

Aus der Klinik für Herz - und Thoraxchirurgie
der Berufsgenossenschaftlichen Kliniken Bergmannsheil -
Universitätsklinik der Ruhr-Universität Bochum
Direktor: Prof. Dr. med. A. Laczkovics

**Stellenwert der komplett arteriellen Revaskularisierung
in der Herzchirurgie**

Inaugural-Dissertation
zur
Erlangung des Doktorgrades der Medizin
einer
Hohen Medizinischen Fakultät
der Ruhr-Universität Bochum

vorgelegt von
Jutta Marianne Hoffmann
aus Recklinghausen
2004

Dekan: Prof. Dr. med. G. Muhr
Referent: Prof. Dr. med. A. Laczkovics
Korreferent: PD Dr. med. G.Tenderich

Tag der Mündlichen Prüfung: 12.05.2005

Für meine Familie

Stellenwert der komplett arteriellen Revaskularisierung in der Herzchirurgie

Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung	
1.1.	Die Koronare Herzkrankheit	1
1.1.1.	Definition	1
1.1.2.	Epidemiologie	1
1.1.3.	Ätiologie	2
1.1.4.	Anatomie und Pathologie	3
1.1.5.	Klinisches Beschwerdebild	5
1.2.	Therapie	6
1.2.1.	Medikamentöse Therapie	6
1.2.2.	Interventionelle Therapie <i>Geschichtliches Indikation</i>	9
1.2.3.	Chirurgische Therapie <i>Geschichtliches Indikation Operationsverfahren Bypassmaterialien (Grafts)</i>	12
2.	Patienten und Methode	20
2.1.	Allgemeines	20
2.2.	Untersuchungszeitraum / Gesamtzahlen	23
2.2.1.	Altersverteilung	24
2.2.2.	Grösse, Gewicht, Body mass-Index (BMI)	27
2.2.3.	Koronarstatus	28

2.2.4.	Kardiovaskuläres Risikoprofil und Nebenerkrankungen	29
2.2.5.	Klinischer Schweregrad der Herzkrankheit (NYHA)	35
2.2.6.	Auswurfleistung des Herzens (EF)	36
2.2.7.	Indikationsstellung	37
2.3.	Operationsmethoden	38
2.3.1.	Allgemeines	38
2.3.2.	Die konventionelle Bypassoperation	40
2.3.3.	Die komplett arterielle Bypassoperation	42
2.3.4.	On-pump versus Off-pump	44
3.	Ergebnisse	46
3.1.	Mortalität	46
3.2.	Morbidität	48
3.3.	Operationsdauer	53
3.4.	Bypassmaterial / Grafts	56
3.5.	Zielgefäße	59
4.	Diskussion	61
5.	Zusammenfassung	67

Anhang

6.	Literaturverzeichnis	
7.	Verzeichnis der Abbildungen	
8.	Verzeichnis der Tabellen	
9.	Lebenslauf	

Verzeichnis der Abkürzungen

A.	Arterie
AA	absolute Arrhythmie
Abb.	Abbildung
ACC	American College of Cardiology
ACB	aortocoronarer Bypass
ACVB	aortocoronarer venöser Bypass
ACI	Arteria carotis interna
AHA	American Heart Association
CCS	Canadian Cardiovascular Society
CI	cardiac index
CPAP	continous positive airway pressure
EF	Ejektionsfraktion
EK	Erythrozytenkonzentrat
HLM	Herz-Lungen-Maschine
HZV	Herzzeitvolumen
IABP	intraaortale Ballonpumpe
ITA	internal mammary artery
LAD	left anterior descending artery
LIMA	left internal mammary artery syn. LITA
LV	left ventricular
MOV	Multiorganversagen
NYHA	New York Heart Association
PRIND	prolonged reversible ischaemic neurological deficit
PTCA	Perkutane transluminale coronare Angioplastie

R.	Ramus
RCA	right coronary artery
RCX	Ramus cirucumflexus
RIMA	right internal mammary artery syn. RITA
TAA	tachykarde absolute Arrythmie
Tab.	Tabelle
TEA	Thrombendarteriektomie
TIA	transitorische ischämische Attacke
V.	Vena

Stellenwert der komplett arteriellen Revaskularisierung in der Herzchirurgie

1. Einleitung

1.1. Die Koronare Herzkrankheit

1.1.1. Definition

Die Koronare Herzkrankheit entspricht der Manifestation und Auswirkung der koronaren Arteriosklerose mit der Konsequenz einer myokardialen Ischämie. Diese äussert sich klinisch in Form von Angina pectoris, Myokardinfarkt, Herzrhythmusstörungen, Herzinsuffizienz oder dem plötzlichen Herztod. Die Myokardischämie kann auch stumm verlaufen.

1.1.2. Epidemiologie

Die Koronare Herzkrankheit ist nach Angaben der WHO die häufigste Todesursache in der westlichen Welt in der Bevölkerungsgruppe der über 65-jährigen. 1998 starben in Europa 600.000 Menschen an den Folgen einer Herz-Kreislaufkrankung. In den USA waren es 500.000. Nach den Ergebnissen des Statistischen Bundesamtes in Deutschland starben 1997 insgesamt 860.400 Menschen, 398.300 Männer und 462.100 Frauen. Bei nahezu jedem zweiten Verstorbenen wurde der Tod durch ein kardiales Ereignis ausgelöst. Von den 82.600 Personen, die durch einen akuten Herzinfarkt verstarben, waren 55% Männer und 45% Frauen.

Bei Frauen tritt die Koronare Herzkrankheit bevorzugt erst nach der Menopause auf. Dadurch erkranken Frauen im Durchschnitt 10 Jahre später an einer Koronaren Herzkrankheit als Männer.

1.1.3. Ätiologie

Die Erkrankung ist mindestens zur Hälfte durch das Vorhandensein einer Reihe von kardiovaskulären Risikofaktoren zu erklären.

Zu den Risikofaktoren gehören der Nikotinabusus, die Hypercholesterinämie, wobei speziell ein LDL von über 130mg% und ein HDL unter 35mg% risikoträchtig sind, die Adipositas, der arterielle Hypertonus, der Diabetes mellitus und zuletzt eine genetische Belastung.

Bei der Kombination von zwei oder mehr Risikofaktoren steigt das Erkrankungsrisiko exponentiell an [13; 22].

Im PROCAM-Score werden die kardiovaskulären Risikofaktoren nach Punkten bewertet. Mit dieser Skala werden Hochrisikopatienten definiert, die innerhalb der nächsten zehn Jahre ein schwerwiegendes kardiovaskuläres Ereignis erleiden werden [4].

In seltenen Fällen treten Myokardinfarkte während einer Schwangerschaft auf, v.a. im 3. Trimenon und unmittelbar nach der Geburt, wobei etwa 40% der Frauen keine klassischen Risikofaktoren aufweisen. Ursachen sind vermutlich Koronarspasmen und eine Hyperkoagulabilität [42].

In neuerer Zeit werden weitere Risikofaktoren diskutiert. Hierzu gehören bestimmte Entzündungsmarker, wie der Fibrinogenspiegel oder das CRP im Blut, sowie hämostatische Faktoren wie der von-Willebrand-Faktor.

Auch das Vorhandensein chronischer Infektionen durch Chlamydien soll ursächlich für die Genese der Arteriosklerose sein. Die pathogenetische Bedeutung der letztgenannten Faktoren ist jedoch zur Zeit erst in ihren Ansätzen bekannt [13].

1.1.4. Anatomie und Pathologie

Die beiden Koronararterien entspringen normalerweise aus dem linken und rechten Sinus valsalva der Aorta ascendens und können sehr unterschiedlich ausgeprägt sein.

Entsprechend der Versorgung des posterioren Septums durch einen Ramus interventricularis posterior werden Linkstyp, Rechtstyp und Indifferenztyp unterschieden. Der Rechtstyp ist mit einer Auftretenswahrscheinlichkeit von 85 - 90% der häufigste Versorgungstyp.

Für die Beurteilung der koronaren Herzerkrankung werden die rechte Herzkranzarterie (RCA), der Ramus interventricularis anterior (LAD) und der Ramus circumflexus (RCX) je als einzelnes Gefäß aufgefasst. Daraus ergibt sich die Nomenklatur der Ein,- Zwei,- und Dreifässerkrankung.

Die Durchblutung der Herzmuskulatur erfolgt transmural. Die grossen epicardial verlaufenden Koronararterien geben Seitenäste ab und ziehen in subendocardiale Richtung. Der Sauerstoffverbrauch des Myokards wird im wesentlichen durch die Herzfrequenz, die Nachlast und die Wandspannung des linken Ventrikels bestimmt.

Die Koronardurchblutung ist abhängig vom koronaren Perfusionsdruck (mittlerer diastolischer Aortendruck), sowie dem Koronarwiderstand. Letzterer setzt sich aus drei Komponenten zusammen:

Als erstes ist der *Durchmesser des nativen Gefässes* zu betrachten.

Die zweite Komponente beschreibt ebenso den Gefässdurchmesser, allerdings ist hier der *intramyokardiale Widerstand* gemeint. Durch eine lokale metabolisch regulierte Vasodilatation, kann die Koronardurchblutung um das 4-5-fache ansteigen (Koronarreserve).

Diesem vasalen Widerstand wird eine *extravasale Komponente* des Koronarwiderstandes entgegengestellt. Die Koronarperfusion findet während der Diastole statt. Das bedeutet, dass der extravasale Widerstand in der Systole vom Subepikard zum Subendokard hin zunimmt. Daraus ergibt sich, dass das Subendokard während der Systole schlechter durchblutet ist.

Die Folge ist, dass sich eine Myokardischämie zunächst in den subendokardialen Bereichen manifestiert.

Aufgrund dieser Pathophysiologie können geringfügige Lumeneinengungen kompensiert werden. Sind allerdings mehr als 75% der Querschnittsfläche des Koronargefässes eingeengt, ist die Koronarreserve erschöpft. In diesem Fall spricht man von einer kritischen Stenose.

