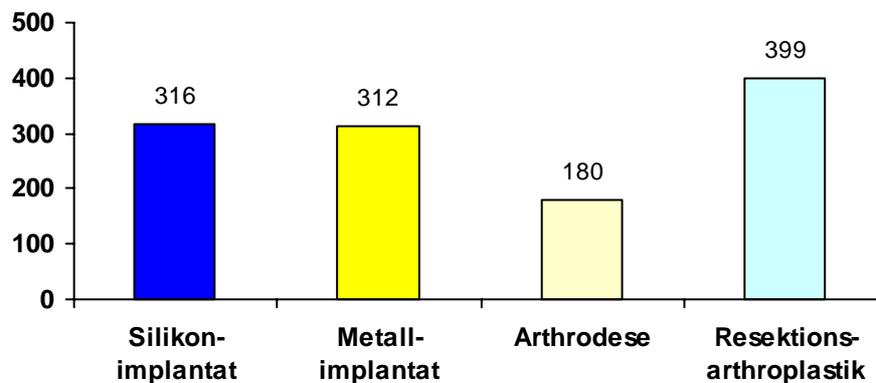


Abb. 31 Anzahl der Eingriffe je nach operativem Verfahren (n=1207)

7.2 Demographische Daten

7.2.1 Nachuntersuchungszeit

Insgesamt betrug die durchschnittliche Nachuntersuchungszeit der ausgewerteten Studien bei 1207 Fällen 84.23 Monate \pm 47. Das Minimum lag bei vier Monaten, das Maximum bei 396 Monaten. 316 Silikonprothesen wurden nach durchschnittlich 73.47 Monaten \pm 38.13 nachuntersucht (Min. 4 Monate, Max. 192 Monate). Die 312 Metallprothesen kamen auf eine kurze durchschnittliche Nachuntersuchungszeit von 46.28 Monaten \pm 16.14 (Min. 12 Monate, Max. 396 Monate). Die 180 mit Arthrodese versorgten Patienten wurden im Durchschnitt nach 57.86 Monaten \pm 38.29 (Min. 10 Monate, Max. 192 Monate) nachuntersucht. Die durchschnittlich längste Nachuntersuchungszeit erreichten die 399 Fälle mit Resektionsarthroplastik mit 134.32 Monaten \pm 25.26 (Min. 39 Monate, Max. 360 Monate).

Der Gesamtüberblick der Nachuntersuchungszeiträume in Monaten ist aus Abbildung 32 ersichtlich.

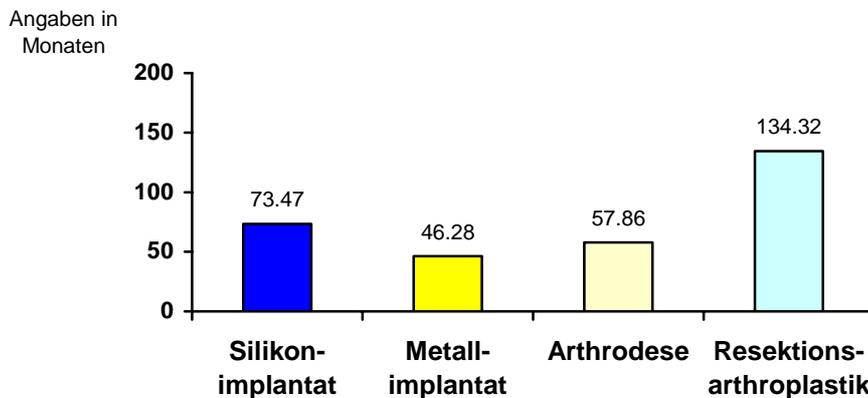


Abb. 32 Durchschnittlicher Nachuntersuchungszeitraum in Monaten je nach operativem Verfahren

Die Varianzanalyse der vier Gruppen ergab hochsignifikante Unterschiede ($F_{3;1203} = 612.62$, $p(F) < .001$). Im Vergleich nach operativem Verfahren war der Nachuntersuchungszeitraum bei den Probanden mit Resektionsarthroplastik im Mittel später als bei den Patienten mit Arthrodese oder Implantatversorgung. Der kürzeste Nachuntersuchungszeitraum lag bei den Patienten mit Metallimplantaten vor.

Im Vergleich der Nachuntersuchungszeit nach operativem Verfahren lässt sich ein signifikanter Unterschied zwischen allen Gruppen feststellen (Metallprothese/Arthrodese ($p = .001$); alle anderen ($p = .000$)).

7.2.2 Alter

Das Durchschnittsalter des gesamten Patientenkollektivs der vorliegenden Studien zum Zeitpunkt des operativen Eingriffs lag bei 1167 Fällen bei 53.45 ± 3.4 . Der jüngste Patient des Gesamtkollektivs war zum Zeitpunkt der Operation 16 Jahre alt und wurde mit Arthrodese versorgt. Der älteste Patient war 91 Jahre alt und bekam eine Metallprothese implantiert. Die Verteilung auf die einzelnen Gruppen sah folgendermaßen aus. (Abb. 33)

Bei 276 Eingriffen mit Silikonimplantaten lag das durchschnittliche Alter der Patienten bei 55.13 ± 4.14 . Der jüngste Patient war 20 Jahre alt, der älteste Patient 80 Jahre. Bei der

Versorgung mit 312 Metallimplantaten war das Patientenkollektiv durchschnittlich 53.67 ± 3.44 alt (Min. 22 Jahre, Max. 91 Jahre). Die Patienten, die mit 180 Arthrodesen versorgt wurden lagen in einem Bereich von durchschnittlich 54.21 ± 3.7 (Min. 16 Jahre, Max. 77 Jahre). Jünger war das Patientenkollektiv der 399 Eingriffe mit Resektionsarthroplastik. Dort lag das durchschnittliche Alter bei 51.78 ± 0.59 (Min. 24 Jahre, Max. 79 Jahre).

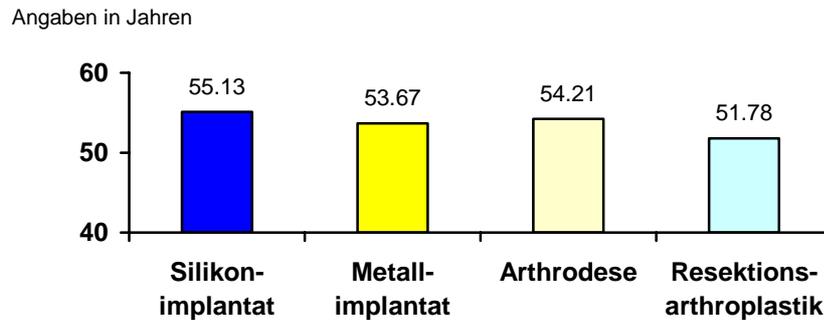
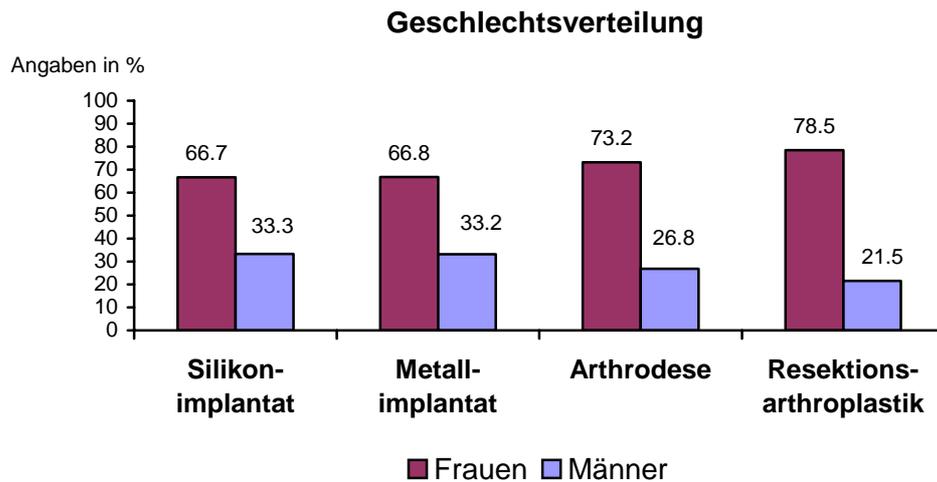


Abb. 33 Durchschnittsalter zum Zeitpunkt der Operation je nach operativem Verfahren

Die Varianzanalyse der vier Gruppen ergab hochsignifikante Altersunterschiede ($F_{3;1163} = 71.10$, $p(F)=.000$). Im Altersvergleich nach operativem Verfahren sind die Patienten mit Silikonprothese im Mittel älter als die Patienten mit Resektionsarthroplastik ($p<.001$) und Metallprothesen ($p<.001$) gewesen. Die Probanden mit Arthrodesen oder Metallprothesen sind älter als die mit Resektionsarthroplastik ($p=.000$). Kein signifikanter Altersunterschied ist zwischen den Patienten mit Metallprothese und Arthrodesen ($p=.506$) und Silikonprothese und Arthrodesen ($p=.077$) vorhanden.

7.2.3 Geschlecht

Bei dem vorliegenden Patientengut konnte das Geschlecht in 972 Fällen ermittelt werden. In den restlichen Fällen wurden entweder keine Angaben zur Geschlechterverteilung gemacht oder es lagen bilaterale Hallux rigidus Fälle vor, bei denen nur Angaben zum Geschlecht pro Patient, jedoch nicht pro Großzehe gemacht wurden. Im Gesamtkollektiv ($n=972$) handelte es sich bei 72% ($n=702$) um Frauen, bei 28% ($n=270$) um Männer. Die Geschlechterverteilung ist signifikant ungleich verteilt in den vier Gruppen. Die Verteilung unterschieden je nach operativem Verfahren kommt in Abbildung 34 zur Darstellung.



Anmerkungen. $\chi^2 = 13.68, p = .003$

Abb. 34 Geschlechtsverteilung (in %) je nach operativem Verfahren

7.2.4 Ein- und Doppelseitigkeit

Die Verteilung über die einseitig- bzw. doppelseitig vorliegenden Fälle von 778 durchgeführten Operationen ist aus Abbildung 35 zu ersehen.

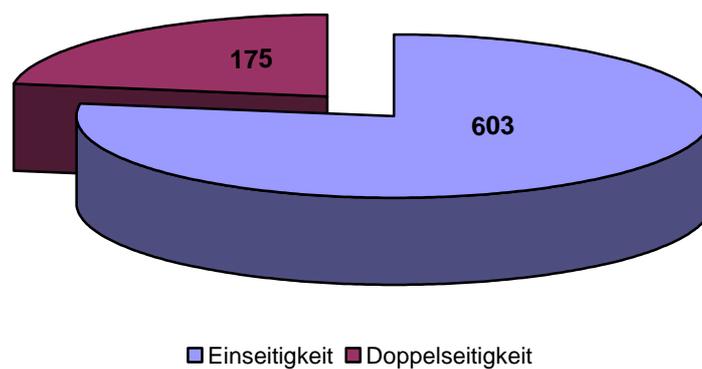


Abb. 35 Ein- und Doppelseitigkeit je nach operativem Verfahren (n=778)

7.3 Klinische Daten

7.3.1 Schmerzen zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung

Zur subjektiven Begutachtung des postoperativen Ergebnisses an der Großzehe wurden die Schmerzangaben der Patienten zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung der einzelnen Studien je nach operativem Verfahren ausgewertet (Abb. 36, Tab. 5).

Es konnten 777 Angaben hinsichtlich des Schmerzempfindens zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung bewertet werden. Schmerzfreiheit wurde in 499 Fällen (64%) dokumentiert. In 122 (16%) Fällen wurde leichter Schmerz angegeben. In 54 (7%) Fällen wurde der Schmerz als mäßig bewertet und in 102 (13%) Zehen waren noch starke Schmerzen vorhanden.

Im Kollektiv der Silikonprothesen (n=277) wurde über Schmerzfreiheit in 59% (n=162) der Fälle berichtet, in 29% (n=80) der Fälle über leichten und in 4% (n=11) der Fälle über mäßigen Schmerz. Bei insgesamt 9% (n=24) von 277 Zehen gaben die Patienten zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung starke Schmerzen an.

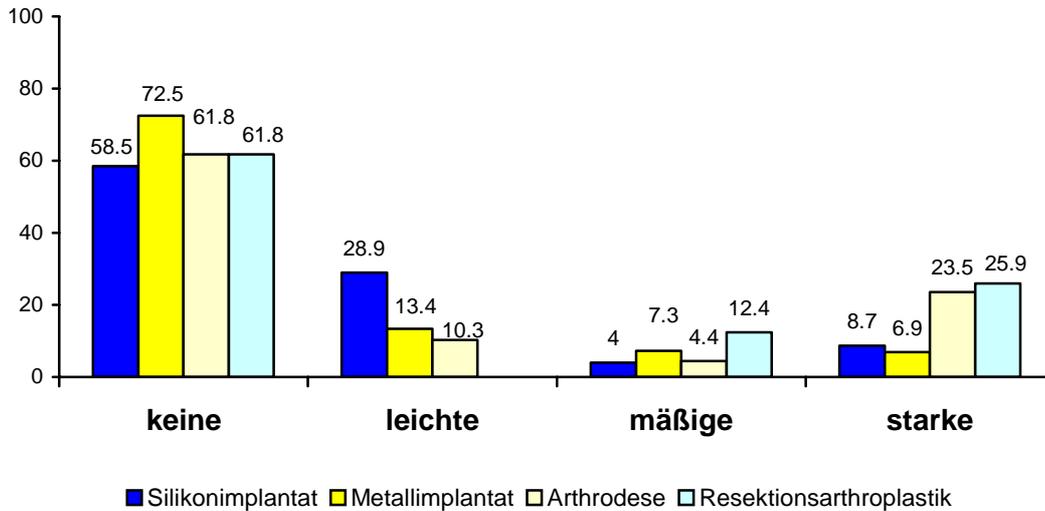
In der Gruppe der Metallprothesen (n=262) konnte in 73% (n=190) der Zehen Schmerzfreiheit erreicht werden. 13% (n=35) der Fälle wurden mit leichten Schmerzen dokumentiert. In 7% (n=19) der Fälle wurden mäßige Schmerzen und in 7% (n=18) der Fälle starke Schmerzen angegeben.

Nach Korrektur mit Arthrodesen (n=68) waren 62% (n=42) der Zehen schmerzfrei, 10% (n=7) noch leicht schmerzhaft, 4% (n=3) noch mäßig schmerzhaft und in 24% (n=16) der Zehen lagen noch starke Schmerzen vor.

Bei 170 Eingriffen mit Resektionsarthroplastik wurde in 62% der Fälle (n=105) Schmerzfreiheit erreicht. Über mäßigen Schmerz wurde noch in 12% (n=21) und über starke Schmerzen in 26% (n=44) der Fälle geklagt.

Häufigkeit in %

Grad der Schmerzen



Anmerkungen. $\chi^2 = 114.00, p = .000$

Abb. 36 Schmerzen zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung je nach operativem Verfahren

Aufgrund der vorliegenden Ordinalskalierung bei der Auswertung des Schmerzempfindens war die Kruskal-Wallis-Rangvarianzanalyse nicht ausreichend, so dass weiterhin der Whitney-U-Test zur Anwendung kam. In der Kruskal-Wallis-Rangvarianzanalyse hat die Resektionsarthroplastik die höchste Rangsumme, d.h. dass in dieser Gruppe das von den Patienten subjektiv beurteilte Schmerzempfinden am höchsten angesiedelt wurde. Im Whitney-U-Test im Hinblick auf die operativen Verfahren hinsichtlich des subjektiven Schmerzempfindens untereinander, konnte sich ein signifikanter Unterschied ($p=.004$) zwischen den Silikon- und den Metallprothesen und den Metallprothesen und der Resektionsarthroplastik ($p=.000$) feststellen lassen.

Kein signifikanter Unterschied im Bereich des postoperativen Schmerzempfindens liegt zwischen dem Kollektiv der Silikonprothesen und den Arthrodesen ($p=.558$), zwischen den Arthrodesen und Resektionsarthroplastiken ($p=.762$), Silikonprothesen und Resektionsarthroplastiken ($p=.120$), Metallprothesen und Arthrodesen ($p=.023$) vor.

