

68

Handchirurgie Mikrochirurgie Plastische Chirurgie

Herausgeber

D. Buck-Gramcko
Bergedorfer Straße 10
2050 Hamburg

H. Millesi
Alser Straße 4
A-1090 Wien IX

P.-R. Zellner
Ludwig-Guttman-Straße 13
6700 Ludwigshafen-
Oggersheim

Mitherausgeber

J. Geldmacher, Erlangen
U. Lanz, Würzburg
W. Mühlbauer, München
H. Nigst, Basel
J. Schrudde, Köln
H. Vossman, Ludwigshafen

Wissenschaftlicher Beirat

H. Anderl, Innsbruck
M. Bauer, Innsbruck
A. Berger, Hannover
E. Biemer, München

D. H. Harrison, London

T. Kojima, Tokio

S. Krupp, Lausanne

G. D. Lister, Salt Lake City,
Utah

V. Meyer, Zürich

J. F. K. Muir, Aberdeen

T. Ogino, Sapporo

P. Reill, Tübingen

E. Scharizer, Mannheim

J. D. Schlenker, Oak Lawn,
Illinois

A. Wilhelm, Aschaffenburg

Organ der Deutschsprachigen
Arbeitsgemeinschaft für
Handchirurgie

Organ der Deutschsprachigen
Arbeitsgemeinschaft für
Mikrochirurgie
der peripheren Nerven
und Gefäße

Organ der Vereinigung der
Deutschen Plastischen
Chirurgen

Sonderdruck



Hippokrates

ISSN 0722-1819
Hippokrates Verlag Stuttgart

Zur venösen Stromumkehr im distal gestielten Radialis-Insellappen

(Anatomische Untersuchung)

H. Piza-Katzer und R. Weinstabl *

Aus der Abteilung für Plastische und Rekonstruktive Chirurgie (Leiter: Prof. Dr. H. Millesi) der I. Chirurgischen Universitätsklinik Wien (Leiter: Prof. Dr. A. Fritsch) und der * I. Universitätsklinik für Unfallchirurgie (Vorstand: Prof. Dr. E. Trojan) sowie des Ludwig-Boltzmann-Institutes für Experimentelle Plastische und Rekonstruktive Chirurgie (Leiter: Prof. Dr. H. Millesi).

Zusammenfassung

Im distal gestielten Radialis-Insellappen kommt es zu einer venösen Stromumkehr. An 20 Extremitäten frischer Leichen wurden die Venen am Unterarm perfundiert, programmiert und zum Teil Insellappen umschnitten. Die drei Venensysteme werden nach Anzahl, Lokalisation und Form der Klappen beschrieben sowie eine Erklärung des venösen Abstroms aus dem Lappen gegeben.

Summary

On the Reverse Venous Flow in the Distally Pedicled Radial Island Flap.

In the distally pedicled radial island flap a reverse venous flow was observed. In 20 cadaver extremities the veins of the forearm were perfused, dissected and also island flaps elevated. The three venous systems are described as to number, localization and shape of the flaps with an explanation of the venous flow.

Schlüsselwörter

Radialis-Insellappen — venöse Flußumkehr — Venenklappen am Unterarm

Key words

Radial island flap — reversed venous flow — venous valves on the forearm

Einleitung

Der sogenannte »Chinesische Unterarmklappen« erfreut sich seit seiner Erstbeschreibung (Yang und Mitarb. 1981) großer Beliebtheit. Ursprünglich wurde er als freier Lappen verwendet. Es zeigte sich jedoch, daß er auch als Insellappen zur Rekonstruktion von Defekten an der gleichseitigen Hand große Vorteile bietet (Stock und Mitarb. 1981, Mühlbauer und Mitarb. 1982, Reid und Moss 1983, Lin und Mitarb. 1984, Fatah und Davies 1984, Goth 1986).

Bei Ligatur der A. radialis in Höhe des proximalen Lappenrandes ist die arterielle Blutversorgung des Lappens durch den

retrograden Fluß über den tiefen Hohlhandbogen und die offene A. ulnaris gewährleistet. Stock und Mitarb. (1981) empfehlen, den orthograden venösen Abfluß durch Anlegen mindestens einer Anastomose zwischen einer Lappenvene und einer Handrückenvene sicherzustellen.

Dieselben Autoren beschrieben 1983 eine Modifikation dieser Technik, in der sie das oberflächliche Venensystem des Lappens ligieren, so daß der venöse Abfluß nur retrograd über das tiefe Venensystem erfolgt.

