

Aus der Abteilung
für Unfall- und Wiederherstellungschirurgie
der Chirurgischen Klinik
des Universitätsklinikums Hamburg
Direktor Prof. Dr. med. Johannes M. Rueger

**Langzeitergebnisse
nach operativer Behandlung
der subkutanen
Achillessehnenruptur**

Dissertation
zur Erlangung des Grades eines Doktors
der Medizin

Dem Fachbereich Medizin der Universität Hamburg
vorgelegt von

Andreas Thomsen
aus Hamburg

Hamburg 2002

Angenommen von dem Fachbereich Medizin
der Universität Hamburg am 15 Juli 2002

Gedruckt mit Genehmigung des Fachbereichs
Medizin der Universität Hamburg

Dekan: Prof. Dr. C. Wagener

Referent: Prof. Dr. N. M. Meenen

Korreferent: Prof. Dr. J. M. Rueger

Inhaltsübersicht

1. EINLEITUNG

1.1.	Geschichtlicher Überblick	4
1.2.	Anatomie und Physiologie von Achillessehne und Umgebung	5
1.3.	Ätiologie der Achillessehnenruptur	11
1.4.	Typische Patienten	14
1.5.	Die Therapie der frischen Achillessehnenruptur	15
1.6.	Fragestellung und Zielsetzung	23

2. PATIENTEN, MATERIAL UND METHODE

2.1.	Patienten	25
2.2.	Nachuntersuchung	26
	Anamnese und körperliche Untersuchung	26
	Sonographie	27
	Heelraise-Test	28
	Fragebogen	30
2.3.	Statistische Auswertung	31

3. ERGEBNISSE

3.1.	Anamnese, Behandlung und Verlauf	32
	Anamnese	32
	Versorgung der Ruptur	35
	Postoperativer Verlauf und Komplikationen	36
3.2.	Nachuntersuchungsergebnisse	38
	Klinische Befunde	38
	Sonographische Befunde	42
	Heelraise-Test	45
	Subjektive Aspekte des Behandlungsergebnisses	45
	Achillessehnen-Score	47
3.3.	Ergebnisse der statistischen Auswertung	48

4. DISKUSSION

4.1.	Auswahl an Behandlungsmethoden	50
4.2.	Erwartungen an das Behandlungsergebnis	53
4.3.	Prüfung des Behandlungsergebnisses	57
4.4.	Die Ergebnisse im eigenen Patientengut	58
4.5.	Folgerungen für die Behandlung der Achillessehnenruptur	63
4.6.	Systemische Risikofaktoren für die Achillessehnenruptur	64

5.	ZUSAMMENFASSUNG	68
----	-----------------	----

6.	LITERATUR	70
----	-----------	----

1. EINLEITUNG

1.1. Geschichtlicher Überblick

Die älteste bekannte Beschreibung einer Achillessehnenruptur stammt von Ambroise Paré, der als ein herausragender Chirurg seiner Zeit der Leibwundarzt von nicht weniger als vier französischen Königen war. Einer dieser Patienten, Charles IX, zog sich einen Riss der Achillessehne zu, als er auf sein Pferd stieg (74). Als Paré diese Begebenheit 1575 in seinem Gesamtwerk schilderte, war Charles im Vorjahr bereits 24jährig gestorben.

Weitere Fälle von Zerreissungen der Achillessehne wurden in den folgenden Jahrhunderten zunächst nur spärlich und meist in Form von Einzelfallberichten geschildert (68, 96).

Etwa seit Mitte des 20. Jahrhunderts stieg die Zahl an Publikationen über Achillessehnenrupturen jedoch deutlich an, es wurden zunehmend Berichte über zwei- und sogar dreistellige Patientenkollektive veröffentlicht (24, 74).

Nachdem 1929 Quenu und Stojanovic (68) insgesamt 66 Fälle aus der internationalen Literatur sowie zwei eigene zusammentragen konnten, erbrachte eine 1976 von Arndt durchgeführte Sammelstatistik bereits 2597 Achillessehnenrupturen (96). Zweifel an einem tatsächlichen Inzidenzanstieg zerstreuten sich durch Berichte über Vervielfachung der Fallzahlen an Kliniken mit konstantem Einzugsgebiet. So wurden im Unfallkrankenhaus Salzburg zwischen 1953 und 1959 nur 48 Patienten mit Achillessehnenruptur behandelt, während dort zwischen 1968 und 1975 diese Diagnose 308 Mal auftrat (62).

In der Abteilung für Unfall- und Wiederherstellungschirurgie des Universitätskrankenhauses Hamburg-Eppendorf wurden zwischen Januar 1975 und Juni 1984 insgesamt 106 Pat. mit Achillessehnenruptur behandelt (82), während der nur dreijährige Zeitraum der vorliegenden Untersuchung 91 Pat. umfasst. Innerhalb von weniger als zwei Jahrzehnten hat somit eine Steigerung der jährlichen Fallzahlen von durchschnittlich 11 auf 30 Patienten stattgefunden. Für den Anstieg der Inzidenz werden in allererster

Linie die zunehmenden sportlichen Aktivitäten weiter Bevölkerungskreise verantwortlich gemacht (37, 42, 74).

1.2. Anatomie und Physiologie von Achillessehne und Umgebung

1.2.1. Überblick

Die Achillessehne (tendo calcaneus) ist die stärkste Sehne des menschlichen Körpers und bildet den Ansatz des dreiköpfigen Wadenmuskels (Musculus triceps surae) am Fersenbeinhöcker (Tuber calcanei).

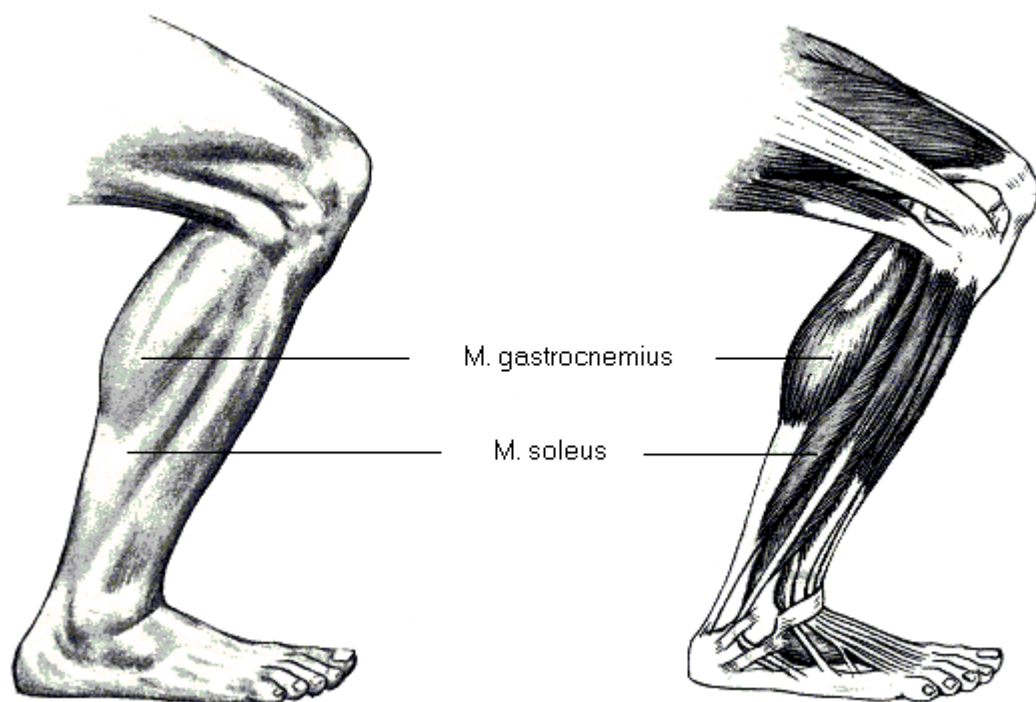


Abbildung 1: Übersicht über die Region von lateral
(nach: K Tittel 1978, Beschreibende und funktionelle Anatomie des Menschen, 8. Aufl., G. Fischer · Stuttgart · New York)

Die beiden oberflächlichen Muskelbäuche des M. triceps surae, die der menschlichen Wade ihre charakteristische Form geben, werden als M. gastrocnemius zusammengefaßt und entspringen oberhalb der Femurkondylen. Hierdurch überspannen sie nicht nur das obere Sprunggelenk (OSG), sondern auch das Kniegelenk, so dass sie eine Beugung in beiden Gelenken bewirken können. Der tiefer gelegene M. soleus als dritter Muskel im Bunde entspringt von der Schien- und Wadenbeinhinterfläche

und von der Membrana interossea, er kann somit nur das obere Sprunggelenk beugen.

Außer vom mächtigen M. triceps surae wird das obere Sprunggelenk auch von einigen relativ kleinen Unterschenkelmuskeln (M. plantaris, M. tibialis posterior, M. flexor hallucis longus, M. flexor digitorum longus, Mm. peroneus longus et brevis) gebeugt, die zusammen jedoch nur etwa 1/7 der gesamten Plantarflexionskraft erbringen (43).

Dies erklärt, warum nach Ruptur der Achillessehne eine aktive Plantarflexion des Fußes gegen geringen Widerstand in der Regel möglich ist, jedoch eine größere Flexionskraft, wie sie z. B. beim Einbeinzehenstand nötig ist, nicht zustande kommt. Dennoch muß der M. triceps surae bei der Plantarflexion durch seine viel schwächeren Agonisten ergänzt werden:

Bei stärkerer Beugung des OSG und gleichzeitiger Beugung des Kniegelenks ist eine weitere aktive Verkürzung des Wadenmuskels nicht mehr möglich, er ist *passiv insuffizient*. Die endgradige Beugung müssen die übrigen Plantarflektoren alleine leisten. In dieser Stellung ist die Achillessehne - auch bei Kontraktion des M. triceps surae - vollkommen entspannt (101).

Dieses Phänomen wird für die (Nach-)Behandlung der Achillessehnenruptur genutzt, indem durch Spitzfußstellung eine Zugbelastung der heilenden Sehne weitgehend verhindert wird.

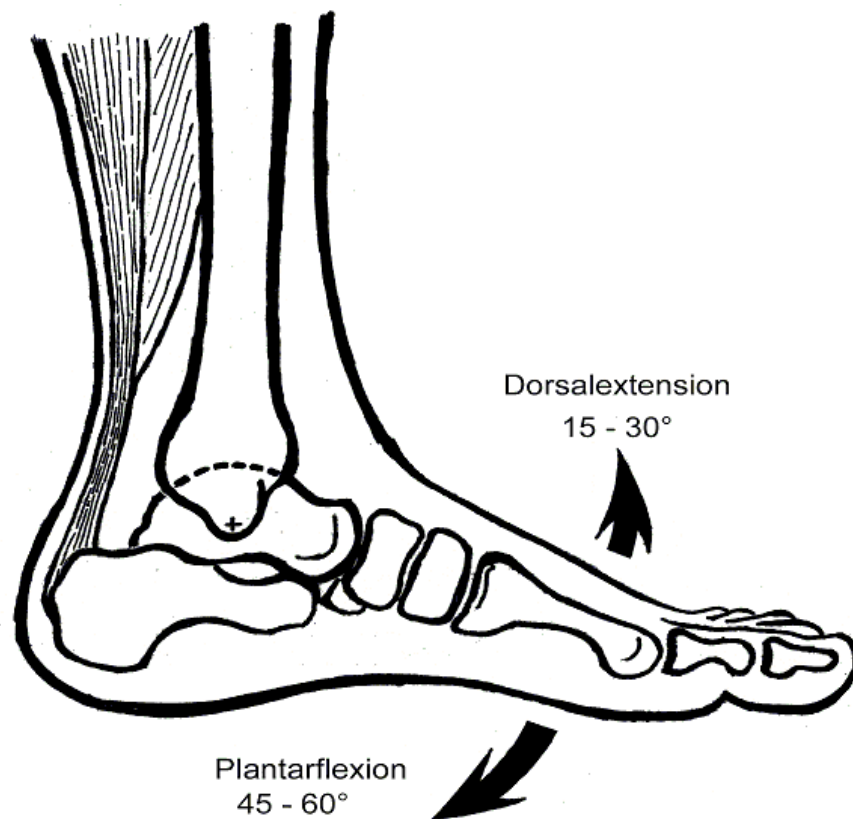


Abb. 2: Schematische Ansicht der linken Achillessehne von medial
Eingezeichnet sind die Achse des oberen Sprunggelenks (+) und dessen normaler Bewegungsumfang

Die freie Länge der Achillessehne zwischen Muskel und Ansatz ist individuell sehr unterschiedlich und beträgt etwa 35 bis 90 mm (42, 96). In ihrem Verlauf verjüngt sie sich bis auf eine Breite von ca. 13 - 19 mm und eine Dicke zwischen 4 und 9 mm, um sich auf den letzten 20 - 40 mm bis zum calcanearen Ansatz wieder fächerförmig zu verbreitern. Eine präzise Bestimmung der Querschnittsfläche an der schmalsten Stelle, der "Sehnentaille", wurde von Wilhelm et al. (107) an einer größeren Zahl von Leichensehnen vorgenommen, der Mittelwert lag bei 70 mm^2 (Männer) bzw. 61 mm^2 (Frauen).

Die Achillessehne wird gewöhnlich von der dünnen Sehne des oberhalb des lateralen Femurkondylen entspringenden M. plantaris longus begleitet. Bei Primaten ist dieser Muskel recht kräftig ausgebildet und spannt die Plantaraponeurose, hat aber in der weiteren Phylogenese den Kontakt dorthin verloren und inseriert beim Menschen gemeinsam mit der Achillessehne am Fersenbeinhöcker. Bei systematischen Untersuchungen

von über tausend Leichen fehlte sie in 6 - 8 % (35), in weiteren ca. 5 % weicht sie von ihrem typischen Verlauf medial der Achillessehne ab und ist stattdessen ventral, lateral oder dorsal derselben zu finden (74).

1.2.2. Mikroskopischer Aufbau

Histologisch setzt sich die Achillessehne aus parallelen Kollagenfasern zusammen, die von mucopolysaccharidhaltiger Grundsubstanz umgeben und durch Bindegewebsfasern gebündelt werden (42, 96). Mehrere Faserbündel mit daran anliegenden Fibrozyten werden wiederum durch das Endotenon zu Faszikeln zusammengefaßt, welches als lockeres Bindegewebe nicht nur den Zusammenhalt der Sehnenfasern gewährleistet, sondern auch die Infrastruktur der Sehne in Form von Blut- und Lymphgefäßen und Nerven beherbergt (42).

Eine Eigenart der Achillessehne gegenüber anderen Sehnen besteht in dem deutlich loseren Verbund der einzelnen Faszikel untereinander, so dass, wie auch schon die vergleichsweise weiche Konsistenz der entspannten Achillessehne vermuten läßt, eine nur wenig kompakte Sehne resultiert.

Die einzelnen Fasern sind in hohem Maße untereinander verschieblich, wodurch eine rupturierte Achillessehne typischerweise ein stark ausgefranstes Bild bietet. Die Sehne reißt häufig nicht an einer Stelle, sondern, kulissenartig, auf unterschiedlichen Höhen gleichzeitig. Eine genaue Bestimmung der Rupturhöhe ist hierdurch oft gar nicht möglich.

Anhand dieser Besonderheit der Achillessehne sei an dieser Stelle ein kurzer Abstecher in die *Archäologie* gestattet:

Als im September 1991 in den Ötztaler Alpen der etwa 5200 Jahre alte "Mann im Eis" entdeckt wurde, fand sich bei der Mumie neben Jagdgerät und Werkzeug auch ein Bündel aus zwei, wahrscheinlich vom Rothirsch stammenden *Achillessehnen*. Tierische Sehnen und Bänder waren in der Vor- und Frühgeschichte wichtige Rohstoffe: "Während Nackenband und Beugesehne sich zum Aufspießen weniger eignen, ergibt die Achillessehne nach dem Trocknen mittels Reibens und Knetens einzelne

reißfeste Fäden, die sich ideal zum Nähen von Kleidern und Schuhen verwenden lassen" (16).

Es erscheint bemerkenswert, dass die Neigung der Achillessehne zum Auffasern, die dem Chirurgen bei der Naht u. U. so große Mühe machen kann, in Zeiten unserer Urahnen von Nutzen war.

1.2.3. Hüllgewebe der Achillessehne

Als eine reine Zugsehne, die in ihrem Verlauf nicht umgelenkt wird, besitzt die Achillessehne keine Sehnenscheide (33). Beweglichkeit gegenüber dem umgebenden Gewebe wird durch ein etwa 6 - 8 Schichten umfassendes, lockeres und verschiebliches Bindegewebe gewährleistet, das zum Paratenon gezählt wird (96). Häufig wird dieses Gewebe als *Gleitgewebe* der Achillessehne bezeichnet, obwohl ein eigentliches *Gleiten* (wie etwa in einer echten Sehnenscheide) nicht vorliegt.

Von den Blutgefäßen, die zur Versorgung der Achillessehne im Endotenon verlaufen, zieht der größte Teil über das Paratenon dorthin, und zwar fast ausschließlich von der ventralen, der Cutis abgewandten Seite, die mechanisch am wenigsten beansprucht wird (2, 42).

Von ihrem in Sagittalrichtung nur leicht geschwungenen Verlauf weicht die Achillessehne in ihrem distalen Abschnitt etwas ab, besonders wenn sie sich bei Dorsalextension des Fußes um den dorsalen Rand des Calcaneus legt. Die Bursa calcanei, ein Schleimbeutel, der als polsterndes Kissen in dem Winkel zwischen Achillessehne und Calcaneus liegt, mindert Druck und Reibung zwischen Knochen und Sehne. Diese Funktion wurde bereits 1791 von Sömmering beschrieben (91). Klinisch tritt die Bursa calcanei gelegentlich durch entzündliche Schwellungen in Erscheinung, einerseits im Rahmen von Erkrankungen aus dem rheumatischen Formenkreis, andererseits aufgrund mechanischer Reizung z. B. durch ungeeignetes Schuhwerk.

1.2.4. Physikalische Eigenschaften der Achillessehne

Die Achillessehne besitzt eine beträchtliche Zugfestigkeit, die Ende der 1940er Jahre durch Stucke (93) erstmals mittels einer Materialprüfmaschine untersucht wurde. Er konnte an Leichensehnen eine Reißfestigkeit von durchschnittlich $45,8 \text{ N/mm}^2$ bei statischer (durch allmählichen Zug zustandekommender) Belastung ermitteln. Reißfestigkeit und auch Elastizität waren bei Individuen zwischen 20 und 30 Jahren am höchsten. Der zunächst beeindruckende Wert von mehr als 4000 N, die erforderlich waren, um die Sehne eines jungen Menschen zu zerreißen, bestätigten Stucke in seiner Annahme, dass es einer *Herabsetzung* dieses Wertes durch pathologische Veränderungen bedürfe, um in vivo eine Achillessehnenruptur zu erleiden.

In den nachfolgenden Jahrzehnten konnte jedoch gezeigt werden, dass die tatsächliche Zugbelastung, der die Achillessehne *in vivo* ausgesetzt ist, weit *über* dem von Stucke ermittelten Wert liegt (4, 88, 107). Bereits im einbeinigen Zehenstand wird die Achillessehne - bedingt durch die Hebelverhältnisse am Fuß - mit einer Zugkraft belastet, die etwa dem 3-fachen Körpergewicht entspricht.

Dieser Wert kann sich durch dynamische Komponenten vervielfachen, so dass auf rechnerischem Wege und auch durch direkte Messungen mit implantierten Sensoren bereits für schlichtes Jogging Zugkräfte um 7000 N ermittelt wurden (42, 100). Unter Extrembedingungen wie beim Hoch- und Weitsprung können Zugbelastungen bis zu 13000 N zustande kommen (87, 96).

Stuckes Methode wurde durch andere Untersucher (97, 107) verbessert, vor allem stellten diese der *statischen* Reißfestigkeit eine bei größerer Zuggeschwindigkeit gewonnene *dynamische* Festigkeit gegenüber. Aufgrund des *viskösen* Verhaltens der Achillessehne war bereits vorher angenommen worden, dass die Reißfestigkeit bei dynamischer Belastung größer sei (107), und tatsächlich ergaben sich deutlich höhere Werte bis zu 9100 N.

Realistische Werte über die maximale dynamische Reißfestigkeit der Achillessehne stehen allerdings noch immer aus, da die im Reissversuch

verwendeten Belastungsgeschwindigkeiten nicht annähernd an die physiologischerweise vorkommenden heranreichen. Durch die Maximalgeschwindigkeit der Materialprüfmaschine vorgegeben, wurde von Thermann (96, 97) die dynamische Reissfestigkeit bei einer Zuggeschwindigkeit von 0,0167 m/sec bestimmt. In vivo hingegen kann die Muskelkontraktionsgeschwindigkeit weit mehr als das 10-fache hiervon betragen. So wurde beispielsweise von Leppilathi (46) zur isokinetischen Kraftmessung der Wadenmuskulatur an einem Dynamometer eine Winkelgeschwindigkeit von 240°/sec vorgegeben, was bei einer Länge des calcanearen Hebelarmes von 50 mm einer Muskelzuggeschwindigkeit von 0,2 m/sec entspricht.

1.3. Ätiologie der Ruptur

“Die Zahl der Meinungen über die Entstehung der subcutanen Achillessehnenruptur deckt sich fast mit der Zahl der beschreibenden Autoren.”

Dieser Satz, den Riede (74) bereits 1966 verfasste, trifft auch heute noch zu, nur dass sich seither beide Zahlen vervielfacht haben.

