

Aus der Orthopädischen Universitätsklinik Tübingen
Abteilung Allgemeine Orthopädie mit Poliklinik
Ärztlicher Direktor: Professor Dr. N. Wülker

**Mittelfristige klinische und radiologische Ergebnisse
von OSG- und Rückfußarthrodesen**

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Medizin

der Medizinischen Fakultät
der Eberhard-Karls-Universität
zu Tübingen

vorgelegt von

Alexandra Carolin Burger

aus

Leonberg

2009

Dekan: Professor Dr. I. B. Autenrieth

1. Berichterstatter: Professor Dr. N. Wülker

2. Berichterstatter: Professor Dr. S. Kessler

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis.....	6
Diagrammverzeichnis.....	7
Tabellenverzeichnis.....	9
Abkürzungsverzeichnis	11
1. Einleitung.....	12
2. Allgemeiner Teil.....	15
2.1 Überblick über die Anatomie des Fußes.....	15
2.2 Arthrose des Sprunggelenkes und der Rückfußgelenke.....	20
Pathomechanismus	20
Ätiologie.....	22
Symptome	31
Diagnostik.....	32
2.3 Therapieoptionen.....	34
Konservative Therapie.....	34
Operative Therapie.....	34
Komplikationen der Arthrodese	41
Neue Operationsmethoden.....	42
3. Material und Methodik.....	44
3.1 Patienten	44
3.2 Methodik bzw. Ablauf der Nachuntersuchung	45
3.3 Kollektiv	47
3.4 Nachuntersuchungszeitraum	52
3.5 Indikationen zur Arthrodese.....	55
4. Ergebnisse.....	58
4.1 OSG-Arthrodesen.....	58
4.2 Subtalar-Arthrodesen.....	63
4.3 Talonavicular-Arthrodesen.....	67
4.4 Cuneonavicular-Talonavicular-Arthrodesen.....	71
4.5 Tibiotalocalcanear-Arthrodesen.....	75

4.6	Triple-Arthrodesen	79
4.7	Pantalar-Arthrodesen.....	84
4.8	Gesamtergebnisse.....	89
5.	Diskussion.....	100
5.1	Zu Methodik und Patienten.....	103
	Nachuntersuchung operierter Patienten	103
	Patienten	104
	Nachuntersuchungszeitraum	105
	Indikationen	105
5.2	Ergebnisse.....	108
	OSG-Arthrodesen	108
	Subtalar-Arthrodesen.....	112
	Talonavicular-Arthrodesen und Cuneonavicular-Talonavicular-Arthrodesen.....	116
	Tibiototalcanear-Arthrodesen	119
	Triple-Arthrodesen	122
	Pantalar-Arthrodesen.....	127
	Gesamtbewertung	130
5.3	Schlussfolgerung	134
6.	Zusammenfassung	137
7.	Anhang	138
8.	Literaturverzeichnis.....	142
9.	Danksagung	151
10.	Lebenslauf.....	152

Abbildungsverzeichnis

Abb. 2.1:	Knochen des Fußes.....	16
Abb. 2.2:	Bänder des Fußes von lateral.....	17
Abb. 2.3:	Bänder des Fußes von medial.....	17
Abb. 2.4:	Fußskelett.....	18
Abb. 2.5:	Chopart- und Lisfranc-Gelenklinie.....	19
Abb. 2.6:	Degenerative Veränderungen im OSG.....	33
Abb. 2.7:	Gesunder Fuß zum Vergleich.....	33
Abb. 2.8:	OSG Arthrodesen.....	37
Abb. 2.9:	OSG Arthrodesen.....	37
Abb. 2.10:	Subtalar-Arthrodesen.....	39
Abb. 2.11:	Talonavicular-Arthrodesen.....	39
Abb. 2.12:	TTC-Arthrodesen.....	40
Abb. 2.13:	Triple-Arthrodesen.....	40
Abb. 2.14:	Pantalar-Arthrodesen.....	41
Abb. 2.15:	Endoprothese des oberen Sprunggelenks.....	43

Diagrammverzeichnis

Diag. 3.1:	Auflistung operierte Arthrodesarten im jeweiligen Zeitraum.....	48
Diag. 3.2:	Geschlechterverteilung innerhalb der Arthrodesegruppen.....	49
Diag. 3.3:	Nachuntersuchungszeitraum in Jahren (Mittelwert und Standardabweichung).....	53
Diag. 3.4:	Nachuntersuchungszeitraum in Jahren (Median, Spannweite, oberes und unteres Quartil)	54
Diag. 3.5:	Indikationen zur Arthrodesese – Gesamtbetrachtung aller nachuntersuchten Patienten	56
Diag. 3.6:	Indikationen der einzelnen Arthrodesen	57
Diag. 4.1:	AOFAS-Score OSG-Arthrodesen	58
Diag. 4.2:	Auswertung nach Kellgren und Moore der OSG-Arthrodesen	61
Diag. 4.3:	Verteilung der Arthrosegrade an den jeweiligen Gelenken bei OSG-Arthrodesen	62
Diag. 4.4:	AOFAS-Score Subtalar-Arthrodesen	63
Diag. 4.5:	Auswertung nach Kellgren und Moore der Subtalar-Arthrodesen..	66
Diag. 4.6:	Verteilung der Arthrosegrade an den jeweiligen Gelenken bei Subtalar-Arthrodesen.....	66
Diag. 4.7:	AOFAS-Score Talonavicular-Arthrodesen	67
Diag. 4.8:	Auswertung nach Kellgren und Moore der Talonavicular- Arthrodesen	69
Diag. 4.9:	Verteilung der Arthrosegrade an den jeweiligen Gelenken bei Talonavicular-Arthrodesen.....	70
Diag. 4.10:	AOFAS-Score CNTN-Arthrodesen	71
Diag. 4.11:	Auswertung nach Kellgren und Moore der CNTN-Arthrodesen	73
Diag. 4.12:	Verteilung der Arthrosegrade an den jeweiligen Gelenken bei CNTN-Arthrodesen	74
Diag. 4.13:	AOFAS-Score TTC-Arthrodesen	75
Diag. 4.14:	Auswertung nach Kellgren und Moore der TTC-Arthrodesen	78
Diag. 4.15:	Verteilung der Arthrosegrade an den jeweiligen Gelenken bei TTC-Arthrodesen	78

Diag. 4.16: AOFAS-Score Triple-Arthrodesen	79
Diag. 4.17: Auswertung nach Kellgren und Moore der Triple-Arthrodesen	82
Diag. 4.18: Verteilung der Arthrosegrade an den jeweiligen Gelenken bei Triple-Arthrodesen	83
Diag. 4.19: AOFAS-Score Pantalar-Arthrodesen	84
Diag. 4.20: Auswertung nach Kellgren und Moore der Pantalar-Arthrodesen..	87
Diag. 4.21: Verteilung der Arthrosegrade an den jeweiligen Gelenken bei Pantalar-Arthrodesen.....	88
Diag. 4.22: AOFAS-Score gesamt	89
Diag. 4.23: Mittelwerte des AOFAS-Scores im Überblick.....	90
Diag. 4.24: Anteil degenerative Veränderungen aller nachuntersuchten Arthrodesen	94
Diag. 4.25: Anzahl degenerativer Veränderungen bei den einzelnen Arthrodesarten	95
Diag. 4.26: Auswertung nach Kellgren und Moore gesamt	96
Diag. 4.27: Verteilung der Arthrosegrade an den jeweiligen Gelenken.....	97

Tabellenverzeichnis

Tab. 3.1:	Auflistung operierte Arthrodesen im jeweiligen Zeitraum.....	47
Tab. 3.2:	Geschlechterverteilung innerhalb der Arthrodesegruppen.....	49
Tab. 3.3:	Auflistung Alter zur Arthrodesen	50
Tab. 3.4:	Kontaktierte Arthrodesen	51
Tab. 3.5:	Übersicht Kollektiv	51
Tab. 3.6:	Nachuntersuchungszeitraum in Jahren	54
Tab. 3.7:	Indikationen zur Arthrodesese	57
Tab. 4.1:	AOFAS-Score OSG-Arthrodesen	59
Tab. 4.2:	Konsolidierung OSG-Arthrodesen	60
Tab. 4.3:	Häufigkeit der Sekundärarthrose an Anschlussgelenken bei OSG-Arthrodesen	60
Tab. 4.4:	Auswertung nach Kellgren und Moore bei OSG-Arthrodesen.....	62
Tab. 4.5:	AOFAS-Score Subtalar-Arthrodesen	64
Tab. 4.6:	Konsolidierung Subtalar-Arthrodesen	64
Tab. 4.7:	Häufigkeit der Sekundärarthrose an Anschlussgelenken bei Subtalar-Arthrodesen.....	65
Tab. 4.8:	Auswertung nach Kellgren und Moore Subtalar-Arthrodesen	65
Tab. 4.9:	AOFAS-Score Talonavicular-Arthrodesen	67
Tab. 4.10:	Konsolidierung Talonavicular-Arthrodesen	68
Tab. 4.11:	Häufigkeit der Sekundärarthrose an Anschlussgelenken bei Talonavicular-Arthrodesen.....	69
Tab. 4.12:	Auswertung nach Kellgren und Moore Talonavicular-Arthrodesen	70
Tab. 4.13:	AOFAS-Score CNTN-Arthrodesen	72
Tab. 4.14:	Konsolidierung CNTN-Arthrodesen	72
Tab. 4.15:	Häufigkeit der Sekundärarthrose an Anschlussgelenken bei CNTN-Arthrodesen	73
Tab. 4.16:	Auswertung nach Kellgren und Moore CNTN-Arthrodesen	74
Tab. 4.17:	AOFAS-Score TTC-Arthrodesen	76
Tab. 4.18:	Konsolidierung TTC-Arthrodesen	76

Tab. 4.19: Häufigkeit der Sekundärarthrose an Anschlussgelenken bei TTC-Arthrodesen	77
Tab. 4.20: Auswertung nach Kellgren und Moore TTC-Arthrodesen	77
Tab. 4.21: AOFAS-Score Triple-Arthrodesen	80
Tab. 4.22: Konsolidierung Triple-Arthrodesen	80
Tab. 4.23: Häufigkeit der Sekundärarthrose an Anschlussgelenken bei Triple-Arthrodesen	81
Tab. 4.24: Auswertung nach Kellgren und Moore Triple-Arthrodesen	82
Tab. 4.25: AOFAS-Score Pantalar-Arthrodesen	85
Tab. 4.26: Konsolidierung Pantalar-Arthrodesen	85
Tab. 4.27: Häufigkeit der Sekundärarthrose an Anschlussgelenken bei Pantalar-Arthrodesen.....	86
Tab. 4.28: Auswertung nach Kellgren und Moore Pantalar-Arthrodesen	87
Tab. 4.29: AOFAS-Score gesamt	90
Tab. 4.30: Prozentuale Verteilung AOFAS-Score – Schmerz.....	91
Tab. 4.31: Prozentuale Verteilung AOFAS-Score – Aktivitätseinschränkung .	91
Tab. 4.32: Prozentuale Verteilung AOFAS-Score – Gehstrecke.....	91
Tab. 4.33: Prozentuale Verteilung AOFAS-Score – unebener Untergrund	92
Tab. 4.34: Prozentuale Verteilung AOFAS-Score – Gangabnormalitäten.....	92
Tab. 4.35: Prozentuale Verteilung AOFAS-Score – sagitale Beweglichkeit....	92
Tab. 4.36: Prozentuale Verteilung AOFAS-Score – Rückfußbeweglichkeit	93
Tab. 4.37: Prozentuale Verteilung AOFAS-Score – Sprunggelenksstabilität ..	93
Tab. 4.38: Prozentuale Verteilung AOFAS-Score – Fußstellung	93
Tab. 4.39: Konsolidierung im Überblick	94
Tab. 4.40: Auswertung nach Kellgren und Moore gesamt	96
Tab. 4.41: Häufigkeit der Sekundärarthrose an Anschlussgelenken gesamt..	97
Tab. 4.42: Kompletter Überblick über die Auswertung der Anschlussgelenke nach Kellgren und Moore.....	99

Abkürzungsverzeichnis

AAA	arthroskopisch assistierte Arthrodeese
Abb.	Abbildung
AOFAS	American Orthopaedic Foot and Ankle Society
ap	anterior-posterior
Art.	Articulatio, Gelenk
BSG	Blutsenkungsgeschwindigkeit
CNTN	Cuneonavicular-Talonavicular
CP	chronische Polyarthritis
CRP	C-reaktives Protein
Diag.	Diagramm
DNOAP	diabetische Neuro-Osteoarthropathie
I_{50}	Interquartilsbereich (Quartilsabstand)
I_{80}	Interdezilbereich
Lig.	Ligamentum
M.	Musculus
n	Anzahl
NU	Nachuntersuchung
OSG	oberes Sprunggelenk
R	Spannweite (range)
s	Standardabweichung
Syn.	Synonym
Tab.	Tabelle
TTC	tibiotocalcaneare
UKT	Universitätsklinikum Tübingen
\bar{x}	Mittelwert
\tilde{x}	Median
[]	Literaturverweis

1. Einleitung

Die Versorgung der Fußgelenke mittels Arthrodesen (Gelenksversteifung) stellt eine endgültige, jedoch wichtige Therapieoption in der Behandlung der fortgeschrittenen Arthrose dar [48]. Die Arthrodesen gelten seit vielen Jahrzehnten als die Operation der Wahl bei entzündlichen, degenerativen wie auch posttraumatischen Gelenkveränderungen [83]. Dabei handelt es sich um eine operative Therapieform mit den Hauptzielen einer deutlichen Schmerzlinderung und der Korrektur von Fehlstellungen [66]. Hierzu wird das betroffene Gelenk künstlich versteift, was eine Bewegungseinschränkung für den Patienten nach sich zieht. Als die größten Nachteile haben sich Überlastungsschäden an den angrenzenden Fußgelenken, wie auch an Knie und Hüfte herausgestellt [83].

Von Osteoarthrose, auch als degenerative Arthropathie bezeichnet, sind besonders Patienten in höherem Lebensalter betroffen. Sie gilt als eine der häufigsten Erkrankungen älterer Menschen [3].

Der Arthrose liegen viele verschiedene Ätiologien zu Grunde. Hierzu zählen beispielsweise idiopathische, posttraumatische, rheumatische oder fehlerstellungsbedingte Ursachen [77]. Sie führen in Folge degenerativer Veränderungen an der Gelenkstruktur zu Störungen der Statik des Beines und der Gangform [11; 77]. So hat eine durch Arthrose entstandene Fehlfunktion des Talonaviculargelenks erhebliche Auswirkungen auf die Nachbargelenke und durch seine Schlüsselstellung zwischen Rück- und Vorfuß somit auf die globale Fußfunktion [77].

Die Patienten leiden an schmerzhaften Bewegungseinschränkungen, Deformitäten, (Belastungs-)Schmerzen und Schwellungen im Bereich des betroffenen Gelenks [33; 103]. Diese Beschwerden führen für den Patienten zu einer massiven Einschränkung der Lebensqualität und ziehen sozioökonomische Folgen, wie beispielsweise eine vorzeitige Berentung, nach sich. Die degenerative Arthropathie gehört mittlerweile zu den teuersten Erkrankungsgruppen [3].

Die zu Beginn der Beschwerden begonnene konservative Therapie (hierzu zählen: medikamentöse Behandlung, Bewegungstherapie, schuhorthopädische

Versorgung u.v.a.m.), mit dem Ziel der Schmerzreduktion und des Erhalts der Gelenkfunktion [16], ist im fortgeschrittenen Stadium der Gelenkzerstörung meist nicht mehr ausreichend. Daher wird versucht, mit Hilfe einer Arthrodesese das Fußskelett in Funktionsstellung zu fixieren, um eine möglichst beschwerdefreie Bewältigung des Alltags für den Patienten zu erreichen [66].

Die Operationsmöglichkeiten sind sehr vielfältig. Mehr als 40 verschiedene operative Techniken und etwa zehn unterschiedliche Operationszugänge sind in der Literatur beschrieben [47]. Ihnen liegt allen dasselbe Muster zu Grunde. Dazu gehört die Schaffung vitaler, spongiöser Oberflächen, Kompression der Resektionsflächen und eine feste Fixation der Arthrodesese [73; 74; 104]. Durchgesetzt haben sich jedoch die Kompressionsarthrodesese sowie die Schraubendarthrodesese [47].

Allerdings ist die Behandlungsmethode mit einer Arthrodesese nicht frei von Komplikationen. Neben unmittelbar durch den operativen Eingriff entstandene negative Folgen wie Pseudarthrosenbildung, Infektionen, verzögerte Wundheilung, Verletzungen von Gefäßen und Nerven [47], kommen verschiedene Studien zu dem Schluss, dass es durch eine Veränderung der Biomechanik des Fußes infolge der Versteifung zur vermehrten Ausbildung von Arthrose in den angrenzenden Fußgelenken kommen kann [12; 50; 75; 88; 95].

Die Ausbildung von Sekundärarthrosen in den Anschlussgelenken des Fußes, stellen auf lange Sicht ein wesentliches Problem für den Patienten dar; eine langfristig schmerzfreie Bewegung ist nicht mehr gewährleistet, der Grad der Immobilisation nimmt erneut zu [48; 83].

In einer Studie von Wülker et al. (1997) [104] der Orthopädischen Klinik Hannover wurden 79 Patienten mit 82 Arthrodesen der Rückfußgelenke und des oberen Sprunggelenks, die zwischen 1968 und 1988 operiert wurden, nach durchschnittlich 11,1 Jahren klinisch und radiologisch nachuntersucht. Dabei kam es nur bei 59 Prozent der Arthrodesen zu einer vollständigen knöchernen Durchbauung und in 107 Gelenken (an 82 Füßen) hatte sich eine Sekundärarthrose ausgebildet. Die Operationsmethoden sahen in dieser Zeit eine Resektion der Gelenkflächen meist ohne weitere Stabilisierung vor. Die Autoren postulierten

daher eine optimale Adaptation der Gelenkflächen und eine stabile Fixierung der Arthrodeese mittels Implantaten [104].

Nicht nur die stattgehabte Arthrodeese gilt als Ursache für die im Langzeitverlauf beobachteten Degenerationen der Nachbargelenke. So könne es gemäß verschiedener Autoren eine Vielzahl anderer Gründe, wie den Progress bereits vorbestehender arthrotischer Veränderungen [91], Durchblutungsstörungen, Fehlstellungen oder primär traumatische Schädigungen [40], dafür geben [24; 26; 94; 95].

Mit der vorliegenden Nachuntersuchungsstudie sollen nun mittelfristige, klinische und radiologische Ergebnisse mindestens zwei Jahre nach OSG- und Rückfußarthrodesen ermittelt werden. Es stellt sich die Frage, ob es in Folge der moderneren Operationsmethoden zu einer veränderten Rate an Sekundärarthrosen gekommen ist. Die Arthrodeese würde damit eine entscheidende und langfristig einschränkende Komplikation verlieren. Bei den der Einladung zur Studie gefolgt Patienten wurde vor diesem Hintergrund der betroffene Fuß klinisch und radiologisch mindestens zwei Jahren nach der Operation nachuntersucht.

Um die Einschätzung einer bereits vorbestehenden Arthrose der Anschlussgelenke besser vornehmen zu können, wurde, auf Grund zum Teil fehlender präoperativer Röntgenaufnahmen, der kontralaterale Fuß ebenfalls in die Prüfung miteinbezogen.

2. Allgemeiner Teil

2.1 Überblick über die Anatomie des Fußes

Anatomisch gliedert sich das Fußskelett in die Fußwurzel (Tarsus), den Mittelfuß (Metatarsus) und die Zehen (Digiti) [90]. Zu den Fußwurzelknochen zählen die Knochen der proximalen Gruppe: Talus (Sprungbein) und Calcaneus (Fersenbein) sowie die der distalen Gruppe: Os naviculare (Kahnbein), Ossa cuneiformia (drei Keilbeine) und Os cuboideum (Würfelbein). Der Mittelfuß besteht aus den fünf Metatarsalknochen und die Zehen aus den Phalangen. Abbildung 2.1 und 2.4 stellen dies graphisch dar.

Klinisch hat sich eine etwas von der anatomischen Gliederung abweichende Einteilung des Fußes als sinnvoll erwiesen. Demnach gelten als Fußwurzel die Fußwurzelknochen vom oberen Sprunggelenk bis zu den Articulationes tarso-metatarsales (Lisfranc-Gelenklinie) reichend mit umgebendem Weichteilmantel; als Rückfuß Talus und Calcaneus, ebenfalls mit Weichteilumgebung; als Mittelfuß die Mittelfußknochen und deren Weichteile und als Vorfuß werden Mittelfuß und Zehen zusammengefasst [90].

Die Beweglichkeit des Fußes wird durch mehrere Fußgelenke ermöglicht. Zu den Fußwurzelgelenken zählen oberes Sprunggelenk (Articulatio talocruralis), unteres Sprunggelenk, welches aus den Articulatio subtalaris und Articulatio talocalcaneonavicularis besteht, Articulatio calcaneocuboidea, Articulatio cuneonavicularis, Articulatio cuneocuboidea und Articulationes intercuneiformes. Die einzelnen Fußwurzelgelenke bilden mit den Mittelfußknochen eine fast starre Einheit [90].

Das obere Sprunggelenk setzt sich aus den distalen Anteilen der Tibia und Fibula (Malleolengabel) sowie den superioren Anteilen des Talus (Talusrolle) zusammen. Die Gelenkflächen werden dabei von der Facies articularis medialis malleoli und der Facies articularis inferior tibiae des Malleolus medialis der Tibia, der Facies articularis malleoli fibulae des Malleolus lateralis der Fibula und der Facies superior der Trochlea tali des Talus gebildet. Die Trochlea tali als Teil des Sprungbeins besteht an ihrer Oberfläche beinahe vollständig aus hyali-

nem Knorpel. Die Malleolengabel bildet den Außen- und Innenknöchel und entspricht der Gelenkpfanne in der sich die Rolle des Talus bewegt [90].

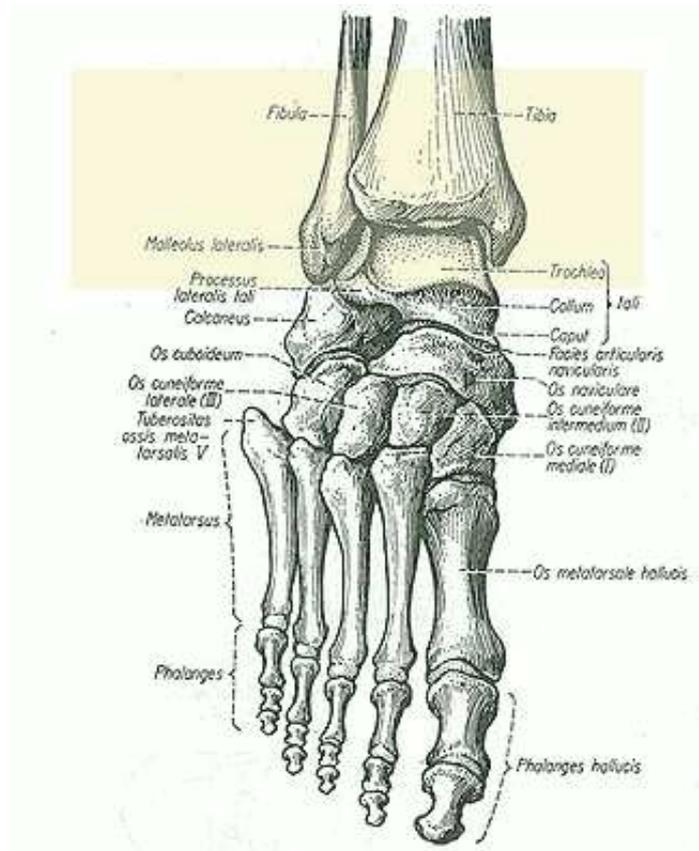


Abb. 2.1: Knochen des Fußes, oberes Sprunggelenk gelb markiert

Mehrere starke Bänder am oberen Sprunggelenk erreichen eine stabile Gelenkführung unter anderem mit dem Ziel, bei einer Bewegung im oberen Sprunggelenk einen Rückschub der Tibia gegen den Talus zu vermeiden. Folgende Bänder sind hier im Wesentlichen von Bedeutung: Lig. collaterale mediale, welches unterteilt wird in die Pars tibionavicularis, tibiotalaris anterior, tibiotalaris posterior und die Pars tibio calcanea sowie das Lig. collaterale laterale mit dem Lig. talofibulare anterius, talofibulare posterius und dem Lig. calcaneofibulare [90]. Einen Überblick über die Bänder des Fußes bieten die Abbildungen 2.2 und 2.3.

bezeichnet, da Teil der Gelenkpfanne), der Facies articularis talaris des Os naviculare und der Facies articularis talaris anterior et media des Calcaneus. Das Lig. calcaneonaviculare plantare verläuft vom Sustentaculum tali des Calcaneus und dem Corpus tali zum Os naviculare. Durch seine Position verhindert es ein Abrutschen des Talus nach medial-unten und bewirkt mit den Sehnen der tiefen Flexorengruppe eine Stütze des Fußlängsgewölbes (vgl. Abbildung 2.2 und 2.3) [90].

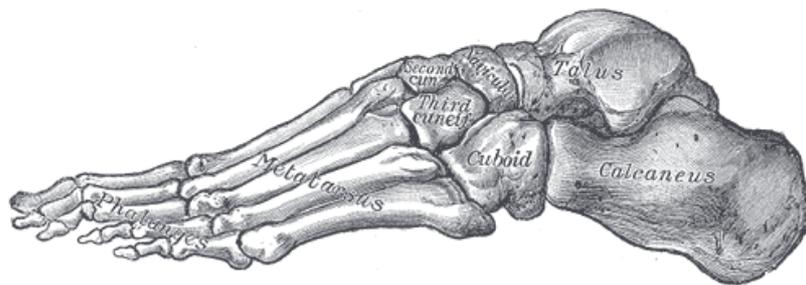


Abb. 2.4: Fußskelett

Typische Bewegungen im unteren Sprunggelenk sind die Pronation (Heben des lateralen Fußrandes) und die Supination (Heben des medialen Fußrandes). Allerdings sind an dieser Bewegung auch die übrigen Fußgelenke beteiligt. Es stellt sich somit also ein Summationseffekt ein. Nach der Neutral-0-Methode ist ein Gesamtbewegungsumfang von 30° - 0° - 60° (Pronation/Supination) möglich [90]. Eine Reihe von Muskeln des Unterschenkels sind an diesen Bewegungen beteiligt. Hierzu zählen für die Supination: M. gastrocnemius, M. soleus, M. tibialis posterior et anterior, M. flexor digitorum longus, M. flexor hallucis longus; für die Pronation: M. peroneus longus, M. peroneus brevis, M. extensor digitorum longus, M. peroneus tertius, (M. tibialis anterior), M. extensor hallucis longus [90].

Werden sowohl oberes als auch unteres Sprunggelenk in ihrer Bewegung kombiniert, so ist eine Zirkumduktion der Fußspitze, die die Form einer Ellipse beschreibt, möglich [90]. Die Kombination aus Bewegung im oberen und unteren Sprunggelenk ermöglicht das sichere Gehen und Ausbalancieren des Körpers auch auf unebenem Untergrund [90].

Weitere Fußwurzelgelenke sind die *Articulatio calcaneocuboidea* (Fersenbein-Würfelbeingelenk) zwischen *Calcaneus* und *Os cuboideum*; und die *Articulatio cuneonavicularis* zwischen dem *Os naviculare* und den drei *Ossa cuneiformia* [90]. Sie werden als *Amphiarthrosen* bezeichnet, welche durch verschiedene Bänder verstärkt werden. Gerade das Gelenk zwischen *Calcaneus* und *Os cuboideum* trägt zum *Summationseffekt* für die *Pro-* und *Supination* bei [90]. Die *Articulatio cuneocuboidea* liegt zwischen *Os cuneiforme laterale* und *Os cuboideum* und stellt eine *Syndesmose* dar, die durch verschiedene Bänder verstärkt wird. Bei den *Articulationes intercuneiformes* handelt es sich um straffe Verbindungen zwischen den *Ossa cuneiformia* [90].

Nennenswert ist an dieser Stelle noch die *Chopart-Gelenklinie* bzw. *Articulatio tarsi transversa*. Hierunter versteht man einen quer zur Fußachse verlaufenden Spalt zwischen *Talus* und *Os naviculare* sowie zwischen *Calcaneus* und *Os cuboideum* (vgl. Abbildung 2.5) [90].

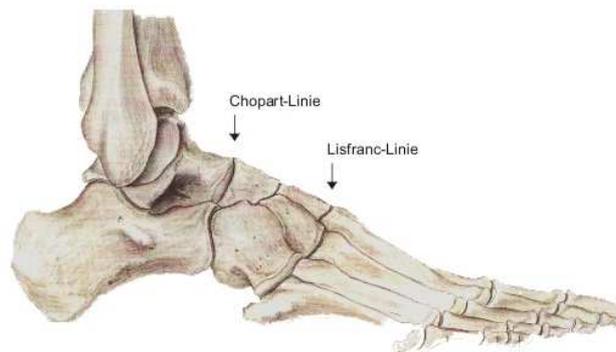


Abb. 2.5: Chopart- und Lisfranc-Gelenklinie

Die *Articulationes tarsometatarsales*, die sog. *Fußwurzel-Mittelfußgelenke*, gelten auf Grund der durch straffe Gelenkverbindungen hervorgerufenen eingeschränkten Beweglichkeit ebenfalls als *Amphiarthrosen*, welche auch hier durch verschiedene Bänder verstärkt werden. Einzig, die beiden lateralen *Tarsometatarsalgelenke* verfügen über eine geringe Beweglichkeit. Die Reihe der Gelenksspalten der *Tarsometatarsalgelenke* wird als *Lisfranc-Gelenklinie* bezeichnet [90].

2.2 Arthrose des Sprunggelenkes und der Rückfußgelenke

Unter Arthrose versteht man eine Verschleißerscheinung an den Gelenken. Hiervon sind etwa 15 Prozent der Weltbevölkerung betroffen. Sie wird zu den metabolischen Läsionen im Bereich der Gelenke gezählt und tritt damit nicht als entzündlich-zelluläre Erkrankung in Erscheinung, sondern beruht auf einer funktionellen Störung der Chondrozyten und/oder der extrazellulären Matrix. Daher wird sie auch als „degenerative Gelenkerkrankung“ (degenerative Arthropathie) bezeichnet. Als weitere Synonyme gelten: Arthrosis deformans, Osteoarthrose und im angloamerikanischen Raum die Osteoarthritis. Die Arthrose kann bis zur kompletten Zerstörung des Gelenkknorpels führen und schlussendlich in ein Gelenkversagen münden, was als terminale Läsion bezeichnet wird. Zum Teil wird die Arthrose in unterschiedlichem Ausmaß von einer Entzündungsreaktion begleitet. Pathogenetisch werden zwei Ätiologien unterschieden: Zum einen die in 95 Prozent der Fälle auftretende primäre oder auch als idiopathisch bezeichnete Arthrose, deren Ursache nicht bekannt und die mit steigendem Lebensalter assoziiert ist. Zum anderen die sekundäre Arthrose (5 Prozent der Fälle), die vorwiegend bei jüngeren Patienten auftritt. Hier spielen eine gestörte Gelenkmechanik auf Grund angeborener Gelenkfehlstellungen, Gelenküberlastung wegen Übergewicht sowie mikro-/makrotraumatische Gelenkschädigungen eine Rolle. Auch Systemerkrankungen, wie beispielsweise Diabetes mellitus, Akromegalie, Hämochromatose oder Hämophilie können ursächlich für eine Arthrose sein. [80]

Pathomechanismus

Der Pathomechanismus wird von zwei sich höchstwahrscheinlich überlagernden Abläufen gesteuert. Einerseits wird über eine chondrozytäre Chondrolyse berichtet, bei der im Rahmen der Arthrose von den Knorpelzellen proinflammatorische Zytokine wie IL-1 und TNF α gebildet werden. Dies führt durch die Abgabe von Metalloproteinasen von den Knorpelzellen in die Extrazellulärmatrix zu einem Abbau von Kollagen Typ II und Proteoglykanen (Aggrecane). Zusätzlich kommt es durch eine Stimulation der Prostaglandinbildung zu einer Aufrechterhaltung der Begleitsynovialitis. Andererseits geht man davon aus, dass

durch die unphysiologische Belastung in den Chondrozyten die Apoptose getriggert wird und es so zu einem Chondrozytenschwund kommt, der dann im Gelenkknorpel in einer numerischen Atrophie der Knorpelzellen mündet. Die Konsequenz beider Mechanismen ist der Verlust der für die Eigenelastizität verantwortlichen Aggrecane. Die mechanische Belastbarkeit sinkt, der Abrieb von oberen und später tieferen Knorpelschichten wird vorangetrieben bis der Knorpel letztendlich verschwindet. Es kommt zur arthrotischen Knorpeldestruktion mit Begleitsynovialitis und subchondraler Knochenverdichtung. Diese Knochenverdichtung ist ein Hinweis auf eine zum Teil stattfindende Reparatur der kleineren gelenknahen Knochendestruktionen.

Morphologische Veränderungen, wie die immer weiter zunehmenden Unebenheiten der Knorpeloberfläche, verursacht durch den Schwund des Knorpelgewebes (radiologisch sichtbar durch eine Gelenkspaltverschmälerung, da das Knorpelgewebe strahlendurchlässige Eigenschaften besitzt), sind schon in frühen Stadien makroskopisch sichtbar. Im Verlauf der Erkrankung kommt es zu tiefen Einrissen in die Knorpelmatrix und der Knorpel beginnt sich Stück für Stück vom darunter liegenden Knochen abzulösen bis schließlich nur noch der blanke subchondrale Knochen zu sehen ist. Schwerpunktmäßig beginnt dieser Vorgang an den Stellen des Gelenks, die die meiste mechanische Belastung zu tragen haben; er setzt sich jedoch im Verlauf der Erkrankung bis zur Randzone fort. Problematisch sind dabei die abgesprengten Knorpelfragmente, da sie über die Synovia in die Synovialmembran gelangen. Hier triggern sie als Fremdkörper die Entzündung der Gelenkinnenhaut („Detritussynovialitis“). Es kommt auf Grund der unphysiologischen Belastung des Knochengewebes zu einer Destruktion und kleineren Frakturen. Dadurch kann nun Synovia in den Markraum gelangen und es entstehen sog. Pseudo- bzw. Geröllzysten, welche radiologisch sehr gut zu erkennen sind. Als weiteres charakteristisches radiologisches Merkmal gelten Osteophyten im Bereich des Gelenkrandes. Hierbei handelt es sich um Exostosen, die durch eine chondroide Metaplasie mit anschließender Verknöcherung aus proliferativ aktivem Bindegewebe in Folge der Begleitsynovialitis am Ansatz der Gelenkkapsel entstanden sind. [80]

Ätiologie

Für die primäre Arthrose wird eine verringerte Belastbarkeit des hyalinen Knorpels auf Grund genetisch bedingter Abweichungen verantwortlich gemacht. Sie äußert sich beispielsweise im oberen Sprunggelenk zu Anfang mit Veränderungen im ventralen Bereich des Gelenks. Die Ausbildung von Osteophyten kann dabei die Dorsalextension des Fußes einschränken. Man spricht daher auch von einem Impingement des oberen Sprunggelenks. Bei Fortschreiten der Erkrankung geht die Arthrose in eine generalisierte Form über, von der das gesamte Gelenk betroffen ist [103].

Arthrosen, die auf Grund bekannter Faktoren entstehen, werden als sekundäre Arthrosen bezeichnet. Diese können verursacht werden durch mechanische, entzündliche, metabolische, chemische, trophische, hormonelle, neurologische oder genetische Störungen. Zu den chemisch bedingten Ursachen zählt unter anderem die Einnahme von Medikamenten wie beispielsweise bestimmter Antibiotika. Gyrasehemmer (Fluorchinolone) führen insbesondere in der Wachstumsphase über die Bildung von Chelatkomplexen mit Mg^{2+} -Ionen im Bereich des Gelenkknorpels und Sehngewebes zu Bindegewebsschäden [30; 64].

Im folgenden Abschnitt sollen einige Ätiologien der sekundären Arthrose näher erklärt werden.

Posttraumatische Arthrose

Die posttraumatische Arthrose ist insgesamt eher selten anzutreffen. Als eine Ursache der Degeneration gilt die direkte Gelenkverletzung. Die eingeschränkte Regenerationsfähigkeit des Knorpels und die durch das Trauma bedingten Unebenheiten sowie der vermehrte Knorpelabrieb bedingen einen chronischen Reizzustand der Synovia. Der infolgedessen permanent vorhandene Gelenkerguss fördert den Knorpelabrieb noch zusätzlich; auch nehmen Gelenkinstabilität und Lockerung des Kapselbandapparats zu. Der „Circulus vitiosus“ schließt sich, indem die chronische Bandinstabilität wiederum zu Reizergüssen und Knorpelabrieb führt. Ein weiterer Prozess, der den Verlust der Knorpelsubstanz in Folge mechanischer Verletzung vorantreibt, spielt sich auf biochemischer

Ebene ab. Autoantigene, meist Proteoglykane, werden aus dem Knorpel freigelegt und führen zu einer Immunantwort. Als frühen Schritt der Arthroseentwicklung wird die Destabilisierung des Kollagennetzwerks, erfasst durch eine immunhistochemisch nachgewiesene veränderte Expression im Tiermodell des Cartilage Oligomeric Matrix Protein (COMP) [60], diskutiert.

Weitere Ursachen für die posttraumatische Arthrose insbesondere im Bereich des Sprunggelenks sind Bandverletzungen, Distorsionen (in der Regel Folge von Supinationstraumata), seltener multiple Mikrotraumata im Rahmen des Leistungssports oder indirekte Schermechanismen bei ligamentärer Instabilität und Gelenkinkongruenz [79]. Sie alle haben eine veränderte mechanische Beanspruchung und somit eine Fehlbelastung der Gelenkfläche zur Folge. Die Entwicklung einer posttraumatischen Arthrose im Bereich des Sprunggelenks ist daher abhängig vom entstandenen Knorpelschaden, dem primären Weichteilschaden, einer Gelenkinkongruenz mit Subluxation des Talus, einer Syndesmoseninsuffizienz, einer Gelenkstufe, einer Verkürzung der Fibula oder einer Rotationsabweichung der Fibula [63]. Zu einer effektiven Therapie gehört es aus diesem Grund auch, Gelenkfehlstellungen, Achsenabweichungen und Instabilitäten zu vermeiden [10]. Inwieweit individuelle Faktoren wie Körpergewicht, Alter, Geschlecht oder muskuläre Imbalance Einfluss auf die Ausprägung einer posttraumatischen Arthrose haben, steht noch zur Diskussion [79].

Rückfußdeformitäten

Eine Fehlbelastung der Fußgelenke durch veränderte Biomechanik kann nicht nur – wie oben beschrieben – Folgen eines Traumas und deren Korrektur, sondern auch die langfristige Auswirkung einer Deformität sein. Darunter fallen unter anderem die Abweichungen des Fußlängsgewölbes im Sinne einer Abflachung oder Erhöhung (zum Beispiel Pes planus, Pes cavus), ein vergrößerter oder verminderter Winkel zwischen Unterschenkel und Talus (zum Beispiel Pes equinus, Pes calcaneus) oder eine Abweichung der Achse des Rückfußes von der als normal geltenden 5°-Valgusstellung von Ferse zu Unterschenkel (Bsp.: Knickfuß) wie auch die verschiedensten Kombinationen daraus [103]. Als ätiologisch verantwortlich gelten hereditäre, idiopathische aber auch sekundäre

Veränderungen im Rahmen einer bekannten Grunderkrankung, bei der es zu neurogen-, myogen-, osteogen-, traumatisch-, entzündlich- oder rheumatisch-bedingten Fehlstellungen kommen kann [103].

Hier nun einige Beispiele für angeborene oder erworbene Rückfußdeformitäten. Beim **Senk-** bzw. **Plattfuß** (Pes planus) handelt es sich um eine mediale Abflachung des Fußlängsgewölbes im Stehen, mit daraus resultierender Vorfußabweichung nach lateral. Diese Fehlbildung tritt einerseits infolge einer angeborenen Bänderschwäche, andererseits durch Degeneration an der Tibialis-posterior-Sehne bei älteren Menschen auf. Eine Insuffizienz des Pfannenbandes führt zum Abrutschen des Talushalses zusammen mit Os naviculare, Os cuneiforme mediale und Os metatarsale I nach medial und plantar. Die Folge: der Fußinnenrand liegt dem Boden auf. Im Spätstadium des Altersplattfußes kann eine Arthrose im Bereich der Fußwurzelgelenke auftreten [103].

Liegt der Winkel zwischen Ferse und Unterschenkel über 5°-Valgusstellung, spricht man von einem **Knickfuß** (Pes valgus). Ätiologisch liegt auch hier eine Bandschwäche zu Grunde. Diese kann zum einen vom Subtalargelenk ausgehen, aber auch durch einen verminderten Zug der Tibialis-posterior-Sehne verursacht sein. Es kommt zu einer verminderten Inversion im Bereich des Subtalargelenks und damit zu einem Abknicken nach medial. Der Knickfuß ist häufig mit dem Plattfuß vergesellschaftet (Pes planovalgus) [59; 103].

Ein Knick-Senk-Fuß wird häufig bei Kindern innerhalb der ersten vier Lebensjahre beobachtet, in denen die vermehrte Valgusstellung im Sprunggelenk durch noch eine etwas unterentwickelte Unterschenkelmuskulatur bedingt ist. Zudem ist das Fußlängsgewölbe zu diesem Zeitpunkt noch nicht vollständig ausgebildet [59]. Auch neurologische Erkrankungen, wie beispielsweise eine infantile Zerebralparese oder eine Meningomyelozele, aber auch angeborene Synostosen, also knöchernes Fehlwachstum, kommen – jedoch eher selten – als verursachende Grunderkrankung in Frage [59].

Unter einem **Hohlfuß** (Pes cavus, Pes excavatus, Pes arcuatus) versteht man eine übernormale Ausbildung des Fußlängsgewölbes mit Schwerpunkt medial.

Einige verschiedene Ursachen können einen Hohlfuß hervorrufen. Dazu gehören die angeborene Fehlbildung im Rahmen einer Vererbung oder zusammen mit anderen Missbildungen, schlaffe Lähmungen (zum Beispiel spinale Kinderlähmung), spastische Lähmungen bei verschiedenen Hirn- und Rückenmarkserkrankungen (zum Beispiel Friedreich-Ataxie), Überwiegen einzelner Muskelgruppen, Überarbeitung eines Fußes bei geschädigtem anderen. Die Fußstellung ist durch einen veränderten Winkel zwischen Talus und Metatarsale I geprägt. Anstatt der normalen parallelen Lage, bilden sie einen nach vorne offenen Winkel. Zum Teil neigt der Rückfuß durch einen tieferen Großzehenballen und die Überhöhung des inneren Längsgewölbes zur Supinationsstellung, der Vorfuß steht dazu in Pronationsstellung. Die Patienten leiden zusätzlich oft unter einem Hallux valgus oder Krallenzehen. Eine Steilstellung des Calcaneus (auch als Hackenhohlfuß bzw. Pes calcaneus excavatus bezeichnet) kann vereinzelt auch als Ursache für einen Hohlfuß angesehen werden [103].

Der **Sichelfuß**, eine häufige Fußdeformität bei Kindern, betrifft in erster Linie den Vor- und Mittelfuß. Er ist durch eine Vorfußadduktion, welche unter anderem durch einen intrauterinen Raummangel verursacht werden kann, gekennzeichnet. Eine zufrieden stellende Klärung der Ätiologie steht jedoch noch aus. Kommt zudem noch eine übermäßige Valgusstellung im Rückfuß hinzu, spricht man von einem Serpentinenuß [69].

Eine weitere angeborene Fehlbildung gilt als zweithäufigste Skelettfehlbildung und häufigste Fußdeformität bei Säuglingen (Häufigkeit: 3:1000). Der **Klumpfuß**, Pes equino-varus-adductus (et excavatus), besteht aus einer Kombination aus drei Fehlstellungen. Es handelt sich dabei um eine Spitzfußstellung im oberen Sprunggelenk, eine Inversion der Ferse und eine Vorfußadduktion. Er stellt damit eine komplexe Deformation zusammengesetzt aus Pes equinus, Pes varus und Pes adductus dar. Betroffen ist davon der Gelenkkomplex im Bereich talocalcaneal, talonavicular und calcaneocuboidal mit Gelenkkapselkontrakturen und Sehnenverkürzungen. Neuromuskuläre Erkrankungen, wie Spina bifida, Sakraldysgenese, -agenese, infantile Zerebralparese, Muskeldystrophie und

Arthrogryposis multiplex congenita sind bekannte Grunderkrankungen, die mit dem Auftreten eines Klumpfußes vergesellschaftet sind. Ein Muskelungleichgewicht sorgt hier für ein Überwiegen der Supinatoren und Flexoren. Ferner kann auch eine intrauterine Zwangslage der Auslöser sein. Aber auch idiopathisches Auftreten kommt vor. Diese Form der Fehlstellung muss umgehend konservativ und operativ korrigiert werden. Eine persistierende Fehlstellung könnte durch die anhaltende pathologische Belastung eine Arthrose im oberen und/oder unteren Sprunggelenk bereits ab dem zweiten bis dritten Lebensjahrzehnt entstehen lassen. [59]

Der **Spitzfuß** (Pes equinus) kann auch isoliert auftreten. Die Dorsalextension im oberen Sprunggelenk ist dabei auf weniger als die Neutralstellung reduziert, die Wadenmuskulatur verkürzt. Ein normaler Abrollvorgang beim Gehen findet nicht statt, es wird überwiegend der Vorfuß belastet [25]. Ätiologisch sind auch hier wieder neurologische Erkrankungen, wie spastische Diplegie, kaudales Regressionssyndrom oder Friedreich-Ataxie zu nennen, aber auch idiopathische, kompensatorische (zum Beinlängenausgleich), posttraumatische (Muskel-/Knochenverletzung, nach Kompartmentsyndrom mit Fußheberschwäche) oder postinfektiöse (Gelenkinfektionen mit Ankylosen) Ursachen sind möglich [25]. Eine dagegen verstärkte Dorsalextension ist das Problem des **Hackenfußes** (Pes calcaneus). Sie kann Folge einer Schwäche der Wadenmuskulatur sein [25; 103].

