

Aus der Chirurgischen Klinik und Poliklinik
der Universität Würzburg
Direktor: Professor Dr. med. A. Thiede

Der femoropopliteale P1-Bypass mittels Fluoropassiv
- Erfahrungen mit einem neuen alloplastischen Gefäßersatz -

Inaugural – Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde der
Medizinischen Fakultät
der
Bayerischen Julius-Maximilians-Universität zu Würzburg

vorgelegt von
Bernd Kipper
aus Blieskastel

Würzburg, Juni 2003

Referent: Prof. Dr. med. S. Franke
Koreferent: Prof. Dr. med. A. Thiede
Dekan: Prof. Dr. med. S. Silbernagl

Tag der mündlichen Prüfung: 03.12.2003

Der Promovend ist Arzt

Inhaltsverzeichnis

I.	Einleitung	1
1.	Geschichtliche Entwicklung des Gefäßersatzes	3
2.	Die chronische periphere arterielle Verschlusskrankheit	
2.1.	Pathogenese, klinische Symptomatik und Stadieneinteilung der pAVK	4
2.2.	Diagnostische Maßnahmen bei pAVK	7
2.3.	Indikationsstellung und Therapie der pAVK	10
2.4.	Chirurgische Therapie bei Verschlussprozessen der femoropoplitealen Strombahn	19
2.4.1.	Die Thrombendarteriektomie	21
2.4.2.	Die Profundaplastik	23
2.4.3.	Der femoropopliteale supragenuale P1-Bypass	24
2.5.	Komplikationen und gefäßchirurgische Nachsorge	
2.5.1.	Komplikationen	27
2.5.2.	Gefäßchirurgische Nachsorge	36
3.	Grundlagen und Möglichkeiten des Gefäßersatzes	38
II.	Material und Methoden	
1.1.	Allgemeine Einführung	46
1.2.	Statistische Auswertung	47
2.	Patientengut	
2.1.	Umfang, Geschlechts- und Altersverteilung	51
2.2.	Risikofaktoren und Komorbiditäten	52
2.3.	Operationsindikationen	56
2.4.	Intraoperative zusätzliche Maßnahmen	58
III.	Ergebnisse	
1.	Morbidität und Überlebensrate	60
2.	Durchgängigkeitsraten	
2.1.	Sofortverschlüsse	61
2.2.	Durchgängigkeitsraten bei Früh- und Spätverschlüssen	
2.2.1.	Durchgängigkeitsraten der femoropoplitealen Bypässe mit Fluoropassiv	62
2.2.2.	Durchgängigkeitsraten der femoropoplitealen Bypässe mit PTFE	64
2.2.3.	Durchgängigkeitsraten des Gesamtkollektivs	65

3.	Beinerhaltungsraten	66
4.	Durchgängigkeits- und Beinerhaltungsraten des Gesamtkollektivs bei verschiedenen Einflussfaktoren	
4.1.	Stadium der pAVK	68
4.2.	Periphere Ausstrombahn	69
4.3.	Diabetes mellitus	69
4.4.	Rauchen	70
4.5.	Geschlecht	71
5.	Lebensqualität im Follow-up	72
6.	Gefäßchirurgische Komplikationen	73
IV.	Diskussion	75
V.	Zusammenfassung	119
VI.	Literaturverzeichnis	122

I. Einleitung

Seit dem ersten Venenersatz in femoropoplitealer Position durch Kunlin 1948 hat die Gefäßchirurgie durch regelmäßige Weiterentwicklungen umfangreiche Fortschritte erlangt, Bypassverfahren beziehungsweise gefäßersetzende Operationen zur Behandlung der peripheren arteriellen Verschlusskrankheit sowie zur Therapie von Aneurysmen und Erkrankungen im Bereich der arteriellen Strombahn der extrakraniellen Hirngefäße, der viszeralen Organe und von Gefäßverletzungen sind etabliert.

Während bei der Überbrückung der großkalibrigen Gefäße durch den Einsatz alloplastischer Ersatzmaterialien gute Langzeitergebnisse erzielt werden – die 5-Jahres-Offenheits-Rate im Bereich der aortoiliakalen Gefäßstrombahn beträgt ca. 85 bis 90 Prozent – muss bei der Rekonstruktion klein- und mittelkalibriger Gefäße mit einem Durchmesser von unter 6 mm im infrainguinalen Bereich zur Behandlung der PAVK bei Patienten mit kritischer Ischämie und stark beeinträchtigender Claudicatio intermittens von deutlich höheren Verschlussraten ausgegangen werden. Vorwiegend im infragastralen Bereich stellt die autologe Vene das Ersatzconduit der ersten Wahl dar mit deutlich verbesserten Offenheits- und Beinerhaltungsraten gegenüber sonstigen Gefäßersatzmaterialien. Da das autologe Venenmaterial aufgrund von Voroperationen oder ungenügender Qualität in etwa zwanzig bis vierzig Prozent der Fälle nicht zur Verfügung steht, wurden auf der Suche nach Alternativen verschiedenste biologische und künstliche Blutleiter im klinischen Alltag verwendet. Während die von der Industrie bereitgestellten Materialien durchaus ihre Vorteile haben (unter anderem unbegrenzte Verfügbarkeit, Verkürzung der Operationszeiten), sind sie bei der Anwendung an den unteren Extremitäten bei ermutigenden Frühergebnissen mit deutlich höheren Verschlussraten im Langzeitverlauf gegenüber der Vene behaftet.

Während in den ersten Jahren der Bypasschirurgie vorwiegend Dacron als alloplastisches Material eingesetzt wurde und auch heute noch im großkalibrigen Bereich bevorzugt zur Anwendung kommt, kam nach Einführung von Polytetrafluoroethylene im Jahre 1974 überwiegend dieses Material zum Einsatz in kleinkalibrigen Gefäßabschnitten. Während Polyestermaterialien Vorteile im Bezug auf die Gewebereinheilung, die Handhabungseigenschaften und den günstigeren Preis besitzen, werden den fluorierten Polymeren vorwiegend eine bessere Blutkompatibilität sowie eine niedrigere Thrombogenität mit daraus vermeintlich resultierender reduzierter Thromboseeraterate zugesprochen.

Um die Vorteile beider Prothesentypen zu kombinieren, entwickelte man so genannte Hybrid-Prothesen vom Typ des Plasma-TFE, indem man eine dünne Schicht Tetrafluoroethylene auf das Dacron-Gewebe aufbrachte, diese wiesen jedoch erhöhte Komplikations- und Verschlussraten auf. Durch ein neues Verfahren gelang es, ein PTFE-ähnliches Fluoropolymer so auf die Oberfläche eines Polyesterimplantates aufzubringen, dass bei unveränderter physikalischer Struktur des gewirkten Polyestergewebes die biokompatiblen und thromboresistenten Eigenschaften des PTFE erhalten blieben. Nach Erfolg versprechenden Untersuchungsergebnissen mit dem neuen Prothesentyp in Tierversuchen sowie In-vitro-Testmodellen mit Bestätigung der erniedrigten Thrombogenität haben wir diese so genannte Fluoropassiv™-Prothese im klinischen Bereich zur Behandlung der peripheren arteriellen Verschlusskrankheit im Rahmen chronischer Verschlüsse der Arteria femoralis superficialis eingesetzt. Da die Materialwahl für femoropopliteale Bypasstransplantationen im Bereich oberhalb des Kniegelenkes im Gegensatz zu infragenualen sowie insbesondere zu cruralen Rekonstruktionen nicht eindeutig ist – in mehreren Studien wurden gleiche Offen- und Beinerhaltungsraten für autologe Venensegmente und alloplastische Prothesen nachgewiesen, so dass zahlreiche Autoren bei Rekonstruktionen bis zum P1-Segment der Arteria poplitea das Aufsparen der Vene für eventuell später erforderliche crurale oder koronare Gefäßeingriffe empfohlen haben – war der Einsatz aufgrund der vorliegenden Datenlage gerechtfertigt.

Im Zeitraum von August 1996 bis Januar 1997 implantierten wir in Anbindung an eine multizentrische Anwendungsstudie in der Gefäßchirurgie der Chirurgischen Universitätsklinik der Bayerischen Julius-Maximilians-Universität in Würzburg bei Patienten mit peripherer arterieller Verschlusskrankheit vom Oberschenkeltyp Fluoropassiv- und Dünnwand-PTFE-Prothesen. In der vorliegenden prospektiv erfassten, jedoch nicht randomisierten Studie berichten wir über unsere Erfahrungen mit dem neuen Prothesentyp. Durch den Vergleich mit der Fluoropassiv-Multicenter-Studie, mit der angewandten etablierten PTFE-Prothese sowie mit den Ergebnissen der Literatur soll festgestellt werden, inwieweit der Einsatz des neuen Prothesentypes Vorteile bietet bzw. berechtigt ist.

Weiterhin soll die vorliegende Studie zum Anlass genommen werden, aufgrund der Literaturangaben eine kritische Analyse der zur Verfügung stehenden Bypassmaterialien hinsichtlich der Auswahl für arterielle Rekonstruktionen in der infrainguinalen

supragenualen Region vorzunehmen. Weiterhin sollen Perspektiven zur Entwicklung alternativer Therapieverfahren sowie zur Verbesserung der derzeitigen Behandlungsergebnisse und der Prognose der chronischen Erkrankung einer peripheren arteriellen Verschlusskrankung aufgezeigt werden.

1. Geschichtliche Entwicklung des Gefäßersatzes

1898 beschreibt Gluck erstmals die Versorgung eines Defektes der Arteria carotis communis durch tiefe Halsvenensegmente, Goyanes sowie Lexer überbrückten 1906 beziehungsweise 1907 aneurysmatische Arterien mit autogenen Venensegmenten. (56, 159) Die ersten systematischen Untersuchungen zum Venensatz sind auf Carell (1912) sowie Jeger (1913) zurückzuführen. Die überwiegend während des ersten Weltkrieges durchgeführten Rekonstruktionen traumatischer Aneurysmen durch Venentransplantate sowie die ersten Versuche mit Einsatz alloplastischer Materialien (Abbé 1894, Payer 1900) mit Glas oder Hohlzylindern zeigten enttäuschende Ergebnisse. Die eigentliche Entwicklung gefäßchirurgischer Techniken und Ersatzmaterialien setzte erst nach dem zweiten Weltkrieg ein, begünstigt durch wichtige und notwendige Fortschritte auf dem Gebiet der Anästhesie, des Blutersatzes, der Aortographie durch Reynaldo dos Santos 1929 sowie der Entdeckung der antikoagulatorischen Wirkung von Heparin mit erstmaliger Anwendung 1940 durch G. Murray (51). 1946 erfolgte die erste Thrombendarteriektomie durch J. Cid dos Santos, 1948 implantierte Jean Kunlin erstmals einen autologen Venenbypass der Vena saphena magna zur Überbrückung einer verschlossenen Femoralarterie. In der Folgezeit zeigten sich gute Ergebnisse in der rekonstruktiven arteriellen Gefäßchirurgie beim Einsatz autologer venöser und arterieller Grafts, aufgrund der begrenzten Verfügbarkeit sowie der Nichteignung für den Ersatz großkalibriger Gefäße war man jedoch auf die Entwicklung alternativer Materialien angewiesen. Die Anwendung weiterer Ersatzmaterialien auf biologischer Basis, wie zum Beispiel der Einsatz heterologer boviner Prothesen sowie homologer Arterien konnte sich klinisch mit Ausnahmen weniger Einsatzgebiete nicht durchsetzen, eine Methode zur Schaffung fibrokollagener Röhren als kleinkalibriger Gefäßersatz (zum Beispiel Sparks 1969) wurde wegen hoher sekundärer Komplikationsraten wieder verlassen. Klinische Bedeutung besitzt bis zum heutigen Tag der Einsatz von homologen

desantigenisierten Nabelschnurvenen, die mit einer alloplastischen Dacron-Verstärkung versehen v.a. durch Dardik propagiert wurden (52).

Eine eher zufällige Entdeckung, dass ein feinmaschiges Kunststoffgewebe mit poröser Struktur eine gute Einheilung bei ausreichender Thromboresistenz zeigt, führte 1952 durch Voorhees, Blakemore und Jaretzki zur Entwicklung der ersten im Tierversuch über einen längeren Zeitraum offenen Stoffprothese. Auf der Suche nach besseren synthetischen Materialien kristallisierten sich Dacron, ein Polymer des Polyäthylenterephthalat, sowie Teflon, ein Polymer aus Tetrafluoroethylene, als im klinischen Alltag brauchbar heraus. Insbesondere die Weiterentwicklungen gewebter und gestrickter Dacron-Materialien konnten sich zum Einsatz im großkalibrigen Bereich durchsetzen. Eine weitere Verbesserung der Einheilung in den menschlichen Organismus erbrachte der Veloursbesatz von Dacron-Prothesen an der inneren und äußeren Oberfläche sowie eine Beschichtung zur Erzielung einer primären Blutdichtigkeit.

Die weitere Erforschung von Teflon, das zunächst in der Industrie als Dichtungsmittel sowie 1972 als Membran für einen Blutaustauscher eingesetzt wurde, führte zur Entwicklung des gereckten (expanded) Polytetrafluoroethylene, das 1974 durch Campbell erstmals zum Ersatz kleiner Arterien klinisch eingesetzt wurde. Zum arteriellen Gefäßersatz im kleinkalibrigen Bereich kommen neben Dacron sowie der menschlichen Nabelschnurvene heute vorwiegend PTFE-Prothesen zum Einsatz.

2. Chronische periphere arterielle Verschlusskrankheit

2.1. Pathogenese, klinische Symptomatik und Stadieneinteilung der pAVK

Für Durchblutungsstörungen im Bereich der unteren Extremitäten infolge von Stenosen und Verschlüssen der aortoiliakalen Strombahn sowie größerer Gliedmaßenarterien hat sich der Begriff der peripheren arteriellen Verschlusskrankheit durchgesetzt. Mehrere epidemiologische Untersuchungen zeigen eine durchschnittliche 5-Jahres-Inzidenz der asymptomatischen und symptomatischen pAVK von 6 bis 8 Prozent, wobei altersabhängig bei über 60-Jährigen eine Inzidenz von über 10 Prozent angegeben wird (154). Etwa 2/3 aller Patienten sind asymptomatisch, Männer sind doppelt so häufig betroffen wie Frauen, die durchschnittlich 10 Jahre später erkranken. In der BRD befinden sich derzeit ca. 2 Millionen Patienten in ständiger Behandlung wegen einer

pAVK, die Anzahl der Eingriffe im Bereich der Becken- und Oberschenkelarterien ist im Verlauf der letzten 15 Jahre um ca. das 4-fache angestiegen.

Die prognostische Bedeutung einer pAVK liegt in der deutlichen Koinzidenz mit arteriosklerotischen Erkrankungen weiterer Gefäßstromgebiete, so dass die pAVK als Marker für den Schweregrad der Arteriosklerose angesehen wird. Ca. 50 % der Patienten im Stadium der Claudicatio intermittens zeigen Symptome einer koronaren Herzerkrankung, deren Häufigkeit bei der kritischen Ischämie bis zu 90 % ansteigt. Jeder vierte Patient erleidet einen Herzinfarkt, 5 % der AVK-Patienten einen Schlaganfall, die Mitbeteiligung des zerebrovaskulären Gefäßsystems liegt bei ca. 60 % (167). Bei der Claudicatio intermittens ist die Lebenserwartung gegenüber der Normalbevölkerung um 10 Jahre verkürzt, die 5-Jahres-Mortalitätsrate beträgt ca. 5 bis 17 %, die sich im Stadium III/IV der Erkrankung auf 50 bis 60 % steigert (42).

Pathogenetisch ist für die Durchblutungsstörungen in ganz überwiegendem Maße (mehr als 90 %) die Atherosklerose verantwortlich, es handelt sich hierbei um einen multifaktoriellen proliferativen Prozess der Gefäßwandzellen infolge der Einwirkung von exogenen (Risikofaktoren) und endogenen (genetische Disposition) Einflüssen. Bei verschiedenen Hypothesen zur Genese müssen ein Überschreiten einer Schwellenkonzentration von 100 mg/dl Cholesterin der LDL-Dichteklasse und eine Störung der Endothelfunktion als notwendige Voraussetzung gegeben sein (169). Von entscheidender Bedeutung sind hierbei die schädlichen Auswirkungen auf mechanischer Basis sowie auf zellulärer/molekularer Ebene (zytotoxische Auswirkungen auf die regenerativen und homöostaseerhaltenden Funktionen der Endothelzelle und der zellulären Bestandteile des strömenden Blutes) durch die so genannten Risikofaktoren erster Ordnung (Nikotinabusus, LDL-Cholesterin einschließlich Lipoprotein (a), arterielle Hypertonie, Fibrinogen, erhöhte Plasmaglukose im Rahmen einer Insulinresistenz bei Diabetes mellitus).

Die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten einer pAVK korreliert mit dem Nachweis dieser Faktoren mit überproportionalem Anstieg des Risikos bei kombiniertem Auftreten. Nach der GRIPS-Studie stehen für die Pathogenese der AVK das arterielle Blutdruckverhalten sowie das Rauchen an vorderster Stelle. Die Bedeutung weiterer Risikofaktoren (Bewegungsmangel, Adipositas, Stress, Geschlecht, Alter etc.) wird vorwiegend in den Auswirkungen auf den Lipidstoffwechsel gesehen.

Differenzialdiagnostisch sind im Rahmen der PAVK neben der Arteriosklerose die Thrombangitis obliterans als entzündliche Gefäßerkrankung vorwiegend bei jungen rauchenden Männern in Betracht zu ziehen, weitere seltene Ursachen sind Vaskulitiden, Kompressionssyndrome, Dissektionen, posttraumatische Veränderungen, aneurysmatische Thrombosierungen, zystische Adventitiadegenerationen sowie Gefäßwandtumoren. In therapeutischer Hinsicht ist die Unterscheidung eines arteriellen Verschlusses infolge einer Arteriosclerosis obliterans oder einer arteriellen Embolie wichtig. Zunehmende Bedeutung erfahren auch Gerinnungsstörungen im Rahmen von Hyperkoagulabilitätssyndromen.

In Abhängigkeit von Lokalisation, Ausdehnung, Schweregrad und Zeitdauer der Entstehung der stenosierenden und okkludierenden Veränderungen der arteriellen Strombahn sowie abhängig vom Grad der Entwicklung von Kollateralkreisläufen und eventuell begleitender, vorwiegend kardiopulmonaler Leistungseinschränkungen kommt es zu einer variablen Manifestation der Durchblutungsstörungen der abhängigen, distal der betroffenen Gefäßregionen gelegenen Gewebe. Klinisch zeigt sich dies mit zunehmendem Schweregrad im Auftreten einer Claudicatio intermittens, das heißt einer belastungsabhängig induzierten Muskelschämie mit Normalisierung unter Ruhe (Stadium II), eines Ruheschmerzes (Stadium III, vor allem bei Hochlagerung und nachts) sowie in Form einer manifesten Gewebeschämie im Sinne von Nekrosen und gangränösen Entzündungen (Stadium IV der Fontaine-Klassifikation).

Im angloamerikanischen Sprachbereich wird die Claudicatio von der chronischen kritischen Ischämie unterschieden. Aufgrund der Definition der kritischen Ischämie (s.u.) muss dieses Stadium streng genommen von einem komplizierten Stadium II (nicht heilendes Ulkus bei „AVK II. Grades“) abgegrenzt werden.

Hinsichtlich der Lokalisation erfolgt eine Einteilung in Beckentyp (aortoiliakale Gefäßstrombahn), Oberschenkeltyp (femoropopliteal) sowie einen Unterschenkel- beziehungsweise peripheren Typ, wobei Kombinationen in Form von Mehretagenerkrankungen häufig sind. Der femoropopliteale Kombinationsverschluss ist hierbei mit 40 bis 70 % der häufigste Verschlusstyp, der isolierte (ca. 27 %) beziehungsweise in Kombination auftretende Verschluss der Arteria femoralis superficialis stellt den am häufigsten auftretenden Gliedmaßenarterienverschluss dar. Die Ursache hierfür liegt in der funktionellen und anatomischen Besonderheit dieser Arterie im Sinne eines Leitgefäßes mit

geringen Kollateralabgängen sowie der erhöhten mechanischen Belastung im Bereich des Adduktorenkanals. Die therapeutisch und prognostisch wichtige mögliche Beteiligung des Profundastromgebietes ist diagnostisch festzustellen (57).

Die klinische Progredienz im femoropoplitealen Gefäßabschnitt ist abhängig vom Schweregrad und der Ausdehnung der bereits vorliegenden arteriosklerotischen Veränderungen sowie vom Fortbestehen der einwirkenden Risikofaktoren. Generell muss davon ausgegangen werden, dass bei Claudicatio-Patienten in etwa 50-60 % der Fälle keine wesentliche Verschlechterung eintritt, wohingegen bei 1/3 mit einer Verschlimmerung gerechnet werden muss, bei etwa 7-10 % kommt es zur kritischen Extremitätenischämie mit Amputationsgefährdung.(47, 49)

Die in der Literatur beschriebene Amputationshäufigkeit im Rahmen der AVK vom Oberschenkeltyp differiert erheblich. Während bei früheren Erhebungen zum natürlichen Krankheitsverlauf eine jährliche Amputationsrate von deutlich unter 1 Prozent angegeben wird, muss heutzutage bei Erstdiagnose im Stadium der Claudicatio von einer Amputationsrate von ca. 3 % in 5 Jahren gerechnet werden, bei der kritischen Ischämie beträgt das Amputationsrisiko bis zu 25 Prozent, insbesondere bei Diabetikern werden deutlich erhöhte Amputationsraten angegeben. Dahingegen liegt die Inzidenz von zerebro- beziehungsweise kardiovaskulären Komplikationen bei Claudicatio- und Ischämiepatienten auf annähernd gleichem Niveau (154).

2.2. Diagnostische Maßnahmen bei pAVK

Die diagnostischen Maßnahmen sollen das Vorliegen einer pAVK beweisen. Durch qualitative und quantitative Untersuchungsparameter, durch bildgebende Maßnahmen sowie eine Umfelddiagnostik zur Erfassung von Begleiterkrankungen und Risikofaktoren im Rahmen der im Regelfall bestehenden generalisierten Arteriosklerose sollen durch Erfassung von Schweregrad, ätiologischen und pathogenetischen Ursachen und der Lokalisation der Durchblutungsstörungen die individuellen Einschränkungen auf die Lebensführung sowie das extremitätenbedrohende und allgemeine Risikoprofil festgestellt werden. Hieraus sind dann individuelle differenzialtherapeutische Optionen hinsichtlich Methode (konservative, interventionelle und operativ-chirurgische Maßnahmen) sowie Art und Notwendigkeit einer begleitenden Vor- und Nachbehandlung abzuleiten. Ferner abzugrenzen im Rahmen einer Claudicatio- und Ruheschmerzsympto-

matik sind zahlreiche Differenzialdiagnosen von Seiten des orthopädisch-rheumatologischen, neurologischen und phlebologischen Fachgebietes (196).

Nach Anamnese und Beurteilung der peripheren Durchblutungssituation durch Inspektion, Palpation und Auskultation (mit Erfassung aller extremitätenversorgenden, hirnzu-führenden und abdominellen Gefäße) dient die cw-Dopplersonographie der Objektivierung einer pAVK. Ab einer Erniedrigung des cruro-brachialen Druckindex von $\leq 0,9$ muss von einer hämodynamisch wirksamen Stenose von mindestens 50 % ausgegangen werden (125), bei Diskrepanz zwischen Anamnese und Befund ist die Untersuchung nach Belastung durch Zehenstandsübungen oder Gehstreckenbestimmung zu wiederholen (11), ein deutlicher Abfall der absoluten beziehungsweise relativen Knöchelarteriendruckwerte und Änderungen der dynamometrischen Flusskurven beweisen das Vorliegen einer pAVK. Durch die Strömungspulskurvenmessung kann bereits eine weitgehende Lokalisationsdiagnose erfolgen (57). Beim Vorliegen von fortgeschrittenen Gewebeläsionen, erheblichen Schwellungszuständen sowie im Falle einer Media-sklerose ist die Aussagekraft der Routine-Doppler-Ultraschall-Untersuchung eingeschränkt, durch Bestimmung des Zehenarteriendruckes beziehungsweise eine transkutane Sauerstoffdruckmessung können zusätzliche Informationen gewonnen werden. Durch Laufbandbelastung kann eine geschilderte Claudicatio-Symptomatik objektiviert werden, weiterhin ergeben sich hieraus Hinweise auf allgemeine kardiopulmonale Leistungseinschränkungen beziehungsweise auf differenzialdiagnostisch in Betracht kommende Erkrankungen.

Der cruro-brachiale Druckindex zeigt keine strenge Korrelation zur von vielen Faktoren abhängigen subjektiv beschwerdefreien beziehungsweise absoluten Gehstrecke, allerdings kann der Schweregrad der Durchblutungsstörung weitgehend festgelegt werden (185). Eine kritische Ischämie, das heißt eine hochgradige Gefährdung der betroffenen Extremität, ist mit Druckwerten ≤ 50 mmHg beziehungsweise ≤ 30 mmHg (Knöchel-druck-Zehendruck-Messung) und mit erniedrigten Sauerstoffpartialdruckwerten von <30 mmHg definiert (192).

Die Ultraschalldiagnostik durch kombinierten Einsatz von bildgebendem B-Bild und gepulster Dopplersonographie in Form der Duplex- bzw. farbkodierten Technik liefert als nicht-invasive Untersuchung hervorragende anatomische und funktionell-hämodynamische Befunde zur Morphologie, Lokalisation und Quantifizierung von Ste-

nosen und Verschlüssen (110). Meist kann hierdurch bereits das weitere therapeutische Vorgehen festgelegt werden (konservative versus operative Therapie) beziehungsweise im Falle einer geplanten radiologisch-diagnostischen oder interventionellen Maßnahme der optimale Zugangsweg (z.B. bei kombinierten Becken-/Oberschenkelarterienkrankungen) gewählt werden. Weitere Vorteile ergeben sich auch bei der Darstellung langsamer, angiographisch nicht sichtbarer Flussphänomene z.B. im Unterschenkelarterienbereich, bei der Beurteilung der perivaskulären Weichteile und bei der Untersuchung der venösen Abstromverhältnisse einschließlich der Vena saphena magna zur Überprüfung der Nutzbarkeit als venöses Conduit. Eine Domäne liegt ferner in der Nachsorge nach interventionellen und operativen Maßnahmen zur Erfassung von Rezidivstenosen sowie verschlussgefährdeten Bypässen. Nachteile ergeben sich aus der limitierten und damit für die weitere operative Planung ungünstigen Befunddokumentation sowie der eingeschränkten Untersuchungsmöglichkeiten bei Adipositas und starken Gefäßverkalkungen (61).

Die Angiographie in Form der intraarteriellen digitalen Subtraktionsangiographie mittels Katheter in Seldinger-Technik beziehungsweise selektiv durch Nadel stellt den Goldstandard der bildgebenden Diagnostik dar (196). Bei geringem Eingriffsrisiko gelingt die Darstellung der stenosierten beziehungsweise verschlossenen Gefäßregion einschließlich der vollständigen Ein- und Ausstrombahn von der abdominellen Aorta bis im Regelfall zu den Unterschenkel- und Fußarterien, wodurch eine sichere Entscheidung hinsichtlich der lokalen Operabilität und der zu empfehlenden Methode getroffen werden kann. Bei Kontrastmittelallergien auf jodhaltige oder nichtionische Kontrastmittel kann alternativ Kohlendioxid eingesetzt werden.

Als weitere bildgebende Untersuchung hat die Magnetresonanztomographie durch erhebliche technische Verbesserungen in den vergangenen Jahren eine zunehmende Bedeutung erlangt, die Bildqualität ist insbesondere bei Anwendung von Kontrastverstärkern gegenüber der DSA als annähernd gleichwertig anzusehen. Den Vorteilen der risikoarmen, nicht-invasiven Methode, der besseren Beurteilbarkeit der intra- und perivasalen Weichteilstrukturen sowie der Möglichkeit zur dreidimensionalen Rekonstruktion stehen die Nachteile in Form der eingeschränkten Beurteilbarkeit im Bereich von entzündlichen Prozessen und Verkalkungen, der untersucherabhängigen Ergebnisqualität, der eingeschränkten Verfügbarkeit sowie des hohen technischen Aufwandes mit daraus hervorgehenden erhöhten Kosten gegenüber.

Bei der Labordiagnostik gewinnt zunehmend die Analyse der so genannten thrombophilen Faktoren an Bedeutung, insbesondere bei eigen- oder familienanamnestischen Hinweisen auf thromboembolische Erkrankungen beziehungsweise bei rezidivierendem Bypassversagen sollten Hyperkoagulabilitätssyndrome durch Bestimmung der entsprechenden Faktoren ausgeschlossen werden (z.B. APC-Resistenz; Faktor III-, Protein-S- und C-Mangelzustände; Hyperlipoprotein (a)- und Hyperfibrinogenämie) (41).

Zur prätherapeutischen Entscheidungsfindung vorwiegend bei Claudicatio intermittens-Patienten werden Erfassungsbögen zur Evaluation der physischen, psychischen und sozialen Einschränkungen und Fähigkeitsstörungen zur Beurteilung der individuellen Minderung der Lebensqualität empfohlen, die Untersuchung kommt derzeit noch überwiegend in Form wissenschaftlicher Fragestellungen zur Anwendung.

Zur Erfassung der Risikofaktoren, zur Einschätzung der individuellen Prognose bei konservativem und operativem Vorgehen der häufig polymorbiden Gefäßpatienten, für die Nachbehandlung sowie zur differenzialdiagnostischen Abgrenzung von gefäß- beziehungsweise nicht-gefäßbedingten Beschwerden ist eine Umfelddiagnostik erforderlich, insbesondere müssen arteriosklerotische Mitmanifestationen der koronaren und zerebralen Gefäße und Lungenfunktionseinschränkungen erfasst und gegebenenfalls therapiert werden.

2.3. Indikationsstellung und Therapie der pAVK

Die Therapie der pAVK umfasst die Behandlung der Arteriosklerose beziehungsweise der genannten sonstigen seltenen Ursachen durch Beeinflussung der zugrunde liegenden Erkrankungen und Risikofaktoren sowie die Verbesserung der Durchblutung durch physikalische, medikamentöse und lumeneröffnende interventionelle und operative Verfahren. Während der erstgenannte Behandlungsansatz auf eine längerfristige Beeinflussung der Grunderkrankung und damit auf eine allgemeine Prognoseverbesserung abzielt, führen interventionelle und operative Verfahren im Regelfall zu einer unmittelbaren Besserung, langfristig wird jedoch die Progredienz der Arteriosklerose nicht verhindert, das heißt insbesondere im Stadium II werden Beinerhaltungsraten und die allgemeine Morbidität, Mortalität beziehungsweise Lebenserwartung nicht beeinflusst. Beide Behandlungsansätze sind bei der therapeutischen Entscheidungsfindung und in

der langfristigen Nachsorge, gegebenenfalls im Rahmen eines multidisziplinären Konzeptes, zu kombinieren.

Im Stadium II der pAVK besteht eine relative Operationsindikation, das heißt die Entscheidung zu invasiven diagnostischen und therapeutischen Maßnahmen ist auf dem Boden individuell bestehender Einschränkungen und Erwartungen hinsichtlich der persönlichen, sozialen und beruflichen Aktivitäten zu treffen, unter Beachtung des individuellen Risikoprofils und der daraus möglichen Komplikationen ist die Entscheidung für operative Maßnahmen oder eine konservative Therapie abzuwägen. Im Gegensatz zum konservativen Behandlungsversuch führen operative Maßnahmen meist zu einer sofortigen Beseitigung der limitierenden Claudikatio-Symptomatik, jedoch unter Inkaufnahme möglicher Komplikationen, die beim Versagen der Therapie zu einer klinischen Verschlechterung führen können. Im Stadium III und IV nach Fontaine beziehungsweise bei extremitätenbedrohender Ischämie ist meist eine invasive Therapie nicht zu umgehen, da durch konservative Maßnahmen nur in seltensten Fällen ein Extremitäterhalt erreicht werden kann.

Die primäre und sekundäre Prävention beinhaltet neben der Nikotinkarenz die Behandlung der Risikofaktoren Diabetes mellitus (Zielwerte Nüchtern glukose < 120 mg/dl, postprandial < 130 mg/dl, HbA1C < 6.5 %), arterielle Hypertonie (Blutdruck < 130/85 mmHg, ACE-Hemmer empfohlen), Hyperlipoproteinämie (vor allem Senkung des LDL-Cholesterins unter 100 mg/dl durch CSE-Hemmer empfohlen), die Therapie einer begleitenden Herz- und Koronarinsuffizienz, einer häufig bestehenden obstruktiven Lungenerkrankung sowie die Beachtung der negativen Sekundäreinflüsse von Übergewicht, Bewegungsmangel und Stressexposition (167).

Im Vordergrund der konservativen Behandlung in den durch isolierte Arteria femoralis superficialis-Verschlüsse überwiegend hervorgerufenen Stadien I und II steht die körperliche Bewegungstherapie durch spezifische Gefäßgymnastik und Gehtraining (75). Letzteres erfolgt in Form eines regelmäßigen, mindestens 3 Mal wöchentlich durchgeführten, ca. 1-stündigen Intervalltrainings unter Beachtung der subjektiven Leistungsfähigkeit nach dem 2/3-Prinzip, zur Verbesserung der Ergebnisse sollte die Behandlung unter strenger ärztlicher und therapeutischer Überwachung erfolgen. Als Kontraindikation gelten eine pAVK III/IV, eine schwere koronare Herzerkrankung sowie maligne

Herzrhythmusstörungen, ein hypertones Blutdruckverhalten sowie hochgradige Carotisstenosen. Bei geringer beschwerdefreier Gehstrecke von unter 50 m erscheint ein Gehtraining nicht mehr Erfolg versprechend, als Voraussetzung muss eine kollaterale Blutversorgung über einen offenen Profundakreislauf gewährleistet sein. Insgesamt besteht diese Therapieoption bei ca. 50 % aller Patienten im Stadium IIa und b, von dieser vorselektionierten Patientengruppe absolviert nach allgemeiner Erfahrung lediglich ein Viertel aufgrund einer schlechten Compliance ein regelmäßiges dauerhaftes Training.

Gegenüber den rein lokal erzielbaren Erfolgen im Rahmen lumeneröffneter Maßnahmen führt die Trainingstherapie neben einer signifikanten Erhöhung der subjektiven Gehstreckenleistung durch periphere Vasodilatation, Verbesserung der Kollateralenversorgung und Ökonomisierung der Stoffwechselaktivität im Bereich der Mikrozirkulation auch zu einer erheblichen Zunahme der allgemeinen Leistungsfähigkeit und der kardiopulmonalen Belastbarkeit, wodurch weitere sekundäre positive Effekte auf die Risikofaktoren erster und zweiter Ordnung erzielt werden (177).

In mehreren randomisierten Studien, die ein intensives Gehtraining mit den Ergebnissen der Angioplastie verglichen haben, zeigte sich bei primärer Überlegenheit der PTA eine nach einem Jahr vergleichbare Gehstreckenleistung bei verbesserter allgemeiner körperlicher Leistungsfähigkeit in der Trainingsgruppe.(140, 161)

Aufgrund der beschriebenen Auswirkungen auf zahlreiche Organ- und Stoffwechselfunktionen wird deshalb auch nach invasiven Therapieverfahren ein regelmäßiges körperliches Training erforderlich, nicht zu vernachlässigen sind darüber hinaus gruppendynamische Effekte hinsichtlich der Motivation und der sozialen Reintegration.

Die pharmakologische Therapie erfolgt unter der Zielsetzung einer Verbesserung der peripheren Durchblutung, der Vermeidung ischämischer Schäden sowie der Reduktion thrombotischer und reobliterativer Komplikationen nach vaskulären Operationen und Interventionen.

Zur Durchblutungsverbesserung werden in oraler oder intravenöser Darreichungsform Vasodilantien angewendet, die wohl wirksamste Medikamentengruppe stellen dabei die Prostaglandine dar (Prostaglandin PGE 1 = Alprostadil®, PGE 2 = Iloprost®). Dieser Stoffgruppe werden neben gefäßerweiternden Eigenschaften weitere positive Wirkungen zugeschrieben wie die Hemmung der Thrombozytenaggregation und — adhäsion, die Verstärkung der Glukose- und Sauerstoffutilisation, eine Hemmung der

Neutrophilenaktivität, eine Verbesserung der rheologischen Eigenschaften und eine Steigerung der fibrinolytischen Aktivität (48). Bei intraarterieller beziehungsweise in höherer Dosierung bei intravenöser Gabe über einen Zeitraum von vier Wochen führen die Prostaglandine im Stadium II zu einer Verbesserung der Gehstrecke, im Stadium III/IV kann bei alleiniger konservativer Behandlung beziehungsweise in Kombination mit einer Profundaplastik die Amputationsrate gesenkt werden. Weitere Indikationen stellen die adjuvante, perioperativ eingesetzte Therapie beim cruralen Bypass und bei peripheren Embolien, das Trashfoot-Syndrom sowie digitale arterielle Verschlusskrankheiten dar. In prospektiv-randomisierten Studien hat sich eine signifikante Überlegenheit gegenüber Placebo und anderen vasoaktiven Substanzen wie Naftitrofuryl, Pentoxifyllin und Buflomedil gezeigt. Auch für letztgenannte Substanzen lässt sich gegenüber Placebo in kontrollierten Studien eine klinische Wirksamkeit aufzeigen (101, 154).

Obwohl die meisten Gefäßchirurgen intraoperativ Heparin anwenden um Thrombosen distal der ausgeklemmten Gefäßstrecke zu verhindern, ist der therapeutische Nutzen ebenso wie die Methode der Applikation (regional oder systemisch) und die Frage der Antagonisierung und des Abklingenlassens der Heparinwirkung für den peripheren Bereich nicht anhand von Studien beantwortet, in umfangreichen Befragungen zeigt sich eine weite Variation der Anwendung (107). Weitere Indikationen ergeben sich in der prä- und perioperativen Phase von thromboembolischen Verschlüssen. Nicht gesichert ist die Wirkung in der Kombination mit ASS.

Die meistgeprüften Substanzen sind die Thrombozytenfunktionshemmer, deren prominentester Vertreter die Acetylsalicylsäure darstellt, die über die Plättchenzyklooxygenase die Thromboxan A₂-vermittelten Reaktionsschritte für die Thrombozytenaktivierung und -sekretion hemmt. Für ASS konnte eine gesicherte Wirkung im Sinne der Sekundärprävention aufgezeigt werden mit signifikanter Reduktion systemischer vaskulärer Ereignisse und verlängerten Überlebensraten unabhängig von der Situation an der behandelten Gefäßprovinz. Generell ist deshalb im Rahmen einer jeglichen Manifestation der Arteriosklerose (diagnostische Marker-Funktion der pAVK !) unter Beachtung der Kontraindikationen die lebenslange Gabe von Thrombozytenfunktionshemmern indiziert. Auch hinsichtlich der Verbesserung der Offenheitsrate nach interventionellen und gefäßchirurgischen Eingriffen durch Hemmung der Thrombozytenfunktion sowie

u.U. der Entwicklung der neointimalen Hyperplasie ist die Wirkung auf der Basis zahlreicher Studien gesichert, ein möglichst frühzeitiger Therapiebeginn wird empfohlen. Auch die Progredienz der pAVK wird verzögert, die Anzahl erforderlicher operativer Eingriffe konnte um ca. die Hälfte reduziert werden (26).

Alternativ zur Acetylsalicylsäure kommen Ticlopidin und Clopidogrel zur Anwendung, die die ADP- und kollageninduzierte Thrombozytenaggregation hemmen. Die Frage nach dem optimalen Präparat, dessen Dosierung, dem Nutzen einer eventuellen Kombination von Aggregationshemmern mit verschiedenen Angriffspunkten sowie nach Wirkungsunterschieden bei autologen und alloplastischen Umleitungen ist letztlich nicht vollständig beantwortet.(45)

Die klinische Wirksamkeit von oralen Antikoagulantien ist gesichert bei der Therapie venöser Thrombosen, zur Prophylaxe und Nachbehandlung von Lungen- und arteriellen Embolien, beim chronischen Vorhofflimmern sowie beim mechanischen Herzklappenersatz. Nach peripheren Revaskularisationen wird der Einsatz als Alternative zu den Thrombozytenfunktionshemmern empfohlen, die Studienlage zeigt jedoch uneinheitliche Ergebnisse bezüglich Indikation und Wirkung, direkte Vergleiche zwischen Aggregationshemmern und Antikoagulantien fehlen. Empfohlen wird die Gabe vorwiegend bei begleitenden internistischen Erkrankungen, Nachteile ergeben sich aufgrund des erhöhten Blutungsrisikos und der erforderlichen Gerinnungskontrollen. Venöse Conduits scheinen eher von der Gabe oraler Antikoagulantien zu profitieren, die kombinierte Hemmung der Thrombozytenfunktion und der plasmatischen Gerinnung zeigt theoretische Vorteile, ist jedoch durch erhöhte Blutungsrisiken belastet. Durch intravenöse Gabe niedrig-molekularer Dextrane kann ein kurzfristiger postoperativer Effekt, z.B. bei femoro-distalen Bypässen erzielt werden (107).

Zu den konservativen Behandlungsmaßnahmen sind neben den allgemeinen Verhaltensregeln zur Vermeidung von Verletzungen beim diabetischen Fußsyndrom auch lokale Wundbehandlungsmaßnahmen im Stadium IV zu zählen. Ausgehend von der Physiologie der Wundheilungsvorgänge mit Entzündungs- und Regenerationsphasen wurde das Konzept einer stadiengerechten hydroaktiven Therapie entwickelt, bei der, gegebenenfalls nach initialem chirurgischem Debridement, die Schaffung eines feuchten Wundmilieus durch Hydrofaserverbandsanordnungen sowie hydrokolloide Wundauflagen empfohlen werden. Weitere Therapieoptionen stellen unter anderem die

Kombination mit Okklusivverbänden, die Biochirurgie sowie das Tissue-Engineering dar. Bei Infektionen ist eine resistenzgerechte Antibiose erforderlich.

Radiologisch-interventionelle Verfahren stellen additive, ersetzende und alternativ-konkurrierende Behandlungsmaßnahmen gegenüber der klassischen chirurgischen Revaskularisation dar, aufgrund der technischen Verbesserungen des Equipments und der bildgebenden Diagnostik seit der erstmaligen Beschreibung der transluminalen Angioplastie mittels Dilatoren durch Dotter sowie der Ballon-Dilatation durch Grüntzig 1974 werden diese in zunehmender Häufigkeit angewandt. Die Methode der klassischen Ballondilatation durch perkutanen Zugang in Lokalanästhesie (PTA) unter ambulanten oder kurzstationären Bedingungen beruht auf einer durch Ballondehnung induzierten Plaqueruptur mit Eindrücken in die Tunica media in Verbindung mit einer lokalisierten arteriellen Wanddissektion sowie einer Dehnung von Media und Adventitia. Voraussetzung für den technischen Erfolg sind eine primäre Passage des Stenose- bzw. Verschlusssegmentes mittels hydrophiler Führungsdrähte sowie eine lumenangepasste Aufweitung mit Überprüfung der optimalen primären stabilen Rekonstruktion des Gefäßkalibers. Obwohl die Methode als gering invasiv angesehen wird, sind in nicht unbeträchtlichem Ausmaß von aktuell ca. 2 bis 3 % endovaskulär- beziehungsweise operationspflichtige Komplikationen am Ort der Punktion und Dilatation sowie durch die Katheterpassage zu erwarten. Zu warnen ist deshalb vor einer unkritischen Indikationsstellung, vorwiegend in frühen Stadien der pAVK (6).

Die besten Langzeitergebnisse zeigen kurzstreckige, konzentrische, isolierte und nicht verkalkte Stenosen in weitlumigen Gefäßen mit hohem Blutfluss, Stenosen und kurzstreckige Läsionen dilatieren besser als Verschlüsse und langstreckige Veränderungen, schlechte Ausstromverhältnisse sowie chronische Ischämiestadien resultieren in deutlich schlechteren Durchgängigkeitsraten (6, 8, 68, 137). Gemäß den Leitlinien der American Heart Association (AHA) beziehungsweise des TASC-Konsensus-Dokumentes zur interventionellen Behandlung der unteren Extremitätengefäße wird bei kurzstreckigen, nicht verkalkten, konzentrischen Läsionen die PTA empfohlen (Kategorie I), wohingegen bei vollständigen Verschlüssen der Arteria femoralis communis und/oder der femoralen beziehungsweise poplitealen Strombahn unter Einbeziehung der Trifurkation chirurgische Rekonstruktionen erforderlich sind (Kategorie IV). Bei län-

gerstreckigen, multiplen und verkalkten Stenosen (Kategorie II und III) sollte eine individuelle Entscheidungsfindung im Gesamtkontext von klinischer Symptomatik, Morphologie und Komorbidität der Patienten angestrebt werden.

