

Heinrich Heine Universität Düsseldorf
Institut für diagnostische Radiologie

Direktor: Univ.-Prof. Dr. med. U. Mödder

**Epidemiologie der Patency des A. mammaria interna
(IMA) Bypasses
Prospektive Studie zur Beurteilung der Durchgängigkeit
der IMA als arterielles Conduit bei klinisch notwendiger
koronarer Revaskularisations-Operation**

Dissertation
Zur Erlangung des Grades eines Doktors der Medizin

Der Medizinischen Fakultät der
Heinrich Heine Universität Düsseldorf
vorgelegt von
Yaron Rado
2003

Als Inauguraldissertation gedruckt mit der Genehmigung der Medizinischen Fakultät der
Heinrich Heine Universität Düsseldorf

Dekan: Prof. Häussinger

Referent: PD Dr. Koch (Radiologie)

Korreferent: PD Dr. Korbmacher (Kardiochirurgie)

INHALTSVERZEICHNIS

EINLEITUNG	5
PATIENTEN UND METHODEN	7
Patienten	7
Die intraarterielle digitale Subtraktionsangiografie	8
Entwicklung	8
Methode der intraarteriellen digitalen Subtraktionsangiografie am Institut für diagnostische Radiologie der Universitätsklinik Düsseldorf	10
Untersuchungstechnik	10
Operationsmethode	12
Erfassung und Auswertung der Untersuchungsergebnisse	16
ERGEBNISSE	18
Selektivität	18
Patency Rate	19
Gefäßeigenschaften	21
Parenchymatöse Phase und Venöse Phase	24
Statistische Analyse	25
Gefäßeigenschaft	25
Stenosequantifizierung	31
Intercostalast	33

DISKUSSION	34
Die IMA als Bypass Gefäß	34
Die DSA der IMA	36
Diskussion der Ergebnisse	37
ZUSAMMENFASSUNG	39
LITERATUR	41
LEBENS LAUF	47
BILDANHANG	49
ABSTRACT	57

Einleitung

Die koronare Herzkrankheit zählt zu den häufigsten Erkrankungen der modernen Zivilisation und steht in den Todesstatistiken vieler Länder an erster Stelle¹. Die Therapiemöglichkeiten beginnen beim frühzeitigen Erkennen und Beseitigen der Risikofaktoren. Die konservative medikamentöse Behandlung und interventionelle Verfahren (z.B. PTCA, Stent-Einlage, intrakoronare Lyse) stellen eingreifende Möglichkeiten vor der chirurgischen Therapie dar. Operativ wird mit Hilfe sogenannter Bypassgefäße die stenosierte Koronararterie umgangen, um damit eine genügende Versorgung des Herzmuskels mit sauerstoffreichem Blut zu gewährleisten. Um dies zu bewerkstelligen, hat sich weltweit in den letzten 25 Jahren eine Operationsmethode entwickelt, die mit Hilfe patienteneigener Venen sauerstoffreiches Blut der aufsteigenden Aorta entnimmt, um es den befallenen Koronararterien jenseits ihrer einengenden Veränderungen zuzuführen^{8, 48}. Die Operation wird überwiegend unter Anwendung der extrakorporalen Zirkulation (Herz-Lungenmaschine) durchgeführt¹⁷. Erstmals gebrauchte ARTHUR VINEBERG 1950 die A. mammaria interna, um dem minderversorgten Myokard sauerstoffreiches Blut zuzuführen⁴⁴. Dazu löste er die A. mammaria aus ihrem Bett und implantierte sie in einen künstlich hergestellten Myokardtunnel. Eine direkte Verbindung zwischen der A. mammaria interna und einer betroffenen Koronararterie in Form einer End-zu-Seit Anastomose erstellte 1964 KOLESSOV²⁹. Trotzdem wurde diese Operationsmethode erst Jahre später wieder aufgegriffen, und es wurde begonnen, sie alternativ zu der klassischen aortokoronaren Venenbypass Operation (ACVB) einzusetzen. Im Rahmen zahlreicher wissenschaftlicher Untersuchungen konnte gezeigt werden, dass die A. mammaria interna prognostisch venösem Bypassmaterial bezüglich der Langzeit

Patency Rate überlegen ist, da sie als arterielles Conduit unter anderem weniger atheromatös verändert wird als ein venöses Conduit^{4, 19} und als in-situ Bypass vital ist⁵⁰. Ende der 70er Jahre waren es weltweit nur einige Herzzentren, die für diese Operationsmethode Schrittmacherdienste leisteten⁴⁰. Mit Beginn der 80er Jahre wurde zunehmend die IMA als aortokoronares Umgehungsgefäß eingesetzt³⁸. In der Klinik für Herz- und Thoraxchirurgie des Universitätsklinikums Düsseldorf wurde dieses Operationsverfahren erstmals im Jahre 1972 angewandt. Es wurde aber zunächst wieder verlassen, da Zweifel an einem ausreichenden Minutenfluss in der Brustwandarterie aufkamen¹⁴. Erst in den Jahren nach 1984 wurde der Anteil der Verwendung der A. mammaria als Bypassgefäß im Rahmen der koronarchirurgischen Operationen kontinuierlich gesteigert. Mittlerweile werden in Düsseldorf ca. 80% -90% der koronaren Bypassoperationen unter Verwendung einer oder beider Brustwandarterien durchgeführt. Im Rahmen der zunehmenden Verwendung der Brustwandarterie wurde zur Überprüfung der Patency eine valide Untersuchungsmethode gesucht, um das Operationsergebnis zu beurteilen. Andererseits sollte bei frühpostoperativ auftretenden Komplikationen in Form von Ischämien und fraglichen Bypassverschlüssen eine rasche, den Patienten wenig belastende, Untersuchungsmöglichkeit zur Verfügung stehen. Wir nutzten die digitale Subtraktionsangiografie (DSA) als Nachuntersuchungsmethode zur Kontrolle der Patency des IMA Bypasses. Im Rahmen dieser Studie wurde die Patency Rate des IMA Bypasses durch Einsatz der intraarteriellen DSA überprüft.

Patienten und Methoden

Patienten

Von 3835 Patienten, die im Zeitraum von 8/90 bis 3/96 an der Universitätsklinik Düsseldorf eine aortokoronare venöse Bypass Operation (ACVB) erhielten, wurden 1809 Patienten zusätzlich mit einem Bypass von linker IMA zum RIVA versorgt. Sieben Patienten erhielten während der ACVB Operation zusätzlichen einen Bypass der rechten A. mammaria interna. Insgesamt wurden in diesem Zeitraum bei 1023 dieser 1809 Patienten 1080 i.a. DSAs der Bypässe durchgeführt. Bei 57 dieser Patienten erfolgte eine Nachuntersuchung nach ca. einem Jahr bei klinisch unauffälligem Verlauf.

Diese 1023 Patienten stellen das Patientenkollektiv dieser Arbeit dar.

Der Altersdurchschnitt lag bei 59,9 Jahren (range: 33-80 Jahre; sd: 8,6 Jahre).

Die Geschlechtsverteilung betrug 899:124 männlich zu weiblich (88%:12%).

Im Rahmen der Einführung der frühpostoperativen digitalen Subtraktionsangiografie des A. mammaria interna Bypass wurde zunächst bei den ersten 80 Patienten in nicht selektiver Technik das Kontrastmittel in die A. subclavia sinistra appliziert. In der Folge ging man dazu über, den Untersuchungskatheter selektiv bis in das Lumen der A. mammaria interna vorzuschieben. Die frühpostoperative DSA erfolgte im Mittel am 13. Tag postoperativ (range: 2.-18.Tag). Insgesamt wurden 137 (12,7%) Patienten in nicht selektiver und 943 Patienten (87,3%) in selektiver Technik untersucht.

Die intraarterielle digitale Subtraktionsangiografie

Die digitale Subtraktionsangiografie basiert auf dem Prinzip der fotografischen Subtraktion. Es wird eine digitale angiografische Aufnahme der zu untersuchenden Region vor Gefäßdarstellung angefertigt, das sogenannte Leer- oder Maskenbild. Nun wird nach Kontrastmittelgabe in das darzustellende Gefäß das Leerbild vom Gefäßfüllungsbild abgezogen. Dabei werden alle gemeinsamen Bildinformationen gelöscht. Bei der Darstellung der A. mammaria interna kommen nacheinander originäres Bypassgefäß, koronares Nativgefäß, die Anflutung in der Parenchymphase sowie die kontrastierten venösen Sinus überlagerungsfrei zur Darstellung. Der Vorgang der Subtraktion wird vom Rechner der DSA Einheit ausgeführt. Die entstehenden Bilder stehen bereits während der Untersuchung zur Verfügung.

Entwicklung

Die Entwicklung der digitalen Subtraktionsangiografie (DSA) geht im Wesentlichen auf die Arbeitsgruppe um Mistretta in Madison, Wisconsin, USA zurück. Über erste klinische Erfahrungen mit der DSA berichteten die Arbeitsgruppen um Meany³⁵ 1980 in Cleveland, USA, Ludwig und Engels³¹ 1981 in Utrecht, Holland, Baert² 1981 in Belgien sowie Seyferth und Zeitler⁴¹ 1982 in Erlangen.

In Düsseldorf erfolgte zunächst der Versuch der intravenösen DSA am Herzen. Diese brachte aber kein zufriedenstellendes Ergebnis, so dass man zur intraarteriellen Kontrastmittelgabe überging. Diese intraarterielle DSA (i.a. DSA) war der intravenösen deutlich überlegen, so dass man grobe Aussagen über die Durchgängigkeit der A.

mammaria interna machen konnte^{22, 32, 33}. Diese war jedoch anfänglich in ihrer Aussagekraft eingeschränkt, da man zu diesem Zeitpunkt die A. mammaria interna „nicht selektiv“ darstellte. Die selektive Darstellung erfolgte durch Platzieren des Untersuchungskatheters im Lumen der A. subclavia sinistra, proximal des Abgangs der A. mammaria interna. Das an dieser Stelle applizierte Kontrastmittel gelangte nur partiell in die darzustellende IMA und floss zum großen Teil über die A. subclavia sinistra nach peripher ab. Da diese Untersuchungstechnik nur grobe Informationen über die Durchgängigkeit und Gefäßqualität der IMA zuließ, ging man dazu über, die Katheterspitze selektiv in das Lumen der IMA zu positionieren. Dadurch wurde das Gefäß überlagerungsfrei selektiv darstellbar.

Methode der intraarteriellen digitalen Subtraktionsangiografie am Institut für diagnostische Radiologie der Universitätsklinik Düsseldorf

Die Untersuchungen der hier aufgeführten Patientengruppe erfolgten mit der Angiografieeinheit DIAGNOST ARC-A sowie einem DVi-V-System der Firma Philips, Best, Netherlands. Sie besaß einen 12bit Arbeitsspeicher und arbeitete maximal mit einer 512 x 512 Bildmatrix. Sie konnte maximal etwa 950 Bilder speichern. Die höchste Bildseriengeschwindigkeit betrug 5 Bilder/s. Die so angefertigten optischen Informationen wurden digital auf einer Festplatte gespeichert. Der Durchmesser des Bildverstärkers betrug 25cm.