Sämtliche genannten Deformierungen führen jedoch nicht zwangsläufig zu Beschwerden oder der Entwicklung einer Arthrose. Je nach Schwere der Deformität und der daraus resultierenden unphysiologischen Belastung auf das Gelenk kommt es zu mehr oder weniger schweren Folgeerkrankungen, die dann auch einer Therapie bedürfen [103].

Diabetische Neuro-Osteoarthropathie

Die diabetische Neuro-Osteoarthropathie (DNOAP) stellt eine komplexe und dramatische Komplikation des Diabetes mellitus dar. Definiert werden kann sie als progressive und destruktive Arthropathie einzelner oder multipler Gelenke und/oder Knochen infolge einer zugrunde liegenden Neuropathie. Die Inzidenz wird bei Fabrin et al. (2000) [32], mit ca. 0,3 Prozent pro Jahr angegeben. Bei einem Viertel der Patienten tritt die DNOAP bilateral auf, mit Schwerpunkt an den Gelenken von Fuß und Knöchel. Pathophysiologisch werden zwei verschiedene Theorien, die die Entstehung einer DNOAP erklären sollen, vertreten. Grundlage beider Theorien ist die diabetische Neuropathie. Einerseits soll es durch die verminderte bzw. verloren gegangene Sensibilität und Sensomotorik zu anhaltenden Fehlbelastungen des Fußes kommen (fehlende intakte Tiefensensibilität bewirkt einen Wegfall der das Gelenk stabilisierenden Muskel-funktion [101]), wodurch die Entstehung von Mikro- und Makrotraumata begünstigt werden soll (neurotraumatische Theorie); eine Lockerung des Bandapparates und Dislokationen sind die Folgen. Diese Traumata werden als eine wesentliche Voraussetzung für die Entstehung einer Osteoarthropathie bezeichnet. Andererseits wird die Theorie vertreten, dass es infolge einer autonomen Neuropathie zu einem Verlust des Sympathikotonus mit resultierender Vasodilatation und vermehrtem peripherem Blutfluss kommt [8]; auch als „Autosympathektomie“ bezeichnet [102]. Durch die Hyperämie wird vermehrt Calcium aus den Knochen ausgewaschen und die aktive Knochenresorption durch Osteoklasten gesteigert. Die Osteopenie entsteht, und mit ihr die sekundären Phänomene Trauma und Gelenkzerstörung [18]. Diese Möglichkeit der Erklärung wird als neurovaskuläre Theorie bezeichnet. Einige Autoren halten die Kombination der beider Theorien für das richtige Argument. Demnach ist die entstandene Osteopenie in Kombination mit der gestörten Sensibilität die Ursache für die leicht auftretenden Mikro- und Makrotraumata. Aufgrund der Neuropathie entsteht kaum eine Schmerzwahrnehmung und die mechanische Belastung wird auch bei Knochenverletzungen fortgesetzt. Die Folge sind massive Destruktionen, Subluxationen und Luxationen. Symptome sind als Zeichen der Hyperämie, die auch reaktiv durch ein Trauma ausgelöst sein kann, deutliche Schwellung, er-

höhte Hauttemperatur und Entzündungsreaktionen [102]. Die akute, inflammatorische Phase der DNOAP wird als akuter Charcot-Fuß bezeichnet. [6; 36; 87] Die Diagnose wird klinisch und anhand einer Nativ-Röntgenaufnahme gestellt. Zu finden sind unerkannte Frakturen, ossäre Destruktionen, deutliche Demineralisation und Osteolysen. Auch Exostosen, periostale Proliferationen, ossäre Neubildungen, Luxationen, Knochenfragmente und Infraktionen werden beobachtet [67]. Fünf verschiedene Befallsmuster werden bei der DNOAP von Sanders (2001) beschrieben [87]: I. Interphalangealgelenke, Metatarso-Phalangealgelenke, Metatarsalia; II. Tarso-Metatarsalgelenke (Lisfranc-Linie); III. Cuneonaviculargelenk, Talonaviculargelenk, Calcaneocuboidgelenk (Chopart-Linie); IV. Sprunggelenke; V. Calcaneus.

Die Therapie der diabetischen Neuro-Osteoarthropathie hat die Verhinderung einer weiteren Traumatisierung und Gelenkdestruktion sowie den Erhalt der Funktion des Fußes zum Ziel [102]. Dies wird zu Beginn mit konservativen Maßnahmen und im fortgeschrittenen Stadium operativ versucht. Indikationen zur Operation sind schwere Deformitäten des Fußes, Gelenkinstabilität, drohende Hautperforation aufgrund frakturbedingter Dislokation und rezidivierende Ulzera über pathologischen Knochenvorsprüngen [81]. Die Indikation zur Arthrodesse muss streng gestellt werden, da die Erfolgsaussichten aufgrund der massiv fortschreitenden Destruktion durch die Erkrankung gering sind [94].

Chronische Polyarthrit (CP)

Die Fußbeteiligung im Rahmen einer rheumatischen Erkrankung, hauptsächlich bei der chronischen Polyarthrit (Syn.: rheumatoide Arthritis), kommt bei 85 bis 100 Prozent der Patienten vor [28; 77; 78]. Das obere Sprunggelenk sowie das Subtalargelenk sind in 30 bis 50 Prozent, die Fußwurzel und Mittelfußgelenke in 40 bis 60 Prozent von der Erkrankung betroffen [37]. Veränderungen an Subtalar- und Talonaviculargelenk treten als erstes in Erscheinung [28]. In einer Studie von Haas et al. (1999) zeigte sich bei 97 Prozent der Patienten eine Progression der Deformität mit Veränderungen der Fußstatik; insbesondere der Befall des Großzehengrundgelenks (57 Prozent) und der Tarsometatarsalgelenke der Lisfranc-Gelenklinie standen dabei im Vordergrund [42]. Die charakteristi-

sche Fußdeformität des Patienten mit rheumatoider Arthritis ist der Knick-Platt-Fuß bzw. Pes planovalgus. Klinisch zeigt sich eine Ferseneversion, eine Abflachung des Fußlängsgewölbes, eine Abduktion des Mittel- und Vorfußes sowie ein Spreizfuß mit Ausbildung unterschiedlicher Zehendeformitäten (zum Beispiel Hallux valgus, Krallenzehe, Klauenzehe) [28; 37]. Ätiologisch werden dafür im Frühstadium der Erkrankung auftretende schmerzhafte Gelenkergüsse, die einerseits für eine Knorpeldestruktion sorgen und andererseits eine Distension der Ligamente und Kapseln verursachen, verantwortlich gemacht. Zusätzlich wird der Pathomechanismus noch durch insuffizient gewordene oder zerstörte Sehnen verstärkt [28; 78]. Es handelt sich dabei neben den Schädigungen der kapsuloligamentären Strukturen in erster Linie um eine Artikulosynovialitis im Talonaviculargelenk und eine Dysfunktion der Tibialis-posterior-Sehne (zum Beispiel durch eine Tenosynovialitis), die durch Abrutschen des Taluskopfes nach medioplantar und Eversion des Subtalargelenks zu den charakteristischen Fehlstellungen führen [44].

Neben einer frühzeitigen konservativen Therapie stehen operative Möglichkeiten wie die Tendosynovialektomie, die Artikulosynovialektomie des oberen Sprunggelenks sowie die Versorgung mittels Arthrodesen und Endoprothese zur Verfügung. Besonders die frühzeitige talonaviculare Arthrodesen steht hierbei im Vordergrund [38]; unter anderem präventiv zur Verhinderung eines rheumatischen Plattfußes. Subtalare Arthrodesen in Kombination mit der Versteifung im talonavicularen Gelenk sind nötig, um bei einer kontrakten Rückfußdeformität die Rückfußversion zu korrigieren; bei zusätzlicher Beteiligung des Calcaneocuboidgelenks wird eine Triplearthrodesen nötig. Im Bereich des oberen Sprunggelenks ist die Endoprothese bei Erkrankungen aus dem rheumatoiden Formenkreis vorzuziehen, da hierdurch eine Beweglichkeit im oberen Sprunggelenk erhalten werden kann [44].

Weitere Osteoarthropathie-Ätiologien

Neben den zuvor genannten Ursachen einer Arthrose gibt es noch einige weitere, wesentlich seltenere Erkrankungen, die im Rahmen einer Osteoarthropathie knorpeldestruierende Vorgänge fördern.

Im Bereich des metabolischen Formenkreises wurde bereits die diabetische Neuro-Osteoarthropathie näher beschrieben. Die durch eine Purinstoffwechselstörung ausgelöste Arthritis urica führt bei Chronizität zu einer sekundären Arthrose mit Knorpel- und Knochenzerstörung (Gichtarthropathie) [80]. Als häufigste metabolische Arthropathie wird die Calciumpyrophosphat-Arthropathie beschrieben. Infolge Ablagerungen von Calciumpyrophosphatdihydrat-Kristallen kommt es zu radiologisch fassbaren Verkalkungen von Gelenkknorpel, Synovialmembran und Menisken [80].

Auch eine Hämophilie (vererbare Blutungsneigung bei Mangel an Gerinnungsfaktoren) kann die Entstehungsursache einer sekundären Arthrose sein. Am häufigsten sind die Knie-, Ellenbogen- und Sprunggelenke betroffen. Die Entwicklung der hämophilen Arthropathie beginnt mit einer initialen Blutung in der Synovia als Folge des Mangels an Gerinnungsfaktoren. Es kommt zu einer Entzündung der Gelenkschleimhaut mit daraus resultierenden weiteren Blutungen. Können diese nicht gestoppt werden, wird der Gelenkknorpel zerstört und die hämophile Arthropathie entsteht [57; 72].

Wie aus vorangegangenen Beispielen ersichtlich ist, können der Entwicklung einer sekundären Arthrose viele verschiedene Ätiologien zugrunde liegen. Ihnen allen ist jedoch gemeinsam, dass die Arthrose von der Einwirkzeit des schädigenden Faktors abhängig ist, der sich direkt proportional zum arthrotischen Schädigungsgrad des Gelenks verhält [46].

Symptome

Der anfängliche Verlauf der Arthrose ist klinisch meist stumm. Trotz radiologisch nachweisbarem Befund leiden nur ca. 30 Prozent der Patienten an einer Schmerzsymptomatik. Anlauf- oder Startschmerz nach einer körperlichen Ruhephase, Ermüdungsschmerz wegen Fehlbelastungen der Muskulatur und Belastungsschmerz stellen die Erstsymptome dar. Man spricht dann auch von einer manifesten Arthrose [33]. Die Ursachen des Schmerzes sind mechanische Stimuli, die durch eine gestörte Gelenkmechanik mit Kapseldehnung bzw. Druckerhöhung im Gelenk bedingt sind. Auch chemische Stimuli, wie die Freisetzung von Entzündungsmediatoren – betroffen sind davon alle Gelenkstrukturen, zum Beispiel Synovialmembran, Kapsel und periartikuläre Strukturen (Sehnen, Bänder, Bursae), Muskulatur und Periost – tragen zur Entstehung der Schmerzsymptomatik bei. Häufig kommen zudem noch Allgemeinsymptome wie Morgensteifigkeit (Dauer: weniger als 30 Minuten), Wetterfühligkeit, Kälteempfindlichkeit und spürbare Krepitationen (Knochenreiben) bei aktiver Bewegung hinzu [33]. Der Begriff der „aktivierten Arthrose“ beschreibt eine zusätzlich auftretende synovitische Gelenkschwellung oder einen Gelenkerguss. Geht die Arthrose im weiteren Verlauf der Erkrankung in ein dekompensiertes Stadium über, leiden die Patienten unter Ruhe-, Dauer- und auch Nachtschmerz (sog. Spättrias). Typisch ist dabei ein schubhafter oder saltierender Verlauf. Die Klinik des Spätstadiums ist gekennzeichnet durch Gelenkdeformierung infolge ossärer Verdickung und daraus resultierender Gelenkinstabilität, Muskelatrophie und Muskelkontrakturen, geringe Belastungstoleranz, periartikuläre Druckdolenz aufgrund Insertionstendopathien und Bursitiden im Rahmen der Fehlbelastung und die Versteifung des Gelenks [33].

Am Beispiel des oberen Sprunggelenks äußern sich daher im Rahmen einer Arthrose unter anderem folgende Symptome: Schmerzen bei Dorsalextension, wie beispielsweise beim Treppensteigen, Bergaufgehen oder Abrollen, Druckdolenz über dem ventralen Gelenkspalt, eventuell Schwellung im Bereich des Gelenks sowie eine eingeschränkte Dorsalextension [103].

Diagnostik

Eine differentialdiagnostische Abgrenzung ist anhand der Klinik nicht immer eindeutig. Beispielsweise fällt die Unterscheidung zu einem mono- bzw. oligoartikulärem Verlauf der rheumatoiden Arthritis oder der seronegativen Arthritiden gelegentlich schwer [33]. Das akute Auftreten einer Kristallarthropathie (Arthritis urica, Chondrokalzinose) zeigt dagegen oft eindeutige klinische Symptome wie Überwärmung, Rötung, heftige Schmerzen im betroffenen Gelenk. Im Zweifelsfall kann hierbei eine Synovialanalyse zur Abgrenzung der Arthrose hilfreich sein [33].

Spezifische Laborwerte existieren für die Arthrose nicht. Gelegentlich finden sich bei einer aktivierten Arthrose mäßige Erhöhungen von CRP und BSG als Ausdruck der Akutphase-Reaktion [33].

Eine wesentliche Säule in der Diagnostik nimmt daher die Nativ-Röntgenaufnahme ein. Einige charakteristische radiologische Veränderungen gehen mit dem Grad der Knorpel- und Gelenkdegeneration einher [101]. Am Anfang steht der Verlust des Knorpels, welcher aufgrund der fehlenden Dichtigkeit der Knorpelsubstanz für Röntgenstrahlen als eine Verschmälerung des Gelenkspalts auffällt. Die weiterhin sich entwickelnde reaktive subchondrale Knochenneubildung wird im Röntgenbild als subchondrale Sklerosierung bezeichnet. Zunehmend kommt es dann zu einer Knochenproliferation am Gelenkrand, den Osteophyten. Der letzte Schritt ist das Eindringen von Synovialflüssigkeit. Die dabei entstehenden subchondralen bzw. gelenknahen Zysten werden auch als „Geröllzysten“ bezeichnet und gehören ebenfalls zu den charakteristischen Röntgenzeichen [101]. Zum Teil sind Kapselverknöcherungen oder durch Abschilferung entstandene freie Gelenkkörper im Röntgenbild sichtbar. Wichtig an dieser Stelle zu erwähnen ist noch, dass bei fehlender klinischer Symptomatik rein radiologische Veränderungen keinen Krankheitswert darstellen (vgl. Abbildung 2.6 und 2.7) [33; 101].



Abb. 2.6: Degenerative Veränderungen im OSG



Abb. 2.7: Gesunder Fuß zum Vergleich

2.3 Therapieoptionen

Konservative Therapie

Zu Beginn der Behandlung der Arthrose stehen konservative Therapieprinzipien. Da die Hemmung der Arthrosetherapie in klinisch-relevantem Ausmaß bis zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht möglich ist, liegt das primäre Therapieziel in der Schmerzreduktion und im Erhalt der Gelenkfunktion [16]. Im Frühstadium der Erkrankung zielt daher die Therapie am Fuß auf eine Normalisierung der Gelenkfunktion durch Unterbindung der reaktiven Reizsituation [46]. Eine adäquate Schmerzbehandlung kann vorzeitige Behinderung durch Immobilität und körperliche Schonung positiv beeinflussen; sie ist unabdingbar für eine suffiziente Bewegungstherapie. Andauernde Immobilisation führt zur Muskelatrophie und zu verminderter Beweglichkeit im Gelenk [15].

Konservative Therapieansätze bestehen aus der Kombination von pharmakologischen und nichtpharmakologischen Möglichkeiten. Paracetamol und nichtsteroidale Antirheumatika (NSAR) inklusive der Coxibe sind wichtige Bestandteile der pharmakologischen Säule. Eine Vielzahl an nichtmedikamentösen Maßnahmen, wie Krankengymnastik und Übungstherapien zur Erhöhung der Beweglichkeit der betroffenen Gelenke und Stärkung von Muskulatur, Kapsel und Bänder, schuorthopädische Versorgung zur Optimierung der Krafteinleitung auf den Fuß sowie physikalische Therapien (Thermotherapie, Ultraschallanwendung, Elektrotherapie), stehen hierbei zur Verfügung [15; 16; 24; 46; 55; 58].

Operative Therapie

Kommt es aufgrund struktureller Gelenkveränderungen zum Verlust der Bewegungsfunktion und/oder liegt eine konservativ nicht beherrschbare Schmerzsituation vor, muss eine operative Therapie durchgeführt werden. Für die fortgeschrittene Arthrose in den Rückfußgelenken gilt noch immer die Arthrodese als Goldstandard. Im Bereich des Sprunggelenks gewinnt auch die endoprothetische Versorgung zunehmend an Bedeutung.

Der Begriff Arthrodese ist aus dem Griechischen abgeleitet und bedeutet soviel wie Gelenkbindung. Ziele der Arthrodese sind deutliche Schmerzlinderung für

den Patienten, Korrektur von Fehlstellungen und Instabilitäten [28; 104]. Dabei wird der Gelenkspalt völlig aufgehoben. Eine der ersten operativen Versteifungen eines Gelenks wurde von Ladislaus Leo Freiherr von Lesser (1879) durchgeführt. Lesser versuchte damals durch eine Abtragung der knorpeligen Flächen und Fixierung mittels Metallnagel am oberen Sprunggelenk eine Stellungskorrektur des Fußes bei einem Patient mit Klauenhohlfuß zu erreichen [5]. Seit dieser Zeit wurden in der Literatur bis zu 40 verschiedene Operationsverfahren beschrieben. Das Prinzip der heute angewandten Methoden ist jedoch immer dasselbe. Es beinhaltet die Kompression der Gelenkflächen, die im Wesentlichen von der Schaffung vitaler, spongiöser Oberflächen, der Kompression der Resektionsflächen und einer möglichst festen Fixation der Arthrodesen abhängig zu sein scheint [73; 74; 104].

Oberes Sprunggelenk

Im Bereich des oberen Sprunggelenks gelten die externe Kompressionsarthrodesen mit Fixateur externe und die interne Kompression mittels Schraubennarthrodesen als gebräuchliche Verfahren. Im direkten Vergleich schneidet jedoch die interne Schraubenfixation mit besseren Ergebnissen ab [49]. Als Vorteile gegenüber der Kompressionsarthrodesen mittels Fixateur externe werden die verkürzte Ruhigstellungszeit (2 bis 3 Monate), die kürzere Behandlungsdauer, die rasche Konsolidierung, die schnellere Schmerzlinderung und die positivere subjektive Gesamtbeurteilung durch den Patienten genannt [49]. Auch die Komplikationshäufigkeit der Schraubenfixation wird mit 13 bis 29 Prozent deutlich niedriger angegeben als beim Fixateur externe (43 bis 61 Prozent). Komplikationen wie Pseudarthrosenbildung, vorzeitige Metalllockerung und Pin-Infektionen kommen dabei zum Tragen. Einzig bei einer Infektproblematik zeigt das Vorgehen mit Fixateur externe Vorteile und hat daher an dieser Stelle seine Berechtigung [49].

Das operative Vorgehen besteht aus einer ausreichenden Entknorpelung der Gelenkflächen an Tibia und Talus mittels oszillierender Säge bei Rechtwinkelstellung im oberen Sprunggelenk und Neutralposition in der Frontalebene und anschließender Platzierung einer Spongiosaschraube. Der Fuß sollte dabei

möglichst in nachstehender Position eingestellt werden: Valgusstellung des Rückfußes von 3-5°, Neutralstellung in der Flexions-/Extensionsebene und eine Außenrotation von 5-10°. Sie hat sich in der Literatur als günstig erwiesen. Die Nachbehandlung bei der Schraubenfixation gestaltet sich wie folgt: 6-wöchige Immobilisation im Gipsverband, erste Röntgenkontrolle, bei zeitgerechter Konsolidierung Übergang auf einen Gehgips mit Teilbelastung von 15-20 kg für weitere sechs Wochen [28; 49; 98].

Weiterhin beschrieben ist der Einsatz von Blount'schen Klammern und autologen Knochenspänen, die Kombination von medialem Fibulaspan und lateralen Klammern (Chevron Fusion), ein um 90° rotierter Knochenzylinder aus dem oberen Sprunggelenk, die Verriegelungsarthrodese mit Tibiaspan, die Seilzugarthrodese, die Fixation mit Stapilizern und der Gebrauch des Marknagels nach Küntscher. Vereinzelt konnten auch zufrieden stellende Ergebnisse mit der Distraktionskompressionsarthrodese mittels Knochenspan aus dem Os ilium erzielt werden. Nach Anderson et al. (2005) scheint besonders für Patienten mit rheumatoider Arthritis eine retrograde intramedulläre Nagelung eine sichere Option zu sein [4].

Auch arthroskopische Operationstechniken, wie die arthroskopisch assistierte Arthrodese (AAA), sind möglich. Sie gilt ebenfalls als etabliertes Therapieverfahren der fortgeschrittenen Arthrose im oberen Sprunggelenk [47; 49]. Hier wird zunächst die Synovialitis, ventrale Tibiaosteophyten und dann der Gelenknorpel über einen anterolateralen und anteromedialen Zugang reseziert. Ein posterolateraler Zugang ermöglicht das Erreichen von dorsalen Gelenkabschnitten. Zwei perkutan eingebrachte Spongiosazugschrauben sorgen für die Fixierung. Die zuvor durchgeführte Anfrischung der Gelenkpartner soll für eine schnelle Durchbauung sorgen [47; 49]. Die Vorteile dieser Methode liegen in einer schnelleren Mobilisation des Patienten, einem geringeren Infektionsrisiko, geringeren Weichteilschäden, verringertem postoperativem Schmerz, verkürzter Fusionszeit bei höheren Fusionsraten und gutem kosmetischem Befund [47; 49]. Allerdings ist eine Achsenkorrektur kaum möglich, daher sollte diese Operationsmethode nur bei Patienten ohne manifeste Fehlstellung oder Substanz-

defekten der Gelenkpartner erfolgen. Eine Studie von Jerosch (2005) hat ergeben, dass es bei 31 von 35 derart behandelten Patienten zu einer knöchernen Fusion kam [47; 49].

Als Vorteile der Arthrodese des oberen Sprunggelenks wird unter anderem die suffiziente Schmerzreduktion genannt; in der Literatur wird sie mit Werten von bis zu 80 Prozent angegeben [49; 83]. Ein weiterer wichtiger Punkt ist die Möglichkeit zur Korrektur von Fehlstellungen, was zu einer Verbesserung des Gangbilds führt [83]. Auch die erleichterte Fußabwicklung durch die kompensatorische Mehrbeweglichkeit der noch intakten intermetatarsalen Gelenke sowie aus Sicht der Patienten eine Verbesserung der Gangsicherheit, des Treppensteigens und der Sportausübung sind wichtige Aspekte im Erhalt der Lebensqualität. Die Arthrodese gilt zudem noch als ultima ratio bei fehlgeschlagener Implantation einer Endoprothese. Sie kann auch dann noch immer durchgeführt werden (vgl. Abbildung 2.8 und 2.9) [49; 83].



Abb. 2.8: OSG Arthrodese



Abb. 2.9: OSG Arthrodese

Operative Versteifung der restlichen Rückfußgelenke

Die Arthrodesis wird nicht nur im Bereich des oberen Sprunggelenks durchgeführt, sondern kann an sämtlichen Gelenken des Fußes zum Einsatz kommen. Hier nun einige Beispiele:

Schmerzhafte Arthrose im unteren Sprunggelenk beispielsweise nach einer Calcaneusfraktur [76] oder im Rahmen einer rheumatoiden Genese stellen typische Indikationen für eine Subtalar-Arthrodesis dar. Es soll die Rückfußstellung korrigiert und der Gelenkwinkel wieder hergestellt werden; dabei kommt zeitweise ein cortigospongiöser Span zum Einsatz. Nach einer Versteifung im Subtalargelenk ist die Beweglichkeit im Chopartgelenk noch immer vorhanden (vgl. Abbildung 2.10) [28].

Arthrose, die durch eine Taluskopffraktur, einen Bruch des Os naviculare oder eine fehlerheilte Chopart-Luxationsfraktur zustande gekommen ist, kann eine isolierte Talonaviculargelenksarthrose nötig machen. Auch die Prävention im Rahmen einer rheumatoiden Grunderkrankung oder andere degenerative Prozesse gelten als Indikation. Wichtig ist in diesem Zusammenhang die Wiederherstellung der Länge der medialen Fußsäule. Kleinfragmentspongiosaschrauben sorgen hier für die Fusion [17; 105; 106]. Das Talonaviculargelenk bewirkt die Kraftüberleitung und Vermittlung von Eversion und Inversion an den Vorfuß und gilt als Schlüssel der Rückfußbeweglichkeit. Durch seine Interaktion mit der vorderen Kammer des Subtalargelenks und dem Calcaneocuboidgelenk macht sich eine Fehlfunktion in erheblichem Ausmaß in den Nachbargelenken und der globalen Fußfunktion bemerkbar [77]. Seine Versteifung führt daher zu einer wesentlichen Einschränkung der Beweglichkeit im Chopart- und Subtalargelenk. So ist zum Beispiel die Bewegung im Subtalargelenk nach einer Arthrodesis im Chopartgelenk nicht mehr möglich (vgl. Abbildung 2.11) [28; 77].



Abb. 2.10: Subtalar-Arthrodese



Abb. 2.11: Talonavicular-Arthrodese

Eine kombinierte Arthrodese im oberen und unteren Sprunggelenk ist beispielsweise bei einer posttraumatischen Arthrose in Folge einer schweren Talustrümmerfraktur indiziert [92]. Häufig wird dabei nicht das ganze untere Sprunggelenk, sondern nur die hintere Kammer, das Subtalargelenk, mit in die Versteifung einbezogen. Man spricht daher von einer tibiotalocalcanearen (TTC-) oder auch OSG-/Subtalar-Arthrodese. Werden die Gelenke dabei in Neutralposition versteift, kommt es zu einem Verlust der In- und Eversion von 50 bzw. 48 Prozent [28] (vgl. Abbildung 2.12).

Bei Patienten, die unter den Folgen einer rheumatoiden Arthritis leiden, hat bei Anderson et al. (2005) die Behandlung mit einem retrograden intramedullären Nagel zufrieden stellende Ergebnisse gebracht [4].

Eine weitere Kombinationsarthrodese stellt die Triple-Arthrodese dar. Sie beinhaltet die Versteifung von Subtalargelenk und Chopartgelenk (Calcaneocuboidgelenk und Talonaviculargelenk) [27]. Das Indikationsspektrum umfasst neurogene Deformitäten (spastisch, schlaff, progredient, stationär), posttraumatische Deformitäten (ossär, myogen), Kompartmentsyndrome verschiedener Ursachen, Deformitäten nach Infektionen und Tumoren, degenerative Deformitäten, Charcot-Gelenke, Instabilitäten und Restzustände nach angeborenen Deformitäten (schwerer Knickplattfuß, Klumpfüße, ossäre Spitzfüße, Hackenfüße) [27; 28; 103].

Die Triple-Arthrodese erlaubt eine Rückfußkorrektur in allen drei Ebenen des Raums (sagital, frontal und transversal) [27]. Das Talonaviculargelenk nimmt dabei eine Schlüsselrolle ein. Es besitzt das größte Bewegungsausmaß der drei

Gelenke. Durch seine Versteifung in Kombination mit den beiden anderen kommt es zu einer wesentlichen Einschränkung des Bewegungsumfangs der restlichen, nicht fusionierten Gelenke [7].

Infolge der Stabilisierung der Rückfußgelenke ändert sich die Fußfunktion. Die Anpassung an Bodenunebenheiten muss nun durch den Vorfuß und das obere Sprunggelenk ermöglicht werden. Die Dämpfungsfunktionen des Fußes sind vermindert. Eine stabilisierende Rückfußinversion durch die Plantaraponeurose erfolgt nur noch vom Vorfuß aus. Auch die Belastung des oberen Sprunggelenks kann nicht mehr variiert werden, sondern ist strukturell festgelegt. Eine wichtige Voraussetzung für ein erfolgreiches Korrekturverfahren ist daher die erhaltene Integrität des oberen Sprunggelenks (vgl. Abbildung 2.13) [27].



Abb. 2.12: TTC-Arthrodesese



Abb. 2.13: Triple-Arthrodesese

Als letztes soll an dieser Stelle noch die Pantalar-Arthrodesese Erwähnung finden. Bei dieser Form der Versteifung kommt neben den bei der Triple-Arthrodesese betroffenen Gelenken noch die Arthrodesese des oberen Sprunggelenks hinzu. Folgende Rückfußgelenke sind daher versteift: oberes Sprunggelenk, unteres Sprunggelenk, Talonaviculargelenk, Calcaneocuboidgelenk. Ausgeprägte Fußdeformitäten, zum Beispiel bedingt durch eine chronische Polyarthrit, einen erworbenen Pes planovalgus oder einen Pes equino-varus-adductus (Klumpfuß), können einen solchen Eingriff nötig machen. Aber auch bei strukturellen Veränderungen am oberen Sprunggelenk nach Triple-Arthrodesese wird die Vorgehensweise angewandt (vgl. Abbildung 2.14) [27].



Abb. 2.14: Pantalar-Arthrodese

Grundsätzlich gilt: Die operative Behandlung der Arthrose im Bereich des Rückfußes in Form einer Arthrodese kann nur dann erfolgreich sein, wenn eine Korrektur der Deformität des Rückfußes gelingt. Für eine befriedigende Gehfunktion und ein möglichst beschwerdearmes Ergebnis muss die Wiederherstellung der Rückfußgeometrie anatomiegerecht sein und eine stabile und plantigrade Fußposition ermöglichen. Zudem muss eine ausreichende Beachtung der bisherigen Vorbehandlungen, der aktuellen Weichteilsituation, des neurovaskulären Status, der Komponenten der Fehlstellung und des Ausmaßes des Gelenkschadens erfolgen [28; 66].

Komplikationen der Arthrodese

Trotz der langen Erfahrung und vielfältigen Arthrodesetechniken können – unmittelbar nach dem Eingriff oder um längere Zeit verzögert – Komplikationen auftreten. Hierzu zählt beispielsweise die postoperative Wundheilungsstörung, Infektionen, die Sudeck-Dystrophie oder Gefäß- und Nervenverletzungen, wie auch Talusnekrosen, zum Beispiel nach Triple-Arthrodese [27; 49].

Als eine der Wichtigsten gilt die Pseudarthrosenbildung. Damit wird die Ausbildung eines so genannten „Falschgelenks“ infolge Ausbleibens der knöchernen Konsolidierung bezeichnet. Sie stellt bei der Kompressionsarthrodese mittels Fixateur externe die Hauptkomplikation dar. Der Grund dafür scheint die Steinmann-Nagel-Position im Talus zu sein, welche die Bildung einer Nekrose oder

Teilnekrose begünstigen soll. Auch der Kompressionseffekt wird als weniger gleichmäßig und biomechanisch ungünstiger angesehen als bei der internen Stabilisierung [49]. Als spezielle Risiken für die ausbleibende Konsolidierung der Arthrodesen gelten das Rauchen, unkorrekte Knochenpräparation und inadäquate postoperative Immobilisation [48].

Erheblich wichtiger anzusehen ist jedoch die Gefahr der Ausbildung von Sekundärarthrosen in den Anschlussgelenken des Fußes [48; 83]. Ein Beispiel: Nach tibiotalarer Fusion (OSG-Arthrodesen) kommt es zu einer Umverlagerung der Kraftverhältnisse im Fuß von lateral nach medial. Dies führt zu einer vermehrten, unphysiologischen Belastung des Talonaviculargelenks mit Entstehung einer Anschlussdegeneration [96].

Weiterhin kommt es durch den veränderten Bewegungsablauf bei einer Immobilisation im oberen Sprunggelenk zu einer zunehmenden Belastung der Hüfte und/oder des Knies.

Neue Operationsmethoden

Neben der Weiterentwicklung der Operationstechniken bezüglich der Arthrodesen wurde parallel dazu seit Anfang der 80er an einer Alternative zur Versteifung im oberen Sprunggelenk gearbeitet. Seit 1970 wurden mehr als 30 Modelle der Sprunggelenksendoprothese ausprobiert bzw. eingeführt [83]. Die Entwicklung ging jedoch im Laufe der Jahre zunehmend in Richtung zementfreie Implantation. Ein typisches und in der Literatur häufig genanntes Modell ist die S.T.A.R.-Sprunggelenkprothese (STAR = scandinavian total ankle replacement). Es handelt sich dabei um eine zementfrei zu implantierende Taluskappe und Tibiagleitplatte mit beweglichem Polyethyleninlay.

Zu den Indikationen der Sprunggelenksendoprothese gehört eine schmerzhafte Arthrose mit ausreichender Stabilität im oberen Sprunggelenk beispielsweise bei idiopathischem, posttraumatischem oder rheumatoidem Ursprung. Als Kontraindikationen gelten: Avaskuläre Nekrose, degenerative neuropathische Gelenkerkrankungen (Charcot-Gelenk), akute oder chronische Gelenkinfekte im Sprunggelenk, sensible oder motorische Dysfunktion des Fußes, vorangegan-

gene Sprunggelenksarthrodese mit Resektion der Malleoli, mediale Instabilität des oberen Sprunggelenks sowie tibiotalare Varus- oder Valgusfehlstellung $> 20^\circ$ [56; 84].

Bei einer beidseitig nötigen Arthrodese scheint die Sprunggelenksendoprothese im Hinblick auf die mangelnde Beweglichkeit und Verschlechterung der Balance die bessere Lösung zu sein. Ein weiterer Aspekt ist die weniger anspruchsvolle postoperative Behandlung, die gerade für den Rheumatiker oder den älteren Patienten sehr von Vorteil ist [83]. Als Nachteil bzw. Komplikation ist die Infektion, welche jedoch nicht häufiger zu sein scheint als bei einer Arthrodese, und das Risiko einer Abnutzung und Lockerung der Prothese genannt [83]. In diesem Fall kann jedoch noch immer auf eine Arthrodese ausgewichen werden.

Die inzwischen dritte Generation der Prothesen bringt zunehmend zufriedenstellende Ergebnisse. Die Versagerrate liegt zum Beispiel bei Hosman et al. (2007), mit Daten basierend auf 202 Prothesen aus dem New Zealand National Joint Registry, bei 7 Prozent. Die Forderung der Patienten und die Anzahl der Operationen steigen daher zunehmend (vgl. Abbildung 2.15) [83].



Abb. 2.15: Endoprothese des oberen Sprunggelenks

3. Material und Methodik

3.1 Patienten

Um geeignete Patienten für die geplante Studie zu gewinnen, wurde eine Liste mit allen Patienten angefertigt, die zwischen Oktober 1997 und Januar 2006 in der orthopädischen Universitätsklinik Tübingen mit einer Arthrodesese am Sprunggelenk oder den Rückfußgelenken versorgt wurden.

Anhand dieser Aufstellung konnte ein genauer Überblick über die durchgeführten Arthrodesen, Komplikationen und eventuell beeinträchtigenden Grunderkrankungen geschaffen werden. Mögliche Studienteilnehmerinnen bzw. Studienteilnehmer wurden daraufhin telefonisch kontaktiert und zu einem Nachuntersuchungstermin eingeladen.

Mögliche Studienteilnehmer mussten folgende Einschlusskriterien erfüllen:

1. Ein Mindestalter von 16 Jahren zum Zeitpunkt der Operation.
2. Der Zeitraum zwischen der Operation und dem Nachuntersuchungszeitpunkt der Studie musste mindestens zwei Jahre betragen; ein Zeitraum, der über die üblichen Nachkontrollen hinausgeht.
3. Innerhalb dieses Zeitraums durften keine erneuten operativen Korrekturen der Arthrodesese durchgeführt werden.

Als Ausschlusskriterien wurden die nachstehenden Punkte festgelegt:

1. Geistige Retardierung, Demenz oder sonstige schwere Beeinträchtigungen der kognitiven Leistungen, die ein vollständiges Verständnis der Studie nicht gewährleisten und damit deren Zustimmung im ethischen Sinn nicht tragbar ist.
2. Patienten, bei denen die Operation eine Revision darstellte; die also am betroffenen Gelenk bereits voroperiert waren.

3.2 Methodik bzw. Ablauf der Nachuntersuchung

Die der Einladung gefolgt Patienten beantworteten einen Fragebogen (siehe Anhang I), der unter anderem die Thematik der aktuellen Schmerzsituation, des Gangbilds und eventuellen benötigter Gehhilfen erfasste. Die klinische Untersuchung im Anschluss daran gab Hinweise über den noch vorhandenen Bewegungsumfang. Die abschließende Röntgenanalyse ermöglichte eine objektive Einschätzung des Operationsergebnisses und seiner eventuellen degenerativen Folgen.

Der zu Beginn der Studie erstellte Nachuntersuchungsbogen (siehe Anhang I) gliederte sich in mehrere Abschnitte. Zum einen beinhaltete er die aus den vorliegenden Akten zu erfassenden Daten, die zur Kontaktierung, Einteilung und vorläufiger Kontrolle möglicher Ausschlusskriterien (siehe Kapitel 3.1) von Nöten waren: die Datenerfassung der Patienten, OP-Datum und Alter zur OP, Diagnose und Art der Operation, Länge des stationären Aufenthalts, Art der Ruhigstellung und Entlastungsdauer, Wund- und Knochenheilung, Zeitpunkt der Metallentfernung.

In einem ausführlichen Telefonat wurde die Anamnese der Patienten noch einmal erhoben bzw. mit den bereits vorliegenden Angaben verglichen. Des Weiteren wurden sie über den Hintergrund der Studie sowie den geplanten Ablauf informiert, erhielten jedoch unmittelbar vor der Untersuchung noch einmal eine detaillierte schriftliche und mündliche Aufklärung über die einzelnen Abschnitte der Nachuntersuchung, den Datenschutz und die zu jedem Zeitpunkt mögliche Beendigung der Teilnahme.

Zum anderen umfasste der Bogen die Erfassung der eigentlichen Nachuntersuchung. Sie gliederte sich in einen klinischen und einen radiologischen Teil. Unter Zuhilfenahme des AOFAS-/Kitaoka-Score [54] wurde ein Bewertungsverfahren für die klinische Fragestellung ausgewählt, welches zum einen in den Teil „Schmerz“ und zum anderen in den Teil „Funktion“ unterteilt ist. Der AOFAS-Score beinhaltet dabei sowohl subjektive Angaben des Patienten über die aktuelle Schmerzsituation des operierten Gelenks, Aktivitätseinschränkung und e-

ventuell benötigte Gehhilfen, maximale Gehstrecken und die Einschätzung der Gangsicherheit auf unebenem Untergrund, wie etwa Sand oder Leitern; aber auch Einschätzungen des Untersuchers bezüglich sichtbarer Gangabnormalitäten, Fußstellung, Sprunggelenksstabilität sowie der sagitalen Beweglichkeit mittels manueller Flexion- und Extensions-Prüfung und der Rückfußbeweglichkeit bei Inversion und Eversion. Es kann dabei eine maximale Punktzahl von 100 (sehr gutes Ergebnis mit kaum subjektiven und objektiven Einschränkungen durch die Arthrodesen) erreicht werden, wobei dabei die Kategorie „Schmerz“ 40 Punkte (keine Schmerzen) und die Kategorie „Funktion“ 60 Punkte (keine Einschränkungen in der Funktion) einnimmt. Je nach Punktzahl resultieren die Ergebnisse zwischen sehr gut, gut, ausreichend und mangelhaft bei einer Punktzahl von unter 60. Die genaue Aufschlüsselung ist Anhang II zu entnehmen.

Der zweite Teil der Nachuntersuchung galt der Röntgenanalyse des operierten Fußes. Die zur besseren Beurteilung etwaiger Anschlussdegenerationen durch die Arthrodesen notwendigen Kontrollaufnahmen des kontralateralen Fußes wurden ebenfalls zeitgleich angefertigt. Folgende Aufnahmen waren zur genauen Betrachtung der Arthrodesen, wie auch der Anschlussgelenke des Fußes notwendig: oberes Sprunggelenk in zwei Ebenen (anteriorposterior (ap), lateral), Fuß in zwei Ebenen (ap/lateral), Calcaneus in Hallgrímsson-Position. Grundlage für dieses Vorgehen war die Studie von Coester et al. (2001) [24]. Soweit vorhanden wurden auch die präoperativen Bilder und die einige Monate postoperativ angefertigten Bilder mit erfasst. Beurteilt wurden der postoperative Zustand, ob regelrecht oder problematisch, die stattgefundenen Konsolidierungen der Arthrodesen sowie eine mögliche Anschlussdegeneration in den benachbarten Fußgelenken. Hierbei wurden sowohl die Rückfußgelenke des ipsilateralen wie auch des kontralateralen Fußes genau erfasst. Unter Zuhilfenahme der Klassifikation nach Kellgren und Moore bzw. Kellgren und Lawrence [24; 51; 52; 53] konnte eine Einteilung der Schweregrade der Arthrose wie folgt durchgeführt werden: Grad eins normal, Grad zwei zweifelhaft bzw. unklar, Grad drei minimal, Grad vier mäßig, Grad fünf schwer. Eine genaue Übersicht der Einteilung ist Anhang III zu entnehmen.

3.3 Kollektiv

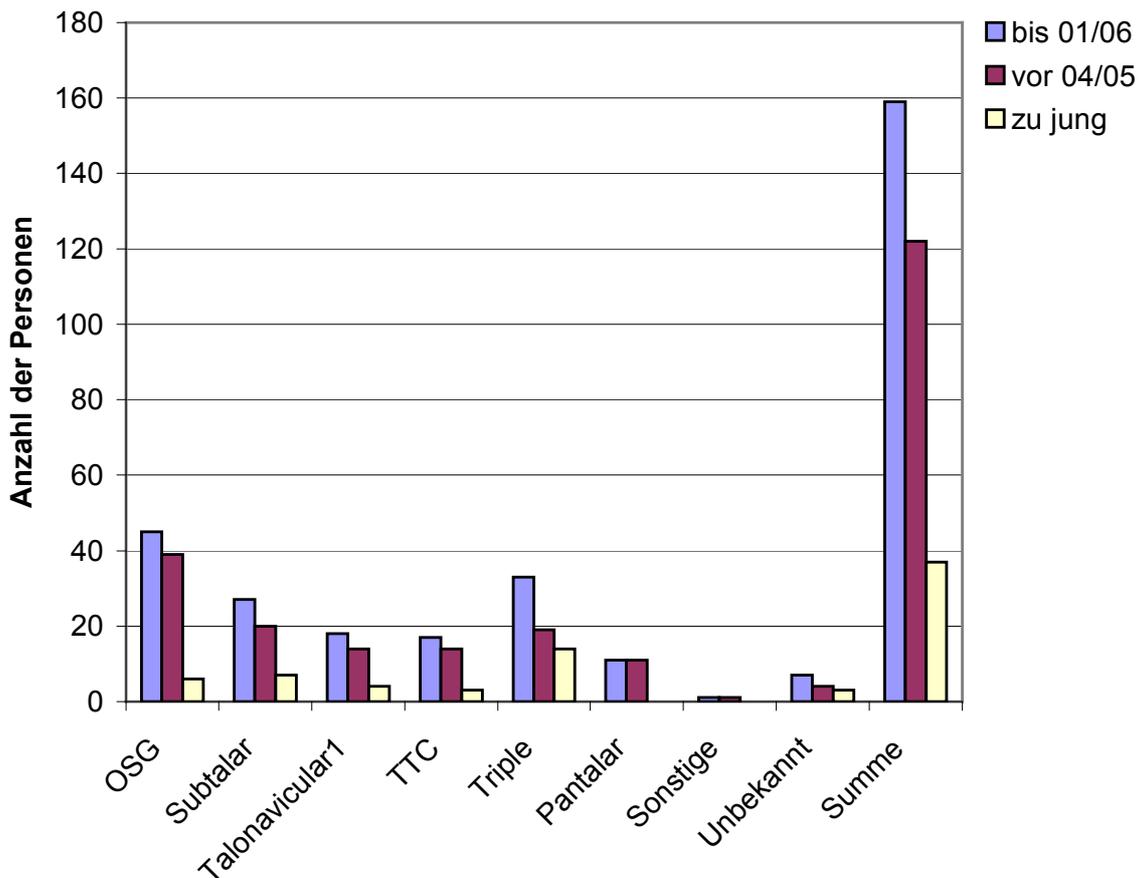
Im oben genannten Zeitraum – Oktober 1997 bis Januar 2006 – wurden insgesamt 159 Arthrodesen im Bereich des oberen Sprunggelenks und der Rückfußgelenke durchgeführt; auf 122 davon trifft die Voraussetzung eines mindestens 2-Jahres-Follow-ups, also eine Behandlung vor April 2005, zu. Diese 122 erfüllten auch die oben genannten Einschluss-Bedingungen, weshalb sie für die Studie grundsätzlich in Frage kamen.

Die Arthrodesenarten bezogen sich im einzelnen auf folgende Bereiche: oberes Sprunggelenk (im weiteren Verlauf OSG-Arthrodesen genannt); unteres Sprunggelenk (Subtalar-Arthrodesen); oberes und unteres Sprunggelenk gemeinsam (Tibiotalocalcanear- (TTC-) Arthrodesen); talonavicular und cuneonavicular-talonavicular (CNTN); Kombination aus Versteifungen im Subtalar-, Calcaneocuboid- und Talonaviculargelenk (sog. Triple-Arthrodesen); oberes Sprunggelenk, Subtalar- und Chopartgelenk umfassend (Pantalar-Arthrodesen). Eine genaue Aufstellung der operierten Arthrodesenarten ist in Tabelle 3.1 und Diagramm 3.1 dargestellt.