Die Dilatation der Oberschenkelarterie erfolgt über eine inguinale ipsilateral-deszendierende beziehungsweise kontralaterale Crossover-Katheterisierung mittels Seldinger-Technik, im Gegensatz zu den hervorragenden Ergebnissen der endovaskulären Techniken im Bereich der Koronar- und Beckenarterien sind die Ergebnisse aufgrund hoher Restenose-Raten sowie einer überschießenden myointimalen Reaktionsbereitschaft im Bereich der Femoralgefäße mittelfristig eher enttäuschend beziehungsweise nur durch wiederholte Reeingriffe zufrieden stellend (99). Auch die primäre Anwendung der Stent-gestützten Angioplastie durch selbst-, ballon- und thermoexpandierende Stents führt zu keiner Verbesserung der Langzeitergebnisse und wird daher nicht empfohlen, die Anwendung sollte beschränkt werden auf spezifische Indikationen (ungenügende primäre Dilatation, elastisches Recoil, intimale Flaps sowie Dissektionen). Ebenso zeigten technische Entwicklungen wie Laser- oder Atherektomieverfahren keine Erfolge (38, 44, 182). Eine Variation der klassischen PTA stellt die Schaffung eines neuen Gefäßlumens durch Dilatation des subintimalen Raumes nach bewusster oder ungewollter subintimaler Katheterpassage dar mit Schaffung eines neuen Kanals ohne thrombogene atheromatöse Oberflächenauskleidung (114).

Einen neuen Ansatz zur Behandlung kurz- bis langstreckiger Verschlussstrecken der Arteria femoralis superficialis stellt auch die Implantation gecoverter Stent- beziehungsweise Endoprothesen dar, die interventionell-radiologisch beziehungsweise bevorzugt chirurgisch über einen inguinalen Zugang in Kombination mit der klassischen Ballon-Dilatation oder einer Thrombendarteriektomie der AFS implantiert werden (98, 174, 190).

Eine weitere Behandlungsoption besteht in Form der arteriellen Katheterthrombolyse, die entweder als intraarterielle Langzeitinfusion mit Induktion einer systemischen Fibrinolyse mit regelmäßigem Vorschieben des Katheters oder als lokale Infiltrationstherapie in Kombination mit der perkutanen Thrombenaspiration und eventueller PTA zur Anwendung kommt. Das letztgenannte, technisch anspruchsvollere Verfahren ist zeitlich kürzer und vermeidet durch die direkte intrathrombotische Lyse und die geringere

Medikation systemische Gerinnungsstörungen. Eine Indikation ergibt sich bei thrombotischen Verschlüssen nativer Arterien und Bypässe sowie arteriellen Embolien der femoro-popliteo-cruralen Strombahn. Günstige Ergebnisse sind jedoch überwiegend bei Embolien zu erwarten, wobei die Methode gerade bei fragmentierten und Unterschenkelarterienembolien durch die angiographisch gesteuerte Katheterplatzierung Vorteile gegenüber der klassischen chirurgischen Ballonembolektomie besitzt.

Die intraoperative transluminale Angioplastie (ITA) zur Optimierung des Zu- und Abstroms fern vom Ort der eigentlichen gefäßchirurgischen Rekonstruktion hat in den vergangenen Jahren zu einer erheblichen Erweiterung des chirurgischen Behandlungsspektrums geführt, nach Freilegung der Leistengefäße können über arterielle Direktpunktionen oder am offenen Gefäß ortho- oder retrograd Angioplastieschleusen zur nachfolgenden Dilatation der Becken- oder popliteo-cruralen Strombahn eingebracht werden, wodurch Mehretagen-Rekonstruktionen als Kombinationseingriffe von offener Bypasschirurgie und ITA mit geringerer Invasivität ermöglicht werden. Die zeitliche Abfolge von Dilatation und Bypassimplantation muss im Rahmen der individuellen Gegebenheiten variiert werden (32, 176).

Den bisher beschriebenen konservativen und interventionellen Maßnahmen stehen die klassischen gefäßchirurgischen Revaskularisationsverfahren gegenüber, die einerseits zwar aufgrund der umfangreichen Entwicklungen der zum Teil konkurrierenden geringinvasiven Techniken einen eingeschränkten Anwendungsbereich erfahren mussten, andererseits bei sicherer Durchführung mit vertretbaren Risiken weiterhin die besten Langzeitergebnisse erreichen. Die Indikationen orientieren sich am morphologischen Befund der befallenen Gefäßprovinzen, wobei insbesondere längerstreckige, multipel lokalisierte und stark verkalkte Gefäßprozesse sowie Versager der vorgenannten Therapieverfahren im Stadium der extremitätenbedrohenden Ischämie unter Berücksichtigung der lokalen und allgemeinen Operabilität absolute OP-Anzeigen darstellen. Primäre Amputationen stellen heutzutage eher eine Seltenheit dar, diskutiert werden muss diese Maßnahme bei vorbestehenden funktionslosen Extremitäten bzw. ischämisch bedingten fortgeschrittenen Weichteildefekten sowie bei nicht vertretbarem OP-Risiko im Sinne einer lebensrettenden Maßnahme.

Im Stadium II nach Fontaine ist die Operationsindikation restriktiv zu stellen, sie ist abhängig von der Art, den Risiken und den Erfolgsaussichten des erforderlichen Eingriffes und im Regelfall auf die erheblich limitierende Claudicatio mit deutlicher Einschränkung der Lebensqualität im beruflichen und sozialen Umfeld begrenzt.

Neben Ballonkatheterverfahren zur Durchführung von Embolektomien und Thrombektomien nativ verschlossener Gefäße oder Bypässe ist die von Dos Santos 1947 eingeführte Thrombendarteriektomie (TEA) zu erwähnen. Hierbei erfolgt die Entfernung beziehungsweise „Ausschälung“ der krankhaft veränderten Gefäßinnenschicht in Form einer direkten offenen Desobliteration oder halbgeschlossen durch Ringdesobliteration, meist in Kombination mit lokalen Patcherweiterungsplastiken und distalen Stufenanähnten (195). Zur Anwendung kommen diese Verfahren vorwiegend im großlumigen aortoiliakalen Abschnitt bis zur Femoralisgabel, wohingegen in der femoropoplitealen Strombahn mit ungünstigen Langzeitergebnissen gerechnet werden muss. Die Vorteile bestehen im Erhalt des autologen Gefäßmaterials unter Vermeidung alloplastischer Materialien mit daraus resultierender geringerer Infektionsanfälligkeit (weswegen dieses Verfahren auch zur In-situ-Rekonstruktion bei Protheseninfektion alternativ zur Anwendung kommt) sowie in der Herstellung eines normalen Gefäßlumens mit physiologischer Compliance und anatomischem Verlauf, Länge und Kaliber. Einschränkungen ergeben sich vor allem bei starken wandinfiltrierenden Verkalkungen, wobei unvollständige Desobliterationen oder Perforationen drohen. Die Eversionsendarteriektomie bei Stenosen der Carotisgabel stellt eine Sonderform des Verfahrens dar.

Als Goldstandard mit den besten Langzeitergebnissen gelten die Gefäßtransplantationen mit Einsatz biologischer und alloplastischer Gefäßersatzmaterialien. Die Umgehungs- beziehungsweise Bypassplastik umgeht hierbei unter Belassung der nativen Arterie und Schonung vorhandener Kollateralen den verschlossenen Gefäßabschnitt, bei Interpositionen beziehungsweise Überbrückungstransplantationen werden pathologisch veränderte Gefäßstrukturen wie Aneurysmen oder AV-Fisteln vor der Rekonstruktion teilweise oder vollständig reseziert. Die Implantation erfolgt im Rahmen standardisierter Operationsverfahren mit vertretbaren Operationsrisiken, meist mit orthotoper Lage der Conduits, bei Infektionen oder Hochrisikopatienten kommen extraanatomische Verlaufsvarianten zur Anwendung. Der Anschluss des Gefäßersatzes an die natürliche arterielle Strombahn kann in hämodynamisch günstigeren End-zu-End-

Verbindungen erfolgen, wird jedoch häufig aufgrund einfacherer Technik und zum Erhalt der Kollateralen als End-zu-Seit-Anastomose ausgeführt. Bei hervorragenden Langzeitoffenheitsraten im großkalibrigen Gefäßbereich muss bei weiter peripher gelegenen Anschlüssen mit relevanten Verschlussraten gerechnet werden.

Die lumbale Sympathektomie wurde ursprünglich als ergänzende chirurgische Maßnahme bei aorto-profunden Eingriffen im Sinne einer so genannten Triaden-Operation empfohlen, die Durchführung erfolgt heutzutage überwiegend in Form der CT-gesteuerten lumbalen Sympathikolyse. Erwiesen ist ein positiver Effekt als additive Maßnahme nach arteriellen Profunda-Rekonstruktionen zur Verbesserung der Kollateraldurchblutung im Ober- und Unterschenkelbereich mit Senkung des peripheren Widerstandes. Zu diskutieren ist die Indikation als ultima ratio bei Fehlen peripherer Rekonstruktionsmöglichkeiten im Stadium III beziehungsweise frühen Stadium IV (183).

2.4. Chirurgische Therapie bei Verschlussprozessen der femoropoplitealen Strombahn

Im Rahmen der peripheren arteriellen Verschlusskrankheit ist die femoropopliteale Strombahn und hier bevorzugt die Arteria femoralis superficialis als Leitgefäß aufgrund des Fehlens wesentlicher Kollateralen sowie der mechanischen Beanspruchungen im Adduktorenkanal am häufigsten und am frühesten von Verschlussprozessen befallen. Männer sind dabei deutlich häufiger betroffen als Frauen, bei meist einseitigem und distalem Beginn wird in 75 % ein Befall der kontralateralen Seite innerhalb von 5 Jahren festgestellt.

Der femoropopliteale Gefäßabschnitt umfasst die subfaszial gelegene Arteria femoralis communis als Fortsetzung der retroperitoneal verlaufenden Arteria iliaca externa unterhalb des Leistenbandes, ihre Aufzweigungen in die Arteria profunda femoris und Arteria femoralis superficialis sowie die Arteria poplitea. Nach Aufteilung der Arteria femoralis communis in ihre Äste versorgt die Arteria profunda femoris den Oberschenkel, die Gesäßmuskeln sowie die ventrale Hüftregion, bei chronischen Verschlüssen der Arteria femoralis superficialis wird dieses Gefäß über seine Kollateralen zum P1-Segment sowie kniegelenksüberschreitend über das Rete articulare genus zum wichtigsten Versorgungsgefäß von Unterschenkel und Fuß. Im Leistenbereich ist der ge-

meinsame Verlauf mit Nervus femoralis sowie Vena femoralis einschließlich begleitender Lymphstrukturen zu beachten. Bedeckt vom Musculus sartorius als Leitmuskel zieht die Arteria femoralis superficialis medialseitig nach distal, bevor sie durch den Adduktorenkanal die Kniekehle dorsal erreicht. Aus chirurgisch-technischer Sicht erfolgt die Einteilung der Arteria poplitea in drei Segmente, das erste Popliteasegment beschreibt den supragenual gelegenen Gefäßabschnitt vom Adduktorenkanal bis zur Kniegelenkscapsel, das dritte Poplitea-Segment umfasst den infragenual zugänglichen Anteil bis zur Aufteilung in Tractus tibiofibularis und Arteria tibialis anterior.

Morphologisch lassen sich die Verschlussprozesse der A.femoralis superficialis in drei Gruppen einteilen, segmentäre kurzstreckige Verschlüsse mit bevorzugter Lokalisation im Adduktorenkanal sowie Übergangsformen mit multiplen Stenosen und kurz- bis mittelstreckigen Verschlüssen stellen dabei etwa 30 bis 40 % der Varianten dar, wohingegen langstreckige Verschlüsse vom Profundaabgang bis zur Arteria poplitea weitaus am häufigsten sind (195).

Bei Verschlüssen der Arteria femoralis superficialis führt unter der Voraussetzung eines nicht veränderten Profundaabgangs sowie eines offenen P1-Segmentes der Arteria poplitea die reaktive Kalibrierweiterung des profundalen Kollateralkreislaufs zu einer weitgehenden klinischen Kompensation. Erst bei Kombination mit Stenosen oder Verschlüssen der aortoiliakalen oder popliteo-cruralen Strombahn sowie bei zusätzlichen Stenosierungen des profundalen Kreislaufes werden zunehmend klinische Symptome evident bis hin zur Entwicklung einer extremitätenbedrohenden Ischämie. In frühen Stadien wird bei guter Spontanprognose eine konservative Behandlung mit Beeinflussung der Risikofaktoren und Durchführung einer intensivierten Bewegungstherapie empfohlen. Die einfache operative Zugänglichkeit sowie die Risikoarmut bei operativen oder interventionellen Eingriffen hat jedoch dazu geführt, sowohl die Indikationen auszuweiten als auch den femoralen Gefäßabschnitt als „Teststrecke“ für neue Verfahren zu benutzen.

Als Voraussetzung für eine Revaskularisation gelten ein unbehinderter arterieller Zufluss aus dem aortoiliakalen Gefäßbereich sowie ein offenes distales Anschlussgefäß mit einem ausreichenden Gefäßbezirk für den peripheren Abstrom, zur Beurteilung ist eine adäquate bildgebende Diagnostik erforderlich. Begleitende relevante Gefäßveränderungen insbesondere der aortoiliakalen Einflussbahn sind präoperativ oder in gleicher Sitzung im Sinne einer Mehretagenrekonstruktion operativ oder interventionell zu

korrigieren. Im Falle einer geplanten Bypassrekonstruktion bedarf es der Auswahl eines geeigneten Graftmaterials. Während bei kniegelenksüberschreitenden Rekonstruktionen die autologe Vene meist in Form der Vena saphena magna das Material der ersten Wahl darstellt, ist die Frage nach dem optimalen Material für den primären P1-Bypass umstritten. Zur Anwendung kommen hier neben autologen Venen alloplastische Materialien sowie alternativ die humane Umbilicalvene. Im infragenualen Bereich sollten Kunststoffprothesen nur mit einem zwischengeschalteten Venencuff mit der Arteria anastomosiert werden. Bei Nutzung der autologen Vene kommen verschiedene Präparationstechniken zur Anwendung (konventioneller reversed Venenbypass sowie In-situ- beziehungsweise orthograde non-reversed Venenbypässe mit Ausschaltung der Venenklappen). Die Anwendung der Vene erfolgt supragenual vorwiegend in der umgedrehten Technik, hierbei ist bei ausreichend weiter Vene von mindestens 3-4 mm der Kalibersprung im Bereich der distalen Anastomose vertretbar. Zur Überprüfung der Verwendbarkeit als Arterienersatz wird ein präoperatives duplexsonographisches Mapping empfohlen.

Kunststoffprothesen bieten zahlreichen Vorteile: Neben einer idealen Auswahl bezüglich der Länge und des Kalibers, der Verkürzung der Operationszeit, dem Wegfall eventueller Wundheilungsstörungen durch die Venenentnahme und einer besseren Thrombektomierbarkeit bleibt die Vena saphena magna für potenzielle Reeingriffe insbesondere für infragenuale Rekonstruktionen erhalten, so dass bei in mehreren Studien nachgewiesenen vergleichbaren Offenheitsraten zwischen Vene und Kunststoff für P1-Bypassimplantationen in zahlreichen gefäßchirurgischen Zentren bevorzugt Prothesen, meist vom Typ ePTFE, genutzt werden.

2.4.1. Die Thrombendarteriektomie

Die TEA im femoropoplitealen Gefäßabschnitt erfolgt als offenes Verfahren überwiegend bei kurzstreckigen Verschlüssen oder Stenosen im Bereich der Arteria femoralis communis beziehungsweise der Femoralisgabel in Verbindung mit einer lokalen Erweiterungsplastik. Gute Ergebnisse ergeben sich bei der halbgeschlossenen Ringstripper-TEA der äußeren Beckenarterie mit röntgenologischen und angioskopischen intraoperativen Kontrollen in Kombination mit endovaskulären Stent-Techniken, wobei bereits vor der TEA das Vorlegen intraluminaler Führungsdrähte empfohlen wird (65, 171). Im femoropoplitealen Gefäßabschnitt werden in der Literatur sehr unterschiedliche Offen-

heitsraten für langstreckige TEA's angegeben, wobei aufgrund schlechter Funktionsraten in frühen Studien (24) mit 3-Jahres-Offenheitsraten von maximal 50 % diese Technik zugunsten des Bypasses weitgehend aufgegeben wurde. Überwiegend retrospektive Fallstudien der vergangenen Jahre zeigen bei im Regelfall selektionierten Fällen Offenheitsraten zwischen 25 und 75 % nach 5 Jahren (82, 172).

Die Vorteile der Methode werden im Oberschenkelabschnitt im Erhalt des physiologischen Gefäßverlaufes und der Gefäßcompliance, in der niedrigen Infektrate, der Kostenersparnis gegenüber Kunststoffimplantaten sowie in der Möglichkeit sekundärer Bypassimplantationen gesehen. Durch die Weiterentwicklung der intraoperativen Kontrollmöglichkeiten erlebte das Verfahren eine gewisse Renaissance, unter anderem durch die Möglichkeit einer Überbrückung distaler Intimastufen oder Versorgung von Dissektionen mittels Stent-Techniken oder durch angioskopisch behandelbare Intimalafzen. Probleme ergeben sich vorwiegend bei starken Wandverkalkungen, weswegen in einem nicht unbeträchtlichen Ausmaß bei Komplikationen (Nicht-Durchführbarkeit in 20 %, inkomplette Desobliteration, Perforation, AV-Fistel) ein Verfahrenswechsel erforderlich wird.

Nachteile der Methode sind die technisch sehr anspruchsvolle Durchführung, der hohe Zeitaufwand bei Einsatz interventioneller Kontroll- und Therapiemaßnahmen sowie die häufig auftretende überschießende Neointimabildung, die zu Frühverschlüssen führen kann. Aufgrund divergierender Ergebnisse – Heider erzielte bei einer prospektiven Studie an 63 Patienten primäre 5-Jahres-Offenheitsraten von 54,5 %, van der Heijden in einer retrospektiven Studie an 231 Patienten 5-Jahres-Patency-Raten von 71 % - werden unterschiedliche Empfehlungen ausgesprochen, von einem routinemäßig angewandten Standardverfahren kann jedoch nicht ausgegangen werden (80, 81).

Eine neue Behandlungsoption stellt die Kombination einer TEA mit endovaskulären Stent-Prothesen dar, die bei geringer OP-Invasivität jedoch von einer Reihe von Nachteilen begleitet ist (hoher Preis, Verlust der Gefäß-Compliance, fehlende gewünschte Endothelialisierung, Überstenten von Kollateralen, maximal implantierbarer Prothesendurchmesser 6 mm). Im klinischen Einsatz werden derzeit überwiegend in kleineren Fallstudien mit kurzen Nachbeobachtungszeiten mäßig zufriedene stellende Ergebnisse bei häufigen technischen Problemen beschrieben (37, 85, 98, 113, 174), so dass hier die weitere Entwicklung sowie die Langzeitergebnisse insbesondere im Hinblick auf die Alternative einer offenen Prothesenimplantation abgewartet werden müssen. Eine Variation dieser Methode stellen die in Kombination mit einer transluminalen

Angioplastie perkutan oder offen eingebrachten Endoprothesen (z.B. Stentgraft-Prothese Typ Endobahn) dar, die bei kurz- bis mittelstreckigen Läsionen, bei guter Ausflussbahn sowie im Stadium II annehmbare Offenheitsraten bei Nachbeobachtungszeiten bis 20 Monaten gezeigt haben (86). Aufgrund der eingeschränkten Indikationen können diese Alternativverfahren jedoch nicht als Ersatz der klassischen Bypassoperation angesehen werden.

2.4.2. Die Profunda-Plastik

Der Profunda-Kreislauf stellt unter der Voraussetzung eines ungestörten Einstroms und eines offenen Empfängersegmentes (Pars 1 der Arteria poplitea sowie offener Unterschenkelarterien) eine potente Kollateralbahn mit kompensatorischer Anpassungsfähigkeit hinsichtlich Achsausrichtung und Bereitstellung eines hohen Strom-Zeit-Volumens dar, weshalb bei isolierten AFS-Verschlüssen meist keine oder allenfalls eine geringgradige Beschwerdesymptomatik resultiert. Die Profundaplastik beziehungsweise -revaskularisation erfolgt als isolierte oder kombinierte Maßnahme mit einer zentral-femorale oder femoro-distale Rekonstruktion zur Verbesserung der peripheren Durchblutung sowie zur Wiederherstellung der ursprünglichen Hämodynamik. Aufgrund einer Zunahme des Gesamtgefäßquerschnittes nach Teilungsstellen bedeutet ein AFS-Verschluss eine relative, hämodynamisch zunächst nicht relevante, 50 %-ige Stenose zwischen der Arteria femoralis communis und der Gefäßperipherie. Bereits geringfügige zusätzliche Stenosierungen im zentralen Profunda-Stromgebiet führen jedoch zu klinischen Symptomen. Im Falle femoro-distaler Rekonstruktionen sollte bei nachgewiesenen profundalen Stenosierungen eine Profundarevascularisation grundsätzlich mit durchgeführt werden, um spätere Sekundäreingriffe in der Problemzone Leiste zu reduzieren sowie im Falle eines späteren Bypassverschlusses ein günstigeres Ischämienstadium zu stabilisieren (168). Bei vorliegenden popliteo-cruralen Gefäßveränderungen im Stadium III/IV sind meist aufwändige Bypassrekonstruktionen zum Gliedmaßenerhalt erforderlich, bei vollständig verschlossener Peripherie kann mit der isolierten Revaskularisation der Profunda, die als Versorgungsgefäß relativ lange von schweren obliterativen Veränderungen verschont bleibt, in etwa 25 bis 30 % dennoch ein Beinerhalt erzielt werden oder zumindest die Amputationsgrenze distalisiert werden (57).

Die Profundaplastik sollte zur Wiederherstellung der Hämodynamik mindestens über die erste Teilungsstelle hinaus erfolgen, zur plastischen Erweiterung werden verschie-

dene Methoden beschrieben (78, 84, 195). Häufig werden alloplastische Materialien bei isolierter Profundaplastik beziehungsweise bei Einbeziehung des Profundaabgangs in die Anastomose zentraler oder peripherer Rekonstruktionen benutzt, dies kann jedoch aufgrund der erhöhten Restenosierungsrate im Rahmen der intimalen Hyperplasie am distalen Anastomosenzwickel nicht empfohlen werden. An der Chirurgischen Universitätsklinik Würzburg erfolgt deshalb eine Profundaplastik grundsätzlich mit autologen Materialien, meist mit einem Seitenast der Vena saphena magna. Zur Begrädigung des Übergangs bei AFS-Verschlüssen wird die Exzision des Superficialis-Abgangs empfohlen, hierdurch wird aber die Option auf die AFS wiedereröffnende Maßnahmen auf interventionellem Wege durch zukünftige Techniken zunichte gemacht.

Alternativ zum autologen Venenmaterial kommen lokale arterielle Patchplastiken (z.B. van Dongen-Plastik) mit der gestielten desobliterierten Anfangsstrecke der Arteria femoralis superficialis zur Anwendung. Die Kombination mit einer zentralen und/oder distalen intraoperativen Dilatation erweitert das Indikationsspektrum der Profundaplastik.

Aufgrund der meist ostiumnahen (bei offener AFS) und häufig langstreckigen Lokalisationen der Stenosen im ersten Segment der Profunda beziehungsweise aufgrund der erhöhten mechanischen Belastungen der Leistenregion wird von transluminalen Dilatationsbehandlungen häufig abgeraten, Indikationen stellen eher periphere Profunda-Stenosen sowie distale Rezidivstenosen nach vorausgegangener Plastik dar.

2.4.3. Der femoropopliteale supragenuale P1-Bypass

Die femoropopliteale Bypassimplantation, die bereits durch Jeger 1913 theoretisch beschrieben und durch Kunlin 1948 mittels eines Venentransplantates erstmals durchgeführt wurde, stellt zur Überbrückung eines langstreckigen Verschlusses der Arteria femoralis superficialis das bewährteste und auf Dauer effektivste therapeutische Verfahren zur Behandlung der trotz ausreichender konservativer Therapie fortbestehenden erheblich limitierenden Claudicatio und der extremitätenbedrohenden Ischämie dar. Zur Durchführung der Operation bedarf es neben der strengen Indikationsstellung („Soll operiert werden?“) einer sorgfältigen Analyse der Ein- und Ausstrombahn („Kann operiert werden?“) – eine offene popliteale Strombahn mit mindestens einer Unterschenkelarterie beziehungsweise bei Amputationsgefährdung ein so genanntes offenes

Poplitealsegment mit ausreichender Kollateralisierung zu offenen Unterschenkelgefäßen müssen als distale Empfängerarterien vorhanden sein – sowie einer Beurteilung des allgemeinen Operationsrisikos („Darf operiert werden?“) (195).

Die Operation beginnt mit der unmittelbar präoperativ durchgeführten Depilation des Operationsgebietes im Vorraum des Operationssaals, die perioperative Antibiotikaprophylaxe in der Regel als single shot erfolgt mit einem staphylokokkenwirksamen Cephalosporin der zweiten Generation, wobei auf eine rechtzeitige Gabe zum Erreichen wirksamer Antibiotikagewebespiegel geachtet werden muss. Hautdesinfektion sowie sterile Abdeckung mit Einmalmaterialien müssen die Beckenetage ebenso wie das gesamte Bein mit einbeziehen, um intraoperative Erweiterungen des Eingriffs zu ermöglichen und um die Durchblutung des Fußes während der Operation beurteilen zu können. Das Bein wird mit steriler OP-Folie frei gelagert.

Die Arterienfreilegung für den zentralen Transplantatanschluss erfolgt über einen sagittalen oder leicht bogenförmigen Längsschnitt in der Mitte zwischen Spina iliaca anterior superior und dem lateralen Rand der Symphyse unter sorgfältiger Schonung beziehungsweise Lateralumgehung der inguinalen Lymphbahnen und –knoten. Im Falle eines Venentransplantates kann die Vena saphena magna von der gleichen Inzision aus in einer medialen subkutanen Präparationsebene erreicht und unter Schonung der Crossenäste abgesetzt werden. Nach Spaltung der Fascia femoralis werden die Hauptäste der Femoralisgabel sowie alle abgehenden Seitenäste mit Gummizügeln armiert. Durch Hochziehen des Ligamentum inguinale kann auch der distale Abschnitt der Arteria iliaca externa erreicht werden, gelegentlich wird primär ein hoher suprainguinaler Anschluss zur Vermeidung einer übermäßigen Anastomosenbelastung bei Hüftbewegungen empfohlen, eine Einkerbung des Leistenbandes selbst sollte vermieden werden. Die Darstellung der Arteria profunda femoris erfolgt über den gleichen Zugang, die freizulegende profundale Gefäßstrecke ist abhängig von einer eventuell simultan durchzuführenden Profundaplastik. Bei allen Präparationsschritten sind Venen- und Nervenverletzungen sowie Wandschädigungen der Arteria profunda femoris sorgfältig zu vermeiden. Das erste Poplitealsegment wird über eine mediallyseitige Hautinzision oberhalb des Kniegelenkes erreicht, nach Faszienspaltung, Dorsalverlagerung des Musculus sartorius und Durchtrennung des lockeren Fettgewebes wird die Poplitealarterie auf eine ausreichend lange Strecke mit anastomosierbarer Vorderwand freigelegt und angezügelt. Durch Abwinkeln im Kniegelenk kann die Arterie weit nach distal in die Fossa poplitea verfolgt werden. Bei der Präparation ist auf die Schonung aller Kollate-

ralgefäße, vor allem der Arteria descendens genu sowie auf den die Arterie im Adduktorenkanal verlassenden Nervus saphenus zu achten. Durch Einsetzen spezieller Gewebesperrern unter Vermeidung einer Druckschädigung der Weichteile werden die Operationsgebiete übersichtlich dargestellt. Nach orthotopem Durchzug des Transplantates unter Zuhilfenahme eines Tunnelingtools im Verlauf des Musculus sartorius und Gabe von 3.000 Einheiten Heparin zur Vermeidung intraoperativer arterieller Thrombosen erfolgt nach Ausklemmen der distalen Anastomosenregion aus dem Blutstrom, wobei Klemmschäden vermieden werden müssen, die Längsarteriotomie der Vorderwand auf einer Länge des ca. 2 ½-fachen Gefäßdurchmessers. Die Anastomosierung erfolgt in der so genannten 4-Punkte-Naht-Technik mit zwei gegenläufig vom proximalen und distalen Zwickel jeweils zur Mitte von Hinter- und Vorderwand geführten doppelt nadelarmierten atraumatischen Polypropylenefäden der Stärke 6-0 End-zu-Seit zwischen Transplantat und Arterie. Auf einen günstigen Anastomosenwinkel sowie ein passendes Zurechtschneiden des Prothesenendes zur Vermeidung stärkerer Strömungsturbulenzen ist zu achten, im Vergleich zur hämodynamisch günstigeren End-zu-End-Anastomose nutzen End-zu-Seit-Verbindungen auch das retrograd durchflossene Arteriengefäßbett aus mit der Folge einer Erhöhung des Strom-Zeit-Volumens im Bypass, wodurch die Bypassöffenheitsrate positiv beeinflusst wird. Darüber hinaus werden die Kollateralbahnen im Anastomosenbereich geschont, was im Falle eines möglichen Bypassverschlusses von erheblicher Bedeutung ist. Nach Fertigstellung der Anastomose und Ausklemmen des Bypasses kann der distale Blutstrom wieder freigegeben werden, zur Blutstillung werden lokale Hämostytika sowie feucht-heiße Kompressen umlegt.

Die zentrale Anastomose erfolgt im Regelfall in der beschriebenen End-zu-Seit-Technik zwischen Transplantat und Vorderwand der Arteria femoralis communis, aufgrund der weiten Lungenverhältnisse ist hier unbedingt auf eine adäquate Anastomosengeometrie zur Vermeidung von pseudoaneurysmatischen, zu Flussturbulenzen führenden Erweiterungen zu achten. Bei abgangsnahem Verschluss der Arteria femoralis superficialis bietet sich die End-zu-End-Anastomose zur Vorderwand der Arteria femoralis communis und der abgetrennten und desobliterierten Anfangsstrecke der AFC an. Bei erforderlicher Profundoplastik erfolgt diese mittels eines autologen Venen-Patches, dessen proximales Ende in die Anastomose des femoropoplitealen Bypasses integriert wird.

Bei Anlage beider Anastomosen durch einen Operateur erfolgt zunächst die Naht der distalen Anastomose, vielfach werden zur Zeitersparnis beide Anastomosen simultan angelegt, wobei beim torsionsfreien Gewebedurchzug sowie bei der Annaht unbedingt auf eine korrekte Bypasslänge und –spannung zur Vermeidung späterer Abknickungen geachtet werden muss. Nach Freigabe des Blutstroms und Überprüfung auf Bluttrockenheit und Funktionsfähigkeit der Anastomose werden die Durchblutungsverhältnisse durch Inspektion und Kontrolle der distalen arteriellen Pulsationen überprüft. Intraoperative Röntgenkontrollen wurden in der eigenen Untersuchungsreihe nicht durchgeführt. Eine Antagonisierung des Heparins ist in der Regel nicht erforderlich, der Wundverschluss erfolgt schichtweise mit Einlage von Drainagen und intrakutaner Hautnaht, zeitweise wurden subfaszial antibiotikahaltige Kollagenvliese eingelegt, was jedoch aus Kostengründen und insbesondere wegen fehlender Wirksamkeit aufgegeben wurde. Zum Abschluss der Operation erfolgt die palpatorische Kontrolle der Fußpulse, gegebenenfalls eine dopplersonographische Untersuchung. Gemäß einem standardisierten Behandlungsregime hält der Versicherte eine dreitägige Bettruhe ein, postoperativ wird nach befristeter intravenöser Heparin-gabe von 15.000 bis 20.000 Einheiten über 24 Stunden eine überlappende Antikoagulation mit Acetylsalicylsäure auf Dauer durchgeführt.

2.5. Komplikationen und gefäßchirurgische Nachsorge

2.5.1. Komplikationen

Während konservative Behandlungsmaßnahmen im Sinne des Gehtrainings bei Beachtung der Kontraindikationen risikofrei durchführbar sind, muss bei interventionellen und operativen Maßnahmen mit einer Reihe von unmittelbaren als auch langfristig auftretenden Komplikationen gerechnet werden. Neben einer regelmäßigen Nachsorge zur Überprüfung und Behandlung der Risikofaktoren sowie zur Kontrolle der erforderlichen Antikoagulation sind gefäßchirurgische Folgeuntersuchungen zur Überwachung der Bypassfunktionen sowie zur Feststellung drohender Komplikationen mit frühzeitiger Einleitung eventueller Therapiemaßnahmen erforderlich.

Akut behandlungsbedürftige Komplikationen nach perkutanen interventionellen Maßnahmen treten entweder an der Eintrittsstelle des Katheters in das Gefäßsystem (Blu-

tung, falsches Aneurysma und lokale Thrombosen) oder am Ort der Behandlung (Dissektionen, Perforationen und verbleibende Reststenosen) auf, weiterhin werden akute Reverschlüsse oder Embolisationen in die Peripherie beobachtet (6). Diese Komplikationen können teilweise durch erweiterte interventionelle Techniken wie lokale Lysebehandlungen, Einbringen von Stents oder Stent-Prothesen sowie lokale ultraschallgesteuerte Kompression bei Punktionsaneurysmen beherrscht werden, teilweise werden jedoch chirurgische Interventionen in Form von lokalen Übernähungen oder Bypassimplantationen erforderlich, wobei gefäßchirurgische Rekonstruktionen bei Komplikationen an der Dilatationsstelle schlechtere Ergebnisse mit häufigen Frühthrombosen und erhöhten Infektionsraten vorwiegend im Bereich der Leistenwunden gegenüber primären OP-Verfahren aufweisen (100).

Intra- und postoperative Nachblutungen nach chirurgischen Eingriffen sind auf operationstechnische Fehler beziehungsweise Probleme im Bereich der Anastomosen (Einriss von Stichkanälen, ungleichmäßige Naht, Fadenruptur), auf Nebenverletzungen von Begleitvenen oder Kollateralarterien sowie auf systemische Gerinnungsstörungen zurückzuführen, die unter anderem im Zusammenhang mit der perioperativen Heparin-gabe sowie durch Aktivierung und Verbrauchsreaktion des Gerinnungssystems auftreten können. Neben einer sorgfältigen Operationstechnik bedarf es wiederholter Gerinnungsanalysen und einer intensivierten Überwachung aufgrund der erhöhten perioperativen Morbiditätsrate von Gefäßpatienten gegenüber einem normalchirurgischen Krankengut.

Wundheilungsstörungen beziehungsweise -infektionen stellen eine gefährliche Komplikation aller gefäßchirurgischen Maßnahmen dar, betroffen sind vorwiegend Rekonstruktionen der Leistenregion (erhöhte mechanische Belastung, geringe und schlecht durchblutete Weichteildeckung, primäre oder sekundäre Hautkontamination aufgrund der Nähe zur Anogenitalregion, Verletzungen möglicherweise sekundär infizierter Lymphbahnen bei pAVK 4, vorausgegangene arterielle Punktionen), Rezidiveingriffe sowie alloplastische Gefäßmaterialien. Der Schweregrad einer postoperativen Wundinfektion kann entsprechend der Tiefenausdehnung nach Szilagyi in drei Stufen eingeteilt werden, Zühlke und Harnoss untergliedern die tiefen Infektionen nochmals unter therapeutischen Gesichtspunkten (206). Mit zunehmender Tiefenausdehnung beziehungsweise bei Beteiligung von Anastomosen besteht eine erhebliche Gefährdung für die betroffene Extremität und das Leben des Patienten durch das Auftreten von Nahtde-

hiszenzen mit schweren Blutungen, Anastomosenaneurysmen sowie septischen Thrombosen und Allgemeininfektionen. Als signifikante Risikofaktoren für das Auftreten von Infektionen und Wundheilungsstörungen gelten das Stadium der Erkrankung (periphere Gangrän), Notfalleingriffe, eine Operationszeit von mehr als zwei Stunden sowie eine verlängerte prästationäre Hospitalisation. Infektionen treten in etwa 60 % innerhalb eines Zeitraums von bis zu vier Wochen auf, 80 % manifestieren sich im ersten Jahr. Eine relative Zunahme von Spätinfektionen wird mit der routinemäßig durchgeführten Antibiotikaprophylaxe in Verbindung gebracht. Von den Infektionen sind die aseptischen Perigraft-Reaktionen abzugrenzen, hierbei sind perivaskuläre Flüssigkeitsansammlungen infolge einer ausbleibenden Gewebeinkorporation künstlicher Blutleiter zu beobachten, wegen möglicher Komplikationen ist ein Ersatz der Kunststoffprothese mit einem anderen Bypassmaterial, gegebenenfalls mit geändertem Bypassverlauf vorzunehmen. Die Art der Behandlung ist abhängig von der Tiefe und Lokalisation der Wundheilungsstörungen und Infektionen. Oberflächliche Hautnekrosen bedürfen der regelmäßigen Wundinspektion sowie steriler Verbände, da sie eine Schrittmacherfunktion für die Ausbildung sekundärer Infektionen darstellen, Intrakutannähte scheinen die Rate dieser Komplikation zu verringern (eigene Beobachtung). Bei Grad II-Infektionen nach Szilagyi sowie Lymphfisteln wird die frühzeitige operative Revision mit Exzision der Weichteile und Ligatur sichtbarer Lymphknotenstrukturen (eventuell nach vorheriger Methylenblaufärbung) empfohlen, bei Lymphbahnkomplikationen kommt gegebenenfalls alternativ die Reizbestrahlung mit lokaler Wundbehandlung unter sterilen Kautelen in Betracht. Lymphzysten können bei fehlender lokaler Kompressions-symptomatik meist konservativ zur Ausheilung gebracht werden. Die Therapie der tiefen Grad III-Infektionen ist abhängig von der Ausdehnung und dem Schweregrad der lokalen und allgemeinen Symptomatik, der Beteiligung von Anastomosen und dem Grad der Ischämie (122). Bei lokal begrenzten Protheseninfektionen autologer oder alloplastischer Grafts ohne septische Komplikationen kann ein Erhaltungsversuch durch lokale Maßnahmen wie Debridement, Spülbehandlung, Vakuumokklusivverbände zum Erfolg führen. Bei Infektion des gesamten Prothesenlagers, bei Beteiligung von Anastomosen beziehungsweise bei septischen Komplikationen oder Thrombosen jed-welchen Materials ist die Prothesenexplantation mit Debridement des Lagers sowie bei extremitätenbedrohender Ischämie eine erneute Revaskularisation durch extraanato-mische Bypassvarianten oder In-situ-Rekonstruktionen mit autologen (Vene, desoblite-rierte Arterie) oder alloplastischen (silberimprägnierte Prothese) Materialien in Verbin-

dung mit biologischen Sicherungsoperationen erforderlich. Bei schwersten Infektionen ist häufig die primäre Amputation nicht zu umgehen („life before limb“) (94, 195, 206).

Postoperative Schwellungszustände nach femorodistalen Eingriffen, vorwiegend bei fortgeschrittenen Stadien der pAVK sind häufig, als Ursache werden lymphostatische Ödeme durch iatrogene Schädigung der subkutanen Lymphbahnen im Bereich der Operationszugänge beziehungsweise bei der Venenentnahme angenommen, diskutiert wird auch eine vermehrte Flüssigkeitssequestration durch den erhöhten postrekonstruktiven Perfusionsdruck bei erhöhter Kapillarpermeabilität infolge der chronischen beziehungsweise OP-bedingten Ischämie im Sinne eines Reperfusionssyndromes. Die Prognose ist generell günstig, bei guten Knöcheldruckwerten wird passager eine Kompressionsbehandlung mit Strümpfen niedriger Kompressionsklasse durchgeführt.

Naht- beziehungsweise Anastomosenaneurysmen sind überwiegend falsche Aneurysmen durch eine Insuffizienz der Nahtlinie. Durch degenerative Veränderungen der Wirtsarterie infolge Progression der pAVK, intensiver Thrombendarteriektomie beziehungsweise übertriebener Dissektion der Arterien mit Zerstörung der Vasa vasorum, durch Turbulenzen bei Lumendiskrepanzen zwischen Prothese und Gefäßlumen und hämodynamisch ungünstige End-zu-Seit-Anastomosen, durch ein übermäßiges Compliance-Mismatch, durch erhöhte Zugspannung bei Prothesendilatation und unter Spannung approximierten Anastomosen, durch fehlerhafte Nahttechniken und unsachgemäßem Umgang mit Nahtmaterialien mit Ausreißen oder -fransen der Schnittländer sowie Fadenrupturen und durch bakterielle Kontamination kommt es zum partiellen oder vollständigen Nahtausriss aus Gefäßwand oder Prothese. Als begünstigende Faktoren werden eine arterielle Hypertonie sowie eine intensivierete postoperative Antikoagulation genannt (9). Schwerwiegende Degenerationen alloplastischer Prothesen haben infolge der technologischen Weiterentwicklungen der Kunststoffmaterialien entgegen früherer Jahre erheblich an Bedeutung verloren, aufgrund degenerativer Veränderungen von homo- oder heterologen Bioprothesen wurde deren Einsatz meist aufgegeben (96, 164). Es muss jedoch aufgrund von Abbauvorgängen durch Hydrolyse, chemische Alterationen und mechanisch beziehungsweise ermüdungsbedingte Zerreißen der Gewebe- bzw. fibrillären Grundstruktur sowohl bei Dacron als auch bei PTFE bei langjähriger Implantationsdauer mit erheblichen Degradationsvorgängen mit daraus resultierenden Komplikationen im Verlauf der Prothese selbst beziehungsweise insbe-

sondere an den gefährdeten Anastomosen gerechnet werden (155). Auch bei Venentransplantaten wurden degenerative Veränderungen im Bereich der Anastomosen und im gesamten Verlauf im Sinne echter Aneurysmen beobachtet. Klinisch zeigt sich das Aneurysma, dessen bevorzugtes Auftreten in der Leistenregion zu beobachten ist, als pulsierende, entzündlich imponierende umschriebene Schwellung mit lokalen Kompressionssymptomen. Aufgrund der Komplikationen (lokale Thrombose, periphere Embolien, Perforationsgefahr mit Blutungen) sollte jedes diagnostizierte falsche Aneurysma frühzeitig operativ korrigiert werden. Vorbeugend ist bei der primären Operation unter Beachtung der oben genannten ätiologischen Faktoren eine subtile OP-Technik mit Verwendung wandstärkeangepasster monophiler Nahtmaterialien und einer atraumatischen Präparations- und adäquaten Anastomosentechnik. (76)

Die wohl häufigste und folgenschwerste Komplikation stellt der Verschluss der arteriellen Rekonstruktion dar, morphologisch gekennzeichnet durch eine Stagnationsthrumbose im Verlauf der rekonstruierten Gefäßstrecke, unter Umständen in Verbindung mit einer ascendierenden oder descendierenden Thrombose. Bei ausreichender Zeitspanne seit der Implantation können durch Entwicklung von Kollateralen Bypassverschlüsse asymptomatisch verlaufen beziehungsweise nach Abheilung vorbestehender ischämischer Läsionen kann durch Überführung in ein günstigeres Stadium eine Claudicatio-Symptomatik resistieren, so dass erneute Maßnahmen nicht unbedingt erforderlich werden. Häufig geht der Verschluss jedoch mit einer Verschlechterung der hämodynamischen Situation gegenüber dem Ausgangsbefund einher, auch eine Symptomprogredienz in Richtung einer extremitätenbedrohenden Ischämie bei ursprünglicher Indikationsstellung infolge erheblicher Gehstreckeneinschränkung ist möglich. Analog zur Virchow'schen Trias bei venösen Thrombosen stehen bei der Entstehung der arteriellen Thrombose die Blutströmungsverlangsamung sowie Störungen der Hämostase durch lokale oder systemische Faktoren im Vordergrund der Pathogenese, wobei letztendlich von einem multifaktoriellen Geschehen ausgegangen werden muss. So ist die Häufigkeit unter anderem abhängig von der rekonstruierten Gefäßregion, vom primären Stadium der Erkrankung, von der lokalen Gefäßsituation, der Ausstrombahn sowie der Länge der Gefäßrekonstruktion, vom benutzten Bypassmaterial, von den Risiko- und Einflussfaktoren der Arteriosklerose, von der Qualität der ärztlichen Nachsorge und medikamentösen Nachbehandlung, von der Anastomosentechnik beziehungsweise der persönlichen Erfahrung des Operateurs bis hin zu nicht näher fass-

baren individuellen Reaktionen des Organismus auf das operative Trauma beziehungsweise die benutzten Gefäßmaterialien (33, 186). Während im aortoiliakalen Bereich hervorragende Langzeitergebnisse erzielt werden, muss bei infrainguinalen supragenualen Rekonstruktionen im 5-Jahres-Bereich mit einer Verschlusshäufigkeit von ca. 30 bis 50 % gerechnet werden, wobei bei cruralen und pedalen Gefäßanschlüssen von noch niedrigeren Offenheitsraten ausgegangen werden muss (123, 126). Die meisten Bypässe verschließen sich dabei innerhalb des ersten Jahres mit einer durchschnittlichen Häufigkeit von ca. 10 bis 20 % mit einer anschließend relativ gleich bleibenden Rate von ca. 2 bis 5 % jährlich, wobei im Vergleich zwischen autologen und nicht autologen Materialien bei primär annähernd gleichen Offenheitsraten innerhalb der ersten beiden Jahre eine erhöhte Verschlussinzidenz in den nachfolgenden Jahren bei alloplastischen Conduits beobachtet wird. Der Zeitpunkt des Auftretens eines Bypassverschlusses gibt Hinweise auf die zu Grunde liegenden Ursachen, eine Einteilung in drei sich zeitlich überschneidende Kategorien ist möglich (53, 67, 123, 195):

Sofortverschlüsse innerhalb der ersten dreißig Tage sind zurückzuführen auf operationstechnische Fehler, z.B. bei der Anastomosennaht oder der Graftposition mit externer Kompression oder Abknickung, sowie auf eine vorbestehende schlechte Ein- und Ausstrombahn im Sinne einer übersehenen proximalen behandlungsbedürftigen Stenose oder eines schlechten run-offs bei fortgeschrittener Gefäßkrankheit. Bei Nutzung von Venenmaterial sind Qualität hinsichtlich Durchmesser, Wandbeschaffenheit sowie Präparationstechnik entscheidend (z.B. Ligatur von Seitenästen, Klappenausschaltung bei In-situ-/Non-reversed-Bypässen).