Bei Verwendung dieser Methode beobachteten wir bei weit proximal am Unterarm angelegtem Insellappen mit langem Gefäßstiel unmittelbar nach Lappenhebung eine beträchtliche Stauung der Venen mit Schwellung und Rötung des Lappens. Dieselbe Beobachtung einer massiven venösen Stauung machten unter anderen Matthews und Mitarb. (1984) sowie Soutar und Tanner (1984). Letztere sahen sich sogar wegen der enormen venösen Anschoppung im Lappen gezwungen, 24 Stunden nach Lappenhebung eine Anastomose zwischen V. cephalica und Handrückenvene anzulegen. Diese Beobachtung mit dem distal gestielten radialen Unterarmklappen ließ uns folgende Fragen stellen:

- Wie kann der venöse retrograde Fluß zustande kommen?
- Sind Venenklappen in den Begleitvenen der A. radialis vorhanden? (Reid und Moss [1983] konnten in den Vv. comitantes keine Klappen finden, Soutar und Tanner [1984] beschrieben nur einige wenige).
- Gibt es kleinste Venen ohne Klappen, die in Form eines Bypass den venösen Fluß retrograd ermöglichen, wie es Lin und Mitarb. (1984) postulierten?

Um eine Antwort auf diese Fragen zu finden, haben wir Untersuchungen an der Leiche durchgeführt.

Material und Methoden

Das oberflächliche Venensystem der Unterarmbeugeseite sowie das Begleitvenensystem der A. radialis wurden an 20 Extremitäten frischer Leichen untersucht. Die Arterien und Venen wurden mit gefärbter Latex-Gummimilch, gefärbten Mikropropaque und Technovit injiziert. Anschließend erfolgte die makroskopische und mikroskopische Präparation der Gefäße. Die Extremitäten der mit Technovit injizierten Gefäße wurden in Kalilauge mazeriert, so daß nur der injizierte arterielle und venöse Gefäßbaum zur Darstellung kamen. Es wurde abwechselnd die arterielle und die venöse sowie die oberflächliche und tiefe venöse Strombahn injiziert.

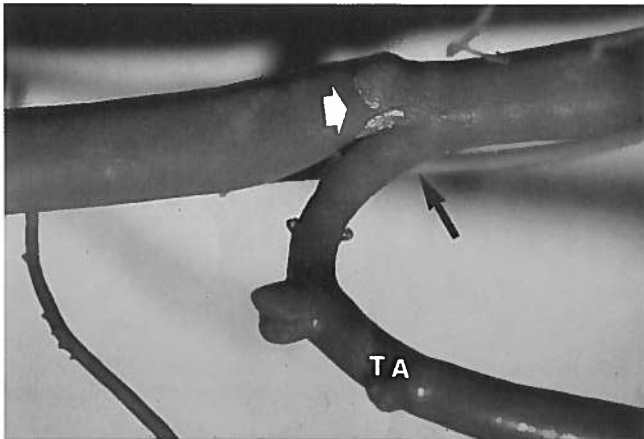


Abb. 1. Ausgußpräparat: Mündung einer tiefen Anastomose (TA) in den Klappensinus einer oberflächlichen Vene (schwarzer Pfeil). Flußrichtung (weißer Pfeil).

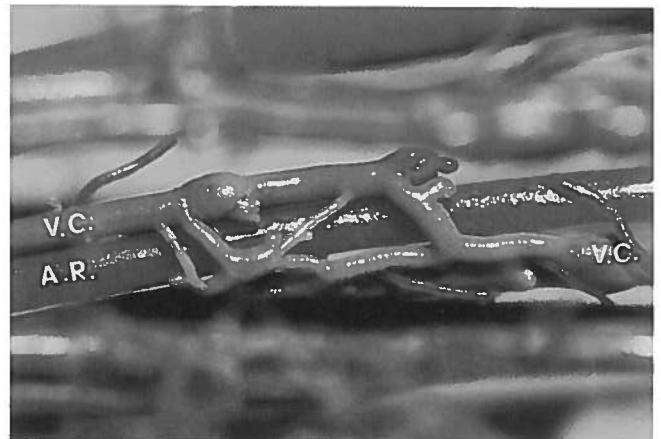


Abb. 4. Mehrere Verbindungsvenen zwischen den Vv. comitantes (V.C.) der A. radialis (A.R.).

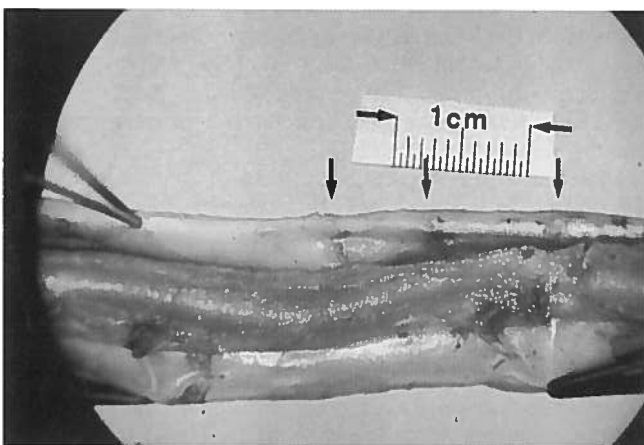


Abb. 2. A. radialis (rot) mit beiden aufgeschnittenen Vv. comitantes. Zweifelhige Klappen (schwarze Pfeile) in kurzem Abstand.