Untersuchungstechnik

Unter sterilen Bedingungen wurde zunächst der Puls der A. brachialis des linken Arms palpirt. Cutis und Subcutis in der Umgebung der Arterie wurden mit ca. 5ml Scandicain infiltriert und anästhesiert. Diese Menge bietet normalerweise eine ausreichende anästhetische Wirkung. Eine höhere Menge würde die Wahrscheinlichkeit erhöhen, den Puls durch das applizierte Volumen zu verschleiern. Vor Einführen der Punktionskanüle wurde die Haut durch ein Skalpell inzidiert, um einen Zugangsweg zur Arterie zu schaffen. Die Punktion erfolgte mit einer 18G Einmalpunktionskanüle, über die ein feiner Führungsdraht in die A. cubitalis gelegt wurde. In Seldinger Technik wurde die Kanüle über den liegenden Führungsdraht entfernt und eine 4F Schleuse in die Arterie eingebracht. Der Führungsdraht wurde unter Durchleuchtung durch einen weicheren Terumo Draht ersetzt und vorgeschoben. Über den eingewechselten Draht wurde ein Osborne Katheter in

die proximale A. subclavia gelegt. Durch vorsichtiges Anspritzen von Kontrastmittel in die A. subclavia stellte man das Ostium der A. mammaria interna dar. Sie liegt anatomisch meist direkt gegenüber des Abgangs der A. vertebralis. Bei normaler Anatomie wurde die gebogene Spitze des Katheters unter Durchleuchtung zurückgezogen und zeitgleich ununterbrochen kleine Mengen Kontrastmittel gespritzt, bis der Abgang der A. mammaria interna erreicht wurde. Im Idealfall kam die Katheterspitze im Abgang der A. mammaria interna aus der A. subclavia zu liegen. Ihr Kaliber ist auf dieser Höhe in der Regel weit genug, um den Katheter aufzunehmen, ohne das Gefäß vollständig zu verschließen. Das Restlumen mußte die ausreichende Perfusion des Bypasses ermöglichen. Um das Risiko eines Bypassverschlusses zu minimieren, sollte die Zeit, in der der Katheter in dieser Lage verbleibt, auf ein Minimum beschränkt bleiben. Um den Katheter in dieser Lage zu fixieren, kann er auf der Haut am bis zu 90 Grad abduziertem Arm mit Steristrips befestigt werden. Jetzt konnte zur Vorbereitung der DSA Serie das Mediastinum eingestellt werden, wobei die Katheterspitze am oberen Bildrand zur Dokumentation mit abgebildet wird. Die DSA Serien wurden, soweit möglich, in drei Ebenen angefertigt. Man begann mit dem anterior-posterioren Strahlengang und stellte dann den Durchleuchtungsbogen auf 30 Grad LAO (left anterior oblique). Danach versuchte man den Patienten vorsichtig umzulagern und schloß die Untersuchung mit einer Serie im seitlichen Strahlengang ab. Um zusätzlich zu dem arteriokoronaren Bypass auch die arteriokoronare Anastomose beurteilen zu können, wurden bis zu 20s lange DSA Serien angefertigt. In der Regel kontrastierte sich auch das native Koronargefäß zumindest partiell. Nach einigen Sekunden wurde das durch den Bypass versorgte Myokard angefärbt. Dieser Zeitpunkt markierte die „Parenchymphase“. Der Abfluss des Kontrastmittels durch den venösen Sinus wurde „Abstromphase“ oder „Venöse Phase“ genannt und auch dokumentiert. Während der gesamten Serie, die zwischen 10 und 20s dauern konnte, musste der Patient in Inspiration

verbleiben, um das am Anfang beschriebene „Leerbild“ nicht zu verändern. Die Subtraktion des ursprünglichen „Leerbildes“ aus den Bilddaten setzt eine unveränderte Anatomie voraus, da sonst störende Artefakte entstehen und die Beurteilbarkeit der Serien einschränken können.

Nachdem die Röntgenuntersuchung abgeschlossen war, wurde der Katheter unter Schutz des Terumo Drahts entfernt. Nach Zug der Schleuse wurde die Punktionsstelle der A. brachialis für 10 Minuten manuell komprimiert und ein zirkulärer Druckverband angebracht. Dieser wurde für vier Stunden belassen.

Operationsmethode

Zunächst erfolgt ein medianer Hautschnitt, dann wird das Sternum längs gespalten und der Brustkorb eröffnet. Man schiebt die Pleura und den Thymus ab. Durch Einsatz eines Thoraxsperrers wird Übersichtlichkeit und Operationsraum gewonnen. Nun wird der Herzbeutel in Längsrichtung eröffnet. In den Fällen, in denen die V. saphena magna interponiert werden soll, arbeitet zur gleichen Zeit ein 2. OP Team. Seine Aufgabe ist es, die V. saphena magna zu entnehmen, die zunächst freigelegt wird. Die Seitenäste werden präpariert und ligiert, die Venen anschließend entnommen.

Das nächste operative Ziel ist die Freilegung der IMA. Dazu erzwingt man Einblick unter die entsprechende Brustbeinseite, indem die betreffende Thoraxhälfte angehoben wird. Dies erfolgt durch eine Verkipfung der Sternumhälften gegeneinander. Technisch verwendet man den normalen Thoraxsperrer oder ein Sondermodell, das für die Freilegung der IMA entwickelt wurde. Ist die Thoraxhälfte entsprechend angehoben, wird die mediastinale Pleura von der Thoraxwand abgeschoben. Dann kann in der Regel die IMA eingesehen werden, wobei meist eine Pulsation zu erkennen ist. Die IMA wirkt gegenüber

der Umgebung leicht erhaben. Durch Inspektion und Palpation ergibt sich ein grober Hinweis, ob die IMA zur koronaren Umgehung verwendet werden kann.

Jetzt werden rechts und links von der IMA in ca. jeweils 1cm Entfernung, parallele Einschnitte mit Hilfe des elektrischen Messers durchgeführt. Die Schnitte reichen in der Tiefe bis zum Periost des Brustbeins, bzw. bis zum Rippenknorpel. In der solchermassen entstandenen Gewebsstruktur befinden sich die IMA, begleitende Venen, benachbartes Fett und Muskel sowie Teile der endothorakalen Faszie. Dieses Präparat wird Pedikel genannt. Die Länge des Pedikels richtet sich nach dem Abstand der IMA zur versorgenden Koronararterie. In der Regel reicht der Pedikel vom Abgang der IMA aus der A. subclavia bis zur Höhe der sechsten Rippe. Dabei beginnt man die Dissektion des Pedikels an der Stelle, wo die IMA am besten einzustellen ist. Dies ist meist auf Höhe der vierten oder fünften Rippe. Der Pedikel wird von der Thoraxwand nach intrathorakal gezogen. Die dabei erkennbaren kräftigeren Gefäßseitenäste werden zwischen Metallclips durchtrennt. Dünnere Gefäße können elektrisch verodet werden. Bei diesem Vorgehen darf die IMA keinesfalls verletzt oder beeinträchtigt werden.

Nun erfolgt die Vollheparinisierung. Am distalen Ende werden zwei Klemmen angebracht und der Pedikel dazwischen durchtrennt. Man misst das Minutenvolumen der IMA in ml/min, indem die Klemme des subclavia nahen Abschnittes der durchtrennten IMA gelöst wird. Das ausfließende Blut wird in ein normiertes Gefäß eingeleitet. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die IMA auf die vorherigen Manipulationen meist einen deutlichen Spasmus entwickelt. Daher wird retrograd eine Papaverinlösung injiziert.

Im Anschluss an diese Maßnahmen wird das freie IMA Ende mit einer kleinen Klemme verschlossen und in situ belassen.

Der nächste große operative Schritt wird mit den Anschluss des Herzens an die Herz-Lungen Maschine begonnen. Wurde die V. saphena magna wie oben beschrieben

präpariert, werden jetzt die peripheren Venenanastomosen durchgeführt. Die Anastomose der IMA erfolgt anschließend. Die Einhaltung dieser Reihenfolge ist wichtig, weil die operative Beweglichkeit des Herzens nach der IMA Anastomose an die entsprechende Koronarie sehr stark eingeschränkt wird. Um die IMA zu anastomosieren muss sie in den Herzbeutel eingeführt werden. Der Weg erfolgt durch kleine Einschnitte in der mediastinalen Pleura und in das Perikard, ventral des hier verlaufenden N. phrenicus. Bevor die Anastomosierung selbst erfolgt, überprüft man noch einmal das Minutenvolumen der durch Papaverin medikamentös denervierten IMA. Dazu löst man erneut die distale Klemme. Wird ein Minutenvolumen von mindestens 60 ml/min erreicht und kann die Arterie spannungsfrei bis zum Koronargefäß geführt werden, erfolgt jetzt die End-zu-Seit Anastomose, wobei die IMA ggf. vorher für die Anastomosierung passend zuzuschneiden ist.

Die im Rahmen des Durchzugs der IMA eröffnete Pleurahöhle wird durch eine Drainage entlastet. Der großlumige Drainageschlauch wird in der vorderen Axillarlinie in Höhe des siebten oder achten ICR eingeführt. Seine Spitze kommt in der Pleurakuppel zu liegen. Der Herzbeutel erhält zwei Drainagen: zum einen die oben beschriebene Seitliche durch den Einführungsschlitz der IMA und zum anderen eine Drainage über ein zusätzliches dorsales Fenster zur linken Pleurahöhle hin.

Im Anschluss daran sollte das Herz wieder pumpen können. Geschieht dies zureichend, werden die venösen Verbindungen zur Herz-Lungen Maschine entfernt. Ist die Verbindung zum Linken Vorhof entfernt, überprüft man auf Bluttrockenheit in den Anastomosengebieten und der venösen Kanülierungsstellen. Bestehen korrekte Verhältnisse, wird die systemische Vollheparinisierung medikamentös rückgängig gemacht. Die aortale Verbindung der Herz-Lungen Maschine verbleibt, bis die Blutgerinnung wieder sichtbar wird. Übrigens wird durch die aortale Verbindung das

Restblut aus der Herz-Lungen Maschine dem Patienten wieder zugeführt, so weit dies möglich ist. Eine verbleibender Rest wird nach Entfernung der aortalen Verbindung intravenös zugeführt. Dazu muss das in der Herz-Lungen Maschine verbliebene Blut steril gesammelt werden.