Frühverschlüsse bis Ende des ersten bis zweiten Jahres sind vorwiegend Folge der Entwicklung einer neointimalen Hyperplasie, die sich bevorzugt im Bereich der distalen Anastomosen bei alloplastischen Materialien zeigt. Auch bei Venenersatz muss mit entsprechenden Veränderungen im gesamten Venenverlauf gerechnet werden.

Spätverschlüsse sind sicher multifaktoriell bedingt, neben degenerativen Veränderungen der eingesetzten Bypassmaterialien und Fortschreiten der myointimalen Hyperplasie steht sicherlich die Progression des arteriosklerotischen Grundleidens im Bereich der Ein- und Ausflussbahn als auch innerhalb des Transplantates ganz im Vordergrund. Infektionen mit septischen Thrombosen können zu allen Zeitpunkten auftreten.

Unter der intimalen Hyperplasie, besser pseudointimale zelluläre Proliferation genannt, die sich überwiegend im Anastomosenbereich sowohl nach peripheren als auch koro-

naren Bypasstransplantationen ausgebildet – nach transluminalen Angioplastien oder Endarteriektomien auch im Verlauf der behandelten Gefäßstrecke – versteht man eine abnormale kontinuierliche Proliferation mit überschießendem Wachstum und Migration von glatten Muskelzellen und einer gesteigerten Synthese der extrazellulären Matrix als Reaktion auf einen stattgehabten Endothelschaden (40, 108). Sie führt über eine zunehmende Lumeneinengung und Erhöhung des Abflusswiderstandes zu einer Erniedrigung der Blutströmung mit letztendlicher Folge eines Verschlusses, wobei sich entsprechend der Abhängigkeit des Strom-Zeit-Volumens von der vierten Potenz des Radius nach dem Hagen-Poiseuille'schen Gesetz dieser Effekt vorwiegend bei klein- bis mittelumigen Arterien unterhalb von 6 mm auswirkt. Die Grenzwertgeschwindigkeit, bei der mit einem Verschuß des künstlichen Blutleiters gerechnet werden muß, liegt bei der autologen Vene deutlich niedriger als bei alloplastischen Prothesen (164).

Als Ursache der Endothelschädigung werden neben der direkten Traumatisierung im Anastomosenbereich vorwiegend hämodynamische Flussturbulenzen durch ungünstige Strömungsverhältnisse im Bereich von End-zu-Seit-Anastomosen mit erhöhtem Shear-Stress sowie das Compliance-Mismatch angeschuldigt (3, 40). Hierunter versteht man das unterschiedliche Dehnungsverhalten zwischen Transplantat und Wirtsarterie, wobei durch den Wegfall der physiologischen Speicherung kinetischer Energie im Rahmen der reduzierten pulsatischen Elastizität (so genanntes tubuläres Mismatch) und der Impedanzänderungen gerade im Anastomosenbereich (so genanntes anastomotisches Mismatch) erhebliche Beeinträchtigungen der Blutströmung festzustellen sind (5). Diese führen insbesondere im Bereich der Hinterwand der Wirtsarterie und im Spitzen- und Fersenbereich von End-zu-Seit-Anastomosen zu intimahyperplastischen Veränderungen, wobei verschiedene Prothesentypen als auch Venen bei der histologischen Analyse einen ähnlichen morphologischen Befund aufweisen (173). Während bei arterio-venösen Anastomosen ein geringeres Mismatch zu beobachten ist, ist die primäre Compliance bei alloplastischen Materialien gegenüber der Arterie um ca. den Faktor 5 bis 6 erniedrigt und nimmt durch die Gewebeinkorporation weiter ab (durchschnittliche Compliance der Arteria poplitea bei AVK-Patienten $3,9 \text{ \%}/\text{mmHg} \times 0,01$ gegenüber PTFE- oder Dacron-Prothesen $0,6 \text{ bis } 0,7 \text{ \%}/\text{mmHg} \times 0,01$). Das Mismatch ist darüber hinaus ein bedeutender Faktor für die Entstehung falscher Anastomosenaneurysmen (184, 198).

Die Endothel- und Gefäßwandschädigung führt auf molekularer Ebene durch verstärkte Expression humoraler Wachstumsfaktoren wie platelet derived growth faktor (PDGF)

und basic fibroblasts growth factor (bFGF) sowie durch zellvermittelte lokale entzündliche Reaktionen, unter anderem mit Aktivierung von Interleukinen und des Komplementsystems durch lokal erhöhte Thrombo- und Leukozytenaggregation, zu einer lokal überschießenden Zellproliferation der glatten Muskelzellen, wobei dieser Vorgang durch eine verstärkte Angiogenese im Anastomosenbereich unterstützt wird. Zusätzlich sind Interaktionen zwischen den zellulären Bestandteilen des strömenden Blutes und prothetischen Oberflächen nachgewiesen, die zu einer erhöhten Thrombogenität führen. Neben der Verursachung der lokalen, im Anastomosenbereich sich abspielenden Stenosierungen werden diese Vorgänge explizit bei alloplastischen Materialien neben dem Wegfall einer das nachgeschaltete Stromgebiet schützenden Stenose durch die operative Intervention auch als Mitfaktor für das Fortschreiten der arteriosklerotischen Veränderungen distal der arteriellen Konstruktion angeschuldigt (178). Weiterhin wird aufgrund des operativ bedingten Traumas, der beim Menschen mit Ausnahme der unmittelbaren Anastomosenregion weitgehend fehlenden Reendothelialisierung im Graft und der zelltoxisch sich auswirkenden Risikofaktoren eine erhebliche Dysfunktion des Endothels mit reduzierter Synthese von Stickoxid (NO) beobachtet, wodurch wichtige gefäßtonisierende, antithrombotische und proliferationsregulierende Wirkungen des NO verloren gehen (59, 118).

Im Vergleich von alloplastischen und autologen venösen Gefäßersatzmaterialien sind signifikante Unterschiede hinsichtlich der pathogenetischen Entwicklung von Verschlüssen festzustellen. In einer retrospektiven Analyse nach erfolgreich lysierten Bypassverschlüssen fand Ouriel bei 90 % der Venenverschlüsse eine anatomische Ursache, die meist innerhalb des Venenverlaufes selbst auftrat und durch ein nicht-invasives Untersuchungsverfahren fast regelmäßig präokklusiv bereits festgestellt werden konnte. Dahingegen konnte nur bei 41 % der nicht-autogenen Conduits eine anatomischer Defekt, der meist im Anastomosenbereich lokalisiert war, entdeckt werden, bei entsprechenden Intervalluntersuchungen wurde vor dem Verschlussereignis nur in etwa 20 % der Fälle eine hämodynamische Auffälligkeit enthüllt. Vorwiegend bei prothetischen Materialien müssen daher nicht-anatomische Verschlussursachen beziehungsweise rasch auftretende Veränderungen als Grund für häufig akute und unvorhergesehene Verschlüsse diskutiert werden (135).

Neben einer durch lokale Faktoren bedingten erhöhten Thrombogenität infolge der zellulär und humoral vermittelten Aktivierung von Gerinnungsvorgängen durch das Operationstrauma beziehungsweise bei Einsatz nicht-biologischer Gefäßersatzmaterialien müssen auch die von der venösen Thromboemboliegenese her bekannten Hyperkoagulabilitätssyndrome als Ursache für das Versagen arterieller Rekonstruktionen in Betracht gezogen werden. Nach Bypassoperationen von Patienten mit thrombophilen Mangelzuständen von Protein S und C oder AT3 sowie bei Nachweis eines positiven Lupusantikoagulans, eines Phospholipid-(Cardiolipin)-Antikörper-Syndroms oder einer APC-Resistenz wurde eine signifikant erhöhte Rate von Verschlüssen festgestellt, insbesondere bei frühem Auftreten ohne weitere erkennbare Ursachen muss an das Vorliegen einer Hyperkoagulabilität gedacht werden (136, 151). Bei Verdachtsfällen sollte ein entsprechendes Screening, bestenfalls präoperativ, erfolgen, zu beachten ist hierbei, dass bei gefäßchirurgischen Eingriffen postoperativ aus bisher letztendlich nicht geklärten Mechanismen ein Abfall der Protein S-, C- und der AT3-Aktivitäten zu beobachten ist. Bei Nachweis einer Thrombophilie sollte peri- und postoperativ auf eine optimierte Antikoagulation geachtet werden, gerade bei Stadium II-Patienten sollte die OP-Indikation sehr streng gestellt werden.

Die Behandlungsnotwendigkeit sowie die Art der Therapie nach Verschlüssen der ursprünglich rekanalisierten Strombahn orientiert sich an dem vorausgegangen operativen oder interventionellen Verfahren, der resultierenden klinischen Symptomatik sowie an den Ergebnissen der angiologischen Diagnostik. Anzustreben ist ein frühzeitiger Reeingriff im Stadium des drohenden Versagens. Nach vorausgegangenem interventionellen Eingriffen, bei Bypassstenosen sowie bei Alterationen vor allem der Einstrombahn bieten sich häufig interventionelle Techniken an. Bei Transplantat- beziehungsweise Anastomosenstenosen kommen alternativ lokale Patcherweiterungsplastiken oder Bypassverlängerungen infrage. Nach Thrombendarteriektomien werden meist sekundäre Bypassimplantationen erforderlich. Nach Bypassverschlüssen kommen lokale Lysetherapien oder operative Thrombektomien in Kombination mit weiterführenden interventionellen oder operativen Verfahren je nach morphologischem Befund zur Anwendung, wobei die sekundären Offenheitsraten in Abhängigkeit von Ursache und Zeitpunkt des Auftretens meist enttäuschen. Bei einer Vielzahl wird bei gegebener Indikation eine erneute Implantation im Sinne eines Over-Bypasses nicht zu umgehen sein, meist mit nach distal verschobener Anastomose.

2.5.2. Gefäßchirurgische Nachsorge

Aufgrund der zahlreichen sowohl perioperativ als auch im Langzeitverlauf nach operativen oder interventionellen Eingriffen möglichen Komplikationen, der hohen Komorbidität von Gefäßpatienten sowie insbesondere aufgrund der Tatsache, dass vom Verschluss bedrohte Bypässe hinsichtlich der Langzeitfunktion mit deutlich besseren Ergebnissen und geringerer Invasivität als verschlossene Gefäßrekonstruktionen zu behandeln sind (54, 162, 188), ergibt sich die Notwendigkeit einer regelmäßigen angiologisch-gefäßchirurgischen Nachbehandlung auf interdisziplinärer Ebene. Der chirurgischen Nachuntersuchung kommt dabei die Überwachung der Durchblutungssituation und die möglichst frühzeitige Entdeckung therapiebedürftiger Folgezustände vor Eintritt von schwerwiegenden Komplikationen als Aufgabe zu. Häufigkeit, Dauer, Nutzen sowie die Methoden der Überwachung werden jedoch kontrovers diskutiert.

Als Minimum erfolgen die Befragung zur aktuellen Symptomatik und die Überprüfung der Medikamenten-Compliance, die klinische Untersuchung mit Palpation des Bypassverlaufes und Erhebung des peripheren Pulsstatus, die periphere Dopplerdruckmessung mit Bestimmung des ABI-Indexes gegebenenfalls in Kombination mit einem Gehstreckentest sowie die sonographische Darstellung der Anastomosenregionen (196). Durch diese mit relativ geringem Aufwand durchzuführende Diagnostik lässt sich zwar einerseits ein gewisser Anteil von drohenden Komplikationen entdecken, gerade aber die entscheidende Information über das Vorliegen eines bevorstehenden Bypassversagens ist oft sehr unzuverlässig. Als klinische Kriterien gelten hierfür gemeinhin ein Wiederauftreten einer Claudicatio-Symptomatik, eine Abschwächung beziehungsweise das Verschwinden der peripheren Fußpulse oder der Abfall des cruro-brachialen Druckindex von mehr als 0,15. Diese Befunde weisen jedoch eine erhebliche untersuchungsabhängige Streubreite und Fehlerquelle auf, darüber hinaus sind sie häufig bereits Ausdruck eines stattgehabten Verschlusses. Als wertvollste, nicht invasive und für eine regelmäßige Anwendung geeignete Methode hat sich in den vergangenen Jahren die Überwachung durch duplex- und farbkodierte sonographische Untersuchungen herauskristallisiert. Als Kriterium der eingeschränkten Gefäßfunktion dienen dabei die Flussgeschwindigkeit im Bypass (Grenzwert $v < 45$ cm/sec.) sowie das Verhältnis aus der beschleunigten Strömungsgeschwindigkeit innerhalb einer farbdopplersonographisch festgestellten Stenose und der Flussgeschwindigkeit distal oder proximal davon (peak velocity ratio, v_2 zu $v_1 \geq 2,0$). Die gemeinsame Beurteilung beider sonographischer Parameter zeigt mit fast hundertprozentiger Spezifität und Sensivität

frühzeitig Stenosen auf (54, 67, 188). Während bei alleiniger Durchführung der Standarduntersuchungen mehr als 50 % der relevanten Stenosen nicht erfasst werden, besteht bei Kombination aller Untersuchungsverfahren eine hohe Aussagekraft über relevante Durchblutungsstörungen innerhalb der rekonstruierten Gefäßstrecke als auch der Ein- und Ausflussbahn (116), wodurch eine strenge Indikationsstellung zur Angiographie als Goldstandard zur Festlegung des weiteren therapeutischen Procedere ermöglicht wird.

Die Effizienz der Nachsorgeuntersuchungen bei verschiedenen Bypassmaterialien wird unterschiedlich beurteilt. Während der zu erwartende Nutzen bei Venenbypässen mit Erfassung der hier vorwiegend auftretenden intrinsischen Stenosen gesichert ist (53, 116), ist dies bei Verwendung alloplastischer Prothesen umstritten, die Bandbreite der Literaturempfehlungen reicht vom Nachweis einer weitgehenden Nutzlosigkeit (58, 116) bis hin zur uneingeschränkten Empfehlung (19, 162). Letztendlich erscheint trotz der Tatsache, dass bei Prothesenmaterialien ein hoher Anteil von akut auftretenden Verschlüssen ohne vorausgegangenem Nachweis relevanter Stenosen zu beobachten ist, auch bei alloplastischen Prothesenmaterialien ein regelmäßiges follow-up gerechtfertigt.

Auch die Empfehlungen zur Häufigkeit und Dauer der Untersuchungen weisen erhebliche Schwankungen auf. Aufgrund der hohen relativen Verschlusshäufigkeit wird bis zum Ende des ersten Jahres nach Ersterhebung bei Entlassung beziehungsweise nach 6 Wochen eine dreimonatliche Untersuchungsfrequenz empfohlen, teilweise auch bis zum Ende des zweiten Jahres. Eine intensivierete Nachsorge für bestimmte Krankheitsentitäten mit erhöhtem Verschlusspotential wird diskutiert (infragenuale Rekonstruktionen, kritische Ischämie, schlechte Ausflussbahn, frühzeitige Stenoseentwicklung, Zustand nach Revision, begleitende aortoiliakale Verschlusskrankheiten). Gerade unter dem Gesichtspunkt der Nutzen-Kosten-Relation wird im angloamerikanischen Schrifttum ein länger andauerndes Überwachungsprogramm kritisch beurteilt (67).

3. Möglichkeiten des Gefäßersatzes

Die Erfolge der modernen Gefäßchirurgie sind ohne die heute zur Verfügung stehenden Gefäßersatzmaterialien nicht denkbar. Ein idealer Gefäßersatz, der in allen Situationen und an allen Orten des Organismus gleichermaßen anzuwenden ist, steht bis dato trotz intensiver Bemühungen und zahlreicher Neuentwicklungen der vergangenen 50 Jahre nicht zur Verfügung. An den optimalen arteriellen Gefäßersatz werden zahlreiche Anforderungen gestellt:

Grundvoraussetzung für die Verwendung als Bypassmaterial ist die Biokompatibilität, das heißt die Akzeptanz durch das Empfängergewebe sowohl im Sinne einer Histo- als auch Hämobiotompatibilität. Bei alloplastischen Materialien ist die Porosität der Wandstruktur, die das Einsprossen von Bindegewebszellen und Blutgefäßen aus dem Transplantatlager gewährleistet, entscheidend für die biologische Akzeptanz sowie das Einheilungsverhalten. Für so genannte mikroporöse PTFE-Prothesen liegt die optimale Porengröße bei ca. 30 bis 60 μm , wobei geringere oder höhere Porenweiten entweder zu einer mangelhaften Gewebeintegration oder zu einer verstärkten neointimalen Wandverdickung führen. Negativ wirkt sich eine zunehmende Wandstärke der Prothesen aus, die zu einer verminderten Einheilung der inneren als auch der äußeren Gewebekapsel führt, weswegen überwiegend Dünnwandprothesen zur Anwendung kommen. Bei Dacron-Prothesen wird die Porenweite durch die Art der textilen Verarbeitung geprägt. Wichtig ist ebenso die biologische Potenz beziehungsweise die Revaskularisationsfähigkeit des Transplantatlagers, was bei älteren Patienten sowie bei der Bypassführung (z.B. schlechte Einheilungstendenz bei subkutaner Bypassführung) zu beachten ist. Der optimale Blutersatzleiter besitzt eine antithrombogene innere Oberfläche, bestenfalls bestehend aus einem funktionellen und geschlossenen Endothelzellenverband, weshalb hinsichtlich der biologischen Wertigkeit autologe Conduits als erste Wahl gelten. Leider kommt es bei allen verfügbaren Kunststoffprothesen beim Menschen mit Ausnahme der Anastomosenregion sowie vereinzelter Endothelzellinseln nach Einsprossung transmuraler Mikrogefäße sowie durch Absiedlung und Weiterdifferenzierung mononukleärer Zellen zu keiner flächenhaften Endothelauskleidung, die sich bildende Neointima aus organisiertem Fibrin sowie vereinzelt zellulären Bestandteilen des strömenden Blutes lässt aktive antithrombogene Stoffwechsellleistungen vermissen (25, 71). Gemeinsam mit einer Veränderung beziehungsweise Aktivierung der zellulären und plasmatischen Gerinnung bei Kontakt mit Kunststoffmaterialien

besteht eine gegenüber autologen Gefäßen verstärkte Gerinnungsneigung mit erhöhtem Risiko einer Bypass thrombose. Experimentell muss bei alloplastischen Blutleitern mit Stagnationsthrombosen bei Flussvolumina von weniger als 100 ml/min gerechnet werden, wohingegen Venentransplantate eine deutlich bessere Toleranz gegenüber niedrigen Durchflussmengen mit offen bleibender Passage bis unter 25 ml/min zeigen (96, 129). Ein Kriterium, das insbesondere bei Abnahme des Gefäßdurchmessers zunehmende Bedeutung erlangt. Neben der Einheilung der äußeren Wand ist auch die Stabilität der neointimalen inneren Schicht entscheidend, da andernfalls mit Dissektionen, peripheren Embolien sowie arteriosklerotischen Veränderungen oder degenerativen Verkalkungen gerechnet werden muss (22). Weitere Anforderungen an die biologische Verträglichkeit beinhalten reduzierte Fremdkörper- und Entzündungsreaktionen sowie eine fehlende Immunantwort beziehungsweise Kanzerogenität. Gerade die Aktivierung des Komplementsystems wird neben den veränderten Flussverhältnissen und eventueller OP-bedingter Traumen für das schnellere Fortschreiten einer distalen Arteriosklerose nach Implantation künstlicher Conduits verantwortlich gemacht (120). Die vollständige Einheilung sowie weitere spezifische Materialeigenschaften sind auch für die Infektanfälligkeit von arteriellen Rekonstruktionen bedeutend (166, 206).

Neben dem biologischen Verhalten sind die physikalischen und chemischen Eigenschaften entscheidend für die Anwendbarkeit als Gefäßersatz. Biologische sowie alloplastische Materialien müssen gegenüber chemischen (körpereigene enzymatische und Hydrolysevorgänge) als auch mechanischen Belastungen (arterielle Pulsationen, Bewegungstraumen über Gelenken, äußere Druckbelastungen) eine ausreichende Stabilität der Wandstrukturen aufweisen, um Komplikationen gerade beim langjährigen Einsatz zu verhindern. Durch degenerative Wandveränderungen bei biologischen Grafts sowie durch Neuordnung, Elongation und Faserrupturen bei Kunststoffen muss mit Dilatationen mit der Folge von Rupturen und Aneurysmen gerechnet werden (119, 155). Die Compliance der Ersatzmaterialien sollte zur Vermeidung neointimaler hyperplastischer Veränderungen sowie von Nahtaneurysmen den Dehnungseigenschaften der natürlichen Gefäße weitgehend angepasst sein, eine Wunschvorstellung, von der die derzeit zur Verfügung stehenden künstlichen Blutleiter weit entfernt sind. Zur Anpassung an verschiedene Bypassverläufe muss eine ausreichende Flexibilität und Biugsamkeit bei guter Druck- und Knickstabilität vorhanden sein, wobei letztere bei alloplastischen Materialien durch externe Ring- oder Spiralverstärkungen erheblich

verbessert werden kann. Die primäre Blutdichtigkeit zur Vermeidung intraoperativer Blutverluste beziehungsweise postoperativer Nachblutungen oder Hämatome stellt einen weiteren Gesichtspunkt dar, nicht autogene Materialien müssen sterilisierbar und lagerungsfähig sein. Bei der industriellen Herstellung muss eine optimale und gleichbleibende Qualität der Verarbeitung gewährleistet sein.

Nicht zu vernachlässigen sind die Handhabungseigenschaften bei der täglichen chirurgischen Anwendung. Das optimale Gefäßersatzmaterial weist eine gute Nahtfähigkeit mit optimaler Nahrückhaltekraft ohne Ausreißen des Prothesenrandes sowie ein gutes Handling beim Zurechtschneiden und Anpassen der Bypassenden an die Anastomosenkonfiguration auf. Die Handhabung wird im Wesentlichen durch die spezifischen Materialeigenschaften, die benutzte Wandstärke und -dicke, die Porosität sowie den Garndurchmesser (bei Textilprothesen) bestimmt (119). Infolge des zunehmenden ökonomischen Drucks spielen unter der Voraussetzung einer gleichen klinischen Wirksamkeit nicht zuletzt auch die Kosten eine wichtige Rolle (22, 102, 105, 164).

Bei den zur Anwendung kommenden Ersatzmaterialien sind biologische von alloplastischen Conduits zu unterscheiden. Autologe Venen, vor allem in Form der Vena saphena magna, sind hierbei infolge ihrer primären Dichtigkeit, biologischen Verträglichkeit, Quer- und Längselastizität, minimalen Thrombogenität und geringen Infektanfälligkeit anderen Gefäßersatzmaterialien weit überlegen (96, 198), weshalb sie insbesondere im femoropoplitealen und -cruralen Gefäßabschnitt zur Anwendung kommen. Bei Nichtverwendbarkeit der autologen Saphena magna – eine Nutzung wegen früherer operativer Entfernung oder Verletzung, postphlebitischer Veränderungen, variköser Degeneration sowie bei nicht ausreichender Länge oder Durchmesser ist in ca. 20 bis 40 % nicht möglich – kommen trotz zur Verfügung stehender autologer Alternativen (Armvenen, Vena femoralis, Vena saphena pava) vielfach andere Graftmaterialien zum Einsatz.

Nach frustrierten Ergebnissen in der Frühphase der Anwendung immunogener homologer Venentransplantate mit hohen Raten an Thrombosen, Infektionen und Aneurysmen (132, 152) wird die desantigenisierte humane Nabelschnurvenen mit einer äußeren Dacron-Wandverstärkung als so genannte Dardikprothese zur Überbrückung femoro-

poplitealer Gefäßverschlüsse genutzt (52, 95). Nachteilig wirkt sich das schwierige Handling durch die Steifheit und Dickwandigkeit aus.

Die idealen Charakteristika weist die autologe gesunde Arterie für den Arterienersatz auf. Die Verfügbarkeit von Transplantaten mit ausreichender Länge und geeignetem Durchmesser ist jedoch naturgemäß begrenzt, eine klinische Anwendungsmöglichkeit ergibt sich in Form der Transposition, z.B. der Arteria subclavia bei zentralen Subklavia-verschlüssen oder bei koronarchirurgischen Eingriffen durch frei transplantierte oder lokal transponierte Arterien. Iliakal oder femoral entnommene und durch prothetische Materialien ersetzte Arterien sowie langstreckig desobliterierte verschlossene Oberschenkelarterien (mit ähnlichen Spätveränderungen wie nach Ringstriper-TEA) können zur Rekonstruktion bei zentralen Infektionen genutzt werden.

Heterologe arterielle bovine Grafts in Form von desantigenierten und speziell präparierten Kalbs- und Rinderarterien kommen aufgrund der hohen Infektions- und Aneurysmarate sowie der BSE-Problematik nicht mehr zum Einsatz, für homologes Arterienersatzmaterial besteht gegebenenfalls eine Indikation beim Ersatz infizierter Prothesen in zentral-aortaler Position (87, 105).

Mit Entwicklung künstlicher Blutleiter stehen praktisch unbegrenzt Transplantate zur Verfügung, wobei sich bei der Anwendung im Wesentlichen zwei Materialien (Dacron und ePTFE) herauskristallisiert haben. Hierbei ist zu beachten, dass die Eigenschaften der verschiedenen und zahlreichen auf dem Markt sich befindenden Prothesen nicht nur von der Art des benutzten Grundmaterials abhängig sind, sondern zum großen Teil auch durch die technologischen Herstellungsverfahren bezüglich Wanddicke, Porengröße, Verarbeitungsprozess, Beschichtung etc. bedingt werden (145).

Die Grundsubstanz der Textilprothesen ist das Polyethylenterephthalat (Dacron, PET). Aus diesem Material gefertigtes Polyestergerüst, bestehend aus 14 bis 108 einzelnen Fasern unterschiedlicher Dicke und Stärke, wird zu gewebten oder gestrickten Prothesen verarbeitet. Bei gewebten Prothesen ist aufgrund der Wanddicke, der Rigidität sowie der Fransenbildung an den Rändern beim Zuschneiden das chirurgische Handling deutlich erschwert, weshalb sie zum kleinlumigen Arterienersatz ungeeignet sind. Wegen ihrer primären hohen Dichtigkeit, der Reißfestigkeit sowie der Wandstabilität kommen sie vorwiegend noch beim thorakalen Aortenersatz zur Anwendung. Hauptnachteil

ist die mangelhafte Gewebeinkorporation sowohl auf der lumenseitigen als auch der äußeren Oberfläche infolge der geringen Porosität (106).

Gestrickte beziehungsweise durch spezielle Herstellungsverfahren mechanisch stabilere, so genannte gewirkte Dacron-Prothesen weisen eine variable Porengröße auf, wodurch eine gute Einheilung gewährleistet ist, aufgrund der technischen und chirurgischen Verarbeitungseigenschaften bieten sie breite Einsatzmöglichkeiten bei gefäßchirurgischen Rekonstruktionen, vorwiegend im großlumigen Bereich. Durch die Flexibilität und das fehlende Ausfransen ist eine leichtere lumengerechte Adaptation auch bei geringeren Gefäßkalibern möglich. Ein Crimping verbessert insbesondere die Längselastizität, was eine Anpassung bei langen Transplantatstrecken erleichtert sowie die Knickanfälligkeit vermindert. Durch zusätzlichen Veloursbesatz an der inneren und äußeren Oberfläche wird eine hervorragende Einheilung im Transplantatlager sowie eine festere Haftung der Neointima bewirkt, was sich allerdings bei Revisionseingriffen mit erschwerter Präparation sowie bei Thrombektomien nachteilig auswirkt. Aufgrund der Porosität mit hoher Durchlässigkeit für Blut muss vor der Implantation ein Preclotting (erhöhter Zeitaufwand, Gefahr von Mikrothromboembolien, Kontaminationsrisiko) durchgeführt werden, alternativ kommen beschichtete Textilprothesen zur Anwendung, die jedoch den Nachteil höherer Kosten, der fehlenden Resterilisierbarkeit, eventueller Verzögerungen der Einheilung sowie einer erhöhten initialen Thrombogenität aufweisen (105). Aufgrund der Garnstruktur bei porösen Dünwandtextilprothesen muss im postoperativen Verlauf mit regelmäßigen Dilatationen bis zu 30 % gerechnet werden (197), infolge der physikalischen und chemischen Eigenschaften mit Anfälligkeit gegenüber hydrolytischen Abbauprozessen (155) sowie aufgrund mechanischer Stabilitätsverluste durch Zerstörung der textilen Strukturen (25) besteht mit zunehmender Implantationsdauer das Risiko einer Biodegradation mit Rupturen, Ausbildung falscher Aneurysmen und erheblicher Dilatationen. Als nachteilig wurden sowohl für Dacron (als auch in geringerem Maße für PTFE) eine Antigenität, eine Aktivierung des Komplementsystems, eine Stimulierung von Makrophagen und Fibroblasten sowie eine verstärkte Hemmung der arteriellen Regeneration nachgewiesen (70, 71, 205).

Polytetrafluoroethylen ist ein fluoriertes Polymer, das aufgrund seiner hervorragenden Eigenschaften (chemische Resistenz, Temperaturstabilität, hohe physikalische Stabilität gegenüber mechanischen Einflüssen) eine breite industrielle Anwendung fand.

Durch Trocknung und Ausdehnung von PTFE im Bereich des Schmelzpunktes gelingt es unter Beibehaltung der physikalischen und chemischen Eigenschaften gleichmäßige mikroporöse und relativ dünnwandige Röhren herzustellen (gerecktes beziehungsweise expanded PTFE, Handelsname Teflon® der Firma Dupont), deren dreidimensionale Grundstruktur aus PTFE-Fibrillen und -Knoten besteht. Aufgrund der durch die Fibrillenlänge definierten Porengröße sind PTFE-Prothesen primär blutdicht, zur Vermeidung von Aneurysmen besteht zur Verstärkung eine äußere Ummantelung (Wrapping) wobei gegenüber früheren Meinungen das Dilatationsverhalten bei Dacron und PTFE-Grafts annähernd gleich ist (197).

Aufgrund ihrer Eigenschaften wurden PTFE-Prothesen seit ihrer Einführung 1974 (36) als beste synthetische Alternative für infrainguinale Rekonstruktionen angesehen. Die Prothesen weisen ein „sympathisches“ chirurgisches Handling auf, aufgrund der glatten Oberfläche sowie der geringeren Einheilungstendenz lassen sie sich gut thrombektomieren beziehungsweise bei Revisionen präparieren. Trotz der relativ schlechten Einheilung im Transplantatlager sowie einer fehlenden luminalen Zellauskleidung (71) zeigen PTFE-Prothesen gute klinische Anwendungsergebnisse. Als wesentlicher Vorteil wird die zwar vorhandene, aber niedrigere Thrombogenität gegenüber Dacron angeführt, die auf einer nachgewiesenen geringeren Aktivierung der zellulären (Thrombozytenadhäsion und -aggregation, Leukozyten- und Makrophagen-Stimulation) und humoralen Faktoren der Hämostase beruht (97, 120). Weitere positive Effekte werden der Elektronegativität der Oberfläche zugeschrieben. Auch bei PTFE-Prothesen muss mit Komplikationen aufgrund degenerativer Wandveränderungen infolge chronischer mechanisch bedingter Ermüdungsprozesse gerechnet werden, weswegen externe Verstärkungen empfohlen werden (66). Als nachteilig erweisen sich bei PTFE-Prothesen die häufig lästigen Stichkanalblutungen, eine geringere Nahrückhaltekraft, eine verstärkte Knickinstabilität sowie eine geringere Elastizität, die auch durch die Entwicklung so genannter Stretchprothesen nur gering verbessert werden konnte. Gegenüber Dacron sind PTFE-Prothesen bei gleicher Ausführung um ca. 20 bis 30 % teurer.

Alloplastische Fremdmaterialien weisen eine Anfälligkeit gegenüber einer bakteriellen Kontamination mit der Folge einer erhöhten Infektionsrate im Vergleich zu autogenen Materialien auf, diese ist abhängig von der Art der bakteriellen Spezies, den physikalischen und chemischen Eigenschaften sowie dem Einheilungsverhalten. Während aufgrund der relativen „Nicht-Porosität“, der hydrophoben Oberfläche und der elektrischen

Ladung PTFE-Oberflächen eine niedrigere bakterielle Adhäsivität aufweisen, sind bei Dacron vorwiegend bei Spätinfektionen aufgrund des guten Einheilungsverhalten häufiger nur umschriebene lokalisierte Infektionen festzustellen (164, 166).

Polyurethan, das im klinischen Bereich in Form von intravenösen Kathetern vielfach zur Anwendung kommt, besaß in den achtziger Jahren aufgrund der hervorragenden Biokompatibilität sowie der annähernd arteriengleichen Compliance eine hohe Popularität als Gefäßersatzmaterial, konnte sich jedoch wegen einer hohen Rate degenerativ bedingter Komplikationen nicht durchsetzen. Durch verbesserte Polyurethane mit Resistenz gegenüber der Biodegradation konnten im Tierversuch eine beschleunigte lumenale Endothelialisation, eine geringere neointimale Proliferation und eine dünne Neointimabildung gegenüber PTFE-Prothesen nachgewiesen werden, allerdings bei gleichen Patencyraten. Bei eingeschränkter Übertragbarkeit der Tiermodelle auf den Menschen bietet das Material neue Forschungsansätze (91).

Um die Vorteile von Dacron und ePTFE, das heißt vor allem die guten Handhabungs- und Einheilungseigenschaften von Polyestern sowie die höhere Biokompatibilität und niedrigere Thrombogenität von fluorierten Polymeren, zu kombinieren, wurde zunächst auf einer gewebten Polyesterprothese als Grundgerüst mittels Plasmapolymerisation eine dünne Schicht Tetrafluorethylen aufgedampft, aufgrund einer instabilen Verbindung sowie einer erhöhten Thrombogenität wurde die Herstellung dieser TFE-Hybrid-Prothesen aufgegeben (96, 106).

Durch das neue patentierte Verfahren der Fluoropassivation der Firma Vascutec Sulzer Medica gelingt es, ein PTFE-ähnliches Fluoropolymer so auf die Oberfläche eines Polyesterimplantates aufzutragen, dass durch einen 10 nm dicken, dauerhaften und vollständigen Fluoropolymerüberzug eine Maskierung jeder einzelnen Polyesterfaser resultiert, ohne die physikalischen Eigenschaften des Grundgerüsts zu verändern. Diese als Standard- beziehungsweise später als Dünnwandprothese im Handel erhältliche so genannte Fluoropassiv™-Prothese mit Gelatinbeschichtung sowie gegebenenfalls einer externen Spiralverstärkung wurde erstmals 1995 klinisch als femoropoplitealer Bypass eingesetzt (16).

Im Vergleich zu Polyesterstandardgrafts konnte in vitro eine reduzierte Thrombogenität festgestellt werden (15), in Tiermodellen wurde eine verbesserte paraprothetische Neovaskularisation, eine geringere inflammatorische Reaktion, eine reduzierte Plättchenaggregation sowie eine geschlossene Endothelzellschicht beobachtet (43, 50, 72, 153). Kritisch sollte jedoch die erheblich eingeschränkte Übertragbarkeit von Tierversuchen auf den Menschen beurteilt werden, da bei In-vivo-Untersuchungen prothetischer Materialien die Implantation beim Versuchstier in nicht arteriosklerotisch veränderten Gefäßen, ohne zusätzliche einwirkende Risikofaktoren sowie meist in Hochflussgebieten erfolgt und aus bisher nicht geklärten Gründen beim Menschen unabhängig vom Material keine durchgehende Endothelzellauskleidung beobachtet werden kann (25, 198). Als zusätzlicher Vorteil der Fluoropassiv™-Prothese wird die Möglichkeit einer kurzfristigen Imprägnierung durch Einlage in eine Rifampicin-Lösung zur lokalen Antibiotikaprophylaxe angegeben.

In der täglichen Anwendung wurde bereits frühzeitig die fehlende Elastizität, die hohe Rigidität und Wanddicke der Fluoropassiv™-Prothese erheblich kritisiert, wodurch sowohl die Anpassung an den Anastomosenverlauf als auch die zügige Anastomosenherstellung aufgrund des erhöhten Nahtwiderstandes durch die Prothese selbst beziehungsweise die unterschiedlichen Widerstände beim gemeinsamen Durchstich von Prothese und Arterie als unkomfortabel und deutlich erschwert empfunden wurden. Sowohl der visuelle als auch der palpatorische Eindruck ließ, auch im Vergleich zu den üblicherweise eingesetzten Dacron- und PTFE-Prothesen, auf eine erhebliche Differenz der Compliance von Wirtsarterie und Prothese rückschließen.

II. Material und Methoden

1.1. Allgemeine Einführung

Im Zeitraum von August 1996 bis Januar 1997 wurde in der gefäßchirurgischen Abteilung der Bayrischen Julius-Maximilians-Universität in Würzburg im Rahmen einer multizentrischen Anwendungsstudie ein neuer Prothesentyp (6 mm ringverstärkte dünnwandige und primär dichte Fluoropassiv™-Prothese der Firma Sulzer Medica) zur Umgehung langstreckiger Verschlussprozesse der Arteria femoralis superficialis in supra-genualer Position implantiert. In Form einer prospektiven, jedoch nicht randomisierten vergleichenden Studie wurden im selben Zeitraum die mit der routinemäßig eingesetzten PTFE-Prothese (6 mm ringverstärkte dünnwandige carbonimprägnierte Carboflo™-Prothese der Firma Impra) durchgeführten femoropoplitealen P1-Bypässe erfasst. Die Wahl der Prothese wurde nach Absprache dem jeweiligen Operateur überlassen, wobei auf ein ausgewogenes Verhältnis beim Einsatz der Prothesen geachtet wurde. Die Implantation erfolgte im genannten Zeitraum durch zwei Gefäßchirurgen sowie vier Chirurgen in der Teilgebietsausbildung. Die OP-Indikation wurde eingegrenzt auf die chronische pAVK im Stadium der erheblich limitierenden Claudicatio beziehungsweise der kritischen Ischämie (Stadium III und IV). Die relevanten Risikofaktoren wurden ebenso wie zusätzlich bestehende arteriosklerotische Organmanifestationen, begleitende Komorbiditäten sowie vorausgegangene oder additive Gefäßinterventionen dokumentiert.

Nach klinischer Untersuchung, dopplersonographischer Diagnostik einschließlich Bestimmung des cruro-brachialen Druckindex und Gehstreckentest erfolgte die Festlegung des weiteren Procedere nach ambulanter oder stationärer intraarterieller DSA mit Auswertung der poplitealen und cruralen Ausstrombahn. Als intraoperative Qualitätskontrollen erfolgten eine visuelle und palpatorische Beurteilung der Puls- und Anastomosenqualität, postoperativ wurden die periphere Durchblutungssituation sowie der Pulsstatus überwacht. Nach Statuserhebung zum Zeitpunkt der Entlassung wurden die Patienten nach 6 und 12 Monaten sowie anschließend fallweise zu Nachkontrollen einbestellt mit Erfassung der klinischen Symptomatik, der Gehstrecke einschließlich der subjektiven Zufriedenheit sowie zur Erhebung von Pulsstatus und Dopplerdruck. Sofern keine ambulante Nachuntersuchung innerhalb der gefäßchirurgischen Poliklinik durchgeführt wurde, konnte durch telefonische oder schriftliche Anfragen beim Haus-

arzt in den meisten Fällen das weitere Schicksal beziehungsweise ein angiologischer Gefäßbefund innerhalb des Erhebungszeitraumes von 5 Jahren erhoben werden.

Da bereits nach wenigen Monaten die Anwendung der Fluoropassiv™-Prothese aufgrund des schlechten Handlings sowie einer subjektiv imponierenden erhöhten Komplikationsrate durch die Ärzte der gefäßchirurgischen Abteilung negativ beurteilt wurde, wurden ab Februar 1997 keine weiteren Fluoropassiv™-Prothesen mehr implantiert. Nachdem nach einer Beobachtungszeit von einem Jahr ersichtlich wurde, dass der neue Prothesentyp keinerlei Vorteile erbrachte, wurde auch ein regelmäßiges Follow-up zum 31.12.1997 beendet. Dies entsprach auch dem Vorgehen innerhalb der Multi-center-Studie, bei der bei einer initialen Fallzahl von 344 Prothesen nur die Daten von 46 Patienten nach einem Jahr respektive von 8 Patienten nach 2 Jahren eingebracht wurden.

1.2. Statistische Auswertung

Die Life-Table-Methode und die Kaplan-Meier-Schätzung (product limit) zur Beurteilung von Durchgängigkeits-, Beinerhaltungs- und Überlebensraten sind in der gefäßchirurgischen Forschung die derzeit allgemein anerkannten Standards zur Verdeutlichung der Ergebnisse vaskulärer Rekonstruktionen. Die Zahlen geben dabei zu einem definierten Zeitpunkt die Wahrscheinlichkeit an, mit der z.B. ein Bypass noch offen ist. Diese über nachfolgende Zeiträume berechneten Werte definieren die Patency-Kurve, die entweder in Tabellenform oder üblicherweise als Graph dargestellt wird. Die life-table-Methode wurde aus Überlebensstudien von Patienten mit Krebserkrankungen übernommen beziehungsweise angepasst (141). Sie ist durch zwei Merkmale charakterisiert, durch die Zuordnung der zu beobachtenden Ereignisse zu zeitlich nachfolgenden Intervallen sowie durch die Annahme, einen lost to follow-up-Fall so zu behandeln, als ob er zur Mitte des Intervalles ausfällt, wodurch eine korrigierte Berechnung erfolgt. Am Beispiel der Bestimmung der Durchgängigkeitsraten wird die Methode im Folgenden beschrieben (160, 193).

Die postoperative Nachbeobachtungsphase wird in willkürlich gewählte Intervalle unterteilt, am Ende eines jeden Intervalls erfolgt die Nachuntersuchung mit Einteilung in 3 Gruppen: Gruppe 1 beschreibt Patienten, bei denen sich während des Intervalls ein

Verschluss eingestellt hat, Gruppe 2 enthält die Patienten mit offenen Bypässen, Gruppe 3 umfasst die Patienten, bei denen aus von dem gefäßchirurgischen Eingriff unabhängigen Gründen keine Nachuntersuchung durchgeführt werden konnte (infolge Tod, Wegzug, Verweigerung zur Nachuntersuchung etc.) beziehungsweise bei denen aufgrund der Beendigung der Studie der zeitlich definierte Studienendpunkt nicht erreicht wurde (Gruppe der Losses-to-follow-up). Die Anzahl der Patienten zu Beginn des jeweiligen Intervalls entspricht der Zahl der Patienten des vorausgegangenen Intervalls abzüglich der Summe von Verschluss- und Lost-Gruppe dieses Intervalls. Die Anzahl der Fälle, die in jedem Intervall dem Risiko eines Verschlusses ausgesetzt sind („At-risk“) ist dahingegen definiert als Zahl zu Beginn des Intervalls abzüglich der Hälfte der Zahl der Lost-Fälle innerhalb des betreffenden Untersuchungsintervalls. Die Wahrscheinlichkeit eines Verschlusses während des Intervalls entspricht dem Quotienten aus der Anzahl der Verschlüsse und der At-risk-Fälle. Die Differenz 1 minus Verschlusswahrscheinlichkeit ergibt die Wahrscheinlichkeit, dass der Bypass während des Intervalls offen bleibt. Die Gesamtdurchgängigkeitsrate im zeitlichen Ablauf ergibt sich aus dem Produkt der Durchgängigkeitsraten aller vorausgegangenen Untersuchungsintervalle.

Die adäquate Methode der Kaplan-Meier-Schätzung unterscheidet sich von der Lebensstafelanalyse durch die fehlende Aufteilung in Intervalle, so dass die Ereignisse auf der Überlebenskurve zum jeweiligen Zeitpunkt registriert werden. Darüber hinaus werden keine Annahmen über das Schicksal der lost to follow-up-Fälle getroffen. Die Ergebnisse beider Berechnungen sind im Langzeitverlauf als gleichwertig anzusehen.

Die alleinige graphische Darstellung in Kurvenform ohne Angabe des Stichprobenumfangs lässt jedoch wichtige Informationen außer Acht, so dass die aus der Studie gezogenen Schlussfolgerungen für den Leser nicht auf ihre Reliabilität kritisch überprüft werden können. Als Mindestanforderung sollte zumindest die Anzahl der At-Risk-Fälle im jeweiligen Intervall bekannt und in der Kurve eingetragen sein. Eine umfangreichere Dateninformation bietet die alternative Darstellung in Form der Lebensstafel selbst beziehungsweise ihrer Berechnungen, die alle wichtigen Informationen einschließlich des Verhältnisses von interessierendem Ereignis (z.B. Verschluss) und der Lost-Gruppe enthält.