Naheliegend und auch am häufigsten verfolgt ist der Versuch, die Ursache für die Ruptur anhand der Morphologie rupturierter Achillessehnen zu ergründen. Seit Ende der 1950er Jahre wurden mehrere Untersuchungen an großen Patientenkollektiven veröffentlicht, bei denen Probexzidate aus rupturierten Achillessehnen histologisch aufgearbeitet und auf feingewebliche Veränderungen hin untersucht wurden (24, 34). Die Ergebnisse der einzelnen Arbeiten allerdings sind überaus uneinheitlich:

Während Arner und Lindholm bei allen ihrer 92 Patienten degenerative Veränderungen der Achillessehne fanden(96), wurde bei Holz et al. (34) nur bei 23 % der untersuchten Sehnenproben eine degenerative Vorschädigung diagnostiziert.

Erschwerend für aussagekräftige Ergebnisse ist die durch Versuche an Rattensehnen erlangte Erkenntnis, dass auch eine gesunde Sehne bereits kurze Zeit nach Ruptur infolge resorptiver und reparativer Prozesse das histologische Bild einer degenerativen Tendopathie aufweisen kann (107).

Die Forderung, nur innerhalb einer Frist von sechs (96) bzw. 12 Stunden (107) nach Ruptur gewonnenen Sehnenproben als brauchbar für eine valide histologische Diagnose anzusehen, kann indes nur bei einem kleinen Teil der Patienten erfüllt werden.

Das Spektrum der pathogenetischen Vorstellungen zu den verschiedenen morphologischen Veränderungen ist ein ungemein breites und reicht von der durch metabolische Ungleichgewichte verursachten Einlagerung von Uraten, Cholesterin etc. über die primär vaskulär bedingte, hypoxischen Degeneration (96) bis hin zu der durch wiederholte, überlastungsbedingte Mikrotraumen verursachten Gefäßreaktion mit nachfolgender hypoxischer Schädigung (3, 25, 70). Bei letzterem Wege käme der relativ bradytrophe Status des Sehnengewebes besonders zum Tragen, der einer raschen Reparation im Wege steht und dadurch eine Aufsummierung von Einzelschäden ermöglicht.

Als gesicherter, die Zugfestigkeit mindernder Faktor gelten Corticoide - sowohl anhaltend systemisch gegeben wie auch als lokale Injektion (9, 66). Die Collagensynthese wird gehemmt und somit auch die ständigen Umbau- und Reparaturvorgänge, die in der Sehne ablaufen und deren Funktionstüchtigkeit erhalten.

Einen weiteren medikamentösen Faktor mit möglichen Auswirkungen auf die Achillessehne stellen Antibiotika aus der Familie der Gyrasehemmer dar, z.B. Ciprofloxacin (76), bei denen bis zur Ruptur führende Sehnenentzündungen und -nekrosen beschrieben wurden. Ein solcher Zusammenhang wurde auch bereits bei mehreren Patienten der Abteilung für Unfall- und Wiederherstellungschirurgie beobachtet

Spontane Ruptur - Traumatische Ruptur

Ungeachtet der Frage, ob der Achillessehnenruptur eine durch morphologische Veränderungen des Sehnengewebes bedingte Verringerung der Zugfestigkeit zugrundeliegen muß oder nicht, herrscht Einigkeit darüber, dass der Riß der Sehne durch eine augenblickliche *Überschreitung* ihrer momentanen *Zugfestigkeit* zustande kommt, also durch ein Ungleichgewicht zwischen Muskelkraft und Sehnenstabilität. Dies gilt bei

“normaler” Reißfestigkeit einer unveränderten Sehne wie auch bei pathologisch erniedrigter Festigkeit (14, 107).

Eine schwerwiegend veränderte Achillessehne mit entsprechend niedriger “Rest-Reißfestigkeit” wird durchaus schon durch mäßige Belastung reißen können, etwa im Rahmen alltäglicher Bewegungsabläufe wie Treppensteigen, ruhiges Gehen etc.. Analog zur *pathologischen Fraktur* bei festigkeitsmindernden Knochenprozessen (z.B. bei Skelettmetastasen maligner Tumore) werden Achillessehnenrupturen, die durch ein sog. Bagatelltrauma zustandekommen, d.h. ohne dass forcierte Muskelkontraktion oder eine andere massive Belastung eruierbar wäre, auch als *pathologische Achillessehnenruptur* (94) bezeichnet. Der Begriff *spontane Ruptur* wird weitgehend synonym verwendet, auch hier ist der Riß der Sehne ohne adäquates Trauma gemeint (109).

Zerreißt hingegen eine bisher gesunde, unveränderte Achillessehne, spricht man von einer *traumatischen Ruptur*. Diese kommt selten durch ein *direktes Trauma* (Schlag, Tritt in Achillessehnenengegend), sehr viel häufiger durch ein *indirektes Trauma* in Form einer forcierten Zugbelastung zustande (96).

Der bei Ruptur meist spürbare “Schlag in der Wade” wird vom Patienten gelegentlich der Einwirkung eines in der Nähe befindlichen Mitsportler zugeschrieben, obwohl dieser in keiner Weise beteiligt war.

Abzugrenzen von den Achillessehnenrupturen sind die mit einem Hautdefekt einhergehenden *offenen Durchtrennungen* der Achillessehne, bei denen diese durch Einwirkung von scharfer oder quetschender Gewalt in ihrer Kontinuität verletzt wird.

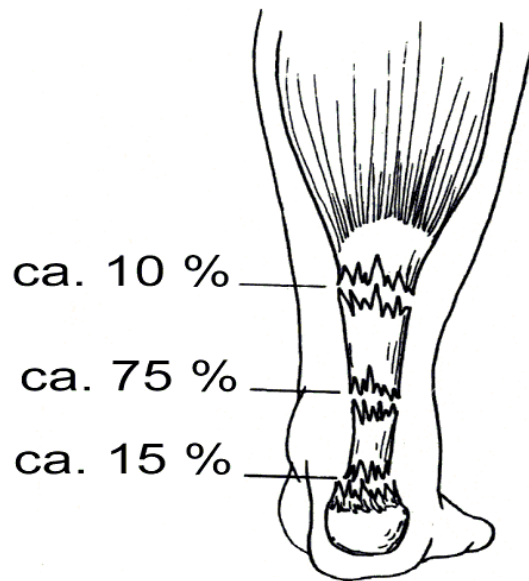


Abb. 3: Verteilung der verschiedenen Rupturhöhen (aus: MJ Coughlin, RA Mann 1999, Surgery of the Foot and Ankle, 7. Ed., Mosby, St. Louis)

1.4. Typische Patienten

Die Achillessehnenruptur kann als eine weitgehend männliche Domäne bezeichnet werden. In den veröffentlichten größeren Kollektiven fand sich ein Frauenanteil von lediglich 12 - 20 % (34, 41, 79, 109).

Bei der Altersverteilung bildet meist die Gruppe der 30 - 40-jährigen den Häufigkeitsgipfel, der Altersdurchschnitt liegt um das 40. Lebensjahr herum (34, 41, 109). Patienten unter 20 und über 70 Jahren kommen extrem selten vor (34).

Die Häufung in der mittleren Altersgruppe könnte mit der Tatsache zusammenhängen, dass Personen, die in ihrer Jugend Leistungssport getrieben haben, in diesem Lebensabschnitt oft wieder Sport aufnehmen, nachdem es – bedingt durch Beruf oder Familiengründung – eine längere Pause gab. Während die Muskelkraft in kurzer Zeit ein hohes Niveau zurückerlangt, kann sich eine durch geringes Training geschwächte Achillessehne nicht so schnell wieder der verstärkten Beanspruchung anpassen. Dieses bereits geschilderte Ungleichgewicht kann zur Ruptur der Achillessehne führen.

In 75 - 90 % der Fälle ereignet sich die Ruptur anlässlich einer sportlichen Betätigung, wobei Ballsportarten bei weitem überwiegen. Allein beim

Fußballspielen kommen bis zu 1/3 der Achillessehnenrupturen zustande. Sportarten mit langsameren oder weitgehend vorhersehbaren Bewegungsabläufen wie Radsport, Leichtathletik und Geräteturnen sind eher schwach repräsentiert (34, 41). Berufliche Beanspruchungen führen verhältnismäßig selten zur Ruptur der Achillessehne. Auch bei Tätigkeiten mit starker körperlicher Belastung gibt es meist wenig abrupte und schlecht koordinierbare Bewegungsabläufe (die z.B. bei Ballsportarten oft zur Ruptur führen).

1.5. Die Therapie der frischen Achillessehnenruptur

Der akut eingetretene Krankheitszustand "Achillessehnenruptur" bedeutet für den betroffenen Menschen eine ausgeprägte körperliche Behinderung und Schmerzen.

Diese zu beheben und einen Zustand herzustellen, der dem vor der Ruptur so ähnlich wie möglich kommt, ist das Ziel der Therapie. Die Wege allerdings, die zur Erreichung dieses Zieles bisher beschritten und beschrieben wurden, sind schwer zu überblicken. Auch unter den aktuellen Veröffentlichungen hat ein großer Teil die Darstellung von neuen Therapieverfahren zum Thema. Von 126 in *medline* gefundenen Artikeln aus den Jahren 1995-1999 zum Stichwort >Achillessehnenruptur< wurde in 14 ein neues Behandlungskonzept oder die modifizierte Version eines alten vorgestellt.

1.5.1 Natürlicher Verlauf

Es zeigt sich häufig eine Dellenbildung im Verlauf der Sehne. Der Patient ist nicht mehr fähig, auf Zehen zu stehen. Zur Sicherung der Diagnose trägt ein aufgehobener Thompson Test (s. Abb. 10) bei, bei dessen negativen Befund es nicht mehr zu einer Streckung des Fußes bei Kompression der Wadenmuskulatur kommt. Die Plantarflexion des Fußes ist durch die erhaltene Funktion der Plantarissehne meist nicht vollständig aufgehoben, sondern lediglich in ihrer Kraftentwicklung abgeschwächt.

Damit Therapiekonzepte für eine Erkrankung beurteilt werden können, ist die Kenntnis des *natürlichen Verlaufs* von großer Bedeutung. In älteren

Veröffentlichungen wird ein großer Anteil Patienten beschrieben, deren Ruptur über Monate nicht als solche erkannt wurde (34, 74).

Das Bild, das die **unbehandelte Ruptur** bietet, ist kein einheitliches:

Bei dem größeren Teil der Fälle blieb die Kontinuitätsunterbrechung der Sehne, gefördert durch die Retraktion des Muskels, dauerhaft bestehen, so dass eine ausgeprägte körperliche Behinderung zurückblieb. In diesen Fällen blieb die schon bei der frischen Achillessehnenruptur typische Unfähigkeit, einen einbeinigen Zehenstand auszuführen, dauerhaft bestehen. Bei den übrigen Patienten hingegen kam es zu einer narbigen Überbrückung des Defekts; die resultierende Achillessehne ("Ersatzsehne") war deutlich verlängert, vermittelte aber noch eine Restfunktion des M triceps surae (19, 63).

1.5.2. Prinzip der Therapie

Zur Behandlung der Achillessehnenruptur wurde eine Vielzahl verschiedener Behandlungsverfahren konzipiert, dennoch lässt sich ein zentrales Prinzip umreißen:

Sämtlichen Verfahren ist eigen, dass den beiden Stümpfen der zerrissenen Achillessehne durch mehr oder minder innige Annäherung ein Zusammenheilen ermöglicht wird.

Danach, ob dieses grundsätzliche Prinzip mittels eines chirurgischen Eingriffs verfolgt wird oder durch externe mechanische Maßnahmen, lassen sich alle Therapiekonzepte in **operative** und **konservative** einteilen.

Diese beiden Therapieprinzipien stehen seit Jahren in Konkurrenz zueinander, ein Zustand, der auch gegenwärtig noch herrscht (48) und durch laufende Weiterentwicklung der jeweiligen Behandlungskonzepte immer neue Aspekte erfährt.

1.5.3. Operative Behandlung der Achillessehnenruptur

Nahtverfahren

Das am häufigsten geübte Verfahren ist die einfache Adaptation der Sehnenstümpfe durch End-zu-End-Naht. Hierzu stehen diverse, auch für andere Sehnen des Körpers häufig benutzte Nahttechniken zur Verfügung, wie die Durchflechtungs- oder Schnürsenkelnnaht nach Bunnell und die Naht nach Kessler.

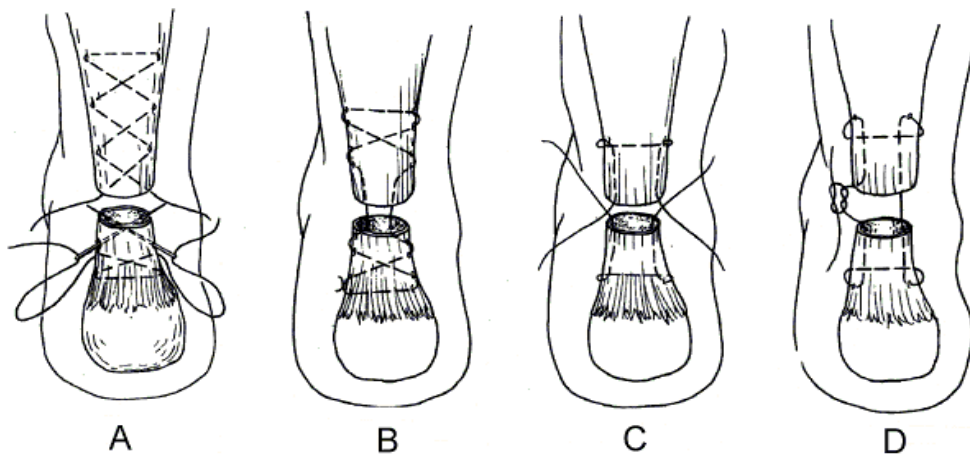


Abb. 4: Verschiedene End-zu-End-Nahtverfahren. **A:** Bunnell-Naht, doppelt geführt **B:** Bunnell-Naht, einfach **C:** Kessler-Naht, doppelt geführt **D:** Kessler-Naht, einfach (aus: MJ Coughlin, RA Mann 1999, Surgery of the Foot and Ankle, 7. Ed., Mosby, St. Louis)

Ein Nahtverfahren, das speziell für die Naht der Achillessehne zum Einsatz kommt, ist die sog. Dreizipfelnaht (52, 98). Hierbei werden die ausgefranst Teile des einen Sehnenstumpfes zu zwei Zipfeln gebündelt, so dass sie dem anderen Stumpf von beiden Seiten angelagert und in dieser Position durch Nähte fixiert werden können.

Als **Nahtmaterial** wird heute fast ausschließlich synthetisches, resorbierbares Material verwendet (48), das sich durch eine gute Gewebeverträglichkeit auszeichnet. Streli etablierte 1960 die Einflechtung der Sehne des M. plantaris longus (55), eine Technik, die seither weite Verbreitung gefunden hat (35, 81, 82, 89).

Perkutane Naht

Die Technik der perkutanen Achillessehnennaht wurde erstmals 1977 von Ma (49) vorgestellt und seither von verschiedenen Autoren modifiziert und weiterentwickelt (6, 7, 8, 105). Es handelt sich um ein minimal invasives Verfahren, bei dem das Nahtmaterial transkutan mit einer Ahle oder einer langen Nadel rupturfern durch die Achillessehne geführt wird. Die Rate an Wundheilungsproblemen ist aufgrund des weniger traumatischen Vorgehens in der Regel niedriger als bei der offenen Naht, dafür ist das Verfahren mit einer sehr häufigen Schädigung des N. suralis verbunden, da dieser durch die fehlende optische Kontrolle nicht gezielt geschont werden kann (7, 8, 105).

Plastische Verfahren

Liegen erschwerte Bedingungen wie eine veraltete Ruptur mit retrahierten Sehnenstümpfen oder eine Reruptur vor, sind plastische Verfahren zur Achillessehnen-Rekonstruktion erforderlich. Grundprinzip ist, dass der Defekt in der Achillessehne durch mechanisch stabilen, biologischen Ersatz überbrückt wird. Hierfür wird häufig ein Streifen aus dem Sehnen Spiegel der Achillessehne freipräpariert, der über den Defekt geklappt und dort durch Nähte fixiert wird. Bei der einfachen Umkehrplastik nach Christensen (97) weist die ehemals muskelseitige Fläche des Streifens zur Haut, so dass mit ausgeprägten Adhäsionen zu rechnen ist. Dieser Komplikation wird mit der Technik nach Silfverskiöld (Abb. 5) begegnet, indem hier durch Wendung des Streifens die glatte Seite der Haut anliegt.

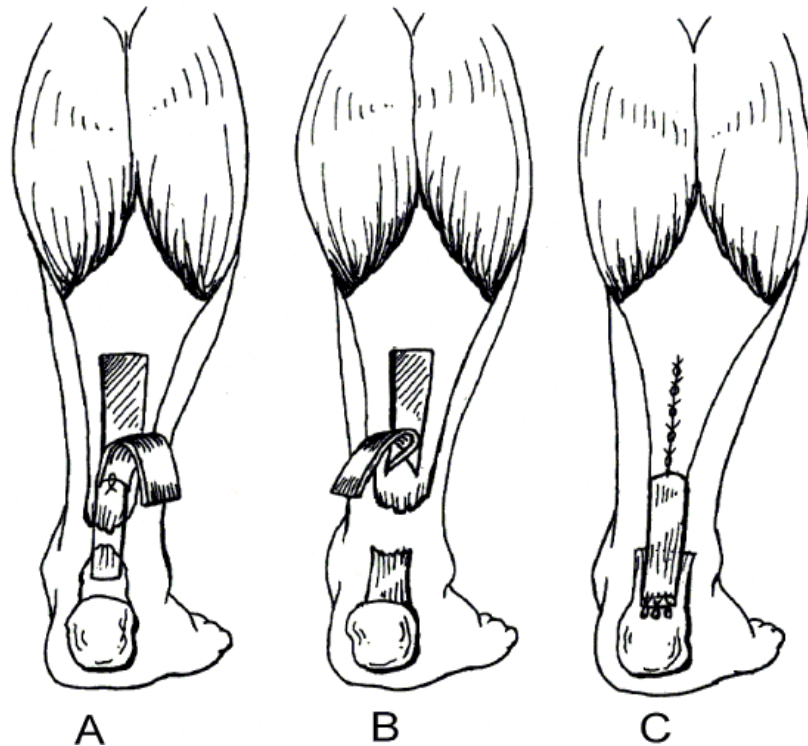


Abb. 5: Umkehr-Plastik nach Silfverskjöld **A:** Herauslösen eines Streifens aus dem Sehnenspiegel der Achillessehne **B:** Herunterklappen unter Drehung **C:** Überbrückung des Sehnendefekts und Adaptation (aus: MJ Coughlin, RA Mann 1999, Surgery of the Foot and Ankle, 7. Ed., Mosby, St. Louis)

Auch bei der Griffelschachtelplastik nach Lange kommt die inerte Seite des Streifens auf der subkutanen Seite zu liegen, indem das herausgelöste Transplantat wie der Deckel einer hölzernen Griffelschachtel nach distal über den Defekt gezogen wird.

Weniger häufig wird autologes Sehnenmaterial aus einer anderen Region transplantiert, entweder gestielt (M. peroneus brevis (5)) oder als freies Transplantat (M. semitendinosus, Quadricepssehne).

Fibrinklebung

Als Alternative zur Naht, aber auch als ergänzendes Verfahren, wird seit Ende der 1970er Jahre die **Klebung** der Achillessehne eingesetzt. Hierbei wird humanes, aus Plasma gewonnenes Fibrinogen in den freigelegten Rupturbereich eingebracht und mit Thrombin, Faktor VIII und Calciumchlorid zur Polymerisation gebracht. In vergleichenden Studien konnte eine Gleichwertigkeit des klinischen Ergebnisses, teilweise auch eine

Überlegenheit der Fibrinklebung gegenüber der Naht gefunden werden (71, 96). Als besonders geeignetes Einsatzgebiet gelten Fälle von stark aufgefasernten Sehnenstümpfen (71). Diese bieten der Klebung eine große Kontaktfläche und sind andererseits nahttechnisch erschwert zu handhaben.

1.5.4. Postoperative Nachbehandlung

Die Nachbehandlung hat im wesentlichen zwei Ziele zu verfolgen:

- Die Erhaltung der wiederhergestellten Kontinuität der Sehne
- Die Wiederherstellung der Funktion der betroffenen Extremität

Diese Ziele stehen in hohem Maße in Konflikt miteinander:

Die Sehne ist zunächst noch äußerst sensibel und benötigt Monate, um ihre volle Zugfestigkeit zu erlangen. Um Zugbelastung auf die Achillessehne auszuschalten, wird der Fuß meistens durch einen Gipsverband für ca. 6 Wochen in Plantarflexion fixiert, was jedoch gleichzeitig der Funktionswiederaufnahme entgegensteht.

Die mehrwöchige Immobilisierung eines oder mehrerer Gelenke birgt Gefahren, die bereits seit den Frühzeiten der Chirurgie bekannt sind. Neben der Muskelatrophie kommt es durch Schrumpfung der Gelenkkapsel und Adhäsionen der Sehne an das umliegende Gewebe zu mehr oder minder ausgeprägten Funktionseinschränkungen, die nur teilweise reversibel sind (72, 96).

In der Sehnenchirurgie ist dementsprechend der günstige Effekt einer frühzeitigen postoperativen Beübung der genähten Sehne bereits lange Zeit anerkannt. Im Jahr 1927 schreibt beispielweise Kleinschmidt (40), indem er allgemeine Regeln für die Sehnennaht aufstellt:

“Je eher mit einer funktionellen Behandlung der genähten Sehne begonnen werden kann, desto besser wird das spätere Resultat.”.

