

Primäre Venen-Muskel-Interponate bei Nervenverletzungen

■ Theodora Manoli, Hans-Eberhard Schaller

Zusammenfassung

Bei einer primären Rekonstruktion peripherer Nerven besteht oft die Gefahr der späteren Infektion oder des Verlusts der mit Nerventransplantaten versorgten revascularisierten oder replantierten Strukturen. Aus diesem Grund wird in vielen Fällen eine Rekonstruktion mittels eines autologen Nerventransplantats nicht primär, sondern sekundär durchgeführt. Anders als die autologen Nerventransplantate sind Venen-Muskel-Interponate zahlreich und in beliebigen Körperarealen zur Entnahme erhältlich, sodass sie großzügig auch bei primären Rekonstruktionen angewendet werden können. Zudem hinterlassen Venen-Muskel-Interponate keine Sensibilitätsstörung im Bereich ihrer Entnahmestelle. Insbesondere für die Rekonstruktion von Digitalnerven liefern Venen-Muskel-Interponate vergleichbare Ergebnisse wie autologe Nerventransplantate. Weitere Anwendungen stellen Split-repairs gemischter Nerven oder die Behandlung von Neurombeschwerden dar.

Primary Nerve Reconstruction with Muscle-in-Vein Conduits

A primary reconstruction of peripheral nerves may result in loss of nerve autografts due to infection or necrosis of revascularised or replanted structures. Therefore, a secondary reconstruction is rather performed in many cases. Muscle-in-vein conduits may be used alternatively to nerve autografts for primary reconstructions, since they are available in any body region and are not limited in numbers. Another benefit of muscle-in-vein conduits is that no sensibility loss occurs at their harvesting site. For digital nerve reconstruction similar results are expected after using muscle-in-vein conduits or nerve autografts. Muscle-in-vein conduits may be further used for split repairs of mixed nerves or for treating neuromas.

nicht nur Vorteile, sondern auch Nachteile mit sich bringen.

Alternativverfahren

Verschiedene synthetische Nervenröhrchen, z.B. aus Polyhydroxyessigsäure, Kollagen, Polyester oder Chitosan, eignen sich v.a. für die Überbrückung von Defekten bis 2 cm. Nachteilig sind weiterhin nicht nur die hohen Anschaffungskosten, sondern auch die Gefahr einer Fremdkörperreaktion [2–4]. Eine weitere Möglichkeit stellt die allogene Nervenrekonstruktion dar, welche den Problemen einer allogenen Organtransplantation unterliegt und eine langfristige Immunsuppression des Patienten notwendig macht [5]. Die sehr hohen Kosten sind auch in diesem Fall ein Nachteil [6]. Als autologe Nervenersatzmöglichkeiten wurden u.a. Gefäße, Muskelgewebe und in Kombination die sog. Venen-Muskel-Interponate angewendet und untersucht. Die Venen-Muskel-Interponate zeigten ein deutlich höheres Regenerationspotenzial als Venen oder Muskelgewebe alleine [7].

Das Venen-Muskel-Interponat

Ein Venen-Muskel-Interponat besteht aus einer Vene gefüllt mit Muskelgewebe.

Pathophysiologie

Die Vene bildet eine Barriere gegen das Auswachsen der regenerierenden Axone aus den Muskelfasern und verhindert gleichzeitig eine Vernarbung ihres Inhalts mit der Umgebung. Das Einbringen von Muskelgewebe verhindert zum einen das Kollabieren der Vene, was bei Defektstrecken über 1 cm beobachtet wurde [7]. Zum anderen stellen Muskelfasern ein optimales Milieu für die Nervenregeneration dar. Entlang ihrer longitudinal ausgerichteten Basallaminae proliferieren Schwann-Zellen innerhalb weniger Tage nach Rekonstruktion, welche ähnliche Schwann-Zellen-Säulen wie

Einleitung

Grenzen der autologen Nervenrekonstruktion

Eine primäre Nervenrekonstruktion im Sinne einer Überbrückung eines Nervendefekts ist dann erforderlich, wenn keine primäre und spannungsfreie Koaptation erfolgen kann. Als Standardverfahren, und insbesondere für langstreckige Defekte, gilt in den meisten Kliniken die autologe Nervenrekonstruktion [1].

