

Centrum für Muskuloskeletale Chirurgie  
Klinik für Orthopädie und Unfallchirurgie,  
der Medizinischen Fakultät Charité – Universitätsmedizin Berlin

DISSERTATION

Postoperatives Outcome nach perkutaner  
Achillessehennaht mit dem Dresdner Instrument

zur Erlangung des akademischen Grades  
Doctor medicinae (Dr. med.)

vorgelegt der Medizinischen Fakultät  
Charité – Universitätsmedizin Berlin

von

Jakob Peter Schumann

aus Halle (Saale)

Datum der Promotion: 14.09.2018

# Inhaltsverzeichnis

<b>Abstract - deutsch</b> .....	<b>4</b>
<b>Abstract - englisch</b> .....	<b>6</b>
<b>1 Einleitung</b> .....	<b>7</b>
1.1 Epidemiologie der Achillessehnenruptur.....	7
1.2 Anatomie.....	8
1.2.1 Die besondere Stellung des Nervus suralis.....	10
1.3 Ätiopathogenese.....	10
1.3.1 Risikofaktoren für das Auftreten einer Achillessehnenruptur.....	11
1.3.2 Kortikosteroide.....	13
1.3.3 Fluorchinolone.....	13
1.4 Biomechanik der Achillessehne.....	14
1.5 Diagnostik der Achillessehnenruptur.....	15
1.6 Einteilung von Achillessehnenrupturen.....	17
1.6.1 Einteilung nach Pathomechanismus.....	17
1.6.2 Einteilung nach Lokalisation.....	17
1.6.3 Einteilung nach Symptomatik, klinischem Befund und Therapiebeginn.....	18
1.7 Pathophysiologie der Sehnenheilung.....	19
1.8 Therapie der akuten Achillessehnenruptur.....	21
1.8.1 Operation mit offener Naht bei frischen Achillessehnenrupturen.....	21
1.8.2 Konservative Therapie.....	23
1.8.3 Operation mit perkutaner Naht.....	24
1.8.4 Die perkutane Naht mit dem Dresdner Instrument.....	26
1.9 Operationsmethode.....	26
1.10 Ziel der Studie.....	28
<b>2 Patienten und Methoden</b> .....	<b>29</b>
2.1 Patientengut.....	29

2.2	Untersuchungstermin .....	30
2.2.1	Fragebogen.....	31
2.2.2	Klinische Untersuchung.....	32
2.3	Visuelle Analogskala .....	35
2.3.1	Schmerz.....	35
2.3.2	Funktionseinschränkung .....	35
2.4	Klinische Scores.....	35
2.4.1	Trillat-Score.....	35
2.4.2	AOFAS Ankle-Hindfoot-Score .....	36
2.4.3	100-Punkte-Score nach Thermann.....	38
2.4.4	Achilles-Tendon-Total-Rupture-Score (ATRS).....	38
2.5	Tegner-Aktivitätsscore.....	41
2.6	Postoperative Nachbehandlung .....	42
2.7	Statistische Auswertung .....	42
<b>3</b>	<b>Ergebnisse .....</b>	<b>43</b>
3.1	Alters- und Geschlechterverteilung.....	43
3.2	Seitenverteilung .....	44
3.3	Unfallursache und Unfallmechanismus .....	44
3.4	Unfallzeitpunkt.....	45
3.5	Behandlung.....	47
3.6	Körperliche Untersuchung.....	47
3.6.1	Komplikationen.....	47
3.6.2	Narbenverhältnisse .....	48
3.6.3	Achillessehnenbefund .....	48
3.6.4	Sensibilität.....	49
3.6.5	Bewegungsumfang .....	50
3.6.6	Wadenumfang.....	50
3.7	Sportliche Aktivität.....	51
3.8	Subjektive Patientenbewertung .....	53

3.9	Klinische Scores.....	54
3.9.1	Visuelle Analogskala für Schmerzen und Einschränkung.....	54
3.9.2	Trillat-Score.....	54
3.9.3	AOFAS-Score und 100-Punkte-Score nach Thermann .....	55
3.9.4	Achilles-Tendon-Total-Rupture-Score (ATRS).....	57
3.10	Abhängigkeit des postoperativen Outcome .....	57
3.10.1	... vom Geschlecht der Patienten.....	57
3.10.2	... vom Alter der Patienten .....	58
3.10.3	... vom Operationszeitpunkt.....	59
3.11	Rolle von ROM und Wadenumfang in der Bewertung der Operationsergebnisse.....	61
<b>4</b>	<b>Diskussion .....</b>	<b>63</b>
<b>5</b>	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>71</b>
<b>6</b>	<b>Abbildungsverzeichnis .....</b>	<b>83</b>
<b>7</b>	<b>Tabellenverzeichnis .....</b>	<b>86</b>
<b>8</b>	<b>Eidesstattliche Versicherung.....</b>	<b>89</b>
<b>9</b>	<b>Anteilerklärung an etwaigen erfolgten Publikationen.....</b>	<b>90</b>
<b>10</b>	<b>Curriculum Vitae.....</b>	<b>92</b>
<b>11</b>	<b>Danksagung.....</b>	<b>92</b>

## Abstract - deutsch

**Fragestellung:** In der Behandlung der frischen Achillessehnenruptur haben sich neben der offenen Achillessehnennaht und der konservativen Behandlung minimalinvasive Nahttechniken mittlerweile etabliert, wie die perkutane Naht mit dem Dresdner Instrument.

Ziel der Studie war es, das klinische Outcome und die postoperative Funktion von Patienten zu ermitteln, die aufgrund einer frischen Achillessehnenruptur mit dem Dresdner Instrument versorgt wurden, sowie die chirurgischen Komplikationen zu erfassen.

**Methodik:** Insgesamt wurden 121 Patienten (102 männlich, 19 weiblich) im Alter von  $44,5 \pm 10,2$  Jahren (24–73) mit einer durchschnittlichen Follow-up-Zeit von  $33,5 \pm 21,6$  Monaten (7–80) nachuntersucht. In der klinischen Untersuchung wurden OSG-Beweglichkeit (ROM), Wadenatrophie sowie Komplikationen, wie Rerupturen, Wundheilungsstörungen, Infekte und Suralisläsionen erfasst. Ferner wurden folgende klinische Scores ermittelt: AOFAS-Score, 100-Punkte-Score nach Thermann, Achilles-Tendon-Rupture-Score (ATRS) und Trillat-Score. Die Schmerzintensität und die Funktionseinschränkung wurden mittels der Visuellen Analogskala (VAS Schmerz/Funktion) evaluiert.

**Ergebnisse:** Die funktionelle Untersuchung der ROM ergab im Vergleich zur nicht-operierten Seite folgende Werte: Plantarflexion  $46,1 \pm 8,6 / 47,9 \pm 8,2^\circ$  und Dorsalextension  $14,5 \pm 4,6^\circ / 14,9 \pm 4,9^\circ$ . Die Wadenumfangsdifferenz betrug im Seitenvergleich: operierte Seite  $36,4 \pm 2,9$ cm, nicht-operierte Seite  $37,6 \pm 2,6$ cm. Drei Rerupturen (2,4%) wurden festgestellt. Suralisläsionen und Wundinfektionen wurden nicht beobachtet. Im AOFAS-Score und im 100-Punkte-Score nach Thermann lag die durchschnittliche Punktzahl bei  $95,3 \pm 6,6$  (74–100) resp.  $85,2 \pm 12,1$  (25–100). Der ATRS lag bei einem Mittelwert von  $85,4 \pm 14,8$  (19–100). Anhand des Trillat-Score wurden 49,2% der Patienten als „sehr gut“ und 40,7% als „gut“ eingestuft. Auf der Visuellen Analogskala (0–10) beurteilten die Patienten ihr postoperatives Ergebnis:

Schmerz  $0,6 \pm 1,0$  (0–7) resp. Funktionseinschränkung  $1,4 \pm 1,5$  (0–8).

**Schlussfolgerung:** Vor dem Hintergrund der überwiegend sehr guten und guten

klinischen objektiven und subjektiven Ergebnisse, der Patientenzufriedenheit sowie der geringen Rerupturrate stellt die perkutane Achillessehnennaht mit dem Dresdner Instrument eine berechtigte Alternative in der Therapie der frischen Achillessehnenruptur dar.

## Abstract - englisch

**Introduction:** The acute Achilles tendon rupture may be treated conservatively, by open suture or by minimal invasive percutaneous suture techniques. The aim of this study was to assess the clinical outcome and postoperative function of patients treated for an acute Achilles tendon rupture via percutaneous suture using the Dresden instruments.

**Methods:** One hundred and twenty one patients (102 men, 19 women; mean age 45 years) treated for acute Achilles tendon rupture with percutaneous suture using the Dresden instruments were followed for an average period of thirty-four months. Postoperative assessment was focused on surgical complications such as re-ruptures, wound infections and nerve lesions and on the functional outcome including range of motion (ROM) in the upper ankle joint, calf atrophy and patient-based assessment of postoperative pain and functional deficit using the visual analogue scale (VAS). Additional clinical scoring occurred by use of the American Orthopedic Foot and Ankle Society Score (AOFAS), the Thermann Score, the Achilles Tendon Total Rupture Score (ATRS) and the Trillat Score.

**Results:** Three re-ruptures occurred, with no incidence of wound infections or nerve lesions. In comparison to the healthy contralateral side, ROM for plantar flexion was  $46.1 \pm 8.6^\circ$  vs.  $47.9 \pm 8.2^\circ$ , with dorsiflexion  $14.5 \pm 4.6^\circ$  vs.  $14.9 \pm 4.9^\circ$ . The difference in calf-circumference was significant ( $36.4 \pm 2.9\text{cm}$  vs.  $37.6 \pm 2.6\text{cm}$ ,  $p=0.001$ ). Patient-based assessment of postoperative pain was  $0.6 \pm 1$  (0–7), and functional deficit was determined to be  $1.4 \pm 1.5$  (0–8). Clinical scoring resulted in an AOFAS-Score of  $95.3 \pm 6.6$  (74–100), a Thermann Score of  $85.2 \pm 12.1$  (25–100) and an ATRS score of  $85.4 \pm 14.8$  (19–100). As measured by the Trillat Score 49.2% of the patients reached a very good, and 40.7% a good result after the surgery.

**Conclusion:** The minimal invasive repair of acute Achilles tendon rupture by percutaneous suture using the Dresden instruments has a low incidence of re-rupture, wound infections or nerve lesions with offering excellent functional results and high patient satisfaction.

# 1 Einleitung

## 1.1 Epidemiologie der Achillessehnenruptur

Der französische Chirurg Ambroise Paré dokumentierte 1575 als erster die Ruptur der „tendo calcaneus“. Er beschrieb die Achillessehnenruptur wie folgt (übersetzt von T.Johnson)<sup>1</sup>: *„It is often rent or torn by a small occasion without any sign of injury or solution of continuity on the outside as by a little jump, the slipping aside of the foot, the too nimble getting on horseback, or the slipping of the foot out of the stirrup in mounting into the saddle. When this chance happens, it will give a crack like a coachman’s whip: above the head where the tendon is broken the depressed cavity may be felt with your finger; there is great pain in the part and the party is unable to go. This mischance may be amended by long lying and resting in bed and repelling medicines applied to the part ... neither must we promise to ourselves or to the patient certain or absolute health. But on the contrary at the beginning of the disease we must foretell that it will never be so cured, and that some relics may remain ...”*

In der heutigen Zeit ist die Achillessehnenruptur eine Verletzung des Freizeitsportlers mit steigender Inzidenz und daher zunehmender Relevanz für die behandelnden Ärzte. Leppilahti et al. beschrieben für Finnland eine Steigerung der Inzidenz von 2/100.000 in den Jahren 1979–1986 auf 12/100.000 von 1987 bis 1994<sup>2</sup>. Thermann konnte eine Vervierfachung der akuten Achillessehnenrupturen während der letzten 20 Jahre beobachten<sup>3</sup>. Heute werden ungefähr 5.000 Rupturen<sup>4</sup> pro Jahr mit einer Inzidenz von 18 auf 100.000 dokumentiert<sup>5,6</sup>. Zurückzuführen ist dies auf das steigende Bedürfnis vieler Menschen nach sportlicher Betätigung auch im mittleren und höheren Lebensalter<sup>7</sup>. Die Achillessehnenruptur hat mit einem Verhältnis von 1,7:1 bis 12:1<sup>8-10</sup> eine klare Präferenz beim männlichen Geschlecht. Der Altersgipfel für Männer liegt zwischen dem 30. und 40. Lebensjahr<sup>6,10</sup>, für Frauen etwa zwischen 40 und 49 Jahren<sup>9</sup>.

Ungefähr 80 % der Verletzungen ereignen sich während des Sports. Eine übergeordnete Rolle spielen hierbei die sogenannten Stop-and-go-Sportarten, charakterisiert durch schnelle Sprints, Antritte, Sprünge und abrupte Richtungswechsel, wie zum Beispiel im Badminton, Basketball und Fußball. Maffulli gibt im Seitenvergleich die Ruptur der linken Achillessehne als häufiger auftretend an<sup>11</sup>. Diese Verteilung zeigt auch eine aktuelle Meta-Analyse, wonach – so die Ergebnisse von sieben Studien – die linke Seite in einem Verhältnis von 1,2:1 häufiger betroffen ist. In seiner Übersichtsarbeit stellte Maffulli die



These auf, dass mehr Menschen rechts dominant sind und sich mit dem linken Bein abstoßen und es deshalb zu mehr linksseitigen Rupturen kommt. Jessing und Hansen beschrieben, dass bei einer einseitigen Achillessehnenruptur ein um 26 % erhöhtes Risiko für eine Ruptur der Gegenseite besteht<sup>12</sup>.

## 1.2 Anatomie

Die Achillessehne (siehe Abbildung 1.1), die Tendo calcaneus, ist die stärkste und längste Sehne des menschlichen Körpers. Sie resultiert aus der Vereinigung der Muskeln des Musculus triceps surae: dem Musculus gastrocnemius und dem Musculus soleus. Als gemeinsame Sehne inserieren diese am posterioren Tuber calcanei<sup>13</sup>. Am distalen Ende der Sehne, proximal der Ansatzstelle, liegt zwischen Calcaneus und Sehne die Bursa tendinis calcanei. Die beiden Köpfe des M. gastrocnemius – der mediale und der laterale Kopf – entspringen an der Rückseite des medialen und des lateralen Femur condylus. Der M. soleus, der unter dem M. gastrocnemius verläuft, hat seinen Ursprung posterior am proximalen Ende der Tibia und am proximalen Drittel der Fibula. Ungefähr 15 cm oberhalb der Ansatzstelle der Achillessehne vereinigen sich die beiden Köpfe des M. gastrocnemius zur Achillessehne. Die vollständige Verbindung des M. soleus mit dieser erfolgt weiter distal. Beginnend bei 12 cm proximal des Ansatzes verbinden sich einzelne Fasern, bis der M. soleus bei einer Höhe von ca. 5–6 cm proximal der Ansatzstelle vollständig in die Achillessehne eingeflossen ist<sup>14</sup>. Obwohl der Musculus plantaris nicht mit zur Achillessehne gehört, sollte er mit erwähnt werden, da er bei einigen operativen Therapien der Achillessehnenruptur Verwendung findet<sup>15</sup>. Der Muskel hat seinen Ursprung am Condylus lateralis femoris und der Kniegelenkscapsel auf Höhe des lateralen Kopfes des M. gastrocnemius. Die lange und sehr schmale Endsehne des



Abbildung 1.1 – Humanes Unterschenkelpräparat mit Darstellung des M. triceps surae, der Achillessehne und des Tuber calcanei: Einzelzeichnung gewundener Faserverlauf (Raschke et al.<sup>4</sup>)

M. plantaris zieht anschließend zwischen M. gastrocnemius und M. soleus abwärts. Sie inseriert unregelmäßig in die Soleusfaszie oder erreicht den Calcaneus.

Die Achillessehne besteht, ähnlich wie jede andere Sehne auch, zu größten Teilen aus Extrazellulärmatrix. Kollagen Typ I und Elastin machen hierbei mit bis zu 80% resp. 2% den größten Teil des Trockengewichts der Sehne aus. Ausgehend von den Kollagenmolekülen über Kollagensubfibrillen und Kollagenfibrillen bilden sich Kollagenfasern, die streng parallel angeordnet sind. Aufgrund gleichzeitig vorhandener elastischer Fasern haben diese in Ruhe einen gewellten Verlauf. Ausgehend von diesen bilden sich Primär-, Sekundär- und Tertiärbündel, die in ihrer Gesamtheit die Achillessehne bilden (siehe Abbildung 1.2). Umhüllt wird die Sehne von einem Peritendineum, das in das lockere Gleitgewebe des Paratenons übergeht. Zwischen diesen beiden Schichten befindet sich ein dünner Flüssigkeitsfilm, der Reibung reduziert und ein Gleiten ermöglicht<sup>16,17</sup>. Das Paratenon enthält sensible Lamellenkörperchen und dient mit seinen Gefäßen als Hauptblutversorgung der Achillessehne. Weitere Quellen der Durchblutung sind der muskulotendinöse Übergang und die Insertionsstelle der Sehne am Calcaneus<sup>18,19</sup>. Angiografische Untersuchungen haben gezeigt, dass der am wenigsten durchblutete Bereich der Achillessehne 2–6 cm proximal der Ansatzstelle liegt<sup>19</sup>. Saltzman und Tearse zeigten in ihrer Studie, dass 4 cm proximal vom Calcaneus die intratendinöse Kapillarversorgung am geringsten ist<sup>20</sup>. Die verminderte Gefäßversorgung und der Faserverlauf (siehe Biomechanik der Achillessehne) werden als Grund für das gehäufte Auftreten von Rupturen (80%) in diesem Bereich angesehen<sup>4,21</sup>.

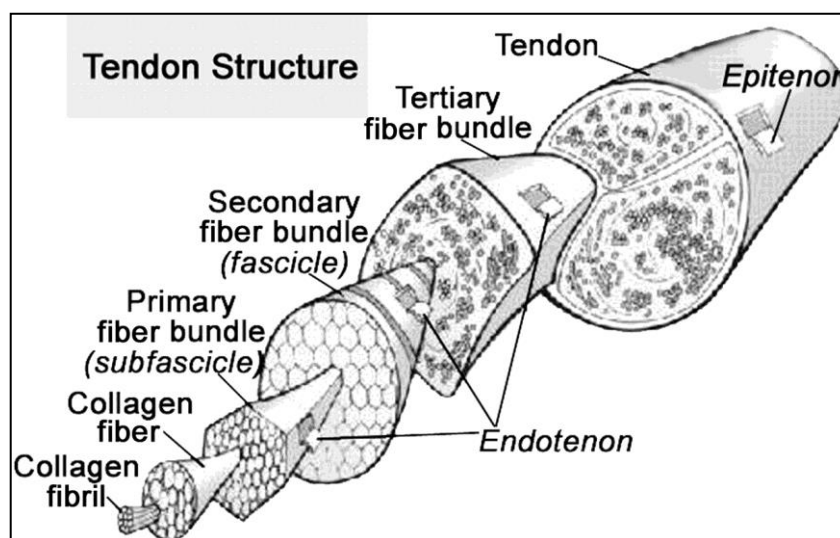


Abbildung 1.2 – Sehnenbau (Sharma et al.<sup>22</sup>)

### 1.2.1 Die besondere Stellung des Nervus suralis

Der Nervus suralis geht aus der Vereinigung des Nervus cutaneus surae medialis (aus dem Nervus tibialis) mit dem Ramus communicans fibularis des Nervus cutaneus surae lateralis (Abspaltung des Nervus fibularis communis) hervor. Der Nervus suralis verläuft zwischen den beiden Köpfen des M. gastrocnemius nach kaudal. Dabei liegt der Nerv oberflächlich auf der tiefen Faszie zusammen mit der Vena saphena parva und lagert sich lateral der Achillessehne an. Er dient der sensiblen Versorgung des lateral posterioren Unterschenkels, der Ferse sowie der lateralen Seite des Fußes.<sup>23</sup> Sein Verlauf führt von distal lateral der Achillessehne nach proximal medial. Auf einer Höhe von 9–12 cm proximal vom Achillessehnenansatz überkreuzt dieser die Achillessehne. An dieser Stelle besteht die größte Gefahr, den Nervus suralis bei einer Naht mit zu fixieren bzw. zu verletzen. Selbst 3 cm distal dieser besonders gefährdeten Zone liegt der Nerv lediglich 3–5 mm lateral der Achillessehne<sup>24</sup>, weshalb eine gute Darstellung in der offenen Achillessehnenchirurgie wichtig ist und es bei perkutanen Nahtverfahren ohne entsprechende Übersicht vermehrt zu Suralisläsionen kommt<sup>25-27</sup>.

### 1.3 Ätiopathogenese

Definition der Achillessehnenruptur laut der Leitlinien der deutschen Assoziation für Fußchirurgie (DAF)<sup>28</sup>:

*„Die Achillessehnenruptur ist eine teilweise oder vollständige Kontinuitätstrennung der Achillessehne am knöchernen Ansatz, im Sehnenbereich oder im Muskel-Sehnen-Übergang.“*

Der genaue pathophysiologische Mechanismus, warum es zu einer spontanen Achillessehnenruptur kommt, ist nicht bis ins Detail bekannt. Die meisten betroffenen Personen gaben vor dem Rupturereignis keine Beschwerden im Bereich der Achillessehne an. Histopathologische Untersuchungen an gerissenen Sehnen zeigten jedoch, dass nahezu immer degenerative Veränderungen an der Sehne nachweisbar waren<sup>21,29</sup>. Diese Veränderungen lassen sich unterteilen in nicht-inflammatorische Degenerationen (Tendinose) und chronisch entzündliche Veränderungen durch

dauerhafte Überbelastung (chronische Tendinopathie)<sup>30,31</sup>. So besteht ein direkter Zusammenhang zwischen einer chronischen Tendinopathie und der daraus folgenden spontanen Achillessehnenruptur<sup>31,32</sup>. Bei der degenerativen, nicht-entzündlichen Veränderung (Tendinose) können Schmerzen, die den Betroffenen warnen, mitunter fehlen<sup>32,33</sup>. Es kommt ohne erkennbare Ursache oder Ereignis<sup>34</sup> zu einer Verlagerung der Bildung von Kollagen I zum weniger belastbaren Kollagen III<sup>35</sup>. Dies führt aufgrund der Struktur des Kollagen III zu einer Auflösung der parallelen Anordnung der Kollagenfasern<sup>32</sup>. Maffulli et al.<sup>32</sup> beschrieben eine Änderung der Zellkernform der Tenozyten von spindelförmig zu rund, ähnlich der von Chondrozyten. Hypoxisch-mukoide Degenerationen mit Knotenbildung und Kalzifikationen führen zum „Aufspießen“ der Sehne und damit zum Kraftverlust der Sehnenfasern<sup>36</sup>. Die Strukturänderungen der Sehne und eine verminderte Blutversorgung im degenerativ veränderten Gebiet führen zu verminderter Belastbarkeit der Sehne und Spontanrupturen<sup>32,37</sup>.

Für ein entzündliches Geschehen in der Achillessehne sprechen Schmerzen bei Belastung und ödematöse Veränderungen. Es ist nicht geklärt, warum es zu einer Tendinopathie kommt. Die dauerhafte Überlastung wird hierbei als eine der Hauptursachen angesehen, denn durch die wiederholte Belastung – über die physiologische Grenze der Sehne hinaus – kommt es zu einer Entzündungsreaktion der Hülle oder zur Degeneration der Sehne selbst<sup>38,39</sup>. Die durch vermehrte Kraft hervorgerufenen Mikrotraumata in der Achillessehne spielen ebenfalls eine entscheidende Rolle in der Entstehung der Tendinopathie<sup>40</sup>. Es wird vermutet, dass die Überbelastung zusätzlich zu einer Avaskularisierung am Sehnenansatz führt und in der Folge zu einer verzögerten Sehnenheilung<sup>41</sup>.

### **1.3.1 Risikofaktoren für das Auftreten einer Achillessehnenruptur**

Es gibt verschiedene Faktoren, die in ihrer Kombination die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten einer Achillessehnenruptur erhöhen können. Die Risikofaktoren lassen sich in intrinsische und extrinsische Faktoren unterteilen<sup>42</sup>. Als intrinsische Einflüsse fasst man die patienteneigenen anatomischen sowie biomechanischen Voraussetzungen zusammen. Järvinen und Kannus<sup>42</sup> stellten die wichtigsten intrinsischen Risikofaktoren für eine Achillessehnenruptur zusammen.

**Tabelle 1.1 – Intrinsische Risikofaktoren für eine Achillessehnenruptur ( gemäss Järvinen et al.<sup>42</sup>)**

<b>Allgemeine Faktoren</b>	<b>Lokale (anatomische) Faktoren der unteren Extremität:</b>
Geschlecht Alter Übergewicht Konstitution: dünn oder kräftig Blutgruppe HLA-Typ Vorerkrankungen Blutversorgung Ischämien Hypoxie Hyperthermie	Fehlstellungen Hyper- oder Hypopronation des Fußes Varus- oder Valgusfehlstellung der Ferse Rückfuß varus oder valgus Pes planus oder cavus Genu valgum oder varum Patella alta oder baja Tibia vara Schenkelhals anteversion (Femur) Beinlängenunterschied Muskelschwäche oder Ungleichgewicht Verminderte Dehnbarkeit Gelenkkapsellaxizität

Zu den extrinsischen Risikofaktoren zählen Trainingsfehler, wie Überbelastung oder die zu schnelle Steigerung der Trainingsintensität ohne ausreichende Adaptation<sup>36</sup> an die Belastung. Diese könnte unter anderem eine Erklärung für das häufigere Auftreten von Achillessehnenverletzungen beim Freizeitsportler im Vergleich zum Profisportler sein<sup>4,43</sup>. Eine Übersicht über die häufigsten extrinsischen Faktoren wurde ebenfalls von Järvinen und Kannus<sup>42</sup> zusammengestellt.

**Tabelle 1.2 – Extrinsische Risikofaktoren für eine Achillessehnenruptur (gemäss Järvinen et al.<sup>42</sup>)**

<b>Medikamentöse Faktoren</b>	<b>Sport-abhängige Faktoren</b>
Fluorchinolone Kortikosteroide (lokal oder systemisch) Anabolika Drogen: - Cannabis - Heroin - Kokain	Überbelastung durch - Geschwindigkeit der Bewegung - Art der Bewegung - Anzahl an Wiederholungen - Schuhwerk - Trainingsuntergrund Trainingsfehler - zu lange Strecken - zu schnelle Steigerung - zu hohe Intensität - Ermüdung - falsche Technik Umweltbedingungen - Kälte/Wärme - Luftfeuchtigkeit - Höhenlage - Wind Falsche Ausrüstung - ungeeignetes Schuhwerk

### 1.3.2 Kortikosteroide

Es ist schon seit längerer Zeit bekannt, dass die systemische und die lokale Anwendung von Kortikosteroiden im Zusammenhang mit einem erhöhten Risiko für Achillessehnenrupturen steht<sup>44,45</sup>. Bereits in den 1970er-Jahren wurde in einer Studie gezeigt, dass Injektionen von Hydrokortison in die Achillessehne von Kaninchen innerhalb von 45min zu Nekrosen in der Sehne führten<sup>46</sup>. Sicher scheint, dass die Kortikosteroide mit ihrer anti-inflammatorischen Wirkung anfängliche Symptome einer Tendinopathie kaschieren. Was dazu führt, dass die Patienten anschließend trotz einer Schädigung der Sehne weiterhin aktiv Sport betreiben und somit die Gefahr einer Ruptur steigt<sup>47</sup>. Speed et al. zeigten in einem Review über die lokale Injektion von Kortikosteroiden bei Tendinopathien, dass es nicht genug Evidenz gibt, die eine lokale Injektion von Steroiden befürwortet<sup>48</sup>.

### 1.3.3 Fluorchinolone

Tendinopathien von großen Sehnen im Zusammenhang mit der Einnahme von Fluorchinolonen sind in der Literatur vielfach beschrieben und haben eine Inzidenz für alle Sehnen von 0,14–0,4%<sup>49</sup>. Die Symptome bewegen sich zwischen leichten Schmerzen im Bereich der betroffenen Sehne bis hin zur kompletten Ruptur der Sehne. Die Verschreibung von Fluorchinolonen ist in den letzten Jahren in den USA signifikant angestiegen<sup>50</sup>, weshalb dieses Antibiotikum als Risikofaktor für die spontane Ruptur der Achillessehne eine wichtige Rolle spielt. In Studien wurde ein signifikant erhöhtes Risiko für eine Achillessehnenruptur unter Fluorchinoloneinnahme beschrieben, wobei das Rupturrisiko ungefähr einen Monat nach Erstanwendung am höchsten zu sein schien<sup>51-54</sup>. Ein Review zu dieser Thematik aus dem Jahr 2013 bestätigte die Vermutung, dass unter Fluorchinoloneinnahme eine erhöhte Wahrscheinlichkeit für eine Achillessehnenruptur besteht und sich das Risiko durch die gleichzeitige Einnahme von Kortikosteroiden noch weiter erhöht<sup>55</sup>.