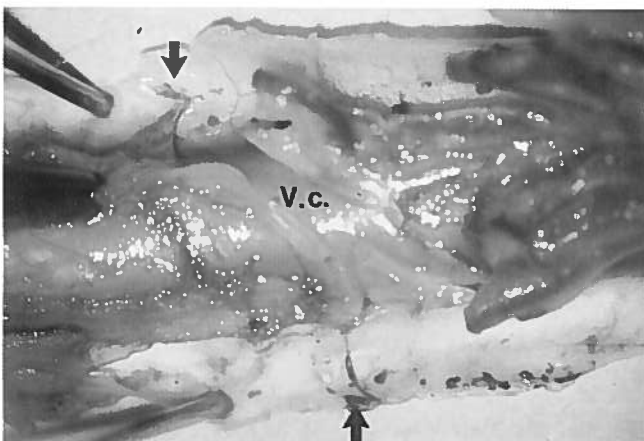


Abb. 3. Längsaufgeschnittene Begleitvenen der A. radialis mit einer schräg verlaufenden Verbindungsvene (V. communicans). Zweifelhige Klappen (schwarze Pfeile). V.c. = V. communicans.

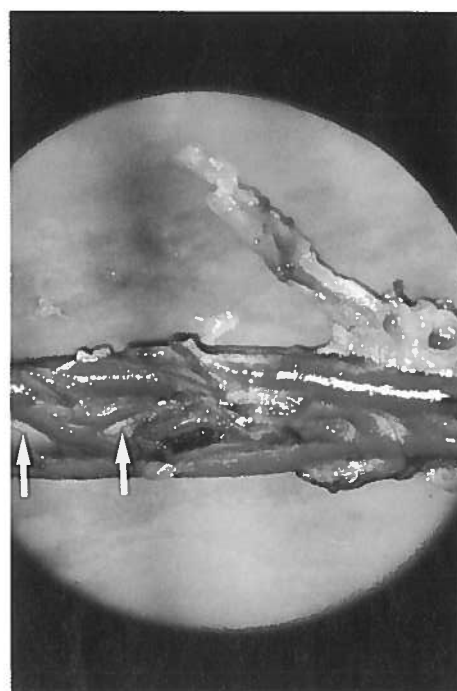


Abb. 5a.

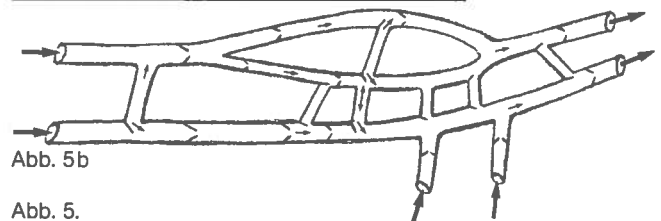


Abb. 5b

Abb. 5.

a) Dorsal der A. radialis (weißer Pfeil) gelegenes Venenkonvolut in Höhe des Muskel/Sehnenüberganges.

b) Schematische Darstellung von Abb. 5a mit eingezeichneter Flußrichtung (schwarze Pfeile) und Klappenstellung.

Bei fünf der Präparate wurde ein distal gestielter radialer Insellappen präpariert. Danach erfolgte die selektive Injektion der Gefäßsysteme, ortho- und retrograd. Die injizierten und auch präparierten Insellappen wurden anschließend im Schaffer'schen Gemisch oder in Formalin-Lösung fixiert. Die mikroskopische Präparation erfolgte unter dem Operationsmikroskop.

Ergebnisse

Folgende Venensysteme können unterschieden werden:

1. Ein oberflächliches, epifasiales (Vv. superficiales).
2. Ein die Arterien begleitendes subfasziales (Vv. comitantes).
3. Verbindungsvenen von eins und zwei (Vv. perforantes), die sogenannten »tiefen Anastomosen«.

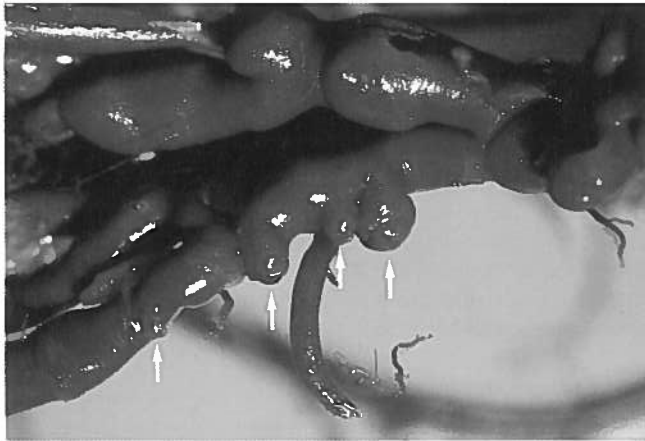


Abb. 6. Zahlreiche »Mündungskappen« (weiße Pfeile) von in das tiefe Venensystem einmündenden Muskelvenen.