Ein wesentlicher Nachteil der autologen Nervenrekonstruktion liegt in der begrenzten Anzahl der möglichen Spenderareale, sodass die Opferung eines autologen Nerven bei einer primären Rekonstruktion oft kritisch betrachtet wird.

Dies liegt in der hohen Infektionsgefahr bei kontaminierten oder schlecht durchbluteten Wundverhältnissen und in der Gefahr des Verlusts von replantierten bzw. revascularisierten Strukturen. Ein weiterer Nachteil ist die Sensibilitätsstörung, welche im Bereich der Entnahmestelle verbleibt. Zudem können sich an der Entnahmestelle schmerzhafte Neurome bilden. Daher kam es zur Entwicklung einiger Alternativverfahren, die

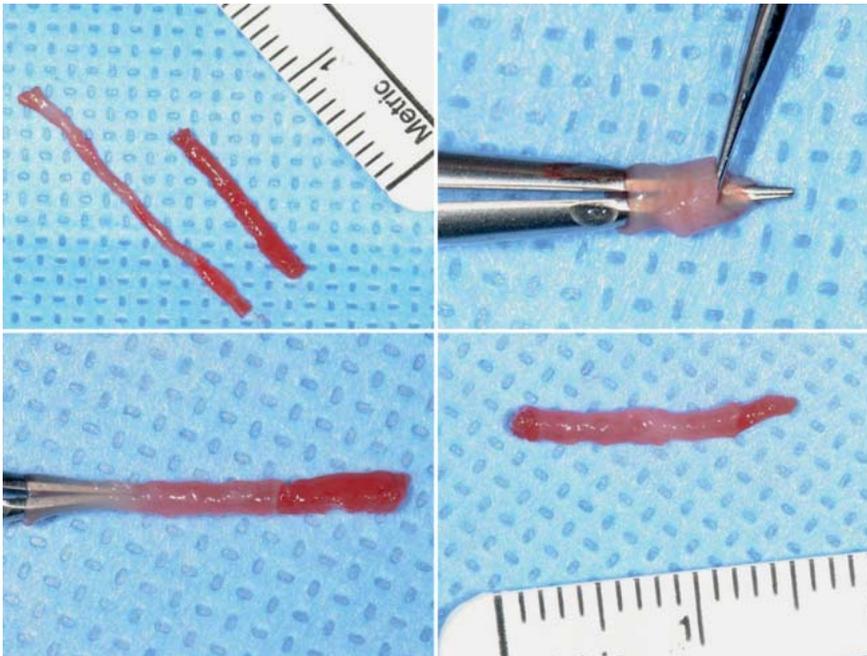


Abb. 1 a bis d Zusammenstellung eines Venen-Muskel-Interponats: **a** Links entnommene Vene in Überlänge und rechts entnommener Muskelstreifen, **b** Durchzug einer Mikropinzette durch die Vene, **c** Durchzug des Muskelstreifens durch die Vene mithilfe der Mikropinzette, **d** Venen-Muskel-Interponat vor der Implantation. Nach Befestigung des Muskelgewebes an den Nervenstümpfen werden die Venenenden über die Nervenstümpfe gezogen, sodass alle Faszikel in das Venen-Muskel-Interponat eingeschlossen sind. Bereits abgebildet in [12].

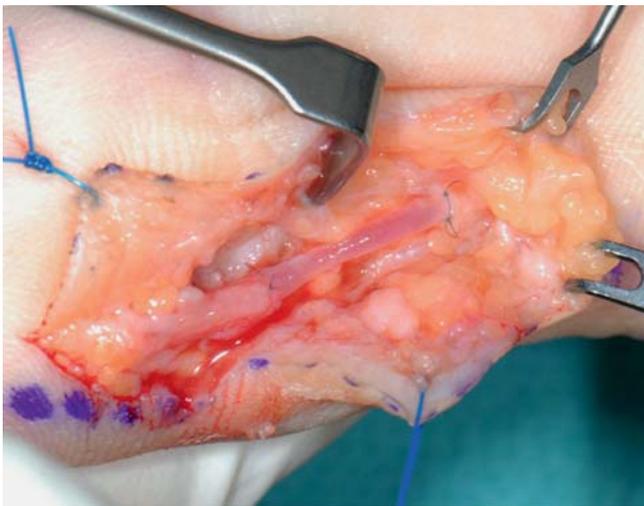


Abb. 2 1,5 cm langes Venen-Muskel-Interponat zur Überbrückung eines Defekts des radialen Zeigefingernervs links in Höhe des Grundgelenks.

die Hanken-Büngner-Bänder bilden. Die regenerierenden Axone verwenden diese Säulen als Leitschienen und wachsen geführt in Richtung des distalen Nervenstumpfs.