Der Vergleich der nach den Verfahren der Life-Table- bzw. Kaplan-Meier-Analyse ermittelten Ergebnisse zweier Behandlungs- beziehungsweise Bypassverfahren erfolgt gewöhnlich mit dem log rank (Wilcoxon-Rank)-Test nach Mantel-Cox, einer Abwand-

lung des Chi²-Tests. Der Einfluss demographischer Daten sowie der Risikofaktoren auf die ermittelten Funktionsraten kann nach dem proportionalen Hazards-Modell nach Cox bestimmt werden. In der statistischen Literatur (141, 160, 193) wird zur sinnvollen Konstruktion einer Lebensstafel eine Mindestzahl von 30 Beobachtungen pro Gruppe für erforderlich erachtet, so dass aufgrund der geringeren Fallzahl in der vorliegenden Studie eine statistische Auswertung lediglich für einen annähernden Vergleich beider Bypassarten durchgeführt wurde. Ebenso war eine zusätzliche Differenzierung beider Bypassgruppen in Untergruppen aufgrund der geringen Fallzahl nicht sinnvoll, so dass die eigenen Ergebnisse mit denen der Literatur lediglich beschreibend verglichen werden.

Ein Signifikanzniveau wird gemeinhin bei einer Sicherheitswahrscheinlichkeit von 95 % ($p \leq 0,05$) angenommen. Kritisch muss jedoch angemerkt werden, dass das Fehlen eines signifikanten p-Wertes nicht notwendigerweise impliziert, dass zwei Behandlungsmethoden nicht verschieden sind. Zur korrekten Analyse von Patencykurven wird ein ausreichend großer Stichprobenumfang zum jeweils interessierenden Zeitpunkt benötigt. Gerade bei gefäßchirurgischen Patienten muss aufgrund der hohen Rate an Losses-to-follow-up (Tod, Nichterreichbarkeit, fehlende Nachuntersuchung) sowie einer relativ hohen zu erwartenden Ereignisrate (Bypassverschluss, Amputation) von einer im zeitlichen Ablauf zunehmend geringeren Fallzahl an Nachbeobachtungen ausgegangen werden, so dass insbesondere auf lange Sicht mit einer deutlich eingeschränkten Aussagekraft gerechnet werden muss (124).

Bei entsprechender Überprüfung der Literaturangaben fällt auf, dass zahlreiche Studien vor allem im Langzeitverlauf nach 3 und 5 Jahren ein schwaches Datenmaterial mit geringen Fallzahlen aufweisen (s. Angaben zur Literatur in der Diskussion), was zu erheblichen sowohl falsch-negativen als auch zu falsch-positiven statistischen Fehlinterpretationen führen kann. Zur sinnvollen Life-Table-Analyse sowie zur Überprüfung der das betreffende Ereignis beeinflussenden Faktoren wird zum jeweils interessierenden Zeitpunkt eine ausreichend große Fallzahl benötigt. Eine Erweiterung der Zeitspanne, über die die errechneten Patencyraten reliabel bleiben, wird entweder über das Einbringen großer Fallzahlen (z.B. im Rahmen einer Multicenter-Studie) oder über eine Ausdehnung der Studie bis zu dem Zeitpunkt, an dem eine adäquate Anzahl über den interessierenden Zeitraum (meist 5 Jahre) nachbeobachtet werden konnte, erzielt. In beiden Fällen wird eine beträchtlich längere Studienzeit benötigt im Vergleich zur primär interessierenden Nachbeobachtungszeit, im Falle eines erheblichen Abfalls der

Fallzahlen sollte zur Vermeidung unzuverlässiger Aussagen die Nachuntersuchung rechtzeitig beendet werden (193).

Die Wahrscheinlichkeit, einen Unterschied im Outcome zweier Behandlungsgruppen zu entdecken, sofern ein solcher Unterschied vorhanden ist, hängt neben einer großen Fallzahl auch von der Größe des zu erwartenden Behandlungsunterschiedes ab. Für die korrekte statistische Auswertung bei der Anwendung autologer versus alloplastischer Bypassmaterialien beim supragenualen femoropoplitealen Bypass stellt z.B. Michaels in seiner ausführlichen Übersicht hierfür ein entsprechendes Modell vor (123): Ausgehend von den Literaturangaben einer durchschnittlichen 5-Jahres-Offenheitsrate für Vene von 70 bis 75 % beziehungsweise 50 bis 55 % für Prothesen führt er aus, dass unter der Annahme eines tatsächlichen 20 %-igen Unterschiedes in der 5-Jahres-Patency die Anzahl der Grafts, die nach 5 Jahren benötigt werden, um mit 95 %-iger Wahrscheinlichkeit eine Signifikanz aufzuzeigen, in jeder der beiden randomisierten Gruppen 160 betragen muss, eine Zahl, die in den bisherigen Studien nicht erreicht wurde (124, 160). Bei der Analyse der verschiedenen Studien zeigt sich darüber hinaus vielfach eine Nichtvergleichbarkeit untereinander infolge der unterschiedlichen methodischen und klinischen Parameter. Vor allem die Studien früherer Jahre beruhen meist auf retrospektiven Auswertungen mit differenter Verteilung der Risikofaktoren, häufig fehlender Trennung der distalen Anastomosen, unterschiedlicher Häufigkeit der Krankheitsstadien sowie nicht klar definierten Auswertekriterien. Für relevante Aussagen werden deshalb heute prospektiv-randomisierte Studien von ausreichender Größe, mit gleichverteilten demographischen und Risikofaktoren der Behandlungsgruppen und mit standardisierten Outcomekriterien gefordert. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass die Ergebnisqualität von zahlreichen Faktoren abhängt, wobei das Bypassmaterial nur einen Teilaspekt darstellt.

2. Patientengut

Tabelle 1: Demographische Angaben und Risikofaktoren

	FP	PTFE	Gesamt
Bypässe	21	20	41
Patienten	18	19	37
Geschlecht			
männlich (%)	72,2	78,9	75,7
weiblich (%)	27,8	21,1	24,3
Altersdurchschnitt (Jahre)	62,4	63,1	62,8
	50-74	49-76	
männlich	60,3	60,7	60,5
weiblich	66,4	69,8	67,9
Nikotin (%)	72,2	68,4	70,3
Hypertonie (%)	77,8	63,2	70,3
Diabetes mellitus (%)	55,5	15,8	35,1
Hyperlipidämie (%)	39	10,5	24,3
Hyperurikämie (%)	11	0	5,4
Übergewicht (%)	50	57,8	54

2.1. Umfang, Geschlechts- und Altersverteilung

Im Erfassungszeitraum wurden bei 37 Patienten 41 femoropopliteale Bypassimplantationen in supragenualer Position im Rahmen einer chronischen peripheren arteriellen Verschlusskrankheit durchgeführt.

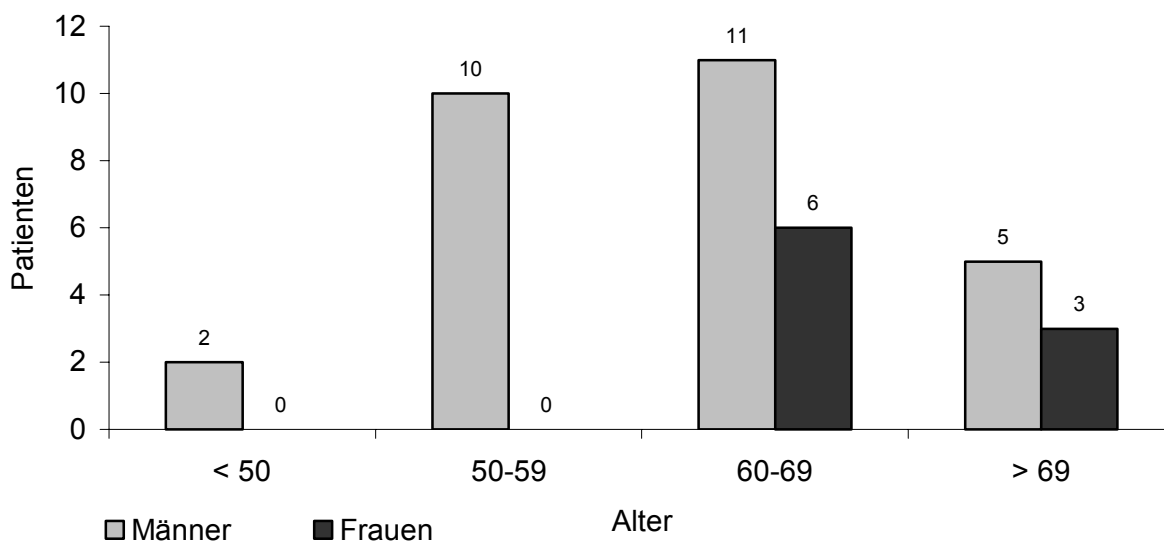
Das Gesamtkollektiv bestand aus 28 Männern (75,7 %) und 9 Frauen (24,3 %) im Alter zwischen 49 und 76 Jahren mit einem Durchschnittsalter von 62,8 Jahren und einem Median von 62 Jahren. Das Durchschnittsalter der Frauen betrug 67,9 Jahre, das der Männer 60,5 Jahre.

Die Implantation einer Fluoropassiv™-Prothese erfolgte 21 Mal bei 18 Patienten, 3 männliche Patienten unterzogen sich einer beidseitigen Operation. Das Durchschnittsalter betrug 62,4 Jahre bei einer Altersspanne von 50 bis 74 Jahren, der Median beträgt 60 Jahre. Wie im Gesamtkollektiv überwiegt der Anteil der Männer mit 13 Patienten, ebenso zeigt sich ein niedrigeres Lebensalter bei den Männern zum Zeitpunkt der Operation (Männer durchschnittlich 60,3 Jahre, Frauen durchschnittlich 66,4 Jahre).

In der e-PTFE-Gruppe wurden 19 Patienten mit 20 Bypässen versorgt, eine Frau wurde beidseitig gefäßchirurgisch rekonstruiert. Bei einem Alter zwischen 49 und 76 Jahren betrug das Durchschnittsalter 63,1 Jahre, der Median lag bei 65 Jahren, Männer waren durchschnittlich 9 Jahre jünger (durchschnittliches Alter der Männer 60,7 Jahre, der Frauen 69,8 Jahre).

Die Altersverteilung zeigt ein bevorzugtes Auftreten in der Gruppe der 60 bis 70-jährigen, in allen Altersgruppen überwiegt das männliche Geschlecht.

Abbildung 1: Altersverteilung



2.2 Risikofaktoren und Komorbiditäten

Die Erfassung der Risikofaktoren erster Ordnung erfolgte durch Befragung der Patienten sowie durch klinische und laborchemische Untersuchungen während des stationären Aufenthaltes. Die häufigsten Risikofaktoren im Gesamtkrankengut stellen der chronische Nikotingenuss und die arterielle Bluthochdruckkrankheit mit jeweils 70 % dar, gefolgt vom Diabetes mellitus mit 40,5 % sowie den verschiedenen Formen der Hyperlipidämie mit 24,3 %. Eine behandlungsbedürftige Hyperurikämie lag lediglich bei zwei Patienten in der Fluoropassiv-Gruppe vor, 54 % aller Patienten sind übergewichtig.

Bei annähernd gleichem Verhältnis des chronischen Nikotinabusus in beiden Gruppen, wobei es sich überwiegend um Männer handelt, zeigt sich ein leichtgradiges Überwie-

gen des arteriellen Hypertonus in der Fluoropassiv-Gruppe. Eine relevante Differenz zeigt sich in der Anzahl der an Diabetes mellitus erkrankten Patienten mit 55,5 % (10 von 18) der Patienten in der Fluoropassiv-Gruppe versus 15,8 % (3 von 19) in der PTFE-Gruppe. Ein deutlicher Unterschied besteht auch in der Häufigkeit der nachgewiesenen Erhöhung der Blutfette, was sicherlich auf den erhöhten Anteil der Diabetes mellitus-Patienten in der Fluoropassiv-Gruppe zurückzuführen ist.

In der Fluoropassiv-Gruppe zeigen sich in 9 Fällen die Kombination aus 2 Risikofaktoren beziehungsweise in 7 Fällen 3 Risikofaktoren, wobei sich in der letzten Gruppe 5 der insgesamt 6 Patienten mit einer extremitätenbedrohenden Ischämie wiederfinden. In der PTFE-Gruppe zeigten sich bei 10 Patienten 2 Risikofaktoren sowie lediglich einmalig 3 Risikofaktoren. Bei letzterem Patienten handelt es sich um einen der beiden Fälle im Stadium IV der pAVK.

Der Vergleich der beiden Bypassgruppen untereinander lässt einen Trend einer erhöhten Risikokonstellation in der FP-Gruppe insbesondere im Rahmen des 3,5-fach höheren Anteils an Diabetikern erkennen.

Abbildung 2

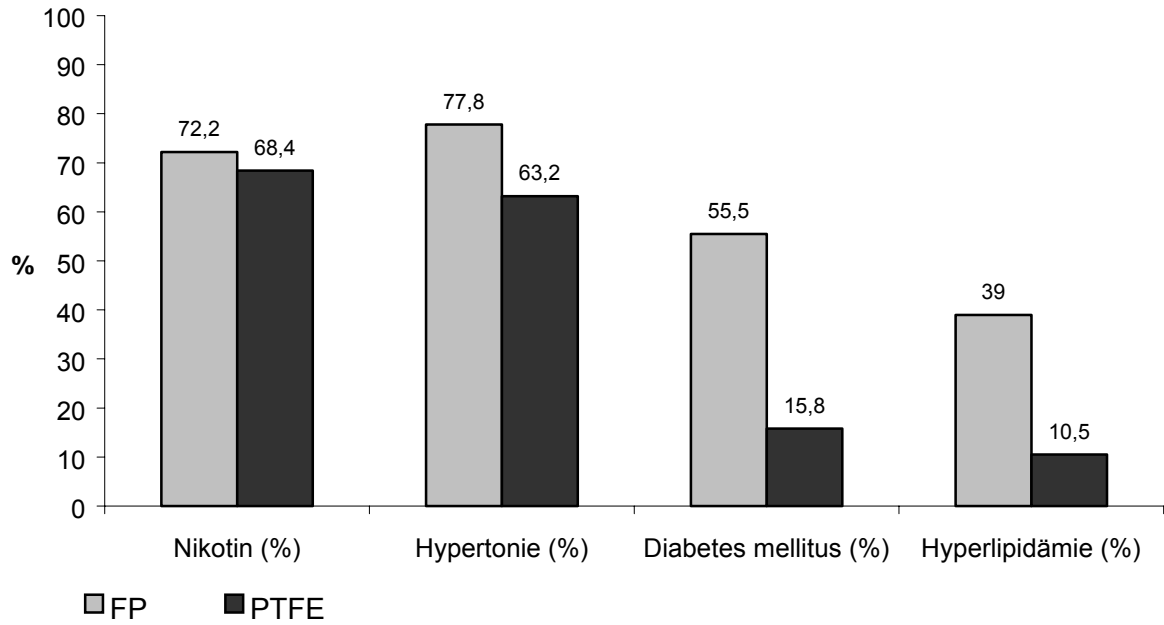
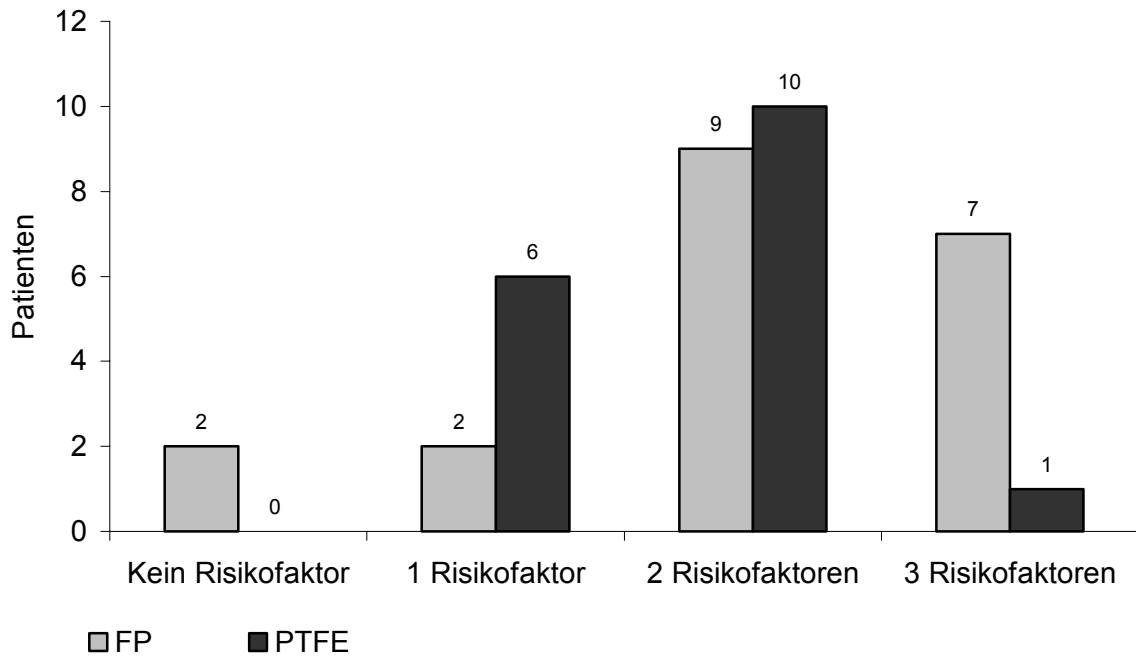


Abbildung 3



Bei der präoperativen Beurteilung von Begleiterkrankungen zur Einschätzung des Operationsrisikos stand die koronare Herzerkrankung mit oder ohne Herzinsuffizienz ganz im Vordergrund, bei 61 % (11 von 18) der Fluoropassiv-Gruppe beziehungsweise bei 36,8 % (7 von 19) in der PTFE-Gruppe konnte eine behandlungsbedürftige KHK festgestellt werden. In beiden Gruppen waren jeweils 4 Herzinfarkte in der Vorgeschichte zu erheben, 3 Patienten der Fluoropassiv-Gruppe unterzogen sich einem koronarchirurgischen Eingriff. Manifeste Dekompensationszeichen zum Zeitpunkt der Klinikaufnahme lagen bei keinem Patienten vor.

Bei 5 Patienten in der FP-Gruppe beziehungsweise 3 Patienten in der PTFE-Gruppe fanden sich stenosierende beziehungsweise Verschlussprozesse der extrakraniellen Hirngefäße, die Häufigkeit in der Gesamtgruppe beläuft sich somit auf 21,6 %. In den jeweiligen Gruppen wiesen 3 Männer beziehungsweise ein Patient einen Residualzustand nach Schlaganfall mit manifesten Restpareesen auf. Angiographisch ließen sich lediglich bei einem Patienten eine mäßiggradige Ektasie der Aorten- und Beckenstrombahn nachweisen (dieser Patient wurde außerhalb des Beobachtungszeitraumes an einem Bauchaortenaneurysma operiert), aktuelle aneurysmatische Erkrankungen fanden sich nicht.

Erstaunlicherweise bestand trotz der hohen Rate an Rauchern in beiden Gruppen lediglich bei einem Mann eine behandlungsbedürftige chronische obstruktive Lungenerkrankung.

Bei insgesamt 5 Patienten (2 in der FP-Gruppe, 3 in der PTFE-Gruppe) wurde in der Vorgeschichte ein aortobifemoraler Bypass implantiert, dies entspricht einer Häufigkeit von 13,5 % der Gesamtgruppe. Bei insgesamt 6 Patienten wurden im Zeitraum zwischen 5 Monaten und 4 Jahren vor dem jetzigen gefäßchirurgischen Eingriff Dilatationen der ipsilateralen Oberschenkelstrombahn durchgeführt. Bei jeweils einem Patienten pro Gruppe fand sich ein Zustand nach Desobliteration der Arteria carotis interna sowie nach chirurgischer Nierenrevaskularisation durch aortorenenalen Bypass. Bei der Beurteilung der Begleiterkrankungen sowie der Krankheitsstadien der pAVK zeigt sich der Eindruck einer höheren Komorbidität in der Fluoropassiv-Gruppe.

Tabelle 2: Klinische Angaben

	Fluoropassiv	PTFE	Gesamt
CHK (%)	61	36,8	48
Zerebrovaskuläre Insuffizienz (%)	27,8	15,8	21,6
Z.n. aortobifemoralem Bypass (%)	11	15,8	13,5
Crurobrachialer Druckindex	0,49	0,43	0,46
OP-Indikationen (%)			
Stadium II	62	90	75,6
Stadium IV	38	10	24,4
Periphere Ausstrombahn (%)			
gut	66,7	80	73,2
schlecht	33,3	20	26,8

2.3. Operationsindikationen

Bei einer Gesamtzahl von 21 operierten Extremitäten in der Fluoropassiv-Gruppe erfolgte die Operation im Stadium II der erheblich limitierenden Claudicatio in 13 Fällen (62 %), eine absolute Operationsindikation im Stadium IV lag in 8 Fällen entsprechend 38 % vor. In der PTFE-Gruppe mit 20 operierten Extremitäten erfolgte 18 Mal der Eingriff im Stadium II der pAVK entsprechend 90 %.

In beiden Gruppen erfolgte die Indikationsstellung im Stadium II mit einer Gehstrecke von unter 100 m, es lagen in allen Fällen langstreckige Arteria femoralis superficialis-Verschlüsse vor ohne Möglichkeit zur interventionellen Revaskularisation. Die Anamnesedauer bis zum Zeitpunkt der Operation betrug in beiden Gruppen zwischen 5 und 24 Monaten, lediglich in der PTFE-Gruppe lag einmal eine kurze Anamnese über 3 Wochen vor. Alle Operationen wurden nach kurzer Vorbereitung durchgeführt.

Unter den 6 Patienten im Stadium IV der extremitätenbedrohenden Ischämie in der FP-Gruppe - bei 2 Patienten wurde der Eingriff beidseitig erforderlich - finden sich 5 Männer, die alle unter einem behandlungsbedürftigen Diabetes mellitus sowie einer koronaren Herzerkrankung leiden und eine Kombination aus mindestens 3 Risikofaktoren aufweisen. Bei 2 dieser 6 Patienten wurde in der Vorgeschichte ein aortobifemoraler Bypass implantiert. Im Vergleich hierzu bestand bei den übrigen 12 Patienten der FP-Gruppe im Stadium II nur in 41,7 % eine begleitende koronare Herzerkrankung. Auch

bei den beiden im Stadium IV behandelten Patienten der PTFE-Gruppe konnte ein Diabetes mellitus festgestellt werden.

Eine Operationsindikation im Stadium des Ruheschmerzes erfolgte nicht, in der Gesamtheit aller operierten Extremitäten wurde die Indikation im Stadium II in 75,6 % der Fälle gestellt (31 von 41) beziehungsweise in 24,4 % im Stadium IV (10 von 41 Fällen).

Im Stadium II der pAVK konnte eine kontralaterale Mitbeteiligung mit Verschluss der Arteria femoralis superficialis in der FP-Gruppe in 8 von 12 Fällen (entsprechend 66,7 %) beziehungsweise in der PTFE-Gruppe in 8 von 17 Fällen (entsprechend 47 %) festgestellt werden.

Bei Betrachtung der Operationsindikation zeigt sich somit ein erheblicher Unterschied in beiden Prothesengruppen mit Überwiegen der fortgeschrittenen Krankheitsstadien in der Fluoropassiv-Gruppe.

Beim Vergleich der präoperativ ermittelten cruro-brachialen Druckindizes zeigte sich in der Fluoropassiv-Gruppe ein Mittelwert von 0,49 beziehungsweise von 0,43 in der PTFE-Gruppe, hierbei wurden lediglich die Patienten im Stadium II ohne mediasklerotische Untersuchungswerte berücksichtigt, aufgrund des Vorliegens eines langjährigen Diabetes mellitus bei allen AVK IV-Patienten wurde diese Patientengruppe nicht mit einbezogen. Der Median lag in beiden Gruppen bei 0,5, das heißt jeweils 50 Prozent der Patienten hatten einen größeren beziehungsweise kleineren Druckindex als 0,5 (FP-Gruppe n = 8, PTFE-Gruppe n = 16).

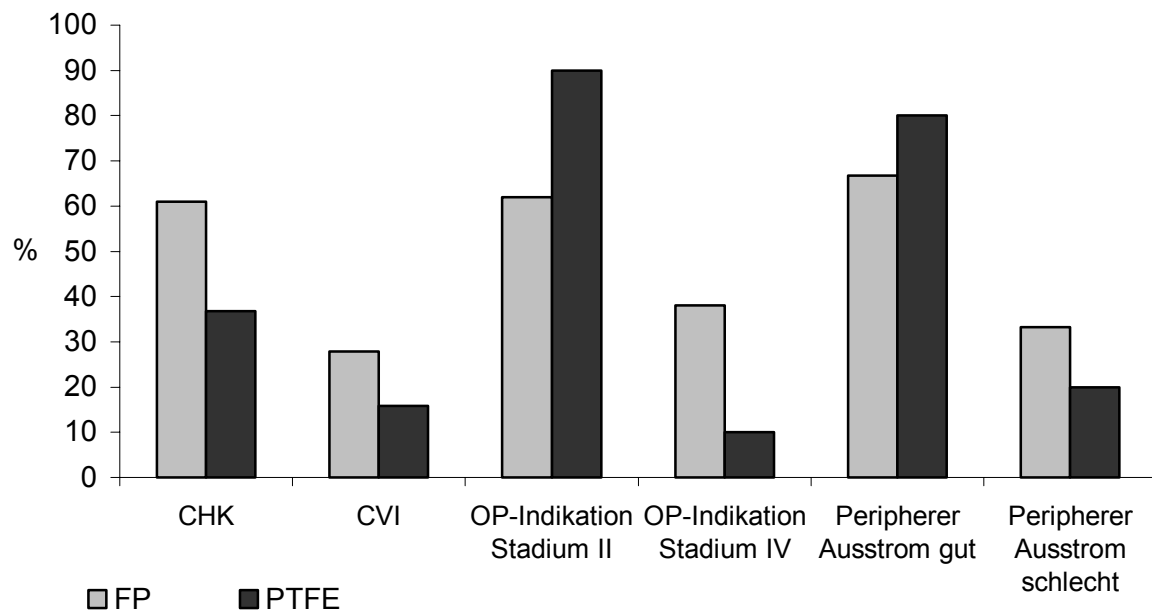
Anhand des angiographischen Befundes erfolgte die Beurteilung der Unterschenkelgefäße entsprechend dem SVS/ISCVS-Punktesystem in Anlehnung an die Empfehlungen der Amerikanischen Gesellschaften für Gefäßchirurgie (160). (0 = offen, 1 = 20 bis 49 %-ige Stenose, 2 = 50 bis 99 %-ige Stenose, 3 = Verschluss).

In der Fluoropassiv-Gruppe zeigte sich in 66,7 % der Fälle ein guter Abstrom, im Stadium II bestanden meist gute Abstromverhältnisse, während im Stadium IV kein Trend zu erkennen war.

In der PTFE-Gruppe zeigte sich im Vergleich hierzu in 80 % ein guter peripherer Abstrom, die beiden AVK IV-Patienten ließen keine periphere Problematik erkennen.

Zusammenfassend bestand somit in der Gesamtgruppe ein guter Abstrom in 73 % der operierten Extremitäten.

Abbildung 4



2.4 Intraoperative zusätzliche operative Maßnahmen

In der Fluoropassiv-Gruppe wurden im Rahmen von längerstreckigen Stenoseierungsprozessen der Arteria femoralis communis beziehungsweise Arteria iliaca externa viermalig eine retrograde halbgeschlossene Ringdesobliteration durchgeführt, in einem dieser Fälle wurde einer Profundaplastik mittels arterieller Umkipplastik angeschlossen. In keinem dieser Fälle lag ein vollständiger Verschluss der Beckenarterie vor. Bei einem AVK IV-Patienten erfolgte eine additive Profundaplastik mittels autologer Vene, die beiden durchgeführten Profundaeingriffe wurden jeweils bei Diabetikern erforderlich.

Bei 5 Patienten im Stadium IV der pAVK erfolgte nach abgeschlossener Bypassoperation in gleicher Sitzung eine lokale Sanierung in Form eines Debridements beziehungsweise von Grenzzonenamputationen der betroffenen Zehen, als größte Maßnahme wurde einmalig eine Vorfußamputation durchgeführt. Bei einem männlichen Patienten erfolgte die Sanierung einer lokalen Unterschenkelvarikosis.

In der PTFE-Gruppe wurde zweimalig zur Verbesserung der Einstromverhältnisse eine retrograde Ringdesobliteration erforderlich, einmal in Kombination mit einer Profundaplastik. Einmalig wurde eine Profundaplastik mittels Venenpatch mit der Bypassimplantation kombiniert. Im Rahmen einer hochgradigen, über 90 %-igen, asymptomatischen Arteria carotis interna-Stenose wurde bei einer 60-jährigen Frau simultan eine TEA durchgeführt, bei einem der beiden Patienten im Stadium IV erfolgte eine Grenz-zonenamputation der Großzehe.

Bei einem männlichen Patienten war nach Freigabe des Blutstroms intraoperativ ein Bypassverschluss zu beobachten, der eine Bypass-thrombektomie mittels Ballonkatheter erforderlich machte.

III. Ergebnisse

1. Morbidität und Überlebensrate

Postoperativ waren keine schwerwiegenden allgemeinen Komplikationen zu beobachten, eine intensivmedizinische Behandlung war in keinem Fall erforderlich. Relevante nicht-gefäßchirurgische Komplikationen waren eine postoperative tiefe Unterschenkelvenenthrombose, weswegen eine 76-jährige Patientin marcumarisiert wurde, bei einem 60-jährigen Patienten war nach antirheumatischer Behandlung einer akuten Gichtarthropathie ein blutendes Ulcus ventriculi festgestellt worden, das konservativ behandelt wurde. Im gesamten Kollektiv wurde lediglich einmalig die Gabe von Erythrozytenkonzentraten erforderlich im Rahmen der Thrombektomie eines postoperativ aufgetretenen Beckenarterien- und Bypassverschlusses nach vorausgegangener Kombinations-OP mit einer halbgeschlossenen Becken-TEA.

In der FP-Gruppe traten im Nachbeobachtungszeitraum über 5 Jahre 6 Todesfälle auf, unter Berücksichtigung der 3 Lost-to-follow-up-Fälle errechnet sich hieraus eine Überlebensrate für 1, 3 und 5 Jahre von 93,6 %, 87,0 % sowie 60,2 %. Als Todesursache wird jeweils ein akuter Herztod im Rahmen eines Herzinfarktes angegeben, wobei in 2 Fällen das Ereignis postoperativ nach ACB-Operation beziehungsweise femorocruraler Bypassimplantation auftrat.

In der PTFE-Gruppe sind über den Beobachtungszeitraum 2 Todesfälle zu beobachten, woraus sich eine Überlebensrate von 94,7 % nach einem Jahr sowie von 88,8 % nach 3 und 5 Jahren ergibt. Als Todesursache werden Herzinfarkte angegeben.

Die Überlebensrate im Gesamtkollektiv beträgt 94,2 %, 87,9 % sowie 75,4 % nach 1, 3 und 5 Jahren. In der PTFE-Gruppe traten außerhalb des definierten Beobachtungszeitraums 2 weitere Todesfälle im Rahmen eines toxisch-allergischen Lyell-Syndroms sowie postoperativ nach einer Hüft-TEP-Implantation auf (anamnestisch akute postoperative Ischämie sowie Lungenembolie, Verdacht auf HIT).

Die zu beobachtenden Todesfälle traten ausschließlich bei Männern mit mehrfachen Risikofaktoren sowie gehäuft bei Diabetes mellitus und bei vorbestehendem Stadium IV der pAVK auf, die Letalität im Rahmen der kritischen Extremitätenischämie betrug 55 % beziehungsweise bei Vorliegen eines Diabetes mellitus 33 % gegenüber 14 % bei AVK II-Patienten und 18 % bei Nicht-Diabetikern.

Tabelle 3: Überlebensraten

Jahre	1	2	3	4	5
FP(%)	93,6	93,6	87	73,6	60,2
PTFE(%)	94,7	94,7	88,8	88,8	88,8
Gesamt(%)	94,2	94,2	87,9	81,6	75,4

2. Durchgängigkeitsraten

2.1. Sofortverschlüsse

Unter Sofortverschlüssen, die im Regelfall als Folge intraoperativer technischer Komplikationen und Fehler sowie bei mangelhafter Ein- und Ausstrombahn auftreten, werden hier akute Verschlüsse innerhalb der ersten 30 Tage definiert, diese waren 3 Mal zu beobachten.

Bei einem 66-jährigen Mann mit einem präoperativen guten Ausstrom mit 3 offenen Unterschenkelarterien musste nach Implantation einer PTFE-Prothese wegen eines bereits intraoperativ auftretenden Bypassverschlusses eine Ballonthrombektomie durchgeführt werden, der anamnestisch 4 Wochen postoperativ aufgetretene Rezidivverschluss mit erneuter Claudicatio-Symptomatik wurde bei der erstmaligen klinischen Kontrolle nach 3 Monaten bestätigt. Auf eine Bypassrevision wurde verzichtet, der Patient ist nach 5 Jahren bei begleitender kardialer Dyspnoe nach zweimaligem Herzinfarkt mit einer subjektiv freien Gehstrecke von 50 Metern zufrieden.

Bei einem 75-jährigen Patienten mit einer IIb-Symptomatik erfolgte die kombinierte retrograde halbgeschlossene Ringdesobliteration der stenosierten Arteria femoralis communis und Arteria iliaca externa und ein P1-Bypass mittels Fluoropassiv, aufgrund eines Akutverschlusses von Beckenarterie und Bypass wurde am ersten postoperativen Tag die Thrombektomie durchgeführt, eine Verschlussursache war intraoperativ nicht zu eruieren. Bei wiederkehrender Claudicatio-Symptomatik zeigte die angiographische Kontrolle nach 6 Monaten hochgradige Stenosierungen der äußeren Beckenarterie sowie im Anastomosenbereich der proximalen Arteria poplitea, nach nur vorübergehender Besserung nach perkutaner Dilatationsbehandlung wurde im Rahmen einer erheblichen Stenosierung der Beckenarterie auf dem Boden einer ausgeprägten hyperplastischen Sekundärreaktion nach TEA ein Jahr nach dem Ersteingriff

bei offenem P1-Bypass die Implantation einer Bifurkationsprothese erforderlich. Als Ursache des frühen Sofortverschlusses ist am ehesten eine technische Problematik im Rahmen der TEA anzunehmen.

Bei einer 63-jährigen Frau mit Diabetes mellitus, renaler Hypertonie und Zustand nach aortorenalem Bypass links erfolgte bei offener Unterschenkelausstrombahn die Implantation eines Fluoropassiv-P1-Bypasses, die postoperative Angiographie im Rahmen einer am dritten Tag aufgetretenen Ischämie zeigte bei offenem Bypass einen akuten thromboembolischen Verschluss des Truncus tibiofibularis sowie thrombotische Wandauflagerungen im Bereich des distalen Bypasses, bei der operativen Revision wurden keine Auffälligkeiten der Anastomosen festgestellt. Infolge einer erneuten akuten Ischämie nach einer Woche mit Bypassverschluss und deszendierender Thrombose der Unterschenkelarterien zeigte nach Thrombektomie die offene Revision aller Anastomosen keinerlei technische Besonderheiten. Nach dreimonatiger Durchgängigkeit erfolgte im Rahmen einer akuten kompletten Ischämie bei zwischenzeitlich weitgehend vollständig verschlossener Unterschenkelstrombahn die Anlage eines femorocruralen PTFE-Bypasses, nach nur kurzfristiger Durchgängigkeit wird 5 Monate nach dem Ersteingriff die Unterschenkelamputation erforderlich. Aufgrund des klinischen Verlaufs bei primär guter Ausstrombahn und technisch unauffälliger Anastomosensituation muss als Ursache der rezidivierenden thromboembolischen Ereignisse eine endogene oder prothesenbedingte Gerinnungsproblematik diskutiert werden.

2.2 Durchgängigkeitsraten nach Früh- und Spätverschlüssen

2.2.1 Durchgängigkeitsrate der femoropoplitealen Bypässe mittels Fluoropassiv

Bei einer Gesamtzahl von 21 revaskularisierten Extremitäten (die Sofortverschlüsse wurden nach Thrombektomie als offen berücksichtigt) waren im Gesamtbeobachtungszeitraum 11 Bypassverschlüsse zu beobachten, unter Berücksichtigung der Losses-to-follow-up besteht eine primäre beziehungsweise primär-assistierte Durchgängigkeitsrate von 75,8 %, 59,3 % und 39,5 % nach 1, 3 beziehungsweise 5 Jahren. In 3 Fällen wurde eine Dilatation im Bereich der distalen Anastomose oder der Arteria poplitea durchgeführt. Nach erfolgreicher einmaliger kniegelenksüberschreitender Bypassverlängerung unter Erhalt der proximalen Prothese ergibt sich eine sekundäre Durchgängigkeitsrate von 64,9 % und 41,5 % nach 3 beziehungsweise 5 Jahren.

Als Folge des Bypassverschlusses wird zweimal eine primäre Unterschenkelamputation bei kritischer Ischämie erforderlich. In 6 Fällen wird nach primärer konservativer Behandlung im Stadium der Claudicatio (hierunter zweimalig ursprüngliches Stadium IV vorliegend) eine crurale Gefäßrekonstruktion nach einem Zeitraum von 6 Monaten bis 4 Jahren durchgeführt, hierbei wird in 4 Fällen frühzeitig die Unterschenkelamputation erforderlich, ein Patient verstirbt am ersten postoperativen Tag nach Gefäßrekonstruktion, lediglich bei einem Patienten bleibt der crurale Bypass über einen längeren Zeitraum offen. In einem Fall gelingt die sekundäre Wiedereröffnung mit distaler Bypassverlängerung.

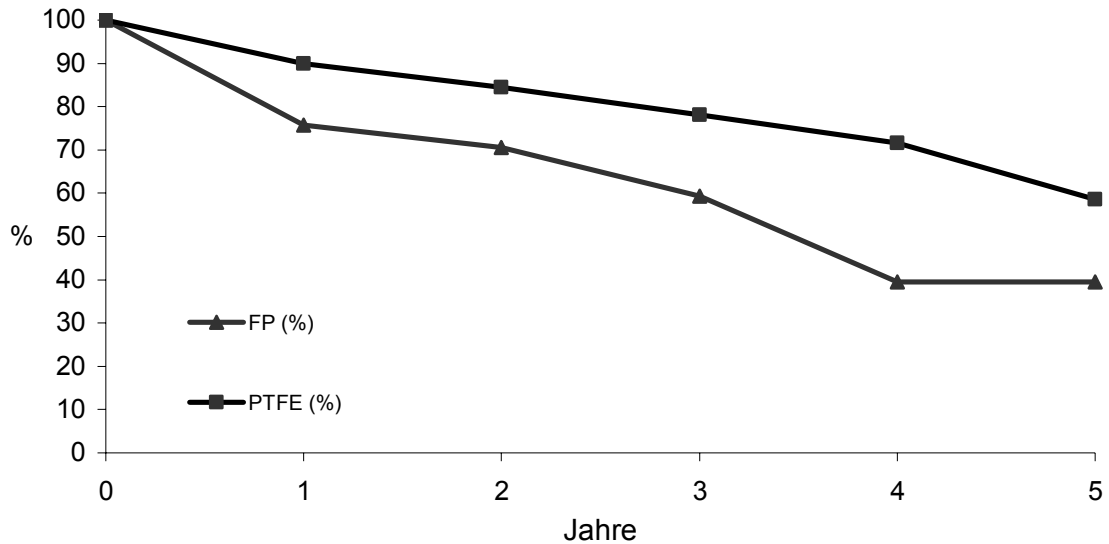
Mit eingerechnet in die Verschlussgruppe wurde ein 56-jähriger polymorbider Mann, bei dem aufgrund eines tiefen Infektes bei offenem Bypass beidseitig die Gefäßprothesen entfernt werden mussten mit der Folge einer einseitigen Oberschenkelamputation auf der Seite der primären Infektion.

Bei einem Fall war infolge eines früh auftretenden Bypassverschlusses eine Stadiumverschlechterung mit der Folge einer Amputation zu beobachten. 2/3 der Bypassverschlüsse ereigneten sich bei Diabetikern.

Tabelle 4: Primäre Durchgängigkeitsraten

Jahre	1/2	1	2	3	4	5
FP (%)	90,5	75,8	70,6	59,3	39,5	39,5
PTFE (%)	90,2	90	84,4	78,1	71,6	58,6
Gesamt (%)	90,2	82,7	77,3	68,4	55,3	47,9

Abbildung 5



Anzahl der "at risk"-Fälle

Jahre	1	2	3	4	5
FP	18,5	14,5	12,5	9	4
PTFE	17,5	16	13,5	12	11

2.2.2 Durchgängigkeitsrate der femoropoplitealen Bypässe mittels PTFE

Während des Beobachtungszeitraums von 5 Jahren ereigneten sich 7 Bypass-Verschlüsse, hieraus ergibt sich eine primäre (= sekundäre) Durchgängigkeitsrate von 90 %, 78,1 % und 58,6 % nach 1, 3 und 5 Jahren.

Alle Patienten mit Bypassverschlüssen befanden sich primär im Stadium der limitierenden Claudicatio, als Folge des Verschlusses wurde einmalig eine Unterschenkelamputation erforderlich. Nach 5 Jahren wurde in einem Fall eine P3-Bypassimplantation im Stadium IIb der pAVK durchgeführt, viermalig erfolgte eine konservative Weiterbehandlung bei subjektiv ausreichender Gehstrecke.

Bei einem 63-jährigen Patienten mit einer während des primären Eingriffs zusätzlich durchgeführten Becken-TEA und Profundaplastik zeigte die angiographische Kontrolle nach 4 Monaten eine hochgradige langstreckige Stenosierung der Beckenarterie als

wahrscheinliche Ursache des Bypassverschlusses. Nach aortofemoraler und femoropoplitealer P3-Rekonstruktion ist der Patient bis zum Ende des 5-Jahres-Zeitraumes beschwerdefrei.

Der Anteil der Diabetiker mit verschlossenem Bypass liegt bei 14 %.

2.2.3 Durchgängigkeitsraten des Gesamtkollektivs

Insgesamt ereigneten sich 18 Bypassverschlüsse, unter Einbeziehung der Lost to follow-up-Gruppe konnten nach 5 Jahren 15 der ursprünglich 41 implantierten Bypässe nachbeobachtet werden. Hieraus ergab sich eine geschätzte Durchgängigkeitsrate von 82,7 % nach einem Jahr, von 68,4 % nach 3 Jahren sowie von 47,9 % nach 5 Jahren.

Der statistische Vergleich der Durchgängigkeitsraten beider Bypassmaterialien nach fünf Jahren ergibt keinen signifikanten Unterschied ($p = 0,17$), die statistische Aussage ist jedoch aufgrund der niedrigen Fallzahlen eingeschränkt zu bewerten. Infolge der insgesamt 18 Bypassverschlüsse wurden in 9 Fällen infragenuale popliteale und crurale Rekonstruktionen durchgeführt.

Tabelle 5: Lebensstafelanalyse für Gesamtdurchgängigkeitsraten

Intervall (Monate)	Anzahl z. Beginn des Intervalls	Anzahl der Verschlüsse	Lost to follow-up	At-risk-Fälle	Verschlussrisiko	Wahrscheinlichkeit der Durchgängigkeit im Intervall	Wahrscheinlichkeit der Gesamtdurchgängigkeit
0 - 1	41	1	0	41	0,024	0,975	97,50%
1 - 6	40	3	0	40	0,075	0,925	90,20%
6 - 12	37	3	2	36	0,083	0,916	82,70%
12 - 24	32	2	3	30,5	0,065	0,934	77,30%
24 - 36	27	3	2	26	0,115	0,885	68,40%
36 - 48	22	4	2	21	0,19	0,809	55,30%
48 - 60	16	2	2	15	0,133	0,866	47,90%
> 60	12						

3. Beinerhaltungsraten

Nach femoropoplitealen Bypässen mit Fluoropassiv konnten 6 Unterschenkelamputationen nachbeobachtet werden. Bei einer 69-jährigen Patientin mit Vorfußgangrän bei Diabetes mellitus und erheblich reduzierter Ausstrombahn wurde nach 2 Monaten im Rahmen einer kompletten Ischämie nach Bypassverschluss die Unterschenkelamputation erforderlich, eine 63-jährige Patientin entwickelte bei vorbestehender Claudicatio-Symptomatik und gutem peripherem Abstrom infolge rezidivierender thromboembolischer Ereignisse unklarer Ursache ein fortschreitendes Ischämie-Syndrom, was trotz mehrfacher Eingriffe eine Unterschenkelamputation 7 Monate nach dem Ersteingriff zur Folge hatte. Bei einem Patienten mit primärem beidseitigem Stadium IV konnten die Extremitäten 3 beziehungsweise 4 Jahre lang erhalten werden, nach Bypassverschlüssen wurde nach vergeblicher distaler Rekonstruktion eine beidseitige Unterschenkelamputation durchgeführt. Ein Patient (Stadium IV der pAVK) wurde bei offenem Bypass infolge rezidivierender infektbedingter Anastomosenblutungen der Leistenregion Oberschenkelamputiert. In zwei weiteren Fällen wurde nach Bypassverschluß primär bzw. nach erfolgloser distaler Revaskularisation die Amputation notwendig. Bei den 7 Patienten handelt es sich um 5 Diabetiker.