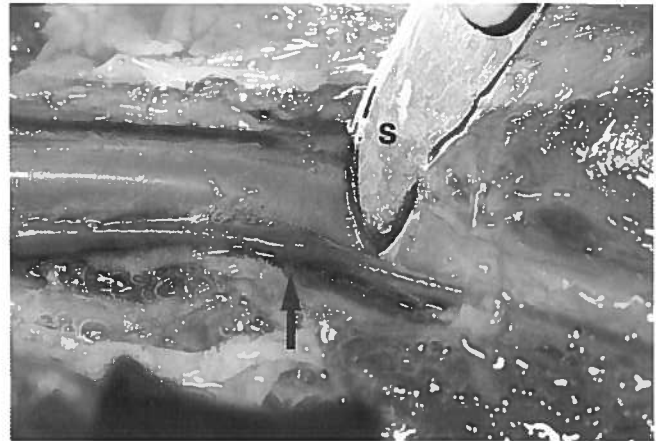


Abb. 9. Retrograde Füllung einer Begleitvene — Stopp an einer Klappe (schwarzer Pfeil). S = Skalpell

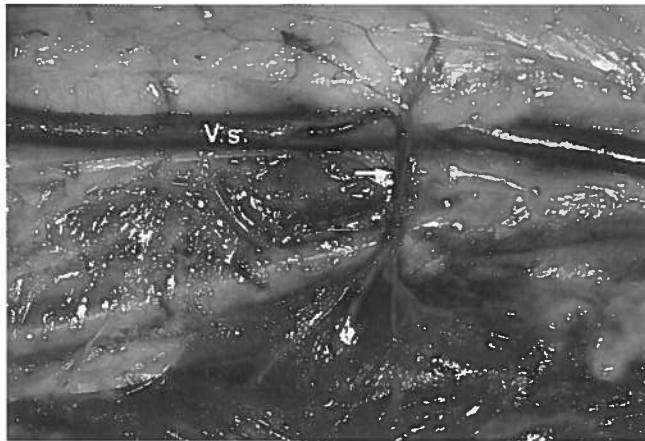


Abb. 7. Tiefe Anastomose (weißer Pfeil), in eine V. superficialis (V.s.) einmündend.



Abb. 10. Gefäßnetz in der die A. radialis und ihre Begleitvenen umgebenden Bindegewebshülle.

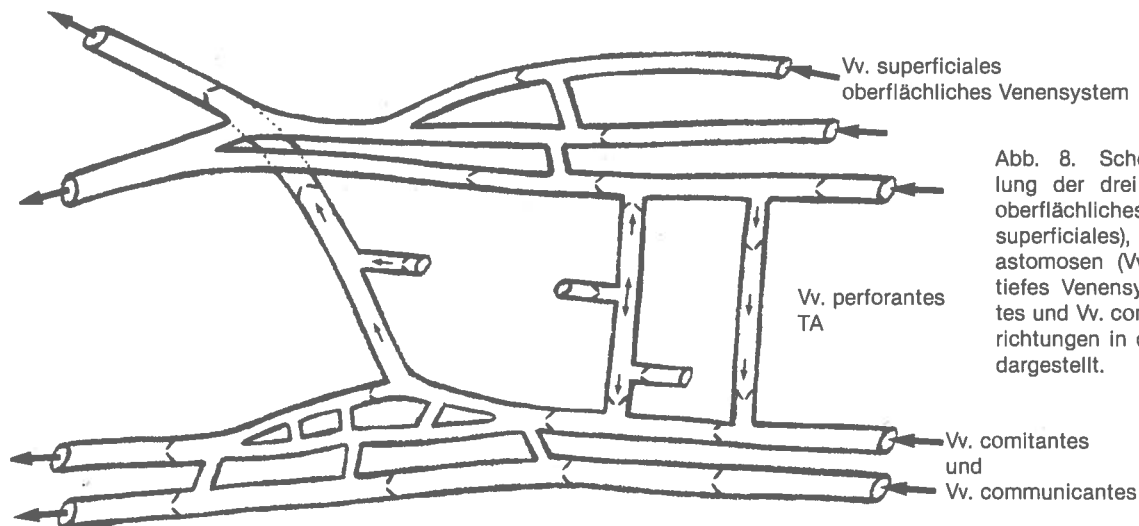


Abb. 8. Schematische Darstellung der drei Venensysteme — oberflächliches Venensystem (Vv. superficiales), TA — tiefe Anastomosen (Vv. perforantes) und tiefes Venensystem (Vv. comitantes und Vv. communicantes). Flußrichtungen in den TA durch Pfeile dargestellt.

ad 1.:

Diese Venen sind von sehr unterschiedlichem Kaliber. Es finden sich Venenklappen in einem Abstand von 1—4 cm. Diese Variation scheint, wie bei allen anderen Venen, bis zu einem gewissen Grad kaliberabhängig zu sein. Die Klappen sind immer zweizipfelig. Sie stehen meist distal der Einmündung von Ge-

fäßen. Oft münden diese auch direkt in einen Klappensinus (Abb. 1)*, die Stromrichtung ist von distal nach proximal. Die V. cephalica ist mit der V. mediana antebrachii und der V. basilica durch klappentragende Anastomosen verbunden.