Koronarstenosen können funktionell oder fixiert sein. Muskelbrücken, die sich beinahe ausschliesslich im Bereich des R. interventricularis anterior befinden führen zu funktionellen Stenosierungen. Fixe Stenosen sind in der Regel durch Arteriosklerose bedingt [13].

Das Ausmass der Arteriosklerose wird anhand der AHA/ACC-Klassifikation in die Typen A, B und C eingeteilt (Tab. 1).

Diese Klassifikation berücksichtigt die angiographische Erscheinungsform, die Erfolgchancen einer Intervention (PTCA) und auch deren Komplikationsraten [23].

Tabelle 1

Koronarstenosegraduierung modifiziert nach AHA/ACC

Typ	Charakteristika
A	Umschrieben (< 1 cm), konzentrisch, glatte Kontur, entfernt vom Ostium oder Seitenastabgang, kein oder wenig Kalk, kein Thrombus
B	Tubulär (1 – 2 cm), exzentrisch, irreguläre Kontur, Ostiums- oder Bifurkationsstenose, Verkalkungen, sichtbarer Thrombus
C	Diffus (> 2 cm), starke Schlängelung, Einbeziehung eines Seitenastes, veränderter Bypass, Gefässverschluss

1.1.5. Klinisches Beschwerdebild

Die Diagnose der Koronaren Herzerkrankung kann anhand eines signifikanten Risikoprofils, der typischen pectanginösen Beschwerden und eines objektiven Ischämienachweises am Myokard ausgemacht werden. Eine endgültige Diagnosesicherung erfolgt heute noch durch eine Koronarangiographie.

Der typische Angina-pectoris-Schmerz wird oftmals durch bestimmte Auslöser provoziert. Körperliche oder seelische Belastung, Kälteexposition und Schlafmangel können zu diesem klassischen retrosternalem Einengungs- oder Beklemmungsgefühl führen. Viele Patienten beschreiben ein Druckgefühl mit Ausstrahlung in den Hals, den linken Arm und auch in die epigastrische Gegend.

Aus diagnostischen und therapeutischen Gesichtspunkten hat sich die Einteilung des Schweregrades der Angina nach der CCS (Canadian Cardiovascular Society) sehr bewährt (Tab. 2).

Diese Einteilung lehnt sich eng an die NYHA-Klassifikation an, die im klinischen Alltag ebenso zum Einsatz kommt.

Tabelle 2

Einteilung des Schweregrades der Angina nach CCS (Canadian Cardiovascular Society)

Klasse	Klinik
I	keine Einschränkung im täglichen Leben: keine Angina unter normaler körperlicher Aktivität; Angina bei anstrengender, plötzlicher, andauernder Belastung
II	leichte Beeinträchtigung der normalen täglichen Aktivität: Angina beim schnellen Gehen, Treppensteigen, Kälte
III	Deutliche Einschränkung der normalen körperlichen Aktivität: Angina beim Gehen von wenigen hundert Metern auf ebener Erde
IV	Ruhebeschwerden, Unfähigkeit zu einer irgendwie gearteten körperlichen Tätigkeit ohne Angina

1.2. Therapie

1.2.1. Medikamentöse Therapie der Koronaren Herzerkrankung

In der Akutbehandlung der Angina pectoris ist neben der absoluten Ruhigstellung des Patienten das Glyzeroltrinitrat das Mittel der ersten Wahl. Es wird als Zerbeisskapsel oder sublingual in Form von Spray appliziert. Die antianginöse Wirkung umfasst sowohl einen peripheren als auch einen koronaren Angriffspunkt. Durch Dilatation der venösen Kapazitätsgefäße kommt es zu einer Abnahme des venösen Rückstromes zum Herzen (Vorlastsenkung). Durch Reduktion des linksventrikulären Füllungsdruckes wird der myokardiale Sauerstoffverbrauch reduziert.

Über die Dilatation der peripheren Widerstandsgefäße kommt es gleichfalls zu einer Abnahme des Aortendruckes (Nachlastsenkung). Vor- und Nachlastsenkung tragen dazu bei, den Sauerstoffverbrauch des Myokards zu reduzieren.

Nitrate wirken aber auch direkt am Koronargefäss. Durch Dilatation der epicardialen Koronargefäße wird der Koronarwiderstand gesenkt und der Kollateralfluss vergrößert.

Die Wirkung setzt rasch ein. In der Regel verspürt der Patient nach 1 – 2 min eine Beschwerdebesserung.

Kontraindiziert sind Nitrate bei der hypertrophen Kardiomyopathie, bei stark erniedrigtem Blutdruck und bei Neigung zu Tachykardien [13;37].

Ziel der medikamentösen Intervalltherapie ist es, die Anfallsfrequenz der Angina-pectoris zu vermindern bzw. eine komplette Beschwerdefreiheit des Patienten zu erzielen. Eine Steigerung der körperlichen Belastbarkeit und eine verbesserte Lebensqualität werden damit angestrebt.

Das pharmakotherapeutische Ziel der Behandlung einer bestehenden Koronaren Herzkrankheit ist die Beseitigung des Missverhältnisses zwischen Sauerstoffangebot und dem Sauerstoffbedarf in den von der Ischämie betroffenen Myokardbezirken. In Abhängigkeit von der Klinik und vom

Risikoprofil des Patienten kommen verschiedene Substanzgruppen zur Anfallsprophylaxe in Frage.

Langzeitnitrate

wie das Isosorbidmono- und Isosorbidbinitrat führen über einen vasodilatatorischen Effekt an Arteriolen, Venen und an den Koronararterien zu einer Steigerung des myokardialen Sauerstoffangebotes und wirken sich günstig auf die Koronarreserve aus.

Auf der einen Seite kommt es durch Vorlastsenkung als Folge der Vasodilatation im Splanchnikusgebiet zu einer Abnahme des myokardialen Sauerstoffverbrauchs, andererseits führt eine Dilatation am Koronargefäß selbst zu diesem Effekt.

β-Blocker und Calciumkanalblocker

β-Blocker vermindern die Herzfrequenz und das Herzzeitvolumen, verlängern die mechanische Systole und senken leicht den Blutdruck. Bei hohem Sympathikustonus z.B. bei körperlicher oder seelischer Belastung sind die Wirkungen ausgeprägter. Beim Herzgesunden nimmt die maximale Belastbarkeit unter β -Blockade ab, bei Koronarkranken hingegen kann sie zunehmen. Aufgrund der negativ-inotropen und negativ-chronotropen Eigenschaft nimmt der myokardiale Sauerstoffverbrauch ab, ein Effekt der besonders bei Koronarkranken wünschenswert ist. Damit wird die Auftretenswahrscheinlichkeit pectanginöser Beschwerden minimiert.

Calcium-Antagonisten wirken ebenfalls negativ-inotrop, negativ-chronotrop und haben ausgeprägte vasodilatatorische Eigenschaften sowohl in der Peripherie als auch an den Koronararterien. Somit wirkt sich auch diese Substanzgruppe günstig auf die Koronardurchblutung und das Sauerstoffangebot beim Koronarkranken aus.

ACE-Hemmer

wirken durch Abnahme der systolischen Wandspannung günstig auf den myokardialen Sauerstoffverbrauch. Pharmazeutischer Angriffspunkt dieser sog. Nachlastsenker ist das Renin-Angiotensin-System. Durch Blockade des Systems wird ein potenter Vasokonstriktor ausgeschaltet. Ausserdem zeichnet sich diese Substanzgruppe durch günstige kardio- und nephroprotektive Eigenschaften aus.

Thrombozytenaggregationshemmer

inhibieren die Thrombozytenaggregation. Diese würde im Falle einer koronaren Plaqueruptur im stenosierten Herzkranzgefäss zu einem Kompletverschluss und damit zu einer Myokardischämie führen. Zur ersten Generation dieser Substanzgruppe gehört die Acetylsalizylsäure. Vertreter der neueren Generation sind Tiklopidin und Clopidogrel, die in oraler Applikation zur Verfügung stehen. Sie finden ihren Einsatz bei äusserst schlechtem Koronarstatus und nach Stent-Intervention, in der Annahme einer längeren Offenheitsrate [14].

Die Ziele der medikamentösen Therapie sind einerseits Beschwerdefreiheit des Patienten zu erreichen, andererseits soll durch eine medikamentöse Beeinflussung kardiovaskulärer Risikofaktoren eine präventivmedizinische Behandlung angestrebt werden. Neben einer strikten Änderung der Lebensgewohnheiten gehören die medikamentöse Behandlung des Diabetes mellitus, des arteriellen Hypertonus und wenn diätetische Massnahmen nicht ausreichen, eine medikamentöse Behandlung der Hyperlipoproteinämie zu den Hauptangriffspunkten der aktuellen Pharmakotherapie [13;14;27;37].

1.2.2. Interventionelle Therapie der Koronaren Herzerkrankung: Die Perkutane transluminale koronare Angioplastie (PTCA) und die Stent-Implantation

Geschichtliches

Die Darstellung der normalen und abnormen Herzkranzgefäße durch den ersten Herzkatheter wurde durch Forssmann im Jahre 1929 durchgeführt. Mit Hilfe eines Blasenkatheters katheterisierte der damals erst 25-jährige Chirurg eine Vene seines linken Armes. Auf diese Weise erreichte er den rechten Vorhof seines Herzens. Diese erstaunliche Entdeckung wurde in der Röntgenabteilung seiner Klinik dokumentiert. Forssmann erhielt dafür 1956 den Nobelpreis, doch mit der Röntgendarstellung seines Katheters war sein Projekt beendet. Er musste die Idee aufgeben, da sie in der Abteilung auf keine Unterstützung traf. Erst 30 Jahre später, 1959, wurde die Koronarangiographie durch Mason Sones erneut beschrieben. Andreas Grüntzig führte 1977 die erste transluminale Angioplastie durch. Damit waren die grossen, invasiven Interventionsmodule der bildgebenden Kardiologie geschaffen.

