

Aus der  
Klinik für Orthopädie und Unfallchirurgie  
Klinik der Universität München – MUM

Direktion:  
Prof. Dr. Wolfgang Böcker  
Prof. Dr. Boris Holzapfel



# Zugangsmorbidität und subjektive Behandlungsergebnisse nach operativer Behandlung der Ansatz tendonopathie der Achillessehne über einen zentralen, transachillären Zugang

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

vorgelegt von

Sonja Ingrid Oppelt

aus

Dachau

Jahr

2023

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät  
der Universität München

Berichterstatter: PD Dr. Sebastian F. Baumbach  
Mitberichterstatter: Prof. Dr. Andreas Ficklscherer  
PD Dr. Ferdinand Wagner

Mitbetreuung durch den  
promovierten Mitarbeiter: PD Dr. med Sebastian Baumbach

Dekan: Prof. Dr. med. Thomas Gudermann

Tag der mündlichen Prüfung: 14.12.2023

# **Inhaltsverzeichnis**

<b><u>EIDESSTATTLICHE VERSICHERUNG</u></b>	<b><u>III</u></b>
<b><u>ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS</u></b>	<b><u>IV</u></b>
<b><u>PUBLIKATIONEN</u></b>	<b><u>V</u></b>
<b><u>1 EINLEITUNG</u></b>	<b><u>6</u></b>
<b>1.1 ANATOMIE</b>	<b>6</b>
1.1.1 URSPRUNG UND DREHUNG DER SEHNENFASERN	6
1.1.2 UMLIEGENDES WEICHGEWEBE	7
1.1.3 BLUT UND NERVENVERSORGUNG	7
1.1.4 ENTHESE ORGAN	9
1.1.5 HISTOLOGIE	11
<b>1.2 DIFFERENZIERTE TERMINOLOGIE DER CHRONISCHEN VERÄNDERUNGEN IM BEREICH DER ACHILLESSEHNE</b>	<b>13</b>
<b>1.3 EPIDEMIOLOGIE</b>	<b>15</b>
<b>1.4 PATHOANATOMIE</b>	<b>15</b>
1.4.1 HAGLUND-DEFORMITÄT	15
1.4.2 DORSALER FERSENSPORN	16
1.4.3 INTRATENDINÖSE VERKALKUNGEN	17
<b>1.5 PATHOPHYSIOLOGIE</b>	<b>17</b>
1.5.1 HISTOLOGISCHE VERÄNDERUNGEN	18
1.5.2 BIOMECHANIK	19
1.5.3 RISIKOFAKTOREN	19
<b>1.6 DIAGNOSTIK</b>	<b>20</b>
1.6.1 ANAMNESE UND KLINISCHE UNTERSUCHUNG	20
1.6.2 RADIOLOGISCHE DIAGNOSTIK	20
<b>1.7 KONSERVATIVE THERAPIE</b>	<b>23</b>
1.7.1 INITIALE SCHMERZTHERAPIE	23
1.7.2 EXZENTRISCHES TRAINING	24
1.7.3 EXTRAKORPORALE STOßWELLEN THERAPIE	25
1.7.4 INJEKTIONEN	26
<b>1.8 OPERATIVE THERAPIE</b>	<b>28</b>
1.8.1 INDIKATION & KONTRAINDIKATION	28
1.8.2 OFFENES DÉBRIDEMENT UND DEKOMPRESSION	28
1.8.3 ENDOSKOPISCHE OPERATION	30
1.8.4 FLEXOR HALLUCIS LONGUS TRANSFER	31
<b><u>2 ZIEL</u></b>	<b><u>32</u></b>
<b>2.1 SUBJEKTIVE BEHANDLUNGSERGEBNISSE NACH OPERATIVER BEHANDLUNG DER ANSATZTENDINOPATHIE DER ACHILLESSEHNE MITTELS TRANSACHILLÄREN ZUGANGS (STUDIE #1: PROMS)</b>	<b>32</b>
<b>2.2 KOMPLIKATIONEN DES ZENTRALEN, TRANSACHILLÄREN ZUGANGS ZUR OPERATIVEN BEHANDLUNG DER ANSATZTENDINOPATHIE DER ACHILLESSEHNE (STUDIE #2: KOMPLIKATIONEN)</b>	<b>32</b>
<b><u>3 MATERIAL UND METHODEN</u></b>	<b><u>33</u></b>
<b>3.1 ALLGEMEINER ABLAUF DER DOKTORARBEIT</b>	<b>33</b>
<b>3.2 STUDIENPOPULATION</b>	<b>33</b>
<b>3.3 OPERATIVE BEHANDLUNGSSTRATEGIE UND NACHBEHANDLUNG</b>	<b>35</b>
<b>3.4 DATENERHEBUNG</b>	<b>37</b>

3.4.1	RETROSPEKTIVE DATENERHEBUNG	37
3.4.2	AKTUELLES FOLLOW-UP	38
3.4.3	ERHEBUNG DER SUBJEKTIVEN BEHANDLUNGSERGEBNISSE (STUDIE #1: PROMs)	38
3.4.4	ERHEBUNG DER KOMPLIKATIONEN (STUDIE #2: KOMPLIKATIONEN)	40
3.4.5	ZIELPARAMETER	40
<b>3.5</b>	<b>STATISTIK</b>	<b>41</b>
<b>4</b>	<b><u>ERGEBNISSE</u></b>	<b>42</b>
<b>4.1</b>	<b>STUDIENPOPULATION</b>	<b>42</b>
<b>4.2</b>	<b>OPERATIVE VERSORGUNG</b>	<b>42</b>
<b>4.3</b>	<b>STUDIE #1: PROMs</b>	<b>42</b>
<b>4.4</b>	<b>STUDIE #2: KOMPLIKATIONEN</b>	<b>46</b>
<b>5</b>	<b><u>DISKUSSION</u></b>	<b>49</b>
<b>5.1</b>	<b>DISKUSSION DES PATIENT:INNEN KOLLEKTIVS</b>	<b>49</b>
<b>5.2</b>	<b>DISKUSSION DER OPERATIONSTECHNIK</b>	<b>52</b>
5.2.1	OPERATIONSZUGANG	52
5.2.2	ADRESSIERTE PATHOLOGIEEN	52
<b>5.3</b>	<b>DISKUSSION ZU STUDIE #1: PROMs</b>	<b>54</b>
5.3.1	VERGLEICH ZU PROMs ANDERER STUDIEN MIT ZENTRALEM, TRANSACHILLÄREN SCHNITT	54
5.3.2	FAKTOREN MIT EINFLUSS AUF DIE PROMs	57
<b>5.4</b>	<b>DISKUSSION STUDIE #2: KOMPLIKATIONEN</b>	<b>57</b>
5.4.1	KOMPLIKATIONEN	57
5.4.2	PATIENT:INNENZUFRIEDENHEIT	60
5.4.3	ZEIT BIS RÜCKKEHR ZU SPORT/ARBEIT	62
5.4.4	SCHUHKONFLIKT	62
<b>5.5</b>	<b>LIMITATIONEN</b>	<b>63</b>
<b>5.6</b>	<b>STÄRKEN DER STUDIE</b>	<b>64</b>
<b>6</b>	<b><u>SCHLUSSFOLGERUNG</u></b>	<b>65</b>
<b>7</b>	<b><u>ZUSAMMENFASSUNG</u></b>	<b>66</b>
<b>8</b>	<b><u>DANKSAGUNG</u></b>	<b>68</b>
<b>9</b>	<b><u>LITERATURVERZEICHNIS</u></b>	<b>VI</b>
<b>10</b>	<b><u>ABBILDUNGSVERZEICHNIS</u></b>	<b>XIII</b>
<b>11</b>	<b><u>TABELLENVERZEICHNIS</u></b>	<b>XIV</b>

## **Eidesstattliche Versicherung**

Ich erkläre hiermit  
an Eides statt,  
dass ich die vorliegende Dissertation mit dem Thema:

„Zugangsmorbidität und subjektive Behandlungsergebnisse nach operativer Behandlung der Ansatz tendonopathie der Achillessehne über einen zentralen, transachillären Zugang“

selbständig verfasst, mich außer der angegebenen keiner weiteren Hilfsmittel bedient und alle Erkenntnisse, die aus dem Schrifttum ganz oder annähernd übernommen sind, als solche kenntlich gemacht und nach ihrer Herkunft unter Bezeichnung der Fundstelle einzeln nachgewiesen habe. Ich erkläre des Weiteren, dass die hier vorgelegte Dissertation nicht in gleicher oder in ähnlicher Form bei einer anderen Stelle zur Erlangung eines akademischen Grades eingereicht wurde.

Kaufbeuren, 24.12.2023

Sonja Oppelt

## Abkürzungsverzeichnis

<b>Abkürzung</b>	<b>Bedeutung</b>
A.	Arteria
a.e.	am ehesten
AS	Achillessehne
ATA	Ansatztendinopathie der Achillessehne
ca.	circa
CIAT	Calcific insertional Achilles tendinopathy
ESWT	Extrakorporale Stosswellentherapie
FFI	Fuss Funktions Index
i.e.	id est
M.	Musculus
MRT	Magnetresonanztomographie
NSAR	Nicht steroidale Antirheumatika
PRP	Patient:innen- eigenes plättchen-/thrombozytenreiches Plasma
s.	siehe
SF-12	Short Form 12
VAS FA	Visual Analog Skala Fuß und Sprunggelenk
VISA-A-G	Victorian Institute of Sports Assessment Achilles Tendinopathy Questionnaire

## **Publikationen**

Hubert Hörterer, MD, Sebastian Felix Baumbach, MD, PD, Sonja Oppelt, Wolfgang Böcker, MD, Prof, Norbert Harrasser, MD, PD, Markus Walther, MD, Prof, Hans Polzer, MD, Prof, *Complications Associated With Midline Incision for Insertional Achilles Tendinopathy*. Foot Ankle Int, 2020. **41**(12): p. 1502-1509.

Hubert Hörterer, MD, Sonja Oppelt, Wolfgang Böcker, MD, Oliver Gottschalk, MD, Norbert Harrasser, Markus Walther, MD, Hans Polzer, MD, Sebastian Felix Baumbach, MD, *Patient-Reported Outcomes of Surgically Treated Insertional Achilles Tendinopathy*. Foot Ankle Int, 2021: p. 10711007211023060.

Sebastian Felix Baumbach, Hubert Hörterer, Sonja Oppelt, Ulrike Szeimies, Hans Polzer, Markus Walther, *Do pre-operative radiologic assessment predict postoperative outcomes in patients with insertional Achilles tendinopathy?: a retrospective database study*. Arch Orthop Trauma Surg, 2021.

# **1 Einleitung**

Die Achillessehne ist das Bindeglied zwischen Wadenmuskel und Fersenbein. Das macht sie zu einem essentiellen Teil des reibungslosen Gangs und der Ausübung vieler Sportarten. Daher sind Erkrankungen der Achillessehne, wie die Ansatzentzündung der Achillessehne (ATA), von hoher ökonomischer und sozialer Relevanz. Mit einer Inzidenz von 4% [221] ist die ATA ein häufiger Konsultationsgrund. Im Folgenden werden die Grundlagen zu der ATA dargestellt.

## **1.1 Anatomie**

Eine genaue Kenntnis der mikro- und makroskopischen Anatomie der Achillessehne ist wichtig für das Verständnis der Ätiologie der ATA. In diesem Kapitel soll ein Überblick über die anatomischen Verhältnisse gegeben werden.

### **1.1.1 Ursprung und Drehung der Sehnenfasern**

Die Fasern der durchschnittlich 15 cm langen Achillessehne entspringen dem M. soleus und dem M. gastrocnemius. In seltenen Fällen fließen auch Fasern aus dem M. plantaris ein [2]. Die Achillessehne setzt im mittleren, posterioren Drittel des Kalkaneus, genauer am Tuber calcanei, an. Die Insertionsstelle kann jedoch variieren. Kim et al. zeigten in ihrer Studie anhand MRT Aufnahmen, dass jüngere Studienteilnehmer eine distalere Insertion als ältere Studienteilnehmer hatten. Deren Achillessehnenansatz lag weiter proximal (kranial). Die Autor:innen postulierten, dass mit jedem Lebensjahr der Ansatz um 0,63% weiter nach proximal migriert [3].

Der kalkaneare Ansatz der Achillessehne ist halbmondförmig [4] mit einer durchschnittlichen Breite von 3,4 cm (2,0 – 4,8 cm). Der Sehnen Durchmesser im mittleren Abschnitt beträgt 1,8 cm (1,2 – 2,6 cm) [5]. Ca. 4 cm proximal des Ansatzes wird der Querschnitt der Sehne rund. Die Fasern drehen sich um 90 Grad, sodass die Fasern des M. soleus anterior und medial ansetzen, die Fasern des M. gastrocnemius posterior und lateral. Dadurch beugen sich die Fasern bei entspannter Sehne weniger und die einzelnen Sehnenstränge behalten auch unter Spannung ihre Form bei [6]. Dies reduziert die Reibung zwischen den Fasern und resultiert in einer erhöhten Belastbarkeit der Sehne [7]. Die Achillessehne besitzt



keine Synovialscheide, wird aber von einem Paratenon umgeben, welches viele Mucopolysaccharide enthält und das Gleiten zwischen den Schichten erleichtert. Distal geht das Paratenon in das Periost des Kalkaneus über [8]. Zudem besteht sowohl eine anatomische, als auch eine biomechanische Verbindung zur Plantarfaszie. In Neugeborenen gehen viele Fasern der Achillessehne direkt in die Plantarfaszie über. Mit steigendem Alter nimmt die Zahl dieser Fasern ab. Im späten Erwachsenenalter scheinen die Fasern komplett verschwunden zu sein, wobei weiterhin Teile des Paratenon der Achillessehne im Periost zwischen deren Insertion und der Plantarfaszie liegen [9]. In einer Studie von Stecco et al. konnte anhand von MRT Daten ein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen der Dicke des Paratenon und der Dicke der Plantarfaszie gezeigt werden [10].

### **1.1.2 Umliegendes Weichgewebe**

Unmittelbar im Gebiet des Achillessehnenansatzes liegen zwei relevante Bursen. Beide können im Zusammenhang mit einer ATA entzündlich verändert sein [11]. Die tiefer liegende Bursa retrocalcanearis befindet sich im Recessus proximal der Insertion oberflächlich zwischen der anterior-inferioren Achillessehne und dem posterior-superioren Kalkaneus. Die oberflächlichere Bursa liegt unterhalb der Haut über dem Kalkaneus und der Achillessehne [12].

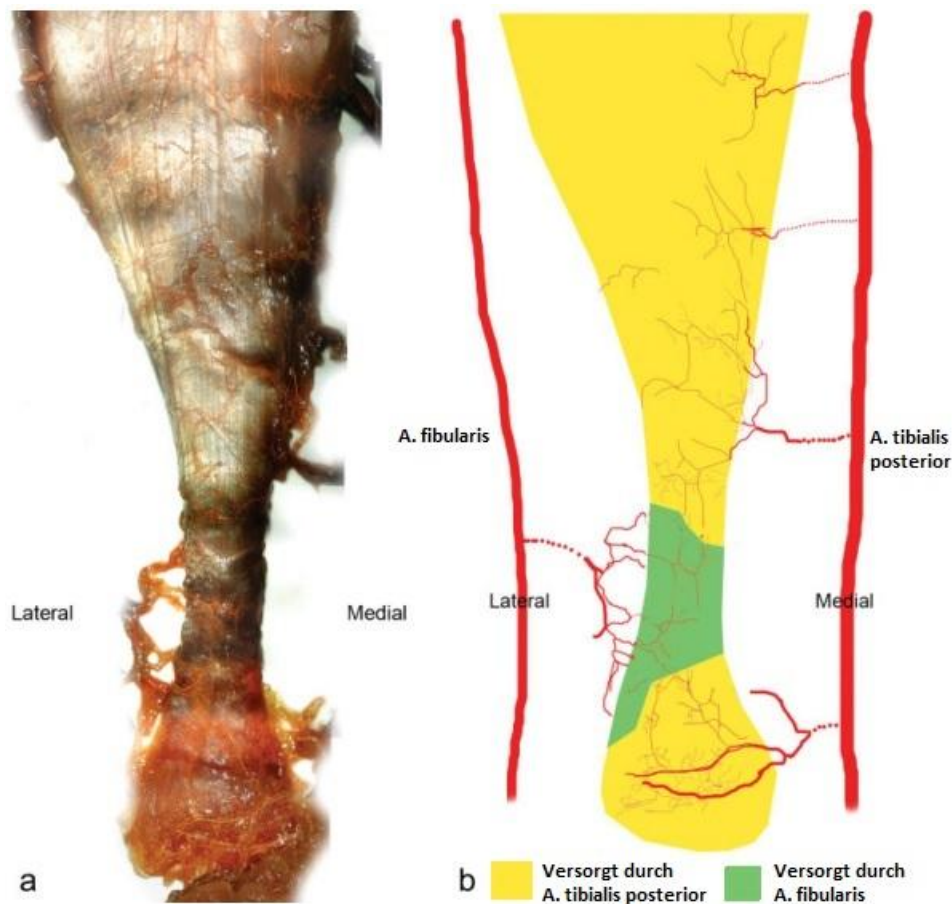
### **1.1.3 Blut und Nervenversorgung**

Die Blutversorgung der Achillessehne erfolgt über muskulotendinöse und osseotendinöse Verbindungen sowie über das Paratenon. Die A. tibialis posterior liefert den größten Anteil des Blutes, das die bindegewebigen Strukturen um die Achillessehne herum versorgt. Dabei laufen die Blutgefäße von anterior transversal auf die Sehne zu, spalten sich auf und laufen longitudinal mit der Sehne, teilweise interfibrillär weiter. Die A. tibialis posterior versorgt die proximale und distale Achillessehne von medial kommend. Der mittlere Teil wird von der lateral liegenden A. peroneales gespeist [6, 13] (s. Abbildung 1). Er ist im Vergleich zum proximalen und distalen Teil deutlich weniger vaskularisiert. Der Faserknorpel der Entthese ist avaskulär [14]. Als Folge von Gewebeschäden können jedoch Blutgefäße auch in den Faserknorpel einsprießen [15, 16]. Der distale Teil und die Insertionsstelle wird

von dem Rete arteriosum calcaneare mit Zuflüssen aus der A. tibialis posterior und A. fibularis versorgt [17].

Innerviert wird die Achillessehne hauptsächlich durch den N. suralis über das paratendinöse Bindegewebe. Die genaue Lage des N. suralis ist sehr variabel. Meist läuft er von der V. saphena begleitet posterior der Achillessehne bis zu deren Mittellinie, und überkreuzt dann die laterale Grenze auf halber Höhe der Achillessehne. Der Verlauf ist von hoher Bedeutsamkeit, da der Nerv leicht bei operativen Eingriffen beschädigt werden kann [5, 18].

### Abbildung 1 Gefäßversorgung der Achillessehne



a: Abbildung der posterioren Oberfläche der Achillessehne. Die A. tibialis posterior versorgt die proximalen und distalen Anteile der AS. Die A. fibularis versorgt den Mittelteil

b: Schema der posterioren Oberfläche der Achillessehne. Es gibt drei vaskuläre Gebiete: Proximal, Mittelteil und distal. Die A. tibialis posterior versorgt die proximalen und distalen Anteile. Die A. fibularis versorgt den Mittelteil. Der Ansatz ist stark vaskularisiert. Der Mittelteil ist relativ arm an Gefäßen.

modifiziert nach Chen et al. [13]

Mit freundlicher Genehmigung des Journals (Lizenz#: 4935960897535)

#### **1.1.4 Entese Organ**

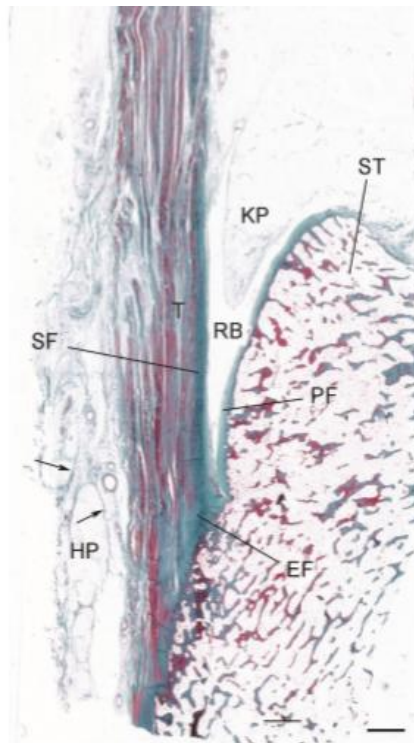
Eine Entese wird definiert als diejenige Stelle, an der eine Sehne, ein Ligament oder eine Gelenkkapsel an einem Knochen ansetzen [19]. Canoso et al. beschrieb das Konzept eines „Entese Organs“ 1998 in seinem Artikel „The premiere enthesis“ mit Bezug auf die Achillessehne. Ein Entese Organ enthält Faserknorpel, Fettkörper, Bursen und die Entese selbst. Der anliegende trabekuläre Knochen und die teilweise tiefliegenden Faszien werden ebenfalls dazugezählt [15]. Die Funktion eines Entese Organs liegt in der günstigen Verteilung der Belastung weg von der Entese selbst und hin zu den anliegenden Strukturen. Belastungen sind besonders hoch an Stellen, an denen weiche und harte Strukturen mit unterschiedlichen physikalischen Eigenschaften interagieren [15, 20].

Das Entese Organ der Achillessehne setzt sich zusammen aus der Entese zwischen Achillessehne und Kalkaneus, dem sesamoiden Faserknorpel und periostalen Faserknorpel, der retrocalcanearen Bursa und dem synovial-verkleideten Kager'schen Fettkörper [15, 21]. (s. Abbildung 2) Dies ist auch der Bereich, an dem viele der Pathologien, die bei einer ATA auftretenden können, lokalisiert sind. Da die Achillessehne im mittleren Drittel des Kalkaneus ansetzt, bleibt das obere Drittel des Knochens unbedeckt und funktioniert dabei als „Umlenkrolle“ wenn sich der Ansatzwinkel der Sehne verändert [15]. Durch diesen Drehpunkt wird der Hebelarm der Achillessehne vergrößert [15]. A.e. als Reaktion auf diese Belastung entwickelt sich auf Teilen des Tuber calcaneis eine Schicht periostaler Faserknorpel. Dieser Faserknorpel bildet sich vor allem in dem Bereich des Fersenbeins, der bei Dorsalflexion des Fußes mit der Sehne in Berührung kommt. Je größer der Tuber, desto ausgedehnter ist dieser Faserknorpel [22]. Die Sehne wiederum besitzt einen sesamoiden Faserknorpel [21].

Die sich gegenüberliegenden Faserknorpel reduzieren die Reibung zwischen der Sehne und dem Knochen. Ein weiterer protektiver Faktor stellt die aggrecan-reiche extrazelluläre Matrix des Faserknorpels dar, die zu einem hohen Wassergehalt der Sehne führt und sie damit vor Kompression schützt [15]. Der Ansatzwinkel der Achillessehne am Kalkaneus kann sich dank der retrocalcanearen Bursa und des Kager'schen Fettkörpers reibungslos ändern. Der Fettkörper ragt abhängig von der Fußstellung wie ein Kolben in die Bursa hinein und fungiert als Platzhalter [20]. (s. Abbildung 3) Durch das Zusammenspiel aller Komponenten des Entese Organs kann der Zug, der auf die Entese wirkt, auf die anliegenden Strukturen (periostaler

und sesamoider Faserknorpel, retrocalcaneare Bursa, Kagerscher Fettkörper) abgeleitet werden [19, 21].

## Abbildung 2 Das Entthese Organ der Achillessehne



Histologischer Schnitt eines Entthese Organs der Achillessehne eines Erwachsenen in Masson-Trichrom-Färbung.

