

**Der Einsatz eines mikrovaskulären Gleitgewebelappens vom  
Lateralen Femurkondyl (LFC) bei rezidivierender Fibrose  
peripherer Nerven als „Rettungseingriff“**

eine retrospektive Studie

eingereicht von

**Maria Anoshina**

zur Erlangung des akademischen Grades

**Doktor der gesamten Heilkunde (Dr. med.univ.)**

an der Medizinischen Universität Graz

ausgeführt an der

Klinischen Abteilung für Plastische, Rekonstruktive und Ästhetische  
Chirurgie;

Wiener Privatklinik, Millesi Center für Periphere Nerven Chirurgie und  
Plexus brachialis

unter der Anleitung von Betreuer

**Univ.-Prof. Priv.-Doz. Dr. Michael Schintler**

**Dr. Heinz Bürger**

**Professor Robert Schmidhammer**

Graz, 06.04.2021

## **Eidesstattliche Erklärung**

*Ich erkläre ehrenwörtlich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst habe, andere als die angegebenen Quellen nicht verwendet habe und die den benutzten Quellen wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.*

Graz, 06.04.2021

Maria Anoshina eh.

## Vorwort

Das Zeitalter der rekonstruktiven Mikrochirurgie fing Mitte des 19-ten Jahrhunderts an. Dank Pioniere auf diesem Gebiet, können wir auch heute noch von ihrem Wissen und Erfahrung profitieren um Lösungen für sehr komplizierte chirurgische Herausforderungen zu finden. Im letzten Jahrzehnt ist der Fortschritt im Bereich der Operationsmikroskope und des Mikroinstrumentariums enorm und bietet den Chirurgen die Möglichkeit sogar Lymphgefäße, so wie feinste Perforatorgefäße unter guter Sicht sehr sicher zu nähen. Auch die fachliche Kompetenz der Spezialisten/-innen in diesem Gebiet ist gestiegen.

Der laterale Femurkondyl stellt bereits seit 2011 eine wichtige Spenderregion für viele mikrovaskuläre Transplantate dar. Mit keiner bis sehr geringer Hebemorbidity gibt es eine Möglichkeit mikrovaskuläre Knochen-, Knorpelknochen, Weichteil-, sowie Chimeralappen zu entnehmen um verschiedenen Defekte zu rekonstruieren (Kahnbeinpseudarthrosen mit oder ohne Polersatz, Mondbeinrekonstruktion bei Mb. Kienböck, Achillessehnenrekonstruktion, sowie jedes der Transplantate mit einer Hautinsel falls notwendig zu kombinieren) . Das Gefäßsystem der A. genu superior lateralis, die aus der A. poplitea ihren Ursprung nimmt, ist sehr konstant und mittlerweile in zahlreichen anatomischen Studien gut beschrieben.

Diese Arbeit befasst sich mit einem bisher nicht bekannten mikrovaskulären Gleitgewebelappen vom LFC, der bei rezidivierender Fibrose peripherer Nerven bei mehrfach voroperierten Patientinnen und Patienten mit ausgeprägter Schmerzsymptomatik eine würdige Alternative den bisher verwendeten Gleitgewebelappen bietet.

Bei Patientinnen und Patienten mit neuropathischem Schmerz, die oft mehrere operative Eingriffe in der Anamnese hatten, ist medikamentöse Schmerztherapie meist nicht erfolgsvollbringend und bringt keine Linderung und Besserung der Beschwerden, führt oft zur signifikanten Senkung der Lebensqualität und manchmal auch zum Verlust der Arbeitsfähigkeit, sowie auch der Möglichkeit den Alltag selbständig bewältigen zu können. Bei rezidivierender Fibrose handelt es sich nicht nur um eine Kompression des peripheren Nerven durch das Narbengewebe, sondern auch um pathologische Veränderung des Para- und Epineuriums, gestörte Gleitfähigkeit und Ischämie des Nerven. Abgesehen vom neuropathischem Schmerz leiden die Patientinnen und Patienten meistens auch unter Hypo-/Dys- und Parästhesien, Allodynie und in späterer Folge kann es auch zu motorischen Defiziten im Versorgungsgebiet des entsprechenden

Nerven kommen. Auch der Schmerz kann sich manifestieren und sich zu einem Schmerzsyndrom (CRPS2) entwickeln.

Um dies vorzubeugen ist es wichtig den Nerv je nach Fibrosestadium zuerst durch eine äußere, im fortgeschrittenen Stadium auch durch eine innere Neurolyse zu dekomprimieren und anschließend mit einem gut vaskularisiertem Gleitgewebe zu umhüllen um eine erneute Vernarbung zu vermeiden und die Gleitfähigkeit wieder herzustellen. Wann immer möglich sollte zuerst das lokale Gleitgewebe mit einer sicheren Blutversorgung (Perforatorgefäß) verwendet werden. Wenn diese Möglichkeiten jedoch erschöpft sind, kann eine freie mikrovaskuläre Transplantation vom Gleitgewebe als „Rettungseingriff“ angedacht werden.

Leider hat die Covid-19 Pandemie enorme Auswirkungen auf der ganzen Welt, somit konnten einige Patientinnen und Patienten wegen geschlossenen Grenzen zur geplanten klinischen Nachkontrolle nicht erscheinen. Auch handelt es sich hierbei um eine Multicenterstudie, bei der die Patientinnen und Patienten vor allem präoperativ klinisch nicht nach dem selben Schema untersucht wurden. Das hatte zur Folge, das von manchen angekündigten Untersuchungsparameter, wie z.B. der Sensibilitätsbeurteilung nach Semmes-Weinstein Haarfilamenten Test, sowie auch beim größten Teil der Patientinnen und Patienten vom 2 PD-Test abgewichen werden musste. Der wichtigste Aspekt jedoch- der neuropathische Schmerz- der enorme Auswirkung auf die Lebensqualität und Arbeitsfähigkeit hat, wurde genau prä- und postoperativ evaluiert und analysiert. Die Ergebnisse werden in dieser Arbeit vorgestellt.

## Danksagung

An dieser Stelle würde ich mich gerne bei einigen Menschen, die mich bei dieser Arbeit begleitet und in den letzten Jahren auf meinem Weg stark unterstützt haben ganz herzlich bedanken.

In erster Linie ist es Dr. Heinz Bürger, dem ich in St.-Petersburg während meiner Facharztausbildung für Traumatologie und Orthopädie im Rahmen eines Lappenkurses zugeteilt wurde und der mich nach Österreich zum Assistieren bei rekonstruktiven Eingriffen eingeladen hat. Daraus haben sich 5 Jahre Zusammenarbeit und intensive Ausbildung entwickelt, während der ich faszinierende Einsicht in die Welt der rekonstruktiven Mikrochirurgie, sehr viel Wissen und Erfahrung gewinnen durfte. Es war einzigartig und beeindruckend ihn bei so vielen Eingriffen in der Extremitätenrekonstruktion, sowie Rekonstruktion bei Tumorpatienten auf der Basis der Mund-Kiefer und Gesichtschirurgie begleiten zu dürfen. Ich glaube, dass es sonst niemanden gibt, der das Konzept lebt, dass der Chirurg zu den jeweiligen Patientinnen und Patienten mit langer Leidensgeschichte und komplexen Verläufen kommt, und nicht umgekehrt. Ich habe gelernt, dass wenn alle Standardmaßnahmen erschöpft sind, es immer noch Möglichkeiten gibt den Patientinnen und Patienten zu helfen. Und ich habe gesehen wie wichtig es ist und wie sehr die Betroffenen davon profitieren.

Prof. Michael Schintler bin ich sehr dankbar, dass er sich bereit erklärt hat mich bei dieser schwierigen Arbeit (mittlerweile kein häufiges Krankheitsbild), die auf mehrere Kliniken in ganz Österreich verteilt war zu unterstützen. Denn obwohl durch die chirurgische Erfahrung der letzten Jahrzehnte, auch durch die fortgeschrittenen technischen Möglichkeiten (Lupenbrillenvergrößerung und Operationsmikroskop) und Optimierung der Operationstechniken es immer weniger zu Komplikationen nach Primäreingriffen an peripheren Nerven kommt, dennoch gibt es diese Patientinnen und Patienten nach wie vor. Und man ist schnell an einer Grenze angelangt, wo die konservativen Maßnahmen (Schmerzmedikation), aber auch die bekannten operativen Techniken (lokale Lappenplastiken) erschöpft sind. So lange es solche Patientinnen und Patienten gibt, sollte weiterhin nach Möglichkeiten gesucht werden diesen zu helfen. Die Abteilung für Plastische, Rekonstruktive und Ästhetische Chirurgie an der medizinischen Universität Graz hat sehr viel klinische Erfahrung gesammelt und einige wissenschaftliche Studien über den lateralen und medialen Femurkondyl als Entnahmeregion (mit nachgewiesenen geringster Hebermorbidität) für zahlreiche

Transplantate bei unterschiedlicher Indikation (Knochen-, Knorpeldefekte, sowie für Sehnen- und Weichteilrekonstruktion) durchgeführt und publiziert. So konnte ich Professor Michael Schintler als meinen Hauptbetreuer für dieses spannende neue Thema gewinnen.

Auch möchte ich mich ganz herzlich bei meinem Betreuer Professor Robert Schmidhammer vom Millesi Center für Chirurgie peripherer Nerven und Plexus brachialis an der Wiener Privatklinik bedanken. Ich habe dank ihm viel über die Chirurgie peripherer Nerven lernen dürfen. Es war eine sehr wertvolle Erfahrung in einem sehr komplexen Fachgebiet, die ich unter seiner Führung und mit seiner Unterstützung sammeln durfte. An dieser Stelle auch ein aufrichtiges Danke für seine Geduld. Und natürlich gilt der Dank an das ganze Team vom Millesi Center: Dr. Claudia Schidhammer und Dr. Savas Tsolakidis.

Es war mir auch eine große Ehre Professor Hanno Millesi, einen Pionier der rekonstruktiven Chirurgie und Chirurgie peripherer Nerven und Gründer vom Millesi Center persönlich kennenlernen zu dürfen. Er war einer der Chirurgen, der Weltgeschichte geschrieben und sein Leben in erster Linie seiner Arbeit gewidmet haben. Auch war er der Erste, der den Wert und Bedeutung von dem Gleitapparat eines peripheren Nerven erkannt und auch die Fibrorestadien detailliert beschrieben hat, und der auch die Wichtigkeit der Vaskularisation und Vitalität vom Gleitgewebe betonte. Die Liebe zu seiner Arbeit, die Precision und die Aufopferung hat unzähligen Patientinnen und Patienten geholfen und diese spezielle Chirurgie einen Meilenschritt nach vorne gebracht. Es macht mich sehr stolz diese Arbeit verfassen zu dürfen.

Außerdem möchte ich hier auch Primaria Johanna Berger danken, dass sie mich in diesen Zeiten enorm unterstützt hat und eine der Ersten war, die ich nach meiner Rückkehr nach Österreich auf meinem beruflichen Weg kennenlernen durfte. Ich schätze es sehr sie kennen und bei ihr lernen zu dürfen. Ihre menschlichen Eigenschaften in Kombination mit fachlicher Kompetenz charakterisieren sie als eine starke Chirurgin mit einem großen Herz.

In dieser Danksagung möchte ich auch Dr. Max Neuwirth erwähnen und mich für seine Ratschläge und Tipps bedanken.

Auch darf ich auf Dr. Samo Wakounig von der Universität Klagenfurt nicht vergessen, der mich in der statistischen Datenanalyse beraten und mir geholfen hat.

Dr. Albin Obiltschnig vom Sanatorium Villach möchte ich für die gemeinsamen Operationen, bei denen der Gleitgewebelappen vom lateralen Femurkondyl eingesetzt wurde, auch ganz herzlich danken.

Alle diese Menschen haben ihren Beitrag geleistet, dass ich diese Arbeit verfassen konnte und von jedem Einzelnen habe ich gelernt. Es ist für mich ein Riesenglück und eine große Ehre solche Menschen in meinem Bekannten- und Freundeskreis zu haben.

Meiner Mutter Axana Kamenski möchte ich für die Illustration vom Aufbau eines peripheren Nerven danken. Ich bin auf ihr künstlerisches Talent sehr stolz.

## Zusammenfassung

Die Behandlung von mehrfach voroperierten Patientinnen und Patienten mit chronischem neuropathischem Schmerz, der auf rezidivierende Fibrose peripherer Nerven zurückzuführen ist, stellt seit vielen Jahren eine große Herausforderung dar. Diese Arbeit analysiert den Erfolg der Anwendung eines bisher nicht beschriebenen freien mikrovaskulären Gleitgewebelappens vom lateralen Femurkondyl zur Herstellung der Gleitfähigkeit und Vitalität des betroffenen Nerven, sowie zur Vorbeugung einer erneuten Vernarbung und Reduktion der Schmerzintensität als Rettungseingriff bei Patientinnen und Patienten, bei denen keine Möglichkeit für lokale Gleitlappenplastiken besteht, oder diese nicht zum Erfolg führten.

13 Patientinnen und Patienten (8 Frauen, 5 Männer) im Durchschnittsalter von 56 Jahren (27 bis 86) mit ausgeprägtem neuropathischem Schmerz (VAS-Mittelwert 8 (min. 6- max. 9,5) nach mehreren Operationen (0-5) an peripheren Nerven in der Anamnese (N. medianus 9/13, N. radialis superficialis 1/13, N. ischiadicus 1/13, N. tibialis posterior 1/13, N. pudendus 1/13) wurden im Zeitraum von 2016 bis 2020 nach einer offenen Dekompression, externen und/oder internen Neurolyse des betroffenen Nerven mit einem mikrovaskulärem Gleitgewebelappen vom lateralen Femurkondyl versorgt. Der Erfolg der Operation wurde nach einem Follow-up von 2,8 Jahren (0,7- 4,4) Anhang der Schmerzreduktion (VAS-, VAS for success und NRS-Score), des Vorhandenseins von TH-Zeichen, der Notwendigkeit einer medikamentösen Dauerschmerztherapie/ einer Schmerzambulanz, sowie mittels Pain Detect Score und Mayo Wrist Score (bei Patientinnen und Patienten mit einer OP-Indikation an der oberen Extremität) evaluiert.

Postoperativ wurde eine signifikante Verbesserung ( $p < 0,001$ ) der Schmerzintensität VAS postOP 3.3 (0-7,5) erreicht. Der durchschnittliche VAS for success ergab 6,2 (0-10). 6/13 Patientinnen und Patienten zeigten ein ausgezeichnetes Ergebnis (VAS 0-2), 6/13 Patientinnen und Patienten eine deutliche Verbesserung von VAS präOP 8.1 (6-9) zu VAS postOP 4.1 (3.5-5) und ein Patient (N. pudendus) hatte auch nach der Operation ein VAS von 7.5 (präOP 9.5) und benötigte weiterhin eine Dauermedikation mit Opiaten. 3/6 Patientinnen und Patienten mit guten Ergebnissen nahmen nach der Operation weiterhin NSAR ein. Der Pain Detect Score ergab postoperativ einen Durchschnittswert von 14,6 Punkten (5-27), 5/13 Patientinnen und Patienten hatten einen Wert 0-12 Punkten (keine neuropathische Schmerzkomponente); 4/13 einen Wert von 13-19 Punkten, 4/13 20-38 Punkte (bei diesen 4 Patientinnen und Patienten war eine neuropathische

Schmerzkomponente mit der Wahrscheinlichkeit > 90% weiterhin erhalten). Patientinnen und Patienten mit einer OP-Indikation an der oberen Extremität (N. medianus, N. radialis superficialis) füllten ebenfalls einen Mayo-Wrist-Score aus: 6/10 Patientinnen und Patienten gaben ein ausgezeichnetes Ergebnis, 3 Patientinnen und Patienten ein gutes und ein Patient ein ausreichendes Ergebnis, jedoch an der unteren Grenze von 65 Punkten an. (Mittelwert 90, min 65, max 100). Das TH- Zeichen war präoperativ bei allen Patientinnen und Patienten auslösbar, postoperativ war es bei 11/13 Patientinnen und Patienten nicht mehr vorhanden.

Es kann darauf geschlossen werden, dass der mikrovaskuläre Gleitgewebelappen als Rettungseingriff bei rezidivierender Fibrose peripherer Nerven zur Schmerzreduktion und Vorbeugung von CRPS 2, sowie zur Verbesserung der Lebensqualität erfolgreich eingesetzt werden kann. Jedoch sollte weiterhin an einem stadiengerechtem Konzept nach externer und vor allem auch nach einer internen Neurolyse zur Vorbeugung der rezidivierender Fibrose gearbeitet werden, damit ein derartig technisch aufwendiges Verfahren, das spezielle Ausstattung und fachliche Kompetenz erfordert, nicht notwendig ist.

**Keywords:** free microvascular gliding tissue flap, lateral femoral condyle, nerve wrapping

## Abstract

The treatment of patients with chronic neuropathic pain, which can be traced back to recurrent fibrosis after several operations on peripheral nerves, has been a major challenge for many years. This work describes the use of a new free microvascular gliding tissue flap from the Lateral Femoral Condyle (A. genu superior lateralis) on 13 patients (8 women, 5 men) aged 27-86 years with pronounced neuropathic pain VAS 8 (6-9.5) after several operations (0-5) on peripheral nerves (9/13 median nerve, 1 / 13 superficial radial nerve, 1/13 sciatic nerve, 1/13 posterior tibial nerve, 1/13 pudendal nerve) were diagnosed in the period from 2016-2020 after decompression, external and internal neurolysis with a free microvascular gliding tissue flap (A. genu superior lateralis) supplied. Postoperatively, a significant improvement ( $p < 0.001$ ) in pain intensity VAS postOP 3.3 (0-7.5) was achieved. VAS for success returned 6.2 (0-10). 6/13 patients had an excellent result, 6/13 patients a clear improvement VAS preOP 8.1 (6-9), VAS postOP 4.1 (3.5-5), and one patient also had a VAS after the operation of 7.5 (pre-OP 9.5) and needed opiates. 3/6 patients with good results continued to take NSAIDs after the operation. The Pain Detect postoperatively gave 14.6 (5-27), 5/13 0-12; 4/13 13-19, 4/13 20-38 (neuropathic component > 90%). Patients with an indication for the upper extremity also filled in a Mayo wrist score: 6/10 patients an excellent result, 3 patients a good one and one patient a sufficient result, but at the lower limit of 65 points. (Mean 90, min 65, max 100). The TH sign could be triggered preoperatively in all patients, postoperatively it was no longer present in 11/13 patients.

It can be concluded that the microvascular gliding tissue flap can be used successfully as a rescue operation in the case of recurrent fibrosis of peripheral nerves to reduce pain and prevent CRPS 2, as well as to improve quality of life.

**Keywords:** free microvascular gliding tissue flap, lateral femoral condyle, nerve wrapping

# Inhalt

Vorwort.....	3
Danksagung.....	5
Zusammenfassung.....	8
Abstract.....	10
Abbildungsverzeichnis.....	14
Grafikverzeichnis.....	18
Tabellenverzeichnis.....	19
Abkürzungsverzeichnis.....	19
1. Einleitung.....	21
1.1.Literaturübersicht. Geschichte der Gleitgewebelappenplastiken.....	23
1.2. Die Architektur eines peripheren Nerven.....	37
1.2.1.Gleitapparat des Nerven. Ursachen der gestörten Gleitfähigkeit. Chirurgische Relevanz.....	39
1.2.3. Nervenfaser Klassifizierung.....	41
1.3. Der neuropathische Schmerz.....	43
1.4. Einteilung der Nervenläsionen nach Schweregraden. Fibrorestadien nach Millesi.....	44
1.5. Präoperative Diagnostik.....	46
Klinische Untersuchung.....	46
Bildgebende Verfahren.....	47
1.6. Der Laterale Femurkondyl als Donor-Region. Geschichte. Anatomie. OP-Technik.....	49

Geschichte .....	49
Chirurgische Anatomie .....	54
Operationstechnik .....	55
1.7. Alternative Therapiemöglichkeiten .....	58
1.8. Ziel .....	60
Zielgrößen .....	60
Einflussfaktoren .....	60
Nutzen/Risiko Evaluierung .....	61
2. Material und Methoden .....	61
2.1. Visuelle Analogskala (VAS) .....	62
2.2. Numerische Ratingskala (NRS) .....	63
2.3. Pain Detect Score .....	63
2.4. Sort-Form McGill Pain Questionnaire (SF-MPQ) .....	63
2.5. Mayo Wrist Score .....	64
2.6. Patientinnen und Patienten .....	65
2.7. Statistik .....	66
3. Ergebnisse .....	68
3.1. VAS .....	69
3.2. NRS .....	72
3.3. Pain Detect .....	73
3.4. Sort-Form McGill Pain Questionnaire (SF-MPQ) .....	73
3.5. Mayo Wrist Score .....	74

3.6. Fallvorstellung .....	75
Fall 1 .....	75
Fall 2 .....	98
Fall 3 .....	111
Fall 4 .....	116
4. Diskussion .....	124
Literaturverzeichnis .....	129

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Die Architektur eines peripheren Nerven, gemalt von Axana Kamenski...	38
Abbildung 2 Fibrorestadien nach Millesi, Originalzeichnung aus dem Jahr 2004 Professor H. Millesi .....	46
Abbildung 3 Dellon- und Mackinnon-Stern zur 2-PD-Messung .....	47
Abbildung 4 Anatomische Landmarks: a) Fibulaköpchen (links), b) Kniegelenksspalt, c) Patellarand d) geplante Inzision (vom Kniegelenksspalt nach proximal geschwungen), d) unterer Rand vom M. vastus lateralis .....	56
Abbildung 5 Operationsfoto: links das Handgelenk, mit gelben Loops wurde der N. medianus angeschlungen, mit dem schwarzen kreuz wurde das TH-Zeichen markiert	76
Abbildung 6 Operationsfoto, Handgelenk links, Eintritt in den Karpalkanal .....	76
Abbildung 7 Operationsfoto, proximal des Karpalkanals, mit gelben Loop wurde der Ramus palmaris N. medianus angeschlungen .....	77
Abbildung 8 In der Pinzette R. palmaris N. medianus mit einem Neurom am Stumpf..	77
Abbildung 9 Äste des N. medianus proximal und distal des Karpalkanals .....	77
Abbildung 10 Äste des N. medianus distal des Karpalkanals .....	78
Abbildung 11 klinische Untersuchung, punctum maximum vom Schmerz und die Ausstrahlung markiert .....	79
Abbildung 12 Äste vom N. medianus distal des Karpalkanals beim Revisionseingriff..	79
Abbildung 13 Äste von N. medianus distal des Karpalkanals mit Narbe .....	80
Abbildung 14 Äste von N. medianus distal des Karpalkanals nach der Neurolyse, unten im Bild ein lokales Fettläpchen .....	80
Abbildung 15 Lipom im Bereich der Loge de Guyon .....	81
Abbildung 16 Loge de Guyon: gelb angeschlungen der N. ulnaris, rot angeschlungen die A. ulnaris .....	81
Abbildung 17 beide Operationszugänge .....	81

Abbildung 18	Markierung des TH-Zeichens proximal und distal des Sulcus N. ulnaris	82
Abbildung 19	Abbildung des TH-Zeichens im Bereich der Loge de Guyon, der Narbe über dem N. medianus distal des Karpalkanals mit Ausstrahlung in die Finger	83
Abbildung 20	Operative Zugang proximal des Sulcus N. ulnaris	83
Abbildung 21	N. ulnaris proximal des Sulcus N. ulnaris (Eintrittsstelle)	84
Abbildung 22	Gelb angeschlungen N. ulnaris proximal und distal des Sulcus N. ulnaris	84
Abbildung 23	N. ulnaris im Bereich der Loge de Guyon, mit schwarzem Kreuz das TH-Zeichen markiert	85
Abbildung 24	Fibrose von N. ulnaris im Bereich der Loge de Guyon	85
Abbildung 25	rechts unten angeschlungen N. ulnaris, rechts oben N. medianus proximal des Karpalkanals, links distal des Karpalkanals	86
Abbildung 26	Fibrose im Bereich des N. medianus distal des Karpalkanals	87
Abbildung 27	Narbe und pathologisches Paraneurium im Bereich des N. medianus distal des Karpalkanals	87
Abbildung 28	Neurolyse und Engpasskontrolle des N. medianus im Bereich des Karpalkanals	88
Abbildung 29	N. medianus (rechts angeschlungen) und R. palmaris N. medianus (mitte links angeschlungen)	88
Abbildung 30	Gleitgewebe unter dem M. vastus lateralis mit versorgendem Perforator von der A. genu superior lateralis	89
Abbildung 31	Gefäßstiel der A. genu superior lateralis (Arterie in der Mitte und zwei Begleitvenen) in der poplitealen Gegend	89
Abbildung 32	Der Gleitgewebelappen nach der Entnahme	90
Abbildung 33	Der Gleitgewebelappen vom LFC vor dem Durchziehen und platzieren im Karpalkanal über dem N. medianus	90

Abbildung 34 Der Gleitgewebelappen vom LFC vor dem Durchziehen und platzieren im Karpalkanal über dem N. medianus, Übersichtsfoto .....	91
Abbildung 35 Der Gleitgewebelappen vom LFC nach dem platzieren über dem N. medianus im Bereich des Karpalkanals .....	91
Abbildung 36 Mikroskopbild vom Lappen mit Gefäßstiel vor der Anastomose .....	91
Abbildung 37 Mikroskopbild vom Lappen direkt nach dem Gefäßanschluss.....	92
Abbildung 38 Mikroskopbild vom Lappen ein paar Minuten nach dem Gefäßanschluss .....	92
Abbildung 39 Inzision distal des Sulcus N. ulnaris, mit Monocrylfäden der lokale Gleitgewebelappen am proximalen A. ulnaris Perforator .....	93
Abbildung 40 N. ulnaris im Bereich des Sulcus N. ulnaris nach der Neurolyse .....	94
Abbildung 41 N. ulnaris und lokaler Gleitgewebelappen mit Massband .....	94
Abbildung 42 Deckung des N. ulnaris mit einem lokalen A. ulnaris Perforatorlappen (hauch dünnes gut vaskularisiertes Gleitgewebe).....	94
Abbildung 43 Geplanter Zugang über der Loge de Guyon.....	96
Abbildung 44 Fibrotisches Gewebe um den N. ulnaris im Bereich der Loge de Guyon	96
Abbildung 45 N. ulnaris im Bereich des Loge de Guyon nach der Neurolyse, links im Bild Aufteilung auf den R. profundus und R. superficialis.....	97
Abbildung 46 Distale Perforator der A. ulnaris zum Gleitgewebe .....	97
Abbildung 47 lokaler Gleitgewebelappen am distalen Perforator der A. ulnaris .....	98
Abbildung 48 N. ulnaris im Bereich der Loge de Guyon nach der Deckung mit einem lokalen Gleitgewebeporatorlappen.....	98
Abbildung 49 Markierung des TH-Zeichens proximal, distal und über dem Karpalkanal mit Ausstrahlung in die Finger, zusätzlich TH-Zeichen über dem Loge de Guyon nach distal ausstrahlend .....	99

Abbildung 50 präoperative Markierung des TH-Zeichens über dem Karpalkanal in die Finger ausstrahlend und über dem Loge de Guyon nach proximal ausstrahlend.....	100
Abbildung 51 Operative Zugang über dem Loge de Guyon, medial der N. medianus angeschlungen.....	101
Abbildung 52 rechts im Bild Äste von N. medianus distal des Karpalkanals .....	101
Abbildung 53 Markierung des TH-Zeichens über dem Loge de Guyon und über dem Karpalkanal in die Finger ausstrahlend .....	102
Abbildung 54 lokaler Gleitgewebelappen am distalen Perforator der A. ulnaris .....	102
Abbildung 55 Postoperatives Bild.....	103
Abbildung 56 Narbenzug.....	104
Abbildung 57 Bewegungsumfang ambulantes bild, palmare Flexion im Handgelenk.	104
Abbildung 58 Bewegungsumfang, dorsale Flexion im Bereich des Handgelnks .....	104
Abbildung 59 Markierung der geplanten Narbenkorrektur .....	105
Abbildung 60 Lösung des Narbenzuges mit Z-Plastik.....	105
Abbildung 61 Modifizierte Z-Plastik im Bereich der hypotrophen Narbe am Unterarm .....	106
Abbildung 62 Postoperatives Bild mit Anzeichnung von der Stelle mit Schmerzen, Jucken und Brennen proximal der Narbe am Unterarm ulnarseitig und TH-Zeichen ulnarseitig von Karpalskanal.....	107
Abbildung 63 TH-Zeichen proximal des Karpalkanals.....	107
Abbildung 64 Narbe am Unterarm ulnarseitig und Hauttransplantat ulnarseitig .....	107
Abbildung 65 Narbengewebe über den N. ulnaris im Bereich der Loge de Guyon.....	108
Abbildung 66 Aufteilung von N. ulnaris auf R. superficialis und R. profundus .....	109
Abbildung 67 Landmarks im Bereich des lateralen Femurkondyls: unten links Fibulaköpfchen, links mittig Kniegelenksspalt, oben links der Patellarand, vom Kniegelenksspalt nach proximal geschwundeg der geplante Zugang über dem LFC .	110

Abbildung 68 Der Gefäßstiel der SLGA (Arterie in der Mitte, 2 Begleitvenen seitlich) in die Poplitea verlaufend .....	110
Abbildung 69 Gleitgewebelappen am Stiel vor dem Klippen .....	110
Abbildung 70 Gleitgewebelappen vom LFC nach der Entnahme, rechts mittig der Gefäßstiel .....	111
Abbildung 71 Mit einem Kreis markiert punctum maximum von Schmerz, mit einem Kreuz das TH-Zeichen markiert .....	113
Abbildung 72 In der Mitte N. pudendus intraoperativ .....	114
Abbildung 73 Gleitgewebelappen vom LFC nach der Entnahme .....	114
Abbildung 74 Gleitgewebelappen vom LFC nach dem Gefäßanschluss .....	115
Abbildung 75 postoperatives Bild .....	116
Abbildung 76 Neurografie 1 .....	119
Abbildung 77 Neurografie 2 .....	120
Abbildung 78 mit Kreis eingezeichnet punctum maximum vom Schmerz über dem Tarsalkanal, mit Strichen die Ausstrahlung .....	121
Abbildung 79 Mit Kreuz TH-Zeichen über der Narbe im Bereich des Tarsalkanals mit Kreis punctum maximum vom Schmerz am distalen Narbenrand .....	122

## Grafikverzeichnis

Grafik 5 Die Korrelation zwischen 1) VAS2 und VAS for success; 2) VAS2 und NRS; 3) VAS2 und Pain Detect .....	67
Grafik 1 Verteilung der betroffenen Nerven .....	68
Grafik 2 Entwicklung VAS: VAS präOP, VAS 1- unmittelbar postoperativ, bzw. in den ersten Wochen nach der Operation, VAS 2- mindestens 6 Monate postoperativ .....	70

Grafik 3 VAS-Verbesserung: VAS Verbesserung 1 (VASpräOP zu VAS1), VAS Verbesserung 2 (VASpräOP zu VAS2) .....	71
Grafik 4 VAS Gewinn 2: VAS2- VASpräOP, VAS for success (subjektive Einstufung von Patientinnen und Patienten vom OP-Erfolg).....	72
Grafik 6 Mayo Wrist Score prä- und postoperativ .....	74

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1.....	67
Tabelle 2 Einteilung der Patientinnen und Patienten Anhang des postOP VAS2 in 3 Gruppen: 1 Gruppe VAS2 0-2; 2 Gruppe VAS2 3,5-5; 3 Gruppe VAS2 >5 .....	72
Tabelle 3 Pain Detect Ergebnisse .....	73
Tabelle 4 Ergebnisse.....	75

## Abkürzungsverzeichnis

LFC lateraler Femurkondyl

NLG Nervenleitgeschwindigkeit

EMG Elektromyographie

VAS Visual Analog Score

NRS numerische Ratingskala

CTS Karpaltunnelsyndrom

TH Tinel-Hoffmann Zeichen

DIP distales Interphalangealgelenk

PIP proximales Interphalangealgelenk

GL Gleitkoeffizient

2-PD 2 Punkte Diskriminationstest

ROM range of motion

SLGA Arteria genu superior lateralis

DGA Arteria genu descendens

ILTB Iliotibialtract

IKDC International Knee Documentation Comittee Score

Womac Western Ontario and Mc Masters Universities Score

DGA Arteria genu descendens

CT Computertomographie

MRT Magnetresonanztomographie

OP Operation

präOP präoperativ

postOP postoperativ

St.p. Status post / Zustand nach

ZNS zentrales Nervensystem

SF-MPQ short form McGill Pain Questionnaire

## 1. Einleitung

Die Arbeit befasst sich mit einem bisher nicht beschriebenen freien Gleitgewebelappen von einer jedoch mittlerweile bekannten Donorregion, dem lateralen Femurkondyl. Ein freier Gleitgewebelappen als technisch aufwendiges Verfahren (Mikroskop, Mikroinstrumentarium, fachliche Kompetenz, OP-Dauer) kommt dann in Frage, wenn alle anderen Therapiemöglichkeiten (vor Allem lokale Lappenplastiken) erschöpft sind. Dabei handelt es sich um mehrfach voroperierte Patienten die nach dem Ersteingriff am peripheren Nerven zunehmend Beschwerden entwickelt haben. Bei den Beschwerden handelt es sich in erster Linie um neuropathischen Schmerz, sowie auch um Ausfälle im jeweiligen Versorgungsgebiet vom peripheren Nerven (Hypo-/Dys- und Parästhesien, sowie Kraftverlust). Diese Beschwerden lassen sich unter Anderem auf die Narbenbildung - „rezidivierende Fibrose“- des betroffenen Nerven zurückführen. Durch Narbenbildung wird das Gleitverhalten des Nerven massiv gestört, auch wird die Durchblutungssituation mit jedem Eingriff kritischer. Es kommt zur Ischämie des Nerven an der Stelle der Kompression. Eine freie Transplantation von vaskularisiertem (nach dem Gefäßanschluss) Gleitgewebe stellt eine Möglichkeit dar sowohl das pathologische Paraneurium des betroffenen Nerven durch ein neues „gesundes“ Gleitgewebe zu ersetzen, als auch, wenn notwendig, eine innere Neurolyse (Spaltung und Lösung des fibrotischen Epineuriums) durchzuführen, dabei jedoch die Blutversorgung zu sichern und somit einer rezidivierender Fibrose entgegenzuwirken.

Derzeit ist eine ausgeprägte rezidivierende Fibrose an peripheren Nerven, z.B. nach Primäreingriffen bezüglich Engpass- und Kompressionssyndromen peripherer Nerven und folgenden Revisionseingriffen kein häufiges Krankheitsbild mehr. Einerseits lässt sich das auf die Verwendung von optischer Verstärkung (Lupenbrille, Operationsmikroskop) bei der Primärversorgung und erster Revision, sowie die chirurgische Fachkompetenz durch die Erfahrung der vergangenen Jahre zurückführen, andererseits hat sich mittlerweile etabliert schon beim ersten Revisionseingriff am peripheren Nerv, der eine externe oder interne Neurolyse beinhaltet, diese mit lokaler Gleitgewebslappenplastik zu kombinieren und somit eine rezidivierende Fibrose vorzubeugen.

Ein freier Gleitgewebelappen vom lateralen Femurkondyl wird in dieser Arbeit als „Rettungseingriff“ beschrieben und setzt voraus, dass alle früheren Therapieversuche gescheitert sind.

Es handelt sich hierbei um eine Multicenterstudie und nur wenige klinische Fälle. Eine retrospektive Analyse von mehrfach voroperierten Patienten, die zunehmend eine Schmerzsymptomatik entwickelt haben, die sich manifestiert hat und durch medikamentöse Schmerztherapie nicht kupieren ließ, auf rezidivierende Fibrose eines peripheren Nerven zurückzuführen war und mit einem freien Gleitgewebelappen vom lateralen Femurkondyl behandelt wurde.

## 1.1.Literaturübersicht. Geschichte der Gleitgewebelappenplastiken.

Bereits um das Jahr 1922 Stockey und 1944 Weiss gab es erste Publikationen, die sich mit der Regeneration und der Gleiteigenschaften der peripheren Nerven (unter Anderem N. medianus) nach chirurgischen Eingriffen befassen und die ersten Versuche einer lokalen Lappendeckung des N. medianus beschreiben, die das Vernarben des Nerven vorbeugen sollen und das Gleiten ermöglichen. (1)

Im Jahr 1920 beschreibt Schaffer J. das "Bindegewebe des Nerven" in einer Vorlesung über Histologie und Histogenese. Lang J. bezeichnet dieses 1962 als "conjunctiva nervorum" (2) und Thomas P.K. ein Jahr später als einen Teil des Epineuriums. Van Beck A. und Kleinert und Kollegen führen 1977 den Begriff "adventitia nervorum" ein und publizieren im selben Jahr außerdem eine Studie über die Möglichkeiten der Deckung des N. medianus nach einer externen Neurolyse und Dekompression des Nerven bei Revisionseingriffen mit einem M. abductor digiti minimi-Fettlappen. (3)

1952 behauptet Rozov Anhang einer klinischen Studie, dass im Fall von „bad scar“ nach einer Tenolyse ein freier mikrovaskulärer Gleitgewebslappen bis zu 50% des Operationserfolgs ausmacht. (4)

Boyes J.H. veröffentlichte 1956 Bunnell's Idee Gleitgewebe zu transplantieren um Adhäsionen der Sehnen nach Tenolysen vorzubeugen:

*„ After freeing a tendon from circatrix, if it all circatrix cannot be excised, it will be necessary to interpose some paratendon or smooth deep fascia between the tendon and the immobile cicatrix...”* (5)

Die Wichtigkeit einer guten Blutversorgung des Gleitgewebes bei Revisionseingriffen erwähnen in ihren Studien bereits Chaplin, Lundberg, Potenza und Kleinert. (6) (7) (8)

Im Jahr 1963 publiziert Krikuta die erste Anwendung von einem Omentum Lappen für Plexus brachialis bei St.p. Radiatio. (9)

1978 beschreiben Uhlschmid und Clodius die Entnahmetechnik und den Einsatz bei 7 Patientinnen und Patienten eines freien Omentum Lappens zur Deckung von Plexus brachialis bei St. P. radiation. (10)

Narakas AO veröffentlicht 1984 eine Studie an 45 Patientinnen und Patienten, von denen 16 einen Omentum Lappen zur Deckung von Plexus bei ausgeprägter Schmerzsymptomatik und St.p. Radiatio. Dabei beschreibt er bei 9/15 Patientinnen und Patienten eine komplette Schmerreduktion, bei 3/15 eine Verbesserung der Beschwerden und bei 2/15 keine Veränderung erzielt. (11)

Ende der 90-er Jahre befassten sich einige Pioniere der rekonstruktiven Mikrochirurgie mit den Gleiteigenschaften des Nerven. Einer davon war Professor Hano Millesi, der besonders intensiv sich mit der Innenarchitektur und dem Gleitapparat des Nerven und das ihn umgebende Gewebe- Paraneurium befasste. Er schlug eine Klassifizierung der Fibrose peripherer Nerven nach Stadien vor und betonte die Wichtigkeit einer stadiengerechten Dekompression und Neurolyse. (12) (13)

Zur selben Zeit publizieren Wintsch und Helaly eine klinische Studie, die, unter Anderem, dem freien mikrovaskulären Gleitgewebslappen ( an der A. thoracodorsalis) zur Rekonstruktion des Gleitmechanismus bei blockierenden Adhäsionen nach Tenolysen der Flexorensehnen im Bereich des Handgelenks, bzw. bei mehrschrittigen Rekonstruktionen der Sehnen und peripherer Nerven, gewidmet ist.