Beurteilung der Schmerzen	Silikonprothese		Metallprothese		Arthrothese		Resektionsarthroplastik	
	n =							
keine	162	58.5%	190	72.5%	42	61.8%	105	61.8%
leichte	80	28.9%	35	13.4%	7	10.3%		
mäßige	11	4%	19	7.3%	3	4.4%	21	12.4%
starke	24	8.7%	16	6.9%	16	23.5%	44	25.9%

Tab. 5 Schmerzen zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung (n= 777)

7.3.2 Bewegungsumfang im I. MTP zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung

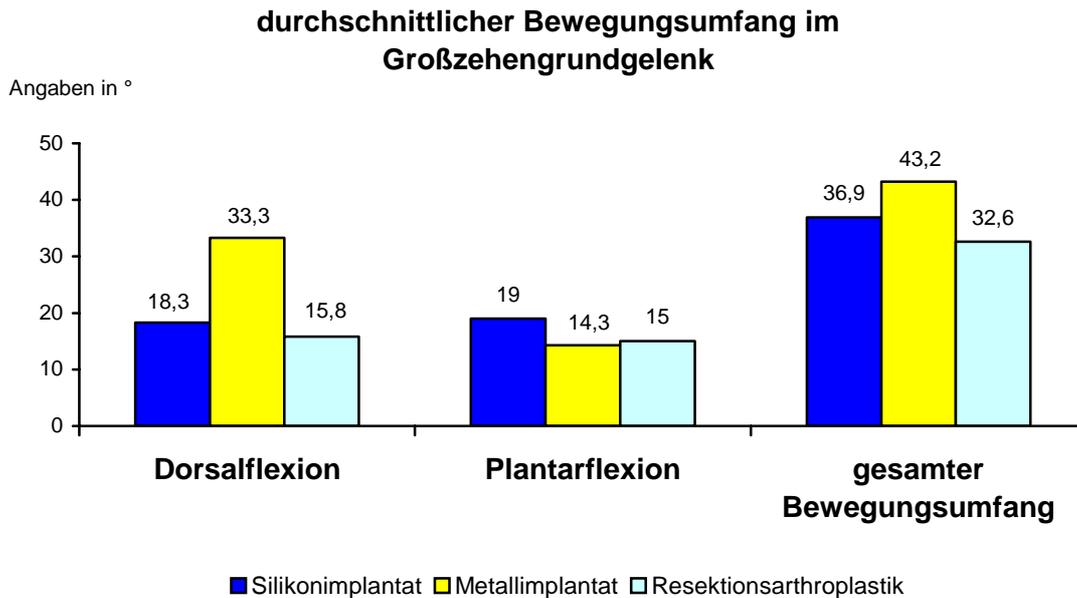
Zur objektiven Einschätzung der postoperativen Wiederherstellung der Funktion der Großzehe wurde die passive Beweglichkeit im I. MTP ausgewertet. Hierzu wurden die Ergebnisse der Dorsalflexion, der Plantarflexion und des gesamten Bewegungsumfanges nach den vier operativen Eingriffen zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung gegenübergestellt (s. Tab. 6, Abb. 37). Bei ungenauen Angaben zum Winkel wurde in allen Fällen immer das schlechtere Ergebnis in die Wertung aufgenommen. Die Eingriffe bei Arthrothese wurden in diese Auswertung nicht mit aufgenommen, da der gesamte Bewegungsumfang bei knöchern konsolidierter Arthrothese im I. MTP 0° betragen sollte.

	Silikon (S)		Metall (M)		Resektion (R)		Ergebnisse der Varianzanalyse (Oneway)			
	M	SD	M	SD	M	SD	dF	F	P(F)	Tamhane's Test
Dorsalflexion in Grad (n=821)	18.3	12.8	33.3	11.6	15.8	7.3	2;818	123,03	.000	S / M ^{***} S / R ^{**} M / R ^{***}
Plantarflexion in Grad (n=643)	19	7.4	14.3	7.3	15	10	2;640	42,51	.000	S / M ^{***} S / R ^{***} M / R
Gesamte Bewegungsumfang in Grad (n=679)	36.9	7.7	43.2	7.8	32.6	0.6	2;676	115,39	.000	S / M ^{***} S / R ^{***} M / R ^{***}

Tab. 6 Vergleich der Mittelwerte der Bewegungsumfänge des I. MTP in den einzelnen Untersuchungsgruppen

Anmerkung: Mittelwert (M) und Standardabweichung (SD), Angaben in Grad

*** = $p < .001$, ** = $p < .010$, * = $p < .050$



<i>Anmerkungen: Ergebnisse Rangvarianzanalyse:</i>	<i>DF:</i>	$\chi^2 = 165.50,$	$p = .000$
	<i>PF:</i>	$\chi^2 = 96.97,$	$p = .000$
	<i>GB:</i>	$\chi^2 = 156.48,$	$p = .000$

Abb. 37 Durchschnittlicher Bewegungsumfang in Grad zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung je nach operativem Verfahren

Da der Levene Test zeigte, dass inhomogene Varianzen vorlagen und zusätzlich die Rechenvoraussetzung der Normalverteilung verletzt war, wurden die Varianzanalysen zusätzlich mit Rangvarianzanalysen mit paarweisem U-test belegt. Hierbei ergaben sich im Vergleich zur Varianzanalyse keine bedeutsamen Unterschiede.

- **Dorsalflexion**

Insgesamt konnten 821 Zehen ausgewertet werden. Fasst man die Mittelwerte der Dorsalflexion aller Eingriffe mit Silikonprothesen (n=316) zusammen, erhält man eine postoperative Dorsalflexion im Mittel von $18.3^\circ \pm 12.8$ (Min. 0° , Max. 75°), von $33.3^\circ \pm 11.6$ (Min. 10° , Max. 70°) bei den Metallprothesen (n=106) und von $15^\circ \pm 7.3$ (Min. 0° , Max. 70°) bei den Resektionsarthroplastiken (n=399).

Vergleicht man nun die Mittelwerte der Dorsalflexion aller Probanden mit Silikonprothesen, Metallprothesen und mit Eingriffen nach Resektionsarthroplastik ist ein signifikanter Unterschied feststellbar sowohl zwischen den Patienten mit Silikon- und Metallprothesen (P=.000) als auch zwischen den Patienten mit Metallprothese und nach Resektionsarthroplastik (p=.000).

Kein signifikanter Unterschied ist bei den Eingriffen mit Silikonprothese und Resektionsarthroplastik ($p=.008$) nachzuweisen.

Im Rangvergleich haben die Metallprothesen die höchste Rangsumme, d.h. dass in dieser Gruppe die möglichst objektiv gemessene Dorsalflexion am größten war ($p=.000$).

- **Plantarflexion**

Die Plantarflexion von 643 Zehen konnte in die Auswertung aufgenommen werden. In der Gruppe der Silikonprothesen ($n=316$) betrug die Plantarflexion postoperativ im Mittel $19^\circ \pm 7.4$ (Min. -5° , Max. 47°), in der Gruppe der Metallprothesen ($n=65$) $14.3^\circ \pm 7.3$ (Min. -20° , Max. 55°) und in der Gruppe der Resektionsarthroplastik ($n=262$) $15^\circ \pm 10$ (Min. 0° , Max. 50°).

Für den Vergleich der Plantarflexion postoperativ je nach operativem Verfahren ergibt sich, dass zwischen Silikonprothese/Metallprothese ($p=.000$) und Silikonprothese/Resektionsarthroplastik ($p=.000$) signifikante Unterschiede vorliegen, nicht jedoch bei Metallprothese/Resektionsarthroplastik ($p=.822$).

Im Rangvergleich haben die Silikonprothesen die höchste Rangsumme, d.h. in dieser Gruppe war die möglichst objektiv gemessene Plantarflexion am größten ($p=.000$).

- **Gesamter Bewegungsumfang = Dorsal- und Plantarflexion**

Der gesamte Bewegungsumfang konnte in 679 Fällen ausgewertet werden. Bei den Silikonprothesen ($n=316$) betrug der gesamte Bewegungsumfang im Mittel $36.9^\circ \pm 7.7$ (Min. 10° , Max. 80°), bei den Metallprothesen ($n=101$) durchschnittlich $43.2^\circ \pm 7.8$ (Min. 10° , Max. 80°) und im Kollektiv der Resektionsarthroplastik ($n=262$) im Durchschnitt $32.6^\circ \pm 0.7^\circ$ (Min. 0° , Max. 95°).

Im Vergleich des gesamten Bewegungsumfangs nach operativem Verfahren lag ein signifikanter Unterschied in allen Vergleichsgruppen ($p=.000$) vor. Im Rangvergleich haben die Metallprothesen die höchste Rangsumme, d.h. dass in dieser Gruppe der möglichst objektiv gemessene gesamte Bewegungsumfang am größten war ($p=.000$).

- Effektstärken

Da in den vorliegenden Studien keine intervallskalierten Messwerte zur Auswertung zur Verfügung standen, war es nicht möglich, eine Metaanalyse im klassischen Sinne durchzuführen. Es war nur möglich hinsichtlich des postoperativen Bewegungsumfangs, einem Hauptfaktor bei Hallux rigidus, Effektstärken mittels Cohen´s d zu berechnen. Somit war es möglich, jeweils paarweise die neueren operativen Methoden der Implantatarthroplastik (Silikonimplantate und Metallimplantate) als Untersucherguppe der Kontrollgruppe (Resektionsarthroplastik- als klassische altbewährte Methode) gegenüberzustellen. Somit kann anhand der Effektstärken ein Paarvergleich der Implantatarthroplastik gegenüber der Resektionsarthroplastik herangezogen werden, um festzustellen, ob die Implantatarthroplastik eine geringe, mäßige oder erhebliche Verbesserung gegenüber der Resektionsarthroplastik darstellt. Es wurden für jede Therapierichtung aus den jeweils recherchierten Studien Effektstärken für die postoperativen Bewegungsumfänge (Plantarflexion, Dorsalflexion und gesamter Bewegungsumfang) berechnet, die aus Tabelle 7 ersichtlich sind.

Bewegungsumfang je nach operativem Verfahren		Effektstärke	Percentilverteilung
Silikonimplantatarthroplastik	Plantarflexion	0.5	69
Metallimplantatarthroplastik	Plantarflexion	-0.1	54
Silikonimplantatarthroplastik	Dorsalflexion	0.2	58
Metallimplantatarthroplastik	Dorsalflexion	1.8	96.4
Silikonimplantatarthroplastik	Gesamter Bewegungsumfang	0.8	79
Metallimplantatarthroplastik	Gesamter Bewegungsumfang	1.9	97.1

Tab. 7 Metaanalyse zum Bewegungsumfang nach Hallux rigidus Operation

Zur Beurteilung von Effektstärken hat Cohen (1988) vorgeschlagen, von 0.2 bis 0.5 von einem schwachen, bis 0.8 von einem mittleren und darüber von einem starken Effekt zu sprechen.

Die Effektstärke für die Dorsalflexion (1.8) und für den gesamten Bewegungsumfang bei Metallimplantatarthroplastik (1.9) fiel sehr hoch aus. Hinsichtlich der postoperativen Plantarflexion nach Versorgung mit Metallimplantatarthroplastik im Vergleich zur Resektionsarthroplastik konnte kein Effekt belegt werden. Dies bedeutet, dass es bei diesem operativen Verfahren im Vergleich zur Resektionsarthroplastik zu keiner Verbesserung kam. Die Effektstärke für die Dorsal- und Plantarflexion bei Silikonprothesen betrug 0.2 und 0.5, so dass hier im Vergleich zu der Resektionsarthroplastik von einer schwachen Verbesserung ausgegangen werden kann. Bei einer Effektstärke von 0.8 erzielte der postoperative gesamte Bewegungsumfang eine mittlere Verbesserung zu den Ergebnissen nach Resektionsarthroplastik.

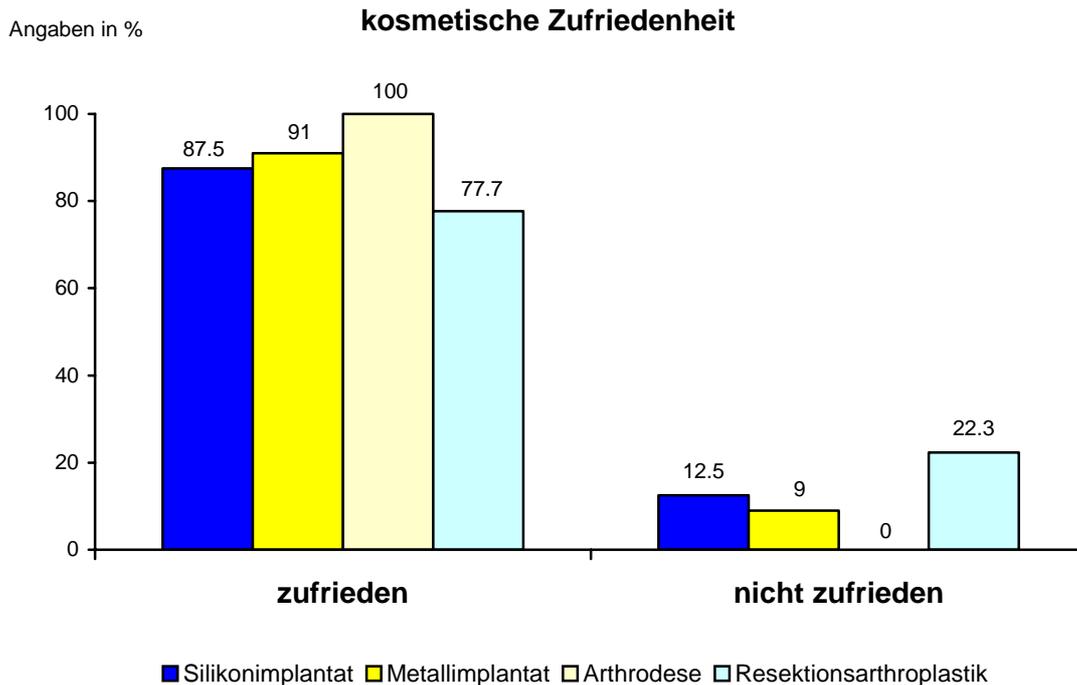
- **Percentil**

Eine der Überlappung analoge Veranschaulichung der Größe eines Effekts liefert das Percentil der Prothesen-Mittelwerte in der Verteilung der Kontrollgruppe (Resektionsarthroplastik). Für die oben in Tabelle 7 dargestellte Überlappung der Silikonprothesen bei einer Effektstärke von 0.5 könnte man demnach behaupten: Der durchschnittliche Proband mit Silikonprothese erzielt das 69. Percentil der Kontrollgruppe (Resektionsarthroplastik).

7.3.3 Kosmetische Zufriedenheit

Unter kosmetischer Zufriedenheit wurden auch Angaben hinsichtlich der Ausrichtung und Länge der Großzehe berücksichtigt. Insgesamt konnten 770 Fälle unter dem kosmetischen Aspekt ausgewertet werden.

Unter den Silikonprothesen (n=104) wurde in 87.5% (n=91) kosmetische Zufriedenheit erreicht. Eine 91%ige (n=203) kosmetische Zufriedenheit wurde nach Versorgung mit Metallprothese (n=223) angegeben. 100%ige Zufriedenheit erreichten die Zehen mit Arthrodesen (n=44), während die Versorgung mit Resektionsarthroplastik (n=399) nur eine 77.7%ige (n=310) Zufriedenheit herstellen konnte. Abbildung 38 zeigt die hochsignifikante ($\chi^2 = 29.56, p < .001$) ungleiche Verteilung der vier operativen Verfahren hinsichtlich der kosmetischen Zufriedenheit.