Arthrodesen	Oktober 1997 bis 01/06	davon vor 04/05	zu jung
OSG	45	39	6
Subtalar	27	20	7
Talonavicular ¹	18	14	4
TTC	17	14	3
Triple	33	19	14
Pantalar	11	11	0
Sonstige	1	1	0
Unbekannt	7	4	3
Summe:	159	122	37

¹ inklusive Cuneonavicular-Talonavicular-Arthrodesen

Tab. 3.1: Auflistung operierte Arthrodesenarten im jeweiligen Zeitraum



¹ inklusive Cuneonavicular-Talonavicular-Arthrodesen

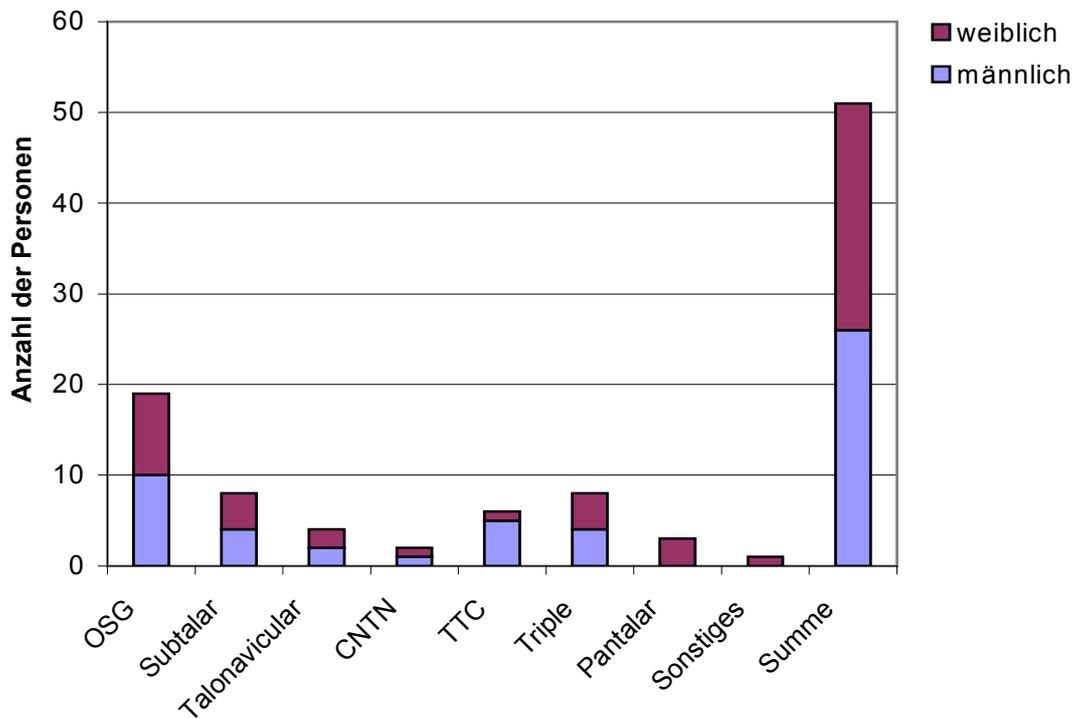
Diag. 3.1: Auflistung operierte Arthrodesesearten im jeweiligen Zeitraum

Von den prinzipiell möglichen 122 Arthrodesen konnten 51 (49 Patienten) nachuntersucht werden. Die Nachuntersuchungsquote setzt sich wie folgt zusammen: 43 Arthrodesen bei 41 Patienten wurden klinisch und radiologisch, zwei telefonisch und radiologisch und fünf rein radiologisch nachuntersucht. Bei einer Person konnte auf Grund einer nicht auszuschließenden Schwangerschaft nur der AOFAS-Score erhoben werden.

Die Geschlechterverteilung gestaltete sich mit 51 Prozent männlichen und 49 Prozent weiblichen Studienteilnehmerinnen und Studienteilnehmern insgesamt sehr ausgeglichen. Innerhalb der einzelnen Gruppen gab es lediglich bei den tibiototalcalcanearen und pantalaren Arthrodesen erhebliche Unterschiede. Die genaue Verteilung ist in Tabelle 3.2 und Diagramm 3.2 aufgeführt.

	männlich		weiblich		n	
OSG	10	52,6 %	9	47,4 %	19	100,0 %
Subtalar	4	50,0 %	4	50,0 %	8	100,0 %
Talonavicular	2	50,0 %	2	50,0 %	4	100,0 %
CNTN	1	50,0 %	1	50,0 %	2	100,0 %
TTC	5	83,3 %	1	16,7 %	6	100,0 %
Triple	4	50,0 %	4	50,0 %	8	100,0 %
Pantalar	0	0,0 %	3	100,0 %	3	100,0 %
Sonstiges	0	0,0 %	1	100,0 %	1	100,0 %
Summe	26	51,0 %	25	49,0 %	51	100,0 %

Tab. 3.2: Geschlechterverteilung innerhalb der Arthrodesegruppen (gerechnet: Untersucht (42) + nur Bilder (8) + nur AOFAS-Score (1x subtalar w))



Diag. 3.2: Geschlechterverteilung innerhalb der Arthrodesegruppen (gerechnet: Untersucht (42) + nur Bilder (8) + nur AOFAS-Score (1x subtalar w))

Das Durchschnittsalter der 51 nachuntersuchten Personen lag zum Zeitpunkt der OP bei 51 Jahren (16 – 71 Jahre). Die Verteilung innerhalb der einzelnen Arthrodesetypen variiert dabei leicht. Einzelheiten zeigt Tabelle 3.3.

Arthrodesart	Durchschnittsalter zur OP
OSG	54 Jahre (35 – 71 Jahre)
Subtalar	48 Jahre (25 – 69 Jahre)
Talonavicular ¹	58 Jahre (46 – 67 Jahre)
TTC	51 Jahre (33 – 71 Jahre)
Triple	42 Jahre (16 – 64 Jahre)
Pantalar	43 Jahre (39 – 48 Jahre)
Sonstige	64 Jahre
Gesamt	51 Jahre (16 – 71 Jahre)

¹ inklusive Cuneonavicular-Talonavicular-Arthrodesen

Tab. 3.3: Auflistung Alter zur Arthrodesen

Zehn der 122 Arthrodesen mussten nach Durchsicht der Akten von vornherein ausgeschlossen werden. Es handelte sich dabei um Patienten, die das 16. Lebensjahr noch nicht erreicht haben (3), unter einer geistigen Retardierung (1) oder unter verstärkter Gebrechlichkeit (6) leiden.

Als „lost to follow up“ müssen 20 operierte Arthrodesen bezeichnet werden: Bei 14 war eine Kontaktaufnahme weder telefonisch, noch über den Hausarzt möglich; von sechs waren weder Akten noch sonstige Unterlagen verfügbar.

Kontaktiert werden konnten insgesamt 85 Patienten. Wie aus Tabelle 3.4 ersichtlich wird, waren davon 19 Personen nicht bereit an der Studie teilzunehmen. Die Hauptgründe dafür lassen sich in vier Kategorien einteilen: zu weite Entfernung (4), Gebrechlichkeit (1), Unzufriedenheit (3), grundsätzlich fehlendes Interesse an der Studie (11). Nach der Kontaktaufnahme und trotz Bereitschaft zur Teilnahme mussten weiterhin acht mögliche Studienteilnehmer von der Studie ausgeschlossen werden. Ursachen hierfür waren: Gebrechlichkeit (5), Amputation (1), Wohnortverlagerung ins Ausland (2).

In die Kategorie „Score nur telefonisch erhoben“ fallen fünf mögliche Studienteilnehmer, die prinzipiell Interesse an der Studie zeigten, jedoch aber nicht bereit waren, einen Termin für die Nachuntersuchung zu vereinbaren. Hier wurde

rein informativ der AOFAS-Score soweit als möglich telefonisch erhoben. Da jedoch die klinische Untersuchung fehlte und der Score damit unvollständig war, wurden die Ergebnisse nicht mit in die Auswertung einbezogen.

Kontaktiert insgesamt	85
nachuntersucht	51
Score nur telefonisch erhoben	5
keine Teilnahmebereitschaft	19
kontaktiert und dann raus	8
nicht zum Termin erschienen	2

Tab. 3.4: Kontaktierte Arthrodesen

Tabelle 3.5 zeigt einen genauen Überblick über das Kollektiv.

	min 2 Jahres follow up:	zu kurzer Zeitraum	Gesamt:
	122	37	159
<i>Untersucht</i>	43		
<i>nur AOFAS Score</i>	1		
<i>nur Bilder</i>	5		
<i>Bilder und Score telefonisch</i>	2		
Score telefonisch erhoben	5		
Tod	7		
keine Teilnahmebereitschaft	19		
vorher ausgeschlossen	10		
kontaktiert und dann ausgeschlossen	8		
kein Kontakt möglich	14		
keine Unterlagen vorhanden	6		
nicht zum Termin erschienen	2		
Summe:	122		

Tab. 3.5: Übersicht Kollektiv

3.4 Nachuntersuchungszeitraum

Bei allen nachuntersuchten Patienten, unabhängig von der durchgeführten Art der Versteifung, liegen die Nachuntersuchungszeiträume der Operation zwischen 9 Jahren als längster und, wie vorgegeben, 2 Jahren als kürzester Zeitraum. Die Berechnung des Mittelwerts aller an der Studie teilnehmenden Patienten ($n=51$) ergab 3,95 ($s=1,67$) Jahre.

Im folgenden Abschnitt erfolgt nun eine Darstellung der einzelnen Arthrodesarten mit dem jeweiligen Mittelwert und der dazugehörigen Standardabweichung der Nachuntersuchungszeiträume (vgl. Diagramm 3.3). Median, Spannweite, Interquartilsbereich und Interdezilbereich können aus Diagramm 3.4 und Tabelle 3.6 im Anschluss der Ausführung entnommen werden.

Im Bereich der OSG-Arthrodesen ($n=19$) betrug der längste Nachuntersuchungszeitraum 9 Jahre, der kürzeste 2 Jahre. Der Mittelwert liegt bei 4,11 ($s=1,99$) Jahren.

Die Zeiträume der Nachuntersuchung der Patienten mit Subtalar-Arthrodesen lagen mit 2 Jahren als kürzester und mit 5 Jahren als längster etwas dichter beieinander. Bei acht untersuchten Patienten ergab sich ein Mittelwert von 3,21 ($s=0,84$) Jahren.

Bei den Patienten mit Talonavicular-Arthrodesen ($n=4$) lag der kürzeste Zeitraum bei 4 und der längste bei 5 Jahren. Der Mittelwert betrug 4,58 ($s=0,69$) Jahre.

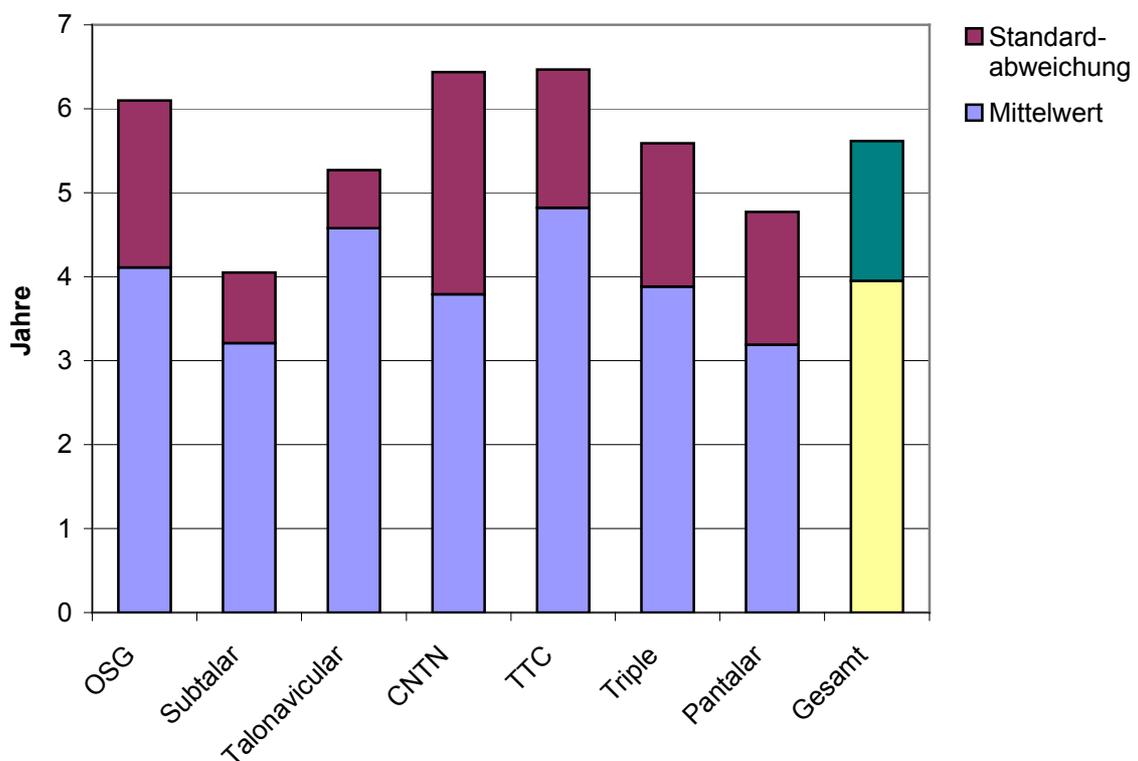
Der Nachuntersuchungszeitraum bei den Patienten mit Cuneonavicular-Talonavicular-Arthrodesen ($n=2$) lag etwas weiter auseinander; 6 Jahre für den längsten Nachuntersuchungszeitraum und 2 für den kürzesten. Die Berechnung des Mittelwert ergab 3,79 ($s=2,65$) Jahre.

Bei den sechs kombinierten Tibiotalocalcaneal-Arthrodesen betrug der längste Zeitraum zwischen Operation und Nachuntersuchung 8 und der kürzeste 3 Jahre. Bildet man aus den sechs Jahresangaben den Mittelwert, ergibt dies 4,82 ($s=1,65$) Jahre.

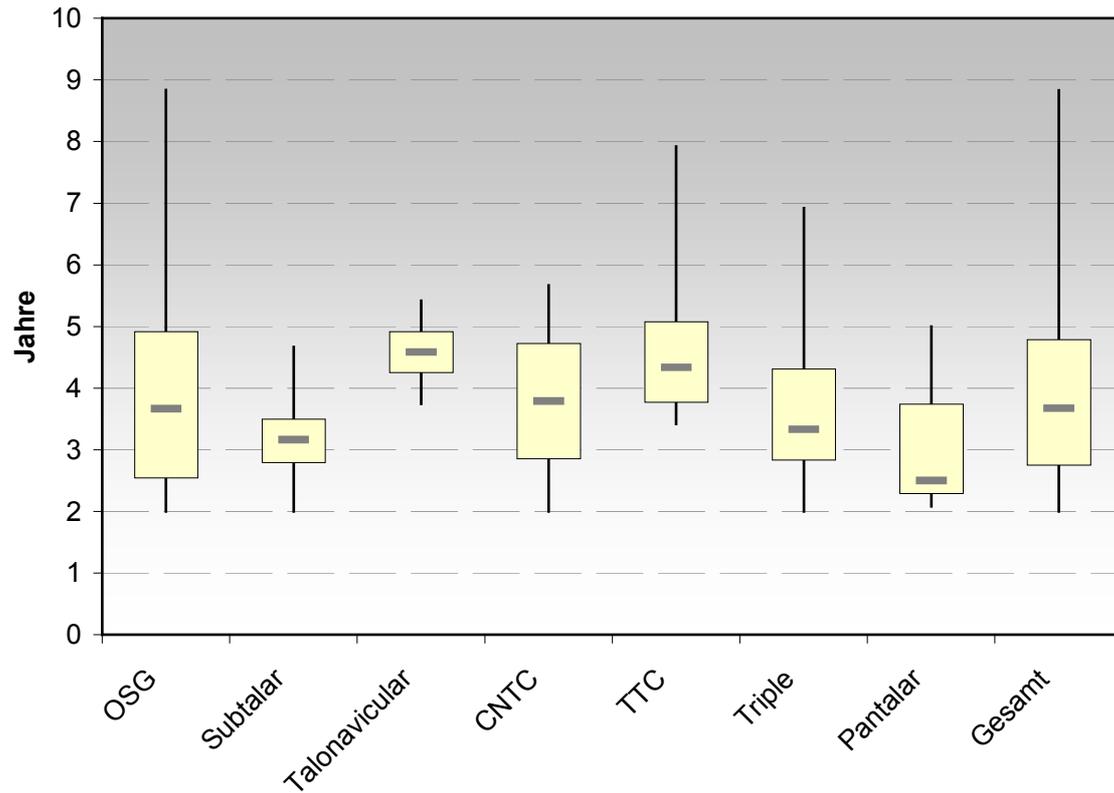
Im Rahmen der umfangreichen Triple-Arthrodesen lagen die Nachuntersuchungszeiträume der acht Patienten zwischen 2 und 7 Jahren. Der Mittelwert von 3,88 ($s=1,71$) Jahren konnte errechnet werden.

Geringere Nachuntersuchungszeiträume zeigten sich bei der Patientengruppe mit Pantalar-Arthrodesen (n=3). Kürzester Nachuntersuchungszeitraum waren 2 Jahre, längster 5 Jahre. Der Mittelwert betrug hier 3,19 (s=1,58) Jahre.

Unter die Kategorie „Sonstige“ viel eine Arthrodesese, die auf Grund mehrerer gleichzeitig durchgeführten Arthrodesesearten (talonavicular, cuneonavicular, tarsometatarsal) nicht in eine der oben genannten Kategorien eingeteilt werden konnte. Der Nachuntersuchungszeitraum betrug hier 2,17 Jahre.



Diag. 3.3: Nachuntersuchungszeitraum in Jahren (Mittelwert und Standardabweichung)



Diag. 3.4: Nachuntersuchungszeitraum in Jahren (Median, Spannweite, oberes und unteres Quartil)

Arthrodesiseart	\bar{x}	s	\tilde{x}	R	I_{50}	I_{80}	n
OSG	4,11	1,99	3,67	7,00	2,38	5,00	19
Subtalar	3,21	0,84	3,17	2,67	0,71	1,91	8
Talonavicular	4,58	0,69	4,58	1,67	0,67	1,27	4
CNTN	3,79	2,65	3,79	3,75	1,88	3,00	2
TTC	4,82	1,65	4,33	4,50	1,31	3,04	6
Triple	3,88	1,71	3,33	4,92	1,48	3,69	8
Pantalar	3,19	1,58	2,50	2,92	1,46	2,33	3
gesamtes Kollektiv:	3,95	1,67	3,67	7,00	2,04	3,92	51

Tab. 3.6: Nachuntersuchungszeitraum in Jahren

3.5 Indikationen zur Arthrodesese

Bei den insgesamt 49 nachuntersuchten Patienten (51 Arthrodesen) war jeweils eine der fünf folgenden Diagnosen als Ursache der Arthrose im Bereich der Sprung- und Rückfußgelenke in den Patientenakten genannt. Die posttraumatische und idiopathische Arthrose nimmt hierbei den Hauptstellenwert ein. Hinzu kommen noch die chronische Polyarthritits, die angeborene Fußdeformität und die diabetische Osteoarthropathie, die jedoch in nur einem der untersuchten Fälle als Ursache der Arthrose zu Grunde lag.

Im Bereich der Arthrodesen des oberen Sprunggelenks wurden insgesamt 19 Patienten nachuntersucht, wobei die Hauptindikation für die Arthrodesese die Folgen einer Sprunggelenksverletzung waren (n=10), gefolgt von der idiopathischen Arthrose (n=7). Die chronische Polyarthritits trat als Ursache überhaupt nicht in Erscheinung, die beiden anderen – angeborene Deformität und diabetische Osteoarthropathie – je nur bei einem Patient.

Auch bei Patienten mit Subtalar-Arthrodesese (n=8) zeigte sich ein Schwerpunkt bei den posttraumatischen Indikationen (n=4). Des Weiteren waren die idiopathische Arthrose (n=2), die angeborene Deformität (n=1) und die chronische Polyarthritits (n=1) vertreten.

Bei der Kombination aus OSG- und Subtalar-Arthrodesese (Tibiotalocalcaneal-Arthrodesese) konnten insgesamt sechs betroffene Patienten nachuntersucht werden. Der operative Eingriff wurde hier ebenfalls hauptsächlich auf Grund einer posttraumatisch bedingten Arthrose durchgeführt (n=3). Andere Ursachen waren die idiopathische Arthrose (n=1) und die chronische Polyarthritits (n=2).

Von den Patienten mit talonavicularer Versteifung wurden vier durch die Nachuntersuchung näher betrachtet. Die Arthrodesen hatten ihre Begründung in der idiopathische Arthrose (n=1) und in den Folgen der chronischen Polyarthritits (n=3).

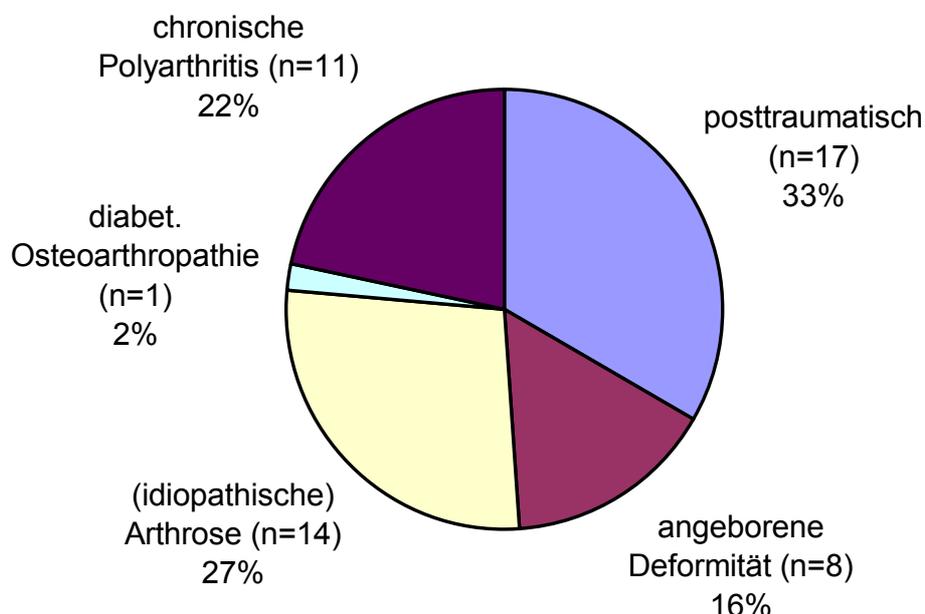
Als kleine Untergruppe seien noch die Cuneonavicular-Talonavicular-Arthrodesen erwähnt. Sie werden gesondert aufgeführt und nicht zu den talonavicularen dazugerechnet. Hierbei handelt es sich um zwei Patienten, bei denen in beiden Fällen auf Grund einer idiopathischen Arthrose eine Arthrodesese durchgeführt werden musste.

Die Triple-Arthrodesen (n=8) wurden hauptsächlich bei Patienten mit einer angeborene Deformität (n=4) angewandt. Weitere Indikationen waren die chronische Polyarthrititis (n=3) und die idiopathische Arthrose (n=1).

Die Pantalar-Arthrodesen, also die Versteifung des oberen Sprunggelenks, des Subtalargelenks und des Chopartgelenks, wurden im UKT deutlich seltener ausgeführt, als die bereits erwähnten. Im betrachteten Zeitraum konnten insgesamt lediglich drei Patienten nachuntersucht werden. Ursächliche Diagnosen für diese Versteifung waren angeborene Deformitäten (n=2) und chronische Polyarthrititis (n=1).

Unter der Kategorie „Sonstige“ befindet sich ein Patient mit einer selteneren Art der Versteifung. Hierbei handelt es sich um eine Arthrodesese im Bereich des ersten Strahls (talonavicular, cuneonavicular und tarsometatarsal I). Die chronische Polyarthrititis wurde hier als Ursache für die Gelenkzerstörung genannt und galt damit als Indikation für den Eingriff.

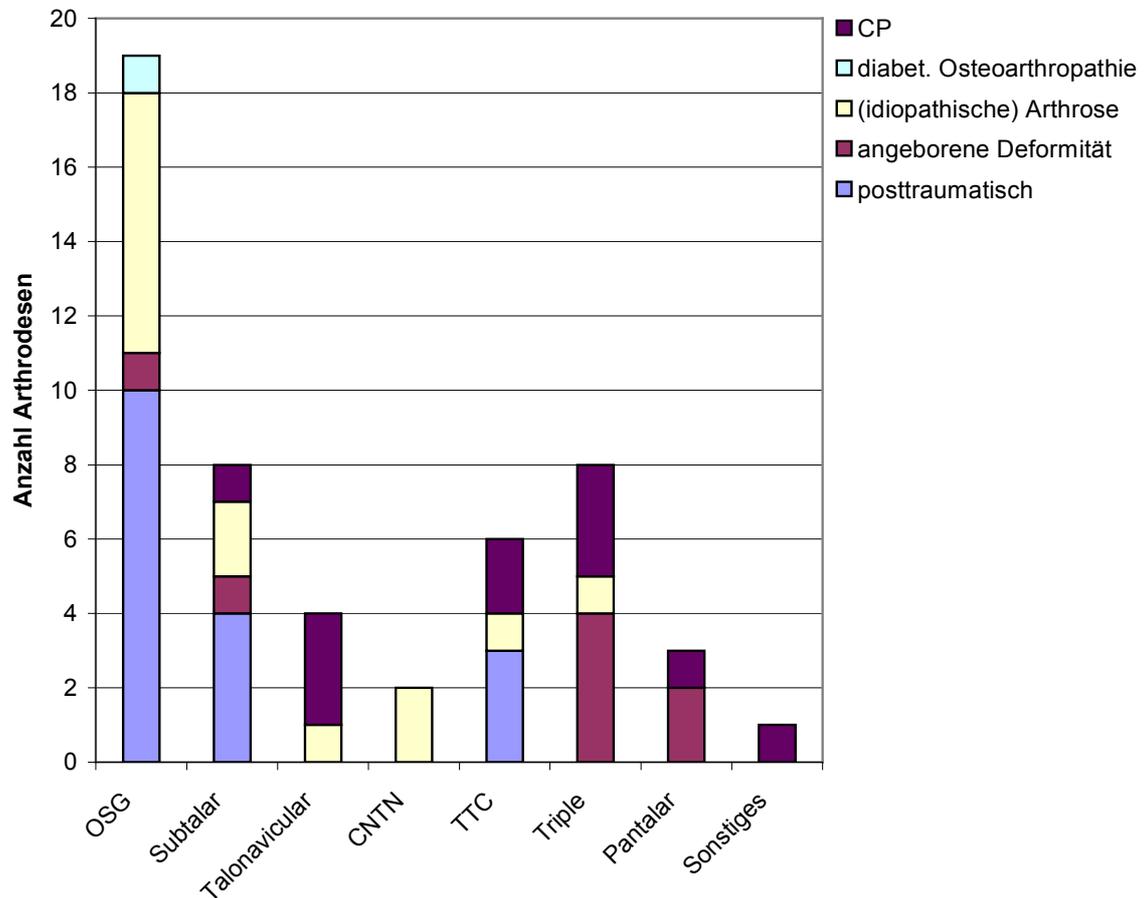
Eine übersichtliche Aufschlüsselung der einzelnen Indikationen wird in Diagramm 3.5 und 3.6, sowie Tabelle 3.7 dargestellt.



Diag. 3.5: Indikationen zur Arthrodesese – Gesamtbetrachtung aller nachuntersuchten Patienten

	post-traumatisch	angeborene Deformität	primäre Arthrose	diabet. Osteoarthropathie	CP	n
OSG	10	1	7	1	0	19
Subtalar	4	1	2	0	1	8
Talonavicular	0	0	1	0	3	4
CNTN	0	0	2	0	0	2
TTC	3	0	1	0	2	6
Triple	0	4	1	0	3	8
Pantalar	0	2	0	0	1	3
Sonstige	0	0	0	0	1	1
Summe:	17	8	14	1	11	51

Tab. 3.7: Indikationen zur Arthrodesese (gerechnet: Untersucht (42) + nur Bilder (8) + nur AOFAS-Score (1x subtalar w))



Diag. 3.6: Indikationen der einzelnen Arthrodesen

4. Ergebnisse

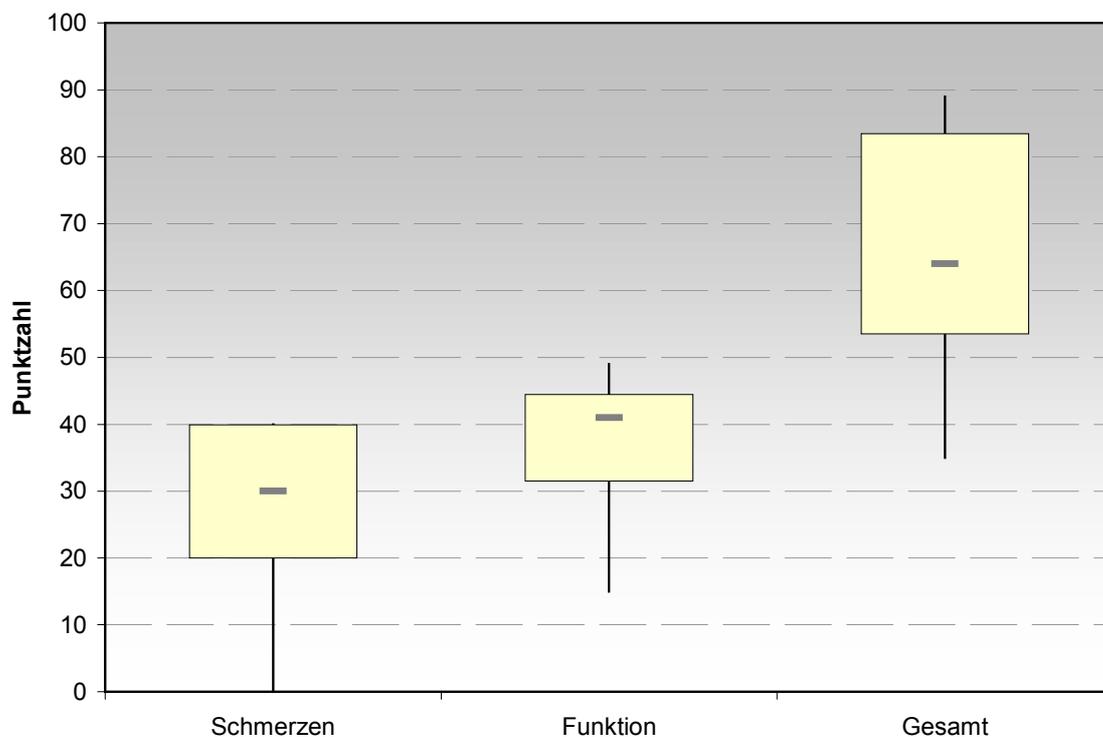
4.1 OSG-Arthrodesen

AOFAS-Score – klinische Nachuntersuchung

Der AOFAS-Score konnte bei 15 der 19 nachuntersuchten Patienten mit OSG-Arthrodesen erhoben werden. Es wurde ein Mittelwert von 66,00 ($s=17,78$) Punkten erreicht. Dies entspricht in der Bewertung einem „ausreichend“. Die prozentuale Verteilung gestaltet sich wie folgt: „gut“ erzielten in der vorliegenden Studie 40,0 Prozent ($n=6$), „ausreichend“ 26,7 Prozent ($n=4$) und „mangelhaft“ 33,3 Prozent ($n=5$); die Punktzahl der Kategorie „sehr gut“ wurde nicht erreicht. Die genaue Einteilung der Punkteskala wurde in Kapitel 3.2 erläutert und kann außerdem Anhang II entnommen werden.

In der Unterkategorie bei den Angaben bezüglich des Schmerzes lag der Mittelwert bei 28,00 ($s=12,07$) Punkten; maximal erreichbar waren 40,00 Punkte. Die Kategorie Funktion ergab einen Mittelwert von 38,00 ($s=9,27$) bei maximal möglichen 60 Punkten.

Diagramm 4.1 zeigt die Darstellung des Median mit zugehöriger Spannweite.



Diag. 4.1: AOFAS-Score OSG-Arthrodesen (Median, Spannweite, oberes und unteres Quartil)

Die einzelnen Ergebnisse sind mit Mittelwert, Standardabweichung, Median, Spannweite, Interquartils- und Interdezilbereich in Tabelle 4.1 im Überblick dargestellt.

	\bar{x}	s	\tilde{x}	R	I_{50}	I_{80}	n
Schmerzen	28,00	12,07	30,00	40,00	20,00	20,00	15
Funktion	38,00	9,27	41,00	34,00	13,00	17,70	15
Gesamt	66,00	17,78	64,00	54,00	30,00	42,90	15

Tab. 4.1: AOFAS-Score OSG-Arthrodesen

Der AOFAS-Score wurde nicht nur in der Gesamtpunktzahl, sondern auch in den beiden Unterkategorien ausgewertet. So gaben 40,0 Prozent (n=6) der Patienten an, keine, 13,3 Prozent (n=2) milde bzw. gelegentliche, 40,0 Prozent (n=6) täglich moderate und 6,7 Prozent (n=1) schwere, ständige Schmerzen zu haben.

Die Frage nach Aktivitätseinschränkungen wurde zu 33,3 Prozent (n=5) verneint, bei 40,0 Prozent (n=6) mit „Einschränkungen in den Freizeitaktivitäten“, bei 20,0 Prozent (n=3) mit „Einschränkungen in den täglichen Aktivitäten“ und bei 6,7 Prozent (n=1) beantwortet. Die maximale, am Stück mögliche Gehstrecke wurde von 80,0 Prozent (n=12) der Studienteilnehmer mit OSG-Arthrodesen mit mehr als 1000 m angegeben werden. Über Schwierigkeiten, auf unebenem Untergrund zu gehen, berichteten 66,7 Prozent (n=10). Sichtbare bzw. erhebliche Gangabnormalitäten waren lediglich bei je 20,0 Prozent (n=3) zu eruieren. Eine schwere Beeinträchtigung der sagitalen Beweglichkeit (Extension/Flexion) lag bei 80,0 Prozent (n=12) der Personen vor. Die Einschränkungen in der Rückfußbeweglichkeit (Inversion/Eversion) schwanken zwischen moderat (46,7 Prozent, n=7) und erheblich (53,3 Prozent, n=8). Die Stabilität der Sprunggelenke lag bei 100,0 Prozent (n=15); 66,7 Prozent (n=10) hatten eine normale Fußstellung.

Eine detaillierte Aufstellung der prozentualen Verteilung des AOFAS-Scores kann unter 4.8 Gesamtergebnisse aus Tabelle 4.30 – 4.38 entnommen werden.

Röntgenanalyse

Bei allen 19 Patienten mit OSG-Arthrodeese erfolgte eine radiologische Auswertung. Der erste Teil der Röntgenanalyse befasste sich mit der Frage nach einer stattgefundenen Konsolidierung. Bei 89,5 Prozent (n=17) war dies der Fall, bei 10,5 Prozent (n=2) jedoch nicht (vgl. Tabelle 4.2).

konsolidiert	ja	nein	n
	17	2	19
	89,5 %	10,5 %	100,0 %

Tab. 4.2: Konsolidierung OSG-Arthrodesen

Kellgren und Moore

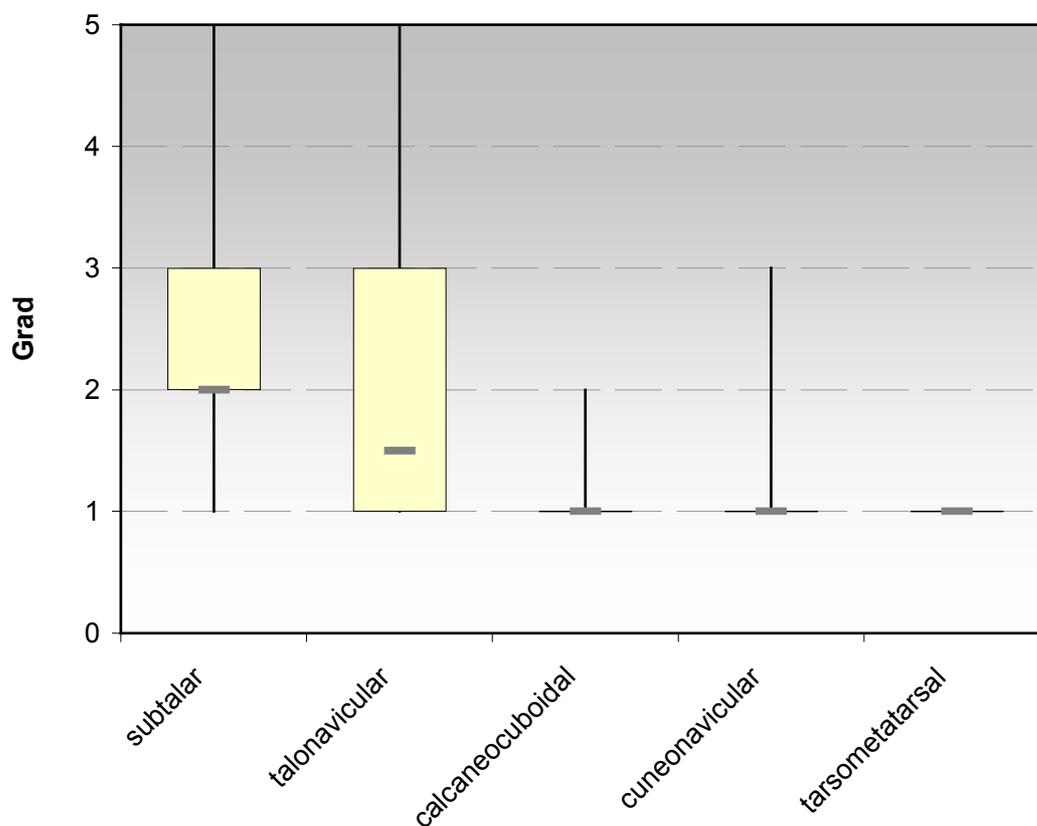
Nächster Punkt der Röntgenanalyse war die Erfassung möglicher Anschlussdegenerationen mit Hilfe der Einteilung nach Kellgren und Moore. Bei 84,2 Prozent (n=16/19) der nachuntersuchten Patienten konnte eine Sekundärarthrose im Röntgenbild beobachtet werden.

Das Subtalargelenk war in 82,4 Prozent (n=14/17) von einer sekundären Arthrose betroffen; das Talonaviculargelenk in 47,1 Prozent (n=8/17), das Calcaneocuboidgelenk in 5,6 Prozent (n=1/18) und das Cuneonaviculargelenk in 13,3 Prozent (n=2/15). An den Tarsometatarsalgelenke waren keine Veränderungen auszumachen (vgl. Tabelle 4.3).

Gelenk	von einer Anschlussdegeneration betroffen		
	ja	nein	n
OSG	-	-	-
subtalar	82,4 %	17,6 %	17
talonavicular	47,1 %	52,9 %	17
calcaneocuboidal	5,6 %	94,4 %	18
cuneonavicular	13,3 %	86,7 %	15
tarsometatarsal	0,0 %	100,0 %	15

Tab. 4.3: Häufigkeit der Sekundärarthrose an Anschlussgelenken bei OSG-Arthrodesen

Im Bereich des Subtalargelenks betrug der Mittelwert des Arthrosegrades 2,47 ($s=1,07$). Dies entspricht in der Bewertung einer unklaren bis minimalen Arthrose. Die Ermittlung des Mittelwerts im Talonaviculargelenk ergab 2,06 ($s=1,30$). Auch hier würde man von einer zweifelhaften bzw. unklaren Arthrose sprechen. Die übrigen Rückfußgelenke zeigten nur minimalste Veränderungen. Die Berechnung des Mittelwerts für die Arthrosegrade ergab folgende Ergebnisse: calcaneocuboidal 1,06 ($s=0,24$), cuneonavicular 1,20 ($s=0,56$) und tarsometatarsal 1,00 (0,00) (weitere Maßzahlen vgl. Diagramm 4.2 und Tabelle 4.4).

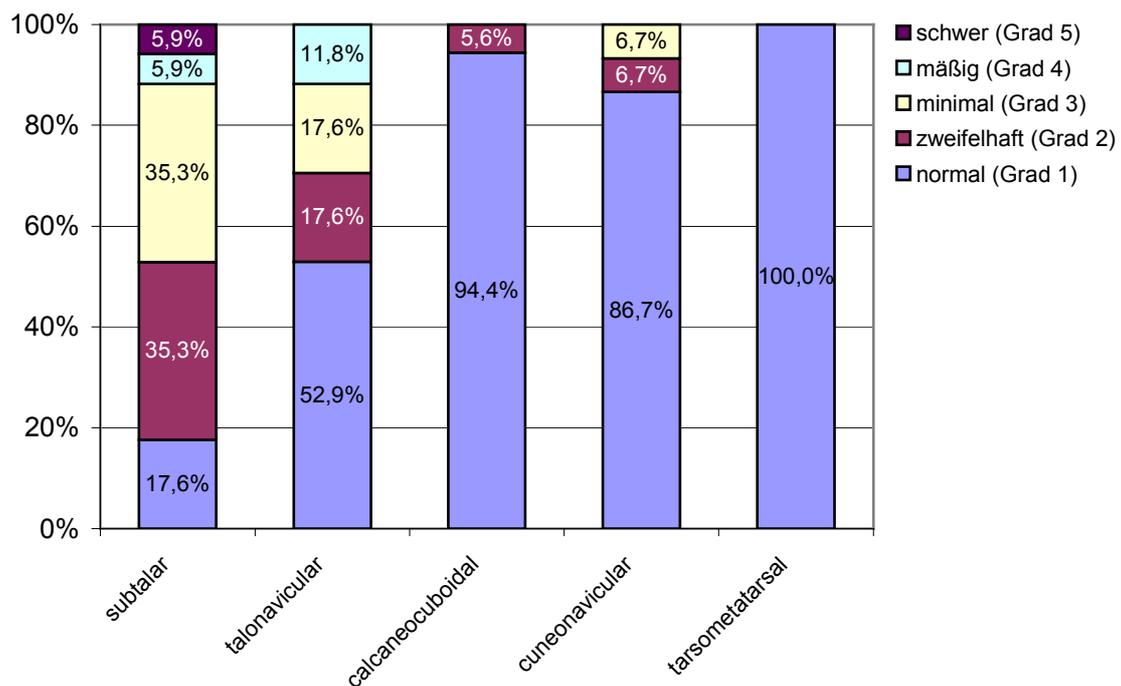


Diag. 4.2: Auswertung nach Kellgren und Moore der OSG-Arthrosen (Median, Spannweite, oberes und unteres Quartil)

Gelenk	\bar{x}	s	\tilde{x}	R	I_{50}	I_{80}	n
OSG	-	-	-	-	-	-	-
subtalar	2,47	1,07	2,00	4,00	1,00	2,40	17,00
talonavicular	2,06	1,30	1,50	4,00	2,00	3,00	18,00
calcaneocuboidal	1,06	0,24	1,00	1,00	0,00	0,00	18,00
cuneonavicular	1,20	0,56	1,00	2,00	0,00	1,00	15,00
tarsometatarsal	1,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,60	15,00

Tab. 4.4: Auswertung nach Kellgren und Moore bei OSG-Arthrosen

Zusätzlich zu der Gesamthäufigkeit und den Durchschnittswerten des Arthrosebefalls wurde die genaue Verteilung der einzelnen Ausprägungsgrade innerhalb der Anschlussgelenke errechnet. Die Aufstellung ist in Diagramm 4.3 dargestellt.



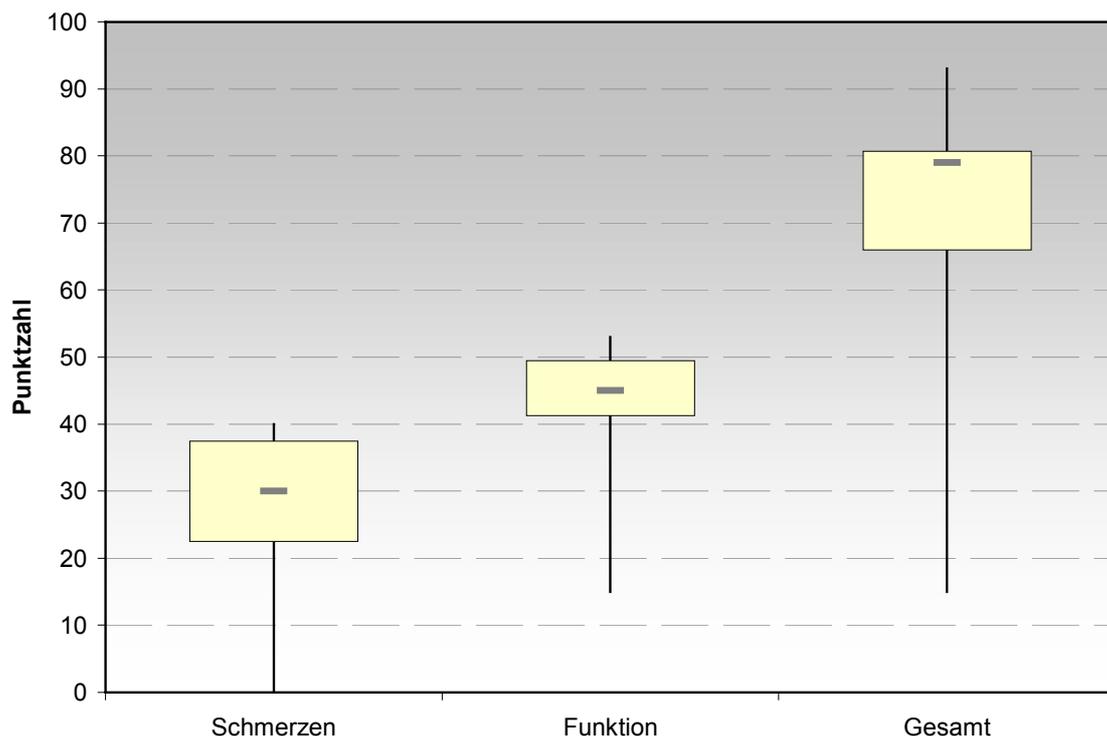
Diag. 4.3: Verteilung der Arthrosegrade an den jeweiligen Gelenken bei OSG-Arthrosen

4.2 Subtalar-Arthrodesen

AOFAS-Score – klinische Nachuntersuchung

Der Mittelwert des AOFAS-Scores ergab bei den Patienten mit Subtalar-Arthrodesen 68,17 ($s=27,87$) Punkte. Der AOFAS-Score liegt somit in der Kategorie „ausreichend“. Untersucht wurden sieben Patienten. Prozentual gesehen erreichten 16,7 Prozent ($n=1$) das klinische Ergebnis „sehr gut“, 50,0 Prozent ($n=3$) „gut“, 16,7 Prozent ($n=1$) „ausreichend“ und 16,7 Prozent ($n=1$) „mangelhaft“.