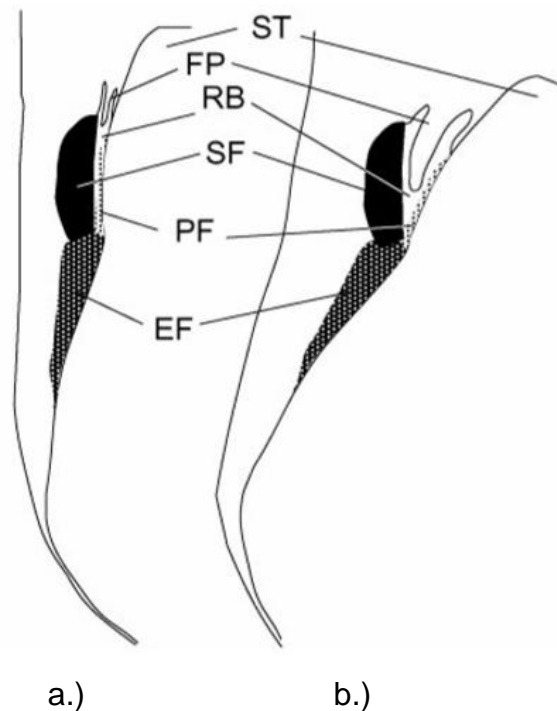
Faserknorpel der Entthese (EF), sesamoider Faserknorpel (SF), periostaler Faserknochen (PF), superiorer Tuber (ST), Sehne (T), Retrokalkaneare Bursa (RB), Kager'scher Fettkörper (KP), Fersenfettpolster (HP), Pfeile: fibröse Septen des Fettkörpers

Skalierungsstrich: 2mm.

modifiziert nach Shaw et al. [12]

Mit freundlicher Genehmigung des Journals (Lizenz#: 4762610673176)

### Abbildung 3: Diagrammartige Repräsentation des Entthese Organs der Achillessehne



Eine diagrammartige Repräsentation des Entthese Organs an der Insertion der Achillessehne in einem in (a) dorsiflektierten und (b) plantarflektierten Fuß. Die Zeichnungen bilden einen sagittal Schnitt durch die Sehne ab. Das Entthese Organ beinhaltet einen Entthese Faserknorpel (EF) der am proximalen Teil der Sehne-Knochen Verbindungsstelle selbst liegt, einen sesamoiden Faserknorpel (SF) in der tiefen Oberfläche der Sehne, einen periostalen Faserknorpel (PF) auf dem Tuber calcanei (ST), eine retrocalcaneare Bursa (RB) zwischen der Sehne und dem Knochen und eine Synovialfalte, die mit dem retromallearen Fettkörper assoziiert ist. Sie alle dienen dazu, die Sehne und den Knochen während der Dorsalflexion zu schützen [14].

Mit freundlicher Genehmigung des Journals (Lizenz#: 4935970274598)

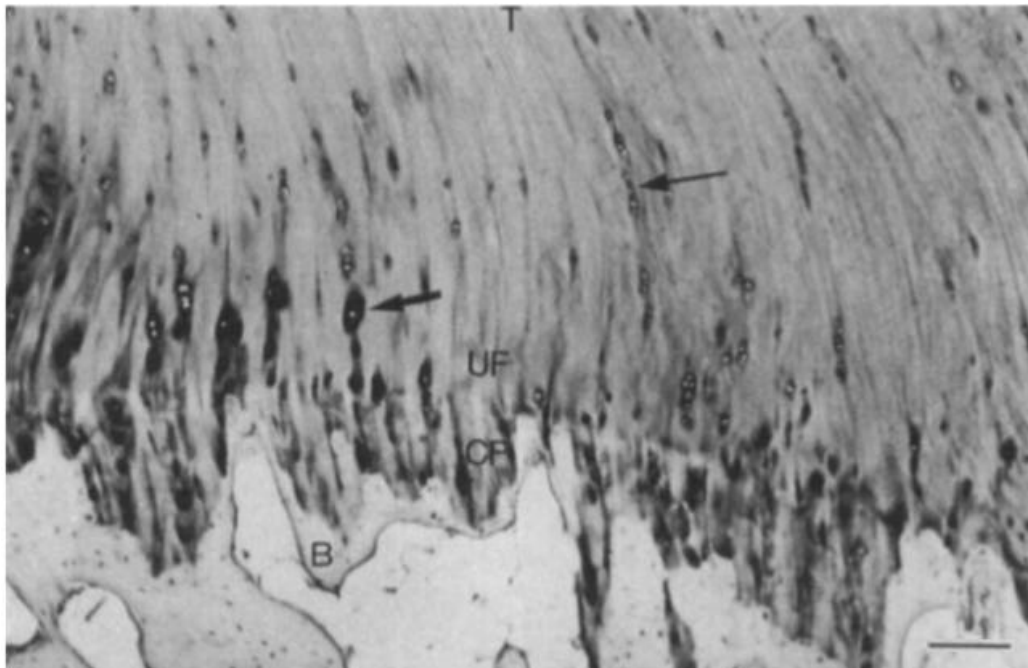
#### 1.1.5 Histologie

Der Achillessehnenansatz kann, von kranial nach kaudal, in die folgenden vier Gewebe untergliedert werden: reiner Sehnenanteil, unkalzifizierter Faserknorpel, kalzifizierter Faserknorpel und Knochen [23]. Die mikroskopisch sichtbare Grenze zwischen kalzifizierten und nicht kalzifizierten Faserknorpel wird als „tidemark“ bezeichnet [9]. (s. Abbildung 4)

Die Hauptbestandteile der Sehne sind Kollagen Typ I (90%) und Kollagen Typ III [24]. Die Kombination aus beiden Kollagentypen resultiert in einer hohen Spannkraft. Die Achillessehne besitzt einen sehrentypischen Aufbau, bei dem die parallel liegenden Sehnenfasern zu Faszikeln zusammengefasst sind und von einer dünnen Schicht Endotenon umgeben werden. Die Fibroblasten sind klein, elongiert und flach

[21]. Die Zellen des Faserknorpels hingegen sind rund, in Reihen angeordnet und von metachromatischer, perizellulärer Matrix umgeben. Durch parallele Ansammlungen von Kollagenfasern werden sie voneinander separiert [21]. Typ II Kollagen bildet den prominenten Anteil des Faserknorpels der Sehne. (ebenfalls Typ I und III). Er vermittelt zwischen dem dichten, fibrösen und damit zugfesten Bindegewebe (enthält viel Kollagen I), und dem hyalinen Knorpel (enthält viel Typ II Kollagen) welcher hohen Drücken standhalten kann [23].

#### Abbildung 4 Ansatz der Achillessehne am Kalkaneus



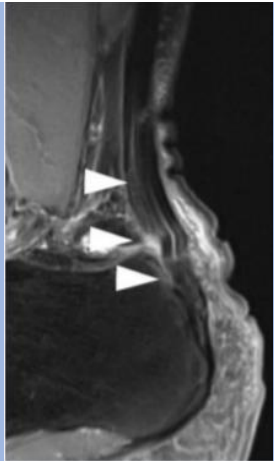
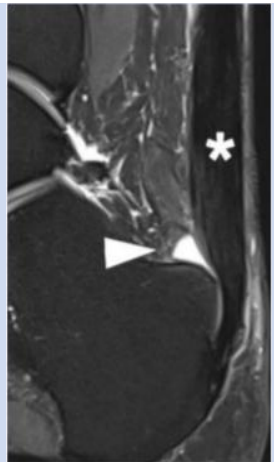
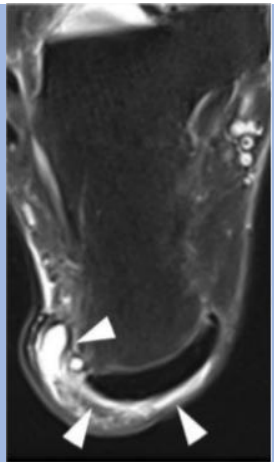
Vergrößerte Ansicht des Ansatzes der Achillessehne am Kalkaneus. Unkalifizierter Faserknorpel (UF) und kalifizierter Faserknorpel (CF) sind vorhanden zwischen der Sehne (T) und dem Knochen (B) und sind separiert durch die „tide-mark“. Es gibt Reihen von runden Zellen (dünner Pfeil) im unkalifizierten Faserknorpel mit starker perizellulärer Metachromasie. (dicker Pfeil) Skalierungsstrich = 0,2 mm [21]

Mit freundlicher Genehmigung des Journals (Lizenz#:4775371086596)

## **1.2 Differenzierte Terminologie der chronischen Veränderungen im Bereich der Achillessehne**

Für eine korrekte Diagnose und Therapie der Pathologien am Achillessehnenansatz ist eine einheitliche und exakte Terminologie nötig. Die Nomenklatur der chronischen Ansatz-tendinopathie der Achillessehne hat sich im Laufe der Zeit verändert. 1976 empfahlen Puddu et al. den Begriff „Tendinitis“ durch die Bezeichnung „Tendinose“ zu ersetzen [25]. Während „Tendinitis“ eine entzündliche Pathologie suggeriert, verdeutlicht der Begriff „Tendinose“, dass es sich bei der Ansatz-tendinopathie um einen degenerativen Prozess der Sehne handelt, ohne klinische oder histologische Zeichen einer intratendinösen Entzündung. 1998 entwickelten Maffulli et al. das Konzept der Tendopathie, welches sich aus den Trias Schmerz, Schwellung (diffus oder lokal) und reduzierter Belastbarkeit zusammensetzt. Auch wenn es sich hierbei um notwendige Korrekturen der Terminologie handeln, werden diese der Komplexität der Pathologie nicht gerecht. Erst 2011 erarbeiteten van Dijk et al. eine differenzierte, pathologiegerechte Einteilung der Ansatz- und Midportiontendinopathie [11]. Tabelle 1 zeigt einen von Baumbach et al. vorgeschlagenen Überblick (adaptiert nach van Dijk et al.) über die Klassifikation der Ansatz-tendinopathie der Achillessehne.

**Tabelle 1: Von Baumbach et al. [26] vorgeschlagene Klassifikation der Ansatz-tendinopathie der Achillessehne. Adaptiert nach van Dijk et al. [11]**

Terminologie	Anatomische Lokalisation	Klinische Zeichen/ Symptome	Histopathologie	MRT
<b>Ansatz-Achilles-tendinopathie</b>	Kalkaneärer Ansatz der Achillessehne. Häufig mit dorsalem Fersensporn, ansatznahen intratendinösen Kalzifizierungen	Steifigkeit, Schmerzen im Bereich des Sehnenansatzes am posterioren Kalkaneus; ggf. mit Schwellung und tastbarem dorsalem Fersensporn	Ossifikation des Faserknorpels im Bereich des Achillessehnenansatzes; ggf. kleine Sehnenrisse im Bereich des Sehnenansatzes	
<b>Retro-kalkaneare Bursitis</b>	Bursa im Recessus zwischen der anterior-inferioren Achillessehne und dem posterior-superioren Kalkaneus (retrokalkaneärer Recessus)	Schmerzhafte Weichteilschwellung medial und lateral der Achillessehne auf Höhe des posterior-superioren Kalkaneus	Fibrokartilaginäre Bursawand mit Zeichen der Degeneration und/oder Kalzifizierung, Hypertrophie der Synovia und Flüssigkeitsansammlung in der Bursa; alternativ direkte entzündliche oder septische Beteiligung der Bursa aufgrund einer entzündlichen Arthropathie	
<b>Oberflächliche kalkaneare Bursitis</b>	Bursa zwischen dem Kalkaneus oder der Achillessehne und der Haut	Sichtbare, schmerzhafte, solide Schwellung mit Hautverfärbung; meistens im Bereich des posterolateralen Kalkaneus; seltener posterior oder posteromedial; häufig mit harter Schuhhinterkappe assoziiert	Eine adventive Bursa als Reaktion auf die erhöhte Querfraktion; falls entzündet, zeigen sich hypertrophe Synovia und vermehrte Flüssigkeit	

Magnetresonanztomographiebilder: fsPD-Squenzen:

Zeile 1: Ansatz-Achilles-Tendinopathie, ansatznahe Partialruptur mit Tonusreduktion einzelner Sehnenanteile (weiße Pfeile);

Zeile 2: retrokalkaneare Bursitis (weißer Pfeil) und Tendinose (Asteriskus);

Zeile 3: oberflächliche kalkaneare Bursitis (weiße Pfeile)

Abbildung mit freundlicher Genehmigung des Journals [26] (Lizenz: 5305941179377)



### **1.3 Epidemiologie**

Um die Inzidenz der ATA bei Nichtsportlern zu ermitteln, untersuchten Waldecker et al. [1] 697 Patient:innen (1394 Füße) die in einer orthopädischen Klinik vorstellig wurden. Die Studiengruppe beinhaltete sowohl Patient:innen mit Beschwerden im Bereich des Fuß und Sprunggelenks, als auch Patient:innen mit anderen orthopädischen Pathologien. Bei 4% stellten sie durch eine zunächst klinische und dann radiologische Untersuchung eine Ansatz tendonopathie der Achillessehne fest. Bei der klinischen Untersuchung waren Schmerzen („tenderness“) im Bereich des Tuber calcanei ausschlaggebend für die Diagnose einer ATA. Bei symptomatischen Patient:innen wurde ein seitliches Röntgenbild angefertigt und auf das Vorhandensein einer Haglund-Deformität hin evaluiert. Die Patient:innen waren durchschnittlich 50,3 Jahre alt mit einer Spanne zwischen 15 - 88 Jahren [1].

### **1.4 Pathoanatomie**

Die folgenden anatomischen Korrelate werden häufig mit der Entstehung einer ATA assoziiert. Da sie jedoch auch unabhängig von ihr auftreten können, führen sie nicht zwangsläufig zu einer ATA [27, 28].

#### **1.4.1 Haglund-Deformität**

Die Haglund-Deformität wurde erstmals 1928 von Patrick Haglund als Formvariante des Kalkaneus beschrieben. Dabei ist der posterior-superiore Tuber des Kalkaneus deutlich vergrößert. Die Haglund-Deformität ist auch unter dem Namen „Haglund Exostose“ bekannt. Dieser Begriff ist jedoch unpassend (wie bereits von Haglund selbst beschrieben), da es sich nicht um eine Exostose als solche, sondern um ein Überbein handelt. Andere Synonyme sind „retrocalcaneare Exostose“, „Mulholland Deformität“ und „pump bump“ [29]. Im Folgenden wird der Begriff Haglund-Deformität verwendet.

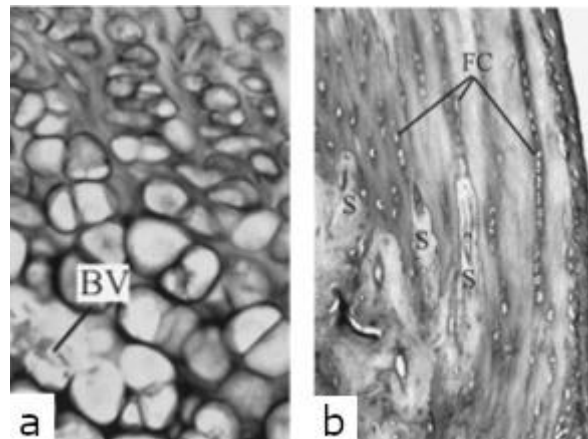
Klinisch kann eine Weichteilschwellung mit einhergehender Rötung beobachtet werden. Das Tragen von Schuhen mit harten Fersenkappen und/oder hohen Absätzen kann Schmerzen und Symptome, die in diesem Bereich auftreten, verstärken. Eine radiologische Beurteilung der Haglund-Deformität erfolgt durch Messen der Höhe der Deformität, des Böhler-Winkels, des Fowler-Philip Winkels und

des Parallel Pitch Zeichens. In vielen Studien wird die Haglund-Deformität als Ursache der ATA genannt. Eine Studie von Kang et al. aus 2012 zeigte jedoch, dass eine Haglund Deformität ebenfalls in vielen nicht symptomatischen Patient:innen festgestellt werden kann und damit nicht indikativ ist für eine Ansatzendinopathie [27]. Die durchschnittliche Höhe der Haglund Deformität in ihrer Kontrollgruppe ohne ATA (n = 50) betrug 9,0 mm, während die durchschnittliche Höhe der Haglund Deformität der Gruppe mit ATA (n = 44) mit 9,6 mm nur wenig höher war.

#### **1.4.2 Dorsaler Fersensporn**

Der dorsale Fersensporn ist eine dornenförmige Verknöcherung (Enthesophyt) des Ansatzes der Achillessehne am Fersenbein. Mit zunehmendem Alter nimmt die Prävalenz eines dorsalen Fersensorns zu. Sie liegt in der mitteleuropäischen Population bei 9,3% [30]. Sundararajan et al. bestätigten in ihrer Studie zum Thema „Radiographic, Clinical, Magnetic Resonance Imaging Analysis of IAT“, dass dorsale Fersensporne typischerweise bei Patient:innen mit einer ATA auftreten [28]. Eine Studie von Benjamin et al. zeigte 2000 anhand eines Rattenmodelles, wie sich dorsale Fersensporne durch enchondrale Ossifikation des Faserknorpels an der Entese der Achillessehne entwickeln können [31]. In den Achillessehnen der Ratten ging der Formung der Sporne eine Vaskularisation der Sehne voraus. Die Kapillaren migrierten entlang der Reihen von Faserknorpelzellen, die sich durch Metaplasie aus Fibroblasten der Sehne entwickelten. Die absterbenden Faserknorpelzellen wurden absorbiert und hinterließen so Raum für die einsprießenden Kapillaren. Knochen lagerte sich an den Tunnelwänden ab und ein Sporn konnte sich formen [31]. (s. Abbildung 5) Die Autor:innen stellten die Hypothese auf, dass dorsale Fersensporne aus einer Überlastung der Achillessehne resultieren könnten [31]. Dementsprechend ist es möglich, dass durch Sport ausgelöste Belastungen den Wachstumsprozess an der Entese triggern und zur Spornbildung führen. Tatsächlich werden Sporne häufiger bei sportlich aktiven Menschen festgestellt [32].

## Abbildung 5: Entwicklung von Fersensporn und Entese



Entwicklung von Fersensporn und Entese in der Achillessehne von Ratten in Toluidinblau Färbung a, 3 Wochen nach Geburt der Ratte haben Hypertrophie und Erosion des kalkanearen Knorpels fast die Faserknorpelzellen der Entese erreicht (Pfeile). Die Blutgefäße (BV) sind die neugeformten Markklücken gesprossen b, Einige kleine Sporne (S) reichen in die Sehne entlang der Reihen von Faserknorpel der Entese in einer 3-Monate alten Ratte [31].

Mit freundlicher Genehmigung des Journals (Lizenz#:4935970878636)

### 1.4.3 Intratendinöse Verkalkungen

Intratendinöse Verkalkungen scheinen das Ergebnis eines aktiven, zellvermittelten Prozesses zu sein. Die Ätiopathogenese der Kalzifikationen wird allerdings noch kontrovers diskutiert [33]. Sowohl junge, sportliche als auch ältere, übergewichtige Patient:innen können betroffen sein. Die unterschiedlichen Größen der Kalzifikationen reichen von nur mikroskopisch erkennbar, bis hin zu mehreren Zentimetern Länge. Die Calciumablagerungen besitzen eine poröse Struktur [31] und ein vaskularisiertes Zentrum [34]. Es wird postuliert, dass intratendinösen Verkalkungen die klinischen Manifestationen von Tendinopathien mit einer Erhöhung der Rupturraten, langsamerer Heilung und einer erhöhten Frequenz von post-operativen Komplikationen begünstigen [33, 35].

## 1.5 Pathophysiologie

Bisher ist die genaue Ätiologie der ATA ungeklärt. Im Folgenden sollen mögliche Faktoren für eine Entstehung einer Ansatzendinopathie der Achillessehne diskutiert werden.

### **1.5.1 Histologische Veränderungen**

Die ATA scheint nicht mit inflammatorischen sondern degenerativen Veränderungen einher zu gehen. Histologisch zeigt sich eine Ausdünnung der Kollagenfasern, Lücken in der Gewebestruktur (Verlust der parallelen Kollagenstruktur), Faserdeviation mit Flüssigkeitsansammlung (Verlust an Faserintegrität), Fibroblasten die Fett beinhalten (fettige Infiltrationen) und Anzeichen von Angiogenese und Neovaskularisation (kapilläre Infiltration) [36, 37]. Auch steigt der Anteil an Typ-III-Kollagen während Typ-I- und Typ-II-Kollagen abnehmen [24]. All diese Veränderungen deuten eher auf einen degenerativen als einen entzündlichen Prozess hin.

#### **1.5.1.1 Verdickung der Sehne**

Eine weitere typische Veränderung ist die Verdickung der Sehne. Diese Verdickung kommt fast nur bei Patient:innen mit Tendinopathie oder stattgehabter Tendinopathie der Achillessehne vor. In asymptomatischen Patient:innen beträgt die Dicke der Achillessehne in der anteroposterioren Dimension im MRT normalerweise 6 mm oder weniger [38]. Nicholson et. al entwickelten mithilfe von sagittalen STRI MRT Bildern eine Klassifikation der ATA, nach der beurteilt werden kann, mit welcher Wahrscheinlichkeit die nicht-operative Therapie versagen wird. Dabei ergaben sich folgende Gruppen: Typ I, verdickte Sehne (6 bis 8 mm) mit nur punktueller Degeneration; Typ II, Verdickung der Sehne (mehr als 8 mm) mit uniformer, intramuraler Degeneration von weniger als 50% der Breite der Sehne; und Typ III, diffuse Verdickung der Sehne (mehr als 8 mm) mit uniformer, intramuraler Degeneration von mehr als 50% der Breite der Sehne. Nur 12,5% der Patient:innen mit symptomatischen Typ I Befund benötigten eine operative Intervention. Dahingegen bedurften 70,4% der Typ III Patient:innen einer Operation.

#### **1.5.1.2 Vaskularisation/Innervierung**

Aktuell wird davon ausgegangen, dass die Veränderungen in der Achillessehne zu einer Neovaskularisation führen [39]. Dabei kommt es zu einem parallelen Mitwachsen von neuen Nervenendigungen, die in Teilen für die beobachteten Schmerzen verantwortlich gemacht werden. Darüber hinaus konnten Dean et al.

zeigen, dass bei schmerzhaften Tendinopathien Veränderungen im peripheren, neuronalen Phänotyp bestehen [40]. Als Folge von Nerveneinsprossungen, veränderten Neurotransmittern (Glutamat, Substanz P, CGRP) und erhöhter Sensitivität von nozizeptiven Rezeptoren kann das periphere Nervensystem bei schmerzhaften Tendinopathien sensitiver werden [40, 41].

### **1.5.2 Biomechanik**

Eine weitere mögliche Ursache der ATA begründet sich in einem erhöhten mechanischen Stress mit konsekutiven Mikrotraumata der Sehne. Dabei ist der Achillessehnenansatz verschiedenen Arten von Belastungen ausgesetzt. Die Wadenmuskulatur übt Zug auf die Sehne aus, welche dadurch gedehnt wird und einer axialen Belastung besonders im superfiziellen Anteil ausgesetzt ist. Der tiefe Anteil der Sehne erfährt dagegen eine erhöhte transversale Druckbelastung, bei der die posterior-superiore Oberfläche des Kalkaneus auf die Sehne drückt [41]. Repetitive Kompressionen des Achillessehnenansatzes führen dabei nicht nur zu den oben beschriebenen adaptiven Veränderungen, sondern können auch Ursächlich für die Entstehung von Pathologien sein. Als Resultat reduziert sich die Elastizität der Sehne [42]. Kontrovers diskutiert wird die Relevanz der Druckerhöhung in der retrokalkanearen Bursa. Hier postulieren einige Autor:innen, dass dies sowohl zu einer Bursitis als auch zu einer Impingement Läsion des korrespondierenden anterioren Bereichs der Achillessehne führt [26, 43, 44].

### **1.5.3 Risikofaktoren**

Obwohl Achillessehnenprobleme typischerweise in aktiven Individuen bei Überbeanspruchung oder spontan auftreten, können sie auch durch verschiedene andere Faktoren begünstigt werden. Diese lassen sich grob in Life-Style Faktoren, Erkrankungen und Medikamente untergliedern. Zu den Life-Style Faktoren gehören Adipositas, Diabetes mellitus und Hypertension [26, 45]. Bei inflammatorischen und autoimmunologischen Erkrankungen, genetisch bedingten Kollagen-Abnormalitäten, Infektionskrankheiten, Tumoren und neurologischen Erkrankungen wurde ebenso ein gehäuftes Auftreten von ATAs beobachtet [46]. Zuletzt können Glukokortikoide und Fluorchinolon Antibiotika zu ATA führen. Ciprofloxazin verursacht verstärkte Ausschüttung von Interleukin-1 $\beta$ -mediated Matrixmetalloproteinase 3 (MMP3),

inhibiert die Proliferation von Tenozyten und reduziert die Synthese von Kollagen und Matrix [47].

## **1.6 Diagnostik**

### **1.6.1 Anamnese und klinische Untersuchung**

Anamnestisch berichten Patient:innen über belastungsabhängige Schmerzen im Bereich des Achillessehnenansatzes oder einen Schuhkonflikt aufgrund der prominenten, posterioren Ferse mit oder ohne Schmerzen. Oft bestehen Anlaufschmerzen und eine reduzierte Belastbarkeit. Die Schmerzen verschlimmern sich häufig durch Training, Treppensteigen oder Rennen auf hartem Untergrund. Anamnestisch erhoben werden sollten mögliche Änderungen im Trainingsplan [48] sowie die o.g. Risikofaktoren (Life-style, Vorerkrankungen, Vor-Medikation).