Entsprechend der life-table-Analyse errechnet sich eine Beinerhaltungsratenrate von 85,3 %, 68,7 % und 62,2 % nach 1, 3 und 5 Jahren.

In der PTFE-Gruppe wurde lediglich einmalig eine Unterschenkelamputation beim einem 55-jährigen Mann erforderlich, bei primärem pAVK II-Stadium mit 3 offenen Unterschenkelgefäßen zeigte sich ein Jahr nach dem Eingriff ein Bypassverschluss mit incompletter Ischämie infolge eines angiographisch nachweisbaren vollständigen Verschlusses aller Unterschenkelarterien sowie einer hochgradigen Stenosierung der poplitealen Gefäßstrecke, weswegen ein cruraler Rekonstruktionsversuch erfolglos blieb. Die beiden AVK IV-Patienten dieser Gruppe konnten wegen Todesfall und Wegzug nach 11 Monaten beziehungsweise 2 Jahren mit zu diesem Zeitpunkt offenen Bypässen nicht weiter nachbeobachtet werden. Somit ergibt sich eine Beinerhaltungsratenrate von 94,6 % nach 3 und 5 Jahren.

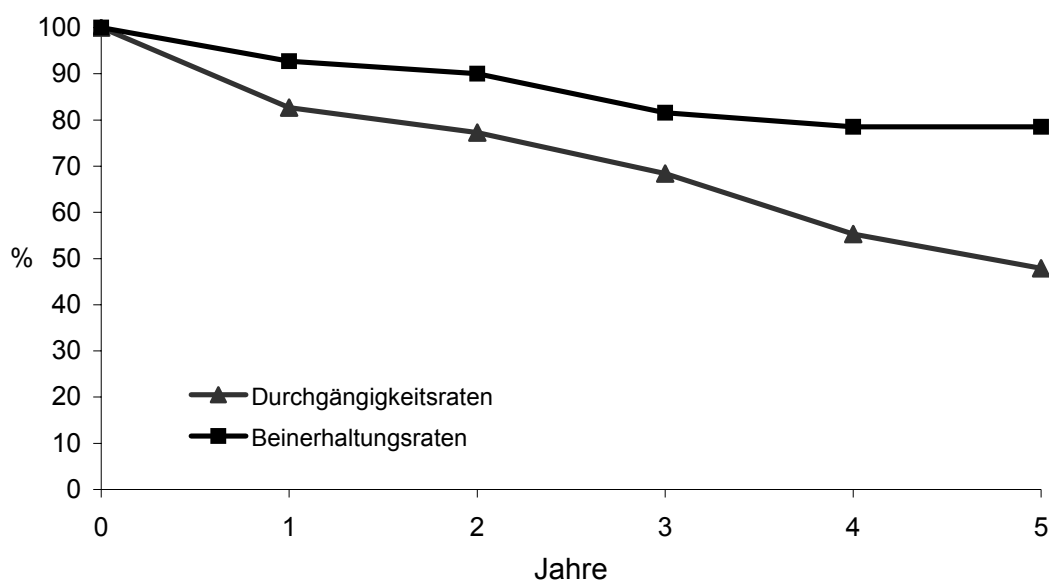
Im Gesamtkollektiv betrug die Beinerhaltungsrate 92,7 % nach einem Jahr, 81,6 % nach 3 Jahren sowie 78,5 % nach 5 Jahren, ein direkter Vergleich der Amputationsraten in beiden Untergruppen ist wegen der niedrigen Ereignisrate sowie der unterschiedlichen Verteilung der Risikofaktoren und Indikationen nicht sinnvoll.

Aufgrund des relativ hohen Anteils der im Stadium II der pAVK operierten Patienten mit wieder auftretender Claudicatio-Symptomatik und konservativer Behandlungsmöglichkeit nach Bypassverschluss, infolge der verbesserten Kollateralisierung durch die gewonnene Zeit und additive Profundaplastiken sowie durch die erreichte Abheilung von peripheren Gewebeläsionen liegt die Beinerhaltungsrate deutlich über den Bypass-Offenheitsraten.

Tabelle 6: Beinerhaltungsraten

Jahre	1/2	1	2	3	4	5
FP (%)	95,3	85,3	85,3	68,7	62,2	62,2
PTFE (%)	100	100	94	94	94	94
Gesamt (%)	97	92,7	90	81,6	78,5	78,5

Abbildung 6: Gesamtdurchgängigkeits- und Beinerhaltungsraten



4. Durchgängigkeits- und Beinerhaltungsraten des Gesamtkollektivs bei verschiedenen Einflussfaktoren

Um Unterschiede in den Durchgängigkeits- beziehungsweise Beinerhaltungsraten bestimmter Patientenprofile festzustellen, erfolgte die Analyse der beobachteten Bypassverschlüsse und Amputationen nach dem beschriebenen Life-Table-Verfahren. Da insgesamt in beiden Prothesengruppen zusammen 18 Bypassversagen und 8 Amputationen in Bezug auf die operierten 41 Extremitäten bei einer Anzahl von 11 Fällen in der Lost-Gruppe über den Studienzeitraum von 5 Jahren beobachtet werden konnten, erschien eine getrennte Beurteilung nach Prothesenmaterialien nicht sinnvoll, zumal von einer Verschiedenheit beider Gruppen ausgegangen werden muss. Auch eine Beurteilung des Einflusses der untersuchten Variablen auf die Offenheits- beziehungsweise Beinerhaltungsraten mit der uni- und multivariaten Analyse würde aufgrund der geringen Fallzahlen keine statistische vertrauenswürdige Aussage zulassen, so dass lediglich ein qualitativer Vergleich erfolgt.

4.1 Stadium der pAVK

Von den 31 im Stadium II der pAVK operierten Extremitäten konnten nach 5 Jahren noch 16 offene Bypässe beobachtet werden (51,5 %), wohingegen nach 60 Monaten alle 10 im Stadium IV durchgeführten Rekonstruktionen verschlossen oder Lost to follow-up waren. Neben der höheren Verschlussrate im AVK IV-Stadium fällt bei der Lebenstafelanalyse eine höhere Mortalität dieser Patienten auf. Im Stadium II konnten nach 5 Jahren noch 22 Patienten mit erhaltenen Extremitäten untersucht werden (71 %), hingegen kein Patient im Stadium IV. Eine Life-Table-Analyse der AVK IV-Patienten konnte nur bis zum 48. Monat erfolgen, da bei hoher Sterblichkeit nach diesem Zeitpunkt keine Ereignisse mehr beobachtet werden konnten. Die Beinerhaltungsraten liegen in beiden Gruppen über den Offenheitsraten. Die nach der life-table-Analyse ermittelten Raten sind in Abhängigkeit vom präoperativen Stadium in folgender Tabelle aufgeführt.

Tabelle 7:

Beobachtungszeitraum (Jahre)	1	3	4	5
Durchgängigkeitsraten (%)				
AVK Stadium II	87,1	73,3	62	53,8
AVK Stadium IV	67,5	48,2	16	0
Beinerhaltungsraten (%)				
AVK Stadium II	93,6	87	87	87
AVK Stadium IV	88,2	55,7	18,6	0

4.2 Periphere Ausstrombahn

Die Auswertung der Abstromverhältnisse erfolgte in Abhängigkeit von Anzahl und Stenosegrad der Unterschenkelarterien. Die popliteale Strombahn war in allen Fällen nicht richtungweisend verändert. Bei einer Rangskala von 0 bis 10 wurde ein Index von ≤ 4 als gut bewertet, dieser Gruppe konnten 30 Extremitäten zugeordnet werden. Während bei den Durchgängigkeitsraten beim Vergleich zwischen gutem und schlechtem Abstrom ein deutlicher Unterschied von 20 Prozent nach 5 Jahren festgestellt werden konnte, zeigen die entsprechenden Amputationsraten keine wesentliche Differenz.

Tabelle 8:

Beobachtungszeitraum (Jahre)	1	3	5
Durchgängigkeitsraten (%)			
guter Ausstrom	89,9	69,6	52,2
schlechter Ausstrom	63,6	63,6	33,9
Beinerhaltungsraten (%)			
guter Ausstrom	96,6	85,3	81,3
schlechter Ausstrom	81,3	75,6	75,6

4.3 Diabetes mellitus

Bei Vorliegen eines Diabetes mellitus waren nach 5 Jahren alle Bypässe verschlossen beziehungsweise Lost-to-follow-up, während bei Nicht-Diabetikern noch 65 % der Rekonstruktionen funktionstüchtig waren. Eine deutliche Differenz ergab auch die Analyse

der Amputationshäufigkeit, wobei aufgrund der hohen Sterblichkeit in der Diabetesgruppe am Ende des Beobachtungszeitraums nur noch 12,5 % der Diabetiker im Gegensatz zu 80 % der Nicht-Diabetiker beurteilt werden konnten. Von allen untersuchten Einflussfaktoren wirkt sich das Vorliegen eines Diabetes mellitus am stärksten auf die Durchgängigkeits- und Beinerhaltungsraten insbesondere bei längerer Studiendauer aus. Bei einem ca. 8 %-igen Risiko eines Extremitätenverlustes beim Nicht-Diabetiker ist dieses Risiko beim Diabetiker fast 7-fach höher. Neben der erhöhten Verschlussrate ist auch eine im zeitlichen Ablauf früher auftretende Verschlusswahrscheinlichkeit zu beobachten.

Tabelle 9:

Beobachtungszeitraum (Jahre)	1	3	5
Durchgängigkeitsraten (%)			
Diabetes mellitus	67,7	49,6	0
Kein Diabetes mellitus	91,6	78,9	64,9
Beinerhaltungsraten (%)			
Diabetes mellitus	79,5	58,5	45,5
Kein Diabetes mellitus	100	91,9	91,9

4.4 Rauchen

Im Gesamtkollektiv war ein hoher Anteil an Rauchern festzustellen, wobei bis auf eine Diabetikerin alle AVK IV-Patienten einen langjährigen starken Nikotinabusus angaben. Nach der Life-Table-Tabelle ergibt sich ein scheinbarer Vorteil sowohl bei der Durchgängigkeit als auch bei der Amputationsrate für Raucher. Bei der Subgruppenanalyse zeigt sich jedoch, dass in der Nichtrauchergruppe alle Patienten mit einem Verschluss- oder Amputationsereignis an Diabetes mellitus erkrankt sind, umgekehrt findet sich in der Rauchergruppe nur ein Diabetiker. Hier ist sicherlich von einer gegenseitig sich beeinflussenden Risikofaktorenkonstellation zu Gunsten der Raucher auszugehen. Zu der Nichtrauchergruppe zählt auch die beschriebene Patientin mit rezidivierenden Sofortverschlüssen nach Implantation einer Fluoropassiv™-Prothese. Erwähnenswert ist weiterhin, dass die Rauchergruppe einen erhöhten Anteil an Lost-Fällen aufweist infolge einer hohen kardiovaskulär bedingten Mortalität. Die geschätzten Wahrscheinlichkeiten sind somit nicht verwertbar.

Tabelle 10:

Beobachtungszeitraum (Jahre)	1	3	5
Durchgängigkeitsraten (%)			
Raucher	82,4	65	49,7
Nichtraucher	83,3	75	41,6
Beinerhaltungsraten (%)			
Raucher	96,4	84	79,2
Nichtraucher	82,8	75,6	75

4.5 Geschlecht

Während das männliche Geschlecht im Gesamtkrankengut deutlich überwiegt, scheinen bezüglich der Bypassfunktionsraten Männer besser abzuschneiden. Bei einer gleichen Patencyrate bis zu 3 Jahren treten bis zum 5. Jahr bei einer Beobachtungszahl von 4 Frauen 3 Bypassverschlüsse auf, die sich hieraus errechnende Durchgängigkeitswahrscheinlichkeit muss möglicherweise als Fehler bei zu kleiner Fallzahl angesehen werden. Die Schlussfolgerung, dass Frauen zwar seltener (und später) von der pAVK als Männer betroffen werden, im Falle einer Manifestation aber häufiger von einem Bypassversagen betroffen werden, ist möglich.

Hingegen lässt die Analyse der Beinerhaltungsraten keinen Geschlechtsunterschied erkennen.

Tabelle 11:

Beobachtungszeitraum (Jahre)	1	3	5
Durchgängigkeitsraten (%)			
Männer	84,4	67	54,6
Frauen	77,8	77,8	19,4
Beinerhaltungsraten (%)			
Männer	96,7	82,4	78,6
Frauen	77,8	77,8	77,8

5. Lebensqualität im Follow-up

Im Rahmen der Nachuntersuchungen erfolgte nach 12 bis 15 Monaten neben der Erhebung von Bypassdurchgängigkeits- und Beinerhaltungsraten eine Befragung nach der subjektiven Einschätzung der erzielten Operationsergebnisse vor allem hinsichtlich der Gehfähigkeit. Eine Beschränkung auf die genannte Zeitspanne erschien zur Beurteilung der betreffenden Operation sinnvoll, da infolge der meist generalisierten Arteriosklerose mit einem weiteren Fortschreiten der Grundkrankheit unabhängig von der durchgeführten Revaskularisation gerechnet werden musste. Hierbei ist zu beachten, dass bei 51 % der 37 Patienten ein doppelseitiger Verschluss der Arteria femoralis superficialis festgestellt wurde, wobei neben den 4 innerhalb der Studie doppelseitig operierten Patienten während eines Zeitraums von einem Jahr vor beziehungsweise nach dem Operationserhebungszeitraum bei 11 weiteren Patienten die gegenseitige Oberschenkelstrecke revaskularisiert wurde.

In der Fluoropassiv-Gruppe wurden von 10 Patienten gute Gehstrecken angegeben, wobei in mehreren Fällen trotz offener Bypässe und guten peripheren Dopplerdruckwerten Claudicatio-ähnliche Symptome berichtet wurden. Vereinzelt wurden Narbenbeschwerden sowie eine leichtgradige Schwellneigung als mäßig störend beschrieben. In 2 Fällen bestand eine limitierende Claudicatio-Symptomatik der Gegenseite, in einem Fall zeigte sich bei depressiver Grundstimmung mit multiplen somatischen Symptomen und der Verdachtsdiagnose eines Abhängigkeitssyndroms eine deutlich eingeschränkte Gehfähigkeit bei offenem Bypass. Die beiden unterschenkelamputierten Patienten waren nach Prothesenversorgung ausreichend gehfähig. Die übrigen Extremitäten im Stadium der extremitätenbedrohenden Ischämie konnten im genannten Zeitraum erhalten werden. Der Patient mit der infolge der Bypassinfektion erforderlichen Oberschenkelamputation konnte nicht nachuntersucht werden.

In der PTFE-Gruppe gaben 11 Patienten eine gute Gehfähigkeit an, in 5 weiteren Fällen wird bei offenem Bypass über eine leicht eingeschränkte Gehstrecke wegen Gelenk- und Narbenbeschwerden berichtet. Von 2 Patienten mit gegenseitigem AFS-Verschluss wird eine deutliche Steigerung der subjektiven beschwerdefreien Wegstrecke auch der nicht behandelten Seite angegeben. Bei beiden im Stadium IV behandelten Patienten konnte ein Abheilen der Gewebeläsionen erreicht werden, nach Bypassfrühverschluss besteht bei einem Mann die vorherige Claudicatio-Symptomatik.

Im Langzeit-Verlauf mussten in der Fluoropassiv-Gruppe als Folge der Bypassverschlüsse 2 primäre sowie nach vergeblicher cruraler Rekonstruktion 4 sekundäre Unterschenkelamputationen durchgeführt werden, lediglich ein cruraler Bypass mit Prothese (nach vorausgegangener ACB-Operation und Venenentfernung) verblieb offen, ein Patient verstarb am ersten postoperativen Tag nach cruralem Eingriff. In der PTFE-Gruppe wurde nach Bypassverschluss zweimalig ein kniegelenksüberschreitender Bypass auf das dritte Segment der Arteria poplitea erforderlich. Lediglich in 1 Fall wurde eine crurale Rekonstruktion durchgeführt, hier wurde bei ursprünglich offenen Unterschenkelgefäßen zum Zeitpunkt des P1-Bypasses nach zwischenzeitlich vollständig obliterierter Unterschenkelstrombahn die Unterschenkelamputation notwendig.

Im Gesamtkollektiv wurde somit die autologe Vene für sekundäre infragenuale Rekonstruktionen in 22 % der operierten Extremitäten (9 von 41) benötigt, wobei nachgewiesenermaßen in drei Fällen keine Vene zur Verfügung stand.

Insgesamt erscheinen sowohl aufgrund der objektiven Parameter als auch hinsichtlich der subjektiven Einschätzung durch die Patienten die Operationsergebnisse in der PTFE-Gruppe denen der Fluoropassiv-Gruppe überlegen, was sicherlich auf die ungleiche Verteilung der AVK-Schweregrade und des Anteils der Diabetiker in beiden Gruppen zurückzuführen ist.

6. Gefäßchirurgische Komplikationen

An Komplikationen wurde in der Fluoropassiv-Gruppe einmalig eine Nachblutung im Bereich des Prothesenlagers beobachtet, die eine Hämatomausräumung am sechsten postoperativen Tag erforderlich machte. Bei einer 67-jährigen Patientin wurde aufgrund einer längerfristig bestehenden entzündlich imponierenden deutlichen Weichteilinduration die Verdachtsdiagnose einer Perigraft-Reaktion gestellt, die sich jedoch nicht bestätigte. Bei einem bereits beschriebenen Fall einer Patientin mit primärer IIb-Symptomatik und offener Unterschenkelstrombahn entwickelte sich infolge rezidivierender thromboembolischer Ereignisse unklarer Ursache ein fortschreitendes Ischämiesyndrom, das 7 Monate nach dem Ersteingriff die Unterschenkelamputation erforderlich machte. Als wohl schwerwiegendste Komplikation in der gesamten Stu-

diengruppe trat bei einem 56-jährigen polymorbiden Patienten mit beidseitiger AVK IV und Zustand nach Schlaganfall eine tiefe postoperative Infektion mit Beteiligung der Leistenanastomose und rezidivierenden Blutungen auf. Nach vorausgegangenen aortobifemoraler und gegenseitiger femoropoplitealer Bypassimplantation zeigte sich bei zunächst unauffälligem Verlauf nach 4 Wochen eine periprothetische Flüssigkeitsansammlung mit serös imponierender Lymphfistel der Leiste, nach zunächst prothesenerhaltendem Behandlungsversuch wurde 3 Monate nach dem Ersteingriff aufgrund eines manifesten tiefen Protheseninfektes entlang der Prothesen die komplette Entfernung sämtlicher Bypassmaterialien mit autologem Ersatz aus Arteria und Vena femoralis superficialis und Vena saphena magna beidseits erforderlich. Wegen rezidivierender Anastomosenblutungen wurde zuletzt die Gefäßligatur mit rechtsseitiger Oberschenkelamputation durchgeführt.

Bei einem zweiten 58-jährigen Diabetiker mit beidseitiger AVK IV zeigte sich 2 Monate nach der Erstoperation eine entzündliche Schwellung im Bereich der distalen Oberschenkelinzision, die sich bei der operativen Revision als ein bis zur Prothese reichender Abszess unter Einbeziehung der distalen Anastomose darstellte im Sinne einer tiefen Protheseninfektion im Stadium II nach Zühlke und Harnoss. Aufgrund der guten Gewebeinkorporation des proximalen Prothesenabschnittes war die Infektsituation örtlich begrenzt, unter offener Wundbehandlung konnte eine Heilung per secundam erzielt werden.

In der PTFE-Patientengruppe trat einmal eine postoperative Unterschenkelvenenthrombose auf, 3 Mal wurden leichtgradige Lymphfisteln beobachtet, die mittels steriler Verbandswechsel und Rotlichtanwendung folgenlos und rasch abheilten. Von 2 Patientinnen werden ausgeprägte, über längere Zeiträume persistierende Schwellungszustände beschrieben. Leichtgradige Schwellungszustände und Sensibilitätsstörungen an der Innenseite von Ober- und Unterschenkel ohne wesentliche subjektive Beeinträchtigungen wurden mehrfach in beiden Gruppen berichtet.

Nach insgesamt sechs in beiden Prothesengruppen durchgeführten additiven retrograden Ringdesobliterationen der Beckenarterie entwickelte sich bei 2 männlichen Patienten innerhalb von 6 Monaten postoperativ eine langstreckige diffuse Stenosierung der Arteria iliaca externa, am ehesten im Rahmen einer myointimalen Hyperplasie, was in einem Fall zum Verschluss des Oberschenkelbypasses führte. In beiden Fällen erfolgte die Implantation einer aortofemorale Prothese, einmal in Kombination mit einem femoropoplitealen P-III-Bypass.

IV. Diskussion

Der ideale Gefäßersatz sollte unter anderem biokompatibel, infektresistent, athrombogen, arteriencompliant, leicht zu handhaben und dauerhaft stabil sein. Das optimale, alle Anforderungen erfüllende künstliche Conduit steht trotz aller Bemühungen der vergangenen 50 Jahre nicht zur Verfügung, die Vena saphena magna erfüllt am ehesten die Erwartungen, so dass sie für die infrainguinale Rekonstruktion der kleinkalibrigen arteriellen Gefäße, vorwiegend unterhalb des Kniegelenkes, das Bypassmaterial der ersten Wahl darstellt. Aufgrund von Voroperationen, abgelaufenen Entzündungen oder anatomischen Varianten steht die Vene jedoch in 20 bis 40 % (46, 109) nicht zur Verfügung, so dass alternative Grafts, wie vor allem Dacron und PTFE sowie seltener die humane Umbilicalvene verwendet werden müssen. Nach Einführung von Dacron äußerte Wesolowsky 1961 (129) die Hoffnung, dass nun das ideale Ersatzmaterial zur Verfügung stehe. Während Dacron weiterhin vor allem für den Gefäßersatz großkalibriger Arterien eingesetzt wird, wurde es für den femoropoplitealen Bereich vor Einführung kontrollierter klinischer Studien weitgehend aufgegeben (2, 56) und von dem 1972 eingeführten PTFE überflügelt (36). Obwohl die humane Umbilicalvene in randomisierten klinischen Studien (1, 46) gleichwertige oder sogar signifikant bessere Durchgängigkeitsraten im femoropoplitealen Bereich erzielte, konnte sich der homologe Venenersatz aufgrund höherer Kosten, der technisch schwierigeren Anastomosierung sowie der (heute eher seltener auftretenden) Aneurysmagefahr nicht durchsetzen. Dacron und PTFE unterscheiden sich sowohl hinsichtlich ihrer chemischen Struktur, der physikalischen Eigenschaften, in der Herstellung als auch in ihren Handhabungseigenschaften erheblich voneinander. Während Dacron vorwiegend in einer gewirkten Gewebestruktur die Vorteile einer besseren Anastomosenanpassung, der fehlenden Stichkanalblutungen, einer guten Nahtfähigkeit mit höherer Nahrückhaltekraft sowie aufgrund der Porosität eine gute Gewebereinheilung zeigt (102), wird dem PTFE eine höhere Biokompatibilität mit niedrigerer Thrombogenität, eine höhere Infektresistenz sowie ein niedrigeres Aktivierungspotential gegenüber den zellulären und plasmatischen Bestandteilen des strömenden Blutes zugeschrieben (97, 130, 153, 170). Um die Vorteile beider Materialien zu kombinieren, entwickelte die Industrie eine so genannte fluoropassivierte Polyesterprothese (16, 43, 72), deren klinischer Nutzen innerhalb einer mul-

tizentrischen Studie sowie im klinikinternen Vergleich mit PTFE zur Überbrückung langstreckiger femoraler Gefäßverschlüsse mit supragenualem Anschluss überprüft wurde.

Trotz der hohen Rate an Begleiterkrankungen traten perioperativ keine Todesfälle auf, in Übereinstimmung mit der Literatur (30-Tage-Letalität 0 bis 2,3 %; 2, 10, 95, 194) stellt somit die femoropopliteale Bypassimplantation ein geringes Risiko dar, was bei der Differenzialindikation zur PTA zu beachten ist. In der Literatur beschriebene Todesfälle sind überwiegend auf kardiovaskuläre Komplikationen zurückzuführen.

Die Überlebensrate des Gesamtpatientengutes mit 75 % nach 5 Jahren deckt sich mit den Angaben der Literatur (69, 131, 147, 157) mit Schwankungen zwischen 49 und 79 %. Hierbei ist für Patienten im Stadium der kritischen Ischämie die Lebenserwartung deutlich unter 50 % reduziert, meist infolge vaskulärer Ereignisse, auch im eigenen Patientengut war die Langzeitüberlebensrate beim Vorliegen einer pAVK IV beziehungsweise eines Diabetes mellitus deutlich eingeschränkt. Infolge eines höheren Anteils an AVK IV-Patienten und Diabetikern in der Fluoropassiv-Gruppe erklärt sich somit auch die niedrigere Überlebensrate von 60,2 % im Vergleich zu 89 % in der PTFE-Gruppe nach 5 Jahren. Im Vergleich zur Normalbevölkerung ist die Absterberate etwa zwei- bis vierfach erhöht (20, 92).

Die Indikationsstellung erfolgte bei 75 % der betroffenen Extremitäten im Stadium der erheblich limitierenden Claudicatio. Obwohl in der angloamerikanischen Literatur eine Operation in diesem Stadium umstritten ist (64), fällt bei der Überprüfung der Studienergebnisse auf, dass mit Ausnahme weniger Untersuchungen dennoch der durchschnittliche Anteil der Eingriffe im Claudicatio-Stadium etwa 40 bis 60 % beträgt. Aufgrund des geringen Spontanrisikos eines Beinverlustes im Stadium II (57, 90, 154) sowie der Gefahr einer Verschlechterung bis hin zur vorzeitigen Amputation nach Bypassverschluss (89) sollte die Indikationsstellung sorgfältig abgewogen werden. Aune (18) berichtet diesbezüglich über eine Serie von 112 im Stadium II mit PTFE operierten Patienten, die aufgrund einer hohen Verschlussrate von 42 % in 2 Jahren gegenüber dem natürlichen Verlauf der Erkrankung eine deutlich erhöhte Amputationsrate aufweisen. Darüberhinaus konnte die erreichte sekundäre Durchgängigkeit nur durch wiederholte Eingriffe erreicht werden.

Unter der Voraussetzung einer regelmäßigen Übungstherapie und Behandlung der Begleiterkrankungen betrug in einer Langzeitbeobachtungsstudie zur konservativen Behandlung von 377 Patienten mit 520 betroffenen Extremitäten die Amputationsrate 2,7 % der Extremitäten, das nach der Life-Table-Analyse geschätzte Risiko für einen im weiteren Verlauf erforderlichen Eingriff lag bei 8,6 %, wobei das Stadium, ein ABI-Index $< 0,5$, ein Diabetes mellitus sowie ein Eingriff der Gegenseite in der Vorgeschichte ein erhöhtes Risiko bedeuteten (47).

Bei der Entscheidung für invasive Therapieformen werden neben den traditionellen objektiven Kriterien zunehmend evaluierte Fragebögen zur Erfassung der individuellen Beeinträchtigungen hinsichtlich des körperlichen und geistigen Wohlbefindens sowie der Auswirkungen auf die soziale Integration und Funktion gefordert (47). In einer schottischen Umfrage bei Claudicatio-Patienten korrelierte die Minderung der Lebensqualität in der Selbsteinschätzung signifikant mit dem Ausmaß der limitierten Gehstrecke, wohingegen keine gute Übereinstimmung bei der Beurteilung der Lebensqualität durch die behandelnden Chirurgen bestand (139). Während einerseits die Erfolgchancen einer konservativen Behandlung durchaus in Frage gestellt werden und eher eine erweiterte Indikationsstellung zu frühzeitigen operativen oder interventionellen Therapieverfahren zur Verbesserung der Lebensqualität gesehen wird (49, 64), wird von zahlreichen Autoren die konservative Behandlung mit Nikotinabstinenz, Behandlung der Risikofaktoren und einem strukturierten Gehtraining als Methode der Wahl im Stadium der Claudicatio angesehen (90, 140, 177).

Die Ergebnisse der interventionell-radiologischen Therapieverfahren können aus mehreren Gründen nicht mit den operativen Behandlungsmöglichkeiten verglichen werden. Die Auswertung der radiologischen Studien lässt vielfach nicht klar definierte Outcome-Kriterien erkennen, wobei zwischen technischem, anatomischem, hämodynamischem und klinischem Erfolg unterschieden wird und häufig eine Diskrepanz dieser Aspekte festzustellen ist (99). Meist werden auch primäre technische Versager sowie Sofortverschlüsse nicht in die Langzeitergebnisse mit einbezogen. Weiterhin können die Krankheitsentitäten nicht miteinander verglichen werden, da transluminale Dilatationsverfahren heute überwiegend bei einem selektionierten Patientengut mit kurzstreckigen Stenosen oder Verschlüssen sowie mit frühen Krankheitsstadien zur Anwendung kommen. Unter diesen guten Bedingungen werden durchschnittliche 1- bis 2-Jahre-Offenheitsraten von 41 bis 59 % berichtet

Offenheitsraten von 41 bis 59 % berichtet (Stanley 1996, Ahn 1997, Albäck 1998, Golledge 1999; Karch 2000; 6, 8, 68, 99, 175), wohingegen im Stadium der kritischen Extremitätenischämie deutlich schlechtere Langzeitergebnisse angegeben werden. Aufgrund seiner eigener Studienergebnisse sowie der Auswertung einer Metaanalyse mit einer durchschnittlichen 1-Jahres-Patency von ca. 15 % bei fortgeschrittenen Krankheitsstadien sowie langstreckigen Verschlussprozessen empfiehlt Parsens (137) hier die Dilatation der femoropoplitealen und -cruralen Strombahn nur bei inoperablen Patienten, da durch PTA-Maßnahmen eher eine Verschlechterung der Gefäßsituation und eine Verzögerung der erforderlichen chirurgischen Therapie resultieren. Auch durch Stent-gestützte Angioplastien konnte keine Verbesserung der Durchgangsraten erzielt werden (6, 38, 86, 182). In 50 % werden mehrfache Re-PTAs erforderlich, so dass insbesondere die dieser Methode zugeschriebene Kostengünstigkeit erheblich in Frage gestellt ist (6, 99).

Während bei infrapoplitealen Bypassrekonstruktionen aufgrund der limitierten Ausstrombahn in ca. 20 % mit Sofortverschlüssen gerechnet werden muss, liegt diese Rate bei supragenualer distaler Anastomose deutlich niedriger im Bereich von ca. 2 bis 6 % (69, 95). Während beim Einsatz von Venengrafts zusätzlich die Qualität und Präparationstechnik mit entscheidend sind, müssen bei Prothesen technische Fehler oder thrombophile Gerinnungsstörungen als Hauptursache angenommen werden. Im eigenen Krankengut traten 3 Sofortverschlüsse auf (7.3 %).

In einem Fall ist bei kombiniertem Bypass- und Beckenarterienverschluss ein Zusammenhang mit der zusätzlich durchgeführten retrograden Becken-TEA anzunehmen, bei je einem Verschluss in beiden Bypassgruppen ist bei vorbestehender freier Ein- und Ausstrombahn und unauffälligen Anastomosenverhältnissen nach Thrombektomie die Ursache letztlich unklar. Bei einer 63-jährigen Frau mit rezidivierenden thromboembolischen Ereignissen muss eine vorbestehende Koagulopathie diskutiert werden, die durch eine Gerinnungsaktivierung infolge des Eingriffes oder durch den Kontakt mit der (Fluoropassiv-)Prothesenoberfläche manifest wurde (41). Nach Thrombektomie einer PTFE-Prothese trat nach 4 Wochen ein erneuter Verschluss auf, auch Belkin (23) berichtet über eine hohe Reverschlussrate nach alleiniger Thrombektomie mit einer 1-Jahres-Patency von 29 % bei unklarer Verschlussursache. Neben einem Laborscree-

ning auf Hyperkoagulopathien bei gefäßchirurgischen Patienten werden zur Vermeidung von Sofortverschlüssen intraoperative Qualitätskontrollen empfohlen. Während Blankensteijn intraoperative Pulskontrollen und die cw-Dopplersonographie des Bypasses und der Anastomosen für ausreichend erachtet, hält Wölfle eine Kontrolle durch Angiographie oder Angioskopie für erforderlich, da (vor allem bei infragenaalen Rekonstruktionen) mit korrekturbedürftigen Defekten von ca. 20 % gerechnet werden muss. (30, 201). Während die aufwändige und komplikationsträchtigere Angioskopie eher bei Venentransplantaten Vorteile bietet, stellt zur Beurteilung der Anastomosen einschließlich der Ein- und Ausstrombahn die DSA eher die Methode der Wahl dar (180).

Bei der Analyse der in der Literatur angegebenen Durchgängigkeitsraten der Bypässe fällt insbesondere in frühen Studien die uneinheitliche Definition und Darstellung der Patencyraten auf. Nach Rutherford (1997; 160) sollten zum eindeutigen Vergleich der Studien standardisierte Begriffe angewandt werden. Die primäre Patency, das heißt die ununterbrochene Durchgängigkeit der Gefäßrekonstruktion ohne nachfolgende Revisionen des Bypasses oder der Anastomosenregionen, zeigt die ureigene, dem primären Verfahren zuzuordnende Durchgängigkeit an. Prozeduren jenseits des Bypasses (z.B. PTA der zu- und abführenden Arterien oder proximale beziehungsweise distale Bypasserweiterungen) zur Behandlung einer Krankheitsprogression der benachbarten nativen Arterien bleiben hierbei unberücksichtigt. Werden sekundäre Revisionen beziehungsweise Dilatationen wegen sich ausbildender Stenosen, Dilatationen oder struktureller Defekte vor Verschluss der Rekonstruktion durchgeführt (so genannte failing grafts), sollte die hieraus resultierende Durchgängigkeitsrate als primär-assistierte Patency angegeben werden. Diese stellt ein Maß für den Nutzen von Überwachungsprogrammen und der daraus abzuleitenden prophylaktischen Operationen dar. Als sekundäre Patency wird die Dauer der wiederhergestellten Durchgängigkeit durch verschiedene Verfahren mit überwiegendem Erhalt des ursprünglichen Bypasses und mindestens einer Anastomose nach Verschluss der primären Rekonstruktion bezeichnet (failed graft). Sie misst die Möglichkeit der Bypasserhaltung sowie die Qualität der durchgeführten Operationsverfahren. Streng zu trennen ist die gelegentlich angegebene so genannte tertiäre Patency unter Einbeziehung von Zweitrekonstruktionen beziehungsweise solchen Maßnahmen, die den genannten Definitionen nicht entsprechen; diese stellt den Gesamterfolg aller chirurgischen Bemühungen zum Erhalt der

Funktion und Integrität der betroffenen Extremität dar, der nur teilweise auf die originäre Revaskularisation zurückzuführen ist. Primäre und sekundäre Raten sind gleichermaßen von Bedeutung, aufgrund der geringen sekundären Prozeduren in der eigenen Studie erfolgen die Ergebnisdarstellung und der Literaturvergleich lediglich anhand der primären Offenheitsraten.

Beim Vergleich beider Bypassgruppen zeigt sich zu allen Zeitpunkten eine bessere Durchgängigkeitsrate in der PTFE-Gruppe mit 78 und 59 % nach 3 und 5 Jahren versus 59 und 40 % in der Fluoropassiv-Gruppe, wobei dieser Unterschied keine statistische Signifikanz erreicht. Als Grund für diese Differenz muss letztendlich die ungleiche Verteilung der Risikofaktoren in beiden Gruppen mit einem deutlich höheren Anteil an AVK IV-Patienten von 38 gegenüber 10 % sowie an Diabetikern von 56 gegenüber 16 % in der Fluoropassiv-Gruppe gesehen werden. Zusätzlich zeigt sich bei generell niedrigen Fallzahlen eine negative Auswirkung einer im Rahmen einer postoperativen Infektion erforderlichen beidseitigen Bypassentfernung in der Fluoropassiv-Gruppe, die definitionsgemäß der Verschlussgruppe zugeordnet wurde.

Beim Vergleich der eigenen Ergebnisse der Fluoropassiv-Gruppe mit der multizentrischen Studie mit Durchgängigkeitsraten von 60,6 % nach einem Jahr sowie 53 % nach 2 Jahren (eigene Studie 75,8 und 59,3 %) wurden im eigenen Patientengut bessere Offenheitsraten erreicht. Hierbei war der Anteil an AVK II-Patienten mit 62 % identisch, hingegen lag die Diabetesrate in der Multicenterstudie mit 17 % deutlich niedriger.

Bei gemeinsamer Betrachtung beider Gruppen unter der Annahme einer statistischen Gleichwertigkeit beider Bypassarten ergeben sich Durchgängigkeitsraten von 68,4 und 48 % nach 3 und 5 Jahren. Bei der Analyse der Literatur zeigt sich infolge einer unterschiedlichen Verteilung der demographischen und typischen Risikofaktoren sowie differierender Indikationsstellungen und bei meist retrospektiv erhobenen Daten eine breite Streuung der berichteten Ergebnisse. In 3 Metaanalysen supragenualer Bypässe errechnet Michaels (1985; 123) bei der Auswertung von 1.615 PTFE-Bypässen eine durchschnittliche Durchgängigkeitsrate von 43,2 % nach 5 Jahren, Louridas (1994; 115) beschreibt Durchgängigkeitsraten für PTFE zwischen 38 und 79 % in unkontrollierten beziehungsweise zwischen 29 und 63 % in kontrollierten Studien, van der Heij-

den (1994; 81) gibt durchschnittliche Offenheitsraten zwischen 39 und 61 % nach 5 Jahren an.

Beim Vergleich mit den beschriebenen 1-, 3- und 5-Jahres-Raten liegen die eigenen Ergebnisse durchweg im mittleren Bereich der angegebenen Durchgängigkeitsraten. Ebenso zeigen sich gleichwertige Ergebnisse im Vergleich zu den unten aufgeführten Studien zwischen 1980 und 2001, die 5-Jahres-Offenheitsraten zwischen 37 und 68 % aufweisen mit einem errechneten Durchschnitt von 49,2 % bei der Auswertung von 19 Studien mit PTFE. Hierunter finden sich 3 Autoren mit Durchgängigkeitsraten über 60 % (63 bis 68 %), wobei diese die Protagonisten des gestuften Revaskularisationsverfahrens bei Durchblutungsstörungen der unteren Extremität darstellen (147, 157, 158). Louridas weist in seiner Sammelstatistik in diesem Zusammenhang darauf hin, dass zahlreiche Studien immer zu Gunsten des jeweilig beurteilten Conduits ausfielen und dass in amerikanischen Studien generell bessere Ergebnisse berichtet werden (115).

In früheren Studien finden sich vielfach keine Angaben zur prognoseverbessernden antikoagulatorischen Nachbehandlung (45, 107), beziehungsweise es wurde keine solche durchgeführt, so dass die Ergebnisse nicht vollständig vergleichbar sind, hinzuweisen ist darauf, dass die Auswertung nach mehreren Jahren vielfach nur anhand weniger Nachbeobachtungen erfolgt.

Die Kennzeichen der wesentlichen Studien sind in folgenden Tabellen wiedergegeben.

Name	Jahr	Studiendesign	Material	Distale Anastomose	Anteil Claudic. %	Studien- größe	Durchgängigkeit primär %				Signif.
							1 Jahr	2 Jahre	3 Jahre	5 Jahre	
Bergan (24)	1982	prosp-random.	PTFE rand.	supragenua		33	82	78 (10)			n.s.
			PTFE oblig.	popliteal		66	75	60 (12)			
			Vene	supragenua		41	82	82 (5)			
McAuley(17)	1984	retrospektiv	PTFE	popliteal	30	127	63		48	40 (k.A.)	
Sterpetti (179)	1985	retrograd	PTFE	supragenua	46	90			62	58(10)	n.s.
			Vene	supra-/infrag.	39	94			79	64(19)	
Tilanus (189)	1985	prosp-random.	PTFE	supra-/infrag.	49	24	42		40	37(4)	p=0.001
			Vene		36	25	92		90	70(7)	
Mosley (127)	1986	retrospektiv	Dacron	supra-/infrag.	33	66	78		56	52(7)	
Rosen (157)	1986	retrospektiv	PTFE/HUV	supragenua	0	59			68(10)		n.s.
			Vene	infrag./tibial	0	75			69(10)		
			staged			8		73(3)			
Veith (194)	1986	prosp-random.	PTFE	supragenua	k.A.	91	83		60	38(5)	p=0.25
			Vene			85	83		75	61(9)	
Quinones-B.(147)	1988	retrospektiv	PTFE	supragenua	42	101	85		77	63(15)	
Budd (33)	1990	retrospektiv	Vene	supragenua	k.A.	31				67(5)	n.s.
			HUV			24				54(2)	
			PTFE			81				49(3)	
Patterson (138)	1990	retrospektiv	PTFE	supragenua	18	138	75		61	54(17)	

Name	Jahr	Studiendesign	Material	Distale Anastomose	Anteil Claudic. %	Studien- größe	Durchgängigkeit primär %				Signif.
							1 Jahr	2 Jahre	3 Jahre	5 Jahre	
Prendiville (146)	1990	retrospektiv	PTFE	supragenual	39	114	87	69	52	42(20)	
Rosenthal (158)	1990	retrospektiv	Dacron PTFE	supragenual	100 100	100 100				57 65	n.s.
Taylor (187)	1990	retrospektiv	Vene	supragenual	k.A.	76	87		76	76(11)	
Z'Graggen (203)	1990	retrospektiv	PTFE Vene	supragenual	0 0	74 40	57 89		50 77	48 77	p<0.01
McCollum (46)	1991	prosp-nichtrand.	Vene HUV/PTFE	supragenual	k.A. k.A.		74(119) 74(71)		65(34) 62(23)		n.s.
Gupta (73)	1991	prospektiv	PTFE	supragenual	k.A.	59	87		78(20)		
Aalders(1)	1992	prosp-randomis.	PTFE HUV	supragenual	83.6 76.6	49 47	80.1 91.4		52.5 86.4	38.7(13) 75.1(23)	p<0.01
O'Riordain (134)	1992	retrospektiv	PTFE	supragenual	0	71	80		55	39(3)	
Pevec (142)	1992	retrospektiv	PTFE Dacron	supra-/infrag.	21 30	85 38	71 75		38 59	27(12) 48(12)	p=0.001
John (93)	1993	retrospektiv	Vene PTFE	supragenual supragenual	k.A.	177 113			62 46	57 41	n.s.
Archie(12)	1994	retrospektiv nicht-random.	PTFE Vene	supragenual		58 157			61 89	54 87	p<0.01

Name	Jahr	Studiendesign	Material	Distale Anastomose	Anteil Claudic. %	Studien- größe	Durchgängigkeit primär %				Signif.
							1 Jahr	2 Jahre	3 Jahre	5 Jahre	
Berlakovich(28)	1994	retrospektiv	Vene alloplast.	supragenua	k.A. k.A.	310 132	84 78		70 58	58 (44) 42 (10)	p=0,018
El-Massry (60)	1994	retrospektiv	Dacron	supragenua	k.A.	175			76	71(60)	
John (93)	1994	retrospektiv	Vene PTFE	supragenua	10 6	177 113	77 73	70 58		57(12) 41(8)	n.s.
Raithel (149)	1994	retrospektiv	PTFE	supragenua	31	667	87		64	52	
Wilson (200)	1995	retrospektiv	Vene PTFE	supragenua	39 39	89 23			70 49		n.s.
Allen (10)	1996	retrospektiv	PTFE Vene	supra./infrag. infragenua	100 100	128/45 66				58/55 60(k.A.)	n.s.
Erasmi (62)	1996	prosp-random.	Dacron PTFE	supragenua	94 86	51 52	70 70	61(4) 48(6)			n.s.
Koch (104)	1996	retrospektiv	Vene PTFE ovines Koll.	supragenua	35 39 17	63 172 112			90 52 56	85(18) 45(18) 39(20)	n.s.
Abbott(2)	1997	prosp-randomis.	Dacron PTFE gesamt	supragenua	k.A. k.A.	112 119 231	74.6 75.9 75.2		61.8(7) 57.0(6) 58.8		n.s.
Woratyla (202)	1997	retrospektiv	PTFE	supragenua	23	438	74		56	50	

Name	Jahr	Studiendesign	Material	Distale Anastomose	Anteil Claudic. %	Studien- größe	Durchgängigkeit primär %				Signif.
							1 Jahr	2 Jahre	3 Jahre	5 Jahre	
			Vene	infragenual	12	875	83		75	67	p=0.01
Hamann (74)	1998	prosp-random.	Vene	supragenual	69	54	85		63(k.A.)		p=0.09
			PTFE		71	63	68		53(k.A.)		
AbuRhama(4)	1999	prospektiv beidseitig	PTFE	supragenual	100	43	83		68	68(14)	n.s.
			Vene			43	100		83	83(17)	
Robinson (156)	1999	prosp-random.	Dacron	supra-/infrag.	60	45	70	56	47(16)		n.s.
			PTFE		58	63	72	52	52(13)		
Aune (18)	2000	retrospektiv	PTFE/Dacr	supragenual	100	112	79	58 (k.A.)			
Burger (34)	2000	prosp-random.	Vene	supragenual	80	75		83			p=0.065
			PTFE		80	76		67			
Devine (56)	2000	prosp-random.	Dacron	supragenual	31	92	75		61(34)		p=0.037
			PTFE		36	90	58		46(25)		
Green (69)	2000	prosp-random.	Dacron	supragenual	58	118	78		65	45(14)	n.s.
			PTFE		60	122	80		63.5	43(10)	
Jackson (89)	2000	retrospektiv	Vene	supra-/infrag.	18	108	78		58		p=0.01
			PTFE	supra-/infrag.	20	81	58		38		
Johnson (95)	2000	prosp-rand.	Vene	supragenual	32.5(ges.)	226	84	81	77	73(47)	p=0.01
			HUV			261	74	70	63.5	53(49)	p=0.01
			PTFE			265	77	69	58	39(39)	

Name	Jahr	Studiendesign	Material	Distale Anastomose	Anteil Claudic. %	Studien- größe	Durchgängigkeit primär %				Signif.
							1 Jahr	2 Jahre	3 Jahre	5 Jahre	
Lang (109)	2001	retrospektiv	PTFE	supragenua	47	618	78	66	59	48(137)	
Stierli (181)	2001	retrospektiv	Vene	supragenua	61	64	96		90	82	
Post (144)	2002	prosp-random.	Dacron	supragenua	40	76	82		70(21)		n.s.
			PTFE		52	65	72		62(13)		
Klinkert (103)	2003	prosp-random.	Vene	supragenua	80	76				75.6	p=0.036
			PTFE		80	75				51.9	

Zahlen in Klammer: at-risk-Fälle
im Intervall

Name	Studiendesign	Material	Dist. Anastomose	Umfang	1 Jahr	3 Jahre	5 Jahre		
Studienübersichten									
Louridas (115)	1994	unkontrolliert	Vene	supragenua	973	70-90	61-80	56-75	
		unkontrolliert	PTFE		1024	66-86	49-80	38-79	
		unkontrolliert	Dacron		352	68-84	65-78	57-78	
		kontrolliert	Vene		968	53-100	53-89	48-88	
		kontrolliert	PTFE		946	56-90	46-76	29-63	
v.d.Heijden (81)	1994	unkontrolliert	TEA	supragenua		58-95	35-75	35-71	
			Vene			79-88	59-74	56-76	
			PTFE			61-81	48-62	39-61	
			HUV			68-90	57-84	60-71	
Michaels (123)	1989	unkontrolliert	PTFE	supragenua	1615				
						durchschnittl. Verschußrate	Jahr 1	Jahr 2-5	Durchschnitt 5 Jahre
							23.5 %	13.3 %	43,20%
			Vene		881	20.2 %	6.2 %	61.8 %	

In größeren Studien der letzten Jahre zeigte Raithel (149) an 667 supragenualen PTFE-Bypässen eine 5-Jahres-Patency von 52 %, Woratyla erzielte an 438 PTFE-Bypässen eine Rate von 50 %, wobei in beiden Studien der Anteil an Claudicatio-Patienten geringer als in der eigenen Studie lag (202). In mehreren kontrollierten, zum Teil prospektiv randomisierten (gegenüber Vene oder Dacron) Studien der letzten 3 Jahre zeigten sich Durchgängigkeitsraten für PTFE zwischen 46 und 63 % nach 3 Jahren und zwischen 39 und 48 % nach 5 Jahren entsprechend den eigenen Ergebnissen (56, 69, 95, 109, 144, 156). Hervorzuheben ist vor allem die Studie von Lang (2001; 144) mit 618 supragenualen Bypässen mit einer Nachbeobachtungszeit von 137 Fällen nach 5 Jahren. Der Anteil an Männern und Hypertonikern ist vergleichbar, die Rate der Indikationsstellung im Stadium II mit 47 % und der Diabetiker mit 44 % war gering verschieden gegenüber der eigenen Untersuchung. Die primären Durchgängigkeitsraten von 77,7 %, 58,9 % und 48,1 % waren mit den eigenen Ergebnissen der Gesamtgruppe in etwa identisch, wobei infolge der besseren Risikoverteilung die eigene PTFE-Gruppe deutlich besser abschnitt. Die sekundäre Patency-Rate lag etwa 5 % über der primären.