Die Autoren beschreiben die Voraussetzungen für das Gleitgewebe, das bei dieser Indikation für einen freien mikrovaskulären Transfer in Frage kommt:

*„One of the main advantages is that this tissue is available in very thin sheets and, that in certain areas of the body, these sheets have their own independent blood supply through a reliable vascular pedicle.“* (14)

Außerdem vergleichen sie in einer Cadaver-Studie das Gleitverhalten von subkutanem Fett- und Fasziengewebe und führen den Begriff “Gleitkoeffizient“ ein:

*„ The more one surface of the tissue can move against the opposite surface, and the thinner the layer between the two surfaces, the better the gliding property: we may therefore express this quality, that we call “gliding coefficient” by dividing distance of maximal possible shift by thickness of tissue sheet, both expressed in millimeters.*

$$\text{Gliding coefficient (GC)} = \frac{\text{max.shift(mm)}}{\text{thickness of tissue sheet (mm)}}$$

*A thin tissue layer between subcutaneous tissue and fascia has a much higher GC than the subcutaneous tissue.“*

So zeigt die Studie, dass das Faszien­gewebe ein deutlich besseres Gleitverhalten hat, als das subkutane Fett.

Wintsch und Helaly verdeutlichen nochmal die Wichtigkeit freier mikrovas­kulärer Gleitgewebelappen bei Rettungs­eingriffen an der oberen Extremität und beschreiben diese Anhang von folgenden klinischen Fällen, wo die Patientinnen und Patienten von der Kombination des Revisions­eingriffs/ der Revisions­eingriffe mit einem freien Gleitgewebelappen profitiert haben:

Fall 1:

Patientin, 32 Jahre, nach einem Quetsch- und Verbrennungstrauma des distalen Unterarms und der Hand, mit Verlust aller Beugesehnen und Amputation vom Ringfinger im DIP-Level, kleinen Finger auf PIP-Level und Fingerspitze des mittleren Fingers.

Nur passive Mobilität wurde erreicht. 9 Monate später ein abdominaler Lappen in einem "fremden" Krankenhaus für die Rekonstruktion der Unterarmweichteile.

Nach 3 Monaten wurde eine Rekonstruktion der langen Beugesehnen mit Transplantaten durchgeführt und ein Siliconstab für die spätere Rekonstruktion des N. medianus implantiert. Zusätzlich wurden die Transplantate und das Implantat mit einem freien mikrovas­kulärem A. thoracodorsalis Gleitgewebe (zwischen Mm. latissimus dorsi und serratus lateralis) gedeckt. 3 Monate später wurde der N. medianus mit einem Nerventransplantat rekonstruiert.

Das Resultat der Eingriffe zeigte eine aktive Mobilität, die genauso gut war, wie die Passive. Und eine deutliche Sensibilitätsverbesserung, so ergab der 2 Punkte Diskriminations-Test 8-12 mm.

Fall 2:

Patient, 52 Jahre, nach einem Hochspannungstrauma beider Arme mit einer Nekrose beider Unterarme und Verlust aller Beugesehnen beidseits.

Auf der linken Seite musste der N. medianus und der N. ulnaris reseziert werden.

Auf der rechten Seite war der N. medianus stark beschädigt, der Daumen und der Ringfinger mussten amputiert werden auf der Metacarpophalangealebene, und der Mittel- und Kleinfinger auf der Ebene des DIP-Gelenks.

Alle Wunden heilten nach einem Debridement mit Spalthautdeckung ab. Nach intensiver Physiotherapie wurde eine mässige passive Flexion erreicht.

Im Rahmen eines sekundären Eingriffs am linken Unterarm wurde die Rekonstruktion aller tiefen Beugesehnen, des N. medianus und N. ulnaris durchgeführt und mit einem freiem mikrovaskulären Gleitgewebslappen , sowie MESH-Graft gedeckt. Für die Nervenrekonstruktion wurden N. suralis, N. cutaneus femoris lateralis, sowie der Motornerve vom M. latissimus dorsi . Alle Sehnen wurden mit Fascia lata-Streifen rekonstruiert. Der freie Latissimuslappen (von der rechten Seite) wurde End-to-Side an die A. radialis distal angeschlossen. Leider zeigte sich intraoperativ die Gefäßwand der A. radialis in der Anschlußregion einen Schaden, der sich auf der preoperativen Angiographie nicht feststellen ließ, so dass die Anastomosebedingungen schwer waren.

Nach 3 Tagen unauffälligen Verlaufs mit Anzeichen guter Lappenperfusion kam es jedoch zu einer kompletten Nekrose des Lappens, sowie zum Verlust aller Sehnentransplantate. Lediglich die Nerventransplantate überlebten. Daraus wurde die Schlussfolgerung gezogen, dass nach einem Hochspannungstrauma die Gefäße einen ausgedehnteren Schaden davontragen, als bisher vermutet und die Anschlussregion für freie mikrovaskuläre Transplantate weiter proximal zu wählen sei.

Im Rahmen der nächsten Sitzung wurde für einen freien Fascia lata-Lappen (von der linken Seite) für die Rekonstruktion der Sehnen, des Gleitverhaltens, und für die Hautdeckung, entschieden.

In der nächsten Operation wurde die Faszie im Lappen (zwischen den beiden Gleitgewebsschichten) proximal und distal vorsichtig dargestellt und tunneliert, anschließend mit einem Faszienstripper in 5 getrennte Streifen geteilt, proximal mit Beugemuskeln und distal mit Beugesehnen genäht.

Nach 4 Monaten Outcome: "claw hand" mit nur leichter aktiver Flexion. Die Sensibilität verbesserte sich jedoch deutlich und der 2 Punkte Diskriminationstest ergab 8- 11 mm. Ein weiteres Procedere bezüglich der Korrektur der Krallenhand wurde für die Zukunft geplant.

Für die Rekonstruktion am rechten Unterarm wurde für den Transfer vom Gleitgewebe zwischen M. latissimus dorsi und M. serratus lateralis and der A. thoracodorsalis entschieden. Die tiefe und oberflächliche D2, die oberflächliche D3 und die Flexor carpi ulnaris Sehnen wurden mit beiden Plantarissehnen rekonstruiert. Zusätzlich wurde ein

Siliconstab für die spätere N. medianus- Rekonstruktion implantiert und eine MESH-graft Hautdeckung durchgeführt.

Fall 3:

Patient, 23 Jahre, Schnitttrauma des linken Unterarms mit gebrochenem Glass in Folge eines Verkehrsunfalls. Alle palmaren Strukten auf Handgelenkebene, inklusive N. medianus , N. ulnaris und beider Hauptarterien, waren durchtrennt.

In Rahmen eines primären Eingriffs wurden alle 10 Beugesehnen, sowie die extensor policis brevis, abductor longus Sehne und der N. medianus genäht. Venentransplantate wurden für die Rekonstruktion der A. radialis verwenden, A. ulnaris konnte direkt genäht werden.

Als zweiter Schritt wurde in 3 Monaten eine Rekonstruktion des N. ulnaris mit einem Nerventransplantat durchgeführt.

In einer dritten Sitzung 3 Monate später wurde eine Tenolyse von allen Beugesehnen und eine Deckung mit einem freien mikrovaskulärem Gleitgewebelappen aus der linken M. latissimus dorsi Region durchgeführt. Der Lappen wurde End-to-Side proximal an die A. radialis angeschlossen.

10 Monate später war folgendes Ergebnis erzielt: ROM leicht eingeschränkt wegen Adhäsionen in der palmaren Region distal von der Grenze vom Gleitgewebelappen. Die Sensibilität ließ sich mit einem 2 Punkte Diskriminationstest von 9- 11 mm als zum Teil erholt beweisen.

Auch in diesem Fall war eine typische Krallenhand zu beobachten als Folge fehlender Funktion der intrinsischen Muskulatur. Weiterer Sehnentransfer zur Wiederherstellung der lumbricalen Funktion wurde geplant. (14)

1977 publizierte Milward den ersten erfolgreichen Revisionseingriff, dabei wurde der N.medianus nach einer externen Neurolyse mit dem M. abductor digiti minimi gedeckt. Daraufhin wurde 1983 schon eine Studie an 12 Patientinnen und Patienten mit Revisionseingriffen nach einem Release von N. medianus durchgeführt mit 11 guten bis exzellenten Ergebnissen. (15)

Unter einem guten bis exzellentem Ergebnis wird meistens eine signifikante Schmerzreduktion, ein Verschwinden des TH- Zeichen über der betroffenen Stelle (oft präoperativ mit Ausstrahlung in das jeweilige Versorgungsgebiet), die wiedergewonnene

Arbeitsfähigkeit, und von manchen Autoren - Wintsch und Helaly- wurde auch eine Verbesserung der Sensibilität im Innervationsgebiet ( 2 PD-Test), und ROM berücksichtigt.

1984 wurde von Dellon zum ersten Mal der M. pronator quadratus Lappen beschrieben. 6 von 7 Patientinnen und Patienten mit rezidivierendem Karpaltunnelsyndrom wurden mit gutem und exzellentem Ergebnis behandelt. (16)

1985 beschrieb Cramer als erster den Hypothenarfetflappen zur Vorbeugung einer rezidivierender Fibrose des N. medianus in einer breiten Studie an 45 Patienten mit einem Erfolg bei 41 Patienten. (17)

1980-1985 publizierten Brunelli und Brunelli ihre Ergebnisse an 36 Patientinnen und Patienten nach der Anwendung eines freien Omentum Lappens im Bereich des Plexus brachialis bei St.p. Radiatio. Bei allen 36 Patientinnen und Patienten wurde eine komplette Schmerzreduktion erzielt. (18)

In einem Tierversuch an einer Ratte (N. femoralis) wurde der Nerv 1 Mal mit einem freien Omentum- und 1Mal mit einem Muskellappen gedeckt, wobei sich im ersten Fall 5 x weniger Fibrose mikroskopisch nachweisen ließ. (19)

Becker und Gilbert berichteten 1988 als erste über die Deckung eines Nerven mit einem dorsalem Ast der A.ulnaris gestieltem Fetflappen mit einem gutem Ergebnis. (20)

Im Jahr 1986 veröffentlichten Holmberg und Kollegen eine Studie an 14 Patientinnen und Patienten, die nach einem Trauma oder mehreren operativen Eingriffen an der oberen Extremität (N. ulnaris, N. medianus) ein Neurom (7/11, 3/7 nur ein Neurom), Hyperästhesie/Allodynie des Hautareals über dem betroffenen Nerv (11/14) oder einen neuropathischen Ruheschmerz (5/14, bei 4/5 war kein Durchschlafen möglich) entwickelt haben. In dieser Studie wurden 3/14 Patientinnen und Patienten mit einem gestieltem Leistenlappen, 3/14 mit einem freien Scapula-Lappen (bei 1/3 hat der Lappen nicht überlebt, wurde mit einem gestieltem Leistenlappen gedeckt), 6/14 mit einem Latarmflap versorgt. 2/7 Patientinnen und Patienten mit Neurom wurden vollständig auskuriert, 1/7 nur zum Teil und 4/7 hatten keine Besserung der Beschwerden. Eine deutliche Verbesserung der Hyperästhesie wurde bei 8/11 und eine leichte Verbesserung bei 3/11 Patientinnen und Patienten erreicht. Der Ruheschmerz wurde bei 4/5 Patientinnen und Patienten vollständig auskuriert, bei einem Patient zum Teil gebessert. Viele der

Patientinnen und Patienten haben ein und mehrere kosmetische Eingriffe nach der Lappendeckung erhalten und trotzdem waren die Lappen „bulky“, prominent. (21)

1995 beschreibt Sotereanos gute bis exzellente Ergebnisse nach 2 Jahren Follow-Up bei 2 von 3 Patientinnen und Patienten mit einem CTS-Rezidiv nach einer Umhüllung des Nerven mit einer autologen Vene. (22)

1996 publizierte Masear eine große Studie an 119 Patientinnen und Patienten mit rezidivierender Fibrose peripherer Nerven, wo zur Vorbeugung einer Vernarbung des Nerven konservierte Nabelvene (allograft) verwendet wurde. In 79% der Patientinnen und Patienten wurde ein gutes bis exzellentes Ergebnis erreicht, bei 2 Patienten hat sich eine tiefe Infektion entwickelt. (23)

Strickland veröffentlicht im selben Jahr die Anwendung vom Hypothenarfetllappen zur Behandlung von CTS-Rezidiven an 62 Extremitäten von 58 Patientinnen und Patienten mit einem guten bis exzellentem Ergebnis nach 33 Monaten Follow-Up. (24)

Zur selben Zeit publiziert Plancher in einer gemeinsamen Studie mit Strickland und Kollegen eine Erfolgsrate von 95% bei 62 Patientinnen und Patienten mit CTS-Rezidiven, die mit einem Hypothenarfetllappen behandelt wurden. (25)

Mc Clinton beschrieb 30%-50% Resorbition bei der Anwendung von Unterhautfett bei rezidivierender Fibrose des N. medianus. (26)

Wulle C. publiziert im selben Jahr den Synoviallappen, der zur Deckung des N. medianus und Vorbeugung einer rezidivierender Fibrose eingesetzt wurde in einer Studie an 27 Patientinnen und Patienten. Mit einem Follow-Up zwischen 1 Monat und 14 Jahren (seit 1979) mit 6 exzellenten, 16 guten, 3 befriedigenden und 2 schlechten Ergebnissen.

Rose beschreibt 11 gute Ergebnisse bei 11 Patientinnen und Patienten mit Karpaltunnelrezidiv nach der Deckung des N. medianus mit einem M. palmaris brevis Lappen. (27)

1996 veröffentlicht Jones eine Studie an 9 Patientinnen und Patienten mit neuropathischen Schmerzen nach Mehrfachoperationen (1-5) an peripheren Nerven: 4/9 N. medianus, 3/9 N. ulnaris, 1/9 N. radialis und 1/9 N. tibialis posterior. Bei Revisionseingriffen wurde bei 5/9 Patientinnen und Patienten eine externe Neurolyse und eine Epineurotomie/Epineurektomie und bei 4/9 auch eine interne Neurolyse durchgeführt. Bei 3/9 Patientinnen und Patienten wurde ein lokalgestielter A.radialis Faszienperforatorlappen (2x antegrad für N. medialis und für N. ulnaris, 1x retrograd für

N. medialis) eingesetzt und bei 1/9 Patienten wurde ein freier mikrovaskulärer A. radialis Faszienperforatorlappen am N. tibialis posterior im Bereich des Tarsalkanals; bei 2/9 Patientinnen und Patienten wurde der freie mikrovaskuläre fasziocutane Scapula-Lappen (1x für N. medianus und 1x für N. radialis); bei 1/9 Patienten wurde ein freier mikrovaskuläre fasziocutane Lateral arm flap (für N. medianus) und bei 2/9 Patientinnen und Patienten ein freier mikrovaskulärer Latissimus dorsi Muskellappen mit einer Hautinsel verwendet (1x für N. medianus und 1x für N. ulnaris) zur Vorbeugung einer rezidivierender Fibrose und als Folge einer Traktionsneuritis eingesetzt. Die Patientengruppe wurde 1-5 Jahren beobachtet. Bei 5/9 Patientinnen und Patienten wurde exzellentes Ergebnis im Sinne einer Schmerzreduktion von VAS präop 8 aus postop 1, bei 2/9 Patientinnen und Patienten ein gutes Ergebnis – VAS präOP 8-10 und VAS postOP 2-4 (keine Analgetika Einnahme)erzielt, bei 2 Patienten wurde keine Besserung der Beschwerden erzielt und es war postoperativ die Einnahme von Opiaten, sowie eine Schmerzambulanz notwendig. Bei 7/9 Patientinnen und Patienten war präoperativ eine Sensibilitätsstörung im Sinne von Hypo- und Parästhesie, bei 2/9 keine Sensibilitätsstörungen. Bei 3/7 Patientinnen und Patienten mit Sensibilitätsstörung wurde eine Verbesserung der Beschwerden, bei 2/7 keine Änderung, bei 1/7 ist eine leichte Verbesserung (die Taubheit ist geblieben, die Parästhesien haben sich reduziert und bei 1/7 Patienten eine Verschlechterung erzielt. 5/9 Patientinnen und Patienten waren nach der Operation wieder arbeitsfähig (2/5 kehrten in ihre Arbeit zurück und 3/5 haben eine schonenderer Tätigkeit aufgenommen), 2/9 planten in der Zukunft ihre berufliche Tätigkeit wiederaufzunehmen und 2/9 waren arbeitsunfähig. (28)

Im selben Jahr publiziert Millesi W. und Kollegen eine anatomische und klinische Studie über den Einsatz eines subpectoralen Gleitgewebelappen, die von Professor Hanno Millesi durchgeführt wurde. Das vom pectoralen Ast der A. thoracoacromialis gespeiste Gleitgewebe unter dem M. pectoralis major wurde an 11 Kadaver anatomisch untersucht und anschließend bei 9 Patientinnen und Patienten mit unterschiedlichen Indikationen (5x thoracic outlet syndrome, 3x St.p. radiatio und 1x nach einer Osteosynthese im Bereich des acromioclavicularen Gelenks) bei ausgeprägter Schmerzsymptomatik zur Deckung des Plexus brachialis als lokal gestielter Lappen angewendet. Dabei wurde bei allen Patientinnen und Patienten eine signifikante Schmerzreduktion sowohl unmittelbar nach der Operation, als auch nach einem Follow-up von 5 Jahren erzielt. Außerdem wurde eine Verbesserung der Sensibilität und der Motorik registriert und die Arbeitsfähigkeit zurückgewonnen. Nach dem Gleitgewebstransfer wurde eine partielle

Atrophie des claviculären Anteils des M. pectoralis major beschrieben, jedoch ohne funktionellen Verlust. (29)

1998 berichtete Giunta gute bis exzellente Ergebnisse bei 8 von 9 Patientinnen und Patienten, die bei einem CTS-Rezidiv mit einem gestieltem Hypothenarfettlappen behandelt wurden. (30)

1999 publizieren Frank und Kollegen eine Studie mit guten Ergebnissen bei 10 von 11 Patientinnen und Patienten mit rezidivierender Fibrose des N. medianus nach der Umhüllung des Nervs mit einem Hypothenarfettlappen. (31)

Im selben Jahr veröffentlicht Guillemot ein bedauerliches Ergebnis nach Anwendung von nicht gefäßgestieltem Subcutanfett, wo bei keinem (keiner) der 4 Patientinnen und Patienten eine signifikante Besserung der Beschwerden festzustellen war. (32)

Im Jahr 2000 berichtet Mathoulin und Kollegen über exzellentes Ergebnis bei 43 von 45 Patientinnen und Patienten nach einer Umhüllung des N. medianus mit einem Hypothenarfettlappen. (33)

2002 stellt Dahlin und Kollegen die Anwendung von lokalen (4 A. ulnaris gestielter Fettlappen, 1 A. interosseus posterior gestielter dorsaler Unterarmfaszienlappen) und freien (5 Lateral arm flap, 3 Scapula- und 1 Leistenlappen) Gleitgewebslappen bei 14 Patientinnen und Patienten mit einem Karpaltunnelrezidiv gegenüber. Nach einem durchschnittlichem Follow-up von 8,5 Jahren (3 Monate bis 14 Jahre) mit Hilfe eines selbstgestalteten Fragebogens und VAS-Score nach Ergebnissen ermittelt. Dabei blieben bei 3 von 14 Patientinnen und Patienten leichte Parästhesien und Taubheitsgefühl erhalten, 4 von 14 Patientinnen und Patienten gaben hingegen deutliche Besserung der sensorischen Funktion der Hand und Finger. 4 von 14 Patienten haben vor dem Revisionseingriff ihren Beruf ausüben können, 9 Patientinnen und Patienten kehrten nach dem Eingriff in ihr Berufsleben zurück. Insgesamt bei 10 Patientinnen und Patienten wurde ein gutes bis exzellentes Ergebnis erzielt. 10/14 Patientinnen und Patienten erlitten Komplikationen seitens der Spenderregion, dabei handelte es sich um störende Narbenbildung und Sensibilitätsveränderung. Bei 6/10 Patientinnen und Patienten kam es zu Komplikationen seitens der Entnahmestelle nach mikrovaskulärer und bei 4/10 Patientinnen und Patienten nach einer lokalen Lappenplastik. Die Autoren haben keine Vorteile der freien Lappenplastik gegenüber den lokal gestielten Lappen feststellen können. (34)

Im Jahr 2005 veröffentlicht Krishnan und Kollegen eine Studie an 7 Patienten mit unterschiedlicher Indikation den Einsatz von 3 lokal gestielten und 4 freien mikrovaskulären Lappen. Ein mikrovaskulärer fasziocutaner lateraler Armflap wurde zur Deckung von N. medianus und N. ulnaris bei einem Patient nach einer Colle's Fraktur verwendet. Die selbe Operationstechnik wurde bei einem Patienten mit ausgeprägtem Schmerz am Fußrücken nach mehrfacher Osteophytenabtragung zur Deckung des N. peroneus superficialis gewählt. Bei beiden Patienten kam es zur Schmerzreduktion. Beim ersten Patienten kam es zu einem Serom an der Entnahmestelle, der zweite Patient hat auch nach dem operativem Eingriff unregelmäßig NSAR eingenommen, hat jedoch seitens der Donorregion keine Komplikationen erlitten. Bei beiden Patienten war nach der Operation kein TH-Zeichen mehr auslösbar, auch konnten beide Patienten ihre Arbeitsfähigkeit wiedererlangen. Ein Patient erhielt nach einer Tumorsektion und St.p. Radiatio im Bereich des Plexus brachialis einen Tensor fascia lata muskulocutanen Lappen. Dabei wurde eine Schmerzreduktion und Sensibilitätsverbesserung erzielt, auch war das TH-Zeichen postoperativ nicht mehr auslösbar, jedoch hat auch dieser Patient postoperativ ein Serom entwickelt, das aber keine operative Intervention gebraucht hat. Der Patient konnte seine Alltagstätigkeit wieder aufnehmen (Rentner). Ein anderer Patient erlitt nach einer Achillessehnennaht eine Wundheilungsstörung und anschließend auch ein Tarsaltunnelsyndrom, weshalb er mehrmals operiert wurde und es zu einem neuroma-in-continuity vom N. tibialis posterior gekommen ist. Prä-operativ war beim Patienten durch die ausgeprägte Narbenbildung im Bereich des Tarsalkanals eine Schmerzsymptomatik, Allodynie und positives TH-Zeichen, sowie verringerte Sensibilität und verringertes ROM mit deutlicher Einschränkung im Beruf und Alltag. Nach der Resektion vom Narbengewebe und Defektdeckung mit einem mikrovaskulärem muskulocutanem M. tensor fascia lata- Lappen konnte der Schmerz deutlich reduziert, die Sensibilität verbessert und die Arbeitsfähigkeit wieder hergestellt werden. Der Patient konnte jedoch nicht höhere sportliche Belastung aufnehmen. Seitens der Entnahmestelle gab es keine Komplikationen. (35)

Im selben Jahr publizieren Goitz und Steichen ihre Langzeitergebnisse mit einem durchschnittlichen Follow-up von 6,6 Jahren von der Anwendung eines freien mikrovaskulären Omentum Lappen bei rezidivierender Fibrose vom N. medianus nach Karpalkanalspaltung. 9 Extremitäten von 6 Patientinnen konnten nachkontrolliert werden. Bei 4/9 Händen wurde eine Verbesserung im 2 PD- Test und bei 5/9 Händen wurde eine Sensibilitätssteigerung im Semmes-Weinstein Haarfilamenten Test registriert. 7/9

Extremitäten erwiesen postoperativ eine Steigerung der Griffstärke. 5/6 Patientinnen profitierten von dem Eingriff und gaben eine deutliche Verbesserung der Lebensqualität an. 4/6 Patientinnen erlitten Komplikationen, bei 3/6 Patientinnen kam es zur verzögerten Wundheilung und bei einer Patientin entwickelte sich eine ventrale Hernia im Bereich der Entnahmestelle. 3/6 Patientinnen konnten postoperativ zu ihrer Arbeit zurückkehren. Insgesamt konnte eine Verbesserung der Beschwerden erzielt werden, manche Symptome blieben postoperativ erhalten, aber zu einem geringeren Ausmaß. (36)

Luchetti publiziert 2006 ein gutes bis exzellentes Ergebnis bei 23 von 25 Patientinnen und Patienten nach der Anwendung von Hypothenarfettlappen, A. ulnaris gestieltem Faszienlappen, A. radialis gestieltem Faszienlappen. (37)

Craft veröffentlicht 2007 gute bis exzellente Ergebnisse bei 28 Patientinnen und Patienten mit CTS-Rezidiv, die mit einem Hypothenarfettlappen versorgt wurden. (38)

Wallach berichtet 2008 über Behandlung von 9 Patientinnen und Patienten mit rezidivierender Fibrose des N. medianus mit Subcutanfett aus der Leistenregion der selben Seite. Nach einem Follow-Up von 37 Monate (6-112) wurde bei 5 Patientinnen und Patienten ein gutes Ergebnis beobachtet. Auch das Fettsignal war bei allen Patientinnen und Patienten im Gd-Kontrast-MRT festzustellen. (39)

Im selben Jahr publiziert Stutz eine Studie an 26 Patientinnen und Patienten mit CTS-Rezidiv und ausgeprägter Narbenbildung, von denen 15 Patientinnen und Patienten bei einem Revisionseingriff mit einem synovialen Gleitlappen und 11 Patientinnen und Patienten mit einem A.ulnaris gestieltem Hypothenarfettlappen versorgt wurden. Die Studie zeigt, dass der Hypothenarfettlappen für Revision am N.medianus mehr zu empfehlen ist: DASH-Score 73%, TH-Reduktion 55%, Phalen-Test-Reduktion 46%, dist. Latenz von 6,81 msec auf 4,92 msec ; während in der Patientengruppe, die mit einem synovialen Lappen versorgt wurden DASH-Score 56%, TH-Reduktion 25%, Phalen-Test-Reduktion 13%, dist. Latenz von 6,04 msec auf 4,43 msec ergab. (40)

Fusetti veröffentlicht 2009 seine Erfahrung mit dem Hypothenarfettlappen bei 20 Patientinnen und Patienten mit einem Karpaltunnelrezidiv mit 18 guten bis sehr guten Ergebnissen (DASH-Score, 2 Punkte Diskrimination,TH). Bei 2 Patienten wurde keine signifikante Besserung der Beschwerden erzielt. (41)

Elliot untersuchte und präsentierte 2010 Ergebnisse einer Studie an 14 Patientinnen und Patienten mit rezidivierender Fibrose, dabei hatten 12 Patientinnen und Patienten ein

CTS-Rezidiv und 2 Patienten eine rezidivierende Fibrose des N. ulnaris im Unterarmbereich. In dieser Studie wurden die unterschiedlichen Schmerzformen bei diesem Patientenkontingent untersucht und die Beschwerden präoperativ und nach der externen Neurolyse mit anschließender Umhüllung des Nerven mit vaskularisiertem (A.ulnaris Perforator) Faszienlappen nach einem durchschnittlichen Follow-up von 19 Monaten (7-47) in einem Zeitraum von Oktober 1993 bis Jänner 2009 untersucht. Dabei wurde die Änderung der Beschwerden in Form von spontanem Ruheschmerz, spontanem stechendem Schmerz, Druckschmerz, Schmerz bei Bewegung und die Hypersensitivität beobachtet. Wobei nach dem Verfahren bei 12 Patientinnen und Patienten eine deutliche Besserung aller Schmerzmodalitäten erreicht wurde und bei 2 Patienten mit Karpaltunnelrezidiv nach einer externen Neurolyse und Deckung des Nerven mit vaskularisiertem Fasziengewebe weiterhin ausgeprägter. Bewegungsschmerz, Druckschmerz, Schmerzstechen und die Hypersensibilität bestanden. Bei beiden wurde infolge eine Arthrodese des Handgelenks durchgeführt. Einer von den beiden Patienten hat von diesem Eingriff profitiert und es wurde eine deutliche Schmerzreduktion erreicht. Der zweite Patient hat auch nach der durchgeführten Arthrodese noch einen leichten Druckschmerz angegeben. (42)

2011 beschrieb Masear die Verwendung von 19 Autologen (V. saphena/V. cephalica) und 126 Allograftvenen (menschliche Nabelvene) bei rezidivierender Fibrose peripherer Nerven. Das Verfahren wurde an 146 Nerven (überwiegend N. medianus bei CTS-Rezidiv, auch N.radialis, N.ulnaris, N. digitalis, N. palmaris cutaneus brachialis, Plexus brachialis, N. tibialis, N. ischiadicus) bei 135 Patientinnen und Patienten angewandt. Dabei kamen 58 sehr gute, 58 gute, 20 mäßige und 10 schlechte Ergebnisse heraus. Bei 17 von 30 Patientinnen und Patienten mit mäßigem bis schlechtem Ergebnis wurde intraoperativ ein Neurom in continuity mit intrafaszikulärer Fibrose festgestellt. Bei 10 Patientinnen und Patienten kam es zur einer Wundinfektion. Insgesamt hat sich die Methode bei richtig gestellter Indikation (kurzstreckige 2-3cm Fibrose ohne intraneuraler Fibrose) durchaus als erfolgreich erwiesen. (43)

Eine Gruppe von italienischen Handchirurgen Adani, Tos, Tarallo und Corain veröffentlichten 2014 ihre Arbeit über die Anwendung lokaler Gleitlappen- A. ulnaris und A. radialis Perforator Fettfaszienlappen für die Deckung bei traumatischen Neuromen des N. medianus. Bei 8 Patienten in einem Zeitabschnitt zwischen 2004-2010 wurde nach erfolgloser konservativer Behandlung (mind. 6 Monate) und bei 5/8 Patientinnen und Patienten nach erfolgloser Neurolyse des N. medianus nach einem Trauma

(Metall,Glas,..) in der Anamnese (alle hatten neuropathische Schmerzen und positive Kompressionsprovokationstests). Im Rahmen eines Revisionseingriffs eine externe Neurolyse und Deckung des Nerven bei 4 Patientinnen und Patienten mit einem lokalen A. ulnaris Perforator Fettfaszienlappen und bei 4 Patientinnen und Patienten mit einem lokalen A. radialis Perforator Fettfaszienlappen durchgeführt. Nach 41 Monaten follow-up wurde folgendes Ergebnis erzielt: durchschnittliches VAS reduziert sich von 7,8 auf 3,6 , wobei 5 Patientinnen und Patienten vollständige Schmerzreduktion, 2 Patienten milde Schmerzen angaben und 1 Patient keine Veränderungen der Schmerzbeschwerden feststellen konnte. Das TH-Zeichen war bei 5 Patientinnen und Patienten nicht mehr auslösbar, bei 2 Patienten im Vergleich reduziert und bei einem Patienten leider unverändert geblieben. Eine Änderung der Thenarmuskelkraft war in keinem der Fälle nachzuweisen. Insgesamt hat sich das Verfahren eine externe Neurolyse mit einer Umhüllung des Nervs mit einem lokalen gefäßgestieltem Fettfaszienlappen zu kombinieren auch in dieser Studie als erfolgreich etabliert.

Wichelhaus publiziert 2015 eine Studie an 18 Patientinnen und Patienten mit Karpaltunnelrezidiv die in einem Zeitraum von November 2009 bis November 2013 mit einem Hypothenarfettlappen versorgt wurden. Dabei wurde eine durchschnittliche Schmerzreduktion bis auf  $1,5 \pm 1,9$  vom präoperativen Wert von  $6,1 \pm 1,9$  erzielt. 14 von 18 Patientinnen und Patienten gaben VAS-Score nach 22 Monaten follow-up 0-2 (8/14 VAS 0), 4 Patienten haben VAS 3-6 angegeben (dabei handelte es sich um Patienten, die preoperativ ein VAS-Score von 8-9 hatten). Es wurde ein durchschnittliches DASH von 18 erreicht (DASH  $17,56 \pm 20,02$  postoperativ,  $42,22 \pm 21,38$  präoperativ). Die Griffstärke ergab bei den meisten Patientinnen und Patienten 90% von der gesunden Seite. Insgesamt haben 15 Patientinnen und Patienten die Operation als erfolgreich empfunden und die Besserung signifikant. 3 Patienten blieben mit dem Operationsergebnis unzufrieden.

Im Jahr 2018 veröffentlicht Dong-Kyo Seo und Kollegen einen Fallbericht über den klinischen Einsatz eines mikrovaskulären fasziocutanen SCIP- Lappens (superficial circumflex iliac artery perforator) in Kombination bei einem mehrfach voroperiertem Patienten mit CRPS2 zur Deckung des N. peroneus superficialis in Kombination mit Umhüllung des Nerven in eine inguinale Vene. Dabei wurde eine signifikante Schmerzreduktion (VAS 8-9 → VAS 2, sowie deutliche Verbesserung der Sensibilität (60-70% im Vergleich zur gesunden Extremität) erzielt. (44)

Im Mai 2020 publiziert Sara van Bekkum und Kollegen ihre Langzeitergebnisse durchschnittlich 5,7 Jahre (2,6-7,3) Follow-up nach einer mikrovaskulären M. gracilis Lappenplastik bei 15 Patientinnen und Patienten mit neuropathischem Schmerz (7x N. ulnaris, 4x N. medianus, 3x N. digitalis com., 1x N. radialis) nach Mehrfachoperationen an der oberen Extremität. Der durchschnittliche präOP VAS betrug 4,5 (0-10), der durchschnittliche postOP VAS 1,5 (0-7). Dabei kam es in dieser Studie zu einer hohen Komplikationsrate. 10/15 Patientinnen und Patienten erlitten postoperativ Komplikationen und 8/15 Patientinnen und Patienten haben einen sekundären Eingriff gebraucht. Dabei verloren 4/15 Patientinnen und Patienten der Lappen und wurden mit dem selben Lappen von der anderen Seite reoperiert, bei 1 Patient überlebte auch der zweite Lappen nicht. Insgesamt wurde jedoch bei den meisten Patienten postoperativ ein durchschnittliches VAS von 1,5 (0-7) erreicht. (45)

Nach einer ausführlichen Literaturrecherche lässt sich die Schlussfolgerung ziehen, dass es bei Revisionseingriffen im Falle einer rezidivierender Fibrose von peripheren Nerven nach einer externen und internen Neurolyse darauf ankommt 1) den Nerv in ein gut vaskularisiertes Gleitgewebe zu hüllen um der Ischämie entgegenzuwirken 2) das longitudinale Gleiten des Nerven durch eine Umhüllung des Nerven mit einer Gleitschicht zu ermöglichen und ein erneutes Vernarben des Nerven vorzubeugen.3) eine Schutzschicht (Polsterung) von Kompression mitzubedenken.

Anhang von Karpaltunnelrezidiven, die infolge einer inkompletten primären Spaltung des Retinaculum flexorum, einer Verletzung des Nerven beim primären Eingriff oder aus vielerlei anderen Gründen, so wie auch posttraumatischen Neuomen, die zu rezidivierender Fibrose des Nerven führen und einen Revisionseingriff erfordern, lässt sich zeigen, dass in den meisten Fällen lokale Fettfaszienlappen- vor allem der A. ulnaris-Perforator gestielter Hypothenarfetllappen, oder Unterarmfaszienlappen- durchaus ausreichend sind und gutes klinisches Outcome bieten.

Wenn es heißt nur kurze Strecken zu überbrücken (laut Masear 2-3 cm) ohne intraneuraler Fibrose wären durchaus sowohl die Auto-, als auch die Allogenentransplantate in Erwägung zu ziehen. Bei Rezidiveingriffen am N. medianus jedoch zu überlegen, denn im optimalen Fall ist für kurze und auch längere Fibrorestrecken genug vaskularisiertes Fett- und Faszienewebe lokal vorhanden, somit wäre keine zusätzliche Entnahmestelle (autologe Venen), oder zusätzlicher Kostenaufwand und Infektionsrisiko (Allotransplantate) notwendig. Denn das Verwenden von Venentransplantaten bei rezidivierender Fibrose peripherer Nerven zeigt kein

besseres Ergebnis, als die lokalen Lappenplastiken mit gefäßgestielten Fettfasziengleitlappen. Er erscheint jedoch wichtig, dass das transplantierte (lokal oder mikrovaskulär) Gleitgewebe eine sichere Blutversorgung aufweist. Außerdem wurde bereits sehr früh beobachtet, dass die Lappenkonsistenz einen Unterschied auszumachen scheint. So ist z.B. das Muskelgewebe eher ungünstig für die Umhüllung des Nerven, auch reine Faszielappen, oder auch das grobe subcutane Fett sind im Vergleich zu einer Kombination im Sinne eines Fett-Faszielappens (z.B. das von der A. thoracodorsalis gespeiste Gleitgewebe zwischen M. latissimus dorsi und M. serratus lateralis) nicht zu bevorzugen.