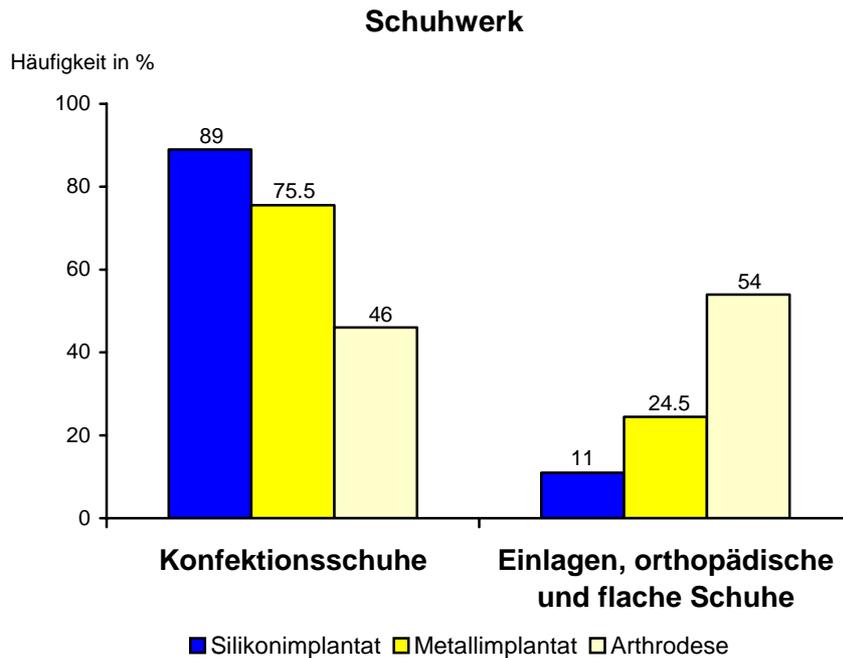
Anmerkungen. $\chi^2 = 29.56, p < .001$

Abb. 38 Subjektives kosmetisches Ergebnis je nach operativem Verfahren

7.3.4 Schuhwerk

Bei der Erhebung im Hinblick auf das Schuhwerk konnten nur 337 Fälle in die Auswertung aufgenommen werden. In mehr als der Hälfte der Artikel wurden entweder gar keine Angaben hinsichtlich der Probleme beim Tragen von Schuhwerk postoperativ aufgeführt oder es wurde nicht differenziert, welche Probleme aufgetreten sind. In der vorliegenden Auswertung wurde Folgendes als Unzufriedenheit gewertet: Probleme beim Tragen von hohem, engem oder normalem Schuhwerk und die Notwendigkeit von Einlagen oder anderer orthopädischer Hilfsmittel.

In der Gruppe der Silikonprothesen (n=145) wurden Probleme mit dem Schuhwerk in 11% (n=16) und bei den Metallprothesen (n=53) in 25% (n=13) der Fälle angegeben. Die höchste Unzufriedenheit im Hinblick auf normales Schuhwerk trat nach Arthrodese (n=139) auf. In diesem Kollektiv kam es bei 46% (n=64) der Fälle zu Problemen beim Tragen von Konfektionsschuhen. In den Studien über Resektionsarthroplastik wurden keine Aussagen zu dieser Fragestellung angegeben. Über die hochsignifikant ($\chi^2 = 43.83, p < .001$) ungleiche Verteilung der operativen Verfahren in Bezug auf das Tragen von Schuhwerk gibt Abbildung 39 Auskunft.



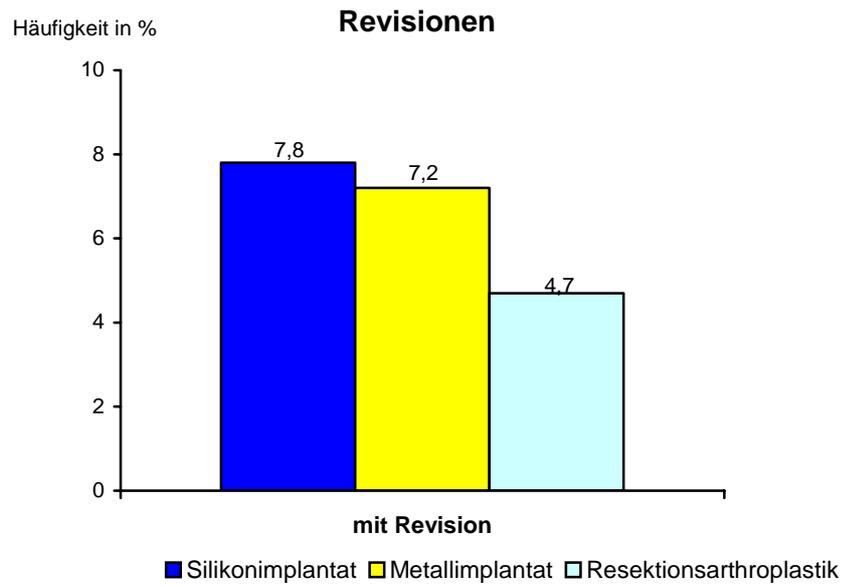
Anmerkungen. $\chi^2 = 43.83, p < .001$

Abb. 39 Schuhwerk je nach operativem Verfahren

7.3.5 Revisionseingriffe

Anhand von 763 Eingriffen konnte die Revisionsrate bestimmt werden (Abb. 40).

In der Gruppe der Silikonprothesen (n=205) kam es in 7.8%, bei den Metallprothesen (n=290) in 7.2% und im Kollektiv der Resektionsarthroplastik (n=258) in 4.7% der Fälle zu einer Reoperation. Es wurden nur in zehn Fällen Angaben zu nicht erfolgten Revisionseingriffen nach Arthrodeese gefunden, so dass diese zehn Fälle aufgrund der kleinen Fallzahl nicht in die Bewertung aufgenommen wurden. Hinsichtlich der Revisionseingriffe der drei operativen Verfahren liegt keine Signifikanz vor.



Anmerkungen. $\chi^2 = 3.01, p = .390$

Abb. 40 Revisionseingriffe je nach operativem Verfahren

8. Ergebnisdiskussion

8.1 Datenerhebung

Es handelt sich bei der vorliegenden Arbeit um eine retrospektive Studie. Das Ziel war es, metaanalytisch die postoperativen Ergebnisse aus verschiedenen Studien nach Implantatarthroplastik bei Hallux rigidus mit denen nach Resektionsarthroplastik und Arthrodeese bei Hallux rigidus quantitativ hinsichtlich des Schmerzes und der Bewegungseinschränkung zu vergleichen.

In den vorliegenden Studien standen keine intervallskalierten Messwerte im Hinblick auf die meisten postoperativen Ergebnisse zur Verfügung, so dass die messtheoretische Grundvoraussetzung für eine klassische Metaanalyse nicht gegeben war.

Den meisten Studien lagen keine Mittelwerte mit Standardabweichung zu Grunde, ohne die eine Metaanalyse im klassischen Sinn nicht zu erstellen ist. Es war trotz Anschreiben an mehrere Autoren nicht möglich, an die Rohdaten der Studien zu gelangen, um die Mittelwerte mit Standardabweichung nachträglich zu berechnen. Ausreichende Daten zur Effektstärkenberechnung lagen nur hinsichtlich des postoperativen Bewegungsumfangs des I. MTP vor, so dass anhand der angegebenen Mittelwerte der Studien eine eigene Mittelwertberechnung mit Standardabweichung zumindest im Bereich des Bewegungsumfangs durchgeführt werden konnte.

Vielen Studien lagen keine Kontrollgruppen zu Grunde. Diese sind jedoch zur Effektstärkenberechnung notwendig, so dass in der vorliegenden Arbeit die Resektionsarthroplastik als Kontrollgruppe angesehen wurde. So war es möglich, jeweils paarweise die Untersucherguppe (die neueren operativen Methoden der Implantatarthroplastik) der Kontrollgruppe (Resektionsarthroplastik- als klassische altbewährte Methode) gegenüberzustellen. Die Arthrodeese kam aufgrund des eingeschränkten Bewegungsumfangs als Kontrollgruppe nicht in Betracht.

Häufig handelt es sich in den Studien um kleine Patientenkollektive (Lombardi et al., 2001) (Ess et al., 2002) oder um eine große Fallzahl, deren Ergebnisse aber nicht getrennt nach Hallux rigidus, Hallux valgus und rheumatoider Arthritis aufgelistet werden (Bankes et al., 1999; Cracchiolo et al., 1981; Granberry et al., 1991; Helal u. Chen, 1982; Rude et al., 1985). Diese sollten jedoch differenziert betrachtet werden, denn bereits 1978 berichten Wenger und Whalley (Wenger u. Whalley, 1978) von ungünstigen Langzeitergebnissen nach

Silikonimplantation bei Hallux valgus, aber über gute Langzeitergebnisse bei Hallux rigidus. Während 92% der Fälle nach Silikonimplantation bei Hallux rigidus gute Ergebnisse aufweisen, entwickelten alle Hallux valgus Patienten ein Rezidiv (Sethu et al., 1980).

Des Weiteren fällt auf, dass gerade in älteren Studien, die uneinheitliche Definition des Hallux rigidus zu unterschiedlichen Ergebnissen führt (s. Kapitel: 8.2.4. Ein- und Doppelseitigkeit).

Ein weiteres Problem ist die uneinheitliche Darstellungsweise der Ergebnisse in den vorliegenden Studien. Während einige Autoren (Ess et al., 2002; Roukis et al., 2002) die Ergebnisse sehr umfangreich mittels des Hallux Metatarsophalangeal-Interphalangeal Scale der American Orthopaedic Foot and Ankle Society (AOFAS) (Kitaoka et al., 1994) betrachten, listen andere Autoren keine Einzeldaten pro Eingriff/Patient auf, sondern geben nur Durchschnittswerte ohne Standardabweichung oder nur modifizierte Score Werte an. In der vorliegenden Arbeit war aufgrund mangelnder Angaben eine einheitliche Auswertung mit Hilfe eines Scores nicht möglich. Um subjektive und objektive Ergebnisse besser gegenüberstellen zu können, wäre eine einheitliche Dokumentation prä- und postoperativer Daten wünschenswert. Ein Vorschlag wäre die einheitliche Benutzung eines Scores, wie z.B. des Hallux-Metatarsophalangeal-Interphalangeal Scale der AOFAS (Kitaoka et al., 1994), der zunehmend von Autoren jüngerer Literatur (DeFrino et al., 2002; Ettl et al., 2003) verwendet wird.

Dieser Score geht von einer Punkteverteilung von 0 bis 100 aus und ist folgendermaßen aufgebaut (Tab. 8):

Schmerzempfinden:		Max. 40 Punkte
	kein	40
	wenig, gelegentlich	30
	mäßig, täglich	20
	stark, immer	0
Funktion:		Max. 45 Punkte
Einschränkung der Aktivität		Max. 10 Punkte
	keine Einschränkung in der Freizeit, aber nicht bei alltäglichen Verrichtungen	10
	bei täglichen Arbeiten ständig	7
		4
		0
Schuhwerk		Max. 10 Punkte
	normal	10
	Einlagen	5
	Sonderanfertigung	0
Beweglichkeit im Metatarsophalangealgelenk (Dorsalextension + Plantarflexion)		
	>75° normal	10
	30°-74° mäßige Einschränkung	5
	<30° starke Einschränkung	0
Beweglichkeit des IP-Gelenkes (Plantarflexion)		max. 5 Punkte
	keine Einschränkung	5
	starke Einschränkung (<10°)	0
Stabilität im MTP-/IP- Gelenk (in allen Richtungen)		max. 5 Punkte
	stabil	5
	instabil	0
Kallusbildung im MTP-/IP-Gelenk-Bereich		max. 5 Punkte
	kein Kallus oder asymptomatisch	5
	Kallus, symptomatisch	0
Ausrichtung:		max. 15 Punkte
	gut	15
	befriedigend (asymptomatisch)	8
	schlecht (symptomatisch)	0

Tab. 8 Hallux-Metatarsophalangeal-Interphalangeal Scale der AOFAS

Eine rein objektive Bewertung der postoperativen Ergebnisse wäre sicher ideal. Da jedoch eine objektive Beurteilung wichtiger Parameter wie Schmerz und kosmetisches Aussehen nicht möglich ist, würden diese außer Acht gelassen werden. Diese sind aber gerade für die Beurteilung auf Patientenseite von großer Bedeutung. So berichtet Granberry von einem Bruch der Silikonprothese in 21 (29%) von 73 Fällen. Schmerzen sind aber nur in neun (43%) von diesen 21 Fällen aufgetreten. Zufriedenheit mit dem Operationsergebnis wurde trotz Implantatversagen in 19 (90%) der 21 Fälle angeführt.

Es besteht eine Diskrepanz zwischen subjektiven und objektiven Ergebnissen. Die Schmerzfreiheit ist für den Patienten weisend, so dass ein objektiv kosmetisch schlechtes Ergebnis mit verminderter Dorsalflexion aufgrund der Schmerzreduktion als sehr gutes/gutes Ergebnis bewertet wird (Anderl et al., 1991).

8.2 Demographische Daten

8.2.1 Nachuntersuchungszeit

Die Nachuntersuchungszeit lag zwischen 3.9 Jahren in der Gruppe der Metallprothesen und 11.2 Jahren im Kollektiv der Resektionsarthroplastiken. Wie wichtig aber gerade Langzeitergebnisse, trotz erfreulicher Kurzzeitergebnisse, für die Beurteilung von operativen Verfahren sind, lässt sich anhand der Entwicklung der Silikonprothesen aufzeigen (Kap. 9).

8.2.2 Häufigkeit und Altersverteilung

Es gibt wenige Angaben über die Inzidenz des Hallux rigidus. Nach Nawoczenski (Nawoczenski, 1999) liegt die Häufigkeit bei 1:45 bei über 50-Jährigen.

Die Altersverteilung im gesamten Patientenkollektiv der vorliegenden Studien zum Zeitpunkt des operativen Eingriffs erstreckt sich von 16 Jahren bis 91 Jahre und lag durchschnittlich bei 53,5 Jahren. Jack (Jack, 1940) berichtet von einem 7-Jährigen mit Hallux rigidus. Daraus folgt, dass der Hallux rigidus sowohl im jugendlichen Alter (Lindemann, 1936; Rütt, 1961) als auch im Erwachsenenalter auftreten kann. Ähnliche Durchschnittsalter zeigen Roukis (Roukis et al., 2002) mit einem Durchschnittsalter von 54.4 ± 12.3 und Smith (Smith et al., 2000) mit 52.8 Jahren auf. Bei McMaster (McMaster, 1978) beträgt das Durchschnittsalter 21 Jahre (Min. 12 Jahre, Max. 33 Jahre).

In den vorliegenden Studien wurden häufig keine Angaben zur Altersverteilung gemacht. Diese sind jedoch wichtig, da eine signifikante Abhängigkeit zwischen Alter und Implantatverweildauer (s. Kapitel: 8.3.5. Revisionseingriffe) und zwischen Alter und Zufriedenheit der Patienten (Cracchiolo et al., 1992) vorliegen kann. Auch in Bezug auf Gehfähigkeit, Verbesserung des Bewegungsumfangs und Rekonvaleszenz konnten bessere Resultate in der Gruppe der über 50-Jährigen als in der Gruppe der unter 50-Jährigen erzielt werden (Pakullat, 1998).

8.2.3 Geschlechterverteilung

Im Gesamtkollektiv der ausgewerteten Studien betrug das Verhältnis der Männer zu den Frauen 1:2.6. Eine ähnliche Tendenz mit Überwiegen des weiblichen Geschlechts zeigen Nilsonne (Nilsonne, 1930) mit 1:3.3, Bonney (Bonney u. Macnab, 1952) mit 1:2, Hetherington (Hetherington et al., 1993) mit 1:2.7. Weniger ausgeprägt war die Geschlechterverteilung mit 1:1.2 bei Roukis (Roukis et al., 2002).

Hingegen ist bei Watermann (Watermann, 1927) und Lindemann (Lindemann, 1936) vorwiegend das männliche Geschlecht betroffen.

8.2.4 Ein- und Doppelseitigkeit

In der vorliegenden Arbeit wurden im Gesamtkollektiv 77.5% einseitige und 22.5% beidseitige Operationen durchgeführt. Ähnliche Tendenzen finden sich auch bei weiteren Autoren (Bonney u. Macnab, 1952; Cleveland u. Winant, 1950; Drago et al., 1984; Wenger u. Whalley, 1978). Hingegen sprechen Nilsonne (Nilsonne, 1930), Lindemann (Lindemann, 1936) und Watermann (Watermann, 1927) von einem in der überwiegenden Zahl doppelseitigem Auftreten. Lindemann (Lindemann, 1936) bezeichnet allerdings auch nicht schmerzhaft Flexionskontrakturen der Großzehe als Hallux rigidus, was die unterschiedlichen Ergebnisse erklären könnte.

Wie wichtig die Berücksichtigung dieser Angabe mit einer einheitlichen Auswertung ist, wird an folgendem Beispiel verdeutlicht. Gudmundsson (Gudmundsson u. Robertsson, 1980) berichtet 1980 über das postoperative Schmerzempfinden nach Implantation von Silikonprothesen. Während bei Betrachtung der Patientenzahl 82% Schmerzfreiheit (in 24 von 29 Fällen) erlangen, wird bei Betrachtung der einzelnen Gelenke im selben Kollektiv nur in 70.3% Schmerzfreiheit (26 von 37 Gelenken) erzielt.

8.3 Klinische Daten

8.3.1 Schmerzen zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung

Eine eindeutige Überlegenheit hinsichtlich postoperativer Schmerzfreiheit weist die Gruppe der Metallprothesen mit Schmerzfreiheit der Zehen in 73% der Fälle auf, gefolgt von dem Kollektiv der Arthrodesen und Resektionsarthroplastiken (62%). Schlusslicht sind die Silikonprothesen mit Schmerzfreiheit in nur 59% der Fälle.