Im Bereich der rechtsventrikulären Muskulatur werden temporäre, extrahierbare Schrittmacher Elektroden fixiert. Ihre Enden liegen auf der Haut. Manchmal ist es in der frühen postoperativen Phase erforderlich, das Herz extern zu stimulieren. Falls Venenanastomosen angelegt wurden, markiert man die aortalen Ansatzstellen durch einzelne röntgendichte Metallclips. Jetzt kann der vordere Längsschnitt des Perikards komplett verschlossen werden. Auch die mediastinale Pleura wird komplett verschlossen, wobei die Durchtrittsstelle der IMA belassen wird. Der Brustkorbsperrer wird entfernt und Bluttrockenheit retrosternal sichergestellt. Die Ränder des längsgespaltenen Sternums werden aneinander gezogen und durch sechs einzelne Drahtzerklagen fixiert. Nach Adaption von Faszie und Subkutangewebe erfolgt die abschließende Hautnaht.

Erfassung und Auswertung der Untersuchungsergebnisse

Die Beurteilung der i.a. DSA wurde von jeweils einem Radiologen und einem Kardiochirurgen durchgeführt, der

- die A. mammaria interna vom Ort der Injektion bis zur Anastomose,
- den Anastomosenbereich zwischen der A. mammaria interna und der Koronararterie,
- die native Koronararterie,
- die Parenchymphase und die venöse Abstromphase

beurteilte. Diese Daten wurden in einer Access Datenbank erfasst und mit der statistischen Software ANOVA von Statistical Analysis System Inc., Cary, N.C., ausgewertet.

In der Datenerfassung wurde zunächst nach Festhalten des Patientennamens, des Geburtsdatums und des Untersuchungsdatums die Katheterlage erfasst. Die Gefäßeigenschaften der A. mammaria interna wurden in ihrem Verlauf erfasst. Der Katheter lag entweder im Lumen der A. subclavia sinistra (nicht selektiv) oder in der A. mammaria interna (selektiv). Dann wurde das Gefäß in ein kraniales, ein mittleres und ein kaudales Gefäßdrittel unterschieden. Jedes Drittel wurde nach Gradlinigkeit, Schlingelung, Abknickung oder Verschluss beurteilt. Die A. mammaria interna wurde nach ihrer Größe beurteilt, dabei standen dem Untersucher die semiquantitativen und semiquantitativen beschreibenden Termini klein, mittel und groß zur Verfügung. Für den Kontrastmittelabstrom wurde zwischen gut, mittel, flau und nicht vorhanden unterschieden.

Der Anastomosenbereich wurde nach Durchgängigkeit (gut, mittel, schlecht oder nicht vorhanden), Größe (groß, mittel oder klein) und Kontrastmittelabstrom (gut, mittel, flau oder nicht vorhanden) beurteilt.

Als letztes wurde die Durchgängigkeit des Nativgefäßes befundet (gut, mittel, schlecht oder nicht vorhanden) und die Parenchymphase und die venöse Phase dokumentiert.

Ergebnisse

Selektivität

Wegen der besseren Beurteilbarkeit und Aussagekraft der DSA bei selektiver Vorgehensweise²¹ wurde dieses Verfahren, soweit technisch durchführbar, vorwiegend angewendet (87,3%).

	selektiv			
	Frequenz	Prozent	Kumulative Frequenz	Kumulative Prozent
0	943	87.3	943	87.3
1	137	12.7	1080	100.0

Einzelheiten der Operationsmethode wurden in der DSA dargestellt und in die Datenbank eingetragen. Der erste Intercostalast wurde in 17,1% belassen.

1. Intercostalast belassen

	Frequenz	Prozent	Kumulative Frequenz	Kumulative Prozent
nein	889	82.9	889	82.9
ja	184	17.1	1073	100.0

Fehlende = 7

2. Intercostalast belassen

	Frequenz	Prozent	Kumulative Frequenz	Kumulative Prozent
nein	1054	99.1	1054	99.1
ja	10	0.9	1064	100.0

Fehlende = 16

3. Intercostalast belassen

	Frequenz	Prozent	Kumulative Frequenz	Kumulative Prozent
nein	1057	99.9	1057	99.9
ja	1	0.1	1058	100.0

Fehlende = 22

Patency Rate

Der Anastomosenbereich wurde nach den Qualitäten Durchgängigkeit, Stenose, Größe der Anastomose und Abstrom des Kontrastmittels beurteilt. Die Anastomose war in 94,9% durchgängig. In 5,1% konnte kein Kontrastmittel im Bereich der Anastomose detektiert werden. Stenosiert waren 1,5%, 0,8% waren verschlossen.

Durchgängigkeit im Anastomosen Bereich

	Frequenz	Prozent	Kumulative Frequenz	Kumulative Prozent
keine	55	5.1	55	5.1
schlecht	72	6.7	127	11.8
mittel	223	20.7	350	32.4
gut	729	67.6	1079	100.0

Fehlende = 1

Stenose im Anastomosen Bereich

	Frequenz	Prozent	Kumulative Frequenz	Kumulative Prozent
Verschluß	9	0.8	9	0.8
Stenose (%)	16	1.5	25	2.3
nein	873	80.8	898	83.1
nicht beurteilbar	182	16.9	1080	100.0

Abstrom jenseits der Anastomosen

	Frequenz	Prozent	Kumulative Frequenz	Kumulative Prozent
kein	56	5.2	56	5.2
flau	140	13.1	196	18.3
mittel	233	21.8	429	40.1
gut	640	59.9	1069	100.0

Fehlende = 11

Größe der Anastomose

	Frequenz	Prozent	Kumulative Frequenz	Kumulative Prozent
klein	141	13.4	141	13.4
mittel	485	46.0	626	59.3
groß	328	31.1	954	90.4
n.bew.	101	9.6	1055	100.0

Fehlende = 25

Durchgängigkeit Nativgefäß

	Frequenz	Prozent	Kumulative Frequenz	Kumulative Prozent
keine	56	5.3	56	5.3
schlecht	128	12.0	184	17.3
mittel	290	27.2	474	44.5
gut	592	55.5	1066	100.0

Fehlende = 14

Gefäßeigenschaften

Im Rahmen der Untersuchung schätzte der Radiologe die Größe der A. mammaria interna ab. Dafür waren im Befundungsprotokoll keine absoluten Maße sondern ein semiquantitativer Gesamteindruck entscheidend.

50% wurden als mittelgroß befundet, 36% erhielten das Attribut groß.

Größe der A. mammaria interna				
	Frequenz	Prozent	Kumulative Frequenz	Kumulative Prozent
klein	148	13.7	148	13.7
mittel	540	50.0	688	63.7
groß	390	36.1	1078	99.8
n.bew.	2	0.2	1080	100.0

Der Kontrastmittelabstrom wurde in 70% als gut bewertet, in einem Prozent war er nicht erkennbar. Bei den Zwischenstufen überwog die Klassifizierung mittel (18%) über flau (10%).

Kontrastmittelabstrom				
	Frequenz	Prozent	Kumulative Frequenz	Kumulative Prozent
kein	11	1.0	11	1.0
flau	114	10.6	125	11.6
mittel	198	18.3	323	29.9
gut	757	70.1	1080	100.0

Die Gefäßeigenschaften der A. mammaria interna wurden nach Erscheinungsbild und Verlauf klassifiziert, wobei die Arterienlänge in Drittel eingeteilt und dann einzeln beurteilt wurde. Die Einteilungskriterien hießen Geradlinig, Schlängelung, Kinking, Kalibersprung für eine abrupte Änderung des Gefäßdurchmessers, Stenosierung bei

gradueller oder Verschuß bei fehlender Kontrastmittelfüllung innerhalb oder ab einem bestimmten Gefäßdrittel. Funktionelle Bedeutung hat die Klassifikation *Verschuß*. Auch bei *Stenosierung* ist von einer funktionellen Bedeutung auszugehen. Beim Begriff Kalibersprung kann eine Funktionseinbuße resultieren. Kinking, Schlängelung und Geradlinigkeit sind für die Perfusion nicht bedeutend. Die A. mammaria interna verlief in 73,5% geradlinig. Schlängelungen waren überwiegend im mittleren Drittel zu finden. Mit 12,3% war sie im letzten Drittel doppelt so hoch wie im ersten Drittel mit 6%. Kinking war mit 2,3% selten, auch dieses wurde wie die Schlängelung am häufigsten im mittleren Drittel gefunden. Kalibersprünge waren mit 0,6 Prozent sehr selten. Auch die Stenosen an den Anastomosen waren mit 0,8% auch selten zu finden. Insgesamt wurden 4,4% Gefäßverschlüsse beobachtet, die in allen Gefäßdritteln gleichmäßig auftraten.

Gefäßeigenschaft 1. Drittel

	Frequenz	Prozent	Kumulative Frequenz	Kumulative Prozent
Verschluß	16	1.5	16	1.5
Kinking	2	0.2	18	1.7
Schlängelung	65	6.0	83	7.7
Geradlinigkeit	997	92.3	1080	100.0

Gefäßeigenschaft 2. Drittel

	Frequenz	Prozent	Kumulative Frequenz	Kumulative Prozent
Verschluß	34	3.1	34	3.1
Stenosierung (%)	2	0.2	36	3.3
Kalibersprung (%)	5	0.5	41	3.8
Kinking	18	1.7	59	5.5
Schlängelung	227	21.0	286	26.5
Geradlinigkeit	794	73.5	1080	100.0

Gefäßeigenschaft 3. Drittel

	Frequenz	Prozent	Kumulative Frequenz	Kumulative Prozent
Verschluß	48	4.4	48	4.4
Stenosierung (%)	6	0.6	54	5.0
Kalibersprung (%)	1	0.1	55	5.1
Kinking	4	0.4	59	5.5
Schlängelung	133	12.3	192	17.8
Geradlinigkeit	888	82.2	1080	100.0

Parenchymatöse Phase und Venöse Phase

Die parenchymatöse Anflutung des Kontrastmittels konnte in 92,1% der Untersuchungen beobachtet werden, der venöse Abstrom in 88,5% der Fälle.

Parenchym Phase				
	Frequenz	Prozent	Kumulative Frequenz	Kumulative Prozent
nein	85	7.9	85	7.9
vorhanden	989	92.1	1074	100.0

Fehlende = 6

Venöse Phase				
	Frequenz	Prozent	Kumulative Frequenz	Kumulative Prozent
nein	123	11.5	123	11.5
vorhanden	951	88.5	1074	100.0

Fehlende = 6

Statistische Analyse

Gefäßeigenschaft

Aufgrund der geringen Fallzahlen wurden die Untergruppierungen mittel und klein für den Fisher's Exact Test zusammengefasst. Nach statistischer Auswertung der IMA Größe gegen die Gefäßeigenschaften der einzelnen Drittel stellt sich heraus, dass die als mittel bis klein bewertete IMA eine signifikant höhere Verschlusswahrscheinlichkeit zeigt ($p < 0,018$). Diese ist, je nach Drittel, zwischen 2 - 4 mal höher, als bei der als groß beschriebenen IMA.