Indikation und Ergebnisse der Katheterintervention

Die Angina pectoris und ein signifikanter myokardialer Ischämienachweis im EKG, hauptsächlich ST-Senkungen oder ST-Hebungen als Zeichen einer subendokardialen oder transmuralen Ischämie, stellen die Indikation für eine kardiale Katheterdiagnostik dar.

Mit dem Linksherzkatheter soll eine detaillierte Beschreibung der Koronar-anatomie, insbesondere das Ausmass und die Lokalisation von Gefässstenosen erfolgen. Eine zusätzlich durchgeführte Ventrikulographie misst die linksventrikuläre Pumpfunktion und hilft bei der Risikoabschätzung für das weitere Procedere.

Die Koronare 1- und 2-Gefässerkrankung stellt eine Indikation zur Katheterintervention durch Ballondilatation und Stent-Implantation dar. Stenosen von 70% und grösser im linkskoronaren Hauptstamm Stenosen werden als kritisch betrachtet und auch das Hauptstammäquivalent, mit proximalen Stenosen an der LAD und an der RCX, bringt ein hohes Interventionsrisiko mit sich, so dass hier kardiologisch-kardiochirurgische Diskussionen über das therapeutische Procedere geführt werden müssen.

In die Diskussion über das therapeutische Regime sollte ebenso die Fragestellung einfließen, ob eine Katheterintervention einer medikamentösen Therapie oder sogar der Bypasschirurgie überlegen ist.

In randomisierten Studien von Strauss (1995), Parisi (1992) und Hueb (1995) kommt zum Ausdruck, dass die Ballondilatation über einen Zeitraum von sechs Monaten bei der 1-Gefässerkrankung der medikamentösen Therapie gemessen an der Angina pectoris-Symptomatik überlegen ist.

Bei bis zu 20% der Patienten besteht nach 1 bis 3 Jahren die Indikation zur Bypassoperation, bei Patienten mit wiederholter PTCA bei Rezidiv-Stenosen wird zu 40% in einem Zeitraum von drei Jahren die Indikation zur Operation gestellt. Besonders hervorzuheben sind die Patienten mit einer eingeschränkten linksventrikulären Pumpfunktion, deren 4-Jahres-Überlebensrate nur noch mit 50% nach PTCA-Intervention beschrieben wird. Das legt den Schluss nahe, dass eine Verbesserung der Prognose bei Patienten mit stark eingeschränkter linksventrikulärer Pumpfunktion und

kritischer Mehrgefässerkrankung in der Regel nur durch eine Bypassoperation zu erzielen ist [23].

Mit der intrakoronaren Stentimplantation, die von Charles Dotter initial entwickelt und durch J. Puel 1986 erstmals in Toulouse zum Einsatz kam, ist eine weitere Säule der Koronarintervention beschrieben [32].

Primär unzureichende Dilatationsergebnisse, aber auch de-novo Stenosen nach alleiniger PTCA ergeben heutzutage die Indikation zur koronaren Stentimplantation. Der intrakoronare Stent findet ebenso Einsatz bei Rekanalisation und Dilatation von chronischen Koronarverschlüssen sowie bei der Behandlung von Restenosen. Die Erweiterung der Intervention mittels Stent ist der alleinigen PTCA überlegen. Daher gehört die Stentimplantation heutzutage zu einem Routineverfahren in der kardiologischen Therapie der Koronaren Herzerkrankung.

Die Häufigkeit einer in-Stent-Restenose von ca. 30% im klinischen Alltag bleibt für Patient und behandelnden Arzt nach wie vor ein Ärgernis [2;43].

Ursächlich für einen Stentverschluss ist möglicherweise ein unkontrolliertes Zellwachstum im Gefässlumen. Endovaskuläre Bestrahlung mit Beta- und Gammastrahlen können die überschüssige Proliferation hemmen und einen frühzeitigen Gefäss- bzw. Stentverschluss hinauszögern. Diese sog. Brachytherapie hat sich im klinischen Alltag noch nicht durchgesetzt. Ergebnisse derzeit laufender Studien werden erwartet.

Ausserdem hängt der klinische Einsatz dieser sehr aufwendigen und kostspieligen Therapie im Herzkatheterlabor von strahlenschutzrechtlichen Erfordernissen und von der kommerziellen Verfügbarkeit ab [43].

Aufgrund der zur Zeit noch unbefriedigenden Ergebnisse der Stentimplantation gemessen an der Restenoserate, sind die Bemühungen der jüngsten Zeit auf sog. „*coated stents*“ gezielt. Eine spezielle Innenbeschichtung, mit Heparin oder Sirolimus soll einem frühzeitigen Verschluss entgegenwirken. Auch die sog. *Laserkoronarangioplastie* soll das Problem des frühzeitigen Stentverschlusses positiv beeinflussen [15].

1.2.3. Chirurgische Therapie der Koronaren Herzerkrankung

Geschichtliches

Das Handwerk zur Bypasschirurgie wurde 1910 durch den Chirurgen Alexis Carrel geschaffen. Er war der erste Wissenschaftler, der mit feinstem Werkzeug eine Gefässanastomose tierexperimentell anlegte [11;47].

Vierzig Jahre später führte Arthur Vineberg in Montreal die erste myokardiale Revaskularisation durch, indem er die A. thoracica interna tunnelartig in das Myokard implantierte. Dieser Eingriff erfolgte am schlagenden Herzen [33].

Mit der Entwicklung der Koronarangiographie durch Sones 1959 konnte durch die exakte Darstellung von Koronarstenosen eine gezielte Gefäßversorgung mittels Bypass angestrebt werden.

1964 wurde der erste Venenbypass durch Garrett et al. in Houston vorgenommen. Zur gleichen Zeit führte V. Kolesov die erste Bypassversorgung der LAD mittels der A. thoracica interna in Leningrad durch [26].

Die durch Gibbon 1953 entwickelte Herzlungenmaschine komplettierte das Werkzeug zur Kardiochirurgie.

Mit diesem Modul wurden komplexe Eingriffe am offenen Herzen möglich, während der Kreislauf des Patienten durch die Herzlungenmaschine gewährleistet war [32].

Die Erkenntnis von Negativeinflüssen durch die Herzlungenmaschine führte in den letzten zehn Jahren vor allem auf dem Gebiet der Koronarchirurgie zu dem Bestreben, auf die extrakorporale Zirkulation zu verzichten.

Inwieweit der Trend „ Zurück zu den Wurzeln“ der Herzchirurgie, das Operieren am schlagenden Herzen, einen wirklichen Benefit für den Patienten bringt, wird zur Zeit in zahlreichen Studien untersucht.

Im Jahre 2002 wurden in Deutschland 70.245 Koronareingriffe unter Zuhilfenahme der Herzlungenmaschine und 3.742 (5%) ohne Herzlungenmaschine durchgeführt.

Definition

Die operative Umgehung einer meist arteriosklerotisch bedingten Stenose oder eines Verschlusses eines Herzkranzgefäßes wird als Bypasschirurgie bezeichnet.

Indikation zur Bypassoperation

Die Indikation zur Bypassoperation setzt sich aus Symptomatik und Gefäßmorphologie des Patienten zusammen.

Unabhängig von der klinischen Symptomatik des Patienten stellt die angiographisch gesicherte Koronare 3- Gefässerkrankung die Indikation zur Bypassoperation. Die Hauptstammstenose von > 70% sowie das Hauptstammäquivalent ergeben eine absolute Operationsindikation.

Letzteres beschreibt die hochgradige Stenosierung proximaler Abschnitte der LAD und des RCX, was funktionell der Hauptstammstenose gleichkommt.

Die operative Versorgung isolierter Koronarstenosen ist umstritten. Sowohl die Gefäßmorphologie als auch das Beschwerdebild des Patienten sind hier von Bedeutung. Die frustrane medikamentöse und/oder interventionelle Therapie kann bei isolierten Koronarstenosen auch eine Operationsindikation ergeben.

Eine seltene Indikation zur Bypassoperation stellen die kongenitalen Missbildungen und Fehlabgänge der Koronarien dar.

Die Aortendissektion mit Beteiligung der Koronarostien macht eine Bypassanlage additiv notwendig.

Diskussionswürdig ist die Indikationsstellung zur Operation im akuten Infarktgeschehen. In jüngster Zeit kommt aber auch hier die Koronarchirurgie zum Einsatz. Es hat sich gezeigt, dass die operative Revaskularisierung unter Verzicht der Herzlungenmaschine, das sog. off-pump Operieren, eine gute Alternative zur Intervention mittels Katheter ist. Studien von Vlassov et al. und Mohr et al. berichten über eine postoperative Mortalität von 1,7 bis 7,7% bei Patienten mit frischen Myokardinfarkt [34;46].

Operationsverfahren

Koronare Bypassoperationen können mit und ohne die extrakorporale Zirkulation durchgeführt werden. Der Gebrauch der Herzlungenmaschine ist mit Beginn der 60er Jahre klinisch etabliert. Eine zunehmende Standardisierung des Operationsverfahrens und die technische Verfeinerung der Herz-Lungenmaschine führte zu einer Ausdehnung der Indikationsstellung, mit dem Ergebnis, dass in den letzten Jahren zunehmend ältere und multimorbide Patienten operiert wurden. Die Folge ist, dass Patienten mit komplexeren Krankheitsbildern ein höheres Mass an operationsbedingten Komplikationen aller Organsysteme aufzeigen, was letztendlich in eine erhöhte Mortalität mündet. Der Verzicht auf die Herz-Lungen-Maschine wird in jüngster Zeit immer attraktiver, da postoperative Komplikationen minimiert werden. Herzchirurgische Eingriffe mit der Herz-Lungenmaschine haben einen negativen Einfluss auf die *Lungenfunktion*, die *Nierenfunktion* und das *zentrale Nervensystem*.