- **Silikonprothesen**

Nach durchschnittlich 6.1 Jahren wird in nur 59% der Fälle über Schmerzfreiheit, in 9% noch über starke Schmerzen berichtet. Eine ähnliche Tendenz weisen Hetherington (Hetherington et al., 1993) mit Schmerzfreiheit in 67% nach 5.9 Jahren und Gudmundsson (Gudmundsson u. Robertsson, 1980) nach 5.3 Jahren in 70% auf. Bei Laird (Laird, 1990) sind 83% der Patienten schmerzfrei. Bei Papagelopoulos (Papagelopoulos et al., 1994) sind 65% schmerzfrei. Berücksichtigt man allerdings die 13 Revisionseingriffe, erhält man nur noch eine 56%ige Schmerzfreiheit. Eine erhöhte Persistenz der Schmerzen konnte in sechs (32%) von 19 Hallux rigidus Fällen bei Shankar festgestellt werden (Shankar et al., 1991).

- **Arthrodesen**

Nach Korrektur mit Arthrodesen sind 62% der Zehen schmerzfrei und in 24% der Zehen liegen noch starke Schmerzen vor. Signifikante Ergebnisse in Hinblick auf Schmerzreduktion nach Arthrodesen werden auch von Ettl (Ettl et al., 2003) gesehen.

- **Resektionsarthroplastik**

In 62% der Fälle wurde nach Resektionsarthroplastik Schmerzfreiheit erreicht. Über starke Schmerzen wird noch in 26% der Fälle geklagt. Bei Wrighton (Wrighton, 1972) bestanden bei $\frac{1}{3}$ der Patienten postoperativ noch Schmerzen.

Erschwert wurde die Auswertung des postoperativen Schmerzempfindens durch die unterschiedliche Differenzierung der einzelnen Autoren. In vielen Artikeln wurden keine Angaben zur Lokalisation der Schmerzen gemacht, so dass sowohl Schmerzen am I. MTP als auch allgemeine Schmerzen im Vorfuß wie z.B. Metatarsalgie zusammengefasst wurden.

Des Weiteren muss bei den vorliegenden Ergebnissen berücksichtigt werden, dass die Einschätzung von Schmerzen zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung ein subjektiver Faktor ist

und somit objektiv schwer zu beurteilen ist. Durch das unterschiedliche Zurückliegen der Operation (vier bis 396 Monate) können diese Empfindungen verfälscht werden.

Nur wenige Autoren wie z.B. Wrighton (Wrighton, 1972) erwähnen auch den präoperativen Schmerzzustand, dieser ist aber hinsichtlich einer Beurteilung der Schmerzlinderung postoperativ wünschenswert.

8.3.2 Bewegungsumfang im I. MTP zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung

- **Dorsalflexion (DF)**

In dieser Rubrik konnte dem Kollektiv der Metallprothesen nach durchschnittlich 3.9 Jahren eine deutlich höhere postoperative durchschnittliche DF mit 33.3° gegenüber dem Kollektiv der Silikonprothesen mit 18.3° nach durchschnittlich 6.1 Jahren und den Resektionsarthroplastiken mit 15.9° nach durchschnittlich 11.2 Jahren nachgewiesen werden.

- **Plantarflexion (PF)**

Die beste PF konnte in der Gruppe der Silikonprothesen (Mittel: 19°) nach durchschnittlich 6.1 Jahren nachgewiesen werden. Nach Resektionsarthroplastik konnte eine PF von durchschnittlich 15° nach durchschnittlich 11.2 Jahren erreicht werden, die somit im gleichen Bereich wie die postoperative DF liegt. Die PF in der Gruppe der Metallprothesen (Mittel: 14.3°) schneidet nach 3.9 Jahren wesentlich schlechter ab als die DF.

- **Gesamter Bewegungsumfang = Dorsal- und Plantarflexion**

Die besten Ergebnisse für den gesamten Bewegungsumfang postoperativ werden bei den Metallprothesen (Mittel: 43.2°) nach durchschnittlich 3.9 Jahren erreicht. Es folgen die der Silikonprothesen im Mittel mit 36.9° nach 6.1 Jahren und die der Resektionsarthroplastik mit 32.6° nach durchschnittlich 11.2 Jahren.

- **Silikonprothesen**

Ähnliche Resultate im Hinblick auf den gesamten Bewegungsumfang nach Implantation von Silikonprothesen zeigt Papagelopoulos (Papagelopoulos et al., 1994) mit 31° auf. Es können aber auch wesentlich bessere Resultate mit 41° (Cracchiolo et al., 1992), 49° (Pontell u. Gudas, 1988) und 52° (Swanson et al., 1979) erzielt werden.

- Metallprothesen

Aufgrund der besseren postoperativen Bewegungsumfänge ist auch das Abrollverhalten nur bei jedem Fünften nach Metallprothesenimplantation, aber bei jedem Dritten nach Arthrodeese nach durchschnittlich 18 Monaten gestört (Coughlin u. Shurnas, 2004).

Ein signifikanter Unterschied zwischen dem Bewegungsumfang nach durchschnittlich 5.8 Monaten und nach 20 Monaten wurde von Dobbs (Dobbs, 1990) festgestellt. Als Ursache wird die Knochenproliferation um das Implantat vermutet.

- Arthrodeese und Resektionsarthroplastik

Der aktive und passive Beweglichkeitsverlust der Großzehe mit einschränkender Abrollfunktion postoperativ ist ein häufig genannter Vorbehalt nach Keller-Brandes Resektionsarthroplastik (Anderl et al., 1991; Wrighton, 1972) und nach Arthrodeese (Ettl et al., 2003). Für ein zufrieden stellendes postoperatives Abrollverhalten der Großzehe nach Arthrodeese sind die bestehende gute Beweglichkeit im Endgelenk sowie ein geeigneter Versteifungswinkel (s. Kapitel: 8.3.4. Schuhwerk) die Voraussetzungen (Salis-Soglio u. Gebler-Rothlaender, 1986).

Die vorliegenden Resultate des Bewegungsumfangs sind nach Implantatarthroplastik besser als nach Resektionsarthroplastik und Arthrodeese.

Die postoperativ erreichten Bewegungsumfänge sind für eine normale Aktivität ausreichend (Mölster et al., 1980), jedoch nicht zufrieden stellend, da sie weit von den Ursprungswerten entfernt sind. Unabhängig vom präoperativen Bewegungsumfang können in den ersten Monaten postoperativ annähernd 50° bzw. der Norm entsprechende Werte erreicht werden (Gerbert u. Chang, 1995), nach drei bis fünf Monaten kann sich der Bewegungsumfang verringern und mit einem Bewegungsumfang von 20-0-0° enden (Lubinus, 1983). Auch Dobbs (Dobbs, 1990) konnte einen signifikanten Unterschied zwischen dem Bewegungsumfang nach durchschnittlich 5.8 Monaten und nach 20 Monaten feststellen. Als Ursache könnte eine Knochenproliferation um das Implantat in Frage kommen.

Somit bleibt festzuhalten, dass die Implantatarthroplastik das Ziel, einen guten Bewegungsumfang beizubehalten, noch nicht erreicht hat. Die z. T. guten Ergebnisse in der Gruppe der Metallprothesen sind aufgrund des kurzen Nachuntersuchungszeitraums, skeptisch zu begutachten. Angaben zu einer möglichen abnehmenden Stabilität im Metatarsophalangealgelenk bzw. einer postoperativen Stellungsabweichung der Großzehe fehlen gänzlich.

8.3.3 Kosmetische Zufriedenheit zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung

Das höchste Maß an kosmetischer Zufriedenheit wurde nach Versorgung mit Arthrodesen (100%) und Metallprothese (91%) angegeben. Ein unbefriedigendes kosmetisches Ergebnis kann aufgrund einer ausgedehnten Verkürzung der Großzehe im Vergleich zum zweiten Digitus, einer Dorsalflexionskontraktur oder einer Varus- bzw. Valgusstellung der Großzehe resultieren.

- **Silikonprothesen**

Die Silikonprothesen erreichten in 87.5% kosmetische Zufriedenheit; ähnlich gute Tendenz mit akzeptablen bis sehr guten Ergebnissen in 88.5% (Laird, 1990), 91% (Papagelopoulos et al., 1994) und 100% konnte trotz bestehender Dorsalflexionskontrakturen (Gudmundsson u. Robertsson, 1980) erzielt werden.

- **Resektionsarthroplastik**

Die mit Resektionsarthroplastik versorgten Zehen konnten nur eine 77.7%ige Zufriedenheit herstellen. 75% der Befragten über 50 Jahre und 80.8% der unter 50-Jährigen waren mit dem kosmetischen Ergebnis bei Pakullat (Pakullat, 1998) zufrieden. Bei der Beurteilung der kosmetischen Zufriedenheit besteht häufig ein Zusammenhang zwischen der Unzufriedenheit mit dem kosmetischen Ergebnis (Gudmundsson u. Robertsson, 1980; Helal u. Chen, 1982; Sethu et al., 1980) und dem Resektionsausmaß der kosmetischen Verkürzung des ersten Strahls sowie der daraus resultierenden mangelnden Abstoßungskraft am I. MTP mit vermehrter Belastung der lateralen Metatarsalköpfchen (Lubinus, 1983). Laut Bonney (Bonney u. Macnab, 1952) entsteht der Misserfolg aus dem mangelnden Gelenkspalt und dem daraus folgenden Verlust der Beweglichkeit und Zehenkontrolle. Laut Breitenseher (Breitenseher et al., 1996) kann trotz kosmetischer Unzufriedenheit ein zufriedenes Gesamtergebnis nach Resektionsarthroplastik erreicht werden

Dies erklärt auch die bessere Resonanz mit dem kosmetischen Ergebnis bei der Implantatarthroplastik. Die Implantate übernehmen eine Platzhalterfunktion, durch die eine extreme Verkürzung der Großzehe verhindert wird. Jedoch kann es auch hier nachhaltig durch ein Einsinken oder eine Verformung derselben wiederum zu einer Verkürzung der Großzehe mit anschließend vermehrter lateraler Belastung kommen.

8.3.4 Schuhwerk zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung

Bei der Durchsicht der Literatur fällt auf, dass es nur wenige Autoren gibt, die den Aspekt des Schuhwerks betrachten.

- Silikonprothesen

In der Gruppe der Silikonprothesen wurden in der vorliegenden Arbeit nach durchschnittlich 6.1 Jahren die wenigsten Probleme mit dem Schuhwerk angegeben. Shankar (Shankar et al., 1991) konnte in 94,7% nach durchschnittlichen 27.7 Monaten keine Probleme mit dem Schuhwerk aufweisen. Bei Papagelopoulos (Papagelopoulos et al., 1994) liegen nur in 60% der Fälle Zufriedenheit mit dem Alltagsschuhwerk vor. Granberry (Granberry et al., 1991) stellt keinen signifikanten Unterschied zwischen älteren und jüngeren Patienten in Bezug auf Schmerz und das Tragen von Schuhwerk nach Silikonprothesenimplantation fest.

- Metallprothesen

Erhöhte Unzufriedenheit mit dem Schuhwerk wurde in 24.5% der Fälle bei Patienten mit Metallprothese angegeben. Im Vergleich zur Arthrodesen wird jedoch in diesem Kollektiv seltener modifiziertes Schuhwerk notwendig (Notni et al., 2001).

- Arthrodesen

Die höchste Unzufriedenheit (46%) beim Tragen von Konfektionsschuhen bzw. bei hohen Absätzen trat in der vorliegenden Arbeit im Kollektiv der Arthrodesen auf. Die Unzufriedenheit wird durch eine Fehlstellung der Großzehe (Sammarco u. Idusuyi, 2001) mit entweder zu wenig Valgus (Fitzgerald, 1969), einer Fehlrotation oder zu viel Dorsalextension der Großzehe hervorgerufen. Eine erhöhte Valgusstellung kann zu Druckschmerzhaftigkeit der zweiten Zehe führen. Eine $> 15^\circ$ ausgeführte Dorsalflexion kann zu Nagel- oder interphalangealen Beschwerden führen. Die Gefahr bei einer Fehlstellung der Arthrodesen v.a. mit zuwenig Valgusstellung liegt in einer Arthrose des I. MTP und einem Abrollverlust. Wenn ein horizontaler Versteifungswinkel in Valgusstellung von $5-20^\circ$ bei neutraler Rotationsstellung eingehalten wird und in der Sagalebene die versteifte Großzehe parallel zum Boden steht, können der Abrollvorgang gewährleistet und die Probleme beim Tragen von Schuhwerk verringert werden (Ettl et al., 2003; Giannini et al., 2004). Moynihan (Moynihan, 1967) spricht von einer Kontraindikation für die Arthrodesen bei Patienten, die hohe Absätze tragen wollen und mit steifem Interphalangealgelenk, da sich schmerzhafte Arthrosen im Interphalangealgelenk postoperativ entwickeln können (Fitzgerald, 1969; Mölster et al., 1980).

Die erbrachten Resultate zeigen, dass auch nach Implantatarthroplastik bei einer postoperativen unphysiologischen Schuhabwicklung nur mit modifiziertem Schuhwerk ein symmetrisches Gangbild zu erreichen ist (Notni et al., 2001).

8.3.5 Revisionseingriffe zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung

Die niedrigste Revisionsrate liegt mit 4,7% nach Resektionsarthroplastik vor. Die Metallprothesen haben eine Revisionsrate von 7,2% und die Silikonprothesen eine von 7,8%.

- Silikonprothesen

Eine ähnliche Tendenz von 10,3% Revisionen nach Implantation von Silikonprothesen weist Gudmundsson (Gudmundsson u. Robertsson, 1980) auf. Einige Autoren haben eine höhere Tendenz von etwa 15-20% (Papagelopoulos et al., 1994; Shankar, 1995) und 42,9% (Ledermann et al., 1998) Prothesenentfernungen zu verzeichnen. Andere (Laird, 1990) weisen eine niedrigere Revisionsrate von 1,3% und 2% bei einem kurzen Nachuntersuchungszeitraum von durchschnittlich vier Jahren auf.

- Metallprothesen

In der vorliegenden Arbeit konnte festgestellt werden, dass die Revisionsrate von Silikon- und Metallprothesen sich nicht signifikant unterscheidet, die Überlebenszeit von Prothesen mit der Verweildauer eines Implantates korreliert und bei einem vergleichbaren Nachuntersuchungszeitraum von Prothesen und Resektionsarthroplastik wesentlich höhere Revisionsraten, als die oben erwähnten, zu erwarten sind. Dies bestätigt Papagelopoulos, (Papagelopoulos et al., 1994) der außerdem eine nicht signifikante Abhängigkeit zwischen Überlebenszeit von Prothesen und Implantattyp, Geschlecht, präoperativer Diagnose und Voroperationen darstellt. Die Wahrscheinlichkeit, dass ein Implantat, unabhängig welcher Art, noch „in situ“ liegt, betrage 90% nach 5 Jahren, 86% nach zehn Jahren und 82% nach 15 Jahren (Papagelopoulos et al., 1994).

Bei Implantatversagen ist die Möglichkeit der Rückzugsoperation gegeben. Nach Versagen der Methode lassen sich die Resektionsarthroplastik oder Arthrodesen durchführen (Ess et al., 2002; Notni et al., 2001; Pontell u. Gudas, 1988). Durch die Resektionsarthroplastik kann die Funktion wie nach einer primären Operation nach Keller Brandes wieder hergestellt werden (Lubinus, 1983).

Aufgrund der o.g. Ergebnisse sollte die Implantatarthroplastik bei Jüngeren zurückhaltend angewendet werden, da jeglicher Revisionseingriff eine weitere Zerstörung der Knochenstruktur nach sich zieht.

- Arthrodese

Zu Revisionseingriffen nach erfolgter Arthrodese kann es infolge postoperativer Beschwerden bei Pseudarthrose (Lombardi et al., 2001; Salis-Soglio u. Gebler-Rothlaender, 1986) oder Fehlstellung der Arthrodese kommen. In 0-20% (Sammarco u. Idusuyi, 2001) kann es zu einer Bildung von Pseudarthrosen kommen, die nicht immer Beschwerden verursachen und revidiert werden müssen (Drago et al., 1984; Fitzgerald, 1969; Moynihan, 1967; Salis-Soglio u. Gebler-Rothlaender, 1986). Bei Beschwerden verursachenden Pseudarthrosen muss die Arthrodese entfernt werden, der Knochen angefrischt werden und ggf. mit Spongiosa aufgefüllt werden. Bis zur Verknöcherung wird die Ruhigstellung mittels Gips für vier Wochen und anschließend mittels Vorfußentlastungsschuh empfohlen (Sammarco u. Idusuyi, 2001). Eine zu ausgeprägte Valgus-, Varusstellung oder exzessive Dorsalflexion kann mittels Korrekturosteotomie behoben werden.