Bei erstem Revisionseingriff sollte wann immer möglich das lokale Gleitgewebe (z.B. bei N. medianus der A. ulnaris, oder A. radialis gestielte Perforatorlappen) nützen um den betroffenen Nerv zu umhüllen und einer Vernarbung entgegenzuwirken.

Sollte es jedoch zu einer rezidivierender Fibrose kommen, wenn alle lokalen Optionen erschöpft sind, oder wenn mehrere Nerven betroffen sind, ist ein freier mikrovaskulärer Gleitgewebslappen anzudenken. Mögliche Alternativen zu einem LFC-Gleitlappen werden unten aufgezählt und die Vor- und Nachteile erwogen und unter einander verglichen.

Eine Umhüllung des Nerven in ein gut vaskularisiertes Gleitgewebe erscheint vor allem dann dringend notwendig, wenn im Rahmen der Revision eine innere Neurolyse durchgeführt wurde. Um diese Zusammenhänge näher darzustellen, sollte die Architektur eines peripheren Nerven und die Ebenen des Gleitens beschrieben werden.

## 1.2. Die Architektur eines peripheren Nerven

Periphere Nerven bestehen aus einem kabelartigen Strang von Faszikeln unterschiedlicher Größe, die in ihrem Längsverlauf plexusartig miteinander in Verbindung stehen und von einer gemeinsamen bindegewebigen Hülle, dem Epineurium, umgeben sind. Ein Faszikel besteht aus mehreren Nervenfasern. Als Nervenfasern wird der Komplex von Axon und den ihn im Verlauf umhüllenden Schwannzellen mit Neurilemm (Basalmembran) bezeichnet. Mehrere Nervenfasern befinden sich in einem Endoneuralraum, als Endoneurium bezeichnet, das durch das Perineurium zu einem Faszikel vereint wird.

Im Endoneurium (als erstes beschrieben von Fontana, Firenze, 1781; wiederentdeckt von Sunderland 1965, Brain 1965 und genau beschrieben von Clark und Bearn 1972)

befinden sich in der Regel mehrere Nervenfasern, Fibroblasten und seltene Mastzellen. Pro Faszikelquerschnitt je nach Faszikelgröße verlaufen meistens 2-6 Kapillaren parallel zum Faszikel. Längs verlaufende Kollagenfibrillen sind um die Nervenfasern herum dichter angeordnet (früher als eigene Nervenfaserscheide bezeichnet), dazwischen sind Mikrofilamente von elastischen Fasern unregelmäßig verteilt. Der Endoneuralraum ist an Stelle beginnender oder endender interfaszikulärer Anastomosen durch vom Perineurium ausgehende Septen unvollständig unterteilt. Zwischen den zellulären Anteilen des Endoneuriums und den Kollagenfibrillen befindet sich eine eiweißarme Flüssigkeit, die sich langsam in proximal-distale Richtung bewegt. Die Homöostase dieser Flüssigkeit wird einerseits durch die Bluthirnschranke, andererseits durch die perineurale Diffusionsbarriere aufrechterhalten.

Das Perineurium umhüllt die einzelnen Faszikeln und besteht aus mehreren Schichten abgeflachter Perineuralzellen (enthalten Pinozytosebläschen), die beidseits von einer Basalmembran bedeckt und durch dichte Verbindungen (zonulae occludentes, „tight junctions“) miteinander verbunden sind (feinste Faszikel haben nur eine Schicht). Zwischen den Perineuralzellschichten liegen längs und zirkulär orientiert elastische Fasern und Kollagenfaserbündel. Somit stellt das Perineurium im physiologischen Sinne die eigentliche Nervenülle dar.

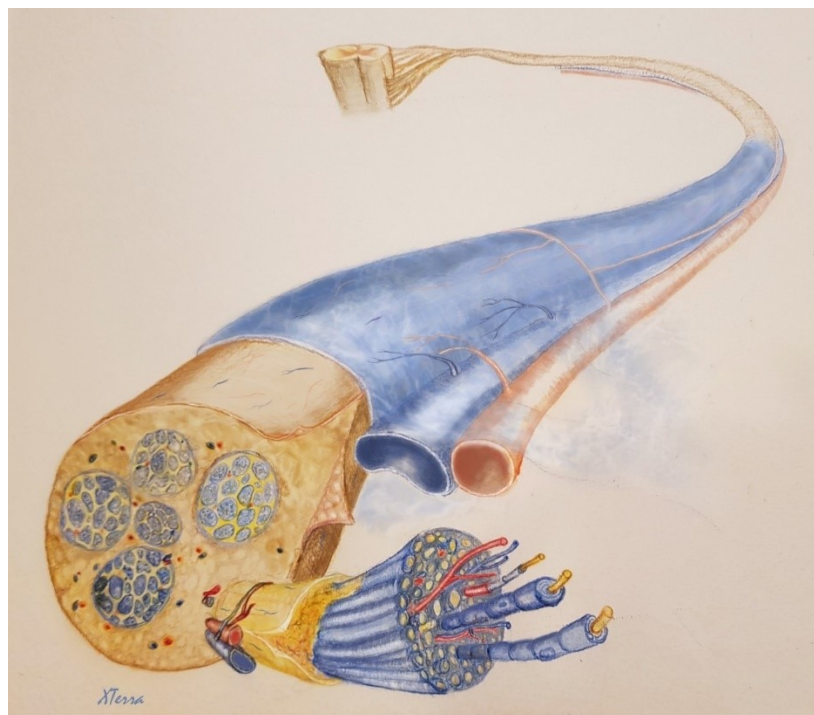


Abbildung 1 Die Architektur eines peripheren Nerven, gemalt von Axana Kamenski

Das den Nerv umhüllende Epineurium ist ein lockeres, fettreiches, durch quer- und längsorientierte Kollagenfasern verstärktes adventitielles Bindegewebe, das außerdem Vasa nervorum und Lymphgefäße beinhaltet und besonders in Muskellogen und in Gelenksnähe die Funktion eines Gleitlagers übernimmt. Man unterscheidet ein äußeres, epifaszikuläres Epineurium, das den ganzen Nervenstrang umhüllt, und ein inneres oder interfaszikuläres Epineurium, welches die Räume zwischen den Faszikeln ausfüllt. Die Nervenfaszikel liegen im Epineurium wellenförmig angeordnet, wodurch eine gewisse „Dehnung“ der Nervenstränge in Längsrichtung ermöglicht wird. (Mumenthaler, Stöhr 2007, Thieme; KRSTIC Berlin, Heidelberg, 1978, Springer).

Als Paraneurium wird das lose Bindegewebe mit zahlreichen Kapillaren und einigen Fettlobulen zwischen dem äußeren Epineurium und der Umgebung bezeichnet. Zum ersten Mal 1920 von Schaffer beschrieben, wurde das Paraneurium 1963 von Thomas in einer Elektronenmikroskop-Studie als Teil des Epineuriums unterteilt. Lang hingegen führte 1962 den Begriff „conjunctiva nervorum“ (analog zu „conjunctiva vasorum“) ein. Van Beck und Kleinert bezeichneten 1977 das Paraneurium als Gleitgewebe des Nerven (3) und 1978 wurde der Begriff „Paraneurium“ eingeführt.

### 1.2.1. Gleitapparat des Nerven. Ursachen der gestörten Gleitfähigkeit.

#### Chirurgische Relevanz.

Das Gleiten eines peripheren Nerven findet auf mehreren Ebenen statt:

- Bewegung vom Nerv gegenüber Umgebung - im Paraneurium;
- Elongation durch Verstreichung der Wellung;
- Bewegung der Faszikel gegeneinander – interfaszikuläres Epineurium.

Ursachen der gestörten Gleitfähigkeit können sein:

1) Einengung durch externe Faktoren:

- Anatomotomische „Engpässe“ (CTS, Louge de Guyon, Sulcus ulnaris, Tarsaltunnel u A.);

- Fibrose der Umgebung (Muskelfibrose, Narben);
  - Ödem;
- 2) Interne Faktoren/Folgen:
- Fibrose des Paraneuriums: Adhäsion, Schrumpfung in Längsrichtung;
  - Fibrose des externen Epineuriums;
  - Fibrose des internen Epineuriums;
  - Fibrose Perineurium;
  - Fibrose Endoneurium

## Chirurgische Relevanz

Fibrose peripherer Nerven hat fließende Stadienübergänge. Das sollte bei der Therapiewahl und -strategie berücksichtigt werden und das operative Vorgehen entsprechend angepasst. Die Grundansätze des chirurgischen Vorgehens sind die Dekompression, die Neurolyse und das Wiederherstellen der Gleitfähigkeit des Nerven. Dabei sollte zwischen folgenden Begriffen unterschieden werden:

- 1) Externe Dekompression: bei externer Kompression, z.B. bei anatomischen Engpässen (→ N. medianus im Karpalkanal u.A.), die anatomische Struktur (bei CTS Lig. carpi transversum wird durchtrennt), die den Druck verursacht wird entfernt.
- 2) Externe Neurolyse (Paraneurium): „pathologisches Gleitgewebe“-Adhäsionen. Beinhaltet eine Paraneuriotomie und wenn notwendig eine Paraneuriektomie.
- 3) Interne Neurolyse
  - epifaszikuläres Epineurium (epifaszikuläre Epineuriotomie, epifaszikuläre Epineuriektomie)
  - interfaszikuläres Epineurium (partielle interfaszikuläre Epineuriektomie).

Bei einer ausgedehnten Fibrose des Paraneurium und des Epineurium kommt es zu einer Kompression durch Schrumpfung in Querrichtung. Das chirurgische Vorgehen sollte eine innere Neurolyse beinhalten.

Nach einer erfolgten Neurolyse sollte die Gleitfähigkeit des Nerven sichergestellt werden. Beim Ersteingriff bezüglich eines anatomischen Engpasses wird auf die externe Dekompression und, wenn notwendig, externe Neurolyse gesetzt. Dabei bleibt im Idealfall die Gleitfähigkeit des Nerven erhalten. Wenn nach dem ersten Eingriff es in Folge einer inkompletten Spaltung von einengenden Strukturen zu einem Rezidiv kommt, wird nach einer erneuten Neurolyse die normale Gleitfähigkeit des Nerven massiv beeinträchtigt sein (TH-Zeichen+, Schmerz, Dysästhesien, Funktionsausfall). Somit wird beim nächsten Eingriff die Dekompression durch Narbengewebe durch eine externe und, wenn notwendig, interne Neurolyse beinhalten. Um die Gleitfähigkeit eines voroperierten Nerven wiederherzustellen, ist es wichtig das pathologische Paraneurium zu resezieren und den betroffenen Nerv mit lokalem gut durchblutetem Gleitgewebelappen zu versorgen. Wenn die lokale Lappendeckung nicht erfolgt oder nicht ausreichend ist, kann es zu erneuter Vernarbung des Nerven (rezidivierende Fibrose) führen. In diesem Fall sollte bei der nächsten Revision die anschließende Nervendeckung mit einem freien Gleitgewebelappen angedacht werden, da dieser die Möglichkeit bietet die Schadensstrecke mit einem gut vaskularisiertem Gleitgewebe zu decken und somit einer erneuten Fibrosierung entgegenzuwirken.

### 1.2.3. Nervenfasern Klassifizierung

Periphere Nerven verfügen über afferente Nervenfasern (Afferenzen, somatosensibel), die die Reizinformation vom Rezeptor zum ZNS leiten, sowie über efferente Nervenfasern (Efferenzen, somatomotorisch), die die Meldung vom ZNS an die Erfolgsorgane weiterleiten.

Eine Nervenfasern besteht aus einem Axon („Leitungsdraht“) und der umhüllenden Schwann-Zellen („Isolierung“). Jeder Nerv besteht aus mehreren Zehn bis mehreren Hundert solcher Nervenfasern. Je nach Dicke der Schwann-Zelle unterscheidet man von markhaltigen (myelinisierten) und von marklosen (unmyelinisierten) Nervenfasern.

Elektrophysiologisch kann man die markhaltigen Fasern mit großem Durchmesser als schnelle und marklose Fasern mit kleinem Durchmesser als langsame Nervenfasern bezeichnen.

Die erste Klassifizierung der Nervenfasern wurde von Lloyd und Hunt vorgeschlagen. Anhand des mittleren Faserdurchmessers und der Nervenleitgeschwindigkeit wurden Nervenfasern in 4 Klassen eingeteilt:

Klasse I : Nervenfasern mit dem mittleren Durchmesser 13µm und mittlerer Nervenleitgeschwindigkeit 75 m/s (70-120 m/s)- primäre Muskelspindelafferenzen und Sehnenorganafferenzen.

Klasse II: Nervenfasern mit dem mittleren Durchmesser 9µm und mittlerer Nervenleitgeschwindigkeit 55 m/s (25-70 m/s)- Mechanorezeptoren der Haut.

Klasse III: Nervenfasern mit dem mittleren Durchmesser 3µm und mittlerer Nervenleitgeschwindigkeit 11 m/s (10-25 m/s)- tiefe Drucksensibilität des Muskels.

Klasse IV: Nervenfasern mit dem mittleren Durchmesser 1µm und mittlerer Nervenleitgeschwindigkeit 1 m/s (0,5-2 m/s)- marklose Schmerzfasern.

Die Klassifizierung hat bis heute eine klinische Relevanz, jedoch werden nur die Afferenzen berücksichtigt.

Im Jahr 1944 erhielten Erlanger und Gasser den Nobelpreis in der Neurophysiologie für ihre detaillierte Differenzierung der einzelnen Nervenfasern. So werden je nach Vorhandensein der Myelinscheide, dem mittleren Durchmesser und der Nervenleitgeschwindigkeit alle Fasern in sechs Gruppen eingeteilt: A $\alpha$  (Myelinscheide, größter Durchmesser 15µm, höchste Nervenleitgeschwindigkeit 60-120 m/s), A $\beta$ , A $\gamma$ , A $\delta$ , B und C (ohne Myelinscheide, kleinster Durchmesser <3µm, niedrigste Nervenleitgeschwindigkeit 3-15ms).

Die meisten peripheren Nerven haben sowohl motorische, als auch sensible Nervenfasern. Proximal an den Extremitäten haben periphere Nerven eine monofaszikuläre Struktur (bzw. nur wenige Faszikeln)- motorische und sensible Fasern sind eng zusammengruppiert, je weiter distal, desto mehr Faszikeln bildet der Nerv, es kommt zu einer Trennung zwischen motorischen und sensiblen Nervenfasern, die Differenzierung zwischen den unterschiedlichen Fasern findet jedoch schon weiter proximal statt. Ein genaues Wissen über die Innentopographie des jeweiligen Nerven in Kombination mit klinischer Untersuchung der Motorik und Sensibilität erhöht den Therapieerfolg. Intraoperativ können durch eine Stimulation mit einer feinen Sonde mit niedriger Stromfrequenz (1-5 mA) die motorischen und sensiblen Fasern eines peripheren Nerven voneinander unterschieden werden.

Für die physiologische Schmerzempfindung (nozizeptiver Schmerz), als Reaktion auf einen mechanischen, thermischen, chemischen oder elektrischen Reiz, bei intakten peripheren und zentralen Strukturen, sind die Nozizeptoren zuständig.

Es sind zwei Grundklassen der Nozizeptoren zu unterscheiden:

- 1) Die A $\delta$ - Fasern- feine Nervenfasern, die eine hauchdünne Myelinschicht und eine Sensitivität zu mechanischen Reizen an der Haut haben. Sie leiten einen schnellen, scharfen Schmerz.
- 2) Die C- Faser- die feinsten und die langsamsten Nervenfasern ohne Myelinschicht, die zu thermischen und chemischen Reizen empfindlich sind. Sie leiten einen langsamen brennenden Schmerz weiter.

### 1.3. Der neuropathische Schmerz

- Auch „Nervenschmerz“ bezeichnet, tritt als direkte Folge einer Schädigung oder Erkrankung im somatosensorischen System auf und stellt eine Störung der Schmerzverarbeitung dar (im Unterschied zum nozizeptiven Schmerz). In dieser Arbeit handelt es sich um neuropathischen Schmerz nach operativen Eingriffen an peripheren Nerven, als Folge einer Vernarbung des Nerven (Fibrose). Typisch ist dabei ausgeprägter Schmerz (einschießend, elektrisierend, brennend) unmittelbar im Bereich der Narbe und im gesamten Versorgungsgebiet (distal) des entsprechenden Nerven, sowie Hypo-/Dys- und Parästhesien (Taubheit, Kribbeln, Ameisenlaufen). Eine leichte Berührung kann auch eine dem Reiz nicht entsprechende Schmerzreaktion auslösen, dies wird als Allodynie bezeichnet. Ein leichtes Beklopfen mit der Fingerkuppe des betroffenen Nerven im Bereich der Narbe, löst ein unangenehmes elektrisierendes Gefühl aus, das nach distal in das Innervationsgebiet ausstrahlt.(positives TH-Zeichen)
- Die neuropathische Komponente sollte von der nozizeptiven unterschieden werden, da die medikamentöse Therapie entsprechend angepasst werden muss. Während beim nozizeptivem Schmerz NSAR Mittel der ersten Wahl sind, müssen

bei neuropathischem Schmerz die Antidepressiva, Antikonvulsiva, Lidocain-Pflaster und zuletzt Opiode bevorzugt werden.

- Wenn der Schmerz über 3 Monate anhält, sollte bei Patientinnen und Patienten nach einem (oder mehreren) operativem Eingriff am peripheren Nerv nach einer Ursache evaluiert werden, um diese bald beheben zu können und einer Chronifizierung (Schmerzgedächtnis) entgegenzuwirken. Im anderen Fall kann sich ein sogenannter Complex Regional Pain Syndrom (CRPS) Typ2 bilden und manifestieren.
- Der neuropathische Schmerz kann auch mit Nozizeptivem in Kombination auftreten.
- Chronischer Schmerz hat enorme Auswirkung auf die Lebensqualität, unter Anderem auch auf den Schlaf (kein Durchschlafen möglich), die Alltagsaktivitäten und den Beruf.
- Sobald sich ein Schmerzgedächtnis manifestiert, kann auch das Beheben der Ursache (z.B. Kompression durch Narbe, gestörte Gleitfähigkeit) nicht immer erfolgführend sein. Das Gehirn muss dann zusätzlich „neu programmiert“ werden (z.B. durch Täuschung mit angenehmen Reizen im Schmerzareal, wie das Streicheln mit weicher Feder oder Fell). (46)
- Nichts desto trotz, sollte eine bekannte Ursache sobald wie möglich behoben und eine erneute Vernarbung, Kompression und Ischämie des Nerven vermieden werden.

## 1.4. Einteilung der Nervenläsionen nach Schweregraden.

### Fibrosestadien nach Millesi.

Die erste Einteilung der Nervenverletzungen nach Schweregraden wurde von Seddon im Jahr 1943 durchgeführt. Dabei werden alle Nervenverletzungen in drei Gruppen unterteilt, die den Ausmaß des Nervenschadens beschreiben:

- 1) Neuropraxie: Die Kontinuität von Axon und Nerv ist erhalten, die Funktion ist vollständig oder partiell beeinträchtigt. Ursachen können Kompression und/oder

Ischämie sein mit Funktionsausfall der Myelinscheide, die zu einer Blockade der Nervenleitung führt, jedoch keine Waller-Degeneration verursacht. Muskelatrophie tritt nie auf. Die Erholung tritt meist nach Stunde bis Wochen ein.

- 2) Axonotmesis: Die Kontinuität des Axons ist zerstört, die Hüllstrukturen des Nerven jedoch erhalten. Es findet eine Waller-Degeneration statt. Im EMG treten Muskelatrophien und Denervierungszeichen auf. Die Regeneration erfolgt durch das Aussprossen der Axone entlang der Endoneuralschläuche mit der bekannten Geschwindigkeit von 1 mm am Tag. Wenn keine Denervierungsfolgeschäden an Sehnen, Muskeln und Gelenken entstehen, kann die Prognose gut sein und eine spontane Heilung sollte abgewartet werden.
- 3) Neurotmesis: Die Kontinuität aller Nervenstrukturen ist unterbrochen. Die Spontanheilung bleibt aus und es kommt zu einer Neuombildung.

Im Jahr 1951 erweitert Sunderland die Klassifizierung von Seddon, indem er bei der Axonotmesis zusätzlich die Peri- und Endoneuriumschäden differenziert. Bei Sunderland Grad II handelt es sich um eine Verletzung des Axons, das Endoneurium und andere Strukturen sind jedoch intakt. Waller-Degeneration (-Degeneration eines Axons mit seiner Myelinscheide distal des Nervenschadens) läuft ab, der Heilungsprozess dauert jedoch mehrere Monate. Als Grad III bezeichnet Sunderland ein intaktes Perineurium und Epineurium, neben den Axonen sind aber auch die Endoneuralschläuche zerstört. Es wird dabei nur eine partielle spontane Erholung möglich sein. Zudem kommt es verstärkt zu Bindegewebsreaktionen wie Aktivierung von Fibroblasten, die eine Bindegewebsproliferation bewirken- Fibrose, die den Axonensprossen ein effizientes Durchwachsen erschweren können. Sunderland Grad IV beschreibt ein erhaltenes Epineurium, jedoch neben den Axonen und Endoneurium ist auch das Perineurium zerstört. Eine spontane Regeneration ist unwahrscheinlich aufgrund der unterbrochenen Faszikelstruktur und fehlenden „Leitschienen“, außerdem kann es zu Interposition vom Bindegewebe kommen. Ein äußerlich integrierender Nerv kann so ein Neuroma „in continuitatem“ entwickeln. Die Heilung kann nach einer Resektion der Schadensstelle mit einer End-zu-End Anastomose oder Nervenreplantation erzielt werden.

1992 wurde die Klassifizierung durch Millesi mit einer Gradierung der Fibrose-Stadien ergänzt (siehe Abbildung):

- 1) Millesi A: Fibrose des epifaszikulären Epineuriums;

- 2) Millesi B: Fibrose des interfaszikulären Epineuriums;
- 3) Millesi C: Intrafaszikuläre Fibrose (setzt mindestens einen Nervenschaden Sunderland Grad III voraus)

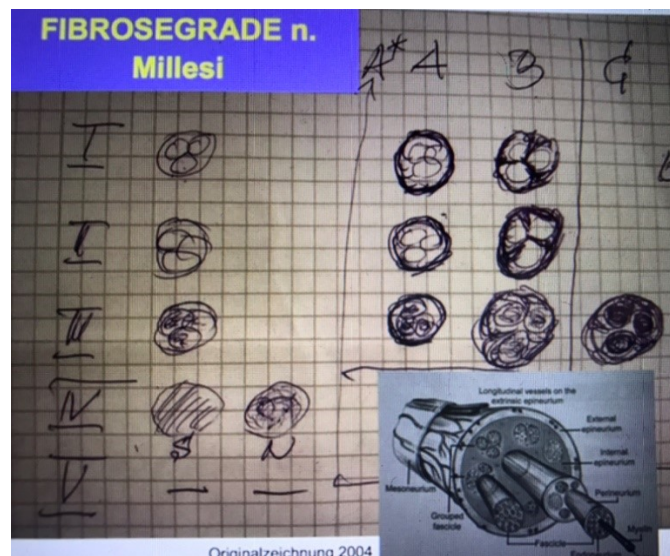


Abbildung 2 Fibrosestadien nach Millesi, Originalzeichnung aus dem Jahr 2004 Professor H. Millesi

Diese Beschreibung und Einteilung der Fibrose nach Stadien vervollständigte das Gesamtverständnis der Abläufe nach Nervenschäden, hat zudem einen großen klinischen Wert und ermöglicht es das chirurgische Vorgehen stadiengerecht zu optimieren um den maximalen Therapieerfolg zu erzielen.

## 1.5. Präoperative Diagnostik

### Klinische Untersuchung

- Anamnese: mehrfach voroperierte Patienten mit ausgeprägter Schmerzsymptomatik im Bereich der Narbe in das Versorgungsgebiet des entsprechenden Nerven ausstrahlend (distal der Narbe).
- Aktuelle Beschwerden: Schmerz, Hypo-/Dys- und Parästhesien, Kraftverlust  
Überprüfung der Sensorik: 2 PD

2-Punkte Diskriminationstest nach Weber- Einschätzung der Raumschwelle- der minimale Abstand, den zwei mechanische Hautreize voneinander haben müssen, um noch als getrennt wahrgenommen zu werden. Je mehr Tastpunkte ein

Hautareal hat, desto niedriger ist die Raumschwelle. Der 2 Punkte Diskriminationstest ist ein simultaner Raumschwellentest, bei dem zwei gleichzeitig ausgelöste Reize als räumlich getrennt wahrgenommen werden können.

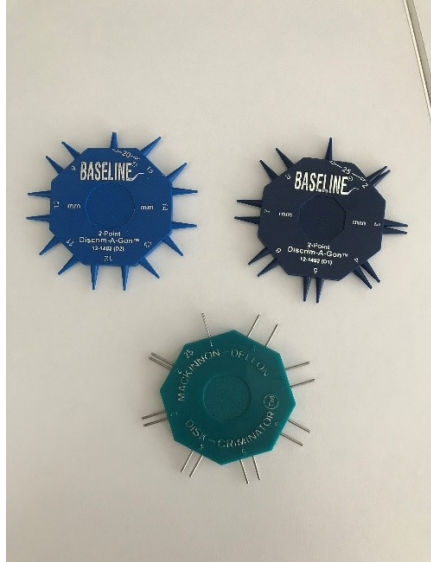


Abbildung 3 Dellon- und Mackinnon-Stern zur 2-PD-Messung

Tinel-Hoffmann Zeichen- klinisches Zeichen, das demyelinisierende und remyelisierende Prozesse von peripheren Nerven vorweist. 1915 von Hoffmann und Tinel zur Überprüfung der Nervenregeneration nach einer Nervennaht eingeführt. Axonenaussprossung (Nervenregeneration) distal der Nervennaht findet mit einer Durchschnittsgeschwindigkeit von 1mm am Tag statt. Durch das Beklopfen der distal der Nervennaht gelegenen Nervenleitbahn, kann im Fall einer erfolgreichen Nervennaht ein elektrisierendes Gefühl hervorgerufen werden und somit die Nervenregeneration überprüft. Ein positives Tinel-Hoffmann-Zeichen wird auch beim Beklopfen des vernarbten Nerven registriert, dabei wird ein als unangenehm empfundenes elektrisierendes Gefühl ausgelöst, mit der Ausstrahlung in das distal gelegene Versorgungsgebietes des betroffenen Nerven.

## Bildgebende Verfahren

1) MRT

2) Neurosonographie

- Eine hochauflösende Nervensonografie ist eine schnelle und sichere Diagnostikmethode um die faszikuläre Struktur des Nerven und das umgebende Gewebe (Adhäsionen, Fibrosezeichen) einschätzen und beurteilen zu können. Es ist außerdem möglich die Gleiteigenschaften des Nerven dynamisch zu überprüfen. Außerdem wird die Sonographie zur postoperativen Nachkontrolle herangezogen und der Erfolg der Operation (wiederhergestelltes Gleiten des Nerven) unmittelbar postoperativ, sowie auch nach mehreren Monaten und Jahren kontrolliert werden.
- Wenn ein hochauflösender Duplex zur Verfügung steht (in unserer Praxis wird das GE Logiq E- Gerät verwendet), gibt das Gerät ein sofortiges Ergebnis und es kann auf andere Bildgebung verzichtet werden.
- Außerdem ist es möglich die Vaskularisation vom Nerv und Umgebung und die Vitalität vom Gleitgewebe (prä- und postoperativ) zu kontrollieren.

### 3)Elektrophysiologische Untersuchung

#### Nervenleitgeschwindigkeit (NLG)

- Ist eine neurophysiologische Standarduntersuchung, hierbei wird der Nerv mit einer Elektrode proximal kontrolliert stimuliert und distal, im Versorgungsgebiet des jeweiligen Nerven der Impuls gemessen. Dabei wird nicht die Geschwindigkeit einer einzelnen Nervenfaser berechnet, sondern die Summe der Antworten aller Fasern. Die dabei schnellste erkennbare Antwort wird zur Bestimmung der Geschwindigkeit genutzt. Die Messung erfolgt mittels elektrischer Impulseinleitung/Auslesung entlang der Leitbahn.

Die Nervenleitzeit ist die Zeitreferenz zwischen zwei Markern. Die Ortsdifferenz kann mit einem Maßband gemessen werden. Der Quotient aus Orts- und Zeitdifferenz ergibt die Nervenleitgeschwindigkeit.

Bei einer rezidivierender Fibrose, ähnlich wie bei Engpasssyndromen, lässt sich eine Steigerung der distalen Latenz registrieren.

## 1.6. Der Laterale Femurkondyl als Donor-Region. Geschichte. Anatomie. OP-Technik.

### Geschichte

In unserer Studie haben wir uns für den Gleitgewebelappen vom lateralen Femurkondyl entschieden. Dabei handelt es sich um das feine Gleitgewebe auf der inneren Seite (zwischen Muskel und Knochen) vom M. vastus lateralis, das von der A. genu superior lateralis (aus der A. poplitea) versorgt wird.

Die Gefäßversorgung vom lateralen Femurkondyl wurde in einer der aktuellsten anatomischen Studien von Morsy und Moran beschrieben und ist im Jahr 2017 veröffentlicht worden, um den Femurkondyl als Entnahmestelle (in dieser Studie war der Akzent vor allem auf die Blutversorgung vom Knochen gesetzt, um daraus Empfehlungen für die bereits angewandte Methoden der Entnahme freier osteochondraler, sowie osteoperiostaler Transplantate formulieren zu können) aus dem Schatten zu führen.

Es wurden 23 untere Extremitäten mit einer Bariumsulfat-Latex-Mischung injiziert, vor der Präparation eine high-resolution CT-Aufnahme durchgeführt und anschließend die A. genu superior lateralis (SLGA) dargestellt und vermessen. Dabei kam heraus, dass SLGA 44,3mm (28,5 mm- 65,1 mm) proximal des Kniegelenkspalts aus der A. poplitea entspringt. Am Ursprung ein Gefäßdurchmesser von 1,9 mm (1,4 mm-2,8 mm) hat. Die Arterie steigt auf Richtung Femurkondyl hinter der Bizepssehne und bildet am Kondyl eine typische Gefäßzeichnung mit einem aufsteigendem (transversalem) und einem longitudinalem Ast, zieht dann in Richtung "laterales intramuskuläres Septum"(Bezeichnung aus Originalquelle-Septum intramusculare lateralis) und teilt sich anschließend in ein oberflächliches (patellares) und tiefes (kondyleres) System auf, aus dem auch ein konstanter Hautperforator entspringt. Das Gefäßkaliber im Bereich der

Aufteilung wurde bei 1,2 mm (0,7 mm- 1,9 mm) gemessen. Und die durchschnittliche Stiellänge betrug 56 mm (38,1 mm- 72 mm). Diese Vermessung hat eine große chirurgische Relevanz. (47)

Eine Gruppe von Grazer rekonstruktiven Chirurgen Parvizi, Vasilyeva, Schintler, Kamolz, Bürger haben 2016 ebenfalls eine anatomische Cadaver-Studie durchgeführt um das Gefäßsystem um den lateralen Femurkondyl, die Blutversorgung sowohl vom Knochen-, sowie auch von Weichteilen, so zum Beispiel vom ILTB (Tractus iliotibialis), und von dem Hautareal, um Empfehlungen zur Transplantatentnahme bei Knochen-, Knorpel-, und Weichteildefekten zu verfassen.

Die Studie wurde an 28 Cadaver-Extremitäten, konserviert nach Thiel-Methode, die true-to-live color, Flexibilität und die Konsistenz des Gewebes und der Gefäße erhalten, durchgeführt. Das Gefäßsystem wurde mit einer Thiel DGM 85 (liquid latex-dextrin-lead tetroxide)- Mischung injiziert. Diese patentierte Injektionsmischung soll das Visualisieren auch von sehr kleinen (unter 1 mm Durchmesser) Gefäßen ermöglichen.

Diese Studie beschreibt in allen 28 Fällen den Ursprung der SLGA von der A. poplitea, einen Gefäßkaliber am Abgang von  $2,14 \pm 0,15$  mm. Eine Aufteilung auf das oberflächliche (patellare) und tiefe (kondyläre) System, war in 27 Fällen (96%) zu beobachten. Während des ganzen Gefäßverlaufes wurden zahlreiche Abgänge in den lateralen Femurkondyl (2 Hauptäste unmittelbar am Kondyl: ein longitudinaler und ein zum Knorpel aufsteigender transversaler Ast, die sich proximal des Ansatzes der Kniegelenkscapsel am distalen Femurkondyl treffen-osteocondrale, osteoperiostale Transplantate), prepatellare Bursa, distales Drittel vom ILTB(als freies mikrovaskuläres Transplantat bietet Möglichkeiten für Achillessehnenrekonstruktion), M. vastus lateralis, Patella und das laterale Hautareal (Transplantate auch mit einer Hautinsel kombinierbar) um den distalen Femur beobachtet. Die Vermessung der Gefäßlänge der SLGA (der angedachten Stiellänge des Transplantats) in dieser Studie jedoch ergab einen durchschnittlichen Wert von  $37,86 \text{ mm} \pm 10,1 \text{ mm}$ , das heißt deutlich kürzeren Stiel, als in der Studie von Morsy und Moran und schränkt damit die chirurgische Indikation wegen der geringen Stiellänge (im Vergleich z.B. zu Transplantaten vom medialen Femurkondyl, wo das versorgende Gefäß A. genu descendens (GDA) im Fall einer Standardanatomie (Variitäten in 15-20%, wenn GDA aus der A. poplitea entspringt) aus der A. femoralis superficialis ihren Anfang nimmt und somit eine deutlich größere Stiellänge bietet) an. (48)

Im Jahr 2009 veröffentlichten Taniguchi und Kitano einen Case-Report:

Ein 36-jähriger Mann wurde mit 18 Jahren mit einer Totalendoprothese des Kniegelenks nach der Resektion eines Osteosarkoms der Tibia versorgt. Nach 17 Jahren und 6 Monaten ist die Tibiakomponente frakturiert. 4 Monate danach wurde ein Revisionseingriff durchgeführt und eine neue Prothese implantiert, dem zur Folge jedoch eine Hautnekrose von 4x13 cm in der vorderen Knieregion war. Es wurde ein lokaler SLGA gestielter Weichteillappen, der Haut, Subkutis, tiefe Faszie und Anteile vom distalen ILTB inkludierte, verwendet um den Defekt zu decken. Der Lappen heilte vollständig ein und es wurde ein gutes kosmetisches Outcome erzielt. Seitens der Entnahmestelle kam es zu keinen Komplikationen. (49)

Die nächste in der Literatur auffindbare klinische Studie, die sich mit SLGA-gestielten Weichteillappen befasst, erschien 2011 von Wiedner und Koch.

6 Patienten mit Diagnosen wie chronische Ulcera nach Ektomie der Bursa praepatellaris, Druckulcera von der Patella und 1 Defekt nach Resektion eines malignen Fibrohistozytoms im Kniebereich wurden in einem Zeitraum zwischen 2000- 2002 mit einem lokalen SLGA-Weichteillappen (7x5 cm- 18,6 cm) versorgt. Dabei haben alle 6 Lappen überlebt, 3 jedoch hatten eine Lappenspitzennekrose (3-28% der Lappenfläche), wobei nur bei 2 Patienten eine sekundäre Spalthautdeckung notwendig war. Es gab keine Komplikationen seitens der Spenderregion und das kosmetische Resultat war gut in allen Fällen. (50)

Die erste klinische Anwendung eines freien mikrovaskulären SLGA-gestielten Transplantates bei einer Skaphoidpseudarthrose wurde von H. Bürger erfolgreich am 15.09.2011 ausgeführt.

Die erste Publikation, die die Anwendung des osteochondralen Transplantats vom lateralen Femurkondyl an 2 Patienten mit Osteochondritis dissecans beschreibt, erschien im Jahr 2014 Higgins J., Bürger H. und war dem distalen Femur (sowohl medial, als auch lateral) als einer Spenderregion mit einem breiten und wichtigen Einsatzspektrum, dass das erhalten vom Knochen und Gelenk möglich macht, gewidmet. (51)

Laut dieser Studie eignet sich die Knorpelkrümmung (-convexität) und der Gefäßstielverlauf vom lateralen Femurkondyl mehr für die Rekonstruktion avaskulärer Nekroseherde an der medialen Talussehle der selben Seiten, als bei den osteochondralen Transplantaten vom medialen Femurkondyl. Der Gefäßanschluss erfolgte an die A. tibialis posterior.

In beiden Fällen kam es zur Knochenheilung und durch die Revaskularisierung der Umgebung, auch zur schnellen Rückbildung der Schmerzbeschwerden. In dieser Studie wurden keine Komplikationen seitens der Entnahmestelle, weder medial, noch lateral, dokumentiert. Wurde jedoch versprochen in den nächsten Studien auf die Hebermorbidität noch genauer einzugehen.