* Herrn P. Rossi sind wir für seine Hilfe bei der Herstellung der Fotografien sehr dankbar.

ad 2.:

Das Begleitvenensystem (Vv. comitantes) der A. radialis besteht in der Ansicht von *palmar* her aus zwei lateral der Arterie gelegenen Venen, deren Kaliber sehr konstant ist. Die beiden Venen sind durch wenige kurze, quere oder schräg verlaufende Gefäße — Vv. communicantes — miteinander verbunden. In den Begleitvenen finden sich zweizipfelige Klappen in einem Abstand von Millimetern bis 3 cm. Die Stromrichtung ist zentripetal.

Streckenweise sind bis zu drei nur wenige Millimeter hintereinander geschaltete Klappen anzutreffen (Abb. 2). Fast regelmäßig sind in beiden Begleitvenen die Klappen in gleicher Höhe oder nur wenig versetzt angeordnet, so daß die queren Verbindungen fast immer in zugehörige Klappensegmente der Begleitvenen münden (Abb. 3).

In den Verbindungsvenen konnten wir keine Klappen nachweisen. Wir fanden jedoch an der Einmündungsstelle in die Begleitvene sehr häufig eine einzipfelige Klappe — von uns »Valvula communicans« bezeichnet. Diese in Flußrichtung stehenden Klappen schienen einen Rückfluß über die Verbindungsvenen zu verhindern oder mindestens zu erschweren.

Dorsal der Arterie, der Muskulatur zugekehrt, liegen wesentlich mehr Vv. communicantes als *palmar*. Sie variieren in ihrem Abstand und Verlauf. Die Verbindungsvenen sind sowohl einzeln als auch zu viert bis fünft unmittelbar aufeinanderfolgend anzutreffen (Abb. 4).

An typischer Stelle — in Höhe des Sehnen/Muskelüberganges im mittleren Unterarmdrittel — fand man in allen Fällen ein auffallend starkes und immer ähnlich gestaltetes Venenkonvolut der Begleitvenen. Dieses besteht neben den vorher beschriebenen zwei Begleitvenen aus zusätzlich ein bis zwei parallel zu ersteren verlaufenden Venen. Durch zahlreiche quer- und schrägverlaufende Venenäste sind diese untereinander verbunden (Abb. 5). Die kurzen queren und schrägen Verbindungsvenen sind ebenfalls klappenlos.

In dieses dorsal gelegene Konvolut münden zahlreiche kleine, aus der Muskulatur kommende Venen ein.

Zirka 1—2 mm vor der Einmündung in das Stammvenensystem konnten in diesen kleinen Muskelvenen Klappen präpariert werden. Diese dürften den von *Butz* und *Smahel* (1985) beschriebenen »Mündungsklappen« gleichkommen (Abb. 6). Direkt an der Einmündungsstelle konnten wir nie Klappen finden.

ad 3.:

Das oberflächliche und tiefe Venensystem stehen durch die sogenannten »tiefen Anastomosen« nach *Herrmann* (1974) oder Vv. perforantes in Verbindung. In der Regel verlaufen die tiefen Anastomosen annähernd rechtwinkelig zum oberflächlichen und tiefen Venensystem (Abb. 7). Seltener ziehen sie als Äste der tiefen Venen zuerst durch die Faszie und dann subkutan weiter.

Die Mehrzahl der tiefen Anastomosen — vor allem kleinkalibrige — liegt vorzugsweise am Übergang vom mittleren ins distale Unterarmdrittel, während die tiefen Anastomosen größeren Kalibers eher am Übergang zwischen mittlerem und proximalem Unterarmdrittel zu finden sind.

Die Anzahl der tiefen Anastomosen am Unterarm variiert und beträgt zwischen vier und elf. Sie durchstoßen in einem nahezu runden Loch die Faszie. Die Öffnung ist im Verhältnis zum Durchmesser der Vene relativ groß.

Es können mehrere Venenästchen aus den Begleitvenen entspringen, sich nach kurzem Verlauf vereinen und letztlich als dicker Stamm in die oberflächlichen Venen münden. Auch die umgekehrte Form konnten wir präparieren.

In den tiefen Anastomosen sind konstant Venenklappen vorhanden, wobei sie gehäuft nahe der Ostien zu finden sind. Die Stellung der Klappen ist nicht immer einheitlich gerichtet. Es gibt Klappen, die nach der Tiefe gerichtet sind — sie stehen dann meist tief ostial — und solche, die gegen die Oberfläche gerichtet sind — diese sind superfizial-ostial angeordnet. In einigen Fällen fanden wir im Abstand von wenigen Millimetern eine zweite Klappe nachgeordnet. Tiefe Anastomosen, die sich in ihrem Verlauf aufteilen, haben in beiden Schenkeln Klappen. Durch die unterschiedliche Klappenstellung in den tiefen Anastomosen ist der Blutstrom sowohl nach sub- als auch nach epifaszial möglich (Abb. 8).