Frühfunktionelle Nachbehandlung

Nachdem der Standard für die postoperative Nachbehandlung in einer mehrwöchigen (Gips-)Immobilisation bestand und dadurch nur eine *spätfunktionelle* Nachbehandlung möglich war, wandten Marti und Weber 1974 als erste das Konzept einer *frühfunktionellen* Nachbehandlung an (52). Nach Achillessehnennaht ließen sie ihren Patienten postoperativ zunächst eine allmähliche Mobilisierung zukommen, um erst 12 - 14 Tage post OP eine Gipsimmobilisation durchzuführen. Der Erfolg gab ihnen Recht, bei ihren 60 Patienten kam es bei guten funktionellen Ergebnissen zu keiner Reruptur, und weitere Autoren griffen das Konzept auf und entwickelten es weiter.

Es kam zur Entwicklung von Orthesen und Spezialstiefeln (96), die durch eine verstellbare Plantarflektion eine Entlastung der Achillessehne bei voller Belastbarkeit des Fußes und enggradiger Beweglichkeit im oberen Sprunggelenk ermöglichten.

In mehrere Studien (1, 7, 18, 111) konnten die Überlegenheit der funktionellen Nachbehandlung gegenüber der Gipsimmobilisation gezeigt werden; die Patienten erreichten bessere Beweglichkeit mit geringerer Muskelatrophie und schnellerer Wiederherstellung der Arbeitsfähigkeit, ohne dass sich Komplikationen irgendeiner Art mehrten, besonders kam es nicht zu einer Zunahme der Rerupturrate.

1.5.5. Konservative Behandlung der Achillessehnenruptur

Paré wußte im ausgehenden 16. Jahrhundert zwar bereits von Kollegen zu berichten, die durchtrennte Achillessehnen mit einer Naht versorgten, er selbst aber schreibt, dass er solches niemals wagen würde, weil "Schmerzen, Konvulsionen und ähnlich schreckliche Symptome" die Folge wären. Der große französische Chirurg stand hier noch voll unter dem Einfluß des Hippokrates, bei dem es so geschrieben steht, und hielt es mit der konservativen Behandlung (64). Zur Mitte des 18. Jahrhunderts verwundert sich der deutsche Chirurg Lorenz Heister über die Furcht des großen Meisters, „wo doch Paraeus sonst nicht ängstlich beim Schneiden

gewesen“ (31).

Auch der gut einhundert Jahre nach Paré in Paris wirkende Chirurg und Anatom Jean L. Petit praktizierte die nichtoperative Therapie und entwickelte eigens hierfür eine aus dicker Pappe geformte Orthese, die bis zum Anfang des 20. Jahrhunderts als Petit'scher Pantoffel geläufig war (19). Dieser sollte, wie alle übrigen zur konservativen Behandlung verwendeten Hilfsmittel auch, den Fuß in einer plantarflektierten Stellung halten, damit die beiden Sehnenstümpfe einander angenähert werden und miteinander verheilen können.

Durch die Einführung von Asepsis und Anästhesie im ausgehenden 19. Jahrhundert ermöglichte der Chirurgie eine bahnbrechende Entwicklung: Zum Wohle der Patienten und zur Freude der Chirurgen wurden Eingriffe mit vorher oft fatalem Ausgang zum Standardverfahren mit überschaubarem Risiko. So konnte die operative Behandlung in den ersten Dekaden des 20. Jahrhunderts schließlich zur gängigen Therapie der Achillessehnenruptur werden (68).

Nachdem die aus der Antike überlieferte Furcht der „alten Chirurgen“ vor offenen Operationen an der Achillessehne gänzlich abgelegt war, bewegten andere Motive seit den 1970er Jahren mehrere Autoren im angloamerikanischen und skandinavischen Raum dazu, erneut Erfahrungen mit der konservativen Behandlung von Achillessehnenrupturen zu gewinnen und zu publizieren: Das häufige Auftreten von operationsbedingten Komplikationen (17, 39).

Die Behandlung bestand in einer Spitzfuß-Gipsimmobilisation über 8 (17, 44) bis 12 Wochen (39). Die Ergebnisse dieser Methode zeichneten sich - bei naturgemäßem Fehlen von operationsbedingten Komplikationen - durch einen Anteil an Rerupturen von 10 % bis 29 % (108) aus.

Wills (108) verglich 1986 die Resultate von 20 Behandlungsstudien, 8 davon hatten konservativ-immobilisierend therapiert. Während unter den operativ-immobilisierend behandelten Patienten 1,5 % eine Reruptur erlitten, betrug die Rerupturrate der konservativ behandelten Patienten über 17 %. Weiterhin konnte Wills bei letzteren ein stärker ausgeprägtes Funktionsdefizit aufzeigen.

Diese Daten dürften dazu beigetragen haben, dass sich die konservativ-

immobilisierende Therapie hierzulande nur einer geringen Beliebtheit erfreute. Bei der von Lill (48) durchgeführten Umfrage gaben nur 3 von 787 Kliniken an, ausschließlich auf diese Weise zu behandeln.

Vor allem in den USA jedoch stellt die konservativ-immobilisierende Therapie der Achillessehnenruptur wegen ihrer einfachen, kostengünstigen und i. d. R. ambulanten Durchführbarkeit eine gängige Methode dar (44), auch fallen operationsbedingte Komplikationen mit möglichen Haftungsfolgen weg.

Funktionell-konservatives Behandlungskonzept

Ende der 1980er Jahre konnte das Konzept der frühzeitigen Mobilisierung erfolgreich auf die nichtoperative Therapie ausgeweitet werden (99). Eine Einschränkung der konservativen Therapie liegt darin, dass sie sich bei größerer Diastase der Sehnenenden nicht eignet. Verwendung findet ein Spezialstiefel, der während der ersten 6 Wochen kontinuierlich und dann für 2 Wochen nur noch tagsüber getragen wird. Notwendig sind recht umfangreiche, den Heilungsfortschritt beobachtende sonographische Verlaufskontrollen, die über den weiteren Fortgang der Behandlung informieren sollen und bei ungenügender Regeneratbildung ggf. eine Verlängerung der Stiefelbenutzung implizieren.

Somit existieren sowohl bei der operativen als auch der konservativen Therapie der Achillessehnenruptur Behandlungsstrategien, die zur Erreichung besserer funktioneller Ergebnisse bereits kurz nach der Ruptur eine begrenzte Mobilisierung vorsehen.

1.6. Fragestellung und Zielsetzung

Hauptgegenstand dieser Arbeit ist die Evaluation der Langzeitergebnisse bei 48 Patienten, die in den Jahren 1993-95 in der Abteilung für Unfall- und Wiederherstellungschirurgie des Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf einer operativen Versorgung mit immobilisierender Nachbehandlung unterzogen wurden. Das verhältnismäßig lange Intervall von 4,4 Jahren

(3,6 - 5,7) zwischen Operation und Nachuntersuchung soll die Erfassung eines *endgültigen* Behandlungsergebnisses gewährleisten, da sich nach ein bis zwei Jahren keine wesentlichen Veränderungen mehr einstellen (96). Allerdings kann durch Gewöhnung noch in Einzelfällen eine subjektive Ergebnisverbesserung erzielt werden.

In die Beurteilung des langfristigen Operationsergebnisses sollen objektive Befunde und durch die Patientenbefragung erhobene subjektive Kriterien gleichermaßen eingehen. Nur durch ausreichende Berücksichtigung der subjektiven Beurteilung des Patienten kann der Behandlungserfolg wirklich beurteilt werden, ist doch die Wiederherstellung von körperlicher Integrität und körperlicher Leistungsfähigkeit das zentrale Anliegen der Therapie.

Neben der Aufgabe, die eigenen Methoden und Ergebnisse zugänglich zu machen, liegen Sinn und Zweck einer solchen Evaluation in beträchtlichem Maße in der Möglichkeit, die eigenen Resultate den Behandlungsergebnissen anderer Kliniken gegenüberzustellen. Dies bietet die Chance, die eigenen Methoden zu hinterfragen und ggf. zugunsten einer höheren Ergebnisqualität zu modifizieren. Gerade angesichts der Konfrontation von operativer mit konservativer Therapie über die optimale Behandlung der Achillessehnenruptur erscheint es angebracht, eine solche Positionsbestimmung durchzuführen.

2. PATIENTEN, MATERIAL UND METHODEN

2.1. Patienten

Gegenstand dieser Untersuchung sind die längerfristigen Ergebnisse der Patienten, die innerhalb eines dreijährigen Zeitraums (01. 01. 1993 - 31. 12. 1995) in der Abteilung für Unfall- und Wiederherstellungschirurgie des Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf mit einer subcutanen Achillessehnenruptur operativ behandelt wurden.

Die Durchsicht der Stationsbücher und der Operationsberichte erbrachte für den genannten Zeitraum eine Zahl von 91 Patienten.

Fälle von inkompletter Ruptur, Entenschnabelfraktur des Fersenbeins oder offener Durchtrennung der Achillessehne wurden in diese Untersuchung nicht aufgenommen.

Behandlungsverfahren

Die standardisierte Therapie besteht in offener Durchflechtungsnaht nach Bunnel (siehe Abb. 3) und Adaptation mit synthetischem, resorbierbarem Nahtmaterial; wenn vorhanden, wurde die Naht mit der Sehne des M. plantaris longus verstärkt.

Als Zugangsweg dient ein etwa 10 - 14 cm langer Hautschnitt. Dieser wird zwecks Schonung des lateral gelegenen N. suralis und zur Vermeidung einer exponierten Operationsnarbe an der Ferse auf der medialen Seite der Achillessehne beginnend und dann im proximalen Bereich nach zentral umbiegend geführt. Nach Blutstillung in Subkutangewebe Durchtrennung der Faszie und des Peritendineums und Aufsuchen der Sehnenstümpfe. Über diesen Zugang wird auch die Plantarissehne aufgesucht und mit Hilfe des Sehnenstrippers nach Schöttle möglichst weit proximal durchtrennt. Die distal gestielt bleibende, etwa 20-25 cm lange Sehne steht nun als autologes Nahtmaterial zur Verfügung und kann mittels der Sehnennadel nach Jungbluth in die rupturierte Achillessehne eingeflochten werden, so dass sie den Rupturdefekt mindestens zweimal überbrückt. Das Ende der Plantarissehne wird aufgefächert und über dem Nahtbereich ausgebreitet, um eine Gleitschicht für die Sehne zu bilden. Nach Wiederherstellung der

Sehnenkontinuität folgt, soweit möglich, Readaption des Peritendineum durch Einzelnähte.

Der Eingriff geschah in Bauchlag und in der Mehrzahl der Fälle in Intubationsnarkose. Bis auf eine Ausnahme wurde unter Blutsperre operiert; vor Setzen der Subcutannaht wurde eine Redondrainage eingelegt. Postoperativ Anlegen einer Spitzfuß-Gipsschiene, die nach Abschwellung der Extremität durch einen zirkulären Liegegips in Spitzfußstellung ersetzt wurde. Insgesamt wurde in der Regel für 6 Wochen immobilisiert, während derer nach 3 Wochen ein Gipswechsel mit Redression des oberen Sprunggelenks in Neutralstellung und Ansetzen einer Gehhacke erfolgte.

2.2. Nachuntersuchung

Von den 91 Patienten waren 43 noch unter der bei Behandlung aktuellen Adresse zu erreichen, bei weiteren 19 konnte die jetzige Anschrift ermittelt werden. Von diesen 62 Patienten ließen sich 48 für einen Nachuntersuchungstermin in der chirurgischen Poliklinik des UKE gewinnen. 14 Patienten lehnten es aus verschiedenen Gründen ab, zu kommen (5mal weite Entfernung des jetzigen Wohnorts, 1mal Krankheit, 8mal ohne Angabe von Gründen, meist Ausbleiben einer Antwort).

29 Patienten waren unbekannt verzogen.

Es konnten somit 48 von 91 Patienten (53%) in einem Intervall von durchschnittlich 4,4 Jahren (3,6 - 5,7) nach der Operation bezüglich des Behandlungsergebnisses untersucht sowie mittels eines Fragebogens zu subjektiven Aspekten befragt werden.

2.2.1. Anamnese und körperliche Untersuchung

Bei der Nachuntersuchung wurde die allgemeine **Anamnese** auf Fragen nach Beruf, Systemerkrankungen und Verletzungen des Bewegungsapparates beschränkt, in der speziellen Anamnese wurde, orientiert an einem Schema, nach Rupturhergang, Behandlungsverlauf (incl. eventueller

Komplikationen), Dauer der Arbeitsunfähigkeit, Zeitpunkt der erneuten Sportaufnahme etc. gefragt.

Die **körperliche Untersuchung** der Patienten geschah in Bauchlage mit über den Rand der Liege ragenden Füßen. Die Befunde wurden auf einem Protokollbogen festgehalten. Im Seitenvergleich wurden vor allem folgende Punkte untersucht:

Aspekt Hautrelief	Muskelatrophie, Sehnenkonturen, -verdickungen
OP-Narbe	Dehiszenz, Reizungen, Hyperpigmentierungen, Narbenatrophie, Einziehungen
Palpation	Verhärtungen der Achillessehne, Druckschmerz, Ödem

Zur Quantifizierung von Seitendifferenzen erfolgte Messung der Wadenumfänge 15 cm distal des medialen Kniegelenkspaltes und an der dünnsten Stelle oberhalb der Knöchel. Ebenso wurden die aktiven und passiven Bewegungsumfänge in beiden oberen Sprunggelenken gemessen, hierbei wurde auf Verwachsungen und Hauteinziehungen geachtet, die bei der Bewegung in Erscheinung traten.

2.2.2. Sonographie

Die **sonographische Untersuchung** beider Achillessehnen erfolgte nach dem von Grechening et al. (27) angegebenen Schema:

- Beurteilung der Sehnenstruktur, des Peritendineum, der umgebenen Weichteile
- Betrachtung des tendomuskulären Überganges und des Ansatzes am Tuber calcanei (Bursa), knöcherne Strukturen
- Dynamische Untersuchung mit Beurteilung des Gleitverhaltens
- Vermessung der Sehne

Verwendet wurde das Gerät LC 9500 der Fa. Picker mit einem 7,5 MHz Linearschallkopf. Augenmerk lag besonders auf evtl. Verkalkungsherden,

echoarmen Zonen und Unregelmäßigkeiten im Sehnenverlauf.

Ausser eventuellen auffälligen Befunden wurden pro Seite 3 Standard-einstellungen (Ansatzbereich längs, freie Sehne längs auf Höhe des distalen Tibiaendes, Höhe der Sehnentaille quer) durch Prints festgehalten. Die sagittale und transversale Vermessung beider Achillessehnen geschah an der schmalsten Stelle etwa 3 cm proximal des Ansatzes.

2.2.3. Heelraise-Test

Mit Hilfe des von von Buchgraber et al. (7) eigens zu diesem Zweck entwickelten Eletronically-Controlled Heelraise-Testgerätes (ECH-Testgerät) wurden die nachzuuntersuchenden Patienten einem **Wadenmuskel-Ermüdungstest** unterzogen. Das Gerät stellt eine Weiterentwicklung der von Häggmark et al. (29) erdachten Heelraise-Testanordnung dar, bei der der Proband in zügiger Folge Einbein-Zehenstände durchführen soll. Durch eine in 5 cm Höhe verlaufende Lichtschranke wird kontrolliert, ob die Ferse die geforderte Höhe erreicht hat, so dass aus Körpergewicht, Höhe und Anzahl der Fersenhübe die geleistete Arbeit der jeweiligen Wadenmuskulatur errechnet werden kann. Als Neuerung beinhaltet das Gerät von Buchgraber, welches uns dieser freundlicherweise für die Dauer der Untersuchung zur Verfügung gestellt hat, ein elektronisches Zählwerk mit akustischem Signalgeber und einen in die Trittfläche versenkten Näherungsschalter. Dieser ermöglicht eine ausschließliche Zählung der *vollständigen* Fersenhübe, bei denen die Ferse zu Beginn die Trittfläche berührte.

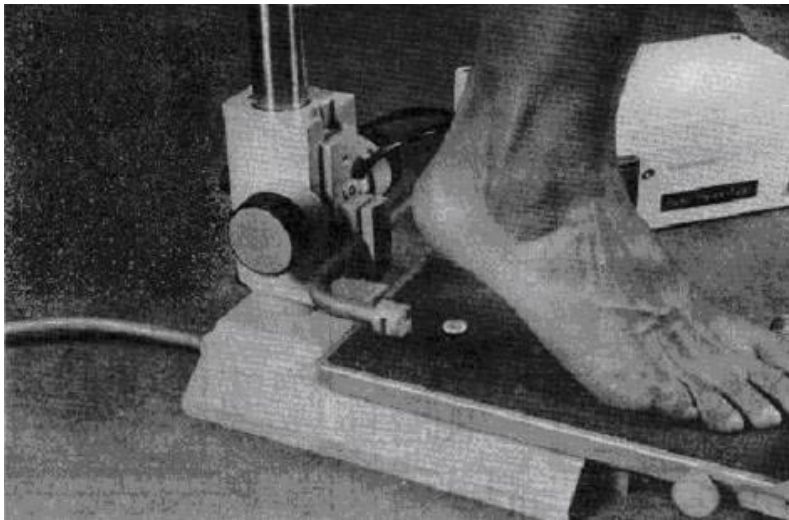


Abb.6: ECH-Testgerät (aus: Buchgraber(7))

Der Patient wurde angeleitet, mit einem Fuß auf der Trittfläche des Testgerätes stehend, so viele Einbeinzehenstände hintereinander wie möglich auszuführen. Der erforderte Takt von 1 Hub/ sec wurde durch ein Metronom angegeben. Das Erfüllen des geforderten Bewegungsausmaßes von 5 cm wurde dem Patienten durch einen Piepton mitgeteilt und in dem Zählwerk festgehalten. Erreichte der Patient bei drei aufeinanderfolgenden Fersenhüben den vorgegebenen Bewegungsumfang nicht, wurde der Test mit dem bis dahin errungenen Zählerstand beendet. Die maximal erreichte Anzahl von Fersenhüben wurde an dem operierten Bein wie auch auf der Gegenseite ermittelt; mit welcher Seite begonnen wurde, stand dem Patienten frei.

Die erbrachte Ausdauerleistung diente als Parameter für die Leistungsfähigkeit des Wadenmuskel-Achillessehnenkomplexes des jeweiligen Beines, der ermittelte Wert auf der Rupturseite wurde dem als Referenzgröße dienenden Wert der Gegenseite gegenübergestellt. Die prozentuale Differenz zeigt nun das Defizit des operierten Beines an.

Anders als bei den üblichen isokinetischen Kraftmessgeräten, z.B. dem Cybex-Dynamometer arbeitet der ECH-Test mit einem geschlossenen System (die Wadenmuskulatur muß gegen die Schwerkraft des Körpers anarbeiten) und einem Bewegungsablauf, der mit alltäglichen Belastungen durchaus vergleichbar ist (7, 8).

Als weiterer Parameter für die Leistungsfähigkeit der Wadenmuskulatur wurde mit Hilfe der höhenverstellbaren Lichtschranke die maximale Höhe der Fersenunterfläche im Einbeinzehenstand bestimmt. Auch hier diente die prozentuale Differenz als Anzeiger für ein Defizit. Diese Maß kann Index sein für eine Funktionsinsuffizienz aufgrund einer Sehnenverlängerung.

2.2.4. Fragebogen

Um das Behandlungsergebnis auch nach **subjektiven Kriterien** zu werten, hatte jeder Patient einen zweiseitigen Fragebogen zu beantworten (siehe Anhang). Damit die eigenen Resultate mit den Ergebnissen anderer Untersucher verglichen werden können, wurde der Fragebogens so konzipiert, dass der von Rupp (79) entwickelte "Achillessehnen-Score" zur Anwendung kommen konnte. Abgefragt wurden u. a.:

- Ausmaß und Häufigkeit von Schmerzen im Achillessehnenbereich und sonstige dort auftretende Beschwerden
- Vorhandensein von Alltagseinschränkungen
- die Angst vor einer Reruptur
- die Einschätzung eines eventuellen Kraftverlustes
- die empfundene Qualität des Behandlungsergebnisses

Weiterhin wurde nach Sportart und -häufigkeit vor und nach Ruptur gefragt und danach, ob es wegen der Achillessehne zu einem Sportartwechsel gekommen ist und ob in den letzten 6 Monaten eine ärztliche Behandlung wegen einer Achillessehnen-assoziierten Problematik stattfand.

I: Objektive Kriterien		II: Subjektive Kriterien	
1. Wadenumfangsdifferenz		7. Subjektive Zufriedenheit	
0 cm	+ 5	sehr gut	+ 5
< 2 cm	+ 1	gut	+ 1
2 – 4 cm	– 2	befriedigend	– 2
> 4 cm	– 5	schlecht	– 5
2. Knöchelumfangsdifferenz		8. Belastungsschmerzen	
keine	+ 5	keine	+ 5
< 1 cm	+ 1	bei starker Belastung	+ 1
1 – 2 cm	– 2	bei leichter Belastung	– 2
> 2 cm	– 5	ständig	– 5
3. Einschränkung der Plantarflexion		9. Belastungsunabh. Schmerzen	
keine	+ 5	keine	+ 5
< 10°	+ 1	Wetterfühligkeit	+ 1
10 – 20°	– 2	gelegentl. in Ruhe	– 2
> 20°	– 5	ständig	– 5
4. Einschränkung der Dorsalextension		10. Subj. Funktionseinschr. (nein / ja)	
keine	+ 5	Gangunsicherheit	+ 1 / – 1
< 5°	+ 1	Kraftminderung	+ 1 / – 1
5 – 10°	– 2	Schwellneigung	+ 1 / – 1
> 10°	– 5	Krampfneigung	+ 1 / – 1
5. Kraftminderung Plantarflexion		11. Angst vor Reruptur	
< 5 %	+ 5	nein	+ 1
5 – 15 %	+ 1	ja	– 1
15 – 30 %	– 2		
> 30 %	– 5		
6. 1-min-Zehenstand		12. Einschränkung im Beruf	
suffizient	+ 5	entfällt	+ / – 0
Ziehen / Schmerz	+ 1	keine	+ 5
Abbruch	– 2	leicht	– 1
nicht durchführbar	– 5	stark	– 3
		Arbeitsplatzwechsel	– 5
		13. Einschränkung im Sport	
		entfällt	+ / – 0
		keine	+ 5
		leicht	– 1
		stark	– 3
		Sportaufgabe	– 5
Score Bewertung			
sehr gut	40 – 60 Punkte		
gut	20 – 39 Punkte		
befriedigend	0 – 19 Punkte		
schlecht	< 0 Punkte		

Abb. 7: Achillessehnen score nach Rupp (78)

2.3. Statistische Auswertung

Die Auswertung der Ergebnisse nach statistischen Kriterien erfolgte mit dem Statistikprogramm SPSS auf einem Apple Macintosh. Zur Anwendung kamen der Fisher's Z-Test auf Signifikanz der Korrelation, der Chi-Square-Test und der Mann-Whitney-U-Test. Als signifikant wurden Korrelationen angesehen, deren Irrtumswahrscheinlichkeit p unter 0,05 lag.