## 1.4 Biomechanik der Achillessehne

Aufgrund ihres Verlaufs dorsal der Bewegungsachse des Sprunggelenks dient die Achillessehne als Kraftüberträger zur Plantarflexion im oberen Sprunggelenk und durch ihre mechanische Achse als Supinator im unteren Sprunggelenk<sup>56</sup>. Die primäre Aufgabe des Musculus gastrocnemius liegt dabei in der Plantarflexion, wo hingegen der Musculus soleus primär eine Haltefunktion einnimmt und dazu dient, den Körper während des Stehens vor dem „Nach-vorne-Fallen“ zu bewahren. Die Fasern der Achillessehne verlaufen vom Ursprung der Sehne (ca. 12–15 cm proximal vom Calcaneus) bis zu ihrem Ansatz spiralförmig (siehe Abbildung 1.1). An dem Punkt, an dem sich der Musculus gastrocnemius und der Musculus soleus vereinen, beginnt die Rotation der Achillessehne, so dass diese 90° rotiert am Calcaneus ansetzt<sup>56</sup>. Die Rotation erreicht ihr Maximum ungefähr 5–6cm vom Ursprung. Es bildet sich eine Art Sehnentaille, an deren Stelle die Wahrscheinlichkeit für eine Ruptur am höchsten ist<sup>4,21,28</sup>. In-vivo-Untersuchungen konnten zeigen, dass die Kräfte, die auf die Achillessehne wirken, bei ungefähr 2.000N beim Gehen liegen. Diese Kräfte können jedoch unter Extrembelastungen (Geräteturnen) bis auf 15.000N ansteigen<sup>34,57</sup>. Die Angaben differieren stark mit biomechanischen Messungen, bei denen dynamische Maximalkräfte von bis zu 9.000N gemessen wurden<sup>34</sup>. Eine Erklärung dafür ist der aktive Rückkopplungsmechanismus zwischen der Sehnenspindele am Achillessehnenansatz und dem Musculus triceps surae, bei dem die Sehnenspannung Einfluss auf die Innervation des Muskels nimmt. Zusätzlich generiert sich eine erhöhte Belastbarkeit in vivo durch die physiologische Rotation und ihre Elastizität<sup>34</sup>. So erscheint die Sehne im Ruhezustand gewellt und entspannt<sup>58</sup>. Bei Belastung ist so eine viskoelastische Elongation von 4% ohne irreversible, strukturelle Schäden tolerierbar. Zwischen 4–8% kommt es zu einem Gleiten der Kollagenfasern und dem Unterbrechen der Kollagen-Cross-Links. Ab einer Elongation von 8% kann es zu makroskopischen Schäden des Kollagenfaserverbundes und einer damit verbundenen Ruptur der Achillessehne kommen<sup>11,34</sup>.

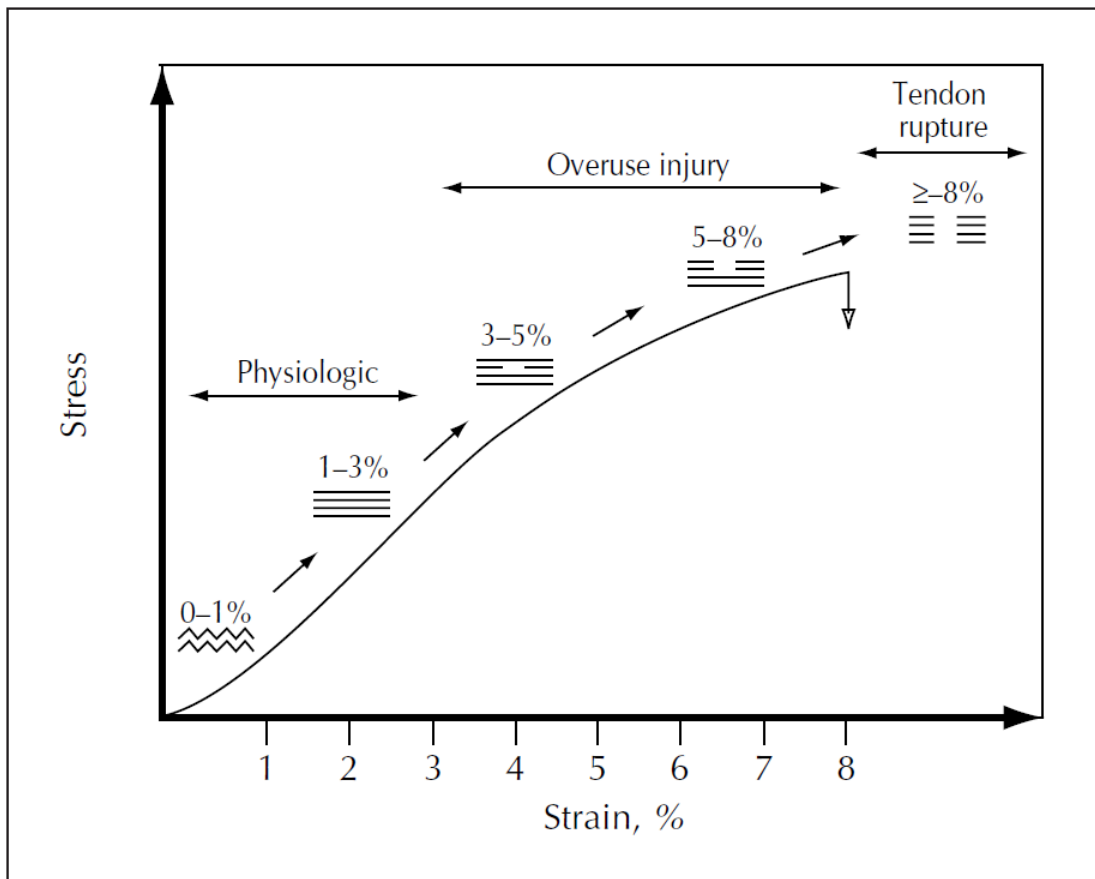


Abbildung 1.2 – Die Graphik stellt die Kraft im Verhältnis zur Dehnbarkeit der Achillessehne dar: Die gewellten Linien stehen für die entspannten Fasern; gerade, nicht unterbrochene Linien stehen für belastete Fasern; unterbrochene Linien stehen für Mikrotraumata in der Sehne; das vollständig unterbrochene Set von Linien steht für eine makroskopische Ruptur (Järvinen et al.<sup>42</sup>)

## 1.5 Diagnostik der Achillessehnenruptur

Die Diagnose einer Achillessehnenruptur ergibt sich in erster Linie aus einer unfallspezifischen Anamnese und der körperlichen Untersuchung<sup>28</sup>. Wie einleitend erwähnt, befindet sich der typische Patient im mittleren Lebensalter, ist männlich und Freizeitsportler. Der Patient beschreibt häufig einen einschießenden Schmerz und einen „peitschenartigen Knall“ mit anschließendem Kraft- und Funktionsverlust des betroffenen Unterschenkels.

Zu der klinischen Untersuchung gehört neben der Inspektion – mit dem besonderen Augenmerk auf äußere Verletzungszeichen, wie Hämatom und Schwellung (im akuten Fall meist noch fehlend) – die Palpation der Achillessehne. In einer Vielzahl von Fällen ist eine Unterbrechung des Sehnenverlaufs der Achillessehne zu palpieren (Spezifität: 0,89; Sensitivität: 0,76<sup>59</sup>). Mittels verschiedener klinischer Tests lässt sich die Funktion



der Achillessehne prüfen. Die klinischen Untersuchungen mit einer hohen Sensitivität und Spezifität sind der Matles-Test<sup>60</sup> (Spezifität: 0,85; Sensitivität: 0,88<sup>59</sup>) und der Thompson-Simmonds-Test<sup>61</sup> (Spezifität: 0,93; Sensitivität: 0,96<sup>59</sup>). Ein Einbeinzehenstand ist auf der betroffenen Seite nicht mehr möglich<sup>62</sup>.

Die Sonographie der Achillessehne ist neben der klinischen Untersuchung das meistgenutzte diagnostische Verfahren<sup>63</sup> und hat einen hohen diagnostischen Stellenwert. Im Ultraschall erscheint eine intakte Achillessehne als ein hypoechogenes Band, das von zwei hyperechogenen Streifen umfasst wird<sup>64</sup> (Abbildung 1.4). Durch die Möglichkeit der dynamischen Untersuchung lässt sich in der Sonographie die Rupturzone in Neutral-Null-Stellung sowie in 20°-Flexionsstellung darstellen. Mit Hilfe dessen kann man eine mögliche Adaptation der Sehnenenden und eine bei Partialrupturen noch vorhandene Kraftübertragung beurteilen.

Die konventionelle Röntgendiagnostik spielt nur bei einer knöchernen Avulsionsfraktur eine Rolle. In der einfachen lateralen Aufnahme des oberen Sprunggelenks können ein verzeichnetes bzw. verändertes Kager'sches Dreieck<sup>65</sup> sowie das Toygar'sche Zeichen<sup>66</sup> ein Hinweis auf eine subkutane Achillessehnenruptur sein. Die Magnetresonanztomographie (MRT) ist die Methode der Wahl bei inkompletten Rupturen und verschiedenen chronisch-degenerativen Veränderungen der Achillessehne<sup>10</sup>, sollte aber im akuten Fall nicht zu einer Zeitverzögerung führen.

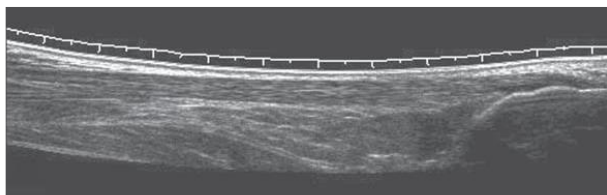


Abbildung 1.3 – Longitudinaler Schnitt Achillessehne vom muskulotendinösen Übergang bis zum Ansatz am Calcaneus (The Achilles Tendon<sup>67</sup>)

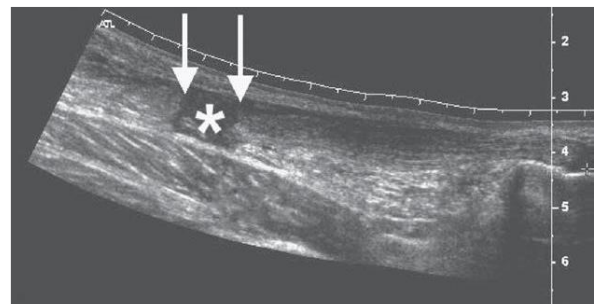


Abbildung 1.4 – Longitudinaler Schnitt Achillessehne mit sichtbarer Lücke (Stern) und Rupturenden (Pfeile) (The Achilles Tendon<sup>67</sup>)

## 1.6 Einteilung von Achillessehnenrupturen

### 1.6.1 Einteilung nach Pathomechanismus

#### *Spontane Ruptur*

Ruptur einer degenerativ veränderten Sehne während des Laufens auf ebener Fläche, ohne erkennbaren Pathomechanismus. Diese Form tritt häufig unter immunsuppressiver Therapie auf<sup>34</sup>.

#### *Ruptur durch indirekte Krafteinwirkung*

Zu dieser am häufigsten auftretenden Ruptur kommt es bei massiv einwirkender Zugkraft, zum Beispiel bei gleichzeitiger passiver Dorsalextension und Auslösung des Muskeleigenreflexes, wie es beim Abrutschen von einer Treppenstufe auftritt<sup>34</sup>.

#### *Ruptur durch direkte Krafteinwirkung*

Achillessehnenrupturen durch ein äußeres, direktes Trauma sind äußerst selten<sup>34</sup>. Ein möglicher Trauma-Auslöser wäre beispielsweise das direkte „Tackling“ beim Fußball in das Standbein des Gegenspielers.

### 1.6.2 Einteilung nach Lokalisation

#### *Ruptur in der Sehnenmitte*

Diese Ruptur befindet sich in einem Bereich, der ungefähr 2–6 cm Zentimeter proximal des Ansatzes der Achillessehne liegt. Ca. 80–90% aller Achillessehnen rupturieren in dieser Zone, so dass man diese Stelle auch als „loco typico“ für die Achillessehnenruptur bezeichnet<sup>28,34</sup>.

#### *Proximale Ruptur am muskulotendinösen Übergang*

Diese Art der Ruptur wird auch als „tennis leg“ bezeichnet, sie entsteht vor allem bei forcierter Dorsalextension mit gleichzeitiger Extension im Knie, was zu einer gleichzeitigen Kontraktion und Dehnung im Musculus gastrocnemius führt<sup>68</sup>. Sie tritt mit einer Häufigkeit von ungefähr 7% auf<sup>34</sup>.

### *Distale Ruptur, kalkaneusnahe Ruptur*

Nur ungefähr 3% aller Achillessehnenrupturen treten am distalen Ansatz der Achillessehne auf<sup>34</sup>. Es kann zu einer ossären Mitbeteiligung am Calcaneus kommen.

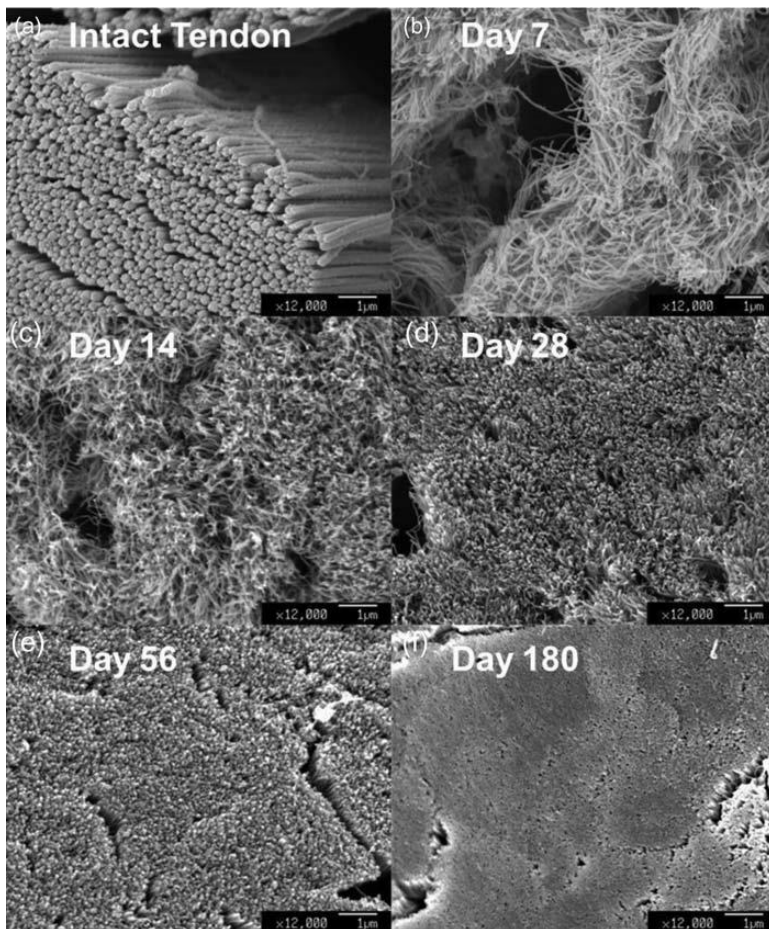
## 1.6.3 Einteilung nach Symptomatik, klinischem Befund und Therapiebeginn

Tabelle 1.3 – Einteilung der Achillessehnenrupturen nach Symptomatik, klinischen Befund und Therapiebeginn (Amlang et al.<sup>34</sup>)

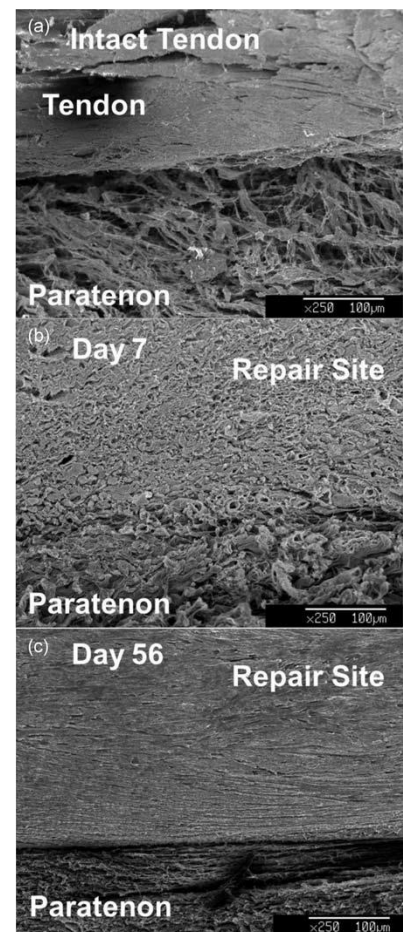
Klinischer Typ	Charakteristik
<b>Akute (frische) Achillessehnenruptur</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Typische Symptomatik mit Trauma</li><li>- Therapiebeginn in den ersten 72 Stunden nach Rupturereignis</li></ul>
<b>Spontane Achillessehnenruptur</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Unsicheres oder fehlendes Rissereignis in der Anamnese</li><li>- Keine typische Pathomechanik</li><li>- Geringe Schmerzsymptomatik</li><li>- Nachweis einer Funktionseinschränkung durch komplette Achillessehnenruptur</li></ul>
<b>Veraltete Achillessehnenruptur</b> <i>- subakute Achillessehnenruptur</i>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Typische Symptomatik mit Rissereignis</li><li>- Therapiebeginn 4. Tag bis 4. Woche nach dem Rupturereignis</li></ul>
<i>- chronische Achillessehnenruptur</i>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Typische Symptomatik mit Rissereignis</li><li>- Therapiebeginn später als 4 Wochen nach Rupturereignis</li></ul>

## 1.7 Pathophysiologie der Sehnenheilung

Die Blutversorgung der Achillessehne erfolgt zum größten Teil vom Paratenon, was die Achillessehne als extrasynoviale Sehne charakterisiert. Bei der extrasynovialen Sehnenheilung wandern die Tenozyten vom Paratenon aus in die Rupturzone<sup>22</sup>. Die Heilung verläuft in drei sich überlappenden Phasen ab. Die ersten 24 Stunden nach der Ruptur werden als inflammatorische Phase bezeichnet. Erythrozyten, Thrombozyten und inflammatorische Zellen sammeln sich chemotaktisch in dem Rupturgebiet und bauen nekrotisches Material über Phagozytose ab. Durch ausgeschüttete vasoaktive Faktoren und einer vermehrten Gefäßpermeabilität kommt es zur Anregung der Angiogenese sowie der Einwanderung von Tenozyten. Bereits in dieser Phase kommt es durch die Tenozyten zur initialen Bildung von Kollagen Typ III. Nach ein paar Tagen schließt sich als zweites die proliferative Phase an, in der die Bildung von Kollagen Typ III ihren Höhepunkt erreicht. Ungefähr sechs Wochen nach der initialen Bildung findet ein „Remodeling“ des Kollagens statt. In den Wochen sechs bis zehn kommt es zur vermehrten Bildung des belastbareren Kollagen I. Gleichzeitig wird durch einsetzende Belastung und das Gleiten der Sehne eine Änderung der Kollagenstruktur in Richtung der Zugkraft induziert<sup>22,69</sup>. Die Details dieser Änderung an der menschlichen Achillessehne sind zum aktuellen Zeitpunkt noch nicht ausreichend erforscht. Sasaki et al.<sup>70</sup> konnten an Rattenpräparaten zeigen, dass zwischen Tag 7 und Tag 56 eine deutliche Umstrukturierung des Kollagens von einem ungeordneten, eher wellenartigen Verlauf hin zu einem axial ausgerichteten parallelen Verlauf der Kollagenfibrillen stattfindet (siehe Abbildung 1.6 und 1.7). Ab der zehnten Woche beginnt der Prozess des narbigen Umbaus der Sehne. Es kommt zu einer Änderung des lockeren, faserigen Gewebes in ein narbiges, sehniges Gewebe. Während dieses Prozesses, der bis zu einem Jahr dauern kann, verringert sich die Neovaskularisierung und der Metabolismus der Tenozyten<sup>22</sup>. Ein Problem der Heilung sind Adhäsionen zwischen dem Sehngewebe und den umliegenden Gewebsschichten. Bei einer Verletzung des Paratenons (durch den Unfallmechanismus selbst oder durch einen operativen Eingriff) kommt es zur Einsprossung von Granulationsgewebe und Tenozyten aus der Umgebung innerhalb des Paratenons, was zu vermehrten Adhäsionen führt<sup>22</sup>.



**Abbildung 1.5 – SEM Sehnenheilung: Querschnitt im Zentrum der Sehne:** Zunahme der Dichte der Kollagenfibrillen bis zum 180. Tag nach Operation; a) intakte Achillessehne, b) Tag 7 postOP, c) Tag 14 postOP, d) Tag 28 postOP, e) Tag 56 postOP, f) Tag 180 postOP (Sasaki et al.<sup>70</sup>)



**Abbildung 1.6 – SEM Sehnenheilung:** Längsschnitt Achillessehne am Übergang zum Paratenon: a) intakte Achillessehne – deutlich differenzierte Transitionszone zwischen Sehne und Paratenon, b) Tag 7 postOP – Transitionszone ist nicht klar differenzierbar, c) Tag 56 postOP – Grenze zwischen Sehne und Paratenon und deutlich erkennbar (Sasaki et al.<sup>70</sup>)

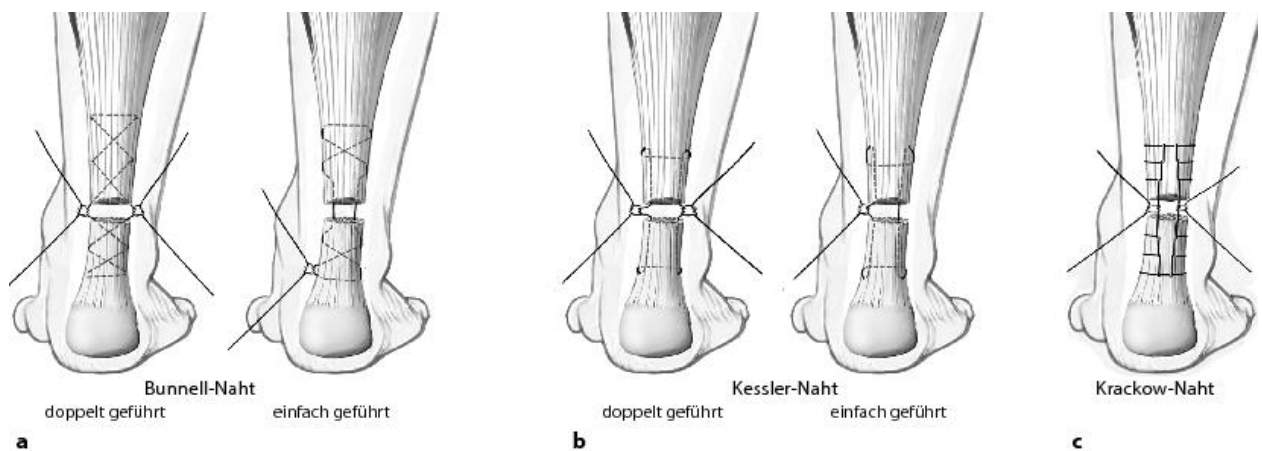
## **1.8 Therapie der akuten Achillessehnenruptur**

Im Laufe der Zeit wurden verschiedene Verfahren zur Therapie der akuten Achillessehnenruptur entwickelt. Meta-Analysen prospektiver-randomisierter Studien können zum aktuellen Zeitpunkt keine klare Therapieempfehlung für die akute Achillessehnenruptur geben<sup>25,26</sup>. Die Therapieoptionen unterteilen sich grundsätzlich in operative und konservative Therapieverfahren. Nistor<sup>71</sup> veröffentlichte 1981 die erste randomisierte kontrollierte Studie (RCT) zu diesem Thema. Es folgten weitere Level-I-Studien, die 2010, 2012 und 2013 in drei großen Meta-Analysen zusammengefasst wurden<sup>25,26,27</sup>. Diese Studien postulierten eine signifikant geringere Rate an Rerupturen (4%)<sup>26</sup> für die offen-chirurgische Vorgehensweise gegenüber der konservativen Therapie (10%)<sup>26</sup>. Die geringe Rerupturrate schien jedoch jeweils mit einer vergleichsweise erhöhten Rate an anderen postoperativen Komplikationen einherzugehen: 27% versus 7%<sup>26</sup>. Wundheilungsstörungen und Adhäsionen im Bereich der Narbe waren die häufigsten Komplikationen bei der offen-chirurgischen Methode. Ein Versuch, die Wundheilungsstörungen bei der operativen Therapie zu verringern, stellt die Technik der perkutanen Naht dar, die 1977 erstmals von Ma und Griffith beschrieben wurde<sup>72</sup>. Eine Meta-Analyse erster RCTs zu diesem Thema zeigte, dass die Rate an postoperativen Komplikationen (ausgenommen Rerupturen) signifikant geringer war (8,3%) bei ähnlich hoher Rate an Rerupturen (3%). Gleichzeitig wurde jedoch auch gezeigt, dass die in den Studien angewendeten perkutanen Nahttechniken eine erhöhte Zahl an Läsionen des Nervus suralis als eine Hauptkomplikation mit sich bringen<sup>73,74</sup>.

### **1.8.1 Operation mit offener Naht bei frischen Achillessehnenrupturen**

Es gibt verschiedene Methoden, die Sehnenstümpfe bei der operativ offenen Versorgung wieder zusammenzuführen. Diese reichen von dem in den 1970er- und 1980er-Jahren durchgeführten Kleben mit Fibrinkleber<sup>75-77</sup> bis hin zu den heutzutage häufig eingesetzten und bewährten Nahttechniken nach Kirchmayr/Kessler<sup>78</sup>, Krackow<sup>79</sup> und Bunnell (siehe Abbildung 8). Ausgehend von Studien an Tierkadavern zu den verschiedenen Nähten erreicht die Technik nach Krackow die höchste Rissfestigkeit<sup>80,81</sup>. Brett et al. zeigten in einer Studie an 18 menschlichen Leichen, dass bei einer Dopplung der Naht für alle drei genannten Techniken die gleiche Maximalbelastung erreicht werden kann. Wie einleitend

bereits erwähnt, liegt die Rate an Rerupturen in Meta-Analysen verschiedener RCTs bei 4%<sup>25,26</sup>. Das Hauptargument gegen eine offen-chirurgische Versorgung ist die hohe Rate an chirurgischen Komplikationen. In einer Übersichtsarbeit von Popovic und Lemaire mit 4.477 eingeschlossenen Patienten lag die Komplikationsrate bei 12,5%, wobei oberflächliche Wundinfektionen mit 6,5% das Hauptproblem darstellten<sup>82</sup>. Eine aktuelle Studie aus Schweden beschreibt bei 12% der operierten Patienten eine oberflächliche Wundinfektion<sup>83</sup>. Tiefe Sehneninfektionen können im schlimmsten Fall zum Verlust der Achillessehne führen<sup>84,85</sup>. Allgemeine Faktoren für Wundheilungsstörungen sind das Alter, Nikotinabusus, Diabetes mellitus, das Geschlecht, der BMI sowie systemische Steroidanwendung. Bruggeman et al. untersuchten die Risikofaktoren, die zu einer Wundheilungsstörung bei der offenen Naht führen können<sup>86</sup>. In dieser Studie waren Nikotin, systemische Steroide sowie das weibliche Geschlecht mit einem signifikant erhöhten Risiko für eine Wundheilungsstörung verknüpft. 42,1% der Patienten mit mindestens einem der allgemeinen Risikofaktoren erlitten eine postoperative Störung der Wundheilung, womit das Risiko circa um das Vierfache höher lag als bei Patienten ohne Risikofaktoren.