Die Untersuchung von Johnson (95) an 265 Bypässen mit 39 Fällen nach 5 Jahren und einem Claudicatioanteil von 33 % zeigt mit der vorauszierten Studie nahezu identische Ergebnisse nach einem und 3 Jahren, die 5-Jahres-Rate ist dem gegenüber reduziert (77 %, 58 %, 39 %).

In der eigenen Studie erfolgte bei einer Gesamtzahl von 18 Bypassverschlüssen in beiden Gruppen lediglich in einem Fall durch Thrombektomie und distale Bypassverlängerung ein sekundärer Erhalt der implantierten Fluoropassiv™-Prothese. In je einem Fall pro Gruppe wurde nach 7 und 13 Monaten nach zuvor erfolglosem cruralem Bypassversuch die Unterschenkelamputation erforderlich, wobei in beiden Fällen bei einem Ausgangsstadium der limitierenden Claudicatio bei zuvor offener Unterschenkelstrombahn ein weitgehend vollständiger Verschluss des cruralen Gefäßquerschnittes beobachtet wurde. Auch in der Literatur wird auf eine Stadienverschlechterung nach Verschluss alloplastischer Prothesen hingewiesen infolge einer Kunststoff-induzierten Arterioskleroseprogression und Aktivierung entzündlicher und Gerinnungsvorgänge (13, 18, 178). Jackson (89) beschreibt bei der Analyse von verschlossenen PTFE-Bypässen gegenüber Venenbrücken bei primärer Vergleichbarkeit der Gruppen

als Folge eines Bypassverschlusses eine Okklusion des distalen Ausflusses bei 53 % der PTFE-Prothesen gegenüber lediglich 10 % bei Venen, es resultiert hieraus eine signifikant höhere Rate an kritisch gefährdeten Extremitäten von 78 % nach Verschluss der alloplastischen Conduits gegenüber 21 % bei Vene. Der Autor führt hierfür als Ursache den meist unerwartet auftretenden Verschluss bei alloplastischen Materialien ohne vorausgegangene hämodynamische Alteration – im Gegensatz zu Venenbypässen mit im Regelfall langsamer Stenoseentwicklung – oder thromboembolische Ereignisse im Zusammenhang mit der erhöhten Thrombogenität von Kunststoffen an. Letzteres konnte im eigenen Patientengut bei einer Frau mit rezidivierenden klinischen Embolien mit angiographisch nachgewiesenen thrombotischen Wandauflagerungen im Bypass beobachtet werden.

Der komplette Verschluss der peripheren Ausstrombahn 1 Jahr nach dem Ersteingriff bei einem 52-jährigen Mann spricht für das Vorliegen einer Hyperkoagulabilität, Levy (112) zeigt anhand einer Studie mit jungen Männern mit frühem Auftreten einer pAVK ein überdurchschnittlich häufiges Zusammentreffen mehrerer Risikofaktoren mit Störungen der Gerinnung (u.a.Mangel proantikoagulatorischer Faktoren, erhöhte Plättchenaggregabilität, Hypofibrinolyse), wodurch ein erhöhtes Risiko für frühzeitige Bypassverschlüsse und Amputationen resultiert.

Zur Behandlung von Bypassverschlüssen werden verschiedene Methoden propagiert. Arterielle Lysen in Kombination mit perkutanen transluminalen Angioplastien und chirurgische Maßnahmen zeigen meist hohe Reverschlussraten, insbesondere bei Prothesenverschlüssen ohne erkennbare Ursache muss mit einer fast 100 %-igen Rethrombosierung gerechnet werden, was auch in einem Fall des eigenen Krankengutes beobachtet wurde (27, 29, 163). Während Aune (18) für sekundäre Verfahren (Thrombektomie, distale Patcherweiterungsplastiken, neuer Bypass) 1-Jahres-Offenheitsraten von 29 % beschreibt, erzielte Quinones-Baldrich (148) in Abhängigkeit von der Methode 3-Jahres-Offenheitsraten zwischen 40 und 55 %, letzteres mit Venen. Durch lokale Maßnahmen erreicht Ascer 3-Jahres-Durchgängigkeitsraten ab der Revision von 52 % für supragenuale im Gegensatz zu nur 13 % für infragenuale Eingriffe, weshalb er für letztere grundsätzlich die Anlage eines neuen Bypasses zu einer unbeeinträchtigten Ausflussstrecke empfiehlt, bevorzugt mit Vene (13). Aufgrund verbesserter Reinterventionsraten für Failing Grafts von 83 % gegenüber 23 % bei verschlossenen

Bypässen nach 2 Jahren empfiehlt der Autor eine umfassende regelmäßige Nachsorge.

In Gegensatz zur cruralen Bypassrekonstruktion, bei der aufgrund der überwiegenden Indikationsstellung im Stadium der kritischen Ischämie der Extremitätenerhalt den Hauptoutcome-Faktor darstellt und das Bypassversagen häufig eine Majoramputation zur Folge hat, führt der Verschluss eines femoropoplitealen Bypasses in deutlich geringerem Ausmaß zum Extremitätenverlust. Da die Amputationsrate überwiegend eine Funktion der Qualität der sekundären Operationen beziehungsweise weiterer Faktoren wie die Progression der Grunderkrankung darstellt, kann sie letztendlich nicht als exaktes Maß für den Erfolg des primären Eingriffes gesehen werden. Darüber hinaus ist gerade beim diabetischen Fußsyndrom bei offenem Bypass mit einer relevanten Rate von Amputationen infolge eines infektbedingten progredienten Gewebeuntergangs zu rechnen (63).

In den Rutherford-Empfehlungen wird deshalb auch die Amputationsrate als Outcome-Kriterium nicht gefordert, auch in der Literatur finden sich eher spärliche Berichte, meist im Zusammenhang mit der Beurteilung sekundärer Operationen.

In der eigenen Studie zeigte sich eine deutliche Diskrepanz von 7 Amputationen in der Fluoropassiv-Gruppe gegenüber einer Amputation in der PTFE-Gruppe. Eine statistisch relevante Abhängigkeit der Amputationsrate vom Bypassmaterial kann jedoch nicht abgeleitet werden, da bei unterschiedlicher Risikoverteilung hinsichtlich des Diabetes mellitus und der fortgeschrittenen Krankheitsstadien von den insgesamt 8 Amputationen sechs bei Diabetikern bzw. bei der Hälfte der AVK IV-Patienten der Fluoropassiv-Gruppe erforderlich wurden. Einmalig war eine infektbedingte Oberschenkelamputation notwendig.

Im Gesamtkollektiv war eine geschätzte Beinerhaltungsrate in allen Stadien von 93 %, 82 % und 79 % nach 1, 3 und 5 Jahren festzustellen, diese Ergebnisse sind weitgehend identisch mit den in der Literatur vorgefundenen Daten. Veith berichtet über geringere Erhaltungsraten von 72 und 70 % nach 3 und 5 Jahren bei PTFE-Bypässen, bei 40 % seiner Patienten erfolgte jedoch ein Anschluss im P3-Segment, wo ungünstigere Langzeitergebnisse zu erwarten sind (194). Hervorragende, gegenüber den übrigen Studien deutlich abweichende Zahlen finden sich in einer großen amerikanischen

Studien bei Woratyła, der bei 438 supragenualen Bypässen mit einem Anteil an kritischer Ischämie von 77 % eine kumulative 5-Jahres-Beinerhaltungsrate von 91 % erreicht. In seiner vergleichenden Studie mit 794 Venenbypässen zum infragenualen poplitealen Segment mit einem 88 %-igen Anteil am Stadium III/IV errechnet er sogar eine Limb Salvage von 95 %, wobei bei statistischer Gleichwertigkeit beider Materialien im Stadium II bei kritischer Ischämie eine signifikante Überlegenheit hinsichtlich Durchgängigkeit und Beinerhaltungsrate zu Gunsten der Vene festgestellt wurde (202). O'Riordain erzielt bei 71 Patienten im Stadium III/IV trotz einer relativ niedrigen Patencyrate von 39 % eine Beinerhaltung bei 77 % seiner Patienten nach 5 Jahren (134). John berichtet über eine Limb Salvage von 73 % nach Implantation supragenualer PTFE-Bypässe nach 3 und 5 Jahren, er weist hierbei beim Vergleich seiner supragenualen Rekonstruktionen mit Vene und PTFE auf eine statistisch nicht signifikante, jedoch deutlich höhere Rate an Oberschenkelamputationen nach Implantation von PTFE-Prothesen hin. Als Ursache führt er die verstärkte Progression der distalen Arteriosklerose und die Einbeziehung der poplitealen und der perigenikulären Kollateralstrombahn in den neointimalen proliferativen Prozess mit der Folge distaler Verschlüsse an, eine Ansicht, die auch von anderen Autoren vertreten wird (3, 93). Berlakovich berichtet über mit der eigenen Studie identische Beinerhaltungsraten von 81 und 78 % nach 3 und 5 Jahren beim Einsatz alloplastischer Materialien, im Vergleich hierzu errechnet er in seiner Studie mit infragenualen Venenbypässen eine höhere, jedoch statistisch nicht signifikante Beinerhaltungsrate von 87 % (28). In allen Studien liegt die angegebene Beinerhaltungsrate deutlich über den primären und sekundären Offenheitsraten.

Im Rahmen der Neuentwicklung der Fluoropassiv™-Prothese als Kombination aus Polyester und Fluoropolymeren sollten auch die Langzeitergebnisse des jeweiligen Grundmaterials zur Überprüfung der Notwendigkeit eines neuen Prothesentyps beachtet werden. Während in den achtziger Jahren für infrainguinale Rekonstruktionen fast ausschließlich ePTFE-Prothesen zur Anwendung kamen, zeigten Rosenthal, El-Massry und Mosley in retrospektiven Studien analoge Durchgängigkeitsraten für Dacron und PTFE zwischen 56 und 51 % nach 5 Jahren, eine retrospektive Studie von 1992 (142) zeigte gar eine signifikante Überlegenheit von Dacron, weshalb aufgrund der Mängel

bei Erhebung retrospektiver Daten in den vergangenen Jahren Vergleichsstudien in randomisiert-prospektiver Form angeregt wurden (60, 127, 158).

In einer deutschen Vergleichsstudie von 250 randomisierten Patienten mit einem AVK II-Anteil von 85 % zeigte sich bei der Auswertung nach knapp 2 Jahren eine vergleichbare primäre und sekundäre Durchgängigkeitsrate beider Materialien, die primären Ergebnisse nach einem Jahr von 70 % in beiden Gruppen lagen dabei unter den Patencyraten der eigenen Studie, die Operations- und Frühletalität entsprach mit 0 % den eigenen Untersuchungen (62).

In der amerikanischen multizentrischen Studie von 1997 (2) sowie in einer australischen Untersuchung von 1999 (156) konnte nach einer Beobachtungszeit von 3 Jahren ebenfalls eine Gleichwertigkeit beider Materialien festgestellt werden. Die primären Patency-Raten aller Bypässe von 75 und 59 % nach 1 und 3 Jahren sowie die Überlebensrate von 77 % nach 3 Jahren in der amerikanischen Studie lagen dabei etwas unterhalb der eigenen Ergebnisse, perioperative Todesfälle traten ebenfalls nicht auf. Der Autor stellte signifikant schlechtere Langzeitergebnisse bei jüngeren und rauchenden Patienten fest, wobei eine Koinzidenz beider Faktoren bestand, so dass bei dieser Untergruppe bei bestehender Claudicatio eher ein abwartendes konservatives Verhalten empfohlen wird. Darüber hinaus zeigte sich eine deutlich bessere Durchgängigkeit für Prothesendurchmesser von 7 oder 8 mm.

Die Offenheitsraten von Robinson (47 bzw. 52 % nach 3 Jahren) lagen unter den eigenen Ergebnissen, wobei allerdings etwa 1/3 der Bypässe unterhalb des Kniegelenkes angeschlossen waren und der Autor eine deutliche, jedoch nicht signifikante Differenz der Durchgängigkeit beim Vergleich der supra- und infragenualen poplitealen Bypässe feststellte.

Devine konstatierte in einer multizentrischen Vergleichsstudie von 180 Bypässen mit einer Nachbeobachtungszahl von 34 beziehungsweise 25 Fällen nach 3 Jahren eine signifikant bessere Durchgängigkeit für die in der Studie angewandte heparin-impregnierte Dacron-Prothese mit 1- und 3-Jahres-Patency-Raten von 75 und 61 % gegenüber PTFE mit 58 und 46 %, der Anteil der Patienten mit kritischer Ischämie lag gegenüber den eigenen und den vorgenannten Studien höher, der Autor stellte jedoch keine Abhängigkeit der Patency vom Ausgangsstadium fest, weist aber auf sehr schlechte 3-Jahres-Durchgängigkeitsraten in einer separaten Analyse der infragenualen Bypässe zwischen 15 und 20 % für beide Materialien hin (56).

Die Amputationsrate nach 3 Jahren mit 9,3 % liegt ebenso wie in den anderen Studien niedriger als im eigenen Patientengut mit 19,5 % (56, 69, 156). Mc Collum berichtete aber über Amputationsraten bis zu 22 % in seiner PTFE-Gruppe, auffällig ist hierbei eine hohe Amputationsrate von 18 % der Patienten, die im Stadium der limitierenden Claudicatio mit PTFE-Prothesen versorgt wurden, im eigenen Krankengut lag diese Rate niedriger bei 13 %. Die Rate an Oberschenkelamputationen nach Bypassverschlüssen war mit 8 % relativ hoch (unter Einbeziehung von 14 % infragenualer Bypässe), wohingegen in der eigenen Studie lediglich eine Oberschenkelamputation nach infektbedingtem Prothesenverlust erforderlich wurde (46).

Auch die 2002 veröffentlichte multizentrische deutsche Vergleichsstudie zwischen unbeschichtetem Dacron und dünnwandigem PTFE zeigte mit der eigenen Studie vergleichbare Ergebnisse mit Offenheitsraten von 70 und 62 % nach 3 Jahren ohne statistisch signifikanten Unterschied (144).

Die 5-Jahres-Aufarbeitung der oben genannten nordamerikanischen Above-knee Femoropopliteal Study Group (2) erbrachte gleichwertige Durchgängigkeitsraten von 45 versus 42 % für Dacron beziehungsweise PTFE. Darüber hinaus bestätigt sich die signifikant bessere Offenheitsrate für Prothesen mit einem Durchmesser von mehr als 7 mm. Aufgrund der Beobachtung, dass die meisten Bypassverschlüsse sich infolge distaler Anastomosenprobleme ereignen, schlussfolgert der Autor, dass die Durchgängigkeit nicht so sehr von der Strömungsgeschwindigkeit innerhalb des Bypasses abhängt, sondern vielmehr von den relativ geringeren Auswirkungen der neointimalen Hyperplasie auf eine höherlumige Anastomose. Aufgrund der ungünstigen Langzeitoffenheitsraten bei jüngeren Patienten wird insbesondere im Stadium der Claudicatio vom Einsatz prothetischer Materialien abgeraten (69).

Zusammenfassend ergibt sich aufgrund der zahlreichen Studienergebnisse in Übereinstimmung mit den eigenen Zahlen eine Gleichwertigkeit beider Materialien, auch durch eine Materialkombination kann eher keine durchgreifende Verbesserung erwartet werden. Die Wahl des Prothesenmaterials für supragenuale Rekonstruktionen ist somit in Abhängigkeit von den Kosten, dem Handling der jeweiligen Prothese sowie den individuellen Vorlieben des Chirurgen zu treffen. Die Kostenseite spricht, vor allem beim Einsatz unbeschichteter Dacron-Prothesen, unabhängig von der Möglichkeit der Restерilisierbarkeit, für den Einsatz von Polyesterprothesen. Die Wertschätzung des Hand-

lings ist sicher individuell zu sehen, da beide Materialien diesbezüglich Vor- und Nachteile aufzeigen.

Indiskutabel in dieser Hinsicht war die in der eigenen Studie angewandte Fluoropassiv™-Prothese aufgrund ihrer erheblichen Steifheit und Rigidität bei der Anpassung und Naht der Anastomose sowie dem zu beobachtenden Ausfransen beim Zuschneiden, so dass sowohl in der eigenen als auch in der multizentrischen Studie die Anwendung frühzeitig aufgegeben wurde.

Zu überprüfen ist der langfristige Erfolg höherlumiger Dacron-Prothesen. Bezüglich eventueller unterschiedlicher Komplikationsraten für beide Prothesenarten finden sich in den genannten Studien keine Hinweise.

Beim Prothesenvergleich für supragenuale Rekonstruktionen sollte die humane Umbilicalvene nicht unerwähnt bleiben, obwohl ihr ungünstiges schwierigeres Handling gegenüber PTFE sowie ihr theoretisches Risiko für aneurysmatische Degenerationen im Langzeitverlauf eine breitere Anwendung verhinderten (52, 81). In einer multizentrischen Studie von Mc Collum mit 191 randomisierten femoropoplitealen Bypässen zeigte sich eine gleiche primäre Durchgängigkeitsrate von PTFE und HUV-Prothesen bis zu 3 Jahren, wobei für die homologe Vene nach Thrombektomie sogar eine statistisch signifikant bessere sekundäre Patency erzielt werden konnte (46).

In einer holländischen, prospektiv randomisierten Studie von 96 Bypässen mit einem 80 %-Anteil von Claudicatio-Patienten stellte Aalders sogar eine deutliche statistische Signifikanz zu Gunsten der humanen Umbilicalvene fest bei einer 6-Jahres-Patency von 72 % gegenüber 39 % für PTFE. In 3 von 47 Bypässen mit HUV musste dabei eine Korrektur aufgrund einer aneurysmatischen Dilatation erfolgen. Der Autor weist weiter darauf hin, dass die Amputationsrate nach Verschluss der PTFE-Prothese in der Studie doppelt so hoch lag wie bei der HUV, ohne dafür jedoch eine Erklärung geben zu können (1).

Auch Johnson (95) berichtet in seiner großen multizentrischen randomisierten amerikanischen Studie über eine signifikant bessere Durchgängigkeit für die Umbilicalvene gegenüber PTFE (5-Jahres-Patency 53 % gegenüber 39 %). Die Infektionsrate lag für HUV höher, in einem Fall von ursprünglich 261 HUV-Bypässen war eine Revision aufgrund eines Aneurysmas erforderlich.

Die Beurteilung des Einflusses des Graftmaterials sowie weiterer Faktoren auf die Bypassdurchgängigkeit sowie die Amputationsraten ist aufgrund der multifaktoriellen Abhängigkeiten schwierig, was sich in den häufig unterschiedlichen Literaturangaben widerspiegelt. Lediglich für distale Anastomosen oberhalb des Kniegelenkes gegenüber einem infragenualen Anschluss sowie für autologe Venenmaterialien gegenüber alloplastischen Prothesen bei infragenualen Bypassrekonstruktionen ist ein günstiger Effekt auf die Langzeitoffenheitsrate statistisch gesichert und allgemein akzeptiert. Hierbei ist die Tatsache zu beachten, dass gerade für Langzeitbeobachtungen die Progression der Arteriosklerose, die überwiegend für Spätverschlüsse nach dem zweiten Jahr verantwortlich gemacht wird, eine dynamische, nicht voraussehbare Entwicklung unter dem Einfluss zahlreicher Risikofaktoren beziehungsweise deren Behandlungsqualität erfährt, die in der gefäßchirurgischen Nachsorge kaum erfassbar ist.

Während bei supragenualen Bypassrekonstruktionen mehrere Autoren sowohl für Venen als auch für Kunststoffprothesen keine Einflussfaktoren feststellen konnten (4, 12, 56), zeigen zahlreiche Literaturstellen eine signifikant erniedrigte Patencyrate beim Vorliegen einer extremitätenbedrohenden Ischämie (28, 109, 115, 144, 147, 156). Hervorzuheben ist hierbei die große holländische Studie zur Überprüfung der postoperativen Antikoagulation an 2650 Patienten mit infrainguinalen Bypässen, die neben dem Stadium der PAVK auch das weibliche Geschlecht, einen reduzierten peripheren Ausstrom sowie nicht venöses Graftmaterial (auch bei supragenualen Bypässen) als unabhängige Risikofaktoren identifizierte (186). Auch im eigenen Patientengut stellte sich ein deutlicher Unterschied bei der Offenheitsrate von 62 % nach 4 Jahren im Stadium II gegenüber 16 % im Stadium IV dar, die Amputationsrate war deutlich verschieden. Post und Berlakovich zeigten in der multivariaten Analyse ebenfalls einen signifikanten Zusammenhang zwischen Amputationsrate und Ausgangsstadium (28, 144).

Der Einfluss des peripheren Ausstroms wird sehr kontrovers diskutiert, was unter anderem auf die unterschiedlichen Beurteilungskriterien anhand zahlreicher Scoresysteme zurückzuführen ist. Während in früheren Studien lediglich die Anzahl der offenen Unterschenkelgefäße erfasst wurde, empfiehlt Rutherford ein differenziertes Punktesystem anhand des präoperativen Angiographiebefundes, dessen Nutzen jedoch umstritten ist. In einer klinischen Studie fand Takolander keinerlei Korrelation zwischen dem SVS/ISCS-Scoring-System (160) der nordamerikanischen Gesellschaften und den

Durchgängigkeitsraten nach einem Jahr (185). In einer Studie zum Vergleich des genannten Scores mit dem intraoperativ gemessenen peripheren Gefäßwiderstand fand Heise ebenfalls keinen sicheren Zusammenhang, was er damit begründet, dass die Beurteilung des angiographischen Befundes zahlreichen Fehlerquellen unterliegt und letztendlich auch keine Rückschlüsse auf funktionelle Zusammenhänge zulässt (83). Ascer führt in diesem Zusammenhang an, dass die Bestimmung des peripheren Widerstandes bezüglich der Langzeitoffenheitsrate nur für femorodistale Rekonstruktionen eine signifikante Aussagekraft besitzt, wohingegen für femoropopliteale Bypässe nur ein Trend beobachtet werden konnte, zusätzlich zeigt er eine verbesserte Patency von Venengrafts gegenüber Kunststoffprothesen bei erhöhtem peripherem Widerstand auf (14).

Im eigenen Patientengut konnte bei Anwendung des oben genannten Scores eine knapp 20 %-ige höhere Durchgangsrate bei guter Ausstrombahn festgestellt werden, was auch den Beobachtungen zahlreicher anderer Autoren entspricht (28, 33, 60, 115, 144, 156, 186), die sich überwiegend auf Untersuchungen prothetischer Materialien beziehen. Während in der eigenen Studie keine wesentliche Differenz bei der Betrachtung der Amputationsraten – jedoch mit Trend zu Gunsten des guten Ausstromes – zu erkennen war, konnten Post und Berlakovich in der multivariaten Analyse einen signifikanten Zusammenhang darstellen (28, 144).

In der eigenen Studie war der Diabetes mellitus der prognostisch ungünstigste Faktor bezüglich Bypass- und Beinerhaltungsrate, wobei jedoch auf die überwiegende Koinzidenz mit einem fortgeschrittenen Stadium der pAVK sowie auf eine erhöhte Absterberate mit geringer Nachuntersuchungsrate am Ende des Nachbeobachtungszeitraumes hingewiesen werden muss.

Eugster fand bei der Auswertung von 220 im Stadium der kritischen Ischämie durchgeführten infrainguinalen Rekonstruktionen, die allerdings sämtlich mit autologen Venen durchgeführt wurden, zwar keine statistische Differenz bezüglich der Patencyraten (60 versus 45 % nach 5 Jahren), jedoch einen signifikanten Unterschied der Beinerhaltung von 95 % in der Nicht-Diabetiker-Gruppe gegenüber 75 % in der Diabetiker-Gruppe. Als Ursache hierfür zeigte sich eine erhöhte Amputationsrate bei offenem Bypass bei Diabetikern aufgrund persistierender infizierter Gewebeläsionen. Bei einem Anteil von nur 42 % femoropoplitealer Rekonstruktionen zeigt sich letztendlich eine erstaunlich niedrige Amputations- und Verschlussrate, die in der Literatur allgemein höher be-

schrieben wird (63). Berlakovich (28) konnte ebenfalls eine signifikant schlechtere Durchgängigkeitsrate beim Vorliegen eines Diabetes mellitus feststellen, andererseits wurde jedoch in Studien anderer Autoren insbesondere bei der multivariaten Analyse ein Zusammenhang ausgeschlossen (2, 33, 69).

Gerade bei konservativer Behandlung der intermittierenden Claudicatio wird die Nikotinabstinenz als Grundvoraussetzung für den Langzeiterfolg angesehen, bei operierten Patienten finden sich bezüglich des Einflusses des Nikotinabusus in der Literatur unterschiedliche Angaben. Während Abbot, Budd und Green (2,33, 69) keinen Zusammenhang sehen, stellt Sayers den fortgesetzten Nikotingenuss als einzigen signifikanten prädiktiven Faktor für Patency- und Amputationsrate in der multivariaten Analyse fest, auch Aalders und Mc Collum fanden einen gesicherten Zusammenhang (1, 46, 165). Die Ergebnisse der eigenen Studie sind nicht zu verwerfen, da sich ein überdurchschnittlicher Anteil von Diabetikern in der Nichtrauchergruppe befand, so dass sich ein scheinbarer Vorteil für Raucher ergibt.

Die Life-Table-Analyse für das Geschlecht zeigt in der eigenen Studiengruppe bei gleichen Beinerhaltungsraten eine deutlich verminderte Bypassöffenheitsrate bei Frauen im Langzeitverlauf, wobei bereits auf die Problematik der geringen Nachbeobachtungen nach 5 Jahren hingewiesen wurde. Während Green keinen Geschlechterunterschied feststellte, zeigte sich in der zitierten holländischen Studie bei der multivariaten Analyse das weibliche Geschlecht als Risikofaktor für einen vorzeitigen Bypassverschluss, was mit dem generell höheren Alter der Frauen begründet wird (69, 186).

Als weitere, die Bypassdurchgängigkeit beeinflussende Faktoren, die jedoch in der eigenen Studie keine Betrachtung fanden, sind die Einnahme thrombozytenaggregationshemmender Medikamente, das Alter sowie der Prothesendurchmesser zu nennen. In mehreren Studien wurden auf die signifikanten Unterschiede sowohl hinsichtlich Bypassdurchgängigkeit als auch Überleben in Abhängigkeit von der regelmäßigen Einnahme eines Thrombozytenaggregationshemmers beziehungsweise der Durchführung einer Antikoagulation hingewiesen (1, 28, 46), so dass im Rahmen der gefäßchirurgischen Nachsorge auch nach der Medikamentencompliance gefragt werden sollte. Lang und Green wiesen auf das ungünstige Outcome vor allem jüngerer (und rauchender) Patienten hin, weswegen insbesondere im Stadium II die Indikation kritisch überdacht

werden sollte. Die Vorteile der Anwendung größerer Prothesendurchmesser sollte im Langzeitverlauf überprüft werden (2, 69, 109).

Als klassische Outcome-Kriterien revaskularisierender Verfahren werden allgemein die Offenheits- und Beinerhaltungsraten sowie die Überlebensraten angegeben. Zur Beurteilung des Erfolges wird zunehmend auch die Erfassung der individuellen Auswirkungen auf die Gehfähigkeit, die Lebensqualität sowie den sozialen Status empfohlen. So zeigte z.B. Nicoloff in einer Studie an 112 Patienten nach infrainguinalen Bypassen zur Beinerhaltung, dass lediglich bei 14,3 % ein ideales Ergebnis ohne chirurgische Komplikationen mit rascher Abheilung der Gewebeläsionen sowie langfristiger Beschwerdefreiheit beobachtet werden konnte. Extremitätenerhalt und Gehfähigkeit waren häufig nur auf Kosten wiederholter Operationen und Krankenhausaufenthalte sowie langfristiger ambulanter Behandlungen wegen persistierender Wundheilungsstörungen möglich (131).

Innerhalb des 1-Jahres-Zeitraumes musste im eigenen Krankengut bei einer Patientin im Stadium IV mit Bypassverschluss und persistierenden Wundheilungsstörungen nach zweimonatigem Krankenhausaufenthalt eine Unterschenkelamputation durchgeführt werden, eine weitere Patientin im Stadium II wurde nach viermaliger operativer Revision zuletzt amputiert, beide erreichten jedoch eine ausreichende Gehfähigkeit mit Prothese. Mit Ausnahme einer weiteren Amputation nach Bypassinfekt konnten die übrigen Extremitäten im Stadium der kritischen Ischämie erhalten werden, die erreichte Gehfähigkeit wird von insgesamt 21 Patienten (entsprechend 57 %) als sehr gut beschrieben.

Schwerwiegende Komplikationen im Zusammenhang mit der femoropoplitealen Bypassimplantation waren in 2 Fällen in Form eines tiefen Bypassinfektes zu beobachten (4,8 %), einmalig wurde eine Hämatomausräumung infolge einer nicht anastomosenbedingten Nachblutung erforderlich, oberflächliche Wundheilungsstörungen mit Lymphfisteln und partieller Wunddehiszenz traten in 3 Fällen auf (7,3 %).

Johnson beschreibt in seiner Studie mit 135 infrainguinalen Bypassen in 16 % oberflächliche Hautnekrosen beziehungsweise Wundheilungsstörungen, die durch lokale Behandlungsmaßnahmen beherrscht werden konnten. In 2 % lag ein tiefer Protheseninfekt vor, nach Literaturangaben muss in etwa 2 bis 6 % mit tiefen Infektionen nach infrainguinalen Rekonstruktionen gerechnet werden (122, 206).

Signifikanter prädisponierender Faktor für das Auftreten von Wundheilungsstörungen beziehungsweise insbesondere für Protheseninfektionen war die Art des Bypassmaterials, Venentransplantate zeigten signifikant geringere Infektraten (94).

Bei beiden im eigenen Patientengut auftretenden tiefen Bypassinfekten waren Fluoropassiv™-Prothesen betroffen, aufgrund der geringen Fallzahl sowie der ungleichen Risikoverteilung in den Prothesengruppen können hieraus jedoch keine Schlussfolgerungen gezogen werden. Im Zusammenhang mit der Tatsache, dass die Fluoropassiv™-Prothese als Grundmaterial überwiegend aus Polyester besteht, zeigte Harris, dass poröse hydrophile Polyesterprothesen eine höhere Bindungskraft für Bakterien besitzen als glatte hydrophobe und elektronegativ geladene Materialien wie Silikon oder PTFE, Dacron wird deswegen generell eine höhere Infektrate zugeschrieben (77). Aufgrund des guten Einheilungsverhaltens der Fluoropassiv™-Prothese konnte aber im Falle eines umschriebenen Infektes der distalen Anastomosenregion der Bypass durch lokale offene Wundbehandlung erhalten werden.

Mertens empfiehlt bei Protheseninfekten eher die vollständige und frühzeitige Entfernung mit nachfolgender extraanatomischer oder autologer In-situ-Rekonstruktion, da hierbei nur in 13 % Reeingriffe erforderlich waren, hingegen in 82 % bei inkompletter Entfernung (122). Diese Erfahrung zeigte sich auch bei dem bereits erwähnten Patienten, bei dem nach mehreren operativen Erhaltungsversuchen zuletzt trotz vollständiger Entfernung aller Bypässe einschließlich einer proximalen aortobifemoralen Prothese mit vollständiger autologer In-situ-Rekonstruktion rezidivierende Anastomosenblutungen bei massiver Infektsituation die zentrale Gefäßligatur mit nachfolgender Oberschenkelamputation notwendig machten. Hauptproblem in diesem Fall war zunächst die Diagnose einer Protheseninfektion, da bei primär steriler Kultur und klinischem Aspekt einer Perigraft-Reaktion ein konservativer Behandlungsversuch gerechtfertigt erschien. Auch Olofsson weist in diesem Zusammenhang auf die bei negativem bakteriellem Befund häufig schwierige Diagnosestellung hin, da letztendlich die Pathogenese – unvollständige Einheilung infolge akuter Entzündungsreaktionen der perivaskulären Gewebe als Voraussetzung der Infektion versus primäre Infektion mit der Folge der Prothesenseparation – nicht geklärt ist. Selbst histologisch kann vielfach keine sichere Differenzierung erfolgen, so zeigte der Autor, dass in 25 % der gesicherten klinischen Infekte keine zellulären Entzündungsreaktionen vorlagen (133).

Ein arterieller Gefäßersatz gleich welcher Herkunft bleibt auch unter den besten Bedingungen ein unphysiologisches Überbrückungsmaterial, durch diskrepante Compliance und fehlende beziehungsweise selbst bei der Vene eingeschränkte biologische Funktionen, durch Verletzungen der Arterienwand infolge Präparation, Naht und möglichen Klemmschäden, durch Aktivierung plasmatischer und zellulär vermittelter Entzündungs- und Reparationsvorgänge sowie durch Wegfall des protektiven Effektes vorgehalteter Verschlüsse mit daraus resultierender distaler Progression der Arteriosklerose muss bei allen Gefäßersatzmaterialien von relevanten Verschlussraten ausgegangen werden.

Während die besten Ergebnisse bei arteriellen Rekonstruktionen unterhalb des Leistenbandes und hier insbesondere unterhalb des Kniegelenkes unbestritten mit autologen Venen erzielt werden, ist die Wahl des Bypassmaterials für femoropopliteale Erstbypässe oberhalb des Kniegelenkes weiterhin umstritten. So berichten zahlreiche Studien insbesondere in den achtziger Jahren über gute, der Vene annähernd gleichwertige Offenheitsraten vorwiegend in den ersten Jahren nach Implantation eines supragenualen Bypasses, bevorzugt bei so genannten guten Risiken bei Claudicatio-Patienten und guter peripherer Ausstrombahn (24, 147, 179). Obwohl gerade bei längerfristiger Beobachtung auch bei femoropoplitealen P1-Bypässen sich die Überlegenheit der Vene darstellte, konnte nur für wenige dieser Studien eine statistische Signifikanz festgestellt werden. In einer prospektiven randomisierten Studie von relevanter Größe bei multizentrischer Untersuchung von Bergan 1982 beziehungsweise als Folgebericht von Veith 1986 (24, 194) unter Einbeziehung von 485 poplitealen, davon 176 supragenualen und 360 infrapoplitealen Bypässen bei einem Anteil von 90 % mit kritischer Ischämie über einen Beobachtungszeitraum von 6 Jahren zum Vergleich der primären Patency zwischen autologer Vene und PTFE (primär assistierte Offenheitsraten, d.h. erfolgreiche Interventionen von Failing Grafts, wurden ausgeschlossen) zeigte Veith einerseits ein signifikant schlechteres Abschneiden der infragenualen beziehungsweise -poplitealen Rekonstruktionen, andererseits erbrachte der Vergleich der randomisierten supragenualen Bypässe einen zwar eindeutigen, jedoch nicht statistisch signifikanten Unterschied (4-Jahres-Offenheitsrate autologe Vena saphena 61 %, PTFE 38 %, $P > 0,25$). Trotz der erheblich limitierten Fallzahl von 9 versus 5 nachuntersuchten von ursprünglich 176 Rekonstruktionen nach 4 Jahren wurde die fehlende statistische Signifikanz als Beweis der „Gleichwertigkeit von Vene und PTFE“ angesehen. In seinen Ausführungen geht Mills darauf ein, dass hier im Rahmen eines statisti-

schen Fehlers zweiter Ordnung eher von einer falsch negativen Schlussfolgerung auszugehen ist (124). Darüber hinaus konnte eine gleiche 4-Jahres-Beinerhaltungsrate für alle poplitealen Eingriffe im Stadium III/IV (Vene 75 %, PTFE 70 %) festgestellt werden, bei PTFE allerdings auf Kosten wiederholter Eingriffe. Die Tatsache, dass Vene und Prothese in den ersten 18 bis 24 Monaten weitgehend gleiche Verschlussraten aufweisen und danach ein deutlicher Anstieg von Prothesenverschlüssen zu beobachten ist, lässt den Autor auf eine durch das alloplastische Material hervorgerufene beschleunigte Progression der Arteriosklerose rückschließen, die für die Mehrzahl der Bypass-Verschlüsse in seiner Studie verantwortlich ist. Auch weitere Autoren konnten bei initial gleichwertiger Versagerrate im weiteren Verlauf eine durchschnittlich höhere Verschlussrate für PTFE gegenüber der Vene aufzeigen (Verschlussrate 1. Jahr für Vene 23,5 %, PTFE 20,2 %; in den Folgejahren für Vene 6,2 % jährlich, für PTFE 13,3 %; 123, 200). Aufgrund ihrer Ergebnisse unterstützen Veith und Bergan die Anwendung von PTFE bei Fehlen einer adäquaten Vene, empfehlen jedoch bei vorhandener Vene den primären Einsatz nur für Patienten mit kurzfristiger Lebenserwartung.

Bereits 1982 weist Bergan darauf hin, dass die überwiegend retrospektiven und nicht randomisierten vergleichenden Studien aufgrund der Unterschiede in den Patientenpopulationen, den OP-Indikationen, den chirurgischen Techniken und Anastomosenhöhen sowie in der Datenerhebung kaum vergleichbar sind, um daraus nach heutigem Stand der statistischen Auswertung evidenzbasierte Empfehlungen ableiten zu können. Erschwerend wirken sich für die Auswertung die häufig erforderlichen Stratifikationen in weitere Untergruppen aufgrund der beeinflussenden Variablen und die hohe Absterberate des Patientengutes aus, wodurch statistisch signifikante Differenzen, sofern sie überhaupt existieren, schwierig festzustellen sind. Beim Vergleich zwischen Vene und alloplastischen Prothesen sind diese frühestens nach 3 Jahren zu erwarten (24).

Aufgrund ihrer Studienergebnisse propagierten Sterpetti 1985 und Rosen 1986 das Konzept der gestuften infrainguinalen Rekonstruktion (157, 179). Bei statistisch nicht signifikanten Unterschieden zwischen Vene und PTFE empfehlen sie die Kunststoffprothese für den primären supragenualen Bypass, um so für den Fall eines Verschlusses die Vene für dann häufig erforderliche infragenuale Rekonstruktionen aufzusparen, wo diese signifikant verbesserte Durchgängigkeitsraten gegenüber alloplastischen Prothesen aufweist. Als weitere Vorteile werden der Erhalt der Vene für koronarchirurgische Eingriffe, die verkürzte Operationszeit gerade bei polymorbiden Patienten sowie

eine geringere Invasivität bei fehlender Venenentnahme aufgeführt. Der Nutzen der aufgesparten Vene ist jedoch bis zum heutigen Tage umstritten. Sterpetti vergleicht in einer retrospektiven Analyse 90 supragenuale PTFE-Rekonstruktionen mit einer 5-Jahres-Patency von 58,3 % (Stadium II 75 %, Stadium III/IV 41 %) mit einer zeitgleichen, nicht randomisierten Serie von 17 supra- und 77 infragenualen (!) Venenbypässen mit einer statistisch nicht signifikant differenten 5-Jahres-Offenheitsrate von 63,5 beziehungsweise 65,6 % (179). Bei der Gesamtzahl von 184 Eingriffen werden insgesamt 20 distale Bypässe sekundär erforderlich (10.8%), hierbei ist in 7 von 8 PTFE-Verschlüssen eine Vene verfügbar, jedoch nur in einem von 12 Venenbypassverschlüssen. Die 3-Jahres-Patency für sekundäre Revaskularisationen der primären PTFE-Gruppe wird mit 58,3 %, die der ursprünglichen Venengruppe mit 16,7 % angegeben. Aufgrund der Ergebnisse wird der primäre PTFE-Einsatz supragenual bei guten Bedingungen im Stadium II empfohlen.

Rosen vergleicht in einer retrospektiven, nicht randomisierten Studie 51 supragenuale PTFE-Bypässe mit 75 infragenualen poplitealen und tibialen (!) In-situ-Venenbypässen und 8 gestufte Rekonstruktionen. Sowohl die sekundäre Patency als auch die Beinerhaltungsrate der PTFE- und Venengruppe waren statistisch nicht different gegenüber der gering besser ausfallenden „Staged“-Gruppe (Beinerhaltungsrate PTFE 73 %, In-situ-Vene 78 %, gestufte Revaskularisation 87 %). Nach Verschluss von 19 der 51 PTFE-Bypässe wird in 4 Fällen eine sekundäre infragenuale Rekonstruktion erforderlich (157).

Die Aussage beider Studien wird limitiert durch den nicht korrekten Vergleich bei verschiedenen distalen Anastomosenhöhen, durch die retrospektiven Betrachtungen und vor allem durch die geringen Beobachtungszahlen nach 3 und 5 Jahren.