3. ERGEBNISSE

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Aktenauswertung (insbesondere Aufnahmebogen, OP-Bericht, Pflegedokumentation, histologischer Befund, Entlassungsbericht) sowie der Untersuchung und Befragung der Patienten am Nachuntersuchungstermin dargestellt.

3.1. Anamnese, Behandlung und Verlauf

3.1.1. Anamnese

Von den 48 nachuntersuchten Patienten waren 44 Männer und 4 Frauen (8,3%). Zum Rupturzeitpunkt lag der Altersdurchschnitt bei 40,4 Jahren (Range 20-59 J.), in diesem Bereich bewegte sich auch der Altersgipfel: mehr als 40 % waren zwischen 35 und 44 Jahren alt.

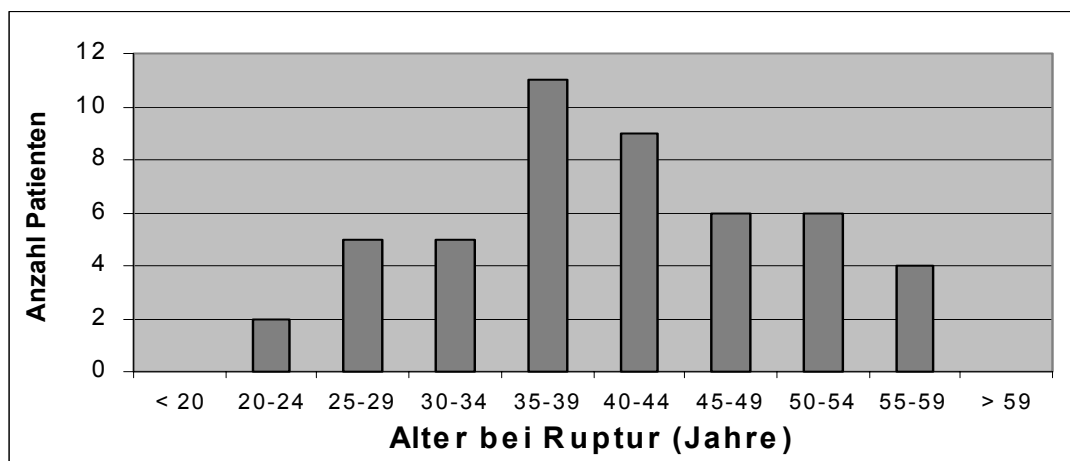


Abb. 8: Altersverteilung der Patienten (n=48)

Folgende **Erkrankungen des Bewegungsapparates** wurden eruiert:

- **Achillessehnenrupturen der Gegenseite** hatten 2 Patienten 5 bzw. 9 Jahre vor der aktuellen Ruptur erlitten. Weitere 2 Patienten erlitten 1 bzw. 4 Jahre nach der Behandlung eine Ruptur der Gegenseite. Im Kollektiv befinden sich also 4 Patienten, die eine beidseitige, zweizeitige Achillessehnenruptur aufweisen. Die Zweitrupturen wurden ebenfalls operativ behandelt, zwei davon im Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf.

- Eine **Achillessehnen-Verletzung** durch einen Arbeitsunfall auf einem Glasdach hatte ein Patient ca. 24 Jahre vor der Ruptur erlitten. Es habe sich um eine glatte, die Achillessehne tangierende Schnittverletzung gehandelt, die damals durch eine Klammernaht der Haut versorgt worden sei. Die Sehne heilte daraufhin unter Knotenbildung und verursachte zunehmend Schmerzen. Eine Röntgenuntersuchung, die ca. ein Jahr vor der Ruptur aufgrund der Beschwerden im Sehnenbereich vorgenommen wurde, erbrachte ausgedehnte Verkalkungen der Achillessehne.

- **Kniebinnenschäden** hatten 2 Patienten zu verzeichnen, je ein Meniskus- und Kreuzbandriss.
- Ein **Muskelriss** des M. rectus femoris war bei einem Patienten 3 Jahre vor Achillessehnenruptur beim Fußballspielen aufgetreten.

Eine **Psoriasis** als systemische, gelegentlich den Bewegungsapparat betreffende Erkrankung wiesen 2 Patienten auf.

Anlass der Ruptur war bei 46 Patienten (96%) eine sportliche Betätigung gewesen, unter diesen überwogen die verschiedenen Ballsportarten mit 89% bei weitem:

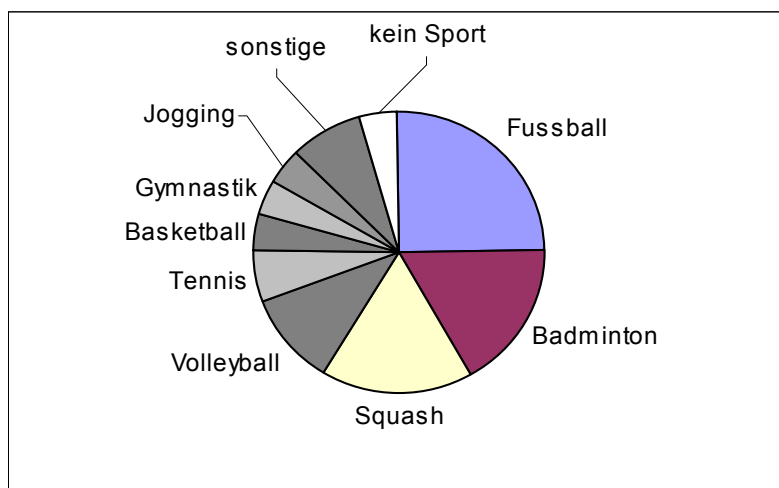


Abb. 9: Rupturanlass (n=48)

Bis auf eine Patientin waren sämtliche Patienten sportlich aktiv.

24 Patienten gaben an, vor der Ruptur mehrmals pro Woche Sport getrieben zu haben, bei 18 Patienten mehrfach im Monat und bei 5 Patienten einmal monatlich oder seltener.

Als **Rupturmechanismus** konnte in 15 Fällen (31%) ein (schneller) Antritt eruiert werden, bei 6 Patienten ist ein Ausfallschritt und bei 4 ein schneller Richtungswechsel verantwortlich zu machen. Absprung und Landung nach Sprung sind je 4 mal vertreten. 4 Patienten erlitten ihre Achillessehnenruptur aus einer gleichmäßigen Laufbewegung heraus, 2 erinnern, dass sich die Ruptur "stehenden Fußes" ereignete. Verschiedene andere Hergänge liegen in 6 Fällen vor, darunter ein Patient, der beim Jogging von einem Hund verfolgt wurde und dem hierbei ein Fehltritt unterlief. Bei 3 Patienten war der Bewegungsablauf nicht mehr zu rekonstruieren.

Bei Beschreibung des Herganges erinnerten 21 Patienten ein knallendes Geräusch im Moment der Ruptur, in 6 Fällen verbunden mit dem Gefühl eines Schlages in der Wade. 10 mal wurde ein Schlag ohne Geräusch beschrieben, zweimal ein gedehntes Reißgeräusch.

Durchschnittlich 5,7 Stunden nach Ruptur (Streubreite 0,5 - 68 Std.) stellten sich die Patienten in der chirurgischen Unfallambulanz des Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf vor, in 13 Fällen wurde durch einen Rettungswagen eingeliefert. Bei der Mehrzahl der Patienten war dies die erste medizinische Konsultation nach dem Unfall, nur in drei Fällen war zuvor ein niedergelassener Arzt bzw. die Ambulanz eines anderen Krankenhauses aufgesucht worden. Alle Achillessehnenrupturen wurden primär als solche erkannt.

Bei **initialer Untersuchung** waren mehr als 60% der Patienten nicht mehr gehfähig, ein Einbeinzehenstand war in keinem Fall möglich.

Als wegweisendes klinisches Zeichen bewährte sich der Thompson-Test (7, 96), der bei allen Patienten positiv war. Bei entspannt aufliegendem Unterschenkel führt das Zusammenkneifen der Wade durch die Hand des Untersuchers nur dann zu einer Plantarflexion, wenn die Kontinuität der Achillessehne erhalten ist.

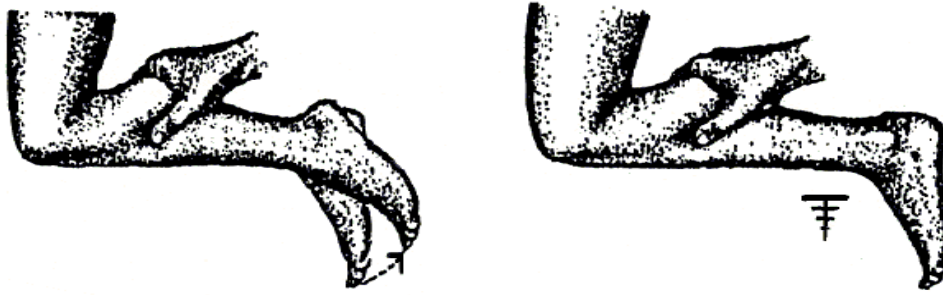


Abb. 10: Thompson-Test. Links: negativer Test. Ist die Achillessehne rupturiert, bleibt die Bewegung des Fußes aus (rechts, positiver Test)

Die Rupturstelle war meist durch eine tastbare Delle lokalisierbar. Bei 15 Patienten wurde die klinische Diagnose durch sonographische Untersuchung ergänzt, durch Röntgen des OSG oder des Calcaneus wurde in 13 Fällen eine knöcherne Verletzung im Sinne einer Entenschnabelfraktur ausgeschlossen.

Eine intakte **Plantarissehne** als Nebentbefund konnte 11 mal - teils palpatorisch, teils sonographisch - nachgewiesen werden.

3.1.2. Versorgung der Ruptur

Nach Anlegen einer Oberschenkel-Gipsschiene in Spitzfußstellung wurden die Patienten auf Station genommen und durchschnittlich 14,6 Stunden (Streubreite 3 - 87) nach Ankunft in der Ambulanz operiert. Mit Ausnahme von drei Patienten, die eine Spinalanästhesie erhielten, geschah der Eingriff in Intubationsnarkose.

Aus 24 OP-Berichten gehen Angaben über die Rupturlokalisierung hervor, die 17mal in dem typischen Bereich 2-5 cm proximal des Calcaneus lag. Ein fast über die gesamte Sehnenlänge erstreckter, kulissenartiger Rupturverlauf fand sich 3mal. Bei einem Patienten fanden sich einige erhaltene Sehnenfasern im Sinne einer unvollständigen Ruptur.

In 4 Fällen wurde eine Ruptur im proximalen Sehnenbereich beschrieben, die z. T. auch die Muskulatur erfasste. Ein knöcherner Ausriß der Achillessehne am Calcaneus kam nicht vor. Eine End-zu-End-Adaptation war in allen Fällen mittels Durchflechtungsnaht mit resorbierbarem

Nahtmaterial (PDS, Vicryl) möglich. Die Plantarissehne wurde in 33 Fällen zur Verstärkung der Naht verwendet, je einmal wurde sie wegen mangelnder Stärke und wegen Ruptur mit Dislokation des proximalen Anteils nicht eingesetzt. Bei 13 Patienten (27 %) wurde im OP-Bericht das Fehlen der Plantarissehne beschrieben.

Nach Hautnaht und sterilem Verband wurde noch unter Narkose eine dorsale Schiene mit Spitzfußstellung angelegt, die erst nach Abschwellung des Beines gegen einen zirkulären Gips getauscht wurde.

3.1.3. Sehnenmorphologie

In den Operationsberichten wurde 3mal der *makroskopische* Eindruck einer veränderten Sehnenstruktur geäußert, ein glasig geschwollenes peritendinöses Gewebe wurde 10mal geschildert.

Bei 38 Patienten wurden Gewebeproben aus der gerissenen Sehne gewonnen und zur Untersuchung in das pathologische Institut des UKE gegeben. Der histologische Befund beschrieb bei 24 der 38 Fälle (63 %) eine degenerative Veränderung des Sehnengewebes. Als morphologisches Bild wurden häufig hyaline und mukoide, meist herdförmige Veränderungen des Sehnengewebes geschildert. 14 Achillessehnenproben (37 %) wurden als frei von ausgesprochenen degenerativen Veränderungen eingestuft.

3.1.4. Postoperativer Verlauf und Komplikationen

Der postoperative stationäre Aufenthalt betrug durchschnittlich 5,8 Tage (Streubreite 2-12). Bis zur Entlassung hatten die Patienten einen zirkulären Unterschenkel-Gips in Spitzfußstellung erhalten; die Patienten ohne Plantarissehnenenddurchflechtung wurden für die ersten 3 Wochen mit einem Oberschenkel-Gips mit leichter Beugstellung des Knies versorgt.

Zur ambulanten Weiterbehandlung kamen 23 Patienten in die chirurgische Poliklinik des UKE, die übrigen wurden durch niedergelassene Chirurgen oder Orthopäden betreut. Gipswechsel erfolgte gewöhnlich 3 Wochen post OP, hierbei wurde die Spitzfußstellung in eine Neutralstellung des oberen

Sprunggelenks redressiert, die bis zur Gipsentfernung nach weiteren 3 Wochen beibehalten wurde. Bei einigen Patienten ohne Plantarissehnendurchflechtung wurde die Gipsimmobilisation aus Furcht vor einer Reruptur auf bis zu 8 Wochen ausgedehnt. Während der Immobilisationsphase erhielten die Patienten subkutane Injektionen von Heparinpräparaten zur Thromboseprophylaxe.

Anhand von Patientenbefragung und Krankenakten konnten folgende **Komplikationen** erfasst werden:

- **Anästesiologische Komplikationen:** 2 der 3 in Spinalanästhesie operierten Patienten zeigten das Bild eines postspinalen Syndroms mit bis zum 3. bzw. 4. Tag anhaltenden Kopf- und Nackenschmerzen und Schwindelgefühl.

- **Wundheilungsstörungen:** Bei 6 Patienten blieb eine primäre Heilung der Operationswunde aus, so dass - nach Entlassung teilweise auch noch ambulant - eine verlängerte Wundbehandlung nötig war. 2 Fälle von oberflächlichen Wundinfektionen brauchten 9 bzw. 10 Wochen bis zur endgültigen Heilung. Tiefe oder ausgedehnte Heilungsverzögerungen, die eine Revisionsoperation erforderlich gemacht hätten, kamen nicht vor.

- **Immobilisations- und operationsbedingte Komplikationen:** Bei einem Patienten, der von einer mehr als 1 Jahr persistierenden venösen Abflußstörung im betroffenen Bein berichtete, auf deren Boden mehrfach kleine Ulzera entstanden, muss retrospektiv von einer Beinvenenthrombose ausgegangen werden. Weitere 8 Patienten schilderten andere Widrigkeiten im Verlauf der Nachbehandlung. Diese reichten von einer ausgeprägten Zirkulationsstörung unter dem Gips (1x) über zunächst anhaltende, fast komplette Steifheit des oberen Sprunggelenks (2x) und anhaltende Ödeme nach Gipsentfernung (4x). Ein Patient erlitt 2 Wochen postoperativ eine traumatische Schulterluxation, als er im feuchten Badezimmer mit Unterarmgehstützen ausrutschte. Lungenembolien wurden nicht beobachtet

- **Rerupturen:** Unter den 48 Patienten kam es in einem Fall zu einer erneuten Ruptur der Achillessehne. Der 20jährige Patient zog sich diese 11

Wochen nach Operation zu. Er berichtete, dass er seinen Gips bereits 4 Wochen postoperativ eigenmächtig abgenommen und von da an den Fuß zunehmend belastet habe. Die Reruptur ereignete sich - wie schon die initiale Achillessehnenruptur - beim Basketballspielen. Die erneute Versorgung geschah durch eine Umkehrplastik in unserer Abteilung, der postoperative Verlauf war dieses Mal ungestört.

Unterstützende Behandlung

Dadurch, dass nach Entlassung im Normalfall keine Physiotherapie verordnet wurde, stellte sich das Ausmaß an **ambulanter krankengymnastischer Behandlung** nach Gipsentfernung sehr breit gestreut dar:

Während 19 Patienten 6-18 Termine wahrnahmen und sich 8 Patienten sogar 20-50 Behandlungen unterzogen, genossen die übrigen 21 Patienten keinerlei krankengymnastische Anleitung bei ihrer Remobilisation.

Umfangreiche Krankengymnastik wurde meist aufgrund von Schwierigkeiten wie Gangunsicherheit oder Bewegungseinschränkungen in Anspruch genommen, teilweise erst mehrere Monate nach Gipsentfernung bei persistierenden Beschwerden.

3.2. Nachuntersuchungsergebnisse

3.2.1. Klinische Befunde

Wenn im Folgenden von einem Seitenvergleich oder -unterschied die Rede ist, bezieht sich dies auf die 44 Patienten mit einseitiger Achillessehnenruptur.

Die 4 Patienten, die auf beiden Seiten Achillessehnenrupturen erlitten haben, werden mangels einer "Kontrollseite" hier nicht berücksichtigt.

Gangbild: Eine Auffälligkeit im Gangbild zeigte sich bei keinem Patienten. Auch verneinten alle Patienten die Frage, ob bei ihnen nach Abschluß der Behandlung je durch andere ein auffälliger Gang beschrieben worden wäre.

Aspekt der Achillessehne: In allen Fällen zeigte sich die Fersenregion der ehemals rupturierten Sehnen deutlich verdickt. Bei den meisten der 44 Patienten mit einseitiger Achillessehnenruptur war schon aus mehreren Metern Entfernung ein deutlicher Unterschied zur Gegenseite erkennbar.

Operationsnarbe: Eine reizlose und im Niveau der umgebenden Haut befindliche Narbe zeigten 40 Patienten, bei 5 hiervon war die Umgebung der Narbe bräunlich pigmentiert und bei weiteren 5 zeugte eine Dehiszenz der Narbe von einer stattgefundenen Sekundärheilung. Eine gerötete, meist etwas erhabene Narbe fand sich bei 6 Patienten, einer davon hatte (bei bekannter Psoriasis) einen psoriatischen Herd am distalen Narbenpol. Bei zwei Patienten lag eine nicht schmerzhaft Keloidbildung vor, bei einem war die Haut im Narbenbereich atrophisch.

Wadenrelief: Bei 32 der 44 Patienten mit einseitiger Ruptur fiel bei der Nachuntersuchung im Seitenvergleich eine Muskelatrophie der Rupturseite ins Auge. Die Messung des Wadenumfanges 15 cm unterhalb des medialen Kniegelenkspaltes ergab bei 11 Patienten ein Defizit der Rupturseite von 2,5 bis 6 cm, bei 29 Patienten betrug das Defizit 0,5 bis 2 cm. Lediglich bei 4 Patienten war der Wadenumfang auf der Rupturseite gleich oder größer als der Umfang auf der nicht gerissenen Seite.

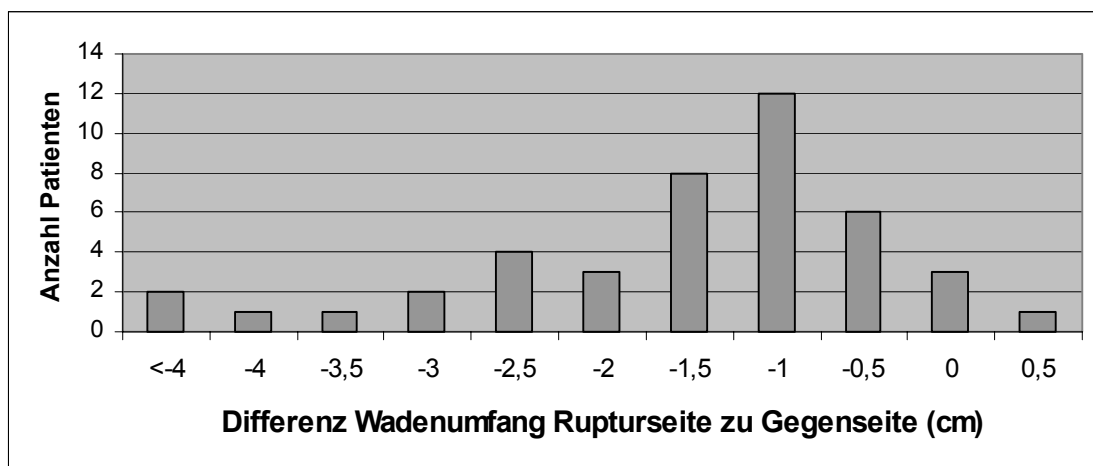


Abb. 11: Wadenumfangsdefizite (n=44)

Tastbefund: In allen Fällen zeichnete sich die ehemals rupturierte Achillessehne durch eine tastbare Verhärtung aus. Bei 25 Patienten war die darüber liegende Haut durch Verwachsungen mit der Sehne in ihrer Verschieblichkeit deutlich eingeschränkt, hiervon hatten die Adhäsionen 6x ein Ausmaß, das fast keinerlei Verschiebung mehr zuließ. Als weitere palpatorische Auffälligkeiten der verheilten Sehnen fanden sich 9mal Schwankungen des Sehnenkalibers, 5mal Druckschmerzhaftigkeit an verschiedenen Stellen und einmal das Vorliegen von knochenharten Arealen in der Sehne.