Der Einsatz der Herzlungenmaschine hat in der frühen postoperativen Phase eine erhebliche Einschränkung der *Lungenfunktion* zur Folge. Die pulmonalen Veränderungen können subklinisch verlaufen, in etwa 10% der Fälle kommt es zu einer ausgeprägten respiratorischen Insuffizienz bis hin zum Vollbild eines ARDS [38].

Der Auslösemechanismus der respiratorischen Insuffizienz stimmt weitgehend mit dem des ARDS überein. Durch die Aktivierung eines proinflammatorischen Kaskadensystems (Complementsystem, Zytokine) resultiert eine Permeabilitätsstörung im pulmonalen Stromgebiet. Dies führt zum Einstrom von Wasser und Plasmaproteinen in das interstitielle Lungengewebe bis in den Alveolarraum. Durch die Inaktivierung von Surfactant kommt es klinisch zu Atelektasenbildung. Gerade bei pulmonal vorerkrankten Patienten kann dies zu erheblichen pulmonalen Komplikationen führen. Im ungünstigsten Fall kann diese Komplikation in ein Multiorganversagen auf dem Boden eines SIRS münden. Trotz moderner intensivmedizinischer Behandlung ist dieses immer noch mit einer Letalität

von ca. 50% behaftet. Auch ohne diese Maximalvariante an Komplikation erfordert der Einsatz der Herzlungenmaschine für das postoperative Geschehen eine intensive Atemtherapie.

Die Verwendung der HLM kann eine passagere Einschränkung der *Nierenfunktion* verursachen. Der non-pulsatile Fluß, die Freisetzung inflammatorischer Mediatoren, die Hypothermie und die renale Hypoperfusion werden ursächlich als Faktoren diskutiert, die für das akute Nierenversagen nach herzchirurgischen Eingriffen verantwortlich sind.

Das Risiko für nierengesunde Patienten, ein perioperatives Nierenversagen zu erleiden, liegt in der Größenordnung von bis zu 1%. Im Gegensatz dazu erhöht sich das Risiko für Patienten mit präoperativ erhöhten Kreatininwerten postoperativ eine dialysepflichtige Niereninsuffizienz zu entwickeln, um den Faktor 4. Die Operationsdauer, insbesondere die Zeit des Kreislaufersatzes durch die HLM korreliert eng mit dem Auftreten des postoperativen Nierenversagens [12].

Neurologische Komplikationen im Sinne von cerebralen Insulten sind auch auf den Einsatz der extrakorporalen Zirkulation zurückzuführen.

Die Auslöser für einen intraoperativen Schlaganfall sind vielgestaltig. Zu den Zeitpunkten der Kanülierung der Aorta ascendens, des Anfahrens der HLM, der mechanischen Klemmung der Aorta bis zum Ende der Aortenklemmzeit kann es zu Mikroembolien kommen. Durch Manipulation an der Aorta besteht die Gefahr der Verschleppung von Kalkpartikeln und weichem Plaque-material [3;6]. Das Bestreben der jüngsten Zeit ist dem zur Folge eine „no-touch-Technik“ der Aorta. Der Verzicht der Herz-Lungenmaschine ist eine Lösung, die Verwendung maschineller Anastomosensysteme, die die Anlage einer zentralen Anastomose ohne Ausklemmen der Aorta erlauben, ist eine andere.

Bypassmaterialen (Grafts)

In der Bypasschirurgie kommen venöse und arterielle Grafts zum Einsatz. Kunststoffmaterialien, aufbereitetes autologes und heterologes Material sind Alternativen.

Venöse grafts werden vorzugsweise aus dem Stromgebiet der Vena saphena gewonnen. Hier kommen die V. saphena magna und parva in Frage. Die Verwendung von Unterarmvenen ist möglich, allerdings spielt sie in der modernen Bypasschirurgie eine untergeordnete Rolle, da sie im Gegensatz zu den Beinvenen eine deutlich kürzere Offenheitsrate haben[23]. Für Venenbypässe gilt, dass nach fünf Jahren ca. 30% und nach zehn Jahren die Hälfte der Bypässe verschlossen sind [19].

Mit der Anwendung arterieller Grafts haben sich die Ergebnisse in der Bypasschirurgie deutlich verbessert. Die Verwendung der linken A. thoracica interna als arterieller Graft zur LAD hat sich aufgrund hervorragender klinischer Ergebnisse als Bypassmaterial durchgesetzt. Sie zeigt nach fünf und zehn Jahren Offenheitsraten von über 90% [19].

Zum heutigen Standard gehört demnach die Revaskularisierung der LAD mittels A. thoracica interna und die Versorgung weiterer Koronarien durch venöse Konduits.

Die guten klinischen Ergebnisse durch die längere Offenheitsraten führten zur einer Ausbreitung der arteriellen Revaskularisierung insbesondere bei jüngeren Koronarpatienten.

Dies umfasst den bilateralen Gebrauch der A. thoracica interna, wobei die Offenheitsrate für die rechte A. thoracica interna mit 89,5% nach fünf Jahren mit der der linken A. thoracica interna zu vergleichen ist [25].

Als weitere arterielle Grafts kommen die A. radialis, die A. gastroepiploica und die A. epigastrica inferior zur Anwendung.

Carpentier gebrauchte 1971 die A. radialis bereits als arteriellen Konduit. Aufgrund unbefriedender Ergebnisse setzte sich dieser Graft damals nicht durch [10;16].

Heutzutage erlebt die A. radialis eine Renaissance. Durch eine modifizierte chirurgische Präparation des Gefäßes konnten die Langzeitergebnisse der Radialarterie als Graft signifikant verbessert werden. Offenheitsraten von bis zu 90% nach fünf Jahren führten dazu, dass sich die Radialarterie als Bypassmaterial heutzutage durchgesetzt hat [1].

Die Verwendung der A. ulnaris als arterieller Graft ist möglich, doch birgt ihre Präparation durch die unmittelbare Nähe zum Nerven ein erhöhtes Risiko für den Patienten und wird heutzutage nicht als Standardgraft eingesetzt [8;21].

Ebensowenig im Routineeinsatz ist die A. axillaris. Die Anlage eines axillo-koronaren Bypasses ist beschrieben. Die Präparation der Arterie ist sehr aufwendig und erweitert das thorakale Trauma. Ihr Einsatz verlangt eine enge Indikationsstellung [31].

Die A. femoris circumflexa lateralis ist bis heute nur bei wenigen Patienten als Graft zur Anwendung gekommen. Die Arbeitsgruppe um Tatsumi vergleicht die Qualität dieser Arterie mit der der A. thoracica interna. Die Entnahme ist einfach und birgt wenig Risiken für den Patienten. Zum Standard in der heutigen Bypasschirurgie gehört sie nicht [45].

Weitaus mehr klinische Erfahrungen hat man mit der Anwendung der A. gastroepiploica und A. epigastrica inferior gesammelt [44]. Die klinischen Langzeitergebnisse sind akzeptabel und sind mit denen der A. radialis und A. thoracica interna zu vergleichen. Die Entnahme abdomineller Arterien in der Bypasschirurgie ist in jüngster Zeit verlassen worden, da Patienten immer multimorbider werden und dieser Zweihöhleneingriff in eine erhöhte perioperative Mortalität mündet. Als abdomineller Arteriengraft kann auch die A. lienalis zum Einsatz kommen [35].

Entnahmetechniken und anatomische Details der genannten Grafts werden näher im Kapitel 2 *Patienten und Methode* erläutert.

In der Literatur herrscht Übereinstimmung, dass die komplett arterielle Revaskularisierung aufgrund der guten Langzeitergebnisse erstrebenswert ist. Da sich die A. thoracica interna und die A. radialis seitens der klinischen Ergebnisse als besonders günstige Konduits gezeigt haben, geht der Trend schliesslich zu den sog. composite-grafts. Damit sind „zusammengesetzte“ Bypässe gemeint, wie die sog. T- und oder Y-graft Anastomosierung von A. thoracica interna und A. radialis. Composite-grafts erlauben eine zahlenmässig grosse Bypassversorgung mit geringem Verbrauch an Grafftressourcen [Abb.1].