Perfusionsstudien:

Es wurden distal gestielte, aus dem proximalen Drittel des Unterarmes umschnittene A. radialis-Insellappen präpariert. Die Füllung der Venen erfolgte über eine V. comitans oder die V. cephalica retrograd. Die Injektion einer Begleitvene brachte die Auffüllung beider Begleitvenen mit sich. Der Latexfluß hörte jedoch in einer gewissen Distanz vom Ort der Kanülierung auf (Abb. 9).

Erst bei beträchtlicher Erhöhung des Perfusionsdruckes konnte dieser Stopp, der durch Klappen bedingt war, überwunden werden.

Da die Klappen in beiden Vv. comitantes meist in der gleichen Ebene liegen, war auch der Stopp der Latexmilch in beiden Vv. comitantes in gleicher Höhe zu sehen.

Bei Injektion des oberflächlichen Venensystems retrograd kam es ebenfalls an der ersten Venenklappe zum Stehenbleiben der Latexmilch.

Die A. radialis und ihre Begleitvenen werden von einer Bindegewebehülle umgeben, in der bei orthograder wie retrograder Füllung der Gefäße ein spinnenwebartiges Netz von feinsten Gefäßen — Arterien und Venen — zu sehen ist (Abb. 10).

Diskussion

Wir konnten zeigen, daß in allen drei venösen Systemen zahlreiche Venenklappen vorhanden sind. Sie sind nicht nur an Einmündungsstellen, sondern auch mitten in anastomosenfreien Gefäßstrecken anzutreffen. Aufgrund unserer Untersuchungen konnten wir keine gesetzmäßige Klappenfolge, wie sie von *Bardeleben* (1880) beschrieben hat, finden.

Durch die Stellung der Klappen bedingt, fließt das Blut im Unterarm von distal nach proximal und von der Tiefe zur Oberfläche. Dies scheint dem Verhältnis der Volumenkapazität zwischen oberflächlichen und tiefen Venen zu entsprechen, da das Fassungsvermögen der präfaszialen Gefäße ein Vielfaches von dem der tiefen Gefäße ist.

Obwohl die Verbindungsvenen zwischen den tiefen Begleitvenen klappenlos sind, verhindern sowohl die Richtungsklappen als auch die Lokalisation und Anzahl der zweizipfeligen Klappen in den Begleitvenen den retrograden Blutstrom. Die »Cross-over-Pattern«-Flußtheorie von *Lin* und Mitarb. (1984) scheint daher nicht der Realität zu entsprechen.

Da sich sowohl bei retrograder wie orthograder Anfüllung der Arterien und Venen des tiefen Gefäßsystems das spinnenwebartige Gefäßnetz der Bindegewebehülle gefüllt hat, könnte es sein, daß es in diesen feinsten Venen keine Venenklappen gibt. *Freerksen* (1937) konnte in Venen bis zu einem Durchmesser von 30—50 μ noch Klappen nachweisen.

Die Probleme des Insellappens, wie Schwellung, Rötung und Zyanose, sind aufgrund unserer Untersuchungen nur hämodynamisch zu erklären.

Es kommt bei retrogradem, venösem Fluß durch eine Druckerhöhung im Venensystem zur Widerstandserhöhung. Durch den peripheren Widerstand wird der Zufluß der Arterie reguliert — bei Erhöhung desselben kommt es zur Flußabnahme. Die Druckerhöhung im Venensystem setzt sich retrograd bis in das Kapillargebiet fort. Ödeme mit Zyanose im Lappen sind dadurch erklärlich. Die Druckerhöhung führt zur Dilatation der Venen und damit zur Klappeninsuffizienz — eine bekannte Ursache für Varizenbildung am Bein.

Die Klappeninsuffizienz der Venen beim distal gestielten Insellappen bedeutet jedoch eine Verbesserung des venösen Abstroms, ein Absinken des Venen- und damit des Kapillardruckes und mithin eine klinische Besserung des Ödems und der Zyanose. Andererseits nimmt in dieser Phase der arterielle Zufluß wieder zu.

Das Anhalten dieser Schwellung über Wochen wurde von *Matthews* und Mitarb. (1984) sowie *Emerson* und Mitarb. (1985) beschrieben.

Timmons (1986) macht für die Klappeninsuffizienz nicht nur die Druckerhöhung, sondern auch die Denervierung der Venen beim distal gestielten Lappen verantwortlich, ohne jedoch dafür einen histologischen Nachweis zu erbringen.

Die große Variabilität der Anzahl sowie der Lokalisation und der Richtung der Klappen, besonders in den tiefen Anastomo-

sen, macht es verständlich, daß nicht in allen Fällen von radialen Insellappen ausgeprägtere Ödeme und Zyanose beobachtet werden.