In der Kategorie „Schmerz“ wurde ein Mittelwert von 26,67 ($s=15,06$) ermittelt. Bei 41,50 ($s=13,78$) Punkten lag der Mittelwert der Unterkategorie „Funktion“. Der Median mit zugehöriger Spannweite, oberem und unterem Quartil sind in Diagramm 4.4 dargestellt.



Diag. 4.4: AOFAS-Score Subtalar-Arthrodesen (Median, Spannweite, oberes und unteres Quartil)

Mittelwert, Standardabweichung, Median, Spannweite, Interquartilsbereich und Interdezilbereich sind Tabelle 4.5 zu entnehmen.

	\bar{x}	s	\tilde{x}	R	I_{50}	I_{80}	n
Schmerzen	26,67	15,06	30,00	40,00	15,00	30,00	7
Funktion	41,50	13,78	45,00	38,00	8,25	23,50	7
Gesamt	68,17	27,87	79,00	78,00	14,75	48,50	7

Tab. 4.5: AOFAS-Score Subtalar-Arthrodesen

Je 33,3 Prozent (n=2) der Studienteilnehmer berichten über keine bzw. milde, gelegentliche Schmerzen. 50,0 Prozent (n=3) sehen sich in ihren Aktivitäten in keiner Weise eingeschränkt. Eine maximale Gehstrecke über 1000 m ist bei 66,7 Prozent (n=4) möglich. Mäßige Schwierigkeiten bereitet 50,0 Prozent (n=3) der Personen das Gehen auf unebenem Untergrund. 66,7 Prozent (n=4) haben keine Gangabnormalitäten, eine moderate Einschränkung (15 - 29°) der Flexion und Extension und erhebliche Beeinträchtigung der Rückfußbeweglichkeit. Das Sprunggelenk ist in allen Fällen stabil, die Fußstellung in 83,3 Prozent (n=5) normal.

In Tabelle 4.30 – 4.38 unter 4.8 Gesamtergebnisse ist die vollständige Auswertung aufgeführt.

Röntgenanalyse

Bei den Subtalar-Arthrodesen sind zum Zeitpunkt der radiologischen Nachuntersuchung vier Arthrodesen (n=7) konsolidiert. Dies entspricht einer Prozentzahl von 57,1 Prozent (vgl. auch Tabelle 4.6).

konsolidiert	ja	nein	n
	4	3	7
	57,1 %	42,9 %	100,0 %

Tab. 4.6: Konsolidierung Subtalar-Arthrodesen

Kellgren und Moore

In der radiologischen Auswertung möglicher Anschlussdegenerationen nach Kellgren und Moore zeigte das folgende Ergebnis: 57,1 Prozent (n=4/7) der Patienten sind betroffen.

Zeichen einer Sekundärarthrose waren im oberen Sprunggelenk bei 16,7 Prozent (n=1/6) und im Talonaviculargelenk bei 42,9 Prozent (n=3/7) sichtbar. Das Calcaneocuboidgelenk, das Cuneonaviculargelenk und die Tarsometatarsalgelenke waren nicht betroffen (vgl. Tabelle 4.7).

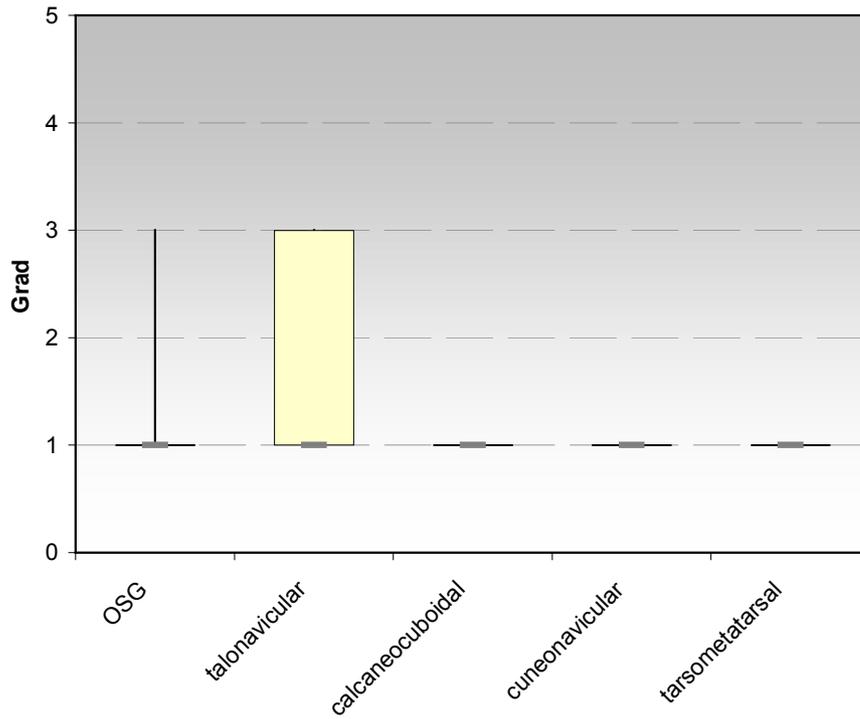
Gelenk	von einer Anschlussdegeneration betroffen		
	ja	nein	n
OSG	16,7 %	83,3 %	6
subtalar	-	-	-
talonavicular	42,9 %	57,1 %	7
calcaneocuboidal	0,0 %	100,0 %	7
cuneonavicular	0,0 %	100,0 %	7
tarsometatarsal	0,0 %	100,0 %	7

Tab. 4.7: Häufigkeit der Sekundärarthrose an Anschlussgelenken bei Subtalar-Arthrosesen

Die Berechnung des Mittelwerts des Grades der Anschlussdegeneration im oberen Sprunggelenks ergab 1,33 (s=0,82). Im Bereich des Talonaviculargelenk lag der Mittelwert bei 1,86 (s=1,07). Im Calcaneocuboidgelenk, Cuneonaviculargelenk und im Bereich der Tarsometatarsalgelenke war jeweils keine Anschlussdegeneration im Röntgenbild sichtbar; der Mittelwert beträgt 1,00 (s=0,00) (weitere Maßzahlen vgl. Tabelle 4.8 und Diagramm 4.5).

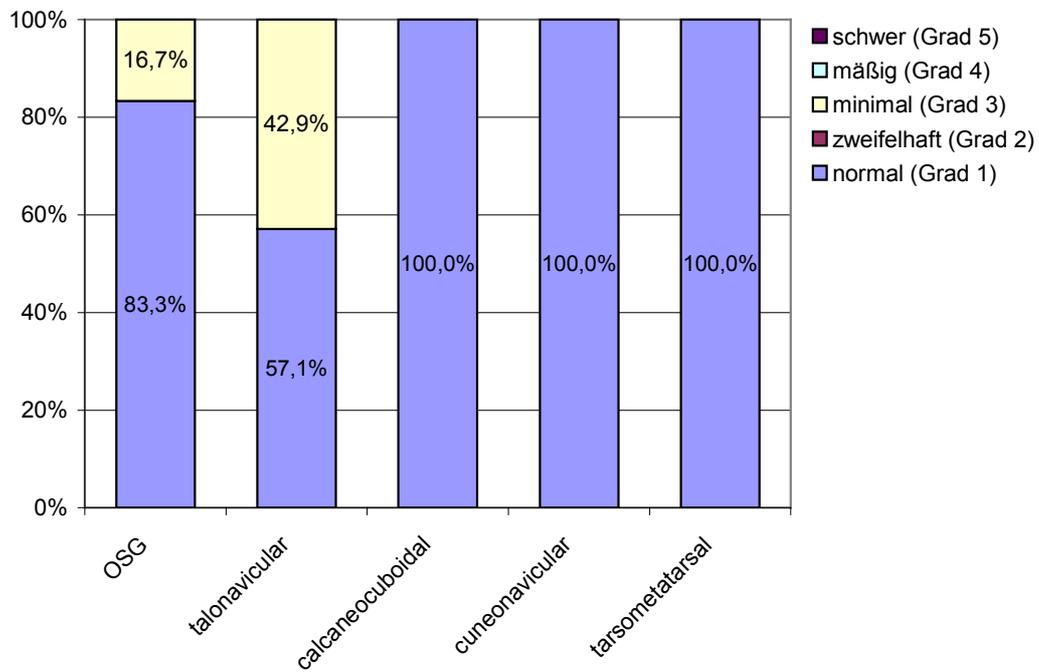
Gelenk	\bar{x}	s	\tilde{x}	R	I_{50}	I_{80}	n
OSG	1,33	0,82	1,00	2,00	0,00	1,00	6
subtalar	-	-	-	-	-	-	-
talonavicular	1,86	1,07	1,00	2,00	2,00	2,00	7
calcaneocuboidal	1,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	7
cuneonavicular	1,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	7
tarsometatarsal	1,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	7

Tab. 4.8: Auswertung nach Kellgren und Moore Subtalar-Arthrosesen



Diag. 4.5: Auswertung nach Kellgren und Moore der Subtalar-Arthrodesen (Median, Spannweite, oberes und unteres Quartil)

Diagramm 4.6 zeigt die Verteilung der Arthroseschweregrade in den Gelenken.



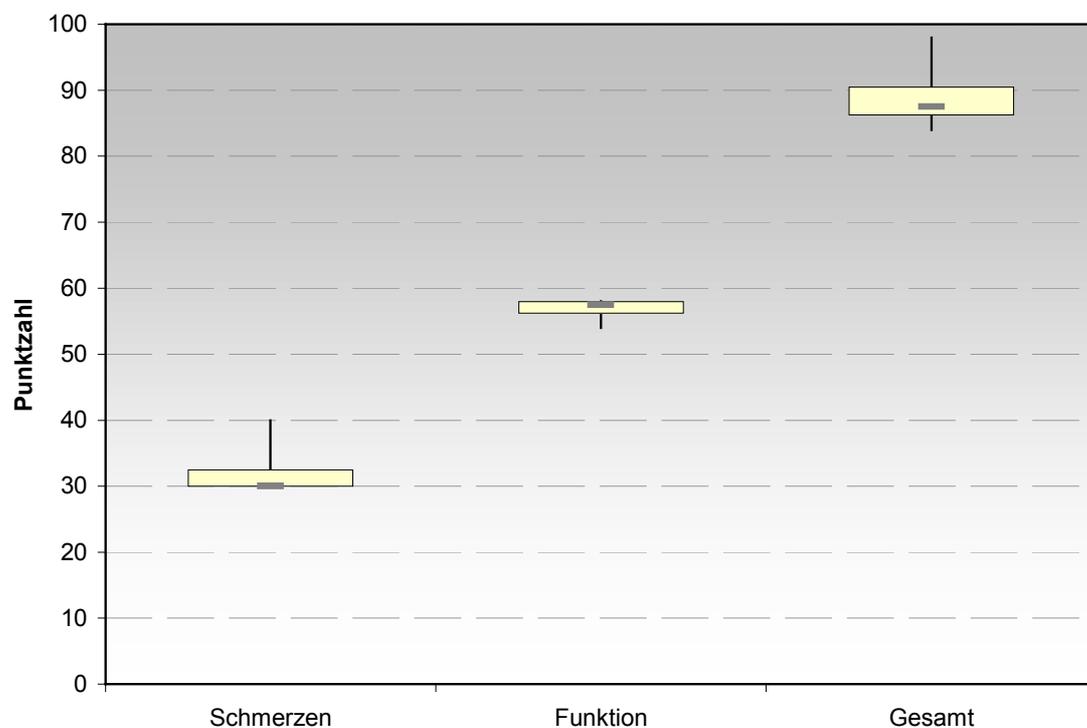
Diag. 4.6: Verteilung der Arthrosegrade an den jeweiligen Gelenken bei Subtalar-Arthrodesen

4.3 Talonavicular-Arthrodesen

AOFAS-Score – klinische Nachuntersuchung

Das untersuchte Patientenkollektiv beinhaltete vier Patienten mit Talonavicular-Arthrodesen. Bei deren Nachuntersuchung ergab sich in Bezug auf den klinischen Teil ein AOFAS-Score von 89,25 ($s=6,08$) Punkten als Mittelwert mit der Bewertung „gut“. Die Verteilung gestaltet sich wie folgt: 25,0 Prozent ($n=1$) mit dem Ergebnis „sehr gut“ und 75,0 Prozent ($n=3$) mit „gut“.

Im Bereich „Schmerz“ wurde ein Mittelwert von 32,50 ($s=5,00$) Punkten erzielt. Die Unterkategorie „Funktion“ erlangte einen Mittelwert von 56,75 ($s=1,89$) Punkten (weitere Maßzahlen vgl. Diagramm 4.7 und Tabelle 4.9).



Diag. 4.7: AOFAS-Score Talonavicular-Arthrodesen (Median, Spannweite, oberes und unteres Quartil)

	\bar{x}	s	\tilde{x}	R	I_{50}	I_{80}	n
Schmerzen	32,50	5,00	30,00	10,00	2,50	7,00	4
Funktion	56,75	1,89	57,50	4,00	1,75	3,10	4
Gesamt	89,25	6,08	87,50	14,00	4,25	10,10	4

Tab. 4.9: AOFAS-Score Talonavicular-Arthrodesen

Im folgenden Teil ist die Verteilung des AOFAS-Score prozentual im Detail aufgeführt. 25,0 Prozent (n=1) geben an, keine Schmerzen zu haben. Die restlichen 75,0 Prozent (n=3) berichten über milde bzw. gelegentliche Schmerzen. 25,0 Prozent (n=1) leiden unter Aktivitätseinschränkungen. Betroffen ist davon lediglich der Freizeitbereich. Die maximale Gehstrecke mit mehr als 1000 m wird von 100,0 Prozent (n=4) angegeben. Keine Schwierigkeiten auf unebenem Untergrund haben 50,0 Prozent (n=2) der Studienteilnehmer, mäßige Schwierigkeiten haben ebenfalls 50,0 Prozent (n=2) der Patienten. Gangabnormalitäten oder Einschränkungen der Flexion und Extension waren bei keinem Studienteilnehmer zu finden. 50,0 Prozent (n=2) haben eine Beeinträchtigung der Inversion und Eversion. 100,0 Prozent (n=4) haben eine normale Stabilität im Sprunggelenk und eine normale Fußstellung (vgl. auch Tabelle 4.30 – 4.38 unter 4.8 Gesamtergebnisse).

Röntgenanalyse

In der radiologischen Nachuntersuchung zeigte sich, dass bei allen Patienten die Arthrodesen erfolgreich konsolidiert war (vgl. Tabelle 4.10).

konsolidiert	ja	nein	n
	4	0	4
	100,0 %	0,0 %	100,0 %

Tab. 4.10: Konsolidierung Talonavicular-Arthrodesen

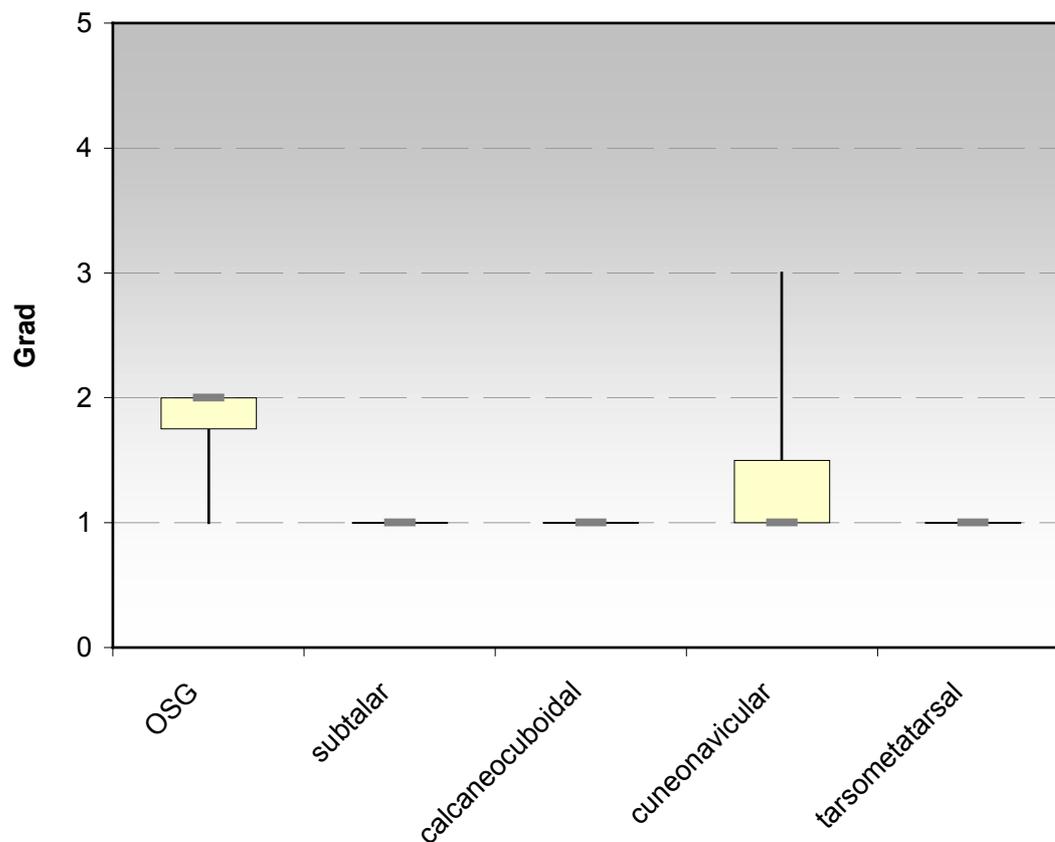
Kellgren und Moore

Die Auswertung nach Kellgren und Moore ergab die nachstehenden Ergebnisse. Von einer Anschlussdegeneration sind 75,0 Prozent (n=3) der Teilnehmer mit Talonavicular-Arthrodesen betroffen. Am oberen Sprunggelenk zeigten sich in 75,0 Prozent (n=3) und am Cuneonaviculargelenk in 25,0 Prozent (n=1) arthrotische Veränderungen. Die restlichen Gelenke waren unauffällig (vgl. Tabelle 4.11).

Gelenk	von einer Anschlussdegeneration betroffen		
	ja	nein	n
OSG	75,0 %	25,0 %	4
subtalar	0,0 %	100,0 %	4
talonavicular	-	-	-
calcaneocuboidal	0,0 %	100,0 %	4
cuneonavicular	25,0 %	75,0 %	4
tarsometatarsal	0,0 %	100,0 %	4

Tab. 4.11: Häufigkeit der Sekundärarthrose an Anschlussgelenken bei Talonavicular-Arthrosen

Im oberen Sprunggelenk beträgt der Mittelwert 1,75 ($s=0,50$). Das Ergebnis liegt damit in der Auswertung bei unklar/zweifelhaft. Die Durchschnittswerte für die Bereiche Subtalar- und Calcaneocuboidgelenk sowie die Tarsometatarsalgelenke liegen bei 1,00 ($s=0,00$), im Cuneonaviculargelenk bei 1,50 ($s=1,00$) (weitere Maßzahlen vgl. Diagramm 4.8 und Tabelle 4.12).

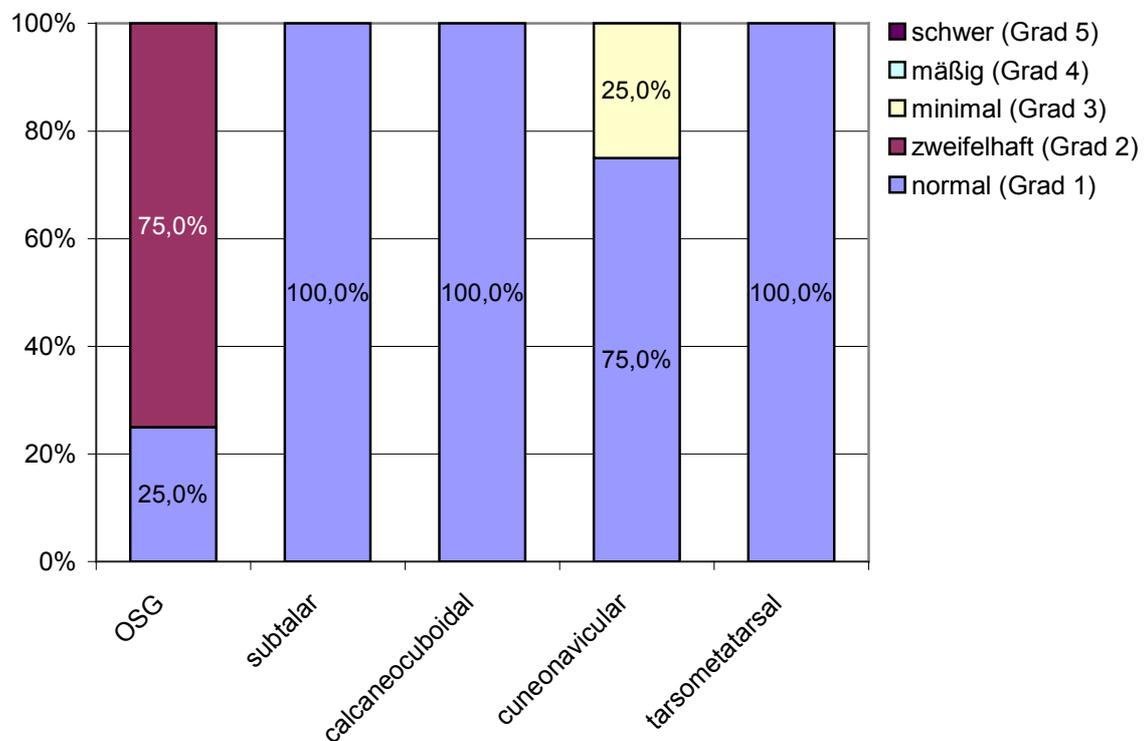


Diag. 4.8: Auswertung nach Kellgren und Moore der Talonavicular-Arthrosen (Median, Spannweite, oberes und unteres Quartil)

Gelenk	\bar{x}	s	\tilde{x}	R	I_{50}	I_{80}	n
OSG	1,75	0,50	2,00	1,00	0,25	0,70	4,00
subtalar	1,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	4,00
talonavicular	-	-	-	-	-	-	-
calcaneocuboidal	1,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	4,00
cuneonavicular	1,50	1,00	1,00	2,00	0,50	1,40	4,00
tarsometatarsal	1,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	4,00

Tab. 4.12: Auswertung nach Kellgren und Moore Talonavicular-Arthrosesen

Die Verteilung der Schweregrade innerhalb der Anschlussgelenke ist in Diagramm 4.9 dargestellt.



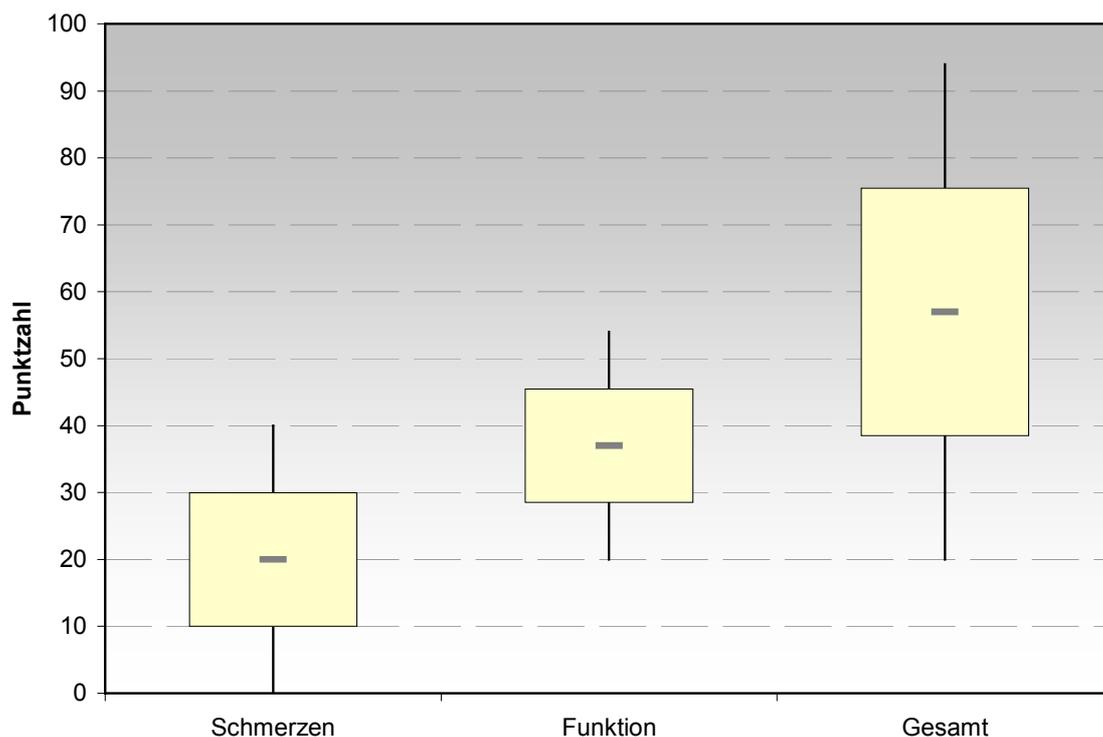
Diag. 4.9: Verteilung der Arthrosegrade an den jeweiligen Gelenken bei Talonavicular-Arthrosesen

4.4 Cuneonavicular-Talonavicular-Arthrodesen

AOFAS-Score – klinische Nachuntersuchung

Von den Patienten mit einer Arthrodesese des talonavicularen und des Cuneonaviculargelenks folgten zwei der Einladung zur Nachuntersuchung. Der AOFAS-Score lag bei einem Mittelwert von 57,00 (s=52,33) Punkten. Dieses Ergebnis entspricht in der Bewertung einem „mangelhaft“ mit einer prozentualen Verteilung von 50,0 Prozent (n=1) „sehr gut“ und 50,0 Prozent (n=1) „mangelhaft“.

In der Unterkategorie „Schmerz“ ergab die Berechnung des Mittelwerts 20,00 (s=28,28) Punkte; in der zweiten Kategorie „Funktion“ betrug der Mittelwert 37,00 (s=24,04) Punkte (weitere Maßzahlen vgl. Diagramm 4.10 und Tabelle 4.13).



Diag. 4.10: AOFAS-Score CNTN-Arthrodesen (Median, Spannweite, oberes und unteres Quartil)

	\bar{x}	s	\tilde{x}	R	I_{50}	I_{80}	n
Schmerzen	20,00	28,28	20,00	40,00	20,00	32,00	2
Funktion	37,00	24,04	37,00	34,00	17,00	27,20	2
Gesamt	57,00	52,33	57,00	74,00	37,00	59,20	2

Tab. 4.13: AOFAS-Score CNTN-Arthrodesen

Prozentual gesehen litten 50,0 Prozent (n=1) der Patienten an keinen und 50,0 Prozent (n=1) an schweren, ständigen Schmerzen. Der Grad der Aktivität wurde von der Hälfte der nachuntersuchten Patienten (50,0 Prozent, n=1) mit Einschränkungen im täglichen Leben und den Freizeitaktivitäten beschrieben. 50,0 Prozent (n=1) konnten nur noch weniger als 200 m gehen und haben große Schwierigkeiten auf unebenem Untergrund. 50,0 Prozent (n=1) hatten eine uneingeschränkte Gehstrecke bzw. konnten mehr als 1000 m gehen und waren durch unebenen Untergrund nicht beeinflusst. Gangabnormalitäten, sagittale Beweglichkeit und Rückfußbeweglichkeit waren bei 50,0 Prozent (n=1) erheblich bzw. schwer eingeschränkt. Die Stabilität im Sprunggelenk war bei allen Personen mit diesem Arthrodesetyp gegeben. Eine mäßige, sichtbare Fehlstellung des Fußes hatten nur 50,0 Prozent (n=1) (vgl. Tabelle 4.30 – 4.38 unter 4.8 Gesamtergebnisse).

Röntgenanalyse

Im Röntgenbild waren beide Arthrodesen vollständig konsolidiert. Es ergibt sich ein Wert von 100,0 Prozent (n=2) (vgl. Tabelle 4.14).

konsolidiert	ja	nein	n
	2	0	2
	100,0 %	0,0 %	100,0 %

Tab. 4.14: Konsolidierung CNTN-Arthrodesen

Kellgren und Moore

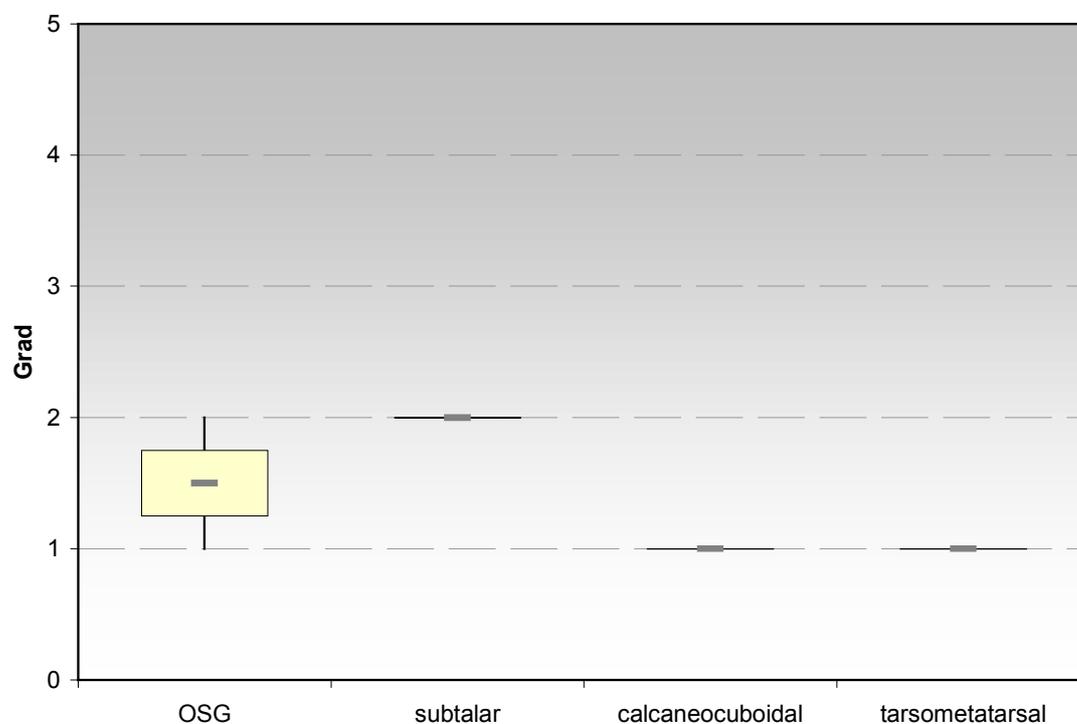
Bei 100,0 Prozent (n=2) der Patienten fanden sich im Röntgenbild eine Anschlussdegeneration. Das obere Sprunggelenk war in 50,0 Prozent (n=1), das Subtalargelenk in 100,0 Prozent (n=2) von einer Sekundärarthrose betroffen.

Am Calcaneocuboidgelenk und den Tarsometatarsalgelenken waren keine Veränderungen auszumachen (vgl. Tabelle 4.15).

Gelenk	von einer Anschlussdegeneration betroffen		
	ja	nein	n
OSG	50,0 %	50,0 %	2
subtalar	100,0 %	0,0 %	2
talonavicular	-	-	-
calcaneocuboidal	0,0 %	100,0 %	2
cuneonavicular	-	-	-
tarsometatarsal	0,0 %	100,0 %	2

Tab. 4.15: Häufigkeit der Sekundärarthrose an Anschlussgelenken bei CNTN-Arthrodesen

Der Mittelwert im oberen Sprunggelenk betrug 1,50 ($s=0,71$), im Subtalargelenk 2,00 ($s=0,00$). Das Calcaneocuboidgelenk und die Tarsometatarsalgelenke waren nicht von einer Anschlussdegeneration betroffen. Der Mittelwert betrug 1,00 ($s=0,00$) Punkte. Eine genaue Aufschlüsselung über Median, Spannweite, oberes und unteres Quartil bietet Diagramm 4.11 und Tabelle 4.16.

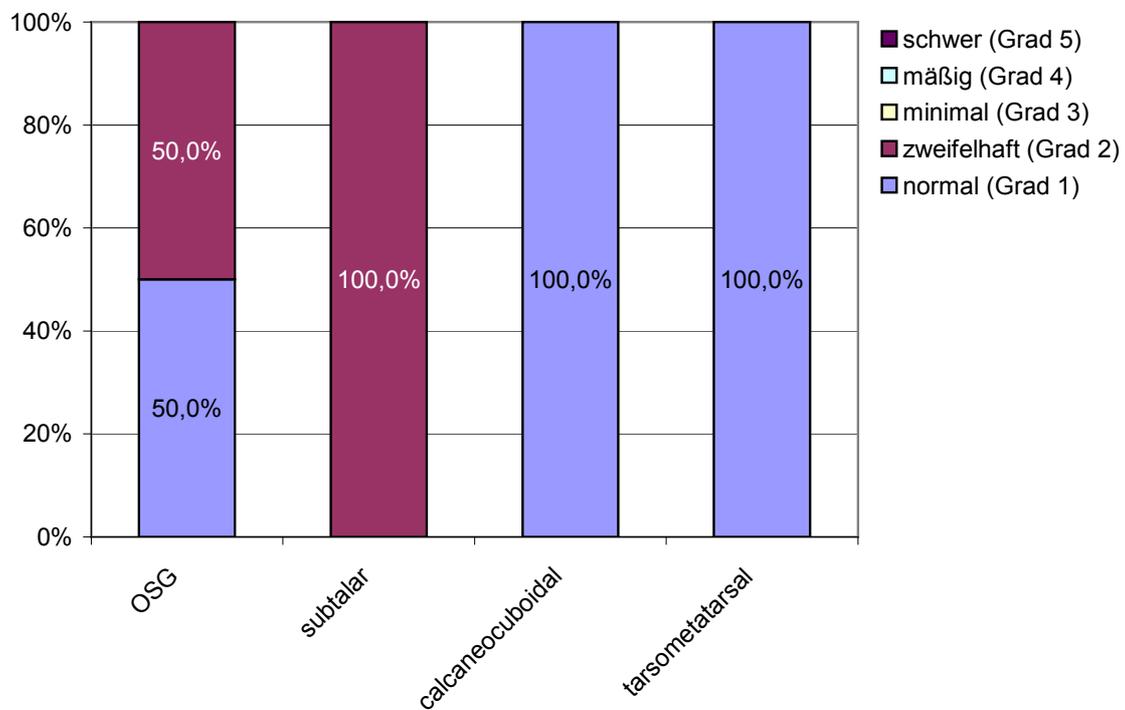


Diag. 4.11: Auswertung nach Kellgren und Moore der CNTN-Arthrodesen (Median, Spannweite, oberes und unteres Quartil)

Gelenk	\bar{x}	s	\tilde{x}	R	I_{50}	I_{80}	n
OSG	1,50	0,71	1,50	1,00	0,50	0,80	2
subtalar	2,00	0,00	2,00	0,00	0,00	0,00	2
talonavicular	-	-	-	-	-	-	-
calcaneocuboidal	1,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	2
cuneonavicular	-	-	-	-	-	-	-
tarsometatarsal	1,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	2

Tab. 4.16: Auswertung nach Kellgren und Moore CNTN-Arthrosesen

Die Verteilung der Schweregrade innerhalb der Anschlussgelenke ist in Diagramm 4.12 dargestellt.



Diag. 4.12: Verteilung der Arthrosegrade an den jeweiligen Gelenken bei CNTN-Arthrosesen

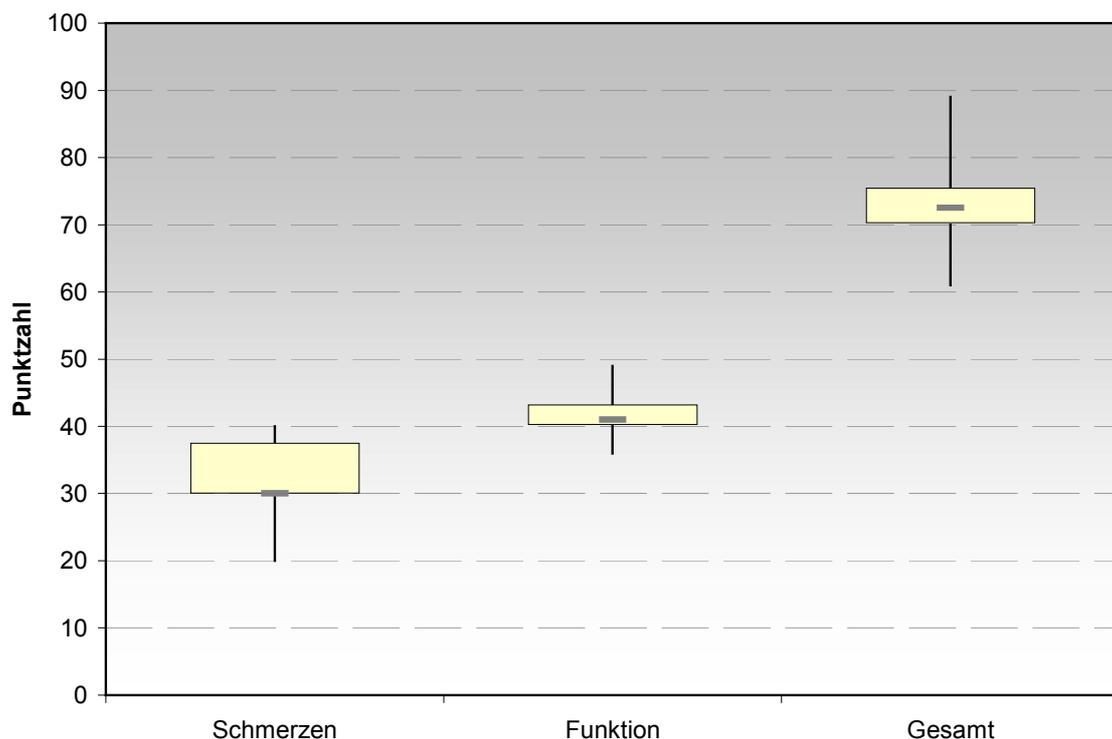
4.5 Tibiototalcanear-Arthrodesen

AOFAS-Score – klinische Nachuntersuchung

Im Rahmen der Kombinationsarthrodesen konnten sechs Patienten mit einer Versteifung von oberem Sprunggelenk und Subtalargelenk nachuntersucht werden. Im Bereich des klinischen Teils ergab der AOFAS-Score im Gesamten einen Mittelwert von 73,50 (s=9,18) Punkten. In der Auswertung fällt diese Punktzahl in die Kategorie „ausreichend“. 33,3 Prozent (n=2) der Studienteilnehmer schnitten im AOFAS-Score mit „gut“ und 66,7 Prozent (n=4) mit „ausreichend“ ab.

Die Unterkategorie „Schmerz“ erreichte einen Mittelwert von 31,67 (s=7,53) Punkten. Der zweite Abschnitt der klinischen Untersuchung, der Bereich „Funktion“, kam auf einen Mittelwert von 41,83 (s=4,36) Punkten.

Diagramm 4.13 zeigt den Median mit zugehöriger Spannweite, oberem und unterem Quartil für diese Auswertung.



Diag. 4.13: AOFAS-Score TTC-Arthrodesen (Median, Spannweite, oberes und unteres Quartil)

Mittelwert, Standardabweichung, Median, Spannweite, Interquartils- und Interdezilbereich sind in Tabelle 4.17 dargestellt.

	\bar{x}	s	\tilde{x}	R	I_{50}	I_{80}	n
Schmerzen	31,67	7,53	30,00	20,00	7,50	15,00	6
Funktion	41,83	4,36	41,00	13,00	3,00	8,50	6
Gesamt	73,50	9,18	72,50	28,00	5,25	17,00	6

Tab. 4.17: AOFAS-Score TTC-Arthrodesen

Es klagten 50,0 Prozent (n=3) der Patienten über milde Schmerzen, 33,3 Prozent (n=2) litten nicht unter Schmerzen. Aktivitätseinschränkungen gaben nur 50,0 Prozent (n=3) der Befragten an. Diese Einschränkungen bezogen sich auf den Bereich Freizeitaktivitäten. 83,3 Prozent (n=5) konnten mehr als 1000 m gehen und hatten nur mäßige Schwierigkeiten mit unebenem Untergrund. Die Verteilung der nachuntersuchten Patienten beim Unterpunkt „Gangabnormalitäten“ variiert zwischen keinen bzw. geringfügigen (66,7 Prozent, n=4) und sichtbaren (33,3 Prozent, n=2). Die Rückfuß- und sagitale Beweglichkeit wurde bei je 83,3 Prozent (n=5) von den Untersuchern als schwer eingestuft. Bei allen Teilnehmern war das Sprunggelenk stabil. Auch die Fußstellung war bei allen normal (vgl. auch Tabelle 4.30 – 4.38 unter 4.8 Gesamtergebnisse).

Röntgenanalyse

Der erste Teil der radiologischen Nachuntersuchung ergab eine Konsolidierungsrate von 83,3 Prozent (n=5) (vgl. Tabelle 4.18).

konsolidiert	ja	nein	n
	5	1	6
	83,3 %	16,7 %	100,0 %

Tab. 4.18: Konsolidierung TTC-Arthrodesen

Kellgren und Moore

Die Auswertung bei sechs Tibiotalocalcaneal-Arthrodesen nach Kellgren und Moore zeigte bei 83,3 Prozent (n=5/6) der Patienten eine Anschlussdegeneration.

Im Bereich des Talonaviculargelenks waren 83,3 Prozent (n=5) betroffen, calcaneocuboidal, cuneonavicular und tarsometatarsal je 16,7 Prozent (n=1) (vgl. Tabelle 4.19).

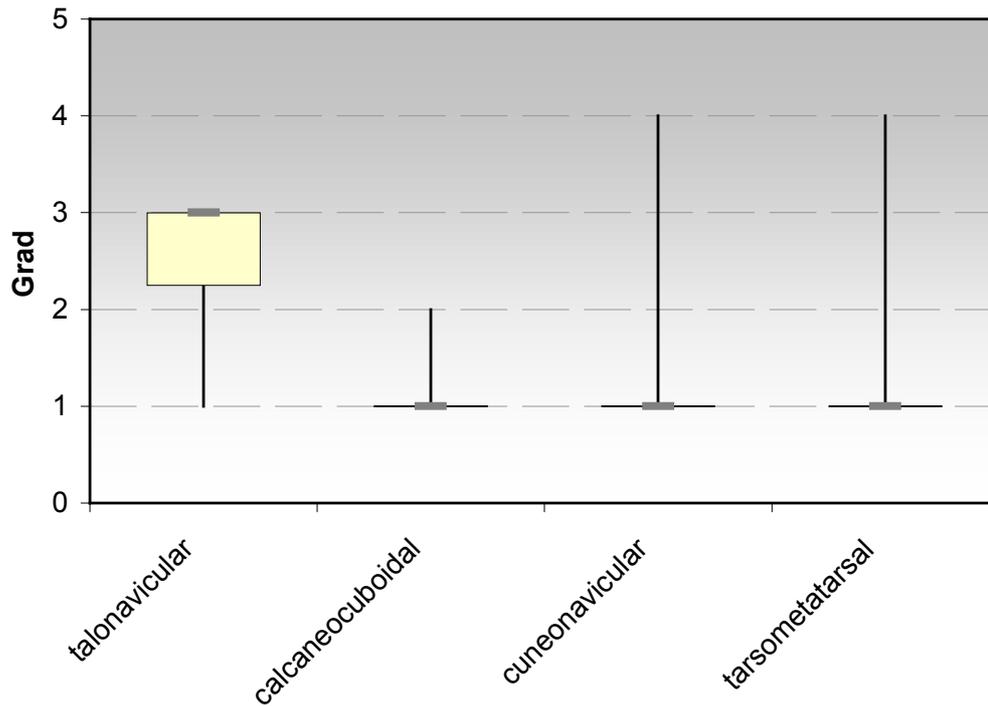
Gelenk	von einer Anschlussdegeneration betroffen		
	ja	nein	n
OSG	-	-	-
subtalar	-	-	-
talonavicular	83,3 %	16,7 %	6
calcaneocuboidal	16,7 %	83,3 %	6
cuneonavicular	16,7 %	83,3 %	6
tarsometatarsal	16,7 %	83,3 %	6

Tab. 4.19: Häufigkeit der Sekundärarthrose an Anschlussgelenken bei TTC-Arthrodesen

Talonavicular ergab die Berechnung des Mittelwerts 2,50 (s=0,84). Bei der Auswertung des Calcaneocuboidgelenks erlangte der Mittelwert 1,17 (s=0,41) Punkte. Im Bereich des Cuneonaviculargelenks und der Tarsometatarsalgelenke lag der Mittelwert für beide Gelenkbereiche bei 1,50 (s=1,22). Die Übersicht über Median, Spannweite, Interquartils- und Interdezilbereich bzw. oberes und unteres Quartil bietet Tabelle 4.20 und Diagramm 4.14.