Als weitere Komplikationen werden aufgezählt:

Wundheilungsstörungen (Salis-Soglio u. Gebler-Rothlaender, 1986), Metatarsalgie (Fitzgerald, 1969; Moynihan, 1967), Thrombose und Embolie (Salis-Soglio u. Gebler-Rothlaender, 1986), Ermüdungsbrüche (Fitzgerald, 1969), Infektion (Salis-Soglio u. Gebler-Rothlaender, 1986; Southgate u. Urry, 1997), Gangstörungen (Drago et al., 1984), Beschwerden über den Sesambeinen (Sammarco u. Idusuyi, 2001), anhaltende Schwellung, v.a. nach Frühmobilisation (Salis-Soglio u. Gebler-Rothlaender, 1986), mangelnde präoperative Aufklärung über Steifheit des Gelenkes (Fitzgerald, 1969), interphalangeale Osteoarthritis und Malposition (Cohn u. Kanat, 1984; Fitzgerald, 1969; Lombardi et al., 2001).

Als absolute Kontraindikation für eine Arthrodese gelten die Infektion oder eine schwere Osteoporose, da hierdurch die interne Fixierung erschwert sein kann (Coughlin, 1990).

- Resektionsarthroplastik

Eine ähnliche Revisionstendenz von 3.6% nach Resektionsarthroplastik weist Pakullat (Pakullat, 1998) im Kollektiv der über 50-Jährigen nach und in der Gruppe der unter 50-Jährigen eine Tendenz von 15%.

Bei der Resektionsarthroplastik handelt es sich um eine subtile Operationstechnik bei der das korrekte Resektionsmaß der Grundphalanx und das Alter des Patienten für die postoperative Gesamtzufriedenheit entscheidend sind (Anderl et al., 1991).

Bei einer 33-50% Resektion der Basis des Großzehengrundgliedes konnte ein höheres Maß (96%) an Zufriedenheit nachgewiesen werden. Eine zu sparsame Resektion, unter 33%, führte zu einem Rezidiv mit schmerzhafter Bewegungseinschränkung (Breitenseher et al., 1996), während eine Debasierung über 50% ein kosmetisch nicht zufrieden stellendes Resultat, eine hypermobile Großzehe mit Kraft- und Stabilitätsverlust (funktionslose Schlotter- bzw. Schlappzehe) (Shereff u. Jahss, 1980) sowie eine Abrollbehinderung zur Folge haben kann (Sammarco u. Idusuyi, 2001). Des Weiteren kann eine im Verhältnis zu lange zweite Zehe mit nachfolgenden Deformierungen (Hammerzehe) und Schuhproblemen resultieren (Breitenseher et al., 1996; Cohn u. Kanat, 1984; Shereff u. Jahss, 1980; Toma, 1994). Dies macht aus funktionellen und kosmetischen Gesichtspunkten in der Regel eine zusätzliche Resektion an der Basis der Grundphalanx bzw. an der zweiten Zehe nötig.

Resultierende Fehlstellungen bleiben aufgrund der Endgültigkeit der Operation, schwer zu korrigieren (Salis-Soglio u. Gebler-Rothlaender, 1986), so dass bei erneuter Operationsindikation häufig nur noch die Arthrodeese unter aufwendiger Interposition eines Knochenspans (Myerson et al., 2000) mit Erhalt der Großzehenlänge und Abrollfunktion als Rückzugsoperation angewendet werden kann. Anschließend sind in 100% der Fälle eine Verknöcherung und in 92% eine Reduzierung der Metatarsalgie möglich (Coughlin u. Mann, 1987).

Nach einer $\frac{1}{2}$ - $\frac{1}{3}$ Resektion der Grundphalanxbasis und ggf. einer Sehnenverlängerung des extensor hallucis longus kann einer instabilen Großzehe und einer Revisionsoperation vorgebeugt werden, so dass auch noch 12-16 Jahre nach Resektionsarthroplastik 87% der Patienten über zufrieden stellende kosmetische und funktionelle Resultate berichten (Anderl et al., 1991).

An weiteren Komplikationen werden erwähnt:

Metatarsalgie (Anderl et al., 1991; Drago et al., 1984; Roukis et al., 2003a; Sammarco u. Idusuyi, 2001; Toma, 1994) und Ermüdungsfrakturen (Cleveland u. Winant, 1950; Helal u. Chen, 1982; Notni et al., 2001) durch eine Belastungsverlagerung auf die lateralen Metatarsalia infolge der Verschiebung der Sesambeine und des Absinkens des ersten Metatarsalköpfchens, Entwicklung einer schmerzhaften Ankylose durch Abnutzung des Weichteilinterponats zwischen Grundphalanx und Metatarsale I-Köpfchen, Abdriften und Fehlstellung der Großzehe mit nachfolgenden Schuhproblemen (Breitenseher et al., 1996; Cohn u. Kanat, 1984; Toma, 1994), Pseudarthrosen (Brewood u. Griffiths, 1985), Knochenproliferation an der Resektionsstelle, Verlust der aktiven Plantarflexion durch

Desinsertion der kurzen Zehenbeuger, Plantarhämatome, Deformität und Fehlstellung der zweiten Zehe (Breitenseher et al., 1996; Cohn u. Kanat, 1984; Shereff u. Jahss, 1980; Toma, 1994) und Schlotterzehe (Shereff u. Jahss, 1980).

Als Kontraindikationen gelten psychologisch ungeeignete Patienten und irreparabel geschädigte Sehnen, Kapseln und Bänder. Aufgrund der eventuellen Verkürzung der Zehe und des Verlusts der Wachstumszone sollte dieser Eingriff bis zum Abschluss des Wachstums zurückhaltend angewendet werden (Rütt, 1961).

9. Diskussion

Die endoprothetische Versorgung des I. MTP bei Hallux rigidus ist eine effektive und nicht mehr wegzudenkende Behandlungsalternative zu den altbewährten Operationsmethoden Resektionsarthroplastik und Arthrodesen.

Die Wahl des Operationsverfahrens sollte anlehnend an standardisierte Guidelines (Giannini et al., 2004; Roukis et al., 2002; Vanore et al., 2003) unter Berücksichtigung des vorliegenden Stadiums des Hallux rigidus, Alter und Aktivitätslevel des Patienten erfolgen.

Im frühen Stadium des Hallux rigidus werden die Cheilektomie und die Osteotomie als gelenkerhaltende Eingriffe bei noch ausreichend intakter Gelenkfläche angewendet. Im dritten und vierten Hallux rigidus Stadium werden als gelenkresezierende Eingriffe die Resektionsarthroplastik und die Arthrodesen empfohlen.

Die **Resektionsarthroplastik** nach Keller-Brandes wird bei älteren und weniger aktiven Patienten bevorzugt. Sie bietet gegenüber der Arthrodesen keine Vorteile ist jedoch technisch weniger aufwendig (O'Doherty et al., 1990). Mit der Resektionsarthroplastik ist es möglich, einen guten Bewegungsumfang sowie eine Schmerzreduktion (Kampner, 1984) im I. MTP bei niedriger Komplikations- und Revisionsrate (O'Doherty et al., 1990) und einer kurzen Rekonvaleszenzzeit zu erreichen. Entscheidend für die Zufriedenheit mit dem Gesamtergebnis ist das geeignete Resektionsmaß. Eine Resektion von $\frac{1}{3}$ - $\frac{1}{2}$ der Großzehengrundgliedbasis führt hier zu erfolgsversprechenden Ergebnissen. Bei jungen, aktiven Patienten sollte dieses Verfahren wegen des Verlustes der Abrollfähigkeit durch eine eingeschränkte Beweglichkeit der Großzehe kritisch begutachtet und nur zurückhaltend angewendet bzw. darauf ganz verzichtet werden (Bonney u. Macnab, 1952; Pakullat, 1998).

Die **Arthrodesen** ist technisch anspruchsvoller als die Resektionsarthroplastik, aber als eine gleichwertige Behandlungsalternative anzusehen (Salis-Soglio u. Gebler-Rothlaender, 1986). Mittels knöchern konsolidierter Arthrodesen kann eine andauernde Schmerzfreiheit bei erhaltender Stabilität und Kraft im I. MTP bei darüber hinaus normaler Großzehenlänge resultieren und somit hinsichtlich funktioneller und kosmetischer Aspekte eine 90-100% Zufriedenheit der Patienten erlangt werden (Fitzgerald, 1969; Moynihan, 1967). Diese Methode wird bevorzugt bei körperlich aktiven Menschen im jungen und mittleren Lebensalter bei vollständiger Zerstörung der Gelenkflächen angewendet (Sebold u.

Cracchiolo, 1996), da eine positive Gehleistungsfähigkeit inklusive mehrstündiger Bergwanderungen (Geiser, 1976) und eine volle Sportfähigkeit in ca. 70-80% postoperativ nachgewiesen werden konnten (Salis-Soglio u. Gebler-Rothlaender, 1986).

Eine Fixierung mittels Metallplatte wird empfohlen, da hiermit biomechanisch die größte Stabilität zur Vermeidung von Mikrobewegungen nachgewiesen wurde (Coughlin u. Shurnas, 2004; Politi et al., 2003). Der Erfolg der Operation ist jedoch nicht von der angewandten Methode, sondern von der Arthrodesese selbst und ihrer Position abhängig (McKeever, 1952). Eine freie Beweglichkeit und Intaktheit des Endgelenkes sind die Voraussetzungen für die Durchführung der Arthrodesese des I. MTP, da aus einer falsch positionierten Arthrodesese Großzehenendgelenksarthrosen resultieren können (Geiser, 1976).

Nachteile der Arthrodesese sind eine lange Rekonvaleszenzzeit von 9 ± 5 Wochen (Pontell u. Gudas, 1988; Turan u. Lindgren, 1987), Pseudarthrosenbildung und die eingeschränkte Anwendung sowohl bei Frauen, die gerne postoperativ Schuhe mit hohen Absätzen tragen möchten, als auch bei Patienten mit schmerzhaften Interphalangealarthrosen (Fitzgerald, 1969; Mölster et al., 1980).

Aufgrund der o.g. Nachteile sollte die **Implantatarthroplastik** für das I. MTP zu einer möglichst genauen anatomischen und funktionellen Wiederherstellung des ursprünglichen Gelenkes führen. V.a. für Frauen (Mölster et al., 1980) und junge Patienten sollte eine Behandlungsalternative zu altbewährten Therapiemethoden entwickelt werden.

So wurde von Swanson die **einstielige** und im weiteren Verlauf eine **doppelstielige scharnierartige Silikonprothese** entwickelt, die eine schmerzfreie, kosmetisch zufrieden stellende Funktion mit Längenerhalt der Großzehe herstellen sollten. Durch die Benutzung von Silikon sollten Nekrosen und Knochenabsorption vermieden werden (Kaplan et al., 1984).

Von der doppelstieligen scharnierartigen Silikon Totalprothese von Swanson erhoffte man sich eine frühe schmerzfreie Wiederherstellung der normalen Biomechanik des I. MTP (Bonet et al., 1998) und des Weiteren eine lang anhaltende Festigkeit mit hoher Haltbarkeit. Das Auftreten von Frakturen sollte gegenüber den einstieligen Prothesen vermieden werden (McNearney et al., 1996). Es wurde erwartet, dass durch die Prothese als Platzhalter der Gelenkraum erhalten bleibt und somit eine Kapsel- bzw. Ligamentrekonstruktion stattfindet. Bei Ausbildung einer funktionell orientierten fibrösen Kapsel um das Implantat

(Gudmundsson u. Robertsson, 1980; Swanson et al., 1979) sollten ohne Rezidivneigung eine Verbesserung des kosmetischen Bildes ohne störende Verkürzung bzw. schlechte Ausrichtung der Großzehe resultieren. Ein normales Gangbild durch Erhalt der Zehenlänge bei erhaltener bzw. gesteigerter Extensionskraft im I. MTP sollte hierdurch ermöglicht werden. Verbunden damit wurde eine niedrige Rezidiv- und Komplikationsrate bei minimaler Knochen- und Weichteilschädigung.

Die ersten Kurzzeitstudien von Swanson 1972 mit Silikonprothesen erbrachten noch die vorgenannten positiven Resultate. In einem kleinen Kollektiv mit 55 Patienten gab es kein als schlecht einzustufendes Resultat: Schmerzreduktion, kosmetische und funktionelle Zufriedenheit wurden erreicht! Lediglich bei einem Patienten fielen subchondrale Zysten am metatarsalen Köpfchen auf. Ansonsten gab es keine klinischen oder radiologischen Hinweise auf Implantatversagen (Swanson, 1972).

Auch bestätigten die ersten klinischen 4- und 10-Jahres-Ergebnisse (Swanson et al., 1997) ohne röntgenologische Befunde (Ferdini et al., 1988) diese positive Einschätzung.

Als eher bedeutungsarme Komplikationen wurden erwähnt: Schwellung und Schmerz (Rude et al., 1985; Sammarco u. Idusuyi, 2001), Wundheilungsstörung (Grace, 1984; Gudmundsson u. Robertsson, 1980; Helal u. Chen, 1982), Infektion (Helal u. Chen, 1982; Kampner, 1984; Laird, 1990; Rude et al., 1985; Shankar, 1995), Stress- bzw. Ermüdungsfraktur am Metatarsale II, IV (Sammarco u. Tabatowski, 1992), Osteitis (McNearney et al., 1996), Gefühllosigkeit/Neurombildung an der Großzehe (Helal u. Chen, 1982), Rezidiv der präoperativen Deformität (Grace, 1984), periartikuläre Ossifikation (Grace, 1984), Metatarsalgie (Helal u. Chen, 1982; McNearney et al., 1996; Pontell u. Gudas, 1988; Sammarco u. Idusuyi, 2001; Shankar, 1995), Osteophytenbildung mit Bewegungseinschränkung (Dobbs, 1990; Mölster et al., 1980; Schweitzer et al., 1995; Shankar, 1995), akuter Gichtanfall (Dabdoub et al., 1981), Hallux extensus (Mondul et al., 1985) und septische Arthritis (Sammarco u. Idusuyi, 2001).

Im Gegensatz zu den Kurzzeitergebnissen zeigten unerwarteter Weise Langzeitstudien eine hohen Rate an radiologischen Anzeichen für Implantatversagen trotz guter klinischer Ergebnisse (Brewood u. Griffiths, 1985; Papagelopoulos et al., 1994). Osteolysen wurden nach ein bis drei Jahren nur in 13.7% der Fälle gesehen, nach über fünf Jahren aber in 54.9% der Fälle nachgewiesen (Wanivenhaus et al., 1991).

Die sensiblere radiologische Betrachtung in den Langzeitstudien zeigte außer Osteolysenbildung und subchondralen Zysten (Rude et al., 1985; Sammarco u. Idusuyi, 2001; Shankar, 1995; Shereff u. Jahss, 1980; Vanore et al., 2003; Verhaar et al., 1989) nativ-röntgenologische Zeichen von Implantatabnutzung (Brewood u. Griffiths, 1985; Cracchiolo et al., 1992; Mölster et al., 1980), Knochen oder Implantatbruch (Brewood u. Griffiths, 1985; Ferdini et al., 1988; Gudmundsson u. Robertsson, 1980; Helal u. Chen, 1982; Kampner, 1984; Mondul et al., 1985; Sethu et al., 1980; Shankar, 1995), symptomatische und asymptomatische Mikrofragmentation der Prothese (Shereff u. Jahss, 1980), Knochenproliferation am distalen metatarsalen Köpfchen bzw. an der Basis der proximalen Phalanx (Bonet et al., 1998; Dobbs, 1990; Gudmundsson u. Robertsson, 1980; Hetherington et al., 1993), Usuren am Metatarsalköpfchen (Ferdini et al., 1988), Implantatlockerung (Sammarco u. Idusuyi, 2001), Dislokation (Grace, 1984), das Einsinken der Endprothese (Grace, 1984) und Sklerosezonen um den Prothesenstiel (Ferdini et al., 1988).