Inspektorisch werden der Stand und das Gangbild beurteilt. Durch den Zehenspitzenstand und den Thompson Test kann eine mögliche Achillessehnenruptur ausgeschlossen werden. Meist besteht eine gerötete Weichteilschwellung über dem Achillessehnenansatz.

Bei der klinischen Untersuchung ist diese Schwellung häufig druckschmerzhaft. Auch sollte differenziert werden, ob die Schmerzen im Bereich des dorsalen Achillessehnenansatzes, i.e. ossär, oder eher retroachillär, i.e. weichteilig, sind. Eine schmerzhafte Weichteilschwellung medial und lateral der Achillessehne auf Höhe des posterior-superioren Kalkaneus kann auf eine retrokalkaneare Bursitis hinweisen. Eine schmerzhafte, teigige Schwellung mit möglicher Hautverfärbung im Bereich des postero-lateralen Kalkaneus deutet auf eine oberflächliche, kalkaneare Bursitis hin [11]. Eine der häufigsten, behebbaren Ursachen für eine ATA ist die M. gastrocnemius Verkürzung, welche mit dem Silfverskjöld-Test beurteilt werden kann. [26] Dieser Test unterscheidet, ob eine alleinige Verkürzung des M. gastrocnemius besteht, oder ob der M. soleus ebenfalls betroffen ist.

### **1.6.2 Radiologische Diagnostik**

Mit Hilfe der bildgebenden Diagnostik werden ossäre und degenerative/ entzündliche Veränderungen erkannt. Obwohl mit diesen Untersuchungen die schmerzauslösende

Pathologie nicht eindeutig identifiziert werden kann, gehören sie weiterhin zum klinischen Standard zur Sicherung der Diagnose und der weiteren Therapieplanung [26].

#### 1.6.2.1 Röntgen Diagnostik

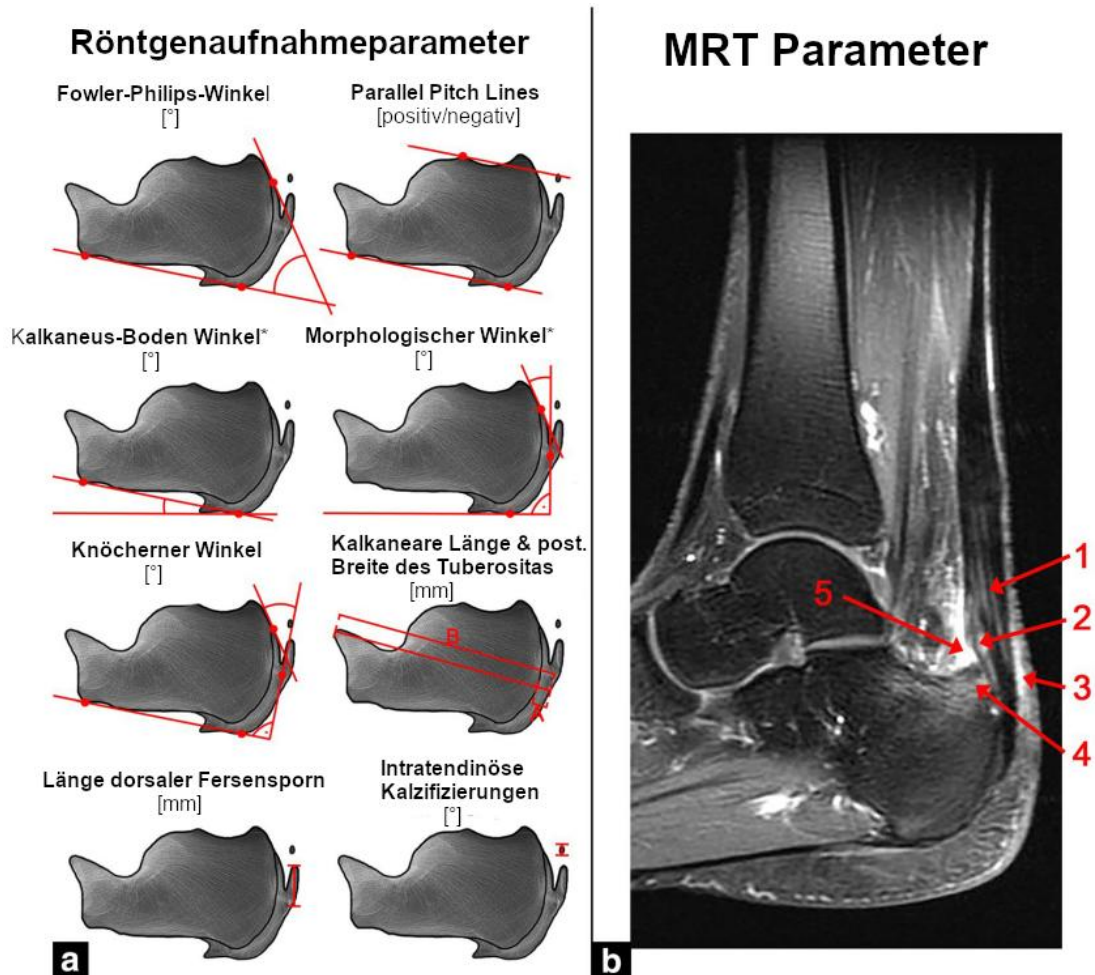
Zur Beurteilung der relevanten ossären Pathologien sollte eine belastete, seitliche Röntgenaufnahme des Fußes durchgeführt werden. Gegebenenfalls können zusätzlich eine Salzman Aufnahme sowie eine belastete Röntgenaufnahme des Fußes in dorso-plantarem Strahlengang ergänzt werden. Diese erlauben die Beurteilung weitere Fußfehlstellungen, z.B. des Pes planovalgus. Im Folgenden sollen nun die häufigsten ossären Pathologien im Bereich des Achillessehnenansatzes dargestellt werden.

Die Haglund-Deformität kann mittels des Fowler und Philip- Winkels und der „Parallel Pitch Lines“ quantifiziert werden. Der Fowler und Philip-Winkel (s. Abbildung 6 a) bildet sich aus der Tangente an der inferioren Kalkaneuskontur und der Tangente der posterioren Kontur der Tuberositas. Winkel über 75 Grad werden dabei als pathologisch, Winkel zwischen 44 - 69 Grad als physiologisch gewertet [49]. Die „Parallel Pitch Lines“ wurden erstmals von Pavlov et al. beschrieben. Dabei wird eine Linie parallel zur Tangente des plantaren Kalkaneus gezogen, die den posterioren Teil des Subtalargelenks schneidet. Die „Parallel Pitch Lines“ sind positiv und somit als pathologisch zu werten, wenn Anteile des posterior-superioren Kalkaneus sich kranial dieser Linie befinden [50]. Der Chauveaux-Liet Winkel wird gebildet aus der Differenz zwischen dem kalkanearen Inklinationwinkel und dem Winkel zwischen der Vertikalen des posteriorsten Punkts der Tuberositas und der Verbindungslinie von hier zum obersten Punkt der posteriosuperioren Christa [51]. In einer Studie von Sundararjan et al. zeigte sich ein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen dem Haglund's Syndrom (schmerzhafte Ferse die eine operative Resektion der Haglunds-Deformität benötigte) und einem Chauveaux-Liet Winkel von über 12 Grad [28]. Auch der dorsale Fersensporn und intratendinöse Verkalkungen können im Röntgenbild erkannt und vermessen werden. (s. Abbildung 6 a)

In früheren Arbeiten wurde auch die retrocalcaneare Bursitis im Röntgenbild beurteilt. Sie verändert die Form und Transparenz des Kager'schen Dreieck und kommt im Falle einer Entzündung weniger transparent zur Darstellung [52]. Allerdings erfolgt

heutzutage die Beurteilung aller weichteiligen Pathologien, also auch die der Bursitis retrocalcanea im MRT. (s. Abbildung 6 b)

**Abbildung 6: Darstellung radiologischer Parameter des seitlichen Fußes**



a) Röntgenaufnahmeparameter

\*Aufnahme bei belastetem Fuß; [°]: Grad; [mm]: Millimeter

b) MRT Parameter

1. Achillessehnedegeneration
2. Teilrupturen
3. Superfizielle kalkaneare Bursitis
4. Retrokalkaneare Bursitis
5. Haglund's Deformität [53]

Mit freundlicher Genehmigung des Journals (Open-Access-Artikel)

### 1.6.2.2 Sonographie

In geübten Händen lassen sich eine Vielzahl von ossären und weichteiligen Pathologien sicher mittels Ultraschall diagnostizieren. Zu diesen gehören die Haglund-Deformität, der dorsale Fersensporn, intratendinöse Verkalkungen sowie



die retro- und superfizielle calcaneare Bursitis. Die unumstrittenen Vorteile der Sonographie sind ihre breite Verfügbarkeit sowie die schnelle und kostengünstige Untersuchung ohne Strahlenbelastung [54]. Allerdings ringt die Sonographie aufgrund ihrer starken Untersucherabhängigkeit in der muskuloskelettalen Bildgebung weiter um ihren Stellenwert.

### 1.6.2.3 MRT

Der Goldstandard zur Beurteilung des Weichgewebes und dessen degenerativen/ inflammatorischen Veränderungen ist die MRT. Beurteilt werden ansatznahe Partialrupturen der Achillessehne, intratendinöse degenerative Veränderungen, eine Bursitis subachillea, eine Haglund-Deformität mit oder ohne Knochenmarksödem und die oberflächliche Bursitis calcaneare (s. Abbildung 6b). Allerdings wird der reelle Stellenwert der MRT kontrovers diskutiert, da eine Vielzahl der oben beschriebenen „Pathologien“ auch bei asymptomatischen Patient:innen beobachtet werden können [53]. Debus et al. konnten zeigen, dass die Therapiewahl bei Patient:innen mit einer Haglund-Deformität kaum von davor angefertigten MRTs beeinflusst wird. Sie schlossen daraus, dass das MRT als limitierte, diagnostische Ressource besser anderweitig verwendet werden sollte [55].

## 1.7 Konservative Therapie

Die Erstlinientherapie aller ATAs ist konservativ [56]. Diese sollte über 3 - 6 Monate erfolgen. Bei starken Schmerzen steht initial die Schmerztherapie im Vordergrund. Basierend auf der vorhandenen Literatur stellen die exzentrischen Dehnübungen sowie die Stoßwellentherapie die sinnvollsten konservativen Therapieoptionen dar.

### 1.7.1 Initiale Schmerztherapie

Nichtsteroidale antiinflammatorische Medikamente (NSARs) können zunächst zur Schmerzlinderung verschrieben werden. Sie haben allerdings auf die pathohistologischen Vorgänge wenig Einfluss, da diese degenerativer und nicht inflammatorischer Natur sind [57]. Zusätzlich kann eine Immobilisation des Fußes die Beschwerden bessern. Die Immobilisation sollte jedoch nicht prolongiert erfolgen und

lediglich als initiale Schmerztherapie verstanden werden [58]. Alternativ zu der vollständigen Immobilisation können Fersenkeile oder eine Weitung der Fersenkappe in Schuhen hilfreich sein. Sowohl die Fersenkeile als auch die Weitung der Fersenkappe haben zum Ziel die mechanische Belastung auf das Gewebe zu reduzieren [57]. Eine Erhöhung der Ferse reduziert die Zugbelastung auf die Sehne und somit die daraus resultierenden Beschwerden [21, 58]. Es muss allerdings bedacht werden, dass die häufigste behebbare Ursache für eine ATA die Verkürzung des M. gastrocnemius ist. Hier sollte das primäre Ziel die Verlängerung des M. gastrocnemius sein. Die Versorgung mit Fersenkeilen konterkariert dieses Behandlungsziel. Daher dürfen Fersenkeile nur im Sinne der akuten Schmerztherapie und nicht als „kurativer“ Behandlungsansatz gesehen werden.

### **1.7.2 Exzentrisches Training**

Um die Verkürzung des M. gastrocnemius sinnvoll zu therapieren, müssen exzentrische Dehnübungen durchgeführt werden. Diese sollten durch eine Physiotherapeut:in begleitet werden. Genaue Variablen wie Art und Dauer des Trainings werden kontrovers diskutiert [56]. Ziel des exzentrischen Trainings ist die gleichzeitige Dehnung und Entspannung des M. gastrocnemius und M. soleus. Durch die Dehnung und damit Verlängerung der Muskulatur kommt es zu einer relativen Entspannung der Achillessehne und ihres Ansatzes. Es konnte gezeigt werden, dass es dadurch zu einer Abnahme der Sehnendicke und einer Reduktion der Neovaskularisation am Achillessehnenansatz kommt [57]. Eine Limitation der vorhandenen Studienlage zu exzentrischem Training ist die fehlende Differenzierung der verschiedenen Pathologien die dem Achillessehnenansatz-Schmerz zugrunde liegen. In einer neueren Übersichtsarbeit analysierten Baumbach et. al die Effektivität von exzentrischem Training bei Ansatzentzündungen der Achillessehne. Basierend auf fünf eingeschlossene Studien [59-63] zeigte sich, dass sich der Score der visuellen Analogskala (VAS) für Schmerz im Mittel von 6,8 auf 4,1 Punkte (40%ige Schmerzreduktion, 3,5-Monate-Follow-up) verringerte [26]. Dilger et al. gruppierten dieselben Studien danach, ob das Training entweder mit oder ohne Dorsalextension durchgeführt wurde. In den Studien in denen das Training mit voller Dorsalextension stattfand [61-63], ergab sich eine durchschnittliche Reduktion von 1,8 bis 2,8 Punkten auf der 11 Punkte Schmerzskala in dem 3 bis 4 monatigen Follow-up [56].

Sowohl Baumbach als auch Dilger verglichen dieses Ergebnis mit einer prospektiven Studie von Jonsson et al., die in ihrer Studie mit angepasstem, exzentrischen Training ohne Dorsalextension eine VAS-Verbesserung von 54% (7,2 vs. 3,3 Punkte) und eine gute bis sehr gute Zufriedenheit in 67% der Fälle feststellen konnten [26]. Jonsson et al. begründen den möglichen Erfolg des exzentrischen Trainings ohne Dorsalflexion darin, dass dabei kein Impingement zwischen Sehne, Bursa und Knochen stattfindet. Der Erfolg könnte auf die Reduzierung der Vaskularisation in diesem Gebiet zurück geführt werden [60].

### **1.7.3 Extrakorporale Stoßwellen Therapie**

Baumbach et al. sahen sowohl für die exzentrischen Dehnübungen als auch die extrakorporale Stoßwellentherapie (ESWT) eine Grad B Behandlungsempfehlung [56]. Die ESWT ist seit den 80er Jahren in Europa gebräuchlich und an das Verfahren der Lithotripsie angelehnt [64]. Die ESWT kann mit niedriger Energie ( $< 0,2\text{mJ/mm}^2$ ) oder hoher Energie ( $> 0,2\text{mJ/mm}^2$ ) durchgeführt werden. Die niedrig-Energie ESWT wird normalerweise gut toleriert, benötigt keine Anästhesie und wird in multiplen Sitzungen durchgeführt. Die hoch-Energie ESWT ist generell schmerzhafter und benötigt eine lokale oder regionale Anästhesie. Eine einzelne Behandlung ist dabei häufig ausreichend [65].

Es gibt mehrere Theorien zu den Wirkungsweisen der ESWT. Dazu gehören unter anderem die Stimulation der Geweberegeneration und die Auflösung von Kalzifikationen. Baumbach et al. verglichen 8 höherwertige Arbeiten zur ESWT, bei denen sich während des Follow-ups (durchschnittlich 7,8 Monate) die Ergebnisse der VAS signifikant von 7,2 auf 2,7 Punkte (62%) reduziert hatten. Was die Reduktion der VAS betrifft, scheint die ESWT wirksamer zu sein als das exzentrische Training (4,4 vs. 2,2 Punkte). Diese Aussage deckt sich mit den Resultaten einer randomisierten, kontrollierten Studie von Rompe et al., die exzentrisches Training (inklusive Dorsalflexion) mit ESWT verglichen. Bei den durch ESWT behandelten Patient:innen senkte sich der Schmerzscore signifikant mehr als in den Patient:innen, die exzentrisches Training erhielten (5,0 vs. 3,0 Punkte) [62]. Dilger et al. stellten bei Betrachtung von 3 Studien [66-68] zu ESWT fest, dass die Patient:innen dennoch ein finales durchschnittliches Schmerzlevel von 3 bis 5 im Kurzzeit- und Langzeit-Follow-up angaben [56].

## **1.7.4 Injektionen**

### **1.7.4.1 Patient:innen-eigenes plättchen-/thrombozytenreiches Plasma (PRP)**

PRP beinhaltet Vollblut mit Thrombozyten-Konzentrationen oberhalb des Baseline-Wertes. Thrombozyten sezernieren unter anderem Zytokine und Wachstumsfaktoren die reparative Zellen anlocken sollen. Sie sind somit wichtig in den regulären Heilungsprozessen des Körpers und für die intrazelluläre Kommunikation [69].

Bis auf zwei Studien von Erroi und Monto et al. beziehen sich die meisten Studien zu PRPs auf Midportion Tendinopathien der Achillessehne. Eine prospektive, longitudinale Studie von Monto schloss 8 Fälle von ATA und 22 Fälle von Midportion Achillessehnentendinopathie ein [69]. Es ergab sich kein statistischer Unterschied zwischen den Gruppen im Gesamtergebnis. 28 der 30 Patient:innen waren zufrieden bei dem 24-monatigen Follow-up. Monto et al. kamen zu dem Schluss, dass PRP eine sichere, effektive und dauerhafte Behandlung für Patient:innen mit chronischen Achillodynien ist, wenn diese nicht auf traditionelle, nicht-operative Therapieoptionen ansprechen. Erroi et al. verglichen die Effektivität von PRP mit ESWT bei ATA. Dabei zeigte sich eine Patient:innenzufriedenheit von >70% nach 6 Monaten ohne Unterschied zwischen PRP und ESWT [70]. In ihrer Literaturrecherche fanden Di Matteo et al. einen Widerspruch zwischen positiven Fallserien und der einzigen randomisiert kontrollierten Studie. Diese konnte keine klinischen Unterschiede zwischen dem Gebrauch von PRP und Kochsalzlösung feststellen [71]. Zwei Jahre später kamen sie in einer weiteren Literaturrecherche zu dem Schluss, dass die Anwendung von PRP weder für einen konservativen Ansatz noch als Alternative zur Operation indiziert sei [72]. Das Fazit von Baumbach et al. war ebenfalls, dass PRP-Injektionen bei Ansatzbeschwerden der Achillessehne aktuell nicht empfohlen werden können [26]. Auch Kearney et al. kamen 2015 zu dem Schluss, dass nicht genügend klinische Evidenz vorliegt, um Injektionstherapien für die Achillessehnen Tendinopathie zu empfehlen [73].

### **1.7.4.2 Prolotherapie**

Die Prolotherapie (proliferative Therapie) ist eine kontroverse Therapiemethode für Bindegewebserkrankungen und Verletzungen. Dabei wird ein „Proliferant“, meist eine

Dextroselösung, in den betroffenen Teil der Sehne injiziert um Irritation und Zellschädigung an der Sehne zu Verursachen [74]. Dadurch entsteht eine lokale Entzündungsreaktion, welche die Wundheilungskaskade anstoßen soll. Es kommt dabei zu sekundärer Infiltration von Fibroblasten [75]. Dies resultiert in einer Ablagerung von neuem Kollagen und hypertrophiertem Ligament [76]. Für die ATA gibt es derzeit drei Studien die die Effektivität der Prolotherapie untersuchten [26]. In allen wurde Dextrose als Proliferant genutzt. Sie unterschieden sich jedoch in der Injektionsstelle. In den folgenden 2 Arbeiten wurde ultraschallunterstützt direkt in die intratendinösen Läsionen injiziert [77, 78]. In der Pilotstudie von Maxwell et al. verbesserte sich die VAS von 4,5 auf 0,1 Punkte (n = 10). Dabei gab es 3 Therapieversager. In der späteren Studie von Ryan et al. verbesserte sich der VAS von 5,1 auf letztendlich 1,0 (n = 22). In der dritten Studie wurde die Dextrose um den dorsalen Fersensporn gespritzt mit einer VAS Verbesserung um 4 Punkte nach 8 Wochen (n = 5) [79].

#### 1.7.4.3 Sklerosierungstherapie

Sklerosierungstherapie (Sklerotherapie) wurde zunächst für die Behandlung von varikösen Venen und Teleangiektasien zugelassen [80]. Durch die Induktion von Gefäßverschlüssen soll die Sklerosierungstherapie die Neovaskularisation bei ATAs therapieren [39]. Öhberg und Alfredson et al. veröffentlichten eine Studie zur Sklerotherapie in ATAs in 2003. Dabei injizierten sie Polidocanol. Das Follow-up (durchschnittlich 8 Monate) zeigte eine Verbesserung der VAS von 8,4 auf 2,8 Punkte. Dabei wurden 8 der 11 Patient:innen komplett von ihrem Schmerz geheilt [81]. In ihrer 2017 durchgeführten Metaanalyse kamen Morath et al. zu dem Schluss, dass Sklerotherapie und Prolotherapie effektive Optionen zur Behandlung chronischer, schmerzhafter Achillessehnentendinopathie sein können. Sie betonten jedoch den Bedarf nach hochqualitativen, randomisiert, kontrollierten Studien [80]. Bei uns im Haus findet die Prolotherapie bei der ATA keine Anwendung. Die Sklerotherapie führen wir lediglich bei Midportion Tendinopathien der Achillessehne durch.

## **1.8 Operative Therapie**

### **1.8.1 Indikation & Kontraindikation**

Nur nach vollständig ausgereizter konservativer Therapie sollte eine operative Therapie in Betracht gezogen werden [48, 82]. Aktuell fehlt ein Konsens über die Dauer der konservativen Therapie, bevor bei ausbleibender Besserung der Symptome das operative Verfahren diskutiert werden sollte. Die meisten Autor:innen empfehlen einen Zeitraum zwischen 3 - 6 Monaten [47, 83, 84].

Allgemein lassen sich die operativen Therapiestrategien in offene und minimalinvasive Techniken untergliedern. Dabei variieren die Behandlungsziele von dem vollständigen Débridement aller radiologisch sichtbaren Pathologien bis hin zum endoskopischen Débridement des retroachillären Raums ohne dass die intra- oder prä-achillären Pathologien adressiert werden [48, 82].

Die einzige harte Kontraindikation für die operative Therapie ist eine ATA auf dem Boden einer nicht therapierten autoimmunen Genese. Relative Kontraindikationen entsprechen den derer aller Eingriffe an der unteren Extremität. Im Vordergrund stehen dabei Grunderkrankungen die einen negativen Einfluss auf die Wundheilung haben, wie die periphere arterielle Verschlusskrankheit, die chronisch venöse Insuffizienz, komplizierte Weichteile, Diabetes mellitus, Übergewicht und Rauchen. Dieses Patientenkollektiv muss über das deutlich erhöhte perioperative Risiko und die daraus resultierenden Konsequenzen aufgeklärt werden [85]. Im Folgenden sollen nun die führenden offenen und endoskopischen Therapieansätze dargestellt werden.

### **1.8.2 Offenes Débridement und Dekompression**

Eines der führenden diagnostischen Probleme ist die Differenzierung zwischen symptomatischen und asymptomatischen („physiologischen“) Pathologien. Wie oben dargestellt haben wir aktuell noch keine verlässliche Methode diese zu differenzieren. Entsprechend ist das offene Débridement sämtlicher radiologisch sichtbarer Pathologien das bevorzugte Vorgehen der meisten Kolleg:innen. Dies kann über verschiedene Zugänge erfolgen. Die meisten Autor:innen bevorzugen den direkten zentralen, transachillären Zugang [86-89]. Alternative Zugangswege sind der Cincinnati-Zugang [90], Mini-Inzisionen/Doppelinzisionen medial und lateral [91] und

der dorsale J-förmige Zugang [92]. Es konnte keine Studie ausgemacht werden, die alle Zugänge untereinander vergleicht, weswegen keine Aussage getroffen werden kann, welcher der Beste ist.