IMA Größe gegen Gefäßeigenschaft

1. Drittel

Frequenz	Ver-	Kinking	Schlän-	Geradli-	Total
Prozent	schluß		gelung	nigkeit	
Reihen%					
Spalten%					
klein	5	0	3	140	148
	0.46	0.00	0.28	12.96	13.70
	3.38	0.00	2.03	94.59	
	31.25	0.00	4.62	14.04	
mittel	6	0	25	509	540
	0.56	0.00	2.31	47.13	50.00
	1.11	0.00	4.63	94.26	
	37.50	0.00	38.46	51.05	
groß	3	2	37	348	390
	0.28	0.19	3.43	32.22	36.11
	0.77	0.51	9.49	89.23	
	18.75	100.00	56.92	34.90	
n.bew.	2	0	0	0	2
	0.19	0.00	0.00	0.00	0.19
	100.00	0.00	0.00	0.00	
	12.50	0.00	0.00	0.00	
Total	16	2	65	997	1080
Σ	1.48	0.19	6.02	92.31	100.00

IMA Größe gegen Gefäßeigenschaft

2. Drittel

Frequenz	Ver-	Steno-	Kaliber-	Kinking	Schlän-	Geradli-	Total
Prozent	schluß	sierung	sprung		gelung	nigkeit	
Reihen%		(%)	(%)				
Spalten%							
klein	9	1	2	0	22	114	148
	0.83	0.09	0.19	0.00	2.04	10.56	13.70
	6.08	0.68	1.35	0.00	14.86	77.03	
	26.47	50.00	40.00	0.00	9.69	14.36	
mittel	16	1	3	10	102	408	540
	1.48	0.09	0.28	0.93	9.44	37.78	50.00
	2.96	0.19	0.56	1.85	18.89	75.56	
	47.06	50.00	60.00	55.56	44.93	51.39	
groß	7	0	0	8	103	272	390
	0.65	0.00	0.00	0.74	9.54	25.19	36.11
	1.79	0.00	0.00	2.05	26.41	69.74	
	20.59	0.00	0.00	44.44	45.37	34.26	
n.bew.	2	0	0	0	0	0	2
	0.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.19
	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	5.88	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Total	34	2	5	18	227	794	1080
Σ	3.15	0.19	0.46	1.67	21.02	73.52	100.00

IMA Größe gegen Gefäßeigenschaft

3. Drittel

Frequenz							Total
Prozent							
Reihen%							
Spalten%	Ver- schluß	Steno- sierung (%)	Kaliber- sprung (%)	Kinking	Schlän- gelung	Geradli- nigkeit	
klein	18	2	0	0	7	121	148
	1.67	0.19	0.00	0.00	0.65	11.20	13.70
	12.16	1.35	0.00	0.00	4.73	81.76	
	37.50	33.33	0.00	0.00	5.26	13.63	
mittel	19	2	1	2	71	445	540
	1.76	0.19	0.09	0.19	6.57	41.20	50.00
	3.52	0.37	0.19	0.37	13.15	82.41	
	39.58	33.33	100.00	50.00	53.38	50.11	
groß	9	2	0	2	55	322	390
	0.83	0.19	0.00	0.19	5.09	29.81	36.11
	2.31	0.51	0.00	0.51	14.10	82.56	
	18.75	33.33	0.00	50.00	41.35	36.26	
n.bew.	2	0	0	0	0	0	2
	0.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.19
	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	4.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Total	48	6	1	4	133	888	1080
Σ	4.44	0.56	0.09	0.37	12.31	82.22	100.00

Größe der IMA gegen Gefäßeigenschaft 1. Drittel

Frequenz			Total
Prozent			
Reihen%	Ver-	offen	
Spalten%	schluß		
klein bis mittel	11	677	688
	1.02	62.80	63.82
	1.60	98.40	
	78.57	63.63	
groß	3	387	390
	0.28	35.90	36.18
	0.77	99.23	
	21.43	36.37	
Total	14	1064	1078
	1.30	98.70	100.00

Statistische Auswertung

Statistic	DF	Value	Prob
Chi-Square	1	1.336	0.248
Likelihood Ratio Chi-Square	1	1.449	0.229
Continuity Adj. Chi-Square	1	0.768	0.381
Mantel-Haenszel Chi-Square	1	1.335	0.248
Fisher's Exact Test (Left)			0.930
(Right)			0.193
(2-Tail)			0.401

Größe der IMA gegen Gefäßeigenschaft 2. Drittel

Frequenz			
Prozent			
Reihen%	Ver-	offen	Total
Spalten%	schluß		
klein bis mittel	25	663	688
	2.32	61.50	63.82
	3.63	96.37	
	78.13	63.38	
groß	7	383	390
	0.65	35.53	36.18
	1.79	98.21	
	21.88	36.62	
Total	32	1046	1078
	2.97	97.03	100.00

Statistische Auswertung

Statistic	DF	Value	Prob
Chi-Square	1	2.922	0.087
Likelihood Ratio Chi-Square	1	3.154	0.076
Continuity Adj. Chi-Square	1	2.318	0.128
Mantel-Haenszel Chi-Square	1	2.919	0.088
Fisher's Exact Test (Left)			0.975
(Right)			0.060
(2-Tail)			0.095

Größe der IMA gegen Gefäßeigenschaft 3. Drittel

Frequenz			
Prozent			
Reihen%	Ver-	offen	Total
Spalten%	schluß		
klein bis mittel	37	651	688
	3.43	60.39	63.82
	5.38	94.62	
	80.43	63.08	
groß	9	381	390
	0.83	35.34	36.18
	2.31	97.69	
	19.57	36.92	
Total	46	1032	1078
	4.27	95.73	100.00

Statistische Auswertung

Statistic	DF	Value	Prob
Chi-Square	1	5.743	0.017
Likelihood Ratio Chi-Square	1	6.300	0.012
Continuity Adj. Chi-Square	1	5.016	0.025
Mantel-Haenszel Chi-Square	1	5.738	0.017
Fisher's Exact Test (Left)			0.996
(Right)			0.010
(2-Tail)			0.018

Stenosequantifizierung

Die Größe der A. mammaria interna war nicht für eine im Anastomosenbereich auftretende Stenose verantwortlich.

IMA Größe gegen Stenose im Anastomosenbereich

Frequenz	Ver-	Stenose	nein	nicht	Total
Prozent	schluß	(%)		beur-	
Reihen%				teilbar	
Spalten%					
klein	4	1	84	59	148
	0.37	0.09	7.78	5.46	13.70
	2.70	0.68	56.76	39.86	
	44.44	6.25	9.62	32.42	
mittel	4	7	435	94	540
	0.37	0.65	40.28	8.70	50.00
	0.74	1.30	80.56	17.41	
	44.44	43.75	49.83	51.65	
groß	1	8	354	27	390
	0.09	0.74	32.78	2.50	36.11
	0.26	2.05	90.77	6.92	
	11.11	50.00	40.55	14.84	
n.bew.	0	0	0	2	2
	0.00	0.00	0.00	0.19	0.19
	0.00	0.00	0.00	100.00	
	0.00	0.00	0.00	1.10	
Total	9	16	873	182	1080
Σ	0.83	1.48	80.83	16.85	100.00

Größe der IMA gegen Stenose im Abgangsbereich

Frequenz			
Prozent			
Reihen%	Ver-	offen	Total
Spalten%	schluß		
klein bis mittel	8	680	688
	0.74	63.08	63.82
	1.16	98.84	
	88.89	63.61	
groß	1	389	390
	0.09	36.09	36.18
	0.26	99.74	
	11.11	36.39	
Total	9	1069	1078
	0.83	99.17	100.00

Statistische Auswertung

Statistic	DF	Value	Prob
Chi-Square	1	2.470	0.116
Likelihood Ratio Chi-Square	1	2.960	0.085
Continuity Adj. Chi-Square	1	1.496	0.221
Mantel-Haenszel Chi-Square	1	2.468	0.116
Fisher's Exact Test (Left)			0.983
(Right)			0.106
(2-Tail)			0.168

Intercostalast

Der erste Intercostalast der A. mammaria interna wurde in 17,1% belassen (siehe Operationsmethode) und intraoperativ nicht ligiert. Bei diesen Patienten wurde in 3,8% ein Verschuß festgestellt. Bei Ligatur des ersten Intercostalastes war die Verschußrate mit 4,27% um 0,5% höher.

1. Intercostalast belassen

	Frequenz	Prozent	Kumulative Frequenz	Kumulative Prozent
nein	889	82.9	889	82.9
ja	184	17.1	1073	100.0

Gefäßeigenschaft 3. Drittel gegen belassen des Intercostalast

Frequenz Prozent Reihen% Spalten%	1. Intercostalast		Total
	nein	ja	
Verschuß	38 3.54 84.44 4.27	7 0.65 15.56 3.80	45 4.19
kein Verschuß	851 79.31 82.78 95.73	177 16.50 17.22 96.20	1028 95.81
Total	889	184	1073
Σ	82.85	17.15	100.00

Statistische Auswertung

Statistic	DF	Value	Prob
Chi-Square	1	0.084	0.772
Likelihood Ratio Chi-Square	1	0.086	0.769
Continuity Adj. Chi-Square	1	0.008	0.930
Mantel-Haenszel Chi-Square	1	0.084	0.772
Fisher's Exact Test (Left)			0.677
(Right)			0.482
(2-Tail)			1.000

Diskussion

Die IMA als Bypass Gefäß

Die A. mammaria interna ist unter allen für den aortokoronaren Bypass verwendeten Materialien das Günstigste. LOOP und COSGROVE fanden eine deutlich geringere Reoperationshäufigkeit nach 10 Jahren im Vergleich

zum Bypass mit der V. saphena magna^{9, 30}. Die angiographische Durchgängigkeit nach zehn und mehr Jahren liegt laut Literatur bei einem Bypass mittels der A. mammaria interna bei über 83%^{3, 19, 24, 34} gegenüber der V. saphena magna Patency von unter 53% im selben Zeitraum. Die Zehnjahresüberlebensrate nach A. mammaria interna Bypass liegt insgesamt mit über 84% deutlich höher als beim V. saphena magna Bypass mit 70%. Dies wird auf die unterschiedlichen Gefäßeigenschaften der beiden Conduits

zurückgeführt. So findet man beim venösen Graft nach

10 Jahren in fast 44% atheromatöse Veränderungen der Gefäßwand, während das arterielle Conduit diese in nur 5 % zeigt¹⁹. Hier ist zu berücksichtigen, dass die A. mammaria interna in ihrer anatomischen Nähe zur Aorta unverändert bleibt, während die V. saphena magna sowohl aus ihrer anatomischen als auch der physiologischen Zugehörigkeit bewegt wird.