Im Jahr 2013 publiziert eine Gruppe aus Baltimore Higgins, Rao, Sexton ihre Studie über die Hebermorbidität am medialen Femurkondyl nach der Entnahme freier mikrovaskulärer osteochondraler und osteoperiostaler Transplantate zur Rekonstruktion an der Hand. Es wurden 10 Patienten, die in einem Zeitabschnitt zwischen April 2009 und Dezember 2010 operiert wurden, radiologisch und klinisch untersucht. Ein CT wurde nach einem durchschnittlichen Follow-Up von 18 Monaten (12,2- 30,4 Monaten) durchgeführt. Dabei wurde festgestellt, dass die reparative Knochenformation minimal ist und 4,5 mm (4- 6 mm) beträgt und es keine Anzeichen für degenerative Veränderungen, die auf die Entnahme osteoperiostaler, sowie osteochondraler Transplantate zurückzuführen wäre, gibt. Eine klinische Untersuchung der Patienten nach einem durchschnittlichen Follow-up von 17,5 Monaten (12,2- 30,4) zeigte, dass bei allen Patienten volle Flexion und Extension im Kniegelenk möglich waren und der Bewegungsumfang, der im gesunden Gelenk gleich. Somit konnten alle Patienten zu der gewohnten Aktivität, die sie vor dem Eingriff ausgeübt haben, inkl. Athletik, Laufen, zurückkehren. 2/ 10 Patienten gaben ein nach der Operation lang anhaltendes Taubheitsgefühl auf der distalen Oberschenkelinnenseite an. (52)

Eine weitere Studie, die sich mit der Hebermorbidität nach Entnahme von osteochondralen und osteoperiostalen freien mikrovaskulären Transplantaten vom medialen Femurkondyl befasst, erschien 2016 von Bürger, Windhofer, Higgins. Es wurden 45 Patienten radiologisch und klinisch nachuntersucht. Eine CT- und MRT-Kontrolle wurde nach einem durchschnittlichen Follow-up von  $27 \pm 17$  Monaten (9- 108 Monaten) durchgeführt, dabei ließen sich keine pathologischen Veränderungen feststellen. Nach einem durchschnittlichen Follow-up von 26 Monaten (1-3 Monaten) wurden die Patienten klinisch untersucht. Bei 45/45 war Knie und Patella stabil, das ROM

war gleich der kontralateralen Seite. Bei allen Patienten blieb die Hyperextension erhalten und die maximale Flexion ergab 120°. International Knee Documentation Committee Score (IKDC) ergab  $96 \pm 9$  (56,3- 100), Western Ontario and Mc Masters Universities Score (WOMAC) lag bei  $6\% \pm 16\%$  (0- 68%). 4/ 45 (9%) Patienten gaben an einen leichten Diskomfort während des Tages im Knie zu empfinden (nach der Entnahme osteochondraler Transplantate) VAS  $2 \pm 1$  (1-3), 10/45 (22%) Patienten gaben stärkere Beschwerden an VAS  $5 \pm 3$  (1-8). Es gilt jedoch zu erwähnen, dass 2 Patienten, mit dem höchsten VAS-Score vor der Entnahme des Transplantates bereits Eingriffe im Bereich des Knies hatten (ein Patient hatte einen Marknagel im Femur und einen in der Tibia, der andere hatte in Folge eines Traumas bereits Eingriffe im Kniegelenk). Durchschnittlich ließ sich der postoperative Schmerz auf 42 Tage ( 25- 60 Tage) schätzen. Der durchschnittliche Zeitraum, bis das Knie wieder "normal" war, lag bei 75 Tagen (45- 120 Tage). 9/45 Patienten gaben an in ihrer Aktivität eingeschränkter zu sein. Dennoch würden 44/45 Patienten diesen Eingriff wiederholen, wenn es erforderlich wäre. (53)

Es sollte berücksichtigt werden, dass bei den Patientinnen und Patienten, bei denen die Einschränkungen seitens des Knies bei Aktivität geblieben ist, handelt es sich in allen Fällen von Patientinnen und Patienten nach Entnahme eines Knorpelknochentransplantates- somit wurde die Gelenkscapsel eröffnet und ein gestielter Knorpel mit subchondralem Plateau und Knochen vom proximalen anterioren Femurkondylteil. Bei 2 von den 9 Patienten wurden bereits vor der Transplantatentnahme Operationen als Folge von Knie Trauma durchgeführt.

Die Patientengruppe nach Entnahme osteoperiostaler Transplantate vom lateralen Femurkondyl fühlte sich im Alltag nicht eingeschränkt und konnte zu ihrer gewohnten Aktivität zurückkehren.

Daraus lässt sich vermuten, dass nach der Entnahme vom Gleitgewebe aus dieser Region die Hebmorbidity noch geringer zu erwarten ist, da weder die Gelenkscapsel eröffnet wird, noch ein Knochen entnommen, so wäre nach Abheilen der Wunden eine Beschwerdefreiheit das Ziel.

Ab dem 2-ten postoperativen Tag darf das Bein im Kniegelenk (Spenderregion) vorsichtig bis zur Schmerzgrenze gebeugt werden und auch ein Teilbelasten der Extremität möglich. Nach 1-2 Wochen sollte der Rückkehr zu normaler Alltagsaktivität und Sport (wie Schwimmen und Radfahren) möglich sein. Extremlastungen sollte das Knie jedoch während den ersten 2-3 postoperativen Monaten nicht ausgesetzt werden.

## Chirurgische Anatomie

2015 präsentierten Wong, Bürger, Higgins, Iorio die Ergebnisse ihrer anatomischen Studie vom lateralen Femurkondyl, als Alternative einer Entnahmestelle für osteoperiostale Transplantate. Die Studie wurde an 31 frischen Cadaver-Extremitäten durchgeführt. Es wurden sowohl Latex-Injektionen (12/31 Präparaten wurde eine intraarterielle Latex-Mischung injiziert) als auch fluoroskopische Visualisierungsmethoden am Siemens Axiom Sireskop SD system (unter kontinuierlicher Zuführung vom Kontrastmittel - Novaplast Omnipaque 300 mg/mL, Novation, Irving, TX) zur Visualisierung von der SLGA angewandt. In allen 31 Fällen entspringt SLGA aus der A. poplitea  $4,9 \pm 1,2$  cm (2,8-7 cm) vom Kniegelenksspalt gemessen und hat ein Durchmesser am Abgang von  $1,8 \pm 0,5$  mm (1-3 mm). In dieser Studie wurde ein großer Wert auf die Blutversorgung vom Periost gelegt um chirurgische Empfehlungen zum Design von osteoperiostalen Lappen formulieren zu können. So auch die proximale Grenze des von der SLGA versorgten Periostareals gemessen. Sie liegt laut den Messungen bei  $11,7 \pm 2,1$  cm (9,3- 14,1 cm) vom Kniegelenksspalt. Es wurden aber auch andere Gefäßabgänge der SLGA nicht außer Acht gelassen und die Versorgung nicht nur vom Periost, sondern von ganzem distalem Femurschaft, dem Vastus lateralis, distalem Drittel vom ILTB und der Hautperforator, der das Areal über der anterolateralen Knieregion ( ca. 15x 10 cm) versorgt, dokumentiert. Die durchschnittliche Gefäßstiellänge ( für osteoperiostale Transplantate) der SLGA beträgt laut dieser Studie  $4,8 \pm 0,9$  cm (3,5-6,3cm). (54)

Die erste anatomische Publikation, die sich mit der Anatomie der SLGA in Bezug auf Lappenhebung befasst ist bereits vom Jahr 1989 aufzufinden. Laitung et al. beschreibt den Verlauf der SLGA und den Hautperforator anhang einer Untersuchung an 30 frischen Cadaverextremitäten, und die Möglichkeit lokaler Lappenplastiken bei Weichteildefekten im Bereich des Knies. (55)

Hayashi und Maruyama veröffentlichen 1990 ihre Ergebnisse einer anatomischen Studie an 10 Cadaver. Hayashi beschreibt die SLGA in allen Fällen von der A. poplitea abgehend und aus einem Dreieck, gebildet vom proximalen posteriorem lateralem Femurkondyl, M. vastus lateralis und kurzer Bizepssehne, aufsteigend, penetriert die Arterie tiefe Faszia (30-80 mm vom Kniegelenksspalt gemessen), gibt im ganzen Verlauf zahlreiche Äste ab, so wie auch einen konstanten Hautperforator. Es werden außerdem 3 klinische Ergebnisse vorgestellt, wo der SLGA gestielte lokale Hautsubkutislappen zur

Defektdeckung bei Weichteildefekten im Bereich des Knies erfolgreich eingesetzt wurde. Dabei kam es jedoch in allen Fällen zu einer Spitzennekrose des Lappens, die Hebmorbidity ist jedoch als gering beschrieben und das kosmetische Ergebnis als gut. (56)

Im Jahr 1995 publizieren Spokevicus et al. eine anatomische Studie der SLGA an 9 frischen Cadaver. Es wurden 3 klinische Ergebnisse präsentiert, wobei bei 2 Patienten der SLGA basierte Weichteillappen zum ersten Mal frei eingesetzt wurde um Defekte im Handbereich zu decken und 1 Mal als lokaler Lappen bei einem Weichteildefekt in der femoralen Region. Die Studie ergab, dass die Anatomie der SLGA als konstant, die Hebmorbidity als minimal und die Stiellänge als ausreichend zu werten sind. (57)

## Operationstechnik

Die Operation erfolgt unter einer Allgemeinnarkose. Es ist vom großen Vorteil wenn bei ausgedehnten mikrochirurgischen Eingriffen in 2 Teams parallel operiert werden kann. So versorgt das erste Team den betroffenen Nerv, entscheidet intraoperativ wie groß die mit dem Gleitgewebe zu deckende Fläche ist, bereitet das Loge für das Transplantat vor, sowie die Anschlussgefäße. Dabei wird sowohl mit einer Lupenbrillenvergrößerung (2,5x-4,3x) gearbeitet, als auch das operative Mikroskop verwendet.

Das zweite Team entnimmt das Gleitgewebe unter dem M. vastus lateralis, das von der SLGA gespeist wird.

Bei der Lagerung ist der Patient auf dem Rücken, das Bein wird mit Hilfe eines Gegentritts und einer Seitenstütze leicht angewinkelt positioniert. Es wird eine Oberschenkel Blutsperre zwar angebracht, wird jedoch nicht aktiviert, weil bei einer erhaltenen Durchblutung, die Gefäßversorgung vom Gleitgewebe deutlicher zu sehen ist. Das versorgende Gefäß entspringt aus der A. poplitea und muss auch teilweise recht tief bis zum Abgang präpariert werden. So kann die Blutsperre jeder Zeit bei Bedarf sofort aktiviert werden, wenn ein Gefäßclip abrutscht, oder ,im ungünstigsten Fall, ein Gefäß verletzt wird und es zu einer Blutung kommen sollte. Wichtig ist auch, das im Bereich der Kniekehle keine Stützrolle installiert wird, da es die Präparation in der poplitealen Gegend deutlich erschweren kann und dadurch auch ein größeres Verletzungsrisiko der Gefäße gegeben wäre.



Abbildung 4 Anatomische Landmarks: a) Fibulaköpfchen (links), b) Kniegelenksspalt, c) Patellarand d) geplante Inzision (vom Kniegelenksspalt nach proximal geschwungen), d) unterer Rand vom M. vastus lateralis

Zu den Landmarks gehören der Kniegelenksspalt und das Fibulaköpfchen distal, die Patella oben. Es kann meistens der M. vastus lateralis und der ILTB gut getastet werden.

Es wird in einer 2,5x-4,3x-fachen Vergrößerung mit einer Lupenbrille operiert.

Der Hautschnitt wird etwa eine Fingerbreite proximal des Kniegelenksspaltes ca. 8 cm über dem M. vastus lateralis nach cranial geschwungen. Je nach dem ob der Patient sehr sportlich und straff ist (längerer Schnitt, erschwerte Präparation), oder eher einen „weichen“ Muskel hat (das Mobilisieren der Schichten oft leicht mit einem Finger möglich, M. vastus lateralis kann leicht weggehalten werden), wird der Schnitt länger oder kürzer gewählt.

Nach dem Hautschnitt kann die Haut mit einem Finger unter der Subkutis mobilisiert werden. Es ist ein konstanter Hautperforator vorhanden, der meist durch den ILTB oder die Fascia lata tritt und ein Hautareal am distalen Oberschenkel außen (Hautareal über dem LFC) versorgt. Wenn keine Hautdeckung geplant ist, kann dieser ligiert oder mit Gefäßclips geklippt werden.

Von proximal nach distal wird dann die Fascia über dem M. vastus lateralis (ca. 1cm über dem ILTB) geöffnet und der Muskel mobilisiert und nach anteroproximal mit einem Langenbeck weggehalten. Nach diesem Schritt ist bei einem „weichen“ Muskel (=ohne große Anzahl an intermuskulären Septen, wie bei Patienten mit hoher Sportaktivität, z.B. bei Fußballspielern der Fall sein kann) nach dem Weghalten von M. vastus lateralis

bereits die gut versorgte Gleitschicht proximal, die von einem eigenen Gefäßast gespeist wird, zu sehen.

Es wird weiter nach distal schichtweise präpariert und der ILTB distal senkrecht inzidiert (beim Verschließen der Wunde wichtig mit z.B. 1.0 Vicryl-Nähten wieder zu vernehen) und mit scharfen Rechenhacken angehoben und zur Seite gehalten.

Der erste Gefäßast liegt direkt darunter und gehört zu dem oberflächlichen (patellarem) System der SLGA. An diesem Gefäß kann ein Stück concave Gelenksfläche von der Patella vaskularisiert für eine Gelenksrekonstruktion (z.B. im proximalen Handgelenk) als eigenes Transplantat, oder in Form von „kissing-flap“ mit einem Stück convexen Gelenksknorpel aus dem anteroproximal Knorpelanteil vom LFC zur Rekonstruktion z.B. von proximalen Kahnbeinpol oder proximaler Mondbeingelenksfläche mit der korrespondierenden Gelenksfläche am Radius entnommen werden. Wenn jedoch keine Entnahme von der Patella notwendig ist, dann kann dieser Gefäßast (enthält eine Arterie und 2 Begleitvenen) ligiert werden.

Der Gefäßstielverlauf wird nun erkennbar. Das Gleitgewebe kann von proximal unten und vom Unterrand des M. vastus lateralis mobilisiert und am proximal Rand abgetrennt werden. Nachdem die Defektstrecke über dem Nerv bekannt ist, kann der Lappen geplant werden. Es ist hilfreich das Gleitgewebe von dem geplanten Transplantat mit 5.0 Monocryl-Fäden zu markieren, diese Haltefäden können auch zum Schaffen der leichten Tension genutzt werden und somit das Präparieren, sowie das genaue Planen von der Lappenfläche erleichtern. In den meisten Fällen ist es ein sehr gut gefäßversorgtes Gewebe mit viel Gleitschichtanteil und auch Fettpartikel. Die Fettstruktur unterscheidet sich jedoch deutlich vom subkutanen Fett, es ist viel feinkörniger, flacher, glatter und mit einer großen Anzahl an Kapillaren.

Nachdem die Lappenfläche geplant ist kann die Mobilisierung und Umschneidung vom Lappen fortgesetzt werden, so von unten proximal arbeitet man sich langsam in distale Richtung (Innenseite vom ILTB). Dabei wird ein ILTB-Perforator visualisiert und kann geklippt werden. Danach wird nach dem Anheben vom Lappen und einer Anspannung im Bereich des Gefäßstiels deutlich sichtbar, dass dieser hinter der Bicepssehne in die popliteale Gegend verläuft. Der Gefäßstiel kann nun markiert und sollte stets kontrolliert werden. Weiters wird das Gleitgewebe unten distal präpariert. Dabei kann eine sehr feine bipolare Pinzette sehr hilfreich sein, weil man dadurch das gut durchblutete Gewebe akkurat mit einer Zupftechnik abtrennen kann.

Distal werden über dem lateralen Kondyl die zwei Hauptäste: longitudinaler und transversaler Ast dargestellt, und wenn die Blutversorgung vom Lappen durch einen separaten Gefäßast, der in den Gefäßstiel weiter verläuft gesichert ist, können die beiden in der Literatur sehr gut beschriebenen Hauptäste geklippt werden. Das Gleitgewebe wird dabei weiter abgetrennt und in den Lappen inkludiert, so dass eine einheitliche Fläche nach Möglichkeit ohne Perforationen gehoben werden kann. Dann wird der Lappen so weit notwendig von distal nach proximal präpariert.

Als letzter Schritt wird der Lappenstiel bis zu seinem Abgang von der A. poplitea verfolgt und kleine Äste zum hinteren Femurkondyl und in die intrakondyläre Gegend geklippt. Es sollte im Zweifelsfall kontrolliert werden ob der Stiel sowohl eine pulsierende Arterie in der Mitte, als auch Begleitvenen enthält. Durch das Separieren von Gefäßen in sicheren Verhältnissen und bei entsprechender Lupenbrillenvergrößerung kann sowohl die Arterie von den Venen unterschieden, als auch alle drei Gefäße nun geklippt werden. Dabei sollte in der Gegend der A. poplitea sehr darauf geachtet werden, dass der Clip auf einen ausreichend langen Stump gesetzt wird und jedes Abrutschrisiko somit vermieden wird. Sicherheitshalber wird empfohlen die Arterie doppelt zu klippen.

## 1.7. Alternative Therapiemöglichkeiten

- 1) Auto- und Allovenentransplantate (Masear; Dong)
  - Nichtvaskularisiertes Gewebe
  - Zur Umhüllung von kurzen Strecken (2-3 cm empfohlen) ohne intraneuraler Fibrose
  - Allotransplantate: kostenaufwendig, erhöhtes Infektionsrisiko
- 2) Freier mikrovaskulärer fasziocutaner Scapula Lappen (Gilbert und Teot; Holmberg; Jones; Dahlin)
  - Vaskularisiertes Gewebe (A. scapularis inf. Perforator)
  - Lagerung während der Operation erlaubt kein paralleles Operieren in 2 Teams → längere OP-Dauer
  - Für Indikation an der distalen oberen Extremität eher zu „bulky“ (prominent), kosmetisch ungünstig
  - Oft eine Verschmälerung des Lappens in einer zweiten Sitzung notwendig
- 3) Freier mikrovaskulärer Fett-Faszien-Lappen an der A. thoracodorsalis zwischen M. latissimus dorsi und M. serratus lateralis (Wintsch und Helaly)
  - Vaskularisiertes Gewebe

- Entnahme großer Transplantate möglich
  - Besonders zur Deckung von Plexus brachialis zu empfehlen
  - Oft wird ein Serom als Komplikation an der Entnahmestelle beschrieben
  - Ein paralleles Operieren wegen der Lagerung nicht immer möglich → längere OP-Dauer
- 4) Freier mikrovaskulärer Gracilis Lappen (mit und ohne Hautinsel möglich) (Caudhari und Gould; Sara van Bekkum und Kollegen)
- Vaskularisiertes Gewebe
  - Viele Komplikationen an der Entnahmestelle beschrieben
  - Muskelgewebe laut einer Studie an Ratten (N. ischiadicus) führt 5x öfter zu Fibrose im Vergleich zum Omentum (Brunelli)
  - Kosmetisch ungünstig
- 5) Freier mikrovaskulärer Omentum Lappen (Krikuta; Uhlschmid und Clodius; Narakas; Brunelli und Brunelli; Goitz und Steichen; Jones;)
- Vaskularisiertes Gleitgewebe
  - Besonders gut für große Areale geeignet (Plexus brachialis; zur Umhüllung von Sehnen und Nerven)
  - Hebermorbidität durch offene Laparotomie
- 6) Freier mikrovaskulärer fasziocutaner SCIP Perforatorlappen ( an der A. circumflexa iliaca superficialis) ( Dong-Kyo Seo und Kollegen)
- In der Studie in Kombination mit einer Inguinalvene (auto) beschrieben
  - Vaskularisiertes Gewebe (A. circumflexa iliaca profunda)
  - Enthält eine Hautinsel
  - Für die Indikation an der distalen oberen Extremität kosmetisch ungünstig
- 7) Freier mikrovaskulärer fasziocutaner lateraler Armflap (Katsaros et al.;Holmberg; Jones; Krishnan; Dahlin)
- Vaskularisiertes Gewebe (A. collateralis radialis posterior)
  - Enthält eine Hautinsel
  - Bei einigen Autoren ein Serom an der Entnahmestelle beschrieben
  - Kosmetisch ungünstig, oft ist ein sekundärer Eingriff zur Lappenversmälnerung notwendig.

## 1.8. Ziel

Das Ziel dieser Arbeit ist die Erfassung und Beurteilung von Schmerzreduktion, die Evaluierung des OP-Erfolges und der allgemeinen Zufriedenheit bei Patientinnen und Patienten nach Mehrfachoperationen an peripheren Nerven durch die unten genannten Ziel- und Einflussgrößen sowie der Vergleich mit ähnlichen Methoden.

Es ist zu erwarten, dass dieser Eingriff zu einer Verbesserung der Beschwerden bei geringer Hebmorbidität führt. Durch die geringe Anzahl an untersuchten Patientinnen und Patienten kann jedoch nur in beschränktem Rahmen eine statistische Signifikanz berechnet werden.

### Zielgrößen

- 1) Subjektive Einschätzung der Teilnehmenden durch Visual Analogue Scales
- 2) Subjektive Einschätzung der Teilnehmenden durch NRS (Einstufung vom Schmerz auf einer Skala von 0-100 (analog zum „Prozent“))
- 3) Mayo Wrist Score
- 4) Pain Detect
- 5) Short Form McGill Questionnaire (SF-McGillQ)
- 6) Nebenbefunde: TH-Zeichen, 2 PD

### Einflussfaktoren

- 1) Alter und Geschlecht der Patienten/-innen
- 2) Betroffener Nerv
- 3) Grund für die primäre Operation
- 4) Anzahl an Voroperationen
- 5) Risikofaktoren
- 6) Additive Therapiemaßnahmen (Schmerzambulanz etc.)
- 7) Regelmäßige Analgetikaeinnahme und Therapie
- 8) Lappenzusammensetzung
- 9) Intraoperative Komplikationen
- 10) Postoperative Komplikationen

## Nutzen/Risiko Evaluierung

Da es sich um eine retrospektive Datenerhebung und Analyse der Krankengeschichten und Untersuchungsergebnisse handelt, bestand und besteht für die Patientinnen und Patienten keinerlei Risiko.

## 2. Material und Methoden

Eine Suche in PubMed wurde durchgeführt. Nach der Literaturrecherche sämtlicher Studien wurde eine retrospektive klinische Analyse vollzogen in der alle Patientinnen und Patienten mit neuropathischem Schmerz, die zwischen 2016 und 2020 nach mehrfacher Operationen an peripheren Nerven in Folge einer rezidivierenden Fibrose einen neuropathischen Schmerz entwickelt und einen mikrovaskulären Gleitgewebelappen vom lateralen Femurkondyl erhalten haben. Da die Stellung einer OP-Indikation für eine technisch und zeitlich aufwendige mikrovaskuläre Transplantation vom Gleitgewebe stark von der individuellen Situation und vom Leidensdruck der Patientinnen und Patienten abhängig ist, gilt es im Rahmen dieser Arbeit den individuellen Verlauf, Zeit-/Beschwerde-Dynamik und Therapieerfolg zu analysieren und zu beschreiben.

Da der von den Patientinnen und Patienten empfundene Schmerz sich objektiv nur schwer erfassen und messen lässt, wird in dieser Analyse darauf gesetzt 2 unterschiedliche eindimensionale Schmerzskalen (visuelle und numerische) in unterschiedlicher Gradierung zu verwenden. Zur Evaluierung der Schmerzintensität prä- und postoperativ wurde das Visual Analogue Score (VAS) verwendet, so konnte die Schmerzintensität von 0 (kein Schmerz) bis 10 (stärkster Schmerz) in ihrer Dynamik erhoben werden und prä- zu postoperativ verglichen, die Differenz stellt die Schmerzlinderung dar. Mit einem VAS for success wurden die Patientinnen und Patienten gebeten den Therapieerfolg auf einem grafischen Balken der selben Gradierung einzustufen. Im Rahmen einer numerischen Ratingskala (NRS) wurde die Schmerzeinstufung von 0-100 vorgenommen. Zur Evaluierung der Schmerzqualität wurde das Short-Form McGill Pain Questionnaire (SF-MPQ) verwendet. Postoperativ wurde das Vorhandensein einer neuropathischen Komponente mit einem Pain Detect Fragebogen evaluiert. Die Patientinnen und Patienten, die den Gleitgewebelappen zur

Deckung von peripheren Nerven der oberen Extremität erhalten haben wurden zusätzlich mit einem Mayo Wrist Score beurteilt.

Einer der weiteren Bestandteile des Therapieerfolges ist die Verbesserung der Sensibilität, diese wird klinisch prä- und postoperativ untersucht und in ihrer Dynamik verfolgt. Es wird retrospektiv analysiert, ob und in welchem Ausmaß eine Sensibilitätsstörung (Hyposensibilität, Dys- und Parästhesien) vor und nach jedem operativen Eingriff vorhanden war und wie sich diese im Folge der Therapiemaßnahmen im Laufe der Zeit geändert hat.

Das Tinel-Hoffmann ist ein klinisches Zeichen, dass auf de- und remyelinisierende Prozesse im Nerv deutet, so kann dieses bei einer Nervenkompression und -ischämie, bei einer Läsion oder Neurom des peripheren Nerven positiv sein. (TH-Zeichen dient außerdem zur Nachkontrolle der axonalen Aussprossung nach einer Nervenrekonstruktion). Dieser klinische Test wird in dieser Arbeit berücksichtigt.

## 2.1. Visuelle Analogskala (VAS)

- dient zur Erfassung der subjektiven Schmerzwahrnehmung. Dabei wird der Schmerz zwischen 0 (kein Schmerz) und 10 (der stärkste vorstellbare Schmerz) auf einem Balken mit schwarz-weiß Übergang (0- weiß, von 10- schwarz in seiner Intensität steigend) eingestuft. Die Patientinnen und Patienten wurden gebeten nach eigener Einschätzung einen Strich auf dem Skala-Balken zu setzen. Das VAS-Score ist eine Möglichkeit für die Patienten visuell ihre Schmerzintensität zu interpretieren. Durch kontinuierliche Dokumentierung des VAS kann der Therapieerfolg kontrolliert und die Strategie angepasst werden. Das Verhältnis von VAS präoperativ zu VAS postoperativ gibt eine Möglichkeit den VAS-Gewinn zu berechnen. Die Patientinnen und Patienten wurden zudem gebeten den Therapieerfolg auf einem Balken von 0-10 einzustufen. Wenn nach dem Eingriff eine Dauersenkung des VAS-Scores gegeben ist, kann die Therapie als erfolgreich gelten. In dieser Studie wird das VAS präoperativ, VAS unmittelbar postoperativ, sowie nach mindestens 6 Monaten postoperativ erhoben.
- Zu den Vorteilen dieser Schmerzevaluierungsmethode gehören die einfache und schnelle Durchführbarkeit, die, in Dynamik erhoben, eine Aussage über den Therapieerfolg gibt.
- Zu den Nachteilen kann man zählen, dass bei dieser Methode die Schmerzqualität nicht berücksichtigt werden kann.

## 2.2. Numerische Ratingskala (NRS)

- Ist eine weitere quantitative Schmerzerfassungsmethode. Dabei werden die Patientinnen und Patienten gebeten ihre Schmerzintensität auf einem Lineal mit 11 Markierungen (0,10,20,..100), wo der Abstand zwischen jeder Markierung 10 mm entspricht und 0 für „kein Schmerz“ und 100 für „stärkste vorstellbare Schmerz“ steht einzustufen. Dabei wurde für ein 100-Punkte-System entschieden, in der Hoffnung, dass die Patientinnen und Patienten mit dieser Einstufungsmethode analog zum Prozent-System vertraut sind.
- Zu den Vorteilen zählt schnelle und einfache Evaluierungsmöglichkeit, die auch gut für dynamische Routineuntersuchungen geeignet ist.
- Zu den Nachteilen zählt man auch hier das Fehlen der Berücksichtigung der Schmerzmodalität.

## 2.3. Pain Detect Score

- dieser Fragenbogen wurde auf der Basis der Datenbank des Deutschen Forschungsverbundes Neuropathischer Schmerz und einer Literaturrecherche aufgebaut. Dabei wurden die häufigsten Symptome und Beschwerden, die bei Patientinnen und Patienten mit neuropathischem Schmerz charakteristisch sind zusammengestellt. Er erlaubt den nozizeptiven Schmerz und eine neuropathische Komponente von einander zu differenzieren und somit die medikamentöse Therapie besser anzupassen, da der nozizeptive Schmerz zunächst mit peripheren Analgetika (NSAR) und falls nicht effektiv mit schwach wirksamen Opiaten, während der neuropathische Schmerz in erster Linie mit Antidepressiva und Antikonvulsiva und in zweiter Linie mit Opiaten (oder auch einer Kombination) behandelt wird.
- die Sensibilität, Spezifität und Realibilität liegen bei ca. 84% (S. Seddigh Schmerzassessment: von der umfassenden Bestandaufnahme zur Differentialdiagnose, Thieme)

## 2.4. Sort-Form McGill Pain Questionnaire (SF-MPQ)

- ein Fragebogen der aus 3 Teilen besteht, dabei wird der Teil 1 zusätzlich in 2 Sektionen unterteilt: in der Sektion „a“ (die dem sensorischem Schmerzindex entspricht) zwischen 11 Schmerzmodalitäten die zutreffenden mit einem Häkchen zu wählen und diese mit 0-4 Punkten zu bewerten (0-keine, 1-

gering/leicht, 2-mäßig und 3-stark). Dabei handelt es sich um folgende Eigenschaften: klopfend, einschliessend, stechend, scharf, klemmend, nagend, heiss-brennend, schmerzend, schwer, empfindlich, durchtrennend. In dieser Sektion kann minimum 0 Punkte (0 Wert für den sensorischen Schmerzindex) und 33 Punkten (maximaler sensorischer Schmerzindex) erreicht werden. Die Sektion „b“ steht für affektiven Schmerzindex und hat die selbe Punktevergabe und es wurde vorgeschlagen zwischen folgenden Eigenschaften zu wählen: ermüdend-erschöpfend, Übelkeit erregend, beängstigend und strafend-grausam. Demnach kann auch hier minimum 0 Punkte und maximal 12 Punkte erreicht werden.

Der Teil 2 des Scores beinhaltet einen VAS-Score für die Schmerzintensität, die im Moment aktuell gefühlt wird. Auf einem Balken von 0 (kein Schmerz) bis 10 (der stärkste Schmerz, den man sich vorstellen kann) zu wählen.

Im Teil 3 wird gebeten die gesamte Schmerzerfahrung einzustufen, dabei bedeutet: 0- schmerzfrei, 1- gering/leicht, 2- unangenehm, 3- belastend, 4- fürchterlich und 5- qualvoll.

Minimale Punkteanzahl, die man in diesem Score erzielen kann beträgt 0, was auf absolute Schmerzfreiheit deutet und maximale 60 Punkte.

- berücksichtigt sowohl die Schmerzintensität, als auch die -qualität.

## 2.5. Mayo Wrist Score

- ein klinischer Fragebogen für Patientinnen und Patienten nach handchirurgische Eingriffen (vor allem nach Frakturen) der zum ersten Mal 1980 von Green und O'Brien vorgeschlagen und 1987 von Cooney und Kollegen modifiziert wurde. (58) (59) Die deutsche Übersetzung wurde von Dr. Müller vorgenommen.

- der Fragebogen gibt die Möglichkeit 4 Parameter: Schmerz, Funktionellen Status, Bewegungsumfang und Griffstärke zu bewerten. Jeder Parameter hat 4 Auswahlmöglichkeiten. Beim „Schmerz“ und „Funktioneller Status“ kann zwischen 0,15,20 und 25 Punkten gewählt werden. Der „Bewegungsumfang“ und die „Griffstärke“ kann zwischen 0,5,10,15 und 25 eingestuft werden. Das Ergebnis kann in 4 Kategorien eingeteilt werden: ausgezeichnet (90-100), gut (80-89), ausreichend (65-79) oder mangelhaft (<65).

- dieser Fragebogen erscheint für die Einschätzung der in dieser Arbeit untersuchten Patientinnen und Patienten Kohorte als passend und wurde prä- und postoperativ erhoben.

## 2.6. Patientinnen und Patienten

Zwischen 2016 und 2020 unterzogen sich 8 Patientinnen und 5 Patienten mit neuropathischem Schmerz nach Mehrfachoperationen an peripheren Nerven einer mikrovaskulären Gleitgewebelappenplastik vom lateralen Femurkondyl. Die Patientinnen und Patienten wurden an unterschiedlichen Kliniken operiert: Millesi Center für periphere Nerven Chirurgie und Plexus brachialis an der Privatklinik Wien, HumanoMed Sanatorium Villach, sowie auf der Abteilung für Plastische und Ästhetische Chirurgie Landeskrankenhaus Klagenfurt durchgeführt. Ein Patient wurde im Unfallkrankenhaus Lorenz Böhler operiert, jedoch im Millesi Center nachuntersucht. Die lappenchirurgischen Eingriffe wurden von einem Chirurg durchgeführt. Die existierenden Daten aller 13 Lappen wurden retrospektiv auf der Basis der Aufzeichnungen in der Krankengeschichte, teilweise der klinischen Nachuntersuchung (Millesi Center), sowie Anhang der Scores und Fragebögen analysiert und das Outcome bewertet. Die OP-Indikation, Zusammensetzung des Lappens, Anzahl an Voroperationen, die Zeiträume zwischen dem primären Eingriff und der letzten Revision vor der Lappendeckung, sowie die Beschwerdedynamik flossen in die Beurteilung ein. Alle Patientinnen und Patienten standen einer postoperativen Kontrolle zur Verfügung. Jedoch nur 10/13 Patientinnen und Patienten konnten für diese Studie klinisch nachuntersucht werden, da es sich bei 3/13 Patientinnen und Patienten im Ausland ihren Hauptwohnsitz haben und wegen der Covid-19 Pandemie nicht zu einer geplanten Nachkontrolle erscheinen konnten. Diese wurden dann nur telefonisch und per E-Mail im Rahmen der Scores befragt. Um die Stadien der Wundheilung abzuwarten, wurden die Untersuchungen sowohl unmittelbar postoperativ, sowie nach mindestens 6 Monaten postoperativ vorgenommen. Die Zeitdauer zwischen Operation und letzter Nachuntersuchung betrug im Durchschnitt 10,4 Monate ( 2,7-44,2 Monate). Die Teilnehmenden wurden mit subjektiven Methoden auf die Schmerzintensität und Sensibilitätsverbesserung untersucht. Bei 10/13 Patientinnen und Patienten wurde eine Kontrollnervensonographie mit hochauflösendem Duplex (mit 22 MHz und 19 MHz Schallkopf auf GE Logiq E- Gerät) durchgeführt. Dabei konnte die Vitalität des Transplantates und das Gleitverhalten des operierten Nerven beurteilt werden. Eine subjektive Beurteilung der Entnahmestelle erfolgte durch den Visual Analogue Scale for success. Das durchschnittliche Alter der Patientinnen und Patienten lag bei 58 Jahren, dabei war die jüngste Patientin 27 und die Älteste 86 Jahre alt. Die Einschlusskriterien, um für die statistische Auswertung herangezogen zu werden erfordern eine durchgeführte mikrovaskuläre Transplantation von einem Gleitgewebelappen vom

lateralen Femurkondyl, die mindestens 6 Monate zurück liegt und ein Alter von mindestens 18 Jahren. Von allen Patientinnen und Patienten wurde eine schriftliche Einverständniserklärung zur Teilnahme an dieser analytischen Arbeit, sowie zur Verarbeitung ihrer Personaldaten eingeholt.

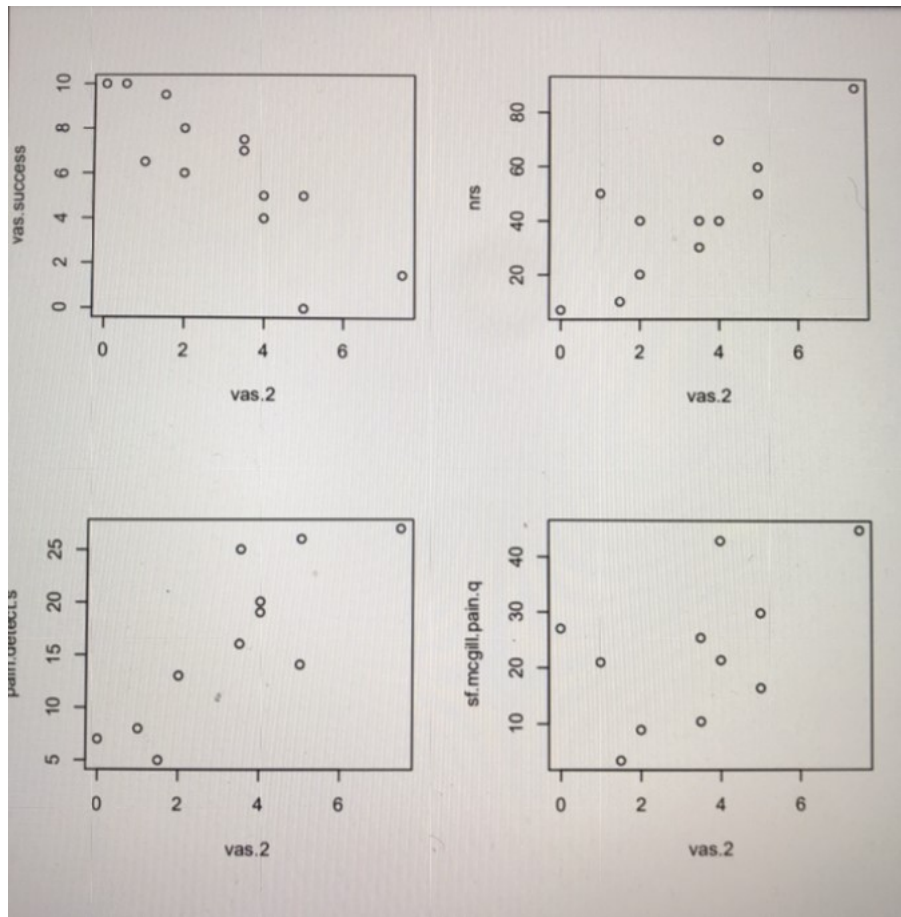
## 2.7. Statistik

In die statistische Auswertung wurden die Einflussgrößen aller 13 Patientinnen und Patienten inkludiert und auf Zusammenhänge geprüft. Zum Zeitpunkt der Datenauswertung hatten bereits alle Patientinnen und Patienten die Untersuchung auf Schmerzreduktion absolviert. Die erhobenen Zielgrößen wurden statistisch ausgewertet.