Die nicht rupturierte Gegenseite war bei einem Patienten verhärtet, bei zwei weiteren bestand ein umschriebener Druckschmerz.

Beweglichkeit: Der aktive Bewegungsumfang zwischen maximaler Plantarflexion und Dorsalextension wich bei 3 Patienten auf der Rupturseite um 20° und mehr von der Gegenseite ab. Bei 16 Patienten

betrug das Defizit zwischen 10 und 20°. Einen Bewegungsumfang der Rupturseite, der gleich groß oder sogar größer war als die Beweglichkeit auf der Gegenseite, erzielten immerhin 18 Patienten.

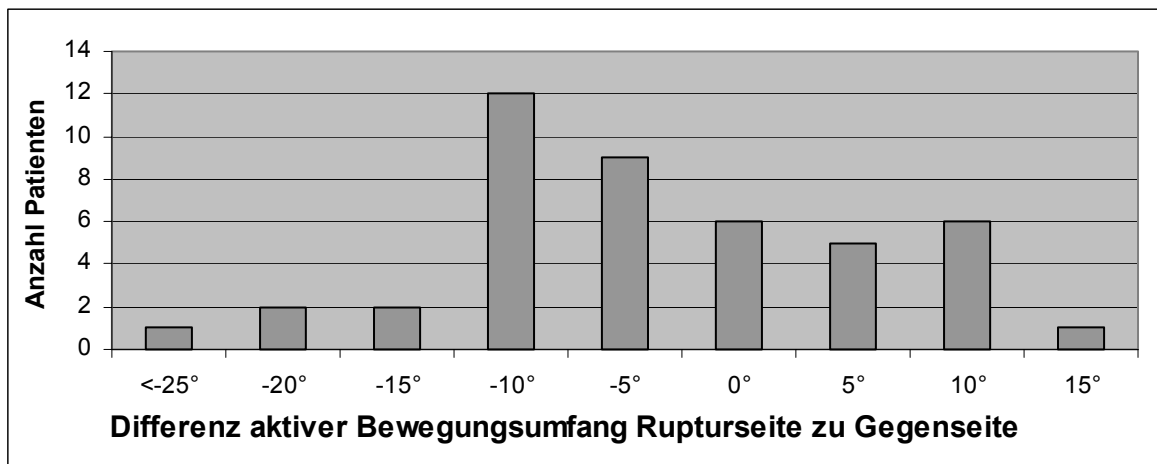


Abb. 12: Defizite in der aktiven Beweglichkeit (n=44). Negative Gradzahlen zeigen eine Defizit der Rupturseite an, positive Zahlen bedeuten einen größeren Bewegungsumfang auf der Rupturseite.

Unter den oben erwähnten 25 Fällen von Adhäsionen zwischen Haut und Sehne kam es bei 21 zu Hauteinziehungen oder -aufwerfungen bei endgradiger Plantarflexion.

Eine Hypästhesie im Einzugsgebiet des N. suralis wurde in keinem Fall gefunden.

3.2.2. Sonographische Befunde

Die Achillessehnen auf der *nicht rupturierten Seite* boten nur in 11/44 Fällen einen ausgesprochenen sonographischen Normalbefund. Häufig stellten sich Auffälligkeiten der Sehnenstruktur und des peritendinösen Gewebes dar.

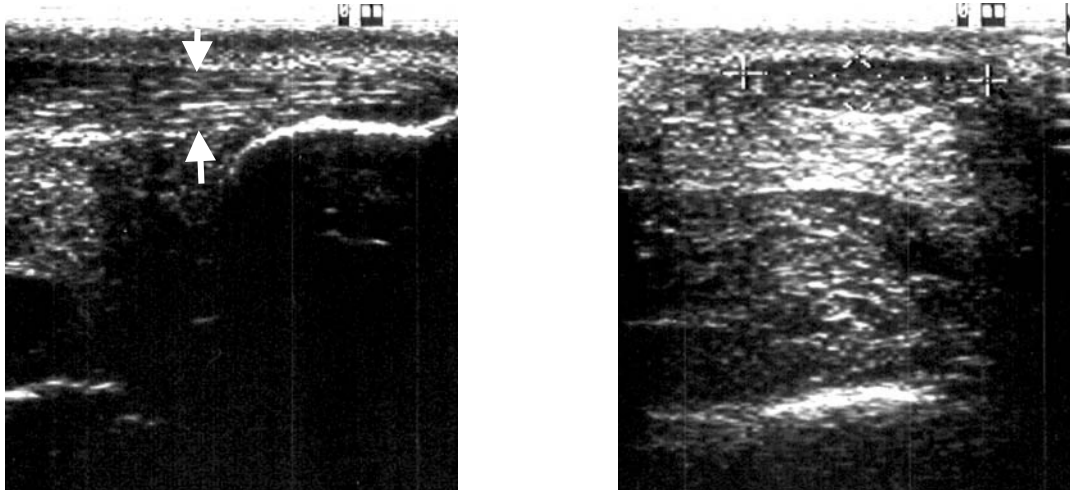


Abb. 13 und 14: Normalbefunde von Achillessehnen im Längsschnitt, Ansatz am Fersenbein (links; die Pfeile zeigen die dorsale und ventrale Grenze der Achillessehne) und im Querschnitt (18 x 4 mm, 57 mm²) auf Höhe der Sehnentaille (rechts). In der Tiefe ist jeweils die dorsale Fläche des Schienbeins zu sehen

Auf der *Rupturseite* fand sich überhaupt keine Achillessehne, die sich mit dem regulären Bild deckte. In der Ultraschalluntersuchung wies keine der ehemals gerissenen Achillessehnen die typische, aus langgezogenen, parallelen Echos bestehende Sonostruktur auf. Die gefundenen Auffälligkeiten der Sehnen und des umgebenden Gewebes sind hier tabellarisch aufgestellt:

Abweichung vom Normalbefund	Rupturseite	Gegenseite
Verkalkungen	11	1
Inhomogenität des Sehnengewebes	44	18
Echoarmer Saum dorsal	8	21
Echoarmer Saum ventral der Sehne	-	1

Sonographisch dargestellte Abweichungen der Sehnenstruktur nach einseitiger Achillessehnenruptur (n=44)

Abweichungen der sonographisch erfassten Binnenstruktur stellten sich in den weitaus meisten Fällen als ein fokales Geschehen dar, in welchem sich echoarme und echoreiche, schwach und deutlicher strukturierte Areale in unmittelbarer Nachbarschaft befanden. Die von Thermann (96) vorgeschlagene Einteilung der Binnenstruktur in mehrere Grade war deshalb nicht möglich.

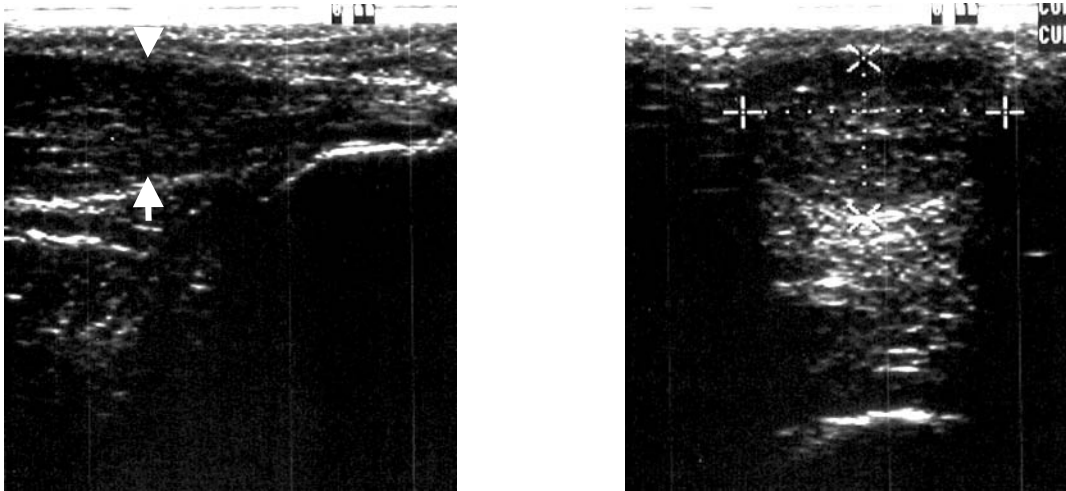


Abb. 15 und 16: Sonographisches Bild einer Achillessehne 4 Jahre nach Ruptur, links im Längs-, rechts im Querschnitt. Deutlich sind die massive Kaliberzunahme der Sehne und die Inhomogenität der Binnenstruktur zu erkennen. (20 x 12 mm, 188 mm²)

Die Verkalkungen stellten sich als schollenförmige, echodichte Strukturen dar, die in einigen Fällen intratendinös, häufiger aber an der Grenze zum ventralen Peritendineum gelegen waren und in ihrer größten Ausdehnung 2 bis maximal 13 mm maßen.

Der häufig zu beobachtende echoarme, im Sonogramm schwarz erscheinende Saum im Bereich des Achillessehnenhüllgewebes entspricht morphologisch einem vermehrtem Wassergehalt (s. Abb 18). Dieser ödematöse Zustand kann durch eine Reizung des Peritendineums und auch im Rahmen einer Peritendinitis zustande kommen (38). Auffälligerweise waren es besonders die nicht rupturierten Gegenseiten, auf denen diese Erscheinung gefunden wurde, in den meisten Fällen ohne dass ein Druckschmerz in diesem Bereich vorlag.

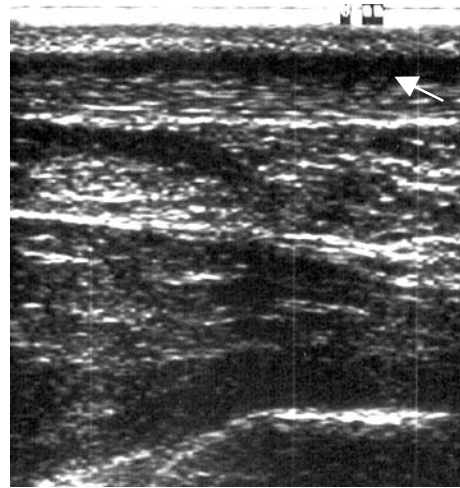
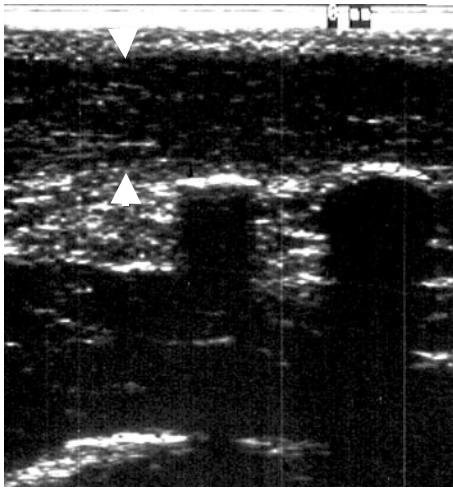


Abb. 17 und 18: Schollige Verkalkungen im Bereich des ventralen Peritendineum, 4 Jahre nach Ruptur. Typische Schallschatten. Rechts: Echoarmer Saum (Pfeil) am dorsalen Peritendineum bei ansonsten regelrechter Morphologie einer intakten Achillessehne.

In der **dynamischen Untersuchung** fand sich bei 7 ehemals rupturierten Sehnen eine hochgradig eingeschränkte Verschieblichkeit gegenüber dem ventralen paratendinösen Gewebe.

Die näherungsweise Berechnung der mittleren **Sehnenquerschnittsfläche** ergab für die nicht rupturierten Achillessehnen der 44 Patienten mit einseitiger Achillessehnenruptur durchschnittlich 66 mm^2 (Streubreite $41 - 147 \text{ mm}^2$), während der Querschnitt der im Untersuchungszeitraum behandelten Achillessehnen ($n = 48$) mit einer Fläche von durchschnittlich 143 mm^2 (Streubreite $82 - 236 \text{ mm}^2$) mehr als doppelt so groß war.

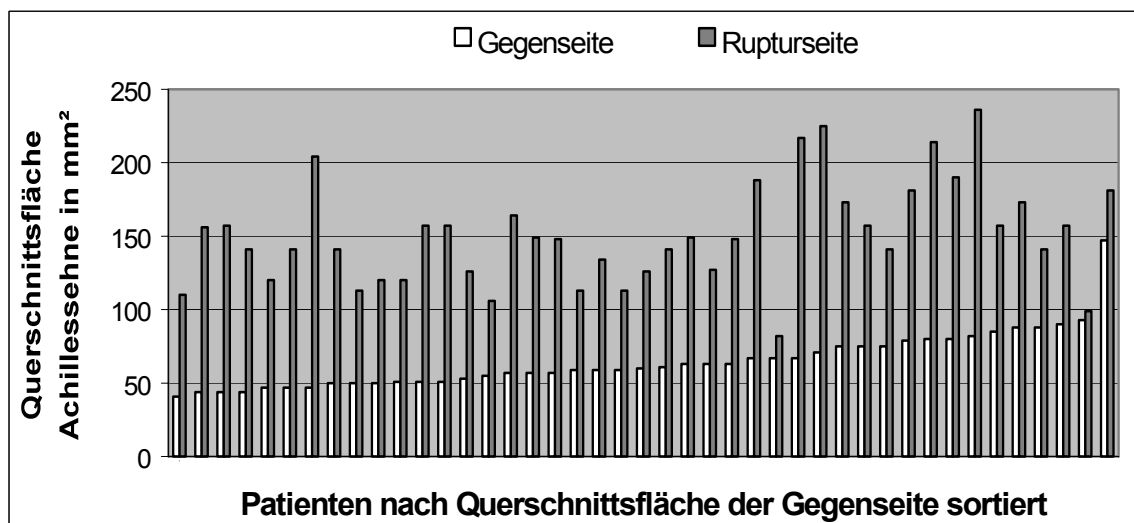


Abb. 19: Sonographischer Querschnitt in Seitenvergleich ($n=43$)

3.2.3. Heelraise-Test

Alle nachuntersuchten Patienten waren zur Durchführung des ECH-Tests und somit zum einbeinigen Zehenstand auf beiden Beinen in der Lage.

Die von der Rupturseite geleistete Arbeit lag bei 32 der Patienten (73%) unter der Leistung der Gegenseite. Im Durchschnitt konnte auf der Rupturseite 18 % weniger Arbeit erbracht werden. Bei 11 Patienten war die Einbuße größer als ein Drittel, bei 4 Patienten sogar größer als die Hälfte des Wertes der Gegenseite.

Eine höhere Leistung der Rupturseite erbrachten 5 Patienten.

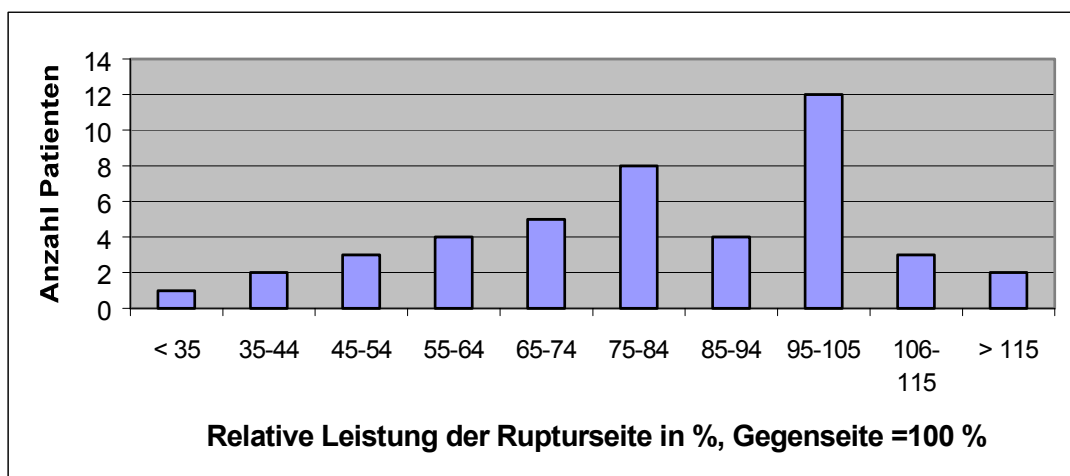


Abb. 20: Leistung ECH-Test im Seitenvergleich (n=44)

Auch bei der maximal erreichbaren Höhe stand die ehemals rupturierte Seite der Gegenseite deutlich nach, indem das Defizit an Höhe durchschnittlich 18 mm betrug (Streubreite -4 bis 65 mm).

3.2.4 Subjektive Aspekte des Behandlungsergebnisses:

Schmerzen: Auf dem Fragebogen gaben 33 von 48 Patienten (69%) komplette Schmerzfreiheit der ehemals rupturierten Achillessehne an. In 8 Fällen bestehen seltener als einmal im Monat auftretende, meist belastungsabhängige Schmerzen. Bei 4 Patienten traten Schmerzen mehrmals im Monat, bei 2 weiteren sogar mehrmals in der Woche auf. Einer der Patienten hatte zum Untersuchungszeitpunkt deutliche Schmerzen im Bereich der geheilten Achillessehne.

Die nicht rupturierte Gegenseite wurde von 32 von 44 Patienten (73%) als dauerhaft schmerzfrei bezeichnet. 5 Patienten gaben dort seltener als 1mal im Monat auftretende, 2 mehrmals monatlich und weitere 5 Patienten mehrmals pro Woche erscheinende Schmerzen an. Zum Untersuchungszeitpunkt litten 4 von 44 Patienten unter Schmerzen der Gegenseite.

Als **weitere Beschwerden** wurden für die Rupturseite 5mal das Auftreten von Wadenkrämpfen, 3mal Wetterfühligkeit, 3mal eine Bewegungseinschränkung im oberen Sprunggelenk und einmal ein chronisches, seit Ruptur bestehendes Ödem des Fußes genannt.

Für die nicht rupturierte Seite wurde in drei Fällen von Wadenkrämpfen, in einem Fall vom einem Gefühl des Scheuerns im Bereich der Achillessehne berichtet.

7 Patienten gaben an, sich im Alltag durch funktionelle Defizite der operierten Extremität eingeschränkt zu fühlen, genannt wurden v. a. verminderte Belastbarkeit und rezidivierende Wadenkrämpfe.

Die **sportliche Betätigung** war bei 46% der Patienten zum Nachuntersuchungszeitpunkt auf dem gleichen oder sogar auf einem höheren Niveau als zur Zeit der Ruptur. Die übrigen Patienten gaben an, aktuell weniger Sport als vor der Ruptur zu treiben.

11 Patienten (23%) haben wegen der Ruptur die **Sportart gewechselt**.

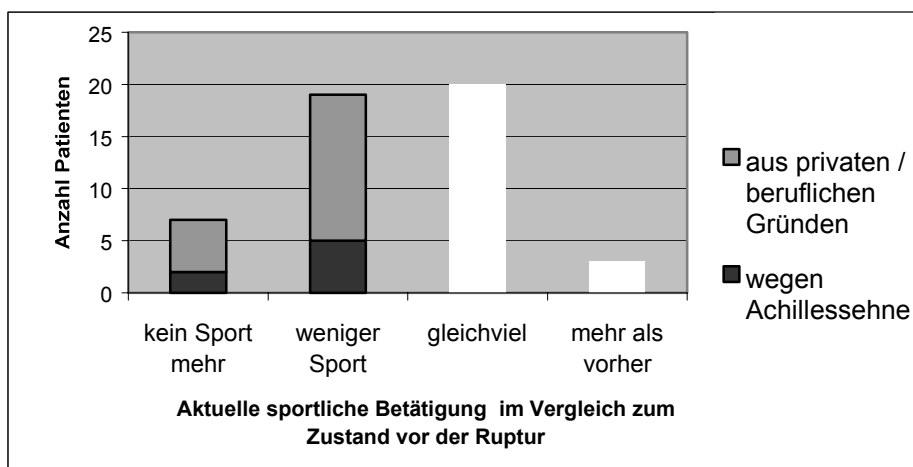


Abb. 21: Veränderung der sportlichen Aktivität (n=48)

Eine **Krafteinbuße** des Beines seit der Ruptur empfanden 25 der 48 Patienten (52%).

Angst vor einer Reruptur gaben 14 Patienten an.

Als subjektive **Gesamtnote** für das Behandlungsergebnis vergaben die Patienten auf den Fragebögen 29mal ein "sehr gut", 9mal ein "gut", 9mal ein "zufriedenstellend" und einmal ein "unbefriedigend".

3.2.5. Achillessehnen-Score

Die Ergebnisse von Untersuchung und Patientenbefragung wurden Auswertungsprotokoll nach Rupp (79) eingesetzt.