Der zentrale, transachilläre Zugang bietet für die Operateur:in den Vorteil der guten Übersicht über alle zu adressierenden Strukturen. Dabei werden Haglund Deformität und dorsaler Fersensporn meist mittels Osteotom oder oszillierender Säge abgetragen [93]. Auch intratendinöse Verkalkungen und Degenerationen können dargestellt und débridiert/ entfernt werden. Zudem erlaubt der zentrale, transachilläre Zugang die einfache Durchführung eines FHL Transfers [85]. Ein weiterer Vorteil ist die Schonung der posterioren, tibialen Gefäße und der Äste der A. peroneales [41]. Je nach Ausmaß der Haglund Deformität/ des dorsalen Fersensorns muss der Achillessehnenansatz von seinem kalkanaren Ansatz türflügelartig abpräpariert werden. In einer biomechanischen Studie konnten Kolodziej et al. zeigen, dass bis zu 50% des Achillessehnenansatzes sicher abgelöst werden können, mit nur geringem Risiko einer Ruptur [94]. Sollte mehr als 50% des Ansatzes mobilisiert werden, wird eine Refixation empfohlen. Diese kann mithilfe von Knochenankern oder transossären Nähten erfolgen. Bei der Verwendung von Knochenankern kann mit einer Single-Row oder Double-Row Technik gearbeitet werden. Keine von beiden besitzt einen klaren biomechanischen Vorteil. Die Double-Row Technik hat allerdings den Vorzug einer reduzierten Knotenprominenz [95].

Basierend auf der vorhandenen Studienlage, scheinen 82% - 100% der Patient:innen zufrieden mit dem offenen Débridement über einen transachillären Zugang zu sein [96-101]. Allerdings ist die Aussagekraft dieser Studien aufgrund deren kleiner Fallzahlen sowie einem häufig heterogenen Patient:innenkollektiv eingeschränkt. Auch sind Komplikationsraten bis zu 30% in der Literatur beschrieben [41, 98, 100-102]. Die beschriebenen Komplikationen umfassen Wundheilungsstörungen mit und ohne Infektionen, Läsionen des N. suralis, narbenassoziierte Probleme (hypersensitiv, hypertroph, Taubheitsgefühl), Nekrosen, Hämatome, Rupturen, tiefe Venen Thrombosen sowie persistierende oder wiederkehrende Schmerzen [103]. Davon am häufigsten treten Wundheilungsstörungen, schmerzhaft Narben, und N. suralis Verletzungen auf.

### **1.8.3 Endoskopische Operation**

Bei der endoskopischen Operation erfolgt das Débridement über zwei kleine, paraachilläre Inzisionen. Über diese werden die Kamera und das Arbeitswerkzeug eingebracht. Die Operation kann dabei in Bauch- oder Rückenlage durchgeführt werden. Auf diese Weise lassen sich alle retroachillären Pathologien, i.e. Haglund-Deformität, Bursitis retrocalcanea, Peritendinitis und ansatznahe Partialrupturen, adressieren. Sie erlaubt nicht die Therapie von intratendinösen und prä-achillären Pathologien, wie z.B. die Entfernung von Fersensporen und intratendinösen Kalzifikationen oder degenerativen Veränderungen.

Der große Vorteil des endoskopischen Eingriffs ist dessen geringe Invasivität. Dadurch können zugangs-assoziierte Komplikationen wie Wundheilungsstörungen und Narbenprobleme reduziert oder vermieden werden [104]. Ein weiterer Vorteil des minimal-invasiven Eingriffes ist die deutlich verkürzte Dauer der Rehabilitation. Wohingegen die meisten Autoren eine 6 - 8 wöchige Immobilisation im Walker nach offener Operation empfehlen, reduziert sich diese Dauer auf 2 Wochen nach einem endoskopischen Eingriff. Da bei der Endoskopie der Achillessehnenansatz nicht weiter kompromittiert / geschwächt wird, ist auch eine deutlich schnellere Wiederaufnahme der sportlichen Tätigkeiten möglich.

Im Rahmen einer prospektiven Studie verglichen Leitze et al. 33 endoskopisch behandelte Patient:innen, mit 14 Patient:innen die einen offenen Eingriff zur Dekompression des retrokalkanearen Bereichs erhielten [104]. Die Gruppe mit endoskopischer Behandlung hatten einen besseren AOFAS Score mit weniger Komplikationen, i.e. Infektion, Sensibilitätsstörungen und Narbenschmerzen. Eine der größten Fallserien zur endoskopischen Operation wurde von Jerosch et al. publiziert. An 164 Patienten die an einem Haglund Syndrom litten, wurde im Zeitraum zwischen 1999 bis 2010 eine Kalkaneoplastik durchgeführt. Unter Verwendung des Ogilvie-Harris-Scores zeigte sich bei 71 Patient:innen ein gutes Ergebnis und bei 84 Patient:innen ein exzellentes Ergebnis [105]. Dies deckt sich mit anderen publizierten Erfolgsraten nach endoskopischer Operation einer ATA, die zwischen 87% bis 95% liegen [41].

Die Identifikation des richtigen Patient:innenkollektives für eine endoskopische vs. einer offenen Operation ist noch nicht abschließend geklärt. Jerosch et al. zum Beispiel führten initial immer eine Infiltration des retroachillären Raumes mit einem Lokalanästhetikum durch [105]. Diese sollte zu einer Elimination aller Beschwerden



in diesem Bereich führen. Ist die Patient:in mit dem Ergebnis der diagnostischen Infiltration zufrieden, qualifiziert er/sie sich für den endoskopischen Eingriff. An unserem Haus folgen wir diesen Behandlungsempfehlungen und führen immer eine retroachilläre Infiltration durch um das operative Procedere fest zu legen.

#### **1.8.4 Flexor Hallucis longus Transfer**

Bei dem Flexor hallucis longus (FHL) Transfer erfolgt die Transposition der Sehne des FHL auf den kalkanearen Ansatz der Achillessehne. Dabei wird die Faszie der tiefen Beugesehnenlodge longitudinal gespalten und unter maximaler Flexion des Sprunggelenks und der Großzehe die Sehne des FHL direkt an deren Eintrittsstelle in den Tarsaltunnel abgesetzt. Nach Präparation, Armierung und Messen des Durchmessers des Sehnenstumpfes wird ein entsprechendes Bohrloch nahe des Achillessenenansatzes transkalkaneal gebohrt, die Sehne eingezogen und unter Vorspannung mit einer Interferenzschraube in Press-fit-Technik fixiert.

Das Ziel des FHL Transfers ist die mechanischen Unterstützung der Achillessehne [102]. Die Indikation für einen FHL-Transfer im Rahmen der meist offenen Operation einer ATA wird kontrovers diskutiert [106, 107]. Einige Autoren empfehlen den FHL Transfer bei einem Débridement der Achillessehne von mehr als 50% ihres Durchmessers [108]. Andere Autoren empfehlen den FHL Transfer routinemäßig bei allen Patient:innen über 50 Jahren [109, 110]. Der Grund hierfür sei, dass in dieser Population häufig bereits ausgedehnte Sehnendegenerationen und Einschränkungen in der Rehabilitation bestehen. In einer randomisiert kontrollierten Studie von Hunt et al. 2015 konnten allerdings keine Unterschiede zwischen über 50-jährigen Patient:innen mit und ohne FHL-Transfer bezüglich des AOFAS, VAS und der Patient:innenzufriedenheit festgestellt werden [102].

## **2 Ziel**

Diese Dissertation basiert auf zwei Studien in deren Rahmen eine große, retrospektive Datenbank mit aktuellen Follow-ups aufgebaut und ausgewertet wurde. [111, 112]. Eingeschlossen wurden Patient:innen die aufgrund einer ATA in der offenen Technik operativ versorgt wurden. Alle Patient:innen wurden an einem Referenzzentrum für Fuß und Sprunggelenkchirurgie (Schön Klinik München Harlaching) operiert.

Das Ziel der ersten Arbeit war dabei die subjektive Patient:innenzufriedenheit zu erheben. Das Ziel der zweiten Studien war die differenzierte Erhebung der Komplikationsrate in diesem Kollektiv.

### **2.1 Subjektive Behandlungsergebnisse nach operativer Behandlung der Ansatz tendonopathie der Achillessehne mittels transachillären Zugangs (Studie #1: PROMs)**

Das Ziel der ersten retrospektiven Studie war es die subjektiven Behandlungsergebnisse nach operativer Behandlung einer Ansatz tendonopathie der Achillessehne mittels transachillären Zugangs zu erheben. Die erweiterte Analyse sollte Einflussfaktoren auf das subjektive Behandlungsergebnis identifizieren. Die Null-Hypothese war hier, dass das vollständige Débridement sämtlicher Pathologien zu guten subjektiven Behandlungsergebnissen führt.

### **2.2 Komplikationen des zentralen, transachillären Zugangs zur operativen Behandlung der Ansatz tendonopathie der Achillessehne (Studie #2: Komplikationen)**

Das Ziel der zweiten retrospektiven Studie war es, sowohl die Komplikationsrate nach operativer Behandlung einer Ansatz tendonopathie der Achillessehne mittels transachillären Zugangs zu erheben, sowie mögliche Einflussfaktoren auf die Komplikationsrate zu identifizieren. Die Null-Hypothese war, dass die Invasivität des Eingriffes, i.e. die Summe der adressierten Pathologien, einen Einfluss auf die Komplikationsrate hat.

## **3 Material und Methoden**

### **3.1 Allgemeiner Ablauf der Doktorarbeit**

Im Rahmen dieser Doktorarbeit wurde eine retrospektive Datenbank mit Patient:innen aufgebaut, deren ATA operativ versorgt wurde. Dies beinhaltete die Identifikation aller einschussfähigen Patient:innen, die retrospektive Datenerhebung basieren auf dem klinischen Datenbanksystem, die Beschaffung der präoperativen Bildgebung und die Erhebung der aktuellen subjektiven Behandlungsergebnisse mittels standardisierter und validierter Fragebögen. Im Anschluss erfolgte die Auswertung der präoperativen Bildgebung gemeinsam mit einer in der muskuloskelettalen Bildgebung erfahrenen Radiologin. Nach vollständiger Erstellung der Datenbank und Auswertung der erhobenen Fragebögen erfolgte die statistische Analyse entsprechend der oben genannten Fragestellungen. Das gesamte Studienverfahren wurde durch die lokale Ethik-Kommission der LMU München genehmigt (LMU #17-804) und alle Patient:innen stimmten schriftlich in die Studienteilnahme ein.

### **3.2 Studienpopulation**

Für den Zeitraum zwischen Januar 2010 und Oktober 2016 wurden alle Patient:innen die an einem Referenzzentrum für Fuß- und Sprunggelenkschirurgie aufgrund der folgenden ICD-10 Codes operative behandelt wurden identifiziert: M76.6, M67.86, M67.87, M76.9, M77.9 und M77.9

Die Einschlusskriterien waren:

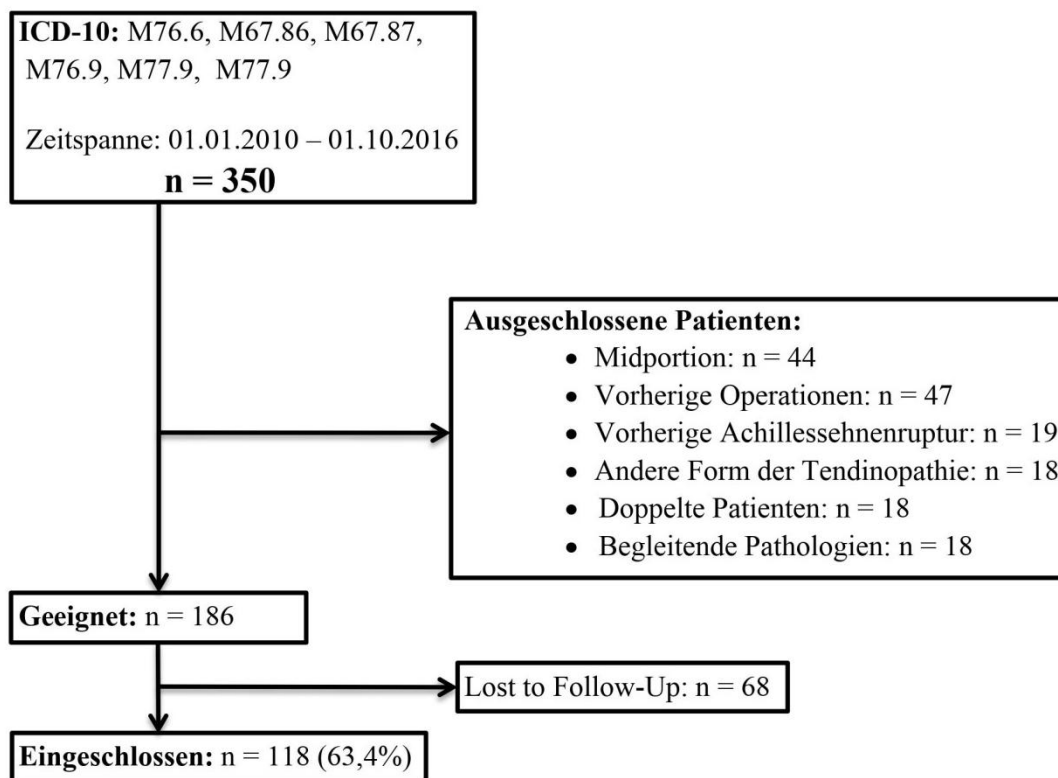
- Alter  $\geq 18$  Jahre
- Unilaterale Ansatztendinopathie der Achillessehne
- Frustrane konservative Therapie über mindestens 6 Monate
- Keine anderen Beschwerden oder Voroperationen an der betroffenen Extremität
- Operative Therapie aller Pathologien am Ansatz der Achillessehne über einen zentralen, transachillären Zugang
- Aktuelle PROMs mit einem mindest Follow-up von einem Jahr

Die Ausschlusskriterien waren:

- Midportion-Tendinopathien
- Auto-immune Grunderkrankungen, immunsupprimierende Therapie, Schwangerschaft
- Revisionseingriffe
- Abweichende Operationstechnik zu der u.g. Therapie.
- Fehlende Einwilligungsfähigkeit

Die Patient:innenselektion ist detailliert in Abbildung 7 dargestellt. Zusammengefasst ergab die initiale Abfrage des Controlling 350 Patient:innen. Von diesen erfüllten 186 die Einschlusskriterien und von insgesamt 118 lag ein aktuelles Follow-up vor. Dies entspricht einer Follow-up Rate von 63,4%.

**Abbildung 7: Flussdiagramm der Patient:innenauswahl**



n, Patient:innenanzahl

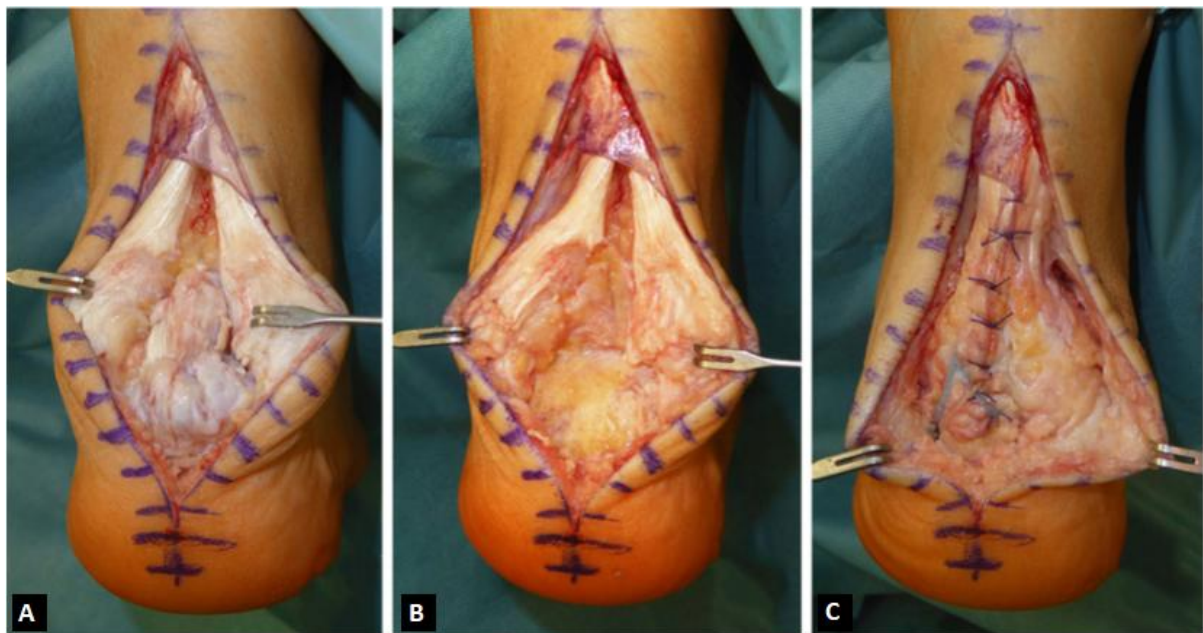
ICD-10, Internationale statistische Klassifikation der Krankheiten und verwandter Gesundheitsprobleme 10

### **3.3 Operative Behandlungsstrategie und Nachbehandlung**

Der Operation wurde in Intubationsnarkose und Bauchlagerung mit angelegter Oberschenkelblutleere durchgeführt. Steriles Abwaschen und Abdecken des Operationsgebietes fand entsprechend den hausinternen Hygienestandards statt. Zuerst erfolgte das Anzeichnen des Tuber calcanei, der Kontur der distalen Achillessehne, sowie des geplanten Hautschnittes. Der 6 - 8 cm lange Hautschnitt beginnt am proximalen Teil des Tuber calcanei und erstreckte sich über die Haglund Exostose bis über den distalen Teil der Achillessehne. Nach konsequenter Blutstillung erfolgte die vorsichtige Präparation des Paratenons unter Schonung der Nerven und Gefäße. Das Paratenon wird nach Längsinzision vorsichtig von der Achillessehne bis zu deren Rändern mobilisiert. Anschließend folgte das zentrale Längsspalten der Achillessehne bis zum knöchernen Ansatz sowie deren türflügelartiges Ablösen vom Tuber nach medial und lateral (s. Abbildung 8 A). Der Grad der Ablösung wurde durch die Größe eines möglichen dosalen Fersensporns oder der Haglund Deformation determiniert. Nach ausführlicher Inspektion der Achillessehne wurden alle degenerativen Veränderungen, Partialrupturen am Ansatz der Sehne und intratendinöse Kalzifikationen/Ossifikationen debridiert. Anschließend erfolgte das vollständige Débridement sämtlicher knöcherner und weichteiliger Pathologien. (s. Abbildung 8 B) Das vollständige Débridement wurde sowohl taktil als auch unter Bildwanderkontrolle in mehreren Ebenen kontrolliert. Je nach Präferenz des Operateurs wurde ein Gelita-Schwamm (Absorbable Gelatin Sponge Hemostat, GELITA MEDICAL GmbH, Eberbach, Deutschland) eingelegt. Wurde der Achillessehnenansatz um mehr als 50% vom Tuber mobilisiert, erfolgte die Refixation mittels eines Fadenankers (z.B: Fa. Tornier). Dieser wurde in 90 Grad zum Ansatz eingebracht und die Achillessehne flächig auf Ihren Ansatz geknotet. Die weiteren Sehnenanteile wurden mit fortlaufender Seit-zu-Seit-Naht in Spitzfußstellung rekonstruiert. (s. Abbildung 8 C) Bei einer Ablösung von weniger als 50% erfolgte lediglich die Seit-zu-Seit-Naht, wiederum in fortlaufender Nahttechnik. Anschließend wurde das Paratenon mit einer resorbierbaren Naht readaptiert und es erfolgte der schichtweise Wundverschluss. Die Anlage eines steriler Wundverbands, die elastokompressiver Wickelung und Immobilisation in Spitzfußstellung mittels einer temporären dorsalen Schiene beenden die Operation.

Die Patient:innen wurden angewiesen den operierten Fuß für 2 Wochen mit maximal 10 kg zu belasten und anschließend in die Vollbelastung überzugehen. Wenn die Achillessehne weniger als 50% abgelöst wurde, wurde der Walker auf eine neutrale Position für 6 Wochen gestellt. Im Falle einer Achillessehnenablösung von mehr als 50% wurde der Walker in Spitzfussstellung angelegt. Dieser wurde für vier Wochen auf 120° eingestellt. Ab der vierten Woche wurde auf 105°, ab der sechsten Woche auf Neutralstellung reduziert. Nach acht Wochen konnte der Stiefel entfernt werden.

### Abbildung 8: Intraoperative Darstellung einer offenen Resektion



A intraoperative Darstellung der knöchernen Prominenzen sowie Verkalkungen nach Ablösung der Achillessehne am kalkanearen Ansatz und Längsspaltung der distalen Sehne; B intraoperativer Situs nach Resektion aller Verkalkungen sowie Débridement der Sehne; C intraoperative Situation nach Naht und Refixation der Sehne mithilfe von Ankern in „Double-row“-Technik [26]

Mit freundlicher Genehmigung des Journals (Lizenz#:5052650378952)

### **3.4 Datenerhebung**

Wie oben beschrieben, untergliederte sich die Datenerhebung in einen retrospektiven Teil basierend auf der Patient:innenakten sowie ein aktuelles Follow-up mittels standardisierter und validierter Patient:innenfragebögen.

#### **3.4.1 Retrospektive Datenerhebung**

Basierend auf den digitalen Patient:innenakten wurden die folgenden Daten erhoben: allgemeine Demographie (Alter, Geschlecht, BMI), medizinische Vorgeschichte (Rauchen, Diabetes mellitus, bestehende Vorerkrankungen), ASA Klassifikation [113], Symptombdauer, präoperative Bildgebung, Details zur Operation (Entfernung von: Haglundexostose, dorsaler Fersensporn, intratendinöse Verkalkungen, retroachillärer Bursa, präachillärer Bursa, Bursa subachillea; Débridement Sehne; Ablösen Sehnenansatz < 50%; Ablösen Sehnenansatz > 50%; FHL Transfer; Naht Achillessehne; Refixation Achillessehne transossär; Refixation Achillessehne mittels Anker, Einsetzen eines Gelita Schwamms), Nachbehandlung, Länge des Klinikaufenthalts und Komplikationen. Letztere wurden in Minor- und Major-Komplikationen aufgeteilt. Dabei galten als Major-Komplikationen diejenigen Komplikationen, die eine erneute chirurgische Intervention benötigten oder potentiell lebensgefährdende Folgen verursachen konnten. Die Beurteilung der präoperativen Bildgebung erfolgte mit Hilfe einer erfahrenen Radiologin im Bereich der muskuloskelettalen Bildgebung. Erhoben wurden im Röntgenbild das Vorhandensein von dorsalem Fersensporn und intratendinösen Verkalkungen. Mittels MRT wurden ansatznahe Partialrupturen, intratendinöse, degenerative Veränderungen, subachilläre Bursitiden, Haglund's Deformitäten mit / ohne Knochenmarksödemen, oberflächliche Bursitiden und die Bildqualität evaluiert. Basierend auf den vorhandenen Operationsberichten wurden die einzelnen adressierten Pathologien identifiziert sowie deren Summe berechnet. Die Summenberechnung hatte das Ziel, die Invasivität des Eingriffs widerzuspiegeln. Diese adressierten Pathologien waren: Resektion von dorsalem Fersensporn, intratendinösen Kalzifikationen, Achillessehnen-Degenerationen einschließlich Partialrupturen und oberflächlichen kalkanearen Bursitiden, sowie retrokalkanearen Bursitiden, Entfernung der Haglund Deformität, Achillessehnen-Verankerung.

### **3.4.2 Aktuelles Follow-up**

Das aktuelle Follow-up wurde mittels mehrerer Fragebögen erhoben. Dazu gehörten ein allgemeiner, durch die Arbeitsgruppe entworfener Fragebogen, sowie standardisierte und validierte Fragebögen. Alle Fragebögen wurden durch die Patient:innen selber ausgefüllt und lassen sich wiederum in drei Funktions-Fragebögen (FFI, VISA-A-G, VAS FA) und einen Fragebogen zu allgemeinen Lebensqualität (SF-12) untergliedern. Die Patient:innenaufklärung und Einwilligung sowie die Fragebögen wurden postalisch verschickt. Waren diese nicht zustellbar, wurden die zuständigen Einwohnermeldeämter kontaktiert und die aktuellen Patient:innenadressen abgefragt. Alle Patient:innen die die Fragebögen nicht beantwortet hatten, wurden telefonisch kontaktiert, über die Studie aufgeklärt und erneut eingeladen, an der Studie teilzunehmen. Eingeschlossen wurden nur Patient:innen, die den vollständig ausgefüllten Fragebogen inklusive der unterschriebenen Einwilligungserklärung zurück geschickt hatten.