Die deskriptive Statistik dieser Studie und die Erstellung der Grafiken wurden in Microsoft Excel Version 2004 durchgeführt. Erhobene Daten wurden in Exceltabellen eingetragen, die Namen der Patientinnen und Patienten codiert und mit Excel analysiert und präsentiert.

Der gepaarter t-Test wurde mit R version 3.6.1 (2019-07-05) durchgeführt. Die Normalverteilung wurde überprüft. Die linear verteilten Daten wurden mit einer Pearson-Korrelation analysiert. Die Korrelation wurde mit Streudiagrammen überprüft: keine groben Verletzungen der Linearitätsannahme.

Zwischen den unterschiedlichen Scores und VAS2 wird Anhang dieser Streudiagramme dargestellt. Dabei gab es keine grobe Verletzung der Linearitätsannahme, somit konnte die Pearso- Korrelation gewählt werden.



Grafik 1 Die Korrelation zwischen 1) VAS2 und VAS for success; 2) VAS2 und NRS; 3) VAS2 und Pain Detect

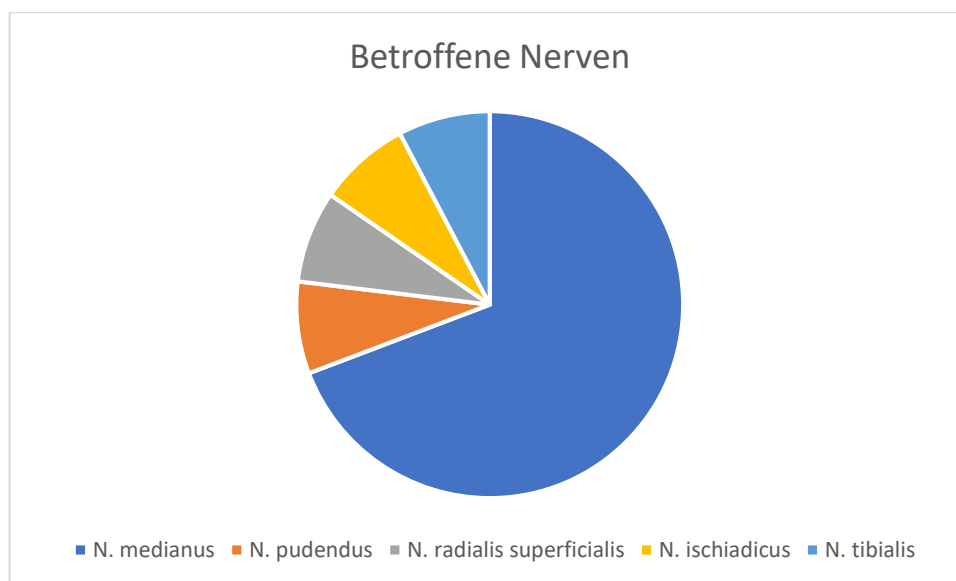
11) VAS2 und SF-McGillP

<b>Pearson</b>	VAS f success	NRS	Pain Detect	SF-McGillPQ
<b>VAS2</b>	-0,84	0,81	0,83	0,53

Tabelle 1

### 3. Ergebnisse

Wir haben eine Kohorte von 13 Patientinnen und Patienten mit neuropathischer Schmerzsymptomatik bei rezidivierender Fibrose peripherer Nerven, die im Zeitraum von 2016- 2020 mit einem freien mikrovaskulären Gleitlappen vom LFC versorgt wurden, nachuntersucht. 4/13 Patientinnen und Patienten wurden im Millesi Center an der Wiener Privatklinik, 5/13 im Sanatorium Villach, 3/13 im Klinikum Klagenfurt und 1/13 im Lorenz Böhler Unfallkrankenhaus vom selben Chirurg operiert. An der Studie haben 8 Patientinnen und 5 Patienten mit ausgeprägtem Schmerz teilgenommen. Der mittlere Zeitintervall nach der letzten klinischen Kontrolle beträgt 10,4 Monate (min 2,7, max 44,2). Bei 4/13 Patientinnen und Patienten waren 2 periphere Nerven und bei 9/13 ein Nerv betroffen. Dabei wurden bei 9/13 Patientinnen und Patienten der N. medianus, bei 1/13 der N. pudendus, bei 1/13 N. ischiadicus, bei 1/13 der N. radialis superficialis und bei 1/13 der N. tibialis posterior mit einem Gleitlappen versorgt.



Grafik 2 Verteilung der betroffenen Nerven

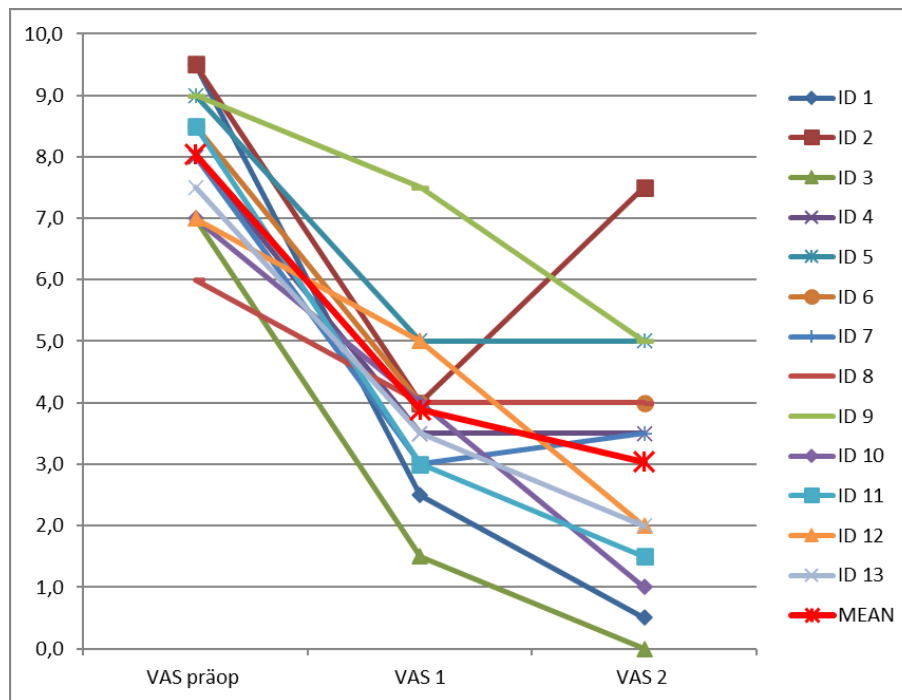
Die meisten Patientinnen und Patienten hatten mehrere Voroperationen in der Anamnese. 2/13 hatten 5 Voroperationen, 3/13 wurden 4 Mal voroperiert. Im Durchschnitt hatten die Patientinnen und Patienten 2 Voroperationen (0-5). Ein Patient erlitt nach einem Arbeitsunfall ein Quetschtrauma am linken Unterarm, der N. medianus wurde jedoch nicht operativ versorgt. Ein Patient konnte das Datum des primären Eingriffes nicht angeben. Die durchschnittliche Zeit zwischen dem primären Eingriff und der

Versorgung des betroffenen Nerven mit dem Gleitlappen betrug 14 Jahre (min. 0,1 Jahr und max.30 Jahre). 10/13 Patientinnen und Patienten waren vor der Versorgung mit dem mikrovaskulärem Gleitgewebe vom LFC in einer Schmerzambulanz, bzw. erhielten eine Dauermedikation, postoperativ haben 4/13 Patientinnen und Patienten eine Dauerschmerzmedikation mit NSAR und 1/13 Schmerzmittel bei Bedarf gebraucht. Bei 11/13 Patientinnen und Patienten wurde eine innere Neurolyse in der Anamnese durchgeführt. Bei einer Patientin gibt es keine Angaben.

Nach der Versorgung des jeweiligen betroffenen Nerven mit einem Gleitlappen vom LFC hatten 10/13 Patientinnen und Patienten keine Komplikation. 1/13 Patientinnen hatte eine minimale Wundheilungsstörung im Nahtbereich an der Hand und eine Patientin hatte ein Serom an der Entnahmestelle, sowie eine 1x0,5 cm Wunddehiszenz in der Mitte der postoperativen Narbe im Bereich der Entnahmestelle entwickelt. Beide wurden erfolgreich konservativ auskuriert.

### 3.1. VAS

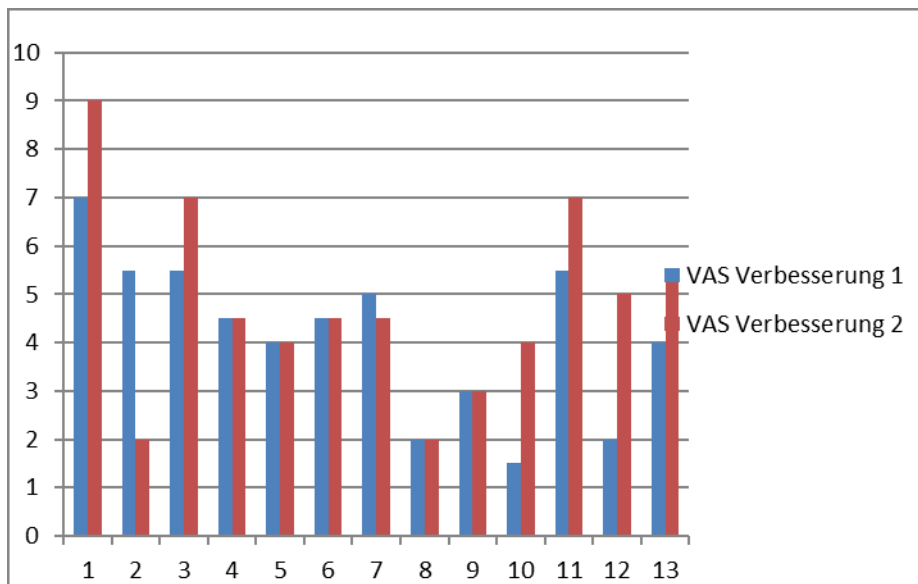
Eines unserer Haupteinschlusskriterien war ein ausgeprägter neuropathischer Schmerz. Der durchschnittliche VAS-Wert vor der Operation lag bei 8 (min. 6, max. 9,5). In der frühen postoperativen Periode (3 Monate) gaben die Patientinnen und Patienten im Durchschnitt einen VAS von 3,9 an (min. 1,5 und max. 7,5). Bei der letzten Kontrolle lag der Mittelwert bei 3,3 (min. 0 und max. 7,5). Dabei hat der Patient mit einem komplexen Verlauf und ausgeprägter Schmerzsymptomatik im N. pudendus Innervationsgebiet unmittelbar postoperativ eine Schmerzreduktion von 9,5 auf 4, bei der letzten Kontrolle jedoch einen erneuten Anstieg auf 7,5 angegeben. (der klinische Verlauf wird genau beschrieben, siehe unten).



Grafik 3 Entwicklung VAS: VAS präOP, VAS 1- unmittelbar postoperativ, bzw. in den ersten Wochen nach der Operation, VAS 2- mindestens 6 Monate postoperativ

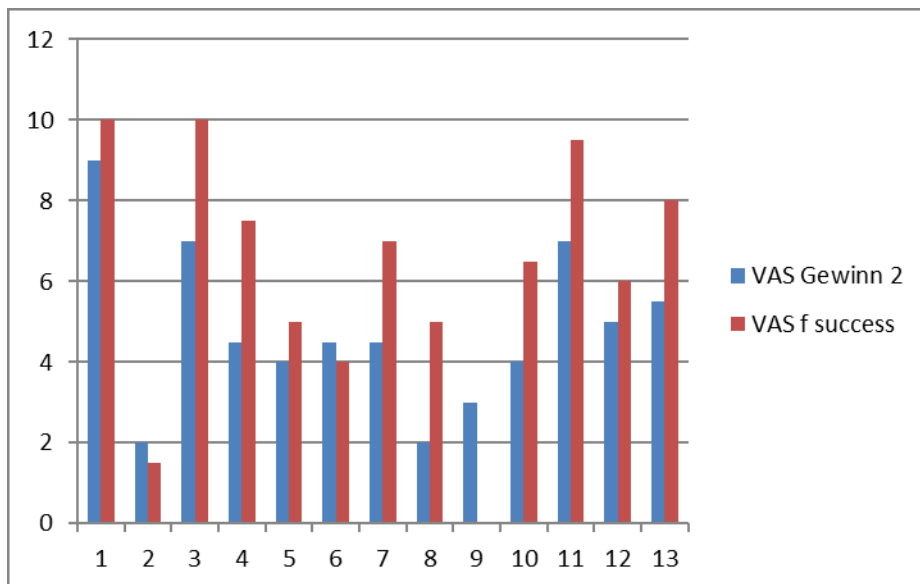
Statistisch wurde ein signifikanter Unterschied zwischen VAS präOP und VAS1 bestätigt (Signifikanzniveau:  $\alpha=5\%=0,05$ ;  $p<0,001$ ). Mittlere Differenz betrug 4,1.

Der Durchschnittliche VAS Gewinn (= Schmerzreduktion im VAS-Score) lag bei 4,8 (min. 2,0 und max. 9,0).



Grafik 4 VAS-Verbesserung: VAS Verbesserung 1 (VASpräOP zu VAS1), VAS Verbesserung 2 (VASpräOP zu VAS2)

Der Erfolg der Operation ( VAS for success) wurde von Patientinnen und Patienten im Durchschnitt mit 6,2 bewertet (min.0 und max.10). 2/13 Patientinnen bewerteten den Erfolg mit 10,0, 1/13 Patientinnen mit 9,5 und waren sehr zufrieden mit dem Gleitlappen versorgt worden zu sein. Eine Patientin bewertete den OP-Erfolg mit 0, trotz VAS-Gewinn unmittelbar nach der Operation von 1,5 (-VAS-Gewinn1 von 9,0 auf 7,5 Schmerzreduktion) und die Gesamtschmerzreduktion 6 Monate nach der Operation von 4,0 (-VAS-Gewinn2 von 9,0 auf 5,0). Dennoch war der Schmerz weiterhin vorhanden, somit hat die Patientin die Operation als nicht erfolgreich bewertet. Präoperativ war die Patientin im Rahmen einer Schmerzambulanz auf eine Dauermedikation angewiesen, nach der Operation wurden keine Schmerzmittel eingenommen. Dies begründete die Patientin mit Medikamentenunverträglichkeit. Bei dieser Patientin ist ein weiterer Revisionseingriff geplant. Der Mittelwert weist darauf hin, dass die Patientinnen und Patienten insgesamt mit dem Operationserfolg zufrieden waren.



Grafik 5 VAS Gewinn 2: VAS2- VASpräOP, VAS for success (subjektive Einstufung von Patientinnen und Patienten vom OP-Erfolg)

Anzahl der Pat.	6/13	6/13	1/13
Betroffene Nerv	5/6 N. medianus 1/6 N. radialis superfic	4/6 N- medianus 1/6 N. ischiadicus 1/6 N. tibialis post.	N. pudendus
SchmerzAmb/Dauermed.:			
-präOP	3/6	6/6	ja
-postOP	1/6 (NSAR)	2/6 + 1/6 bei Bedarf (NSAR)	ja
VAS			
-präOP	7,75 (7-9,5)	8,1 (6-9)	9,5
-postOP	1,16 (0-2)	4,1 (3,5-5)	7,5
VAS Gewinn	6,5 (5-9)	3,9 (2-4,5)	2
VAS f. success	8,3 (6-10)	4,75 (0-7,5)	1,5

Tabelle 2 Einteilung der Patientinnen und Patienten Anhang des postOP VAS2 in 3 Gruppen: 1 Gruppe VAS2 0-2; 2 Gruppe VAS2 3,5-5; 3 Gruppe VAS2 >5

### 3.2. NRS

Alle Patientinnen und Patienten wurden nach einem Zeitintervall von mindestens 6 Monaten nach der Operation gebeten subjektiv die Schmerzintensität auf einer Skala von 0 (kein Schmerz) und 100 (der stärkste vorstellbare Schmerz) einzustufen. Der mittlere NRS-Wert lag bei 39,4 (mindestens 5, maximum 90). Dabei haben 3/13 Patientinnen einen NRS-Score von jeweils 3,7 und 10 angegeben und ein Patient stufte seinen Schmerz mit 20 ein. Die höchste Punktezahl von 90 gab der Patient mit Beschwerden im Bereich des N. pudendus an, eine Patientin bewertete nach der Operation (N. medianus)

ihre Schmerzintensität mit 70 ein. Ein Patient gab eine Punktezahl von 30, 3 Patientinnen und Patienten 40 und 2 Patientinnen mit 50 Punkten.

### 3.3. Pain Detect

Der Pain Detect Score ist ein Score der die Wahrscheinlichkeit einer neuropathischen Schmerzkomponente beurteilt. Dabei gilt bei einer Punkteanzahl von 0-12 das Vorhandensein einer neuropathischen Komponente als unwahrscheinlich (<15%), zwischen 13-19 als nicht eindeutig, jedoch möglich und bei einer Punkteanzahl zwischen 20-38 als sehr wahrscheinlich (>90%). Diese Aussage ist wichtig für die Optimierung der medikamentöser Schmerztherapie. Der Mittelwert ergab 14,6 (mindestens 5,0, maximal 27,0).

<b>Neuropathische Komponente</b>	<b>0-12</b>	<b>13-19</b>	<b>20-38</b>
Unwahrscheinlich <15%	5/13		
Nicht eindeutig, kann vorhanden sein		4/13	
Sehr wahrscheinlich >90 %			4/13

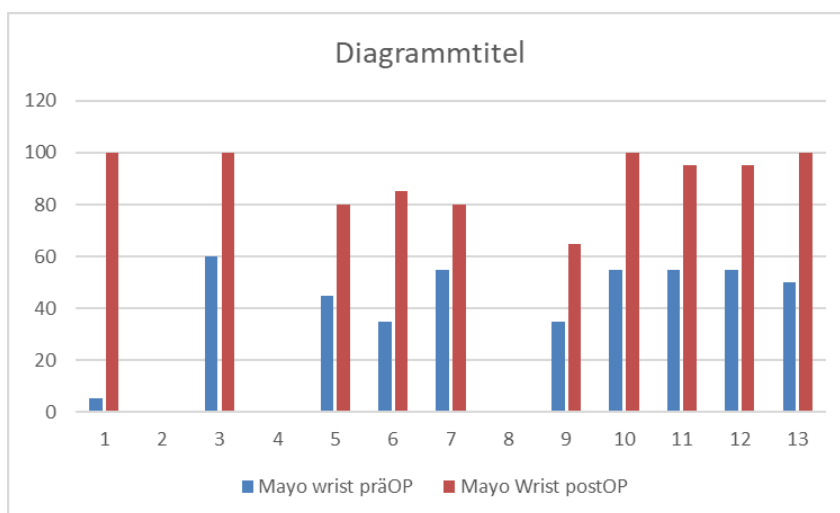
*Tabelle 3 Pain Detect Ergebnisse*

### 3.4. Sort-Form McGill Pain Questionnaire (SF-MPQ)

Dieses Score haben nur 12/13 Patientinnen und Patienten ausgefüllt. Dabei beträgt der Mittelwert 21 Punkten (min 3, max 45). Eine Patientin mit minimaler Punkteanzahl hat lediglich die Gesamtschmerzerfahrung als belastend eingestuft und der Patient mit der maximalen Punktezahl von 45 erzielte im Teil „a“ einen sensorischen Schmerzindex von 23/45 Punkten und im Teil „b“ einen affektiven Schmerzindex von 8/12 Punkten.

### 3.5. Mayo Wrist Score

Bei allen Patientinnen und Patienten mit der OP-Indikation an einem peripheren Nerv der oberen Extremität wurde prä- und postoperativ der Score ausgefüllt. Insgesamt waren es 10/13 Patientinnen und Patienten, von denen 9 eine Gleitgewebelappenplastik zur Umhüllung des N. medianus und 1 Patientin zur Umhüllung des N. radialis superficialis erhalten haben. Dabei war bei allen Patientinnen und Patienten der präoperative Score <65- was einem mangelhaftem Ergebnis entspricht (Mittelwert 45, min 5, max 60). Der postoperative Score ergab bei 6/10 Patientinnen und Patienten ein ausgezeichnetes Ergebnis, bei 3 Patientinnen und Patienten ein Gutes und bei einer Patientin ein ausreichendes Ergebnis, jedoch an der unteren Grenze von 65 Punkten. (Mittelwert 90, min 65, max 100).



Grafik 6 Mayo Wrist Score prä- und postoperativ

Es wurde eine durchschnittliche Verbesserung von 45 Punkten (min 25, max 95) erzielt.

Anzahl der Pat.	13	
Geschlecht	weiblich	männlich
	8/13	5/13
Alter	58 (27-86)	
Anzahl der betroffenen Nerven	2	1
	4/13	9/13
Betroffene Nerven		
- N. medianus	9/13	
- N. radialis superficialis	1/13	
- N. pudendus	1/13	
- N. ischiadicus	1/13	
- N. tibialis posterior	1/13	
Anzahl an Voroperationen	2 (0-5)	
Zeitraum zwischen primEingriff und LFC Gleitlappen (J.)	12,2 (0,1-29,6)	
Zeitraum letzter Eingriff und LFC Gleitlappen (J.)	2,1 (0,1-7,1)	
Follow-up seit LFC GL (J.)	2,8 (0,7-4,4)	
Schmerzambulanz/Dauermed.	präOP	postOP
	10/13	4/13
Externe+ interne Neurolyse	11/13	
VAS	präOP	postOP
	8 (6-9,5)	3,3 (0-7,5)
VAS Gewinn	4,8 (2,0-9,0)	
VAS f success	6,2 (0-10)	
NRS postOP	39,4 (5-90)	
Pain Detect postOP	14,6 (5,0-27,0)	
SF-MPQ	21,3 (3-45)	
Komplikationen:		
- keine	11/13	
- Entnahmestelle	1/13 (Serom, 1x0,5cm Wunddehiszenz im Bereich der Narbe)	
- Empfängerstelle	1/13 kleine Wundheilungsstörung im Bereich der Naht	
Mayo Wrist Score		
- ausgezeichnet	6/10	
- gut	3/10	
- ausreichend	1/10	
- mangelhaft	0	
TH-Zeichen		
präoperativ	13/13 TH positiv	
postoperativ	11/13 TH negativ	

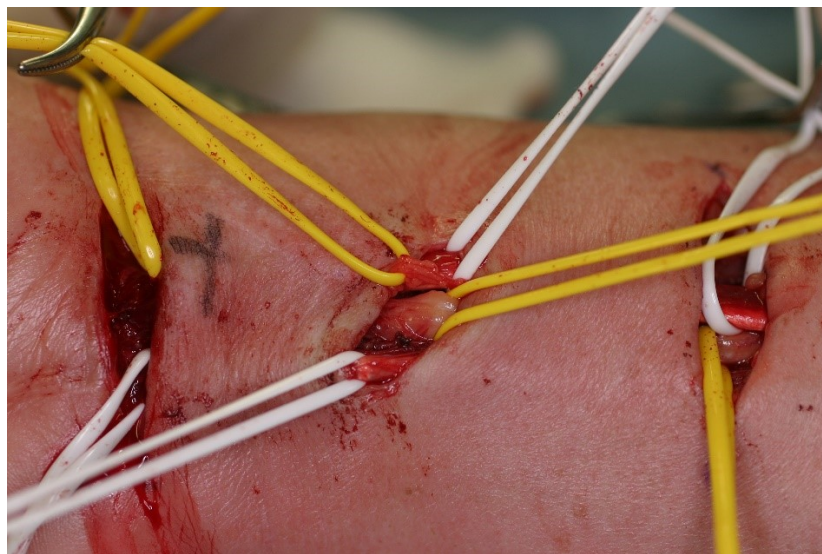
Tabelle 4 Ergebnisse

### 3.6. Fallvorstellung

#### Fall 1

Patient, 69 Jahre alt, stellte sich 2008 im Millesi Center für periphere Nerven Chirurgie und Plexus brachialis an der Wiener Privatklinik vor. 2004 wurde er bezüglich eines CTS an seiner rechten Hand operiert, wobei das Retinaculum flexorum gespaltet wurde und der

Karpalkanal erweitert. Nach der Operation war der Patient über Jahre beschwerdefrei, dann jedoch zunehmend Schmerzen im Narbenbereich und Daumenballen entwickelt, ausstrahlend in die Finger 1-3. Dabei war auch ein deutliches TH-Zeichen distal der Handgelenksbeugefalte über dem Karpalkanal im Versorgungsgebiet von R.palmaris N. medianus abzuleiten und die Vermutung auf ein Neurom gestellt. Im Rahmen eines Revisionseingriffes wurde eine Neurolyse und externe Dekompression durch das Entfernen von dem den Nerv einengendem Narbengewebe durchgeführt. Mikrochirurgisch wurde dabei ein Neurom von R. palmaris N.mediaunus reseziert und der proximale und distale Stumpf mit einer End-to-End Anastomose mit 8.0 Nähten koaptiert.



*Abbildung 5 Operationsfoto: links das Handgelenk, mit gelben Loops wurde der N. medianus angeschlossen, mit dem schwarzen kreuz wurde das TH-Zeichen markiert*



*Abbildung 6 Operationsfoto, Handgelenk links, Eintritt in den Karpalkanal*

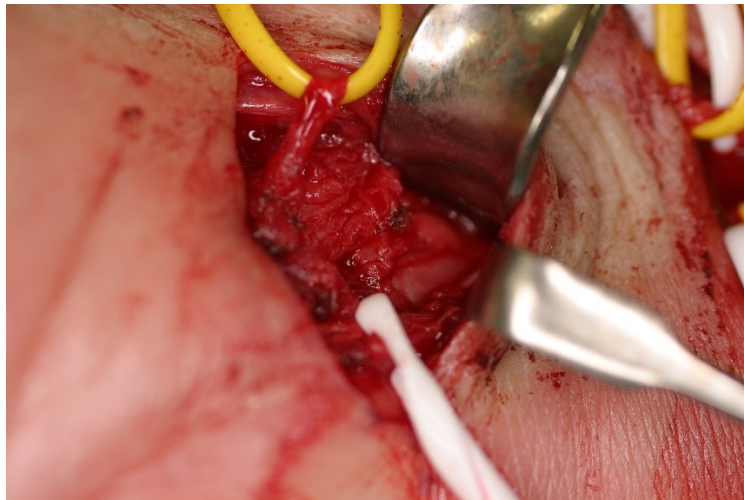


Abbildung 7 Operationsfoto, proximal des Karpalkanals, mit gelben Loop wurde der Ramus palmaris N. medianus angeschlungen



Abbildung 8 In der Pinzette R. palmaris N. medianus mit einem Neurom am Stumpf

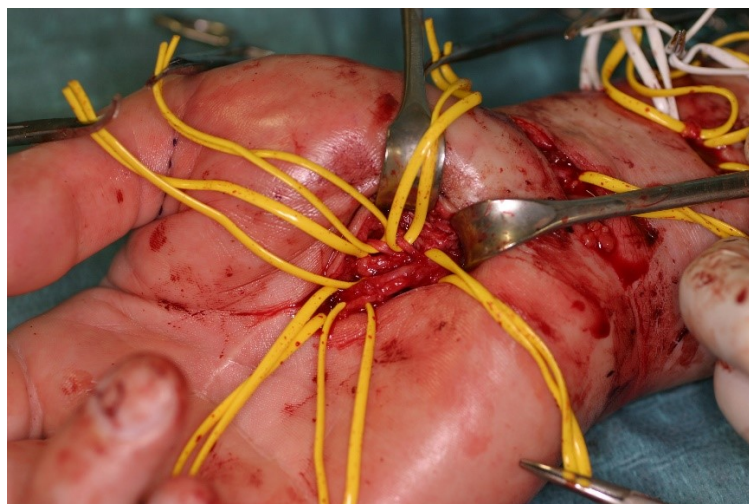
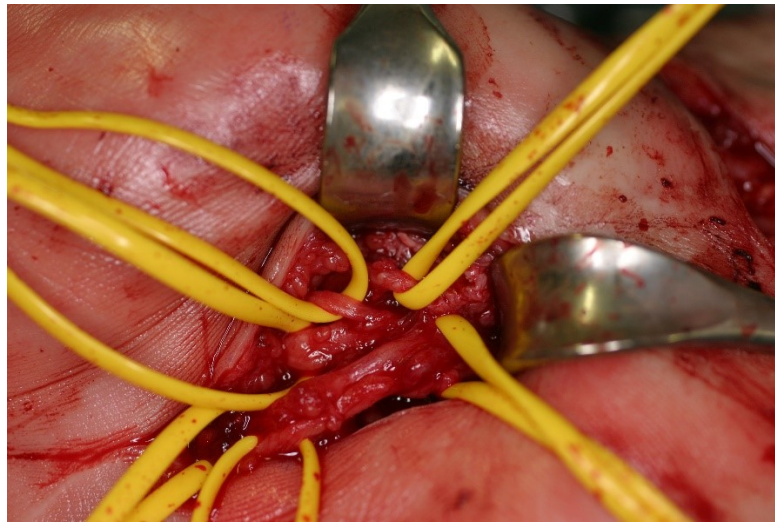


Abbildung 9 Äste des N. medianus proximal und distal des Karpalkanals



*Abbildung 10 Äste des N. medianus distal des Karpalkanals*

Der postoperative Verlauf war unauffällig und der Patient profitierte von dem Eingriff.

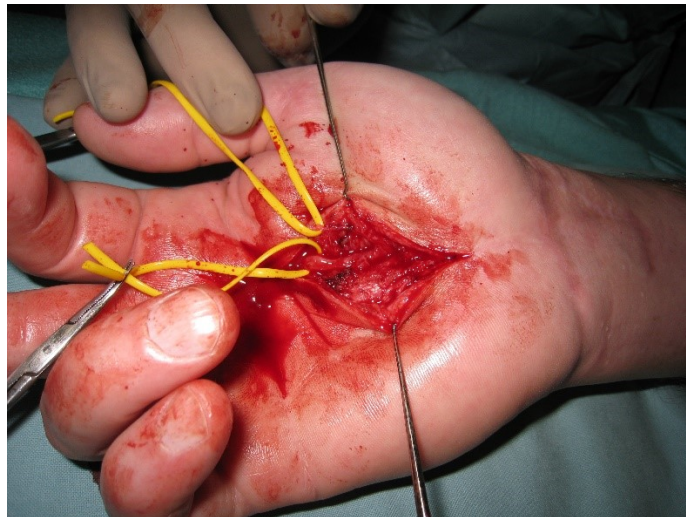
Im Jahr 2009 erschien der Patient zu einer Nachkontrolle und gab an 2 Wochen zuvor im Haushalt 2 Schrauben eingeschraubt zu haben und seit dem wieder Schmerzen und Taubheitsgefühl im Bereich des 1,4 und 7-ten Fingernerven zu verspüren. Das TH-Zeichen war im Versorgungsgebiet des R. palmaris N. medianus nicht mehr auslösbar, jedoch war ein deutliches TH-Zeichen über dem Ringfingerstrahl, dort war auch ein Knoten (Vernarbung, Verdacht auf Dupuytren'sche Kontraktur) tastbar.



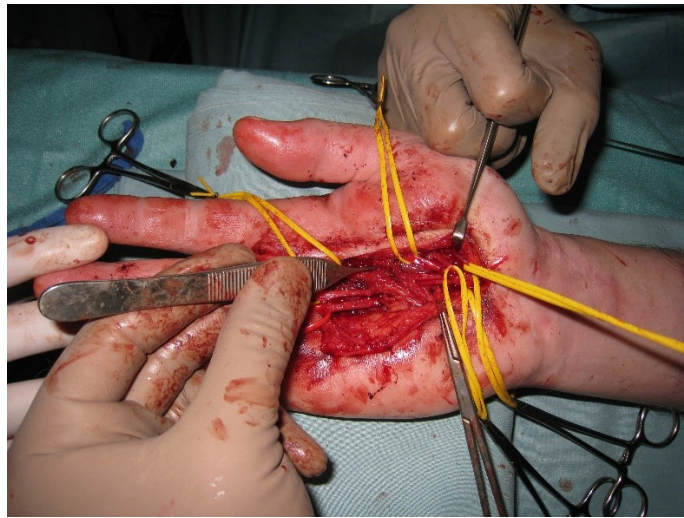
*Abbildung 11 klinische Untersuchung, punctum maximum vom Schmerz und die Ausstrahlung markiert*

Zudem wurde ein lipomartiges Knötchen im Bereich der Loge de Guyon getastet.

So wurde die Indikation für einen Revesionseingriff gestellt, wobei eine externe Dekompression durch Entfernen der Palmaraponeurose und Narbengewebe, sowie eine Neurolyse vom N. medianus und seinen Ästen durchgeführt werden sollte, das anschließende Decken des Nerven ist mit lokalem Gleit-Fett-Gewebe vor Ort geplant.



*Abbildung 12 Äste vom N. medianus distal des Karpalkanals beim Revisionseingriff*



*Abbildung 13 Äste von N. medianus distal des Karpalkanals mit Narbe*



*Abbildung 14 Äste von N. medianus distal des Karpalkanals nach der Neurolyse, unten im Bild ein lokales Fettlächchen*

Zusätzlich wurde eine Lipomresektion, Spaltung der Loge de Guyon und Neurolyse vom N. ulnaris durchgeführt.



Abbildung 15 Lipom im Bereich der Loge de Guyon

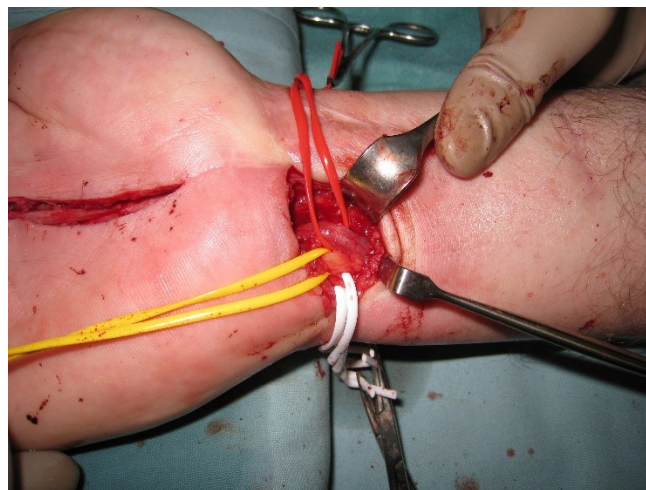


Abbildung 16 Loge de Guyon: gelb angeschlungen der N. ulnaris, rot angeschlungen die A. ulnaris

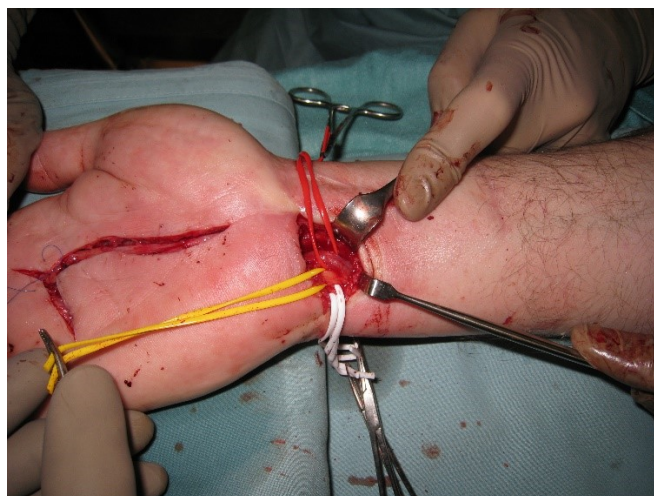


Abbildung 17 beide Operationszugänge

Stellte sich jedoch im Jahr 2015 mit über Monaten dauernden zunehmenden Schmerzen im Innervationsbereich des N. ulnaris rechts , sowie im Bereich der Guyon'sche Loge (R. dorsalis N. ulnaris) vor. Es wurde eine elektrophysiologische Untersuchung durchgeführt, die einen Kompressionssyndrom des N. ulnaris im Bereich der Guyon'schen Loge verifiziert. Es ließ sich ein positives TH-Zeichen am Eingang des N.ulnaris in den Sulcus N.ulnaris und bei starker Beugung des Handgelenkes ulnarseitig am Ausgang auslösen. Sensibilitätsstörungen und Schmerz waren im Ganzen Verlauf von N. ulnaris ausstrahlend in Finger 4,5 dokumentiert. Zusätzlich berichtete der Patient über Sensibilitätsstörungen auch in den Fingern 1,2,3. Somit wurde im Rahmen der nächsten Revision eine externe Dekompression und mikrochirurgische Neurolyse des N.ulnaris im Bereich des Sulcus N. ulnaris durchgeführt und das Guyon'sche Loge gespaltet.