GRONDIN konnte an 36 Patienten mit A. mammaria interna Bypass nach elf Jahren eine Größenzunahme des luminalen Durchmessers von 15% bis 40% aufgrund des erhöhten

Zum koronaren Bypass verwendete Materialien
- autologe A. mammaria interna
- autologe A. radialis
- autologe A. lienalis
- autologe A. gastroepiploica dextra
- autologe V. saphena magna/parva
- autologe V. cephalica/basilica
- homologe V. saphena magna
- homologe Umbilikalvene
- heterologe A. carotis (v. Kalb)
- Polytetraflouroethylen Prothesen

myokardialen Blutbedarfs feststellen¹⁹. In seiner Studie kam er früh postoperativ auf eine ähnliche Verschlussrate mit 12,85% der kleinen Conduits wie wir mit 12,16% (s. Tabelle S. 27).

Der A. mammaria interna Bypass in vielen Fällen die Methode der Wahl geworden. Nur in folgenden Fällen wird auf sie verzichtet⁴⁶:

- bei Gefährdung der A. mammaria interna durch ausgeprägte arteriosklerotische Veränderungen und Stenosierungen der A. subclavia;
- wenn die A. mammaria interna intraoperativ lädiert wurde und/oder ein zu geringer, nicht pulsatile Blutfluß gemessen würde;
- wenn das A. mammaria interna Lumen im Verhältnis zur Koronararterie deutlich zu gering ist;

Für die Revaskularisation der wichtigsten koronaren Abschnitte wird sie daher oft in Kombination mit der Venenbypassversorgung peripherer koronarer Gefäßregionen verwandt⁴⁶. Eine weitere Steigerung der postoperativen Überlebensrate innerhalb von 7 bis 8 Jahren auf über 96% wird nach bilateralem A. mammaria interna Conduit beschrieben^{6, 7, 43}, noch bessere Ergebnisse lassen ein zusätzliches Conduit durch die A. gastroepiploica dextra erwarten²⁵. Hier muß jedoch der erhöhte Zeitbedarf, in der das Operationsteam und die Herz Lungen Maschine an einen Patienten gebunden wird, in das Verhältnis des zu erwartenden Nutzens gesetzt werden.

Die DSA der IMA

Zur Anwendung kommen sollte eine zuverlässige, den Patienten wenig belastende Untersuchungsmethode zur sicheren postoperativen Beurteilung des Operationsergebnisses nach Anlage eines A. mammaria interna Bypass. Neben einer Aussage über die anatomischen Lageverhältnisse der verwendeten Brustwandarterie sollten außerdem die Anastomosenqualität und die Abflussverhältnisse im koronaren Nativgefäß beurteilbar sein. Des Weiteren interessierte eine Aussage über die Bypassfunktion, wie sie durch Erfassung der myokardialen Parenchymphase und der venösen Phase des nativen Koronarsystems ermöglicht wird.

Diese Fragestellungen können durch die farbkodierte Duplex-Sonographie, die Computertomographie und die Magnet Resonanz Tomographie lediglich partiell beantwortet werden. Die intraarterielle Angiografie stellt den Goldstandard dar^{16, 27}.

Insbesondere Zuverlässigkeit und Aussagefähigkeit der selektiven i.a.-DSA ist durch kein anderes Verfahren zu erreichen. Dabei war festzustellen, dass bei nicht selektiver i.a.-DSA nur der A. mammaria interna Bypass gut darstellbar und beurteilbar war, während bei der selektiven Darstellung der A. mammaria interna sämtliche Gefäßabschnitte einschließlich des nativen Koronarsystems gut beurteilbar waren. Hier war eine deutlich bessere Differenzierungsmöglichkeit der semiquantitativen Aussage möglich als bei nicht selektiver Darstellung²¹. Zunehmend wird aufgrund technischer Fortschritte versucht, nicht invasive Methoden für die Beantwortung der obigen Fragestellungen zum Einsatz zu bringen. Insbesondere die Magnetresonanz Angiografie mit 93% Sensitivität^{5, 27, 45} und die ebenfalls 93%ige Sensitivität der Computertomografie sind hier zu nennen^{15, 42, 49}. Eine orientierende Aussage kann zum Teil die Echokardiografie machen^{16, 36}.

Diskussion der Ergebnisse

Unsere Ergebnisse der Patency des A. mammaria interna Bypasses sind mit der in der Literatur von anderen Gruppen und/oder mit anderen Methoden erzielten vergleichbar^{12,39}. Besonders der Vergleich der frühpostoperativen Patency zu der nach bis zu 15 Jahren hebt die Aussagekraft und Validität unserer Ergebnisse hervor^{3, 19, 24, 34, 47}. So ist die A. mammaria interna dem venösen Bypass in der Patency deutlich überlegen. Statistisch konnte nachgewiesen werden, dass sich eine kleinere A. mammaria interna eher verschließt als mittlere und große. Dies trifft auch auf den Anastomosenbereich zu. Dies ist besonders relevant, da es die physiologischen Grenzen der Adaption des Durchmessers der A. mammaria interna an die neue Situation aufzeigt^{20, 23, 28}. So könnte eine präoperative Darstellung der A. mammaria interna, ähnlich der in Zweifelsfällen durchgeführten Beinphlebografie vor aorto-koronarer venöser Bypass Operation (ACVB), sinnvoll sein. Dies setzt allerdings den Einsatz einer hochsensitiven, nicht invasiven Untersuchungsmethode voraus. Die selektive i.a. DSA ist aufgrund ihrer Invasivität und den Risiken einer Kontrastmittelreaktion, Blutung, Infektion, Gefäß- und Nervenverletzung nicht routinemäßig einsetzbar. Eine Analyse der aktuellen Literatur läßt hier hohe Erwartungen an nicht invasive Untersuchungsmodalitäten wie z.B. die Computertomografie oder die Magnetresonanztomographie richten^{5, 15, 26, 42, 45, 49}. Das Belassen der ersten Intercostalarterie führte nicht zu einer Erhöhung der Verschlußrate. So kann dem Operateur hier möglicherweise empfohlen werden, bei anatomisch schwierigen Verhältnissen auf die Präparation des ersten Intercostalastes zu verzichten und dadurch die Operation zeitlich zu verkürzen. Die Herzchirurgie entwickelt sich, wie die übrige Medizin, technisch schnell weiter. Während die Grundlagen der Pathophysiologie nicht gebeugt werden können, werden immer neuere Methoden entwickelt. So ist ein Ansatz, bei

invasiven Eingriffen das Schadenspotential zu minimieren und dadurch die postoperative Heilungsphase zu beschleunigen. Der minimal invasive direkte koronare arterielle Bypass (MIDCAB)¹⁰ und die zukünftige Zuhilfenahme der Robotik zur virtuellen Aufhebung des Herzschlages während der Bypass Operation zeigen neue Wege^{11,37}.

Zusammenfassung

Die A. mammaria interna als arterielles Conduit wird in der Herz- und Thoraxchirurgie aufgrund ihrer hohen Patency Rate zunehmend als Bypassgefäß genutzt¹⁸. Um die frühpostoperative Patency Rate in einem Patientengut zu evaluieren, wurde eine Untersuchungsmethode gewählt, die einerseits eine gute Beurteilung des Operationsergebnisses ermöglicht und andererseits bei frühpostoperativen Komplikationen eine rasche, vom Risiko vertretbare und den Patienten wenig belastende Untersuchungsmethode darstellt²². Das spezielle Verfahren der selektiven intraarteriellen digitalen Subtraktionsangiografie sowie die Vorteile gegenüber der nicht selektiven digitalen Subtraktionsangiografie²¹ werden beschrieben. Zunehmend kommen auf Grund technischer Fortschritte alternative Methoden für diesen Zweck zum Einsatz. Insbesondere die Magnetresonanztomografie^{5, 45} sowie die Computertomografie stehen hier im Vordergrund^{13, 15, 42, 49}. Lediglich eine orientierende Aussagekraft kann in seltenen Fällen von entsprechend ausgebildeten Untersuchern durch eine Echokardiografie erfolgen³⁶. Das 1023 Patienten fassende Patientengut wurde frühpostoperativ untersucht, die Ergebnisse wurden in eine Datenbank eingetragen und dann mit einer speziellen statistischen Software ausgewertet. Hierbei wurde die primäre Patency von 95,6% festgestellt.

Die Anastomose der A. mammaria interna und der nativen Koronararterie war in knapp 68% uneingeschränkt durchgängig. Etwas ungünstigere Anastomosenverhältnisse wurden in 27,4% gefunden. Stenosiert waren 1,5%, 0,8% waren verschlossen. Die A. mammaria interna verlief in 73,5% geradlinig. Schlängelungen waren überwiegend im mittleren Drittel zu finden. Statistisch konnte nachgewiesen werden, dass sich eine kleinere A. mammaria interna eher verschließt als mittlere und große.

Da ein belassener erster Intercostalast der A. mammaria interna nicht zu einer Erhöhung der Verschlussrate führte, kann dem Operateur möglicherweise empfohlen werden, bei anatomisch schwierigen Verhältnissen auf die Präparation des ersten Interkostalastes zu verzichten.

Unsere Ergebnisse belegen anhand eines der größten beschriebenen Patientenkollektive eine hohe primäre Patency Rate des A. mammaria interna Bypasses. Dieses Ergebnis ist von hoher epidemiologischer Bedeutung und betont die Redundanz einer routinemäßigen invasiven und präoperativen Darstellung der A. mammaria interna. Es erscheint jedoch wünschenswert, die Anatomie der A. mammaria interna präoperativ darzustellen. Hierzu ist eine Untersuchungsmethode wünschenswert, die nicht invasiv ist. In diesem Zusammenhang scheint die Magnetresonanztomografie momentan das höchste Potential zu besitzen^{5, 15, 26, 42, 45, 49}.

Literatur

1. Todesursachenstatistik 2000: Statistisches Bundesamt, Pressestelle, Gustav-Stresemann-Ring 11, 65189 Wiesbaden.
2. Baert AL, Wilms G, Marchal G, Ponette E. Intravenous digital subtraction angiography. *Eur J Radiol* 1981; 1:97-103.
3. Barner HB, Standeven JW, Reese J. Twelve-year experience with internal mammary artery for coronary artery bypass. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1985; 90:668-75.
4. Barner HB, Swartz MT, Mudd JG, Tyras DH. Late patency of the internal mammary artery as a coronary bypass conduit. *Ann Thorac Surg* 1982; 34:408-12.
5. Brenner P, Wintersperger B, von Smekal A, et al. Detection of coronary artery bypass graft patency by contrast enhanced magnetic resonance angiography. *Eur J Cardiothorac Surg* 1999; 15:389-93.
6. Calafiore AM, Contini M, Vitolla G, et al. Bilateral internal thoracic artery grafting: long-term clinical and angiographic results of in situ versus Y grafts. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2000; 120:990-6.
7. Chavez AM, Lytle BW, Loop FD. Elective coronary surgery. *Cardiovasc Clin* 1987; 17:3-15.
8. Chenvechai C, Irrarazaval MJ, Loop FD, Effler DB, Rincon G, Sones FM. Aorta-coronary bypass grafting with the internal mammary artery: clinical experience in 70 patients. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1975; 70:278-81.
9. Cosgrove DM, Loop FD, Lytle BW, et al. Predictors of reoperation after myocardial revascularization. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1986; 92:811-21.