Im weiteren Verlauf bilden die Schwann-Zellen Perineuralhüllen und trennen sich von den Muskelfasern [8]. Auf dem Boden dieser pathophysiologischen Hintergründe erreichen Venen-Muskel-Interponate sogar eine höhere Anzahl regenerierender Axone als autologe Trans-

plantate im Tiermodell [7]. In klinischen Studien lieferten Venen-Muskel-Interponate gute bis sehr gute Ergebnisse sowohl für die Rekonstruktion sensibler als auch motorischer Nerven [9–11]. In einem direkten klinischen Vergleich der Ergebnisse nach Rekonstruktion von Digitalnerven der Hand lieferten Venen-Muskel-Interponate vergleichbare Ergebnisse wie die autologen Nervenreplantate, welche nicht wesentlich schlechter als die Ergebnisse nach Direktnaht waren [12].

Operationstechnik

Die Entnahme kann in beliebigem Körperareal erfolgen. Die Größe der Vene bzw. des entsprechenden Muskelstreifens wird möglichst anhand des Kalibers des zu überbrückenden Nervs ausgewählt. Zur Rekonstruktion von Digitalnerven wird meistens eine subkutane Vene aus dem proximalen beugeseitigen Unterarm und nach Faszienninzision ein longitudinaler Muskelstreifen meistens aus dem M. flexor digitorum superficialis oder M. flexor carpi radialis entnommen. Mithilfe eines Mikronadelhalters oder einer Mikropinzette wird der Muskelstreifen, nach Größenanpassung in Faserrichtung, durch die Vene durchgezogen (**Abb. 1**). Das Einbringen des Interponats in den Defekt muss so erfolgen, dass das Muskelgewebe direkt mit den Nervenfaszikeln Kontakt hat. Die etwas längeren Venenenden sollten über die Nervenstümpfe gezogen werden, sodass alle Faszikel in das Venen-Muskel-Interponat eingeschlossen sind. Diese werden durch wenige Einzelknopfnähte oder U-Nähte an das Epineurium der Nervenstümpfe mit Nylon-10-0 Fäden befestigt (**Abb. 2**).

Anwendung

Sehr gut eignen sich Venen-Muskel-Interponate für die Rekonstruktion von Digitalnerven. Auch Teildefekte von gemischten Nerven, wie z. B. des N. medianus oder N. ulnaris können im Sinne eines Splitrepairs somit überbrückt werden. Eine weitere Anwendung liegt in der Behandlung von Neurombeschwerden, z. B. des R. superficialis N. radialis. Falls beide Nervenstümpfe auffindbar sind, kann nach Neuromresektion eine Rekonstruktion durch ein Venen-Muskel-Interponat sowohl zur Schmerzlinderung als auch zu einer eventuellen Besserung der Sensibilität oder gar Funktion führen.

Vorteile und Grenzen

Sowohl Venen als auch Muskelgewebe sind an beliebigen Körperarealen in großen Mengen verfügbar und entbehrlich, sodass ihre Entnahme zu keinem funktionellen Defizit führt. Eine Sensibilitätsstörung im Bereich der Entnahmestelle verbleibt im Gegensatz zu den autologen Transplantaten nicht. Venen-Muskel-Interponate können daher auch bei Fällen mit unsicherem Outcome, wie z. B. Replantationen, Revaskularisationen oder kontaminierten Wunden, primär ver-

wendet werden, ohne dass an Anzahl limitierte Nerventransplantate geopfert werden müssen. Des Weiteren kann die Größe des Venen-Muskel-Interponats relativ beliebig anhand des Kalibers des zu überbrückenden Nervs ausgesucht werden. Vorteil gegenüber synthetischen Nervenröhrchen oder allogenen Transplantaten ist, dass keine zusätzlichen Kosten entstehen. Nachteilig ist, dass eine zusätzliche Inzision erfolgen muss. Die erfolgreiche Überbrückung von Defekten bis 2,5 cm mittels Venen-Muskel-Interponats wurde oft beschrieben. Berichtet wurde in der Literatur über einzelne erfolgreiche Rekonstruktionen von Defekten bis 6 cm [12,13], wobei mehr Untersuchungen zur Festlegung der maximalen erfolgreichen Länge von Venen-Muskel-Interponate folgen müssten.