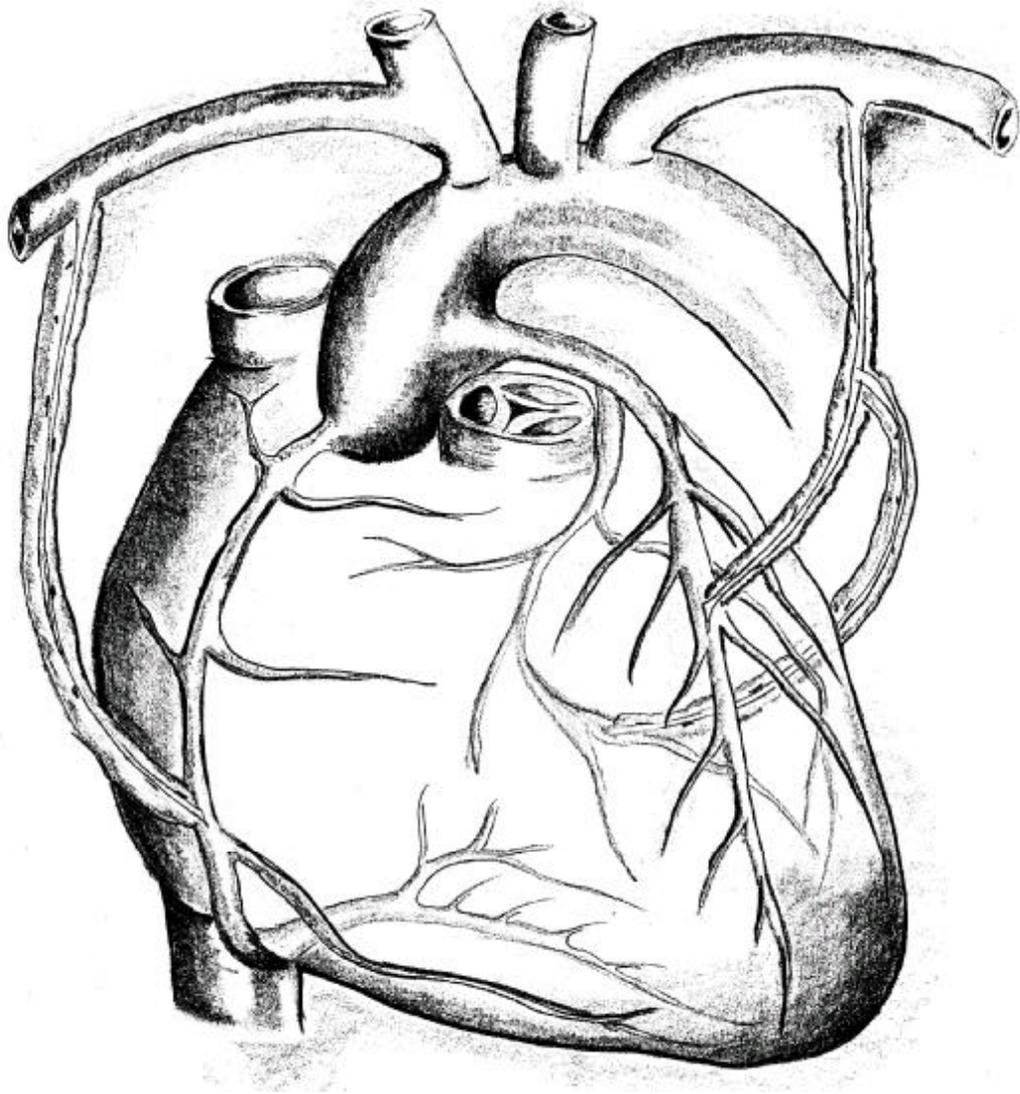


Abb.1: Darstellung arterieller Bypässe

Heterologes Graftmaterial wie die A. thoracica interna vom Rind oder vom Schwein hatten eine kurze Präsenz. Kurze Bypassoffenheitsraten liessen den Chirurgen auf den Gebrauch verzichten.

Kunststoffmaterialien wie Gore als Bypass am Koronargefäss haben sich nicht durchgesetzt. Es wird schon in der allgemeinen Gefässchirurgie beschrieben, dass derartige Bypässe in Regionen distal des Knies eine rasche Okklusionstendenz zeigen.

Das Erschliessen neuer Graftressourcen hat in jüngster Zeit auch den Versuch gebracht, aus autologem Pericard Bypassmaterial zu gewinnen [28]. Gleichzeitig laufen Projekte, die sich mit der Züchtung autologer Grafts befassen.

Postmortem Studien haben das Bestreben nach alternativen Ressourcen zu suchen. Intercostalarterien, die anatomisch mit der A. thoracica interna vergleichbar sind, wurden in der Arbeitsgruppe von Lindsay in situ auf letztendlich alle Koronarien anastomosiert. Zum klinischen Einsatz ist es bis jetzt noch nicht gekommen. [29]

2. Patienten und Methode

2.1. Allgemeines

Im Zeitraum *von Januar 2000 bis Dezember 2002* unterzogen sich in der Klinik für Herz- und Thoraxchirurgie des Universitätsklinikums Bergmannsheil 139 Patienten einer komplett arteriellen Bypassoperation. In diesem Untersuchungszeitraum wurden insgesamt 1812 Patienten koronarrevaskularisiert. Der Anteil der komplett arteriell versorgten Patienten in diesem Zeitraum beträgt 7 %.

In dieser Arbeit ist der Begriff *komplett arteriell* definiert als die Verwendung mindestens zweier arterieller Grafts ohne den zusätzlichen Gebrauch venöser Bypassmaterialien.

Zusätzlich haben in diesem Zeitfenster 132 Patienten exklusiv einen arteriellen Einzelbypass in Form der LITA auf die LAD erhalten. Dieses Patientenkollektiv ist von der Untersuchung ausgeschlossen. Die Anlage dieses Einzelbypasses muss nicht unbedingt das Vorliegen einer Koronaren 1-Gefässerkrankung beschreiben, sondern kann durchaus das Resultat einer ungünstigen Koronarmorphologie sein, die eine inkomplette Revaskularisierung zur Folge hat. Heutzutage gilt der ITA-Bypass auf die LAD als allgemein akzeptierter Standard, unabhängig davon, wie alt der Patient ist. Beim Vorliegen einer Koronaren 1-Gefässerkrankung wird in der Regel der Gebrauch der LITA bevorzugt. Bei Patienten mit einer schweren Koronaren Herzkrankheit und grossem Risikoprofil wird der chirurgische Eingriff auf die Anlage des Einzelbypasses zur suffizienten Versorgung der Vorderwand beschränkt. Heutzutage gelingt der Eingriff oftmals unter Verzicht der Herzlungenmaschine, wodurch die eingangs genannten HLM-spezifischen Komplikationen minimiert werden können.

In dieser Arbeit soll der Stellenwert der komplett arteriellen Bypasschirurgie betrachtet werden. Zu diesem Zweck wurden folgende Parameter erfasst:

Präoperative Parameter:

Alter des Patienten, Geschlecht, NYHA-Klassifikation, EF, Koronarstatus, kardiovaskuläres Risikoprofil, signifikante Nebenerkrankungen

Intraoperative Parameter:

OP-Dauer, Zahl der Anastomosen, Art und Anzahl der Grafts, Zielgefäße

Postoperative Parameter:

Verweildauer in der Klinik, postoperative Komplikationen wie Herzinfarkt, Schlaganfall, Herzrhythmusstörungen, Wundheilungsstörungen, Pneumothorax, pulmonale Komplikationen mit Intervention (Bronchoskopie, Reintubation), Rethorakotomie und MOV.

Die Erhebung der Daten erfolgte retrospektiv. Die präoperativen Daten wurden aus den Arztbriefen der zuweisenden Kliniken, sowie dem Aufnahmebogen unserer Klinik erhoben. Ausserdem lieferten die gespeicherten Daten in den Narkoseprotokollen sowie in den intensivmedizinischen Verlaufsbögen und nicht zuletzt die Qualitätssicherung für Herzchirurgie alle übrigen Parameter.

Einige Parameter der Studie konnten nicht direkt erhoben werden. Bei der präoperativen Ejektionsfraktion wurden nicht immer präzise Werte angegeben. Aus dem Operationsbericht konnte stattdessen eine subjektive Einschätzung erhoben werden. So wurde eine gute EF mit 60%, eine eingeschränkte mit 45% und eine schlechte EF mit 30% gleichgestellt.

Diagnosekriterien für den perioperativen Infarkt waren eine signifikante Enzymkinetik, bei Patienten nach einem kardiochirurgischen Eingriff mit einem CK-MB Anteil von >10% sowie dem Ischämienachweis im EKG (ST-Veränderungen, neues Q, R-Verlust).

Das Hirnorganische Durchgangssyndrom wurde anhand der Klinik diagnostiziert, zur Sicherung des postoperativen Insultes wurde die klinische Diagnose mittels CCT bestätigt.

In die Gruppe der Wundheilungsstörungen wurden Patienten aufgenommen, die sich einer chirurgischen Revision unterziehen mussten.

Das akute Nierenversagen, welches eine Hämodialyse oder intermittierende Hämofiltration verlangt, und das Multiorganversagen wurde sowohl klinisch als auch anhand von Laborparametern diagnostiziert.

2.2. Untersuchungszeitraum / Gesamtzahlen

In der Zeit von Januar 2000 bis einschliesslich Dezember 2002 wurden insgesamt 139 Patienten komplett arteriell revaskularisiert. Zeitgleich wurden 132 Patienten mit einem Einzelarterienbypass mittels LITA auf die LAD versorgt. Aus den eingangs genannten Gründen, wird diese Gruppe in der Untersuchung nicht als komplett arteriell definiert und statistisch ausgeschlossen. Da im Jahre 1999 mit nur 13 Patienten die Anzahl der arteriellen Bypassoperationen in unserer Abteilung anteilmässig eine untergeordnete Rolle spielte, beginnt die Datenerhebung mit dem o.g. Zeitpunkt. Der positive Trend zur komplett arteriellen Revaskularisierung wird deutlich, denn im Jahre 2000 waren es bereits 36 Patienten, die sich diesem Eingriff unterzogen. Bis 2002 ist eine stetige Zunahme der komplett arteriellen Bypassoperation zu sehen. Zum Ende des Jahres 2002 wurden bereits 53 Patienten ausschliesslich mit arteriellen Grafts koronaroperiert.