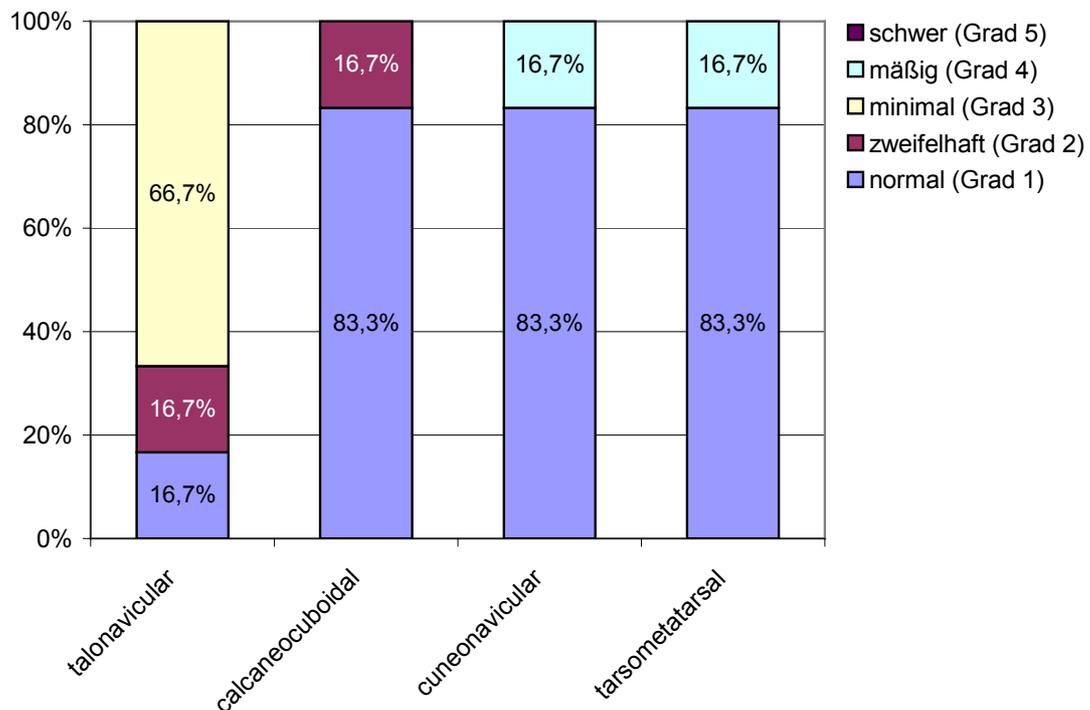
Gelenk	\bar{x}	s	\tilde{x}	R	I_{50}	I_{80}	n
OSG	-	-	-	-	-	-	-
subtalar	-	-	-	-	-	-	-
talonavicular	2,50	0,84	3,00	2,00	0,75	1,50	6,00
calcaneocuboidal	1,17	0,41	1,00	1,00	0,00	0,50	6,00
cuneonavicular	1,50	1,22	1,00	3,00	0,00	1,50	6,00
tarsometatarsal	1,50	1,22	1,00	3,00	0,00	1,50	6,00

Tab. 4.20: Auswertung nach Kellgren und Moore TTC-Arthrodesen



Diag. 4.14: Auswertung nach Kellgren und Moore TTC-Arthrodesen (Median, Spannweite, oberes und unteres Quartil)

Die Verteilung der Schweregrade innerhalb der Anschlussgelenke ist in Diagramm 4.15 dargestellt.



Diag. 4.15: Verteilung der Arthrosegrade an den jeweiligen Gelenken bei TTC-Arthrodesen

4.6 Triple-Arthrodesen

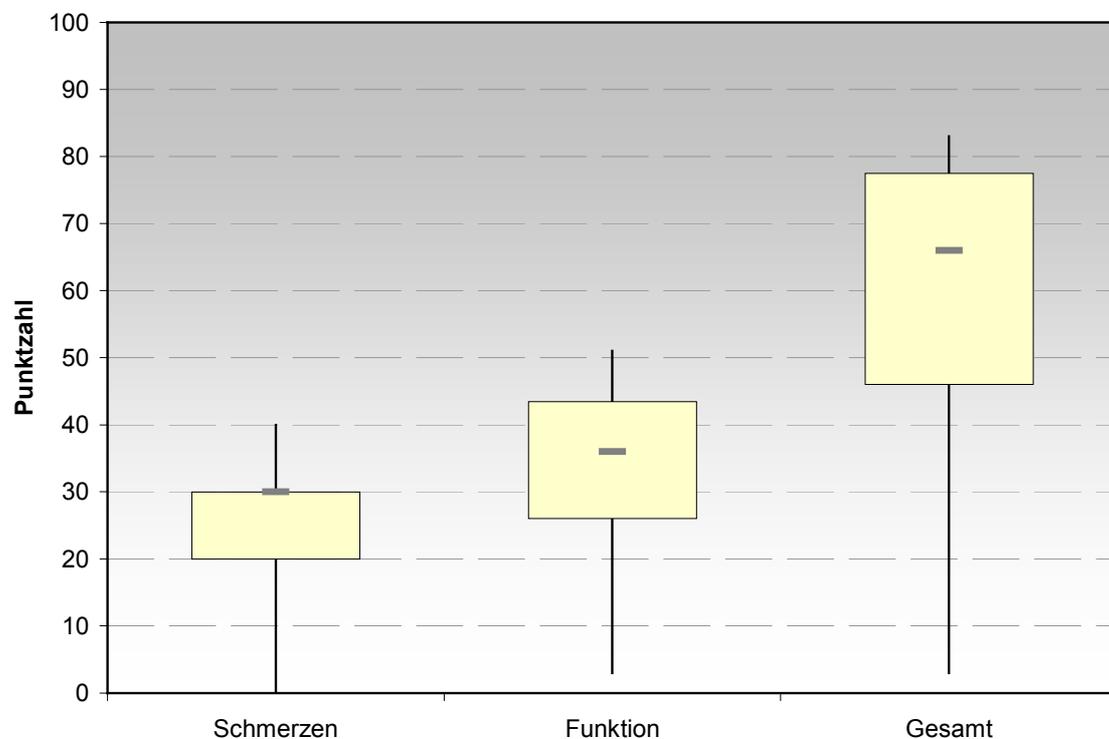
Die Triple-Arthrodesen umfassen drei Rückfußgelenke. Mit dieser Arthrodesen konnten insgesamt sieben Patienten klinisch und acht radiologisch nachuntersucht werden.

AOFAS-Score – klinische Nachuntersuchung

Die klinische Betrachtung ergab einen AOFAS-Score von 57,00 (s=28,81) Punkten im Mittelwert. Dieses Ergebnis entspricht einem „ausreichend“. Anteilig gliedert sich die Verteilung wie folgt: 28,6 Prozent (n=2) „gut“, 28,6 Prozent (n=2) „ausreichend“ und 42,9 Prozent (n=3) „mangelhaft“.

Die beiden Unterkategorien „Schmerz“ und „Funktion“ gliedern sich wie folgt: 24,29 (s=12,72) Punkte beträgt der Mittelwert für „Schmerz“, 32,71 (s=17,09) Punkte für „Funktion“.

In Diagramm 4.16 ist der Median der Auswertung mit Spannweite, oberem und unterem Quartil dargestellt.



Diag. 4.16: AOFAS-Score Triple-Arthrodesen (Median, Spannweite, oberes und unteres Quartil)

Mittelwert, Standardabweichung, Median, Spannweite, Interquartils- und Interdezilbereich sind aus Tabelle 4.21 zu entnehmen.

	\bar{x}	s	\tilde{x}	R	I_{50}	I_{80}	n
Schmerzen	24,29	12,72	30,00	40,00	10,00	22,00	7
Funktion	32,71	17,09	36,00	48,00	17,50	36,00	7
Gesamt	57,00	28,81	66,00	80,00	31,50	59,00	7

Tab. 4.21: AOFAS-Score Triple-Arthrodesen

Milde bzw. gelegentliche Schmerzen hatten noch 42,9 Prozent (n=3) der Teilnehmer, moderate, tägliche 28,6 Prozent (n=2). In ihren Freizeitaktivitäten eingeschränkt fühlten sich 42,9 Prozent (n=3). 71,4 Prozent (n=5) berichteten mehr als 1000 m gehen zu können. Sichtbare Gangabnormalitäten sowie mäßige Schwierigkeiten auf unebenem Untergrund hatten 42,9 Prozent (n=3). Flexion und Extension waren bei 85,7 Prozent (n=6) moderat eingeschränkt. Die Rückfußbeweglichkeit war bei 42,9 Prozent (n=3) normal. Bei 57,1 Prozent (n=4) war das Sprunggelenk stabil und lag eine mäßige, sichtbare Fußfehlstellung vor (vgl. Tabelle 4.30 – 4.38 unter 4.8 Gesamtergebnisse).

Röntgenanalyse

Die Betrachtung der erfolgreichen Konsolidierung im ersten Teil der radiologischen Nachuntersuchung konnte bei acht der operierten Arthrodesen erfolgen. Insgesamt waren 75,0 Prozent (n=6) zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung vollständig konsolidiert (siehe auch Tabelle 4.22).

konsolidiert	ja	nein	n
	6	2	8
	75,0 %	25,0 %	100,0 %

Tab. 4.22: Konsolidierung Triple-Arthrodesen

Kellgren und Moore

Bei der Auswertung nach Kellgren und Moore konnten bei der Analyse des Cuneonaviculargelenks nur sieben miteinbezogen werden, da bei einer der acht radiologisch nachuntersuchten Arthrodesen eine zusätzliche Versteifung in diesem Bereich durchgeführt wurde. Betroffen von einer Anschlussdegeneration sind 50,0 Prozent (n=4/8) der Patienten mit Triple-Arthrodesese.

50,0 Prozent (n=4/8) der oberen Sprunggelenke zeigten degenerative Veränderungen, 42,9 Prozent (n=3/7) im Cuneonaviculargelenk und 12,5 Prozent (n=1/8) tarsometatarsal (vgl. Tabelle 4.23).

Gelenk	von einer Anschlussdegeneration betroffen		
	ja	nein	n
OSG	50,0 %	50,0 %	8
subtalar	-	-	-
talonavicular	-	-	-
calcaneocuboidal	-	-	-
cuneonavicular	42,9 %	57,1 %	7
tarsometatarsal	12,5 %	87,5 %	8

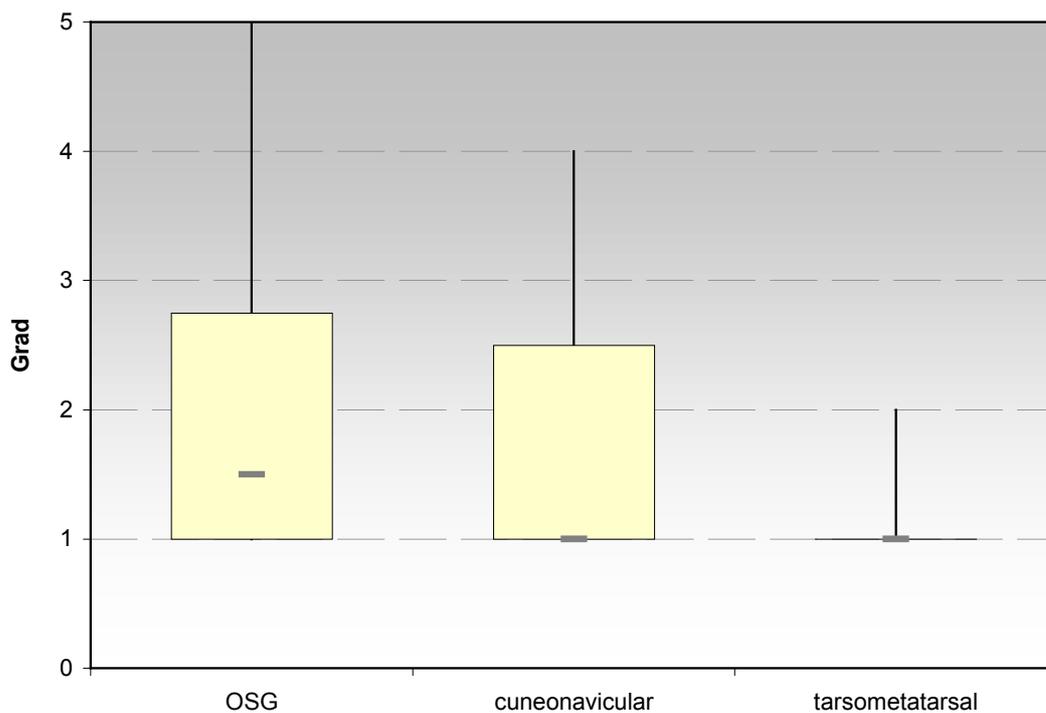
Tab. 4.23: Häufigkeit der Sekundärarthrose an Anschlussgelenken bei Triple-Arthrodesen

Der Mittelwert des oberen Sprunggelenks lag bei 2,25 (s=1,24) Punkten. Hier wird von einer zweifelhaften bzw. unklaren Arthrose gesprochen. Der Mittelwert des Cuneonaviculargelenks erreichte einen Wert von 1,86 (s=1,21) Punkten. Der Mittelwert des Arthrosegrades der Tarsometatarsalgelenke betrug 1,13 (s=0,35) Punkte.

Einen genauen Überblick über Median, Spannweite, Interquartils- und Interdezilbereich bzw. oberes und unteres Quartil zeigt Tabelle 4.24 und Diagramm 4.17.

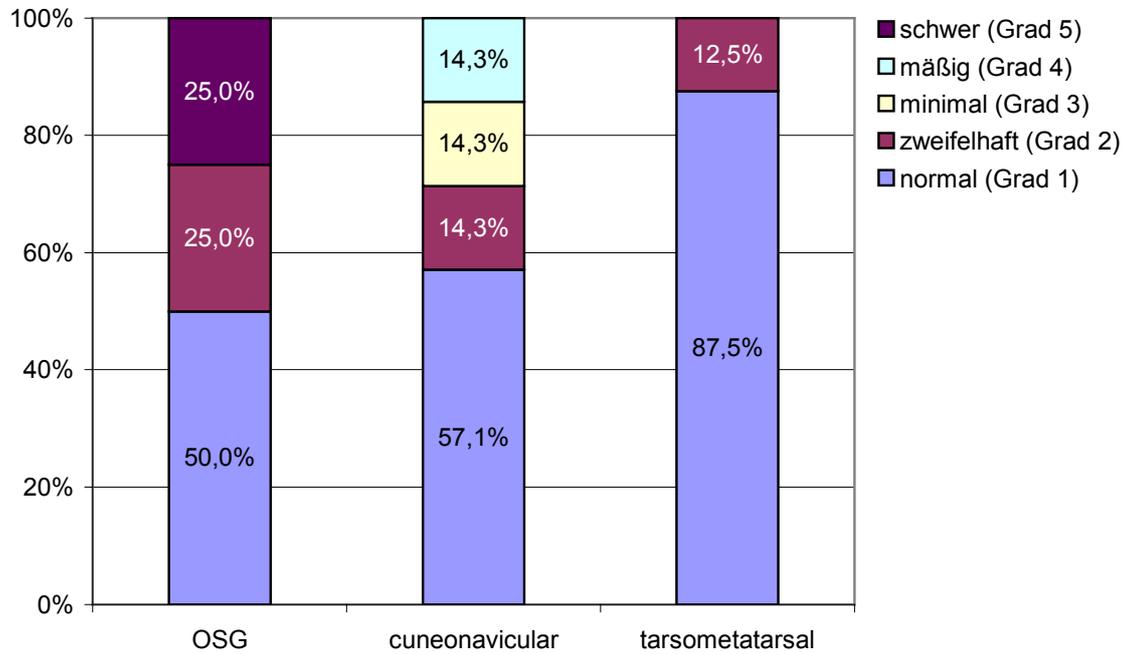
Gelenk	\bar{x}	s	\tilde{x}	R	I_{50}	I_{80}	n
OSG	2,25	1,24	1,50	4,00	1,75	4,00	8
subtalar	-	-	-	-	-	-	-
talonavicular	-	-	-	-	-	-	-
calcaneocuboidal	-	-	-	-	-	-	-
cuneonavicular	1,86	1,21	1,00	3,00	1,50	2,40	7
tarsometatarsal	1,13	0,35	1,00	1,00	0,00	0,30	8

Tab. 4.24: Auswertung nach Kellgren und Moore Triple-Arthrodesen



Diag. 4.17: Auswertung nach Kellgren und Moore der Triple-Arthrodesen (Median, Spannweite, oberes und unteres Quartil)

Die Verteilung der Schweregrade innerhalb der Anschlussgelenke ist in Diagramm 4.18 dargestellt.



Diag. 4.18: Verteilung der Arthrosegrade an den jeweiligen Gelenken bei Triple-Arthrodesen

4.7 Pantalar-Arthrodesen

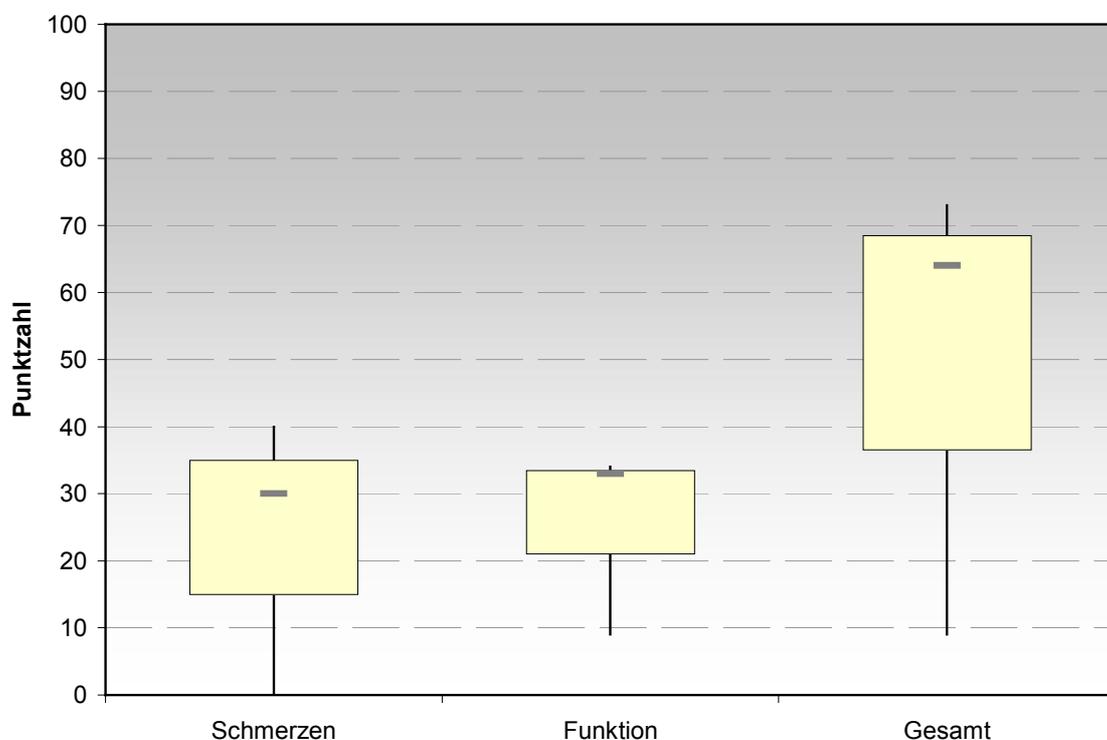
Die Pantalar-Arthrodesen stellen den umfangreichsten Eingriff aller nachuntersuchten Versteifungen dar. Drei Patienten mit dieser Arthrodesese erklärten sich zu einer genaueren klinischen und radiologischen Betrachtung bereit.

AOFAS-Score – klinische Nachuntersuchung

Der Mittelwert des AOFAS-Score für die klinische Nachuntersuchung lag bei 48,67 (s=34,65) Punkten. Man spricht hier von einem „mangelhaften“ Ergebnis. Bei 66,7 Prozent (n=2) der Patienten lag das Resultat bei „ausreichend“, bei 33,3 Prozent (n=1) bei „mangelhaft“.

Von den insgesamt 40 möglichen Punkten der Untergruppe „Schmerz“ wurde ein Mittelwert von 23,33 (s=20,82) Punkten erzielt. Der Bereich „Funktion“ kam auf einen Mittelwert von 25,33 (s=14,15) Punkten.

Der Median, die zugehörige Spannweite, Interquartils- und Interdezilbereich bzw. oberes und unteres Quartil sind in Diagramm 4.19 und Tabelle 4.25 dargestellt.



Diag. 4.19: AOFAS-Score Pantalar-Arthrodesen (Median, Spannweite, oberes und unteres Quartil)

	\bar{x}	s	\tilde{x}	R	I_{50}	I_{80}	n
Schmerzen	23,33	20,82	30,00	40,00	20,00	32,00	3
Funktion	25,33	14,15	33,00	25,00	12,50	20,00	3
Gesamt	48,67	34,65	64,00	64,00	32,00	51,20	3

Tab. 4.25: AOFAS-Score Pantalar-Arthrodesen

Die prozentuale Verteilung der Untergruppen des AOFAS-Scores werden im folgenden Teil näher aufgeführt. 33,3 Prozent (n=1) litten unter milden und 33,3 Prozent (n=1) unter schweren, fast ständigen Schmerzen. Auch berichteten 33,3 Prozent (n=1) über schwere Einschränkungen der Aktivitäten. Die maximale Gehstrecke lag bei 66,7 Prozent (n=2) über 1000 m. 66,7 Prozent (n=2) hatten mäßige Schwierigkeiten mit unebenem Untergrund, erhebliche Gangabnormalitäten und schwere Beeinträchtigungen der sagitalen Beweglichkeit. Die Inversion und Eversion war bei 100,0 Prozent (n=3) erheblich eingeschränkt. Nur bei 66,7 Prozent (n=2) konnte von einem stabilen Sprunggelenk gesprochen werden. Die Fußstellung war bei je 33,3 Prozent (n=1) normal, mäßig verschlechtert oder es lag eine schwere Fehlstellung mit Symptomen vor (vgl. auch Tabelle 4.30 – 4.38 unter 4.8 Gesamtergebnisse).

Röntgenanalyse

Die radiologische Betrachtung zeigte, dass zwei der insgesamt drei Pantalar-Arthrodesen konsolidiert waren. Dies entspricht 66,7 Prozent (siehe auch Tabelle 4.26).

konsolidiert	ja	nein	n
	2	1	3
	66,7 %	33,3 %	100,0 %

Tab. 4.26: Konsolidierung Pantalar-Arthrodesen

Kellgren und Moore

Auf Grund der umfangreichen Arthrodese können insgesamt nur zwei der Rückfußgelenke radiologisch auf mögliche arthrotische Veränderungen analysiert werden; die restlichen wurden mit in die Arthrodese einbezogen. Bei 33,3 Prozent ($n=1/3$) der nachuntersuchten Patienten konnten Hinweise auf eine Anschlussdegeneration gefunden werden.

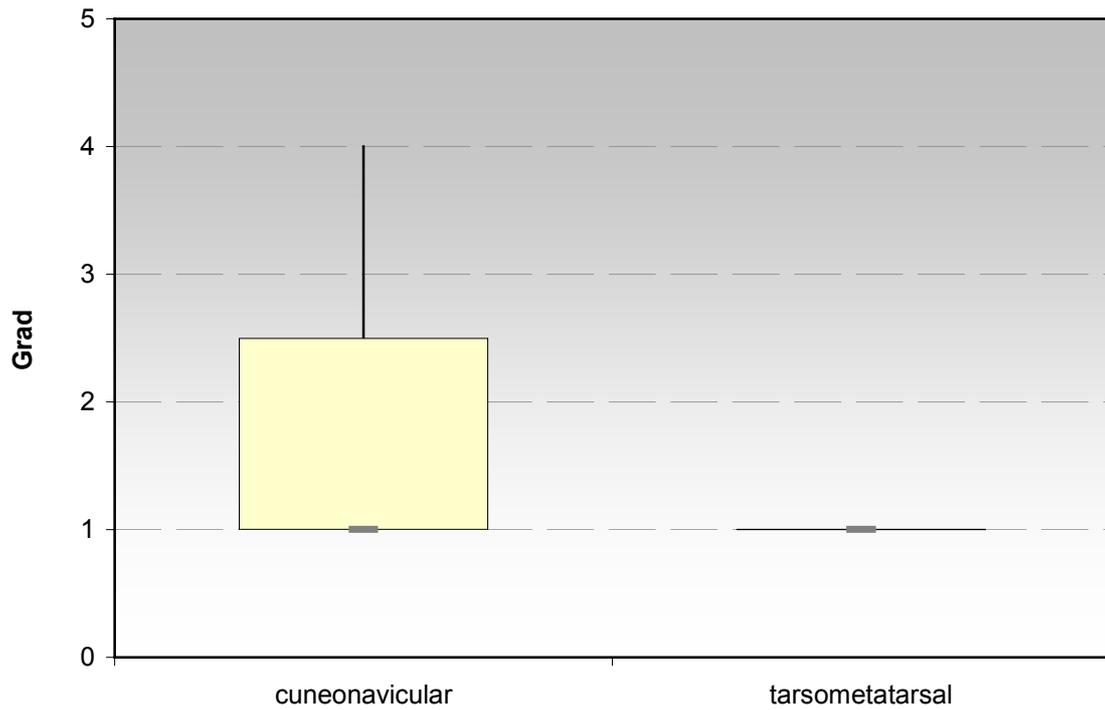
Das Cuneonaviculargelenk war in 33,3 Prozent ($n=1/3$) der Fälle von einer Sekundärarthrose betroffen. Tarsometatarsal liegen keine Anzeichen einer Anschlussdegeneration vor (vgl. Tabelle 4.27).

Gelenk	von einer Anschlussdegeneration betroffen		
	ja	nein	n
OSG	-	-	-
subtalar	-	-	-
talonavicular	-	-	-
calcaneocuboidal	-	-	-
cuneonavicular	33,3 %	66,7 %	3
tarsometatarsal	0,0 %	100,0 %	3

Tab. 4.27: Häufigkeit der Sekundärarthrose an Anschlussgelenken bei Pantalar-Arthrodesen

In der Auswertung nach Kellgren und Moore, zeigte sich im Cuneonaviculargelenk ein Mittelwert von 2,00 ($s=1,73$). Man würde hier von einer unklaren bzw. zweifelhaften Arthrose im radiologischen Bild sprechen. Der Mittelwert für die Tarsometatarsalgelenke lag bei 1,00 ($s=0,00$).

Weitere Maßzahlen zeigt Diagramm 4.20 und Tabelle 4.28.

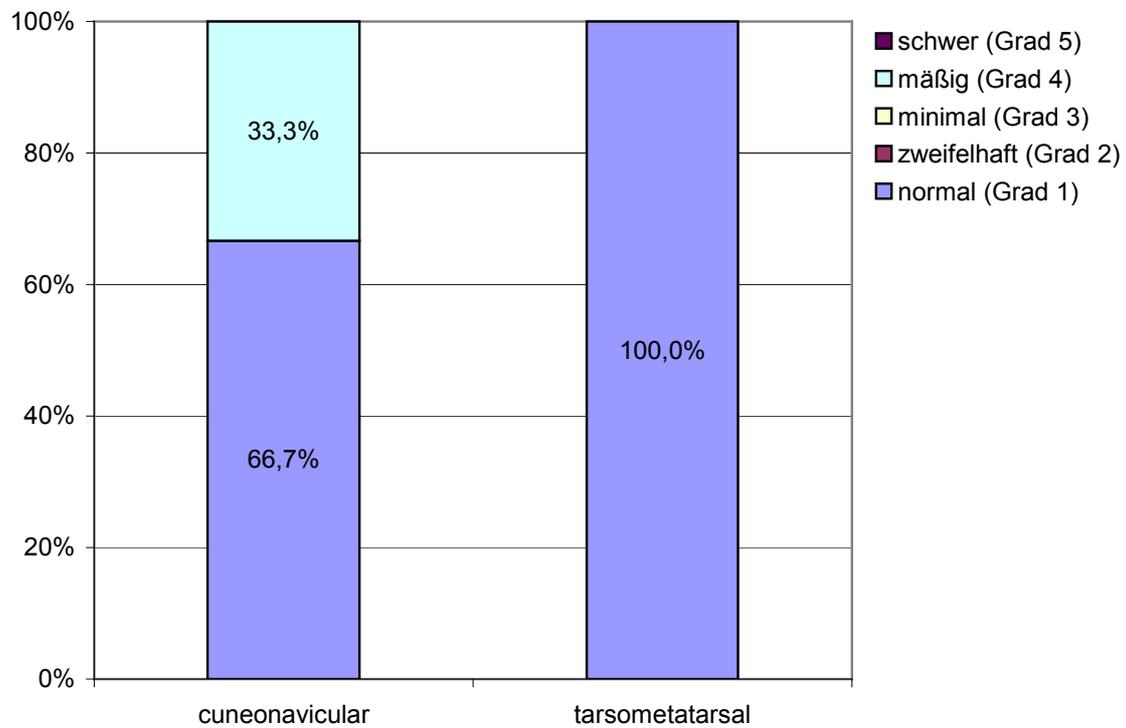


Diag. 4.20: Auswertung nach Kellgren und Moore der Pantalar-Arthrodesen (Median, Spannweite, oberes und unteres Quartil)

Gelenk	\bar{x}	s	\tilde{x}	R	I_{50}	I_{80}	n
OSG	-	-	-	-	-	-	-
subtalar	-	-	-	-	-	-	-
talonavicular	-	-	-	-	-	-	-
calcaneocuboidal	-	-	-	-	-	-	-
cuneonavicular	2,00	1,73	1,00	3,00	1,50	2,40	3
tarsometatarsal	1,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	3

Tab. 4.28: Auswertung nach Kellgren und Moore Pantalar-Arthrodesen

Die Verteilung der Schweregrade innerhalb der Anschlussgelenke ist in Diagramm 4.21 dargestellt.



Diag. 4.21: Verteilung der Arthrosegrade an den jeweiligen Gelenken bei Pantalar-Arthrodesen

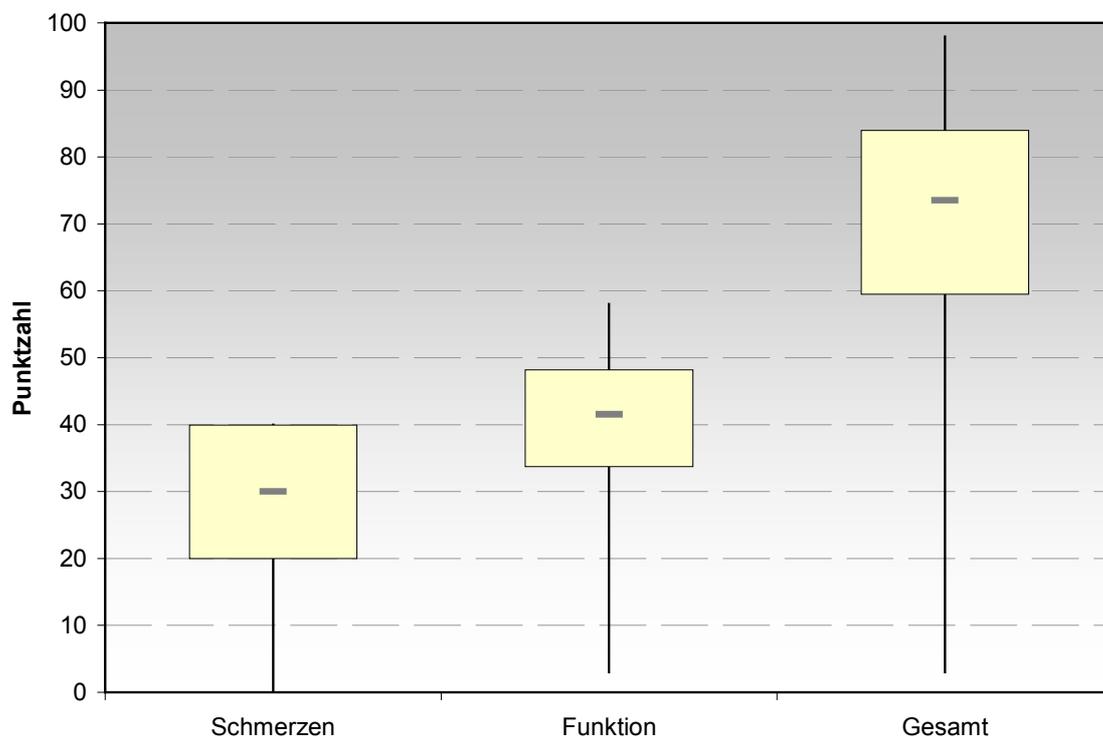
4.8 Gesamtergebnisse

AOFAS-Score – klinische Nachuntersuchung

Betrachtet man das gesamte Kollektiv, konnten insgesamt 44 Patienten klinisch nachuntersucht werden. Daraus ergibt sich ein Mittelwert für den Gesamt-AOFAS-Score von 67,11 ($s=23,64$) Punkten. Dies entspricht in der Auswertung einem „ausreichend“. Die prozentuale Verteilung stellt sich wie folgt dar: 9,1 Prozent ($n=4$) „sehr gut“, 36,4 Prozent ($n=16$) „gut“, 29,5 Prozent ($n=13$) „ausreichend“ und 25,0 Prozent ($n=11$) „mangelhaft“.

Die Kategorie „Schmerz“ erreichte einen Mittelwert von 27,73 ($s=12,55$) Punkten. Damit resultiert das Ergebnis zwischen milde, gelegentlich und moderat, täglich. Im Bereich „Funktion“ errechnete sich ein Mittelwert von 39,39 ($s=13,22$) Punkten.

Eine Übersicht über Median und Spannweite ist in Diagramm 4.22 und Tabelle 4.29 dargestellt.

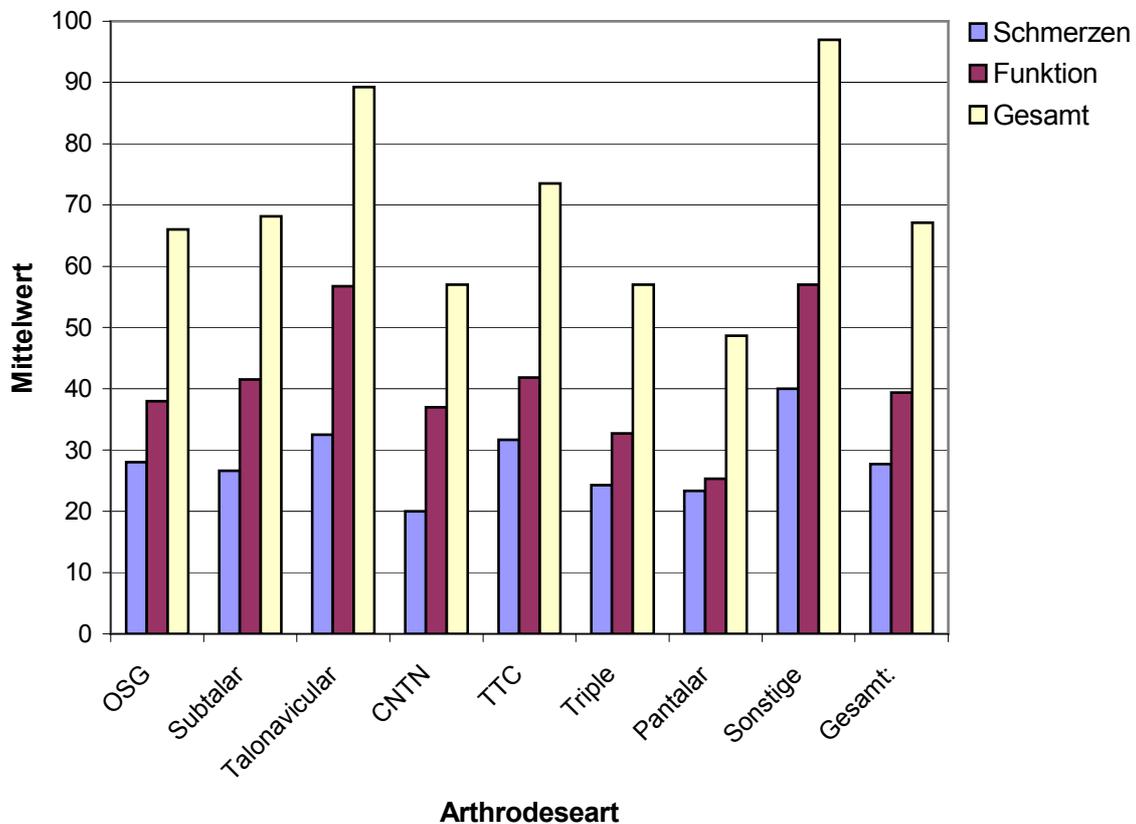


Diag. 4.22: AOFAS-Score gesamt (Median, Spannweite, oberes und unteres Quartil)

	\bar{x}	s	\tilde{x}	R	I_{50}	I_{80}	n
Schmerzen	27,73	12,55	30,00	40,00	20,00	34,00	44
Funktion	39,39	13,22	41,50	55,00	14,50	36,80	44
Gesamt	67,11	23,64	73,50	95,00	24,50	53,70	44

Tab. 4.29: AOFAS-Score gesamt

In Diagramm 4.23 sind die Mittelwerte des AOFAS-Scores aller Arthrodesenarten und des Gesamtergebnisses sowie die der Unterkategorien zum Vergleich aufgeführt.



Diag. 4.23: Mittelwerte des AOFAS-Scores im Überblick

Die Tabellen 4.30 – 4.38 geben einen detaillierten Überblick über die prozentuale Verteilung der Unterpunkte des AOFAS-Scores.

Art der Arthrodeese	Schmerzen									
	keine		milde, ggl.		moderat, tgl.		schwer, fast ständig		n	
OSG	6	40,0 %	2	13,3 %	6	40,0 %	1	6,7 %	15	100,0 %
Subtalar	2	33,3 %	2	33,3 %	1	16,7 %	1	16,7 %	6	100,0 %
Talonavicular	1	25,0 %	3	75,0 %	0	0,0 %	0	0,0 %	4	100,0 %
CNTN	1	50,0 %	0	0,0 %	0	0,0 %	1	50,0 %	2	100,0 %
TTC	2	33,3 %	3	50,0 %	1	16,7 %	0	0,0 %	6	100,0 %
Triple	1	14,3 %	3	42,9 %	2	28,6 %	1	14,3 %	7	100,0 %
Pantalar	1	33,3 %	1	33,3 %	0	0,0 %	1	33,3 %	3	100,0 %
Sonstige	1	100,0 %	0	0,0 %	0	0,0 %	0	0,0 %	1	100,0 %
Gesamt	15	34,1 %	14	31,8 %	10	22,7 %	5	11,4 %	44	100,0 %

Tab. 4.30: Prozentuale Verteilung AOFAS-Score – Schmerz

Art der Arthrodeese	Aktivitätseinschränkung									
	keine		Einschränkung von Freizeitaktivitäten		tägliche & freizeitaktive Einschränkung		schwere Einschränkung mit Hilfsmittel		n	
OSG	5	33,3 %	6	40,0 %	3	20,0 %	1	6,7 %	15	100,0 %
Subtalar	3	50,0 %	2	33,3 %	0	0,0 %	1	16,7 %	6	100,0 %
Talonavicular	3	75,0 %	1	25,0 %	0	0,0 %	0	0,0 %	4	100,0 %
CNTN	1	50,0 %	0	0,0 %	1	50,0 %	0	0,0 %	2	100,0 %
TTC	3	50,0 %	3	50,0 %	0	0,0 %	0	0,0 %	6	100,0 %
Triple	2	28,6 %	3	42,9 %	1	14,3 %	1	14,3 %	7	100,0 %
Pantalar	1	33,3 %	0	0,0 %	1	33,3 %	1	33,3 %	3	100,0 %
Sonstige	1	100,0 %	0	0,0 %	0	0,0 %	0	0,0 %	1	100,0 %
Gesamt	19	43,2 %	15	34,1 %	6	13,6 %	4	9,1 %	44	100,0 %

Tab. 4.31: Prozentuale Verteilung AOFAS-Score – Aktivitätseinschränkung

Art der Arthrodeese	maximale Gehstrecke									
	> 1000 m		600 - 1000 m		200 - 600 m		< 200 m		n	
OSG	12	80,0 %	1	6,7 %	1	6,7 %	1	6,7 %	15	100,0 %
Subtalar	4	66,7 %	0	0,0 %	1	16,7 %	1	16,7 %	6	100,0 %
Talonavicular	4	100,0 %	0	0,0 %	0	0,0 %	0	0,0 %	4	100,0 %
CNTN	1	50,0 %	0	0,0 %	0	0,0 %	1	50,0 %	2	100,0 %
TTC	5	83,3 %	0	0,0 %	0	0,0 %	1	16,7 %	6	100,0 %
Triple	5	71,4 %	0	0,0 %	1	14,3 %	1	14,3 %	7	100,0 %
Pantalar	2	66,7 %	0	0,0 %	1	33,3 %	0	0,0 %	3	100,0 %
Sonstige	1	100,0 %	0	0,0 %	0	0,0 %	0	0,0 %	1	100,0 %
Gesamt	34	77,3 %	1	2,3 %	4	9,1 %	5	11,4 %	44	100,0 %

Tab. 4.32: Prozentuale Verteilung AOFAS-Score – Gehstrecke

Art der Arthrodesese	unebener Untergrund						n	
	keine Schwierigkeiten		mäßige Schwierigkeiten		große Schwierigkeiten			
OSG	5	33,3 %	6	40,0 %	4	26,7 %	15	100,0 %
Subtalar	2	33,3 %	3	50,0 %	1	16,7 %	6	100,0 %
Talonavicular	2	50,0 %	2	50,0 %	0	0,0 %	4	100,0 %
CNTN	1	50,0 %	0	0,0 %	1	50,0 %	2	100,0 %
TTC	1	16,7 %	5	83,3 %	0	0,0 %	6	100,0 %
Triple	2	28,6 %	3	42,9 %	2	28,6 %	7	100,0 %
Pantalar	1	33,3 %	2	66,7 %	0	0,0 %	3	100,0 %
Sonstige	1	100,0 %	0	0,0 %	0	0,0 %	1	100,0 %
Gesamt	15	34,1 %	21	47,7 %	8	18,2 %	44	100,0 %

Tab. 4.33: Prozentuale Verteilung AOFAS-Score – unebener Untergrund

Art der Arthrodesese	Gangabnormalitäten						n	
	keine		sichtbare		erhebliche			
OSG	9	60,0 %	3	20,0 %	3	20,0 %	15	100,0 %
Subtalar	4	66,7 %	1	16,7 %	1	16,7 %	6	100,0 %
Talonavicular	4	100,0 %	0	0,0 %	0	0,0 %	4	100,0 %
CNTN	1	50,0 %	0	0,0 %	1	50,0 %	2	100,0 %
TTC	4	66,7 %	2	33,3 %	0	0,0 %	6	100,0 %
Triple	2	28,6 %	3	42,9 %	2	28,6 %	7	100,0 %
Pantalar	0	0,0 %	1	33,3 %	2	66,7 %	3	100,0 %
Sonstige	1	100,0 %	0	0,0 %	0	0,0 %	1	100,0 %
Gesamt	25	56,8 %	10	22,7 %	9	20,5 %	44	100,0 %

Tab. 4.34: Prozentuale Verteilung AOFAS-Score – Gangabnormalitäten

Art der Arthrodesese	sagittale Beweglichkeit (Flexion / Extension)						n	
	normal – mild (30° oder >)		moderate Einschränkung (15-29°)		erhebliche Einschränkung (< 15°)			
OSG	0	0,0 %	3	20,0 %	12	80,0 %	15	100,0 %
Subtalar	0	0,0 %	4	66,7 %	2	33,3 %	6	100,0 %
Talonavicular	4	100,0 %	0	0,0 %	0	0,0 %	4	100,0 %
CNTN	1	50,0 %	0	0,0 %	1	50,0 %	2	100,0 %
TTC	0	0,0 %	1	16,7 %	5	83,3 %	6	100,0 %
Triple	0	0,0 %	6	85,7 %	1	14,3 %	7	100,0 %
Pantalar	0	0,0 %	1	33,3 %	2	66,7 %	3	100,0 %
Sonstige	1	100,0 %	0	0,0 %	0	0,0 %	1	100,0 %
Gesamt	6	13,6 %	15	34,1 %	23	52,3 %	44	100,0 %

Tab. 4.35: Prozentuale Verteilung AOFAS-Score – sagittale Beweglichkeit

Art der Arthrodesese	Rückfußbeweglichkeit						n	
	normal – mild (75-100 %)		moderate Einschränkung (25-74 %)		erhebliche Einschränkung (< 25 %)			
OSG	0	0,0 %	7	46,7 %	8	53,3 %	15	100,0 %
Subtalar	1	16,7 %	1	16,7 %	4	66,7 %	6	100,0 %
Talonavicular	2	50,0 %	2	50,0 %	0	0,0 %	4	100,0 %
CNTN	0	0,0 %	1	50,0 %	1	50,0 %	2	100,0 %
TTC	0	0,0 %	1	16,7 %	5	83,3 %	6	100,0 %
Triple	3	42,9 %	2	28,6 %	2	28,6 %	7	100,0 %
Pantalar	0	0,0 %	0	0,0 %	3	100,0 %	3	100,0 %
Sonstige	0	0,0 %	1	100,0 %	0	0,0 %	1	100,0 %
Gesamt	6	13,6 %	15	34,1 %	23	52,3 %	44	100,0 %

Tab. 4.36: Prozentuale Verteilung AOFAS-Score – Rückfußbeweglichkeit

Art der Arthrodesese	Sprunggelenksstabilität				n	
	stabil		instabil			
OSG	15	100,0 %	0	0,0 %	15	100,0 %
Subtalar	6	100,0 %	0	0,0 %	6	100,0 %
Talonavicular	4	100,0 %	0	0,0 %	4	100,0 %
CNTN	2	100,0 %	0	0,0 %	2	100,0 %
TTC	6	100,0 %	0	0,0 %	6	100,0 %
Triple	4	57,1 %	3	42,9 %	7	100,0 %
Pantalar	2	66,7 %	1	33,3 %	3	100,0 %
Sonstige	1	100,0 %	0	0,0 %	1	100,0 %
Gesamt	40	90,9 %	4	9,1 %	44	100,0 %

Tab. 4.37: Prozentuale Verteilung AOFAS-Score – Sprunggelenksstabilität

Art der Arthrodesese	Fußstellung						n	
	gut, normal		mäßig, sichtbare Fehlstellung		schlecht, schwere Fehlstellung mit Symptomen			
OSG	10	66,7 %	4	26,7 %	1	6,7 %	15	100,0 %
Subtalar	5	83,3 %	1	16,7 %	0	0,0 %	6	100,0 %
Talonavicular	4	100,0 %	0	0,0 %	0	0,0 %	4	100,0 %
CNTN	1	50,0 %	1	50,0 %	0	0,0 %	2	100,0 %
TTC	6	100,0 %	0	0,0 %	0	0,0 %	6	100,0 %
Triple	1	14,3 %	4	57,1 %	2	28,6 %	7	100,0 %
Pantalar	1	33,3 %	1	33,3 %	1	33,3 %	3	100,0 %
Sonstige	1	100,0 %	0	0,0 %	0	0,0 %	1	100,0 %
Gesamt	29	65,9 %	11	25,0 %	4	9,1 %	44	100,0 %

Tab. 4.38: Prozentuale Verteilung AOFAS-Score – Fußstellung

Röntgenanalyse

Radiologisch konnten 50 Patienten nachuntersucht werden. Bei der Frage nach vollständiger Konsolidierung zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung, zeigte sich, dass dies bei 82,0 Prozent (n=41) der Fall war.