**Abbildung 1.7 – Schematische Darstellung verschiedener Achillessehnennähte: a) nach Bunnell, b) nach Kessler, c) nach Krackow (Atlas sportorthopädisch-sporttraumatologische Operationen<sup>87</sup>)**

## 1.8.2 Konservative Therapie

Die konservative Therapie kann grundsätzlich bei Patienten jeden Alters und Anspruchs durchgeführt werden und muss deshalb als alternative Behandlungsmethode dem Patienten mit angeboten werden. Ziel ist es, die beiden Sehnenstümpfe durch eine Plantarflexionsstellung des Fußes so aneinander anzunähern, dass eine adäquate Sehnenheilung gewährleistet werden kann. Die Behandlung sollte in den ersten 24 Stunden nach dem Rupturereignis beginnen, da sich danach ein koaguliertes Rupturhämatom gebildet hat, das ein Repositionshindernis darstellen kann<sup>88</sup>. Carden et al. zeigten eine signifikant erhöhte Rate an Rerupturen, wenn die primär konservative Versorgung nicht in den ersten 48 Stunden nach dem Rupturereignis stattfand<sup>89</sup>. Das Hauptargument für eine konservative Therapie ist das Vermeiden chirurgischer Komplikationen, wie Wundinfektionen. Für Patienten mit den genannten Risikofaktoren stellt die konservative Versorgung eine bedeutende Therapiealternative dar.

Bei Rupturen im muskulotendinösen Übergang und Teilrupturen handelt es sich um die Therapie der Wahl<sup>88</sup>. Die Compliance der Patienten spielt für den Erfolg der Behandlung eine entscheidende Rolle. Der Patient muss verstehen, dass in den ersten Wochen der Behandlung eine besondere Protektion der Sehne erforderlich ist, was ein permanentes Tragen der Spitzfußorthese erfordert. Bestehen Zweifel an der Compliance des Patienten, sollten andere Therapieverfahren evaluiert werden<sup>88</sup>. Von der immobilisierenden konservativen Therapie ist die in den 1980er-Jahren entwickelte<sup>90</sup>, konservativ-funktionelle Behandlung zu unterscheiden. Erstere geht mit einem vergleichsweise hohen Rerupturrisiko von ca. 12–18%<sup>25</sup>, einer Elongation der Achillessehne sowie einer deutlichen Muskelatrophie in der Wade<sup>91</sup> einher. In den 1970er-Jahren publizierten Lea und Smith als erste ein Therapieschema mit Ruhigstellung im Gips für acht Wochen mit einer anschließenden Belastung in Plantarflexion mit Fersenkeil. Es wurde eine Rerupturrate von 11%<sup>92</sup> beschrieben. Dieses Therapieprotokoll wurde in der Vergangenheit vor allem bei älteren, weniger aktiven Patienten verwendet.<sup>93</sup> Die konservativ-funktionelle Therapie stabilisiert den Fuß in 30°-Plantarflexion in einer Orthese und setzt auf eine frühzeitige Vollbelastung nach wenigen Tagen.<sup>88,91,94,95</sup> Physiotherapie, in der Orthese, beginnt bereits in der dritten Woche nach Ruptur und wird bei zeitgerechter Heilung ab der vierten Woche auch außerhalb der Orthese fortgeführt. Insgesamt wird die Orthese für ca. 6–8 Wochen getragen<sup>83,91</sup>. Hufner



et al. hatten mit der konservativ-funktionellen Behandlung bei 271 Patienten deutlich weniger Rerupturen (6,8%)<sup>91</sup>.

### **1.8.3 Operation mit perkutaner Naht**

Mit dem Ziel, die Zahl an Wundinfektionen, die mit der offenen Naht assoziiert sind, zu verringern, wurden andere Zugangswege mit minimal-invasiven Techniken erforscht.

Ma und Griffith publizierten 1977 die Ergebnisse einer perkutanen Operationstechnik. Über zwei Stichinzisionen wird eine Naht eingebracht, über die die beiden Sehnenenden aneinander angenähert werden (siehe Abbildung 1.9)<sup>72</sup>. Das Grundprinzip der perkutanen Nahttechnik liegt in der Schonung des Peritendineums und damit in der Unterstützung des physiologischen Heilungsprozesses der Sehne<sup>96</sup>. Der erste RCT, die das Outcome der perkutanen Nahttechnik untersuchte, wurde 1997 von Schroeder, Lehmann und Steinbrueck veröffentlicht<sup>97</sup>. Wie bereits erwähnt, führten minimal-invasive Techniken zu einer geringen Rate an Rerupturen und Wundinfektionen. Allerdings trat vermehrt eine Verletzung des Nervus suralis auf<sup>73,74</sup>. Eine Kadaverstudie zeigte, dass unter Verwendung der ursprünglichen Nahttechnik von Ma und Griffith bei drei von fünf Präparaten eine Suralisläsion vorlag, dass im Vergleich zur offenen Naht nur 50% der Nahtfestigkeit erreicht wurde und dass bei vier von fünf Präparaten nur eine ungenügende Stumpfadaptation eingetreten war<sup>98</sup>. Ausgehend von den ersten Erfahrungen dieses minimal-invasiven Verfahrens bildeten sich mit der Zeit verschiedene Nahttechniken heraus. Webb und Bannister entwickelten eine perkutane Technik, die die Nähte in der Mitte der Achillessehne platziert, um einen größeren Abstand zum Nervus suralis zu erhalten mit dem Ziel, iatrogene Nervenläsionen zu vermeiden. In einer Serie von 27 nachuntersuchten Patienten kam es zu keiner Suralisläsion. Eine Modifikation der ursprünglichen Technik von Ma und Griffith wurde in England publiziert<sup>99</sup>. Nervenläsionen sollten durch die Lage der Stichinzisionen und die Krümmung der Nadel vermieden werden. Studien zu dieser Nahttechnik wurden mit gutem Outcome an älteren Patienten und Profisportlern durchgeführt<sup>100,101</sup>. Eine weitere minimal-invasive Technik, die in den letzten Jahren genauer untersucht wurde, ist die Naht mithilfe des „Achillon Device“ (Integra Lifesciences Corporation, USA). Dieses Verfahren ist die Weiterentwicklung einer minimal-invasiven Naht nach Kakiuchi<sup>102</sup>, und erste Ergebnisse wurden 2002 von Rippstein et al. publiziert<sup>103</sup>. Das Paratenon wird hierbei eröffnet und die Nähte mithilfe

des Achillon-Device in den proximalen und distalen Sehnenstumpf platziert (siehe Abbildung 1.10). Studien zu diesem Verfahren zeigten gute Ergebnisse in Bezug auf Rerupturen und Suralisläsionen<sup>25,104</sup>.

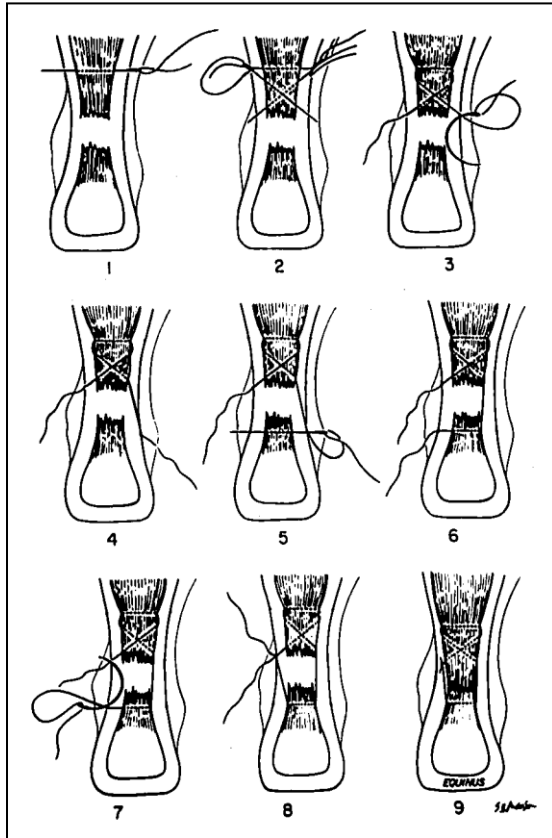


Abbildung 1.9 – Schematische Darstellung der Achillessehnennaht nach Ma und Griffith (Ma et al.<sup>72</sup>)



Abbildung 1.10 – Achillessehnennaht mit dem Achillon-Device (Integra LifeSciences Corporation<sup>105</sup>)

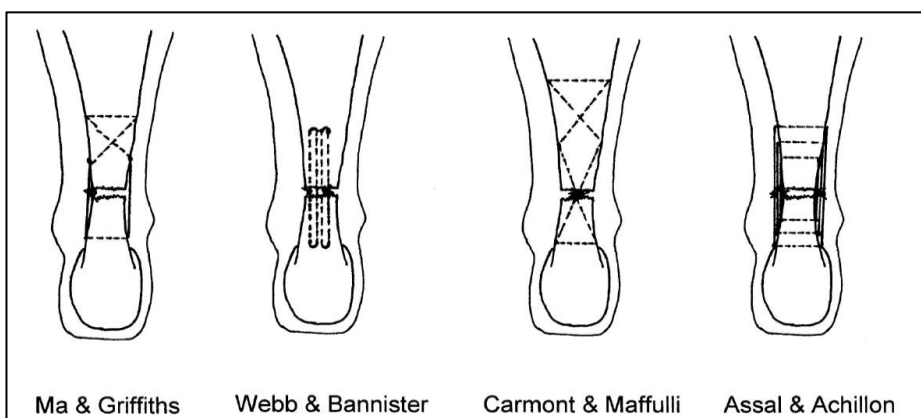


Abbildung 1.11 – Schematische Darstellung minimal-invasiver Nahttechniken der Achillessehne (Carmont et al.<sup>106</sup>)

### **1.8.4 Die perkutane Naht mit dem Dresdner Instrument**

Amlang und Mitarbeiter entwickelten ausgehend von der kombiniert offen perkutanen Methode nach Kakiuchi<sup>102</sup> eine minimal-invasive Operationstechnik, die die natürliche Wundheilung unterstützt und die Gefahr von Suralisläsionen minimiert. Mithilfe eines speziell entwickelten Operationsinstruments, dem „Dresdner Instrument“ (Abbildung 1.13), erfolgt die Sehnennaht über einen proximalen rupturfernen Hautschnitt, wobei das Paratenon und die Rupturregion nicht eröffnet werden, um die von dort ausgehende extrinsische Sehnenheilung möglichst nicht zu beeinflussen<sup>107</sup>. Die Nähte werden dabei mithilfe des Dresdner Instruments in der Gleitschicht subfaszial platziert, ohne das darunterliegende Paratenon zu verletzen. Durch diese Fadenführung kann der epifaszial verlaufende Nervus suralis geschont werden. Amlang et al. beschrieben in ihrem ersten Patientenkollektiv 3,2% Rerupturen, keine Suralisläsionen und lediglich eine oberflächliche Wundheilungsstörung bei bereits verheilter Achillessehne. In einer retrospektiven Studie mit über 100 nachuntersuchten Patienten kam es zu zwei Rerupturen, keiner Suralisläsion und keiner Wundinfektion<sup>108</sup>.

### **1.9 Operationsmethode**

Alle Patienten dieser Studie wurden minimal-invasiv nach Amlang et al.<sup>107</sup> operiert. Die Operation wird in Bauchlage mit Blutsperre durchgeführt. Nach vorheriger Markierung der Rupturzone erfolgt – mindestens 4cm proximal dieser – ein ungefähr 2cm langer Hautschnitt. Bei anschließender Darstellung und Eröffnung der Unterschenkelfaszie wird das Paratenon dargestellt und erhalten. Anschließend wird das erste der zwei Instrumente auf einer Seite der Sehne subfaszial eingeführt, wobei die Instrumentenöffnung auf Höhe des Achillessehnenansatzes platziert wird. Analog hierzu wird das zweite Instrument platziert. Nach Palpation der Öffnung des Dresdner Instruments wird eine gerade Nadel perkutan durch die Öffnung der ersten Instrumentenöse und durch den distalen Sehnenstumpf gestochen. Anschließend wird die Nadel durch die Öse des zweiten Instruments geführt und perkutan auf der Gegenseite ausgestochen. Dieses Vorgehen wird mit einer zweiten Nadel wiederholt. Nachfolgend werden die Nadeln vom Faden getrennt. Durch Zurückziehen der beiden

Instrumentenarme werden abschließend die beiden Fadenpaare durch die proximal angelegte Inzision ausgeleitet.

Nach Prüfung der Ausrissfestigkeit der distalen Fadenverankerung wird die Rahmennaht proximal vervollständigt. Die Verankerung der freien Fadenenden im proximalen Anteil der Achillessehne erfolgt mittels einer freien gebogenen Nadel von lateral bzw. medial nach zentral, wobei darauf zu achten ist, dass der Abstand beider Fäden ungefähr einen halben Zentimeter beträgt. Vor dem Knoten wird die Vorspannung der Achillessehne an die des mitabgedeckten Beines angepasst. Beide Knoten werden im Sehngewebe „versenkt“. Fasziennaht und ein mehrreihiger Wundverschluss beendeten die Operation. Unmittelbar postoperativ wird ein Immobilisationsschuh (Vacoped-Achill, Vario-Stabil-Schuh) angelegt.



**Abbildung 1.12 – Bauchlage des Patienten. Dorsomediale Inzision der Cutis proximal der Ruptur**



**Abbildung 1.13 – Durchstechen der Instrumentenöse und des distalen Sehnenstumpfes**



**Abbildung 1.14 – Durchstechen der Instrumentenöse und des distalen Sehnenstumpfes**



**Abbildung 1.15 – Ausleiten der Fäden durch die proximale Hautinzision**



**Abbildung 1.16 – Vervollständigen der Rahmennaht**



**Abbildung 1.17 – Fasziennaht und zweireihiger Wundverschluss**

## **1.10 Ziel der Studie**

Trotz der steigenden Inzidenz der Achillessehnenruptur und der Vielzahl an Therapieverfahren mit unterschiedlich guten Ergebnissen gibt es bis zum aktuellen Zeitpunkt keine Standardtherapie für die akute Achillessehnenruptur, weshalb Studien mit größeren Patientenkollektiven vor allem zu den minimal-invasiven Techniken eine wichtige Rolle spielen, um bessere Therapieempfehlungen auf dem Gebiet der akuten Achillessehnenruptur geben zu können. Die Ergebnisse zu der minimal-invasiven Technik aus Dresden waren, ersten Studien zufolge, sehr vielversprechend. Das Ziel dieser retrospektiven Studie war es, das postoperative Outcome nach perkutaner Achillessehnennaht mit Dresdner Instrument zu untersuchen. Gleichzeitig sollte die Frage geklärt werden, ob das Alter der Patienten, der BMI oder das Intervall zwischen Trauma und Operation Einfluss auf das postoperative Outcome haben. Zur besseren Vergleichbarkeit fanden verschiedene anerkannte klinische Scores ihre Anwendung.

## 2 Patienten und Methoden

### 2.1 Patientengut

Im Zeitraum Oktober 2003 bis Dezember 2010 wurden im Centrum für Muskuloskeletale Chirurgie der Charité (CMSC) 190 Patienten nach einer frischen Achillessehnenruptur mittels perkutaner Naht versorgt.

Die Indikation zur operativen Therapie war:

- frische Achillessehnenruptur loco typico (nicht älter als zehn Tage)
- ungenügende Adaptation der Sehnenenden im dynamischen Ultraschall

Die Patienten wurden telefonisch und/oder schriftlich kontaktiert und zu einer Nachuntersuchung einbestellt. Folgende Kriterien führten zu einem Ausschluss aus der Studie:

- intraoperativer Wechsel auf offene Naht
- beidseitige Achillessehnenruptur
- achillessehnenunabhängige Verletzung des operierten Beines während des Follow-up-Zeitraums
- Verletzung des anderen Beines im Follow-up-Zeitraum
- fehlende Einwilligungserklärung zur Studienteilnahme

Insgesamt konnten 153 Patienten (80,5%) kontaktiert werden. Im Rahmen der Kontaktaufnahme wurden diese Patienten direkt nach einer Reruptur der operierten Achillessehne gefragt. Im Zuge dessen konnten drei Rerupturen (1,9%) identifiziert werden. Weil diese im Verlauf anderweitig operativ versorgt worden waren, waren sie nicht Bestandteil der körperlichen Untersuchung und klinischen Scores, da anhand dieser lediglich das funktionelle Outcome nach primärer perkutaner Naht untersucht werden sollte. Die drei Rerupturen wurden jedoch als schwere Komplikation nach der perkutanen Naht in dieser Studie deklariert. 32 Patienten wurden anhand der Ausschlusskriterien nicht in die Studie einbezogen. Bei zwei Patienten ereignete sich eine Achillessehnenruptur auf der Gegenseite im Follow-up-Zeitraum. Der dritte Patient wurde aufgrund einer Weber-B-Fraktur entsprechend der Ausschlusskriterien aus der Studie ausgeschlossen. Die 29 anderen Patienten hatten kein Interesse an einer

Nachuntersuchung. Somit wurden 118 Patienten zur körperlichen Untersuchung eingeladen (Abbildung 2.1).

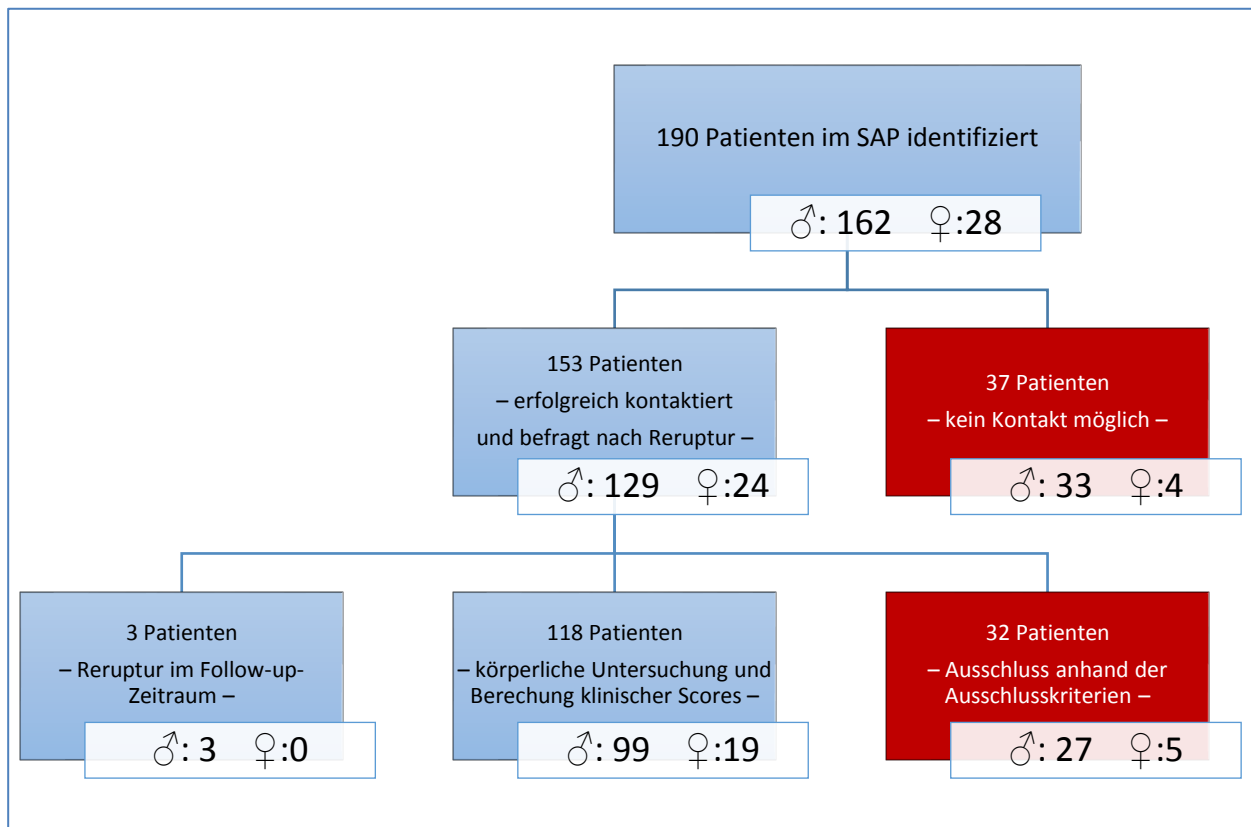


Abbildung 2.1 – Flowchart Patientenkontaktierung

## 2.2 Untersuchungstermin

Alle im Vorfeld telefonisch vereinbarten Nachuntersuchungen fanden in der Unfallchirurgischen Ambulanz des Virchow-Klinikums der Charité statt. Jede Nachuntersuchung bestand aus einem Patientengespräch, das anhand eines standardisierten Fragebogens geführt wurde, gefolgt von einer befundbezogenen körperlichen Untersuchung. Die Nachuntersuchung und Befragung der Patienten erfolgte gemäß den Vorschriften der Ethikkommission (Ethikantrag: Charité, No EA/2/095/11).

## **2.2.1 Fragebogen**

Der Fragebogen wurde während der Befragung vom Untersucher ausgefüllt, um eventuell auftretende Unklarheiten und Fehler zu minimieren. Ausgenommen waren dabei die Visuelle Analogskala sowie der Achilles-Tendon-Total-Rupture-Score. Folgende Patientendaten wurden im Vorfeld anhand des Entlassungs- und Operationsberichts über das medizinische Dokumentationsprogramm SAP ermittelt:

- Name
- Geburtsdatum
- Unfalldatum
- OP-Datum
- verletzte Seite
- Intervall zwischen Unfall und Operation
- OP-Dauer

Der Fragebogen gliederte sich wie folgt:

### **2.2.1.1 Beschreibung des Unfallhergangs**

Alle Teilnehmer wurden gebeten, den Unfallhergang mit eigenen Worten zu beschreiben. Entsprechend der Antwort des Patienten erfolgte eine Gliederung der Unfallursache in Sportverletzung mit den Unterpunkten: Schlagsport (Badminton, Tennis, Baseball), Ballsport (Fußball, Basketball, Volleyball) und andere Sportarten (Joggen/Leichtathletik, Tanzen, Kampfsport). Rupturen, die außerhalb des Sports stattfanden, wurden unter Bagatelltraumata zusammengefasst. Dazu gehörte beispielsweise das Abrutschen auf einer Treppenstufe oder das Schieben bzw. Heben eines schweren Gegenstandes. Ergänzend wurde der Unfallmechanismus der Sehnenruptur unterschieden in: Antritt, Abbremsen, Absprung, Ausfallschritt, Abrutschen und Distorsion. Bei allen Traumata wurde die Form der Krafteinwirkung in indirekt und direkt unterteilt.



### 2.2.1.2 Einschätzung des Behandlungserfolges

Die Patienten wurden gebeten, das erreichte Behandlungsergebnis anhand der Schulnotenskala von Note 1 („sehr gut“) bis Note 6 („ungenügend“) einzuschätzen.

### 2.2.1.3 Sportfähigkeit

Hierbei wurde erfragt, ob die Patienten wieder ihre ursprüngliche Sportart aufnehmen konnten und in welchem Ausmaß sie diese betrieben. Mögliche Gründe für ein geändertes Sportverhalten wurden hinterfragt.

## 2.2.2 Klinische Untersuchung

Zunächst erfolgte die Inspektion beider Waden und Sprunggelenke mit Beurteilung der Narbe sowie die Palpation der Achillessehne. Bei der Befundung der Narbe wurden „reizlose Narbenverhältnisse“, Wundheilungsstörung, Narbenkeloid, Adhäsion, Fistelbildung und Narbenschmerz unterschieden. Die Achillessehne wurde zudem palpirt und wie folgt eingeteilt: narbig/stabil, verdickt, ausgedünnt, dehiszent. Um eventuell aufgetretene Läsionen des Nervus suralis zu identifizieren, erfolgte die Prüfung der Sensibilität im Versorgungsgebiet des N. suralis. Dabei wurde in erhaltene Sensibilität als Normalbefund und Hyp- sowie Dysästhesien als Zeichen einer Suralisläsion unterschieden.

Die Einteilung des Kraftgrades erfolgte nach der Klassifikation von Vladimir Janda<sup>109</sup> (siehe Tabelle 2.1).

Tabelle 2.1 – Einteilung der Muskelkraft nach Janda<sup>109</sup>

Stufe 5	Volle, normale Muskelkraft (100% der Norm); normal kräftiger Muskel bedeutet nicht, dass der Muskel in allen Funktionen normal ist (z. B. Ermüdbarkeit)
Stufe 4	Circa 75% der normalen Muskelkraft, d.h. mittelgroßer Widerstand kann in vollem Bewegungsausmaß überwunden werden.
Stufe 3	Circa 50% der normalen Muskelkraft, d.h. Bewegung kann gegen die Schwerkraft in vollem Bewegungsausmaß ausgeführt werden.
Stufe 2	Circa 25% der normalen Muskelkraft, d.h. Ausführung der Bewegung in vollem Bewegungsausmaß möglich, jedoch nicht gegen die Schwerkraft.
Stufe 1	Spur einer Anspannung; circa 10% der normalen Muskelkraft.
Stufe 0	Beim Bewegungsversuch keine Muskelkontraktion möglich.

Anschließend wurde eine mögliche Längenänderung und die Spannung der Achillessehne im Seitenvergleich mit Hilfe des Matles- sowie Thompson-Simmonds-Tests geprüft<sup>60,61</sup>. Beim Thompson-Simmonds-Test lag der Patient auf dem Bauch, und es erfolgte die gleichzeitige Kompression der rechten und linken Wadenmuskulatur durch den Untersucher. Bei negativem Thompson-Simmonds-Test führt die Kompression der Wade zu einer Plantarflexion des Fußes des entsprechenden Beines. Der Test wird als positiv gewertet, wenn die Plantarflexion im Fuß ausbleibt, wie es bei rupturierten Achillessehnen der Fall ist (Abbildung 2.2). Der Matles-Test erfolgte ebenfalls in Bauchlage. Beide Beine wurden im Knie 90 Grad flektiert und anschließend die Stellung beider Füße in Bezug auf eine vermehrte, durch die Schwerkraft erzeugte passive Dorsalextension im oberen Sprunggelenk begutachtet. Im Falle einer verminderten Spannung der Achillessehne oder einer entsprechenden Sehnenverlängerung ist auf der betroffenen Seite eine vermehrte Dorsalextension sichtbar (Abbildung 2.3).

Die Messung des aktiven Bewegungsumfanges (ROM) im oberen und unteren Sprunggelenk erfolgte nach der Neutral-Null-Methode im Seitenvergleich (Abbildung 2.4). Bei allen Patienten wurde der Wadenumfang beider Unterschenkel 15cm unterhalb des Kniegelenkspaltes gemessen.

Abschließend wurden die Patienten gebeten, für eine Minute im Einbeinzehenstand auf der operierten Seite zu stehen bzw. zehn vertikale Sprünge auf der operierten Seite auszuführen. Die Kriterien des Einbeinzehenstandes unterteilten sich in: eine Minute sicher gestanden, zehn Sekunden unsicher gestanden, Einbeinzehenstand nur andeutungsweise und Einbeinzehenstand überhaupt nicht möglich. Analog gliederte sich der Sprungversuch in: sicher >10 Sprünge, unsicher <10 Sprünge und kein Sprung möglich.



Abbildung 2.2 – Thompson-Simmonds-Test; Stern: Kompression der Wadenmuskulatur; Pfeil: positiver Test, ausbleibende Plantarflexion



Abbildung 2.3 – Matles-Test; Pfeil: positiver Matles-Test, vermehrte Dorsalextension durch fehlende Sehnenspannung nach Ruptur der Achillessehne

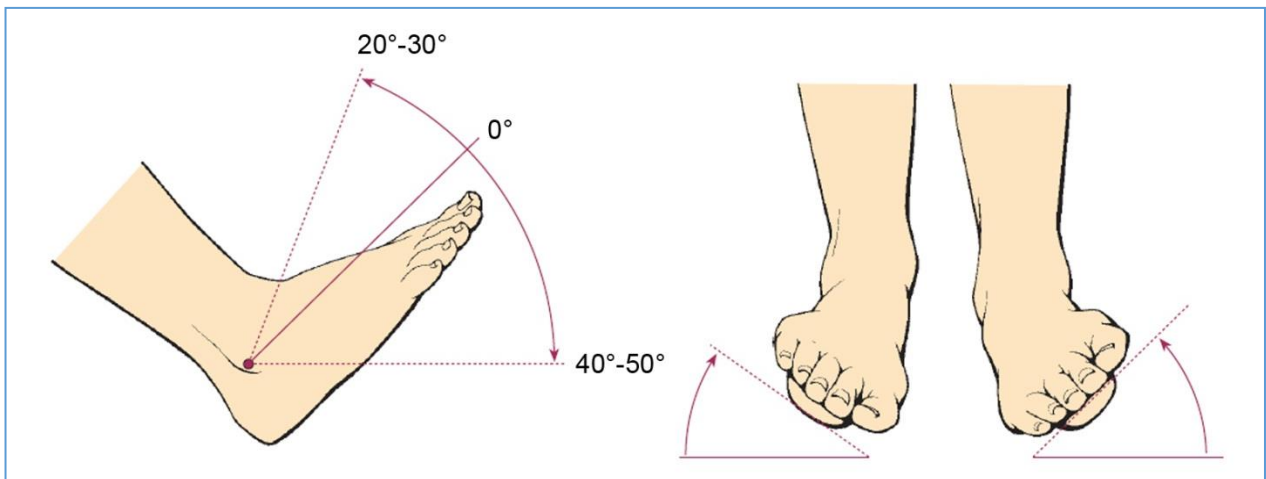


Abbildung 2.4 – Messung des Bewegungsumfangs im oberen Sprunggelenk (Duale Reihe Orthopädie und Unfallchirurgie<sup>110</sup>)

## **2.3 Visuelle Analogskala**

### **2.3.1 Schmerz**

Die Visuelle Analogskala nach Huskisson<sup>111,112</sup> ist ein etabliertes Instrument zur Erfassung von subjektiver Schmerzsymptomatik. Die Endpunkte einer 10cm langen Geraden wurden mit null (kein Schmerz) und zehn (maximal vorstellbarer Schmerz) gekennzeichnet. Der Patient wurde gebeten, entsprechend des aktuell erlebten Belastungsschmerzes eine Markierung auf der Geraden zu platzieren. Die gemessene Strecke zwischen dem Nullpunkt und der Markierung entsprach dem Schmerz des Patienten.