Zu diesen radiologischen Komplikationszeichen gesellten sich klinisch-pathologische Befunde. Moeller (Moeller, 2002) beschreibt bei einer 36-jährigen Patientin ein schmerzhaftes, wackelsteifes und geschwollenes Gelenk mit verkürztem erstem Strahl sechs Jahre nach Einsatz einer zementfreien doppelstämmigen Silikonprothese bei Hallux rigidus. Schon 1988 hatte Ferdini histologisch im Narbengewebe von explantierten Silikonprothesen isotropes Fremdmaterial und Fremdkörperreaktionen nachweisen können (Ferdini et al., 1988).

Auch andere Autoren veröffentlichten weitere Fälle von Synovitis (Gordon u. Bullough, 1982; McNearney et al., 1996; Sammarco u. Idusuyi, 2001; Shankar, 1995), Fremdkörperreaktion und Lymphadenopathie (McNearney et al., 1996; Patel et al., 1994; Sammarco u. Idusuyi, 2001; Shiel u. Jason, 1986) ohne rheumatoide Arthritis (Bass et al., 1978) in Langzeitstudien in Zusammenhang mit der Implantation von einstämmigen (Patel et al., 1994) und doppelstämmigen (McNearney et al., 1996) Silikonprothesen.

Laut Shiel (Shiel u. Jason, 1986) beträgt die Inzidenz von Synovitis 2.6% (Sethu et al., 1980) und von Lymphadenopathien nach Implantation von Silikonprothesen 0.1 bis 0.01%. Kampner (Kampner, 1984) wies nach, dass diese Abnutzung häufiger bei den einstämmigen als bei den doppelstämmigen Silikonprothesen auftritt.

Der so genannte „Pistoneffekt“ wird für die Entstehung von Synovitis und Fremdkörperreaktionen verantwortlich gemacht (Mölster et al., 1980; Sammarco u. Idusuyi, 2001). Infolge von Mikrobewegungen des Implantates im Markkanal und der dadurch entstehenden Reibung kommt es zu Mikrofrakturierungen des Implantats mit Freisetzung von Silikonpartikeln (Kravette u. Baker, 1978)(Abb. 41). Diese kleinen Fragmente organisieren sich granulomatös und erzeugen eine fibröse Kapsel um das abgeriebene Implantat. Reaktiv sklerosiert der angrenzende Knochen (Brage u. Ball, 2002). Die entstandenen Fremdkörpergranulome neigen zu chronischen Entzündungsreaktionen und erzwingen eine radikale Sanierung (Granberry et al., 1991). Die notwendige Revision stellt eine besondere Herausforderung für den Operateur dar. Sie erfordert den Prothesenwechsel auf eine Metallprothese oder den Prothesenausbau mit Interposition eines Weichgewebeplatzhalters (Coughlin u. Shurnas, 2003a) oder einer Arthrodesese mit Beckenkammspan (Sammarco u. Tabatowski, 1992). Langzeitergebnisse liegen hierzu jedoch noch nicht vor (Moeller, 2002).

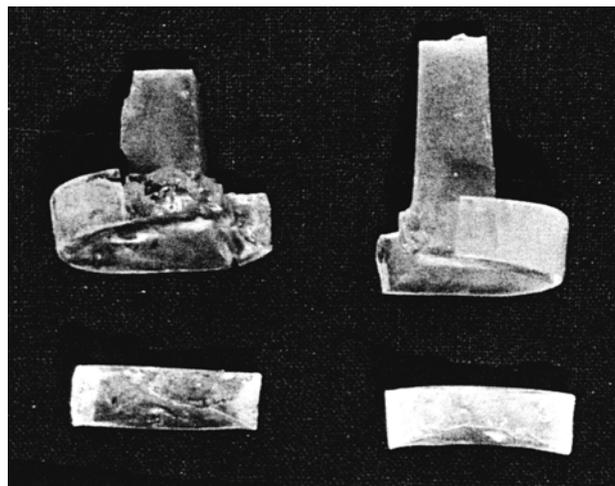


Abb. 41 Absorption und Implantatbruch einer Silikonprothese nach 7-jähriger Verweildauer (Shereff u. Jahss, 1980)

Swanson versuchte ab 1985 das Problem des Silikonabriebs an den doppelstämmigen Silikonimplantaten mit einem Implantatschutz, so genannten Grommets, zu lösen. Durch eine qualitative und quantitative Reduktion der abgeriebenen Partikel wurde ein Rückgang von Lysezonen und Fremdkörperreaktionen nach Implantation von Silikonprothesen erwartet. Bisher wurden hierzu aussagekräftige Ergebnisse (Ishikawa et al., 1995; Swanson et al., 1997) speziell für den Hallux rigidus nicht veröffentlicht. Die Indikation zur Silikonprothese kann lediglich als vorübergehender Spacer bis zur Entwicklung eines stabilen fibrösen Gelenkes gestellt werden.

Letztendlich haben sich Silikonprothesen aufgrund der Langzeitergebnisse nicht durchsetzen können. Die Inzidenz von Synovitis und Fremdkörperreaktionen blieben auch bei den doppelstieligen Silikonprothesen immer noch zu hoch, um sie bei jüngeren aktiven Patienten einzusetzen, so dass im Laufe der Jahre Totalprothesen aus Metall speziell für das Metatarsophalangealgelenk entwickelt wurden.

Von den, in den vorangegangenen Abschnitten beschriebenen, modularen Zweikomponentensystemen erhoffte man sich eine Verringerung der Silikon bedingten Komplikationen durch die Benutzung von, in der Knie- und Hüftprothetik, bewährten Materialien. Durch die erweiterte Mechanik werden Bewegungen in mehrere Freiheitsgrade zugelassen und erlauben somit eine Vergrößerung des postoperativen Bewegungsumfangs.

Weitere Ziele, die mittels der Metallprothesen erreicht werden konnten sind systemspezifisch: Die Wiedererlangung des Tragens von modischem Schuhwerk (ReFlexion Prothese), eine kurze Immobilität und ein gutes Abrollverhalten (Toefit Plus), Modularität und Kompatibilität der Prothese (Toefit Plus), minimale Knochenresektion (Great-Toe-System) sowie Anwendung nach insuffizienter vorausgegangener Operation (ReFlexion Prothese).

In Kurzzeitstudien nach Metallprothesen-Implantation wurden lediglich unspezifische Komplikationen wie Wundinfektion (Ess et al., 2002; Townley u. Taranow, 1994), Metallabrieb (Ghalambor et al., 2002) und Kraftverlust bei Plantarflexion (Lubinus, 1983) beschrieben.

Hingegen bestehen weiterhin Probleme bei der Verankerung der Prothesen, die sich durch Dislokation (Lubinus, 1983), Implantatlockerung (Ess et al., 2002; Gerbert u. Chang, 1995; Lubinus, 1983; Notni et al., 2001), Subluxation (Ess et al., 2002) und aseptische Implantatlockerung (Ghalambor et al., 2002) bemerkbar machen.

Für die Indikationsstellung zur Implantatarthroplastik ist das Ergebnis der präoperativen Untersuchung des Fußes wegweisend. Es sollte auf gute Hautverhältnisse, eine adäquate Knochenmasse und einen guten neurovaskulären Status geachtet werden (Ess et al., 2002). Abzuklären ist, ob eine entzündliche, posttraumatische oder degenerative Komponente vorliegt. Ebenso von Bedeutung ist die Intaktheit der stabilisierenden Flexoren- und

Extensorensehnen, v.a. des m. extensor hallucis longus (Cracchiolo et al., 1981) und der angrenzenden Gelenke.

Ungeeignet für die Implantatarthroplastik sind Patienten mit schweren internistischen Akuterkrankungen, Infektionserkrankungen und entzündlichen Veränderungen des Operationsgebietes wie Osteomyelitis und Sepsis, schweren Muskel-, Nerven - oder Gefäßerkrankungen wie z.B. erheblichen Durchblutungsstörungen, langfristigen Wundheilungsstörungen und Nekrosen der Großzehe, rheumatoider Arthritis (Schweitzer et al., 1995) und zystischen Veränderungen am Metatarsalköpfchen (Solitto, 1989). Des Weiteren wird Patienten mit fehlender Knochensubstanz und Knochendemineralisation aufgrund der zu erwartenden Instabilität des Implantates (Koenig u. Horwitz, 1996) und jungen Patienten mit noch nicht geschlossenen Epiphysenfugen von der Implantatarthroplastik abgeraten

Patienten mit einer Hallux valgus Deformität wird von Metall- und Silikonprothesen grundsätzlich abgeraten (Krismer M, 1990). Bei nicht ausreichender Indexkorrektur kann es zur Inkongruenz der ungekoppelten Prothese mit schmerzhafter Dorsalflexion kommen (Notni et al., 2001; Townley u. Taranow, 1994). Die Prothese alleine kann den Kräften, die eine Deformität produziert, nicht standhalten. So entwickelten bei Sethu (Sethu et al., 1980) alle Patienten mit Valgusdeformität ein Rezidiv.

Die Auswahl des geeigneten Prothesentyps ist abhängig von den individuellen Voraussetzungen.

Silikonprothesen werden im Allgemeinen zurückhaltend als langfristige Versorgung betrachtet. Lediglich bei über 60-Jährigen (Krismer M, 1990) mit aktivem aber nicht extremen Lifestyle im Hallux rigidus Endstadium können diese eventuell als vorübergehender Platzhalter angewendet werden (Solitto, 1989).

Bei jungen aktiven Patienten verbietet sich aufgrund des erhöhten Silikonabriebs mit der Gefahr der Entwicklung von Fremdkörperreaktionen (Gudmundsson u. Robertsson, 1980; Verhaar et al., 1989) deren Anwendung auch unter Benutzung so genannter Grommets (Sebold u. Cracchiolo, 1996).

Metallprothesen erscheinen grundsätzlich geeigneter als Implantate.

Die Totalmetallprothesen sollten allerdings wegen der Gefahr des Implantatbruchs insbesondere bei jüngeren, athletischen Patienten zurückhaltend angewendet werden (Ess et al., 2002; Koenig u. Horwitz, 1996; Schweitzer et al., 1995). Für diese Patientengruppe stehen aufgrund der geringeren Knochenresektion und geringeren Zerstörung der intrinsischen Muskulatur die Hemimetallprothesen im Vordergrund (Leavitt et al., 1991; Townley u. Taranow, 1994). Langzeitergebnisse stehen hierzu noch aus. Bereits die Ergebnisdiskussion dieser Arbeit weist auf mögliche bestehende Komplikationen z.B. in Bezug auf den postoperativen Bewegungsumfang hin. So muss die anfängliche Euphorie der Kurzzeitstudien weiterhin kritisch begutachtet werden. Es sollte abgewartet werden, ob die Hemimetallprothesen als langfristiger gewichtstragender Oberflächenersatz oder nur als vorübergehender Platzhalter angesehen werden können.

Eine präzise Operationstechnik (Laird, 1990; Rude et al., 1985) mit einem korrekten Prothesensitz (Laird, 1990), eine passende Prothesenkopfauswahl (Ess et al., 2002; Townley u. Taranow, 1994) und ein geeignetes Resektionsmaß (Kampner, 1984; Solitto, 1989) sind für ein gutes klinisches Ergebnis bedeutend. Eine zu klein ausgewählten Prothese oder ein zu großes Resektionsmaß am Metatarsalköpfchen kann zu einer störenden Verkürzung der Großzehe mit Metatarsalgie bzw. einer instabilen Großzehe führen (Coughlin u. Shurnas, 2003a; Ferdini et al., 1988; Helal u. Chen, 1982). Aus einer nicht korrekt positionierten Prothese oder einem zu groß ausgewählten Kopf können Weichteilirritationen mit eingeschränkter postoperativer Beweglichkeit resultieren (Notni et al., 2001; Solitto, 1989).

Die Verankerungstechnik ist bei vielen Implantaten dem Operateur überlassen und hängt v.a. vom Zustand der Architektur der Spongiosa ab. Diese wird v.a. bei älteren Patienten im phalangealen Bereich häufig überschätzt, so dass man bei älteren Patienten überwiegend die zementierte Verankerung bevorzugen sollte (Notni et al., 2001).

Schon präoperativ ist die konsequente Nachsorge zu planen: Verfügt der Patient über eine ausreichende Einsichtsfähigkeit, Compliance und Kooperativität? Diese bedingen das Verständnis des Patienten für den Eingriff und seine Folgen. Der Patient ist präoperativ über einen möglichen verminderten postoperativen Bewegungsumfang, Grenzen im Hinblick sportlicher Aktivität, regelmäßige Nachsorgetermine und Röntgenkontrollen aufzuklären.

Folgen einer mangelnden Compliance werden von McDonald (McDonald et al., 1986) anhand einer Kasuistik anschaulich beschrieben.

Zusammenfassend muss gesagt werden, dass die zu Beginn dieser Arbeit beschriebenen Ziele zur operativen Versorgung des Hallux rigidus von den hier beschriebenen Prothesentypen nicht einwandfrei erreicht werden konnte. Ausschlaggebend für gute Ergebnisse mit geringer Revisionsrate bleiben die genaue Indikationsstellung (O'Doherty et al., 1990; Ognibene u. Theodoulou, 1991) unter Berücksichtigung der individuellen Bedürfnisse des Patienten (Cracchiolo et al., 1992; Ess et al., 2002; Rude et al., 1985; Sammarco u. Idusuyi, 2001; Vanore et al., 2003), die Prothesenauswahl, die Operationstechnik und die Erfahrung des Operateurs.

10. Zusammenfassung

Der Hallux rigidus ist eine schmerzhafte Bewegungseinschränkung des I. MTP, welche in allen Altersstufen auftreten kann. Als Therapieoptionen stehen verschiedene konservative und operative Methoden zur Verfügung. Die jeweilige Therapiewahl scheint individuell abhängig vom Krankheitsbild, dem Gesamteindruck des Patienten, der Erwartungshaltung an das postoperative Ergebnis und nicht zuletzt von der Präferenz des Therapeuten.

In der vorliegenden Arbeit wurden retrospektiv 1207 Eingriffe aus 22 Studien nach Implantatarthroplastik, Arthrodeese und Resektionsarthroplastik bei Hallux rigidus hinsichtlich demographischer Daten, subjektiver und objektiver Kriterien statistisch ausgewertet.

Jede Therapieform hat bei einer differenzierten Indikationsstellung und Patientenauswahl ihre Berechtigung. Der Resektionsarthroplastik wird bei älteren Leuten infolge der einfachen Technik und der niedrigen Komplikationsrate der Vorzug gegeben. Die Arthrodeese findet Anwendung insbesondere bei jungen Patienten, die bereit sind, auf eine bewegliche Zehe zu verzichten. Dieser Patientengruppe wird aufgrund häufig erwähnter Prothesenbrüche von Totalmetallprothesen abgeraten. Silikonimplantate sind aufgrund der aufgetretenen langfristigen Komplikationen (Prothesenabrieb mit Fremdkörperreaktionen, Lockerungen) bei jungen Leuten obsolet. Hemimetallprothesen sind für junge, aktive Personen konzipiert.

Zurückhaltung ist trotz der guten Resultate hinsichtlich Schmerzreduktion, Bewegungsumfang und kosmetischer Zufriedenheit geboten, da Revisionen infolge von Infektion, Osteolysen mit Prothesenlockerung und Materialbruch häufig erst in Langzeitstudien auffällig werden und selbige nicht existieren.

Die Anzahl der miteinander konkurrierenden Implantatmodelle für den Hallux rigidus zeigt, dass noch keine überzeugende Lösung gefunden wurde. Die Entwicklung der Hemimetallprothesen scheint auf dem richtigen Weg zu sein, doch ist man bei der Verankerungstechnik und Haltbarkeit durch Langzeitbelastung noch weit entfernt von den Standardansprüchen aus der Hüft- und Knieendoprothetik. Das Therapieziel für junge aktive Menschen darf nicht nur in der Schmerzreduktion und Verbesserung der Beweglichkeit bestehen, sondern muss auch die Langzeitstabilität der Prothese fordern.

Eine bleibende Herausforderung für die Zukunft besteht in der Suche nach neuen Materialien und besserer Verankerungstechnik.

Um die zukünftigen Fortschritte und Ergebnisse besser vergleichen zu können, werden insbesondere für Langzeitstudien standardisierte prä- und postoperative Evaluationskriterien gefordert.

11. Literaturverzeichnis

Anderl W, Knahr K, Steinbock G (1991)

Long term results of the Keller-Brandes method of hallux rigidus surgery.
Z Orthop Ihre Grenzgeb 129/1:42-47.

Backhaus K, Erichson B (2005)

Multivariate Analysemethoden: Eine anwendungsorientierte Einführung. 11. Aufl. Springer, Berlin.

Bankes MJK, Shah RR, Grace DL (1999)

Swanson double-stem arthroplasty of the hallux: a survivorship analysis.
Foot and ankle surgery 5:235-243.