Es wurde eine durchschnittliche Punktzahl von 28,5 erreicht. Den höchstmöglichen Wert von 60 Punkten erreichte ein Patient, der niedrigste Wert lag bei -14 Punkten. Die Gruppierung der Patienten nach Punkten zeigt folgende Verteilung:

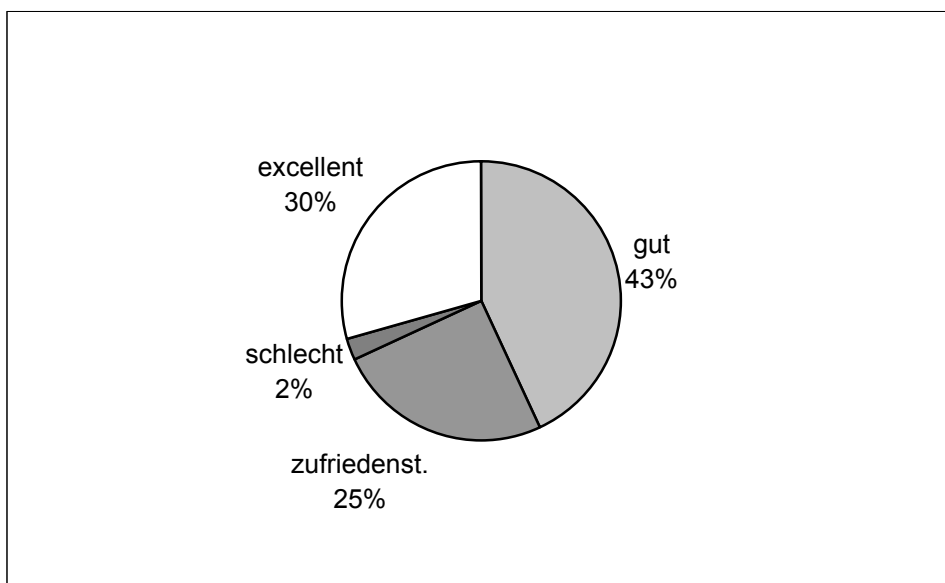


Abb. 22: Gesamtergebnis Achillessehnen-Score nach Rupp (79)

3.3. Ergebnisse der statistischen Auswertung

Die Höhe der Punktzahl in dem Score nach Rupp (79) als Spiegel des langfristigen Behandlungsergebnisses wurde korreliert mit:

- Alter der Patienten zum Rupturzeitpunkt*
- Body Mass Index zum Rupturzeitpunkt*
- Zeitdauer von Ruptur bis OP*
- sonographisch gemessene Sehnenquerschnittsdifferenz
Rupturseite - Gegenseite*
- Verwendung bzw. Nichtverwendung der Plantarissehne **

Eine signifikante Korrelation ergab sich lediglich zur Höhe der Querschnittsdifferenz zwischen gerissener und nicht gerissener AS (Irrtumswahrscheinlichkeit $p = 0,034$), und zwar in dem Sinne, dass bei Patienten mit höherem Score (= besserem Gesamtergebnis) die Differenz zwischen beiden Achillessehnen durchschnittlich größer war als bei Patienten mit niedrigerer Punktzahl.

Die übrigen Parameter (Patientenalter, Übergewicht, Alter der Ruptur bei OP, Verwendung der Plantarissehne) zeigten keinen signifikanten* Einfluss auf die Gesamtpunktzahl.

Bezüglich der Sehnenquerschnittsdifferenz gibt es keinen signifikanten** Unterschied zwischen den Patienten, bei denen die Plantarissehne verwendet wurde und denen, bei denen sie nicht zur Anwendung kommen konnte.

Die Seitendifferenzen der mit dem Heelraise-Test gewonnenen funktionellen Ergebnisse (Kraft/Ausdauer) korrelieren* in signifikantem Maße ($p = 0,0054$) mit der Wadenmuskeldifferenz, das Vorliegen einer rupturseitigen Wadenmuskelatrophie gestattet also eine Vorhersage über funktionelle Defizite.

Unter den im Achillessehnen-Score enthaltenen Parametern ermöglichen drei - einfach zu erhebende - Werte eine sehr gute prädiktive Aussage über die Höhe der gesamten Punktzahl: die Wadenumfangsdifferenz, die

Differenz in der aktiven Beweglichkeit im OSG und die subjektive Bewertung des Behandlungsergebnisses durch den Patienten. Alle drei Parameter korrelieren* hoch signifikant ($p < 0,005$) mit dem Gesamtscore.

* Fisher's Z-Test auf Signifikanz der Korrelation

** Mann-Whitney U-Test

4. DISKUSSION

4.1. Auswahl der Behandlungsmethode

Zu der Frage, wie eine frische Achillessehnenruptur am besten zu behandeln sei, konnte auch nach jahrzehntelanger, lebhafter Diskussion bis heute kein "golden standard" gefunden werden. Thermann und Zwipp beschreiben das Dilemma recht treffend:

"Die 'Gretchenfrage' der Behandlung wird eindeutig beantwortet. Entscheidend ist nur, **wen** man fragt und **wo** man fragt. Entsprechend unterschiedlich fällt die Antwort aus." (98)

In der internationalen medizinischen Literatur existieren mehrere hundert Artikel, in denen - meist anhand von eigenen Behandlungsergebnissen - die Vorzüge und Nachteile der verschiedenen Therapieformen diskutiert werden. In den meisten Fällen, oft ohne genauen Einblick in die Behandlungsergebnisse zu geben, wird die jeweils angewandte Behandlungsform als "gut", "zuverlässig" oder "zeitgemäß" beurteilt (11, 30, 77, 80, 109).

Dort, wo die Behandlungsergebnisse differenziert dargestellt wurden (41, 55, 78), lässt sich erkennen, dass die verschiedenen Behandlungsmethoden jeweils sehr unterschiedliche Stärken haben, aber auch, dass bei *jeder* Methode neben einer Mehrzahl von guten Resultaten auch Fälle mit unbefriedigenden Ergebnissen vorkommen.

Ohne auf die zahlreichen Variationen und Modifikationen der einzelnen Behandlungsformen eingehen zu wollen, hier zunächst eine Übersicht:

Konservativ-immobilisierende Behandlung

Eine rupturierte Achillessehne kann durch schlichte Gipsruhigstellung des Beines in Plantarflexion für acht oder mehr Wochen behandelt werden (39). Diese Möglichkeit einer kostengünstigen, ambulanten Versorgung hat bei mehreren Autoren im angloamerikanischen Raum einen hohen Stellenwert (22, 104). Das wenig umfassende Krankenversicherungssystem in den Vereinigten Staaten mag hierfür ausschlaggebend sein.

Die aufwendigere operative Therapie wird nur für Sonderfälle (z. B. Leistungssportler) empfohlen (30).

Andere Verfechter der konservativen Therapie bevorzugen diese vor allem wegen des Wegfalls der operationsbedingten Komplikationen (30, 108).

Ein schwerwiegender Nachteil der konservativ-immobilisierenden Therapie im Vergleich zur operativen Versorgung ist die weitaus höheren Rerupturrate, die in einer einzelnen Studie 31 % betrug und auch in der großen Sammelstatistik von Wills (108) bei über 17% lag. Auch wenn die Reruptur in diesen Fällen durch Naht versorgt wird, bedeutet dies für die Betroffenen insgesamt mehr als drei Monate Immobilisation mit der Aussicht, schließlich deutlich stärker unter funktionellen Einschränkungen zu leiden als primär Operierte (86). Aber auch bei störungsfreiem Verlauf führt die konservativ-immobilisierende Therapie zu funktionell signifikant schlechteren Ergebnissen als die operative Behandlung (104, 108). Die schlechtere Funktion wird der längeren Immobilisation zugeschrieben (99), aber auch einer Längenzunahme des heilenden Sehnengewebes und dadurch Veränderung der ursprünglichen Biomechanik des Muskel-Sehnenkomplexes (74).

Operative Behandlung

Der großen Zahl von Operationsverfahren ist gemeinsam, dass die Sehnenstümpfe durch einen Eingriff vereinigt werden und dem Gewebe so ermöglicht wird, die Kontinuität der Achillessehne dauerhaft neu herzustellen. Vorteil dieses Verfahrens ist, dass die Vereinigung der Sehnenstümpfe inniger und in den ersten Wochen nach der Ruptur auch deutlich haltbarer ist, als dies bei der konservativen Therapie durch alleinige Spitzfußstellung möglich ist. Außerdem hat der Operateur Einfluss auf die Länge der resultierenden Achillessehne und kann dadurch eine weitgehend physiologische Länge des Sehnenmuskelkomplexes einstellen (60). Im Vergleich zu den konservativen Verfahren heilt die Sehne zuverlässiger, die Rerupturrate liegt zwischen 0,3 und 6 % (34, 41, 70,109) mit einem Durchschnitt von knapp 2 % (105, 108) und kann schon früher voll belastet werden. Die baldige Rückkehr zu den Aktivitäten vor der

Ruptur trägt wesentlich zu einer guten Funktion bei (51).

Ein großer Nachteil der operativen Verfahren liegt in den operationsbedingten Komplikationen. Während anästhesiologische Komplikationen in der heutigen Zeit keine sehr große Rolle mehr spielen, liegt das Risiko für leichtere operationsbedingte Komplikationen, v. a. Wundheilungsstörungen, bei 8 - 15 % (34) und für schwere Komplikationen wie tiefe Wundinfektionen und Hautnekrosen bei 1 - 3,5 % (78).

Durch technische Verbesserungen, insbesondere durch die Einführung von atraumatischem und resorbierbarem Nahtmaterial konnte die operative Behandlung der Achillessehnenruptur in den vergangenen Jahrzehnten weiterentwickelt und verfeinert werden, beispielsweise ist das früher häufige Auftreten von Fadenfisteln (20, 34) heute kaum noch zu beobachten, im eigenen Patientengut gar nicht.

Um die Einbringung von Fremdmaterial zu vermindern und eine bessere Haltbarkeit der Naht zu erzielen, wurde in den 1960er Jahren durch Streli die Verwendung der Plantarissehne als autologes Nahtmaterial propagiert (55). Diese Technik ist seitdem zu einer etablierten Methode avanciert (48), wobei die Frage, wie das Verfahren sich auf die Behandlungsergebnisse auswirkt, in der Literatur nicht eindeutig beantwortet wird:

Vergleichbare funktionelle Ergebnisse mit und ohne Plantarissehnen-Einflechtung wurden durch Schedl (81) beschrieben, während Eyb (20) sogar zu dem Schluss kommt, dass die einfache Adaptationsnaht mit resorbierbarem Material bessere Ergebnisse bringt.

Funktionell-konservatives Konzept

Mit der Einführung des funktionell-konservativen Behandlungskonzeptes durch Thermann et al. (96, 99) deutet sich als neuere Entwicklung, was Rerupturrate und Behandlungsergebnis betrifft, ein Schwinden der Diskrepanz zwischen operativer und nichtoperativer Therapie an.

In einigen prospektiven Studien konnten mit einem aufwendigen Therapieprotokoll eine relativ niedrige Rerupturrate mit funktionellen Ergebnissen erzielt werden, die mit operativen Resultaten durchaus vergleichbar sind (73, 96). Die Zahl solcher Studien ist noch gering, aber im Anstieg

begriffen, so dass abzuwarten bleibt, ob sich das zeit- und personalintensive Behandlungsschema und die guten Ergebnisse an größeren Patientenzahlen reproduzieren lassen.

Als Standardtherapie für die frische Achillessehnenruptur wurde im Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf die offene Adaptationsnaht mit resorbierbarem Material und mit Plantarissehnenenddurchflechtung gewählt. Ausschlaggebend für diese Entscheidung war der Wunsch nach einem Therapieverfahren,

- das eine sichere Adaptation der Sehnenstümpfe in anatomisch korrekter Länge ermöglicht (60)
- das Traumatisierung und Einbringung von Fremdmaterial auf ein geringes Maß reduziert (55)
- das Patient und Arzt durch eine programmgemäße, nicht überwachungspflichtige Sehnenheilung Ungewissheiten erspart

Die postoperative Nachbehandlung bestand bis 1999 in 6- bis maximal 8-wöchiger Gipsimmobilisation.

4.2. Erwartungen an das Behandlungsergebnis

Eine Beilegung der Kontroverse um die beste Behandlungsmethode scheitert fatalerweise bereits an der Frage, was genau *das Beste* für den Patienten, seine gerissene Achillessehne und die übrigen Beteiligten sei.

Einige der diversen Ansichten seien hier kurz aufgeführt:

- **Keller et al.** (39) geben der Vermeidung einer Operation so hohe Priorität, dass sie - zur Vermeidung von Rerupturen - die Gipsimmobilisation bei der konservativen Behandlung von 8 auf 12 Wochen verlängerten und diese bei Reruptur wiederholten.
- **Winter et al.** (109) unterzogen alle Patienten pauschal einer Triceps-surae-Sehnenumkehr-Plastik und legten damit das Hauptgewicht auf Sicherheit bzw. Vermeidung von Rerupturen.

- Noch weiter gingen **Fernández-Fairén et al.** (21), die beträchtliche Mengen körperfremden, nichtresorbierbaren Materials (Dacron-Gewebe) implantierten, um Stabilität und frühe Belastbarkeit zu erzielen.

Unserer eigenen Auffassung nach liegt das primäre Ziel der Behandlung in der Wiederherstellung der Lebensqualität des Patienten. Eine Achillessehnenruptur kann dauerhafte, über Jahrzehnte persistierende Einschränkungen mit sich bringen (85). Eine Behandlung, die mit Verlässlichkeit zu einer beschwerdefreien, uneingeschränkten Funktion hinführt, wäre somit die Methode der ersten Wahl.

Die Beobachtung, dass unser Patientengut größtenteils aus vergleichsweise jungen Menschen besteht, die mitten im Berufsleben stehen und für die sportliche Aktivität einen wichtigen Bestandteil ihrer Freizeitgestaltung und somit ihrer Lebensqualität darstellt, unterstreicht diese Forderung.

Damit nach Achillessehnenruptur eine uneingeschränkte Funktion zurückgewonnen werden kann, sind v. a. folgende Faktoren von Bedeutung:

Physiologische Länge des Sehnenmuskelkomplexes: Zwischen der minimalen und der maximalen Länge, die ein Muskel einnehmen kann, liegt nur ein recht kleiner Bereich, in dem der Muskel seine volle Kraft entfalten kann (83). Resultiert nach einer Ruptur eine verkürzte oder verlängerte Achillessehne, muss damit gerechnet werden, dass der Muskel nur noch in einem reduzierten Bereich optimal Kraft entwickeln kann bzw. der aktive Bewegungsumfang im OSG vermindert ist.

Leistungsfähigkeit des Muskels: Auch wenn die physiologische Länge des Sehnenmuskelkomplexes wiederhergestellt wurde, bleiben nach der Ruptur häufig anhaltende Kraft- und Ausdauerdefizite der Wadenmuskulatur bestehen (7, 8, 96), ein Defizit, das meist auch als rupturseitige Muskelatrophie ins Auge fällt. Häggmark et al. (28) konnten zur Aufklärung dieses Phänomen beitragen, indem sie bei Patienten mit Achillessehnenruptur die Veränderungen der Wadenmuskulatur im postoperativen Verlauf auswerteten. Durch computertomographische Querschnittsflächenmessung zeigte sich, dass bereits nach wenigen Tagen der Immobilisation eine Abnahme der tiefen Wadenmuskulatur einsetzte. Mittels Nadelbiopsien konnte gezeigt werden, dass der Substanzverlust v.a. durch Atrophie und Untergang von Typ I -Fasern im M. soleus zustande kommt. Der M. soleus ist in doppeltem Maße schwer getroffen, da er im Gegensatz zum zweigelenkigen M. gastrocnemius durch einen Unterschenkelgips vollständig immobilisiert wird und zudem nur einen geringen Anteil an relativ immobilisationsresistenten Typ II -Fasern besitzt. Da die Kraft eines Muskels im Verhältnis zu seiner Querschnittsfläche steht, geht die Atrophie unweigerlich mit einem Verlust an Leistungsfähigkeit einher (28, 29).

Intakte Propriozeption: Zur Steuerung und Koordination von Bewegungsabläufen ist das ZNS auf kontinuierliche Rückmeldung aus der Peripherie angewiesen. Rezeptoren wie Muskelspindeln und Golgi-Sehnenorgane vermitteln Informationen über Dehnungs- und Spannungszustand in Muskeln, Sehnen, Bändern und Gelenkkapseln. Durch lange Immobilisation (98) und durch invasive Eingriffe an der Achillessehne (z. B. Umkehr-Plastik) kann die Funktion dieser Rezeptoren empfindlich geschädigt werden. Hier spielt möglicherweise auch die Plantaris-longus-Sehne eine Rolle, sie soll der Feineinstellung der Achillessehnenkraft dienen. Die Frage, ob die Verwendung der Plantarissehne als autologes Nahtmaterial die Ergebnisse beeinflusst, ist in differenzierten weiteren Untersuchungen zu beantworten.

Ausreichender Bewegungsumfang in den Sprunggelenken: Wenn sich nach Achillessehnenruptur eine Einschränkung der Beweglichkeit entwickelt, kann dies als eine Art Anpassungsvorgang verstanden werden: Auf die verminderte Beweglichkeit durch Immobilisation reagiert die Gelenkkapsel mit Schrumpfung. Auch durch intensive Beübung ist dieser Vorgang häufig nicht voll reversibel.

Ein anderer Grund für eine eingeschränkte Bewegungsfreiheit kann in einer verlängert oder verkürzt verheilten Achillessehne liegen, indem der M. triceps surae durch die unphysiologische Länge insuffizient wird (74).

Verschieblichkeit der Achillessehne: Bei jeder Bewegung im oberen Sprunggelenk muß sich die Achillessehne gegenüber dem umgebenden Gewebe bewegen. Durch Ruptur und Eingriff wird das Hüllgewebe ("Gleitgewebe") der Sehne, das diese Beweglichkeit ermöglicht, traumatisiert, so dass sich im Rahmen des Heilungsprozesses Adhäsionen zwischen Sehne und Umgebung ausbilden können (12). Insbesondere bei kräftiger Plantarflexion kann durch die Verwachsungen ein ziehender Schmerz entstehen. Während Verwachsungen mit der Haut sicht- und tastbar sind, ist die Verschieblichkeit in der Tiefe erst durch dynamische Ultraschalluntersuchung sicher beurteilbar (27)

Hierin fand sich an mehreren Patienten in unserem Kollektiv eine weitere Ursache für ein aktives Bewegungsdefizit, indem Verwachsungen zwischen Achillessehne und umgebenden Gewebe eine vollständige Plantarflexion behinderten, während passive Bewegung seitengleich möglich war.

4.3. Prüfung des Behandlungsergebnisses

Um zu quantifizieren, in welchem Ausmaß ein Patient im Gebrauch seines Beines eingeschränkt ist, kommt der Testung von funktionellen Parametern zweifellos eine zentrale Rolle zu (7,29). Hierbei ist die Wahl der Testverfahrens von großer Bedeutung. Das häufig eingesetzte Cybex-Dynamometer beispielsweise ist nur eingeschränkt in der Lage, funktionelle Seitenunterschiede nach Achillessehnenruptur zu erfassen, während der Heelraise-Test über eine gute diskriminative Leistung verfügt (7, 8, 29).

Der Unterschied zwischen den beiden Verfahren liegt darin, dass mit dem Heelraise-Test auch der eher statisch arbeitende M. plantaris erfasst wird, während bei der Cybex-Dynamometrie der Drehmoment bei hohen Winkelgeschwindigkeiten gemessen wird und so vor allem die Leistung des M. gastrocnemius im Vordergrund steht.

Darüber hinaus sind wir der Überzeugung, dass sich ein "rundes" Bild vom Behandlungsergebnis allein dann erhalten lässt, wenn die subjektive Einschätzung der Betroffenen in gleichem Maße erfasst wird wie die objektivierbaren Kriterien.

Befunde, die sich zwar in der Nachuntersuchung objektiv darstellen lassen, aber für den Patienten im Umgang mit seinem Körper ohne Belang sind, können nur von untergeordneter Bedeutung sein. Umgekehrt sind es für den Betroffenen häufig gerade die rein subjektiven Aspekte, die ein unbefriedigendes von einem guten Behandlungsergebnis unterscheiden, ohne dass der Mangel objektiv nachvollziehbar wäre.

Im diesem Sinne fand sich in dem Bewertungsschema von Rupp et al. (79), das objektive und subjektive Aspekte gleichermaßen berücksichtigt, ein geeignetes Werkzeug, um die Qualität unseres Behandlungsverfahrens zu evaluieren.

Über längere Zeit hatte alleine der (wenig differenzierende) Achillessehnen-Score nach Trillat aus dem Jahre 1967 zur Verfügung gestanden, seit den 1980er Jahren wurde aber eine Reihe weiterer Bewertungsprotokolle konzipiert (34, 57, 96). Die meisten hiervon schieden für den Gebrauch in der vorliegenden Untersuchung jedoch aus, weil darin subjektive Aspekte nicht genügend gewichtet werden oder weil die Gesamtwertung nicht ausreichend zwischen guten und unbefriedigenden Ergebnissen diskriminiert. Als extremes Beispiel für letzteren Fall sei das Bewertungsschema von Holz und Ascherl (34) genannt, bei dem Patienten mit starken Schmerzen, asymmetrischem Gangbild und kompletter Sportunfähigkeit die Gesamtwertung "befriedigend" erreichen können. Eine solche Bewertung legt die Vermutung nahe, hauptsächlich der Schönung der eigenen Behandlungsergebnisse zu dienen. Dennoch - oder vielleicht gerade deshalb - wurde dieses Bewertungsschema von anderen Untersuchern (109) übernommen.

4.4. Die Ergebnisse im eigenen Patientengut

4.4.1. Diagnostik

"Die Diagnose ist eigentlich problemlos, die klassische Symptomatik [der kompletten Achillessehnenruptur] ist kaum zu übersehen."

Diese Äußerung von Dederich (15) stellt einen allgemeingültigen Standard dar (54, 80). In der Tat führt bereits allein die Anamnese meist zu einem deutlichen Verdacht, der durch die Untersuchung nur noch bestätigt werden muss. Bei der differentialdiagnostischen Abklärung von Verletzungen im Rückfuß- und Unterschenkelbereich nehmen in unserer Abteilung eine sorgfältige palpatorische Untersuchung und der Wadenkneiftest nach Thompson (7, 96) einen festen Platz ein; in dem Patientengut der vorliegenden Studie kamen keine initiale Fehldiagnosen vor. Auch in anderen aktuellen Publikationen kommen nur wenige Fehldiagnosen vor, bei Leppilathi (46) sind es beispielsweise 4%.