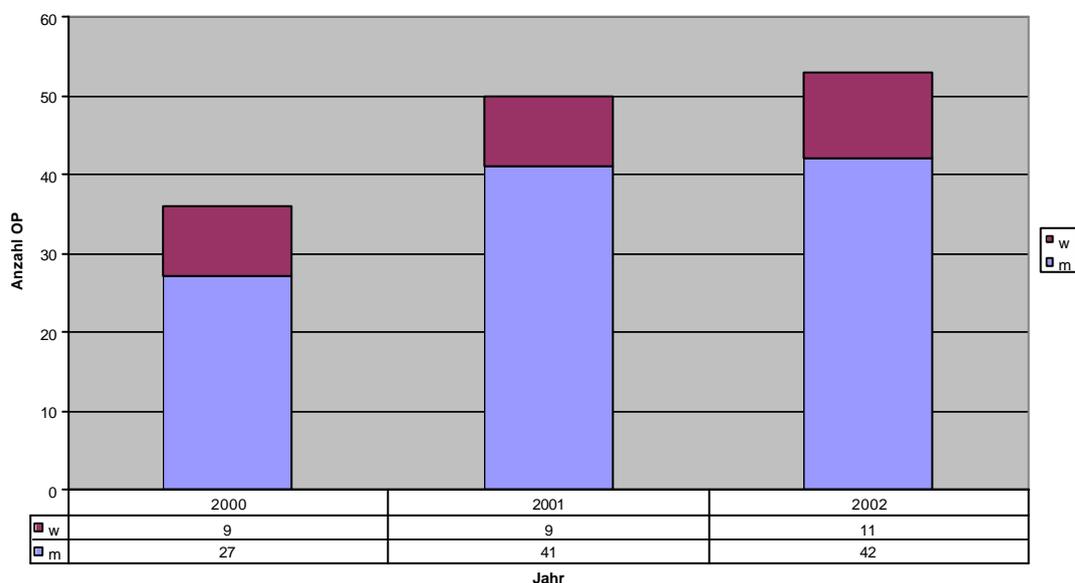


Abb. 2: Komplett arterielle Bypassoperationen 2000 bis 2002 mit Geschlechterverhältnis

2.2.1. Altersverteilung

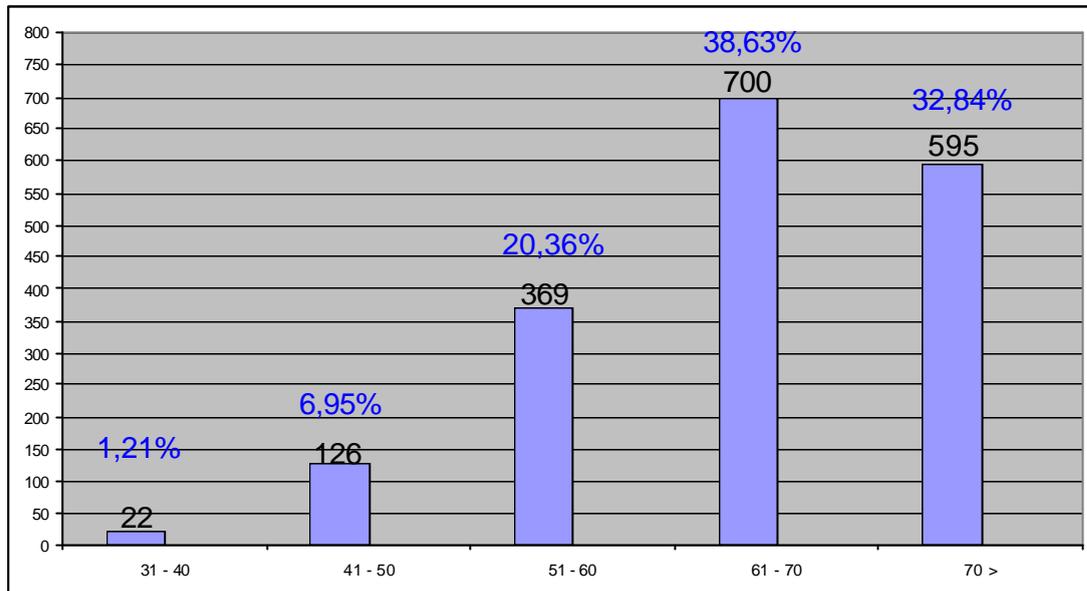


Abb.3: Altersverteilung *aller* Koronarpatienten 2000 bis 2002

Obige Abbildung zeigt die Altersverteilung aller Koronarpatienten, die im Zeitraum 2000 bis 2002 in unserer Abteilung einer Koronaren Bypassoperation unterzogen haben. In diesem Zeitraum wurden 1812 Patienten in unserer Abteilung koronarrevaskularisiert. Eingeschlossen in dieser Untersuchungsgruppe sind auch die Koronareingriffe, die unter Verzicht auf die Herz-Lungenmaschine durchgeführt wurden. 19% (n= 345) der Patienten sind ohne Herzlungenmaschine operiert worden.

Der konventionelle Koronareingriff zeigt einen Altersgipfel zwischen dem 60. und dem 70. Lebensjahr auf. Nur 8% der Patienten sind jünger als 50 Jahre, der älteste Patient war 90 Jahre alt.

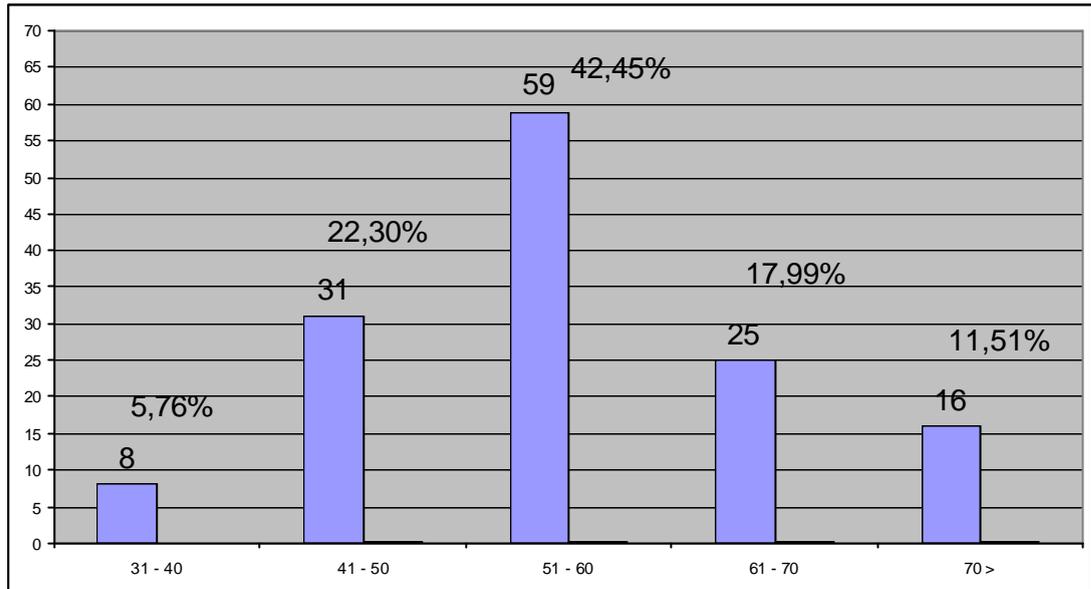


Abb. 4: Altersverteilung der *komplett arteriell* Bypass versorgten Patienten für den Zeitraum 2000 bis 2002

Die obige Abbildung zeigt die Altersverteilung der Patienten, die sich einer komplett arteriellen Bypassoperation unterzogen haben.

Der Anteil der Patienten, die zum Zeitpunkt der Operation jünger als 50 Jahre alt waren, beträgt 28%. Der Altersgipfel liegt in der Patientengruppe zwischen 51 und 60 Jahren. Der jüngste Patient war 31 Jahre alt, der älteste Patient 80 Jahre alt. Der Altersdurchschnitt beträgt 56 Jahre, 63 Jahre für die Frau, 54 Jahre für den Mann.

In der folgenden Abbildung werden die zuvor beschriebenen Patientengruppen seitens der Altersverteilung im Überblick verglichen.

Die Prozentzahlen beziehen sich auf den Anteil der komplett arteriell versorgten Patienten auf die Gesamtgruppe in der jeweiligen Alterstufe.

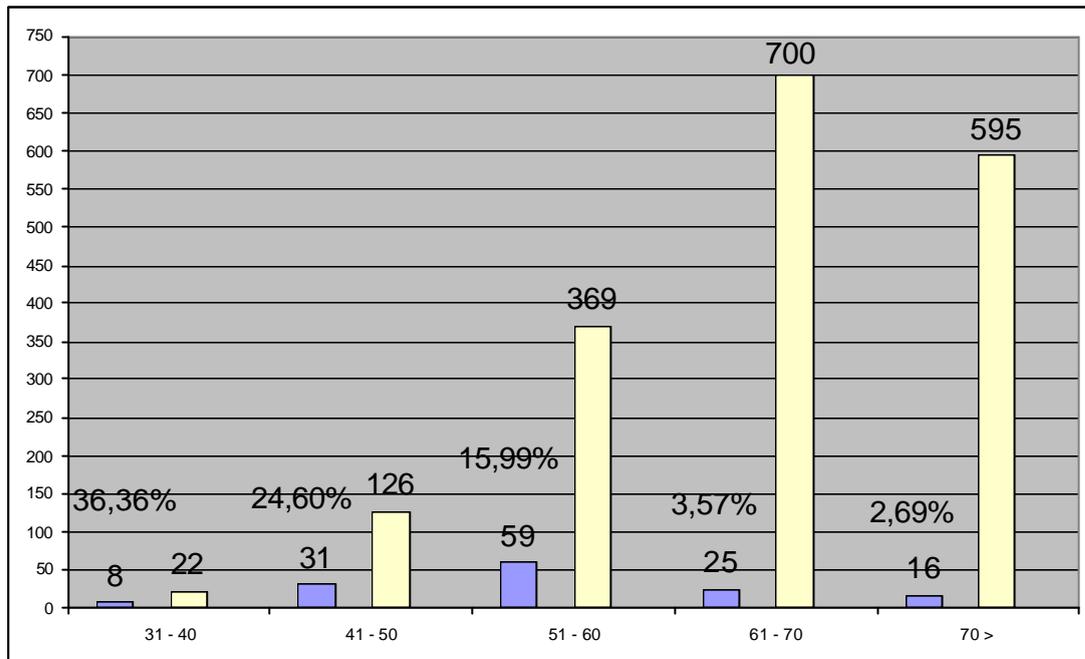


Abb. 5 : Gegenüberstellung der Altersverteilung der konventionell und komplett arteriell revascularisiertem Patientenruppe von 2000 bis 2002

In der Abbildung soll zum Ausdruck gebracht werden, dass vor allem junge Koronarpatienten, die jünger als 50 Jahre alt sind, Zielgruppe der komplett arteriellen Bypassoperation sind. 148 Patienten der Untersuchungsgruppe sind zum Zeitpunkt der Operation jünger als 50 Jahre. Davon werden 60% komplett arteriell koronarrevaskularisiert. 40% der Altersgruppe zwischen 31 und 50 Jahre werden demnach konventionell versorgt.