10. Cremer J, Mugge A, Wittwer T, et al. Early angiographic results after revascularization by minimally invasive direct coronary artery bypass (MIDCAB). *Eur J Cardiothorac Surg* 1999; 15:383-7; discussion 387-8.
11. Damiano RJ, Ehrman WJ, Ducko CT, et al. Initial United States clinical trial of robotically assisted endoscopic coronary artery bypass grafting. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2000; 119:77-82.
12. Engblom E, Arstila M, Inberg MV, Rantakokko V, Vanttinen E. Early results and complications of coronary artery bypass surgery. A consecutive series of 441 patients. *Scand J Thorac Cardiovasc Surg* 1985; 19:21-7.
13. Engelmann MG, von Smekal A, Knez A, et al. Accuracy of spiral computed tomography for identifying arterial and venous coronary graft patency. *Am J Cardiol* 1997; 80:569-74.
14. Flemma RJ, Singh HM, Tector AJ, Lepley D, Jr., Frazier BL. Comparative hemodynamic properties of vein and mammary artery in coronary bypass operations. *Ann Thorac Surg* 1975; 20:619-27.
15. Froelich JJ, Alfke H, Hoppe M, et al. [Postoperative imaging of synthetic coronary artery bypass graft patency by means of CT angiography]. *Rofo Fortschr Geb Rontgenstr Neuen Bildgeb Verfahr* 1998; 169:115- 20.
16. Fukata Y, Horike K, Fujimoto E, Shimoe Y, Kanbara T. Evaluation of the internal thoracic arterial graft patency by the transthoracic Doppler method under continuous intravenous infusion of adenosine triphosphate disodium. *Ann Thorac Cardiovasc Surg* 1999; 5:310-20.
17. Gibbon J. Application of mechanical heart and lung apparatus to cardiac surgery. *Archives of Surgery* 1937; 34.

18. Green GE. Use of internal thoracic artery for coronary artery grafting. *Circulation* 1989; 79:130-3.
19. Grondin CM, Campeau L, Lesperance J, Enjalbert M, Bourassa MG. Comparison of late changes in internal mammary artery and saphenous vein grafts in two consecutive series of patients 10 years after operation. *Circulation* 1984; 70:1208-12.
20. Gurne O, Chenu P, Buche M, et al. Flow-mediated vasodilation during pacing of the free epigastric artery bypass graft early and late postoperatively. *J Am Coll Cardiol* 1996; 27:415-20.
21. Harder T, Steudel A, Mohr F, Schuller J. [Non-selective digital subtraction angiography of aortocoronary bypasses]. *Rofo Fortschr Geb Rontgenstr Neuen Bildgeb Verfahr* 1991; 154:17- 22.
22. Hauenstein KH, Blum U, Schlosser V, Spillner G, Wenz W. [Early postoperative control of internal thoracic artery-coronary artery anastomoses using intra-arterial DSA]. *ROFO Fortschr Geb Rontgenstr Nuklearmed* 1988; 148:556-9.
23. Herrmann G, Simon R, Amende I, Frank G, Borst HG, Lichtlen PR. Late increase in luminal diameter of aortocoronary venous bypass grafts associated with an increase in the vascular region under supply. *J Am Coll Cardiol* 1987; 10:10-6.
24. Ivert T, Huttunen K, Landou C, Bjork VO. Angiographic studies of internal mammary artery grafts 11 years after coronary artery bypass grafting. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1988; 96:1-12.
25. Jegaden O, Eker A, Montagna P, et al. Risk and results of bypass grafting using bilateral internal mammary and right gastroepiploic arteries. *Ann Thorac Surg* 1995; 59:955-60.

26. Kahl FR, Wolfman NT, Watts LE. Evaluation of aortocoronary bypass graft status by computed tomography. *Am J Cardiol* 1981; 48:304-10.
27. Kalden P, Kreitner KF, Wittlinger T, et al. Assessment of coronary artery bypass grafts: value of different breath- hold MR imaging techniques. *AJR Am J Roentgenol* 1999; 172:1359-64.
28. Kitamura S, Kawachi K, Morita R, et al. Results of internal mammary artery-coronary artery bypass surgery and the characteristics of internal mammary artery grafts. *Jpn Circ J* 1987; 51:1052-60.
29. Kolessov VI. Mammary artery-coronary artery anastomosis as method of treatment for angina pectoris. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1967; 54:535-44.
30. Loop FD, Lytle BW, Cosgrove DM, et al. Influence of the internal-mammary-artery graft on 10-year survival and other cardiac events. *N Engl J Med* 1986; 314:1-6.
31. Ludwig JW, Engels PH. [A new angiographic technic: digital subtraction angiography (digital vascular imaging)]. *Ned Tijdschr Geneesk* 1981; 125:1361-5.
32. Lupon-Roses J, Montana J, Domingo E, Martinez-Vazquez JM, Murtra M, Soler-Soler J. Venous digital angio-radiography: an accurate and useful technique for assessing coronary bypass graft patency. *Eur Heart J* 1986; 7:979-86.
33. Luska G, Hendrickx P, Kuhl A, Lichtlen P. [Peripheral venous digital subtraction angiography in the follow-up of aortocoronary venous bypass grafts]. *ROFO Fortschr Geb Rontgenstr Nuklearmed* 1985; 142:35-40.
34. Lytle BW, Loop FD, Cosgrove DM, Ratliff NB, Easley K, Taylor PC. Long-term (5 to 12 years) serial studies of internal mammary artery and saphenous vein coronary bypass grafts. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1985; 89:248-58.

35. Meaney TF, Weinstein MA, Buonocore E, et al. Digital subtraction angiography of the human cardiovascular system. *AJR Am J Roentgenol* 1980; 135:1153-60.
36. Metz V, Dock W, Grabenwoger F, Eibenberger K, Fenzl G, End A. [The value of different clinical and imaging procedures for the postoperative follow-up of extra-anatomical bypasses]. *Rofo Fortschr Geb Rontgenstr Neuen Bildgeb Verfahr* 1991; 154:172- 5.
37. Nakamura Y, Kishi K. Robotic stabilization that assists cardiac surgery on beating hearts. *Stud Health Technol Inform* 2001; 81:355-61.
38. Okies JE, Page US, Bigelow JC, Krause AH, Salomon NW. The left internal mammary artery: the graft of choice. *Circulation* 1984; 70:1213-21.
39. Rankin JS, Newman GE, Muhlbaier LH, Behar VS, Fedor JM, Sabiston DC. The effects of coronary revascularization on left ventricular function in ischemic heart disease. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1985; 90:818-32.
40. Rossiter SJ, Brody WR, Kosek JC, Lipton MJ, Angell WW. Internal mammary artery versus autogenous vein for coronary artery bypass graft. *Circulation* 1974; 50:1236-43.
41. Seyferth W, Marhoff P, Zeitler E. [Venous and arterial digitalised video subtraction angiography (DVSA). Initial experience with 120 examinations (author's transl)]. *ROFO Fortschr Geb Rontgenstr Nuklearmed* 1982; 136:301-9.
42. Steiner P, Phillips F, Stiel G, et al. [The value of spiral computed tomography in the imaging of aortocoronary bypass vessels]. *Rofo Fortschr Geb Rontgenstr Neuen Bildgeb Verfahr* 1994; 160:23-9.
43. Ura M, Sakata R, Nakayama Y, Arai Y, Saito T. Long-term results of bilateral internal thoracic artery grafting. *Ann Thorac Surg* 2000; 70:1991-6.

44. Vineberg AM, Kato Y. Implantation of the right and left internal mammary arteries with epicardiectomy and free omental graft: a preliminary experimental report. *Can Med Assoc J* 1965; 93:709-10.
45. von Smekal A, Knez A, Seelos KC, et al. [A comparison of ultrafast computed tomography, magnetic resonance angiography and selective angiography for the detection of coronary bypass patency]. *Rofo Fortschr Geb Rontgenstr Neuen Bildgeb Verfahr* 1997; 166:185- 91.
46. Vukmirovic NB, Bircks W. Die Bedeutung der Arteria mammaria interna als Bypassgefäß. *Dt Ärztebl* 1990; 87:2354-57.
47. Wakili R. Postoperative Kontrolle des ITA-Bypaß durch selektive intraarterielle digitale Subtraktionsangiografie. Inauguraldissertation an der Medizinischen Fakultät der Heinrich Heine Universität Düsseldorf 1998.
48. Welsh P, Repetto R. Revascularization of the profunda femoris artery in aortoiliac occlusive disease. *Surgery* 1975; 78:389-93.
49. Wilson PC, Gutierrez O, Moss A. Early evaluation of coronary artery bypass grafts: CT or selective angiography. *Eur J Radiol* 1984; 4:22-7.
50. Yang Z, Luscher TF. Basic cellular mechanisms of coronary bypass graft disease. *Eur Heart J* 1993; 14 Suppl I:193-7.