Schlussfolgerung

Venen-Muskel-Interponate sind eine gute Alternative zu autologen Nerventransplantaten, insbesondere bei primären Nervenrekonstruktionen mit unsicherem Endergebnis. Weiterhin eignen sie sich allgemein sehr gut für die primäre oder sekundäre Rekonstruktion von Digitalnerven sowie für Splitrepairs gemischter Nerven. Als sichere maximale Länge des Venen-Muskel-Interponats gelten momentan 2,5 cm, wobei erfolg-

reiche Rekonstruktionen bis 6 cm beschrieben wurden.

Literatur

- ¹ Schaller HE, Manoli T, Stang F et al. Möglichkeiten der Nervenrekonstruktion. In: Sauerbier M, Eisenschenk A, Krimmer H, Partecke BD, Schaller HE, Hrsg. Die Handchirurgie. München: Elsevier GmbH; 2015: 378–385
- ² Siemionow M, Bozkurt M, Zor F. Regeneration and repair of peripheral nerves with different biomaterials: review. *Microsurgery* 2010; 30: 574–588
- ³ Meek MF, Coert JH. Clinical use of nerve conduits in peripheral-nerve repair: review of the literature. *J Reconstr Microsurg* 2002; 18: 97–109
- ⁴ Penna V, Wewetzer K, Munder B et al. The long-term functional recovery of repair of sciatic nerve transection with biogenic conduits. *Microsurgery* 2012; 32: 377–382
- ⁵ Schaller HE. Die Bedeutung des MHC und non MHC für das allogene periphere Nerven-transplantat im Tiermodell der Ratte [Habilitationsschrift]. Hannover: Medizinische Hochschule Hannover; 1990
- ⁶ Brooks DN, Weber RV, Chao JD et al. Processed nerve allografts for peripheral nerve reconstruction: a multicenter study of utilization and outcomes in sensory, mixed, and motor nerve reconstructions. *Microsurgery* 2012; 32: 1–14
- ⁷ Brunelli GA, Battiston B, Vigasio A et al. Bridging nerve defects with combined skeletal muscle and vein conduits. *Microsurgery* 1993; 14: 247–251
- ⁸ Raimondo S, Nicolino S, Tos P et al. Schwann cell behavior after nerve repair by means of tissue-engineered muscle-vein combined guides. *J Comp Neurol* 2005; 489: 249–259
- ⁹ Tos P, Battiston B, Ciclamini D et al. Primary repair of crush nerve injuries by means of biological tubulization with muscle-vein-combined grafts. *Microsurgery* 2012; 32: 358–363
- ¹⁰ Battiston B, Tos P, Cushway TR et al. Nerve repair by means of vein filled with muscle grafts I. Clinical results. *Microsurgery* 2000; 20: 32–36
- ¹¹ Marcoccio I, Vigasio A. Muscle-in-vein nerve guide for secondary reconstruction in digital nerve lesions. *J Hand Surg Am* 2010; 35: 1418–1426
- ¹² Manoli T, Schulz L, Stahl S et al. Evaluation of sensory recovery after reconstruction of digital nerves of the hand using muscle-in-vein conduits in comparison to nerve suture or nerve autografting. *Microsurgery* 2014; 34: 608–615
- ¹³ Geuna S, Tos P, Battiston B et al. Bridging peripheral nerve defects with muscle-vein combined guides. *Neurol Res* 2004; 26: 139–144

Dr. med. Theodora Manoli

Geschäftsführende Oberärztin

Prof. Dr. med. Hans-Eberhard Schaller

Direktor der Klinik

Klinik für Hand-, Plastische, Rekonstruktive und Verbrennungschirurgie
Eberhard-Karls-Universität Tübingen/
BG Unfallklinik
Schnarrenbergstraße 95
72076 Tübingen

tmanoli@bgu-tuebingen.de