Bass SJ, Gastwirth CM, Green R, Knights EM et al. (1978)

Phagocytosis of silastic material following silastic great toe implant.
J Foot Surg 17/2:70-72.

Benninghoff A, Drenckhan D (2001)

Untere Extremität.

In: Zenker W, Drenckhan D, Anatomie: Makroskopische Anatomie, Histologie, Embryologie, Zellbiologie. München: Urban und Fischer. pp 382-411.

Blair MP, Brown LA (1993)

Hallux limitus/rigidus deformity: a new great toe implant.
J Foot Ankle Surg 32/3:257-262.

Bonet J, Taylor DT, Lam AT, Williams E et al. (1998)

Retrospective analysis of Silastic implant arthroplasty of the first metatarsophalangeal joint.
J Foot Ankle Surg 37/2:128-134.

Bonney G, Macnab I (1952)

Hallux valgus and hallux rigidus; a critical survey of operative results.
J Bone Joint Surg Br 34/3:366-385.

Brage ME, Ball ST (2002)

Surgical options for salvage of end-stage hallux rigidus.
Foot Ankle Clin 7/1:49-73.

Breitenfelder H (1950)

Der juvenile Hallux rigidus, seine Ätiologie, Pathogenese und physiologische Behandlung.
Habilitationsschrift. Universität Gießen.

Breitenfelder J, Rütt A (1985)

Zehendeformitäten.

In: Witt AN, Rettig H et al., Orthopädie in Praxis und Klinik. Stuttgart: Thieme.
pp 3123-3153.

Breitenseher MJ, Toma CD, Gottsauner-Wolf F, Imhof H (1996)

Hallux rigidus operated on by Keller and Brandes method: radiological parameters of success and prognosis.

Rofo 164/6:483-488.

Brewood AF, Griffiths JC (1985)

The long term results of single stem silastic arthroplasty of the great toe.

J R Coll Surg Edinb 30/3:159-161.

Camasta CA (1996)

Hallux limitus and hallux rigidus. Clinical examination, radiographic findings, and natural history.

Clin Podiatr Med Surg 13/3:423-448.

Cleveland M, Winant EM (1950)

An end-result study of the Keller operation.

J Bone Joint Surg Am 32/1:163-175.

Clutton H (1894)

The Treatment of Hallux valgus.

St Thom Hosp Rep 22:1-12.

Cohen J (1988)

Statistical power analysis for the behavioral sciences. Hillsdale, NJ: Earlbaum. pp 21-23.

Cohn I, Kanat IO (1984)

Functional limitation of motion of the first metatarsophalangeal joint.

J Foot Surg 23/6:477-484.

Cotterill JM (1887)

Condition of stiff great toe in adolescents.

Edinburgh Med J 33:459-462.

Coughlin MJ (1990)

Arthrodesis of the first metatarsophalangeal joint with mini-fragment plate fixation.

Orthopedics 13/9:1037-1044.

Coughlin MJ, Mann RA (1987)

Arthrodesis of the first metatarsophalangeal joint as salvage for the failed Keller procedure.

J Bone Joint Surg Am 69/1:68-75.

Coughlin MJ, Shurnas PS (2003a)

Hallux rigidus. Grading and long-term results of operative treatment.

J Bone Joint Surg Am 85/11:2072-2088.

Coughlin MJ, Shurnas PS (2003b)

Hallux rigidus: demographics, etiology, and radiographic assessment.

Foot Ankle Int 24/10:731-743.

Coughlin MJ, Shurnas PS (2004)

Hallux rigidus.

J Bone Joint Surg Am 86 Suppl 1/2:119-130.

Cracchiolo A, Swanson A, Swanson GD (1981)

The arthritic great toe metatarsophalangeal joint: a review of flexible silicone implant arthroplasty from two medical centers.

Clin Orthop Relat Res 157:64-69.

Cracchiolo A, Weltmer JB, Lian G, Dalseth T et al. (1992)

Arthroplasty of the first metatarsophalangeal joint with a double-stem silicone implant. Results in patients who have degenerative joint disease failure of previous operations, or rheumatoid arthritis.

J Bone Joint Surg Am 74/4:552-563.

Dabdoub WH, Short LA, Gudas CJ (1981)

Acute gouty arthritis in a first metatarsophalangeal joint replaced with a flexible-hinge implant: a case report.

J Foot Surg 20/3:167-169.

Davies-Colley N (1887)

Contraction of the metatarso-phalangeal joint of the great Toe.

BMJ 1:728.

Debrunner AM (1995)

Der Fuß. Orthopädie, orthopädische Chirurgie: die Störungen des Bewegungsapparates in Klinik und Praxis Bern: Huber. pp 860-907.

DeFrino PF, Brodsky JW, Pollo FE, Crenshaw SJ et al. (2002)

First metatarsophalangeal arthrodesis: a clinical, pedobarographic and gait analysis study.

Foot Ankle Int 23/6:496-502.

DeLauro TM, Positano RG (1989)

Surgical management of hallux limitus and rigidus in the young patient.

Clin Podiatr Med Surg 6/1:83-92.

Dobbs B (1990)

LaPorta great toe implant. Long-term study of its efficacy. Student Research Group.

J Am Podiatr Med Assoc 80/7:370-373.

Drago JJ, Oloff L, Jacobs AM (1984)

A comprehensive review of hallux limitus.

J Foot Surg 23/3:213-220.

Elmslie RC (1926)

The treatment of hallux valgus and hallux rigidus.

Lancet 2:665-666.

Endler F (1951)

Development of a prosthetic arthroplasty of the head of the first metatarsal bone, with a review of present indications.

Z Orthop Ihre Grenzgeb 80/3:480-487.

Ess P, Hamalainen M, Leppilahti J (2002)

Non-constrained titanium-polyethylene total endoprosthesis in the treatment of hallux rigidus. A prospective clinical 2-year follow-up study.

Scand J Surg 91/2:202-207.

Ettl V, Radke S, Gaertner M, Walther M (2003)

Arthrodesis in the treatment of hallux rigidus.

Int Orthop 27/6:382-385.

Farnworth C, Haggard S, Nahmias MC, Dobbs B (1986)

The LaPorta great toe implant. A preliminary study of its efficacy.

J Am Podiatr Med Assoc 76/11:625-630.

Ferdini R, Schoppe K, Wolbert E (1988)

Silicone implants of the basal joint of the big toe. A critical 10-year study.

Z Orthop Ihre Grenzgeb 126/6:606-608.

Fitzgerald JA (1969)

A review of long-term results of arthrodesis of the first metatarso-phalangeal joint.

J Bone Joint Surg Br 51/3:488-493.

Frick H, Leonhardt H, Starck D (1992)

Allgemeine Anatomie, spezielle Anatomie I: Extremitäten, Rumpfwand. 4. Aufl. Thieme, Stuttgart.

Fuhrmann RA, Wagner A, Anders JO (2003)

First metatarsophalangeal joint replacement: the method of choice for end-stage hallux rigidus?

Foot Ankle Clin 8/4:711-721.

Ganz RP (1986)

Behandlungsergebnisse des alloarthoplastischen Gelenkersatzes mittels Swanson-Prothese bei Hallux valgus und Hallux rigidus.

Med. Dissertation. Universität Düsseldorf.

Geiser M (1976)

Die Arthrodesis des Großzehengrundgelenkes.

Orthopädische Praxis 12:394-397.

Gerbert J, Chang TJ (1995)

Clinical experience with two-component first metatarsal phalangeal joint implants.

Clin Podiatr Med Surg 12/3:403-413.

Ghalambor N, Cho DR, Goldring SR, Nihal A et al. (2002)

Microscopic metallic wear and tissue response in failed titanium hallux metatarsophalangeal implants: two cases.

Foot Ankle Int 23/2:158-162.

Giannini S, Ceccarelli F, Faldini C, Bevoni R et al. (2004)

What's new in surgical options for hallux rigidus?

J Bone Joint Surg Am 86 Suppl 2:72-83.

Ginsburg AI (1979)

Arthrodesis of the first metatarsophalangeal joint: a practical procedure.

J Am Podiatry Assoc 69/6:367-369.

Glissan DJ (1946)

Hallux valgus and hallux rigidus.

Med J Aust 2:585-588.

Goodfellow J (1966)

Aetiology of hallux rigidus.

Proc R Soc Med 59/9:821-824.

Gordon M, Bullough PG (1982)

Synovial and osseous inflammation in failed silicone-rubber prostheses.

J Bone Joint Surg Am 64/4:574-580.

Götz W (2001)

Funktionelle Anatomie des Fußes.

In: Baumgartner R, Stinus H, Die orthopädietechnische Versorgung des Fußes.

Stuttgart: Thieme. pp 2-13.

Gould N (1981)

Hallux rigidus: cheilotomy or implant?

Foot Ankle 1/6:315-320.

Grace D (1984)

Proceedings and reports of universities, colleges, councils and associations. Abstracts.

J Bone Joint Surg Br 66A/1:772.

Grady JF, Axe TM, Zager EJ, Sheldon LA (2002)

A retrospective analysis of 772 patients with hallux limitus.

J Am Podiatr Med Assoc 92/2:102-108.

Granberry WM, Noble PC, Bishop JO, Tullos HS (1991)

Use of a hinged silicone prosthesis for replacement arthroplasty of the first metatarsophalangeal joint.

J Bone Joint Surg Am 73/10:1453-1459.

Gudmundsson G, Robertsson K (1980)

Silastic arthroplasty of the first metatarso-phalangeal joint.

Acta Orthop Scand 51/3:575-578.

Hackenbroch M (1961)

Degenerative Gelenkerkrankungen.

In: Hohmann G, Handbuch der Orthopädie. Stuttgart: Thieme. pp 407-452.

Harrison MH, Harvey FJ (1963)

Arthrodesis of the first metatarsophalangeal joint for hallux valgus and rigidus.

J Bone Joint Surg Am 45 A/:471-480.

Helal B, Chen SC (1982)

Arthroplasty of the basic joint of the big toe using a new silastic endoprosthesis.

Orthopade 11/4:200-206.

Henning E, Milani TL (1993)

Die Dreipunktunterstützung des Fußes.

Z Orthop Ihre Grenzgeb 131:279-283.

Hetherington VJ, Mercado C, Karloc L, Grillo J (1993)

Silicone implant arthroplasty: a retrospective analysis.

J Foot Ankle Surg 32/4:430-433.

Hohmann G (1948)

Fuß und Bein; ihre Erkrankungen und deren Behandlung. 4. Aufl. Bergmann, München.

Horton GA, Park YW, Myerson MS (1999)

Role of metatarsus primus elevatus in the pathogenesis of hallux rigidus.

Foot Ankle Int 20/12:777-780.

Ishikawa H, Hanyu T, Murasawa A (1995)

The use of grommets for flexible hinge toe implants. A case report.

Clin Orthop Relat Res 316:173-179.

Jack EA (1940)

The aetiology of hallux rigidus.

Br J Surg 27:492-497.

Jarvis BD, Moats DB, Burns A, Gerbert J (1986)

Lawrence design first metatarsophalangeal joint prosthesis.

J Am Podiatr Med Assoc 76/11:617-624.

Johnson KA, Buck PG (1981)

Total replacement arthroplasty of the first metatarsophalangeal joint.

Foot Ankle 1/6:307-314.

Joplin RJ (1971)

The proper digital nerve, vitallium stem arthroplasty, and some thoughts about foot surgery in general.

Clin Orthop Relat Res 76:199-212.

Kampner SL (1984)

Total joint prosthetic arthroplasty of the great toe-a 12-year experience.

Foot Ankle 4/5:249-261.

Kaplan EG, Kaplan GS, Kaplan DM, Kaplan RK (1984)

History of implants.
Clin Podiatry 1/1:3-10.

Kessel L, Bonney G (1958)

Hallux rigidus in the adolescent.
J Bone Joint Surg Br 40-B/4:669-673.

Kingreen O (1933)

Zur Ätiologie des Hallux flexus.
Zentralbl Chir 60:2116-2118.

Kitaoka HB, Alexander IJ, Adelaar RS, Nunley JA et al. (1994)

Clinical rating systems for the ankle-hindfoot, midfoot, hallux, and lesser toes.
Foot Ankle Int 15/7:349-353.

Koenig RD (1990)

Koenig total great toe implant. Preliminary report.
J Am Podiatr Med Assoc 80/9:462-468.

Koenig RD, Horwitz LR (1996)

The Biomet Total Toe System utilizing the Koenig score: a five-year review.
J Foot Ankle Surg 35/1:23-26.

Kravette MA, Baker GI (1978)

The Swanson arthroplasty of the great toe: a prospective study.
J Foot Surg 17/4:155-161.

Krismer M ME (1990)

Mittelfristige Ergebnisse mit dem Großzehenimplantat nach Swanson.
Z Orthop 128:519-524.

Laird L (1990)

Silastic joint arthroplasty of the great toe. A review of 228 implants using the double-stemmed implant.
Clin Orthop Relat Res 255:268-272.

Lambrinudi C (1938)

Metatarsus primus elevatus.
Proc R Soc Med 31:1273-1280.

Leavitt KM, Nirenberg MS, Wood B, Yong RM (1991)

Titanium hemi-great toe implant: a preliminary study of its efficacy.
J Foot Surg 30/3:289-293.

Ledermann T, Klingler U, Zollinger H (1998)

Long-term results of single stem silastic implants in the metatarsophalangeal joint.
Z Orthop Ihre Grenzgeb 136/1:83-86.

Lindemann K (1936)

Die juvenile Arthritis deformans des Großzehengrundgelenkes (Hallux rigidus).
Z Orthop Ihre Grenzgeb 64:391-403.

Lombardi CM, Silhanek AD, Connolly FG, Dennis LN et al. (2001)

First metatarsophalangeal arthrodesis for treatment of hallux rigidus: a retrospective study.
J Foot Ankle Surg 40/3:137-143.

Lubinus H (1983)

Endoprosthetic replacement of the metatarsophalangeal joint of the big toe.
Z Orthop Ihre Grenzgeb 121/1:89-91.

Mau C (1928)

Das Krankheitsbild des Hallux rigidus.
MMW 28:1193-1196.

McDonald RJ, Griffin JM, Edelman RO (1986)

Consecutive bilateral failures of first metatarsophalangeal joint prostheses.
J Foot Surg 25/3:226-233.

McKeever DC (1952)

Arthrodesis of the first metatarsophalangeal joint for hallux valgus, hallux rigidus, and metatarsus primus varus.
J Bone Joint Surg Am 34-A/1:129-134.

McMaster MJ (1978)

The pathogenesis of hallux rigidus.
J Bone Joint Surg Br 60/1:82-87.

McNearney T, Haque A, Wen J, Lisse J (1996)

Inguinal lymph node foreign body granulomas after placement of a silicone rubber (Silflex) implant of the first metatarsophalangeal joint.
J Rheumatol 23/8:1449-1452.

Merkle PF, Sculco TP (1989)

Prosthetic replacement of the first metatarsophalangeal joint.
Foot Ankle 9/6:267-271.

Mertz DP (1982)

Hallux rigidus arthrosis and gout.
Fortschr Med 100/11:446-448.

Moeller K (2002)

Changing a cement-free endoprosthesis of the great toe base joint.
Unfallchirurg 105/3:275-277.

Mölster AO, Lunde OD, Rait M (1980)

Hallux rigidus treated with Swanson SILASTIC hemi-joint prosthesis.
Acta orthop. Scand 51:853-856.

Mondul M, Jacobs PM, Caneva RG, Crowhurst JA et al. (1985)

Implant arthroplasty of the first metatarsophalangeal joint: a 12-year retrospective study.
J Foot Surg 24/4:275-279.

Moynihan FJ (1967)

Arthrodesis of the metatarso-phalangeal joint of the great toe.
J Bone Joint Surg Br 49/3:544-551.

Myerson MS, Schon LC, McGuigan FX, Ozgur A (2000)

Result of arthrodesis of the hallux metatarsophalangeal joint using bone graft for restoration of length.
Foot Ankle Int 21/4:297-306.

Nawoczinski DA (1999)

Nonoperative and operative intervention for hallux rigidus.
J Orthop Sports Phys Ther 29/12:727-735.

Nilsson H (1930)

Hallux rigidus and its treatment
Acta Orthop. Scand. 1:295-303.

Notni A, Fahrman M, Fuhrmann RA (2001)

Early results of implantation of an unconstrained metatarsophalangeal joint prosthesis of the first toe.
Z Orthop Ihre Grenzgeb 139/4:326-331.