#### **3.4.2.1 Allgemeiner Fragebogen**

Der allgemeine Fragebogen beinhaltete Informationen über Geschlecht, Körpergewicht, Rauchen (Angabe in packyears), Diabetes und weitere Vorerkrankungen. Des Weiteren wurde der aktuelle Beruf sowie dessen Belastungsprofil (wie viel % des Arbeitstages werden sitzend, stehend, oder gehend verbracht) erhoben. Die Patient:innen wurden gebeten die Dauer der Arbeitsunfähigkeit in Wochen anzugeben. Zusätzliche wurde die aktuelle Sportfähigkeit, die ausgeübte(n) Sportart(en) und deren Intensität (1-2 Stunden; 2-3 Stunden; >3 Stunden) sowie die Dauer bis zur Sportfähigkeit nach der Operation erhoben. Zusätzlich wurde die allgemeine Patient:innenzufriedenheit mittels einer 3 Punkt Likert Skala ermittelt. Die Patient:innen sollten angeben, ob sie mit dem Behandlungsergebnis „nicht zufrieden“, „mittel zufrieden“ oder „sehr zufrieden“ sind. Des Weiteren sollte angegeben werden, ob sie die Behandlung an Familie oder Freunde weiterempfehlen würden. („ja“, „nein“).

### **3.4.3 Erhebung der subjektiven Behandlungsergebnisse (Studie #1: PROMs)**

Die subjektiven Behandlungsergebnisse wurden mittels vier standardisierter und validierter Fragebögen erhoben. Drei Fragebögen erhoben die Funktionsfähigkeit der



betroffenen Extremität. Der Fuß-Funktions-Index Fragebogen (FFI) [114] wurde entwickelt, um auf den Fuß bezogene Schmerzen und Einschränkungen in der Funktion zu ermitteln. Seine deutsche Version (FFI-D) enthält insgesamt 18 Fragen. Dabei beziehen sich acht Fragen auf Fußschmerzen während der letzten Woche. Die Patient:innen geben auf einer Skala von 0 bis 9 das Ausmaß ihrer Schmerzen bei verschiedenen Tätigkeiten an. Die Zahl 0 bedeutet „keine Schmerzen“ und 9 „schlimmste Schmerzen“. Weitere 10 Fragen mit einer Skala von 0 bis 9 beziehen sich auf die Schwierigkeiten während der letzten Woche verschiedene Tätigkeiten auszuführen. Dabei steht 0 für „keine Schwierigkeiten“ und 9 für „unmöglich zu tun“. In einer gesunden Referenzpopulation liegen die Werte bei 0 bis 5 Punkten. Es gibt die Möglichkeit Fragen als „nicht zutreffend“ zu markieren, diese fließen dann nicht in die Berechnung des Endergebnisses ein, das zwischen 0 und 100 Punkten beträgt. Ein Wert von 0 Punkten stellt das Bestmögliche, 100 Punkte das schlechteste subjektive Behandlungsergebnis dar.

Das „Victorian Institute of Sports Assessment“ entwickelte den VISA-A Fragebogen [115] zur Erhebung des Grades der durch Beschwerden im Bereich der Achillessehne vorliegenden Einschränkung in Alltag und Sport. Der VISA-A-G basiert auf einer invertierten, numerischen Bewertungsskala von 0 bis 100 Punkten. Von asymptomatischen Patient:innen erwartet man ein Ergebnis von 100 Punkten. In einer gesunden Referenzpopulation liegen die Werte bei über 90 Punkten. Die Ergebnisse werden nicht in Untergruppen klassifiziert, sondern dienen vielmehr dazu, die Auswirkungen einer Achillestendinopathie auf verschiedene, die Achillessehne involvierende Aktivitäten zu beurteilen.

Die Visuell-analoge Skala Fuß und Sprunggelenk (VAS FA) [39] war der letzte Funktions-Fragebogen. Hier können Patient:innen auf einer visuellen Analogskala Angaben machen zu Funktion, Schmerzen und weiteren Fuß und Sprunggelenks Beschwerden. Die Beschwerden oder Einschränkungen werden in diesem Fragebogen auf einer nicht nummerierten Skala angegeben. Mit Hilfe eines Auswertungsrasters werden diese Markierungen in einen Wert zwischen 0 und 100 übersetzt. Dabei ist 0 das schlechtmöglichste und 100 das bestmöglichste Ergebnis. In einer gesunden Referenzpopulation liegen die Werte zwischen 86 – 100 Punkten. Der Short-Form Fragebogen (SF-12) [116] erhebt die allgemeine Lebensqualität. Dieser beinhaltet 12 Fragen und dient der Beurteilung des allgemeinen Gesundheitszustandes über 8 verschiedene Dimensionen. Dazu gehören allgemeine

Gesundheitswahrnehmung, physische Gesundheit, eingeschränkte physisch-bedingte Rollenfunktion, körperliche Schmerzen, Vitalität, mentale Gesundheit, eingeschränkte emotional-bedingte Rollenfunktion und soziale Funktionsfähigkeit. Die Werte einer gesunden Referenzpopulation liegen bei größer-oder-gleich 50 Punkten.

#### **3.4.4 Erhebung der Komplikationen (Studie #2: Komplikationen)**

Das Auftreten von Komplikationen wurde sowohl mittels der klinikinternen Dokumentation, als auch durch die Fragebögen erfasst. Erhoben wurde, ob ein Schuhkonflikt besteht, welches Schuhwerk zu Beschwerden führt und was die Ursache für des Schuhkonfliktes ist.

Zusätzlich wurden die Frage 10 des FFI und Frage 18 des VAS-FA ausgewertet. Die Frage 10 des FFI lautet: „Wie groß waren wegen Ihres Fußes Ihre Schwierigkeiten während der letzten Woche bestimmte Schuhe zu tragen (z.B. hohe Schuhe, Sandalen usw.)?“ Diese Frage konnten Patient:innen mittels einer 10 Punkt Likert Skala beantworten, welche in folgenden Kategorien eingeteilt wurde: Keine Probleme: 0, Leichte Probleme: 1 - 3, Mittelschwere Probleme: 4 - 6, starke Probleme: 7 - 9. Die Frage 18 des VAS-FA lautet: „Haben sie Probleme, passende Schuhe zu finden?“. Die Antworten wurden wie folgt kategorisiert: Keine Schwierigkeiten: 91 - 100; leichte Schwierigkeiten: 71 - 90; mittelschwere Schwierigkeiten: 41 - 70; starke Schwierigkeiten 0 - 40.

#### **3.4.5 Zielparameter**

##### **3.4.5.1 Zielparameter der Studie #1: PROMs**

Das Ziel dieser retrospektiven Studie mit prospektivem Follow-up war die Evaluation der subjektiven Behandlungsergebnisse. Der primäre Zielparameter war der FFI. Sekundäre Zielparameter waren VISA-A-G, VAS FA und SF-12. Anschließend wurde der Einfluss der folgenden Parameter auf die oben genannten primären und sekundären Zielparameter berechnet: Demographische Daten (Alter, Geschlecht), die betroffene Seite, Rauchen, DM und ASA wurden auf einen möglichen Einfluss auf das subjektive Behandlungsergebnis untersucht.

#### 3.4.5.2 Zielparameter der Studie #2: Komplikationen

Der primäre Zielparameter war die Komplikationsrate. Diese schließt Probleme durch die Operationsnarbe mit ein. Als sekundärer Zielparameter waren Rückkehr zur Arbeit, Wiederaufnahme des Sportes, Patient:innenzufriedenheit, Weiterempfehlung der Behandlung an einen Verwandten und ein Schuhkonflikt. Zusätzlich wurde ein möglicher Einfluss der oben genannten Parameter auf Komplikationsraten und den Schuhkonflikt untersucht.

### **3.5 Statistik**

Die statistische Auswertung erfolgte für beide Studien mittels des Statistik-Programms SPSS (Version 25, IBM, Armonk, United States).

In Studie #1 (PROMs) wurde der primäre Zielparameter (FFI) unter Verwendung des Shapiro-Wilk-Tests auf Normalverteilung getestet. Dieser zeigte, dass keine Normalverteilung besteht. ( $p < 0,001$ ). Deswegen werden die Daten als Median („interquartilerange (IQR)“) präsentiert, wenn nicht anders gekennzeichnet. Die statistische Auswertung erfolgte entsprechend mittels dem Kurskal-Wallis-Test, dem Mann-Whitney-U-Test, dem Friedman's-Test und einer Spearman-Korrelation. Aufgrund der Mehrfachtestung wurde eine Bonferroni-Korrektur durchgeführt, mit einem neuen, korrigierten Signifikanzlevel von  $p \leq 0,005$ .

Die Ergebnisse der Studie #2 (Komplikationen) werden, soweit nicht anders angegeben, als Mittelwerte  $\pm$  Standardabweichung, angegeben. Aufgrund der Mehrfachtestung einiger Parameter wurde ebenso eine Bonferroni-alpha-level-Korrektur durchgeführt. Das so korrigierte Signifikanzlevel betrug wiederum  $p \leq 0,005$ . Entsprechend der vorliegenden Daten wurden sowohl der Chi-Quadrat-Test als auch der t-Test verwendet.

## **4 Ergebnisse**

### **4.1 Studienpopulation**

Beide Studien beruhen auf derselben Patientenkohorte. Die Patient:innenselektion ist in Abbildung 7 dargestellt. Zusammengefasst ergab die Abfrage der Klinikdatenbank 350 Patient:innen, von welchen 186 Patient:innen die Einschlusskriterien erfüllten. Von 118 Patient:innen (Follow-up: 63%) konnte ein aktuelles Follow-up eingeholt werden. Entsprechend bildeten diese die in weiterer Folge analysierte Patientenkohorte.

Das durchschnittliche Alter betrug  $50 \pm 12$  Jahre. 35% waren weiblich und die linke Seite war in 42% der Fälle betroffen. Der durchschnittliche BMI lag bei  $28 \pm 5$  kg/m<sup>2</sup>. Der Anteil an Rauchern betrug 15% ( $4 \pm 15$  packyears). 9% hatten einen Diabetes mellitus und 27% einen arteriellen Hypertonus. Der durchschnittliche ASA Score belief sich auf  $1,6 \pm 0,5$ . Symptome einer ATA bestanden in 35% der Patient:innen für weniger als 12 Monate, bei den verbleibenden Patient:innen für länger als 12 Monate. Die durchschnittliche Zeit bis zum finalen Follow-up betrug  $4,2 \pm 2,1$  Jahre.

### **4.2 Operative Versorgung**

Die operative Versorgung war für beide Studienteile identisch. Patient:innen verblieben durchschnittlich  $2,8 \pm 1,3$  Tage stationär. Eine Haglund-Deformität wurde in 98% der Patient:innen reseziert, ein Dorsalsporn in 50%, intratendinöse Kalzifizierungen in 27% und eine retrocalcaneare Bursitis in 81% der Patient:innen. Die Achillessehne wurde in 73% debridiert. In 46% der Patient:innen wurde die Achillessehne über 50% von ihrer Insertion abgelöst. In diesen Fällen fand in 97% eine Refixierung mittels eines Knochenankers statt. Insgesamt wurden durchschnittlich  $3,9 \pm 1,2$  chirurgische Maßnahmen durchgeführt.

### **4.3 Studie #1: PROMs**

#### **PROMs**

Die PROMs und ihr zeitlicher Verlauf werden in Abbildung 9 dargestellt. Für 82 Patient:innen (70%) lagen longitudinale Daten, i.e. der präoperative FFI und der FFI

zum finalen Follow-up vor. Für 58 Patient:innen (59%) waren FFIs zum Zeitpunkt nach 12 Monaten und zum finalen Follow-up vorhanden. Für 56 Patient:innen (48%) lagen PROM-Daten zu allen 3 Zeitpunkten vor.

Präoperativ betrug der FFI durchschnittlich 53 Punkte, nach 12 Monaten 11 Punkte und zum Final Follow-up 2 Punkte. Der VAS-FA betrug 93 Punkte, der VISA-A-G 93 Punkte. Der SF-12, erbrachte als Lebensqualitätsscore für die physische Domäne 56 Punkte und für die mentale Domäne 55 Punkte.

Die weitere Auswertung des FFI erfolgte entsprechend sowohl kumulativ (unabhängig) als auch longitudinal (gepaart). Im Rahmen der kumulativen Auswertung zeigten sich signifikante Unterschiede zwischen allen drei Zeitpunkten (präoperativ, 12-Monate, Final Follow-up;  $p < 0,001 - p = 0,002$ ). Im Rahmen der gepaarten Analyse zeigten sich signifikante Unterschiede zwischen den präoperativen und Final Follow-up FFI Werten ( $p < 0,001$ ) sowie den präoperativen und 12 Monats FFI Werten ( $p < 0,001$ ). Allerdings stellte man, anders als bei der kumulativen Auswertung, keinen signifikanten Unterschied zwischen den 12 Monats und finalen Follow-up FFI Werten fest. (s. Abbildung 9 A).

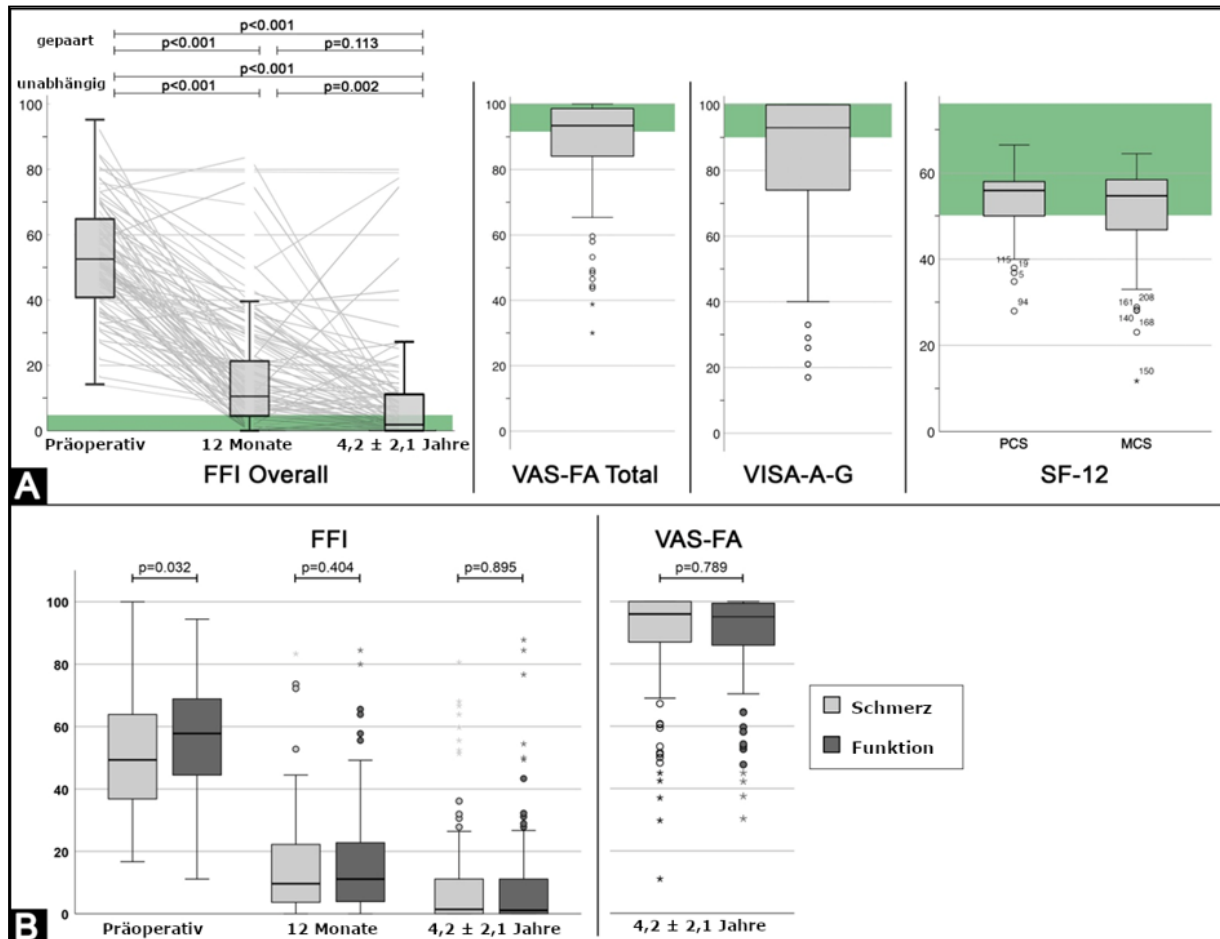
Anschließend wurde untersucht, ob es signifikante Unterschiede zwischen den Subskalen Schmerz und Funktion für den FFI und VAS FA gab (s. Abbildung 9 B). Dabei zeigten sich, weder für einen der drei erhobenen Zeitpunkte des FFI, noch für den finalen Follow-up VAS FA, signifikante Unterschiede zwischen den Subskalen Schmerz und Funktion.

Um die Validität der verwendeten PROMs zu testen, wurden diese untereinander korreliert. Insgesamt zeigten alle PROMs eine signifikante Korrelation ( $p < 0,001$ ), mit einer moderaten bis guten Korrelation für alle Fuß und Sprunggelenk spezifischen PROMs (FFI, VAS FA, VISA-A-G;  $|r = 0,721$  bis  $r = 0,816$ ). Allerdings zeigte sich nur eine schwache Korrelation zwischen den PROMs und des SF-12 Fragebogens. ( $|r = 0,340$  bis  $r = 0,355$ ).

Das offene Débridement aller Pathologien über einen zentralen, transachillären Zugang führte zu einer vollen Genesung (verglichen mit Werten der normalen Population) bei 62% der Patient:innen für den FFI, bei 71% der Patient:innen für den

VAS FA, und bei 53% der Patient:innen für den VISA-A-G score (Abbildung 9 A, grüne Boxen).

**Abbildung 9: Ergebnisse der PROMs**



Illustrationen der erhobenen PROMs, einschließlich (A) der Test-spezifischen normalen Bereiche (grüne Felder) und (B) Korrelationen zwischen den verschiedenen Fuß- und Sprunggelenk spezifischen PROMs. Die grünen Felder repräsentieren die Werte einer gesunden Population: FFI,  $\leq 5$  Punkte; VAS-FA,  $\geq 86$  Punkte; VISA-A-G,  $\geq 90$  Punkte; und SF-12,  $\geq 50$  Punkte [112]

Mit freundlicher Genehmigung des Journals (keine Lizenz notwendig)

### Einflussfaktoren auf das subjektive Behandlungsergebnis

Tabelle 2 untersucht mögliche Zusammenhänge von Demographie, Vorgeschichte, Komplikationen und der jeweiligen chirurgischen Maßnahmen auf die erhobenen PROMs. Abgesehen von BMI und dem Vorliegen eines Schuhkonfliktes konnte keiner der erhobenen Parameter einen signifikanten Einfluss auf die ausgewählten PROMs zeigen.

**Tabelle 2: Einfluss verschiedener Faktoren auf die PROMS**

		<b>FFI Overall Prä- operativ</b>	<b>FFI Overall Finales FU</b>	<b>VISA-A- G Finales FU</b>	<b>VAS-FA Total Finales FU</b>	<b>SF- 12PCS Finales FU</b>	<b>SF- 12MCS Finales FU</b>
<b>Ergebnis</b>		53(24)	2(11)	93(26)	93(15)	56(8)	55(12)
<b>Demographie und Vorgeschichte</b>	Alter	r=-0.019 p=0.859	r=-0.125 p=0.192	r=0.138 p=0.138	r=0.217 p=0.019	r=-0.142 p=0.136	r=0.092 p=0.336
	Geschlecht	p=0.389	p=0.692	p=0.395	p=0.930	p=0.711	p=0.181
	Seite	p=0.401	p=0.370	p=0.409	p=0.705	p=0.522	p=0.740
	BMI	r=0.182 p=0.096	r=0.127 p=0.185	r=-0.042 p=0.653	r=-0.068 p=0.470	<b>r=-0.330</b> <b>p&lt;0.001</b>	r=0.140 p=0.140
	Rauchen	p=0.152	p=0.167	p=0.068	p=0.017	p=0.079	p=0.035
	DM	p=0.337	p=0.529	p=0.103	p=0.549	p=0.044	p=0.842
	ASA	p=0.122	p=0.877	p=0.263	p=0.292	p=0.015	p=0.708
<b>Chirurgische Maßnahmen</b>	Stationäre Zeit [Tage]	<b>r=0.325</b> <b>p=0.002</b>	r=0.067 p=0.481	r=-0.083 p=0.370	r=-0.129 p=0.163	r=-0.025 p=0.789	r=-0.006 p=0.949
	Resektion Haglund's Deformität*	p=0.767	p=0.139	p=0.654	p=0.600	p=0.776	p=0.460
	Exzision dorsaler Fersen- sporn	p=0.476	p=0.986	p=0.436	p=0.994	p=0.222	p=0.841
	Exzision intratendinöse Kalzifikationen	p=0.152	p=0.107	p=0.755	p=0.476	p=0.167	p=0.839
	Exzision retrokalkaneare Bursitis	p=0.684	p=0.670	p=0.492	p=0.967	p=0.656	p=0.269
	Débridement AS	p=0.500	p=0.875	p=0.273	p=0.595	p=0.316	p=0.467
	Ablösen der AS >50%**	p=0.049	p=0.707	p=0.763	p=0.687	p=0.176	p=0.408
	Verankerung der AS	p=0.530	p=0.243	p=0.501	p=0.491	p=0.727	p=0.950
Anzahl der chirurg. Eingriffe	r=0.025 p=0.820	r=0.036 p=0.702	r=-0.025 p=0.790	r=-0.035 p=0.709	r=-0.122 p=0.195	r=-0.137 p=0.146	
Komplikationen	p=0.341	p=0.873	p=0.046	p=0.198	p=0.009	p=0.634	
Schuhkonflikt	p=0.088	<b>p&lt;0.001</b>	<b>p&lt;0.001</b>	<b>p&lt;0.001</b>	<b>p&lt;0.001</b>	p=0.371	
Zeit bis finales Follow-Up	r=0.052 p=0.637	r=-0.118 p=0.220	r=0.133 p=0.156	r=0.137 p=0.146	r=-0.013 p=0.892	r=0.065 p=0.500	

FU: Follow-up, BMI: Body Mass Index; DM: Diabetes mellitus; AS: Achillessehne; p: p-Wert;  
\*Wurde in 98% der Patient:innen resiziert \*\*Genaue Informationen waren nur für 84 (71,2%)  
Patient:innen verfügbar

## **4.4 Studie #2: Komplikationen**

### **Primärer Zielparameter - Komplikationen**

Von allen 118 eingeschlossenen Patient:innen in der finalen Analyse hatten 14% Minor-Komplikationen. Es kam zu keinen Major-Komplikationen. Die überwiegende Mehrheit der Minor-Komplikationen (75%) waren postoperative Wundheilungsstörungen. Weitere 20% der Minor-Komplikationen setzten sich aus Läsionen des N. suralis und des N. peroneus zusammen.

Im Rahmen der Datenerhebung füllten drei Patient:innen den Fragebogen nicht aus sondern sandten stattdessen einen Beschwerdebrief. Obwohl diese Patient:innen nicht in der finalen Analyse eingeschlossen werden konnten, müssen ihre unbefriedigenden Ergebnisse dargestellt werden. Frau GJ (56 Jahre) beschrieb, dass sie generell schmerzfrei sei allerdings ihren Lieblingssport nicht wieder aufnehmen konnte. Frau SH (64 Jahre) war mit dem Ergebnis extrem unzufrieden und verweigerte die Teilnahme an der Studie. Frau MB (67 Jahre) war sehr unzufrieden aufgrund einer Major-Komplikation. Ihrem Brief zufolge erlitt sie eine postoperative Wundheilungsstörung welche durch multiple Revisionsoperationen und letztendlich durch eine freie Muskellappen Rekonstruktion behandelt wurde.

41 % der Patient:innen gaben in der Frage 18 des VAS FA an, Probleme bei der Auswahl passender Schuhe zu haben. (leichte Schwierigkeiten: 35%; mittelschwere Schwierigkeiten: 39%; starke Schwierigkeiten 26%). Im FFI gaben 32% der Patient:innen einen Schuhkonflikt an (leicht: 47%; mittelschwer: 21%; schwer: 26%). Patient:innen die Einschränkungen bei der Schuhwahl hatten, gaben hierfür folgende Gründe im Freitext an: Narbenschmerzen (60%), nicht weiter definierte Schmerzen (25%), schmerzende Achillessehne (5%), benötigte Fersenerhöhung (5%) und Schmerzen im Vorfuß (5%).

### **Sekundärer Zielparameter**

47% der Patient:innen arbeiteten in einem Büro, 33% hatten einen Handwerksberuf, und die restlichen 20% befanden sich im Ruhestand. Bei den Erwerbstätigen lag die durchschnittliche Zeit bis zur Rückkehr an den Arbeitsplatz  $8,4 \pm 6,4$  Wochen. 92% nahmen ihren Sport nach  $5,8 \pm 5,3$  Monaten wieder auf (niedrige Belastung: 30%;



mittlere Belastung: 32%; starke Belastung: 38%). 78% der Patient:innen gaben an mit der Behandlung sehr zufrieden zu sein, 18 % waren zufrieden und 4 % waren unzufrieden. Dabei würden 89 % die Operation an Familie oder Freunde weiterempfehlen.