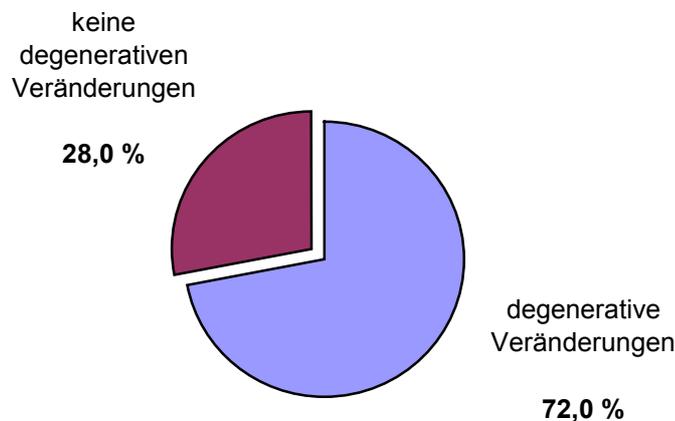
In Tabelle 4.39 sind alle Einzelergebnisse ersichtlich.

Art der Arthrodeese	Konsolidiert				n	
	ja		nein			
OSG	17	89,5 %	2	10,5 %	19	100,0 %
Subtalar	4	57,1 %	3	42,9 %	7	100,0 %
Talonavicular	4	100,0 %	0	0,0 %	4	100,0 %
CNTN	2	100,0 %		0,0 %	2	100,0 %
TTC	5	83,3 %	1	16,7 %	6	100,0 %
Triple	6	75,0 %	2	25,0 %	8	100,0 %
Pantalar	2	66,7 %	1	33,3 %	3	100,0 %
Sonstige	1	100,0 %	0	0,0 %	1	100,0 %
Gesamt:	41	82,0 %	9	18,0 %	50	100,0 %

Tab. 4.39: Konsolidierung im Überblick

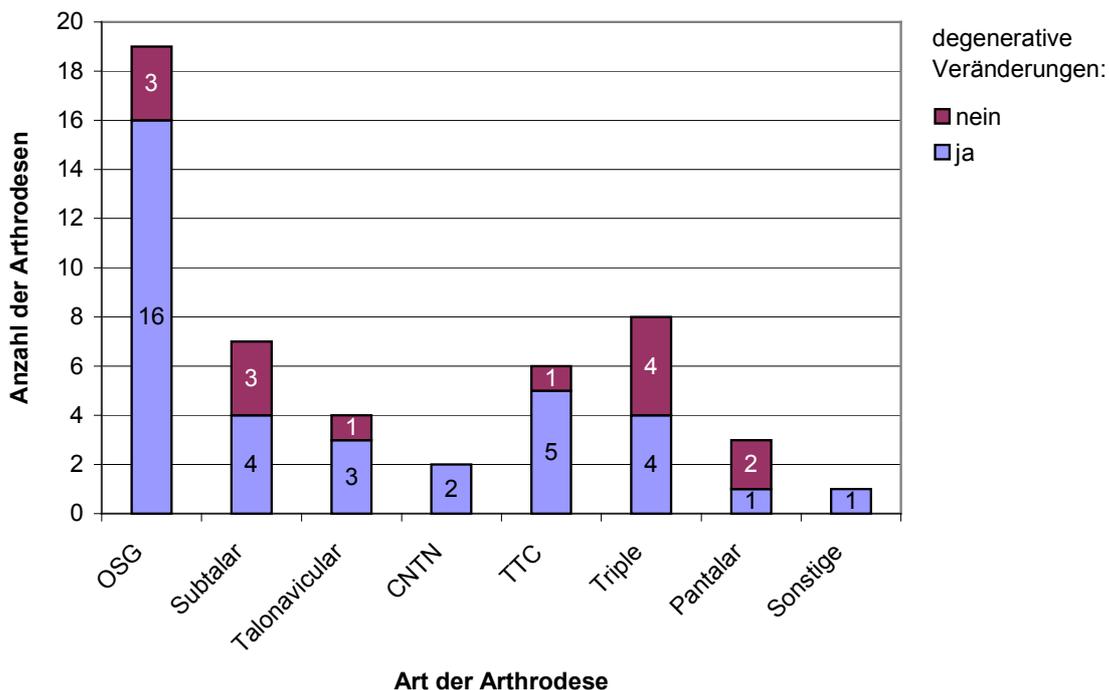
Kellgren und Moore

Eine degenerative Veränderung bildete sich an insgesamt 56 Anschlussgelenken bzw. an 72,0 Prozent (n=36) der nachuntersuchten Füße aus. Bei 30,5 Prozent (n=11) der betroffenen Arthrodesen lag dabei eine Pseudarthrose vor.



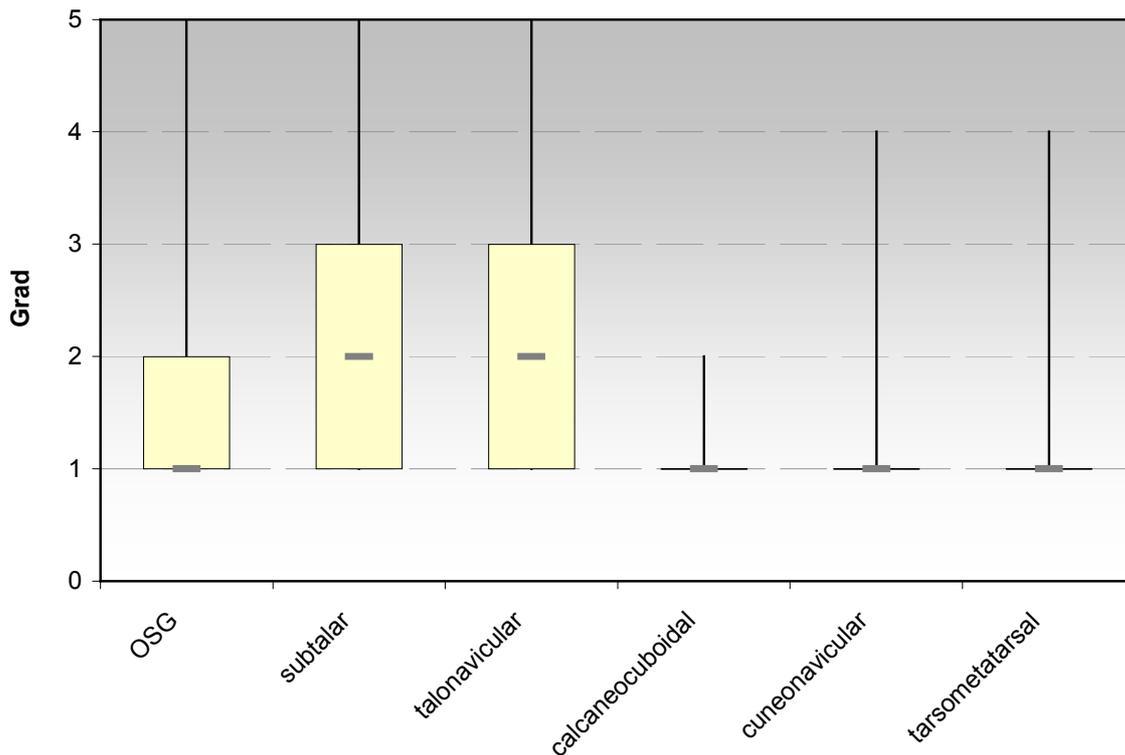
Diag. 4.24: Anteil degenerative Veränderungen aller nachuntersuchten Arthrodesen

Die einzelnen Arthrodesen waren in unterschiedlichem Maße von Anschlussdegenerationen betroffen: OSG-Arthrodesen 84,2 Prozent (n=16/19), Subtalar-Arthrodesen 57,1 Prozent (n=4/7), Talonavicular-Arthrodesen 75,0 Prozent (n=3/4), Cuneonavicular-Talonavicular-Arthrodesen 100,0 Prozent (n=2/2), Triple-Arthrodesen 50,0 Prozent (n=4/8), Tibiotalocalcanear-Arthrodesen 83,3 Prozent (n=5/6) und Pantalar 33,3 Prozent (n=1/3) sowie Sonstige 100,0 Prozent (n=1/1).



Diag. 4.25: Anzahl degenerativer Veränderungen bei den einzelnen Arthrodesarten

In der Gesamt-Auswertung nach Kellgren und Moore ergab sich im Bereich des oberen Sprunggelenks ein Mittelwert von 1,86 (s=1,24). Im Subtalargelenk errechnete sich ein Mittelwert von 2,13 (s=1,08). Der Wert des Mittelwerts für das Talonaviculargelenk lag bei 2,10 (s=1,16). Im Calcaneocuboidgelenk betrug der Mittelwert 1,05 (s=0,23). Im Bereich des Gelenks zwischen Os naviculare und Ossa cuneiformia lag der Mittelwert bei 1,40 (s=0,91), an den Tarsometatarsalgelenke bei 1,09 (s=0,47) (weitere Maßzahlen vgl. Diagramm 4.26 und Tabelle 4.40).



Diag. 4.26: Auswertung nach Kellgren und Moore gesamt (Median, Spannweite, oberes und unteres Quartil)

Gelenk	\bar{x}	s	\tilde{x}	R	I_{50}	I_{80}	n
OSG	1,86	1,24	1,00	4,00	1,00	2,00	50
subtalar	2,13	1,08	2,00	4,00	2,00	2,00	50
talonavicular	2,10	1,16	2,00	4,00	2,00	2,00	50
calcaneocuboidal	1,05	0,23	1,00	1,00	0,00	0,00	50
cuneonavicular	1,40	0,91	1,00	3,00	0,00	2,00	50
tarsometatarsal	1,09	0,47	1,00	3,00	0,00	0,00	50

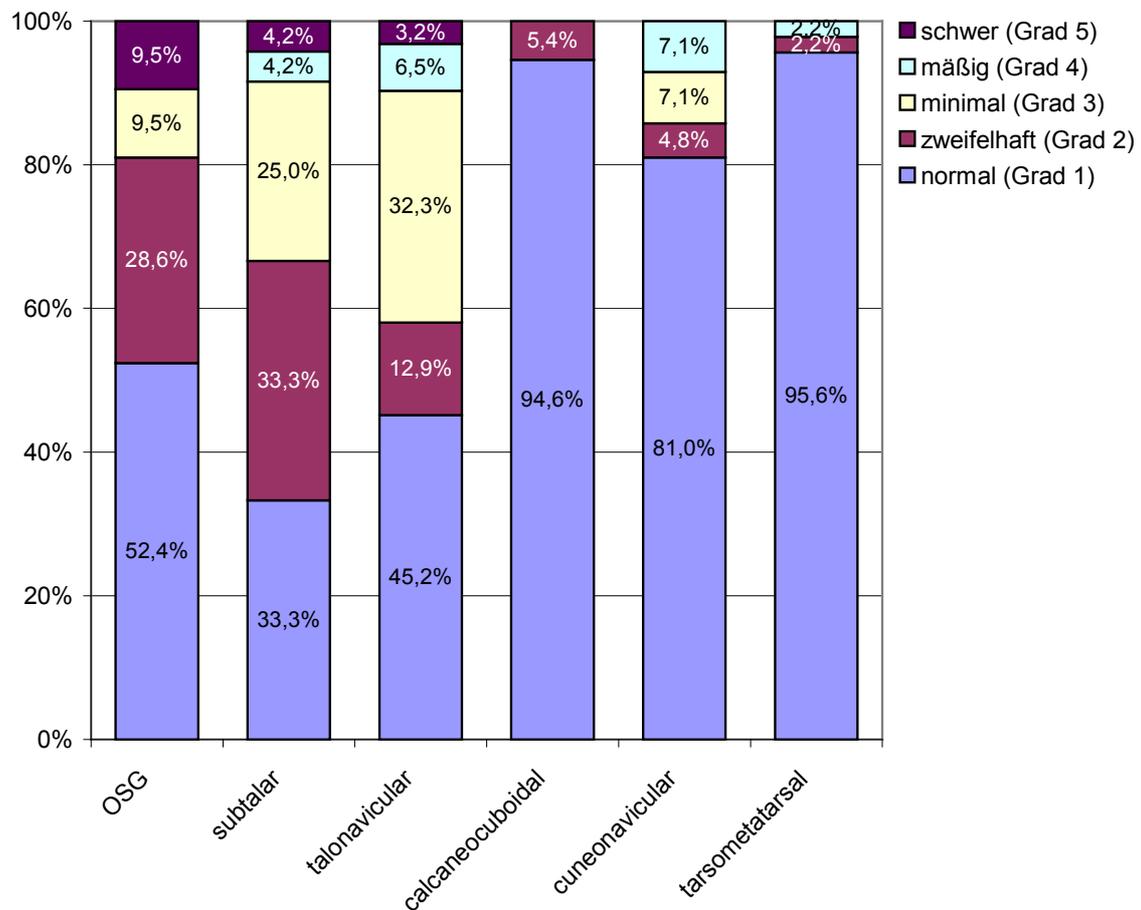
Tab. 4.40: Auswertung nach Kellgren und Moore gesamt

Prozentual waren die Anschlussgelenke wie folgt von einer Sekundärarthrose betroffen: oberes Sprunggelenk 47,6 Prozent (n=10), Subtalargelenk 66,7 Prozent (n=16), Talonaviculargelenk 54,8 Prozent (n=17), Calcaneocuboidgelenk 5,4 Prozent (n=2), Cuneonaviculargelenk 19,0 Prozent (n=8) und Tarsometatarsalgelenke 4,4 Prozent (n=2) (vgl. Tabelle 4.41).

Gelenk	von einer Anschlussdegeneration betroffen		
	ja	nein	n
OSG	47,6 %	52,4 %	21
subtalar	66,7 %	33,3 %	24
talonavicular	54,8 %	45,2 %	31
calcaneocuboidal	5,4 %	94,6 %	37
cuneonavicular	19,0 %	81,0 %	42
tarsometatarsal	4,4 %	95,6 %	45

Tab. 4.41: Häufigkeit der Sekundärarthrose an Anschlussgelenken gesamt

Die Verteilung der Schweregrade innerhalb der Anschlussgelenke ist in Diagramm 4.27 dargestellt.



Diag. 4.27: Verteilung der Arthrosegrade an den jeweiligen Gelenken

Auch die Arthrosegrade der kontralateralen Gelenke wurden in der Auswertung nach Kellgren und Moore mitberücksichtigt. Hierbei zeigte sich bei sieben Arthrodesen eine Arthrose im kontralateralen Fuß, die entweder gleich, ein Grad schlechter oder besser als im ipsilateralen Gelenk ist.

In der Gesamtauswertung betrug der Mittelwert des kontralateralen oberen Sprunggelenks 1,45 (s=1,09), der des Subtalargelenks 1,46 (s=1,05). Die Berechnung des Mittelwerts für die Analyse des kontralateralen Talonaviculargelenks ergab 1,42 (s=0,79). Im Calcaneocuboidgelenk lag der Mittelwert bei 1,03 (s=0,16). Der Mittelwert des Cuneonaviculargelenks betrug 1,16 (s=0,69), der der Tarsometatarsalgelenke 1,09 (s=0,43).

Aus Tabelle 4.42 sind alle Mittelwerte der Einteilung nach Kellgren und Moore sämtlicher betrachteter ipsi- und kontralateralen Gelenke der jeweiligen Versteifungsart zu entnehmen.

Zur radiologischen Auswertung konnten bei 26 der nachuntersuchten Patienten die präoperativen Bilder mit hinzugezogen werden. In 20 Anschlussgelenken (an 14 Füßen) waren bereits präoperativ degenerative Veränderungen zu erkennen; d.h. 54,0 Prozent (n=14) der zusätzlich präoperativ kontrollierten Arthrodesen waren betroffen. Bei acht (30,7 Prozent) kam es in Folge der Arthrodese zu einer Progression von einem (n=6) bzw. zwei Grad (n=2).

Arthrodese		Kellgren und Moore – Arthrosegred der Anschlussgelenke											
		subtalar		talo-navicular		calcaneo-cuboidal		cuneo-navicular		tarso-metatarsal		OSG	
		ipsi-lat. ¹	kon.-lat. ²	ipsi-lat. ¹	kon.-lat. ²	ipsi-lat. ¹	kon.-lat. ²	ipsi-lat. ¹	kon.-lat. ²	ipsi-lat. ¹	kon.-lat. ²	ipsi-lat. ¹	kon.-lat. ²
OSG	\bar{x}	2,47	1,14	2,06	1,07	1,06	1,00	1,20	1,07	1,00	1,13	-	-
	s	1,07	0,36	1,30	0,26	0,24	0,00	0,56	0,26	0,00	0,52	-	-
Subtalar	\bar{x}	-	2,00	1,86	1,80	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,33	1,00
	s	-	1,41	1,07	0,84	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,82	0,00
Talo-navicular	\bar{x}	1,00	1,00	-	1,50	1,00	1,00	1,50	1,00	1,00	1,00	1,75	1,25
	s	0,00	0,00	-	0,71	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,50	0,50
CNTN	\bar{x}	2,00	-	-	1,00	1,00	1,00	-	1,00	1,00	1,00	1,50	1,00
	s	0,00	-	-	0,00	0,00	0,00	-	0,00	0,00	0,00	0,71	0,00
TTC	\bar{x}	-	1,17	2,50	1,17	1,17	1,17	1,50	1,33	1,50	1,33	-	1,00
	s	-	0,41	0,84	0,41	0,41	0,41	1,22	0,82	1,22	0,82	-	0,00
Triple	\bar{x}	-	1,80	-	2,00	-	1,00	1,86	1,00	1,13	1,00	2,25	1,43
	s	-	1,79	-	1,41	-	0,00	1,21	0,00	0,35	0,00	1,75	1,13
Pantalar	\bar{x}	-	4,00	-	3,00	-	1,00	2,00	2,33	1,00	1,00	-	2,50
	s	-	0,00	-	0,00	-	0,00	1,73	2,31	0,00	0,00	-	2,12
Sonstige	\bar{x}	1,00	1,00	-	1,00	-	1,00	-	1,00	-	1,00	3,00	1,00
Gesamt	Mittelwert \bar{x}	2,13	1,46	2,10	1,42	1,05	1,03	1,40	1,16	1,09	1,09	1,86	1,45
	s	1,08	1,05	1,16	0,79	0,23	0,16	0,91	0,69	0,47	0,43	1,24	1,09
	Median \tilde{x}	2,00	1,00	2,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	R	4,00	4,00	4,00	3,00	1,00	1,00	3,00	4,00	3,00	2,00	4,00	4,00

¹ ipsilateral; ² kontralateral

Tab. 4.42: Kompletter Überblick über die Auswertung der Anschlussgelenke nach Kellgren und Moore, unterteilt in die einzelnen Arthrodesearten (Mittelwert und Standardabweichung der Arthrosegred; in der Gesamtauswertung zusätzlich Median mit Spannweite).

(Minimale Abweichungen in den Werten der Gesamtzahlen hängen mit Rundungsvorgängen zusammen)

5. Diskussion

Die Entwicklung sekundärer Arthrosen nach OSG- bzw. Rückfußarthrodese beeinflusst die eigentlichen Operationsziele nachhaltig negativ. Es kommt erneut zum Auftreten von Schmerzen und die Funktion der betroffenen Gelenke lässt nach. Die Anschlussdegeneration gilt daher als wesentliche Komplikation der Arthrodese.

Einige Studien haben sich ebenfalls unter verschiedenen Gesichtspunkten mit dieser Problematik auseinandergesetzt.

Eine umfangreiche Studie zu diesem Thema wurde von Wülker et al. 1997 [104] durchgeführt, sie sollte Aufschluss über die klinischen und radiologischen Langzeitergebnisse nach OSG- und Rückfußarthrodesen geben. Die durchschnittliche Nachuntersuchungszeit der 79 Patienten (82 Arthrodesen) lag bei 11,1 Jahren. Der klinische Teil zeigte nach der Operation eine signifikante Verbesserung des subjektiven Schmerzscore. Dagegen war die röntgenologische Nachuntersuchung weitaus weniger befriedigend. Lediglich 59 Prozent der Arthrodesen waren knöchern vollständig durchbaut und eine sekundäre Arthrose war in 107 Gelenken an 82 Füßen sichtbar. Die Ergebnisse bei der selektiven Betrachtung der Arthrodesen am Talonaviculargelenk waren darüber hinaus noch schlechter. Es wurde ein positiver Zusammenhang zwischen Pseudarthrose und aufgetretener Sekundärarthrose festgestellt. Die Rate der Anschlussarthrose war hier deutlich erhöht. Die Autoren forderten ein stabileres Osteosyntheseverfahren mit Spongiosaschrauben oder Knochenklammern, um jegliche Bewegung und die Bildung einer Pseudarthrose zu verhindern. Zu dem waren sie der Meinung, dass nur die unmittelbar betroffenen Gelenke mit in die Arthrodese einbezogen werden dürften, sodass der Bewegungsverlust im Fuß so gering wie möglich gehalten werden sollte. Da die Verteilung der Sekundärarthrosen völlig unterschiedlich war, sahen die Autoren auch keinen Grund eine prophylaktische Versteifung der Anschlussgelenke vorzunehmen [104].

Eine etwas ältere Studie von Ahlberg et al. (1981) [2] beschäftigte sich mit den Langzeitergebnissen nach einer OSG-Versteifung. Sie untersuchten 31 Patienten mit einseitiger OSG-Arthrodese, die zwischen 1950 und 1972 operiert wur-

den, nach durchschnittlich 12,3 Jahren nach. Einerseits wird von zwei Drittel der Patienten berichtet, die sich deutlich besser fühlten als vor dem Eingriff. Andererseits seien nur 32 Prozent (n=10) schmerzfrei und 84 Prozent (n=26) hätten Schwierigkeiten auf unebenem Untergrund zu gehen. Arthrose zeigte sich vor allem im Bereich des Subtalargelenks. 11 Prozent hatten schwere und 33 Prozent mäßige Veränderungen; bei einer Person bildete sich eine Ankylose des Gelenks aus. Ahlberg et al. (1981) kamen daher zu dem Schluss, dass Patienten auch nach einer Arthrodese im oberen Sprunggelenk noch weiterhin Probleme haben. Sie sehen daher eine Weiterentwicklung der Sprunggelenksendoprothese als indiziert und weniger die Verbesserung der Arthrodesetechniken [2].

Im Gegensatz dazu stellt Sheridan et al. (2006) [91] die Hypothese auf, dass die Entwicklung der sekundären Arthrose nach Arthrodese nicht die Folge des Eingriffs selbst sei, sondern bereits präoperativ bestanden habe. Die Autoren der einzelnen Studien hätten jedoch diesem Tatbestand keine ausreichende Beachtung geschenkt. Es wurden 70 Patienten mit 71 OSG-Arthrodesen nachuntersucht, die zwischen 1993 und 2003 operiert wurden, nachuntersucht. 95,8 Prozent zeigten präoperativ arthrotische Veränderungen im Rück- und Mittelfuß. Mit 77,5 Prozent war das Subtalargelenk am häufigsten betroffen. Als ursächlich für diese Anschlussarthrose nennt er eine veränderte Biomechanik, die durch die degenerative Erkrankung schon vor dem operativen Eingriff bestanden haben könne. Laut Sheridan dürfe daher die ipsilaterale Anschlussdegeneration nicht einzig als Langzeitfolge benannt werden; sie könne ebenso vorbestehend oder multifaktoriell bedingt sein [91].

Bei Takakura et al. (1999) [97] kommt dieser Aspekt bei der radiologischen Auswertung einer Langzeitstudie nach einer OSG-Arthrodese ebenfalls zum Tragen. Er berichtet über Anschlussdegenerationen im Subtalargelenk in 32,5 Prozent der Fälle; welche jedoch alle präoperativ in milderer Form bereits vorlagen [97].

Auch bei Thomas et al. (2006) [98] wurden ähnliche radiologische Ergebnisse nach OSG-Arthrodese ermittelt. Sie sahen einen direkten Zusammenhang zwischen den präoperativen und postoperativen Werten nach Kellgren und Moore.

So kam es bei 15 Prozent der Patienten (n=4/26) zu einem Progress vorbestehender Arthrose in Subtalar- und Calcaneocuboidgelenk (von Grad 1-3 zu Grad 4-5) [98].

In der Arbeit von Döderlein (2006) [27] wird ebenfalls von einer Vorschädigung der Gelenke und einer unzureichenden Korrektur als Ursache der Anschlussarthrose gesprochen. Er schließt sich jedoch in seinen Forderungen für die Praxis denen von Wülker et al. (1997) an [27; 104]. Ein gutes Resultat sei demnach abhängig von einer absolut plantigraden Fußstellung, sparsam resezierende oder additive Techniken und eine stabile Osteosynthese, ggf. unter Verwendung von autologer Spongiosa [27].

De Heus et al. (1997) [26] kommt bei seiner Analyse von 17 Subtalar- und 37 Triple-Arthrodesen nach zehn Jahren ebenfalls zu dem Ergebnis, dass die im oberen Sprunggelenk gefundene Arthrose bereits im Vorfeld in milderer Form bestanden habe [26].

Um den von Sheridan et al. (2006) [91] ausgeführten Faktor einer bereits vorbestehenden Arthrose zumindest teilweise in die Auswertung der vorliegenden Studie miteinbeziehen zu können, wurden gleichwertige Röntgenaufnahmen des kontralateralen Fußes zeitgleich angefertigt. Auch ipsilaterale, präoperative Aufnahmen, sofern diese vorhanden waren, fanden in der hier erstellten Analyse Beachtung.

5.1 Zu Methodik und Patienten

Nachuntersuchung operierter Patienten

Wie bereits in Teil III beschrieben gliedert sich die vorliegende Nachuntersuchungsstudie in einen klinischen (subjektive Befragung und Einschätzung des Patienten, sowie Untersuchung des betroffenen Fußes) und einen radiologischen Teil. Diese Methodik lehnt sich an die von Döderlein (2006) [27] geforderten Hauptkategorien zur Ergebnisbeurteilung nach Triple-Arthrodesen an. So soll eine Einteilung nach: klinischem Resultat (statisch), d.h. Fußstellung unter Belastung und Beweglichkeit der verbliebenen Gelenke sowie der Muskelkraft; klinischem Resultat (dynamisch) mit Gangbildbeurteilung (ggf. mit Fußdruckanalyse und Ganganalyse) und Schuhgebrauch; radiologischem Resultat (stehend in zwei Ebenen) mit der Frage nach Durchbauung und Stellung wie auch die subjektive Einschätzung durch den Patienten erfolgen [27].

In der vorliegenden Studie wurde im klinischen Teil eingehend auf die Befragung der Patienten bezüglich Schmerzen, Aktivitätseinschränkung und benötigte Hilfsmittel, maximale Gehstrecke und Bewältigung von unebenem Untergrund eingegangen. Die Untersuchung prüfte sichtbare Gangabnormalitäten, die noch vorhandene sagittale Beweglichkeit (Flexion/Extension), die Rückfußbeweglichkeit (Inversion/Eversion), die Sprunggelenksstabilität sowie die Fußstellung unter Belastung. Die Bewertung fand wie bei vielen Autoren nach dem AOFAS-Score statt [14; 22; 43; 65; 75; 100].

Auch Ahlberg et al. (1981) [2] gliedert das klinische Vorgehen seiner Nachuntersuchungsstudie in die Befragung der Patienten (aktuelle Schmerzsituation, Schwierigkeiten auf unebenem Untergrund zu gehen, Schuhversorgung) und eine orthopädische Untersuchung. Sie beinhaltet die Beurteilung des Ganges, verwendete Hilfsmittel (Stock), Fußstellung, Beweglichkeit im Subtalargelenk und Deformitäten des Vorfußes [2].

Eine weitere Studie mit ähnlichem Aufbau wurde von Coester et al. (2001) [24] durchgeführt. Die Patienten wurden persönlich über Schmerzen und Funktion der unteren Extremität interviewt. Die körperliche Untersuchung umfasste die Analyse des Ganges, der Knie- und Rückfußausrichtung, dem Grad der Beweg-

lichkeit von Knie, Tibiotalar- und Subtalargelenk, des neurovaskulären Status und des Ausmaßes von Empfindungsverlust und Schwellung [24].

Eine Vielzahl der zu diesem Thema veröffentlichten Studien halten sich in der Erhebung ihrer klinischen Daten an den Score der American Orthopaedic Foot and Ankle Society (AOFAS) mit teilweise weiteren Ergänzungen, wie die Frage nach benötigtem Schuhwerk oder der Arbeitsfähigkeit [12; 27; 31; 50; 75; 86; 91]. Der AOFAS-Fragebogen gilt als eines der am häufigsten gebrauchten Bewertungssysteme für den Fuß [98].

Die radiologische Beurteilung der Konsolidierungsrate und dem Grad der Anschlussdegeneration nach dem System von Kellgren und Moore wird von vielen Veröffentlichungen in gleicher oder ähnlicher Weise geschildert. Vorlage für die hier vorgelegte Studie war Coester et al. (2001) [24]. Für eine optimale Beurteilung der Fußgelenke fertigten sie bilaterale Aufnahmen des Fußes und des oberen Sprunggelenks in ap und lateral sowie bilaterale Röntgenaufnahmen nach Broden an. Die Bewertung fand nach der Klassifikation von Kellgren und Moore statt. Analysiert wurden neben dem Subtalar-, Talonavicular-, Calcaneocuboidal-, Cuneonavicular- und den Tarsometatarsalgelenken auch das erste und letzte Metatarsophalangealgelenk, außerdem das Kniegelenk [24]. Auch Thomas et al. (2006) nutzten die Klassifikation nach Kellgren und Moore [98]. Ähnliche Aufnahmen wurden auch von Easley et al. (2000), Rammelt et al. (2004), Smith et al. (2004), Takakura et al. (1999) und Thomas et al. (2006) genutzt [29; 76; 93; 97; 98].

Das Scoring-Verfahren für den Grad der Anschlussdegeneration ist in den Studien weniger einheitlich. Sheridan et al. (2006) machte beispielsweise seine Graduierung nach Kellgren and Lawrence [91]; Takakura (1999) nach Morrey und Wiedeman [97].

Patienten

Das nachuntersuchte Kollektiv wurde aus den zwischen Oktober 1997 und Januar 2006 am Universitätsklinikum Tübingen operierten Patienten (159 Arthrodesen) des oberen Sprunggelenks und der Rückfußgelenke zusammengestellt. Insgesamt konnten 49 Patienten (51 Arthrodesen) nachuntersucht werden. Bei 41 Patienten (43 Arthrodesen) konnte die komplette körperliche und radiologische Analyse durchgeführt werden. Die Geschlechterverteilung war mit 51 Prozent männlichen und 49 Prozent weiblichen Studienteilnehmern nahezu ausgeglichen.

Der Anteil der untersuchten Patienten liegt im Studienvergleich eher im Mittelfeld. In der vergleichbaren Studie von Wülker et al. (1997) konnte ein wesentlich größeres Kollektiv mit 79 Patienten und 82 Arthrodesen zusammengestellt werden [104]. Auch Easley und Mitarbeiter (2000) konnten mit 148 operierten Füßen auf eine große Anzahl an Patienten zurückgreifen [29]. Sheridan et al. (2006) berichtet über 71 fusionierte Gelenke (70 Patienten) [91]. Pell et al. (2000) kamen auf 111 Personen mit 132 Arthrodesen [75]. Viele der publizierten Studien haben aber auch eine etwas geringere Kollektivgröße zwischen 17 und 55 Studienteilnehmern [2; 12; 19; 24; 29; 31; 35; 77; 86; 89; 91].

Das Alter bei der Operation lag im Durchschnitt bei 51 Jahren (16 bis 71 Jahre). Die Angaben in der Literatur reichen von 38,5 bis 63 Jahre als Durchschnittswerte [29; 35; 76; 77; 91; 93; 95; 98; 104].

Nachuntersuchungszeitraum

Der Nachuntersuchungszeitraum betrug im Durchschnitt 3,95 Jahre (zwei bis neun Jahre). Die Durchschnittswerte der veröffentlichten Studien variieren zwischen 3 und 22 Jahren [2; 19; 24; 26; 29; 31; 35; 75; 77; 89; 93; 98; 104]. Es gibt jedoch auch Studien, in denen die Nachuntersuchungen erst nach sehr langer Zeit durchgeführt wurden. Eine Arbeit von Saltzman et al. (1999) untersuchte dieselben Patienten erstmals nach durchschnittlich 25 Jahren und ein weiteres mal nach 44 Jahren [85].

Indikationen

Die Indikationen, die bei dem nachuntersuchten Kollektiv eine Arthrodeese nötig gemacht hatten, sind folgende: posttraumatische Arthrose (n=17), idiopathische Arthrose (n=14), chronische Polyarthritits (n=11), angeborene Deformität (n=8) und diabetische Osteoarthropathie (n=1).

Wülker et al. (1997) berichtet ebenfalls von der posttraumatischen Arthrose als häufigste Indikation (n=64). Die angeborene Deformität kam mit 30, idiopathische Arthrose mit 27, chronische Polyarthritits mit 10, Infektionen und Poliomyelitis mit je 12 Fällen vor [104]. Diese Verteilung bezieht sich auf das Gesamtkollektiv aller betrachteten OSG- und Rückfußarthrodesen. Betrachtet man dagegen nur einzelne Arthrodeesearten, so verschiebt sich die Verteilung.

In der vorliegenden Studie war die posttraumatische Arthrose (n=10/19) neben der idiopathischen (n=7/19) die häufigste Operationsindikation zur OSG-Arthrodeese. Der selbe Trend zeichnet sich in der dazu veröffentlichten Literatur, wie in den Arbeiten von Ahlberg et al. (1981), Morgan et al. (1985), Schaap et al. (1990), Sheridan et al. (2006), Thomas et al. (2006), Wülker et al. (1997), Grass et al. (2005), Buchner et al. (2003) und Endres et al. (2003) ab [2; 19; 31; 39; 68; 89; 91; 98; 104]. Die primäre Arthrose wird ebenfalls als häufige Indikation in veröffentlichten Studien angegeben [31; 39; 91; 97; 98].

Bei den Patienten mit Subtalar-Arthrodeese wurde, wie auch in anderen Studien zu lesen, der Eingriff ebenfalls vor allem wegen einer posttraumatischen Arthrose (n=4/8) durchgeführt [13; 26; 29; 104].

Die nachuntersuchten Patienten mit talonavicularer und Cuneonavicular-Talonavicular-Arthrodeese (n=6) wurden auf Grund idiopathischer Arthrose (n=3) und Arthrose im Rahmen einer chronischen Polyarthritits (n=3) operiert. In der Literatur spielt diese Indikation eine eher untergeordnete Rolle. Bei den Arbeiten von Wülker et al. (1997) und Rammelt et al. (2006) werden als Hauptindikationen die idiopathische und die posttraumatische Arthrose genannt [7; 104]. Die Angaben zu den Operationsindikationen bei Patienten mit Tibiotalarcalcaneal-Arthrodeese variieren dagegen bei den verschiedenen Autoren. Aus den Akten der Studienteilnehmer war zu entnehmen, dass die Patienten anlässlich einer posttraumatisch (n=3/6), idiopathisch (n=1/6) oder durch chronische Polyarthritits (n=2/6) entstandenen Arthrose operativ behandelt wurden. Der post-

traumatische und rheumatische Formenkreis steht auch bei Grass et al. (2005) im Vordergrund [40]. Bei anderen Autoren wurde dagegen schwerpunktmäßig die primäre und durch Rückfußdeformitäten bedingte Arthrose genannt [1; 22; 43; 65; 71].

Die Diagnosen der an der Studie teilnehmenden Patienten, die zu einer Behandlung der Arthrose mittels Triple-Arthrodese geführt haben, waren vor allem die angeborenen Fußdeformitäten (n=4/8) und die chronische Polyarthritits (n=3/8). Dies entspricht weitgehend der dazu veröffentlichten Literatur [28; 35; 41; 61; 75; 86]. Döderlein beschreibt dagegen in seiner Arbeit von 2006 die degenerativen (Tibialis-posterior-Insuffizienz) und die rheumatischen Deformitäten als Hauptkontingent [27]. Er stellt allerdings in Aussicht, dass der Anteil der charcotartigen Fußzerstörung bei Diabetes mellitus zunehmen wird [27]. Weitere häufig genannte Indikationsstellungen zur Triple-Arthrodese sind neurologisch bedingte Fußfehlstellungen, posttraumatische und idiopathische Arthrose [26; 85; 93; 104].

Eine Pantalar-Arthrodese wurde bei Patienten mit angeborenen Deformitäten und chronischer Polyarthritits durchgeführt. Neben der Rückfußdeformität werden bei Acosta et al. (2000), Papa et al. (1992) und Wülker et al. (1997) primäre und posttraumatische Arthrose als häufige Indikation genannt [1; 71; 104].

5.2 Ergebnisse

OSG-Arthrodesen

Die Behandlung der fortgeschrittenen Arthrose im oberen Sprunggelenk mittels OSG-Arthrodesen stellt neben der Endoprothese ein gebräuchliches Verfahren dar, welches mit einer hohen Patientenzufriedenheit einhergeht [24].

In der klinischen Bewertung wird über gute bis sehr gute Resultate in 73 Prozent bis über 80 Prozent der Fälle berichtet [19; 31; 39]. Die Ergebnisse der vorliegenden Studie sind im Vergleich mit denen anderer Autoren deutlich schlechter [19; 31; 39; 68; 89]. Die klinische Auswertung im Bereich der OSG-Arthrodesen ergab folgende Mittelwerte: 66,00 (s=17,78) Punkte im AOFAS-Score, 28,00 (s=12,07) Punkte in der Unterkategorie „Schmerz“ und 38,00 (s=9,27) Punkte in der Unterkategorie „Funktion“. Das Resultat wird im Mittel als „ausreichend“ kategorisiert. Damit liegt der AOFAS-Score etwas unterhalb von dem von Thomas et al. (2006) mit 74,08 (s=14,53) Punkten [98]. Das Ergebnis „gut“ erzielten in der vorliegenden Studie 40,0 Prozent (n=6), „ausreichend“ 26,7 Prozent (n=4) und „mangelhaft“ 33,3 Prozent (n=5); die Punktzahl der Kategorie „sehr gut“ wurde nicht erreicht.

Die Schmerzsituation wird für die Patienten durch die Arthrodesen in der Regel wesentlich gemildert; signifikante Verbesserungen im Bereich des Schmerzscore sind beschrieben [104]. 40,0 Prozent der Patienten (n=6) gaben an, nicht mehr unter Schmerzen zu leiden. 13,3 Prozent (n=2) klagten noch über milde, gelegentliche, 40,0 Prozent (n=6) über moderate, tägliche und 6,7 Prozent (n=1) über schwere, ständige Schmerzen. Diese Ergebnisse decken sich weitgehend mit den Resultaten von Ahlberg et al. (1981) [2]; in dessen Studie waren 32 Prozent (n=10) der Patienten zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung frei von Schmerzen; bei Coester et al. (2001) waren es dagegen nur 12,5 Prozent (n=3/24) [24]. Die Ergebnisse bei Morgan et al. (1985) liegen deutlich besser: Lediglich 11 Prozent der Patienten gaben an, unter Schmerzen zu leiden [68]. Dieser Studie liegen keine verwendbaren präoperativen Aussagen zur Schmerzsituation der Patienten vor, jedoch lässt sich sagen, dass die Angaben mit denen neuerer Studien weitgehend identisch bzw. zum Teil etwas besser

sind. Von einer wesentlichen Verbesserung der Schmerzsituation kann jedoch nicht gesprochen werden, da noch immer 46,7 Prozent (n=7) der Patienten an täglichen, moderaten bis schweren Schmerzen leiden.

Lediglich 6,7 Prozent (n=1) der Patienten mit OSG-Arthrodese benötigten in der Verrichtung ihrer täglichen Aktivitäten Hilfsmittel wie Gehhilfen oder ähnliches. Dies stellt sich als sehr gutes Ergebnis dar. Andere Autoren liegen mit ihren Angaben zwischen 35 – 49 Prozent [2; 24; 98].

Die maximale Gehstrecke wurde von 80,0 Prozent (n=12) der Studienteilnehmer mit über 1000 m angegeben. Die Studien von Coester et al. (2001), Grass et al. (2005) und Endres et al. (2003) formulieren ähnliche Werte [24; 31; 39].

Der überwiegende Anteil der Patienten (40,0 Prozent, n=6) gab an, mäßige Schwierigkeiten beim Gehen auf unebenem Untergrund zu haben, 33,3 Prozent (n=5) dagegen gar keine. Die Angaben in der Literatur sind etwas schlechter [2; 24].

Die OSG-Arthrodese greift deutlich in die Biomechanik des Fußes ein, in dem eine wesentliche Gelenkfunktion ausgeschaltet wird. Der Anteil der Patienten mit sichtbaren Gangabnormalitäten ist daher groß (74 – 96 Prozent) [2; 24; 98]. Die Werte der vorliegenden Studie sind im Vergleich dazu erheblich besser: 60,0 Prozent (n=9) hatten keine sichtbaren Gangabnormalitäten.

Alle nachuntersuchten Studienteilnehmer wiesen Einschränkungen sowohl in der sagitalen Beweglichkeit wie auch in der Rückfußbeweglichkeit des operierten Fußes auf. Die Minderung der sagitalen Beweglichkeit ist auf Grund des operativen Eingriffes im Rahmen einer OSG-Arthrodese zu erwarten, die der Inversion und Eversion jedoch nicht. Eine deutliche Abnahme der Rückfußbeweglichkeit und sagitalen Beweglichkeit wurde auch bei anderen Autoren beobachtet [2; 24; 89; 97; 98; 104].

Die Ergebnisse der Fußstellung sind nicht als zufrieden stellend zu bewerten. Nur bei 66,7 Prozent (n=10) der Patienten setzte der Fuß normal auf. Dieses Resultat ist jedoch besser als bei Ahlberg et al. (1981) und Coester et al. (2001) [2; 24]. Die Angaben von Endres et al. (2003) zeigen dagegen eine wesentlich höhere Anzahl von Patienten ohne Fehlstellung [31].

Die einzelnen Unterkategorien des Funktionsscore liefern zum Teil bessere Resultate als es die entsprechende Literatur erwarten lässt. Jedoch zeigt die Punktzahl von 38,00 (s=9,27) Punkten als Mittelwert von insgesamt 60 möglichen Punkten, dass dies noch nicht als gutes Operationsergebnis formuliert werden kann. Wülker et al. (1997) veröffentlichte in seiner Arbeit ebenfalls nur mäßig befriedigende Ergebnisse; der Funktionsscore nahm nicht signifikant im Vergleich zu präoperativ zu [104].

Die radiologische Analyse ergab eine Konsolidierungsrate von 89,5 Prozent (n=17/19). Sie liegt damit über denen älterer Studien, wie beispielsweise die von Ahlberg et al. (1981) mit 82 Prozent oder Wülker et al. (1997) mit 80 Prozent [2; 104]. Betrachtet man dagegen neuere Studien, so muss man feststellen, dass darin wesentlich bessere Angaben zur Konsolidierungsrate (über 90 Prozent) zu finden sind [19; 89; 97]. Aber auch eine Studie von 1985 berichtet über eine Konsolidierungsrate von 95 Prozent [68]. Man kann also zusammenfassend sagen, dass es zu einer Steigerung der Fusionsrate nach stattgehabter Arthrodesen im Laufe der Jahre gekommen ist, diese allerdings im vorliegenden Fall noch nicht ausreichend erfolgte.

In der Literatur variieren die Angaben zur Rate der Sekundärarthrose erheblich. So spricht Morgan et al. (1985) von 6 Prozent, Grass et al. (2005) von 25,5 Prozent präoperativ noch nicht vorhandener Arthrose [39; 68]. In der vorliegenden Studie zeigte sich bei 84,2 Prozent (n=16/19) der Patienten mit OSG-Arthrodesen im Röntgenbild eine Anschlussdegeneration. Besonders betroffen war hiervon das Subtalargelenk, welches in 82,4 Prozent (n=14/17) der Fälle arthrotische Veränderungen aufwies. Der Schwerpunkt lag hier bei zweifelhaft (35,3 Prozent, n=6) bis minimal (35,3 Prozent, n=6). Die Klassifikation mäßig und schwer kam nur jeweils in einem Fall vor. Bei 52,9 Prozent (n=9/17) waren auch am Talonaviculargelenk Sekundärarthrosen hauptsächlich in der Kategorie zweifelhaft bis minimal sichtbar. Ähnliche Ergebnisse in Bezug auf das Subtalargelenk werden auch bei Schaap et al. (1990) und Sheridan et al. (2006) genannt [89; 91]. Schlechter präsentiert sich das Subtalargelenk jedoch bei

Buchner et al. (2003): 47 Prozent der Subtalgelenke waren von einer moderaten bis schweren Arthrose betroffen; 11 Prozent bei Ahlberg et al. (1981) [2; 19]. Auch die Studie von Coester et al. (2001) berichtet über einen wesentlich höheren Anteil von Sekundärarthrosen mit der Klassifikation moderat/schwer in den Anschlussgelenken (subtalar, talonavicular, calcaneocuboidal, cuneonavicular, tarsometatarsal) als mit dieser Studie ermittelt werden konnte [24].