### **2.3.2 Funktionseinschränkung**

Zur Darstellung der subjektiv empfunden funktionellen Einschränkung im Alltag durch die erlittene Achillessehnenverletzung wurde ebenfalls eine Visuelle Analogskala verwendet. Auch hier wurde der Patient gebeten, auf einer 10cm langen Geraden, deren Endpunkte mit null (keine Einschränkung) und zehn (maximal vorstellbare Einschränkung) festgelegt waren, seine aktuelle Einschränkung im Alltag mit einem Strich zu markieren. Die vom Nullpunkt zur Markierung gemessene Strecke in Zentimetern entsprach dem Wert der funktionellen Einschränkung.

## **2.4 Klinische Scores**

Zur besseren Beurteilung und Vergleichbarkeit der subjektiven und objektiven Ergebnisse die bei der Anamnese und der körperlichen Untersuchung erhoben wurden, fanden verschiedene klinische Scores ihre Anwendung.

### **2.4.1 Trillat-Score**

Das Aktivitätsniveau wurde mittels des Scores nach Trillat bewertet (Tabelle 2.2)<sup>113</sup>. Dabei erfolgte die Einteilung anhand verschiedener Aussagen zu Schmerzen und Funktion von „sehr gut“ bis „unbefriedigend“. Die sportliche und berufliche Leistungsfähigkeit wurde während des Gesprächs mit dem Patienten erfragt.

**Tabelle 2.2 – Trillat-Score<sup>113</sup>**

sehr gut	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Der Patient ist beruflich und sportlich so leistungsfähig wie vor dem Eingriff</li> <li>- Keine Schmerzen</li> <li>- Freie Beweglichkeit im oberen Sprunggelenk</li> </ul>
gut	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Der Patient ist zufrieden, treibt Sport, aber nicht mehr so intensiv wie vor der Operation</li> <li>- Gelegentlich lokale Beschwerden</li> <li>- Narbe</li> </ul>
befriedigend	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Der Patient treibt keinen Sport mehr</li> <li>- Unsicherheit beim Gehen auf unebenem Grund</li> <li>- Sehne ist ausreichend kräftig</li> </ul>
unbefriedigend	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Schmerzen, Hinken</li> <li>- Einbeinstand und Laufen nicht mehr möglich</li> <li>- Schwäche der Muskulatur und der Sehne</li> </ul>

### **2.4.2 AOFAS Ankle-Hindfoot-Score**

Der von der Amerikanischen Orthopädischen Gesellschaft für Fuß und Sprunggelenk (AOFAS) entwickelte AOFAS-Score<sup>114</sup> vergibt Punkte auf subjektive und objektive Parameter, die in ihrer Gesamtheit eine Einordnung des postoperativen Zustands auf einer numerischen Skala von 0–100 ermöglichen. Der Patient muss eine Bewertung in Bezug auf Schmerzen und Funktion abgeben. Dies macht 40% der möglichen Gesamtpunktzahl aus. Die verbleibenden 60% ergeben sich aus der Untersuchung der Sagittalbewegung des oberen Sprunggelenks, der Rückfußbewegung, der oberen Sprunggelenk- und Rückfußstabilität sowie der Fußstellung (Tabelle 2.3). Ein sehr gutes Ergebnis wird bei 90–100 Punkten erreicht. Eine Gesamtpunktzahl zwischen 75 und 89 wird als gut gewertet. Befriedigende Ergebnisse ergeben sich bei Werten von 50–74 Punkten, und bei Patienten mit einem Gesamtwert von unter 50 Punkten wird von einem ungenügenden Behandlungserfolg ausgegangen.

Tabelle 2.3 – AOFAS-Score (Hindfoot-Ankle)<sup>114</sup>

<b>Schmerzen</b>	
Keine	40
Leicht, gelegentlich	30
Moderat, täglich	20
Schwer, Dauerschmerz	0
<b>Funktion</b>	
Keine Einschränkung, keine Hilfsmittel	10
Keine Einschränkung der Alltagsaktivität, Einschränkung im Sport, keine Hilfsmittel	7
Einschränkung im Alltag und Sport, Gehstock	4
Schwere Einschränkung im Alltag und Sport, Krücken	0
<b>Maximale Gehstrecke, Blöcke (1 Block=300 m)</b>	
Über 6 Blöcke	5
4–6 Blöcke	4
1–3 Blöcke	2
Weniger als 1 Block	0
<b>Bodenbeschaffenheit</b>	
Keine Schwierigkeiten bei jedem Boden	5
Geringe Schwierigkeiten auf unebenem Gelände, Treppe, Leiter	3
Massive Schwierigkeiten auf unebenem Gelände, Treppe, Leiter	0
<b>Gang-Anomalie</b>	
Keine, gering	8
Leicht	4
Deutlich	0
<b>Sagittalbewegung (Flexion plus Extension)</b>	
Normal oder geringe Einschränkung (30° oder mehr)	8
Leichte Einschränkung (15°–19°)	4
Schwere Einschränkung (weniger als 15°)	0
<b>Rückfußbewegung (Inversion plus Eversion)</b>	
Normal oder geringe Einschränkung (100%–75% normal)	6
Leichte Einschränkung (25%–74% normal)	3
Deutliche Einschränkung (weniger als 25% normal)	0
<b>OSG / Rückfußstabilität (anteroposterior, varus-valgus)</b>	
Stabil	8
Nicht stabil	0
<b>Fußstellung</b>	
Gut, plantigrader Fuß, korrekter Rückfuß	10
Fair, plantigrader Fuß, geringe Rückfußabweichung	5
Schlecht, kein plantigrader Fuß, schwere Rückfußverformung	0
Gesamtpunktzahl: _____	

### **2.4.3 100-Punkte-Score nach Thermann**

Der 1995 von Thermann et al.<sup>115</sup> entwickelte Score zur spezifischen Beurteilung der funktionellen Ergebnisse nach Achillessehnenruptur setzt sich aus einem subjektiven Fragenteil und einer objektiven klinischen Untersuchung zusammen. Fragen werden in geschlossener Form gestellt und beziehen sich auf Schmerzen, Wetterfähigkeit, Sportfähigkeit sowie auf die subjektive Kraftminderung und die subjektive Gesamtbeurteilung der Behandlung. Die in der Untersuchung erhobenen Parameter – Bewegungsumfang, Wadenmuskelumfang, Einbeinzehenstand, Thompson-Simmonds-Test und eine Kraftmessung – gehen als objektive Werte in den Score ein. Die Gesamtpunktzahl kann zwischen zehn und 100 Punkten liegen (Tabelle 2.4).

### **2.4.4 Achilles-Tendon-Total-Rupture-Score (ATRS)**

Der ATRS ist ein Score, der die Patienten nach ihrer Bewertung – bezogen auf Symptome und physische Aktivität nach einer therapierten Achillessehnenruptur – befragt<sup>116</sup>. Dabei füllt der Patient einen vorgefertigten Fragebogen aus und vergibt bei jeder Frage einen Punktwert zwischen null und zehn. Beurteilt werden die Kraft, die Beweglichkeit, die Schmerzen sowie Aktivitäten im Alltag und beim Sport. Der Patient vergibt zehn Punkte bei vollständiger Beschwerdefreiheit bzw. uneingeschränkter Funktion. Die Abstufung erfolgt in Ein-Punkt-Schritten bei Beschwerden oder Funktionsverlust, wobei null der kleinstmögliche Wert ist und massiven Schmerzen oder dem vollständigem Verlust der Funktion entspricht. Ein hoher Punktwert bedeutet somit ein gutes Ergebnis und ein niedriger Wert ein schlechtes Resultat (Tabelle 2.5). Es haben nicht alle Patienten den ATRS erhalten, weil die Nachuntersuchung vor Implementierung des Scores erfolgte. Bei 75 der in die Studie eingeschlossenen Patienten wurde der ATRS angewendet.

Tabelle 2.4 – 100-Punkte-Score nach Thermann<sup>115</sup>

<b>Dorsalextensionsdefizit/ Vermehrte Bewegung des OSG im Vergleich zur gesunden Seite</b>	Kein Dorsalflexionsdefizit, vermehrte Bewegung  (10P)	Bis±5° Dorsalextension  (5P)	±6–10° Dorsalextension  (1P)	> ± 10° Dorsalextension  (0P)
<b>Plantarflexionsdefizit/ Vermehrte Bewegung des OSG im Vergleich zur gesunden Seite</b>	Kein Plantarflexionsdefizit, vermehrte Bewegung  (10P)	Bis±5° Plantarflexion  (5P)	±6–10° Plantarflexion  (1P)	>±10° Plantarflexion  (0P)
<b>Muskelumfang der Wade im Vergleich zur gesunden Seite</b>	≥Umfang (10P)	-1cm (5P)	-2cm (3P)	> -2cm (0P)
<b>Einbeinzehenstand</b>	Sicher=um 1min  (10P)	Unsicher=um 10s  (5P)	Andeutung  (1P)	Überhaupt nicht  (0P)
<b>Thompson-Test</b>	Negativ (5P)	Positiv (0P)		
<b>Kraftmessung</b>	95–100% (10P)	85–94% (8P)	75–84% (6P)	65–74% (2P)
<b>Schmerzen</b>	Keine (10P)	Bei Maximalbelastung (8P)	Bei normalen Belastungen (3P)	Bei geringen Belastungen (2P)
<b>Subjektive Kraftminderung</b>	Keine (10P)	Bei Maximalbelastung (8P)	Bei normalen Belastungen (3P)	Bei geringen Belastungen (2P)
<b>Sportfähigkeit</b>	Vollständige Wiederherstellung  (10P)	Geringe Einbußen (8P)	Befriedigende Sportfähigkeit, Sportartwechsel (6P)	Limitierte Sportfähigkeit (2P)
<b>Wetterfähigkeit</b>	Negativ (5P)	Positiv (0P)		
<b>Subjektive Beurteilung der Behandlung</b>	Sehr gut (10P)	Gut (8P)	Befriedigend (6P)	Ausreichend (2P)
<b>Gesamtergebnis</b>	<b>sehr gut</b>	<b>gut</b>	<b>befriedigend</b>	<b>ausreichend</b>
<b>Punkte</b>	<b>90–100</b>	<b>80–89</b>	<b>70–79</b>	<b>60–69</b>



**Tabelle 2.5 – Achilles-Tendon-Total-Rupture-Score<sup>116</sup>**

Sind Sie im Kraftgrad von Wade/Achillessehne/Fuß eingeschränkt?

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Ermüden Sie schneller im Bereich Wadenmuskulatur/Achillessehne/Fuß?

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Ist Ihr Bewegungsgrad im Bereich Wade/Achillessehne/Fuß eingeschränkt? (Steifigkeit)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Sind Sie durch Schmerzen im Bereich Wade/Achillessehne/Fuß eingeschränkt?

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Sind Sie im Alltag eingeschränkt?

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Sind Sie eingeschränkt beim Gehen auf unebenen Untergrund?

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Inwieweit sind Sie beim schnellen Treppensteigen bzw. Bergaufgehen eingeschränkt?

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Sind Sie beim schnelleren Gehen/Laufen eingeschränkt?

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Sind Sie beim Springen oder ähnlichen Aktivitäten eingeschränkt?

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Sind Sie beim Ausüben harter, körperlicher Arbeit eingeschränkt?

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Gesamtpunktzahl: \_\_\_\_\_

## 2.5 Tegner-Aktivitätsscore

Alle Patienten wurden zu ihrem Sportverhalten vor und nach der Achillessehnenruptur befragt. Anhand des Tegner-Aktivitätsscores wurde die körperliche Aktivität prä- und postoperativ gegenüber gestellt. Der Tegner-Aktivitätsscore wurde 1985 zur besseren Beurteilung der Aktivität bei Bandverletzungen des Knies entwickelt<sup>117</sup>. Angewendet wurde die 1991 von Wülker et al. ins Deutsche übertragene Version des Scores<sup>118</sup> (siehe Tabelle 2.6). Die Patienten bekamen einen Wert zwischen null und zehn auf der Aktivitätsskala zugeordnet, wobei null für arbeitsunfähig bzw. nicht fähig zu körperlicher Aktivität steht und zehn für die Teilnahme an nationalen und internationalen Kontaktsportarten, wie Fußball und Basketball auf professionellem Niveau. Sechs bis zehn Punkte konnten nur dann erreicht werden, wenn der Patient regelmäßig an Freizeit- oder Wettbewerbssport teilnahm.

Tabelle 2.6 – Tegner-Aktivitätsscore<sup>117</sup>

10	nat. und internat. Turniere	Ballsport mit Gegnerkontakt
9	nat. und internat. Turniere	Alpin-Ski, Ballsport ohne Gegnerkontakt
	regionale Turniere	Ballsport mit Gegnerkontakt
8	Turniersport	Ballsport mit Gegnerkontakt, Eishockey, Alpin-Ski
7	Turniersport	Tennis, Turnen, Ringen, Leichtathletik
	Freizeitsport	Ballsport, Ski-Alpin
6	Freizeitsport	Tennis, Turnen, Ringen, Leichtathletik, Joggen (mind. 5x/Woche)
5	Arbeit	Schwere körperliche Arbeit
	Turniersport	Radfahren, Laufen, Rudern
	Freizeitsport	Joggen auf unebenem Boden
4	Arbeit	mittelschwere körperliche Arbeit
	Turnier- und Freizeitsport	Radfahren, Laufen, Rudern, Joggen auf ebenem Boden (2x/Woche)
3	Arbeit	leichte körperliche Arbeit
	Turnier- und Freizeitsport	Schwimmen, Spaziergehen
2	Arbeit (unebener Boden)	leichte körperliche Arbeit
1	Arbeit (ebener Boden)	sitzende Tätigkeit
0	AU, Berentet	

## **2.6 Postoperative Nachbehandlung**

Alle Patienten dieser Studie wurden nach einem standardisierten Protokoll nachbehandelt. Postoperativ wurde der Fuß in einem Vacoped-Achill in 30° Spitzfußstellung für insgesamt sechs Wochen immobilisiert. In diesem Zeitraum musste der Fixationsschuh Tag und Nacht getragen werden, bei einer Teilbelastung mit 15kg an Unterarmgehstützen. Ab der siebten postoperativen Woche erfolgte die wöchentliche Reduktion der Spitzfußstellung um jeweils zehn Grad. Der Vacoped-Achill musste ab diesem Zeitpunkt lediglich in der Nacht getragen werden. Es erfolgte der schmerzadaptierte Übergang zur Vollbelastung sowie Entwöhnung von den Unterarmgehstützen. Nach neun Wochen durften die Patienten wieder normales Schuhwerk tragen, und es konnte mit einer Intensivierung der Physiotherapie mit Gangschule, Kräftigung der Wadenmuskulatur (mit dem eigenen Körpergewicht) und Wiederherstellung einer seitengleichen ROM begonnen werden. Leichtes Lauftraining und sportartenspezifisches Training konnte nach zwölf Wochen wieder aufgenommen werden. Nach sechs Monaten und Beschwerdefreiheit war es den Patienten möglich, zu Kontakt- und Ballsportarten zurückzukehren. Direkt postoperativ wurden alle Patienten über den gesamten Zeitraum physiotherapeutisch betreut. Nach der sechsten postoperativen Woche erfolgte eine sonographische Kontrolle der Sehnenstumpfadaptation.

## **2.7 Statistische Auswertung**

In dieser Arbeit wurden alle statistischen Berechnungen mit IBM SPSS Statistics (Version 20.0.0) vorgenommen. Alle Daten wurden auf Normalverteilung geprüft. Die Korrelationsanalyse erfolgte nach Spearman-Rho. Unterschiede zwischen einzelnen Gruppen wurden bei unabhängigen Stichproben mit dem Mann-Whitney-U-Test bzw. dem H-Test nach Kruskal-Wallis und bei zwei verbundenen Stichproben mittels des Wilcoxon-Tests auf Signifikanz geprüft. Bei einem Signifikanzniveau von  $p < 0,05$  wurde das Ergebnis als signifikant gewertet.

### 3 Ergebnisse

Insgesamt konnten von den 190 operierten Patienten 121 Patienten zur klinischen Nachuntersuchung eingeladen werden, was einer Follow-up-Rate von 63,7% entspricht. Die durchschnittliche Follow-up-Zeit betrug  $33,45 \pm 21,67$  Monate. Das kürzeste Intervall lag bei sieben und das längste bei 82 Monaten. Anhand der Ausschlusskriterien wurden 32 Personen (16,8%) ausgeschlossen. Zu knapp 20% (37/190) der Patienten konnte im Rahmen der retrospektiven Nachuntersuchung kein Kontakt aufgenommen werden.

#### 3.1 Alters- und Geschlechterverteilung

Bei den 121 nachuntersuchten Patienten handelte es sich um 84,3% Männer. Lediglich 15,7% waren Frauen. Der Altersmedian des gesamten Patientenkollektivs lag bei 42 Jahren. Der Median für den männlichen Anteil lag mit 41 Jahren etwas unter dem der weiblichen Patienten (45 Jahre). Dieser Unterschied war statistisch nicht signifikant ( $p=0,173$ ). Die Altersverteilung zeigte, dass der Hauptanteil der Frauen mit einer Achillessehnenruptur zwischen dem 40. und 49. Lebensjahr lag. Männer waren hingegen in der dritten und vierten Lebensdekade am häufigsten betroffen.

Tabelle 3.1 – Altersverteilung im Patientenkollektiv

	Anzahl	rel. Häufigkeit	Min.	Max.
Männer	102	84,3%	24	73
Frauen	19	15,7%	28	61
Gesamt	121	100%	24	73

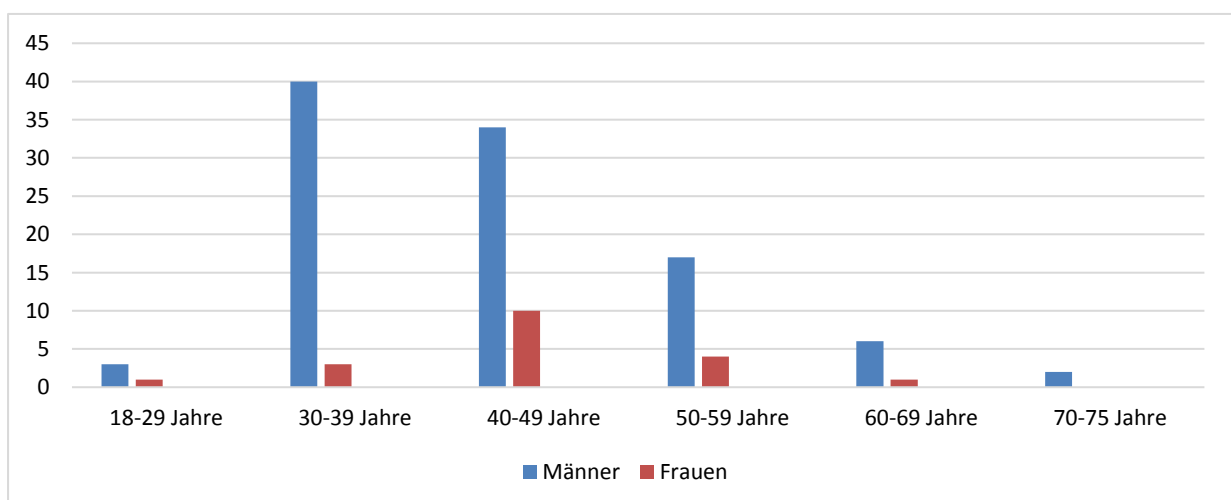


Abbildung 3.1 - Darstellung der unterschiedlichen Geschlechterverteilung in den Altersgruppen

### 3.2 Seitenverteilung

Unter allen untersuchten Patienten kam es bei 53,7% zu einer Ruptur der linken Achillessehne und bei 46,3% zur Ruptur der rechten Seite. Die Untersuchung der dominanten Seite zeigte, dass in diesem Patientenkollektiv die Verteilung leicht auf der Seite des rechten Beines, als das dominantere, lag (57%). Etwas weniger als die Hälfte der Achillessehnenrupturen ereignete sich auf der dominanten Seite.

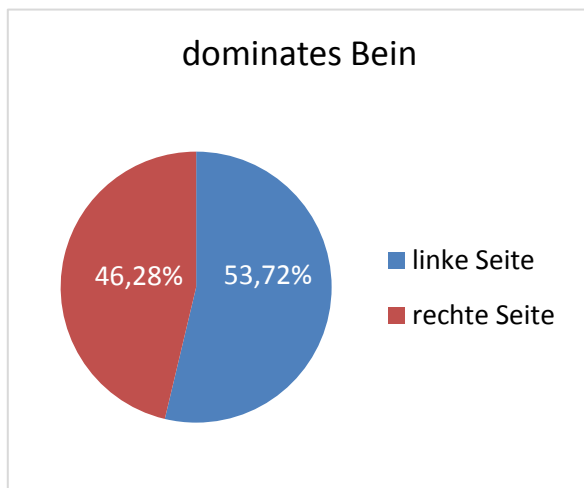


Abbildung 3.2 – Verteilung des dominanten Beines

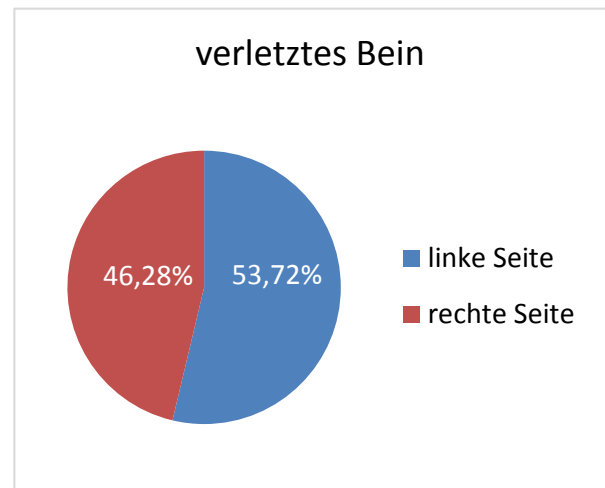


Abbildung 3.3 – Verteilung des verletzten Beines

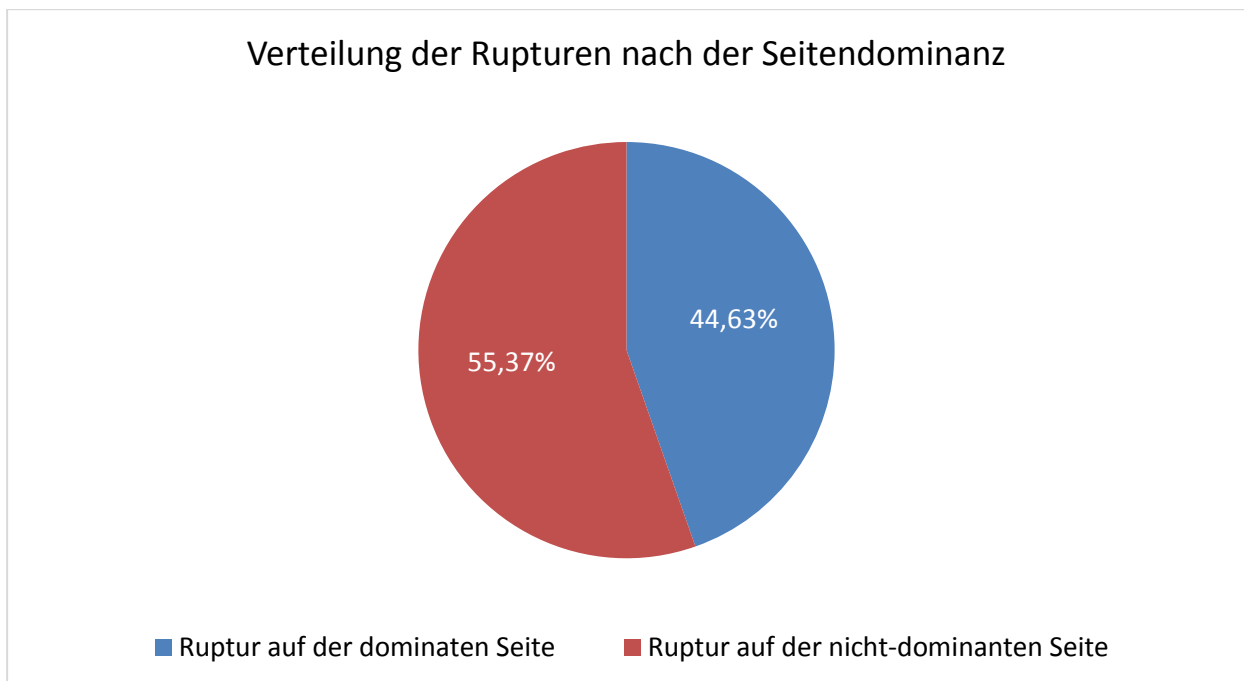


Abbildung 3.4 – Verteilung der Rupturen nach Seitendominanz

Bis auf eine Ausnahme handelte es sich bei allen untersuchten Achillessehnenrupturen um indirekte Traumata. Das einzige direkte Trauma ereignete sich beim Fußballspielen. Ein Gegenspieler trat dem betroffenen Patienten in das Standbein, worauf diesem die Achillessehne riss. Die Hauptursache für eine Achillessehnenruptur waren Sportverletzungen (89,2%). Die Rupturen während der Ausübung von Schlag- oder Ballsportarten machten etwa den gleichen Anteil aus: 35,5% bzw. 33,1%. Einzelfälle von Achillessehnenrupturen traten beim Tanzen, Kampfsport, Joggen oder Ballett auf. Diese wurden in Abbildung 3.5 unter „andere Sportarten“ zusammengefasst. Bagatellunfälle mit einer Achillessehnenruptur während Alltagstätigkeiten waren vergleichsweise selten. Unter diesen war das Abrutschen auf einer Treppenstufe der am häufigsten angegebene Unfallmechanismus.