### **Einflussfaktoren**

Tabelle 3 zeigt, wie sich verschiedene Faktoren sich auf Komplikationen, Schuhkonflikt und Patient:innenzufriedenheit auswirken. Bei den Patient:innen die keine Minor-Komplikation erlitten, waren 80% sehr zufrieden mit dem operativen Ergebnis. Von den Patient:innen die tatsächlich eine Minor-Komplikation erlitten, waren es lediglich 59%. ( $p=0,029$ ). Es waren signifikant mehr Patient:innen mit dem Behandlungsergebnis sehr zufrieden, die keinen Schuhkonflikt besaßen, verglichen mit den Patient:innen die einen Schuhkonflikt besaßen. (93% vs. 47%;  $p < 0,001$ ). Interessanterweise vergrößerte eine Minor-Komplikation nicht signifikant das Risiko für einen Schuh Konflikt. (11% vs. 23 %;  $p = 0,110$ )

Der BMI war der einzige Parameter der einen signifikant negativen Einfluss auf den Schuhkonflikt zeigte ( $p = 0,005$ ). Weder Vorerkrankungen, noch demographische Daten oder die Invasivität des durchgeführten Eingriffes hatten einen signifikanten Einfluss auf die Entstehung eines Schuhkonflikts.

**Tabelle 3: Einfluss verschiedener Faktoren auf die Inzidenz von Komplikationen, Schuhkonflikt und subjektiver Patient:innenzufriedenheit**

		Minor-Komplikation	Schuhkonflikt	Patient:innen zufriedenheit
Demographie und Vorgeschichte	Alter	p=0.694	p=0.547	p=0.014
	Geschlecht	p=0.078	p=0.091	p=0.162
	BMI	p=0.978	<b>p=0.005</b>	p=0.298
	Rauchen	p=0.072	p=0.804	p=0.765
	DM	p=0.016	p=0.433	p=0.097
	aHT	p=0.412	p=0.696	p=0.704
Chirurgische Maßnahmen	Haglund's Deformität*	-	-	-
	Exzision dorsaler Fersensporn	p=0.203	p=0.582	p=0.086
	Exzision intratendinöser Kalzifikationen	p=0.332	p=0.144	p=0.953
	Exzision retrokalkaneärer Bursitis	p=0.132	p=0.592	p=0.469
	Débridement AS	p=0.805	p=0.680	p=0.707
	Ablösen der AS >50%**	p=0.906	p=0.223	p=0,027
	Verankerung der AS	p=0.507	p=0.856	p=0,613
	Anzahl chirurg. Eingriffe	p=0.772	p=0.129	p=0.226
	Minor-Komplikationen	-	-	-
Schuhkonflikt	p=0.110	-	-	
Patient:innenzufriedenheit	p=0.029	<b>p&lt;0.001</b>	-	

BMI: Body Mass Index; DM: Diabetes mellitus; aHT: Arterielle Hypertonie; AS: Achillessehne; p: p-Wert; \*Wurde in 98% der Patient:innen reseziert \*\*Genaue Informationen waren nur für 84 (71,2%) der Patient:innen verfügbar.

## **5 Diskussion**

Die genaue Pathogenese der ATA ist ungeklärt. Viele der assoziierten Pathologien können auch bei asymptomatischen Probanden beobachtet werden [27, 28]. Entsprechend ist nicht nur die Pathogenese, sondern auch die schmerzverursachende Pathologie unbekannt. Aufgrund der Kombination aus einer noch weithin uneinheitlichen Terminologie und einem Mangel an Untersuchungen von größeren Studienkollektiven existieren derzeit noch keine eindeutigen Behandlungsempfehlungen. Daher empfehlen eine Vielzahl von Autor:innen, nach ausschöpfen sämtlicher konservativer Therapieoptionen, die offene Resektion sämtlicher Pathologien über einen zentralen, transachillären Zugang.

Entsprechend sollten im Rahmen dieser Arbeit zum einen die subjektiven Behandlungsergebnisse (Studie #1) und zum anderen die Komplikationsrate (Studie #2) nach dem Déridement sämtlicher Pathologien über einen zentralen, transachillären Zugang bei Ansatzendinopathie der Achillessehne untersucht werden.

### **5.1 Diskussion des Patient:innen Kollektivs**

Die Studienpopulation bestand aus 118 Patient:innen und ist damit nach unserem Wissen die größte Studie die zu dem Thema der transtendinösen Eingriffe bei ATAs durchgeführt wurde. Das durchschnittliche Alter der Patient:innen lag bei  $50 \pm 12$  Jahren und ist so vergleichbar mit ähnlichen Studien zu dem Thema (siehe Tabelle 4). Auffällig ist das junge Alter der Patient:innen in der Studie von Miao et al. mit durchschnittlich 25 Jahren [117]. In der Studie Nunley et al. dagegen waren die Patient:innen betagter mit durchschnittlich 66 Jahren [96].

35% der Patient:innen waren weiblich. Der durchschnittliche BMI lag mit  $28 \pm 5 \text{ kg/m}^2$  niedriger verglichen mit den Studien von Howell et al. ( $36.11 \text{ kg/m}^2$ ), Ettinger ( $28,5 \text{ kg/m}^2$ ), Hunt et al. ( $31,7 \text{ kg/m}^2$ ), McAlister ( $35,9 \text{ kg/m}^2$ ) und Nunley et al. ( $35 \text{ kg/m}^2$ ). Ob dieser Unterschied auf der Pathogenese der ATA oder nationaler Unterschiede beruht ist unklar.

Die Symptome bestanden in 35% der Patient:innen für weniger als 12 Monate. Die übrigen 65% litten seit mehr als 12 Monaten an Symptomen. In den meisten Studien liegt der Mindestzeitraum bestehender Symptome vor der Operation bei 6 Monaten [89, 90, 92, 100, 102, 110, 117-121]. Diese Zeitspanne erklärt sich dadurch, dass die Patient:innen zunächst die konservativen Behandlungsmethoden voll ausschöpfen sollten, bevor eine Operation mit möglichen Komplikationen in Erwägung gezogen wird [41, 56]. Nach Reduktion des Aktivitätsniveaus, NSARs, Adaption des Schuhwerks, Fersenkeile und Immobilisation verspricht die extrakorporale Stoßwellentherapie den aktuell größten Erfolg aller konservativen Verfahren [26].

Der aktuelle Nachuntersuchungszeitraum betrug im Durchschnitt  $50,4 \pm 25,1$  Monate und war so mit deutlich länger, als in den meisten publizierten Arbeiten. Eine Zusammenfassung der demographischen Details anderer Studien ist in Tabelle 4 gegeben.

**Tabelle 4: Parameter von Studien zur operativen Therapie von ATA**

<b>Studie</b>	<b>Anzahl Studien- teilnehmer</b>	<b>Anteil an Frauen</b>	<b>Alters- durchschnitt</b>	<b>durchschnittl. Follow-up Zeit [Monate]</b>
<b>Watson et al. 2000 [120]</b>	16	62%	53	47
<b>DeVries et al. 2009 [122]</b>	17	70%	52	40,1
<b>Maffulli et al. 2004 [123]</b>	21	24%	47	48
<b>McGarvey et al. 2002 [97]</b>	21	62%	54	33
<b>Johnson et al. 2006 [119]</b>	25	60%	48	–
<b>Zhuang et al. 2019 [89]</b>	27	39%	43	27,3
<b>Nunley et al. 2011 [96]</b>	27	70%	66	–
<b>Greenhagen et al. 2013 [98]</b>	30	67%	49	–
<b>Maffulli et al. 2011 [90]</b>	30	30%	49	39
<b>Miao et al. 2016 [117]</b>	34	29%	25	–
<b>Yodlowski et al. 2002 [121]</b>	35	29%	54	42
<b>Hunt et al. 2015 [102]</b>	39	64%	61	–
<b>Ettinger et al. 2016 [100]</b>	40	53%	52	15,6
<b>Elias et al. 2009 [110]</b>	40	63%	57	27
<b>Rigby et al. 2013 [124]</b>	43	–	53	24
<b>Lin et al. 2014 [118]</b>	44	66%	53	–
<b>Howell et al. 2019 [106]</b>	45	67%	53	16,4
<b>Hardy et al. 2018 [87]</b>	46	13%	44	–
<b>Wagner et al. 2006 [92]</b>	61	65%	55	12
<b>McAlister et al. 2015 [86]</b>	98	60%	52	6,2
<b>Unsere Studie</b>	118	35%	50	50,4

## **5.2 Diskussion der Operationstechnik**

### **5.2.1 Operationszugang**

In dieser Studie wurde ein zentraler, transachillärer Zugang gewählt. Dabei wird der Hautschnitt mittig über der Achillessehne vom distalen Teil des Tuber calcanei über die Haglund-Exostose bis über den distalen Teil der Achillessehne gesetzt. Dieser Zugang wird von den Operateuren vieler Studien wie Zhuang et al. [89], Miao et al. [117], Ettinger et al. [100], McAlister et al.[86], Rigby et al.[124], Greenhagen et al. [98], Elias et al. [110], Johnson et al. [119] und McGarvey et al. [97] ebenfalls verwendet. Die Vorteile dieses Zugangs sind unter anderem die gute Übersicht über das Operationsgebiet und die erleichterte Entfernung aller Pathologien am Achillessehnenansatz. Alternativ kann ein J-förmige Schnitt, wie in den Studien von DeVries et al.[122] und Wagner et al. [92] durchgeführt werden. Maffulli et al. verwenden in ihrer Studie den Cincinnati Zugang [90]. Sie argumentieren, dass dieser die Gefahr den N. suralis zu verletzen verkleinert, da er sich auf Höhe des Schnittes am Ansatz der Achillessehne bereits in seine Äste geteilt hat. Bei keinem der Patient:innen kam es postoperativ zu einer Taubheit distal des Schnittes [90]. Zudem sei das kosmetische Ergebnis besser, und das Risiko von Narbenkontraktur und Hypertrophie geringer als bei longitudinalen Zugängen [125]. In unserem Kollektiv erlitten 3 Patient:innen eine Läsion des N. suralis. Nur eine davon verblieb dauerhaft. Zusätzlich kam es in einem weiteren Fall zur zeitweisen Schädigung des N. peroneus, welche am wahrscheinlichsten durch das Tourniquet verursacht wurde.

### **5.2.2 Adressierte Pathologien**

Eine Haglund-Deformität wurde in 98% der Patient:innen reseziert, ein dorsaler Fersensporn in 50%, intratendinöse Kalzifizierungen in 27%, eine retrocalcaneare Bursitis in 81%, und die Achillessehne wurde in 73% debridiert. Nur wenige der anderen Studien geben eine genaue Aufschlüsselung an, welche Pathologien bei dem individuellen Patient:innen intraoperativ adressiert wurden. Bei Hardy et al. [87] erfolgte die Bursektomie in 37% der Patient:innen, in weiteren 37% wurde die Sehne debridiert, und in 12% die Sehne abgelöst und refixiert. Der AOFAS Score hatte präoperativ keinen Einfluss auf das Ausmaß der Sehnenbeteiligung.

Einige weitere Studien haben sich mit Einzelaspekten, wie z.B. Grad der Ablösung der AS [94] und dem additiven FHL Transfer beschäftigt [106, 110]. Diese sollen im Folgenden kurz diskutiert werden.

#### 5.2.2.1 Einfluss der AS-Ablösung/Refixierung

Bei 46% der Patient:innen in unserer Studie wurde die Achillessehne über 50% von ihrem Ansatz mobilisiert. In diesen Fällen fand in 97% eine Refixierung mittels eines Knochenankers statt. In einer biomechanischen Studie konnten Kolodziej et al. zeigen, dass bis zu 50% des Achillessehnenansatzes sicher abgelöst werden kann, mit nur geringem Risiko einer Ruptur [94]. Sollte eine Ablösung von > 50% notwendig sein, wird eine Refixation, z.B. mittels Knochenankern oder transossären Nähten, empfohlen. Dieser Empfehlung folgen die meisten Operateure in ähnlichen Studien. In den Studien von Howell et al. [106], Zhuang et al. [89], Hunt et al. [102], McAlister et al. [86], Lin et al. [118], Greenhagen et al. [98], Nunley et al. [96], DeVries et al. [122], Elias et al. [110], Johnson et al. [119], Maffulli 2004 et al. [123] wurden alle Achillessehnen refixiert. Bei Hardy et al. [87] waren es nur 26% und bei Miao et al. [117] 12%. In einer Studie von Maffulli et al. [90] war es bei keinem der Patient:innen nötig die Sehne zu refixieren. Allerdings wurden Patient:innen mit bekannten Kalzifikationen ausgeschlossen.

#### 5.2.2.2 FHL Transfer

In unserer Studie wurde kein FHL Transfer vorgenommen. Howell et al. [106] und Elias et al. [110] führten in ihren Studien bei allen Patient:innen einen FHL Transfer durch. Howell et al. [106] argumentierten, dass der FHL Transfer eine frühere und aggressivere Rehabilitation ermöglicht und besonders für Patient:innen mit einer posterioren Muskelgruppenschwäche geeignet ist. Elias et al. [110] erzielte ebenfalls gute Ergebnisse in ihrer Studie an 40 Patient:innen mit CIAT (Calcific insertional Achilles tendinopathy) deren Achillessehnenansatz debridiert und ein FHL Transfer durchgeführt wurde. Hunt et al. [102] führten eine prospektiv, randomisierte Studie an über 50 jährigen Patient:innen mit einer ATA durch. In der Interventionsgruppe erfolgte eine Dekompression und Débridierung des Achillessehnenansatzes und ein FHL Transfer. In der Kontrollgruppe erfolgten lediglich die Dekompression und das Débridement. In ihrem Follow-up von mindestens 12 Monaten gab es keine

Unterschiede in Schmerz und funktionellem Outcome zwischen den beiden Gruppen. Daraus schlussfolgerten die Autoren, dass der FHL Transfer zwar eine sichere, aber vielleicht nicht notwendige Maßnahme in Primärfällen ist.

### **5.3 Diskussion zu STUDIE #1: PROMs**

#### **5.3.1 Vergleich zu PROMs anderer Studien mit zentralem, transachillären**

##### **Schnitt**

Die Ergebnisse unserer finalen Follow-up PROMs ähneln den Resultaten von bereits publizierten Studien. (s. Tabelle 5) Neben unserer Studie verwendeten auch Witt et al. [126] den FFI um ihre Operationsergebnisse zu bewerten. Ihre Fallserie mit vier Patient:innen befasste sich mit der chirurgischen Behandlung der ATA anhand eines dorsalen, transachillären Zugangs. Dabei wurden alle Achillessehnen von ihrem Ansatz abgelöst und mittels Suture-Bridge-Technik wieder fixiert. Der Follow-up Wert des FFI war mit durchschnittlich 3,4 Punkten etwas schlechter als der FFI Wert unserer Studie mit 1,9 Punkten.

Die Mehrzahl der Studien zur operativen Behandlung von ATA mittels einer Mittellinieninzision verwendeten den AOFAS Score [89, 96, 98, 100, 110, 119, 124]. Auch hier wurde in den meisten Fällen gute bis sehr gute Ergebnisse erzielt. Nunley et al. [96] berichten in ihrer retrospektiven Studie mit 22 Patient:innen nach einer Mittellinieninzision und einem zentralen Splitting der AS bei ATA von sehr guten postoperativen AOFAS Werten mit durchschnittlich 96 Punkten bei einem Follow-up von 48 Monaten (35-97 Punkten) [96]. Elias et al. kamen zu ähnlich guten Ergebnissen in ihrer retrospektiven Studie an 40 Patient:innen und einem Follow-up von 27 (18 - 68) Monaten nach transachillärem Eingriff bei ATA. Hier verbesserte sich der AOFAS von 56 Punkte (29–82 Punkte) präoperativ auf 96 Punkte (69–100 Punkte;  $p < 0,00001$ ) postoperativ [110]. Ettinger et al. [100] erzielten verglichen mit Nunley et al. (96,4) und Johnson et al. (89,0) schlechtere Resultate im AOFAS Score [100]. Ihr durchschnittliches Follow-up lag bei 15 Monaten. Nachdem bei Nunley et al. eine weitere Verbesserung der Schmerzen zwischen dem 4 (13,6% schmerzfrei) und 7 Jahres Follow-up (96,0% schmerzfrei) eintrat, stellten Ettinger et al. die Vermutung an, dass sich der AOFAS Score in ihrer Kohorte über die Zeit ebenfalls noch verbessern könnte. Dies spiegelt sich auch in unserer Studie wieder, in der es



bei 67% der Patient:innen zu einer weiteren Verbesserung des FFI nach dem initialen 12 Monats Follow-up kam.

Der Follow-up VISA Score von Miao et al. lag mit 87,9 Punkten etwas unter dem von unserer Studie erreichten Wert mit 93 Punkten [117]. Die durchschnittliche Zeit bis zum Follow-up ihrer 34 eingeschlossenen Patient:innen lag bei 45,2 Monaten. Auch sie verwendeten einen zentralen, transachillären Zugang. Jedoch führten Miao et al. in 52,9% der Patient:innen zusätzlich eine Gastrocnemius Verlängerung in der Technik nach Strayer durch.

**Tabelle 5: PROMs von Studien zur operative Behandlung von ATAs**

Studie	FFI	VISA		AOFAS		VAS score		Zugang
	Follow-up	Prä-operativ	Follow-up	Prä-operativ	Follow-up	Prä-operativ	Follow-up	
Witt et al. 2012 [126]	3,41	-	-	-	-	-	-	zentral
Unsere Studie	1,9	-	93	-	-	-	-	zentral
Zhuang et al. 2019 [89]	-	-	-	48,61	93	6,7	0,1	zentral
Ettinger et al. 2016 [100]	-	-	-	59,4	86,5	-	-	zentral
Rigby et al. 2013 [124]	-	-	-	-	90	6,8	1,3	zentral
Greenhagen et al. 2013 [98]	-	-	-	56,57	91,7	-	-	zentral
Nunley et al. 2011 [96]	-	-	-	-	96	-	-	zentral
Elias et al. 2009 [110]	-	-	-	56,3	96,2	7,5	0,3	zentral
Johnson et al. 2006 [119]	-	-	-	53	89	-	-	zentral
Miao et al. 2016 [117]	-	49	87,9	-	-	6,5	2,1	zentral
Hardy et al. 2018 [87]	-	-	-	62,2	93,7	-	-	zentral, postero-medial
Hunt et al. 2015 [102]	-	-	-	56,7	91,5	68	15	lateral, zentral
Maffulli et al. 2004 [123]	-	64	86	-	-	-	-	medial der AS
Maffulli et al. 2011 [90]	-	62	88	-	-	-	-	Cincinnati Schnitt
DeVries et al. 2009 [122]	-	-	-	-	-	7,9	1,6	J-förmig
Lin et al. 2014 [118]	-	-	-	43,5	86,5	7,2	1,7	Lateral

### **5.3.2 Faktoren mit Einfluss auf die PROMs**

Interessanterweise hatten weder das Auftreten von Komplikationen, noch die Demographie, die medizinische Vorgeschichte oder Details und Ausmaß des chirurgischen Eingriffs einen signifikanten Einfluss auf die PROMs. (s. Tabelle 2) Ähnliches zeigte sich in Hardy et al.s [87] Studie, in der der gemessene PROM (AOFAS) sich unabhängig von dem Ausmaß der Sehnenschädigung und der damit einhergehenden Invasivität des Eingriffs verhielt. Im Gegensatz dazu hatte der BMI in unserer Studie einen signifikant negativen Einfluss auf den PCS (Physical Component Summary Score) des SF 12 ( $p < 0,001$ ). Auch ein Schuhkonflikt zeigte einen signifikant negativen Einfluss auf den FFI Overall, VISA-A-G, VASFA Total, und den PCS des SF-12 ( $p < 0,001$ ). Ob den Patient:innen zu einer Gewichtsreduktion und damit Senkung des BMIs als Teil einer Behandlung der ATA zu raten ist, bleibt offen.

Wie in den Ergebnissen der Studie #2 noch weiter ausgeführt wird, gaben Patient:innen, die einen Schuhkonflikt besaßen, vor allem Narbenschmerzen (in 60%) als Grund dafür an. Dies deutet darauf hin, dass eher die Größe und Position der Narbe, als die Invasivität des Eingriffs, einen Einfluss auf den Schuhkonflikte und somit auch die subjektive Patient:innenzufriedenheit besitzen. Andere Zugangswege wie der Cincinnati, der J-förmige oder der laterale Schnitt, könnten demnach gute Alternativen gegenüber dem zentralen Schnitt darstellen, da sie besonders anfällige Lokalisationen für eine Narbenkomplikation aussparen. Dafür sprechen die guten Ergebnisse aus Studien mit diesen alternativen Zugängen [90, 118, 122]. Maffuli et al. [90] verwendeten in ihrer Studie zur operativen Behandlung der ATA den Cincinnati Zugang. Sie erreichten eine VISA-Verbesserung von durchschnittlich 62 auf 88 Punkte in ihren 30 Patient:innen, von denen postoperativ keiner an Narbenschmerzen litt. [90] Weiterhin hatten DeVries et al. [122] mittels eines J-förmigen Schnitts eine VAS Verbesserung von durchschnittlich 7,9 auf 1,6 Punkte bei ihren 17 Patient:innen erzielt [122]. In ihrer Studie litt zum Zeitpunkt des Follow-ups ein Patient an einer schmerzenden Narbe. Ähnliche Ergebnisse wurden von Lin et al. [118] publiziert, die einen offenen, lateralen, paraachillären Zugang wählten. Der AOFAS Score verbesserte sich in den 21 Patient:innen nach einem Jahr, von durchschnittlich 43,5 auf 86,5. Punkte ( $p < 0,005$ ). Insgesamt hätten allerdings nur 6

von 36 Patient:innen die Operation in Hinsicht auf die lange Genesungszeit weiterempfohlen [118].

Da all diese Studien Einschränkungen in Form von sehr kleinen Patient:innenkohorten, sowie fehlender Daten besitzen, lässt sich aktuell noch keine überlegene Operationstechnik eruieren.

## **5.4 Diskussion Studie #2: Komplikationen**

### **5.4.1 Komplikationen**

Von allen 118 eingeschlossenen Patient:innen der homogenen, retrospektiven Patient:innengruppe kam es bei 14% zu einer Minor-Komplikation. Diese Komplikationsrate liegt im Rahmen der Komplikationsraten ähnlicher Studien, welche zwischen 0% und 31% variiert. (s. Tabelle 6) Es konnten keine Major-Komplikationen festgestellt werden. Allerdings sandten uns, im Rahmen der Datenerhebung, drei Patient:innen einen Beschwerdebrief zu. Eine Patientin berichtete dabei von einer Major-Komplikation, wobei es sich um eine Wundheilungsstörung handelte, die mehrere Revisionsoperationen nötig machte. Komplikationen treten sowohl bei Studien mit zentralen Hautschnitten über der Achillessehne [86, 97, 100, 119, 124], wie auch bei lateralen [120, 121] und J-förmigen [92, 122] Inzisionen auf.

Die überwiegende Mehrheit der Minor-Komplikationen (75%) unserer Patient:innen waren postoperative Wundheilungsstörungen. Diese gehören mit zu den häufigsten Komplikationen, die bei einem offenen Débridement der ATA auftreten. In der Studie von Calder et al. [127] bei der ebenso ein zentraler Zugang verwendet wurde, hatten 7% der Patient:innen eine postoperative Wundinfektion [127]. In der Arbeit von Maffullis et al. [90] wurde mit einem Cincinnati Schnitt gearbeitet und es erlitten ebenfalls 7% der Patient:innen eine postoperative Wundinfektion [90].

Tiefe Venenthrombose oder Rupturen der Achillessehne traten in unserer Studie nicht auf. Ettinger et al. [100] berichtete von einem Patient, der nach einem zentraler, transachillären Zugang aufgrund eines Hämatoms erneut operiert werden musste [100].

Zwei Patient:innen (5%) in der Arbeit von Rigby et al. [124] mussten aufgrund von Wunddehiszenzen ebenfalls erneut operiert werden, wiederum nach Verwendung eines zentralen, transachillären Zugangs [124]. In der Studie von Johnson et al. entwickelte einer der 22 Patient:innen eine TVT [119]. DeVries et al. [122] berichteten von einem Patient (5,9%) mit Lungenembolie, a.e. auf dem Boden einer ipsilateralen tiefen Venenthrombophlebitis, die weitere Krankenhausaufenthalte und mehrere chirurgische Interventionen zur Folge hatte [122]. Unsere Major-Komplikationsrate ist im Verhältnis zu den vorhergängigen Studien sehr niedrig, was wahrscheinlich an dem retrospektiven Design unserer Arbeit liegt.