Das Problem der Unterscheidung zwischen präoperativ bereits vorhandener und in Folge der Arthrodeese sich verschlimmernden Arthrose wird von einigen Autoren aufgegriffen [31; 39; 91; 97; 98]. So haben bei Sheridan et al. (2006) bereits präoperativ 95,8 Prozent der Anschlussdegenerationen bestanden, 77,5 Prozent davon im Subtalgelenk [91]. Bei Grass et al. (2005) waren es präoperativ im Subtalgelenk 62,5 Prozent und 40 Prozent im Talonaviculargelenk [39] und bei Endres et al. (2003) wiesen 42 Prozent der Patienten präoperativ eine USG-Arthrose auf [31]. Takakura et al. (1999) berichtet über eine Progression der Arthrose bei 32,5 Prozent im Subtalar- und bei 11,6 Prozent im Talonaviculargelenk [97]; bei Grass et al. (2005) sind 20 Prozent der Subtalardegeneration progredient und 12,5 Prozent der talonavicularen Arthrose [39]. Thomas et al. (2006) berichtet über 15 Prozent Progression subtalar [98]. Es handelt sich dabei also um einen bedeutenden Aspekt, der nicht übergangen werden kann.

Die Ergebnisse dieser Studie zum Thema Sekundärarthrose weisen einerseits mit 84,2 Prozent (n=16/19) betroffener Patienten eine hohe Rate an Anschlussdegenerationen auf. Andererseits ist der Anteil der schwerwiegenden radiologischen Veränderungen gering. Dies muss jedoch auch kritisch gesehen werden. Das bessere Abschneiden dieser Ergebnisse im Vergleich zu anderen Studien hängt möglicherweise mit einer Verzerrung durch den kürzeren Nachuntersuchungszeitraum (4,11 (s=1,99) Jahre) zusammen [2; 19; 24].

Subtalar-Arthrodesen

Die Auswertung des AOFAS-Score der Patienten mit Subtalar-Arthrodesen (n=7) ergab einen Mittelwert von 68,17 (s=27,87) Punkten. Dieses Ergebnis ist damit als „ausreichend“ klassifiziert. Bei ähnlichen Arbeiten, die sich ebenfalls mit der klinischen Auswertung nach dem AOFAS-Score beschäftigten, liegt der Wert zwischen 69-81 Punkten [13; 29; 62; 66; 76] und damit etwas höher als in der vorliegenden Studie. Sehr gute Ergebnisse erzielten die Arbeiten von Mann et al. (1998) (89 Punkte im AOFAS-Score) und de Heus et al. (1997) (85 Punkte) [26; 62]. Die Bewertung bei de Heus erfolgte durch den Score nach Mazur, welcher dem System des AOFAS-Score ähnlich ist [26]. Einige Arbeiten konnten anhand der Datenlage einen präoperativ erhobenen AOFAS-Score mit dem zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung vergleichen. Sie alle berichten über eine deutliche Zunahme des AOFAS-Scores [13; 29; 66; 76]; bei Zwipp et al. (2006) beispielsweise um 54 Punkte [107]. Dieser Datenvergleich konnte in dieser Nachuntersuchungsstudie auf Grund der Datenlage nicht gezogen werden.

Wie auch in den Studien von Rammelt et al. (2004), Boack et al. (2005) und Zwipp et al. (2006) wurde in der vorliegenden Studie überwiegend (50 Prozent, n=3) das Resultat „gut“ erzielt [13; 76; 107]. Die Beurteilungen „sehr gut“, „ausreichend“ und „mangelhaft“ gab es in je 16,7 Prozent (n=1). Damit ist die Rate der Ergebnisse denen von de Heus et al. (1997), Rammelt et al. (2004) und Boack et al. (2005) unterlegen [13; 26; 76].

Der Mittelwert der Kategorie „Schmerz“ erreichte 26,67 (s=15,06) von 40 möglichen Punkten und resultiert zwischen den Angaben „milde, gelegentlich“ und „moderat, fast täglich“. 33,3 Prozent (n=2) der befragten Patienten gaben an keine Schmerzen zu haben, ebenfalls 33,3 Prozent (n=2) berichteten über milde, gelegentliche und je 16,7 Prozent (n=1) über moderat, tägliche bzw. schwer, fast ständige Schmerzen. Über einen identischen Durchschnittswert berichten Easley et al. (2000) [29]. Es ist somit fraglich, ob von einer zufrieden stellenden Behandlung der Schmerzsymptomatik mittels Arthrodesen gesprochen werden kann. Neben Mann et al. (1998) stellt auch Wülker et al. (1997) eine signifikante

Verbesserung des Schmerzscore im Vergleich zu präoperativ fest, jedoch kann hier ebenfalls nicht von Schmerzfreiheit gesprochen werden [62; 104].

Im Bereich „Funktion“ errechnete sich ein Mittelwert von 41,50 (s=13,78) Punkten. Einige Angaben erscheinen besser [29; 104]. Mann et al. (1998) berichtet über eine signifikante Verbesserung im Schmerzscore [62], im Gegensatz zu Wülker et al. (1997), die keine signifikante Verbesserung im Vergleich zu präoperativ feststellen können [104].

50,0 Prozent (n=3) der nachuntersuchten Patienten mit Subtalar-Arthrodesen gaben an, nicht unter einer Aktivitätseinschränkung zu leiden und keine Gehhilfen zu benötigen. Gleiche Ergebnisse liegen auch bei Easley et al. (2000) vor [29].

Ein gutes Ergebnis ergab auch die Auswertung der maximalen Gehstrecke: 66,7 Prozent (n=4) der Befragten berichteten über eine mögliche Gehstrecke von mehr als 1000 m, allerdings war auch ein Patient mit einer maximal möglichen Distanz von unter 200 m im Kollektiv.

Die Beeinträchtigung der Funktion des Fußes durch die Arthrodesen wird deutlich, wenn man die Ergebnisse zur Frage nach der Bewältigung von unebenem Untergrund genauer betrachtet. 66,7 Prozent (n=4) der Patienten gaben an, mäßige bis große Schwierigkeiten beim Gehen auf unebenem Untergrund zu haben. Als mögliche Ursache wurden von den Patienten dafür mehrfach mangelnde Korrekturmöglichkeiten bzw. mangelnde Anpassung im betroffenen Fuß verantwortlich gemacht. Auf ebener Fläche waren allerdings bei 66,7 Prozent (n=4) keine Gangabnormalitäten sichtbar.

Die sagittale Beweglichkeit war wieder erwarten bei 66,7 Prozent (n=4) moderat eingeschränkt; also eine Bewegung im oberen Sprunggelenk nur zwischen 15°–29° möglich. 33,3 Prozent (n=2) zeigten sogar eine erhebliche Einschränkung (< 15°) der Flexion und Extension. Auch Mann et al. (1998) berichten über eine verminderte Dorsal- und Plantarflexion [62]. Bei de Heus et al. (1997) dagegen lag der mögliche Bewegungsumfang bei allen nachuntersuchten Patienten bei über 30° [26]. Ein Zusammenhang zwischen einer möglichen Anschlussarthrose im oberen Sprunggelenk und eingeschränkten Bewegungsmöglichkeiten konnte nicht gefunden werden.

Die moderate bis erhebliche Beeinträchtigung der Beweglichkeit des Rückfußes (< 25 Prozent) bei 83,3 Prozent (n=5) war auf Grund des erfolgten Eingriffs zu erwarten. Bei Mann et al. (1998) sind 40 Prozent der Studienteilnehmer von einer Einschränkung der Rückfußbeweglichkeit betroffen [62].

Wie auch bei Rammelt et al. (2004) war bei jedem der nachuntersuchten Studienteilnehmer das Sprunggelenk stabil [76]. Mit 83 Prozent sind die Ergebnisse bei de Heus et al. (1997) etwas schlechter [26].

Lediglich 16,7 Prozent (n=1) der Patienten zeigten eine mäßige, sichtbare Fehlstellung ohne Symptome. Im Vergleich mit den Angaben in der Literatur, die von schwere über mäßige bis gar keine Fehlstellungen variieren, ist das Ergebnis zufrieden stellend [26; 29; 76].

Im Rahmen der radiologischen Analyse zeigte sich eine vollständige Konsolidierung bei 57,1 Prozent (n=4) der nachuntersuchten Patienten. Diese Rate liegt zwar oberhalb der von Wülker et al. (1997) mit 50 Prozent [104], jedoch sind die Angaben anderer Autoren besser. Bei ihnen wird von einer vollständigen Durchbauung in 84 bis 100 Prozent der Fälle gesprochen [13; 26; 29; 62; 66; 76].

Eine Anschlussdegeneration zeigte sich bei 57,1 Prozent (n=4) der nachuntersuchten Patienten mit Subtalar-Arthrodese. Von arthrotischen Veränderungen war das obere Sprunggelenk in 16,7 Prozent (n=1) und das Talonaviculargelenk in 42,9 Prozent (n=3) betroffen. Es handelte sich dabei an beiden Gelenken um minimale Veränderungen entsprechend dem Grad 3 nach Kellgren und Moore. Bei Mann et al. (1998) werden von milden Sekundärarthrosen in 36 Prozent am oberen Sprunggelenk und 41 Prozent an den Rückfußgelenken gesprochen [62]. In der Studie von Rammelt et al. (2004) werden milde (Grad 2) arthrotische Veränderungen am oberen Sprunggelenk bei 19 Prozent beschrieben, 13 Prozent davon seien bereits im Vorfeld vorhanden gewesen [76]. Am Talonaviculargelenk präsentieren sich, wie in der vorliegenden Studie, häufiger Anzeichen einer Arthrose. Mit milden Veränderungen (Grad 2) waren bei Rammelt et al. (2004) 26 Prozent der Talonaviculargelenke bereits präoperativ be-

troffen, mit Grad 3 10 Prozent [76]. In 6 Prozent kam es nach dem operativen Eingriff zu einer Progression von Grad 2 in Grad 3 [76]. Das Calcaneocuboidalgelenk war in dieser Nachuntersuchungsstudie nicht betroffen, bei Rammelt et al. (2004) jedoch in 16 Prozent postoperativ mit Grad 2 (präoperativ 13 Prozent) und Grad 3 postoperativ 42 Prozent (präoperativ 35 Prozent) [76]. Insgesamt kam es in der Arbeit von Rammelt et al. (2004) zu einer Progression bereits vorbestehender Arthrose bei 6,5 Prozent im oberen Sprunggelenk und Talonaviculargelenk und bei 9,7 Prozent im Calcaneocuboidalgelenk [76]. Auch de Heus et al. (1997) berichten über eine Progression bereits vorbestehender Arthrose in den Anschlussgelenken um ein Grad bei 24 Prozent (n=4) und um drei Grade bei 6 Prozent (n=1); 71 Prozent der Gelenke zeigten keine Progression [26]. Sehr gute Ergebnisse brachte die Studie von Boack et al. (2005) hervor. Sie beobachteten in ihren Nachuntersuchungen keine Anschlussdegenerationen im oberen Sprung- und im Chopartgelenk [13].

Talonavicular-Arthrodesen und Cuneonavicular-Talonavicular-Arthrodesen

In diesem Abschnitt werden die Ergebnisse der Talonavicular- und der Cuneonavicular-Talonavicular-Arthrodesen gemeinsam diskutiert.

Mit der Talonavicular-Arthrodesen wird in vielen Fällen ein für den Patienten zufrieden stellendes Ergebnis ermöglicht [20]. Die Werte für den AOFAS-Score liegen im Allgemeinen hoch [20; 86]. Die klinische Auswertung in dieser Studie ergab einen AOFAS-Score von 78,50 (s=23,10) Punkten. Dies entspricht in etwa dem Durchschnittswert, der bei Sammarco et al. (2006) erwähnt wird [86]. Wesentlich besser stellt sich der Mittelwert des AOFAS-Score mit 92,90 bei Chen et al. (2001) dar; allerdings ausgehend von einem präoperativen Wert von 77,20 Punkten [20].

Im Durchschnitt wurden die Ergebnisse des AOFAS-Scores als „gut“ bewertet. Insgesamt erlangten 33,3 Prozent (n=2/6) ein sehr gutes, 50,0 Prozent (n=3/6) ein gutes und 16,7 Prozent (n=1/6) ein mangelhaftes Resultat. Clain et al. (1994) berichten über 25 Prozent sehr gute, 50 Prozent gute und 25 Prozent ausreichende Nachuntersuchungsergebnisse [23]. Neuere Studien erzielten dagegen wesentlich bessere Resultate (80 Prozent „sehr gut“, 15 Prozent „gut“, 5 Prozent „mangelhaft“) [21; 45].

Das Argument Schmerz gilt beim Patienten als wichtiger Indikator für den Erfolg der Behandlung. Überwiegend wird über eine reproduzierbare, signifikante Schmerzreduktion und subjektive Patientenzufriedenheit (in 86 bis 100 Prozent) berichtet [21; 34; 77]. In der Unterkategorie „Schmerz“ wurde bei diesem Arthrodesetyp in der vorliegenden Studie ein Mittelwert von 28,33 (s=14,72) Punkten errechnet. Durchschnittlich gesehen litten damit die nachuntersuchten Patienten an milden, gelegentlichen bzw. moderaten, täglichen Schmerzen. Über Schmerzfreiheit berichteten lediglich 33,3 Prozent (n=6) der Befragten. Immerhin 50,0 Prozent (n=3) litten noch immer unter gelegentlichen, milden Schmerzen. Allerdings wurde von einer Person (16,7 Prozent) über schwere, fast ständige Schmerzen geklagt. Vergleichen mit den Ergebnissen anderer Autoren ist die Anzahl schmerzfreier Patienten gering [23; 45].

Bei der Funktion des Fußes wird zum einen über eine signifikante Verbesserung durch die erfolgte Arthrodesese berichtet [21]; zum anderen aber über ein Ausbleiben dessen [104]. Der Mittelwert in der Unterkategorie „Funktion“ lag bei 50,17 (s=14,89) Punkten. Einschränkungen in täglichen Aktivitäten oder Freizeitaktivitäten hatten nur 33,3 Prozent (n=2) der nachuntersuchten Patienten. Gehhilfen wurden, wie bei Clain et al. (1994), von keinem der Befragten benötigt [23].

Sehr gute Ergebnisse zeigte die Befragung nach der maximalen Gehstrecke. Hier gaben 83,3 Prozent (n=5) der Patienten an, mehr als 1000 m gehen zu können. Einschränkend muss dazu hinzugefügt werden, dass ein Patient (16,7 Prozent) lediglich in der Lage war weniger als 200 m zu gehen.

Mäßige bis große Schwierigkeiten auf unebenem Untergrund zu gehen hatten 50 Prozent (n=3). Hier wurde eine deutliche Verbesserung im Vergleich zu den Veröffentlichungen von Fogel et al. (1982) und Rammelt et al. (2006) erzielt [34; 77].

Sichtbare Gangabnormalitäten wurden bei einem Patient (16,7 Prozent) festgestellt werden. Deutlich mehr (31,2 Prozent) waren es bei Clain et al. (1994) [23]. Die sagittale Beweglichkeit war bei 83,3 Prozent (n=5) normal und damit etwas weniger als beispielsweise bei Clain et al. (1994) [23].

Bei der Rückfußbeweglichkeit kommt es häufig zu Einbußen für den Patienten [23; 34; 77]. Bei 66,7 Prozent (n=4) der Studienteilnehmer war die Rückfußbeweglichkeit moderat bis erheblich eingeschränkt. Bei anderen Autoren kommt diese Einschränkung deutlich häufiger vor [23; 34; 77]. Eine mögliche Erklärung hierfür liefert die Studie von Astion et al. (1997) [7]. Gemäß ihren Untersuchungen limitiert eine Versteifung im Talonaviculargelenk annähernd alle Bewegungen in den übrigen Rückfußgelenken; im Subtalargelenk nimmt der Bewegungsumfang um 8-9 Prozent nach Talonaviculararthrodesese ab [7]. Der Grund hierfür sei das große Bewegungsausmaß in diesem Gelenk und die Schlüsselstellung, die das Talonaviculargelenk im Triple-Gelenkkomplex (subtalar, talonavicular und calcaneocuboidal) einnehme [7].

Das Sprunggelenk war in allen Fällen stabil. Mäßige Fehlstellungen des Fußes waren lediglich bei einem Patienten (16,7 Prozent) sichtbar. Bessere Resultate

liegen bei Harper et al. (1996) vor [45], schlechter schließt die Studie von Clain et al. (1994) in diesen Punkten ab [23].

Die Konsolidierungsrate liegt zwischen 93,7 und 100 Prozent [20; 21; 23; 45; 86]. Unsere Ergebnisse lehnen sich daran an. Im Röntgenbild zeigten alle nachuntersuchten Patienten eine vollständige Durchbauung.

Von einer Anschlussdegeneration waren 83,3 Prozent ($n=5/6$) der Studienteilnehmer betroffen. Dieses Ergebnis ist im Vergleich zu anderen Studien sehr hoch. In den Arbeiten von Fogel et al. (1982), Harper et al. (1996) und Chen et al. (2001) liegt der Anteil von Gelenken mit Anschlussarthrose unter 35 Prozent [20; 34; 45].

Das obere Sprunggelenk zeigte in 66,7 Prozent ($n=4/6$) arthrotische Veränderungen gemäß Grad 2 (zweifelhaft/unklar) nach Kellgren und Moore. Schwere Degenerationen am oberen Sprunggelenk lagen bei Clain et al. (1994) in 12,5 Prozent der Fälle vor, 18,8 Prozent waren moderat und 6,3 Prozent geringfügig [23], am Subtalargelenk waren es in der vorliegenden Studie 33,3 Prozent ($n=2/6$) mit Grad-2-Degenerationen. Das Cuneonaviculargelenk zeigte bei den Talonavicular-Arthrodesen in 25 Prozent ($n=1/4$) minimale (Grad 3) Anschlussarthrosen. Etwas mehr sind es mit 18,8 Prozent moderater und 25 Prozent geringfügiger Veränderungen bei Clain et al. (1994) [23]. Rammelt et al. (2006) berichten über ein Drittel neu aufgetretener Anschlussarthrosen im Subtalar- und Calcaneocuboidalgelenk [77]. Als Ursache dafür wird die Überlastung der benachbarten Gelenke im Triple-Komplex in Folge des Ausfalls der essentiellen Funktion des Talonaviculargelenks genannt [77].

Die Studien von Harper et al. (1996) und Sammarco et al. (2006) setzten sich mit dem Vergleich von präoperativ bereits vorhandener arthrotischer Veränderungen in den Anschlussgelenken und deren Progression postoperativ auseinander. Harper berichtet über einen Anstieg von 15,4 Prozent auf 19,2 Prozent postoperativ [45]. Bei Sammarco et al. (2006) kam es zu einem Anwachsen der Arthrose im oberen Sprunggelenk bei 37,5 Prozent und im Lisfrancgelenk bei 31,3 Prozent [86].

Tibiototalcanear-Arthrodesen

Komplikationen und Einschränkungen treten nach einer kombinierten Arthrodesse des oberen und unteren Sprunggelenks (Tibiototalcanear-Arthrodesse) häufiger auf, als es bei isolierten Versteifungen der genannten Gelenke der Fall ist [99].

Die Nachuntersuchung der Patienten ergab im Rahmen der klinischen Beurteilung einen Mittelwert des AOFAS-Score von 73,50 (s=9,18) Punkten. Durchschnittlich wurde damit das Ergebnis „ausreichend“ erzielt. 33,3 Prozent (n=2/6) der AOFAS-Auswertung wurden mit „gut“ und 66,7 Prozent (n=4/6) mit „ausreichend“ bewertet. Die Angaben in der Literatur sind zum Teil in der Gesamtpunktzahl [4] wie auch in der prozentualen Verteilung [1; 40] etwas besser. Jedoch sind dem gegenüber Studien mit deutlich schlechterer Gesamtbewertung veröffentlicht [14; 22; 43; 66]. Das hier erreichte Resultat liegt etwa in der Mitte.

Eines der wesentlichen Ziele ist die Erleichterung der Schmerzen bzw. als Optimum die Schmerzfreiheit. Es wird über eine sehr gute Schmerzreduktion nach dieser Art der Arthrodesse berichtet [43; 65]. Zu einer Verbesserung der Schmerzsituation kam es beispielsweise bei Hammett et al. (2005) in 82 Prozent der Fälle [43]. Der Mittelwert dieser Studie lag bei 31,67 (s=7,53) von möglichen 40 Punkten. Im Durchschnitt leiden die Patienten also an milden, gelegentlichen bis keinen Schmerzen. Betrachtet man jedoch die prozentuale Verteilung, sind 66,7 Prozent (n=4) der Studienteilnehmer noch immer nicht schmerzfrei. Das deckt sich mit den Angaben von Acosta et al. (2000) [1]. In den Arbeiten von Papa et al. (1992), Chou et al. (2000) und Anderson et al. (2005) liegt diese Anzahl mit bis zu 95 Prozent noch höher [4; 22; 71].

Die Patienten sollen nicht nur durch eine Minderung der Schmerzsituation, sondern auch durch eine Zunahme des Bewegungsausmaßes und der Funktion des Fußes von der Versteifung profitieren. So wird bei Hammett et al. (2005) viel versprechend von einer Verbesserung des Funktionsscores in 67 Prozent der Fälle gesprochen [43]. Der Funktionsscore erreichte in der vorliegenden Studie im Mittelwert 41,83 (s=4,36) Punkte. Von einer Aktivitätseinschränkung im Freizeitbereich waren 50 Prozent (n=3) der Studienteilnehmer betroffen. In

der Studie von Chou et al. (2000) waren lediglich 25,5 Prozent der Patienten nicht in ihren Aktivitäten eingeschränkt [22]; zudem benötigten 72,7 Prozent Hilfsmittel zur Bewältigung des Alltags [22]. Dies war in unserer Studie bei keinem Patienten der Fall. Eine annähernd normale Gangfunktion kann nach Double-Arthrodesen von oberem Sprunggelenk und Subtalargelenk schwer resultieren [66]. Die maximale Gehstrecke betrug jedoch nur bei einer Person (16,7 Prozent) unter 200 m; bei allen anderen war sie größer als 1000 m bzw. war uneingeschränkt. 83,3 Prozent (n=5) der Patienten gaben an, mäßige Schwierigkeiten beim Gehen auf unebenem Untergrund zu haben. Die Erwähnung häufiger Veränderungen des Gangbilds sind auf Grund der Versteifung zweier wesentlichen Gelenke am Rückfuß nicht überraschend [22; 65]. Sichtbare Gangabnormalitäten waren aber mit 33,3 Prozent (n=2) eher selten. Die sagittale Beweglichkeit ist eine wesentliche Fußfunktion des oberen Sprunggelenks, die durch den Eingriff beeinflusst wird [66]. Der Verlust von zwei Drittel der Dorsalextension und vier Fünftel der Plantarflexion wird als grundsätzlich beschrieben [66]. Bei allen unseren Teilnehmern machte sich dieser Verlust der Beweglichkeit bemerkbar. Bei 83,3 Prozent (n=5) der Patienten kam es zu einer erheblichen Einschränkung ($< 15^\circ$), bei Chou et al. (2000) lag dies in allen Fällen vor [22]. Die Untersuchung der Rückfußbeweglichkeit zeigt dieselbe Verteilung: 83,3 Prozent (n=5) litten unter erheblichen und 16,7 Prozent (n=1) unter moderaten Einschränkungen der Rückfußbeweglichkeit. Das Sprunggelenk war in allen Fällen stabil. Als weitere Komplikation ist die Fehlstellung des Fußes erwähnt [4; 40], diese war aber in dieser Studie bei keinem Patienten auszumachen.

Zusammenfassend betrachtet präsentieren sich die Einzelkategorien des Funktionsscores in der Gegenüberstellung mit vergleichbaren Studien [4; 22; 40; 43; 65] besser, als es der Mittelwert erwarten lässt. Die verringerte Punktzahl, auf Grund des geminderten Bewegungsausmaßes, verschlechtert allerdings das Gesamtergebnis nicht unwesentlich. Möglicherweise wäre es daher besser, diese beiden Aspekte in der Betrachtung dieser Arthrodesart nicht mit einzu beziehen und von einer geringeren maximal möglichen Punktzahl auszugehen.

Entscheidend für den Erfolg der Arthrodesese ist häufig die Frage nach der erfolgreichen Durchbauung des ehemaligen Gelenkspalts [99]. Die Anzahl der nicht konsolidierten Arthrodesesen im Bereich von Tibia, Talus und Calcaneus liegt bei vielen Autoren unter 10 Prozent [1; 4; 14; 40; 65]. In dieser Studie war die Menge nicht konsolidierter Arthrodesesen mit 16,7 Prozent (n=1/6) größer. Ähnliche bzw. etwas geringere Werte werden bei Papa et al. (1992), Chou et al. (2000) und Niinimäki et al. (2007) beschrieben [22; 70; 71].

Der weitere wesentliche Aspekt, der zum langfristigen Erfolg der Arthrodesese beiträgt, ist das Risiko der Entwicklung einer degenerativen Gelenkerkrankung im Chopartgelenk und den Mittelfußgelenken [99]. Die Anzahl der von einer Anschlussarthrose betroffenen Patienten liegt hoch. Bei fast allen Studienteilnehmern (83,3 Prozent, n=5/6) fanden sich im Röntgenbild degenerative Veränderungen. Das Talonaviculargelenk war am häufigsten (83,3 Prozent, n=5) betroffen. Es handelte sich überwiegend um arthrotische Umbauten Grad 3 (minimal) nach Kellgren und Moore. Aber auch im Calcaneocuboidalgelenk (Grad 2, zweifelhaft), im Cuneonaviculargelenk (Grad 4, mäßig) und tarsometatarsal (Grad 4, mäßig) zeigten sich bei je 16,7 Prozent (n=1) Sekundärarthrosen. Bei drei der sechs radiologisch nachuntersuchten Patienten konnte ein Vergleich mit präoperativen Aufnahmen durchgeführt werden. Es zeigte sich, dass am Talonaviculargelenk bei zwei Patienten bereits im Vorfeld Arthrosezeichen gemäß Grad 2 vorlagen. An einem Gelenk kam es dabei zur Progression in Grad 3. An den anderen Gelenken war keine Arthrose präoperativ im Röntgenbild feststellbar. Im Bereich der Tibiotalocalcaneal-Arthrodesen zum Thema Sekundärarthrosen in den benachbarten Gelenken ist sehr gering. Es wird davon ausgegangen, dass die Belastung für die benachbarten Gelenke noch höher ist als bei der isolierten Form [99]. Die Studie von Russotti et al. (1988) befasste sich mit diesem Thema [82]. In der röntgenologischen Analyse konnte von ihnen allerdings keine Anschlussarthrose ausgemacht werden [82].

Triple-Arthrodesen

Die Triple-Arthrodesen umfassen die Versteifung von Subtalar-, Talonavicular- und Calcaneocuboidalgelenk. Sie stellen die effektivste Behandlung der symptomatischen Arthrose des Rückfußes dar [28]. Große Bedeutung muss dabei einer annähernd anatomischen Position des Fußes beigemessen werden, um eine gute Restfunktion des Fußes zu ermöglichen [28; 35]. Die Triple-Arthrodesen gelten als eine „Rettungsoperation“ und sollten nur bei der Beteiligung mehrerer Gelenke oder komplexen Fußdeformitäten durchgeführt werden [27; 28]. Die Anzahl der an der Arthrodesen beteiligten Gelenke ist so gering wie möglich zu halten. Je weniger Gelenke in die Arthrodesen miteinbezogen sind, umso mehr bleibt die Flexibilität des Fußes erhalten [28]. Es kommt dadurch zu einer besseren Gewichtsverteilung und einem Schutz des oberen Sprunggelenks vor unphysiologischer Überlastung [28].

Die klinischen Ergebnisse werden zwischen 60 und 78 Punkten von maximal 100 Punkten angegeben [26; 75; 93]. Bei Fortin et al. (1999) kam es zu einem Anwachsen von 36 Punkten im Vergleich zu präoperativ [35]. Die Punktzahl der klinischen Nachuntersuchung der vorliegenden Studie nach der Auswertung der American Orthopaedic Foot and Ankle Society zeigte mit einem Mittelwert von 57,00 (s=28,81) Punkten ein schlechteres Ergebnis. Dies gilt in der Bewertung „mangelhaft“. Anteilig gliedert sich die Verteilung wie folgt: 28,6 Prozent (n=2/7) „gut“, 28,6 Prozent (n=2/7) „ausreichend“ und 42,9 Prozent (n=3/7) „mangelhaft“. In der Studie von Saltzman et al. (1999) wurden Patienten mit Triple-Arthrodesen nach 25 Jahren und nochmals nach 44 Jahren nachuntersucht [85]. Bei der ersten Nachuntersuchung wurden 75 Prozent mit „gut“ und 25 Prozent mit „ausreichend“ bewertet [85]. Beim zweiten Nachuntersuchungstermin hatte sich die Verteilung etwas verschoben. Nur noch 28 Prozent galten als „gut“, 69 Prozent dagegen als „ausreichend“ und 3 Prozent als „mangelhaft“ [85]. Andere Arbeiten berichten über etwas bessere Ergebnisse. So werden bei Beischer et al. (1999) 76,9 Prozent mit „gut“ bis „sehr gut“ bewertet [9]; bei de Heus et al. (1997) sind es sogar 79 Prozent [26].

Die Angaben zur Schmerzsituation sind in der Literatur nicht eindeutig. Wülker et al. (1997) berichten über eine signifikante Verbesserung der Schmerzen [104]. Bei Graves et al. (1993) wurde ein Rückgang der Schmerzen bei allen Studienteilnehmern [41] bemerkt. Diese erfreulichen Ergebnisse muss jedoch von der Tatsache eingeschränkt werden, dass 64,4 Prozent der Patienten dieser Studie noch immer nicht vollständig schmerzfrei waren [41]. In der Langzeitstudie von Saltzman et al. (1999) ist der Prozentsatz nicht ganz so hoch: 55 Prozent leiden nach 44 Jahren noch unter Schmerzen [85]. In der vorliegenden Studie kann dagegen nur über 14,3 Prozent (n=1/7) schmerzfreier Patienten berichtet werden. Der Mittelwert ergab 24,29 (s=12,72) Punkte. Dieses Ergebnis rangiert zwischen den Angaben milde, gelegentliche und moderat, täglich. Diese Angaben machten 71,4 Prozent (n=5/7) der Studienteilnehmer. Eine Person leidet noch immer unter schweren, fast ständigen Schmerzen.

Der umfangreiche Eingriff, lässt keine hohen Erwartungen auf den Funktions-score zu. Wülker et al. (1997) konnten keine signifikante Verbesserung im Vergleich zu präoperativ feststellen [104]. Der Mittelwert in der vorliegenden Studie liegt bei 32,71 (s=17,09) von 60 möglichen Punkten.

Überwiegend (42,9 Prozent, n=3) mussten die Studienteilnehmer Einschränkungen von Freizeitaktivitäten hinnehmen. Nur ein kleiner Teil war in den täglichen Aktivitäten schwer eingeschränkt und benötigte Hilfsmittel (14,3 Prozent, n=1). Saltzman et al. (1999) sprechen von 68 Prozent der Patienten, die Hilfsmittel benötigen [85].

Die maximale Gehstrecke war im vorliegenden Fall dagegen weniger beeinflusst. 71,4 Prozent (n=5/7) der Patienten war es an der Nachuntersuchung möglich, mehr als 1000 m zu gehen. Nur bei einer Person (14,3 Prozent) lag die Gehstrecke unter 200 m.

Wesentlich schwieriger war es jedoch für die Teilnehmer auf unebenem Untergrund zu gehen. 71,4 Prozent (n=5) gaben an, mäßige bis große Schwierigkeiten auf unebenem Untergrund zu haben. Gleichen Angaben werden auch bei Smith et al. (2004) gemacht [93].

Sichtbare Gangabnormalitäten zeigten sich bei 42,9 Prozent (n=3), erheblich Gangabnormalitäten immerhin bei 28,6 Prozent (n=2). Etwas besser sind die

Ergebnisse bei Smith et al. (2004). Der Anteil der Patienten mit moderaten bis schweren Gangabnormalitäten wird hier mit 32 Prozent angegeben [93].

Trotz der fehlenden Versteifung im oberen Sprunggelenk ergab der körperliche Untersuchungsbefund moderate Einschränkungen der sagitalen Beweglichkeit bei 85,7 Prozent (n=6) und erhebliche Einschränkungen bei 14,3 Prozent (n=1) der Patienten. Nicht ganz so hoch ist mit 33 Prozent der Anteil der Patienten mit Minderung der Flexion und Extension bei Beischer et al. (1999) [9]. De Heus et al. (1997) dagegen berichten über eine sagitale Beweglichkeit von mehr als 30° bei allen ihren Studienteilnehmern [26]. Die Rückfußbeweglichkeit war bei 42,9 Prozent (n=3) normal.

Das Sprunggelenk war lediglich in 57,1 Prozent (n=4) der Fälle stabil. Dies ist das schlechteste Ergebnis im Vergleich zu den anderen nachuntersuchten Arthrodesetypen und auch im Vergleich mit anderen Studien. Bei de Heus et al. (1997) waren lediglich 17 Prozent der untersuchten Sprunggelenke instabil [26], bei Smith et al. (2004) waren es gar keine [93].

Das Auftreten von Fehlstellungen nach der Versteifung ist eines der schwierigsten Probleme in der Behandlung [35]. Eine Fusion ohne die Korrektur von Deformitäten resultiert in einem schmerzhaften, steifen Fuß mit schnell fortschreitenden degenerativen Veränderungen im oberen Sprunggelenk [35]. Unter diesem Gesichtspunkt sind die Ergebnisse der Studie nicht zufrieden stellend. Bei 57,1 Prozent (n=4) ist eine mäßige und bei 28,6 Prozent (n=2) der Patienten eine schwere Fehlstellung mit Symptomen festgestellt worden. Über ein ähnliches Ergebnis haben Pell et al. (2000) berichtet. Bei Ihnen lag der Anteil der Patienten mit Fehlstellung bei 87,1 Prozent [75]. Und auch bei Smith et al. (2004) wird von einem Anteil der Patienten mit Fehlstellungen von 68,2 Prozent gesprochen [93]; bei Saltzman et al. (1999) sind es 78 Prozent [85]. In der Arbeit von de Heus et al. (1997) sind dagegen wesentlich bessere Angaben zu finden. 30 Prozent der Patienten hatten demnach eine mäßige Fehlstellung, der Rest präsentierte sich normal [26].

Die Röntgenanalyse beschäftigte sich im ersten Schritt mit der Frage, ob eine vollständige Durchbauung stattgefunden hat oder nicht. Die Literatur macht

darüber sehr variable Angaben: Zum Teil sind sehr schlechte Konsolidierungsraten berichtet, wie beispielsweise bei Wülker et al. (1997) mit 48 Prozent [104]. Döderlein et al. (2006) spricht von einer Häufigkeit der Pseudarthrosen von bis zu 33 Prozent [27]. Beim überwiegenden Teil liegen die Angaben indes zwischen 80 und 100 Prozent erfolgreich konsolidierter Arthrodesen [26; 35; 41; 85; 93]. In unserem Fall waren 75 Prozent ($n=6/8$) der Arthrodesen vollständig in allen versteiften Gelenken durchbaut.

Langzeitstudien haben gezeigt, dass es nach einer Triple-Arthrodesese üblicherweise zu degenerativen Veränderungen im oberen Sprunggelenk und den Mittelfußgelenken kommt [35]. Davon waren in der vorliegenden Studie 50,0 Prozent ($n=4/8$) der Studienteilnehmer betroffen. Am häufigsten zeigten sich die Veränderungen am oberen Sprunggelenk (50 Prozent, $n=4/8$). Die eine Hälfte dieser Anschlussarthrosen waren schwer (Grad 5), die andere Hälfte zweifelhaft (Grad 2). Auch am Cuneonaviculargelenk (42,9 Prozent, $n=3/7$) waren vermehrt Arthrosezeichen im Röntgenbild zu finden: 14,3 Prozent ($n=1$) davon waren zweifelhaft (Grad 2), 14,3 Prozent ($n=1$) minimal (Grad 3) und 14,3 Prozent ($n=1$) mäßig (Grad 4). An den Tarsometatarsalgelenken wurden nur bei einer Person degenerative Veränderungen nach Grad 2 gefunden. Die Angaben in der Literatur zu diesem Thema sind sehr vielfältig. Mittlmeier et al. (2006) sprechen beispielsweise ebenfalls von einer Häufigkeit der Anschlussarthrosen von bis zu 50 Prozent [66]. Bei Smith et al. (2004) liegt der Anteil noch höher. Degenerative Veränderungen in mindestens einem Gelenk, wurden hier bei 77 Prozent der Patienten gefunden; zwei Gelenke waren bei 73 Prozent betroffen [93]. Schwere Arthrose zeigte sich bei 27 Prozent am oberen Sprung- und Cuneonaviculargelenk, bei 23 Prozent tarsometatarsal [93]. Graves et al. (1993) berichten ebenfalls über die degenerativen Folgen der Triple-Arthrodesese. Das obere Sprunggelenk war bei Ihnen bei 38,9 Prozent und das Cuneonaviculargelenk mit den Tarsometatarsalgelenken bei 41,2 Prozent der Patienten betroffen [41]. Sehr eindrucksvoll sind die Ergebnisse der Langzeitstudie von Saltzman et al. (1999). In dieser Arbeit lag die Häufigkeit der Arthrose am oberen Sprunggelenk zum Zeitpunkt der ersten Nachuntersuchung nach 25 Jahren bei 31 Pro-

zent, am zweiten Nachuntersuchungstermin nach 44 Jahren bei 100 Prozent [85]. Eine ähnlich progressive Arthrose lag auch am Cuneonaviculargelenk und den Tarsometatarsalgelenken vor [85].

Studien von Beischer et al. (1999) [9], de Heus et al. (1997) [26] und Pell et al. (2000) [75] bezogen die Progression der Arthrose in ihre Überlegungen mit ein. Bei Pell et al. (2000) ist der Anteil bereits präoperativ vorhandener Arthrosen gering [75]: Es wird lediglich über 7 Prozent berichtet; postoperativ werden dagegen 60 Prozent genannt [75]. Die Autoren sehen einen signifikanten Zusammenhang zwischen dem verminderten Bewegungsausmaß im Sprunggelenk postoperativ und der Schwere der gefundenen Arthrose in diesem Gelenk [75]. Sie sehen die Ursache der Anschlussarthrose im anwachsenden Stress auf das obere Sprunggelenk in Folge der Fusion des Ruckfußes [75]. Der Anteil der Progression scheint bei dieser Art der Arthrodese nur eine untergeordnete Rolle zu spielen. Bei Beischer et al. (1999) kommt es lediglich bei 15,4 Prozent der Patienten zu einem Fortschreiten einer bereits vor dem Eingriff bestandenen Arthrose [9]. De Heus et al. (1997) machen etwas größere Angaben. Bei 27 Prozent kam es zu einer Progression um ein Grad, bei 8 Prozent um zwei Grad; bei 65 Prozent lag dagegen überhaupt keine Progression vor [26].

Die Triple-Arthrodese gilt auf Grund der Mehrbelastung für die benachbarten Gelenke mit dem Risiko der Entwicklung einer Anschlussarthrose als Ultima ratio [27]. Die Anschlussarthrose betrifft sowohl das obere Sprunggelenk als auch die Gelenke des Mittelfußes (NC- und Lisfranc-Gelenkreihe) [27; 41; 85]. Die Belastung dieser Gelenke ist besonders bei nicht ausreichender Korrekturstellung erheblich (verbliebene Varus-, Valgus- oder Equinuspositionen des oberen Sprunggelenks) [27]. Eine Vorschädigung der Gelenke und unzureichende Korrekturen dürften daher die Hauptgründe späterer Arthroseentwicklung sein [27; 35].

Pantalar-Arthrodesen

Eine symptomatische Arthrose, bei der die Versteifung von oberem Sprunggelenk, Subtalar- und Chopartgelenk nötig wird, ist selten [99]. Dieses einschneidende Vorgehen wird zum Beispiel bei Patienten mit schwerer rheumatoider Arthritis oder degenerativen Langzeitfolgen im oberen Sprunggelenk nach Triple-Arthrodesen bzw. in den Rückfußgelenken nach OSG-Arthrodesen durchgeführt [99]. Diese technisch schwierige Operation zielt primär auf eine Schmerzlinderung ab, weniger auf die resultierende Funktion des Fußes [1] und stellt eine mögliche Alternative zur Amputation dar [71].

Die Auswertung des AOFAS-Score der Patienten mit Pantalar-Arthrodesen (n=3) ergab mit der Bewertung „mangelhaft“ das schlechteste Ergebnis aller nachuntersuchten Gruppen und war auf Grund der Schwere des Eingriffs zu erwarten. Die Gesamtpunktzahl betrug im Mittel 48,67 (s=34,65) Punkte und lag damit hinter dem der Triple-Arthrodesen. 66,7 Prozent (n=2) der klinischen Auswertungen waren ausreichend und 33,3 Prozent (n=1) mangelhaft. Über ein sehr viel besseres Resultat berichten Acosta et al. (2000). Gemäß ihrer klinischen Bewertungsskala schnitten die Ergebnisse von 21,7 Prozent (n=5/27) der Studienteilnehmer mit „sehr gut“, 39,1 Prozent (n=9/27) mit „gut“, 13,0 Prozent (n=3/27) mit „ausreichend“ und 26,1 Prozent (n=6/27) mit „schlecht“ ab [1]. Mehr als die Hälfte der Ergebnisse liegen hier im Bereich „sehr gut“ bis „gut“, während in unserer Studie diese Punktzahl in keinem Fall erreicht wurde.

Der sehr wichtige Aspekt der Schmerzminderung bzw. Schmerzfreiheit wird bei einigen Studien zufrieden stellend erreicht [1; 104]. Wülker et al. (1997) berichten über eine Zunahme des Schmerzscore von 10 Punkten präoperativ auf beinahe 40 Punkte postoperativ und sprechen dabei von einer signifikanten Verbesserung. Auch bei Acosta et al. (2000) scheint ein guter Erfolg eingetreten zu sein [1]. Der Anteil der Patienten mit milden bis gar keinen Schmerzen ist mit 88,8 Prozent auf Grund der Komplexität und dem daraus erhöhten Risiko für mögliche Komplikationen überraschend hoch. Das aus der vorliegenden Studie resultierende Ergebnis ist ebenfalls erfreulich. 66,7 Prozent (n=2) der Studienteilnehmer hatten keine bis milde Schmerzen. Ein Patient jedoch litt unter

schweren, fast ständigen Schmerzen. Der Mittelwert betrug daher 23,33 (s=20,82) Punkte und liegt somit zwischen moderat, täglich und milde gelegentlich. Diese überwiegend guten Resultate kommen allerdings nicht bei allen Studien vor. In einer Arbeit von Papa et al. (1992) sind noch immer 95 Prozent der Patienten postoperativ von Schmerzen betroffen [71].

Die komplett ausgeschaltete Beweglichkeit im oberen Sprunggelenk und den Rückfußgelenken zieht erhebliche Folgen für die Funktion des Fußes nach sich; der Fuß verbleibt in der operierten Stellung und sichtbare Veränderungen des Ganges treten ein [99]. Ein gutes Ergebnis bezüglich des Funktionsscores ist daher nicht zu erwarten und mit durchschnittlich 25,33 (s= 14,15) Punkten nicht überraschend. Einen ähnlichen Wert ergab die Befragung bei Wülker et al. (1997) [104]. Des Weiteren ergab der Vergleich zu präoperativ keine signifikante Verbesserung der Beweglichkeit [104]. Die Darstellung der Ergebnisse der Untergruppe im Bereich „Funktion“ des AOFAS-Fragebogens gibt Aufschluss über das Ausmaß der Beeinträchtigungen.

66,7 Prozent (n=2) der Studienteilnehmer waren in den täglichen Aktivitäten eingeschränkt und benötigten zum Teil Hilfsmittel beim Gehen. Bei 33,3 Prozent (n=1) betrug die Gehstrecke lediglich 200 bis 600 m. 66,7 Prozent (n=2) hatten mäßige Schwierigkeiten auf unebenem Untergrund zu Gehen. Gangabnormalitäten zeigten sich bei allen Patienten. Die sagitale Beweglichkeit sowie die Rückfußbeweglichkeit waren ebenfalls bei allen Teilnehmern moderat bis erheblich eingeschränkt. Des Weiteren zeigte sich bei 66,7 Prozent (n=2) eine sichtbare Fehlstellung, zum Teil mit Symptomen.

Das Komplikationsrisiko wird auch im Bereich der Röntgenanalyse sichtbar. Die Berichte über erfolgreich konsolidierte Arthrodesen sprechen über eine Rate von 46 bis 86 Prozent [1; 71; 104]. Auch bei unserer Studie waren nur bei 66,7 Prozent (n=2) alle versteiften Gelenke vollständig durchbaut.

Die Möglichkeiten für eine Anschlussdegeneration in den Rückfußgelenken sind bei dieser Art der Arthrodesese nur noch gering. Trotz allem kam es bei einem (33,3 Prozent, n=1) Studienteilnehmer zu einer mäßigen (Grad 4) Sekundär-

arthrose im Cuneonaviculargelenk. Tarsometatarsal lagen keine Anzeichen für eine Anschlussdegeneration vor.

Die Pantalar-Arthrodese gilt als letzter Ausweg bei einer weit fortgeschrittenen Arthrose des oberen Sprunggelenks und der Gelenke des Triple-Komplexes [99]. Das Hauptziel einer deutlichen Schmerzminderung kann durch diesen Eingriff erreicht werden [1; 104]. Die schwerwiegenden funktionellen Einbußen sollten nicht leichtfertig in Kauf genommen werden, sondern durch einen hohen Leidensdruck für den Patienten gerechtfertigt sein.