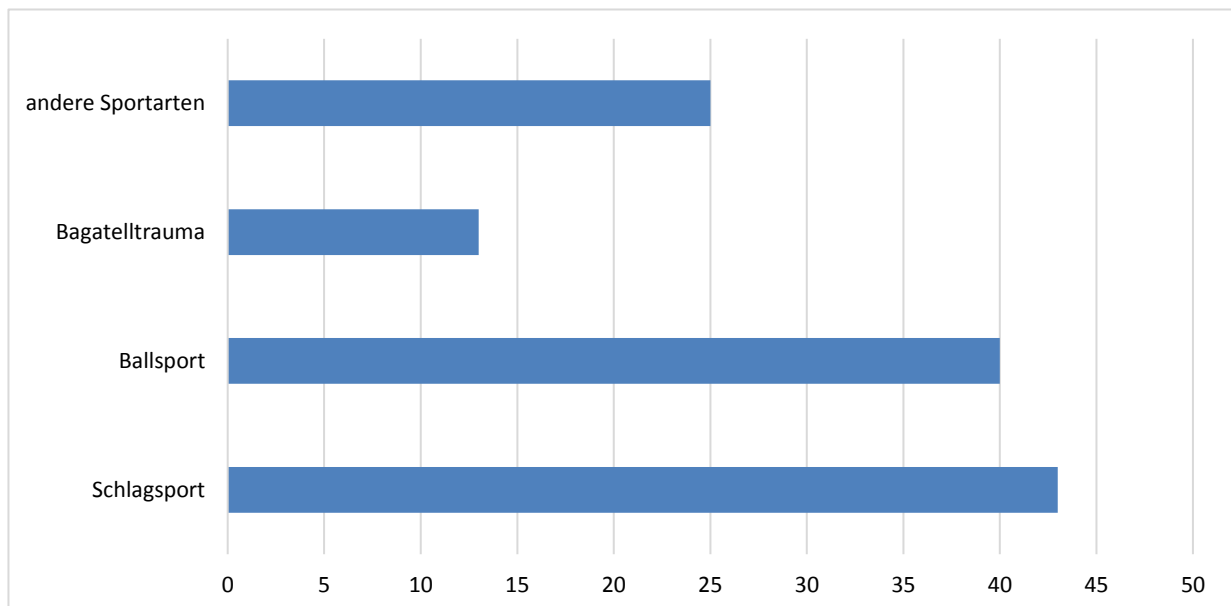


Abbildung 3.5 - absolute Häufigkeit der Unfallursachen

### 3.4 Unfallzeitpunkt

Es zeigte sich, dass der Zeitpunkt der Achillessehnenruptur in diesem Patientenkollektiv über das Jahr nicht gleich verteilt war. So erlitten 50% der Patienten ihre Achillessehnenruptur im ersten Drittel des Jahres (Januar bis April). Auf das erste Halbjahr bezogen waren es 65,5%. Dem entsprechend waren der Februar (n=20) und der April (n=16) die Monate, in denen die meisten Rupturen auftraten. Wie in Abbildung 3.6 dargestellt ereigneten sich deutlich weniger Achillessehnenrupturen in der zweiten Jahreshälfte. Ordnete man diese nach Jahreszeiten, ergab sich das Bild, dass im Frühling

(Monate März bis Mai) die meisten Rupturereignisse (35,83%) stattfanden, wohingegen es im Sommer (Juni bis August) und im Herbst (September bis November) zu deutlich weniger Achillessehnenrissen kam. Im Winter (Dezember bis Februar) ereignete sich ein Viertel der Achillessehnenrupturen. Mit 20 Rupturen aus 121 Ereignissen (16,5%) war der Februar der rupturreichste Monat. Diese Unterschiede in der Rupturanzahl in den einzelnen Monaten und die unterschiedliche Rupturverteilung über die Jahreszeiten war signifikant:  $p=0,012$ , resp.  $0,016$ .

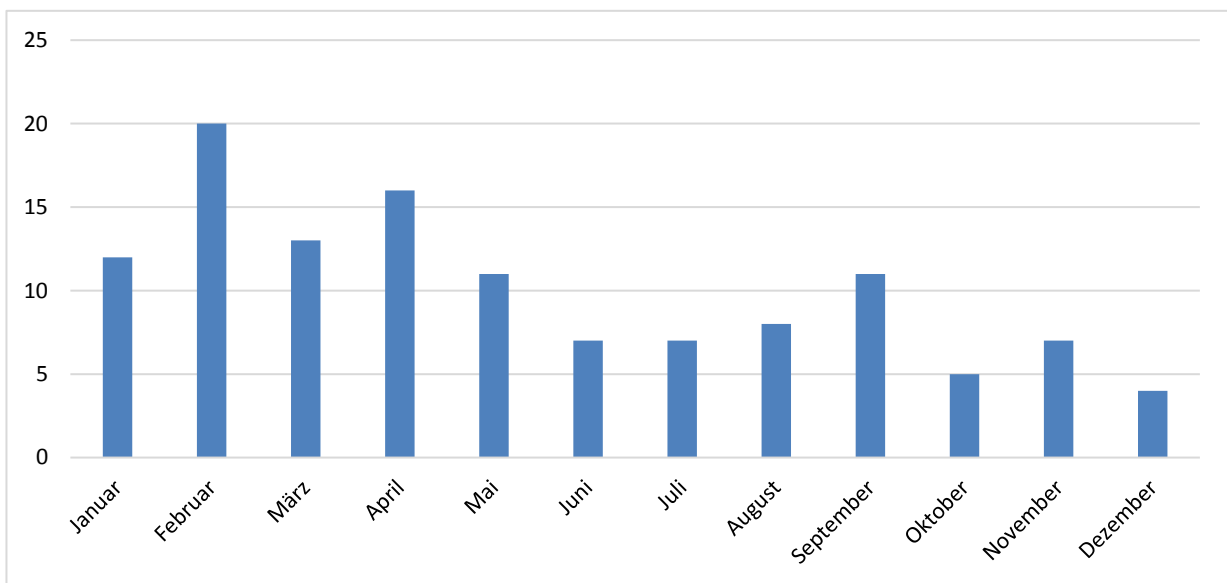


Abbildung 3.6 - Anzahl der Achillessehnenrupturen pro Monat

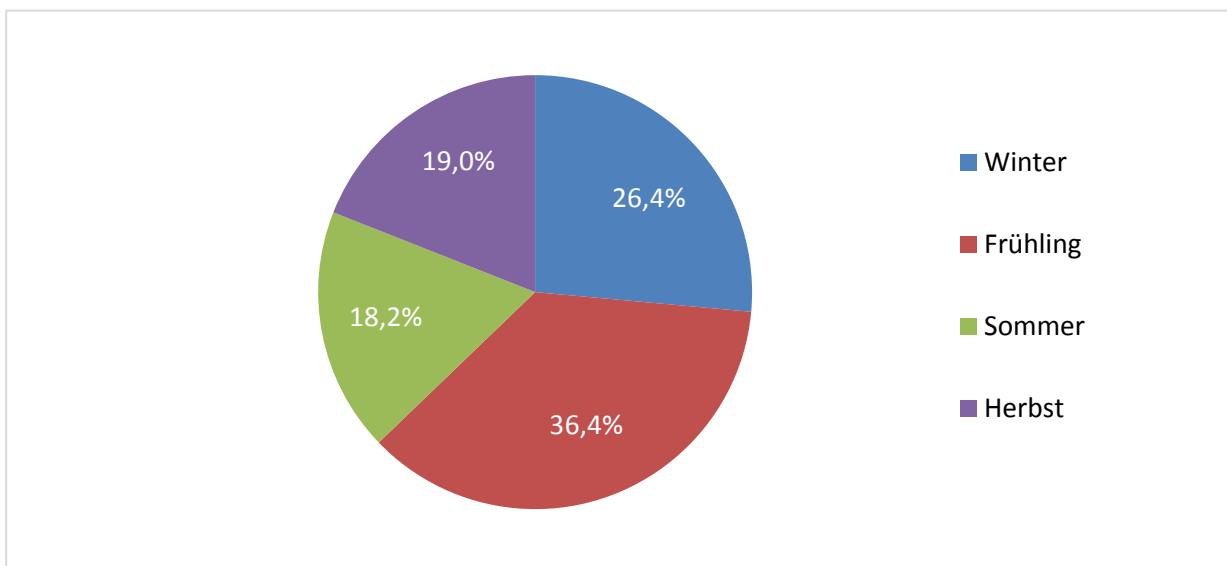


Abbildung 3.7 - Verteilung der Achillessehnenrupturen nach Jahreszeit

## 3.5 Behandlung

Je nach Erstvorstellung des Patienten und verfügbarer OP-Kapazität war das Intervall zwischen Ruptur und Operation unterschiedlich groß. Der Median lag hierbei bei drei Tagen. Die längste Zeitspanne zwischen Unfall und OP betrug acht Tage. Zwei Personen wurden noch am Unfalltag selbst operiert. Inwieweit dieses Intervall mit dem postoperativen Outcome korreliert, wird in Kapitel 3.11 dargestellt. Patienten mit einer Reruptur der Achillessehne wurden in den klinischen Scores sowie den objektiven klinischen Befunden (Wadenumfang, ROM im OSG) nicht mit betrachtet, da zum Untersuchungszeitpunkt die Reruptur bereits weiter therapiert war, sodass kein objektiver Befund über das Ergebnis der perkutanen Naht erhoben werden konnte.

## 3.6 Körperliche Untersuchung

### 3.6.1 Komplikationen

Anhand der stationären und ambulanten Aktendokumentation wurde bei keinem der 190 operierten Patienten eine revisionspflichtige Wundkomplikation (Infekt bzw. Wundheilungsstörung) festgestellt. In einem Fall kam es zu einem temporären Entrapment des N. suralis, das jedoch spontan abheilte.

Alle 153 erfolgreich kontaktierten Patienten wurden spezifisch nach einer erneuten Ruptur der Achillessehne befragt. Im Rahmen dessen gaben drei Personen ein erneutes Rupturereignis an, das anderweitig operativ versorgt wurde.

Tabelle 3.2 – Komplikationen

Befund	Anzahl	rel. Häufigkeit
Reruptur	3	1,9% (bei 153 Befragten)
Dauerhafte Suralisläsion	0	0%
Wundkomplikationen	0	0%



### 3.6.2 Narbenverhältnisse

Die Narbenverhältnisse der 118 nachuntersuchten Patienten sind in Tabelle 3.3 dargestellt. Adhäsionen im Narbenbereich zwischen Haut und Sehne waren bei 15 Patienten zu beobachten. Für keine dieser Personen entstanden daraus Beschwerden. Das kosmetische Ergebnis wurde nicht als störend empfunden. Bei den anderen 87,3% lagen reizlose Narbenverhältnisse vor. Beschwerden wie Narbenschmerz oder Keloidbildung konnten im untersuchten Patientenkollektiv nicht beobachtet werden.

Tabelle 3.3 – Narbenverhältnisse

Befund	Anzahl	rel. Häufigkeit
Reizlose Narbenverhältnisse	103	87,3%
Adhäsion	15	12,7%
Keloidnarbe	0	0%
Narbenschmerz	0	0%

### 3.6.3 Achillessehnenbefund

In Bauchlage wurde die Achillessehne im Vergleich mit der Gegenseite palpiert. Bei 80,16% der Patienten war eine stabile Achillessehne mit tastbarer Narbe palpabel. Eine deutlich knotige Verdickung im Narbenbereich der Sehnenenden gab es bei 17,36% aller Personen. Eine stark verdünnte Sehne wurde bei keinem der Untersuchten gefunden. Der Matles-Test zeigte, dass bei 75,4% aller untersuchten Patienten inspektorisch keine sekundäre Verlängerung oder Verkürzung der Achillessehne im Vergleich zur nicht-operierten Seite vorlag. Bei 25 (21,2%) Untersuchten war eine minimale Verlängerung der operierten Sehne feststellbar und bei drei Patienten eine leichte Verkürzung (2,6%). Bei einem Patienten (0,8%) zeigte sich eine deutliche Verlängerung der operierten Achillessehne. Eine symptomatische Verkürzung der Achillessehne mit eingeschränkter Dorsalextension trat einmal auf.

Tabelle 3.4 – Achillessehnenbefund nach OP

Befund	Anzahl	rel. Häufigkeit
narbig-stabil	97	82,2%
knotig-verdickt	21	17,7%
verdünnt	0	0,0%

Tabelle 3.5 – Auswertung Matles-Test nach OP

Matles-Test	seitengleich		seitendifferent	
	Anzahl	rel. Häufigkeit	Anzahl	rel. Häufigkeit
	89	75,4%	29	24,6%
				Anzahl
			verlängert	26
			verkürzt	3
				Prozent
				22,0%
				2,6%

### 3.6.4 Sensibilität

Anhand der stationären und ambulanten Krankenakten wurde das Auftreten von postoperativen Suralisläsionen untersucht. Bei Überprüfung der insgesamt 190 Patienten wurde in einem Fall eine postoperative Suralisläsion dokumentiert. Diese war jedoch im Verlauf von sechs Wochen vollständig regredient, so dass bei keinem der 190 Patienten zum Zeitpunkt der 6-Wochen-Kontrolle eine Suralisläsion bestand.

### 3.6.5 Bewegungsumfang

Die aktive Dorsalextension im oberen Sprunggelenk auf der operierten und auf der unverletzten Seite lag im Median bei 15°. Die Mittelwerte lagen bei 14,3±0,4° für die verletzte bzw. 14,9±0,4° für die nicht-operierte Seite. Die Differenz der Dorsalextension zwischen operierter und gesunder Seiten betrug im Mittel 1,5±0,3°, der Median lag bei 0°. Bei ungefähr einem Drittel des Patientenkollektivs bestand keine messbare Differenz zwischen beiden Seiten nach der Achillessehnenoperation. Bei sechs Personen (5,1%) lag die Dorsalextensionsdifferenz zwischen 10 und 15 Grad. Das Ergebnis, dass zwischen operierter und nicht-operierter Seite nur ein geringer messbarer Unterschied bestand, zeigte sich auch bei der aktiven Plantarflexion im oberen Sprunggelenk. Der Median der Differenz lag bei 0° und der Mittelwert bei 1,92±0,40°. Im Durchschnitt erreichte das Patientenkollektiv eine Plantarflexion von 46,05±0,80° auf der verletzten und 47,88±0,75° auf der gesunden Seite.

Tabelle 3.6 – Auswertung ROM nach OP

		MW	StdAbw.	Median	Maximum	Minimum
<b>Dorsalextension</b>	verletzt	14,5°	4,6	15,0°	25,0°	5,0°
	gesund	14,9°	4,9	15,0°	30,0°	5,0°
	Signifikanz	p=0,595				
<b>Plantarflexion</b>	verletzt	46,1°	8,6	45,0°	60,0°	30,0°
	gesund	47,9°	8,2	50,0°	60,0°	30,0°
	Signifikanz	p=0,081				

### 3.6.6 Wadenumfang

Der Wadenumfang wurde bei allen Patienten 15cm unterhalb des Kniegelenkspaltes mit einem Maßband gemessen. Der Median des Wadenumfangs auf der verletzten Seite lag bei 36,5cm. Auf der gesunden Seite betrug er 38cm. Wurden beide Seiten miteinander verglichen, ergab sich eine durchschnittliche Differenz von 1,3±1,2cm. Etwas über die Hälfte (55,1%) aller Patienten hatte zum Untersuchungszeitpunkt eine Wadenumfangsdifferenz von einem Zentimeter oder weniger. Drei Personen dieser Gruppe erreichten durch gezieltes Training sogar einen größeren Wadenumfang als auf

der nicht-operierten Seite. Knapp ein Viertel (24%) hatte an beiden Waden den gleichen Muskelumfang. Eine Differenz im Umfang von mehr als 2cm ergab sich bei 18 aus 118 (15,25%) Patienten. Der größte gemessene Unterschied zwischen beiden Seiten lag dabei bei 5,5cm und wurde bei zwei Personen gemessen. Die Differenz des Wadenumfangs zwischen operierter und nicht-operierter Seite war in diesem Patientenkollektiv signifikant ( $p=0,01$ ).

Tabelle 3.7 – Auswertung Wadenumfang nach OP

		MW	StdAbw.	Median	Maximum	Minimum
<b>Wadenumfang in cm</b>	verletzt	36,4	2,9	36,5	43,0	27,0
	gesund	37,6	2,6	38,0	45,5°	30,0
	Differenz	1,3	1,2	1,0	5,5	0
	Signifikanz	$p=0,001$				

Tabelle 3.8 – Einteilung der Patienten nach Wadenumfangsdifferenz

	Anzahl	rel. Häufigkeit
0–1,0cm	65	55,1%
1,1–2,0cm	35	29,7%
2,1–5,0cm	16	13,6%
>5cm	2	1,7%

### 3.7 Sportliche Aktivität

Anhand des Tegner-Aktivitätsscore wurden Änderungen der generellen prä- und postoperativen Aktivität ermittelt. Beim Vergleich beider Werte (präoperativ:  $5,37 \pm 0,15$ ; postoperativ:  $4,77 \pm 0,15$ ) zeigt sich eine signifikante ( $p=0,009$ ) Abnahme der körperlichen Aktivität nach der Achillessehnenruptur. Knapp zwei Drittel (65,5%) aller Untersuchten erhielten prä- und postoperativ den gleichen Scorewert und hatten entsprechend keine Einschränkungen, die zu einer Abnahme der körperlichen Aktivität führten. Insgesamt konnten 66,1% der Patienten ihre ursprüngliche Sportart wieder aufnehmen. Ein Sportartwechsel erfolgte bei 23,7% des Patientenkollektivs. Zwölf Patienten übten nach ihrer Achillessehnenruptur keinen Sport mehr aus. Die Ergebnisse im AOFAS-Score und

im 100-Punkte-Score nach Thermann waren signifikant schlechter ( $p > 0,005$ ) bei den Patienten, die nach der Ruptur ihre Sportart wechselten oder keinen Sport mehr ausüben konnten. Nicht immer waren Beschwerden im operierten Fuß der ausschlaggebende Punkt für einen Wechsel. Häufig gaben die Patienten die Angst vor einer erneuten Ruptur der Achillessehne als Ursache an. Einige Patienten bezeichneten dies als „Kopfsache“: Trotz des Wissens, dass die volle Leistungsfähigkeit der Achillessehne wieder hergestellt ist, konnten sie die Sportart, unter der es zu der Ruptur gekommen war, nicht wieder voll ausüben. Teilweise trugen auch veränderte private und berufliche Lebensumstände, aber auch das zunehmende Alter dazu bei, dass die sportliche Aktivität im Verlauf abnahm. Die meisten Patienten wechselten nach der Achillessehnenruptur von einer Sportart mit schnellen Antritten und plötzlichem Abstoppen zu Kraftsport oder Joggen.

Tabelle 3.9 – Auswertung Tegner-Aktivitätsscore

	<b>MW</b>	<b>StdAbw.</b>	<b>Median</b>	<b>Maximum</b>	<b>Minimum</b>
<b>Präoperativ</b>	5,3	1,6	5,0	8,0	0
<b>Postoperativ</b>	4,8	1,6	5,0	8,0	0
<b>Signifikanz</b>	0,009				

Tabelle 3.10 – Darstellung der klinischen Scores in Abhängigkeit vom Sportartwechsel der Patienten

<b>Sportart- wechsel</b>	<b>Differenz im Tegner- Aktivitäts- Score</b>	<b>VAS Schmerz</b>	<b>VAS Fkt.</b>	<b>AOFAS- Score</b>	<b>100-Pkt.- Score n. Thermann</b>	<b>ATRS</b>
<b>NEIN</b>	0	0,0	1,0	100	91	92
<b>JA</b>	1	0,0	1,8	97	86	90
<b>Kein Sport</b>	2	1,0	1,95	87	71	80
<b>Signifikanz</b>	0,000	0,255	0,005	0,000	0,000	0,128

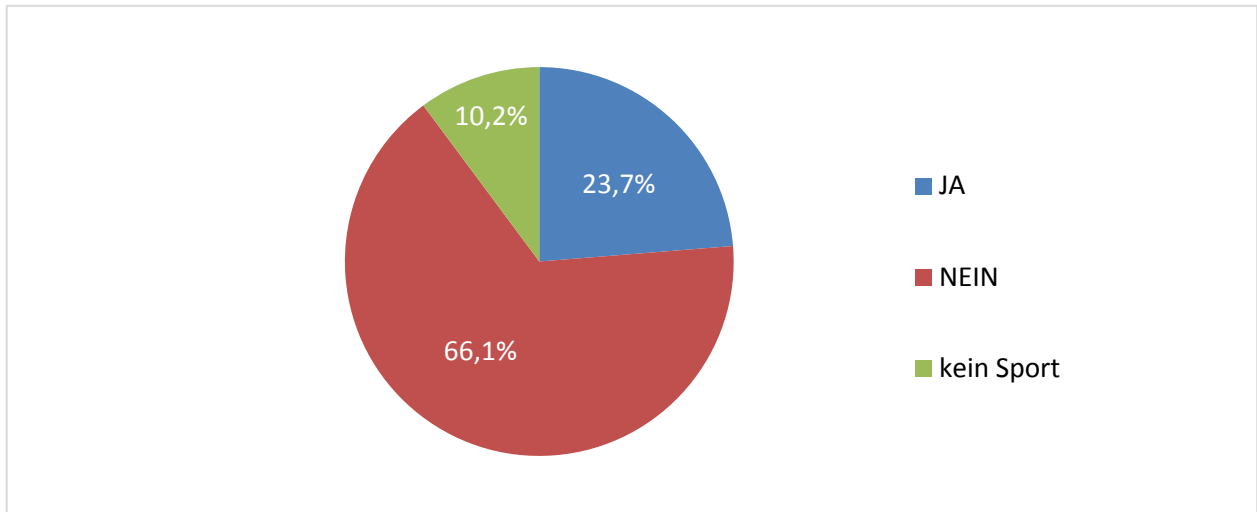


Abbildung 3.8 – Wechsel der Sportart nach Achillessehnenruptur

### 3.8 Subjektive Patientenbewertung

Anhand der Schulnotenskala von eins bis sechs sollten die Patienten ihr Operationsergebnis bewerten. Das Patientenkollektiv beurteilte das Resultat in 76,9% der Fälle mit „gut“ oder „sehr gut“. 18 Personen hielten das postoperative Ergebnis nur für „befriedigend“. Die drei Patienten mit einer Reruptur gaben der Behandlung die schlechtmöglichste Note. Der Gesamtnotendurchschnitt lag bei 1,9.

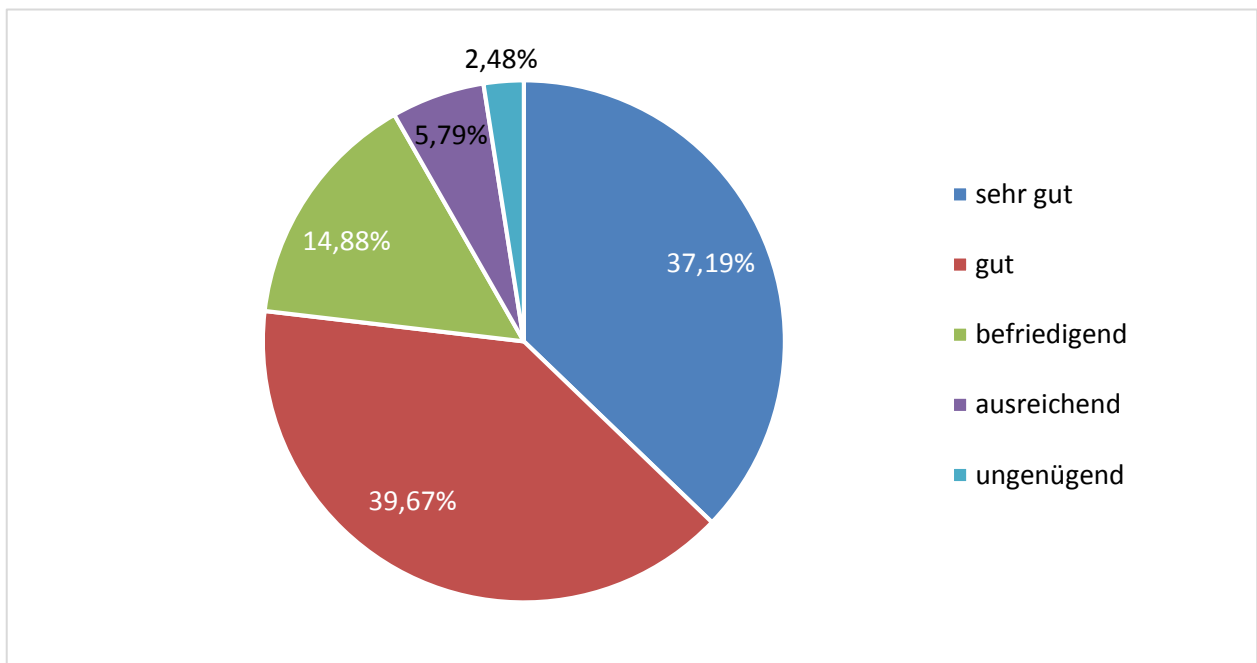


Abbildung 3.9 – Subjektive Patientenbewertung

## 3.9 Klinische Scores

### 3.9.1 Visuelle Analogskala für Schmerzen und Einschränkung

Ausgehend von den Ergebnissen, die mithilfe der Visuellen Analogskala (VAS) gewonnen wurden, spielten anhaltende Schmerzen nach der Achillessehennaht eine untergeordnete Rolle. Im untersuchten Patientenkollektiv lagen der Median der VAS für Schmerzen bei null und der Mittelwert bei  $0,6 \pm 1,0$ . Der Hauptanteil der Patienten (81,4%) markierte auf der Skala einen Wert zwischen null und eins. Abgesehen von einer Ausnahme (VAS 7) bewertete kein Patient seine Schmerzen schwerwiegender als drei auf der VAS.

Die Auswertung, bezogen auf die Funktionseinschränkung, zeigte ein ähnlich gutes Ergebnis. Der Median lag in diesem Fall bei 1,0 und der Mittelwert bei  $1,4 \pm 1,5$ . Werte zwischen null und eins wurden von etwas mehr als der Hälfte aller Patienten (54,3%) angegeben. Weitere 44% ordneten ihre Einschränkung Werten bis maximal 4 zu. Zwei untersuchte Personen klagten zum Untersuchungszeitpunkt über starke Funktionseinschränkungen und gaben dementsprechend eine 8 auf der Visuellen Analogskala an. Beide Patienten hatten eine verlängerte, aber intakte Achillessehne im Untersuchungsbefund. Die Hauptprobleme ergaben sich aus einem Kraftverlust, der einen Einbeinzenstand nicht möglich machte, und einer subjektiven Bewegungseinschränkung im oberen Sprunggelenk. Nach Angaben der Patienten konnte trotz gezielter Physiotherapie keine Verbesserung der Funktion hergestellt werden.

Tabelle 3.11 – Auswertung der visuellen Analogskalen

	<b>MW</b>	<b>StdAbw.</b>	<b>Median</b>	<b>Maximum</b>	<b>Minimum</b>
<b>VAS für den Schmerz</b>	0,6	1,0	0,0	7,0	0,0
<b>VAS der Funktionseinschränkung</b>	1,4	1,5	1,0	8,0	0,0

### 3.9.2 Trillat-Score

Anhand des Trillat-Scores wurden 89,9% der Operationsergebnisse mit „gut“ oder „sehr gut“ bewertet. Unter diesen 106 Operationsbefunden erhielten 58 (49,2%) die Beurteilung

„sehr gut“ und 48 (40,7%) die Beurteilung „gut“. Den Hauptgrund für eine schlechtere Bewertung stellte die nicht ausreichende Wiederherstellung der Funktion und die damit verbundene nicht mehr mögliche Rückkehr zum Sport dar. Das Operationsergebnis des Patienten (0,8%) mit deutlich verlängerter Achillessehne, Kraftverlust und damit massiver Funktionseinschränkung, die sich auch in anderen klinischen Scores widerspiegelte, wurde von ihm mit „ausreichend“ bewertet.

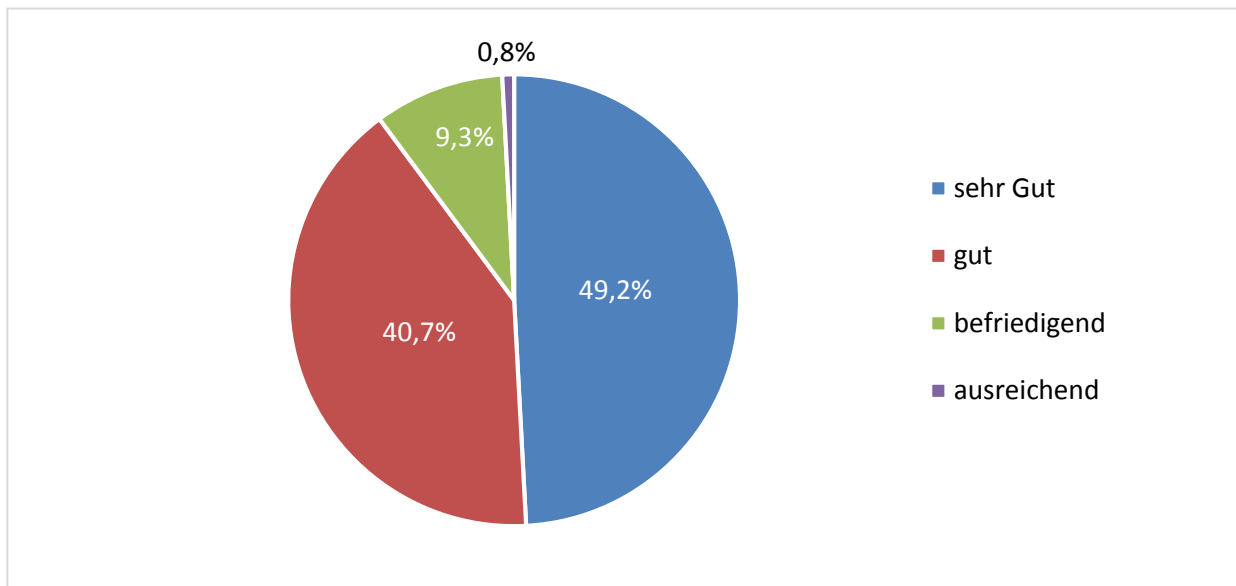


Abbildung 3.10 – Auswertung Trillat-Score

### 3.9.3 AOFAS-Score und 100-Punkte-Score nach Thermann

Anhand des AOFAS-Scores wurde bei 80,5% der untersuchten Patienten ein sehr gutes postoperatives Ergebnis erreicht. Ein gutes Ergebnis erzielten 17,8% der Patienten und 1,7% wurden mit „befriedigend“ bewertet. Der durchschnittliche Scorewert des Patientenkollektivs lag bei  $95,28 \pm 6,62$  Punkten. Mit 74 Punkten lag der niedrigste Wert an der Grenze zwischen einem befriedigenden und guten Ergebnis.