In einer retrospektiven Analyse der Langzeitresultate von 101 supra- und 46 infragenualen PTFE-Bypässen an 120 Patienten erzielt Quinones-Baldrich eine signifikant bessere 5-Jahres-Patency beim P1-Anschluss gegenüber P3 sowie beim Claudicatio-Patienten (147). Bei 49 Verschlüssen erfolgt in 39 Fällen, davon 15 Extremitäten nach vorausgegangenem Stadium der limitierenden Claudicatio, 10 Mal eine sekundäre Operation mit der aufgesparten Vene in Form eines neuen Bypasses oder einer distalen Verlängerung im Sinne eines Kombinationsbypasses, bei 29 Patienten wurde eine Thrombektomie mit oder ohne Patch, eine Bypassverlängerung oder ein gänzlich neuer Bypass mit Kunststoff durchgeführt. Trotz der Nichtvergleichbarkeit der durchgeführ-

ten Revisionseingriffe in beiden Gruppen und der geringen Nachbeobachtungszahl nach 4 Jahren (1 Patient der Venengruppe, 2 Patienten der PTFE-Gruppe) erfolgte eine statistische Auswertung, wobei der Unterschied der Patency der Sekundäroperationen nach 4 Jahren mit 18 % für PTFE im Vergleich zu 70 % bei der Vene Signifikanzniveau zeigt, nicht jedoch die Beinerhaltungsrate von 29 gegenüber 67 % nach 3 Jahren. Zu kritisieren ist, dass bei der Angabe der Durchgängigkeitsraten jeweils nur die Patency des Zweiteingriffes isoliert berücksichtigt wird, so dass bei fehlender Angabe über den Zeitpunkt des Verschlusses des primären Bypasses nicht auf die Gesamt-Patency (= tertiäre Patency) rückgeschlossen werden kann. Der Autor empfiehlt dennoch den primären Gebrauch von PTFE in supragenualer Position, vorwiegend bei kritischer Extremitätenischämie sowie bei älteren Claudicatio-Patienten mit limitierter Lebenserwartung. Dahingegen sieht er bei jungen Patienten im Stadium II im Gegensatz zu den vorgenannten Autoren aufgrund der höheren primären Durchgängigkeit die Vene als erstes Bypassmaterial an, ohne dies jedoch weiter zu begründen.

In einer Studienübersicht von Moore 1991 errechnet der Autor zwar eine durchschnittlich höhere 5-Jahres-Offenheitsrate von 67 % für die autologe Vene gegenüber 55 % für PTFE, weist jedoch auf den häufig unzulässigen Vergleich der Studien aufgrund verschiedener, unabhängig vom Material vorliegender, die Bypassdurchgängigkeit beeinflussender Faktoren hin. Unter Verweis auf die vorzitierten Untersuchungsergebnisse bekräftigt er nochmals das Prinzip der gestuften Revaskularisation bei infrainguinalen Durchblutungsstörungen (126).

Obwohl in keiner dieser Studien der wissenschaftliche Beweis für die Überlegenheit des gestuften Verfahrens erbracht wurde, hat sich bei vielen Gefäßchirurgen dieses Konzept durchgesetzt. Auch John (93) zeigte 1993 beim Vergleich von 113 PTFE- mit 177 Venenbypässen in supragenualer Position eine statistisch gleichwertige Durchgängigkeitsrate nach 6 Jahren von 57 % für Vene gegenüber 41 % für PTFE bei annähernd zahlengleichen Beinerhaltungsraten. Der Autor weist jedoch in seinem Patientengut auf eine höhere Rate an Oberschenkelamputationen (50 versus 34 %) nach Verschluss von PTFE-Bypässen hin, was er auf die unterschiedlichen biologischen Auswirkungen und Verschlussursachen beim Einsatz von Kunststoffmaterialien zurückführt.

In einer Studie von Patienten mit Claudicatio-Symptomatik vergleicht Allen 128 supragenuale PTFE-Rekonstruktionen mit 66 autologen PIII-Bypässen und zeigt eine gleiche

Patency für beide Materialien auf (primäre 5-Jahres-Patency PTFE 58 %, Vene 60,3 %; primär assistierte/sekundäre Patency PTFE 79 %, Vene 75 %). Hierbei ist in der PTFE-Gruppe eine fast signifikant häufigere Revisionsrate erforderlich (62 % versus 19,7 %, $P = 0,07$) wobei bei den Revisionseingriffen eine Bypasskonversion von PTFE zu Vene in 13 Fällen (= 10 %) im Gegensatz zu nur 2 Fällen der primären Venengruppe (3 %) notwendig wird. Die Amputationsrate während der 5-jährigen Nachbeobachtungszeit beträgt insgesamt 3,3 % (8 von 239 Fällen), was dem natürlichen Amputationsrisiko von Claudicatio-Patienten entspricht. Diese niedrige Zahl steht im Gegensatz zur eigenen Studie, in der innerhalb des 5-Jahres-Zeitraums bei 12,8 % der ursprünglich im Stadium II sich befindenden Patienten eine Amputation erforderlich wird (4 von 31) Patienten. Ebenso wie in der eigenen Studie konnte auch von anderen Autoren nach Einsatz primär alloplastischer Prothesen eine gegenüber dem natürlichen Verlauf erhöhte Amputationsrate festgestellt werden (10, 93).

In einer von der Industrie unterstützten, prospektiv randomisierten Multicenterstudie zum supragenualen femoropoplitealen Bypass – wobei das Nichtvorhandensein einer Vene zum Ausschluss aus der Studie führte – zeigte Hamann beim Vergleich von 63 PTFE- und 54 autologen Venenbypassen keinen signifikanten Unterschied der primären und sekundären Offenheitsraten nach 1 und 3 Jahren, wobei die primäre Patencykurve nach 3 Jahren einen Unterschied von 80 % für Vene gegenüber 53 % für PTFE aufweist ($P = 0,056!$), erstaunlich ist, dass im Zeitraum zwischen dem 18. und 36. Monat kein Bypassverschluss registriert wurde. In den Untergruppen nach Ausstrom und Stadium ergab sich zu allen Zeitpunkten ein besseres Abschneiden der Venenbypässe, wobei die primäre Offenheitsrate im Stadium III/IV 86 % für Vene versus 46 % für PTFE nach 18 Monaten betrug, wobei nur für das erste Jahr eine statistische Berechnung (nicht signifikant) angegeben wird. Kritisiert werden muss hierbei auch die relativ kurze Nachbeobachtungszeit von 3 Jahren (74).

Einen interessanten Studienansatz bietet AbuRhama, der die Ergebnisse einer bilateralen femoropoplitealen Rekonstruktion bei 43 Patienten im Stadium II jeweils mit PTFE- und Venenbypass bei dem selben Patienten darstellt. Bei nicht differierender primärer Patency nach 5 Jahren (Vene 76 %, PTFE 68 %) zeigte die primär assistierte Durchgängigkeit eine Signifikanz zu Gunsten der Vene mit 83 % versus 68 % nach 5 Jahren, was jedoch vorwiegend auf die bessere Überwachungsmöglichkeit von Ve-

nenbypässen zurückgeführt wird. Die perioperative Komplikationsrate wird ohne statistisch signifikante Differenz mit 12 % für Venenbypässe beziehungsweise mit 5 % in der PTFE-Gruppe angegeben, wobei jeweils keine Todesfälle auftraten (4). Ein Vorteil hinsichtlich der perioperativen Mortalität oder Morbidität für Kunststoffbypässe aufgrund der geringeren OP-Zeiten, der kleineren Schnittführung und der fehlenden Venenentnahme konnte auch in anderen Studien nicht nachgewiesen werden (69, 123, 124, 143). Im eigenen Krankengut betrug die Rate behandlungsbedürftiger Komplikationen 17 %, wobei die Häufigkeit schwerwiegender Komplikationen (2 Bypassinfektionen, eine Nachblutung, eine TVT) bei 9 % lag.

Das Prinzip der gestuften zweizeitigen infrainguinalen Rekonstruktion mit Aufsparen der Vene für den sekundären infragenualen Einsatz begründet sich somit überwiegend auf retrospektive Studien, neben den bereits von Bergan und Veith zitierten Untersuchungen findet sich in der Literatur der achtziger Jahre lediglich eine weitere prospektiv randomisierte Studie zum Vergleich von Vene und PTFE. Tilanus zeigt an einem Krankengut von 49 Patienten zwar einen signifikanten Vorteil zu Gunsten der Vene, nach 5 Jahren liegen jedoch nur noch 11 Nachuntersuchungen vor, darüber hinaus erfolgte bei 2/3 der Operationen der distale Anschluss unterhalb des Kniegelenkes, weshalb die Gruppen nicht vergleichbar sind (189).

Eine 1989 veröffentlichte Metaanalyse von Michaels zum Vergleich von supragenualen Bypässen (881 Eingriffe mit Vene, 1615 Eingriffe mit PTFE) mit Auswertung größenrelevanter Studien zeigt einen deutlichen Vorteil der Vene mit einer errechneten 5-Jahres-Durchgängigkeit von 62 % gegenüber 43 % für PTFE auf. Der Autor weist insbesondere darauf hin, dass bei initialer gleicher Verschlussrate im ersten Jahr sich diese Überlegenheit erst in den folgenden Jahren aufgrund einer unterschiedlichen, für PTFE höheren Okklusionsrate manifestiert. Obwohl eine erhebliche Variationsbreite der beeinflussenden Faktoren beim Vergleich der Studien untereinander festzustellen ist, ist es erstaunlich, dass in keiner Studie die Kunststoffprothese besser als die Vene abschneidet, was zumindest bei annähernder Gleichheit infolge einer Zufallsverteilung zu erwarten wäre. In einem mathematischen Modell anhand der retrospektiv erhobenen Daten unter Annahme mehrerer Voraussetzungen gelangt Michaels zu der Ansicht, dass der primäre Einsatz von Prothesen die Gesamtdurchgängigkeit aller Rekonstruktionsversuche reduziert sowie signifikant die Notwendigkeit von Reoperationen erhöht (123).

Eine ähnliche metaanalytische Auswertung erfolgt durch Louridas 1994, der im Langzeitverlauf nach 3 und 5 Jahren tendenziell höhere Durchgängigkeitsraten für supragenale Venenbypässe errechnet (3- und 5-Jahres-Patency für Vene 67 und 62 % versus 62 und 52 % für PTFE), wobei auch er darauf hinweist, dass in keiner Studie die PTFE-Prothese besser bewertet wurde. Insbesondere bei ungünstiger Ausgangssituation (schlechter Ausstrom, fortgeschrittenes Stadium) erscheint die autologe Vene vorteilhaft, aufgrund der unterschiedlichen Angaben zum Einfluss verschiedener Faktoren wird diese Empfehlung jedoch nicht durch die Literatur gesichert (115).

Auch die Studienergebnisse der vergangenen 10 Jahre führten bislang zu keiner eindeutigen Antwort zur Frage nach dem bestem Bypassmaterial für die primäre supragenale Rekonstruktion. Während keine Studie einen Vorteil des Kunststoffbypasses erbrachte, zeigen jedoch zahlreiche Untersuchungen – zum Teil mit statistischer Signifikanz – die Überlegenheit der Vene.

In einer retrospektiven Studie aus 1990 mit 76 supragenaalen Venenbypässen erzielte Taylor eine 5-Jahres-Durchgängigkeit von 77 %. Obwohl die ipsilaterale Vena saphena magna primär nur in 55 % der Operationen nutzbar war, konnte durch alternative Verfahren in 91 % ein Venengraft implantiert werden, hierbei zeigte die seitengleiche Vena saphena magna allerdings signifikant bessere Durchgängigkeitsraten. Der Autor favorisiert den reversed Venenbypass gegenüber der In-situ-Technik aufgrund der breiteren Anwendbarkeit in kombinierten Techniken, vor allem bei längeren Verschlussstrecken bis zum Unterschenkel (187).

Bei der Auswertung von 347 supragenaalen Rekonstruktionen beschreibt Koch eine 3-Jahres-Patency von 90 % für Vene im Gegensatz zu nur 52 % für PTFE sowie zu 56 % für ovines Kollagen; obwohl keine Signifikanz besteht, sieht der Autor in seinem Patientengut keine Notwendigkeit für die Schonung der Vene. Zur Technik der distalen Anastomosierung führt er an, dass die End-zu-End-Anastomosierung zwar eine bessere Thrombektomierbarkeit beim Verschluss bietet, andererseits aber zentral gelegene Kollateralen bei der End-zu-Seit-Anastomose erhalten bleiben (104). Auch Stierli (181) erzielt mit seinen autologen supragenaalen Venenbypässen hervorragende Langzeitergebnisse mit einer primären 5-Jahres-Offenheitsrate von 82 % beziehungsweise primär assistiert von 98 %, der gleiche Autor favorisiert bei fehlender Verwendbarkeit der ipsilateralen Vena saphena magna den Einsatz von Armvenen, für die er unter der Voraussetzung einer intraoperativen angioskopischen Qualitätskontrolle und Klappen-

ausschaltung sowie einer lückenlosen postoperativen Überwachung zur Saphena magna annähernd gleichwertige Ergebnisse erhält (180).

In einem retrospektiven Vergleich von supragenualen Venen- und PTFE-Bypässen erreicht Z'Graggen mit einer 5-Jahres-Patency von 77 % gegenüber 48 % statistische Signifikanz zu Gunsten der Vene, wobei die Venengruppe allerdings eine tendenziell bessere Risikoverteilung aufweist und PTFE-Prothesen nur bei fehlendem Venenmaterial eingesetzt werden (203). In diesem Zusammenhang weist Veith in seiner Studie darauf hin, dass die Untergruppe der „obligaten PTFE-Bypässe“ ein deutlich schlechteres Outcome als die randomisierte PTFE-Gruppe aufweist. Bemerkenswert ist, dass, obwohl alle Patienten sich primär im Stadium der extremitätenbedrohenden Ischämie befinden, in der Venengruppe alle Extremitäten erhalten werden können, wohingegen die kumulative Beinerhaltungsrate für PTFE nur 66 % beträgt.

Ebenfalls in einer retrospektiven Vergleichsstudie erzielt Berlakovich bessere Ergebnisse für Venenbypässe, wobei nach Korrektur unterschiedlich verteilter Kovariablen zwar ein Trend zu Gunsten der Vene ($P = 0,069$), nicht jedoch eine statistische Signifikanz gezeigt werden konnte. Aufgrund einer Rate von sekundär erforderlichen infragenualen Rekonstruktionen von nur 7 % in 4 Jahren empfiehlt der Autor die autologe Vene für den Ersteingriff auch in supragenualer Position (28). Eine statistische Signifikanz zu Gunsten der Vene beschreibt Archie mit einer differierenden Offenheitsrate von 87 versus 54 % nach 5 Jahren, wobei allerdings hier keine Randomisierung erfolgte (12).

In einer großen amerikanischen Single-Centerstudie mit retrospektivem Vergleich von 438 supragenualen PTFE-Bypässen mit 875 infragenualen PIII-Venenbrücken beschreibt Woratyla eine signifikant bessere Patency-Rate der Vene von 67 % versus 50 % nach 5 Jahren bei Einbeziehung aller Krankheitsstadien, wobei allerdings bei alleiniger Betrachtung im Stadium der limitierenden Claudicatio trotz deutlichem Unterschied keine statistische Signifikanz nachgewiesen werden konnte. Die Beinerhaltungsraten lagen trotz eines hohen Anteils von Stadium III/IV-Patienten von 77 % erstaunlich hoch mit einer gleichwertigen Rate von 95 beziehungsweise 91 % für Vene und PTFE. Der Autor empfiehlt den primären Einsatz von PTFE-Prothesen nur bei limitierter Lebenserwartung von unter 2 Jahren beziehungsweise bei Claudicatio-Patienten, während bei

ungünstiger Ausgangssituation und fortgeschrittenem Stadium die Vene bevorzugt werden sollte (202).

Die Wahl des Bypassmaterials bei Claudicatio-Symptomatik bleibt jedoch weiterhin umstritten, da zahlreiche Autoren gerade im Rahmen der höheren durchschnittlichen Lebenserwartung dieser Patienten die Vene als primäres Überbrückungsmaterial mit der Begründung favorisieren, dass die Qualität des Erstbypasses über das Schicksal der Extremität entscheidet (88, 181, 200).

Unter Berücksichtigung der Studienlage ist es erstaunlich, dass zur Wahl des primären Bypassmaterials nur wenige prospektiv-randomisierte Studien der letzten Jahre vorliegen. In einer multizentrischen amerikanischen Studie an 20 Veteran-Affairs-Zentren wurden 752 Patienten einer Randomisierung zur autologen Vena saphena magna, zur humanen Umbilicalvene oder zu PTFE unterzogen, der Anteil an extremitätenbedrohender Ischämie betrug 68 %. Während bis zu einem Zeitraum von 2 Jahren die primär assistierten Patencyraten auf annähernd gleichem Niveau lagen (Vene 81 %, HUV 70 %, PTFE 69 %), zeigte sich nach 5 Jahren eine signifikant bessere Offenheitsrate der Vene mit 73 % gegenüber der humanen Umbilicalvene mit 53 %, die ihrerseits ebenfalls statistisch bessere Ergebnisse gegenüber der PTFE-Prothese mit 39 % aufwies. Für das in der Studie untersuchte Krankengut – ältere männliche Patienten mit kritischer Ischämie beziehungsweise schwerer Claudicatio, meist Raucher und geringer Diabetesanteil – stellt die autologe Vene das beste Graftmaterial dar, der Autor weist jedoch auf die beschränkte Übertragbarkeit seiner Ergebnisse auf andere Krankheitsentitäten hin (95).

In seiner Erstveröffentlichung einer prospektiv-randomisierten Studie über femoropopliteale supragenuale Rekonstruktionen mit 75 Venenbypässen und 76 PTFE-Prothesen mit einem Claudicatioanteil von 80 % fand Burger 2000 nach 2 Jahren keinen signifikanten Unterschied in der primären Durchgängigkeit von 83 % für die autologe Vena saphena magna und 67 % für PTFE ($P = 0,065$). In einem direkten Kommentar bemängelt Mills die Überbewertung des P-Wertes, wobei er auf die Möglichkeit falscher Schlussfolgerungen aufgrund der zu geringen Studienzahl sowie auf die kurze Nachbeobachtungszeit von 2 Jahren hinweist, innerhalb der analog anderer Studien (noch) eine Gleichwertigkeit von PTFE und Vene besteht. Auch der Autor bemerkt bereits kritisch an, dass die absolute Rate an Verschlüssen in der PTFE-Gruppe

kritisch an, dass die absolute Rate an Verschlüssen in der PTFE-Gruppe doppelt und die Revisionsrate annähernd 3 Mal so hoch sind wie die in der Venengruppe (34, 124).

Die gleiche Autorengruppe stellt 2003 die Ergebnisse der 5-Jahres-Beobachtung dar, hierbei zeigt sich eine statistische Überlegenheit zu Gunsten der Vene mit einer primären 5-Jahres-Durchgängigkeit von 75,6 % für den Venenbypass gegenüber 51,9 % für PTFE, auch die sekundären Durchgängigkeitsraten lagen mit 79,7 % versus 57,2 % auf Signifikanzniveau ($P = 0,036$). Darüber hinaus wurden in der Venengruppe weniger Reoperationen erforderlich, im Gegensatz zu den Empfehlungen der Erstveröffentlichung kommen die Autoren zu dem Schluss, dass die Vene als Graftmaterial der ersten Wahl auch für supragenuale femoropopliteale Bypassrekonstruktionen genutzt werden sollte (103).

Trotz aller vorliegenden Untersuchungen und eines sich abzeichnenden Trends zu Gunsten der Vene ist die entscheidende Frage nicht geklärt, ob das Konzept, durch primären Einsatz einer Prothese für die supragenuale Rekonstruktion die Vene für sekundäre, meist infragenuale Bypassimplantationen beziehungsweise koronarchirurgische Eingriffe aufzusparen, zu einer Maximierung des amputationsfreien Überlebens unter Berücksichtigung aller Eingriffe führt. Gesichert ist die höhere Offenheitsrate der autologen Vene bei Betrachtung über einen längeren Zeitraum von mindestens 3 Jahren, wobei eine durchschnittlich verbesserte kumulative Patencyrate von etwa 20 % nach 5 Jahren angenommen werden kann. Hieraus ergibt sich bereits eine geringere Rate an notwendigen sekundären Eingriffen nach arteriellen Rekonstruktionen mit Vene. In mehreren Studien wurde die Häufigkeit der erforderlichen Zweiteingriffe auf cruralem Niveau untersucht, wobei insgesamt die relativ geringe Rate erstaunt. In den bereits zitierten Studien der „Begründer“ der gestuften Revaskularisation erfolgte bei Rosen in 4 Fällen von ursprünglich 51 prothetischen Bypässen eine crurale Rekonstruktion mit Vene, bei Sterpetti stand in 7 Fällen von 90 PTFE-Bypässen eine Vene zur Verfügung (jeweils ca. 8 %) (157, 179). Quinones-Baldrich implantierte in 10 von insgesamt 39 PTFE-Verschlüssen einen cruralen Venenbypass, was ebenfalls einer Gesamtrate von 7 % in Bezug auf die Studiengröße von 147 Eingriffen entspricht (147). Die Autoren beschreiben zwar einerseits eine erheblich höhere Durchgängigkeit der sekundär implantierten Venenbypässe gegenüber PTFE, andererseits wird weder eine Aussage zum Zeitpunkt des primären Bypassverschlusses noch über die daraus

resultierende Gesamt-Patency getroffen. Eine ähnlich niedrige Wahrscheinlichkeit für die Notwendigkeit und die definitive Verwendbarkeit einer autogenen Vene für sekundäre Eingriffe wird auch von anderen Autoren angegeben (Patterson 3,6 %; Berlakovich 4,4 %, Wilson 4 %, Poletti 13 %, O'Riordain 12,6 %). Stierli benötigt in seiner Serie von 64 Venenbypässen gar nur in einem einzigen Fall Vene, Burger berichtet über 3 crurale Rekonstruktionen nach insgesamt 151 femoropoplitealen Bypässen (34, 181). Im eigenen Patientengut wurde in 9 Fällen die autologe Vene für sekundäre Eingriffe benötigt (6x crurale, 3x popliteale Rekonstruktionen auf das 3. Segment), wobei in 3 Fällen die autologe Vena saphena magna nach Voroperationen nicht mehr zur Verfügung stand, dies entspricht einer Verwendbarkeit der Vene in 14,6 % der Fälle. In diesem Zusammenhang sollte auch auf die Gefahr einer Verletzung der autologen Vena saphena magna im Rahmen des Ersteingriffes beziehungsweise einer sekundären narbigen Obliteration hingewiesen werden, weswegen unter Umständen die geschonte autologe Vene in einem eventuellen Zweiteingriff in einem höheren Prozentsatz nicht mehr zur Verfügung steht (88, 200). Auch an die Möglichkeit des Einsatzes alternativer Venenmaterialien muss gedacht werden, Poletti gelingt es unter Nutzung der kontralateralen Vena saphena magna, der Vena saphena parva oder Armvenen in 73 % seiner Reoperationen autologe Venenmaterialien einzusetzen (143).

Die Notwendigkeit der Vene für eventuelle koronarchirurgische Interventionen ist ein schwaches Argument für das Aufsparen, trotz der hohen Koinzidenz der peripheren arteriellen Verschlusskrankheit und der koronaren Herzerkrankung wird laut Literatur nur bei einem geringen Patientenanteil bis zu maximal 2 % sowohl eine aortokoronare als auch eine periphere Revaskularisation erforderlich (1, 34, 143, 179, 181), darüber hinaus stehen gerade für die Herzchirurgie zahlreiche Ausweichverfahren, insbesondere arterielle Grafts, zur Verfügung.

Auch der Nutzen der verkürzten Operationszeit und des geringeren OP-Traumas bei der Verwendung alloplastischer Materialien hinsichtlich Morbidität und Letalität ist in der Literatur nicht belegt, zahlreiche Autoren geben für Venen- und PTFE-Bypässe in supragenualer Position annähernd gleiche Mortalitätsraten zwischen 0 und 3 % an, wobei aufgrund der generell niedrigen Ereignisraten ein Vergleich allerdings kaum möglich ist. Während die Rate an Wundheilungsstörungen nach Venenentnahme si-

cher häufiger ist, sind die Konsequenzen einer drohenden tiefen Infektion beim Vorliegen einer Kunststoffprothese erheblich ernster einzuschätzen (206).

Ein bedeutendes Argument für den primären Einsatz der Vene ergibt sich aus der unterschiedlichen Konsequenz beim Auftreten eines Bypassverschlusses, in mehreren Studien wird eine höhere Komplikationsrate beim Auftreten eines PTFE-Bypassverschlusses gesehen (34, 56, 89, 200).

John berichtet in seiner retrospektiven Vergleichsstudie von 290 Venen- und PTFE-Bypässen über eine höhere, jedoch nicht statistisch signifikante Durchgängigkeitsrate für Venenrekonstruktionen bei gleicher Beinerhaltungsrate, nach Verschluss von PTFE-Bypässen werden jedoch doppelt so häufig Revisionseingriffe erforderlich, weiterhin findet er bei einer Gesamtamputationsrate von 22,7 %, davon 41 % auf Oberschenkelniveau, und gleicher Risikoverteilung einen höheren Anteil von Oberschenkelamputationen von 50 % in der PTFE-Gruppe im Gegensatz zu 34 % nach Venenimplantationen (93).

Im eigenen Krankengut betrug die Gesamtamputationsrate 19,5 % bei 1 Oberschenkelamputation, allerdings lag der Anteil der im Stadium der extremitätenbedrohenden Ischämie operierten Extremitäten mit 90 % bei John erheblich höher als in der eigenen Studie.

Auch Wilson stellt in seiner retrospektiven Vergleichsstudie eine höhere Amputationsrate nach Verschluss von PTFE-Bypässen fest (12 % bei Vene versus 26 % bei PTFE, nicht signifikant), wobei die differente Rate an Oberschenkelamputationen in 83 % der Fälle in der PTFE-Gruppe gegenüber lediglich 23 % in der Venengruppe statistische Signifikanz erreicht (200).

In der multizentrischen Studie von Devine zum Vergleich von Dacron und PTFE beträgt die Amputationsrate 11 % mit einem Anteil an Oberschenkelamputationen von 70 %, hierbei liegt die Rate der Amputationen der ursprünglich im Stadium der Claudicatio operierten Patienten mit 11,4 % deutlich über dem allgemein angenommenen Amputationsrisiko beim natürlichen Verlauf unter konservativer Behandlung. Beim direkten Vergleich war die Anzahl der Amputationen in der PTFE-Gruppe gegenüber Dacron signifikant erhöht (56).

Aune berichtet in seiner Serie von 112 ursprünglich im Stadium II durchgeführten Eingriffen über das Auftreten einer kritischen Ischämie in 16,1 % der Fälle als Folge des

Bypassverschlusses mit der Konsequenz multipler Nachoperationen zum Erhalt der Extremität, wobei die Amputationsrate mit insgesamt 2 % (ohne Angabe des Zeitraumes) jedoch niedrig ist (18).

In einem retrospektiven Studienvergleich von 189 femoropoplitealen Bypässen (108 Venenbypässe, davon 60 % infragenual; 81 PTFE-Bypässe, davon 16 % infragenual) mit gleich verteilten Risiken in beiden, nicht randomisierten Bypassgruppen mit einem Anteil von 80 % im Stadium III/IV zeigt Jackson erhebliche Unterschiede in den Konsequenzen eines Bypassverschlusses auf. Neben einer signifikant niedrigeren primären Offenheits- und Beinerhaltungsrate nach 4 Jahren (Limb salvage 81 % für Vene gegenüber 56 % für PTFE) führt ein Bypassverschluss einer PTFE-Prothese signifikant häufiger zum Auftreten einer kritischen Ischämie im Vergleich zur Vene, auch die Rate an erforderlichen Notfalleingriffen ist signifikant erhöht. Als Folge des Bypassverschlusses wurde eine Majoramputation in 10 % aller Venenbypässe versus in 28 % der PTFE-Rekonstruktionen notwendig ($P = 0,001$). Aufgrund seiner Ergebnisse empfiehlt Jackson bei kritischer Ischämie grundsätzlich die primäre Verwendung von autologen Venen, auch in supragenualer Position. Aufgrund der geringen Studienzahlen weist der Autor jedoch auf die eingeschränkte Übertragbarkeit dieser Aussage für das Stadium der limitierten Claudicatio hin (89).

Unter Annahme bestimmter Outcome-Kriterien anhand der Literaturdaten kommt Illig in einer algorithmischen Entscheidungsanalyse zu dem Schluss, dass zum Erreichen eines annähernd gleichen amputationsfreien Intervalls eine doppelt so hohe Rate an Revisionseingriffen nach primärer Implantation alloplastischer Materialien im Vergleich zu autologen Venen erforderlich wird (88).

Zusammenfassend beruhen die Empfehlungen für das Bypassmaterial der 1. Wahl in supragenualer Position überwiegend auf retrospektiven Vergleichsstudien mit unterschiedlichen Ausgangssituationen und häufig differierenden Einflussfaktoren auf den meist multifaktoriell bedingten Bypassverschluss. Die Auswertung wird zusätzlich erschwert durch die hohe Absterberate der meist polymorbiden Patienten, so dass Langzeitverläufe nur anhand geringer Zahlen möglich sind, sowie durch die Qualität der Nachbehandlung und der sekundär durchgeführten Operationen. Aufgrund der derzeitigen Datenlage zeichnet sich jedoch vor allem im Stadium der kritischen Ischämie so-

wie bei längerer Lebenserwartung ein Vorteil der Vene als primärer Bypass zur Verbesserung des amputationsfreien Überlebens sowie zur Reduktion der mit gefäßchirurgischen Eingriffen oftmals verbundenen Morbidität ab. Diesbezüglich sollten weitere prospektiv-randomisierte Studien aufgelegt werden, auch zur Feststellung der optimalen Bypasssequenz im gestuften Revaskularisationsverfahren (primär Prothese gefolgt von Vene und umgekehrt) mit Erfassung des definitiven Schicksals im Sinne einer tertiären Offenheits- und Beinerhaltungsrate sollten entsprechende Studien durchgeführt werden. Eine solche von Whittemore bereits 1992 vorgeschlagene Untersuchung liegt bis zum heutigen Tage nicht vor (199).

Da weiterhin in einem nicht unbeträchtlichen Anteil an peripheren Gefäßrekonstruktionen primär oder sekundär alloplastische Ersatzmaterialien zum Einsatz kommen, sollten hierfür Möglichkeiten zur Verbesserung der Langzeitergebnisse gesucht werden. Trotz intensiver Forschungen gelang es nicht, in den letzten 20 Jahren alternative Prothesen zu entwickeln, nach derzeitigem Kenntnisstand ist auch nicht mit der Entdeckung grundsätzlich neuer Graftmaterialien zu rechnen, so dass lediglich versucht werden kann, über technische Veränderungen der zur Verfügung stehenden Materialien beziehungsweise über eine Beeinflussung weiterer Faktoren die Offenheitsraten zu verbessern (84).

Durch Imprägnierung einer dünnwandigen PTFE-Prothese mit Carbon, das aufgrund seiner hydrophoben Natur und negativen elektrischen Ladung in experimentellen Studien zu einer verminderten Plättchenaggregation im Vergleich zu einer Standard-PTFE-Prothese führte, konnten jedoch weder in einer tierexperimentellen noch in einer prospektiven klinischen Vergleichsstudie an 160 Patienten mit infragenualen Bypässen signifikante Verbesserungen der Durchgängigkeitsraten festgestellt werden, obgleich in der humanen Studie ein Trend zu Gunsten der carbonisierten Prothese bestand. Als Grund hierfür muss die rasche Oberflächeninaktivierung durch den nach initialem Blutkontakt rasch entstehenden Fibrinfilmm angesehen werden (7, 21).

Zur Vermeidung einer äußeren Kompression (sowie eines Kinkings bei kniegelenksüberschreitender Implantation) wurden äußere Ring- und Spiralverstärkungen entwickelt, die auch in der eigenen Studie benutzt wurden. In einem prospektiv-randomisierten Vergleich von beringten und nicht beringten PTFE-Prothesen an 122 supra- und infragenualen Bypässen konnte kein Unterschied bezüglich Offenheits- und

Beinerhaltungsrate im 3-Jahres-Zeitraum festgestellt werden, wobei allerdings auf die Problematik einer relativ niedrigen Studienfallzahl mit daraus resultierender möglicher statistischer Fehleinschätzung im Sinne eines Fehlers zweiter Ordnung hingewiesen wird (73).

Eine Ursache für den häufigeren Verschluss von alloplastischen Prothesen gegenüber der autologen Vene ist die Entwicklung der neointimalen Hyperplasie, die sich vor allem im Bereich der kleinelumigeren distalen Anastomose funktionell auswirkt. Durch Zwischenschaltung eines Venencuffs zwischen der Empfängerarterie und der relativ non-complianten Prothese konnte das Risiko eines Bypassverschlusses reduziert werden, Tyrell und Wolfe (191) konnten in diesem Zusammenhang zeigen, dass sich die myointimale Hyperplasie vorwiegend im Bereich des höhervolumigen PTFE-Venen-Übergangs entwickelt und die Empfängerarterie nicht in dem Maße wie bei einer direkten Anastomose betroffen wird, woraus eine verbesserte Hämodynamik resultiert. Weiterhin wird auf die erleichterte Anastomosentechnik insbesondere bei kleinen oder arteriosklerotisch veränderten Arterien durch Vermeidung der direkten Verbindung zwischen Prothese und Arterie hingewiesen. Raptis zeigte zusätzlich, dass im Falle eines Bypassverschlusses die native Arterie beziehungsweise der Bereich distal der Anastomose häufiger offen verbleibt, wodurch sekundäre Rekonstruktionen erleichtert werden (150). Während bei infrapoplitealen Rekonstruktionen durch Anwendung der verschiedenen Cuff-Techniken deutlich verbesserte Offenheitsraten erreicht werden, konnten beide Autoren für supragenuale Bypassanschlüsse keinen Vorteil feststellen.

Pharmakologische, immunologische und gentherapeutische Ansätze zur Reduktion der neointimalen Hyperplasie sind weiterhin enttäuschend. Von gefäßchirurgischer Seite sollten Gefäßwandtraumata soweit möglich vermieden und günstige hämodynamische Anastomosenverhältnisse hergestellt werden. Zur Unterdrückung der mediatorvermittelten zellulären Proliferation wurden zahlreiche medikamentöse Therapieversuche, unter anderem ASS, Kalziumblocker, Steroide, Immunsuppressiva und Antioxidanzien, ohne richtungsweisende klinische Erfolge unternommen (31, 53).

Auch durch gentherapeutische Techniken wird versucht, die Langzeitergebnisse interventioneller und gefäßchirurgischer Methoden zu verbessern. Im Vordergrund der möglichen Therapieansätze steht die genetische Manipulation der Endothelzelle, der eine zentrale Rolle in der Erhaltung einer Vielzahl biologischer Prozesse an der Barriere-

re zwischen Gefäßwand und strömendem Blut zukommt. Insbesondere die Problematik der zellvermittelten myointimalen Proliferation nach interventionellen und operativen Revaskularisationen mit der Folge der (Re)-Stenoseentwicklung innerhalb des nativen Gefäßsystems oder autologer Venentransplantate und im Anastomosenbereich vor allem alloplastischer Bypässe wird als wesentliche Ursache vieler Spätverschlüsse angesehen (35). Begünstigt durch die Entwicklung endovaskulärer Techniken wird durch verschiedene Methoden des Gentransfers (physikalisch, chemisch, viral) eine veränderte Genexpression in Endothel- oder weiteren Gefäßwandzellen zu erreichen versucht. Theoretische Ansätze stellen dabei der Ersatz eines fehlenden oder defekten Gens, eine verstärkte Expression eines Proteins zur Erzielung lokaler pharmakologischer Effekte sowie die Hemmung einer Wirtsgenexpression dar (79). Durch Unterdrückung der proliferativen Gewebereaktionen, z.B. durch Beeinflussung von Wachstumsfaktoren, wird versucht, die Restenoserate nach Dilatationen sowie die anastomosen-nahen Hyperplasien zu reduzieren. Durch fehlende Selektionierung des therapeutischen Zielorgans, unter anderem mit der Folge einer fehlenden Reendothelialisierung, sind die Ergebnisse im Tiermodell bisher enttäuschend. Eine weitere Anwendungsmöglichkeit besteht in der Behandlung der kritischen Extremitätenischämie durch Neoangiogeneseinduktion, wobei aufgrund der fehlenden Kontrolle über die Regulation der Genexpression mutagene beziehungsweise tumorinduzierende Nebenwirkungen zu befürchten sind. Ebenso wurde versucht, durch endotheliales Seeding gentechnologisch veränderter Endothelzellen die Biokompatibilität von alloplastischen Materialien zu verbessern. Insgesamt ist die Gentechnologie derzeit jedoch noch weit von der klinischen Anwendung entfernt, da sowohl die Probleme mit der Technologie der Genübertragung und der Sicherheit und Effektivität bisher nicht gelöst sind als auch weiterhin eine unzureichende Kenntnis über die pathophysiologischen und morphologischen Veränderungen der erkrankten Gefäßwand besteht (79, 117).

Aufgrund der fehlenden Endothelialisierung nach Transplantation alloplastischer Prothesen beim Menschen und der daraus resultierenden unphysiologischen inneren Oberfläche wurde versucht, durch endotheliale Seeding-Techniken einen dauerhaften und stoffwechselaktiven Endothelüberzug herzustellen. Nach Überwindung der technischen Probleme der Kultivierung und des Seedings durch aufwändige zweizeitige Verfahren zeigten klinische Untersuchungen endothelialisierter PTFE-Prothesen eine deutliche Steigerung der Durchgängigkeitsraten gegenüber den Standard-PTFE-Prothesen

(55, 111, 121). Aufgrund des hohen technischen Aufwandes, der hohen primären Versagerquote der Endothelzellbeschichtung und der erforderlichen mehrwöchigen Vorbereitung konnte sich das Verfahren trotz der viel versprechenden theoretischen Vorteile nicht durchsetzen (128, 204). Spätestens im Zeitalter der diagnosebezogenen Fallpauschalen müssen auch die Kosten der benutzten Gefäßersatzmaterialien mit beurteilt werden, weshalb endotheliale Zelltransplantationen zukünftig eher in Vergessenheit geraten. Der ökonomische Aspekt spricht wohl am ehesten für den Einsatz autologer Venen.

Auf die Bedeutung einer regelmäßigen Bypassüberwachung durch klinische und bildgebende Untersuchungen zur Erfassung hämodynamisch relevanter intrinsischer (vor allem bei Venen) und anastomosennaher myointimaler Stenosen beziehungsweise einer Progression der Arteriosklerose im Bereich der Ein- und Ausstrombahn wurde bereits hingewiesen, um so vom Verschluss bedrohte Rekonstruktionen rechtzeitig mit geringerem Aufwand und deutlich besseren Langzeitoffenheitsraten behandeln zu können (Prinzip des Failing-Grafts). Auch hier scheint sich eine Überlegenheit der autologen Venenbypässe zu manifestieren, Dunlop erreichte eine deutlich bessere primär-assistierte Patency bei Venenbypässen, wohingegen er für PTFE-Rekonstruktionen aufgrund der hohen Rate an Verschlüssen ohne vorausgegangenen Nachweis hämodynamischer Alterationen aus der regelmäßigen Nachsorge keinen wesentlichen Nutzen ziehen konnte (58). Als Grund hierfür gibt er vor allem die unterschiedlichen Verschlussursachen von Venen- und Prothesenbypässen an. Ouriel fand bei seiner Analyse von 109 thrombosierte, durch Lyse behandelte Bypässe (30 autologe Venen, 79 PTFE-Prothesen) in 90 % der Venenrekonstruktionen hämodynamisch wirksame morphologische Veränderungen, vor allem innerhalb der Vene selbst, gegenüber in nur 41 % bei Prothesen (meist in Form von Anastomosenstenosen), so dass er bei letzteren vor allem nicht anatomische Mechanismen als Verschlussursache anschuldigt, diese Ergebnisse konnten auch durch andere Autoren bestätigt werden (19, 135). Sanchez zeigte sowohl für Venen- als auch PTFE-Bypässe eine Verbesserung durch postoperative Überwachungsprogramme, wobei auch er einen Vorteil zu Gunsten der autologen Vene mit Erfassung der meist innerhalb der ersten beiden Jahre sich entwickelnden Stenosen sieht, wohingegen bei Prothesen eher die arteriosklerotischen Veränderungen in der Ein- und Ausstrombahn erfasst werden können (162). In einer prospektiv randomisierten Studie mit Vergleich eines intensivierten Überwa-

chungsprogramms mit Duplexsonographie gegenüber einer klinischen Standarduntersuchung zeigte sich eine signifikante Verbesserung der Durchgängigkeitsraten in der Gruppe der intensivierten Überwachung nur für die Venenbypässe, für PTFE- beziehungsweise kombinierte Rekonstruktionen konnte kein Unterschied zwischen beiden Überwachungsgruppen festgestellt werden. Auch dieser Autor bestätigt das überwiegende Auftreten von Veränderungen bis zum Ende des zweiten Jahres, so dass zumindest bis zu diesem Zeitpunkt eine entsprechende Nachsorge erfolgen sollte (116).

V. Zusammenfassung

Die Vena saphena magna stellt das Bypassmaterial der 1. Wahl für infrainguinale arterielle Rekonstruktionen dar, bei Fehlen oder Nichtverwendbarkeit der autologen Vene sowie beim bewussten Aufsparen bei Erstbypassen im supragenualen Gefäßabschnitt kommen alloplastische Prothesen aus Dacron oder PTFE zur Anwendung. Da insbesondere im Langzeitverlauf sowie bei Rekonstruktionen unterhalb des Kniegelenkes die Kunststoffmaterialien eine niedrigere Offenheitsrate im Vergleich zur Vene aufweisen, werden intensive Anstrengungen zur Verbesserung der derzeit zur Verfügung stehenden Prothesen unternommen. Um die jeweiligen Vorteile von Fluoropolymeren und Polyester zu kombinieren, entwickelte die Industrie eine neue Prothese aus einem Polyestergrundgerüst mit einer PTFE-ähnlichen Beschichtung mit Erhalt der jeweiligen Materialeigenschaften.

Diese Fluoropassiv-Prothese wurde von August 1996 bis Januar 1997 in Anbindung an eine multizentrische Anwendungsstudie als femoropoplitealer Bypass in supragenualer Position implantiert, im 5-jährigen Nachbeobachtungszeitraum erfolgte zusätzlich in Form einer prospektiven, jedoch nicht-randomisierten Studie ein klinikinterner Vergleich mit PTFE-Dünnwandprothesen.

Bei 37 Patienten wurden 21 Fluoropassiv- und 20 PTFE-Prothesen implantiert, im Gesamtkollektiv überwiegen die Männer mit 76 %, die ein um 5 Jahre niedrigeres Manifestationsalter aufweisen. Als häufigste Risikofaktoren fanden sich ein chronischer Nikotinabusus und ein arterielle Hypertonus bei jeweils durchschnittlich 70 % der Patienten. Ein Diabetes mellitus lag in 35 % vor, die OP-Indikation erfolgte in 75 % der Fälle im Stadium II nach Fontaine, es zeigte sich eine ungleiche Häufigkeitsverteilung der prognostisch wichtigen Faktoren Diabetes, Stadium IV der pAVK, reduzierte Ausstrombahn und coronare Herzerkrankung zu Ungunsten der Fluoropassiv-Gruppe. Die Auswertung erfolgte nach dem life-table Verfahren, der Vergleich der Durchgängigkeitsraten mittels log-rank-Test.

Die postoperative Letalität betrug 0 %, die 5-Jahresüberlebensrate im Gesamtkollektiv lag bei 75,4 % (FP 60,2 %; PTFE 88,8 %). Innerhalb der ersten 30 Tage traten 3 Verschlüsse auf (7,3 %), als schwerwiegende Komplikationen waren 2 tiefe Bypassinfektionen in der FP-Gruppe zu beobachten.

Im Beobachtungszeitraum traten 18 Bypassverschlüsse auf, die primären kumulativen Durchgängigkeitsraten betragen in der FP-Gruppe 75.8 %, 59.3 % und 39.5 % bzw. 90 %, 78.1 % und 58.6 % für PTFE, im Gesamtkollektiv 82.7 %, 68.4 % und 47.9 %, jeweils nach 1, 3 und 5 Jahren. Der Unterschied zwischen Fluoropassiv und PTFE war statistisch nicht signifikant ($p=0.17$). Infolge der Bypassverschlüsse wurden im Gesamtkollektiv 9 sekundäre infragenuale Rekonstruktionen notwendig (21.9 % aller Bypässe).

In der Fluoropassiv-Gruppe wurden im Gesamtzeitraum 6 Unterschenkelamputationen sowie 1 Oberschenkelamputation, in der PTFE-Gruppe lediglich 1 Unterschenkelamputation erforderlich. Ursächlich für diese Differenz ist v.a. das häufigere Auftreten eines Diabetes mellitus und einer extremitätenbedrohenden Ischämie in der FP-Gruppe. Die Gesamtbeinerhaltungsrate betrug 81 % und 78.5 % nach 3 und 5 Jahren. Bei je 1 Patienten pro Gruppe musste bei vorbestehender Claudicatio-Symptomatik innerhalb des ersten Jahres eine Unterschenkelamputation durchgeführt werden.

Beim Vorliegen eines Diabetes mellitus, bei reduzierter peripherer Ausstrombahn und bei primär fortgeschrittenen pAVK-Stadien bestand ein erhöhtes Verschlussrisiko, bei OP-Indikation im Stadium der kritischen Ischämie sowie beim Diabetes mellitus war auch die Amputationsrate deutlich erhöht.