*Abbildung 18 Markierung des TH-Zeichens proximal und distal des Sulcus N. ulnaris*

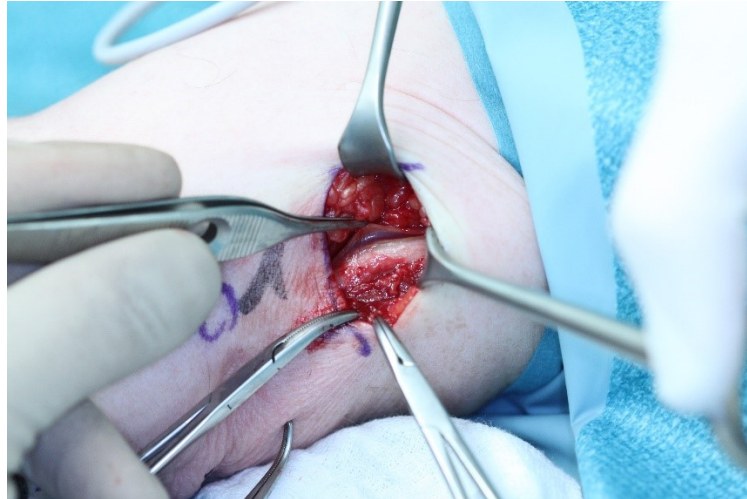


*Abbildung 19 Abbildung des TH-Zeichens im Bereich der Loge de Guyon, der Narbe über dem N. medianus distal des Karpalkanals mit Ausstrahlung in die Finger*

Über eine quere Inzision proximal des Einganges des Nerven in das Sulcus N. ulnaris wurde die Oberarmfaszie gespalten und der N. ulnaris dargestellt. Bei der Prüfung der Beweglichkeit bei Ellbogenbeugung und -streckung erwies sich diese als deutlich eingeschränkt. Am Eingang in das Sulcus N. ulnaris zeigte sich eine deutliche Verdickung des Paraneuriums, das zirkuläre Strikturen aufwies. (wenn möglich Foto!) Eine Paraneuriotomie wurde durchgeführt und das Dach des Sulcus N. ulnaris weiter nach distal gespalten.

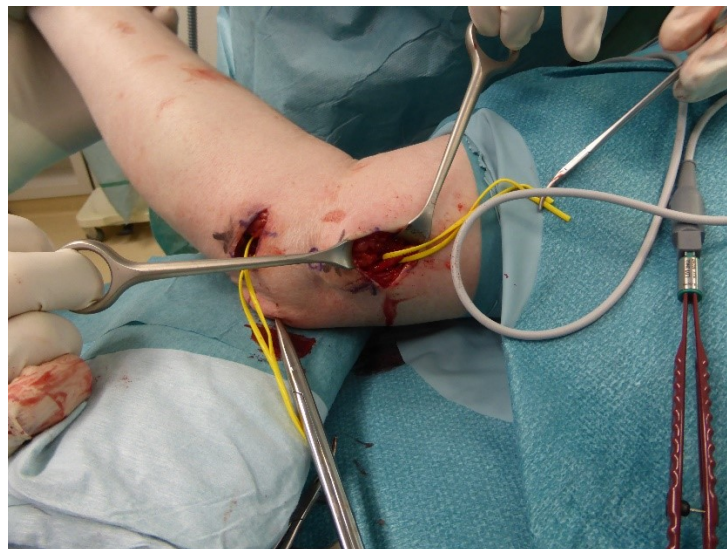


*Abbildung 20 Operative Zugang proximal des Sulcus N. ulnaris*



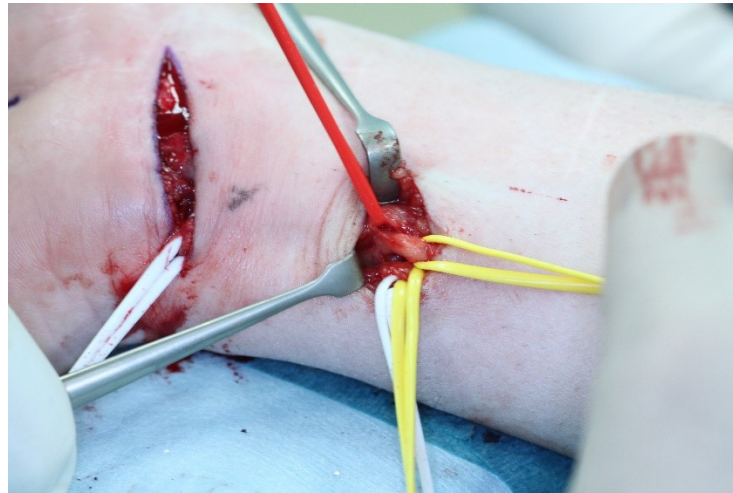
*Abbildung 21 N. ulnaris proximal des Sulcus N. ulnaris (Eintrittsstelle)*

Über eine zweite quere Inzision etwas proximal des Ausgang des Nerven aus dem Sulcus N. ulnaris wurde die Unterarmfaszie gespalten und der N. ulnaris zwischen den beiden Köpfen des M. flexor carpi ulnaris dargestellt. In diesem Bereich zeigten sich verstärkte sehnige Anteile innerhalb des humeralen Teiles des M. flexor carpi ulnaris. Bei Handgelenksbeugung kam es dadurch in diesem Bereich zur Kompression des Nerven. Es wurde von distal nach proximal die Spaltung des Sulcus N. ulnaris vervollständigt und auch die tiefe Faszie gekerbt.

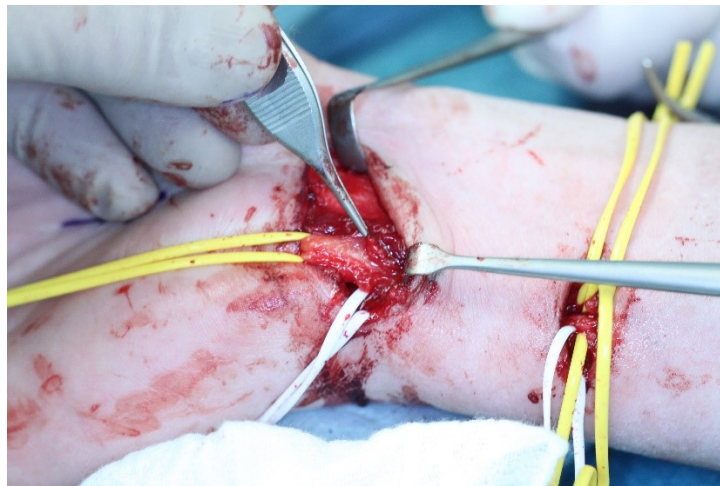


*Abbildung 22 Gelb angeschlungen N. ulnaris proximal und distal des Sulcus N. ulnaris*

Über 2 quere Inzisionen über der Sehne des M. flexor carpi ulnaris wurde der N. ulnaris und R. dorsalis N. ulnaris dargestellt. Es zeigte sich eine ausgeprägte Narbenbildung. Eine externe Dekompression und eine Neurolyse wurden durchgeführt. Das Guyon'sche Loge wurde gespaltet.



*Abbildung 23 N. ulnaris im Bereich der Loge de Guyon, mit schwarzem Kreuz das TH-Zeichen markiert*



*Abbildung 24 Fibrose von N. ulnaris im Bereich der Loge de Guyon*

Zusätzlich wurde der N. medianus revidiert. Dabei fanden sich proximal des Karpalkanals unauffällige Verhältnisse vor, wobei distal des Karpalkanals in der Hohlhand eine ausgeprägte Narbenbildung festgestellt wurde und eine erneute Dekompression und Neurolyse von N. medianus und seinen Ästen durchgeführt.



*Abbildung 25 rechts unten angeschlungen N. ulnaris, rechts oben N. medianus proximal des Karpalkanals, links distal des Karpalkanals*

Postoperativer Verlauf war unauffällig und es wurde eine Schmerzlinderung erzielt.

Im April 2016 stellt sich der Patient erneut mit starken Schmerzen (VAS 9-10) im N. medianus Versorgungsgebiet vor. Der Patient gab einen Ruheschmerz an und das Durchschlafen war nicht mehr möglich. Es ließ sich ein deutliches TH-Zeichen ca. 1 Querfinger distal sowie ca. 4 cm proximal von der Handgelenksbeugefalte ableiten mit der Ausstrahlung in die Finger 1,2,3.

Da die Problemstelle durch Narbenbildung vor allem distal des Karpalkanals in der Hohlhand bekannt war, wurde die Indikation für eine erneute Neurolyse des N. medianus und eine Rekonstruktion der Gleitstrukturen mit einem freien mikrovaskulären Gleitgewebelappen vom lateralen Femurkondyl gestellt. Es wurde in 2 Teams parallel operiert, wodurch die Operationszeit maximal effizient genutzt wurde. Das erste Team operierte an der Hand und war für die Neurolyse des N. medianus, erneute Karpalkanalerweiterung, das Vorbereiten der Anschlussgefäße (R. palmaris A+V. radialis) und die Abmessung der Defektstrecke zuständig.



*Abbildung 26 Fibrose im Bereich des N. medianus distal des Karpalkanals*



*Abbildung 27 Narbe und pathologisches Paraneurium im Bereich des N. medianus distal des Karpalkanals*

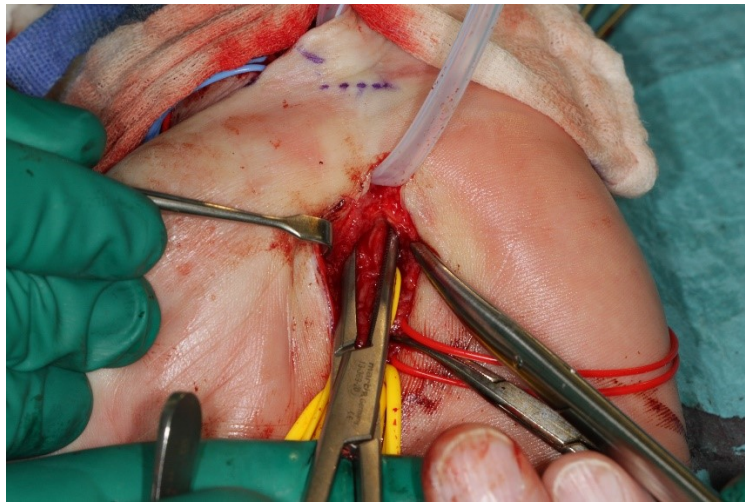


Abbildung 28 Neurolyse und Engpasskontrolle des N. medianus im Bereich des Karpalkanals

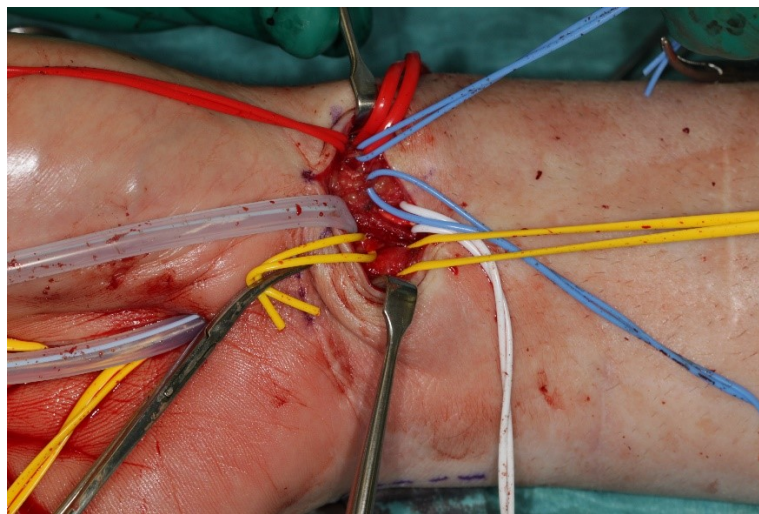
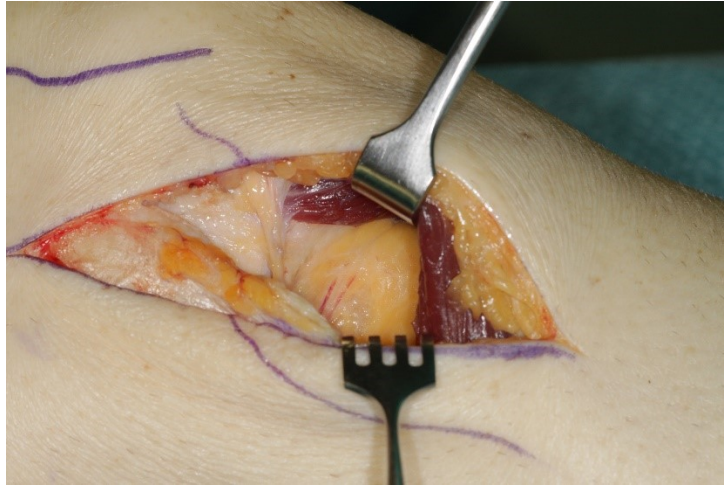


Abbildung 29 N. medianus (rechts angeschlungen) und R. palmaris N. medianus (mitte links angeschlungen)

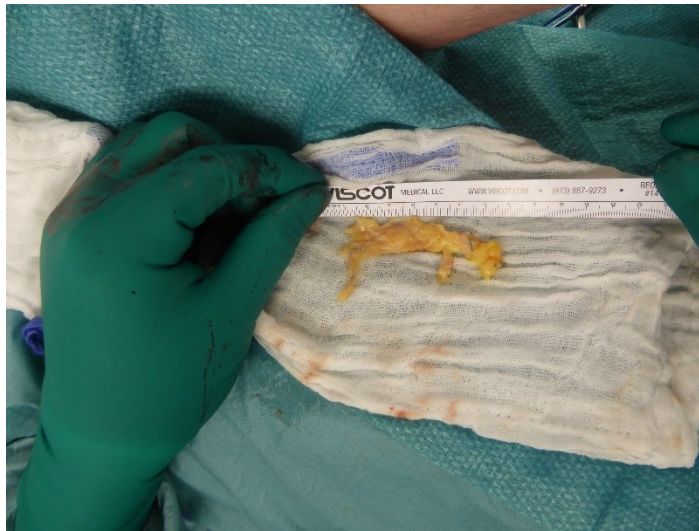
Das zweite Team hat parallel, dann nach Angaben des Team 1 einen 7x3cm Gleitgewebelappen mit dem versorgendem Gefäß – A., genu superior lateralis mit Begleitvenen-vom lateralen Femurkondyl gehoben und in die Hand transferiert.



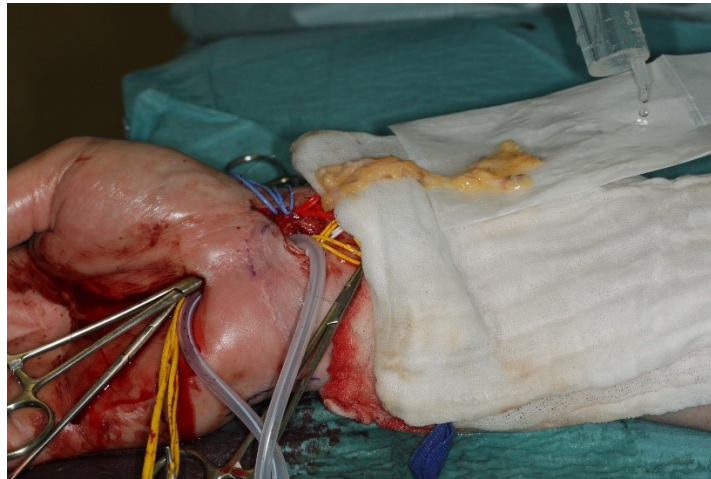
*Abbildung 30 Gleitgewebe unter dem M. vastus lateralis mit versorgendem Perforator von der A. genu superior lateralis*



*Abbildung 31 Gefäßstiel der A. genu superior lateralis (Arterie in der Mitte und zwei Begleitvenen) in der poplitealen Gegend*



*Abbildung 32 Der Gleitgewebelappen nach der Entnahme*



*Abbildung 33 Der Gleitgewebelappen vom LFC vor dem Durchziehen und platzieren im Karpalkanal über dem N. medianus*

Dabei wurde von proximal nach distal ein subcutaner Tunnel im Bereich des Karpalkanals in die Hohlhand reichend geformt. Der motorische Thenar Ast wurde dabei visualisiert und geschont. Der Gleitgewebelappen wurde dann über dem N. medianus im vorbereiteten Tunnel platziert so, dass auch der distale Nervenabschnitt in der Hohlhand gedeckt werden konnte. Anschließend wurden die Lappenstielgefäße mit den vorbereiteten Rezipient-Gefäßen (R. palmaris A. V. radialis) anastomosiert. Nach dem Gefäßanschluss zeigte sich der Lappen gefüllt und gut durchblutet. Die Pulsationswelle reichte bis an den distalen Lappenrand.

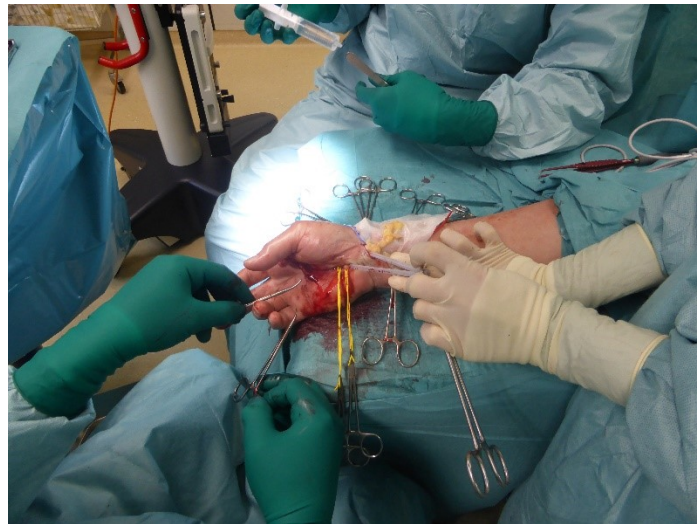


Abbildung 34 Der Gleitgewebelappen vom LFC vor dem Durchziehen und platzieren im Karpalkanal über dem N. medianus, Übersichtsfoto



Abbildung 35 Der Gleitgewebelappen vom LFC nach dem platzieren über dem N. medianus im Bereich des Karpalkanals

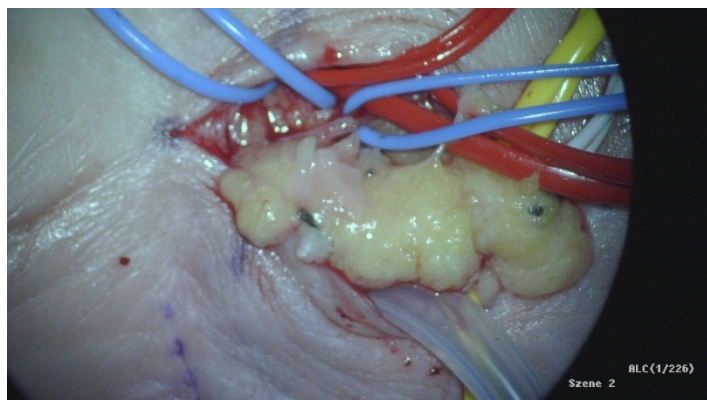
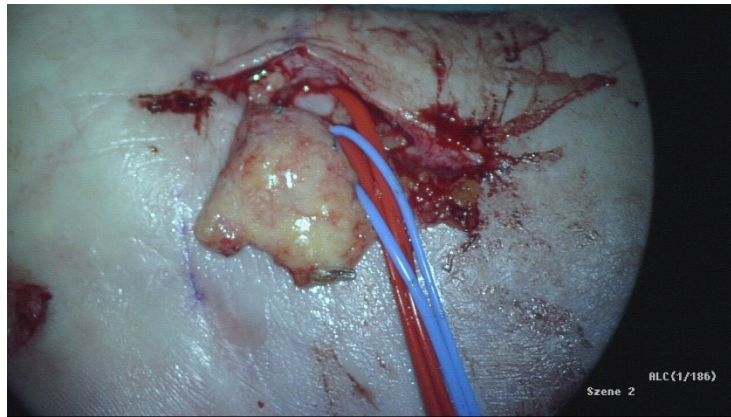


Abbildung 36 Mikroskopbild vom Lappen mit Gefäßstiel vor der Anastomose



*Abbildung 37 Mikroskopbild vom Lappen direkt nach dem Gefäßanschluss*



*Abbildung 38 Mikroskopbild vom Lappen ein paar Minuten nach dem Gefäßanschluss*

Der postoperative Verlauf war unauffällig. Die Lappenperfusion konnte mit einem akustischem Doppler kontrolliert werden.

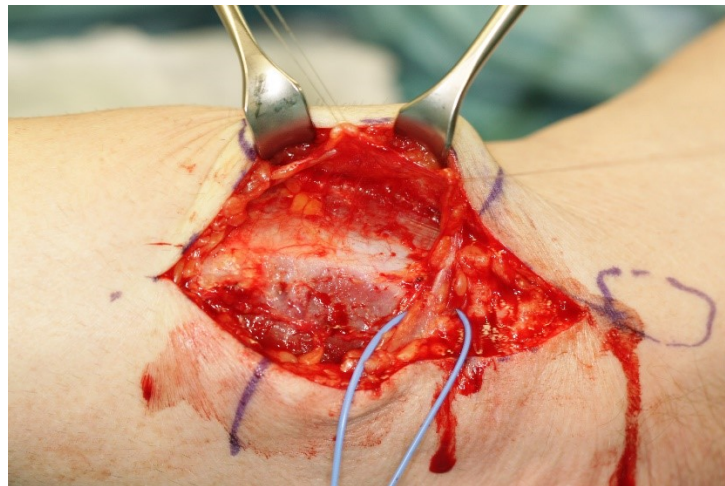
2 Monate nach der Operation haben sich die Schmerzen im N. medianus Versorgungsgebiet um 50% (VAS 4-5) reduziert, vor allem war der Ruheschmerz nicht mehr vorhanden und der Patient konnte in der Nacht ungestört durchschlafen. Sonographisch ließ sich eine optimale Lappenperfusion nachweisen.

5 Monate später erschien der Patient zu einer geplanten Nachuntersuchung und gab seitens des N. medianus eine deutliche Besserung an, so das VAS hätte sich auf 2-3 reduziert. Jedoch gab der Patient an wieder Schmerzen im Bereich der Loge de Guyon ,aber auch entlang des Kleinfingerstrahls und des vierten Fingerstrahls zu erleiden. Hier bestand auch wieder ein ausgeprägtes TH-Zeichen. Außerdem beschrieb der Patient einen Kraftverlust und Krämpfe der Handbinnenmuskeln der vom N. ulnaris innervierter Muskeln. Ein hochauflösender Ultraschall bestätigte den Verdacht auf eine rezidivierende Fibrose des N. ulnaris mit einer Abflachung des Nerven beim Eintritt zwischen den beiden Muskelbäuchen von M. flexor carpi ulnaris. Bei der Ultraschallkontrolle von N. medianus

zeigte sich der transplantierte Gleitgewebelappen um den Nerv nach wie vor gut perfundiert.

Da die Beschwerden seitens des N. ulnaris und ihre Intensität monatelang zugenommen haben, wurde die Indikation für eine Operation gestellt.

Im Rahmen des nächsten Revisionseingriffes wurde erneut eine externe Dekompression durch das entfernen des Narbengewebes (vor allem im Eintrittsbereich in das Sulcus N. ulnaris zeigte sich der Nerv komprimiert) eine mikrochirurgische externe und interne Neurolyse (Para- und Epineuriotomie) wurden durchgeführt und anschließend der Nerv in einen lokalen gestielten (Proximaler Perforator A. ulnaris) Lappen vom Gleitgewebe der Unterarmfaszie 8x6 cm umhüllt.



*Abbildung 39 Inzision distal des Sulcus N. ulnaris, mit Monocrylfäden der lokale Gleitgewebelappen am proximalen A. ulnaris Perforator*

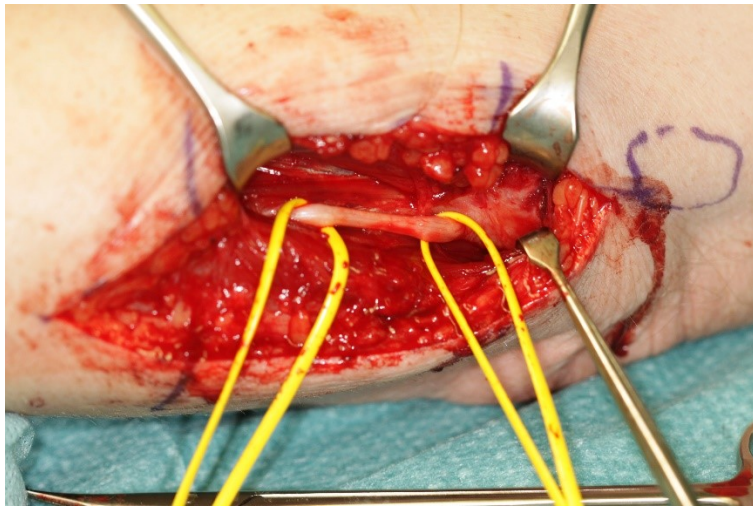


Abbildung 40 N. ulnaris im Bereich des Sulcus N. ulnaris nach der Neurolyse

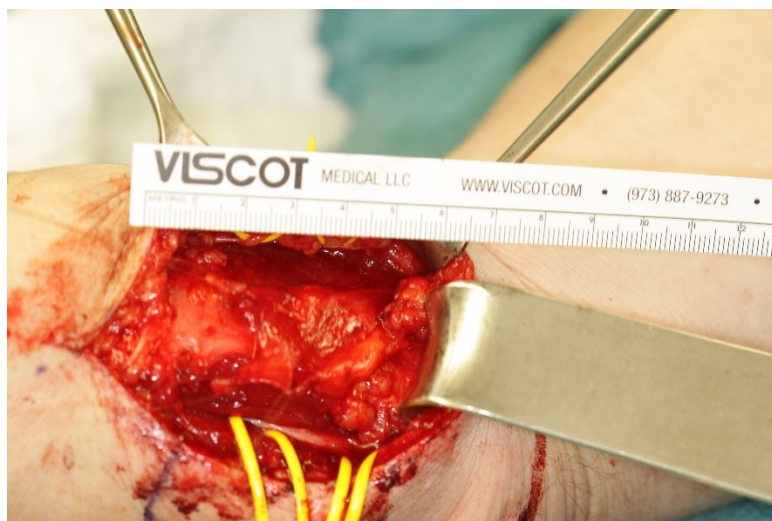


Abbildung 41 N. ulnaris und lokaler Gleitgewebelappen mit Massband

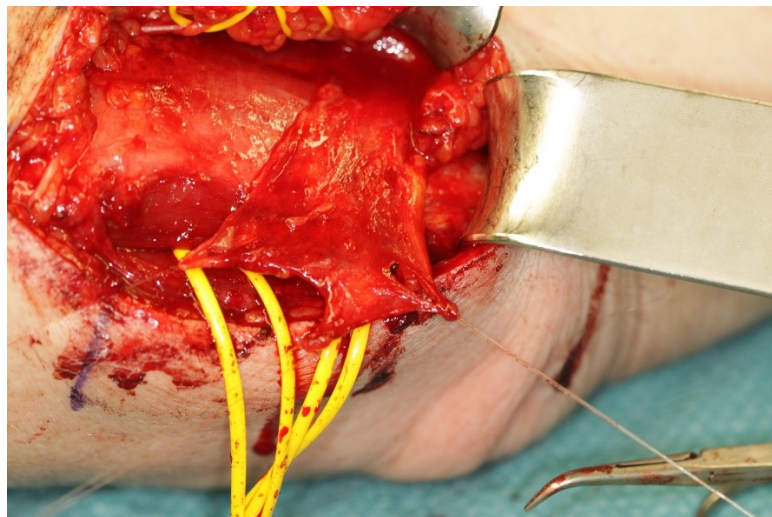


Abbildung 42 Deckung des N. ulnaris mit einem lokalen A. ulnaris Perforatorlappen (hauch dünnes gut vaskularisiertes Gleitgewebe)

Der postoperative Verlauf war unauffällig, der Patient gab an keine Beschwerden zu haben.

Ein Jahr später erschien der Patient zu einer geplanten Nachkontrolle. Er gab an wieder unter einem Ruheschmerz (VAS 2-3) in der rechten Hand vor allem im Bereich der Rascetta, radial von Os pisiforme, über Daumen bis in die Fingerspitzen ausstrahlend. Es wurden keine motorischen Ausfälle registriert.

Der 2 Punkte Diskriminationstest ergab einen Wert von 6 mm auf der Fingerkuppe 2-5 und 7 mm auf der Daumenkuppe.

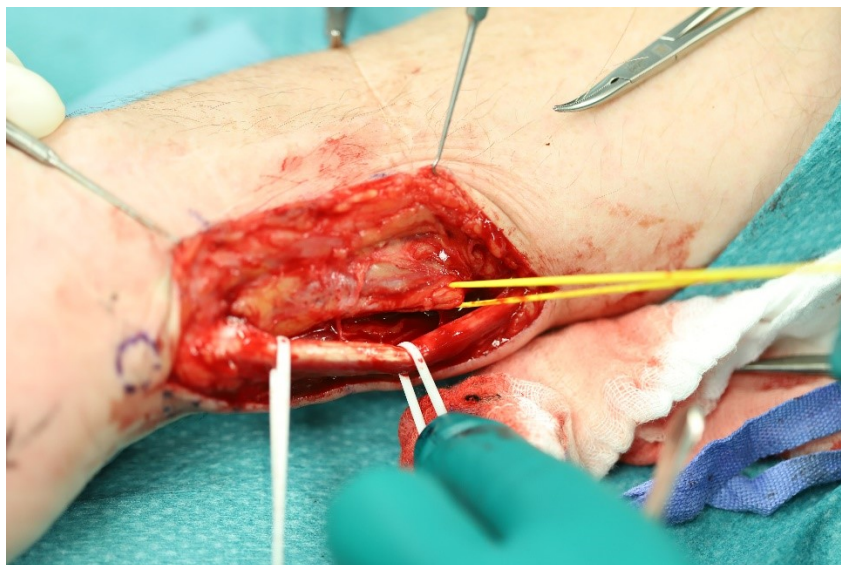
Im Rahmen der nächsten Revision wurde eine erneute Dekompression, innere und äußere Neurolyse des N. ulnaris im Bereich der Guyon'schen Loge mit einer anschließenden lokal gestielten Gleitgewebelappenplastik geplant.

Der Lappen musste schon beim Zugang zum Nerv vorbereitet werden. Das Gleitgewebe über der Unterarmfaszie wurde ausreichend nach proximal dargestellt (ca. Übergang distales und mittleres Drittel) und ein distaler Perforator der A. ulnaris (ca. 2cm proximal des Os pisiforme) als Lappen versorgendes Gefäß und Rotationspunkt sichergestellt. Im distalen Unterarmdrittel erwies der Nerv unauffällige Verhältnisse, so wurde von dem „Gesunden“ aus in die Peripherie präpariert. Der Ramus dorsalis konnte dargestellt werden. Ungefähr 6-7 cm proximal des Os. Pisiforme wurde eine ausgeprägte Narbenbildung mit Einbezug des Nerven festgestellt. Die äußere Dekompression wurde durch Narbenlösung erzielt. Es konnten der Ramus superficialis und R. profundus N. ulnaris am Eingang und etwas proximal der Guyon'schen Loge dargestellt werden. Eine zusätzliche Kompression des Nerven war außerdem durch einen besonders breiten Ansatz des M. flexor carpi ulnaris (FCU) gegeben. So wurde nicht nur das Dach des Guyon'schen Loge gespaltet, sondern auch der Ansatz des FCU verkleinert. Das Epineurium erwies flächenhafte Strikturen und war auf einer Strecke von ca. 3 cm nicht vom Paraneurium zu trennen. Es wurde eine mikrochirurgische Epineuriotomie durchgeführt, die Faszikel dekompriert und auf dieser Strecke freigelegt. Um einer erneuten Vernarbung des Nerven in diesem Bereich vorzubeugen, wurde anschließend ein 5x4 cm Perforator gestielter Lappen aus dem Gleitgewebe der Unterarmfaszie umschnitten, eine Blutversorgung durch den distale A. ulnaris Perforator sichergestellt, der Perforator ca. 4 cm bis zu seinem Abgang von der A. ulnaris freipräpariert und anschließend zu Umhüllung von der Epineuriumzone vom Nerv distal rotiert und platziert.

Damit wurde sowohl die Gleitschicht des Nerven durch ein gut durchblutetes Gleitgewebe ersetzt, als auch der Nerv im Bereich der FCU-Sehne zusätzlich abgepolstert.



*Abbildung 43 Geplanter Zugang über der Loge de Guyon*



*Abbildung 44 Fibrotisches Gewebe um den N. ulnaris im Bereich der Loge de Guyon*

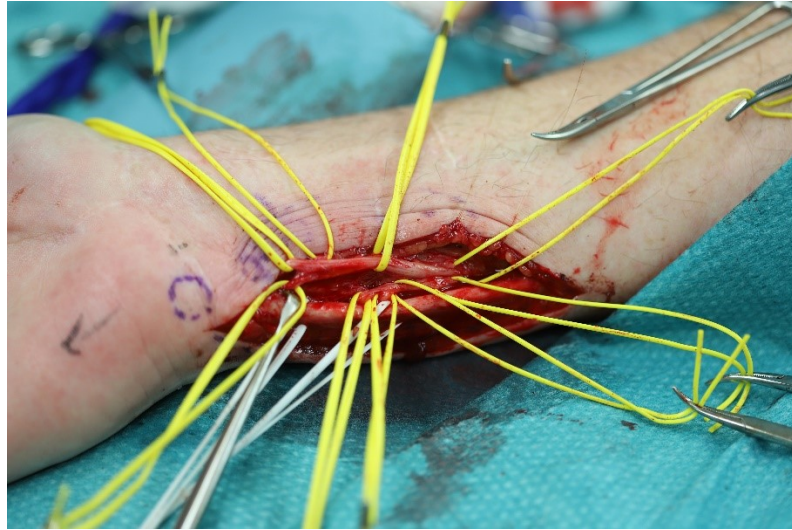


Abbildung 45 N. ulnaris im Bereich des Loge de Guyon nach der Neurolyse, links im Bild Aufteilung auf den R. profundus und R. superficialis

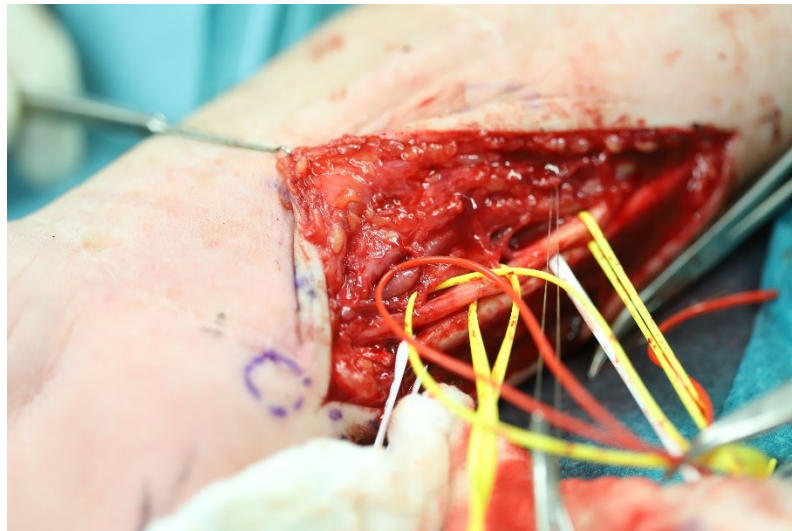
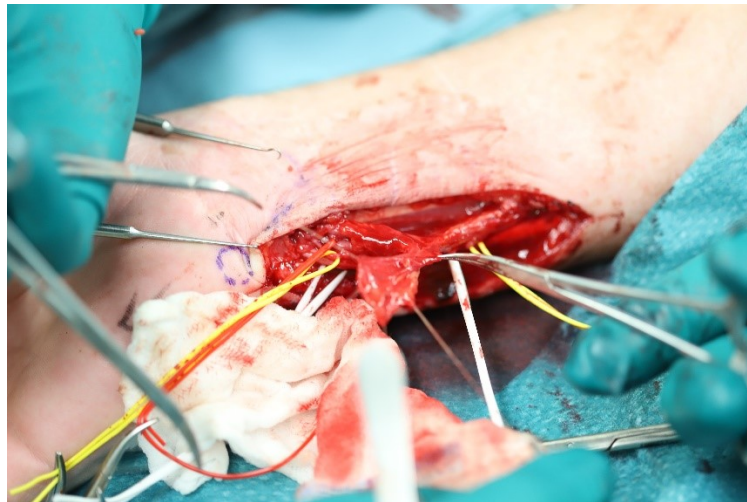


Abbildung 46 Distale Perforator der A. ulnaris zum Gleitgewebe



*Abbildung 47 lokaler Gleitgewebelappen am distalen Perforator der A. ulnaris*



*Abbildung 48 N. ulnaris im Bereich der Loge de Guyon nach der Deckung mit einem lokalen Gleitgewebeperforatorlappen*

Der postoperative Verlauf war unauffällig. Der Patient gab an keine Beschwerden zu haben.

## Fall 2

Patientin, 35 Jahre alt, stellte sich zum ersten Mal im Jahr 2004 im Millesi Center für periphere Nerven Chirurgie und Plexus brachialis an der Wiener Privatklinik vor und berichtete in ihrer Kindheit eine Glasschnittverletzung am linken Vorderarm erlitten zu haben, wobei auch der N. medianus beschädigt und chirurgisch mit Nervennähten vor Ort (Ausland) versorgt wurde. In darauffolgenden Jahren hat die Patientin eine zunehmende Schmerzsymptomatik im Hohlhandbereich, sowie über dem Karpalkanal und etwas proximal der Handbeugefalte in die Fingerspitzen ausstrahlend entwickelt (VAS 7). Außerdem berichtete die Patientin über Sensibilitätsstörungen im Sinne von Hypo- und Parästhesien im N. medianus Versorgungsgebiet.

Proximal und distal des Karpalkanals bis in die Fingerspitzen ausstrahlend war ein deutliches TH-Zeichen auslösbar. Es wurde Mm. interossei Atrophie beschrieben, das Spreizen und die Adduktion der Finger war jedoch möglich. Außerdem wurde eine Lähmung des M. opponens policis festgestellt, die Oppositionsbewegung konnte jedoch mit dem M. flexor policis brevis und dem M. abductor policis brevis ausgeführt werden.