2.2.2. Body mass index (BMI)

Durch den Körpermassenindex (body mass index (BMI)) kann indirekt die Fettmasse eines Menschen abgeschätzt werden.

Eine Adipositas besteht, wenn der Anteil der Fettmasse am Körpergewicht bei Frauen 30% und bei Männern 20% übersteigt.

Ein BMI von 20–25 kg/m² gilt als normal. Die Adipositas wird in drei Gradstufen eingeteilt. Adipositas Grad I beschreibt einen BMI von 25-29 kg/m², Grad II einen BMI von 30-39 und Grad III einen BMI von > 40 kg/m² [27].

Die folgende Abbildung zeigt den Grad der Adipositas in der *komplett arteriell* revaskularisierten Patientengruppe für den Zeitraum 2000 bis 2002.

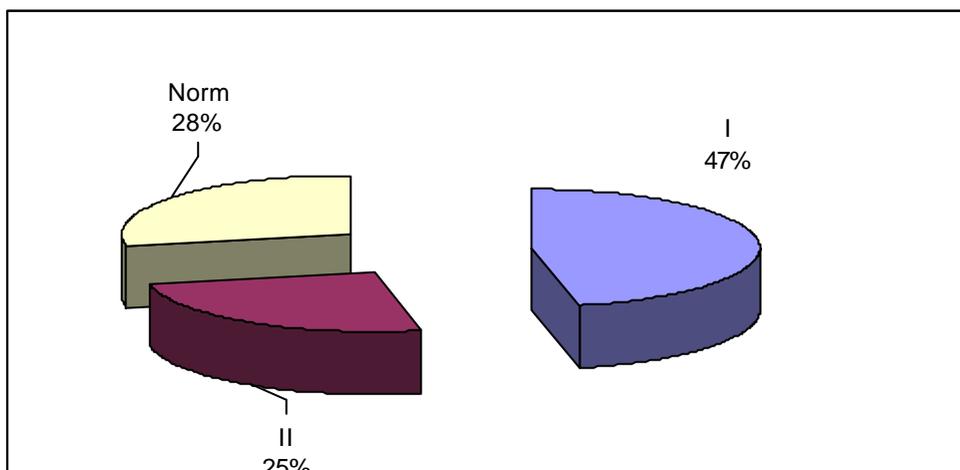


Abb. 6.: BMI der komplett arteriell revaskularisierten Patienten von 2000 bis 2002

Nur 28% der komplett arteriell revascularisierten Patienten sind gemessen am BMI normalgewichtig. Beinahe die Hälfte der operierten Patienten (48%) zeigen leichtes Übergewicht auf.

25% der Patienten in der Untersuchungsgruppe fallen durch starkes Übergewicht auf. Kein Patient hatte einen BMI Grad 3 oder 4.

2.2.3. Koronarstatus

Die Koronare Herzkrankheit wird definiert als 1 bis 3 Gefässerkrankung. Die Hauptstammstenose wurde bei der Datenerhebung als 2- Gefässerkrankung eingeordnet.

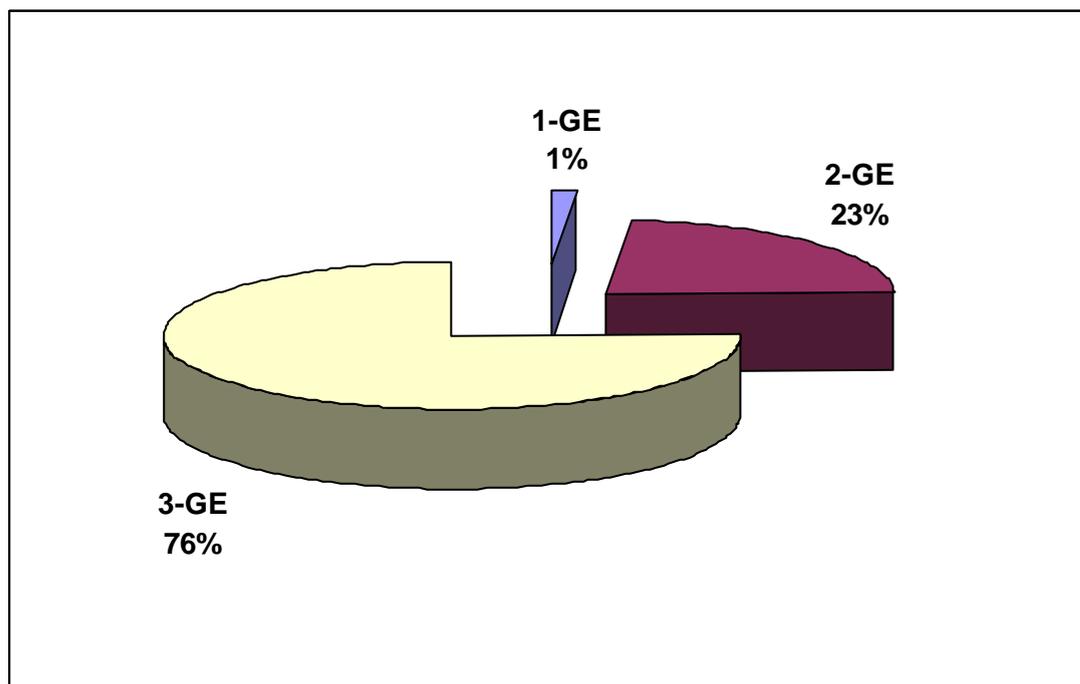


Abb. 7: Koronarstatus der komplett arteriell versorgten Patienten von 2000 bis 2002

76% der Patienten stellen sich mit einer Koronaren 3-Gefässerkrankung vor. Der Anteil der Patienten mit einer Koronaren 1-Gefässerkrankung beträgt nur 1%. Dies ist u.a. darauf zurückzuführen, dass Patienten, welche ausschliesslich einen arteriellen Einzelbypass im Sinne der A. thoracica interna auf die LAD in der Betrachtung nicht berücksichtigt wurden. Zwei Patienten (1%) wurden bei Koronarer 1-Gefässerkrankung komplett arteriell unter Verwendung der A. thoracica interna und der Radialarterie versorgt; diese wurde mit dem Diagonalast anastomosiert.

2.2.4. Kardiovaskuläres Risikoprofil und Nebenerkrankungen

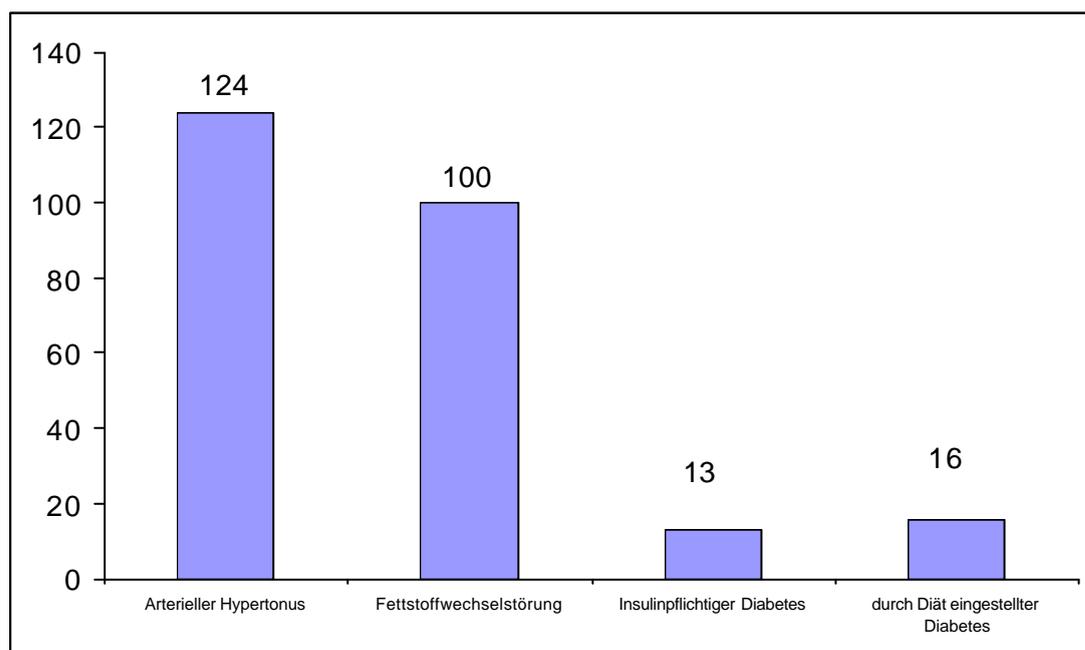


Abb.8: Kardiovaskuläres Risikoprofil der komplett arteriell versorgten Patienten

Von 139 Patienten der komplett arteriellen Untersuchungsgruppe stellen sich 124 mit einem arteriellen Hypertonus, 100 mit einer Fettstoffwechselstörung und 29 mit einem Diabetes mellitus vor.

In der nachfolgenden Tabelle sind diese Daten in Prozent bezogen auf die Untersuchungsgruppe dargestellt.