Umso erstaunlicher ist es zu lesen, dass bis in die 1980er Jahre hinein von einer großen Zahl von primär nicht erkannten Rupturen berichtet wird, mit

der Folge, dass viele Betroffene erst Wochen oder Monate verspätet einer adäquaten Behandlung zugeführt wurden (34, 74, 78, 85). Nur selten lag der Grund für die verspätete Versorgung beim Patienten, weil dieser die Verletzung bagatellierte und keinen Arzt aufsuchte, sehr viel häufiger lag das Versäumnis bei dem zuerst konsultierten Mediziner, der die Ruptur nicht als solche erkannte und die vermeintliche "Distorsion des Sprunggelenks" oft über längere Zeit erfolglos behandelte, bis der Patient schließlich in eine Klinik überwiesen wurde oder sich aus eigenem Antrieb dort vorstellte (78, 85). Von den durch Riede (74) in den 1960er Jahren versorgten Achillessehnenrupturen wurden 3/4 vom Erstuntersucher nicht erkannt. Ähnlich kamen unter den rund 10 Jahre später von Schwarz et al. (85) behandelten Patienten über 30 % später als eine Woche nach dem Ereignis erstmals in der Klinik zur Vorstellung, die Hälfte hiervon sogar mit über einem Monat Verspätung.

Wie kamen diese hohen Fehldiagnoseraten zustande?

Die Achillessehnenruptur ist innerhalb der letzten Jahrzehnte von einer sehr seltenen zu einer durchaus geläufigen Verletzung geworden. Im Untersuchungszeitraum machten Achillessehnenrupturen gut 1 % der Aufnahmediagnosen in der Abteilung für Unfall- und Wiederherstellungschirurgie aus. Die Häufigkeit des klinischen Bildes in neuerer Zeit hat offensichtlich dazu geführt, dass die Differentialdiagnose "Achillessehnenruptur" einen festen Platz im Bewusstsein erlangt hat. Die Sonographie als kostengünstiges und schnell verfügbares Verfahren stellt eine hilfreiche Ergänzung der klinischen Untersuchung dar, wenn es gilt, Fälle mit untypischem Befund oder untypischer Anamnese aufzuklären und eine Achillessehnenruptur gegenüber ihren Differentialdiagnosen wie Distorsion des Sprunggelenks, Muskelfaserriss, Phlebitis und Achillodynie abzugrenzen.

Über das routinemäßige Röntgen von Calcaneus und Sprunggelenk herrschen verschiedene Ansichten. Während einige Autoren Röntgenaufnahmen zum Ausschluss von Sprunggelenksverletzung oder knöchernem Ausriss der Sehne am Calcaneus für unerlässlich halten (80, 109), wird in unserer Abteilung auf Röntgenuntersuchungen verzichtet, wenn klinisch

kein Anhalt für knöcherne Läsionen besteht.

4.4.2. Komplikationen

Bisher wurde nicht einheitlich definiert, welche Ereignisse und Umstände, die im Rahmen der Behandlung einer Achillessehnenruptur auftreten können, als Komplikation zu werten sind und welche nicht. Die Folge ist, dass sich die Komplikationsraten einzelner Autoren nicht unmittelbar miteinander vergleichen lassen.

Beispielsweise zählen Holz et al. (34) nur Rerupturen, Wundinfektionen und -heilungsstörungen als Komplikationen, während Krüger-Franke et al. (41) auch Dysästhesien im Narbenbereich und thrombembolische Ereignisse als Komplikationen werteten, letztere machten bei den Autoren rund 40 % der Komplikationen aus. So kommt es, dass beide Untersucher nach Aktenauswertung von jeweils mehreren hundert operativ behandelten Fällen ähnlich erscheinende Komplikationsraten von 14,5 % (34) bzw. 15,1 % (41) angeben, die Ergebnisse von Krüger-Franke et al. jedoch deutlich günstiger zu bewerten sind.

Angemessen erschien uns die Einteilung von möglichen Komplikationen durch Leppilathi et al. (46):

Leichtere Komplikationen (minor complications):

- Oberflächliche Wundheilungsstörung und -infektion
- Sensible Störungen
- Ausgeprägte Adhäsionen

Schwerwiegende Komplikationen (major complications):

- Reruptur
- Tiefe Wundinfektion
- Sehnenverlängerung

Nach dieser Gliederung konnten in unserem Kollektiv 7 leichtere Komplikationen (entsprechend 14,6 %) und eine Reruptur als einzige schwerwiegende Komplikation (ca. 2%) erfasst werden.

Unter den **Rerupturraten** anderer operativ behandelter Kollektive, in denen Rerupturraten zwischen 0,3 % (109) und 12 % (71) beschrieben wurden, bewegt sich unser Ergebnis im unteren Mittelfeld:

Auch der durchschnittliche **stationäre Aufenthalt** von 6,3 Tagen und die durchschnittliche **Arbeitsunfähigkeitsdauer** von 7,7 Wochen liegt in dem Bereich, der auch in anderen Kollektiven beobachtet wurde (46), ebenso die durchschnittliche Dauer von 25 Wochen bis zum sportlichen Wiedereinstieg (85, 96).

4.4.3. Langfristige Ergebnisse

Die Verwendung des Achillessehnen-Score gestattet einen direkten Vergleich mit zwei Langzeitergebnissen von Rupp et al. (78, 79). Hier zeigt sich, dass die eigenen Ergebnisse den Werten von Rupp zwar ähnlich sind, tendenziell aber ein etwas schlechteres Ergebnis andeuten:

	<u>exzellent</u>	<u>gut</u>	<u>zufriedenst.</u>	<u>schlecht</u>
Rupp 1994 (n=32)	34 %	47 %	19 %	0 %
Rupp 1995 (n=60)	30 %	48 %	20 %	2 %
Eig. Ergebn. (n=44)	30 %	43 %	25 %	2 %

Eine mögliche Ursache für die geringfügig schlechteren Resultate könnte in dem unterschiedlichen Nachbehandlungsregime liegen, das in der dortigen Klinik praktiziert wurde:

In der orthopädischen Universitätsklinik in Bad Homburg wurden die Patienten derzeit nach anfänglicher Immobilisierung mit einer 15°-Unterschenkelschiene bereits ab dem 12. Tag postoperativ mit einem Unterschenkelgehgips versorgt, der teilbelastet werden durfte (85). Eventuell bewirkte diese frühzeitigere Belastung eine verbesserte Funktion der Extremität.

Die Bedeutung der sonographischen Befunde

Während die hohe praktische Relevanz des Ultraschalls zur Untersuchung von Erkrankungen der Achillessehne und zur Differenzierung der Diagnose "Achillessehnenruptur" heute allgemein anerkannt ist (23, 27, 38, 79), wurde die Bedeutung sonographischer Befunde bei der Untersuchung *verheilter* Achillessehnen bisher nur in wenigen Arbeiten untersucht, ohne eindeutig geklärt zu werden (75, 79). Während Rominger et al. (75) eine hohe Korrelation zwischen klinischen und sonographischen Befunden aufzeigten, fanden Rupp et al. (79) diesbezüglich keine signifikanten Unterschiede. Auch im eigenen Untersuchungsgut zeigte sich eine Korrelation, aber das Gegenteil dessen, was Rominger et al. (75) beobachteten: Diese stellten einen Zusammenhang zwischen starker Dickenzunahme der verheilten Achillessehne und schlechtem funktionellen Ergebnis dar; bei unseren Patienten tendierten jene mit hoher Sehnenquerschnittsdifferenz zu einer signifikant *besseren* Funktion als die übrigen.

Eine Erklärung für die große Varianz in der Dickenzunahme der Achillessehne nach Ruptur (siehe auch Abb. 13) konnte bisher nicht gegeben werden. Auch die eigene Beobachtung, dass der Dickenzuwachs nicht mit der Operationstechnik korreliert, spricht eher für ein individuell bedingtes Phänomen. Dass unsere Patienten mit starkem Dickenzuwachs über eine bessere Funktion verfügen, muss nicht unbedingt verwundern. Ein großkalibriges Regenerat dürfte prinzipiell belastbarer sein, andererseits herrscht in der Achillesregion keine Enge, in der die Sehne Platzprobleme haben könnte.

Rominger hingegen beobachtete, dass Patienten mit starker Verdickung des Regenerates besonders zu sonographischen Inhomogenitäten der Sehne neigten, und dass diese Strukturveränderungen wiederum mit Bewegungsschmerz und Funktionseinschränkung korrelierten.

Der histologische Aufbau einer verheilten Achillessehne ist auch Jahre nach Ruptur weit entfernt von der ursprünglichen Struktur, die durch eine hohe Dichte an streng parallel angeordneten Kollagenfasern gekennzeichnet war. Dieser Unterschied stellte sich auch in der durchweg

von Normalbild abweichende Sonomorphologie in dem untersuchten Kollektiv dar.

Auch bei anderen Untersuchungen fand sich keine Achillessehne, die nach einer Ruptur wieder das sonographische Bild einer unverletzten Sehne aufwies (75, 79).

Eine Restitutio ad integrum ist somit zwar in funktioneller Hinsicht möglich, jedoch nicht nach morphologischen Kriterien (75).

Das Ergebnis der statistischen Auswertung deutet auch an, dass die Verwendung der Plantarissehne als autologes Nahtmaterial weder einen signifikanten Einfluss auf das Gesamtergebnis noch auf den Querschnitt der verheilten Achillessehne hatte.

4.5. Folgerungen für die Behandlung der Achillessehnenruptur

Das selbst gesteckte Ziel der Behandlung, dem Patienten zu einer weitestgehenden Wiederherstellung von Funktion und Wohlbefinden zu verhelfen, darf im eigenen Patientengut nur bei etwa einem Drittel der Patienten als erreicht gelten, entsprechend dem Anteil, der bei der Auswertung in die höchste Kategorie ("exzellent") des Achillessehnen-Scores gruppiert wurde.

Die Möglichkeit, durch eine bessere Ergebnisse zu erzielen (7, 8, 102), wurde bis zum Abschluss dieser Untersuchung in der Abteilung für Unfall- und Wiederherstellungschirurgie des UKE noch nicht standardisiert ergriffen. Der hohe Patientenanteil mit rupturseitig deutlich verminderter Leistungsfähigkeit und anderen funktionellen Defiziten gibt Anlass, über eine Optimierung der Therapie in dieser Richtung nachzudenken. Das Aufgreifen der funktionellen Nachbehandlung erscheint auch deshalb besonders angebracht, da die von uns geübten Nahttechniken eine hohe primäre Stabilität aufweisen.

Die funktionelle postoperative Nachbehandlung stellt bei signifikant besseren Resultaten und vergleichbaren Rerupturraten eine aussichtsreiche Alternative zu postoperativen Gipsimmobilisation dar, die in diversen vergleichenden Studien die besseren Ergebnisse lieferte (8, 12,

13, 48, 96, 102). Zudem darf sie aufgrund der vorliegenden Zahl an veröffentlichten Studien als etabliert gelten und kam 1996 bereits in 22 % der von Lill et al. (48) befragten bundesdeutschen Kliniken zum Einsatz.

Zusammenfassend darf gefolgert werden, dass sich die Kombination aus Achillessehnennaht mit hoher Primärstabilität und postoperativer funktioneller Behandlung als empfehlenswertes Therapiekonzept darstellt. Die stabile Adaptation der Sehnenstümpfe kann die physiologische Länge des Muskel-Sehnenkomplexes wiederherstellen und ist gleichzeitig die Voraussetzung für eine frühzeitige Mobilisation, die immobilisationsbedingte Funktionseinschränkungen vermeiden hilft. Die möglichst vollständige Wiedererlangung der Funktion hat für die größtenteils sportlichen Patienten einen herausragenden Stellenwert.

Bei Patienten, für die diese weitgehende Wiederherstellung eine primär untergeordnete Rolle spielt oder bei denen diese aufgrund eines erhöhten Operationsrisiko sekundär untergeordnet wird, stellt das funktionell-konservative Behandlungskonzept eine akzeptable Alternative dar (73, 84, 99).

4.6. Systemischen Risikofaktoren für die Achillessehnenruptur

In Patientenkollektiven mit Achillessehnenruptur finden sich überproportional viele Betroffene, die eine zweizeitige Ruptur beider Achillessehnen erleiden, meist mit einigen Jahren Abstand zwischen den beiden Ereignissen (36, 14). Im eigenen Patientengut betrug dieser Anteil 8 % (4 von 48), beschrieben wurden sogar 26 % (36). Das Risiko für Patienten mit Achillessehnenruptur, auch noch auf der Gegenseite eine Ruptur zu erleben, ist demnach deutlich größer als die Wahrscheinlichkeit einer Reruptur auf derselben Seite.

Aus den Zahlen über die jährliche Inzidenz in der Bundesrepublik geht hervor, dass das lebenslängliche Risiko einer Achillessehnenruptur eines "Durchschnittsbürgers" unter 0,5 % anzusetzen ist (48, Thermann) und somit ca. 20mal niedriger liegt. Die Existenz von individuellen Risikofaktoren darf somit als gegeben gelten. In der Literatur werden verschiedene prädisponierende Gegebenheiten diskutiert, von denen die

gängigsten hier anhand der Untersuchungsergebnisse erörtert werden sollen.

Sport ist ein solcher Faktor, wie wir feststellten.

Freizeitsportliche Betätigung hat einen bedeutenden Anteil an der Genese der Achillessehnenruptur wie auch an der hohen Inzidenz überhaupt (24, 34, 37, 69, 109). Auch im eigenen Patientenkollektiv überwog Freizeitsport bei weitem, nur 2 der 48 Achillessehnenrupturen ereigneten sich *außerhalb* sportlichen Engagements. Unter den einzelnen Sportarten scheint es "harmlosere" und solche mit höherem Risiko zu geben. Zu letzteren zählen in erster Linie Ball- und Schlägersportarten wie Fußball, Squash, Badminton, Volleyball, Tennis, Basketball und Hockey; über 80 % der nachuntersuchten Achillessehnen waren bei diesen Disziplinen rupturiert. Gemeinsam ist diesen Sportarten, dass es während des Spiels in hohem Maße auf schnelle und oft abrupte Schrittfolgen und Sprünge ankommt (37). Bei regelmäßiger Ausübung des Sports (die Hälfte der eigenen Patienten spielten mehrmals pro Woche) führt dies zu einem regelrechten Auftrainieren der schnellen Muskelanteile durch Hypertrophie der Typ II-Muskelfasern. Dieser Vorgang kann sehr viel schneller ablaufen, als der Achillessehne eine funktionelle Anpassung an die gesteigerte Belastung möglich ist. Von Bedeutung könnte eine solche "antrainierte" Imbalance zwischen Muskelkraft und Zugfestigkeit der Sehne besonders dann sein, wenn nach einer längeren Sportpause wieder erneut Training aufgenommen wird. Dieser Umstand wird häufig von Patienten beschrieben. Hierdurch könnte die Möglichkeit einer plötzlichen, die gegebene Zugfestigkeit der Achillessehne überschreitenden Belastung sehr viel eher eintreten als bei konstantem Training.

Ein auffälliges Phänomen ist, dass kaum Rupturen in der Leichtathletik vorkommen (34, 109), obwohl gerade für Disziplinen wie Weit- und Hochsprung die höchsten Achillessehnen-Belastungswerte berechnet wurden (111). Auch beim Laufen entstehen erstaunliche Zugbelastungen, wie schon erwähnt wurde hierbei eine Maximalbelastung von 9.000 N gemessen (87). Trotz der weiten Verbreitung des Jogging traten im

eigenen Kollektiv lediglich zwei Rupturen hierbei auf, bei den übrigen leichtathletischen Disziplinen überhaupt keine. Eine Erklärung für die niedrige Inzidenz bei diesen Sportarten könnte darin bestehen, dass in der Leichtathletik absehbare und dadurch wohlkoordinierte Bewegungsabläufe vorherrschen und so die Wahrscheinlichkeit einer augenblicklichen Überlastung der Achillessehnenreifestigkeit geringer ist als bei den schnellen Ballsportarten.

Von einigen Autoren wird der **Adipositas** eine Bedeutung für die Entwicklung einer Achillessehnenruptur zugeschrieben (45). Im untersuchten Kollektiv besaßen zum Rupturzeitpunkt 40 % der Patienten einen Body Mass Index jenseits von 25, der definitionsgemäßen Obergrenze des Normalgewichtes. In der Mehrzahl der Fälle handelt es sich um moderates Übergewicht, nur einer der Patienten fiel in die Kategorie "behandlungsbedürftige Adipositas" (mehr als 20 % über Normalgewicht). Vor dem Hintergrund der großen Verbreitung der Adipositas in der heutigen Bevölkerung kann somit allenfalls von einer leicht erhöhten Prevalenz von Übergewicht unter Achillessehnenruptur-Patienten gesprochen werden.

Möglicherweise spielt auch das Vorhandensein der **Plantarissehne** eine Rolle. Intraoperativ stand die Plantarissehne bei einem großen Anteil unserer Patienten nicht zur Verfügung, in den Operationsberichten wurde sie in 31 % als fehlend beschrieben. Auch in anderen Patientenkollektiven war in 21,4 bzw. 29 % keine Plantarissehne verfügbar (69,81). Im anatomischen Sektionsgut hingegen lässt sie sich, wie schon erwähnt, in nur 6 - 9 % nicht nachweisen (35). Diese Diskrepanz könnte folgende Ursachen haben:

- Die Plantarissehne verläuft atypisch und wird deshalb nicht gefunden oder erkannt. Am anatomischen Präparat wurde ein atypischer Verlauf in ca. 4 % beobachtet (74).

- Die Plantarissehne ist ebenfalls rupturiert, ihr proximaler Anteil disloziert und deshalb nicht auffindbar; dieser Sachverhalt wurde im untersuchten Patientengut einmal beschrieben.

- Prinzipiell denkbar wäre aber auch eine tatsächlich erniedrigte Prävalenz der Plantarissehne in Kollektiv der Patienten mit Achillessehnenruptur: Der menschliche M. plantaris besitzt nach neueren Erkenntnissen die Funktion eines *Monitormuskels*, so dass es Personen mit fehlender Plantarissehne möglicherweise an Propriozeption mangelt, um Muskelkraft und Muskelkoordination adäquat zu steuern. Dadurch könnten sie verstärkt zur Überlastung der Achillessehne neigen und somit auch zur Achillessehnenruptur. Bislang liegt allerdings keine Studie vor, die diese Vermutung stützen könnte.

5. ZUSAMMENFASSUNG

Über die Behandlung der Wahl bei frischer subkutaner Achillessehnenruptur herrscht bis heute keine Einigkeit, über 70 Jahre nachdem der erste umfassende Vergleich verschiedener Methoden veröffentlicht wurde.

Ein schwerwiegendes Hindernis, anhand der seither erschienenen medizinischen Literatur zu einem ‚golden standard‘ zu finden, liegt in der oft nur sehr oberflächlichen Erfassung der Behandlungsergebnisse. Unter den so zahlreich veröffentlichten Ergebnisberichten sind nur einige wenige, in denen eine ausreichend sensible Methode zur Erfassung von funktionellen Defiziten eingesetzt wird. Außerdem mangelt es an einem einheitlich verwendeten Bewertungsmaßstab, an dem das Ergebnis mit seinen funktionellen und subjektiven Aspekten gemessen werden kann und ohne den auch kein direkter Vergleich mit anderen Studien möglich ist.

In der vorliegenden Arbeit werden die langfristigen Ergebnisse von 48 Patienten dargestellt, die zwischen 1993 und 1995 mit einer subkutanen Achillessehnenruptur in der Abteilung für Unfall- und Wiederherstellungschirurgie des Universitätskrankenhauses Hamburg-Eppendorf operativ behandelt wurden. Erfasst wurden sowohl klinische und sonographische Befunde als auch subjektive Kriterien mit Hilfe eines Fragebogens, so dass das Behandlungsergebnis mit dem Achillessehnen score nach Rupp quantifiziert werden konnte.

Die Leistungsfähigkeit des Muskel-Sehnen-Komplexes wurde darüber hinaus mit Hilfe des von Buchgraber entwickelten Heelraise-Testgerätes untersucht. Dieses Vorgehen erlaubte eine sensible Quantifizierung von funktionellen Defiziten, die gleichzeitig den vom Patienten wahrgenommenen Einschränkungen gegenübergestellt werden konnten.

Den Brennpunkt im Ergebnis dieser Untersuchung stellen weniger die akuten Ereignisse während der Behandlung dar, bei einer Reruptur und einer Beinvenenthrombose unter 48 Patienten sind diese auch zahlenmäßig nicht allzu bedeutend, sondern vielmehr die dauerhaft anhaltenden Einschränkungen in Funktion und Lebensqualität:

Im Intervall von durchschnittlich 4,4 Jahren nach der Ruptur erreichte nur knapp ein Drittel der Patienten eine *restitutio ad integrum* im Sinne

von uneingeschränkter Funktion mit Beschwerdefreiheit, alle übrigen Patienten hatten funktionelle Einschränkungen und/oder körperliche Beschwerden. Bei 40 % der Patienten war die Leistungsfähigkeit der ehemals rupturierten Muskel-Sehnen-Einheit um mehr als ein Viertel gegenüber der gesunden Seite vermindert.

Fazit dieser Untersuchung ist die Forderung, bei der Behandlung von Achillessehnenrupturen vermehrt auf die Wiedererlangung der Funktion zu achten. Eine aussichtsreiche Option hierfür bietet sich in der Entschärfung der langen Immobilisationsphase zugunsten einer frühfunktionellen Behandlung, deren Vorzüge heute als ausreichend belegt gelten dürfen.