Gesamtbewertung

Die klinischen Ergebnisse stellen sich wie folgt dar: 67,11 (s=23,64) Punkte im AOFAS-Score, 27,73 (s=12,55) Punkte in der Unterkategorie Schmerz und 39,39 (s=13,22) Punkte in der Unterkategorie Funktion. Von möglichen 100 Punkten in der Gesamtwertung wird das Resultat daher als „ausreichend“ kategorisiert. Mit am Besten schnitten dabei die Talonavicular-Arthrodesen mit 89,25 (s=6,08) Punkten ab. Ähnliches zeigte auch die Studie von Easley et al. (2000) mit einer Durchschnittspunktzahl bei 70 Punkten, Pell et al. (2000) mit 60,7 Punkten und Rammelt et al. (2004) [29; 75; 76].

Die Rubrik Schmerz erzielte einen Platz zwischen milde, gelegentlich und moderat, täglich. 34,1 Prozent (n=15/44) der Befragten litten an keinem, 31,8 Prozent (n=14) an mildem, gelegentlichen, 22,7 Prozent (n=10) an moderatem aber täglichen und 11,4 Prozent (n=5) an schwerem, beinahe ständigem Schmerz. Durchschnittlich gesehen wurde also das bestrebte Ziel der Schmerzfreiheit durch den operativen Eingriff nicht erreicht. Gleiches erkannten auch die Studien von Ahlberg et al. (1981), Coester et al. (2001), Easley et al. (2000), Wülker et al. (1997) [2; 24; 29; 104]. Die Schmerzsituation der Patienten hat sich zwar in den meisten Fällen wesentlich zu präoperativ verbessert, kann jedoch noch nicht als zufrieden stellend formuliert werden.

Der Bereich Funktion ergab im Mittelwert 39,39 (s=13,22) von möglichen 60 Punkten. Auf den ersten Blick kann auch dies nicht als befriedigendes Ergebnis erachtet werden. Betrachtet man jedoch die einzelnen Rubriken, verschiebt sich das Bild etwas. 43,2 Prozent (n=19/44) der Befragten sahen sich nicht in ihren Freizeit- und täglichen Aktivitäten beeinträchtigt. Lediglich 9,1 Prozent (n=4) litten unter schweren Einschränkungen und benötigten Gehhilfen.

Die maximale Gehstrecke wurde von 77,3 Prozent (n=34) mit über 1000 m angegeben und stellt sich damit besser dar als erwartet. Allerdings lag sie bei 11,4 Prozent (n=5) unter 200 m und limitiert damit das alltägliche Leben der betroffenen Patienten enorm.

Die Mehrzahl hatte keine (34,1 Prozent, n=15) bis mäßige Schwierigkeiten (47,7 Prozent, n=21) mit dem Gehen auf unebenem Untergrund. Gangabnormalitäten waren bei 43,2 Prozent (n=19) zu erkennen.

Trotz der bisher relativ guten Ergebnisse, die überwiegend das subjektive Empfinden der Patienten widerspiegeln, ergab die klinische Prüfung bei 52,3 Prozent (n=23) eine erhebliche Einschränkung der Flexion und Extension sowie der Rückfußbeweglichkeit. Bei lediglich 13,6 Prozent (n=6) wurden normale bis milde Messwerte ermittelt. Astion et al. (1997) beschäftigen sich in ihrer Arbeit mit dem Einfluss einer Arthrodesis auf die Beweglichkeit der nicht versteiften Gelenke [7]. Die Ergebnisse zeigen, dass die Fusion des Talonaviculargelenks annähernd alle Bewegungen in den übrigen Rückfußgelenken limitiert [7]. Bei einer Subtalar-Arthrodesis bleiben nur 26 Prozent der Beweglichkeit im Talonavicular- und 56 Prozent im Calcaneocuboidalgelenk erhalten [7]. Versteifungen im Calcaneocuboidalgelenk haben den geringsten Effekt auf die Beweglichkeit der anderen Fußgelenke [7].

Das Sprunggelenk war in 90,9 Prozent (n=40) stabil; die Stellung des Rückfußes war in 25,0 Prozent (n=11) mäßig und in 9,1 Prozent (n=4) schwer verändert.

Die Diskrepanz zwischen dem subjektiven und objektiven Tatbestand wurde auch in der Literatur mehrfach beschrieben [75; 85; 86; 98; 104]. Bei Fortin et al. (1999) beispielsweise klagte kein Patient über eine Instabilität im Sprunggelenk, die klinische Untersuchung ergab jedoch bei drei eine schwere und bei sechs Personen eine milde Instabilität [35].

Es gibt dagegen auch Veröffentlichungen, die zu einer besseren Einschätzung von subjektiven und klinischen Kriterien gelangen [19; 26; 29; 31; 86]. Trieb et al. (2005) berichten von guten Resultaten im AOFAS-Score in 50 Prozent [100]. Schlechter sind die Ergebnisse der klinischen Auswertung dagegen bei Fortin et al. (1999) [35].

Zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung waren 82,0 Prozent (n=41) aller nachuntersuchten Arthrodesen vollständig konsolidiert. Bei Wülker et al. (1997) waren es dagegen nur 57 Prozent [104]. Dies würde für die These sprechen, dass die neueren Operationsmethoden geeigneter zu sein scheinen, da sie bessere Ergebnisse hervorbringen.

Im oberen Sprunggelenk isoliert betrachtet sind 10,5 Prozent (n=17) der nachuntersuchten Arthrodesen nicht vollständig konsolidiert. Ahlberg et al. (1981) gibt eine „non-union-rate“ von 18 Prozent an [2]. Trotz alter Operationsmethoden ist der Unterschied hier gering. Höhere Konsolidierungsraten als die bei Ahlberg et al. (1981) beschriebenen liegen bei Trieb et al. (2005) (88 Prozent), Buchner (2003) (91 Prozent), Schaap et al. (1990) (93 Prozent, n=2/28), Takakura et al. (1999) (97,7 Prozent) und Thomas et al. (2006) (100 Prozent) vor [2; 19; 89; 97; 98; 100].

Die Subtalar-Arthrodesen dieser Studie schneiden mit 57,1 Prozent (n=4) am schlechtesten ab. Easley et al. (2000) hatten bei ihrer Betrachtung von 148 Subtalar-Arthrodesen mit 84 Prozent Konsolidierungsrate ein erheblich besseres Ergebnis [29]. Auch andere Autoren berichten über deutlich höhere Konsolidierungsraten [76; 86].

25,0 Prozent (n=2) der Triple-Arthrodesen waren zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung nicht konsolidiert. Nur 17 Prozent (3 von 18) waren es dagegen bei Graves et al. (1993), 3 Prozent bei Fortin et al. (1999) und 0 Prozent bei Smith et al. (2004) [35; 41; 93].

Die Auswertung der Röntgenanalyse zeigte im Gesamtvergleich Anzeichen einer Anschlussdegeneration. In erster Linie davon betroffen waren das Subtalar-, Talonavicular- und obere Sprunggelenk. Es handelte sich dabei um eine Veränderung nach Grad 2 in der Auswertung von Kellgren und Moore. Dies entspricht Hinweisen auf eine beginnende Arthrose. Betroffen waren davon 56 Gelenke an 36 Arthrodesen (72,0 Prozent). 11 (30,5 Prozent) der 36 Arthrodesen wiesen zusätzlich eine Pseudarthrose auf. Arthrodesen im Bereich des oberen Sprunggelenks und tibiotalarlocalcaneal waren häufig von Anschlussdegenerationen betroffen. Bei 84,2 Prozent (n=16/19) der OSG- und 83,3 Prozent (n=5/6) der Tibiotalarlocalcaneal-Arthrodesen waren Veränderungen feststellbar. Sie zeigten auch in der Gesamtauswertung einen diskret erhöhten Wert des Grades nach Kellgren und Moore im Vergleich zu den anderen Versteifungstypen.

Betrachtet man nun jedoch die 26 Arthrodesen, bei denen präoperative Bilder zur Verfügung standen, entdeckt man, dass davon 54,0 Prozent (n=14) bereits im Vorfeld Veränderungen an den Rückfußgelenken aufwiesen. Bei 30,7 Prozent (n=8) kam es in Folge der Versteifung zu einer Progression um ein (n=6) bzw. zwei (n=2) Grad nach Kellgren und Moore. Was sich also auf den ersten Blick wie eine Langzeitfolge des operativen Eingriffs darstellt, könnte nun genauso die Thesen der Autoren bezüglich des Fortschreitens einer vorbestehenden Erkrankung stützen [26; 91; 97; 98].

Viele Autoren kommen zu einem ähnlich hohen Ergebnis, bezüglich des Anteils der Anschlussarthrosen [19; 24; 26; 41; 76; 86; 89; 95; 104]. Keine sekundäre Degeneration in den anschließenden Gelenken wurden bei Endres (2003) und Trieb et al. (2005) gefunden [31; 100]. Die Argumentation einer vorbestehenden Degeneration, die sich lediglich verschlechtert hat, wird allerdings auch des Öfteren angeführt [29; 31; 76; 86; 91; 97; 98].

5.3 Schlussfolgerung

Das Vorgehen, sowie Material und Methodik der Studie waren vielen der Veröffentlichungen ähnlich. Die Auswertung und der Vergleich der Ergebnisse gestalteten sich jedoch auf Grund der Heterogenität der Operationsindikationen und Arthrodesetechniken als erschwert.

Die Behandlung der Arthrose mittels Arthrodesese stellt eine zufrieden stellende Option im Hinblick auf die Reduktion der Schmerzen und Verbesserung der Fußfunktion dar. Die Ergebnisse dieser Studie zeigen jedoch, dass lediglich 34,1 Prozent der behandelten Patienten nach dem Eingriff komplett schmerzfrei waren. Auch die resultierenden Bewegungseinschränkungen und Gangveränderungen sowie die Möglichkeit für eine Entwicklung einer Anschlussdegeneration im ipsilateralen Fuß können für den Patienten eine nicht zu unterschätzende Beeinträchtigung des täglichen Lebens sein. Obgleich dieses Problem nicht jeden Patienten betreffen wird, muss er im Vorfeld ausreichend darüber informiert werden.

Die vorliegende Untersuchung zeigt eine Anschlussdegeneration in den benachbarten Rückfußgelenken bei 72,0 Prozent der nachuntersuchten Arthrodesen. Es stellt sich nun die Frage, in wie weit diese Sekundärarthrose wirklich die direkte Folge der Arthrodesese und nicht nur Progression einer bereits vorher vorliegenden Veränderung ist. Döderlein geht in seiner Arbeit „Prinzipien der reorientierende Triplearthrodesese“ (2006) unter Berufung verschiedener Studien davon aus, dass die Hauptgründe der Arthroseentwicklung in einer Vorschädigung der Gelenke und unzureichender Korrekturen liegen [27]. Auch Endres (2003) schließt sich dieser Meinung an, in dem er behauptet: ohne eine vorher bestehende Arthrose bilde sich keine postoperative Degeneration aus [31]. Die Ergebnisse der vorliegenden Studie stützen diese These in gewisser Weise, wenngleich auch nicht alle Röntgenbilder präoperativ ausgewertet werden konnten.

Allerdings sollte auch die Beobachtung von Wülker et al. (1997) [104] bezüglich einer positiven Korrelation zwischen Pseudarthrose und Anschlussdegeneration

nicht außer Acht gelassen werden. In jedem Fall haben neuere Operationsmethoden, beispielsweise die interne Fixation mit Kompressionsnagel, das Ansteigen der Konsolidierungsrate zur Folge [35; 98]. Das Problem der Anschlussdegeneration ist damit aber wider Erwarten noch nicht gelöst.

Fest scheint jedoch zu stehen, dass sich durch eine Arthrodesse des oberen Sprunggelenks oder der Rückfußgelenke die Belastungen der Fußsäule bzw. der anschließenden Gelenke ändert [12; 50; 95]. Jung et al. (2007), Pell et al. (2000) und Suckel et al. (2007) sehen darin eine Ursache für postoperative Anschlussdegenerationen [50; 75; 95]. Auch Rammelt (2006) ist der Meinung, dass beispielsweise der Ausfall der essentiellen Funktion des Talonavikulargelenks zu einer Überlastung der benachbarten Gelenke im Triplekomplex führt. Er berichtet über Autoren, bei denen in zwei Drittel der Fälle neu aufgetretene Anschlussarthrosen nach Talonaviculararthrodese im Subtalar- und Calcaneocuboidgelenk beobachtet worden sind. [77]

Trotz der zum Teil geringen Fallzahlen der einzelnen Arthrodesen zeigen die Ergebnisse der vorliegenden Studie und der Vergleich mit ähnlichen Arbeiten, dass es sehr wohl zu einer gesunkenen Rate der sekundären Arthrose nach Arthrodesse in den benachbarten Fußgelenken gekommen ist, allerdings stellt sie auch mit neueren Operationsmethoden eine Langzeiterrscheinung dar. Die Frage ist nun jedoch, was den eigentlichen Auslöser darstellt. Ist die postoperative Degeneration nun lediglich das Fortschreiten der bereits vorhandenen Veränderungen? Wenn ja, in welcher Weise beschleunigt eine Arthrodesse diesen Vorgang? Oder muss es durch die Abweichungen von der normalen Biomechanik des Fußes zwangsläufig zu einer Arthrose kommen, unabhängig von Vorschädigungen? Interessant wäre in diesem Zusammenhang eine erneute Überprüfung der Studienteilnehmer in zehn oder zwanzig Jahren, ähnlich der Studie von Saltzman et al. (1999) [85].

Um Patienten neben den Operationszielen der Schmerzminderung und der Wiederherstellung der Fußfunktion auch im Hinblick auf möglichst gute Lang-

zeitergebnisse beraten zu können, scheint mir die Klärung der oben genannten Fragen sowie die Durchführung longitudinaler Forschungen nötig. Gerade für jüngere Patienten nach beispielsweise posttraumatischer Arthrose ist dies auch von sozialpolitischer Bedeutung.

6. Zusammenfassung

Intention: Die Absicht dieser Studie war es herauszufinden, wie sich die mittelfristigen klinischen und radiologischen Ergebnisse nach OSG- und Rückfußarthrodesen in neuerer Zeit mit verbesserten Operationsmethoden präsentieren.

Methodik: In der orthopädischen Klinik des Universitätsklinikums Tübingen wurden zwischen 10/1997 und 01/2006 159 Arthrodesen an den Fußgelenke operiert. 51 (49 Patienten; 51 % männlich, 49 % weiblich) konnten davon mit einem mindestens 2 Jahres-Follow-up klinisch und radiologisch nachuntersucht werden. Es handelte sich dabei um folgende Arthrodesen: oberes und/oder unteres Sprunggelenk, Talonavicular-, Triple- und pantalare Arthrodesen. Die häufigsten Indikationen waren: primäre Arthrose, posttraumatische Arthrose, angeborene Deformität, diabetische Osteoarthropathie und chronische Polyarthrit. Das Durchschnittsalter zum Zeitpunkt der OP lag bei 51 Jahren (16 bis 71 Jahre). Der Nachuntersuchungszeitraum betrug im Mittel 3,95 Jahre (2 bis 9 Jahre). Die klinische Auswertung in Zusammenhang mit einem Fragebogen erfolgte nach dem AOFAS-Score, die radiologische gemäß Kellgren und Moore.

Ergebnisse: 34 % (n=15) der Patienten hatten keine Schmerzen mehr. Der AOFAS-Score lag bei 67 Punkten und entspricht damit einem „ausreichend“. Radiologisch waren 82 % der Arthrodesen konsolidiert. Degenerative Veränderungen fanden sich in 72 % (36 Füße, 56 Gelenke). Davon betroffen waren vor allem das obere Sprung-, Subtalar- und Talonaviculargelenk. An 20 Gelenken fanden sich bereits präoperativ Veränderungen.

Schlussfolgerung: Die klinischen und radiologischen Ergebnisse der Arthrodesen sind zu diesem Zeitpunkt nicht zufrieden stellend. Die Frage, ob eine Progression einer vorbestehenden Arthrose oder die veränderte Biomechanik des Fußes für die Anschlussdegenerationen verantwortlich ist, gilt es in weiteren Untersuchungen zu klären.

7. Anhang

Anhang I: Dokumentationsbogen

Name: _____ Vorname: _____ geb. am: _____

Straße: _____ Wohnort: _____ Telefon: _____

Hausarzt: _____ Ort: _____ Krankenkasse: _____

OP-Datum: _____ Alter zur OP: _____

Diagnose: _____ re li

Operation: _____

Stationärer Aufenthalt

von: _____ bis: _____

Komplikationen: _____

Art der Ruhigstellung: _____ Entlastungsdauer: _____

Wundheilung: primär Hämatom Infekt

Komplikationen: _____

Knochenheilung: zeitgerecht verzögert

Metallentfernung: _____

Nachuntersuchung

Datum: _____

AOFAS-Score:

Schmerzen (40 Punkte):	<input type="checkbox"/> keine	40
	<input type="checkbox"/> milde, gelegentlich	30
	<input type="checkbox"/> moderat, täglich	20
	<input type="checkbox"/> schwer, fast ständig	0
Funktion (60 Punkte)		
• Aktivitätseinschränkung, Hilfsmittel:	<input type="checkbox"/> keine Einschränkung, keine Hilfsmittel	10
	<input type="checkbox"/> keine Einschränkung der täglichen Aktivitäten, Einschränkung von Freizeitaktivitäten, keine Hilfsmittel	7
	<input type="checkbox"/> Eingeschränkte tägliche und freizeitaktive Tätigkeiten	4
	<input type="checkbox"/> schwere Einschränkungen des täglichen Lebens, Krücken, Rollstuhl, Schienen	0
• Maximale Gehstrecke:	<input type="checkbox"/> über 1000 m	5
	<input type="checkbox"/> 600-1000 m	4
	<input type="checkbox"/> 200-600 m	2
	<input type="checkbox"/> unter 200 m	0
• Untergrund:	<input type="checkbox"/> keine Schwierigkeiten auf jedem Untergrund	5
	<input type="checkbox"/> mäßige Schwierigkeiten auf unebenem Untergrund, Treppen, Leitern	3
	<input type="checkbox"/> große Schwierigkeiten auf unebenem Boden, Treppen, Leitern	0
• Gangabnormalitäten:	<input type="checkbox"/> keine, geringfügig	8
	<input type="checkbox"/> sichtbare	4
	<input type="checkbox"/> erhebliche	0
• Sagitale Beweglichkeit, Flexion/ Extension:	<input type="checkbox"/> normal oder mild eingeschränkt (30° oder mehr)	8
	<input type="checkbox"/> moderate Einschränkung (15°-29°)	4
	<input type="checkbox"/> schwere Einschränkung (unter 15°)	0
• Rückfußbeweglichkeit, Inversion/ Eversion:	<input type="checkbox"/> normal oder milde eingeschränkt (75%-100%)	6
	<input type="checkbox"/> moderate Einschränkung (25%-74%)	3
	<input type="checkbox"/> erhebliche Einschränkung (unter 25%)	0

- Sprunggelenksstabilität: stabil 8
- instabil 0

- Fußstellung: gut, Fuß setzt normal auf, regelrechte Rückfußstellung 10
- mäßig, Fuß setzt normal auf, sichtbare Fehlstellung ohne Symptome 5
- schlecht, schwere Fehlstellung mit Symptomen 0

- Gesamt: _____

Röntgenanalyse

Postoperativ: regelrecht problematisch

Zur NU: Arthrodeese konsolidiert Arthrodeese nicht konsolidiert

Anschlussdegeneration in benachbarten Gelenken:

- vor Arthrodeese:

Aufnahmen im Stehen bds.: Fuß in zwei Ebenen OSG in zwei Ebenen Calcaneus in Hallgrimsson Position

Arthrosegrad	ipsilateral	Grad *	kontralateral	Grad *
- Subtalar	_____		- Subtalar	_____
- Talonavicular	_____		- Talonavicular	_____
- Calcaneocuboidal	_____		- Calcaneocuboidal	_____
- Naviculocuneiform	_____		- Naviculocuneiform	_____
- Tarsometatarsal	_____		- Tarsometatarsal	_____

- zum Zeitpunkt der NU:

Aufnahmen im Stehen bds.: Fuß in zwei Ebenen OSG in zwei Ebenen Calcaneus in Hallgrimsson Position

Arthrosegrad	ipsilateral	Grad *	kontralateral	Grad *
- Subtalar	_____		- Subtalar	_____
- Talonavicular	_____		- Talonavicular	_____
- Calcaneocuboidal	_____		- Calcaneocuboidal	_____
- Naviculocuneiform	_____		- Naviculocuneiform	_____
- Tarsometatarsal	_____		- Tarsometatarsal	_____

*nach Kellgren und Moore

Anhang II: Auswertung AOFAS-/ Kitaoka-Score

Gesamtpunktzahl	Bewertung
90 – 100	sehr gut
75 – 89	gut
60 – 74	ausreichend
< 60	mangelhaft

Die Bewertung spiegelt das Operationsergebnis im Hinblick auf die Schmerzsituation und die noch erhaltene Funktion des Fußes wieder.

Anhang III: Klassifikation nach Kellgren und Moore

Grad	Klassifikation	Beschreibung
1	normal	keine Hinweise auf Arthrose
2	zweifelhaft / unklar	sehr kleine Osteophyten, unklare Bedeutung
3	minimal	deutliche Osteophyten, unverminderter Gelenkspalt
4	mäßig	mäßige Verminderung des Gelenkspalts
5	schwer	Gelenkspalt stark vermindert mit subchondraler Sklerosierung

8. Literaturverzeichnis

1. Acosta, R., Ushiba, J., Cracchiolo, A., 3rd (2000). The results of a primary and staged pantalar arthrodesis and tibiotalar calcaneal arthrodesis in adult patients. *Foot Ankle Int*, 21(3): 182-194.
2. Ahlberg, A., Henricson, A. S. (1981). Late results of ankle fusion. *Acta Orthop Scand*, 52(1): 103-105.
3. Aigner, T., Soder, S. (2006). Histopathological examination of joint degeneration: typing, grading and staging of osteoarthritis. *Pathologe*, 27(6): 431-438.
4. Anderson, T., Linder, L., Rydholm, U., Montgomery, F., Besjakov, J., Carlsson, A. (2005). Tibio-talar calcaneal arthrodesis as a primary procedure using a retrograde intramedullary nail: a retrospective study of 26 patients with rheumatoid arthritis. *Acta Orthop*, 76(4): 580-587.
5. Arabmotlagh, M., Richolt, J., Scale, D., Rauschmann, M. (2006). Historical development of arthrodesis of pes cavus. *Orthopade*, 35(4): 372, 374-376, 378-379.
6. Armstrong, D. G., Todd, W. F., Lavery, L. A., Harkless, L. B., Bushman, T. R. (1997). The natural history of acute Charcot's arthropathy in a diabetic foot specialty clinic. *Diabet Med*, 14(5): 357-363.
7. Astion, D. J., Deland, J. T., Otis, J. C., Kenneally, S. (1997). Motion of the hindfoot after simulated arthrodesis. *J Bone Joint Surg Am*, 79(2): 241-246.
8. Banks, A. S., McGlamry, E. D. (1989). Charcot foot. *J Am Podiatr Med Assoc*, 79(5): 213-235.
9. Beischer, A. D., Brodsky, J. W., Pollo, F. E., Peereboom, J. (1999). Functional outcome and gait analysis after triple or double arthrodesis. *Foot Ankle Int*, 20(9): 545-553.
10. Berchthold, R., Bruch, H. P., Trentz, O. (2006). *Chirurgie*. München, Urban & Fischer Verlag. 5: 379; 446; 479-480.
11. Bertsch, C., Rosenbaum, D., Claes, L. (2001). Intra-articular and plantar pressure distribution of the ankle joint complex in relation to foot position. *Unfallchirurg*, 104(5): 426-433.
12. Beyaert, C., Sirveaux, F., Paysant, J., Mole, D., Andre, J. M. (2004). The effect of tibio-talar arthrodesis on foot kinematics and ground reaction force progression during walking. *Gait Posture*, 20(1): 84-91.

13. Boack, D. H., Manegold, S., Friedebold, A., Haas, N. P. (2005). Arthroscopic in situ arthrodesis of the subtalar joint. *Orthopade*, 34(12): 1245-1254.
14. Boer, R., Mader, K., Pennig, D., Verheyen, C. C. (2007). Tibiotalocalcaneal arthrodesis using a reamed retrograde locking nail. *Clin Orthop Relat Res*, 463: 151-156.
15. Bolten, W. W. (2004). Differential analgesic treatment in arthrosis and arthritis. *MMW Fortschr Med*, 146(13): 39-42.
16. Brabant, T., Stichtenoth, D. (2005). Pharmacological treatment of osteoarthritis in the elderly. *Z Rheumatol*, 64(7): 467-472.
17. Breitfuss, H., Muhr, G., Monnig, B. (1989). Fixation of screws in arthrodeses of the upper ankle joint. A retrospective comparison of 76 patients. *Unfallchirurg*, 92(5): 245-253.
18. Brower, A. C., Allman, R. M. (1981). Pathogenesis of the neurotrophic joint: neurotraumatic vs. neurovascular. *Radiology*, 139(2): 349-354.
19. Buchner, M., Sabo, D. (2003). Ankle fusion attributable to posttraumatic arthrosis: a long-term followup of 48 patients. *Clin Orthop Relat Res*, (406): 155-164.
20. Chen, C. H., Huang, P. J., Chen, T. B., Cheng, Y. M., Lin, S. Y., Chiang, H. C., Chen, L. C. (2001). Isolated talonavicular arthrodesis for talonavicular arthritis. *Foot Ankle Int*, 22(8): 633-636.
21. Chiodo, C. P., Martin, T., Wilson, M. G. (2000). A technique for isolated arthrodesis for inflammatory arthritis of the talonavicular joint. *Foot Ankle Int*, 21(4): 307-310.
22. Chou, L. B., Mann, R. A., Yaszay, B., Graves, S. C., Mcpeake, W. T., 3rd, Dreeben, S. M., Horton, G. A., Katcherian, D. A., Clanton, T. O., Miller, R. A., Van Manen, J. W. (2000). Tibiotalocalcaneal arthrodesis. *Foot Ankle Int*, 21(10): 804-808.
23. Clain, M. R., Baxter, D. E. (1994). Simultaneous calcaneocuboid and talonavicular fusion. Long-term follow-up study. *J Bone Joint Surg Br*, 76(1): 133-136.
24. Coester, L. M., Saltzman, C. L., Leupold, J., Pontarelli, W. (2001). Long-term results following ankle arthrodesis for post-traumatic arthritis. *J Bone Joint Surg Am*, 83-A(2): 219-228.
25. Correll, J., Berger, N. (2005). Diagnosis and treatment of disorders of the foot in children. *Orthopade*, 34(10): 1061-1072; 1073-1074.

26. De Heus, J. A., Marti, R. K., Besselaar, P. P., Albers, G. H. (1997). The influence of subtalar and triple arthrodesis on the tibiotalar joint. A long-term follow-up study. *J Bone Joint Surg Br*, 79(4): 644-647.
27. Doderlein, L. (2006). Principles of reorientation in triple arthrodesis. *Orthopade*, 35(4): 405-412, 414-416, 418-421.
28. Donatto, K. C. (1998). Arthritis and arthrodesis of the hindfoot. *Clin Orthop Relat Res*, 349: 81-92.
29. Easley, M. E., Trnka, H. J., Schon, L. C., Myerson, M. S. (2000). Isolated subtalar arthrodesis. *J Bone Joint Surg Am*, 82(5): 613-624.
30. Egerbacher, M., Seiberl, G., Wolfesberger, B., Walter, I. (2000). Ciprofloxacin causes cytoskeletal changes and detachment of human and rat chondrocytes in vitro. *Arch Toxicol*, 73(10-11): 557-563.
31. Endres, T., Rammelt, S., Grass, R., Zwipp, H. (2003). Spätergebnisse der OSG-Arthrodesese. 67. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie, 89. Tagung der Deutschen Gesellschaft für Orthopädie und Orthopädische Chirurgie und 44. Tagung des Berufsverbandes der Fachärzte für Orthopädie, Berlin, German Medical Science.
32. Fabrin, J., Larsen, K., Holstein, P. E. (2000). Long-term follow-up in diabetic Charcot feet with spontaneous onset. *Diabetes Care*, 23(6): 796-800.
33. Fassel, C., Leeb, B. F. (2005). Klinisches Erscheinungsbild der Arthrose zeigt sich oft spät. *Rheuma Plus*, 4(1).
34. Fogel, G. R., Katoh, Y., Rand, J. A., Chao, E. Y. (1982). Talonavicular arthrodesis for isolated arthrosis: 9.5-year results and gait analysis. *Foot Ankle*, 3(2): 105-113.
35. Fortin, P. T., Walling, A. K. (1999). Triple arthrodesis. *Clin Orthop Relat Res*, 365: 91-99.
36. Frykberg, R. G., Mendeszoon, E. (2000). Management of the diabetic Charcot foot. *Diabetes Metab Res Rev*, 16 Suppl 1: 59-65.
37. Fuhrmann, R. A. (2002). The treatment of rheumatoid foot deformities. *Orthopade*, 31(12): 1187-1197.
38. Fuhrmann, R. A., Anders, J. O., Kinne, R. W., Venbrocks, R. A. (2005). Are there Differences between Rheumatoid and Degenerative Foot Deformities? *Akt Rheumatol*, 30: 308-315.

-
39. Grass, R., Rammelt, S., Endres, T., Zwipp, H. (2005). Reorientational arthrodesis of the ankle joint using four screws. *Orthopade*, 34(12): 1209-1215.
 40. Grass, R., Rammelt, S., Heineck, J., Zwipp, H. (2005). Hindfoot arthrodesis resulting from retrograde medullary pinning. *Orthopade*, 34(12): 1238-1244.
 41. Graves, S. C., Mann, R. A., Graves, K. O. (1993). Triple arthrodesis in older adults. Results after long-term follow-up. *J Bone Joint Surg Am*, 75(3): 355-362.
 42. Haas, C., Kladny, B., Lott, S., Weseloh, G., Swoboda, B. (1999). Progression of foot deformities in rheumatoid arthritis--a radiologic follow-up study over 5 years. *Z Rheumatol*, 58(6): 351-357.
 43. Hammett, R., Hepple, S., Forster, B., Winson, I. (2005). Tibiotalocalcaneal (hindfoot) arthrodesis by retrograde intramedullary nailing using a curved locking nail. The results of 52 procedures. *Foot Ankle Int*, 26(10): 810-815.
 44. Hanslik-Schnabel, B., Wanivenhaus, A. (2004). Die rheumatische Rückfußdeformität. *Rheuma plus*, 3(5).
 45. Harper, M. C., Tisdell, C. L. (1996). Talonavicular arthrodesis for the painful adult acquired flatfoot. *Foot Ankle Int*, 17(11): 658-661.
 46. Jantea, C., Rütter, W., Blatzer, A. Partial Tarsal Arthrodesis. 5.
 47. Jerosch, J. (2005). Arthroscopic in situ arthrodesis of the upper ankle. *Orthopade*, 34(12): 1198-1208.
 48. Jerosch, J., Fayaz, H., Senyurt, H. (2006). Ankle arthrodesis versus ankle replacement: a comparison. *Orthopade*, 35(5): 495-505.
 49. Jerosch, J., Krause, P. (1997). Die Sprunggelenksarthrodese. *Fuß & Sprunggelenk*, 2.
 50. Jung, H. G., Parks, B. G., Nguyen, A., Schon, L. C. (2007). Effect of tibiotalar joint arthrodesis on adjacent tarsal joint pressure in a cadaver model. *Foot Ankle Int*, 28(1): 103-108.
 51. Kellgren, J. H., Lawrence, J. S. (1952). Rheumatism in miners. II. X-ray study. *Br J Ind Med*, 9(3): 197-207.
 52. Kellgren, J. H., Lawrence, J. S. (1957). Radiological assessment of osteo-arthritis. *Ann Rheum Dis*, 16(4): 494-502.
-

-
53. Kellgren, J. H., Moore, R. (1952). Generalized osteoarthritis and Heberden's nodes. *Br Med J*, 1(4751): 181-187.
 54. Kitaoka, H. B. (1991). Salvage of nonunion following ankle arthrodesis for failed total ankle arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res*, 268: 37-43.
 55. Kladny, B. (2005). Physical therapy of osteoarthritis. *Z Rheumatol*, 64(7): 448-455.
 56. Kofoed, H. (2004). Total Ankle Replacement for Rheumatoid Arthritis. *Akt Rheumatol*, 29: 328-331.
 57. Kurth, A. A., Kreuz, W., Scharrer, I. (2002). Die orthopädische Behandlung von muskulo-skelettalen Komplikationen der Hämophilie. *Dtsch Arztebl*, 99(44): A-2928-2935.
 58. Lehmann, L., Stove, J. (2004). Pain symptoms of osteoarthritis-aspects of etiology and therapy. *Schmerz*, 18(6): 453-462.
 59. Leitlinien der Orthopädie (2002). Dt. Ges. f. Orthopädie und orthopäd. Chirurgie + BV d. Ärzte f. Orthopädie, Köln, Dt. Ärzte-Verlag. 2
 60. Lindhorst, E., Wachsmuth, L., Kimmig, N., Raiss, R., Aigner, T., Atley, L., Eyre, D. (2005). Increase in degraded collagen type II in synovial fluid early in the rabbit meniscectomy model of osteoarthritis. *Osteoarthritis Cartilage*, 13(2): 139-145.
 61. Maenpaa, H., Lehto, M. U., Belt, E. A. (2001). What went wrong in triple arthrodesis? An analysis of failures in 21 patients. *Clin Orthop Relat Res*, (391): 218-223.
 62. Mann, R. A., Beaman, D. N., Horton, G. A. (1998). Isolated subtalar arthrodesis. *Foot Ankle Int*, 19(8): 511-519.
 63. Meenen, N. M. (1999). Leitlinien Sprunggelenksfraktur, Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie.
 64. Menschik, M., Neumuller, J., Steiner, C. W., Erlacher, L., Koller, M., Ullrich, R., Graninger, W., Graninger, W. B. (1997). Effects of ciprofloxacin and ofloxacin on adult human cartilage in vitro. *Antimicrob Agents Chemother*, 41(11): 2562-2565.
 65. Millett, P. J., O'malley, M. J., Tolo, E. T., Gallina, J., Fealy, S., Helfet, D. L. (2002). Tibiotalocalcaneal fusion with a retrograde intramedullary nail: clinical and functional outcomes. *Am J Orthop*, 31(9): 531-536.
 66. Mittlmeier, T., Klaue, K., Beck, M. (2006). Posttraumatic arthritis in the hind foot. *Unfallchirurg*, 109(2): 125-146; quiz 147-148.

-
67. Morbach, S., Müller, E., Reike, H., Risse, A., Spraul, M. (2004). Diagnostik, Therapie, Verlaufskontrolle und Prävention des diabetischen Fußsyndroms. *Diabetes und Stoffwechsel*, 13: 19-30.
68. Morgan, C. D., Henke, J. A., Bailey, R. W., Kaufer, H. (1985). Long-term results of tibiotalar arthrodesis. *J Bone Joint Surg Am*, 67(4): 546-550.
69. Morgenthaler, M., Schönecker, G., Stücker, R. (2000). Sichelfuß: Frühzeitige Diagnose erspart operative Therapie. *pädiatrie hautnah*, 5: 205-208.
70. Niinimäki, T. T., Klemola, T. M., Leppilähti, J. I. (2007). Tibiotalocalcaneal arthrodesis with a compressive retrograde intramedullary nail: a report of 34 consecutive patients. *Foot Ankle Int*, 28(4): 431-434.
71. Papa, J. A., Myerson, M. S. (1992). Pantalar and tibiotalocalcaneal arthrodesis for post-traumatic osteoarthritis of the ankle and hindfoot. *J Bone Joint Surg Am*, 74(7): 1042-1049.
72. Pasta, G., Forsyth, A., Merchan, C. R., Mortazavi, S. M., Silva, M., Mulder, K., Mancuso, E., Perfetto, O., Heim, M., Caviglia, H., Solimeno, L. (2008). Orthopaedic management of haemophilia arthropathy of the ankle. *Haemophilia*, 14 Suppl 3: 170-176.
73. Patterson, B. M., Inglis, A. E., Moeckel, B. H. (1997). Anterior sliding graft for tibiotalar arthrodesis. *Foot Ankle Int*, 18(6): 330-334.
74. Paul, M., Peter, R., Hoffmeyer, P. (2004). Fractures of the calcaneum. A review of 70 patients. *J Bone Joint Surg Br*, 86(8): 1142-1145.
75. Pell, R. F. T., Myerson, M. S., Schon, L. C. (2000). Clinical outcome after primary triple arthrodesis. *J Bone Joint Surg Am*, 82(1): 47-57.
76. Rammelt, S., Grass, R., Zawadski, T., Biewener, A., Zwipp, H. (2004). Foot function after subtalar distraction bone-block arthrodesis. A prospective study. *J Bone Joint Surg Br*, 86(5): 659-668.
77. Rammelt, S., Marti, R. K., Zwipp, H. (2006). Arthrodesis of the talonavicular joint. *Orthopäde*, 35(4): 428-434.
78. Rehart, S., Henniger, M. (2006). Pathophysiology of the rheumatic foot deformity and perioperative patient handling. *Fuß & Sprunggelenk*, 4(2): 106-111.

-
79. Rehm, K. E., Isenberg, J. (2003). Posttraumatische Arthrose oberes Sprunggelenk: Prädisponierende Faktoren. 67. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie, 89. Tagung der Deutschen Gesellschaft für Orthopädie und Orthopädische Chirurgie und 44. Tagung des Berufsverbandes der Fachärzte für Orthopädie., Berlin, German Medical Science.
80. Riede, U. N., Werner, M., Schäfer, H. E. (2004). Allgemeine und spezielle Pathologie. Stuttgart, Georg Thieme Verlag. 5: 1163-1166.
81. Rumenapf, G., Lang, W. (2003). Diabetic neuropathic osteoarthropathy (Charcot foot). Zentralbl Chir, 128(9): 734-739.
82. Russotti, G. M., Johnson, K. A., Cass, J. R. (1988). Tibiotalocalcaneal arthrodesis for arthritis and deformity of the hind part of the foot. J Bone Joint Surg Am, 70(9): 1304-1307.
83. Rydholm, U. (2007). Is total replacement of the ankle an option? Acta Orthop, 78(5): 567-568.
84. Rzesacz, E. H., Gosse, F. (2007). Management of posttraumatic osteoarthritis of the upper ankle joint by implantation of the S.T.A.R. ankle prosthesis. Oper Orthop Traumatol, 19(5-6): 527-546.
85. Saltzman, C. L., Fehle, M. J., Cooper, R. R., Spencer, E. C., Ponseti, I. V. (1999). Triple arthrodesis: twenty-five and forty-four-year average follow-up of the same patients. J Bone Joint Surg Am, 81(10): 1391-1402.
86. Sammarco, V. J., Magur, E. G., Sammarco, G. J., Bagwe, M. R. (2006). Arthrodesis of the subtalar and talonavicular joints for correction of symptomatic hindfoot malalignment. Foot Ankle Int, 27(9): 661-666.
87. Sanders, L. J., Frykberg, R. G. (2001). Charcot Neuroarthropathy of the Foot: Evaluation: Techniques and Nonsurgical Management. Levin and O`Neal`s The Diabetic Foot, Mosby. 6. edition.
88. Savory, K. M., Wulker, N., Stukenborg, C., Alfke, D. (1998). Biomechanics of the hindfoot joints in response to degenerative hindfoot arthrodeses. Clin Biomech (Bristol, Avon), 13(1): 62-70.
89. Schaap, E. J., Huy, J., Tonino, A. J. (1990). Long-term results of arthrodesis of the ankle. Int Orthop, 14(1): 9-12.
90. Schiebler, T. H., Schmidt, W. (1999). Anatomie. Berlin Heidelberg New York, Springer-Verlag. 8: 327-329; 338-343; 355-361.

-
91. Sheridan, B. D., Robinson, D. E., Hubble, M. J., Winson, I. G. (2006). Ankle arthrodesis and its relationship to ipsilateral arthritis of the hind- and mid-foot. *J Bone Joint Surg Br*, 88(2): 206-207.
 92. Skuginna, A., Ludolph, E. (1984). Primary and secondary arthrodeses following talus fractures. *Unfallchirurgie*, 10(4): 200-206.
 93. Smith, R. W., Shen, W., Dewitt, S., Reischl, S. F. (2004). Triple arthrodesis in adults with non-paralytic disease. A minimum ten-year follow-up study. *J Bone Joint Surg Am*, 86-A(12): 2707-2713.
 94. Stuart, M. J., Morrey, B. F. (1990). Arthrodesis of the diabetic neuropathic ankle joint. *Clin Orthop Relat Res*, 253: 209-211.
 95. Suckel, A., Muller, O., Herberts, T., Langenstein, P., Reize, P., Wulker, N. (2007). Talonavicular arthrodesis or triple arthrodesis: peak pressure in the adjacent joints measured in 8 cadaver specimens. *Acta Orthop*, 78(5): 592-597.
 96. Suckel, A., Muller, O., Herberts, T., Wulker, N. (2007). Changes in Chopart joint load following tibiotalar arthrodesis: in vitro analysis of 8 cadaver specimens in a dynamic model. *BMC Musculoskelet Disord*, 8: 80.
 97. Takakura, Y., Tanaka, Y., Sugimoto, K., Akiyama, K., Tamai, S. (1999). Long-term results of arthrodesis for osteoarthritis of the ankle. *Clin Orthop Relat Res*, 361: 178-185.
 98. Thomas, R., Daniels, T. R., Parker, K. (2006). Gait analysis and functional outcomes following ankle arthrodesis for isolated ankle arthritis. *J Bone Joint Surg Am*, 88(3): 526-535.
 99. Thordarson, D. B., Tornetta, P., Einhorn, T. A. (2004). *Foot and Ankle: Orthopaedic Surgery Essentials*, Lippincott Williams & Wilkins. 207-220.
 100. Trieb, K., Wirtz, D. C., Durr, H. R., Konig, D. P. (2005). Results of arthrodesis of the upper ankle joint. *Z Orthop Ihre Grenzgeb*, 143(2): 222-226.
 101. Voegeli, E. (2005). *Praktische Skelettradiologie*. Bern, Hans Huber Verlag. 4: 41-43.
 102. Wagner, A. (2003). Diabetisches Fußsyndrom – Ziel ist das Erhalten der Extremität. *Notfallmedizin*, 29(4): 140-146.
 103. Wülker, N. (2005). *Orthopädie und Unfallchirurgie*. Stuttgart, Georg Thieme Verlag. 1: 158; 162-169; 174-180; 185-189; 209-216.

104. Wulker, N., Flamme, C. H., Muller, A., Wirth, C. J. (1997). 10 years follow-up of arthrodeses of the hindfoot joints and upper ankle joint. *Z Orthop Ihre Grenzgeb*, 135(6): 509-515.
105. Wülker, N., Stephens, M., Cracchiolo, A. (1989). *Operationsatlas Fuß und Sprunggelenk*. Stuttgart, Ferdinand Enke Verlag.
106. Zwipp, H. (1994). *Chirurgie des Fußes*. Wien, New York, Springer-Verlag.
107. Zwipp, H., Rammelt, S. (2006). Subtalar arthrodesis with calcaneal osteotomy. *Orthopade*, 35(4): 387-398, 400-404.

9. Danksagung

Mein besonderer Dank gilt an erster Stelle Herrn Prof. Dr. Nikolaus Wülker, der es mir ermöglichte, in seiner Abteilung diese Arbeit durchführen zu können.

Der größte Dank gebührt meinem engagierten Betreuer Herrn Oberarzt Dr. Andreas Suckel, der immer einen Termin für mich frei hatte und in allen Fragen Zeit für mich gefunden hat. Er war mir bei der Auswahl der Arbeit, dem Aufbau der Studie, der Auswertung der Materialien und der kritischen Korrektur eine sehr große Hilfe. Ohne ihn wäre diese Arbeit nicht möglich gewesen.

Mein Dank gilt außerdem der radiologischen Klinik des Universitätsklinikums Tübingen, unter der Leitung von Prof. Dr. Claus D. Claussen, die mich mit der Anfertigung der benötigten Röntgenbilder wesentlich unterstützte.

Des Weiteren möchte ich mich beim Ambulanzteam der orthopädischen Klinik bedanken. Dank ihnen war die Organisation der Nachuntersuchung erst möglich.

Nicht vergessen möchte ich auch meine Familie, meine Freunde und Bekannte, die mir mit viel Geduld in der Durchsicht und Korrektur dieser Arbeit zur Seite standen.

10. Lebenslauf

Angaben zur Person

Name: Alexandra Burger
Geburtsdatum /-ort: 21.06.1983 in Leonberg
Staatsangehörigkeit: Deutsch

Schulbildung

1989 – 1993 Grundschule Rutesheim
1993 – 1999 Realschule Rutesheim, Abschluss: Mittlere Reife
1999 – 2002 Technisches Gymnasium Gottlieb-Daimler-Schule 1
in Sindelfingen

Studium

Oktober 2002 Beginn Studium der Humanmedizin an der
Eberhard Karls Universität Tübingen
voraussichtlicher Abschluss: Staatsexamen 2009
August 2004 Physikum
August 2007 – Juli 2009 Praktisches Jahr
Chirurgie: Spital Zimmerberg Horgen, Schweiz
Innere Medizin: Klinikum Böblingen / Sindelfingen
Anästhesie: Klinikum Böblingen / Sindelfingen
15. Mai 2009 Ärztliche Prüfung

Sonstige Interessen

Mai 2006 – Februar 2007 studentische Tutorin „Skills Lab Innere Medizin“
Universitätsklinikum Tübingen
seit 2001 Sanitätsreferent der Deutschen
Lebens-Rettungs-Gesellschaft Ortsgruppe Leonberg

Rutesheim, 04.06.2009