Es wurde die Indikation für einen Revisionseingriff gestellt. Der N. medianus wurde proximal des Karpalkanals durch eine ulnar angelegte mittseitliche Inzision dargestellt. Dort weiste er unauffällige Verhältnisse auf. Weiters wurde die Verzweigung des N. medianus in der Hohlhand von einem Hautschnitt in der Thenarfalte aus freigelegt. Am Ramus palmaris N. medianus fand sich ein ausgeprägtes Neurom vor, so dass der Nervenast bis zu seinem Abgang vom N. medianus verfolgt und anschließend reseziert wurde. Danach wurde eine Neurolyse und externe Dekompression durch das Spalten des Retinaculum flexorum ausgeführt. Der postoperative Verlauf war unauffällig. Der Schmerzsyndrom hat sich nach der Operation wesentlich gebessert und die Patientin blieb über Jahre beschwerdefrei.

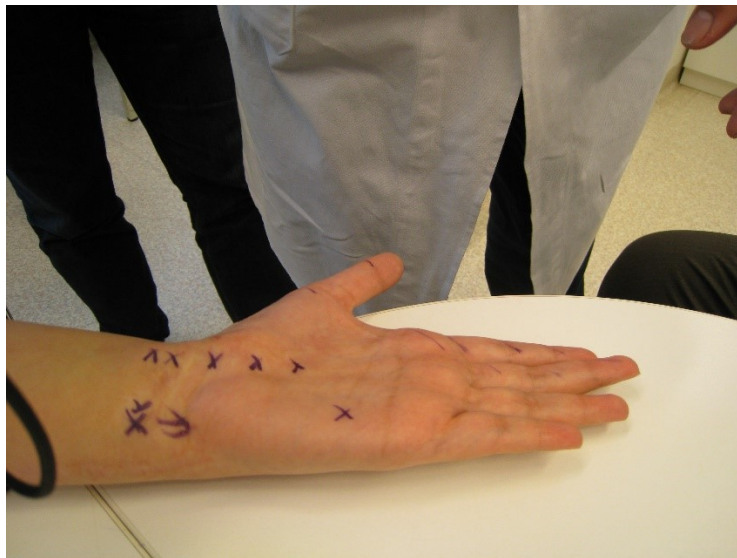
Im Jahr 2013 stellte sich die Patientin erneut vor und gab an erneut Schmerzen im Bereich des Karpalkanals, der Hohlhand bis in die Fingerspitzen ausstrahlend zu haben. Zudem berichtete sie über Sensibilitätsstörungen im Sinne von Hypo- und Parästhesien im N. medianus Versorgungsgebiet. Ein deutliches TH-Zeichen war wieder sowohl proximal, als auch distal des Karpalkanals auszulösen.



*Abbildung 49 Markierung des TH-Zeichens proximal, distal und über dem Karpalkanal mit Ausstrahlung in die Finger, zusätzlich TH-Zeichen über dem Loge de Guyon nach distal ausstrahlend*

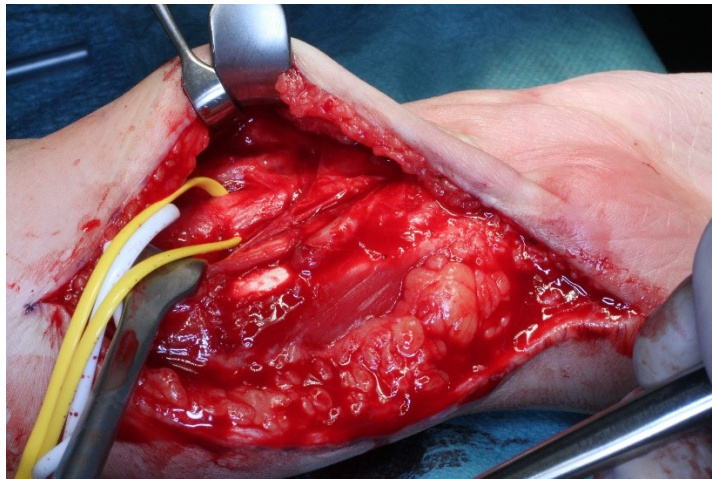
Es bestand weiterhin eine Lähmung des M. opponens pollicis, die Oppositionsbewegung konnte nur unvollständig ausgeführt werden. Es wurde eine erneute Einengung im Bereich des Karpalkanals, sowie eine rezidivierende Fibrose im distalen Bereich des N. medianus in der Hohlhand vermutet und somit erneut die Indikation für eine Dekompression und mikrochirurgische Neurolyse des N. medianus gestellt.

Zusätzlich gab Patientin an leichte Schmerzen über dem Loge de Guyon zu verspüren. Es ließ sich auch ein deutliches TH-Zeichen über dem Eintrittspunkt von N. ulnaris in das Loge auslösen. So wurde auch die Indikation für die Spaltung des Loge de Guyon gestellt.

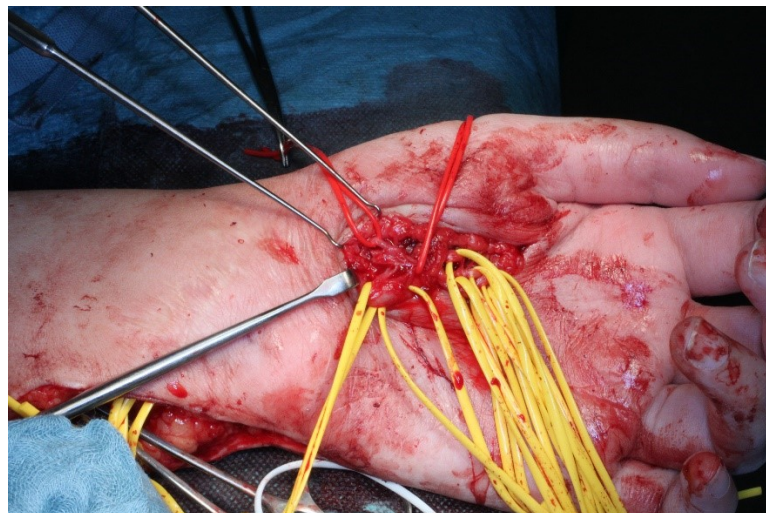


*Abbildung 50 präoperative Markierung des TH-Zeichens über dem Karpalkanal in die Finger ausstrahlend und über dem Loge de Guyon nach proximal ausstrahlend*

Im Rahmen des Revisionseingriffes wurde am Unterarm entlang der Narbe an der Ulnarseite mittelseitlich erneut eingegangen, der N. medianus proximal dargestellt (unauffällige Verhältnisse) und nach distal präpariert. Die Stelle des Abganges des R. palmaris wurde auf ein mögliches neues Neurom revidiert, es wurde jedoch keine erneute Neurombildung beschrieben. Weitere Präparation nach distal zeigte Adhäsionen und Kaliberschwankungen des Nerven im Karpalkanal. Durch eine zusätzliche Hautinzision in der Thenarfalte, wird eine externe Dekompression durch das Spalten und Resezieren vom Narbengewebe, sowie eine mikrochirurgische Neurolyse von N. medianus und seinen Ästen durchgeführt. Es wurde auch eine Integumenterweiterung durch Deckung des entstandenen Weichteildefektes im Bereich der ulnaren Inzision mit einem Vollhauttransplantat.



*Abbildung 51 Operative Zugang über dem Loge de Guyon, medial der N. medianus angeschlossen*



*Abbildung 52 rechts im Bild Äste von N. medianus distal des Karpalkanals*

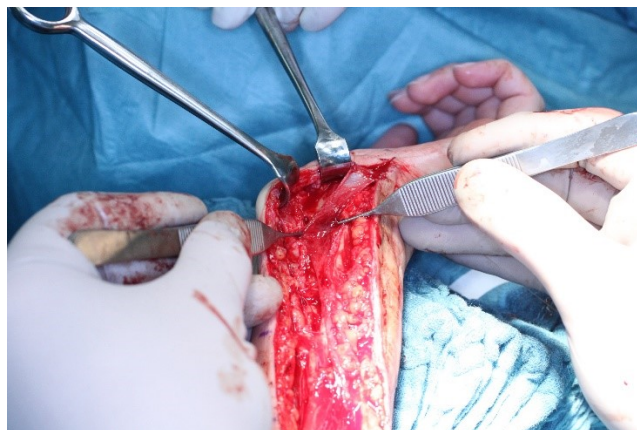
Zusätzlich wurde eine externe Dekompression und externe Neurolyse des N. ulnaris durchgeführt und das Loge de Guyon gespaltet. Der postoperative Verlauf war unauffällig. Die Patientin wurde darüber aufgeklärt die Finger zu bewegen um ein Gleiten des Nerven frühzeitig zu ermöglichen. Sie wurde im Rahmen einer Physiotherapie über die richtigen Bewegungsabläufe geschult.

Ein Jahr später kam es im Bereich des Guyon'schen Loge (radialseitig des Os pisiforme) des N. ulnaris zu neu auftretenden Schmerzen. Dort war auch ein deutliches TH-Zeichen auslösbar.



*Abbildung 53 Markierung des TH-Zeichens über dem Loge de Guyon und über dem Karpalkanal in die Finger ausstrahlend*

Es gab keine sensible oder motorische Ausfälle im N. ulnaris Versorgungsgebiet. Es wurde eine Indikation zur Operation gestellt und erneut eine Dekompression und mikrochirurgische Neurolyse, sowie eine lokale gestielte Gleitgewebelappenplastik am distalen A. ulnaris Perforator geplant und durchgeführt. Nach dem Lösen der zirkulären Narbenadhäsionen im Bereich des N. ulnaris, wurde ein 14x4 cm breiter Unterarmfasziengleitgewebelappen am distalen A. ulnaris perforator rotiert und die Schadensstelle somit mit neuem durchblutetem Gleitgewebe bedeckt.



*Abbildung 54 lokaler Gleitgewebelappen am distalen Perforator der A. ulnaris*

Postoperative Verlauf war unauffällig, es wurden lediglich minimale Beschwerden im Bereich des Os pisiforme registriert, ansonsten beschwerdefrei.

Bei einer geplanten Kontrolle in einem Jahr wurden Schmerzen im Bereich der verbreiteten hypotrophen Narbe am Unterarm ulnarseitig beschrieben. Außerdem hat sich ein Narbenstrang im Bereich der ersten Zwischenfingerfalte gebildet, der korrigiert werden musste. Die Sensibilität was gut erhalten: N. ulnaris (Fingerkuppe 4,5) 2 Punkte Diskriminationstest ergab 4mm, im N. medianus Versorgungsgebiet 8 mm. Die Oppositionsbewegung wird nach wie vor unvollständig ausgeführt. Es wird erneut eine Indikation für eine Operation gestellt.



*Abbildung 55 Postoperatives Bild*



*Abbildung 56 Narbenzug*



*Abbildung 57 Bewegungsumfang ambulantes bild, palmare Flexion im Handgelenk*



*Abbildung 58 Bewegungsumfang, dorsale Flexion im Bereich des Handgelenks*

Im April 2014 wird die Resektion der hypotrophen Narbe am Unterarm mit lokaler Verschiebelappenplastik, sowie eine Narbenkorrektur mittels einer Z-Plastik im Bereich der ersten Zwischenfingerfalte durchgeführt. Um die Oppositionswirkung des Daumens zu verbessern, wurde ein Teil des M. abductor pollicis mit seiner Faszie zum M. opponens transferiert.



*Abbildung 59 Markierung der geplanten Narbenkorrektur*



*Abbildung 60 Lösung des Narbenzuges mit Z-Plastik*



*Abbildung 61 Modifizierte Z-Plastik im Bereich der hypotrophen Narbe am Unterarm*

Der postoperative Verlauf war unauffällig. Es wurde bald mit der Physiotherapie angefangen. Ein Monat postoperativ war die Opposition als sehr gut beschrieben. Es wurde mit einer Tiefenlaser-Therapie der Narbe angefangen um die Durchblutung zu fördern. Beim Beklopfen der Narbe im Bereich des Karpalkanals ließ sich erneut ein TH-Zeichen auslösen, die Elektrisierung strahlte bis in den Daumen aus.

Die Patientin wurde für weitere Begutachtung und Therapie im August 2016 vorgesehen, wurde aber erneut erst im November 2017 vorstellig.

Patientin gab an starke Schmerzen (VAS 7-9) im Bereich des Karpalkanals und im N. medianus Versorgungsgebiet zu haben. Es konnte in diesem Bereich ein eindeutig positives TH-Zeichen ausgelöst werden können, vom Karpalkanal bis in die Finger ausstrahlend. Außerdem gab die Patientin am Unterarm ulnarseitig links im Bereich der Narbe Brennen, Schmerzen, Jucken und Schwellung an, sowie Schmerzen im Bereich des Karpalkanals ulnarseitig. Die Oppositionsbewegung des Daumens ließ sich sehr gut ausführen und auch die Kraft hat sich gesteigert.



*Abbildung 62 Postoperatives Bild mit Anzeichnung von der Stelle mit Schmerzen, Jucken und Brennen proximal der Narbe am Unterarm ulnarseitig und TH-Zeichen ulnarseitig von Karpalskanal*



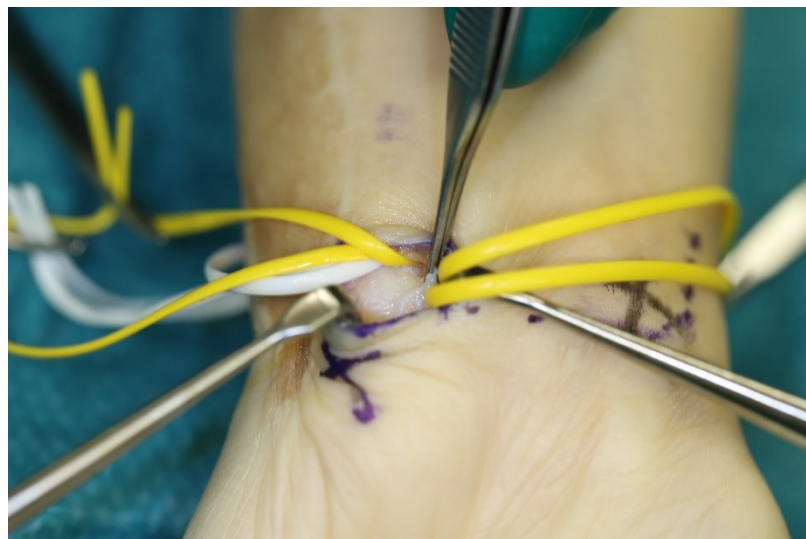
*Abbildung 63 TH-Zeichen proximal des Karpalkanals*



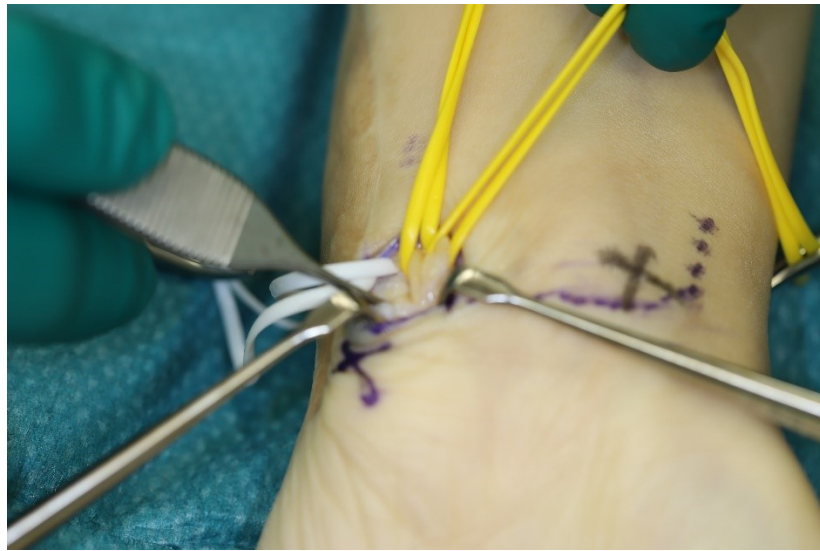
*Abbildung 64 Narbe am Unterarm ulnarseitig und Hauttransplantat ulnarseitig*

Sensibilität seitens N. ulnaris war unauffällig. Im N. medianus Versorgungsgebiet wurde eine Hyposensibilität angegeben. Der WEST Haarfilament Test ergab an allen Fingern 4,31 Level spürbar, 3,61 Level im Medianus-Versorgungsgebiet. Der Dellon Stern 2 Punkte Diskriminationstest zeigte im Medianusgebiet schlechtere Ergebnisse, als im Versorgungsgebiet vom N. ulnaris. So wurde das beste Resultat von 8 mm am 3 Finger gemessen, Finger 1-2 9-10mm. Während an der Fingerkuppe 4,5 4-6mm gemessen wurden. Eine hochauflösende Ultraschalluntersuchung zeigte eine Kompression durch fibrotisches Gewebe des Ramus superficialis N. ulnaris sowie des N. medianus und es wurde eine Indikation für eine mikrochirurgische interne und externe Neurolyse der beiden Nerven und eine anschließende Deckung mit einem freien mikrovaskulärem Gleitgewebelappen vom lateralen Femurkondyl gestellt.

Es wurde in 2 Teams operiert. Das erste Team stellte durch einen Zugang durch die alte Narbe in der Beugefalte den N. ulnaris dar. Und führte unter dem Operationsmikroskop eine schrittweise Neurolyse von proximal nach distal. Es wurde dabei auch der Eingang in das Guyon'sche Loge erneut gespaltet. Eine Para- und Epineuriotomie wurden durchgeführt. Über eine zusätzliche Inzision radialseitig in der Handgelenksbeugefalte ebenfalls durch die alte Narbe wurde der N. medianus dargestellt. Es wurde eine mikrochirurgische Neurolyse im Sinne einer Paraneuriotomie von proximal nach distal durchgeführt und auch der Ramus palmaris N. medianus konnte unter dem Operationsmikroskop identifiziert und dekomprimiert werden.



*Abbildung 65 Narbengewebe über den N. ulnaris im Bereich der Loge de Guyon*



*Abbildung 66 Aufteilung von N. ulnaris auf R. superficialis und R. profundus*

A. radialis mit seiner Begleitvene wurden als Anschlussgefäße vorbereitet. Anschließend konnte die endgültige Fläche des Lappens verifiziert werden unter der Berücksichtigung, dass beide Nerven einem neuem Gleitgewebe gedeckt werden sollten. So sollte der Lappen mindestens 7x3 cm aufbringen.

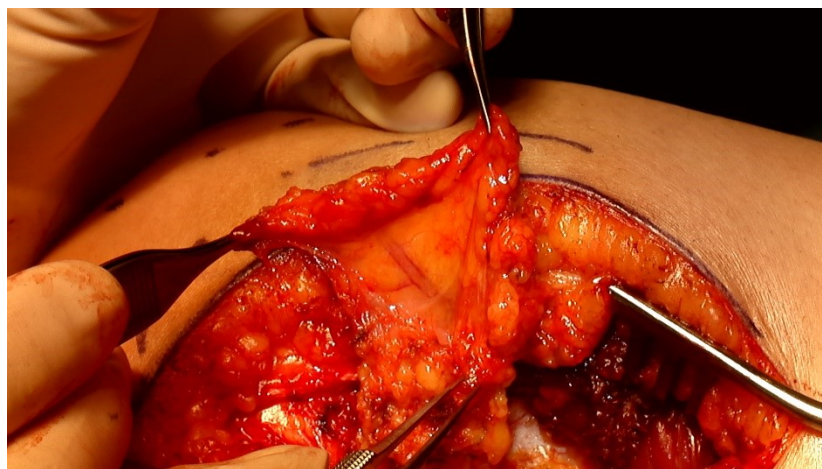
Das zweite Team hat parallel vom distalen Oberschenkel das von einem Ast der A. genu superior lateralis versorgte Gleitgewebe unter dem M. vastus lateralis (zwischen M. vastus lateralis und dem Femur) dargestellt und mobilisiert so, dass dann ein Lappen in der Größe 10x5 cm umschnitten werden konnte. Alle anderen Äste der SLGA wurden mit Lupenbrillenvergrößerung präpariert und geklippt. Der Lappenstiel konnte bis zum Abgang von der A. poplitea verfolgt werden, die Arterie und die Venen separiert und anschließen geklippt.



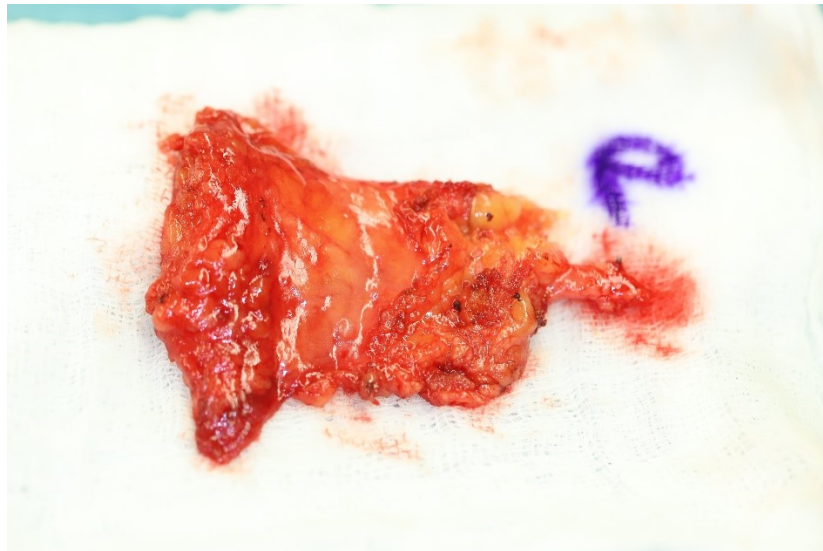
*Abbildung 67 Landmarks im Bereich des lateralen Femurkondyls: unten links Fibulaköpfchen, links mittig Kniegelenksspalt, oben links der Patellarand, vom Kniegelenksspalt nach proximal geschwundeg der geplante Zugang über dem LFC*



*Abbildung 68 Der Gefäßstiel der SLGA (Arterie in der Mitte, 2 Begleitvenen seitlich) in die Poplitea verlaufend*



*Abbildung 69 Gleitgewebelappen am Stiel vor dem Klippen*



*Abbildung 70 Gleitgewebelappen vom LFC nach der Entnahme, rechts mittig der Gefäßstiel*

Der Lappen wurde an die linke Hand transplantiert, von radial nach ulnarseitig durchgezogen und über den beiden Nerven platziert. Die Lappenarterie wurde End-to-Side mit der A. radialis anastomosiert und die Lappenvene End-to-End mit der Begleitvene. Nach dem Gefäßanschluss war das transplantierte Gleitgewebe gefüllt und gut durchblutet. Der Hautverschluss erfolgte mit losen Einzelknopfnähten, damit bei leichter Nachblutung das Blut in den Verband rinnen konnte und eine Kompression des Lappenstiels durch ein Hämatom vermieden werden konnte. Postoperativ waren unauffällige Wundverhältnisse, jedoch gab die Patientin Schmerzen VAS 2-3 an. Eine hochauflösende Ultraschalluntersuchung zeigte optimale Perfusion des Gleitgewebelappens an.

### Fall 3

Patient, 68 Jahre alt, wird im Dezember 2016 im Millesi Center für periphere Nerven und Plexus brachialis vorstellig und berichtet seinen langen und komplizierten Leidensweg, der mit einer radikalen Prostatektomie im Jahr 2000 seinen Anfang nahm. Die Folge dieses Eingriffes waren urethrale Strikturen und eine erektile Störung. Danach wurden mehrere Versuche (insgesamt 3) unternommen die Urethra zu dilatieren, die irgendwann bei einer Harninkontinenz endeten. Danach wurde transurethral eine Schlinge implantiert, die von beiden Seiten mit Schrauben am Ramus inferior os pubis fixiert. Nach diesem Eingriff verspürte der Patient durchgehend starke Schmerzen und Dysästhesien im Bereich des Perineums und des Penis. 6 Monate nach der Implantation musste die Schlinge entfernt werden. Nach der Entfernung des Implantates traf eine Besserung der Beschwerden ein, einige blieben jedoch, so war der Schmerz nach wie vor vorhanden. In

den nächsten 5 Jahren hatte der Patient 4 weitere Operationsversuche im Bereich der Nervus pudendus bei 2 unterschiedlichen Spezialisten. Es wurde einmal ein transglutealer und drei vordere Zugänge gewählt. 2012 stellte sich der Patient beim nächsten Spezialisten vor. Der Patient gab moderate Schmerzen an. Bei der klinischen Untersuchung wurde eine Druckempfindlichkeit im Bereich der Rr. inferior os pubis beidseits, sowie Hypästhesien im Bereich des Penis und im Perineum und Schwäche der Urogenitaldiaphragma festgestellt.

In einer hochauflösenden Ultraschalluntersuchung des N. pudendus wurden zahlreiche „Uhr glass“-Einengungen des Nerven beidseits und ausgeprägte Narbenbildung im Bereich der Rr. inferiores os pubis. Eine Ultraschall gezielte Injektion von Scandicain 1% (2 ml) im Bereich des Nerven auf beiden Seiten, brachte eine vorübergehende deutliche Besserung der Beschwerden. Eine ap-Hüftenröntgenaufnahme zeigte 5 Metallschrauben im Bereich des N. pudendus, wobei 4 von den 5 direkt im Bereich des N. dorsalis penis platziert waren. Dach wurde die Indikation für einen Revisionseingriff gestellt, der eine Entfernung der Schrauben, eine Dekompression und eine Neurolyse des N. pudendus beinhalten sollte. Bei der Revision wurden beide Nerven geschwollen und fettigdegeneriert, mit multiplen „Uhr glass-Einengung“ des Nerven und massive Narbenbildung im Bereich der Schrauben vorgefunden. Eine Schraubenentfernung, eine ausgedehnte externe Neurolyse und Epineuriotomie wurden durchgeführt. Etwa 1,5 Monate nach diesem Eingriff war der Patient beschwerdefrei. Dann kam es jedoch im Zuge eines Sexualkontaktes zum erneuten Einklemmen vom Nerv und ausgeprägter Schmerzsymptomatik.

Der Patient stellte sich im Millesi Center vor uns gab an starke Schmerzen beidseits zu haben (VAS 7), links jedoch mehr als rechts, zum Schlafen nimmt der Patient Clonazepam 1mg eine Tablette. Außerdem gab er an, dass eine Tinktur aus einem Marihuanna Extrakt bei seinen Schmerzen hilfreich sei. Der Patient gab an Schmerzen beim sexuellen Kontakt zu haben, die auch zeitweise eine erektile Störung zur Folge haben.

Bei der klinischen Untersuchung konnten das Narbengewebe getastet werden und dort gab der Patient den maximalen Schmerzpunkt an.

Nach der Injektion eines Lokalanästhetikum im Bereich der N. pudendus wurde eine Halbierung der Schmerzen beobachtet.

Eine hochauflösende Nervenultraschalluntersuchung zeigte den N. pudendus beidseits massiv vernarbt, mehr links, vor allem im Bereich des Alcock's canal. So wurde erneut eine Indikation für einen Revisionseingriff gestellt und der Patient in 3 Monaten wiederbestellt worden.

Bei der Nachuntersuchung 3 Monate später gab den Patient einen beidseits stärker gewordenen Schmerz (VAS 9-10 links), sowie eine Erektionsstörung an. Im Bereich des Penis und der Hoden hatte der Patient ein Kompressionsgefühl und kaum Sensibilität. Außerdem hatte der Patient kaum eine Cremaster-Reaktion des Hodens. Sowie ausgeprägte lokale Schmerzen mit punctum maximum links (siehe Foto).



*Abbildung 71 Mit einem Kreis markiert punctum maximum von Schmerz, mit einem Kreuz das TH-Zeichen markiert*

Beim Revisionseingriff wurde in zwei Teams operiert. Das erste Team hat eine externe Dekompression vom N. pudendus durch das Lösen vom fibrotischen Gewebe und Resezieren der Narbenplatte im Alcock's canal, sowie eine externe Neurolyse durch Paraneuriotomie und eine interne Neurolyse durch eine Epineuriotomie durchgeführt.

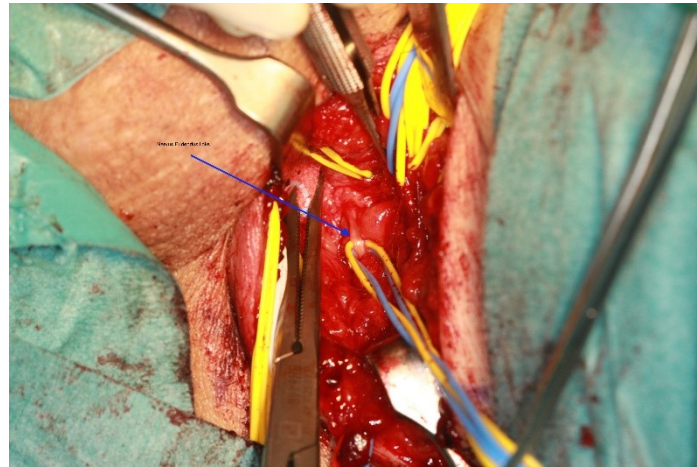
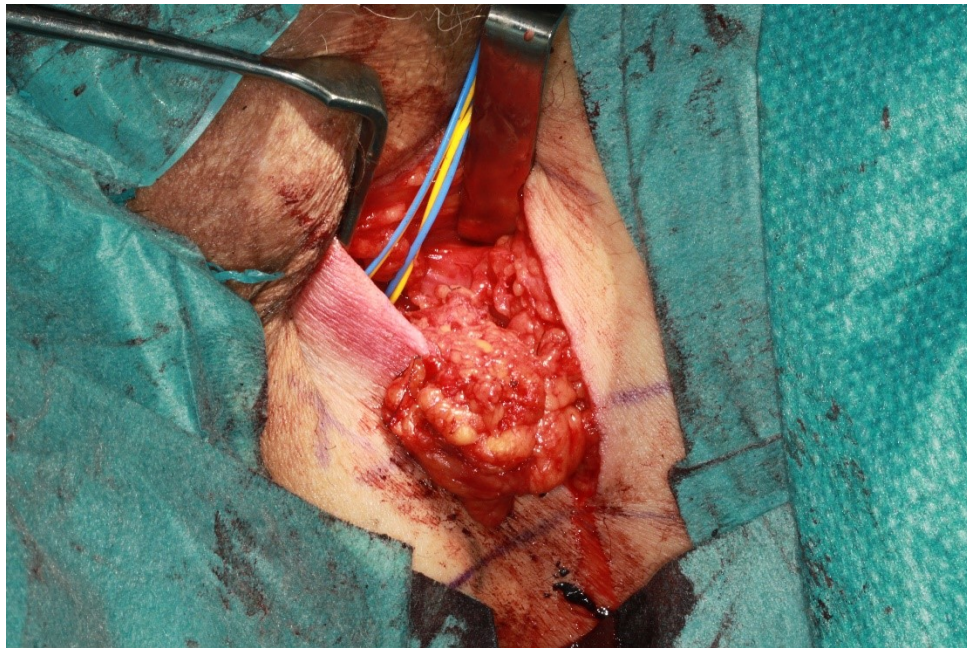


Abbildung 72 In der Mitte N. pudendus intraoperativ

Die Nervenfaszikeln wurden dekomprimiert und die Gleitgewebsdefektstrecke wurde abgemessen. Die Anschlussgefäße wurden vorbereitet. Das zweite Team hat einen Gleitgewebelappe an der SLGA in der Größe 9x5 cm präpariert. Anschließend wurde der Lappen in die linke Genitalregion transplantiert um den N. pudendus in der gesamten Schadensstrecke zu decken und der Lappenstiel wurde mittels 2 Gefäßanastomosen an einen Seitenast der A. pudenda links und ihre Begleitvene angeschlossen.



Abbildung 73 Gleitgewebelappen vom LFC nach der Entnahme



*Abbildung 74 Gleitgewebelappen vom LFC nach dem Gefäßanschluss*

Postoperativ gab der Patient keine Schmerzen im Bereich des N. pudendus links zu haben, jedoch Schmerzen an der rechten Fußsohle, die durch die Lagerung während der Operation verursacht sein könnten. Es wurden keine Rötungen oder andere Zeichen einer Decubitus festgestellt. Einen Tag später besserten sich die Beschwerden im Bereich der rechten Fußsohle, der N. pudendus links blieb weiterhin schmerzfrei. 2 Tage nach der Operation wurde der Patient mobilisiert. 2 Wochen nach der Operation gab der Patient eine deutliche Besserung der Schmerzen im Vergleich zu davor, so schätzte er seine Schmerzintensität gegen VAS 3, maximal 4 ein. Die Sensibilität am Penis und am Scrotum hat sich deutlich gebessert. Auch die Cremaster-Reaktion war sehr gut. Die rechte Ferse machte kaum Beschwerden und die Entnahmestelle war auch beschwerdefrei. Der Allgemeinzustand des Patienten hat sich deutlich gebessert.



*Abbildung 75 postoperatives Bild*

#### Fall 4

Patient, 50 Jahre, stellt sich zum ersten mal im November 2016 im Millesi Center vor und berichtet seine Leidensgeschichte:

Der Patient erzählte, dass er in seiner Jugend ein Leistungssportler und bis Anfang der 90-er Jahre in der Top-10 seines Landes unter Marathonläufern platziert war. Im Jahr 1995 wurde er bezüglich eines Tarsal-Tunnel-Syndroms operiert und das Retinaculum musculorum flexorum pedis (das Dach des Tarsalkanals) wurde gespalten. Nach der Operation kam es zur keiner deutlichen Besserung der Beschwerden und der Patient gab an, dass auch die Nervenleitgeschwindigkeitsmessung pathologisch war.

Im Jahr 1997 wurde der Patient erneut operiert. Der zweite Eingriff führte leider zu einer Infektion und einer Wundheilungsstörung, außerdem litt der Patient an massivem neuropathischem Schmerz (VAS 9-10). Nach der zweiten Operation musste der Patient seine Sportlerkarriere endgültig aufgeben. In den folgenden 4 Jahren arbeitete er intensiv daran eine Schmerzfreiheit zu erreichen. Konsequente Faszienmassage war erfolgsvoll und der Patient berichtet nach 4 Jahren mit VAS 0-1 wieder eine moderate Sporttauglichkeit (2-3x die Woche Lauftraining, Distanz 10km) erzielt werden.

Im Oktober 2016 jedoch, ohne ein vorhergehendes Trauma, ertastete der Patient eine prall-elastische Raumforderung hinter dem Innenknöchel rechts und verspürte erneut einen Schmerz im Bereich des rechten Innenknöchels mit der Ausstrahlung in die

Fußsohle, der stark schwankte (zwischen VAS 2-6) und belastungsabhängig war. So besonders nach einer Belastung des Sprunggelenks oder auch nach einer Kompression im Bereich des Innenknöchels kam es zu einem intensivem neuropathischem Schmerz.

Zum Moment der Untersuchung im Millesi Center im November 2016 gab der Patient einen brennenden Schmerz (VAS 4-5) im Verlauf des N. tibialis, dem Tarsalkanal und auch distal davon, in die Fußsohle ausstrahlend und außerdem gab er im Bereich der Fußsohle Sensibilitätsstörung im Sinne einer Hyposensibilität und Dysästhesie vor allem medialseitig an. Im Bereich des rechten Innenknöchels war eine teigige, mit Flüssigkeit gefüllt Resistenz beobachtet und vorsichtig palpiert worden. Bei venöser Stauung, verstärkte sich der Schmerz im Bereich des Innenknöchels. Danach wurde die Indikation für eine hochauflösende Nervensonografie gestellt. Die Untersuchung ergab, dass der N. tibialis im Bereich des Tarsalkanal nach anterior luxiert und die Faszikeln aufgequollen und deutlich verdickt waren, jedoch in ihrer Kontinuität nicht unterbrochen. Außerdem wurde ein gestauter Venenplexus beschrieben, der auch innerhalb des N. tibialis darstellbar war. Der Nerv erschien in der luxierten Position über einen längeren Zeitraum zu sein und verkürzt, so wurde eine erneute Positionierung im Tarsalkanal nicht empfohlen.

Der Patient wurde über die Möglichkeit einer mikrochirurgischen inneren Dekompression des N. tibialis, einer Neurolyse, sowie einer anschließenden Rekonstruktion des Nervenloge mit einer freien mikrovaskulären Lappenplastik aufgeklärt. Da die Beschwerden mit dem Venenkonvolut in Verbindung gebracht werden konnten, wurden dem Patienten Kompressionsstrümpfe verordnet und „Medical Flossing“ empfohlen. Wenn jedoch keine Besserung der Beschwerden eintreffen sollte, wäre ein weiteres operatives Vorgehen zu planen.

In 6 Monaten kam der Patient zur einer geplanten Kontrolle. Er beschrieb das „Medical flossing“ zwar als hilfreich, jedoch gab er nach wie vor einen Schmerz von VAS 5-6 an.

Bei der erneuten Nervensonografie wurde eine Zunahme des paraneuralen fibrotischen Gewebe, sowie verdickte Nervenfaszikel beschrieben.

Die Gesamtsituation schien sich nicht gebessert zu haben und dem Patienten wurde ein weiteres operatives Vorgehen empfohlen.

Das nächste Mal meldete sich der Patient im Juli 2018 in einer E-Mail wieder und beschrieb folgende Situation:

Er gestand sich parallel zu der Untersuchung im Millesi Center schon im Jahr 2016 eine zweite Meinung in einem anderen für periphere Nerven Chirurgie spezialisiertem Zentrum geholt zu haben. Dadurch, dass nach der Durchführung der Neurosonografie im auswärtigen Zentrum sich der Befund von dem Befund nach einer Untersuchung im Millesi Center unterscheidete, fühlte sich der Patient verunsichert.

Der auswärtige neurosonografische Befund beschrieb den rechten N. tibialis als nicht luxiert in loco topico und auch bei Flexions-/Extensionsbewegungen wurde keine Luxation erwähnt. Es wurde jedoch unmittelbar nach Aufzweigung in N. plantaris medialis und lateralis zwischen den beiden Nerven aberrante arterielle und venöse Gefäße und in dieser Region auch die V. tibialis ektatisch verändert mit pulsatilem Fluss und einer auffällig vermehrten intraneuralen Vaskularisation des N. plantaris lateralis beschrieben. Dem Patient wurde ein operatives Vorgehen im Rahmen einer mikrochirurgischen Dekompression und Neurolyse, sowie eine Teilresektion des Venenkonvoluts angeraten.