6. LITERATUR

1. Aoki M, Ogiwara N, Ohta T, Nabeta Y (1998) Early active motion and weightbearing after cross-stitch Achilles tendon repair. *Am J Sports Med* 26: 794-800
2. Arai H (1907) Die Blutgefäße der Sehnen. *Anatom Hefte* 34: 365-382
3. Balensiefen FM (1995) Die Achillessehne, eine sonographische, makroskopische, histologische und biomechanische Studie. Eine experimentelle Untersuchung an 60 entnommenen Leichensehnen. Med. Dissertation. Universität Tübingen
4. Barfred T (1971) Kinesiological comments on subcutaneous ruptures of the Achilles tendon. *Acta Orthop Scand* 42: 397-405
5. Blauth W (1990) Die Peroneus-brevis-Plastik bei großen Achillessehnendefekten. *Operat Orthop Traumatol* 2: 14-21
6. Bradley JP, Tibone JE (1990) Percutaneous and open surgical repairs of Achilles tendon rupture. *Am J Sports Med* 18: 188-195
7. Buchgraber A (1997) Funktionelle Nachbehandlung nach Achillessehnenruptur bei percutaner Nahttechnik. Ergebnisse einer Nachuntersuchung mit einem neu entwickelten Kraftausdauermeßgerät. Med. Dissertation. Universität München
8. Buchgraber A, Pässler HH (1997) Percutaneous repair of Achilles tendon rupture – immobilisation versus functional postoperative treatment. *Clin Orthop* 341: 113-122
9. Burchardt H, Krebs U (1991) Einzeitige und zweizeitige spontane bilaterale Achillessehnenrupturen nach langdauernder Steroid-Therapie und bei Diabetes mellitus. *Chirurg* 62: 830-831
10. Burchardt H, Krebs U, Fuchs M, Stanković P (1991) Die sonographische Beurteilung von Gleitverhalten und Gleitlager operierter Achillessehnen. *Unfallchirurg* 94: 589-593
11. Burchardt H, Krebs U, Schlemminger R, Stanković P (1992) Achillessehnenrupturen – Ursachen und Spätergebnisse nach operativer Versorgung. *Z. Orthop.* 130: 109-113
12. Carter TR, Fowler PJ, Blokker C (1992) Funktional postoperative treatment of Achilles tendon rupture. *Am J Sports Med* 20: 459-462
13. Cetti R, Henriksen LO, Jacobsen KS (1994) A new treatment of ruptured Achilles tendons. *Clin Orthop* 308: 155-165
14. Czischke S (1988) Die Achillessehnenruptur: Anamnestische und morphologische Untersuchungen bei Patienten sowie Überlegungen zur Ätiologie. Med. Dissertation Universität Bochum
15. Dederich R, Bonse H, Hild A, Könn G, Wolf L (1988) Achillessehnenrupturen. Ursachen – Operationstechnik – Ergebnisse – Begutachtungsprobleme. *Unfallchirurg* 91: 259-269
16. V. d. Driesch A, Peters J (1998) Zur Ausrüstung des Mannes im Eis. Gegenstände und Knochenreste tierischer Herkunft. In: Spindler K (Hrsg.) Der Mann im Eis. Springer Wien 1995 .
17. Edna T-H (1980) Non-operative treatment of Achilles tendon ruptures. *Acta orthop scand* 51: 991-993

18. Enwemeka CS, Spielholz NI, Nelson AJ (1988) The effect of early functional activities on experimentally tenotomized Achilles tendons in rats. *Am J Phys Med & Rehabil* 67 : 264-269
19. Eulenburg A (1908) Fußgelenk. In: Real-Encyclopädie der gesamten Heilkunde, medizinisch-chirurgisches Handwörterbuch für praktische Ärzte, 4. Auflage. Urban & Schwarzenberg, Berlin · Wien
20. Eyb R (1981) Subcutane Achillessehnenruptur - vergleichende Nachuntersuchung zweier Operationsverfahren. *Unfallheilkunde* 84: 427-431
21. Fernández-Fairén M, Gimeno C (1997) Augmented repair of Achilles tendon ruptures. *Am J Sports Med* 25: 177-181
22. Fierro NL, Sallis RE (1995) Achilles tendon Rupture – is casting enough? *Postgrad Medicine* 98: 145-151
23. Fornage BD (1986) Achilles tendon: US examination. *Radiology* 159: 759-764
24. Frings H (1969) Über 317 Fälle von operierten subcutanen Achillessehnenrupturen bei Sportlern und Sportlerinnen. *Arch orthop Unfall-Chir* 67: 64-72
25. Glooway MT, Jokl P, Dayton OW (1992) Achilles tendon overuse injuries. *Clin Sports Med* 11: 771-781
26. Gerdes MH, Brown TD, Bell, AL, Baker JA, Levson M, Layer S (1992) A flap augmentation technique for Achilles tendon repair – Postoperative strength and functional outcome. *Clin Orthop* 280: 241-246
27. Grechening W, Clement HG, Fellingner M, Seggl W (1997) Wertigkeit der Sonographie der Achillessehne in der Traumatologie. *Radiologe* 37: 322-329
28. Häggmark T, Eriksson E (1979) Hypotrophy of the soleus muscle in man after Achilles tendon rupture. Discussion of findings obtained by computed tomography and morphologic studies. *Am J Sports Med* 7: 121-126
29. Häggmark T, Liedberg H, Eriksson E, Wredmark T (1986) Calf muscle atrophy and muscle function after non-operative vs operative treatment of Achilles tendon ruptures. *Orthopedics* 9: 160-164
30. Hattrup SJ, Johnson KA (1985) A review of ruptures of the Achilles tendon. *Foot & Ankle* 6: 34-38
31. Heister L (1763) Chirurgie, in welcher alles, was zur Wundarzney gehoeret, nach der neuesten und besten Art, gruendlich abgehandelt. Gabriel Nicolaus Raspe, Nürnberg
32. Høgsaa B, Nøhr M, Lass P, Kaalund S (1990) Surgical treatment of Achilles tendon ruptures. *Unfallchirurg* 93: 40-43
33. Hohmann G (1934) Fuß und Bein – ihre Erkrankungen und deren Behandlung, 2. Auflage. J. F. Bergmann, München
34. Holz U, Ascherl I (1981) Die Achillessehnenruptur – Eine klinische Analyse von 560 Verletzungen. *Chir Praxis* 28: 511-526
35. Incavo SJ, Alvarez RG, Trevino SG (1987) Occurrence of the plantaris tendon in Patients sustaining subcutaneous rupture of the Achilles tendon. *Foot & Ankle* 8: 110-111
36. Jessing P, Hansen E (1975) Surgical treatment of 102 tendo Achilles ruptures – suture or tenoplasty? *Acta Chir Scand* 141: 370-377

37. Josza L, Kvist M et al. (1989) The role of recreational sport activity in Achilles tendon rupture. *Am J Sports Med* 17: 338-343
38. Kainberger FM, Engel A, Barton P, Huebsch P, Neuhold A, Salomonowitz E (1990) Injury of the Achilles tendon: Diagnosis with sonography. *AJR* 155: 1031-1036
39. Keller J, Rasmussen TB (1984) Closed treatment of Achilles tendon rupture. *Acta Orthop Scand* 55: 548-550
40. Kleinschmidt, Otto (1927) Allgemeine Operationslehre. Springer; Berlin
41. Krüger-Franke M, Scherzer S (1993) Langzeitergebnisse operativ behandelte Achillessehnenrupturen. *Unfallchirurg* 96: 524-528
42. Kvist M (1994) Achilles tendon injuries in athletes. *Sports Med* 18: 173-201
43. v. Lanz/Wachsmuth (1938) Praktische Anatomie, Band I, 4. Teil. Springer, Berlin
44. Landvater SJ, Renström PAFH (1992) Complete Achilles tendon ruptures. *Clinics in Sports Med* 11: 741-758
45. Leitner A, Müller A, Voigt C, Rahmazzadeh R (1991) Eine modifizierte Nachbehandlung nach primär behandelter Achillessehnenruptur. *Akt Traumatol* 21: 285-292
46. Leppilathi J, Forsman K, Puranen J, Orava S (1998) Outcome and prognostic factors of Achilles rupture repair using a new scoring method. *Clin Orthop* 346: 152-161
47. Leppilathi J, Puranen J, Orava S (1996) Incidence of Achilles tendon rupture. *Acta Orthop Scand* 67: 277-279
48. Lill H, Moor C, Schmidt A, Echtermeyer V (1996) Aktueller Stand der Behandlung von Achillessehnenrupturen – Ergebnisse einer bundesweiten Umfrage. *Chirurg* 67: 1160-1165
49. Ma GW, Griffith TG (1977) Percutaneous repair of acute closed ruptured Achilles tendon. A new technique. *Clin Orthop* 128: 247-255
50. Maffuli N, Dymond NP, Regine R (1990) Surgical Repair of ruptured Achilles tendon in sportsmen and sedentary patients: A longitudinal ultrasound assessment. *Int J Sports Med* 11: 78-84
51. Mandelbaum BR, Myerson MS, Forster R (1995) Achilles tendon ruptures: A new method of repair, early range of motion, and functional rehabilitation. *Am J Sports Med* 23: 392-394
52. Marti R, Weber BG (1974) Achillessehnenruptur – funktionelle Nachbehandlung. *Helv chir Acta* 41: 293-296
53. Martinoli C, Derchi LE, Pastorino C, Bertolotto M, Silvestri E (1993) Analysis of echotexture of tendons with US. *Radiology* 186: 839-843
54. Mathiak G, Wening JV, Mathiak M, Neville LF, Jungbluth K-H (1999) Serum cholesterol is elevated in patients with Achilles tendon ruptures. *Arch Orthop Trauma Surg* 119: 280-284
55. Mayer M, Donner U, Strosche H (1989) Die operative Behandlung der frischen subkutanen Achillessehnenruptur und deren Behandlungsergebnis. *Akt Traumatol* 19: 6-10

56. Meenen NM, Wening JV (1992) Sonographie der Achillessehne.
In: Wening JV (Hrsg) Sonographische Diagnostik in der Unfallchirurgie.
Springer, Berlin Heidelberg New York
57. Merkel M, Neumann HW, Merk H (1996) Ein neuer Score zum Ergebnisvergleich nach operativ versorgten Achillessehnenrupturen. *Chirurg* 67: 1141-1146
58. Milbradt H, Reimer P, Thermann H (1988) Die Sonomorphologie der normalen Achillessehne und Muster pathologischer Veränderungen. *Radiologe* 28: 330-333
59. Möller A, Åström M, Westlin NE (1996) Increasing incidence of achilles tendon rupture. *Acta Orthop Scand* 67: 479-481
60. Motta P, Errichiello C, Pontini I (1997) Achilles tendon rupture - a new technique for easy surgical repair and immediate movement of the ankle and foot. *Am J Sports Med* 25: 172-176
61. Nehrer S, Breitenreiter M, Brodner W, Kainberger F, Fellingner EJ, Engel A, Imhof H (1997) *Arch Orthop Trauma Surg* 116: 14-18
62. Obrist J, Genelin F, Zirknitzer J, Kröpfel A (1989) Seltene Kombinationsverletzung beim alpinen Schilauf. *Unfallchirurgie* 15: 141-144
63. Ozaki J, Fujiki J, Sugimoto K, Tamai S, Masuhara K (1987) Reconstruction of neglected Achilles tendon rupture with Marlex mesh. *Clin Orthop* 238: 204-208
64. Paré A (1594) Opera Chirurgica. Feyerabend & Fischer, Frankfurt
65. Pisani G (1998) Fußchirurgie. Thieme, Stuttgart - New York
66. Price AE, Evanski PM, Waugh TR (1985) Bilateral simultaneous Achilles tendon rupture. *Clin Orthop* 213: 249-250
67. Puddu G, Ippolito E, Postacchini F (1976) A classification of achilles tendon disease. *Am J Sports Med* 4: 145-150
68. Quénu J, Stoianovitch (1929) Les ruptures du tendon d'Achille. *Rev de Chir* 67: 647-678
69. Quigley TB, Scheller AD (1980) Surgical repair of the ruptured Achilles Tendon. *Am J Sports Med* 8: 244-250
70. Raunest J, Bürring KF, Derra E (1990) Zur Pathogenese der Achillessehnenruptur. *Chirurg* 61: 815-819
71. Redaelli C, Niederhäuser U, Carrel T, Meier U, Trentz O (1992) Achillessehnenruptur – Fibrinklebung oder Naht? *Chirurg* 63: 572-576
72. Reichel P (1909) Lehrbuch der Nachbehandlung nach Operationen.
2. Aufl., Verlag von J.F. Bergmann, Wiesbaden
73. Reilmann H, Förster EW, Weinberg AM, Brüggemann F, Peukert J (1996) Funktionell-konservative Behandlung der Achillessehnenruptur. *Unfallchirurg* 99: 576-581
74. Riede D (1966) Ätiologie, Diagnose und Therapie der subkutanen Achillessehnenrisse. *Beitr Orthop* 13: 96-105
75. Rominger MB, Bachmann G, Schulte S, Zedler A (1998) Der Wert von Ultraschall und Magnetresonanztomographie in der postoperativen Verlaufskontrolle nach Achillessehnenruptur. *Fortschr Röntgenstr* 168, 1: 27-35
76. Rote Liste (2000) Arzneimittelverzeichnis für Deutschland. ECV, Aulendorf

77. Rothenbühler JM, Korkodelovic B, Regazzoni P (1991) Die operative Behandlung der Achillessehnenruptur. *Z Unfallchir Vers Med* 84: 25-36
78. Rupp S, Tempelhof S (1994) Die verspätete Versorgung der Achillessehnenruptur – Langzeitergebnisse im Vergleich zur frühzeitigen Operation. *Akt Traumatol* 24: 269-273
79. Rupp S, Tempelhof S, Fritsch E (1995) Ultrasound of the Achilles tendon after surgical repair: Morphology and function. *Br J Radiol* 68: 454-458
80. Schaaf D, Gutzer HJ, Weber H (1981) Die typische Achillessehnenruptur und ihre operative Behandlung. *MedWelt* 32: 597-602
81. Schedl R, Fasol P (1979) Achilles tendon repair with the plantaris tendon compared with repair using polyglycol threads. *J Trauma* 19: 189-194
82. Schinkel M (1987) Die operativ versorgte subcutane Achillessehnenruptur hinsichtlich Ätiologie, Histologie und funktionellem Ergebnis. Med. Dissertation Universität Hamburg
83. Schmalbruch H (1989) Skeletal muscle. Springer, Berlin Heidelberg New York Tokyo.
84. Schröder D, Lehmann M, Steinbrück K (1996) Treatment of acute Achilles tendon ruptures: open vs. percutaneous repair vs. conservative treatment. A prospective randomized study. 2nd World Congress on Sports Trauma, Lake Buena Vista, Florida, 1996 (Abstract)
85. Schwarz B, Heisel J, Mittelmeier H (1984) Achillessehnenrupturen, Ursache – Prognose – Therapie – Spätergebnisse. *Akt Traumatol* 14: 8-14
86. Scott WN, Inglis AE, Sculco TP (1979) Surgical treatment of reruptures of the Tendoachilles following nonsurgical treatment. *Clin Orthop* 140: 175-178
87. Segesser B, Goesele A, Renggli P (1995) Die Achillessehne im Sport. *Orthopäde* 24: 252-267
88. Sell S, Schulz R, Balentsiefen M, Weber H (1996) Lesions of the Achilles tendon - a sonographic, biomechanical and histological study. *Arch Orthop Trauma Surg* 115: 28-32
89. Simpson SL, Hertzog MS, Barja RH (1991) The plantaris tendon graft: An ultrasound study. *J Hand Surg* 16A: 708-711
90. Sölveborn SA, Moberg A (1994) Immediate free ankle motion after surgical repair of acute Achilles tendon ruptures. *Am J Sports Med* 22: 607-610
91. Sömmering S Th (1791), Vom Baue des menschlichen Körpers, 2^{ter} Theil: Bänderlehre, Varrentrapp und Wenner, Frankfurt am Main
92. Speck M, Klaue K (1998) Early full weightbearing and functional treatment after surgical repair of acute Achilles tendon rupture. *Am J Sports Med* 26: 789-793
93. Stucke K (1950) Über das elastische Verhalten der Achillessehne im Belastungsversuch. *Langenbecks Arch u Dtsch Z Chir* 265: 579-599
94. Stucke K (1956) Zur Therapie und versicherungsrechtlichen Beurteilung der distalen Bicepsrupturen. *Msschr Unfallheilk* 66: 484-490
95. Thaïss S (1992) Die subkutane Achillessehnenruptur – neue Operationstechnik zur primären funktionellen Nachbehandlung. *Chir Praxis* 45: 469-474
96. Thermann H (1996) Die funktionelle Behandlung der frischen Achillessehnenruptur. Springer, Berlin, Heidelberg, New York

97. Thermann H, Frerichs O, Biewener A, Krettek C, Schandelmaier P (1995) Biomechanische Untersuchungen zur menschlichen Achillessehnenruptur. *Unfallchirurg* 98: 570-575
98. Thermann H, Zwipp H (1989) Achillessehnenruptur. *Orthop* 18: 321-335
99. Thermann H, Zwipp H, Tscherne H (1995) Funktionelles Behandlungskonzept der frischen Achillessehnenruptur. *Unfallchirurg* 98: 21-32
100. Tittel K (1989) Einfluss des Trainings auf den Menschen - Skelettmuskulatur. In: Dirix A, Knuttgen HG, Tittel K, Olympia Buch der Sportmedizin. Deutscher Ärzte-Verlag Köln
101. Triepel H (1902) Einführung in die physikalische Anatomie, Bergmann, Wiesbaden
102. Troop RL et al. (1995) Early motion after repair of Achilles tendon ruptures. *Foot & Ankle* 16: 705-709
103. Turco VJ, Spinella AJ (1987) Achilles tendon ruptures - Peroneus brevis transfer. *Foot & Ankle* 7: 253-259
104. Washburn et al. (1992) Alterations in the *in vivo* torque-velocity relationship after Achilles tendon rupture. *Clin Orthop* 279: 237-245
105. Webb JM, Bannister GC (1999) Percutaneous repair of the ruptured tendo Achillis. *J Bone Joint Surg [Br]* 81-B: 877-880
106. Weinstabl R, Hertz H (1990) Gleichzeitige beidseitige Achillessehnenruptur nach Bagatelltrauma bei Steroidtherapie. *Unfallchirurgie* 16: 50-54
107. Wilhelm K (1977) Neue Aspekte zur Genese der Achillessehnenruptur. *Zbl. Chirurgie* 102: 794-801
108. Wills CA, Washburn S, Caiozzo V, Prietto CA (1984) Achilles tendon rupture – a review of the literature comparing surgical versus nonsurgical treatment. *Clin Orthop* 207: 156-163
109. Winter E, Ambacher T, Maurer F, Weller S (1995) Operative Therapie der Achillessehnenruptur. *Unfallchirurg* 98: 468-473
110. Zwipp (1994) Chirurgie des Fußes. G. Fischer 1993
111. Zwipp H, Südkamp N, Thermann H, Samek N (1989) Die Achillessehnenruptur. 10-Jahresspätergebnisse nach operativer Behandlung. *Unfallchir* 92: 554-559

DANKSAGUNG

Herrn Professor Johannes M. Rueger danke ich für die Möglichkeit, diese Arbeit in seiner Klinik durchzuführen.

Meinem Doktorvater PD Dr. Norbert M. Meenen gilt mein Dank für die Überlassung des Themas, für die geduldige Betreuung dieser Arbeit und für die Einweihung in die Geheimnisse der Sonographie.

Dr. Andreas Buchgraber danke ich für das großzügige Ausleihen seines ausgezeichneten Heel-Raise-Testgerätes, durch dessen Einsatz diese Untersuchung wesentlich bereichert wurde.

Meiner lieben Susanne danke ich für ihre Geduld und Loyalität.

Auch ohne die Unterstützung durch meine Eltern wäre diese Arbeit nur schwer möglich gewesen, vielen Dank!

Ebenso bin ich PD Dr. Ralf Middendorf, Dr. Holger Kaiser und Karin Mühlenfeld dankbar für die sorgfältige Lektüre der Arbeit und für freundliche Ermutigung.

Mein herzlicher Dank geht auch an Dr. Robert Laudahn, der mir bei der statistischen Auswertung geholfen hat, sowie an Dr. Mathias Mathiak, durch den ich einige schwer zu bekommene Literaturstellen erlangen konnte.

Nicht zuletzt verdienen die Patientinnen und Patienten meinen Dank für die bereitwillige Mitwirkung an der Nachuntersuchung, ausserdem das Team der Unfallchirurgischen Notfallambulanz für die immer wieder unkomplizierte Überlassung von Untersuchungsraum und Ultraschallgerät.

LEBENS LAUF

Andreas Richard Thomsen,
geb. am 03. 09. 1970 in Hamburg
verheiratet mit Susanne Kirchner seit dem 15. 12. 2001

- Eltern: Irmela Thomsen, geb. Gade, Lehrerin
Horst Rainer Thomsen, Maschinenbauingenieur
- Schule: 1977 – 81 Grundschule Strenge,
Hamburg-Wellingsbüttel

1981 – 90 Gymnasium Grootmoor,
Hamburg-Bramfeld
- Zivildienst: 1990 – 91 in der Klinik für Mund- Kiefer- und
Gesichtschirurgie des Universitätsklinikums Hamburg

anschließend Arbeit als Pflegehelfer in der
Kinderklinik des Universitätsklinikums Hamburg
- Studium: Sommersemester 1992 – Sommersemester 1999
Studium der Humanmedizin in Hamburg
- Arzt i. Praktikum: 11/1999 – 04/2001 im Institut für Anatomie,
Abt. Mikroskopische. Anatomie der Universität
Hamburg
und in der Abt. für Immunologie und Rheumatologie
der Charité, Berlin
- Seit 05/2001: Arbeit als Projektleiter in der Abt. Forschung &
Entwicklung der Firma BioTissue Technologies AG,
Freiburg