O'Doherty DP, Lowrie IG, Magnussen PA, Gregg PJ (1990)

The management of the painful first metatarsophalangeal joint in the older patient.
Arthrodesis or Keller's arthroplasty?
J Bone Joint Surg Br 72/5:839-842.

Ognibene FA, Theodoulou MH (1991)

Long-standing reaction to a hemi-silastic implant.
J Foot Surg 30/2:156-159.

Olms K, Dietze A (1999)

Replacement arthroplasty for hallux rigidus. 21 patients with a 2-year follow-up.
Int Orthop 23/4:240-243.

Pakullat K (1998)

Mittelfristige Ergebnisse der Operation nach Keller-Brandes bei Hallux valgus et rigidus.
Med. Dissertation. Universität Würzburg.

Papagelopoulos PJ, Kitaoka HB, Ilstrup DM (1994)

Survivorship analysis of implant arthroplasty for the first metatarsophalangeal joint.
Clin Orthop Relat Res 302:164-172.

Patel DC, Frascione ST, DeLuca A (1994)

Synovitis secondary to silicone elastomeric joint implant.
J Foot Ankle Surg 33/6:628-632.

Pitzen P (1984)

Kurzgefaßtes Lehrbuch der Orthopädie. 15.Aufl. Urban & Schwarzenberg, München.

Politi J, John H, Njus G, Bennett GL et al. (2003)

First metatarsal-phalangeal joint arthrodesis: a biomechanical assessment of stability. *Foot Ankle Int* 24/4:332-337.

Pontell D, Gudas CJ (1988)

Retrospective analysis of surgical treatment of hallux rigidus/limitus: clinical and radiographic follow-up of hinged, silastic implant arthroplasty and cheilectomy. *J Foot Surg* 27/6:503-510.

Rabl CRH, Nyga W (1994)

Orthopädie des Fußes. 7. Aufl. Enke, Stuttgart.

Regnauld B (1986)

The foot pathology, aetiology, seminology, clinical investigation and therapy. New York: Springer. pp 268-277.

Romich S (1924)

Ueber Kontrakturen des Hallux. *Z Orthop Chir* 43:74-78.

Ronconi P, Monachino P, Baleanu PM, Favilli G (2000)

Distal oblique osteotomy of the first metatarsal for the correction of hallux limitus and rigidus deformity. *J Foot Ankle Surg* 39/3:154-160.

Root MC, Orien WP, Weed JH (1977)

Normal and abnormal function of the foot: *Clinical Biomechanics*. Los Angeles: Biomechanics. pp 358-376.

Roukis TS, Jacobs PM, Dawson DM, Erdmann BB et al. (2002)

A prospective comparison of clinical, radiographic, and intraoperative features of hallux rigidus: short-term follow-up and analysis. *J Foot Ankle Surg* 41/3:158-165.

Roukis TS, Landsman AS, Ringstrom JB, Kirschner P et al. (2003a)

Distally based capsule-periosteum interpositional arthroplasty for hallux rigidus. Indications, operative technique, and short-term follow-up. *J Am Podiatr Med Assoc* 93/5:349-366.

Roukis TS, Townley CO (2003b)

BIOPRO resurfacing endoprosthesis versus periarticular osteotomy for hallux rigidus: short-term follow-up and analysis. *J Foot Ankle Surg* 42/6:350-358.

Rude CC, Karlin JM, Scurran BL, Silvani SH (1985)

Implant arthroplasty of the first metatarsophalangeal joint. A follow-up study. *J Am Podiatr Med Assoc* 75/6:279-287.

Rütt A (1961)

Zehendeformitäten.

In: Hohmann G, Handbuch der Orthopädie, Bd. 4: Spezielle Orthopädie
Teil 2. Stuttgart: Thieme. pp 1096-1134.

Salis-Soglio G, Gebler-Rothlaender B (1986)

Die Arthrodesse des Großzehengrundgelenkes.
Z Orthop 124:288-292.

Sammarco GJ, Idusuyi OB (2001)

Complications after surgery of the hallux.
Clin Orthop Relat Res 391:59-71

Sammarco GJ, Tabatowski K (1992)

Silicone lymphadenopathy associated with failed prosthesis of the hallux: a case report and literature review.
Foot Ankle 13/5:273-276.

Schede (1925)

Über Zehenkontrakturen als Folgen der Fuß-Senkung.
Z Orthop Chir 46:41-49.

Schweitzer J, Bentrem DJ, Gabriel MC, Drake DB et al. (1995)

An overview of first metatarsophalangeal joint implant arthroplasty.
J Long Term Eff Med Implants 5/2:93-104.

Sebold EJ, Cracchiolo A (1996)

Use of titanium grommets in silicone implant arthroplasty of the hallux metatarsophalangeal joint.
Foot Ankle Int 17/3:145-151.

Sethu A, D'Netto DC, Ramakrishna B (1980)

Swanson's silastic implants in great toes.
J Bone Joint Surg Br 62-B/1:83-85.

Shankar NS (1995)

Silastic single-stem implants in the treatment of hallux rigidus.
Foot Ankle Int 16/8:487-491.

Shankar NS, Asaad SS, Craxford AD (1991)

Hinged silastic implants of the great toe.
Clin Orthop Relat Res 272:227-234.

Shereff MJ, Jahss MH (1980)

Complications of silastic implant arthroplasty in the hallux.
Foot Ankle 1/2:95-101.

Shiel WC, Jr., Jason M (1986)

Granulomatous inguinal lymphadenopathy after bilateral metatarsophalangeal joint silicone arthroplasty.
Foot Ankle 6/5:216-218.

Smith RW, Katchis SD, Ayson LC (2000)

Outcomes in hallux rigidus patients treated nonoperatively: a long-term follow-up study.
Foot Ankle Int 21/11:906-913.

Solan MC, Calder JD, Bendall SP (2001)

Manipulation and injection for hallux rigidus. Is it worthwhile?
J Bone Joint Surg Br 83/5:706-708.

Solitto RJ (1989)

Implant arthroplasty: still a consideration.
Clin Podiatr Med Surg North Am 6/1:149-160.

Southgate JJ, Urry SR (1997)

Hallux rigidus: the long-term results of dorsal wedge osteotomy and arthrodesis in adults.
J Foot Ankle Surg 36/2:136-140; discussion 161.

Swanson AB (1972)

Implant arthroplasty for the great toe.
Clin Orthop Relat Res 85:75-81.

Swanson AB, de Groot Swanson G, Ishikawa H (1997)

Use of grommets for flexible implant resection arthroplasty of the metacarpophalangeal joint.
Clin Orthop Relat Res 342:22-33.

Swanson AB, Lumsden RM, Swanson GD (1979)

Silicone implant arthroplasty of the great toe. A review of single stem and flexible hinge implants.
Clin Orthop Relat Res 142:30-43.

Thompson FR, McElvenny RT (1940)

Arthrodesis of the first metatarsophalangeal joint.
J Bone Joint Surg 22/3:555-558.

Toma C (1994)

Keller-Brandes operation in treatment of hallux rigidus. Clinical radiologic analysis of long term results.
Wien Klin Wochenschr 106/12:381-383.

Townley CO, Taranow WS (1994)

A metallic hemiarthroplasty resurfacing prosthesis for the hallux metatarsophalangeal joint.
Foot Ankle Int 15/11:575-580.

Tupman S (1959)

Bone peg arthrodesis of the first metatarsophalangeal joint.
Postgrad Med J 35:583-586.

Turan I, Lindgren U (1987)

Compression-screw arthrodesis of the first metatarsophalangeal joint of the foot.
Clin Orthop Relat Res 221:292-295.

Vanore J, O'Keefe R, Pikscher I (1984)

Complications of silicone implants in foot surgery.
Clin Podiatry 1/1:175-198.

Vanore JV, Christensen JC, Kravitz SR, Schuberth JM et al. (2003)

Diagnosis and treatment of first metatarsophalangeal joint disorders. Section 2: Hallux rigidus.
J Foot Ankle Surg 42/3:124-136.

Verhaar J, Vermeulen A, Bulstra S, Walenkamp G (1989)

Bone reaction to silicone metatarsophalangeal joint-1 hemiprosthesis.
Clin Orthop Relat Res 245:228-232.

Vulpius O (1896)

Ein Fall von Pes malleus valgus.
MMW 35:819-820.

Wanivenhaus A, Lintner F, Wurnig C, Missaghi-Schinzl M (1991)

Long-term reaction of the osseous bed around silicone implants.
Arch Orthop Trauma Surg 110/3:146-150.

Watermann H (1927)

Die Arthritis deformans des Großzehengrundgelenkes als selbständiges Krankheitsbild.
Zeitschr. f. orthop. Chir. 48:346-355.

Wenger RJ, Whalley RC (1978)

Total replacement of the first metatarsophalangeal joint.
J Bone Joint Surg Br 60/1:88-92.

Wilson CL (1958)

A method of fusion of the metatarsophalangeal joint of the great toe.
J Bone Joint Surg Am 40-A/2:384-385.

Wilson DW (1988)

Hallux valgus and rigidus.
In: Helal B, The foot. Edinburgh: Churchill Livingstone. pp 471-483.

Wrighton JD (1972)

A ten-year review of Keller's operation. Review of Keller's operation at the Princess Elizabeth Orthopaedic Hospital, Exeter.
Clin Orthop Relat Res 89:207-214.

Wülker N (1996)

Die Arthrodesse des Großzehengrundgelenks.
Orthopäde 25:187-193.

Wülker N (1997a)

Hallux rigidus.
Orthopäde 26/8:731-740.

Wülker N (1997b)

Hallux valgus - Hallux rigidus.

Bücherei des Orthopäden. Stuttgart: Enke. pp 121-158.

Wülker N (1999)

Hallux valgus - Hallux rigidus - Konservative und operative Therapie.

In: Braun. A, Berufsverband der Ärzte für Orthopädie.: Darmstadt: Steinkopff. pp 131 -145.

Zollinger H (1991)

Hallux rigidus and its treatment.

Ther Umsch 48/12:832-835.

12. Anhang

- **M. abductor hallucis**

Ursprung:	Tuber calcanei, Plantaraponeurose
Ansatz:	mediale Seite der Grundphalanx der Großzehe
Funktion:	Abduktion der Großzehe im Grundgelenk nach medial und Beugung im Großzehengrundgelenk. Mitbeteiligung an der Verspannung des Längsgewölbes

- **M. adductor hallucis**

Ursprung:	Caput transversum: Gelenkkapsel des 3-5 Zehengrundgelenkes Caput obliquum: Os cuboideum, Os cuneiforme laterale, 2-4 Mittelfußknochen
Ansatz:	Laterales Sesambein in der Kapsel des Großzehengrundgelenkes
Funktion:	Zweiköpfiger Großzehenanzieher Caput transversum: Mitbeteiligung an der Querverwölbung des Fußes

- **M. extensor digitorum brevis**

Ursprung:	Calcaneus
Ansatz:	Dorsalaponeurose der 2.-4. Zehe
Funktion:	Streckung im Grundgelenk der 2.-4. Zehe

- **M. extensor hallucis brevis**

Ursprung:	Calcaneus
Ansatz:	Grundphalanx der Großzehe
Funktion:	Streckung im Grundgelenk der Großzehe

- **M. extensor hallucis longus**

Ursprung:	Facies medialis der Fibula, Membrana interossea cruris
Ansatz:	Endphalanx der Großzehe
Funktion:	Streckung der Großzehe im Grund- und Endgelenk; Dorsalflexion im OSG

- **M. flexor hallucis brevis**

Ursprung:	Ossa cuneiformia, Lig. plantare longum, Sehne des M. tibialis posterior
Ansatz:	Caput mediale: über medialem Sesambein an der Grundphalanx der Großzehe Caput laterale: über lateralem Sesambein an der Grundphalanx der Großzehe
Funktion:	zweiköpfiger Plantarflektor im Grundgelenk der Großzehe . Mitbeteiligung an der Verspannung der Längsgewölbes

- **M. flexor hallucis longus**

Ursprung:	Fibula, Membrana interossea cruris
Ansatz:	Endphalanx der Großzehe
Funktion:	Beugung der Großzehe, Plantarflexion im OSG. Supinator im USG

Tab. 9 Ursprung und Ansatz lange und kurze Fußmuskulatur

13. Danksagung

An dieser Stelle möchte ich meinen besonderen Dank Herrn Professor Dr. med. Johannes M. Rueger, Direktor der Unfall-, Hand und Wiederherstellungschirurgie im Universitätskrankenhaus Eppendorf, für die Überlassung des Themas sowie freundliche Hilfe und Unterstützung bei der Fertigstellung dieser Arbeit bedanken.

Mein ganz besonderer Dank gilt insbesondere Herrn Dr. med. Ralf Skripitz, Facharzt für Orthopädie an der Chirurgischen Klinik im UKE für die immerwährende Hilfsbereitschaft bei der Anfertigung und Ausarbeitung dieser Arbeit.

Ein herzliches Dankeschön ist an meine Eltern Gaby und Jürgen, meine Geschwister Julia, Ruth und David und an meine Großeltern gerichtet, ohne deren Unterstützung ich dieses Ziel nicht erreicht hätte.

Einen dicken Knutsch an Dr. Jens Blanke für die Geduld, aufmunternde Unterstützung und herzliche Stichelei in allen schwierigen Situationen.

Des Weiteren danke ich besonders Arne, der ein unsichtbares Auge auf die Arbeit geworfen hat, für den Start dieser Arbeit, Flo für die Bilderbearbeitung, Stephan und Stephi für die Kostverpflegung und Formatierungshilfe, Vera für das Korrekturlesen und den telefonischen Beistand in allen Lebenslagen, meinem Laufpartner Torben und Herrn G. Becker für die computerfachmännische Unterstützung. Ein weiteres Dankeschön gilt Fr. Brozka für das Korrekturlesen, Herrn K. Petersen für die Beratung bei der statistischen Auswertung und Herrn B. Mereu für die zügige Bereitstellung spezieller Literatur. Maggie, Kiki und Michi ein Dankeschön für den telefonischen Beistand und die zweite bzw. dritte Heimat. Danke an Simone, Tanja, Steve und Thereza für diverse Freundschaftsdienste.

Abschließend möchte ich mich noch bei all denjenigen bedanken, die sich durch die persönliche Unterstützung und das unnachlässige Nachfragen am Zustandekommen dieser Arbeit verdient gemacht haben.

Hamburg, den

Anna Wolfring

14. Lebenslauf

Persönliche Angaben

Name: **Anna-Kathrin Gabriele Eva Charlotte Wolfring**
Geboren am: 09.12.1975
Geburtsort: Kempten / Allgäu
Familienstand: ledig
Staatsangehörigkeit: deutsch
Eltern: Dr. Hans-Jürgen Wolfring,
Arzt f. Allgemeinmedizin
Gabriele Wolfring, geb. Ehresmann

Schulische Laufbahn

1982 - 1986 Grundschohle in Seligenstadt / Hessen
1986 - 1995 Franziskaner Gymnasium, Großkrotzenburg
1995 Allgemeine Hochschulreife

Ausbildung

April 1997 Beginn des Studiums der Humanmedizin an der
Universität zu Köln
Oktober 1999 Wechsel an die Universität Hamburg
November 2003 3. Staatsexamen
Oktober 2004 Approbation als Ärztin

Praktisches Jahr

Oktober 2002 – Februar 2003 Marienkrankenhaus, Hamburg,
Chirurgische Klinik
Februar 2003 – Juni 2003 Universitäts-Krankenhaus Eppendorf, Hamburg,
Klinik für Innere Medizin
Juni 2003 – Oktober 2003 Universitäts-Krankenhaus Eppendorf, Hamburg,
Orthopädische Klinik

Ärztin im Praktikum

August 2004 – September 2004 Marienkrankenhaus, Hamburg,
2.Chirurgische Klinik
Ltd. Arzt: Dr. med. U. Lütjohann

Assistenzärztin

Seit Oktober 2004 Marienkrankenhaus, Hamburg,
2.Chirurgische Klinik
Ltd. Arzt: Dr. med. U. Lütjohann

15. Erklärung

Ich versichere ausdrücklich, dass ich die Arbeit selbständig und ohne fremde Hilfe verfasst, andere als die von mir angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt und die aus den genutzten Werken wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen einzeln nach Ausgabe (Auflage und Jahr des Erscheinens), Band und Seite des benutzten Werkes kenntlich gemacht habe, und dass ich die Dissertation bisher nicht einem Fachvertreter an einer anderen Hochschule zur Überprüfung vorgelegt oder mich anderweitig um Zulassung zur Promotion beworben habe.

Anna Wolfring