Tabelle 3.12– Auswertung AOFAS-Score

	MW	StdAbw.	Median	Maximum	Minimum
<b>AOFAS-Score</b>	95,3	6,6	100	100	74

Zur differenzierten Beurteilung der Achillessehnenfunktion wurde der 100-Punkte-Score nach Thermann benutzt. Anhand dieses Scores zeigte sich bei 75,4% aller Patienten ein



gutes bis sehr gutes postoperatives Outcome. Dem entsprechend lag der Median bei 88 Punkten und der Mittelwert bei 85,2±12,1 Punkten. Sehr gute Ergebnisse konnten bei 51 (42,1%) Patienten erzielt werden. Wie in Tabelle 3.14 dargestellt, erhielten drei Operationsergebnisse eine ungenügende Beurteilung. Bei zwei dieser Patienten war eine elongierte Achillessehne feststellbar. Die Achillessehne des dritten Patienten zeigte in der Untersuchung einen unauffälligen Befund. Der Patient gab jedoch Schmerzen und Kraftverlust mit Muskelkrämpfen bereits bei Normalbelastung an und bewertete das Operationsergebnis als ungenügend. Es fiel auf, dass die Operationsergebnisse anhand des, für die Achillessehnenruptur unspezifischen, AOFAS-Score wesentlich besser bewertet und schlechtere Ergebnisse nicht dargestellt wurden. So wurden anhand des AOFAS-Scores fast doppelt so viele Ergebnisse als „sehr gut“ bewertet und die elf Patienten, die nach dem Score nach Thermann lediglich ein ausreichendes bis ungenügendes Ergebnis erzielten, fielen im AOFAS-Score in die Kategorie „befriedigend“ bis „gut“.

Tabelle 3.13 – Auswertung Thermann-Score

	<b>MW</b>	<b>StdAbw.</b>	<b>Median</b>	<b>Maximum</b>	<b>Minimum</b>
<b>Thermann-Score</b>	85,2	12,1	88	100	25

Tabelle 3.14 – Gegenüberstellung der Ergebnisse aus dem AOFAS-Score und dem 100-Punkte-Score nach Thermann

Bewertung	AOFAS-Score		100-Punkte-Score nach Thermann	
	Absolute Häufigkeit	Relative Häufigkeit	Absolute Häufigkeit	Relative Häufigkeit
Sehr gut	95	80,5%	51	43,2%
Gut	21	17,8%	38	32,2%
Befriedigend	2	1,7%	18	15,3%
Ausreichend			8	6,8%
Ungenügend			3	2,5%

### 3.9.4 Achilles-Tendon-Total-Rupture-Score (ATRS)

Der ATRS wurde durch die Patienten nach ausführlicher Erklärung selbstständig ausgefüllt. Ebenso wie in den anderen angewendeten Scores ergibt sich anhand des ATRS mehrheitlich ein gutes Operationsergebnis. Die Punktzahl betrug im Durchschnitt  $85,4 \pm 14,9$  Punkte. Der Median lag bei 90 Punkten. Für 9 aus 75 Patienten ergab sich ein Gesamtwert von 100 Punkten. Diese Personen hatten keine subjektiven Einschränkungen nach der Achillessehnenruptur und deren Therapie. Ein ungenügender Punktwert ( $<60$ ), der sich aus erheblichen subjektiven Beschwerden zusammensetzte, ergab sich bei sechs Patienten. Dabei lag der kleinste erreichte Wert bei 19 Punkten. Diese Punktzahl wurde von dem bereits beschriebenen Patienten angegeben, der erhebliche subjektive Beschwerden hatte. Dieses Bild spiegelte sich anschließend auch im ATRS wider, der spezifisch auf die subjektiven Beschwerden der Patienten abzielt.

Tabelle 3.15 – Auswertung Achilles-Tendon-Rupture-Score

	MW	StdAbw	Median	Maximum	Minimum
<b>ATRS</b>	85.4	14.8	90	100	19

### 3.10 Abhängigkeit des postoperativen Outcome ...

#### 3.10.1 ... vom Geschlecht der Patienten

In Tabelle 3.16 ist der Median des jeweiligen Scores in Abhängigkeit vom Geschlecht dargestellt. Es bestanden nur geringe Unterschiede im klinischen Outcome zwischen Männern und Frauen, die sich im 100-Punkte-Score nach Thermann und im ATRS darstellten. Diese Unterschiede waren jedoch nicht signifikant.

Tabelle 3.16 – Abhängigkeit der klinischen Scores vom Geschlecht der Patienten

Geschlecht	VAS Schmerzen	VAS Fkt.einschränkung	AOFAS- Score	100-Pkt.- Score nach Thermann	ATRS
Männer	0	1,0	100	88	92
Frauen	0	1,0	100	84	87
Signifikanz	0,964	0,858	0,693	0,303	0,314

### 3.10.2 ... vom Alter der Patienten

Inwieweit das Patientenalter zum Zeitpunkt der Ruptur einen Einfluss auf das Outcome hat, zeigt die Tabelle 3.17. In der Korrelationsanalyse ergab sich, dass der 100-Punkte-Score nach Thermann als einziger Score eine signifikante Korrelation mit dem Alter aufwies. Es zeigten sich schwach signifikante Unterschiede zwischen den einzelnen Altersklassen im Thermann-Score ( $p=0,043$ ). Dieser Unterschied im Outcome wurde umso deutlicher, wenn man die Patienten, die jünger als 60 Jahre waren, mit denen verglich, die älter als 60 Jahre waren ( $p=0,015$ , siehe Tabelle 3.18). Auf die anderen angewandten Bewertungsmaßstäbe hatte das Alter keinen signifikanten Einfluss.

Tabelle 3.17 – Abhängigkeit der klinischen Scores vom Alter der Patienten

Alter	VAS Schmerz	VAS Fkt.einschränkung	AOFAS- Score	100-Pkt.- Score nach Thermann	ATRS
18–29 Jahre	0,1	0,5	99	86	93
30–39 Jahre	0,0	1,0	100	93	91
40–49 Jahre	0,0	1,1	100	88	91
50–59 Jahre	0,2	0,9	97	83	85
60–69 Jahre	1,0	1,2	97	76	83
70–75 Jahre	1,5	1,5	93	79	73
Korrelation	0,222	0,081	-0,098	-0,273*	-0,162
Signifikanz	0,139	0,707	0,797	0,043**	0,888

\* signifikante Korrelation  
\*\* signifikant, bei  $p<0,05$

Tabelle 3.18 – Outcome Patienten älter als 65 Jahre

Alter	VAS Schmerz	VAS Fkt.einschränkung	AOFAS-Score	100-Pkt.-Score nach Thermann	ATRS
18–59 Jahre	0,0	1,0	100	88	90
>60 Jahre	0,1	1,2	97	78	83
<b>Signifikanz</b>	0,225	0,139	0,441	0,015**	0,232
* signifikante Korrelation ** signifikant, bei $p < 0,05$					

### 3.10.3 ... vom Operationszeitpunkt

Alle Patienten wurden innerhalb der ersten acht Tage nach Rupturereignis operativ versorgt. Das Intervall zwischen Unfall und Operation zeigte keine signifikante Korrelation mit dem postoperativen Outcome. In Tabelle 3.19 konnte dargestellt werden, dass die Unterschiede im Outcome – aufgeteilt auf Tage zwischen Ruptur und Versorgung – nicht signifikant waren. Nichtsdestotrotz lassen sich bei einer Operation nach dem zweiten, posttraumatischen Tag leicht verbesserte Scores feststellen. Vergleicht man das Outcome der Patienten, die ein Intervall von bis zu zwei Tagen zwischen Ereignis und Naht aufwiesen (31 Patienten), mit denen, deren Intervall größer war (87 Patienten), ergaben sich signifikante Unterschiede zwischen diesen beiden Gruppen. Bei einer Operation, die erst 48 Stunden oder später nach dem Rupturereignis stattfand, gaben die Patienten eine subjektiv größere Funktionseinschränkung an ( $p=0,001$ ), die allerdings nicht mit signifikanten Unterschieden im ROM und Wadenumfang einherging. Trotzdem spiegelte sich dieses subjektiv schlechtere Ergebnis auch im AOFAS-Score sowie im ATRS-Score wider (Tabelle 3.20). Der 100-Punkte-Score nach Thermann zeigte mit einer Signifikanz von  $p=0,058$  die gleiche Tendenz. Trotz der subjektiv größeren Funktionseinschränkung war der Unterschied in der Benotung des Gesamtergebnisses nicht signifikant ( $p=0,259$ ). Bei beiden Gruppen lag der Median in der Gesamtbewertung bei „gut“.

Tabelle 3.19 – Abhängigkeit der klinischen Scores vom Intervall zwischen Trauma und Operation

Intervall	VAS Schmerz	VAS Fkt.einschränkung	AOFAS-Score	100-Pkt.-Score nach Thermann	ATRS
≤1 Tag	1,0	1,5	94	84	86
1–2 Tage	0,6	1,8	94	80	79
2–3 Tage	0,0	2,0	97	86	84
3–4 Tage	0,0	0,3	99	89	94
4–5 Tage	0,1	0,8	100	94	92
5–6 Tage	0,0	0,8	100	87	89
6–7 Tage	0,0	1,3	100	82	82
7–8 Tage	0,0	1,3	100	91	94
≥8 Tage	0,3	0	100	91	86
<b>Korrelation</b>	-0,092	-0,166	0,154	0,102	0,080
<b>Signifikanz</b>	0,615	0,077	0,691	0,323	0,145
* signifikante Korrelation					
** signifikant, bei p<0,05					

Tabelle 3.20 – Unterschiede in den klinischen Scores bei Operation innerhalb der ersten zwei Tage oder zu einem späteren Zeitpunkt

Intervall	VAS Schmerzen	VAS Fkt.einschränkung	AOFAS-Score	100-Pkt.-Score nach Thermann	ATRS
<b>0–2 Tage</b>	0,8	2,0	97	85	80
<b>&gt;2 Tage</b>	0,0	0,8	100	89	92
<b>Signifikanz</b>	0,091	0,001**	0,033**	0,058	0,022**
** signifikant, bei p<0,05					

### 3.11 Rolle von ROM und Wadenumfang in der Bewertung der Operationsergebnisse

Der Wadenumfang und die ROM im oberen Sprunggelenk sind die zwei einzigen objektiven funktionellen Parameter, die das postoperative Outcome der Patienten in dieser Arbeit beschreiben. Es stellte sich die Frage, inwieweit diese mit den klinischen Scores und der subjektiven Patientenbewertung korrelierten. Es zeigte sich, dass die Differenz in der Dorsalextension zwischen gesunder und operierter Seite lediglich mit dem 100-Punkte-Score nach Thermann signifikant korrelierte ( $r=-0,407$ ). Da die ROM jedoch direkt in den Thermann-Score mit eingeht, war dieses Ergebnis zu erwarten. So gingen auch Einschränkungen in der Plantarflexion mit niedrigeren Werten im Thermann-Score einher ( $r=-0,289$ ). Zwischen einer eingeschränkten Plantarflexion und der VAS der Funktionseinschränkung ( $r=0,183$ ) sowie dem AOFAS-Score ( $r=-0,205$ ) ergaben sich keine signifikanten Korrelationen.

Ein anderes Bild zeigte sich beim Wadenumfang. Umfangsdifferenzen zwischen verletzter und gesunder Seite wirkten sich scheinbar direkt auf das Ergebnis der funktionsabhängigen Scores aus. So korrelierten die subjektive Funktionseinschränkung sowie die Werte im AOFAS-Score, im Thermann-Score und im ATRS signifikant mit einem unterschiedlichen Wadenumfang. Tabelle 3.21 stellt die Scores in Abhängigkeit von der Wadenumfangsdifferenz dar. Die subjektiv eingeschätzte Funktionseinschränkung korreliert zwar mit der Umfangsdifferenz, jedoch sind die entstehenden Unterschiede im Funktionsempfinden nicht signifikant. Auch im 100-Punkte-Score nach Thermann, im AOFAS-Score und im ATRS geht mit einer zunehmenden Wadenumfangsdifferenz ein schlechteres Outcome einher. Die Unterschiede in den Scores waren signifikant ( $p \leq 0,05$ ). Dass der 100-Punkte-Score nach Thermann die größte Korrelation zeigte, war zu erwarten, da hier der Wadenumfang direkt als Punktkriterium mit in den Score eingeht.

Tabelle 3.21 – Abhängigkeit der klinischen Scores von der Wadenumfangsdifferenz der Patienten

<b>Wadenumfangs- differenz in cm</b>	<b>VAS Fkt.einschränkung</b>	<b>AOFAS- Score</b>	<b>100-Pkt.-Score nach Thermann</b>	<b>ATRS</b>
<b>0</b>	0,0	100	93	90
<b>0,1–1</b>	0,0	100	88	94
<b>1,1–2</b>	0,0	97	85	91
<b>2,1–3</b>	0,8	97	84	82
<b>&gt;3cm</b>	0,0	79	67	80
<b>Korrelation</b>	0,205*	-0,241*	-0,348*	-0,264*
<b>Signifikanz</b>	0,119	0,023**	0,001**	0,068
* signifikante Korrelation				
** signifikant, bei $p < 0,05$				

## 4 Diskussion

Diese Arbeit konnte zeigen, dass es sich bei der minimal-invasiven Naht der Achillessehne mittels des Dresdner Instruments um eine sichere, komplikationsarme Technik zur Versorgung von akuten Achillessehnenrupturen handelt. Prokop et al. zeigten, dass diese Nahttechnik schnell zu erlernen ist und auch weniger erfahrene Assistenzärzte gute Ergebnisse mit einer geringen Komplikationsrate erzielen<sup>119</sup>.

Die Qualität einer Therapie wird in den meisten Fällen an deren Komplikationen gemessen. So gab es in dieser Arbeit drei Rerupturen (1,9%). Bei keinem der 190 operierten Patienten kam es zu einer Wundheilungsstörung. Im gesamten Patientenkollektiv wurde eine bis zum Untersuchungszeitpunkt vollkommen regrediente Irritation des Nervus suralis beschrieben. Damit entspricht die Rate an Rerupturen in etwa den Ergebnissen von Amlang et al.<sup>107</sup> (3,2%) und Keller et al. (2%)<sup>108</sup>, wobei im Gegensatz zur letztgenannten Studie in unserer Arbeit Patienten mit rheumatischen Erkrankungen oder vorheriger Cortisoninjektion nicht ausgeschlossen wurden. Im Vergleich mit der offen Naht<sup>25,26</sup> können mit dieser perkutanen Nahttechnik ähnliche Rerupturraten erzielt werden. Der Vorteil der minimal-invasiven Nahttechnik liegt dabei in der geringen Rate an Wundinfektionen. So traten weder in dieser Arbeit noch in der von Keller et al. Wundheilungsstörungen auf. Amlang et al. berichten lediglich über eine späte oberflächliche Wundheilungsstörung bei bereits verheilter Achillessehne. Die Operation mit dem Achillon-Device ist eine minimal-invasive OP-Technik mit ähnlichen Ergebnissen bezüglich Rerupturen und Wundheilungsstörungen<sup>120-123</sup>. Drei dieser vier Studien<sup>121-123</sup> verzeichneten keine Reruptur. Bis auf Valente et al.<sup>121</sup> schlossen die Autoren jedoch Patienten mit vorheriger Steroidinjektion, Fluorchinoloneinnahme oder Stoffwechselerkrankungen, die die Wundheilung beeinflussen, aus den Studien aus. In der Vergangenheit lag ein Hauptkritikpunkt gegen die perkutane Naht an den häufig vorkommenden Läsionen des Nervus suralis<sup>73,74</sup>. Nach unserem Wissen wurde weder in den Studien zur perkutanen Naht mit dem Dresdner Instrument noch in den Arbeiten zum Achillon-Device von einer dauerhaften Nervenschädigung berichtet. Aibinder et al. untersuchten die Gefahr der Suralisläsion unter Verwendung des Achillon-Device an Leichen<sup>124</sup>. Sie stellten fest, dass abhängig von der Rotation des Achillon-Device eine erhöhte (Innenrotation) oder verminderte (Außenrotation) Gefahr der Nervenschädigung besteht. Entsprechende Untersuchungen zum Dresdner Instrument bestehen bislang nicht.



Neben der Gefahr der Suralisläsion waren Zweifel an einer adäquaten Stumpfadaptation ein Argument gegen die perkutane Naht. Im Vergleich mit der offenen Naht wurde die Belastbarkeit als 50% geringer beschrieben. Ortiz et al. veröffentlichten 2013 eine Studie, die die Naht mit dem Dresdner Instrument mit der klassischen Naht nach Krackow verglich<sup>125</sup>. In vitro zeigte sich, dass die pDI-Naht einen besseren Widerstand gegen das Auseinanderdriften der Rupturenden bot und mindestens eine genauso gute Sicherheit bezüglich des Nahtversagens bestand. Innerhalb dieser In-vitro-Studie wurde auch eine Modifikation der ursprünglichen Technik nach Amlang beschrieben, die sogenannte „triple-strand Dresden technique“, die unter allen untersuchten Nahttechniken signifikant am belastbarsten war. Hierbei wurde proximal der beiden ursprünglichen Nähte eine dritte Naht angelegt. Lassen sich mit der Technik ähnlich gute Ergebnisse in In-vivo-Studien erzielen, stellt diese Modifikation einen Vorteil bezüglich des „early Weight-Bearings“ dar, das nachweislich sowohl bei der offenen Naht<sup>126</sup> als auch bei der nicht-operativen Therapie<sup>127</sup> ein besseres Outcome erzielt.

Zum aktuellen Zeitpunkt gab es, bis auf die Arbeit von Keller et al.<sup>108</sup> (100 Patienten), keine Studie, die die Reproduzierbarkeit des sehr guten Outcome vom Amlang et al. zur perkutanen Naht mit dem Dresdner Instrument an einer größeren Patientenpopulation untersuchte. Es war davon auszugehen, dass ähnliche Ergebnisse zum Dresdner Instrument erzielt würden wie in den anderen Studien beschrieben<sup>107,108,128</sup>. Zur besseren Vergleichbarkeit des postoperativen Outcome wurden der häufig verwendete AOFAS-Score, der ATRS und der 100-Punkte-Score nach Thermann berechnet. Der Wadenumfang und der Bewegungsumfang im oberen Sprunggelenk dienten als objektive klinische Parameter.

Die Geschlechterverteilung von 5:1, männlich zu weiblich, und das durchschnittliche Alter von 42 Jahren zum Zeitpunkt der Achillessehnenruptur entsprechen den Angaben in der Literatur<sup>8-10</sup>. Huttunen et al. bestätigten diese Zahlen in einer großen Studie aus dem Jahr 2014, die eine Patientengruppe von 27.702 Personen mit Achillessehnenruptur epidemiologisch untersuchte<sup>129</sup>. Eine Level-III-Studie aus Schweden analysierte die Unterschiede im postoperativen Outcome zwischen Männern und Frauen<sup>130</sup>. Es zeigte sich, dass chirurgisch versorgte Frauen signifikant mehr Symptome zeigten und weniger gute Ergebnisse im Heel-Raise-Test erzielten als Männer. In unserer Arbeit bestand kein Unterschied im postoperativen Outcome zwischen männlichem und weiblichem Geschlecht.

Die bereits erwähnte Arbeit von Huttunen et al. zeigte zudem einen Anstieg der Achillessehnenrupturen in den Jahren 2001 bis 2012, vor allem in der Altersgruppe von 40–59 Jahren. In der Gruppe von 18–39 Jahren sank dagegen die Rate an Achillessehnenrupturen um 27% im Studienzeitraum. Erklärbar ist dies durch die Hypothese, dass in der heutigen Zeit trotz steigenden Lebensalters ein hoher sportlicher Anspruch besteht. So sind die Behandlungskonzepte gegebenenfalls an die zunehmend älteren Patienten anzupassen beziehungsweise sollte die Therapie abhängig vom Alter gewählt werden. So lag zum Beispiel in Schweden das Durchschnittsalter der operativ versorgten Patienten bei 42 Jahren und der funktionell konservativ behandelten Patienten bei 52 Jahren<sup>129</sup>. Auffällig war die Häufung der Achillessehnenrupturen im Frühjahr bzw. in den Monaten Februar, März und April. In drei von vier Studien, die eine jahreszeitliche Häufung von Achillessehnenrupturen untersuchten, zeigte sich ein ähnlicher Trend mit vermehrten Rupturen im Frühjahr<sup>6,131-133</sup>. In der Studie von Scott et al. aus Kanada war dieser Unterschied signifikant<sup>132</sup>. Unsere Arbeit kann diesen Trend bestätigen. In unserem Patientenkollektiv bestand ein signifikanter Unterschied in der Anzahl an Rupturen zwischen Frühjahr, Sommer, Herbst und Winter.

Zur besseren Vergleichbarkeit des Outcome finden in den meisten Studien ein oder zwei klinische Scores ihre Anwendung. International wird am häufigsten der AOFAS-Score verwendet. In unserer Studie wurde das Outcome in 98,7% der Fälle mit einem durchschnittlichen Wert von  $95,3 \pm 6,6$  Punkten als „gut“ oder „sehr gut“ bewertet. Die Patienten der Studie von Keller et al. erreichten  $97,7 \pm 5,4$  Punkte<sup>108</sup>. Diese Zahlen decken sich mit denen der originalen Studie zur pDI-Naht. Amlang et al. berichteten von 95% sehr guten und guten Ergebnissen<sup>107</sup>. Nach Operation mit dem Achillon-Device erreichten die Patienten in Studien mit ähnlichen Ein- und Ausschlusskriterien im AOFAS-Score Werte von 96 Punkten<sup>120</sup> bzw. 93,4 Punkten<sup>121</sup>. Demnach bescheinigt der AOFAS-Score sowohl der Naht mit dem Dresdner Instrument als auch der minimal-invasiven Operation mit dem Achillon-Device ein gutes bis sehr gutes postoperatives Outcome.

Wie bereits einleitend angesprochen fiel jedoch auf, dass sich dieses Ergebnis durch achillessehnenspezifische Scores wie dem 100-Punkte-Score nach Thermann noch weiter differenzieren ließ. Es war zu sehen, dass elf Patienten im 100-Punkte-Score nach Thermann nur ein ausreichendes bis ungenügendes postoperatives Ergebnis bescheinigt wurde. So erhielten vier dieser Fälle laut AOFAS-Score eine sehr gute und sechs Fälle eine gute Bewertung. In den meisten Fällen sorgten achillessehnenspezifische Probleme, wie mangelnder Einbeinzehenstand, verminderte Fähigkeit zum Springen auf einem Bein

sowie eine deutliche Differenz im Wadenumfang, für Punktabzüge im 100-Punkte-Score nach Thermann und im ATRS. Gleichzeitig zeigt der ATRS eine stärkere Korrelation mit dem Score nach Thermann als mit dem AOFAS-Score:  $r=0,654$  bzw.  $0,559$  bei  $p<0,05$ . Der ATRS wurde spezifisch für Achillessehnenrupturen entwickelt<sup>116</sup>, und es konnte gezeigt werden, dass dieser stark mit der körperlichen Einschränkung der Patienten korreliert<sup>134</sup>. Bisher fand der ATRS in der Literatur erst selten Anwendung, weshalb es zum Zeitpunkt dieser Arbeit noch keine vergleichbaren Werte zur perkutanen Naht gab. Der Median von 90 Punkten im ATRS in unserem Patientenkollektiv gleicht den Punktzahlen, die von Olsson et al. in einer Level-I-Studie sowohl für die offene chirurgische Naht als auch für die funktionell konservative Behandlung ermittelt wurden<sup>83</sup>. Unserer Meinung nach sollten der 100-Punkte-Score nach Thermann und der ATRS in der Literatur häufiger Anwendung finden, da diese spezifischer die Probleme, die nach einer Achillessehnenruptur entstehen können, erfassen. Alle von uns verwendeten Scores korrelierten signifikant mit der Patientenzufriedenheit. Es wurde bereits erwähnt, dass die Zahl der Achillessehnenrupturen in den älteren Altersgruppen ansteigt, entsprechend wichtig war es zu klären, ob das Outcome abhängig vom Alter der Patienten ist. Im AOFAS-Score, ATRS und den Visuellen Analogskalen zeigte sich kein signifikanter Unterschied zwischen den einzelnen Altersgruppen. Lediglich die Ergebnisse im 100-Punkte-Score nach Thermann unterschieden sich signifikant. Anhand dessen hatten insbesondere Patienten über 60 Jahre ein schlechteres Outcome als die jüngeren Patienten. Dieses Ergebnis widerspricht somit teilweise den Angaben von Maffulli et al., die keinen altersabhängigen Unterschied im Outcome feststellen konnten. Sie untersuchten die Thematik genauer, indem sie das Outcome nach perkutaner Naht von Patienten über 65 Jahren dem von Patienten jünger als 65 Jahren gegenüberstellten<sup>135</sup>. Anhand von ATRS und Wadenumfangsdifferenz kamen sie zu dem Schluss, dass kein signifikanter Unterschied im Outcome nach perkutaner Naht bei Patienten im Alter von über 65 Jahren besteht. In unserer Studie wurden Patienten jünger bzw. älter als 60 Jahre miteinander verglichen, so dass die Ergebnisse nicht genau vergleichbar sind.

Generell zeigte sich in unserer Studie nach durchschnittlich 33 Monaten Follow-up-Zeit eine leichte Differenz im Wadenumfang zwischen verletzter und unverletzter Seite. Dieser Unterschied war, ähnlich wie bei Maffulli et al.<sup>135</sup>, unabhängig vom Alter der Patienten. Wir konnten zeigen, dass eine größere Differenz im Wadenumfang mit

schlechteren Ergebnissen im AOFAS-Score und im 100-Punkte-Score nach Thermann einhergeht. Hierbei ist darauf hinzuweisen, dass die Wadenumfangsdifferenz als Kriterium direkt in den Thermann-Score mit eingeht und somit eine Korrelation wahrscheinlicher macht. Wie die signifikante Korrelation mit dem AOFAS-Score und die angedeutete Signifikanz mit dem ATRS ( $p=0,068$ ) zeigt, scheint die Wadenumfangsdifferenz mit dem postoperativem Outcome verknüpft zu sein. So bestand ein schwach signifikanter ( $p=0,05$ ) Unterschied zwischen der subjektiven Bewertung des Gesamtergebnisses in Abhängigkeit von der Wadenumfangsdifferenz. Mit grösser werdender Differenz im Wadenumfang verschlechterte sich der Gesamteindruck der Patienten bezüglich des Operationsergebnisses. Nach einer Studie von Leppilahti et al. hat ein Unterschied im Wadenumfang nicht immer einen Unterschied in der Kraftentwicklung zur Folge, da 30% ihrer Patienten trotz guter bis sehr guter Kraftentwicklung unterschiedliche Wadenumfänge aufwiesen<sup>136</sup>. In unserer Arbeit wäre eine isometrische Kraftmessung sinnvoll gewesen, um genauer zu untersuchen, inwieweit die Wadenumfangsdifferenz das postoperative Outcome inklusive der Patientenzufriedenheit beeinflusst und welche Rolle dabei die Kraftentwicklung spielt.

In den meisten Arbeiten zu Achillessehnenrupturen werden Traumata operiert, die nicht älter als zehn Tage sind<sup>107,108,120,121</sup>. Wir stellten uns im Rahmen der Studie die Frage, inwiefern sich der Versorgungszeitpunkt auf das postoperative Score-Ergebnis auswirkt. Es zeigte sich, dass der AOFAS-Score, der ATRS und die durch den Patienten selbst eingeschätzte Funktionseinschränkung signifikant schlechter ausfielen, wenn die Patienten innerhalb der ersten zwei Tage operiert wurden. Der Unterschied im 100-Punkte-Score nach Thermann war an der Grenze zur Signifikanz ( $p=0,058$ ).