Aufgrund unserer Untersuchungen sollte man jedoch bei der Präparation dieses Lappens folgendes beachten:

Der Gefäßstiel sollte nicht allzu lang sein, da die Anzahl der zu überwindenden Klappen proportional zur Länge des Stieles zunimmt. Die Bindegewebehülle um das Gefäßbündel muß geschont werden. Der feinste Venenplexus dürfte eine nicht unbedeutende Rolle beim retrograden Fluß spielen. Diese Annahme wird durch die Tatsache der retrograden wie orthograden Füllung der Venen untermauert.

Bei postoperativ über Stunden dauernder Zyanose des Lappens sowie Stauung in den oberflächlichen Venen sollte man nicht zurückscheuen, rechtzeitig einen orthograden Venenabfluß herzustellen, und zwar durch Anastomosierung eines Astes der *V. cephalica* mit einer Handrückenvene, wie es in der ursprünglichen Arbeit von *Stock* und Mitarb. (1981) empfohlen wurde.

Diese Einzelheiten berücksichtigend, ist der distal gestielte *A. radialis*-Insellappen ein sehr brauchbarer Lappen in der Rekonstruktion des gleichseitigen Daumens oder eines Defektes an der ipsilateralen Hand.

Literatur

- von Bardeleben, K.: Das Klappen-distanzgesetz. *Jena. Z. Naturwiss.* 14, 467—529 (1880)
- Butz, P. C., und J. Smahel: Morphologie und Topographie der Klappen des oberflächlichen Venensystems am Unterarm und Fußrücken. *Handchirurgie* 17, 3—7 (1985)
- Emerson, D. J. M., A. Sprigg, and R. E. Page: Some Observations on the Radial Artery Island Flap. *Brit. J. Plast. Surg.* 38, 107—112 (1985)
- Fatah, M. F., and D. M. Davies: The Radial Forearm Island Flap in Upper Limb Reconstruction. *J. Hand Surg.* 9-B, 234—240 (1984)
- Freerksen, E.: Die Venen des menschlichen Handrückens. *Z. Anat. Entwickl.-Gesch.* 107, 106—111 (1937)
- Goth, D.: Zur Anwendung des Unterarm-Insellappens. *Handchirurgie* 18, 41—56 (1986)
- Herrmann, G.: Die Tiefenanastomosen (TA) der Venen am Arm. *Acta Anat. (Basel)* 90, 65—86 (1974)
- Lin, S.-D., C.-S. Lai, and C.-C. Chiu: Venous Drainage in the Reverse Forearm Flap. *Plast. Reconstr. Surg.* 74, 508—512 (1984)
- Matthews, R. N., F. Fatah, D. M. Davies, J. Eyre, R. A. Hodge, and G. P. Walsh-Wanng: Experience with the Radial Forearm Flap in 14 Cases. *Scand. J. Plast. Surg.* 18, 303—310 (1984)
- Mühlbauer, W., E. Herndl, and W. Stock: The Forearm Flap. *Plast. Reconstr. Surg.* 70, 336—342 (1982)
- Reid, C. D., and A. L. H. Moss: One-stage Flap Repair with Vascularized Tendon Grafts in a Dorsal Hand Injury Using the »Chinese« Forearm Flap. *Brit. J. Plast. Surg.* 36, 473—479 (1983)
- Soutar, D. S., and N. S. B. Tanner: The Radial Forearm Flap in the Management of Soft Tissue Injuries of the Hand. *Brit. J. Plast. Surg.* 37, 18—26 (1984)
- Stock, W., W. Mühlbauer und E. Biemer: Der neurovaskuläre Unterarm-Insel-Lappen. *Z. Plast. Chir.* 5, 158—165 (1981)
- Stock, W., W. Mühlbauer und E. Biemer: Stromumkehr bei Unterarm-lappen. *Handchirurgie* 15, Suppl., 45—48 (1983)
- Timmons, M. J.: The Vascular Basis of the Radial Forearm Flap. *Plast. Reconstr. Surg.* 77, 80—92 (1986)
- Yang, G., B. Chen, Y. Gao, X. Liu, J. Li, S. Jiang, and S. He: Forearm Free Skin Flap Transplantation. *Natl. Med. J. China* 61, 139—145 (1981)

Anschrift für die Verfasser

Doz. Dr. med. Hildegunde Piza-Katzer
Abteilung für Plastische und Rekonstruktive Chirurgie
I. Chirurgische Universitätsklinik
Alser Straße 4
A-1090 Wien IX/Österreich

Gefäßspasmen in der Mikrochirurgie

H.-P. Bruch*, M. Hörl*, U. Lanz*, B. Bauer* und J. Epping**

Vortrag auf dem 26. Symposium der Deutschsprachigen Arbeitsgemeinschaft für Handchirurgie vom 19. — 21. September 1985 in Würzburg.