Lebenslauf

Name: Yaron Rado
Geburtsdatum: 12.3.1972
Geburtsort: Köln
Eltern: Dr. med. Michael und Rachel Rado
Familienstand: verheiratet mit Alexandra Rado, geb. Rehrbehn

Ausbildung:

1978-82 Gemeinschafts-Grundschule Köln Lindental
1982-91 Gymnasium Kreuzgasse Köln
1991 Herbst Abitur
1991-95 Medizinstudium an der Universität Köln (Vorklinik)
1995 Herbst Physikum
1995-99 Medizinstudium an der Universität Hamburg (Klinik)
1996 Herbst 1. Staatsexamen
1998 Herbst 2. Staatsexamen
1999 Winter 3. Staatsexamen
1.1. – 31.7.2000 AiP in der Chirurgischen Klinik
 des Städtischen Krankenhauses Köln Holweide
1.10. – 1.9.2001 AiP am Institut für diagnostische Radiologie
 der Universitätsklinik Düsseldorf
seit 2.9.2001 Assistenzarzt am Institut für diagnostische Radiologie
 der Universitätsklinik Düsseldorf

Famulaturen:

März 1996 Pathologie, Pathologisches Institut der Universität Innsbruck, Österreich
März 1997 Chirurgie, Ichilov Hospital, Universitätskrankenhaus Tel Aviv, Israel
August 1997 Radiologie, Radiologisches Institut der Universität Hamburg
März 1998 Knochenpathologie, Pathologisches Institut der Universität Hamburg

Praktisches Jahr:

1. Tertial Innere Medizin

Oktober 1998 - Royal Prince Alfred Hospital, Universitätskrankenhaus der
Universität Sydney, Australien
Dezember 1998 - Gold Coast Hospital, Lehrkrankenhaus der
Februar 1999 Universität Brisbane, Australien

2. Tertial Chirurgie

März 1999 - Maui Memorial Medical Center, Kreiskrankenhaus der Insel Maui, USA
Juni 1999

3. Tertial Radiologie

Juli 1999 - Radiology Learning Center der University of California San Francisco
(UCSF), USA
September 1999 - AK St. Georg, Lehrkrankenhaus der Universität Hamburg
Oktober 1999

Arzt im Praktikum

Januar bis Juli 2000 Chirurgische Klinik des Städtischen Krankenhauses
Köln Holweide

Oktober 2000 bis Institut für diagnostische Radiologie der
September 2001 Universitätsklinik Düsseldorf

Assistenzarzt

Seit September 2001 Institut für diagnostische Radiologie der
Universitätsklinik Düsseldorf

Ehrenamtliche Tätigkeit

Mitbegründer der IHE Gruppe Deutschland (Mainz, Juni 2001)
Träger des @Röntgen Preis, vergeben auf dem DRK '02 an die IHE Gruppe Deutschland
Mai '02 Vorstandsmitglied der Arbeitsgemeinschaft IT der Deutschen Röntgengesellschaft (@GIT)

Sonstige Tätigkeiten

Gründer der PAXIMUM GmbH Juli 2003

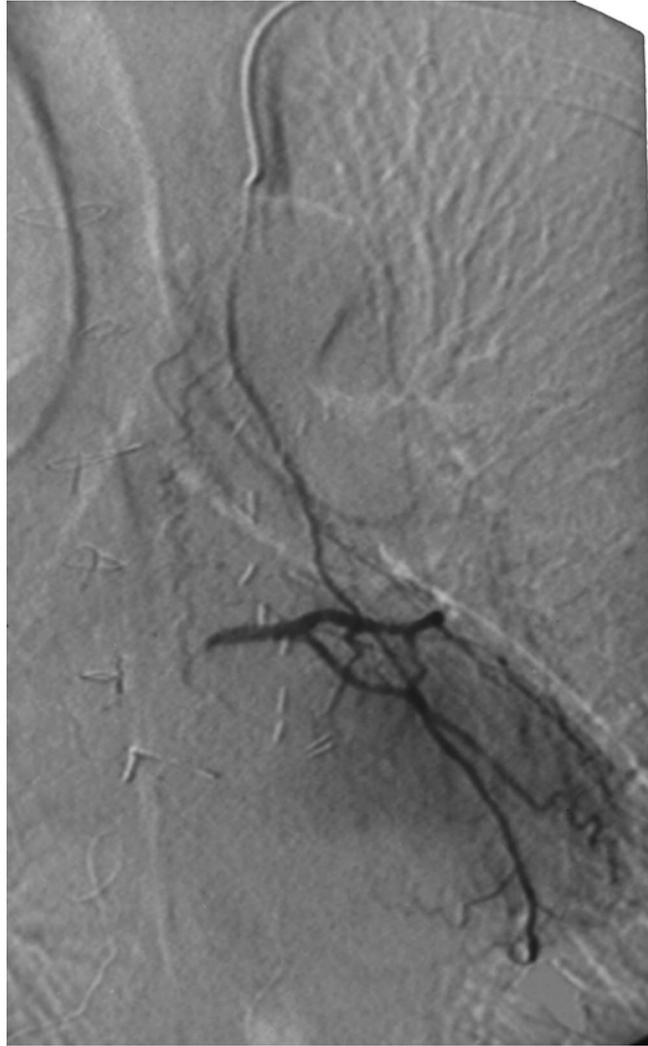
Bildanhang



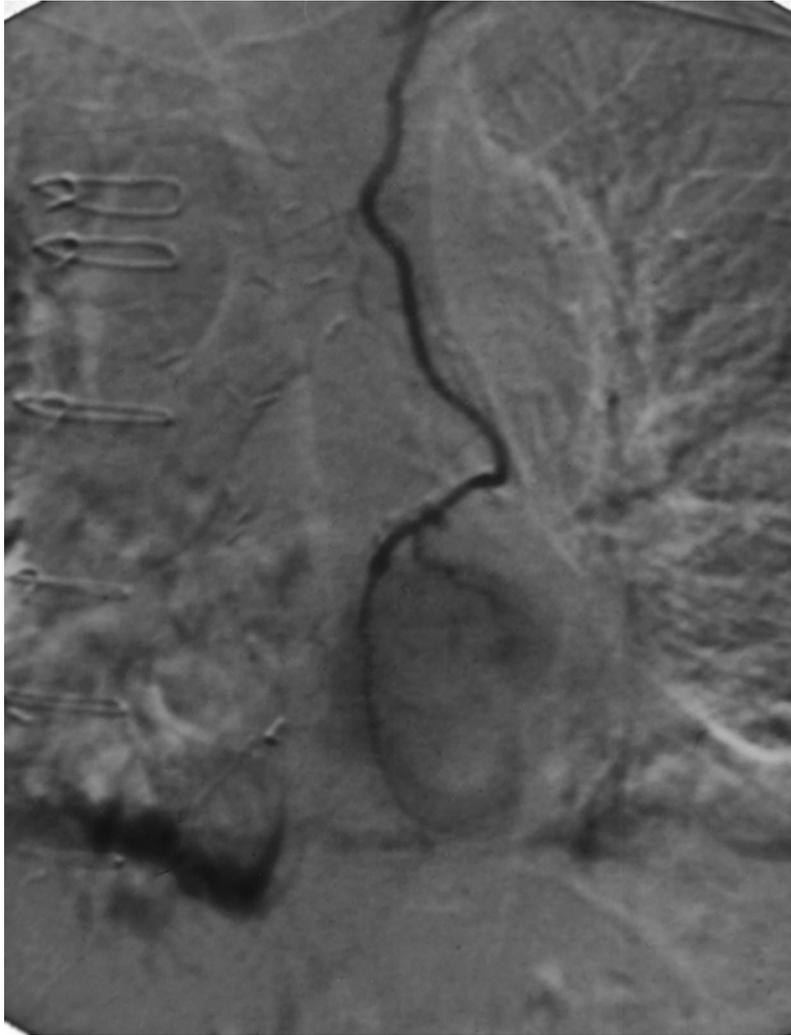
Native Darstellung des IMA-Bypass in 30° LAO



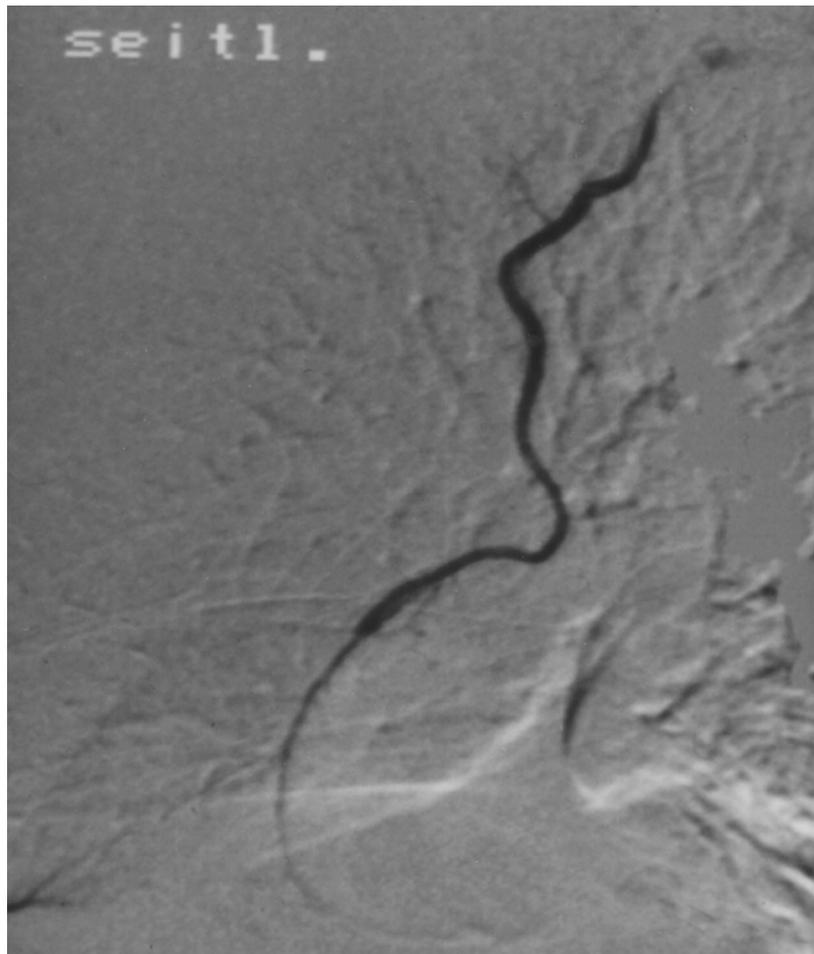
Subtraktionsbild des IMA-Bypass während der Parenchymphase



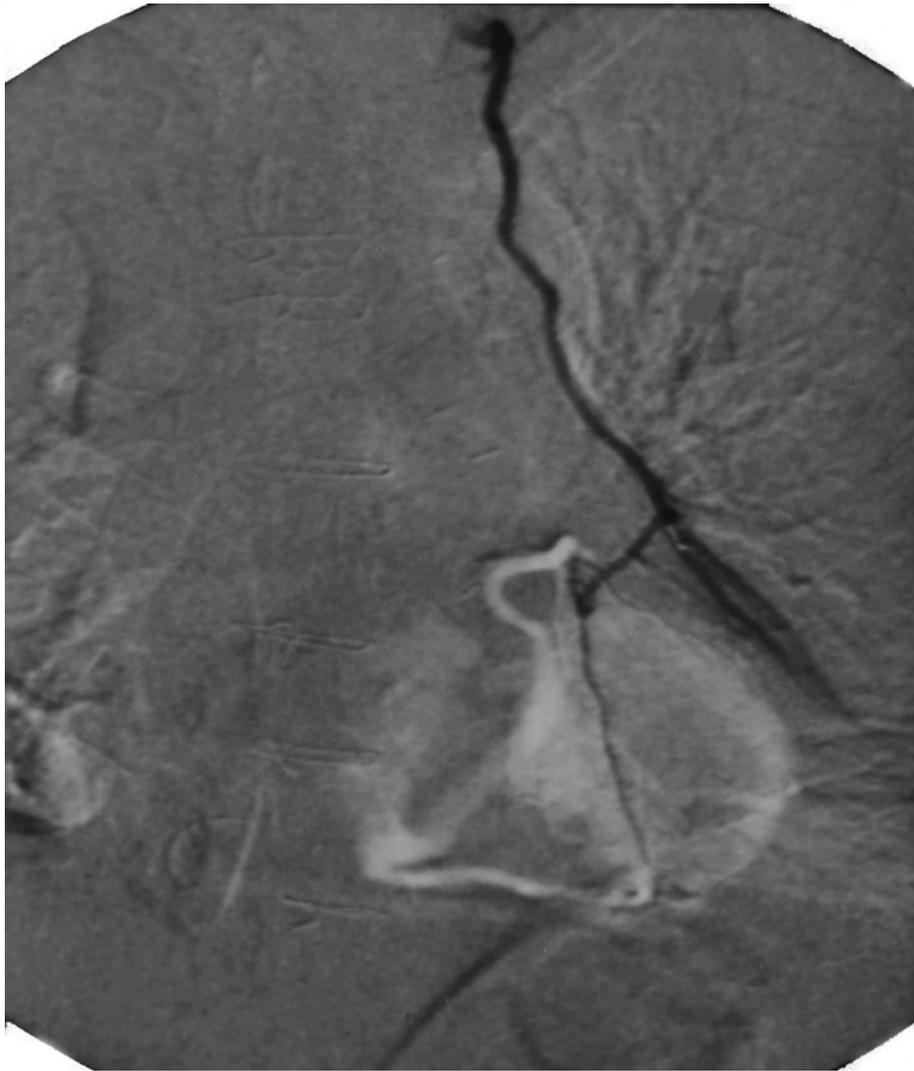
Subtraktionsbild des IMA-Bypass in der früharteriellen Phase.
Darstellung einer retrograden Kontrastmittelanflutung in den
Ramus interventricularis anterior (RIVA)