Des Weiteren wurde untersucht, ob das Auftreten einer Komplikation einen Einfluss auf die subjektive Patient:innenzufriedenheit hat. 80% der Patient:innen die keine Minor-Komplikation erlitten, waren sehr zufrieden mit dem operativen Ergebnis. Von den Patient:innen die tatsächlich eine Minor-Komplikation erlitten, waren es lediglich 59%. ( $p = 0,029$ ). Entsprechend scheint in unserem Kollektiv ein Zusammenhang zwischen der Patient:innenzufriedenheit und einer stattgehabten Komplikation zu bestehen. Allerdings konnte unsere initiale Hypothese, dass das Ausmaß des chirurgischen Eingriffes einen Einfluss auf die Komplikationsrate hat, nicht bestätigt werden. Weder die individuellen chirurgischen Maßnahmen, noch deren Summe, hatten einen Effekt auf die Komplikationsrate in unserer Kohorte. Die Summe der Maßnahmen sollte dabei als Maßstab dafür dienen, wie hoch die Invasivität der Operation war. Entsprechend kann hypothetisiert werden, dass nicht die Invasivität des Eingriffs, sondern das Auftreten einer Komplikationen zu einer Reduktion der Patient:innenzufriedenheit führt.

**Tabelle 6: Komplikationsraten von Studien mit operative Behandlung von ATA**

Studie	Major-Komplikation	Minor-Komplikationen	Komplikation gesamt	Zugang
Howell et al. 2019 [106]	0	10	10%	S-förmig (von lateral nach medial)
Zhuang et al. 2019 [89]	0	0	0	zentral
Hardy et al. 2018 [87]	0	4,30%	4,30%	posteromedial und zentral
Miao et al. 2016 [117]	0	0	0	zentral
Ettlinger et al. 2016 [100]	7,50%	12,50%	20%	zentral
Hunt et al. 2015 [102]	0	31%	31%	medial, lateral oder zentral
McAlister et al. 2015 [86]	13%	2%	15%	zentrale, U-förmige Inzision
Lin et al. 2014 [118]	0	0	0	lateral
Rigby et al. 2013 [124]	7%	0	7%	zentral
Greenhagen et al. 2013 [98]	0	0	0	zentral
Nunley et al. 2011 [96]	0	3,40%	3,4%	zentral
Maffulli et al. 2011 [90]	0	6,60%	6,60%	Cincinnati- Schnitt
DeVries et al. 2009 [122]	5,90%	17,70%	23,50%	J-förmig
Elias et al. 2009 [110]	2,5%	0	2,5%	zentral
Johnson et al. 2006 [119]	4,5%	9,20%	13,7%	zentral
Wagner et al. 2006 [92]	4%	7%	11%	J-förmig
Maffulli et al. 2004 [123]	0	14%	14%	1 cm medial zu der medialen Grenze der AS
McGarvey et al. 2002 [97]	0	10%	10%	zentral
Watson et al. 2000 [120]	5%	37%	41%	posterolateral
Yodlowski et al. 2002 [121]	2,4%	40%	42,9%	lateral
Unsere Studie	0	14%	14%	zentral

#### **5.4.2 Patient:innenzufriedenheit**

78% der Patient:innen gaben an mit der Behandlung sehr zufrieden zu sein, 18 % waren zufrieden und 4 % waren unzufrieden. Ähnlich gute Ergebnisse erzielten Nunley et al. [96] mit 96%, DeVries et al. [122] mit 94%, Elias et al. [110] mit 95% und Wagner et al. [92] mit 92% Zufriedenheit in Patient:innen mit offenem Débridement bei ATAs. Weiterhin berichteten Hunt et al. [102] von 87%, Ettinger et al. [100] von 85% und McGarvey et al. [97] von 82% zufriedenen Patient:innen. In der Studie von Watson et al. [120] waren 74% zufrieden und 26% zufrieden mit Vorbehalten. Bis auf DeVries et al. [122], Watson et al. [120] und Wagner et al. [92] führten alle zuvor beschriebenen Studien einen transtendinösen Eingriff durch. DeVries et al. [122] löste in allen Fällen die Sehne von ihrem Ansatz. In der Studie von Wagner et al. [92] lag die Patient:innenzufriedenheit bei 92%, sowohl für Patient:innen deren Achillessehne komplett gelöst wurde, als auch für Patient:innen deren Achillessehne nur teils mobilisiert wurde [92]. Watson et al. [120] löste nur so viel wie nötig der Sehne von ihrem Ansatz ab, führte allerdings kein Splitting durch. DeVries et al. [122] und Wagner et al. [92] wählten als einzige keinen posterioren, zentralen Hautschnitt sondern eine J-förmigen Inzision. Sowohl in Studien mit einem zentralen Schnitt als auch mit einem posterolateralen und J-förmigen Schnitt konnte also eine gute Patient:innenzufriedenheit erzielt werden. Staggers et al. [128] erreichten in ihrer Studie zu offenen Operationen bei ATA mit FHL- Transfer eine Patient:innenzufriedenheit von 89%. 94% würden den Eingriff weiterempfehlen [128]. Auch in Greenhagen et al.s Studie [98] ohne FHL Transfer würde die überwiegende Mehrheit der Patient:innen (93%) die Operation weiterempfehlen. [98] Ähnliche Ergebnisse lieferte auch unsere Studie. 89 % unserer Patient:innen würden die Operation an Familie oder Freunde weiterempfehlen. Die folgende Tabelle 7 zeigt eine Übersicht der vorhandenen Studienlage zur Patientenzufriedenheit mit dem jeweiligen gewählten operativen Zugang.

**Tabelle 7: Patient:innenzufriedenheit von Studien zur operativen Behandlung von ATA**

Studie	Patient:innen-zufriedenheit	Zugang	Umgang mit dem Achillessehnen- Ansatz
Ettinger et al. 2016 [100]	85%	zentral	zentrales Splitting
Staggers et al. 2018 [128]	89%	medial der Achillessehne	FHL- Transfer mit kompletter Ablösung des Achillessehnenansatzes
Nunley et al. 2011 [96]	96%	zentral	zentrales Splitting
Elias et al. 2009 [110]	95%	zentral	zentrales Splitting
McGarvey et al. 2002 [97]	82%	zentral	zentrales Splitting
Watson et al. 2000 [120]	74%	posterolateral	Ablösung des lateralen (teils bis medialen) Achillessehnenansatzes
Wagner et al. 2006 [92]	92%	J-förmig	kein Splitting- teils komplette Ablösung
DeVries et al. 2009 [122]	94%	J-förmig	komplette Ablösung des Achillessehnenansatzes
Hunt et al. 2015 [102]	87,2%	medial, lateral oder zentral	zentrales Splitting
Unsere Studie	96%	zentral	zentrales Splitting

### **5.4.3 Zeit bis Rückkehr zu Sport/Arbeit**

Bei den noch Erwerbstätigen unsere Studie lag die durchschnittliche Zeit bis zur Wiederaufnahme der Arbeit bei  $8,4 \pm 6,4$  Wochen. 92% nahmen ihren Sport nach  $5,8 \pm 5,3$  Monaten wieder auf (niedrige Belastung: 30%; mittlere Belastung: 32%; starke Belastung: 38%). Ettinger et al. [100] berichtet in ihrer Studie zum postoperativen Outcome nach transtendinösem Eingriff in Patient:innen mit einer ATA von ähnlichen Ergebnissen. Bei ihnen betrug die durchschnittliche Zeit bis zur Rückkehr an den Arbeitsplatz  $14,5 \pm 17,6$  Wochen, und die Zeit bis zur Wiederaufnahme des Sportes lag bei ca.  $5,8 \pm 3,3$  Monaten [100]. In der Studie von McGarvey et al. [97] waren von den 21 Patient:innen die mit zentraler Inzision für ihre ATA behandelt wurden, 91% nach 3 Monaten wieder arbeitsfähig. Sie beschrieben, dass die jüngeren Patient:innen (<50 Jahre) schneller zu ihrer Arbeit und dem Sport zurückkehren konnten, mit weniger Schmerz und weniger postoperativen Beschwerden. McGarvey et al. [97] vermuten, dass dies auf das geringere Ausmaß an Sehnenbeteiligung zurückzuführen ist [97]. Ebenfalls 21 an ATA leidenden Patient:innen wurden operativ in einer Studie von Maffulli et al. behandelt [123]. Sie verwendeten einen posteromedialen Zugang. Fünf der Patient:innen (25%) konnten nicht zu ihrem vorherigen Leistungslevel zurückkehren [123].

### **5.4.4 Schuhkonflikt**

41 % der Patient:innen gaben an, Probleme zu haben einen passenden Schuh zu finden (leichte Schwierigkeiten: 35%; mittelschwere Schwierigkeiten: 39%; starke Schwierigkeiten 26%). 32% der Patient:innen gaben an, einen Schuhkonflikt zu haben (leicht: 47%; mittelschwer: 21%; schwer: 26%).

In der retrospektiven Fallserie von Rigby et al. [124] wurden keine Veränderungen des Schuhwerks innerhalb des durchschnittlich 24-monatigen Follow-ups (13 - 52 Monate) gefunden. Sie wählten ebenfalls einen transachillären Ansatz [124]. McGarvey et al. [97] berichteten zwar nicht explizit über das Auftreten eines Schuhkonfliktes, allerdings konnten 8 Patient:innen (38%) postoperativ keine Schuhe mit erhöhtem Absatz oder harter Kappe tragen [97]. In ihrer retrospektiven Arbeit berichteten Yodlowski et al. [121] über 35 Patient:innen die aufgrund ihrer ATA über einen posterolateralen Schnitt operiert wurden. 40% der Patient:innen hatten postoperativ ein verändertes Gefühl an der chirurgischen Narbe. Jedoch hatte dies



keinen Einfluss auf die Patient:innenzufriedenheit oder die Wiederaufnahme des Sports [121]. Dies unterscheidet sich von unseren hier präsentierten Ergebnissen. 60% der Patient:innen die Einschränkungen bei der Schuhwahl hatten, gaben als Grund dafür im Freitext des Fragebogens Schmerzen im Bereich der Narbe an. Dabei stellte sich heraus, dass der Schuhkonflikt einen signifikant negativen Einfluss auf die Patient:innenzufriedenheit hat. Es waren signifikant mehr Patient:innen mit dem Behandlungsergebnis sehr zufrieden, die keinen Schuhkonflikt besaßen, verglichen mit den Patient:innen die einen Schuhkonflikt besaßen (93% vs. 47%;  $p < 0,001$ ). Interessanterweise vergrößerte eine Minor-Komplikation nicht signifikant das Risiko des Entstehens eines Schuhkonflikts (11% vs. 23 %;  $p = 0,110$ ).

Der BMI war der einzige Parameter der einen signifikant negativen Einfluss auf den Schuhkonflikt zeigte ( $p = 0,005$ ). Weder Vorerkrankungen, noch demographische Daten oder die Invasivität des durchgeführten Eingriffes hatten einen signifikanten Einfluss auf die Entstehung eines Schuhkonflikts.

Basierend auf den hier präsentierten Daten sollten Patient:innen vor einer Operation auf das Risiko eines narbenbedingten Schuhkonflikts hingewiesen werden und dies auch entsprechend in der Aufklärung vermerkt werden. Viele Autor:innen gehen in ihren Studien zu den Behandlungsergebnissen nach offenem Débridement bei ATA nicht weiter auf einen möglichen Schuhkonflikt ein. Entsprechend sollten zukünftige Arbeiten den Schuhkonflikt mit in die Liste der möglichen Komplikationen mit aufnehmen.

## **5.5 Limitationen**

Wie die meisten Studien zur operativen Therapie einer ATA besitzt auch diese Arbeit einige Limitationen. Zunächst ist die Aussagekraft der Studie aufgrund des retrospektiven Studiendesigns eingeschränkt. Im Fragebogen wurden Ereignisse und Symptome ermittelt, die zum Teil bereits Jahre zurücklagen. Somit kann ein Recall Bias die Ergebnisse verfälschen. Auch die Follow-up Rate von 63,4% limitiert die Aussagekraft. Allerdings handelt es sich bei der hier präsentierten Studie trotzdem um eine der größten Kohorten, die zu diesem Thema publiziert wurde.

Aufgrund der Verweigerung zur Teilnahme einiger Patient:innen besteht die Möglichkeit eines Selektionsfehlers. Dieser kann zudem durch das monozentrische Design der Studie bedingt sein.

Ferner könnte der Effekt der sozialen Erwünschtheit eine Verzerrung der Antworten bewirkt haben, da häufig ein telefonischer Kontakt zu den Patient:innen der Studie bestand. Somit fielen die Ergebnisse womöglich positiver aus, als wenn kein persönliches Gespräch stattgefunden hätte.

Weiterhin muss berücksichtigt werden, dass es sicherlich unterschiedliche Ursachen der ATA in der Patient:innen gab. Es ist nicht auszuschließen, dass variierende Ergebnisse der Operation dadurch beeinflusst wurden. Darauf wurde in diesen beiden Studien nicht weiter eingegangen.

Eine weitere Limitation ist das einarmige Design der Studie. Es fehlen Vergleichskohorten die einen Vergleich zu variierenden operativen Strategien zulassen würden.

## **5.6 Stärken der Studie**

Abgesehen von diesen Mängeln besitzt unsere Studie eine der größten Patient:innenkohorten verglichen mit gleichartigen Studien zur operativen Behandlungen der ATA. (siehe Tabelle 4)

Eine weitere Stärke ist die gut definierte, homogene Patient:innenkohorte mit einem standardisierten Behandlungskonzept. Zusätzlich wurden PROMs verwendet, die spezifisch für Fuß- und Sprunggelenkspathologien sind, um genaue Aussagen über den Erfolg der Behandlung tätigen zu können. Ebenfalls herausstechend ist die umfassende Analyse der Risikofaktoren und der postoperativen Komplikationen. Im Gegensatz zu vielen anderen Arbeiten wird in dieser Studie explizit auf das Bestehen eines möglichen Schuhkonflikts eingegangen.

## 6 Schlussfolgerung

Im Rahmen dieser Forschungsarbeiten konnte gezeigt werden, dass ein zentraler, transachillärer Zugang mit vollständigem Débridement aller Pathologien zu guten Behandlungsergebnissen bei ATAs führt. Dies zeigte sich an den signifikanten Verbesserungen der PROMs (FFI, VAS FA, VISA-A-G, SF 12), und der Patient:innenzufriedenheit von 78% sehr zufriedenen Patient:innen. Die Ergebnisse ähnlicher Studien decken sich größtenteils mit den unseren [87, 89, 96-98, 100, 102, 110, 117, 119, 124, 126]. Trotz diesen prinzipiell vielversprechenden Ergebnissen verblieb ein relativ großer Anteil der Patient:innen (29% gemessen am VAS-FA, 47% gemessen am VISA-A-G) mit residualen Beschwerden.

Des Weiteren konnte eine signifikante Verbesserung des gesamten FFI im Zeitraum zwischen 1 Jahr postoperativ und dem finalen Follow-up ( $p < 0,001$ ) gezeigt werden. Es ist bereits bekannt, dass die Schmerzreduktion nach offenen Eingriffen bei ATA sehr lange, teils über 12 Monate, dauern kann [96, 125]. Aus den Daten unserer Studie lässt sich schließen, dass auch nach 12 Monaten weitere Verbesserungen eintreten können. Patient:innen die einen solchen Eingriff erwägen, müssen präoperativ über den langwierigen Heilungsprozess aufgeklärt werden.

Eine weitere Erkenntnis ist die Bedeutung des postoperativen Schuhkonfliktes als relevante Komplikation nach der operativen Therapie der ATA. Ein solcher trat in dieser Studie bei fast einem Drittel der Patient:innen auf und wurde meist durch eine schmerzhafte Narbe verursacht. Der postoperative Schuhkonflikt war dabei der führende Einflussfaktor, sowohl auf die subjektive Patient:innenzufriedenheit als auch deren Objektivierung mittels der erhobenen PROMs. Dieser Faktor könnte möglicherweise durch die Wahl einer anderen Schnittführung oder eines endoskopischen Verfahrens beeinflusst werden. Aber auch der postoperative Schuhkonflikt sollte ein essentieller Bestandteil der Patient:innenaufklärung werden.

Um die individuelle Behandlung der ATA zu optimieren, wird es nötig sein, die exakten Auslöser der Pathologien und der Beschwerden der ATA zu identifizieren. Mögliche histologische, biomechanische und genetische Faktoren die für die Entstehung einer ATA verantwortlich sind, müssen noch genauer untersucht werden. Dafür sind in der Zukunft prospektive, longitudinale Studien mit großen Patient:innenkohorten nötig.

## **7 Zusammenfassung**

### **Einleitung**

Die genaue Pathogenese der Ansatzendinopathie der Achillessehne verbleibt ungeklärt. Es werden unter anderem Alter, biomechanische Vorgänge und reduzierte Durchblutung diskutiert. Da es meist nicht möglich ist die beschwerdebereitende Pathologie zu bestimmen, ist das radikale, operative Débridement sämtlicher Pathologien im Bereich des Achillessehnenansatzes der aktuelle Behandlungsstandard nach frustraner konservativer Therapie. Die vorliegende Arbeit beruht auf zwei Studien und untersucht die subjektiven Behandlungsergebnisse, deren beeinflussende Faktoren und die Zugangsmorbidität eines zentralen, transachillären Zugangs mit komplettem Débridement bei Behandlung einer ATA.

### **Material und Methoden**

Es handelt sich um eine retrospektive Studie mit einem aktuellen Follow-up. Es wurden alle Patient:innen identifiziert, die an einem Referenzzentrum für Fuß- und Sprunggelenkchirurgie zwischen Januar 2010 und Oktober 2016 mittels eines zentralen, transachillären Zugangs mit vollständigem Débridement aufgrund einer primären Ansatzendinopathie der Achillessehne behandelt wurden.

Für alle Patient:innen wurden retrospektiv die Demographie, Vorerkrankungen, Details der Operation, Arbeitsunfähigkeit und Komplikationen erhoben. Anschließend wurden alle Patient:innen kontaktiert um die Informationen zu komplettieren und eine Reihe validierter PROMs (FFI, VISA-A-G, VAS FA und SF-12) zu erheben.

Fokus der ersten Studie war es, die subjektiven Behandlungsergebnisse anhand der PROMs zu erheben. Die erweiterte Analyse identifizierte Einflussfaktoren auf das subjektive Behandlungsergebnis.

Das Ziel der zweiten Studie war es, die Komplikationsrate zu erheben, sowie mögliche Einflussfaktoren auf die Komplikationsrate zu identifizieren. Dazu wurden in einem freien Fragebogen zudem die Sportfähigkeit, Patientenzufriedenheit und ein bestehender Schuhkonflikt erfasst.

## **Ergebnisse**

Von 118 Patient:innen (Follow-up: 63,4%) lagen Follow-ups von mindestens 12 Monaten und durchschnittlich 4,2 Jahren vor. Durchschnittlich waren die Patient:innen  $50 \pm 12$  Jahre alt.

Im Rahmen der ersten Studie zeigte sich eine Verbesserung des FFI von präoperativ 53 Punkten auf 2 Punkte im finalen Follow-up. Der VAS FA betrug 93 Punkte und der VISA-A-G ebenfalls 93 Punkte. Der SF-12, erbrachte als Lebensqualitätsscore für die physische Domäne 56 Punkte und für die mentale Domäne 55 Punkte. Damit führte das offene Débridement aller Pathologien mittels eines zentralen, transachillären Zugangs zu einer vollen Genesung (verglichen mit Werten der normalen Population) bei 62% der Patient:innen für den FFI, bei 71% der Patient:innen für den VAS FA, und bei 53% der Patient:innen für den VISA-A-G score

Im Rahmen der 2. Studie gaben 78% der Patient:innen an mit der Behandlung sehr zufrieden zu sein. 18 % waren zufrieden und 4 % unzufrieden. 89 % würden die Operation an Familie oder Freunde weiterempfehlen. Bei 14% der Patient:innen traten Minor-Komplikationen auf, davon waren 75% postoperative Wundinfektionen. 41 % gaben im VAS FA an, Probleme mit der Findung eines passenden Schuhs zu haben. Im FFI berichteten 32% über einen Schuhkonflikt. Weder die individuellen chirurgischen Maßnahmen, noch deren Summe, hatten einen Effekt auf die Komplikationsrate unserer Kohorte. Dahingegen schien ein postoperativer Schuhkonflikt einen negativen Einfluss auf die Patient:innenzufriedenheit und die PROMs zu haben ( $p < 0,001$ ).

## **Diskussion**

Der zentrale, transachilläre Zugang zur Behandlung der ATA mit Débridement aller Pathologien resultierte in einer guten postoperativen Patient:innenzufriedenheit, guten PROMs und einer moderaten Anzahl an Minor-Komplikationen. Dennoch kann aus dem Eingriff ein Schuhkonflikt resultieren, der sich negativ auf die Patient:innenzufriedenheit und die PROMs auswirkte. Zudem verblieben 29% (gemessen am VAS FA) der Patient:innen mit residualen Beschwerden verglichen mit der gesunden Population.

## **8 Danksagung**

Ich möchte mich ganz herzlich bei PD Dr. med. Sebastian Baumbach bedanken, für die Möglichkeit meine Promotionsarbeit unter seiner Leitung anfertigen zu dürfen, sowie für die hervorragende und tatkräftige Betreuung bei der Fertigstellung dieser Dissertation.

Vielen Dank auch an Dr. Hubert Hörterer, insbesondere für die freundliche und geduldige Anleitung bei der Datensammlung vor Ort.

Weiterhin möchte ich mich ausgesprochen bei meinen Eltern, meinem Bruder und meiner gesamten Familie für ihre liebevolle Unterstützung bedanken. Ihr seid mir große Vorbilder und der Rückhalt den ich durch euch erfahren darf ist einzigartig.

Großer Dank gilt auch meinem Partner Tobias Guggemos und meinen Freundinnen, vor allem Sarah Hubschneider und Annika Kreuzer, mit denen ich die Herausforderungen einer wissenschaftlichen Arbeit teilen konnte und die mich auf meinem Weg begleitet haben.

## 9 Literaturverzeichnis

1. Waldecker, U., G. Hofmann, and S. Drewitz, *Epidemiologic investigation of 1394 feet: coincidence of hindfoot malalignment and Achilles tendon disorders*. Foot Ankle Surg, 2012. **18**(2): p. 119-23.
2. Dayton, P., *Anatomic, Vascular, and Mechanical Overview of the Achilles Tendon*. Clin Podiatr Med Surg, 2017. **34**(2): p. 107-113.
3. Kim, P.J., et al., *Variability of insertion of the Achilles tendon on the calcaneus: an MRI study of younger subjects*. J Foot Ankle Surg, 2011. **50**(1): p. 41-3.
4. Lohrer, H., et al., *The Achilles tendon insertion is crescent-shaped: an in vitro anatomic investigation*. Clin Orthop Relat Res, 2008. **466**(9): p. 2230-7.
5. Apaydin, N., et al., *Relationships of the sural nerve with the calcaneal tendon: an anatomical study with surgical and clinical implications*. Surg Radiol Anat, 2009. **31**(10): p. 775-80.
6. Ahmed, I.M., et al., *Blood supply of the Achilles tendon*. J Orthop Res, 1998. **16**(5): p. 591-6.
7. Mahmut, *Functional anatomy of the Achilles tendon*. Knee Surgery Sporty Traumatology Arthroscopy, 2010.
8. Williams, J.G., *Achilles tendon lesions in sport*. Sports Med, 1986. **3**(2): p. 114-35.
9. Snow, S.W., et al., *Anatomy of the Achilles tendon and plantar fascia in relation to the calcaneus in various age groups*. Foot Ankle Int, 1995. **16**(7): p. 418-21.
10. Stecco, C., et al., *Plantar fascia anatomy and its relationship with Achilles tendon and paratenon*. J Anat, 2013. **223**(6): p. 665-76.
11. van Dijk, C.N., et al., *Terminology for Achilles tendon related disorders*. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 2011. **19**(5): p. 835-41.
12. Shaw, H.M., et al., *Development of the human Achilles tendon enthesis organ*. J Anat, 2008. **213**(6): p. 718-24.
13. Chen, T.M., et al., *The arterial anatomy of the Achilles tendon: anatomical study and clinical implications*. Clin Anat, 2009. **22**(3): p. 377-85.
14. Benjamin, M. and D. McGonagle, *The anatomical basis for disease localisation in seronegative spondyloarthropathy at entheses and related sites*. J Anat, 2001. **199**(Pt 5): p. 503-26.
15. Benjamin, M. and D. McGonagle, *The enthesis organ concept and its relevance to the spondyloarthropathies*. Adv Exp Med Biol, 2009. **649**: p. 57-70.
16. Benjamin, M., et al., *Microdamage and altered vascularity at the enthesis-bone interface provides an anatomic explanation for bone involvement in the HLA-B27-associated spondylarthritides and allied disorders*. Arthritis Rheum, 2007. **56**(1): p. 224-33.
17. Zantop, T., B. Tillmann, and W. Petersen, *Quantitative assessment of blood vessels of the human Achilles tendon: an immunohistochemical cadaver study*. Arch Orthop Trauma Surg, 2003. **123**(9): p. 501-4.
18. Webb, J., N. Moorjani, and M. Radford, *Anatomy of the sural nerve and its relation to the Achilles tendon*. Foot Ankle Int, 2000. **21**(6): p. 475-7.