Der Patient fasste Vertrauen und unterzog sich im Oktober 2017 einer Operation im auswärtigen Zentrum. Während der Operation wurde starke Vernarbung des N. tibialis festgestellt, der Nerv sei massiv im Narbengewebe fixiert gewesen und konnte nicht Gleiten. Die äußere Neurolyse erfolgte nur einseitig (nicht 360°) durchgeführt, interne Neurolyse sei nicht durchgeführt worden und es wurde auch keine Polsterung des Wundbettes mit einem Fettfaszienlappen durchgeführt.

Nach diesem Eingriff verschlechterten sich leider die Beschwerden beim Patienten dramatisch. Er beschrieb schmerzfrei aufzuwachen, jedoch bereits eine geringe Belastung, wie der Weg vom Schlafzimmer ins Bad führen zu einem Taubheitsgefühl im Nervenverlauf, sowie zu einem neuropathischem Schmerz VAS 6. Nach ca. 15 Minuten Gehen verspüre der Patient einen tiefen dumpfen und brennenden Schmerz vom Tarsalkanal über die Fußsohle bis zu der ersten, sowie auch 2,3 Zehe reichend. Außerdem gab er an nun auch Schmerzen im Bereich der Ferse zu empfinden. Vor der letzten Operation sei es nicht der Fall gewesen. Der Patient wünscht sich erneut die Möglichkeit zu haben schmerzfrei gehen zu können.

Im Juli 2018 wurde im Rahmen einer neurologischen Untersuchung wurde auch eine Nervensonografie durchgeführt. Der N. tibialis wurde als massiv vernarbt und aus dem Tarsalkanal nach anterior luxiert, der N. plantaris medialis in den Bereich des Processus posterior talii disloziert beschrieben.

Es ließ sich ein deutliches TH-Zeichen über dem Tarsaltunnel und distal davon auslösen. Außerdem wurden elektrophysiologische Parameter im Rahmen einer motorischen Neurografie gemessen. Die Situation wird vom Neurologen als kompliziert geschildert mit zunehmender postoperativen Problematik seitens des N. plantaris medialis. Bei der motorischen Neurografie ließ sich eine relevante Amplitudenminderung registrieren, es zeigte sich auch auf den sensiblen Fasern, woraus es sich auf einen partiellen axonalen Schaden schließen ließ. Dieser manifestierte sich jedoch klinisch nicht (keine dauerhaften sensible oder motorische Defizite). Der Neurologe beschrieb die Malposition und die massive Vernarbung des N. tibialis und vor allem auch des N. plantaris medialis als eine kalkulliert äußerst schwierige Gesamtsituation. Der Leidensdruck des Patienten wurde als sehr hoch eingestuft.

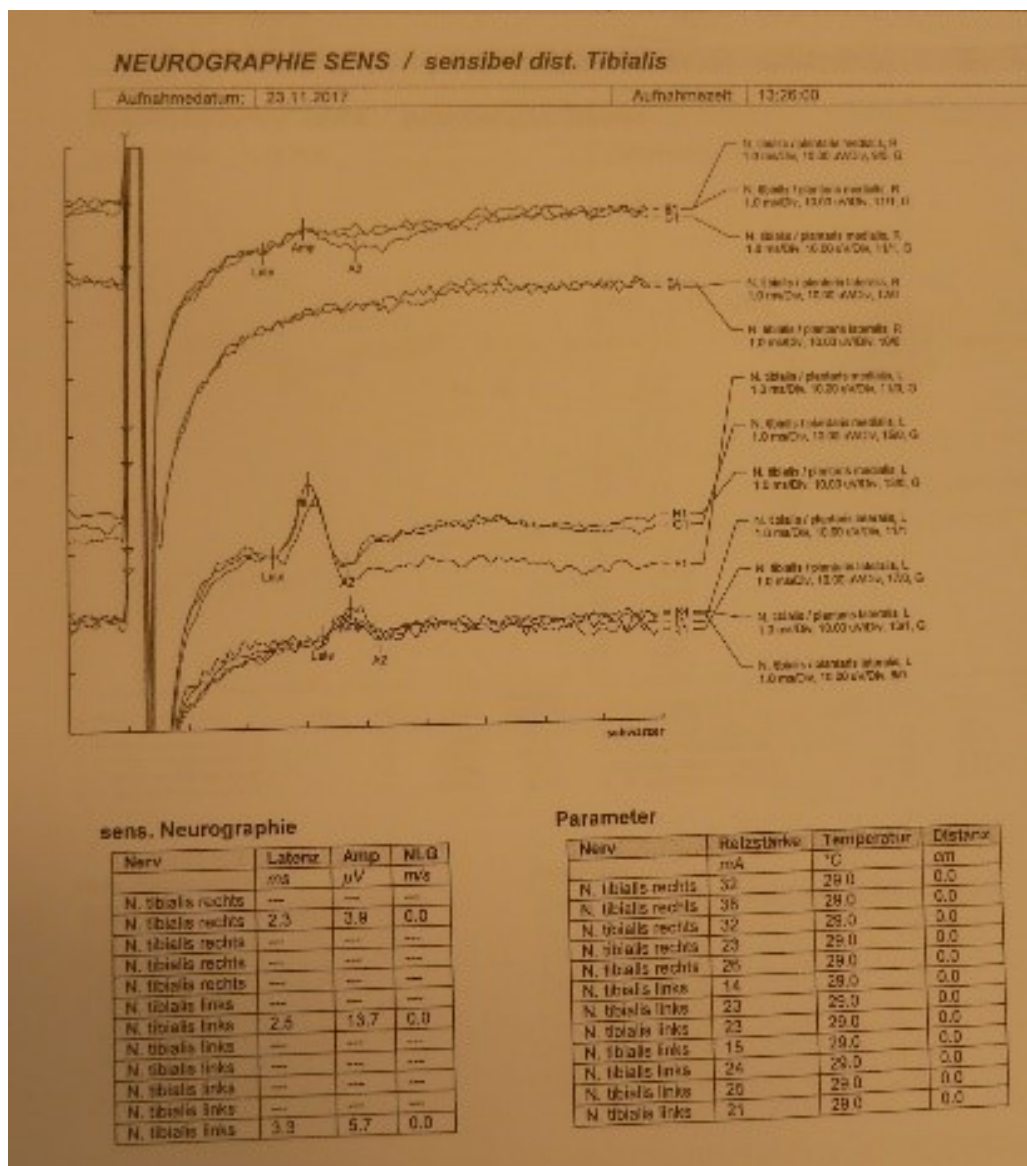


Abbildung 76 Neurografie 1

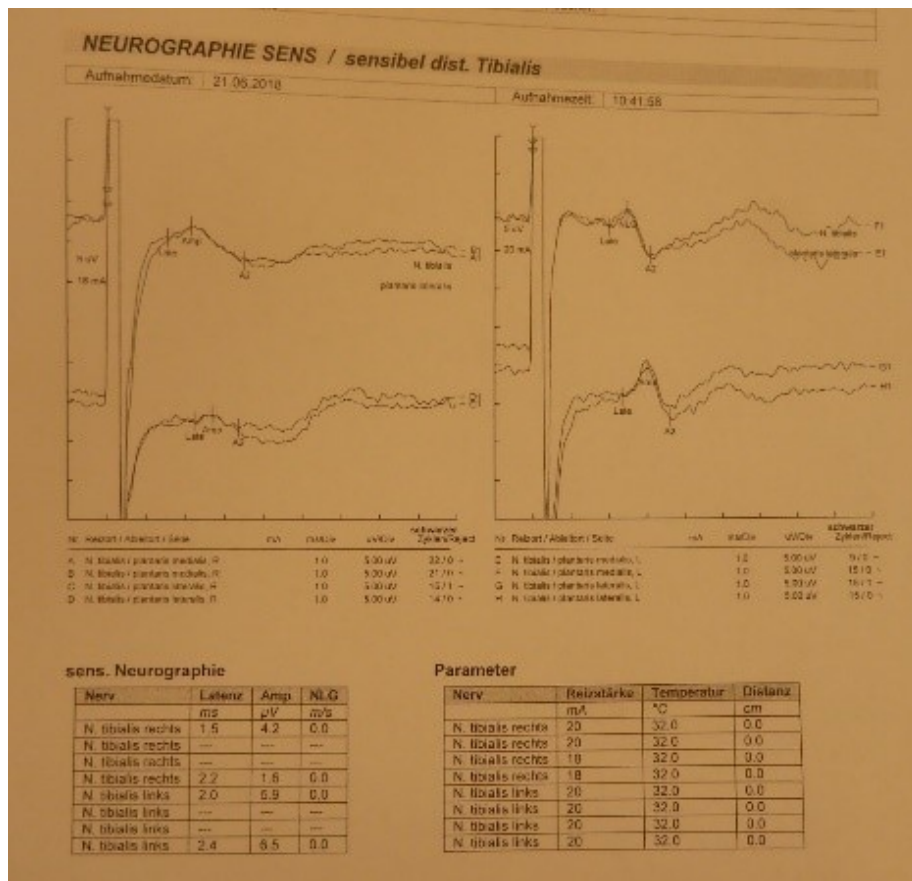


Abbildung 77 Neurografie 2

Ende Juli 2018 erschien der Patient persönlich im Millesi Center zu einer Nachuntersuchung. Er gab an Schmerzen im Bereich des N. plantaris medialis, vor allem bei Bewegungen, die ein Ziehen im Nerv verursachen. Der Ruheschmerz (bei günstiger Körperhaltung und Fußstellung) wird mit VAS 2 angegeben, bei Belastung (z.B. Autofahren) VAS 8 und ein ausgeprägtes Taubheitsgefühl. Zugbelastung (Fußaußenrotation) im Bereich des rechten N. tibialis führten auch zu enormen Schmerzsteigerung (VAS 8). Über den Tarsalkanal ließ sich ein deutliches TH-Zeichen auslösen, mit Ausstrahlung über medialen Fußsohlenrand in die erste, sowie zweite und dritte Zehe. Die Weichteilverhältnisse erschienen gut konditioniert. Die Haut war weich und verschiebbar.



*Abbildung 78 mit Kreis eingezeichnet punctum maximum vom Schmerz über dem Tarsalkanal, mit Strichen die Ausstrahlung*

Der Patient gestand auch diesmal parallel in einem zweiten Zentrum sich eine Meinung eingeholt zu haben, wo ihm eine ultraschallgezielte Fettzellentransplantation angeboten wurde.

Dadurch, dass dieses operative Vorgehen eine Möglichkeit auf Situationsverbesserung bieten könnte und auch „keine Brücken verbrennt“ (jede ausgedehntere Operation wäre nach wie vor möglich), auch eine minimalinvasive Methode darstellt, entschied sich der Patient diesem Verfahren eine Chance zu geben.

Die Fettzellentransplantation hat in einem auswärtigen Zentrum im Oktober 2018 stattgefunden. Unmittelbar nach der Operation beschrieb der Patient zunächst eine Verschlechterung der Beschwerden, dann eine Verbesserung, so wurde die Regenerationszeit abgewartet.

Ende Mai 2019 erschien der Patient zu einer geplanten Nachuntersuchung. Dabei gab er an früh morgens nach wie vor keine Schmerzen zu haben, jedoch ab minimaler Aktivität gab stellte sich ein neuropathischer Schmerz im Bereich VAS 5-6 mit dem maximalen Schmerzpunkt über dem Tarsalkanal im Bereich der Narbe (siehe Abbildung). Hier auch ein TH-Zeichen auslösbar in die Zehen 1-3 ausstrahlend.



*Abbildung 79 Mit Kreuz TH-Zeichen über der Narbe im Bereich des Tarsalkanals mit Kreis punctum maximum vom Schmerz am distalen Narbenrand*

Es wurde in dem Fall die Indikation für eine mikrochirurgische Dekompression und Neurolyse, sowie die anschließende Defektdeckung mit einem fasziokutanem freiem mikrovaskulärem Gleitgewebelappen vom LFC an der SLGA.

Bei dem Revisionseingriff wurde in 2 Teams parallel operiert. Das erste Team operierte am rechten Sprunggelenk und war für die mikrochirurgische Neurolyse und Dekompression zuständig, sowie für die Vorbereitung der Anschlussgefäße, während das zweite Team parallel vom linken lateralen Oberschenkel den Gleitgewebelappen entnahm.

Untereiner 3,5x-Lupenbrillenvergrößerung wurde über dem rechten Innenknöchel durch die alte Narbe der Hautschnitt gesetzt und nach proximal und distal erweitert. Zuerst wurde nach proximal eingegangen, die distale Unterschenkelfaszie gespalten und das Gefäßnervenbündel proximal des Tarsaltunnels dargestellt. Sowohl die Gefäße- A. und V. tibialis posterior sowie der N. tibialis zeigten auf dieser Ebene unauffällige Verhältnisse. Bei der weiteren Präparation in die Peripherie wurde eine ausgeprägte Narbenbildung ohne Erhalt der Retinaculumstruktur im Bereich des Tarsalkanals nach distal reichend festgestellt. Es wurde auf das Operationsmikroskop umgestiegen. Durch mühsame Präparation wurde eine innere Dekompression der Nervenfaszikel durchgeführt. Die Notwendigkeit einer Raumerweiterung in diesem Bereich durch eine Hautkomponente des Gleitgewebelappens wurde bestätigt. Auch die A. tibialis posterior zeigte in diesem Bereich einen geschlängelten Verlauf und erschien als sehr vulnerabel und somit für den Gefäßanschluss ungeeignet, dieser sollte weiter proximal gewählt

werden. Es ließen sich im Verlauf des Nerven immer wieder Fettzellenlinsen, sowohl um den Nerv, als auch innerhalb der Nervenfaszikel, die der Fettzellentransplantation entsprechen konnten. Es erschien, als ob diese Fettpartikel die Gleitfähigkeit des Nerven nicht verbessert hätten, jedoch zu einer Volumenerhöhung in diesem Bereich geführt haben könnte. Es wurde mitunter auch eine interne Neurolyse und Dekompression durchgeführt und der Nerv bis zu seiner Teilung auf N. plantaris medialis et lateralis und auch distaler davon verfolgt und dargestellt, bis sich wieder unauffällige Nerven- und Gewebsverhältnisse zeigten.

Parallel wurde vom zweiten Team am linken Oberschenkel ein Gleitgewebelappen mit Faszia und einer Hautinsel auf einem Gefäßsystem der SLGA entnommen. Es wurde mit Hilfe einer 3,5x Lupenbrillenvergrößerung operiert.

Der Hautschnitt wurde ca. eine Fingerbreite proximal vom Kniegelenkspalt etwas näher zu Patella als bei dem Zugang, wenn keine Hautinsel geplant war, nach kranial über dem M. vastus lateralis geführt. Es wurde vom Team 1 ein Defekt von 15x3cm gemessen, entsprechende Hautinsel wurde eingeplant. Nach dem Hautschnitt wurde von anterior oben, nach unten in der subkutanen Schicht die Hautinsel mobilisiert, bis ein konstanter Perforator durch die Faszia perforierend visualisiert wurde, dieser wurde als Stiel markiert und gesichert. Danach konnte die Hautinsel mit einem Faszienstreifen umschnitten und mit Sicherungsnähten fixiert werden. Sowohl die Haut, als auch die Faszia haben eine ausgeprägte Blutversorgung aus dem System der SLGA. Das oberflächliche patellare Gefäßsystem wurde nicht in den Lappen inkludiert. Weiter wurde wie gewohnt vorgegangen. M. vastus lateralis wurde am Unterrand mobilisiert und nach anteroproximal weggehalten. Der Muskelperforator wurde dargestellt und geklippt. Danach konnte der Gefäßast zum Gleitgewebe unter dem Muskel erkannt und gesichert werden und ein Gleitlappen geplant. Weiters wurden die 2 kondyläre Hauptäste, sowie weitere Äste zum Lig. Collaterale, hinterer Kondylregion und Incisura intracondylaris präpariert und geklippt. Der Gefäßstiel verlief typisch hinter der Bizepssehne in Richtung Patella. Die Arteria wurde von den beiden Begleitvenen separiert und doppelt geklippt, anschließend wurden die beiden Venen geklippt. So konnte auf einem Gefäßsystem der SLGA sowohl eine Haut-, als auch eine Faszien-, wie auch eine Fettleitgewebekomponente sicher entnommen werden.

Das Lappensystem wurde in die linke Innenknöchelregion zur Defektdeckung über dem N. tibialis, sowie der Aufteilungsstelle auf N. plantaris medialis et lateralis transplantiert. Der Gleitgewebeanteil konnte an der kritischen Stelle, wo die Faszikel nach einer inneren

Dekompression und Neurolyse freilagen, der Faszienstreifen locker über gesamten 15 cm Defekt platziert werden. Durch das Hauttransplantat konnte insgesamt eine Integumenterweiterung von 2-3 cm erreicht werden. Der Nerv schien gut gepolstert in seiner Gleitfähigkeit wiederhergestellt zu sein und ausreichend Platz zu haben. Die Hautinsel konnte nach den Mikroanastomosen des Lappenstiels an die A. tibialis posterior und ihre Begleitvene, sowie eine oberflächliche Hautvene, eingenäht werden.

Die direkt postoperative Duplex-Kontrolle des Lappenstiels zeigte ein sehr schönes, kräftiges Duplexsignal.

6 Monate nach der Operation erschien der Patient zu einer geplanten Nachkontrolle und gab an Phasen der Beschwerdearmut zu haben, jedoch zeitweise an unsteuerbaren Schmerzattacken (vor allem Nachts) mit VAS>7 zu leiden und ein Taubheitsgefühl im Bereich der Ferse zu haben.

Im Duplex waren die Nervenfaszikel gut darstellbar – gutes Gleitverhalten, leichte Vernarbungen im Bereich des N. plantaris medialis.

Distal der Lappengrenze war erneut ein positives TH-Zeichen auslösbar.

## 4. Diskussion

Die ersten Arbeiten, die sich mit der Gleiteigenschaft und der Regeneration des peripheren Nerven befassen erschienen bereits 1922 (Stockey) und 1944 (Weiss), Lang führt den Begriff „conjunctiva nervorum“ ein. Ende der 90-er Jahre beschreibt Prof. Hanno Millesi die Innenarchitektur und das Gleitverhalten eines peripheren Nerven und erkennt die Bedeutung vom losen gut vaskularisiertem Gleitgewebe (Paraneurium), das den Nerven umgibt. Er beschreibt auch die Fibrosegrade, die bis heute eine große chirurgische Relevanz haben.

Die ersten freien Gleitgewebelappen wurden vor allem zur Deckung des Pl. Brachialis bei St.p. Radiatio (Neuritis) verwendet. (9); (10) und (11); (19) und zeigten gute Ergebnisse im Sinne einer Schmerzreduktion, Verbesserung der Sensibilität und Motorik. Da das Omentum durch eine offene Laparotomie entnommen wurde und eine Hebemorbiditätsrisiko mit sich führte, wurde in den nächsten Jahren nach anderen

Möglichkeiten gesucht, das pathologische Paraneurium zu ersetzen und das Gleiten des Nerven wieder herzustellen, so wie ein erneutes Vernarben zu verhindern.

Wintsch und Helaly publizieren ihre klinischen Ergebnisse nach Versorgung der Nerven nach Traumata im Bereich des Unterarmes mit freien mikrovaskulären Faszienleitlappen und führen den Begriff „Gleitkoeffizient“ ein. Anhand anatomischer Studien stellten sie heraus, dass das Faszienewebe bessere Gleiteigenschaften hat, als das subcutane Fett. In einem Tierversuch an einer Ratte wurde außerdem die Deckung mit einem Omentum-Lappen und einem Muskellappen verglichen. Dabei wurde mikroskopisch festgestellt, dass es bei einem Muskellappen 5x mehr Fibrose gibt. (14)

Jones vergleicht unterschiedliche Lappen in einer klinischen Studie und behauptet, dass es weniger wichtig ist mit welchem Gewebe der Nerv umhüllt wird- Nerv-Faszie, Nerv-Fett-, Nerv-Muskel, Nerv-Omentum, das allerwichtigste sei eine ausreichende Blutversorgung.

Dies wird vor allem dann entscheidend, wenn der Nerv auch intraneurale Fibrosezeichen und eine partielle Ischämie aufweist.

Nach der ersten Neurolyse, sollte eine frühe Bewegungsfreiheit ermöglicht werden, das führt in den meisten Fällen zu einer kompletten Genesung, ohne Bildung von Adhäsionen des umgebenden Gewebe und Kompression durch die Narbe. Wenn jedoch dies nicht geschieht, oder auch aus anderen Gründen, es zu einer ausgedehnten Narbenbildung kommt, die das Gleiten des Nerven verhindert und auch eine Kompression des Nerven, die zur Folge auch segmentale Devaskularisation hat, sollte der Nerv erneut dekomprimiert, neurolysiert und mit einem vaskularisiertem Gleitgewebe umhüllt werden. Hierzu eignen sich oft lokale Perforator Fett-Faszien-Lappen, die sowohl das Gleiten des Nerven ermöglichen, als auch einen gewissen Schutz vor externen Kompression durch Polsterung bieten. Nach einer externen Neurolyse ist es ausreichend, ein vitales

(blutversorgtes) Gewebe vor Ort zu verwenden. Sollte es jedoch erneut zu einer ausgedehnten Narbenbildung (rezidivierende Fibrose) kommen, die zur Folge eine langstreckige Traktionsneuritis haben kann, sollte nach einer erneuten externen und vor allem nach einer internen Neurolyse auf jeden Fall ein freier Lappen mit einer sicheren Blutversorgung angedacht werden. Damit kann eine Ravaskularisierung der ischämischen Segmente und der Umgebung erreicht werden, das longitudinale Gleiten wieder hergestellt, sowie auch ein Schutz durch Polsterung vor externer Kompression gewährleistet werden. (28) Viele Studien befassen sich mit dem Vergleich unterschiedlicher Lappen. Professor Hanno Millesi war davon überzeugt, dass die Faszie das beste Gleitverhalten hat und untersucht Anhang einer anatomischen Studie den subpectoralen Gleitgewebelappen, den er als erstes lokal gestielt zur Deckung von Plexus brachialis bei einem Thoracic outlet Syndrom erfolgreich anwendet (29).

Jedoch scheint gerade im Bereich der Hand und distalen Unterarmes auch ein gewisser Fettanteil zum Schutz vor Kompression einen hohen Wert zu haben. Es wurden viele freie mikrovaskuläre Lappen erfolgreich angewendet, manche von denen erfordern jedoch Sekundäreingriffe zur Lappenverschmälerung und auch dann bleibt das kosmetische Resultat suboptimal. Auch wenn die Schmerzreduktion, die Verbesserung der Sensibilität (Reduktion von Hypo- Dys- und Parasthäsien), sowie das Wiedererlangen der Arbeitsfähigkeit an erster Stelle steht, kann auch die ästhetische Komponente berücksichtigt werden.

In dieser Arbeit wird ein gut vaskularisiertes Gleitgewebe (A. genu superior lateralis) beschrieben, das sowohl eine Gleitschicht, als auch einen Fettanteil beinhaltet. Das tiefe Fett unterscheidet sich optisch, sowie auch physiologische von dem subcutanem Fett: es ist feinkörniger, flacher und scheint für manche Indikationen, gerade dann, wenn der Nerv nicht tief unter der Hautoberfläche liegt und es in der Region durch Sehnen und Muskeln zu vielen Gleitbewegungen kommt (z.B. distaler Unterarm), besonders gut geeignet. Die

Gefäßanatomie ist konstant, und intraoperativ (siehe Fotos) ist es gut zu sehen, dass nach der Anlage der Mikroanastomosen (Gefäßnaht) der Lappen ausreichen perfundiert ist und sowohl eine Gleitschicht, als auch eine gewisse Polsterung bietet.

In dieser Arbeit wurde beschrieben, dass die Deckung mit einem Gleitlappen aus dieser Region eine mögliche Alternative zu den bisher bekannten freien mikrovaskulären Lappenplastiken bietet, auch wenn die Patientenanzahl doch beschränkt war.

Bei 6/13 Patientinnen und Patienten (5/6 N. medianus, 1/6 N. radialis superficialis) ein ausgezeichnetes Ergebnis erzielt wurde: bei einem VAS präOP von 7,75 (7-9,5) wurde eine Schmerzreduktion von 6,5 (5-9) → VAS postOP 1,16 (0-2) erreicht. Die Patientenzufriedenheit lag bei 8,3 (6-10) und nur eine Patientin aus dieser Gruppe hat gelegentlich eine NSAR Einnahme postoperativ benötigt.

6/13 Patientinnen und Patienten (4/6 N. medianus, 1/6 N. ischiadicus, 1/6 N. tibialis posterior hatten eine Verbesserung ihrer Beschwerden, so bei einem VASpräOP von 8,1 (6-9), wurde ein durchschnittlicher VAS Gewinn von 3,9 (2-4,5) → VASpostOP 4,1(3,5-5). Die durchschnittliche Patientenzufriedenheit lag bei 4,75 (0-7,5). 2/6 Patientinnen und Patienten hatten postoperativ eine medikamentöse Dauertherapie mit NSAR benötigt, und eine Patientin hat nur gelegentlich bei Bedarf Schmerzmittel gebraucht.

Bei 1/13 Patienten (N. pudendus) jedoch hat diese Operation zur keiner signifikanten Linderung der Beschwerden (vor allem Schmerzreduktion) geführt. Der Fall wird oben genau beschrieben. Zwar wurde kurz nach der Operation eine Schmerzreduktion von VAS präOP 9,5 auf VAS postOP 4,5 erzielt, bei der letzten Kontrolle gab der Patient jedoch erneut einen VAS von 7,5 an, der für einen sehr starken Schmerz steht. Der Patient ist in einer Schmerzzambulanz und nicht Opiate, sowie Canabinoide ein. Auch wenn eine geringe Schmerzreduktion erreicht werden konnte (VAS Gewinn 2), ist es dennoch keine deutliche Linderung der Beschwerden.

Durch die beschränkte Anzahl von Patientinnen und Patienten und doch sehr unterschiedliche klinische Verläufe vor der Versorgung des Nerven mit einem freien mikrovaskulärem Gleitgewebelappen vom LFC lässt es sich schwer auf eine Gesamtheit schließen. Die Effektivität bei ausbleibender Hebmorbidity wurde jedoch Anhang der 13 Patientinnen und Patienten vorgestellt und beschrieben.

## Literaturverzeichnis

1. Lundborg G, Dahlin LB, Danielsen N, Nachemson AK. Tissue specificity in nerve regeneration. *Scand J Plast Reconstr Surg*. 1986: p. 279-283.
2. Lang. Über die Blutgefasse der Sehnenscheiden. *Acta Anat*. 1973: p. 273.
3. Kleinert WE, Kutz IE, Atasory E, Storno A. Primary repair of flexor tendons. *Orth Clin N Amer*. 1973: p. 865.
4. Rozov. Poraneni slach ruky a prstu a jejich lecini. *Statni Zdravotnicke Nakladatelstvi. Medgiz*. 1952.
5. Boyes. *Bunnell's surgery of the hand*. NY: IB Lippincott Co. 1956.
6. Chaplin. The vascular anatomy within normal and divided tendons, free tendon grafts and pedicle tendon grafts in rabbits. *Bone Joint Surg* 55. 1973: p. 369.
7. Lundborg G, Eiken O, Rand F. Synovium as a nutritional medium in tendon grafting. *Handchirurgie*. 1977: p. 21.
8. Potenza. Prevention of adhesions to healing digital flexor tendons. *JAMA*. 1964: p. 187.
9. Krikuta I. L'emploi du grand epiploon dans la chirurgie. *Press Med*. 1963: p. 71:1.
10. Uhlschmid G, Clodius L. Eine neue Anwendung des frei transplantierten Omentums. *Chirurgie*. 1978: p. 714.
11. Narakas AO. Operative treatment for radiation-induced and metastatic brachial plexopathy in 45 cases, 15 having an omentoplasty. *Bull Hosp J Dis*. 1984: p. 354.

12. Millesi H, Rath T. Pain syndromes after nerve repair. Treatment by transplantation of gliding tissue. In Meeting of International Society of Reconstructive Microsurgery.; 1985; Paris.
13. Millesi H, Zoch G, Rath T. The gliding apparatus of peripheral nerve and its clinical significance. *Ann Hand Surg.* 1990: p. 87.
14. Wintsch K, Helaly P. Free flap of gliding tissue. *J. Reconstr. Microsurg.* 1986: p. 143-151.
15. Milward TM, Stott WG, Kleinert HE. The adductor digiti minimi muscle flap. *Hand.* 1977: p. 82-85.
16. Dellon AL, Mackinnon SE. The pronator quadratus muscle flap. *J Hand Surg Am* 9. 1984: p. 423-427.
17. Cramer. Local fat coverage for the median nerve. *ASSH Correspondence Newsletter.* 1985: p. 35.
18. Brunelli G. Neurolysis and free microvascular omentum transfer in the treatment of posttraumatic palsies of the brachial plexus. *Int Surg.* 1980: p. 65:515.
19. Brunelli G, Brunelli F. Surgical treatment of traumatic brachial plexus lesions: Free microvascular transfer of the greater omentum. *J Reconstr Microsurg* 1. 1985: p. 197-200.
20. Becker C, Gilbert A. Le lambeau cubital. *Ann Chir Main* 7. 1988: p. 136-142.
21. Holmberg J, Ekerot J, Sägleback S. Flap coverage for post-traumatic nerve pain in the arm. *Scandinavian Journal of Plastic and Reconstructive Surgery.* 1986: p. 285-288.

22. Sotereanos DG, Giannakopoulos PN, Mitsionis GI, Xu J, Herndon JH. Vein-graft wrapping for the treatment of recurrent compression of the median nerve. *Microsurgery*. 1995: p. 752–756.
23. Masear VR, Colgin S. The treatment of epineural scarring with allograft vein wrapping. *Hand Clin*. 1996: p. 773–779.
24. Strickland JW, Idler RS, Lourie GM, Plancher KD. The hypothenar fat pad flap for management of recalcitrant carpal tunnel syndrome. *J Hand Surg Am*. 1996: p. 840–848.
25. Plancher KD, Idler RS, Lourie GM, Strickland JW. Recalcitrant carpal tunnel. The hypothenar fat pad flap. *Hand Clin*. 1996: p. 337-339.
26. McClinton. The use of dermal-fat grafts. *Hand Clin*. 1996: p. 357–364.
27. Rose. The use of the palmaris brevis flap in recurrent carpal tunnel syndrome. *Hand Clin* 12. 1996: p. 389-395.
28. Jones. Treatment of chronic pain by “wrapping” intact nerves with pedicle and free flaps.. *Hand Clin* 12. 1996: p. 765–772.
29. Millesi W. Subpectoral gliding tissue flap. *Plastic and reconstructive surgery*. 1994 April.
30. Giunta R, Frank U, Lanz U. The hypothenar fat-pad flap for reconstructive repair after scarring of the median nerve at the wrist joint. *Chir Main* 17. 1998: p. 107-112.
31. Frank U, Giunta R, Krimmer H, Lanz U. Relocation of the median nerve after scarring along the carpal tunnel with hypothenar fatty tissue flap-plasty. *Handchir Mikrochir Plast Chir* 31. 1999: p. 317-322.

32. Guillemot E, Le Neon D, Colin D, Stindel E, Hu W, L`Heveder G. Perineural fibrosis of the median nerve at the wrist. Treatment by neurolysis and dermal-hypodermal graft. *Chir Main* 18. 1999: p. 279-289.
33. Mathoulin C, Bahm J, Roukoz S. Pedicled hypothenar fat flap for median nerve coverage in recalcitrant carpal tunnel syndrome. *Hand Surg*. 2000: p. 33–40.
34. Dahlin LB, Lekholm C, Kardum P, Holmberg J. Coverage of the median nerve with free and pedicled flaps for the treatment of recurrent severe carpal tunnel syndrome. *Scand J Plast Reconstr Surg Hand Surg* 36. 2002: p. 172–176.
35. Krishnan. COVERAGE OF PAINFUL PERIPHERAL NERVE NEUROMAS WITH VASCULARIZED SOFT TISSUE: METHOD AND RESULTS. *Operative neurosurgery* 2, Vol. 56. 2005 April.
36. Goidz RJ, Steichen JB. Microvascular omental transfer for the treatment of severe recurrent median neuritis of the wrist: a long-term follow-up. *Plast Reconstr Surg*. 2005 Jänner: p. 115(1):163-71.
37. Luchetti R, Riccio M, Papino Zorli I, Fairplay T. Protective coverage of the median nerve using fascial, fasciocutaneous or island flaps. *Handchir Mikrochir Plast Chir* 38. 2006: p. 317–330.
38. Craft RO, Duncan SF, Smith AA. Management of recurrent carpal tunnel syndrome with microneurolysis and the hypothenar fat pad flap. *Hand (N Y)* 2. 2007: p. 85-89.
39. Wallach F, Richou J, Genestet M, Le Nen D. Free dermal fat graft for coverage of the median nerve following failed carpal tunnel release. *Chir Main*. 2008: p. 208-215.

40. Stutz NM, Gohritz A, Novotny A, Falkenberg U, Lanz U, Van Schoonhoven J. Clinical and electrophysiological comparison of different methods of soft tissue coverage of the median nerve in recurrent carpal tunnel syndrome. *Neurosurgery*. 2008: p. 194-200.
41. Fusetti C, Garavaglia G, Mathoulin C, Petri JG, Lucchina S. A reliable and simple solution for recalcitrant carpal tunnel syndrome: The hypothenar fat pad flap. *Am J Orthop* 38. 2009: p. 181–186.
42. Elliot D, Loyd M, Hazari A, Sauerland S, Anand P. Relief of the pain of neuromas-in-continuity and scarred median and ulnar nerves in the distal forearm and wrist by neurolysis, wrapping in vascularized forearm fascial flaps and adjunctive procedures. *J Hand Surg Eur Vol* 35. 2010: p. 575–582.
43. Masear. Nerve wrapping. *Foot Ankle Clin*. 2011: p. 327–337.
44. Dong. Treatment of complex regional pain syndrome using free-flap surgery: a case report. *Journal of Pain Research*. 2018 August.
45. Van Bekkum S, Van der Avoort DJJC, Zuldam JM, Coert HJ. Free muscle flap coverage as last resort for therapy-resistant neuropathic pain in the upper extremity: A long-term retrospective follow-up study. *JPRAS*. 2020 Mai: p. 1-7.
46. Streit S, Tsolakidis S. Neuropathische Schmerz behandeln. *Hausarzt medizinisch*. 2019 Nov: p. 10-12.
47. Morsy M, Sur YJ, Akdag O, Eisa A, El-Gammal TA, Lachmann N, et al. Anatomic and high-resolution computed tomographic angiography study of the lateral femoral

condyle flap: Implications for surgical dissection. *J Plast Reconstr Aesthet Surg*. 2018 Jan: p. 33-43.

48. Parvizi D, Vasilyeva A, Wurzer P, Tuca A, Lebo P, Winter R, et al. Anatomy of the Vascularized Lateral Femoral Condyle Flap. *Plast Reconstr Surg*. 2016 Juni: p. 1024-1032.
49. Taniguchi Y, Kitano T, Shimoe T, Asai Y, Yoshida M. Superior lateral genicular artery flap for coverage of a soft tissue defect after total knee arthroplasty. *J Reconstr Microsurg*. 2009 Nov: p. 479-482.
50. Wiedner M, Koch H, Scharnagl E. The superior lateral genicular artery flap for soft-tissue reconstruction around the knee: clinical experience and review of the literature. *Ann Plast Surg*. 2011 Apr: p. 388-392.
51. Higgins JP, Bürger H. Osteochondral flaps from the distal femur: expanding applications, harvest sites, and indications. *J Reconstr Microsurg*. 2014 Sept: p. 483-490.
52. Rao SS, Sexton CC, Higgins JP. Medial femoral condyle flap donor-site morbidity: a radiographic assessment. *Plast Reconstr Surg*. 2013 March: p. 357-362.
53. Windhofer C, Wong VW, Larcher L, Paryavi E, Bürger H, Higgins JP. Knee Donor Site Morbidity Following Harvest of Medial Femoral Trochlea Osteochondral Flaps for Carpal Reconstruction. *J Hand Surg Am*. 2016 May: p. 610-614.
54. Wong VW, Bürger H, Iorio ML, Higgins JP. Lateral Femoral Condyle Flap: An Alternative Source of Vascularized Bone From the Distal Femur. *J Hand Surg Am*. 2015 Oct: p. 1972-1980.

55. Laitung JK. The lower posterolateral thigh flap. *Br J Plast Surg*. 1989 May: p. 42(2):133-9.
56. Hayashi A, Maruyama Y. The lateral genicular artery flap. *Ann Plast Surg*. 1990 April: p. 24(4):310-7.
57. Spokevicius S, Jankauskas A. Anatomy and clinical applications of a composite cutaneo-subcutaneous flap based on the lateral superior genicular vessels. *J Reconstr Microsurg*. 1995 Jan: p. 15-20.
58. Cooney WP, Bussey R, Dobyns JH, Linscheid RL. Difficult wrist fractures. Perilunate Fracture dislocations of the wrist. *Clinical Orthopaedics and Related Research*. 1987: p. 214, 136-147.
59. Green DP, O'Brien ET. Classification and management of carpal dislocations. *Clinical Orthopaedics and Related Research*. 1980: p. 55-72.
60. Lang. Über die Blutgefasse der Sehnenscheiden. *Acta Anat*. 1973.
61. Thomas P., King R. Peripheral nerve changes in amyloid neuropathy. *Brain*. 1974, p. 395-406
62. Adani R, Tarallo L, Battiston B, Tos P. Management of neuromas in continuity of the median nerve with the pronator quadratus muscle flap. *Ann Plast Surg*. 2002: p. 35-40.