Aus der *Chirurgischen Universitätsklinik Würzburg (Direktor: Prof. Dr. E. Kern) und der **Medizinischen Universitätsklinik Würzburg (Direktor: Prof. Dr. K. Kochsiek).

Zusammenfassung

Menschliche Arterien und Venen entwickeln unter den Bedingungen der Hypoxie und des Substratzuges einen Rigor, der durch vermehrten Kalziumeinstrom in die Zelle und Energieverarmung hervorgerufen wird. Dieser Rigor kann durch Phosphoenolpyruvat, das die Energieladung der Zelle erhöht, beseitigt werden. Gleichzeitig wird der Glykogenabbau blockiert. Nach Reperfusion steht so ein ausreichendes Depot zur Energiegewinnung zur Verfügung. Das vorgelegte Konzept impliziert therapeutische Konsequenzen.

Summary

Vessel Spasm in Microsurgery.

Human arteries and veins contract with hypoxia and deprivation of substrate provoked by increasing calcium inflow into the cell and reduced energy. Such spasm may be eliminated by phosphoenolpyruvate which loads up the cell's energy, blocking glycogen reduction at the same time. Reperfusion will then guarantee a sufficient energy stroke. Therapy should pursue the following steps:

1. Phosphoenolpyruvate infusion (1×10^{-6} up to 1×10^{-3} gm/ml in tyrodes solution pH 7.3) into the arterial branch, proximal and distal to the injury.
2. Subsequent treatment with vasodilating drugs and rheologically active substances.
3. Failed therapy after more than three hours warm ischemia could be due to autolytic processes and requires resection of the affected vessel.
4. The imbalance of the thrombolytic system with the so-called no reflow phenomenon could be due to a plasminogen activator's inhibitor released during hypoxia. Such cases may reasonably be treated by urokinase or by streptokinase plasminogen complex.

Schlüsselwörter

Mikrovaskuläre Chirurgie — Gefäßspasmen

Key words

Microvascular surgery — vessel spasm

Speziell nach Gewebstransfer und Replantation bereiten Gefäßspasmen immer wieder schwerwiegende Probleme, die häufig allein durch großzügige Veneninterponate gelöst werden können. Der Spasmus besteht dabei entweder primär oder er entwickelt sich sekundär, wenn die Reperfusion abhängiger Gewebe in Gang kommt. Die Kontraktur betrifft dabei oft nicht allein die kurze, vom Makro- beziehungsweise Mikrotrauma erreichte Gefäßstrecke, sondern sie erfaßt auch weiter proximal gelegene Gefäßanteile, unter Umständen hin bis zum nächsten größeren Leitungsgefäß.

Dieses ungewöhnliche Phänomen induziert natürlich sofort die Frage nach der eigentlichen Ursache dieses Spasmus oder Rigors; kennt man doch eine ganze Reihe konstriktorisch wirkender Metabolite — vom Adrenalin bis Prostaglandin E_2 , die durch ein Trauma freigesetzt werden. Auch das Trauma selbst kann konstriktorisch wirken. Die glatte Muskelzelle ist ein hochempfindlicher Dehnungs- und Spannungsrezeptor, der jeden Dehnungsreiz mit einer Kontraktion beantwortet. Da die Gefäßmuskulatur vornehmlich tonisch reagiert, bleibt der Spannungszuwachs erhalten, bis die Spannung unter physiologischen Bedingungen im Laufe von 10 — 20 Minuten zum Ausgangsniveau absinkt (Bruch und Mitarb. 1983, 1985). Diese Mechanismen sind als sinnvolle Anpassung des Organismus zu verstehen, die eine Blutung begrenzen, bis die Gerinnungskaskade aktiviert ist und die Gefäße thrombotisch verschlossen sind.

Ein Rigor aber, der über mehrere Stunden anhält, ist durch diese physiologischen Mechanismen nicht zu erklären. Er ähnelt vielmehr einer terminalen pathologischen Kontraktur. Daraus folgt notwendigerweise die Frage nach den Parametern, die bei Traumen oder Gewebstransfer so verändert sind, daß sich der Spasmus nicht löst. Dies aber sind vor allem hämodynamische Parameter. Soweit sie nicht durch Seitenäste aufrechterhalten bleibt, ist nach einer Arteriendurchtrennung die Zirkulation in den betroffenen Gefäßen unterbrochen, und es entwickeln sich hypoxische Bedingungen, das heißt, die abhängige Muskelzelle, die normalerweise einen Energieüberschuß besitzt, verarmt an energiereichen Komponenten, vor allem an Phosphaten. In vorangehenden Untersuchungen konnte diese Energieverarmung nachgewiesen werden (Bruch und Mitarb. 1985).

Ziel aller therapeutischen Maßnahmen muß es daher sein, der energieverarmten Zelle rechtzeitig »stoffwechseladaptierte Diäten« zukommen zu lassen, um die Energieladung des Zellinnern zu erhöhen und die anaerob-katabolen Prozesse zu unterbrechen.