19. Benjamin, M., et al., *The "enthesis organ" concept: why enthesopathies may not present as focal insertional disorders*. *Arthritis Rheum*, 2004. **50**(10): p. 3306-13.
20. Canoso, J.J., *The premiere enthesis*. *J Rheumatol*, 1998. **25**(7): p. 1254-6.
21. Rufai, A., J.R. Ralphs, and M. Benjamin, *Structure and histopathology of the insertional region of the human Achilles tendon*. *J Orthop Res*, 1995. **13**(4): p. 585-93.
22. Theobald, P.S. *Biomechanical analysis of the Achilles tendon enthesis organ*. 2006.
23. Waggett, A.D., et al., *Characterization of collagens and proteoglycans at the insertion of the human Achilles tendon*. *Matrix Biol*, 1998. **16**(8): p. 457-70.
24. Maffulli, N., et al., *Tenocytes from ruptured and tendinopathic achilles tendons produce greater quantities of type III collagen than tenocytes from normal achilles tendons. An in vitro model of human tendon healing*. *Am J Sports Med*, 2000. **28**(4): p. 499-505.
25. Puddu, G., E. Ippolito, and F. Postacchini, *A classification of Achilles tendon disease*. *Am J Sports Med*, 1976. **4**(4): p. 145-50.
26. Baumbach, S.F., et al., *[Insertional Achilles tendinopathy : Differentiated diagnostics and therapy]*. *Unfallchirurg*, 2017. **120**(12): p. 1044-1053.
27. Kang, S., D.B. Thordarson, and T.P. Charlton, *Insertional Achilles tendinitis and Haglund's deformity*. *Foot Ankle Int*, 2012. **33**(6): p. 487-91.
28. Sundararajan, P.P. and T.S. Wilde, *Radiographic, clinical, and magnetic resonance imaging analysis of insertional Achilles tendinopathy*. *J Foot Ankle Surg*, 2014. **53**(2): p. 147-51.
29. Vaishya, R., et al., *Haglund's Syndrome: A Commonly Seen Mysterious Condition*. *Cureus*, 2016. **8**(10): p. e820.
30. Riepert, T., et al., *[The incidence, age dependence and sex distribution of the calcaneal spur. An analysis of its x-ray morphology in 1027 patients of the central European population]*. *Rofo*, 1995. **162**(6): p. 502-5.
31. Benjamin, M., A. Rufai, and J.R. Ralphs, *The mechanism of formation of bony spurs (enthesophytes) in the achilles tendon*. *Arthritis Rheum*, 2000. **43**(3): p. 576-83.
32. Krahl, H., H.G. Pieper, and G. Quack, *[Bone hypertrophy as a results of training]*. *Orthopade*, 1995. **24**(5): p. 441-5.
33. Oliva, F., A.G. Via, and N. Maffulli, *Physiopathology of intratendinous calcific deposition*. *BMC Med*, 2012. **10**: p. 95.
34. Lui, P.P., et al., *Chondrocyte phenotype and ectopic ossification in collagenase-induced tendon degeneration*. *J Histochem Cytochem*, 2009. **57**(2): p. 91-100.
35. Maffulli, N., J. Wong, and L.C. Almekinders, *Types and epidemiology of tendinopathy*. *Clin Sports Med*, 2003. **22**(4): p. 675-92.
36. Klauser, A.S., et al., *Achilles tendon assessed with sonoelastography: histologic agreement*. *Radiology*, 2013. **267**(3): p. 837-42.
37. Movin, T., et al., *Tendon pathology in long-standing achillodynia. Biopsy findings in 40 patients*. *Acta Orthop Scand*, 1997. **68**(2): p. 170-5.
38. Nicholson, C.W., G.C. Berlet, and T.H. Lee, *Prediction of the success of nonoperative treatment of insertional Achilles tendinosis based on MRI*. *Foot Ankle Int*, 2007. **28**(4): p. 472-7.
39. Knobloch, K., et al., *Achilles tendon and paratendon microcirculation in midportion and insertional tendinopathy in athletes*. *Am J Sports Med*, 2006. **34**(1): p. 92-7.



40. Dean, B.J., S.L. Franklin, and A.J. Carr, *The peripheral neuronal phenotype is important in the pathogenesis of painful human tendinopathy: a systematic review*. Clin Orthop Relat Res, 2013. **471**(9): p. 3036-46.
41. Chimenti, R.L., et al., *Current Concepts Review Update: Insertional Achilles Tendinopathy*. Foot Ankle Int, 2017. **38**(10): p. 1160-1169.
42. Chimenti, R.L., et al., *Insertional achilles tendinopathy associated with altered transverse compressive and axial tensile strain during ankle dorsiflexion*. J Orthop Res, 2017. **35**(4): p. 910-915.
43. Lohrer, H. and T. Nauck, *Retrocalcaneal bursitis but not Achilles tendinopathy is characterized by increased pressure in the retrocalcaneal bursa*. Clin Biomech (Bristol, Avon), 2014. **29**(3): p. 283-8.
44. Theobald, P., et al., *The functional anatomy of Kager's fat pad in relation to retrocalcaneal problems and other hindfoot disorders*. J Anat, 2006. **208**(1): p. 91-7.
45. Holmes, G.B. and J. Lin, *Etiologic factors associated with symptomatic achilles tendinopathy*. Foot Ankle Int, 2006. **27**(11): p. 952-9.
46. Ames, P.R., et al., *Achilles tendon problems: not just an orthopaedic issue*. Disabil Rehabil, 2008. **30**(20-22): p. 1646-50.
47. Longo, U.G., M. Ronga, and N. Maffulli, *Achilles Tendinopathy*. Sports Med Arthrosc Rev, 2018. **26**(1): p. 16-30.
48. Krishna Sayana, M. and N. Maffulli, *Insertional Achilles tendinopathy*. Foot Ankle Clin, 2005. **10**(2): p. 309-20.
49. Fowler A, P.J., *Abnormality of the calcaneus as a cause of painful heel*. 1945.
50. Pavlov, H., et al., *The Haglund syndrome: initial and differential diagnosis*. Radiology, 1982. **144**(1): p. 83-8.
51. Chauveaux, D., et al., *A new radiologic measurement for the diagnosis of Haglund's deformity*. Surg Radiol Anat, 1991. **13**(1): p. 39-44.
52. van Sterkenburg, M.N., et al., *Appearance of the weight-bearing lateral radiograph in retrocalcaneal bursitis*. Acta Orthop, 2010. **81**(3): p. 387-90.
53. Baumbach, S.F., et al., *Do pre-operative radiologic assessment predict postoperative outcomes in patients with insertional Achilles tendinopathy?: a retrospective database study*. Arch Orthop Trauma Surg, 2021.
54. Chimenti, R.L., et al., *Utility of Ultrasound for Imaging Osteophytes in Patients With Insertional Achilles Tendinopathy*. Arch Phys Med Rehabil, 2016. **97**(7): p. 1206-9.
55. Debus, F., et al., *MRI in patients with Haglund's deformity and its influence on therapy*. Arch Orthop Trauma Surg, 2019. **139**(7): p. 903-906.
56. Dilger, C.P. and R.L. Chimenti, *Nonsurgical Treatment Options for Insertional Achilles Tendinopathy*. Foot Ankle Clin, 2019. **24**(3): p. 505-513.
57. Caudell, G.M., *Insertional Achilles Tendinopathy*. Clin Podiatr Med Surg, 2017. **34**(2): p. 195-205.
58. Roche, A.J. and J.D. Calder, *Achilles tendinopathy: A review of the current concepts of treatment*. Bone Joint J, 2013. **95-B**(10): p. 1299-307.
59. Fahlstrom, M., et al., *Chronic Achilles tendon pain treated with eccentric calf-muscle training*. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 2003. **11**(5): p. 327-33.
60. Jonsson, P., et al., *New regimen for eccentric calf-muscle training in patients with chronic insertional Achilles tendinopathy: results of a pilot study*. Br J Sports Med, 2008. **42**(9): p. 746-9.
61. Kedia, M., et al., *The effects of conventional physical therapy and eccentric strengthening for insertional achilles tendinopathy*. Int J Sports Phys Ther, 2014. **9**(4): p. 488-97.

62. Rompe, J.D., J. Furia, and N. Maffulli, *Eccentric loading compared with shock wave treatment for chronic insertional achilles tendinopathy. A randomized, controlled trial.* J Bone Joint Surg Am, 2008. **90**(1): p. 52-61.
63. Knobloch, K., *Eccentric training in Achilles tendinopathy: is it harmful to tendon microcirculation?* Br J Sports Med, 2007. **41**(6): p. e2; discussion e2.
64. Furia, J.P., [*Extracorporeal shockwave therapy in the treatment of chronic insertional Achilles tendinopathy*]. Orthopade, 2005. **34**(6): p. 571-8.
65. Furia, J.P., *High-energy extracorporeal shock wave therapy as a treatment for chronic noninsertional Achilles tendinopathy.* Am J Sports Med, 2008. **36**(3): p. 502-8.
66. Notarnicola, A., et al., *CHELT therapy in the treatment of chronic insertional Achilles tendinopathy.* Lasers Med Sci, 2014. **29**(3): p. 1217-25.
67. Notarnicola, A., et al., *SWAAT study: extracorporeal shock wave therapy and arginine supplementation and other nutraceuticals for insertional Achilles tendinopathy.* Adv Ther, 2012. **29**(9): p. 799-814.
68. Furia, J.P., *High-energy extracorporeal shock wave therapy as a treatment for insertional Achilles tendinopathy.* Am J Sports Med, 2006. **34**(5): p. 733-40.
69. Monto, R.R., *Platelet rich plasma treatment for chronic Achilles tendinosis.* Foot Ankle Int, 2012. **33**(5): p. 379-85.
70. Erroi, D., et al., *Conservative treatment for Insertional Achilles Tendinopathy: platelet-rich plasma and focused shock waves. A retrospective study.* Muscles Ligaments Tendons J, 2017. **7**(1): p. 98-106.
71. Di Matteo, B., et al., *Platelet-rich plasma: evidence for the treatment of patellar and Achilles tendinopathy--a systematic review.* Musculoskelet Surg, 2015. **99**(1): p. 1-9.
72. Filardo, G., et al., *Platelet-rich plasma in tendon-related disorders: results and indications.* Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 2018. **26**(7): p. 1984-1999.
73. Kearney, R.S., et al., *Injection therapies for Achilles tendinopathy.* Cochrane Database Syst Rev, 2015(5): p. CD010960.
74. Ekwueme, E.C., et al., *Prolotherapy Induces an Inflammatory Response in Human Tenocytes In Vitro.* Clin Orthop Relat Res, 2017. **475**(8): p. 2117-2127.
75. KD, R., *Prolotherapy: Basic science, clinical studies, and technique.* Pain procedures in clinical practice, 2000: p. S 172-190.
76. Banks, R.A., *A rationale for Prolotherapy.* Journal of Orthopaedic Medicine, 1991. **19**(3).
77. Maxwell, N.J., et al., *Sonographically guided intratendinous injection of hyperosmolar dextrose to treat chronic tendinosis of the Achilles tendon: a pilot study.* AJR Am J Roentgenol, 2007. **189**(4): p. W215-20.
78. Ryan, M., A. Wong, and J. Taunton, *Favorable outcomes after sonographically guided intratendinous injection of hyperosmolar dextrose for chronic insertional and midportion achilles tendinosis.* AJR Am J Roentgenol, 2010. **194**(4): p. 1047-53.
79. Buchanan, B.K., J.P. DeLuca, and K.P. Lammlein, *Technical Innovation Case Report: Ultrasound-Guided Prolotherapy Injection for Insertional Achilles Calcific Tendinosis.* Case Rep Orthop, 2016. **2016**: p. 1560161.
80. Morath, O., et al., *The effect of sclerotherapy and prolotherapy on chronic painful Achilles tendinopathy-a systematic review including meta-analysis.* Scand J Med Sci Sports, 2018. **28**(1): p. 4-15.

81. Ohberg, L. and H. Alfredson, *Sclerosing therapy in chronic Achilles tendon insertional pain-results of a pilot study*. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 2003. **11**(5): p. 339-43.
82. Den Hartog, B.D., *Insertional Achilles tendinosis: pathogenesis and treatment*. Foot Ankle Clin, 2009. **14**(4): p. 639-50.
83. Shakked, R.J. and S.M. Raikin, *Insertional Tendinopathy of the Achilles: Debridement, Primary Repair, and When to Augment*. Foot Ankle Clin, 2017. **22**(4): p. 761-780.
84. Ricci, A.G., et al., *The Central-Splitting Approach for Achilles Insertional Tendinopathy and Haglund Deformity*. JBJS Essent Surg Tech, 2020. **10**(1): p. e0035.
85. DeOrio, M.J. and M.E. Easley, *Surgical strategies: insertional achilles tendinopathy*. Foot Ankle Int, 2008. **29**(5): p. 542-50.
86. McAlister, J.E. and C.F. Hyer, *Safety of achilles detachment and reattachment using a standard midline approach to insertional enthesophytes*. J Foot Ankle Surg, 2015. **54**(2): p. 214-9.
87. Hardy, A., et al., *Functional outcomes and return to sports after surgical treatment of insertional Achilles tendinopathy: Surgical approach tailored to the degree of tendon involvement*. Orthop Traumatol Surg Res, 2018. **104**(5): p. 719-723.
88. Xia, Z., et al., *Lateral versus central tendon-splitting approach to insertional Achilles tendinopathy: a retrospective study*. Singapore Med J, 2019. **60**(12): p. 626-630.
89. Zhuang, Z., et al., *Central Tendon-Splitting Approach and Double Row Suturing for the Treatment of Insertional Achilles Tendinopathy*. Biomed Res Int, 2019. **2019**: p. 4920647.
90. Maffulli, N., et al., *Safety and outcome of surgical debridement of insertional Achilles tendinopathy using a transverse (Cincinnati) incision*. J Bone Joint Surg Br, 2011. **93**(11): p. 1503-7.
91. Jones, D.C. and S.L. James, *Partial calcaneal ostectomy for retrocalcaneal bursitis*. Am J Sports Med, 1984. **12**(1): p. 72-3.
92. Wagner, E., et al., *Technique and results of Achilles tendon detachment and reconstruction for insertional Achilles tendinosis*. Foot Ankle Int, 2006. **27**(9): p. 677-84.
93. Barg, A. and T. Ludwig, *Surgical Strategies for the Treatment of Insertional Achilles Tendinopathy*. Foot Ankle Clin, 2019. **24**(3): p. 533-559.
94. Kolodziej, P., R.R. Glisson, and J.A. Nunley, *Risk of avulsion of the Achilles tendon after partial excision for treatment of insertional tendonitis and Haglund's deformity: a biomechanical study*. Foot Ankle Int, 1999. **20**(7): p. 433-7.
95. Pilson, H., et al., *Single-row versus double-row repair of the distal Achilles tendon: a biomechanical comparison*. J Foot Ankle Surg, 2012. **51**(6): p. 762-6.
96. Nunley, J.A., G. Ruskin, and F. Horst, *Long-term clinical outcomes following the central incision technique for insertional Achilles tendinopathy*. Foot Ankle Int, 2011. **32**(9): p. 850-5.
97. McGarvey, W.C., et al., *Insertional Achilles tendinosis: surgical treatment through a central tendon splitting approach*. Foot Ankle Int, 2002. **23**(1): p. 19-25.

98. Greenhagen, R.M., et al., *Intermediate and long-term outcomes of the suture bridge technique for the management of insertional achilles tendinopathy*. Foot Ankle Spec, 2013. **6**(3): p. 185-90.
99. Ahn, J.H., et al., *Operative Treatment of Haglund Syndrome With Central Achilles Tendon-Splitting Approach*. J Foot Ankle Surg, 2015. **54**(6): p. 1053-6.
100. Ettinger, S., et al., *Operative Treatment of the Insertional Achilles Tendinopathy Through a Transtendinous Approach*. Foot Ankle Int, 2016. **37**(3): p. 288-93.
101. Gillis, C.T. and J.S. Lin, *Use of a Central Splitting Approach and Near Complete Detachment for Insertional Calcific Achilles Tendinopathy Repaired With an Achilles Bridging Suture*. J Foot Ankle Surg, 2016. **55**(2): p. 235-9.
102. Hunt, K.J., et al., *Surgical Treatment of Insertional Achilles Tendinopathy With or Without Flexor Hallucis Longus Tendon Transfer: A Prospective, Randomized Study*. Foot Ankle Int, 2015. **36**(9): p. 998-1005.
103. Irwin, T.A., *Current concepts review: insertional achilles tendinopathy*. Foot Ankle Int, 2010. **31**(10): p. 933-9.
104. Leitze, Z., E.J. Sella, and J.M. Aversa, *Endoscopic decompression of the retrocalcaneal space*. J Bone Joint Surg Am, 2003. **85**(8): p. 1488-96.
105. Jerosch, J., et al., *[Endoscopic calcaneoplasty (ECP) in Haglund's syndrome. Indication, surgical technique, surgical findings and results]*. Z Orthop Unfall, 2012. **150**(3): p. 250-6.
106. Howell, M.A., et al., *Calcific Insertional Achilles Tendinopathy-Achilles Repair With Flexor Hallucis Longus Tendon Transfer: Case Series and Surgical Technique*. J Foot Ankle Surg, 2019. **58**(2): p. 236-242.
107. Jeng, C.L., et al., *Relative strengths of the calf muscles based on MRI volume measurements*. Foot Ankle Int, 2012. **33**(5): p. 394-9.
108. Schon, L.C., et al., *Flexor hallucis longus tendon transfer in treatment of Achilles tendinosis*. J Bone Joint Surg Am, 2013. **95**(1): p. 54-60.
109. El-Tantawy, A. and W. Azzam, *Flexor hallucis longus tendon transfer in the reconstruction of extensive insertional Achilles tendinopathy in elderly: an improved technique*. Eur J Orthop Surg Traumatol, 2015. **25**(3): p. 583-90.
110. Elias, I., et al., *Outcomes of chronic insertional Achilles tendinosis using FHL autograft through single incision*. Foot Ankle Int, 2009. **30**(3): p. 197-204.
111. Horterer, H., et al., *Complications Associated With Midline Incision for Insertional Achilles Tendinopathy*. Foot Ankle Int, 2020. **41**(12): p. 1502-1509.
112. Horterer, H., et al., *Patient-Reported Outcomes of Surgically Treated Insertional Achilles Tendinopathy*. Foot Ankle Int, 2021: p. 10711007211023060.
113. Prause, G., et al., *Can ASA grade or Goldman's cardiac risk index predict peri-operative mortality? A study of 16,227 patients*. Anaesthesia, 1997. **52**(3): p. 203-6.
114. Budiman-Mak, E., K.J. Conrad, and K.E. Roach, *The Foot Function Index: a measure of foot pain and disability*. J Clin Epidemiol, 1991. **44**(6): p. 561-70.
115. Robinson, J.M., et al., *The VISA-A questionnaire: a valid and reliable index of the clinical severity of Achilles tendinopathy*. Br J Sports Med, 2001. **35**(5): p. 335-41.
116. Ware, J., Jr., M. Kosinski, and S.D. Keller, *A 12-Item Short-Form Health Survey: construction of scales and preliminary tests of reliability and validity*. Med Care, 1996. **34**(3): p. 220-33.

117. Miao, X.D., et al., *Treatment of Calcified Insertional Achilles Tendinopathy by the Posterior Midline Approach*. J Foot Ankle Surg, 2016. **55**(3): p. 529-34.
118. Lin, H.A., H.A. Chong, and W. Yeo, *Calcaneoplasty and reattachment of the Achilles tendon for insertional tendinopathy*. J Orthop Surg (Hong Kong), 2014. **22**(1): p. 56-9.
119. Johnson, K.W., C. Zalavras, and D.B. Thordarson, *Surgical management of insertional calcific achilles tendinosis with a central tendon splitting approach*. Foot Ankle Int, 2006. **27**(4): p. 245-50.
120. Watson, A.D., R.B. Anderson, and W.H. Davis, *Comparison of results of retrocalcaneal decompression for retrocalcaneal bursitis and insertional achilles tendinosis with calcific spur*. Foot Ankle Int, 2000. **21**(8): p. 638-42.
121. Yodlowski, M.L., A.D. Scheller, Jr., and L. Minos, *Surgical treatment of Achilles tendinitis by decompression of the retrocalcaneal bursa and the superior calcaneal tuberosity*. Am J Sports Med, 2002. **30**(3): p. 318-21.
122. DeVries, J.G., B. Summerhays, and D.W. Guehlstorf, *Surgical correction of Haglund's triad using complete detachment and reattachment of the Achilles tendon*. J Foot Ankle Surg, 2009. **48**(4): p. 447-51.
123. Maffulli, N., et al., *Calcific insertional Achilles tendinopathy: reattachment with bone anchors*. Am J Sports Med, 2004. **32**(1): p. 174-82.
124. Rigby, R.B., J.M. Cottom, and A. Vora, *Early weightbearing using Achilles suture bridge technique for insertional Achilles tendinosis: a review of 43 patients*. J Foot Ankle Surg, 2013. **52**(5): p. 575-9.
125. Carmont, M.R. and N. Maffulli, *Management of insertional Achilles tendinopathy through a Cincinnati incision*. BMC Musculoskelet Disord, 2007. **8**: p. 82.
126. Witt, B.L. and C.F. Hyer, *Achilles tendon reattachment after surgical treatment of insertional tendinosis using the suture bridge technique: a case series*. J Foot Ankle Surg, 2012. **51**(4): p. 487-93.
127. Calder, J.D. and T.S. Saxby, *Surgical treatment of insertional Achilles tendinosis*. Foot Ankle Int, 2003. **24**(2): p. 119-21.
128. Staggers, J.R., et al., *Reconstruction for chronic Achilles tendinopathy: comparison of flexor hallucis longus (FHL) transfer versus V-Y advancement*. Int Orthop, 2018. **42**(4): p. 829-834.

## **10 Abbildungsverzeichnis**

ABBILDUNG 1 GEFÄßVERSORGUNG DER ACHILLESSEHNE.....	8
ABBILDUNG 2 DAS ENTHESE ORGAN DER ACHILLESSEHNE .....	10
ABBILDUNG 3: DIAGRAMMARTIGE REPRÄSENTATION DES ENTHESE ORGANS DER ACHILLESSEHNE.....	11
ABBILDUNG 4 ANSATZ DER ACHILLESSEHNE AM KALKANEUS .....	12
ABBILDUNG 5: ENTWICKLUNG VON FERSENSPORN UND ENTHESE .....	17
ABBILDUNG 6: DARSTELLUNG RADIOLOGISCHER PARAMETER DES SEITLICHEN FUßES .....	22
ABBILDUNG 7: FLUSSDIAGRAMM DER PATIENT:INNENAUSWAHL.....	34
ABBILDUNG 8: INTRAOPERATIVE DARSTELLUNG EINER OFFENEN RESEKTION .....	36
ABBILDUNG 9: ERGEBNISSE DER PROMS.....	44

# 11 Tabellenverzeichnis

TABELLE 1: VON BAUMBACH ET AL. [26] VORGESCHLAGENE KLASSIFIKATION DER ANSATZTENDINOPATHIE DER ACHILLESSEHNE. ADAPTIERT NACH VAN DIJK ET AL. [11]	14
TABELLE 2: EINFLUSS VERSCHIEDENER FAKTOREN AUF DIE PROMS .....	45
TABELLE 3: EINFLUSS VERSCHIEDENER FAKTOREN AUF DIE INZIDENZ VON KOMPLIKATIONEN, SCHUHKONFLIKT UND SUBJEKTIVER PATIENT:INNENZUFRIEDENHEIT .....	48
TABELLE 4: PARAMETER VON STUDIEN ZUR OPERATIVEN THERAPIE VON ATA .....	51
TABELLE 5: PROMS VON STUDIEN ZUR OPERATIVEN BEHANDLUNG VON ATAS .....	55
TABELLE 6: KOMPLIKATIONS RATEN VON STUDIEN MIT OPERATIVER BEHANDLUNG VON ATA .....	59
TABELLE 7: PATIENT:INNENZUFRIEDENHEIT VON STUDIEN ZUR OPERATIVEN BEHANDLUNG VON ATA.....	61