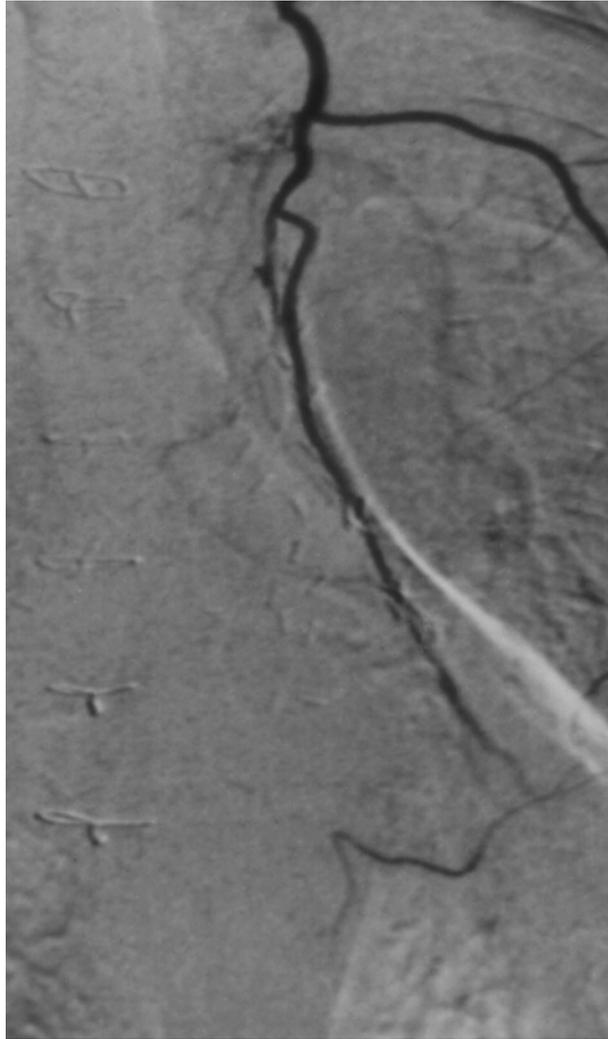
Subtraktionsbild des geschlängelt verlaufenden
IMA-Bypass in anterior-posterior Projektion



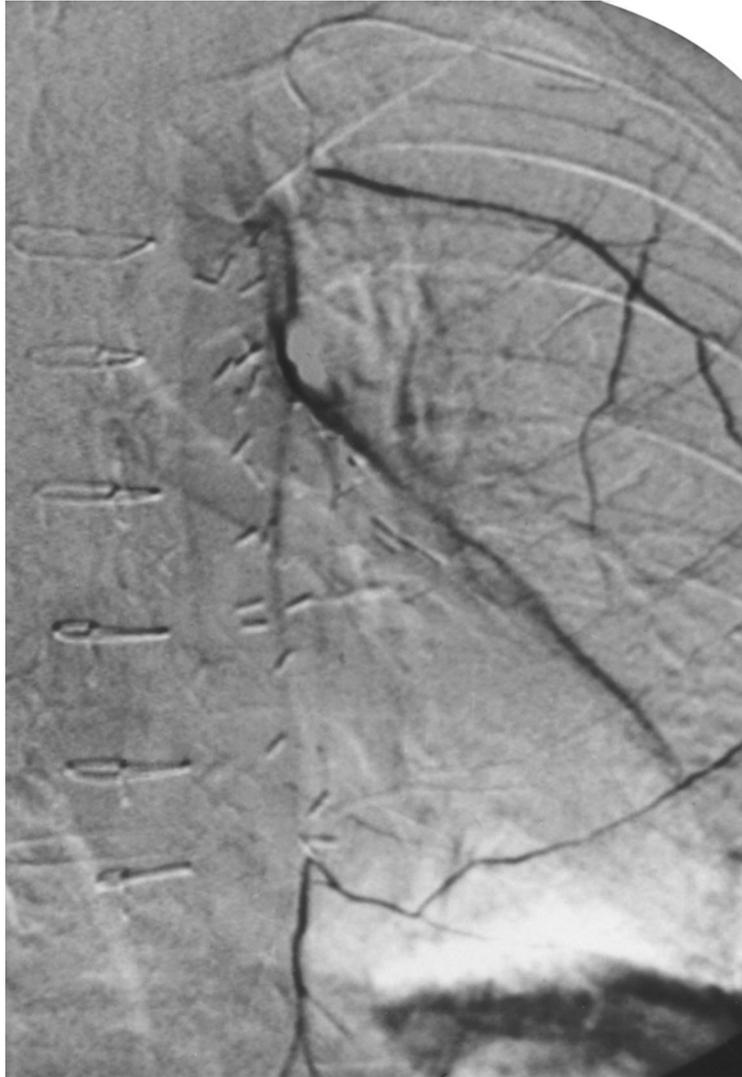
Subtraktionsbild des geschlängelt verlaufenden
IMA-Bypass in seitlicher Projektion



Subtraktionsbild des IMA-Bypass in anterior-posterior Projektion mit
Darstellung des venösen Sinus



Subtraktionsbild des offenen IMA-Bypass in anterior- posterior Projektion bei kräftiger
Darstellung der belassenen ersten Intercostal-Arterie



Subtraktionsbild des verschlossenen IMA-Bypass in
anterior- posterior Projektion bei belassener erster Intercostal-Arterie.

Diese findet Wiederanschluß an die A. epigastrica superior,
die distale Fortsetzung der IMA

Abstract

Epidemiologie der Patency des A. mammaria interna (IMA) Bypasses Prospektive Studie zur Beurteilung der Durchgängigkeit der IMA als arterielles Conduit bei klinisch notwendiger koronarer Revaskularisations-Operation

Ziel: Die koronare Herzkrankheit zählt zu den häufigsten Erkrankungen der modernen Zivilisation und steht in den Todesstatistiken vieler Länder an erster Stelle. Im Rahmen der zunehmenden Verwendung der Brustwandarterie wurde zur Überprüfung der Patency eine valide Untersuchungsmethode gewählt, um das Operationsergebnis und die Bypassfunktion zu beurteilen. Diese Fragestellungen wurden anhand von 1080 i.a. DSA (intraarterielle digitale Subtraktionsangiographie) Untersuchungen beantwortet.

Material und Methoden: Bei 1023 Koronarpatienten, die im Rahmen der Operation mit einem Einzelbypass mittels der linken IMA zum Ramus interventricularis anterior versorgt worden waren (08/90 - 03/96) wurden insgesamt 1080 i.a. DSA des Bypasses durchgeführt. Der Zugang erfolgte jeweils über die linke A. brachialis, die Katheter wurden über eine 4-F-Schleuse eingebracht. Alle 1023 Patienten wurden in der frühen postoperativen Phase (Mittel=13 postop. Tag) untersucht. Die Gefäßeigenschaften der IMA wurden nach Erscheinungsbild und Verlauf klassifiziert, wobei die Arterienlänge in Drittel eingeteilt und diese dann einzeln beurteilt wurden. Die Einteilungskriterien hießen geradliniger Verlauf, Schlingelung, Kinking, Kalibersprung, Stenosierung oder Verschluss (bei fehlender Kontrastmittelfüllung ab dem entsprechenden Gefäßdrittel).

Ergebnisse: Bei allen Patienten ließ sich der IMA Bypass gut kontrastiert darstellen. Hierbei wurde eine primäre Patency von 95,6% bestimmt. Die A. mammaria interna verlief in 73,5% geradlinig. Schlingelungen waren überwiegend im mittleren Drittel zu finden. Mit 12,3% im letzten Drittel war sie doppelt so hoch wie im ersten Drittel mit 6%. Ein Kinking war mit insgesamt 2,3% selten und wurde, wie die Schlingelung, am häufigsten im mittleren Drittel gefunden. An der Anastomose waren Kalibersprünge mit 0,6% sowie Stenosen mit 0,8% selten zu finden. Insgesamt wurden 4,4% Gefäßverschlüsse beobachtet, die in allen Gefäßdritteln gleichmäßig auftraten. In der Korrelation von IMA-Größe und den Gefäßeigenschaften der einzelnen Drittel zeigte die als mittel bis klein bewertete IMA eine signifikant höhere Verschlusswahrscheinlichkeit ($p < 0,018$). Diese ist, je nach Gefäßdrittel, zwischen 2 - 4 mal höher, als bei der als groß beschriebenen IMA. Ein nicht ligierter erster Intercostalast der IMA bei 17,1% aller Patienten führte nicht zu einer Erhöhung der primären Verschlussrate des IMA-Bypasses.

Schlussfolgerung: Unsere Ergebnisse belegen anhand eines der größten, in der aktuellen Literatur beschriebenen Patientenkollektive eine hohe primäre Patency-Rate des A. mammaria interna Bypasses. Ein belassener erster Intercostalast der A. mammaria interna führte nicht zu einer Erhöhung der Verschlussrate, so dass dem Operateur möglicherweise empfohlen werden kann, auf die oft zeitintensive Präparation des ersten Intercostalastes zu verzichten und in der Folge die OP-Dauer zu verkürzen. Da die Verschlusswahrscheinlichkeit mit der IMA-Größe korreliert, erscheint es wünschenswert, die Anatomie der A. mammaria interna präoperativ, nicht-invasiv, darzustellen.