Beim Vergleich der eigenen Daten mit den Ergebnissen der Fluoropassiv-Multicenterstudie konnten bei vergleichbarer Risikokonstellation im eigenen Patientengut höhere Durchgängigkeitsraten erzielt werden, die Ergebnisse des eigenen Gesamtkollektivs sind mit den Literaturangaben nach Implantation alloplastischer Prothesen vergleichbar.

Zusammenfassend konnte weder in der eigenen noch in der Multicenterstudie für die neue Fluoropassiv-Prothese ein klinischer Vorteil gegenüber den langjährig bewährten PTFE- und Dacron-Prothesen aufgezeigt werden, entscheidend für die Gesamtbeurteilung war aber die erheblich erschwerte Handhabbarkeit infolge der hohen Rigidität und der fehlenden Elastizität, weswegen eine weitere über die Studie hinausgehende Anwendung nicht empfohlen werden konnte.

Nach Auswertung der umfangreichen Literatur zur Wahl des Gefäßersatzmaterials für den primären supragenualen P1-Bypass muss wegen fehlender eindeutiger wissenschaftlicher Belege das Konzept der gestuften infrainguinalen Revaskularisation neu überdacht werden, nach derzeitiger Studienlage entscheidet am ehesten die Qualität des Ersteingriffes – mit Bevorzugung der Vene aufgrund höherer Langzeitoffenheitsraten sowie geringerer Komplikationen – über das amputationsfreie Überleben. Zur Beantwortung dieser Frage bedarf es einer multizentrischen Studie.

VI. Literaturverzeichnis

1. Aalders, G.J. ; van Vroonhoven, T.J. :
PTFE vs human umbilical vein in above-knee femoropopliteal bypass: Six-year results of a randomized clinical trial
J Vasc Surg, 16 (1992), 816 - 824
2. Abott, W. M. ; Green, R. M. ; Matsumotu, T. et. alt. for the Above Knee Femoropopliteal Study Group
Prosthetic above-knee femoropopliteal bypass grafting: Results of a multicenter randomized prospective trial
J Vasc Surg, Jan 1997, 19 - 28
3. Abott, W.M. ; Megermann, J. et al. :
Effect of compliance-mismatch upon vascular graft patency
J Vasc Surg, 5 (1987), 376 - 382
4. AbuRhama, A.F. ; Robinson, P.A.:
Prospective controlled study of PTFE versus saphenous vein in claudicant patients with bilateral above knee femoropopliteal bypasses
Surgery, 126 (1999), 594 -. 602
5. Adili, F. ; Reichert, V. ; Schmidt-Rixen, T. :
Die Bedeutung der Vorspannung für die Compliance biologischer und synthetischer Gefäßprothesen
Gefäßchirurgie im Fortschritt, Maurer P.C. , v.Sommoggy S. ; Blackwell-Verlag Berlin 1995
6. Ahn,S.S.; Obrand,D.I.:
Transluminal ballon angioplasty, stents and atherectomie
Sem Vasc Surg, 10 (1997), 286 – 296

7. Akers, D.L. ; Hua Du, Y. :
The effect of carbon coating on early patency of ePTFE grafts: An experimental study
J Vasc Surg, 18 (1993), 10 – 15
8. Albäck, A. ; Biancari, F. et al.:
Haemodynamic results of femoropopliteal percutaneous transluminal angioplasty
Eur J Vasc Endovasc Surgery, 16 (1998), 7 - 12
9. Alevizacos, P. ; Hepp, W. :
Infrainguinale Nahtaneurysmen
Vasa, 2 (1994), 131 – 137
10. Allen, B.T. ; Reilly, J.M. et al. :
Femoropopliteal bypass for claudication: vein vs. PTFE
Ann Vasc Surg, 10 (1996), 178 - 185
11. Amirhamzeh, M. M. M. ; Chant, H. J. ; Rees, J. L. ; Hands, L. J. ; Campbell, W.B.:
A comparative study of treadmill tests and heel raising exercise for peripheral arterial disease
Eur J Vasc Endovasc Surg, 13 (1997), 301 - 305
12. Archie, J.P. :
Femoropopliteal bypass with either adequate ipsilateral reversed saphenus vein or obligatory PTFE?
Ann Vasc Surg, 8 (1994), 475 - 485
13. Ascer, E. ; Collier, P. ; Gupta, S. K. ; Veith, F. J. :
Reoperation for PTFE bypass failure: The importance of distal outflow site and operative technique in determining outcome
J. Vasc. Surg., 5 (1987), 298 – 310

14. Ascer, E. ,Veith, F.J. ; Gupta, S. K. et al. :
Intraoperative outflow resistance as a predictor of late patency of femoropopliteal and infrapopliteal arterial bypasses
J Vasc Surg, 5 (1987), 820 - 827
15. Ashton, T. ; Hewson, P. ; Maini, R. :
Platelet thrombogenic response to polyester can be passivated by fluoropolymer surface treatment
Vascutek Ltd, Scotland, eig. Mitteilung
16. Ashton, T.H. ; Maini, R. :
Fluoropassiv - ein neues Oberflächenbehandlungsverfahren
Sulzer Technical Review 3/96
17. McAuley C. E. et al:
Seven-year follow-up of ePTFE femoropopliteal bypass grafts
Ann Surg, 199 (1984), 57 - 60
18. Aune,S.; Laxdal,E.:
Above-knee prosthetic femoropopliteal bypass for intermittent claudication. Results of the initial and secondary procedures
Eur J Vasc Endovasc Surg, 19 (2000), 476 – 480
19. Aune, S. ; Pedersen, O.M.:
Surveillance of above-knee prosthetic femoropopliteal bypass
Eur J Vasc Endovasc Surg, 6 (1998), 509 - 512
20. Aune, S. ; Trippestad, A. :
Relative mortality of patients operated for femoropopliteal occlusive disease
Eur J Vasc Endovasc Surg, 8 (1994), 188 - 192
21. Bacourt, F.
Étude prospective randomisée comparative de prothèses PTFE carbone et PTFE standard en position sous articulaire
A.U. R. C. -Studie, Frankreich, 1994

22. Becker, H.M. :
Stand und Gegenstand chirurgischer Forschung: Gefäßersatz
Herausgeber Eigler, F.W. ; Peiper, H.-J. et al
Springer Verlag , Berlin Heidelberg 1986
23. Belkin, M. ; Conte, M. S. ; Donaldson, M. C. ; Mannik, L. A. ; Whittemore, A. D. :
Preferred strategies for secondary infrainguinal bypass: Lessons learned from
300 consecutive reoperations
J. Vasc. Surg., 21 (1995) , 283 - 293
24. Bergan, J. J. ; Veith, F. J. ; Bernhard, V. M. ; Gupta, S. K. ; Towne, J. B. :
Randomization of autogenous vein and polytetrafluoroethylene grafts in
femoro-distal reconstruction
Surgery, 92 (1982), 921 - 930
25. Berger, K. ; Sauvage I. R. ; Rao, A. M. :
Healing of arterial prostheses in man, ist incompleteness
Ann Surg , 175 (1972) , 118 - 127
26. Bergqvist, D. ; Almgren, B. ; Dickinson, J.P. :
Reduction of requirement for leg vascular surgery during long-term treatment of
claudicant patients with Ticlopidine: Results from the Swedish Ticlopidine multi-
centre study
Eur J Vasc Endovasc Surg, 10 (1995), 69 - 76
27. Berkowitz; H.D.; Kee,J.C.:
Occluded infrainguinal grafts: when to choose lytic therapy versus a new by-
pass graft
Am J Surg, 170 (1995), 136 - 139
28. Berlakovich, G.A.; Herbst,F.:
The choice of material for above-knee femoropopliteal bypass: A 20-year ex-
perience
Arch Surg, 129 (1994), 297 - 302

29. Berridge, D.C. ; Al-Kutoubi, A. et al. :
Thrombolysis in arterial graft thrombosis
Eur J Vasc Endovasc Surg, 9 (1995), 129 - 132
30. Blankensteijn, J.D. ; Gertler, J.P. et al. :
Intraoperative determinants of infrainguinal bypass graft patency: a prospective study
Eur J Vasc Endovasc Surg, 9 (1995), 375 - 382
31. Brandl, R. ; Höfling, B. ; Becker, H.M. ; Bauriedel, G. :
Intimahyperplasie - Neue Therapieansätze für chirurgische und pharmakologische Therapieansätze
Gefäßchirurgie im Fortschritt, Maurer P.C. , v.Sommogy S. ; Blackwell-Verlag Berlin 1995
32. Brewster, D.C. :
The role of angioplasty to improve inflow for infrainguinal bypasses
Eur J Vasc Endovasc Surg, 9 (1995), 262 - 266
33. Budd, J. S. ; Brennan, J. ; Beard, J. D. ; Bell, P. R. F. :
Infrainguinal bypass surgery : factors determining late graft patency
Br. J. Surg. , 77 (1977), 1382 - 1387
34. Burger, D.H.; Kappetein,A.P.:
A prospective randomized trial comparing vein with PTFE in above-knee femoropopliteal bypass grafting
J Vasc Surg, 32(2000), 278 - 283
35. Callow, A.D. :
The vascular endothelial cell as vehicle for gene therapy
J Vasc Surg, 11 (1990), 793 - 798
36. Campbell, C.D. ; Brooks, D. H. ; Webster, M. W. ; Diamond, D. I. ; Peel, R. L. :
Expanded microporous PTFE as a vascular substitute : A two year follow-up
Surgery , 85 (1976) , 177 - 183

37. Casselman,F.; Spoelstra,H.:
Femoropopliteal endobypass: a feasibility study
Acta Chir Belg, 97 (1997), 23 - 26
38. Cejna,M.; Schoder,M.
PTA versus Stent in der femoropoplitealen Strombahn
Radiologe, 39 (1999), 144 - 150
39. Charlesworth, P. M. et.al. :
The PTFE grafts in lower limb bypass surgery: a siy-year follow-up
Br J Surg, 72 (1985), 896 - 899
40. Chervu, A.; Moore, W.S.:
An overview of intimal hyperplasia
Surg Gynec Obstetrics, 171 (1990), 433 - 443
41. Cheshire, N.J.W. ; Wolfe, J.H.N. et al. :
Smoking and plasma fibrinogen, lipoprotein (a) and Serotonin are markers for
postoperative infrainguinal graft stenosis
J Vasc Endovasc Surg , 11 (1996) , 479 - 486
42. Chetter, I.C. ; Spark, J.I. ; Dolan, P. :
Quality of life analysis in patients with lower limb ischemia: Suggestions for
european standardisation
Eur J Vasc Endovasc Surg, 13 (1997), 597 – 604
43. Chinn, J.A.:
Blood and tissue compatibility of modified polyester: Thrombosis, inflammation
and healing
Biomed Mater Res, 39(1998), 130 - 140
44. Cikrit,D.F.; Dalsing, M.C.:
Lower extremity arterial stenting
Surg Clin North Am, 78 (1998), 617 - 629

45. Clagett, G.P. :
Antithrombotic therapy for lower extremity bypass
J Vasc Surg, 15 (1992), 873 - 875
46. Mc Collum, D. ; Kenchington, G et al. :
PTFE or HUV for femoropopliteal bypass: A multi-centre trial
Eur J Vasc Surg, 5 (1991), 435 - 443
47. Cox, G.S. ; Hertzner, N.R. et al. :
Non-operative treatment of superficial artery disease: long-term follow-up
J Vasc Surg, 17 (1993), 172 - 182
48. Creutzig, A.: Therapie der arteriellen Verschlusskrankheit mit Prostanoiden
Deutsches Ärzteblatt 89 (1992), 1701 - 1704
49. Currie, I.C. ; Wilson, Y.G. et al. :
Treatment of intermittent claudication: the impact on quality of life
Eur J Vasc Endovasc Surg, 10 (1995) , 356 - 361
50. Curti, T. ; Freyrie, A.:
Biocompatibility of the new Fluoropassiv vascular prostheses - Ultrastructural
analysis
Giornale Italiano Di Chirurgia Vascolare, 1 - N. 1-2 (1994) , 27 - 30
51. Dale, A. W. :
The beginnings of vascular surgery
Surgery , 76 (1974) , 849 - 866
52. Dardik, H. ; Ibrahim, M. et al. :
Biodegradation and aneurysm formation in umbilical vein grafts
Ann Surg, 199 (1984), 61 - 68
53. Davies, M.G. ; Hagen, P.-O. :
Pathophysiologie of vein graft failure: a review
Eur J Vasc Endovasc Surg, 9 (1995), 7 - 18

54. Davies, A.H. ; Magee, T.R. et al. :
Criteria for identification of the „At-risk“ infrainguinal bypass graft
Eur J Vasc Endovasc Surg, 8 (1994), 315 - 319
55. Deutsch, M. ; Meinhart, J.:
Clinical autologous in vitro endothelialization of infrainguinal ePTFE grafts in 100 patients: a 9-year experience
Surgery, 126 (1999), 847 – 855
56. Devine, C. ; McCollum, C. on behalf of the North West Femoropopliteal Trial Participants
Heparin-bonded Dacron or PTFE for femoropopliteal bypass grafting: A multicenter trial
J Vasc Surgery, 33 (2001), 533 – 539
57. Diehm, C. ; Allenberg, J.-R.:
Atlas der Gefäßkrankheiten
Springer-Verlag 1998
58. Dunlop, P. ; Sayers, R.D. ; Naylor, A.R. :
The effect of a surveillance programme on the patency of synthetic infrainguinal bypass grafts
Eur J Vasc Endovasc Surg, 11 (1996), 441 - 445
59. Ellenby, M.I. ; Ernst, C.D. :
Role of nitric oxide in the effect of blood flow on neointima formation
J Vasc Surg, 23 (1996), 314 - 322
60. El-Massry, S.; Sauvage, L.R.:
Femoropopliteal bypass with externally supported kitted Dacron grafts: A follow-up of 200 grafts for one to twelve years
J Vasc Surg, 19 (1994), 487 – 494

61. Elsman, B. H. P. ; Legemate, D. A. ; van der Heijden, F. :
Impact of ultrasonic duplex scanning on therapeutic decision making in lower limb arterial disease
Br J Surg, 82 (1995), 630 - 633
62. Erasmi, H. ; Walter, M. ; Schmitz - Rixen, T. ; Kristen F. :
Zwischenergebnisse einer prospektiven randomisierten Studie zum supragenu-
alen Gefäßersatz
Zentralblatt für Chirurgie, 121 (1996), 228 - 233
63. Eugster, T.; Stierli, P.:
Beeinflusst der Risikofaktor Diabetes mellitus die Resultate der infrainguinalen
arteriellen Rekonstruktionen
Gefäßchirurgie, 4 (1999), 40 – 45
64. Eugster, T.; Stierli, P
Ist die infrainguinale Rekonstruktion der arteriellen Strombahn mit autologen
Venen im Stadium der limitierenden Claudikation gerechtfertigt?
Gefäßchirurgie, 5 (2000), 174 - 180
65. Florek, H.-J.:
Periphere infrainguinale Rekonstruktionen
Chirurg, 72 (2001), 745 - 755
66. Geiger, G. :
Deterioration of PTFE-protheses wall
J Cardiovasc Surg, 32 (1991), 660 - 663
67. Giannoukas, A.D. ; Androulakis, A.E. ; Wolfe, J.H.N. :
The role of surveillance after infrainguinal bypass grafting
Eur J Vasc Endovasc Surg, 11 (1996), 279 - 289
68. Golledge, J.; Ferguson, K.:
Outcome of femoropoplital angioplasty
Ann Surg, 229 (1999), 146 - 153

69. Green,R.M.; Abbott, W.M.:
Prosthetic above-knee femoropopliteal bypass grafting: five-year results of a randomized trial
J Vasc Surg, 31 (2000), 417 - 425
70. Greisler, H.P. ; Schwarcz, T.H. et al. :
Dacron inhibition of arterial regenerative activities
J Vasc Surg, 3 (1986), 747 - 756
71. Guidoin, R. ; Chakfé, N. et al. :
Expanded PTFE arterial prostheses in humans: histopathological study of 298 surgically excised grafts
Biomaterials, 14 (1993), 678 - 693
72. Guidoin, R. ; Marois, Y. ; Zhang, Z. ; King, M. et alt :
The benefits of fluoropassivation of polyester arterial prostheses as observed in a canine model
Asaio Journal, 3 (1994), M870 - 879
73. Gupta, S.K. ; Veith, F.J. et al. :
Prospective randomized comparison of ringed and non-ringed PTFE femoro-popliteal bypass grafts: a preliminary report
J Vasc Surg, 13/1 (1991), 163
74. Hamann,H.:
Der supragenuale femoro-popliteale Bypass - Vene versus Gefäßprothese
Gefäßchirurgie 3 (1998), 14 - 19
75. Hannes, W. ; Bisler, H. :
Gehtraining als Basistherapie der arteriellen Verschlusskrankheit im Stadium II
Angio, 12 (1990) 117 - 122
76. Harnoss,B.M.:
Das Anastomosenaneurysma
Zentralbl Chir 114 (1989), 169 - 174

77. Harris, J.M.:
An in vitro study of the properties influencing Staph. epidermidis adhesion to
prosthetic vascular graft materials
Ann Surg 206 (1987), 612 – 620
78. Heberer, G. ; van Dongen, R. J. A. M.:
Kirschnersche allgemeine und spezielle Operationslehre
Band XI Gefäßchirurgie
Berlin, Heidelberg, New York, Springer
79. Hedin, U. ; Wahlberg, E. :
Gene therapy and vascular disease: potential applications in vascular surgery
Eur J Vasc Endovasc Surg, 13 (1997) , 101 – 111
80. Heider, P. ; Hofman, M. ; Maurer, P. ; v.Sommoggy, S. :
Semi-closed femoropopliteal TEA: a prospective study
Eur J Vasc Endovasc Surg, 18 (1999), 43 - 47
81. Van der Heijden F.H. ; Eikelboom, B.C. et al. :
Management of superficial femoral artery occlusive disease
Br J Surg, 80 (1993), 959 - 963
82. Van der Heijden, F.H. ; Eikelboom, B.C. et al. :
Long-term results of semiclosed endarterectomy of the superficial femoral ar-
tery and the outcome of failed reconstructions
J Vasc Surg , 18 (1993), 271 - 279
83. Heise, M. ; Krüger, U. :
Untersuchungen zur Korrelation von präoperativer Angiographie und intraope-
rativ gemessenem Gefäßwiderstand
Gefäßchirurgie, 2 (1997) 208 – 214
84. Hepp, W. ; Kogel, H.:
Gefäßchirurgie
Urban und Fischer, 2001

85. Ho, G.H. ; Moll, F.L.:
Endovascular femoropopliteal bypass combined with remote endarterectomy in SFA occlusive disease: initial experience
Eur J Vasc Endovasc Surg, 19 (2000), 27 – 34
86. Hofmann, M.; Farber, A.:
Stent-Graft-Implantation in der Femoralis superficialis – Ein erfolgversprechender Therapieansatz ?
Gefäßchirurgie, 6 (2001), S 25 - 29
87. Holdsworth, R.J. ; Naidu, S. :
Glutaraldehyde-tanned bovine carotid artery graft for infrainguinal vascular reconstruction: 5-year follow-up
Eur J Vasc Endovasc Surg, 14 (1997), 208 - 211
88. Illig, K.A.; Green, R.M.:
Prothetic above-knee femoropopliteal bypass
Sem Vasc Surg, 12 (1999), 38 – 45
89. Jackson, M. ; Todd, B. ; Clagett, G. et al.:
The consequences of a failed femoropopliteal bypass grafting: Comparison of saphenous vein and PTFE grafts
J Vasc Surgery, 32 (2000), 498 - 505
90. Jensen, L.P.:
Intermittent claudication: Conservative treatment, endovascular repair or open surgery for femoropopliteal disease
Ann Chir Gynaec, 87 (1998), 137 - 140
91. Jeschke, M. ; Hermanutz, V.:
Polyurethane vascular protheses decreases neointimal formation compared with expanded PTFE
J Vasc Surg, 29 (1999), 168 - 76

92. Jönsson, B. :
Outcome of symptomatic ischaemia: Four year morbidity and mortality
Eur J Vasc Endovasc Surg 11 (1996), 315 - 321
93. John, T.G.; Stonebridge, P.A.:
Above-knee femoropopliteal bypass grafts and the consequences of graft failure
Ann R Coll Engl Surg, 75 (1993), 257 - 260
94. Johnson, J.A. ; Cogbill, T.H. ; Strutt, P.J. ; Gunderson, A.L. :
Wound complications after infrainguinal bypass - classification, disposing factors and management
Arch Surg, 123 (1988), 859 - 862
95. Johnson, W.C. ; Lee, K.K.:
A comparative evaluation of PTFE, umbilical vein and saphenous vein by revascularisation: a prospective randomized Department of Veterans Affairs cooperative study
J Vasc Surg, 32 (2000), 286 - 277
96. Jost, J. O.:
Möglichkeiten des Gefäßersatzes
Jahrbuch der Chirurgie 1988, Verlag Regensburg & Biermann
97. Kalman, P.G. ; Rotstein, O.D. et al. :
Differential stimulation of macrophage procoagulant activity by vascular grafts
J Vasc Surg, 17 (1993), 531 - 537
98. Kapfer, X.; Sunder-Plassmann, L.:
Der Endopass: Ein endovasculärer Bypass zur Therapie von Verschlussprozessen der A. femoralis und A. poplitea
Gefässchirurgie, 4 (1999), 194 - 202
99. Karch, L.A.; Mattos, M.A.:
Clinical failure after PTA of the superficial femoral and popliteal arteries
J Vasc Surg, 31 (2000), 880 - 887

100. Kasprzak, P.; Raithe, D.:
Ergebnisse nach gefäßchirurgischen Rekonstruktionen nach PTA
Chirurg, 66 (1995), 93 - 100
101. Kiesewetter, H. ; Jung, F. :
Rheologische Therapie der pAVK im Stadium IIb
Angio, 8 (1986), 21 - 31
102. King, M. ; Blais, P. ; Guidoin, R. et al. :
Polyethylene Terephthalate (Dacron) vascular prostheses - Material and fabric
constructions aspects
103. Klinkert, P.; Schepers, A.; Burger, D.H.:
Vein versus PTFE in above-knee femoropopliteal bypass grafting: five-year re-
sults of a randomized controlled trial
J Vasc Surg; 37 (2003), 149 - 155
104. Koch, G.; Gutsch, S.:
Zur Problematik des femoropoplitealen Gefäßersatzes: Vene, ePTFE oder bo-
vines Kollagen
Zentralbl Chir, 121 (1996), 761 - 767
105. Kogel, H. ; Vollmar, J. F. :
Einheilung von Kunststoffprothesen in Arterien und Venen
Gefäßchirurgie im Fortschritt - Neuentwicklungen, Kontroversen, Grenzen, Per-
spektiven
Herausgeber Maurer, P.C., Dörrler, J., v.Sommogy, St. ; Georg Thieme Verlag
Stuttgart New York 1991 mit Sonderdruck
106. Kowligi, R.R. ; Edwin, T.J. et al :
Vascular grafts: Materials, methods and clinical application
in Encyclopedic Handbook of Biomaterials and Bioengineering
Marcel Decker Inc. , New York Basel Hong Kong 1995

107. Kretschmer,G.; Hölzenbein,TH.:
Antithrombotische Therapie nach gefäßchirurgischen Eingriffen
Gefäßchirurgie 4 (1999), 130 - 137
108. Kritz, H. ; Sinzinger, H. :
Pharmacological prevention of myointimal hyperplasia (restenosis) following
angioplasty
Gefäßchirurgie, 1 (1996) 3 – 14
109. Lang, W.; Schmidt, O.; Schweiger, H.:
Der supragenuale PTFE-Bypass
Gefäßchirurgie, 6 (2001), S 34 - 40
110. Legemate, D.A.:
Underutilisation of Duplex scanning for the assessment of lower extremity arte-
rial disease
Eur J Vasc Endovasc Surg, 13 (1997), 96 - 97
111. Leseche, G. ; Ohan J. ; Bouttier, S. et al. :
Above-knee femoro-popliteal bypass grafting using endothelial cell seeded
PTFE grafts: five-year clinical experience
Ann Vasc Surg, Suppl. 9 (1995), 15 - 23
112. Levy ,P.J. ; Gonzalez, F. et alt :
A prospective evaluation of atherosclerotic risk factors and hypercoagulability in
young adults with premature lower extremity atherosclerosis
J Vasc Surg, 23 (1996), 36 - 45
113. Link,J.; Müller-Hülßenbeck, S.:
Ergebnisse der percutanen Implantation ummantelter Gefäßprothesen bei
langstreckigen femoropoplitealen Verschlüssen
Fortschr Röntgenstrahlen 165 (1996), 281 – 287

114. London, N.J.M. ; Srinivasan, R. et al. :
Subintimal angioplasty of femoropopliteal artery occlusions: The long-term results
Eur J Vasc Endovasc Surg, 8 (1994), 148 - 155
115. Louridas, G. ; Veller, M. :
Femoropopliteale Bypassstransplantate oberhalb des Knies: Sind Venen besser als PTFE-Prothesen ? - Eine Studienübersicht
Chirurgische Gastroenterologie Suppl, 10 (1994) , 48 - 53
116. Lundell, A. ; Lindblad, B. et al. :
Femoropopliteal-crural graft patency is improved by an intensive surveillance program: A prospective randomized study
J Vasc Surg, 21 (1995), 26 – 34
117. Machens, H.G. ; Morgan, J.R. ; Mailänder, P.:
Gentherapeutische Techniken und Anwendungsmöglichkeiten in der Gefäßchirurgie
Gefäßchirurgie, 6 (2001), 72 - 80
118. Makhoul, R.G. ; Fields, C.E.:
Nitric oxid and the vascular surgeon
J Vasc Surg, 30 (1999), 569 - 572
119. Mary,C.; Marois,Y.:
In vivo and in vitro studies of a polyester arterial prothesis with a warp-knitted sharkskin structure
J Biomed Mat Res 35 (1997), 459 472
120. Masayuki, M. et al.:
Complement activation by vascular protheses and the role in progression of arteriosclerotic lesions
Angiology 1988, 881 – 889

121. Meinhart, J.; Deutsch, M.:
Eight years of clinical endothelial cell transplantation: Closing the gap between
prosthetic grafts and vein grafts
Asaio Journal, 39 (1997), M515 - M521
122. Mertens, R.A.; O'Hara, P.J.:
Surgical management of infrainguinal arterial prosthetic graft infections: Review
of a 35-year experience
J Vasc Surg, 21 (1995), 782 - 791
123. Michaels, J.A. :
Choice of material for above-knee femoropopliteal bypass graft
Br J Surg, 76 (1989), 7 - 14
124. Mills, J.L.:
p values may lack power. The choice for above-knee femoropopliteal bypass
graft
J Vasc Surg, 32 (2000), 402 - 405
125. Mörl, H. :
Gefäßkrankheiten in der Praxis
5. überarb. und erw. Auflage, Weinheim, Basel, Cambridge, New York, VCH
Verlagsgesellschaft, 1992
126. Moore, W.S.; Quinones-Baldrich, W.J.:
An argument against all-autogenous tissue for vascular bypasses below the in-
guinal ligament
Adv Surg, 24 (1991), 91 - 101
127. Mosley, J.G. ; Marston, A. :
A five- year follow-up of Dacron femoropopliteal grafts
Br J Surg, 73 (1986), 24 - 27
128. Mosquera, D.A., Goldmann, M.:
Endothelial cell seeding
Br J Surg, 78 (1991), 656 - 660

129. Müller-Wiefel, H. :
Gefäßprothesen
Chirurg, 57 (1986), 64 - 71 und Sonderdruck
130. Müller, K.M.; Dasbach, G.:
The pathology of vascular graft
131. Nicoloff, A.D. ; Taylor, L.M.:
Patient recovery after infrainguinal bypass grafting for limb salvage
J Vasc Surg, 27 (1998), 256 - 266
132. Ochsner, J.L. ; Lawson, J.D. et al. :
Homologous veins as an arterial substitute: Long-term results
J Vasc Surg, 1 (1984), 306 – 313
133. Olofsson, P.; Rabahie, G. et al.:
Histological characteristics of explanted human prosthetic arterial grafts:
Implications for the prevention and management of graft infection
Eur J Vasc Endovasc Surg, 9 (1995), 143 - 151
134. O'Riordain, D.S.; Buckley, J.D.:
PTFE in above-knee arterial bypass surgery for critical ischemia
Am J Surg, 164 (1992), 129 -131
135. Ouriel, K.; DeWeese, J.A.:
Differential mechanisms of failure of autogenous and non-autogenous bypass
conduits
Cardiovasc Surg, 3 (1995), 469-473
136. Ouriel, K. ; Grenn, R.M. et al. :
Activated protein C resistance: Prevalence and implications in peripheral vascular disease
J Vasc Surg, 23 (1996), 46 – 52

137. Parsons, R.E.; Suggs, W.:
Percutaneous transluminal angioplasty for the treatment of limb threatening ischemia: Do the results justify an attempt before bypass grafting?
J Vasc Surg, 28 (1998), 1066 - 1071
138. Patterson, R.B. ; Fowl, R.J. ; Kempcinski, R.F. :
Preferential use of ePTFE for above-knee femoropopliteal bypass grafts
Ann Vasc Surg, 4 (1990), 338 - 343
139. Pell, J.P. :
Impact of intermittent claudication on quality of life
Eur J Vasc Endovasc Surg, 9 (1995), 469 - 472
140. Perkins, J M T ; Collin, J. et al. :
Exercise training versus angioplasty for stable claudication. Long and medium term results of a prospective, randomised trial
J Vasc Endovasc Surg, 11 (1996), 409 – 413
141. Peto, R.; Breslow, D.; Cox, D.; Mantel, L. et alt.:
Design and analysis of randomized clinical trials requiring prolonged observation of each patient
Br J Cancer; 34 (1976), 585 - 612
142. Pevec, P.C. ; Darling, R.C. ; L'Italien, G.J. ; Abbott, W.M. :
Femoropopliteal reconstruction with knitted non-velour Dacron versus ePTFE
J Vasc Surg, 16 (1992), 60 - 65
143. Poletti, L. ; Matsuura, J. et alt. :
Should vein be saved for future operations? A 15-year review of infrainguinal bypasses and the subsequent need for autologous vein
Ann Vasc Surg, 12 (1998), 143 - 147
144. Post, S. ; Kraus, T. ; Allenberg, J.R. et alt.:
Dacron versus Polytetrafluoroethylene Grafts for Femoropopliteal Bypass: a Prospective Randomised Multicentre Trial
Eur J Vasc Endovasc Surg, 22 (2002), 226 - 231

145. Pourdeyhimi, B. ; Wagner, D. :
On the correlation between the failure of vascular grafts and their structural and material properties: a critical analysis
J Biomed Mat Res, 2 (1986), 375 - 409
146. Prendiville, E.J. ; Yeager, A. ; O'Donnel, T.F. :
Long-term results with the above-knee popliteal ePTFE graft
J Vasc Surg, 11 (1990), 517 - 524
147. Quinones-Baldrich, W. J. ; Busuttil, R. W. ; Baker, J. D. ; Ahn, S. S. ; Moore, W. S. ;
S. ;
Is the preferential use of PTFE grafts for femoropopliteal bypass justified ?
J. Vasc. Surg., 8 (1988), 219 - 228
148. Quinones-Baldrich, W.J. ; Prego, A.A. ; Ucelay-Gomez R. :
Failure of PTFE infrainguinal revascularisation: patterns, management alternatives and outcome
Ann Vasc Surg, 5 (1991), 163 - 169
149. Raithel, D. :
Spätergebnisse nach femoropoplitealer Rekonstruktion mit der PTFE- Prothese
Chirurgische Gastroenterologie Suppl, 10 (1994), 41 - 46
150. Raptis, S. ; Miller, J.H. :
Influence of a vein cuff on PTFE grafts for primary femoropopliteal bypass
Br J Surg, 82 (1995), 487 - 491
151. Ray, S. A. ; Rowley, M. R. ; Bevan, D. H. ; Taylor, R. S. ; Dormandy, J. A. :
Hypercoagulable abnormalities and postoperative failure of arterial reconstruction
Eur J Vasc Endovasc Surg, 13 (1997), 363 - 370
152. van Reedt Dortland, R.W. ; van Leeuwen, M.S. et al. :
Long-term results with vein homograft in femoro-distal arterial reconstructions
Eur J Vasc Endovasc Surg, 5 (1991), 557 - 564

153. Rhee, R.Y. ; Gloviczki, P et al. :
Experimental evaluation of bleeding complications, thrombogenicity and neo-intimal characteristics of prosthetic patch materials used for carotid angioplasty
Cardiovasc Surg, 4 (1996), 746 – 752
154. Rieger, H. ; Schoop, W.:
Klinische Angiologie
Springer-Verlag 1998
155. Riepe, G. ; Loos, J. ; Imig, H. ; Schröder, E. ; Schneider, E. ; Petermann, J. :
Long-term in vivo alterations of polyester vascular grafts in humans
Eur J Vasc Endovasc Surg, 13 (1997), 540 - 548
156. Robinson, B.I. ; Fletscher, J.P.et ant.:
A prospective randomized multicentre comparison of ePTFE and gelatine-sealed knitted Dacron grafts for femoropopliteal bypass
Cardiovasc Surg, 7 (1999), 214 - 18
157. Rosen, R. C. ; Johnson, W. C. ; Bush, H. L. ; O'Hara, E.T. ; Nabseth, D. C. :
Staged infrainguinal revascularization : Initial prosthetic above-knee bypass followed by a distal vein bypass for recurrent ischemia
Am J Surg, 152 (1986) , 224 - 230
158. Rosenthal, D. ; Evans, R. D. ; McKinsey, J. ; Clark, M. D. ; Daniel, W.W. :
Prosthetic above-knee femoropopliteal bypass for intermittent claudication
J. cardiovasc. Surg., 31 (1990) , 462 - 468
159. Rühland, D. :
Die Entwicklung der Gefäßersatzmaterialien
in Sperling, M. : Gefäßrekonstruktion und Gefäßersatz im Wandel der letzten 25 Jahre
Hamel, TM-Verlag 1995

160. Rutherford, R. ; Baker, D. et al.
Recommended standards for reports dealing with lower extremity ischemia: revised edition
J Vasc Surg, 26 (1997), 517 - 538
161. Sakurai, T. ; Matsushita, M. et al. :
Effect of walking distance on the change in ankle-brachial pressure index in patients with intermittent claudication
Eur J Vasc Endovasc Surg, 13 (1997), 486 - 490
162. Sanchez, L.A. ; Gupta, S.K. ; Veith, F.J. et al. :
A ten-year experience with one hundredfifty failing or threatened vein and PTFE arterial bypass grafts
J Vasc Surg, 14 (1991), 729 - 738
163. Sandbaek, G. , Staxrud, L. :
Outcome of catheter-directed thrombolysis of occluded prosthetic femoropopliteal bypasses. A prospective Study
Acta Radiologica, 41 (2000), 249 - 254
164. Sandmann, W., Kremer, K.:
Materialprobleme in der Gefäßchirurgie
Chirurg, 54 (1983), 433 - 443
165. Sayers, R.D. ; Thompson, M.M. :
The fate of infrainguinal PTFE grafts and an analysis of factors affecting outcome
Eur J Vasc Endovasc Surg, 8 (1994), 607 - 610
166. Schmitt D.D. ; Bandyk, D.F. et al. :
Bacterial adherence to vascular prostheses - a determinant of graft infectivity
J. Vasc. Surg. , 3 (1986), 732 - 740
167. Schulte, K.L. :
Epidemiologie und Prävention der arteriellen Verschlusskrankheit
Phlebologie, 39 (2001), 68 - 74

168. Schwilden, E.-D. :
Operationstaktische Überlegungen zum Rezidiveingriff im femoro-popliteo-
cruralen Bereich
Gefäßchirurgie im Fortschritt, Maurer P.C. , v.Sommoggy S. ; Blackwell-Verlag
Berlin 1995
169. Seidel,D.:
Risikofaktoren der Atherogenese, Mechanismen ihrer Wirkung und klinische
Bewertung
Deutsches Ärzteblatt 90 (1993), 1714 - 1723
170. Shoenfeld, N.A. ; Conolly, R. et al. :
The systemic activation of platelets by Dacron grafts
Surg Gyn Obstetrics, 166 (1988), 454 – 456
171. Sommoggy, St. v. , Heider, P.:
Femoropopliteale Thrombendarteriektomie
Gefäßchirurgie, 6 (2001), S 14 - 19
172. Sommoggy, St. v. , Hofmann, M., Maurer, P. C.,:
Angioskopisch kontrollierte halbgeschlossene Endarteriektomie bei femoro-
poplitealen Verschlüssen
Chirurgische Gastroenterologie Suppl, 10 (1994), 36 - 40
173. Sottirai,V.S.:
Distal anastomotic intimal hyperplasia - biogenesis and etiology
Eur J Vasc Endovasc Surg 2 (1988), 245 - 256
174. Spoelstra, H. ; Casselman, F. ; Lesceu, O. :
Ballon-expandable bypass for femoropopliteal atherosclerotic occlusive dis-
ease. A preliminary evaluation of fifty-five patients
J Vasc Surg , 24 (1996), 647 – 654

175. Stanley, B. ; Teague, B. et al. :
Efficacy of ballon angioplasty of the superficial femoral artery and popliteal artery in the relief of leg ischemia
J Vasc Surg, 23 (1996), 679 – 685
176. Steckmeier, B.; Küffer, G.; Schweiberer, L.:
Die Technik der Schleusenimplantation zur intraoperativen Angioplastie
Gefäßchirurgie, 2 (1997), 36 - 42
177. Steinacker, J. :
Körperliche Bewegung bei pAVK
Deutsches Ärzteblatt, 99 (2002), 2390- 94
178. Sterpetti, A.V. ; Lepidi, S. et al. :
Growth factor production after PTFE and vein arterial grafting: An experimental study
J Vasc Surg, 23 (1996), 453 - 460
179. Sterpetti, A. V. ; Schultz, R. D. ; Feldhaus, R. J. ; Peetz, D. J. :
Seven-year experience with PTFE as above- knee femoropopliteal bypass graft
Is it worthwhile to preserve the autologous saphenous vein ?
J. Vasc. Surg., 2 (1985) , 907 - 912
180. Stierli, P. ; Banz, M. :
Angioskopisch geführte infrainguinale Rekonstruktionen
Gefäßchirurgie, 2 (1997) 22 – 26
181. Stierli, P.; Eugster, T. et al.:
Verschluß der A.femoralis superficialis: Der autologe Venenbypass zur supra-
genualen A.poplitea
Gefäßchirurgie, 6 (2001), S 43 - 46
182. Strecker, E.K.; Boos, I.:
Femoropopliteal artery stent placement: Evaluation of long-term success
Radiology, 205 (1997), 375 – 383

183. Sunder-Plassmann, L.; Abendroth, D.:
CT-gesteuerte lumbale Sympatikolyse
Gefäßchirurgie, 6 (2001), S 57 - 59
184. Tai, N. ; Giudiceandrea, A.:
In vivo femoropopliteal arterial wall compliance in subjects with and without
lower limb vascular disease
J Vasc Surg 30 (1999),
185. Takolander, R. ; Fischer-Colbrie, R. et al. :
The „Ad Hoc“ estimation of outflow does not predict patency of infrainguinal re-
constructions
Eur J Vasc Endovasc Surg , 10 (1995) , 187 - 191
186. Tangelder, M.J.; Algra, A.:
Risk factors for occlusion of infrainguinal bypass grafts
Eur J Vasc Endovasc Surg, 20 (2000), 118 - 124
187. Taylor, R.M. ; Edwards, J.M. ; Porter, J.M.:
Present status of reversed vein bypass grafting: Five-year result of a modern
series
J Vasc Surg, 11 (1990), 193 - 206
188. Taylor, P. R. ; Tyrell, M. R. ; Crofton, M. et al :
Colour flow imaging in the detection of femoro-distal graft and native artery
stenosis: Improved criteria
Eur J Vasc Endovasc Surg, 6 (1992), 232 - 236
189. Tilanus, H. W. ; Obertop, H.; van Urk, H. :
Saphenus vein or PTFE for femoropopliteal bypass
Ann. Surg. , 202 (1985) , 780 - 782
190. Tisi, P.V.; Cowan A.R.:
Endoluminal femoropopliteal bypass for intermittent claudication
Eur J Vasc Endovasc Surg, 19 (2000), 481 - 488

191. Tyrell, M.R. ; Wolfe, J.H.N. :
Myointimal hyperplasia in vein callars for ePTFE grafts
Eur J Vasc Endovasc Surg, 14 (1997), 33 - 36
192. Ubbink, D. Th. ; Tulevski, I. I. ; den Hartog D. ; Koelemay, M. J. ; Legemate, D.:
The value of non-invasive technique for the assessment of critical limb ischemia
Eur J Vasc Endovasc Surg, 13 (1997), 296 – 300
193. Underwood, C. ; Charlesworth, D.:
The uses and abuses of life-table methods in vascular surgery
Br J Surgery, 71 (1984), 495 - 498
194. Veith, F. J. ; Gupta, S. K. ; Ascer, L. A. ; Towne, J. B. ; Bernhard, V. M. ; Bonier,
P. ; Flinn, W. R. ; Astelford, P. ; Yao, J. S. T. ; Bergan, J. J. :
Six-year prospective multicenter randomized comparison of autologous
saphenous vein and expanded PTFE grafts in infrainguinal arterial reconstruc-
tions
J. Vasc. Surg., 3 (1986), 104 - 114
195. Vollmar J. :
Rekonstruktive Chirurgie der Arterien
4. überarbeitete und erweiterte Auflage
Stuttgart, Nem York, Thieme, 1996
196. De Weese, J.A. ; Leather, R. :
Practice guidelines: Lower extremity revascularisation
J Vasc Surg, 18 (1993) 280 - 294
197. Wenk,H.; Shekarriz,H.:
Zur Wahl des Gefäßprothesenmaterialies - erste Ergebnisse einer prospektiv
randomisierten Studie
Zentralb Chir 122 (1997), 2 – 5

198. White, R.A. :
The effect of porosity and biomaterial on the healing and long-term mechanical properties of vascular prostheses
Asaio, 11 (1988), 95 - 100
199. Whittemore, A. D. :
Autogenous saphenous vein versus PTFE bypass for above-knee femoropopliteal reconstruction
J Vasc Surg, 15 (1992), 895 - 897
200. Wilson, Y.G. ; Wyatt, M.G. ; Currie, I.C. :
Preferential use of vein for above-knee femoropopliteal grafts
Eur J Vasc Endovasc Surg, 10 (1995), 220 - 225
201. Woelfle, K.D. ; Tietze, W. et al. :
Intraoperative DSA und Videoendoskopie zur Qualitätssicherung bei femorodistalen Bypassoperationen: Ergebnisse einer vergleichenden Studie
Gefäßchirurgie, 1 (1996) 142 - 151
202. Woratyla, S.P.; Darling,C.R.:
The performance of femoropopliteal bypasses using PTFE above the knee versus autogenous vein below the knee
AmJ Surg, 174 (1997), 169 - 172
203. Z'Graggen, K. ; Inderbitzi, R. ; Krebs, T. ; Stirnemann, P. :
Die Wertigkeit der supragenikulären femoropoplitealen PTFE - Prothese in der chirurgischen Behandlung der chronisch - arteriellen Verschlusskrankheit
Vasa, 19 (1990), 311 - 314
204. Zilla, P. ; Deutsch, M. ; Fasol, R. :
Endothelzellbeschichtung von Gefäßprothesen: Biologie kontra Mechanistik
Gefäßchirurgie im Fortschritt - Neuentwicklungen, Kontroversen, Grenzen, Perspektiven
Herausgeber Maurer, P.C., Dörrler, J., v.Sommoggy, St. ; Georg Thieme Verlag
Stuttgart New York 1991

205. Zippel,R.; Sclosser,M.:

Antigenität von Polyestergefäßprothesen

Gefäßchirurgie, 4 (1999), 91 - 95

206. Zühlke, H. V. ; Harnoss, B.-M. ; Lorenz, E.P.M. :

Septische Gefäßchirurgie

2., neubearb. und erw. Auflage, Berlin, Blackwell-Verlag 1994

Für die Überlassung des Themas meiner Dissertation, für die aufmunternde Unterstützung während des Nachbeobachtungszeitraumes der Studie sowie für die Anregungen und Korrekturen möchte ich mich sehr herzlich bei Herrn Prof. Dr. H.-B. Reith bedanken.

Ebenfalls zu Dank verpflichtet bin ich Herrn Prof. Dr. A. Thiede, der mir als langjährigem Assistenzarzt in einem Krankenhaus der Grundversorgung die Möglichkeit gab, an der Universitätsklinik Würzburg meine chirurgischen Erfahrungen zu erweitern und die Teilgebietsausbildung in der Gefäßchirurgie abzuschließen.

Meinen gefäßchirurgischen Lehrern Prof. Dr. S. Franke und Dr. V. Rüppell bin ich wegen ihres Engagements und ihrer Fähigkeit, ihr großes Wissen und die Begeisterung für die Gefäßchirurgie zu vermitteln, sowie ihrer Kollegialität in der täglichen Zusammenarbeit sehr verbunden.

Bedanken möchte ich mich bei meiner Ehefrau, die mich bei der Durchführung der Doktorarbeit stets unterstützt hat. Die Dissertation möchte ich meinen Eltern widmen, die mir meinen Berufswunsch ermöglicht haben.