Die Unterschiede im Bewegungsumfang und in der Wadenumfangsdifferenz zwischen den früh und später operierten Patienten waren nicht signifikant. Es waren vielmehr Probleme, wie eine gefühlte Steifigkeit oder ein Spannungsgefühl in der Achillessehne, was die Patienten störte. Unseres Wissens wurde ein entsprechendes Phänomen bisher nicht publiziert, entsprechend kritisch muss man dieses Ergebnis betrachten.

Fest steht, dass innerhalb der ersten 24 Stunden nach Ruptur eine Entzündungsphase besteht mit einer Überexpression von Entzündungsmediatoren. Nach ein paar Tagen erfolgt der Übergang in die Synthesephase<sup>22</sup>. Bei Untersuchungen an Ratten konnte gezeigt werden, dass die Entzündungsmediatoren TNF- $\alpha$  und IL-1 $\beta$ , die initial deutlich erhöht sind, erst nach drei Tagen signifikant gesunken waren<sup>137</sup>. Des Weiteren scheint

eine frühe Immobilisierung nach Ruptur zu einer Suppression von pro-inflammatorischen Mediatoren zu führen<sup>138</sup>. Eine Überexpression des Kollagensynthese stimulierenden und anti-inflammatorischen IL-6<sup>139</sup> konnte nach ein bzw. zwei Wochen nachgewiesen werden<sup>140,141</sup>. Geht man von den genannten Erkenntnissen aus, würde man 48 Stunden nach Ruptur noch während der Entzündungsphase operieren. Es stellt sich die Frage, inwieweit die frühzeitige Immobilisierung und Stabilisierung der Sehne, zu der es durch die Operation kommt, Einfluss auf den physiologischen Entzündungsprozess hat. Eventuell wird dieser dadurch verkürzt, was im Nachhinein Einfluss auf die Genexpression der anderen Mediatoren der Sehnenheilung hat. Die meisten Studien beginnen die Messung von Entzündungsmediatoren oder Wachstumsfaktoren erst eine Woche nach der Operation<sup>140,141</sup>. Ohne dieses Wissen lässt sich die Frage, ob und inwiefern die frühe Operation nach Trauma einen Einfluss hat, an dieser Stelle nicht klären. Bezüglich der konservativen Versorgung konnten Carden et al. bereits 1987 zeigen, dass sich mit Ruhigstellung innerhalb der ersten 48 Stunden nach Ruptur signifikant bessere Ergebnisse erzielen lassen<sup>89</sup>, was wiederum für eine möglichst frühzeitige Ruhigstellung sprechen würde. Es ist daher sicher notwendig, mittels einer Studie, die gezielt das Outcome abhängig vom Operationszeitpunkt innerhalb der ersten drei Tage untersucht, die Rolle des operativen Eingriffs auf den Heilungsprozess der Achillessehne zu klären.

Achillessehnenrupturen geschehen bekannterweise häufig beim Sport, insbesondere bei Stop-and-go-Sportarten. Das Ziel der Behandlung sollte dementsprechend die Wiederherstellung der ursprünglichen sportlichen Leistungsfähigkeit sein und die Rückkehr des Patienten in die entsprechende Sportart. Nach Keller et al. und Amlang et al. kehrten 85%<sup>108</sup> bzw. 87%<sup>107</sup> der Patienten auf gleichem Level wieder in ihre ursprüngliche Sportart zurück, nachdem sie mittels pDI-Naht operiert worden waren. Diese Angaben decken sich nicht mit den Ergebnissen dieser Arbeit, in der lediglich 66,1% aller Patienten ihren Sport auf gleichem Niveau wieder aufnahmen. Da sich ansonsten das positive Outcome (Komplikationen, klinische Scores) der drei Studien gleicht, ist erst einmal nicht davon auszugehen, dass eine schlechtere Funktion der Achillessehne diesen Unterschied erklärt. Eine mögliche Erklärung dieser Abweichung ist eine unterschiedliche Evaluation der Sportfähigkeit durch die Patienten. So beobachteten auch Keller et al., dass bei einigen Patienten lediglich die Angst vor einer erneuten Ruptur und die Unsicherheit bezüglich der Belastbarkeit Grund für den Sportartwechsel

waren<sup>108</sup>. Das zunehmende Alter und damit ein eventuell abnehmendes Interesse an sportlicher Betätigung spielt an diesem Punkt sicher auch eine nicht zu vernachlässigende Rolle. Eine Schwäche unserer Arbeit liegt darin, dass neben Scores kein Instrument verwendet wurde, das gezielt auf den generellen Gesundheitsstatus des Patienten und seine subjektiven Beschwerden eingeht, wie zum Beispiel der SF-36 (Short Form 36)<sup>142</sup>. Mithilfe dessen hätten die subjektiven Beschwerden und die Lebensqualität der Patienten besser objektiviert werden können. Unter anderem hätte man die Gründe für einen Sportartwechsel oder die Unzufriedenheit mit dem Operationsergebnis trotz guter Funktion darstellen und mit den anderen Scores korrelieren können.

Generell besteht eine Limitation dieser Studie darin, dass es sich um eine retrospektive Arbeit handelt. Dies beinhaltet, dass es sich innerhalb des Patientenkollektivs nicht um eine Normalverteilung handelte und es zu einem Loss-to-follow-up von 37 Patienten (19,4%) gekommen ist. Im Rahmen dessen wurde ein Teil der Patienten vor dem Jahr 2007 nachuntersucht wurde, wodurch nur für 75 von 121 Patienten der ATRS berechnet werden konnte. Des Weiteren besteht eine gewisse Fehlerrate in der Erhebung der Stammdaten aus einer Datenbank und der damit verbundenen Abhängigkeit, dass zum Zeitpunkt der Erfassung alle Daten korrekt gesammelt wurden. Bezüglich der Evidenz dieser Studie ist anzumerken, dass alle ermittelten Ergebnisse lediglich mit denen der Literatur verglichen wurden, da keine Vergleichsgruppe zu unserer Patientenpopulation existierte. Damit geht einher, dass ein gewisser Bias der Autoren bezüglich der Auswahl der Literatur mit einfließt. Zu den Stärken dieser Studie zählen die Größe des Patientenkollektivs sowie die Breite an unterschiedlichen Follow-up-Zeiten. Alle Patienten wurden in einer chirurgischen Klinik durch ein kleines Team von Unfallchirurgen operiert, womit eine Standardisierung der Operation gegeben ist. Gleiches gilt für die Kontrolluntersuchungen, die von lediglich drei unterschiedlichen Personen durchgeführt wurden, die alle nach dem gleichen Protokoll arbeiteten. Ergebnisse und Signifikanzen dieser Arbeit haben mit Sicherheit nicht die Evidenz einer prospektiven randomisierten Studien, besitzen jedoch trotz alledem die Aussagekraft, Tendenzen sowie die Vor- und Nachteile der perkutanen Naht im Gesamtkontext einzuordnen und darzustellen.

Trotz der insgesamt sehr guten Ergebnisse bezüglich des Outcomes bleiben am Ende dieser Arbeit einige Fragen unbeantwortet. So sollte die Frage, inwiefern sich das postoperative Ergebnis der über 60-jährigen Patienten von den unter 60-jährigen unterscheidet, weiter vertieft werden, um in der Zukunft altersadaptierte Behandlungsschemata zu entwerfen. Hutchinson et al. stellten 2015 ein Behandlungsprotokoll (SMART) vor, das dem behandelnden Arzt und Physiotherapeuten vom Zeitpunkt der Ruptur bis zum Wiedererlangen der vollständigen Aktivität einen Behandlungsalgorithmus vorgibt<sup>143</sup>. Abhängig vom Alter des Patienten, der Komorbiditäten sowie der Rupturlokalisierung und dem sonographisch nachgewiesenen Abstand der Sehnenenden wird über die konservative oder operative Therapie entschieden. Bei einer Rerupturrate von 1,1% kam es somit zwischen 2008 und 2014 zu einem Rückgang der operativ versorgten Achillessehnenrupturen. Dieses Protokoll wurde sowohl für Amateursportler als auch professionelle Athleten eingesetzt. Mithilfe standardisierter Protokolle lässt sich die Behandlung der Achillessehnenruptur auch für weniger spezialisierte Kliniken vereinfachen, ohne auf die Vorteile einer individuell angepassten Therapie zu verzichten.

Alles in allem konnten wir mit dieser Arbeit zeigen, dass die Naht mit dem Dresdner Instrument ein sicheres und zuverlässiges Verfahren zur Versorgung der akuten Achillessehnenruptur ist. Es handelt sich um eine standardisierte Operationsmethode, mit der sich auch in einem größeren Patientenkollektiv sehr gute funktionale Ergebnisse bei gleichzeitig hoher Patientenzufriedenheit erzielen lassen. Es besteht kaum ein Risiko für Wundinfekte oder Suralisläsionen bei gleichzeitig niedriger Rerupturrate.

Nach der hier vorliegenden Untersuchung ist die perkutane Naht mit dem Dresdner Instrument (pDI) zur Behandlung der akuten Achillessehnenrupturen zu empfehlen.

## 5 Literaturverzeichnis

1. Paré A, Johnson T, Thomas C, Baker G. The workes of that famous chirurgion Ambrose Parey translated out of Latine and compared with the French. by Th: Johnson London: Printed by Th: Cotes and R. Young, anno 1634.
2. Leppilahti J, Puranen J, Orava S. Incidence of Achilles tendon rupture. *Acta orthopaedica Scandinavica* 1996;67:277-9.
3. Thermann H. Management of Achilles tendon rupture. *Der Orthopaede* 1999;28:82-97.
4. Raschke MJ, Herbort M, Roßlenbroich S. Achillessehnenrupturen. *Trauma und Berufskrankheit* 2010;12:444-52.
5. Moller A, Astron M, Westlin N. Increasing incidence of Achilles tendon rupture. *Acta orthopaedica Scandinavica* 1996;67:479-81.
6. Suchak AA, Bostick G, Reid D, Blitz S, Jomha N. The incidence of Achilles tendon ruptures in Edmonton, Canada. *Foot & Ankle International / American Orthopaedic Foot and Ankle Society and Swiss Foot and Ankle Society* 2005;26:932-6.
7. Amlang MH, Zwipp H. Damage to large tendons: Achilles, patellar and quadriceps tendons. *Der Chirurg* 2006;77:637-49.
8. Hess GW. Achilles tendon rupture: a review of etiology, population, anatomy, risk factors, and injury prevention. *Foot & Ankle Specialist* 2010;3:29-32.
9. Vosseller JT, Ellis SJ, Levine DS, Kennedy JG, Elliott AJ, Deland JT, Roberts MM, O'Malley MJ. Achilles tendon rupture in women. *Foot & Ankle International / American Orthopaedic Foot and Ankle Society and Swiss Foot and Ankle Society* 2013;34:49-53.
10. Thevendran G, Sarraf KM, Patel NK, Sadri A, Rosenfeld P. The ruptured Achilles tendon: a current overview from biology of rupture to treatment. *Musculoskeletal Surgery* 2013;97:9-20.
11. Maffulli N. Current Concepts Review - Rupture of the Achilles Tendon. *The Journal of Bone & Joint Surgery* 1999;81:1019-36.
12. Jessing P, Hansen E. Surgical treatment of 102 tendo achillis ruptures - suture or tenontoplasty? *Acta Chirurgica Scandinavia* 1975;141:370-7.
13. Chao W, Deland JT, Bates JE, Kenneally SM. Achilles tendon insertion: an in vitro anatomic study. *Foot & Ankle International / American Orthopaedic Foot and Ankle Society and Swiss Foot and Ankle Society* 1997;18:81-4.



14. Calleja M, Connell DA. The Achilles tendon. *Seminars in musculoskeletal radiology* 2010;14:307-22.
15. Lui T. Endoscopic assisted Achilles tendon repair with plantaris tendon augmentation. *Arthroscopy* 2007;23:556 e1 - 5.
16. Maffulli N, Barrass V, Ewen SW. Light microscopic histology of achilles tendon ruptures. A comparison with unruptured tendons. *The American journal of sports medicine* 2000;28:857-63.
17. Strocchi R, De Pasquale V, Guizzardi S, Govoni P, Facchini A, Raspanti M, Girolami M, Giannini S. Human Achilles tendon: morphological and morphometric variations as a function of age. *Foot Ankle* 1991;12:100-4.
18. Carr AJ, Norris SH. The blood supply of the calcaneal tendon. *Bone & Joint* 1989;71:100-1.
19. Clain MR, Baxter DE. Achilles tendinitis. *Foot Ankle* 1992;13:482-7.
20. Saltzman CL, Tearse DS. Achilles tendon injuries. *The Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons* 1998;6:316-25.
21. Józsa L, Kannus P. Histopathological findings in spontaneous tendon ruptures. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* 1997;7:113-8.
22. Sharma P, Maffulli N. Tendon Injury and Tendinopathy: Healing and Repair. *The Journal of Bone & Joint Surgery* 2005;87:187-202.
23. Webb J, Moorjani N, Radford M. Anatomy of the sural nerve and its relation to the Achilles tendon. *Foot & Ankle International / American Orthopaedic Foot and Ankle Society and Swiss Foot and Ankle Society* 2000;21:475-7.
24. Citak M, Knobloch K, Albrecht K, Krettek C, Hufner T. Anatomy of the sural nerve in a computer assisted model: Implications for surgical minimal invasive Achilles tendon repair. *British journal of sports medicine* 2007;41:456 - 8.
25. Khan RJ, Carey Smith RL. Surgical interventions for treating acute Achilles tendon ruptures. *The Cochrane database of systematic reviews* 2010:CD003674.
26. Jiang N, Wang B, Chen A, Dong F, Yu B. Operative versus nonoperative treatment for acute Achilles tendon rupture: a meta-analysis based on current evidence. *International Orthopaedics* 2012;36:765-73.
27. Del Buono A, Volpin A, Maffulli N. Minimally invasive versus open surgery for acute Achilles tendon rupture: a systematic review. *British medical bulletin* 2014; 109:45–54.
28. Richter M. Aktualisierte Leitlinien Fuß und Sprunggelenk. *Fuß & Sprunggelenk* 2010;8:268-87.

29. Kannus P, Józsa L. Histopathological changes preceding spontaneous rupture of a tendon. A controlled study of 891 patients. *The Journal of Bone & Joint Surgery. American Volume* 1991;73:1507-25.
30. Roche AJ, Calder JD. Achilles tendinopathy: A review of the current concepts of treatment. *The Bone & Joint Journal* 2013;95-B:1299-307.
31. Riley G. Tendinopathy-from basic science to treatment. *Nature clinical practice Rheumatology* 2008;4:82-9.
32. Tallon C, Maffulli N, Ewen SW. Ruptured Achilles tendons are significantly more degenerated than tendinopathic tendons. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 2001;33:1983-90.
33. Schepsis AA, Jones H, Haas AL. Achilles tendon disorders in athletes. *The American journal of sports medicine* 2002;30:287-305.
34. Amlang MH, Zwipp H. Tendinosis and ruptures of the Achilles tendon. *Zeitschrift für Orthopädie und Unfallchirurgie* 2012;150:99-118.
35. Maffulli N, Ewen SWB, Waterston SW, Reaper J, Barrass V. 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. *The American journal of sports medicine* 2000;28:499-505.
36. Alfredson H, Lorentzon R. Chronic Achilles tendinosis: recommendations for treatment and prevention. *Sports Medicine* 2000;29:135-46.
37. Bruns J, Kampen J, Kahrs J, Plitz W. Achilles tendon rupture: experimental results on spontaneous repair in a sheep-model. *Knee Surgery, Sports traumatology, Arthroscopy : official journal of the ESSKA* 2000;8:364-9.
38. James SL, Bates BT, Osternig LR. Injuries to runners. *The American journal of sports medicine* 1978;6:40-50.
39. Maffulli N, Sharma P, Luscombe KL. Achilles tendinopathy: aetiology and management. *Journal of the Royal Society of Medicine* 2004;97:472-6.
40. Komi PV. Relevance of in vivo force measurements to human biomechanics. *Journal of biomechanics* 1990;23 Suppl 1:23-34.
41. Park DY, Chou L. Stretching for prevention of Achilles tendon injuries: a review of the literature. *Foot & ankle international / American Orthopaedic Foot and Ankle Society and Swiss Foot and Ankle Society* 2006;27:1086-95.
42. Järvinen TA, Kannus P, Paavola M, Järvinen TL, Józsa L, Järvinen M. Achilles tendon injuries. *Current Opinion in Rheumatology* 2001;13:150-5.

43. Gajhede-Knudsen M, Ekstrand J, Magnusson H, Maffulli N. Recurrence of Achilles tendon injuries in elite male football players is more common after early return to play: an 11-year follow-up of the UEFA Champions League injury study. *British journal of sports medicine* 2013;47:763-8.
44. Newnham DM, Douglas JG, Legge JS, Friend JA. Achilles tendon rupture: an underrated complication of corticosteroid treatment. *Thorax* 1991;46:853-4.
45. Unverferth LJ, Olix ML. The effect of local steroid injections on tendon. *The Journal of sports medicine* 1973;1:31-7.
46. Balasubramaniam P, Prathap K. The effect of injection of Hydrocortison into rabbit calcaneal tendons. *Journal of Bone & Joint Surgery, British Volume* 1972;54-B:729-34.
47. DiStefano VJ, Nixon JE. Ruptures of the achilles tendon. *The Journal of sports medicine* 1973;1:34-7.
48. Speed CA. Fortnightly review: Corticosteroid injections in tendon lesions. *British Medical Journal* 2001;323:382-6.
49. Mehlhorn AJ, Brown DA. Safety concerns with fluoroquinolones. *The Annals of pharmacotherapy* 2007;41:1859-66.
50. Linder JA, Huang ES, Steinman MA, Gonzales R, Stafford RS. Fluoroquinolone prescribing in the United States: 1995 to 2002. *The American journal of medicine* 2005;118:259-68.
51. van der Linden PD, Sturkenboom MCJM, Herings RMC, Leufkens HMG, Rowlands S, Stricker BHC. Increased risk of achilles tendon rupture with quinolone antibacterial use, especially in elderly patients taking oral corticosteroids. *Archives of Internal Medicine* 2003;163:1801-7.
52. van der Linden PD, van de Lei J, Nab HW, Knol A, Stricker BH. Achilles tendinitis associated with fluoroquinolones. *British journal of clinical pharmacology* 1999;48:433-7.
53. van der Linden PD, Sturkenboom MC, Herings RM, Leufkens HG, Stricker BH. Fluoroquinolones and risk of Achilles tendon disorders: case-control study. *British Medical Journal* 2002;324:1306-7.
54. Corrao G, Zambon A, Bertu L, Mauri A, Paleari V, Rossi C, Venegoni M. Evidence of tendinitis provoked by fluoroquinolone treatment: a case-control study. *Drug safety : an international journal of medical toxicology and drug experience* 2006;29:889-96.

55. Stephenson AL, Wu W, Cortes D, Rochon PA. Tendon Injury and Fluoroquinolone Use: A Systematic Review. *Drug safety : an international journal of medical toxicology and drug experience* 2013.
56. Drenckhahn D. Untere Extremität: Achillessehne. In: Drenckhahn D, Zenker W. Benninghoff Anatomie Band 1. 15. Auflage. München: Urban & Schwarzenberg; 1994: 395-396.
57. Fukashiro S, Komi PV, Jarvinen M, Miyashita M. In vivo Achilles tendon loading during jumping in humans. *European journal of applied physiology and occupational physiology* 1995;71:453-8.
58. O'Brien T. The needle test for complete rupture of the Achilles tendon. *Journal of Bone & Joint Surgery American Volume* 1984;66:1099-101.
59. Maffulli N. Current concepts in the management of subcutaneous tears of the Achilles tendon. *Bulletin of the Hospital for Joint Diseases* 1998;57:152-8.
60. Matles AL. Rupture of the tendo Achilles: another diagnostic sign. *Bulletin of the Hospital for Joint Diseases* 1975;36:48-51.
61. Thompson TC. A test for rupture of the tendo Achillis. *Acta orthopaedica Scandinavica* 1962;32:461-5.
62. Amlang MH, Zwipp H. Damage to large tendons: Achilles, patellar and quadriceps tendons. *Der Chirurg; Zeitschrift für alle Gebiete der operativen Medizin* 2006;77:637-49.
63. Bleakney RR, Tallon C, Wong JK, Lim KP, Maffulli N. Long-term ultrasonographic features of the Achilles tendon after rupture. *Clinical journal of sport medicine : official journal of the Canadian Academy of Sport Medicine* 2002;12:273-8.
64. Barbolini G, Monetti G, Montorsi A, Grandi M. Results with high definition sonography in the evaluation of achilles tendon conditions. *International Journal of Sports and Traumatology* 1988;10:225–234.
65. Kager H. Zur Klinik und Diagnostik des Achillessehnenrisses. *Chirurgie* 1939:691–5.
66. Toygar O. Subkutane Rupture der Achillessehne (Diagnostik und Behandlungsergebnisse). *Helvetica Chirurgica Acta* 1947:209–31.
67. Bleakney RR, White LM, Maffulli N. Imaging of the Achilles Tendon In: Maffulli N, Almekinders LC. *The Achilles Tendon*. 1<sup>st</sup> ed. London: Springer-Verlag London Limited, 2007:29-31.
68. Miller WA. Rupture of the musculotendinous juncture of the medial head of the gastrocnemius muscle. *The American journal of sports medicine* 1977;5:191-3.

69. Freedman BR, Gordon JA, Soslowsky LJ. The Achilles tendon: fundamental properties and mechanisms governing healing. *Muscles, ligaments and tendons Journal* 2014;4:245-55.
70. Sasaki K, Yamamoto N, Kiyosawa T, Sekido M. The role of collagen arrangement change during tendon healing demonstrated by scanning electron microscopy. *Journal of electron microscopy* 2012;61:327-34.
71. Nistor L. Surgical and non-surgical treatment of Achilles Tendon rupture. A prospective randomized study. *The Journal of Bone & Joint Surgery American* volume 1981;63:394-9.
72. Ma GW, Griffith TG. Percutaneous repair of acute closed ruptured achilles tendon: a new technique. *Clinical Orthopaedics and Related Research* 1977;128:247-55.
73. Lim J, Dalal R, Waseem M. Percutaneous vs. open repair of the ruptured Achilles tendon - a prospective randomized controlled study. *Foot & Ankle International / American Orthopaedic Foot and Ankle Society and Swiss Foot and Ankle Society* 2001;22:559-68.
74. Gigante A, Moschini A, Verdenelli A, Del Torto M, Ulisse S, de Palma L. Open versus percutaneous repair in the treatment of acute Achilles tendon rupture: a randomized prospective study. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy* 2008;16:204-9.
75. Rupp G, Stemberger A. Treatment of fresh ruptures of the Achilles tendon with resorbable suture materials and a fibrin adhesive. *Die Medizinische Welt* 1978;29:796-8.
76. Paar O, Bernett P. Therapy of Achilles tendon rupture in athletes. Advantages of fibrin gluing. *Fortschritte der Medizin* 1984;102:1106-8.
77. Hohendorff B, Siepen W, Spiering L, Staub L, Schmuck T, Boss A. Long-term Results after Operatively Treated Achilles Tendon Rupture: Fibrin Glue versus Suture. *The Journal of Foot and Ankle Surgery* 2008;47:392-9.
78. Kessler I. The "grasping" technique for tendon repair. *The Hand* 1973;5:253-5.
79. Krackow KA, Thomas SC, Jones LC. A new stitch for ligament-tendon fixation. Brief note. *The Journal of Bone & Joint Surgery* 1986;68:764-6.
80. Watson TW, Jurist KA, Yang KH, Shen KL. The strength of Achilles tendon repair: an in vitro study of the biomechanical behavior in human cadaver tendons. *Foot & Ankle International / American Orthopaedic Foot and Ankle Society and Swiss Foot and Ankle Society* 1995;16:191-5.

81. Yildirim Y, Esemeli T. Initial pull-out strength of tendon sutures: an in vitro study in sheep Achilles tendon. *Foot & Ankle International / American Orthopaedic Foot and Ankle Society and Swiss Foot and Ankle Society* 2002;23:1126-30.
82. Popovic N, Lemaire R. Diagnosis and treatment of acute ruptures of the Achilles tendon. Current concepts review. *Acta orthopaedica Belgica* 1999;65:458-71.
83. Olsson N, Silbernagel KG, Eriksson BI, Sansone M, Brorsson A, Nilsson-Helander K, Karlsson J. Stable surgical repair with accelerated rehabilitation versus nonsurgical treatment for acute Achilles tendon ruptures: a randomized controlled study. *The American journal of sports medicine* 2013;41:2867-76.
84. Amlang MH, Rosenow M, Rammelt S, Heineck J, Zwipp H. Der Flexor-hallucis-longus-Transfer zum Ersatz der Achillessehne. *Der Unfallchirurg* 2008;111:499-506.
85. Boorboor P, Lahoda LU, Spies M, Kuether G, Waehling K, Vogt PM. Resektion der infizierten Achillessehne. *Der Chirurg* 2006;77:1144-51.
86. Bruggeman NB, Turner NS, Dahm DL, Voll AE, Hoskin TL, Jacofsky DJ, Haidukewych GJ. Wound complications after open Achilles tendon repair: an analysis of risk factors. *Clinical Orthopaedics and Related Research* 2004:63-6.
87. Hofstätter S, Schuh R, Trnka H-J. Achillessehne. In: Imhoff BA, Feucht JM, eds. *Atlas sportorthopädisch-sporttraumatologische Operationen*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; 2013:321-35.
88. Hufner T, Gaulke R, Imrecke J, Krettek C, Stubig T. Conservative functional treatment of Achilles tendon ruptures. *Der Unfallchirurg* 2010;113:699-702.
89. Carden DG, Noble J, Chalmers J, Lunn P, Ellis J. Rupture of the calcaneal tendon. The early and late management. *The Journal of Bone & Joint Surgery British volume* 1987;69:416-20.
90. Zwipp H, Thermann H, Sudkamp N, Tscherne H, Milbradt H, Reimer P, Heintz P. An innovative concept for primary functional treatment of Achilles tendon rupture. *Sportverletzung Sportschaden: Organ der Gesellschaft für Orthopädisch-Traumatologische Sportmedizin* 1990;4:29-35.
91. Hufner TM, Brandes DB, Thermann H, Richter M, Knobloch K, Krettek C. Long-term results after functional nonoperative treatment of achilles tendon rupture. *Foot & Ankle International / American Orthopaedic Foot and Ankle Society and Swiss Foot and Ankle Society* 2006;27:167-71.
92. Lea RB, Smith L. Non-surgical treatment of tendo achillis rupture. *Journal of Bone & Joint Surgery American volume* 1972;54:1398-407.

93. Uquillas CA, Guss MS, Ryan DJ, Jazrawi LM, Strauss EJ. Everything Achilles: Knowledge Update and Current Concepts in Management: AAOS Exhibit Selection. *Journal of Bone & Joint Surgery American* volume 2015;97:1187-95.
94. Thermann H, Hüfner T, Tscherne H. Achilles tendon rupture. *Der Orthopaede* 2000;29:235-50.
95. Barfod KW, Bencke J, Lauridsen HB, Dippmann C, Ebskov L, Troelsen A. Nonoperative, dynamic treatment of acute Achilles tendon rupture: influence of early weightbearing on biomechanical properties of the plantar flexor muscle-tendon complex-a blinded, randomized, controlled trial. *The Journal of Foot and Ankle Surgery : official publication of the American College of Foot and Ankle Surgeons* 2015;54:220-6.
96. Graf J, Schneider U, Niethard FU. Microcirculation of the Achilles tendon and significance of the paratenon. A study with the plastination method. *Handchirurgie, Mikrochirurgie, plastische Chirurgie* 1990;22:163-6.
97. Schroeder D, Lehmann M, Steinbrueck K. Treatment of acute Achilles tendon ruptures: open vs. percutaneous repair vs. conservative treatment: a prospective randomized study. *Orthopaedic Transactions* 1997;21:1228.
98. Johns JC, Hockenbury RT. A Biomechanical In Vitro Comparison of Open Versus Percutaneous Repair of Tendon Achilles. *Foot & Ankle International*;11:67-72.
99. McClelland D, Maffulli N. Percutaneous repair of ruptured Achilles tendon. *Journal of the Royal College of Surgeons of Edinburgh* 2002;47:613-8.
100. Maffulli N, Longo U, Ronga M, Khanna A, Denaro V. Favorable Outcome of Percutaneous Repair of Achilles Tendon Ruptures in the Elderly. *Clinical Orthopaedics and Related Research* 2010;468:1039-46.
101. Maffulli N, Longo UG, Maffulli GD, Khanna A, Denaro V. Achilles tendon ruptures in elite athletes. *Foot & Ankle international / American Orthopaedic Foot and Ankle Society and Swiss Foot and Ankle Society* 2011;32:9-15.
102. Kakiuchi M. A combined open and percutaneous technique for repair of tendo Achillis. Comparison with open repair. *The Journal of Bone & Joint Surgery British* volume 1995;77:60-3.
103. Rippstein P, Jung M, Assal M. Surgical repair of acute Achilles tendon rupture using a mini-open technique. *Foot and Ankle Clinics* 2002;7:611 - 9.
104. Assal M, Jung M, Stern R, Rippstein P, Delmi M, Hoffmeyer P. Limited open repair of Achilles tendon ruptures a technique with a new Instrument and findings of a prospective multicenter study. *The Journal of Bone & Joint Surgery* 2002;84:161-70.

105. Integra™ Achillon® Achilles Tendon Suture System - SURGICAL TECHNIQUE 2011. (Accessed 02.11.2017,21:00, at <http://www.extera.com.br/downloads/Achillon-Tecnica-Cirurgica.pdf>. pp5-7)
106. Carmont M, Rossi R, Scheffler S, Mei-Dan O, Beaufils P. Percutaneous & Mini Invasive Achilles tendon repair. *Sports Medicine, Arthroscopy, Rehabilitation, Therapy & Technology* 2011;3:28.
107. Amlang MH, Christiani P, Heinz P, Zwipp H. Percutaneous technique for Achilles tendon repair with the Dresden Instruments. *Der Unfallchirurg* 2005;108:529-36.
108. Keller A, Ortiz C, Wagner E, Wagner P, Mococain P. Mini-Open Tenorrhaphy of Acute Achilles Tendon Ruptures: Medium-Term Follow-up of 100 Cases. *The American journal of sports medicine* 2013.
109. Siegel IM. Muscle function testing. *Muscle & Nerve* 1984;7:756.
110. Niethard FU, Pfeil J, Biberthaler P. Diagnostik: Klinische Untersuchung In: Niethard FU, Pfeil J, Biberthaler P. *Duale Reihe Orthopädie und Unfallchirurgie*. 6.Auflage. Stuttgart: Georg Thieme Verlag KG; 2009:20.
111. Huskisson EC. Measurement of pain. *Lancet*. 1974; 2:1127-31.
112. Scott J, Huskisson EC. Graphic representation of pain. *Pain* 1976;2:175-84.
113. Trillat A, Mounier-Kuhn A. Ruptures of the Achilles tendon (remote results in 91 cases). *Lyon surgical* 1971;67:34-8.
114. Kitaoka HB, Alexander IJ, Adelaar RS, Nunley JA, Myerson MS, Sanders M. Clinical rating systems for the ankle-hindfoot, midfoot, hallux, and lesser toes. *Foot & Ankle International / American Orthopaedic Foot and Ankle Society and Swiss Foot and Ankle Society* 1994;15:349-53.
115. Thermann H, Zwipp H, Tscherne H. Functional treatment concept of acute rupture of the Achilles tendon. 2 years results of a prospective randomized study. *Der Unfallchirurg* 1995;98:21-32.
116. Nilsson-Helander K, Thomee R, Silbernagel KG, Thomee P, Faxen E, Eriksson BI, Karlsson J. The Achilles tendon Total Rupture Score (ATRS): development and validation. *The American journal of sports medicine* 2007;35:421-6.
117. Tegner Y, Lysholm J. Rating systems in the evaluation of knee ligament injuries. *Clinical orthopaedics and related research* 1985:43-9.
118. Wülker N, Siebert WE, Wirth CJ, Kohn D. Die Bedeutung des Aktivitäts-Scores bei der Bewertung von Kniebandrekonstruktionen. *Sportverletzung · Sportschaden* 1991;5:130-4.



119. Prokop A, Dolezych R, Chmielnicki M. Percutaneous Suture of Achilles Tendon Rupture - Operation for Beginners? *Zeitung für Orthopaedie und Unfallchirurgie* 2016; 154: 58-62.
120. Assal M, Jung M, Stern R, Rippstein P, Delmi M, Hoffmeyer P. Limited open repair of Achilles tendon ruptures: a technique with a new instrument and findings of a prospective multicenter study. *The Journal of Bone & Joint Surgery American* volume 2002;84:161 - 70.
121. Valente M, Crucil M, Alecci V, Frezza G. Minimally invasive repair of acute Achilles tendon ruptures with Achillon device. *Musculoskeletal surgery* 2012;96:35-9.
122. Orr JD, McCrisky B, Dutton JR. Achillon mini-open Achilles tendon repair: early outcomes and return to duty results in U.S. military service members. *Journal of surgical orthopaedic advances* 2013;22:23-9.
123. Aktas S, Kocaoglu B. Open versus minimal invasive repair with Achillon device. *Foot & Ankle International / American Orthopaedic Foot and Ankle Society and Swiss Foot and Ankle Society* 2009;30:391-7.
124. Aibinder WR, Patel A, Arnouk J, El-Gendi H, Korshunov Y, Mitgang J, Uribe J. The rate of sural nerve violation using the Achillon device: a cadaveric study. *Foot & Ankle International / American Orthopaedic Foot and Ankle Society and Swiss Foot and Ankle Society* 2013;34:870-5.
125. Ortiz C, Wagner E, Mococain P, Labarca G, Keller A, Del Buono A, Maffulli N. Biomechanical comparison of four methods of repair of the Achilles tendon: a laboratory study with bovine tendons. *The Journal of Bone & Joint surgery British* volume 2012;94:663-7.
126. Suchak AA, Bostick GP, Beaupre LA, Durand DC, Jomha NM. The influence of early weight-bearing compared with non-weight-bearing after surgical repair of the Achilles tendon. *The Journal of Bone & Joint Surgery American* volume 2008;90:1876-83.
127. Young SW, Patel A, Zhu M, van Dijck S, McNair P, Bevan WP, Tomlinson M. Weight-Bearing in the nonoperative treatment of acute Achilles tendon ruptures. *The Journal of Bone & Joint Surgery American* volume 2014;96:1073-9.
128. Henriquez H, Munoz R, Carcuro G, Bastias C. Is percutaneous repair better than open repair in acute Achilles tendon rupture. *Clinical orthopaedics and related research* 2012;470:998-1003.
129. Huttunen TT, Kannus P, Rolf C, Felländer-Tsai L, Mattila VM. Acute Achilles Tendon Ruptures: Incidence of Injury and Surgery in Sweden Between 2001 and 2012. *The American journal of sports medicine* 2014;42:2419-23.

130. Silbernagel KG, Brorsson A, Olsson N, Eriksson BI, Karlsson J, Nilsson-Helander K. Sex differences in outcome after an acute Achilles tendon rupture. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine* 2015;3:2325967115586768.
131. Maffulli N, Wateston S, Squair J, Reaper J, Douglas A. Changing incidence of Achilles tendon rupture in Scotland: a 15 year study. *Clinical journal of sport medicine: official journal of the Canadian Academy of Sport Medicine* 1999;9:157 - 60.
132. Scott A, Grewal N, Guy P. The seasonal variation of Achilles tendon ruptures in Vancouver, Canada: a retrospective study. *British Medical Journal open* 2014;4:e004320.
133. Parekh SG, Wray WH, 3rd, Brimmo O, Sennett BJ, Wapner KL. Epidemiology and outcomes of Achilles tendon ruptures in the National Football League. *Foot & Ankle Specialist* 2009;2:283-6.
134. Kearney RS, Achten J, Lamb SE, Parsons N, Costa ML. The Achilles Tendon Total Rupture Score: a study of responsiveness, internal consistency and convergent validity on patients with acute Achilles tendon ruptures. *Health and quality of life outcomes* 2012;10:24.
135. Maffulli N, Longo U, Ronga M, Khanna A, Denaro V. Favourable outcome of percutaneous repair of Achilles tendon ruptures in the elderly. *Clinical orthopaedics and related research* 2010;468:1039 - 46.
136. Leppilahti J, Lähde S, Forsman K, Kangas J, Kauranen K, Orava S. Relationship between calf muscle size and strength after achilles rupture repair. *Foot & Ankle International / American Orthopaedic Foot and Ankle Society and Swiss Foot and Ankle Society* 2000;21:330-5.
137. Eliasson P, Andersson T, Aspenberg P. Rat Achilles tendon healing: mechanical loading and gene expression. *Journal of Applied Physiology* 2009;107:399-407.
138. Bring D, Reno C, Renstrom P, Salo P, Hart D, Ackermann P. Prolonged immobilization compromises up-regulation of repair genes after tendon rupture in a rat model. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* 2010;20:411-7.
139. Andersen MB, Pingel J, Kjaer M, Langberg H. Interleukin-6: a growth factor stimulating collagen synthesis in human tendon. *Journal of Applied Physiology* 2011;110:1549-54.
140. Herdrich BJ, Danzer E, Davey MG, Bermudez DM, Radu A, Zhang L, Zhang Z, Soslowsky LJ, Liechty KW. Fetal tendon wound size modulates wound gene expression and subsequent wound phenotype. *Wound repair and regeneration : official publication of the Wound Healing Society and the European Tissue Repair Society* 2010;18:543-9.

141. Ackermann PW, Domeij-Arverud E, Leclerc P, Amoudrouz P, Nader GA. Anti-inflammatory cytokine profile in early human tendon repair. *Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy : official journal of the ESSKA* 2013;21:1801-6.
142. Ware JE, Jr., Sherbourne CD. The MOS 36-item short-form health survey (SF-36). Conceptual framework and item selection. *Medical care* 1992;30:473-83.
143. Hutchison AM, Topliss C, Beard D, Evans RM, Williams P. The treatment of a rupture of the Achilles tendon using a dedicated management programme. *The Bone & Joint Journal* 2015;97-B:510-5.

## 6 Abbildungsverzeichnis

Abbildung	Seite	Bezeichnung	Quelle
<b>Abbildung 1.1</b>	8	Humanes Unterschenkelpräparat mit Darstellung des M. triceps surae, der Achillessehne und des Tuber calcanei, Einzeichnung gewundener Faserverlauf	<i>Raschke MJ, Herbort M, Roßlenbroich S. Achillessehnenrupturen. Trauma und Berufskrankheit 2010;12:444-52.</i>
<b>Abbildung 1.2</b>	9	Sehnenaufbau	<i>Sharma P, Maffulli N. Tendon Injury and Tendinopathy: Healing and Repair. The Journal of Bone &amp; Joint Surgery 2005;87:187-202.</i>
<b>Abbildung 1.3.</b>	15	Kraft im Verhältnis zur Dehnbarkeit der Achillessehne: Die gewellten Linien stehen für die entspannten Fasern; gerade, nicht unterbrochene Linien stehen für belastete Fasern; unterbrochene Linien stehen für Mikrotraumata in der Sehne; das vollständig unterbrochene Set von Linien steht für eine makroskopische Ruptur	<i>Järvinen TA, Kannus P, Paavola M, Järvinen TL, Józsa L, Järvinen M. Achilles tendon injuries. Current Opinion in Rheumatology 2001;13:150-5.</i>
<b>Abbildung 1.4</b>	16	Longitudinaler Schnitt Achillessehne vom muskulotendinösen Übergang bis zum Ansatz am Calcaneus	<i>Bleakney RR, White LM, Maffulli N. Imaging of the Achilles Tendon In: Maffulli N, Almekinders LC. The Achilles Tendon. 1st ed. London: Springer-Verlag London Limited, 2007:29-31.</i>
<b>Abbildung 1.5</b>	16	Longitudinaler Schnitt Achillessehne mit sichtbarer Lücke (Stern) und Rupturenden (Pfeile)	<i>Bleakney RR, White LM, Maffulli N. Imaging of the Achilles Tendon In: Maffulli N, Almekinders LC. The Achilles Tendon. 1st ed. London: Springer-Verlag London Limited, 2007:29-31.</i>
<b>Abbildung 1.6</b>	20	SEM / Sehnenheilung: Querschnitt im Zentrum der Sehne: Zunahme der Dichte der Kollagenfibrillen bis zum 180. Tag nach Operation, a) intakte Achillessehne, b) Tag 7 postOP, c) Tag 14 postOP, d) Tag	<i>Sasaki K, Yamamoto N, Kiyosawa T, Sekido M. The role of collagen arrangement change during tendon healing demonstrated by scanning electron microscopy. Journal of electron microscopy 2012;61:327-34.</i>

		28 postOP, e) Tag 56 postOP, f) Tag 180 postOP	
<b>Abbildung 1.7</b>	20	SEM / Sehnenheilung: Längsschnitt Achillessehne am Übergang zum Paratenon: a) intakte Achillessehne – deutlich differenzierte Transitionszone zwischen Sehne und Paratenon, b) Tag 7 postOP – Transitionszone ist nicht klar differenzierbar, c) Tag 56 postOP – Grenze zwischen Sehne und Paratenon und deutlich erkennbar	<i>Sasaki K, Yamamoto N, Kiyosawa T, Sekido M. The role of collagen arrangement change during tendon healing demonstrated by scanning electron microscopy. Journal of electron microscopy 2012;61:327-34.</i>
<b>Abbildung 1.8</b>	22	Schematische Darstellung verschiedener Achillessehnennähte	<i>Hofstätter S, Schuh R, Trnka H-J. Achillessehne. In: Imhoff BA, Feucht JM, eds. Atlas sportorthopädisch-sporttraumatologische Operationen. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; 2013:321-35.</i>
<b>Abbildung 1.9</b>	25	Schematische Darstellung der Achillessehnennaht nach Ma und Griffith	<i>Ma GW, Griffith TG. Percutaneous repair of acute closed ruptured achilles tendon: a new technique. Clinical Orthopaedic Related Research 1977;128:247-55.</i>
<b>Abbildung 1.10</b>	25	Achillessehnennaht mit dem Achillon-Device	<i>Integra™ Achillon® Achilles Tendon Suture System - SURGICAL TECHNIQUE 2011. (Accessed 02.11.2017,21:00, at <a href="http://www.extera.com.br/downloads/Achillon-Tecnica-Cirurgica.pdf">http://www.extera.com.br/downloads/Achillon-Tecnica-Cirurgica.pdf</a>. pp5-7)</i>
<b>Abbildung 1.11</b>	25	Schematische Darstellung minimal-invasiver Nahttechniken der Achillessehne	<i>Carmont M, Rossi R, Scheffler S, Meidan O, Beaufils P. Percutaneous &amp; Mini Invasive Achilles tendon repair. Sports Medicine, Arthroscopy, Rehabilitation, Therapy &amp; Technology 2011;3:28</i>

<b>Abbildung 1.12</b>	27	Bauchlage des Patienten. Dorsomediale Inzision der Cutis proximal der Ruptur	<i>eigene Fotoaufnahme</i>
<b>Abbildung 1.13</b>	27	Dresdner Instrument	<i>eigene Fotoaufnahme</i>
<b>Abbildung 1.14</b>	27	Durchstechen der Instrumentenöse und des distalen Sehnenstumpfes	<i>eigene Fotoaufnahme</i>
<b>Abbildung 1.15</b>	27	Ausleiten der Fäden durch die proximale Hautinzision	<i>eigene Fotoaufnahme</i>
<b>Abbildung 1.16</b>	27	Vervollständigen der Rahmennaht	<i>eigene Fotoaufnahme</i>
<b>Abbildung 1.17</b>	27	Fasziennaht und zweireihiger Wundverschluss	<i>eigene Fotoaufnahme</i>
<b>Abbildung 2.1</b>	31	Flowchart Patientenkontaktierung	<i>eigene Abbildung</i>
<b>Abbildung 2.2</b>	34	Thompson-Simmonds Test; Stern) Kompression Wadenmuskulatur, Pfeil) positiver Test – ausbleibende Plantarflexion	<i>eigene Fotoaufnahme</i>
<b>Abbildung 2.3</b>	34	Matles-Test; Pfeil) positiver Matles-Test – vermehrte Dorsalextension	<i>eigene Aufnahme</i>
<b>Abbildung 2.4</b>	34	Messung des Bewegungsumfangs im oberen Sprunggelenk	<i>Niethard FU, Pfeil J, Biberthaler P. Diagnostik: Klinische Untersuchung In: Niethard FU, Pfeil J, Biberthaler P. Duale Reihe Orthopädie und Unfallchirurgie. 6.Auflage. Stuttgart: Georg Thieme Verlag KG; 2009:20.</i>
<b>Abbildung 3.1</b>	43	Darstellung der unterschiedlichen Geschlechterverteilung in den Altersgruppen	<i>eigene Abbildung</i>
<b>Abbildung 3.2</b>	44	Verteilung der dominanten Beinseite	<i>eigene Abbildung</i>
<b>Abbildung 3.3</b>	44	Verteilung der verletzten Seite	<i>eigene Abbildung</i>
<b>Abbildung 3.4</b>	44	Verteilung der Ruptur nach Seitendominanz	<i>eigene Abbildung</i>

<b>Abbildung 3.5</b>	45	Absolute Häufigkeit der Unfallursachen	<i>eigene Abbildung</i>
<b>Abbildung 3.6</b>	46	Anzahl der Achillessehnenrupturen pro Monat	<i>eigene Abbildung</i>
<b>Abbildung 3.7</b>	46	Verteilung der Achillessehnenrupturen nach Jahreszeit	<i>eigene Abbildung</i>
<b>Abbildung 3.8</b>	53	Wechsel der Sportart nach Achillessehnenruptur	<i>eigene Abbildung</i>
<b>Abbildung 3.9</b>	53	Subjektive Patientenbewertung	<i>eigene Abbildung</i>
<b>Abbildung 3.10</b>	55	Auswertung Trillat-Score	<i>eigene Abbildung</i>

## 7 Tabellenverzeichnis

<b>Tabelle</b>	<b>Seite</b>	<b>Name</b>	<b>Quelle</b>
<b>Tabelle 1.1</b>	12	Intrinsische Risikofaktoren für eine Achillessehnenruptur	<i>Järvinen TA, Kannus P, Paavola M, Järvinen TL, Józsa L, Järvinen M. Achilles tendon injuries. Current Opinion in Rheumatology 2001;13:150-5.</i>
<b>Tabelle 1.2</b>	12	Extrinsische Risikofaktoren für eine Achillessehnenruptur	<i>Järvinen TA, Kannus P, Paavola M, Järvinen TL, Józsa L, Järvinen M. Achilles tendon injuries. Current Opinion in Rheumatology 2001;13:150-5.</i>
<b>Tabelle 1.3</b>	18	Einteilung der Achillessehnenrupturen nach Symptomatik, klinischem Befund und Therapiebeginn nach Amlang et al.	<i>Amlang MH, Zwipp H. Tendinosis and ruptures of the Achilles tendon. Zeitschrift für Orthopaedie und Unfallchirurgie 2012;150:99-118.</i>
<b>Tabelle 2.1</b>	32	Einteilung der Muskelkraft nach Janda	<i>Siegel IM. Muscle function testing. Muscle &amp; Nerve 1984;7:756</i>

<b>Tabelle 2.2</b>	36	Trillat-Score	<i>Trillat A, Mounier-Kuhn A. [Ruptures of the Achilles tendon (remote results in 91 cases)]. Lyon chirurgical 1971;67:34-8.</i>
<b>Tabelle 2.3</b>	37	AOFAS-Score (Hindfoot-Ankle)	<i>Kitaoka HB, Alexander IJ, Adelaar RS, Nunley JA, Myerson MS, Sanders M. Clinical rating systems for the ankle-hindfoot, midfoot, hallux, and lesser toes. Foot &amp; Ankle International / American Orthopaedic Foot and Ankle Society and Swiss Foot and Ankle Society 1994;15:349-53.</i>
<b>Tabelle 2.4</b>	39	100-Punkte-Score nach Thermann	<i>Thermann H, Zwipp H, Tscherne H. Functional treatment concept of acute rupture of the Achilles tendon. 2 years results of a prospective randomized study. Der Unfallchirurg 1995;98:21-32.</i>
<b>Tabelle 2.5</b>	40	Achilles-Tendon-Total-Rupture-Score	<i>Nilsson-Helander K, Thomee R, Silbernagel KG, et al. The Achilles tendon Total Rupture Score (ATRS): development and validation. The American journal of sports medicine 2007;35:421-6.</i>
<b>Tabelle 2.6</b>	41	Tegner-Aktivitätsscore	<i>Tegner Y, Lysholm J. Rating systems in the evaluation of knee ligament injuries. Clinical orthopaedics and related research 1985:43-9.</i>
<b>Tabelle 3.1</b>	43	Altersverteilung im Patientenkollektiv	<i>eigene Tabelle</i>
<b>Tabelle 3.2</b>	47	Komplikationen	<i>eigene Tabelle</i>
<b>Tabelle 3.3</b>	48	Narbenverhältnisse	<i>eigene Tabelle</i>
<b>Tabelle 3.4</b>	49	Achillessehnenbefund nach OP	<i>eigene Tabelle</i>
<b>Tabelle 3.5</b>	49	Auswertung Matles-Test nach OP	<i>eigene Tabelle</i>
<b>Tabelle 3.6</b>	50	Auswertung ROM nach OP	<i>eigene Tabelle</i>



<b>Tabelle 3.7</b>	51	Auswertung Wadenumfang nach OP	<i>eigene Tabelle</i>
<b>Tabelle 3.8</b>	51	Einteilung der Patienten nach Wadenumfangsdifferenz	<i>eigene Tabelle</i>
<b>Tabelle 3.9</b>	52	Auswertung Tegner-Aktivitätsscore	<i>eigene Tabelle</i>
<b>Tabelle 3.10</b>	52	Darstellung der klinischen Scores in Abhängigkeit vom Sportartwechsel der Patienten	<i>eigene Tabelle</i>
<b>Tabelle 3.11</b>	54	Auswertung der visuellen Analogskalen	<i>eigene Tabelle</i>
<b>Tabelle 3.12</b>	55	Auswertung AOFAS-Score	<i>eigene Tabelle</i>
<b>Tabelle 3.13</b>	56	Auswertung Thermann-Score	<i>eigene Tabelle</i>
<b>Tabelle 3.14</b>	56	Gegenüberstellung der Ergebnisse aus dem AOFAS-Score und dem 100-Punkte-Score nach Thermann	<i>eigene Tabelle</i>
<b>Tabelle 3.15</b>	57	Auswertung Achilles-Tendon-Rupture-Score	<i>eigene Tabelle</i>
<b>Tabelle 3.16</b>	58	Abhängigkeit der klinischen Scores vom Geschlecht der Patienten	<i>eigene Tabelle</i>
<b>Tabelle 3.17</b>	58	Abhängigkeit der klinischen Scores vom Alter der Patienten	<i>eigene Tabelle</i>
<b>Tabelle 3.18</b>	59	Outcome Patienten älter als 65 Jahre	<i>eigene Tabelle</i>
<b>Tabelle 3.19</b>	60	Abhängigkeit der klinischen Scores vom Intervall zwischen Trauma und Operation	<i>eigene Tabelle</i>
<b>Tabelle 3.20</b>	60	Unterschiede in den klinischen Scores bei Operation innerhalb der ersten zwei Tage oder zu einem späteren Zeitpunkt	<i>eigene Tabelle</i>
<b>Tabelle 3.21</b>	62	Abhängigkeit der klinischen Scores von der Wadenumfangsdifferenz der Patienten	<i>eigene Tabelle</i>

## 8 Eidesstattliche Versicherung

„Ich, Jakob Peter Schumann, versichere an Eides statt durch meine eigenhändige Unterschrift, dass ich die vorgelegte Dissertation mit dem Titel „Postoperatives Outcome nach perkutaner Achillessehennaht mit Dresdner Instrument“ selbstständig und ohne nicht offengelegte Hilfe Dritter verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel genutzt habe. Die Nachuntersuchung der Patienten erfolgte zu gleichen Teilen durch Dr. med. Sebastian Manegold, Tobias Gehlen und mich selbst.

Alle Stellen, die wörtlich oder dem Sinne nach auf Publikationen oder Vorträgen anderer Autoren beruhen, sind als solche in korrekter Zitierung (siehe „Uniform Requirements for Manuscripts (URM)“ des ICMJE, [www.icmje.org](http://www.icmje.org)) kenntlich gemacht. Die Abschnitte zu Methodik (insbesondere praktische Arbeiten, statistische Aufarbeitung) und Resultaten (insbesondere Abbildungen, Graphiken und Tabellen) entsprechen den URM (s.o.) und werden von mir verantwortet.

Meine Anteile an etwaigen Publikationen zu dieser Dissertation entsprechen denen, die in der untenstehenden gemeinsamen Erklärung mit dem Betreuer angegeben sind. Sämtliche Publikationen, die aus dieser Dissertation hervorgegangen sind und bei denen ich Autor bin, entsprechen den URM (s.o.) und werden von mir verantwortet.

Die Bedeutung dieser eidesstattlichen Versicherung und die strafrechtlichen Folgen einer unwahren eidesstattlichen Versicherung (§156,161 des Strafgesetzbuches) sind mir bekannt und bewusst.“

Datum

Unterschrift

## 9 Anteilserklärung an etwaigen erfolgten Publikationen

Jakob Schumann hatte folgenden Anteil an den folgenden Publikationen:

### Angenommene Vorträge:

Vortrag 1: Tobias Gehlen, Serafeim Tsitsilonis, Jakob Schumann, Florian Wichlas, Norbert P. Haas, Sebastian Manegold,

*„Postoperatives Outcome nach perkutaner Naht bei frischer Achillessehnenruptur“  
Deutscher Kongress für Orthopädie und Unfallchirurgie 2013, 23.10.2013*

Beitrag: Nachuntersuchung der Patientien und statistische Auswertung der Ergebnisse

Vortrag 2: Serafeim Tsitsilonis, Tobias Gehlen, Jakob Schumann, Norbert P. Haas, Sebastian Manegold

*„Postoperatives funktionelles Outcome nach perkutaner Naht bei frischer Achillessehnenruptur“, 19. Jahrestagung der Deutschen Assoziation für Fuss und Sprunggelenk e.V 2013, 08.03.2013*

Beitrag: Nachuntersuchung der Patientien

Vortrag 3: Jakob Schumann, Tobias Gehlen, Serafeim Tsitsilonis, Sebastian Manegold,

*„Postoperatives Outcome nach perkutaner Naht bei frischer Achillessehnenruptur.“,  
Jahreskongress Schweizer Gesellschaft für Chirurgie 2016, 01.06.2016*

Beitrag: Vortragender, Nachuntersuchung der Patientien, statistische Auswertung der Ergebnisse

Eingereichte Paper:

Journal of Orthopaedics and Traumatology

Sebastian Manegold, Serafeim Tsitsilonis, Jakob Schumann, Tobias Gehlen, Allison Agres, Johannes Keller, Markus Geßlein, Florian Wichlas

*“Functional Outcome and Complication Rate after Percutaneous Suture of Fresh Achilles Tendon Ruptures with the Dresden Instrument”*. (DOI: 10.1186/s10195-018-0511-1)

Beitrag: Nachuntersuchung des Patientenkollektivs, statistische Auswertung der Ergebnisse

Unterschrift des Doktoranden/der Doktorandin

## **10 Curriculum Vitae**

Mein Lebenslauf wird aus datenschutzrechtlichen Gründen in der elektronischen Version meiner Arbeit nicht veröffentlicht.

## **11 Danksagung**

Zunächst möchte ich mich bei meinem Doktorvater, Herrn Prof. M.Scheibel, bedanken für die Überlassung des Themas und die gewissenhafte Kontrolle der Arbeit.

Ich bedanke mich ganz herzlich bei Dr. Sebastian Manegold, meinem Betreuer und Mentor während dieser Promotionsarbeit. Er hat mich während der gesamten Zeit unterstützt und mit jederzeit mit Rat zur Seite gestanden. Ohne ihn wäre dieser Arbeit nicht möglich gewesen.

Ebenfalls ein besonderer Dank geht an Dr. Serafeim Tsitsilonis und Tobias Gehlen, ohne für deren Mithilfe bei der Nachuntersuchung und der statistischen Auswertung.

An dieser Stelle möchte ich auch meinem Großvater, Prof. Dr. Kurt Rothe danken, der mir mit seiner Erfahrung bei der Erstellung wissenschaftlicher Arbeiten sehr geholfen hat und die Arbeit in verschiedensten Stadien mit mir durchgesprochen hat.

An dieser Stelle danke ich Katrin Keitel für ihr Lektorat und den ein oder anderen neuen Einblick in die deutsche Sprache. Zum Abschluss geht ein herzliches Dankeschön an meine gesamte Familie, die mir mit Korrekturlesen und motivierenden Worten stets zur Seite stand.