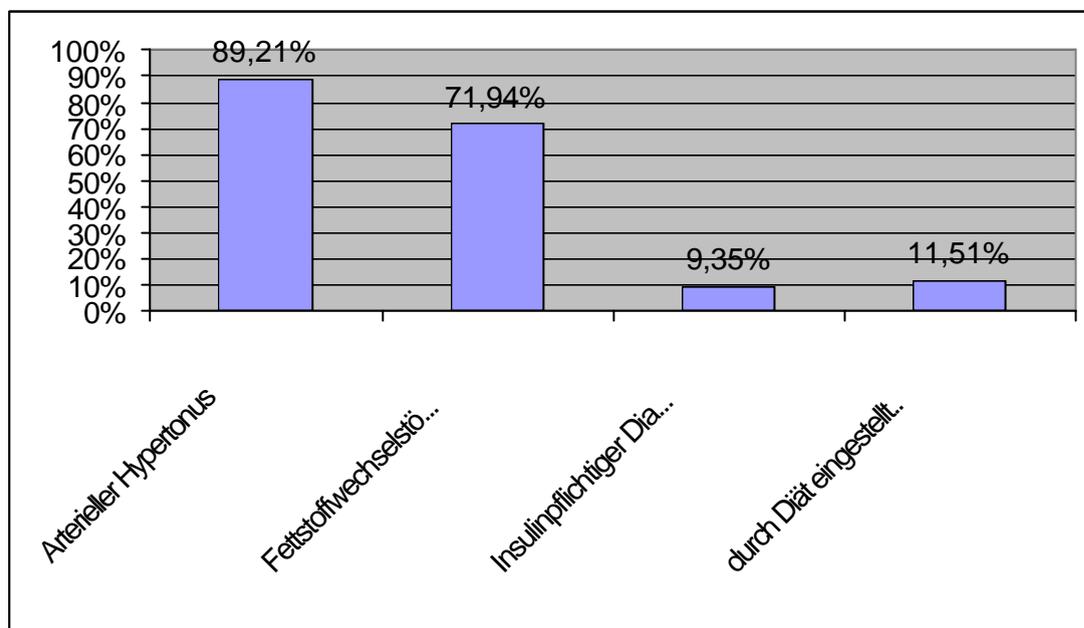


Abb.9: Kardiovaskuläres Risikoprofil der komplett arteriell versorgten in Prozent

89% der Patienten haben einen in der Regel medikamentös behandelten arteriellen Hypertonus, 71% zeigen eine Fettstoffwechselstörung auf. 20% stellen sich mit einem Diabetes mellitus vor, wobei 9 % einen insulinpflichtigen Diabetes mellitus aufzeigen und 11% in oral medikamentöser bzw. diätischer Therapie sind.

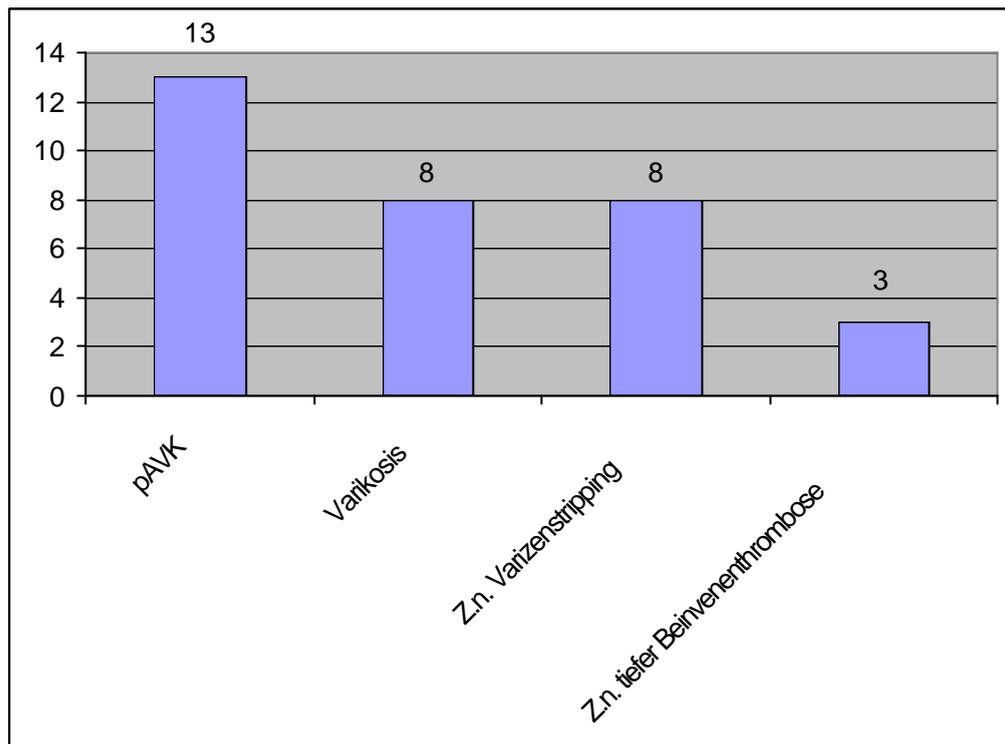


Abb. 10 : Vaskuläres Risikoprofil der komplett arteriell versorgten Patienten

In der Gruppe der komplett arteriell revaskularisierten Patienten haben 13 Patienten eine periphere arterielle Verschlusskrankheit (9%), jeweils 8 Patienten (6%) haben eine Varikosis im Saphena-Stromgebiet oder eine vorangegangene Varizenoperation im Untersuchungsbefund. 3 Patienten (2%) gaben eine abgelaufene tiefe Beinvenenthrombose an.

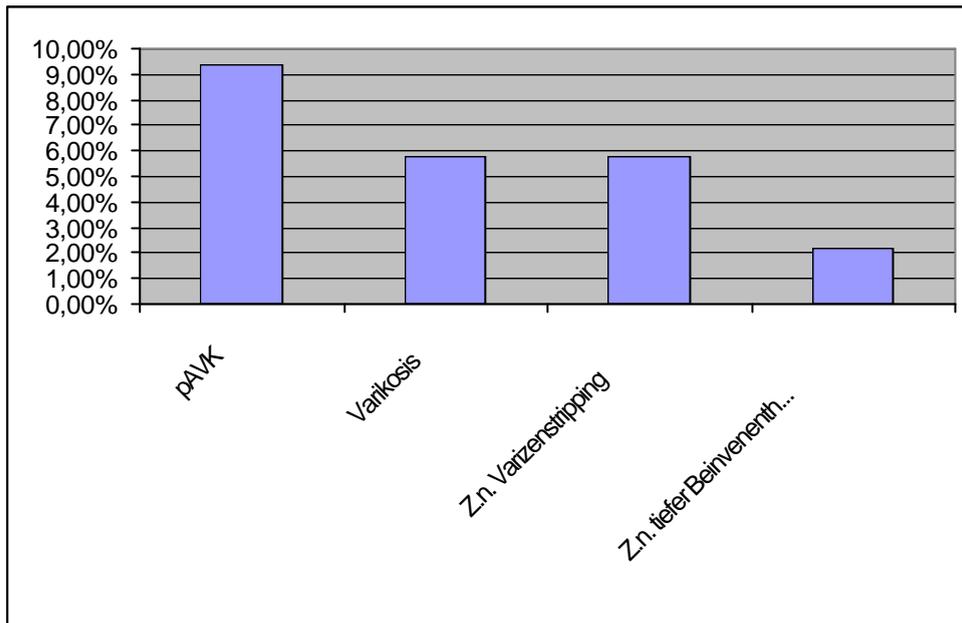


Abb.11 : Vaskuläres Risikoprofil der komplett arteriell revascularisierten Patienten in Prozent

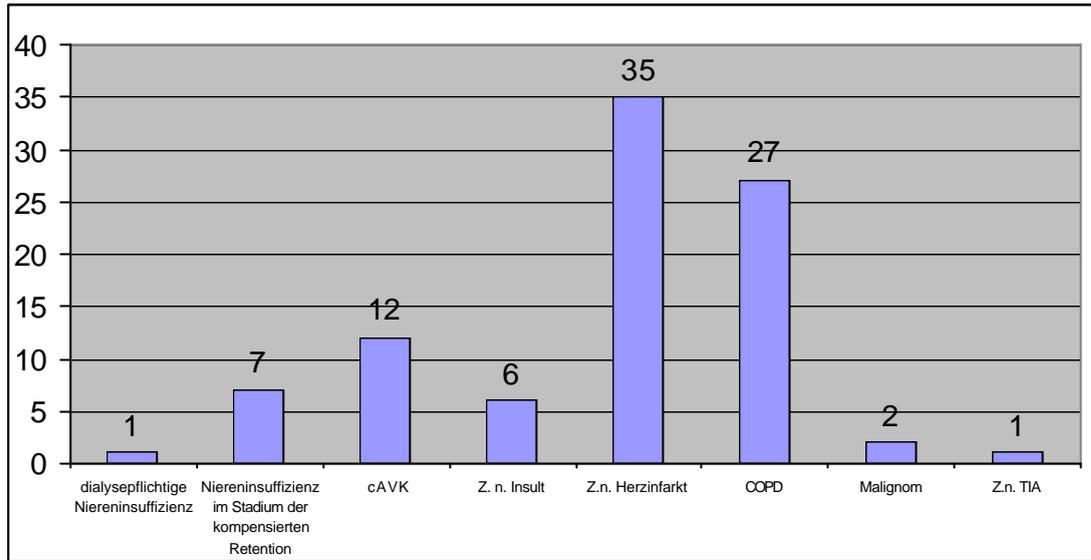


Abb. 12 : Nebenerkrankungen der komplett arteriell versorgten Patienten

Der durchgemachte Herzinfarkt in der Anamnese (n= 35 / 25%) und die COPD (n=27 / 20%) als Nebenerkrankung sind die häufigsten Risikofaktoren der komplett arteriell versorgten Patienten. Eine cerebrale AVK, der stattgehabte Insult oder eine TIA haben eine Auftretenswahrscheinlichkeit von <1 bis 6 %. 5 % der Patienten stellen sich mit einer Niereninsuffizienz im Stadium der kompensierten Retention vor. Eine dialysepflichtige Niereninsuffizienz wird bei weniger als 1% der Patienten beschrieben.

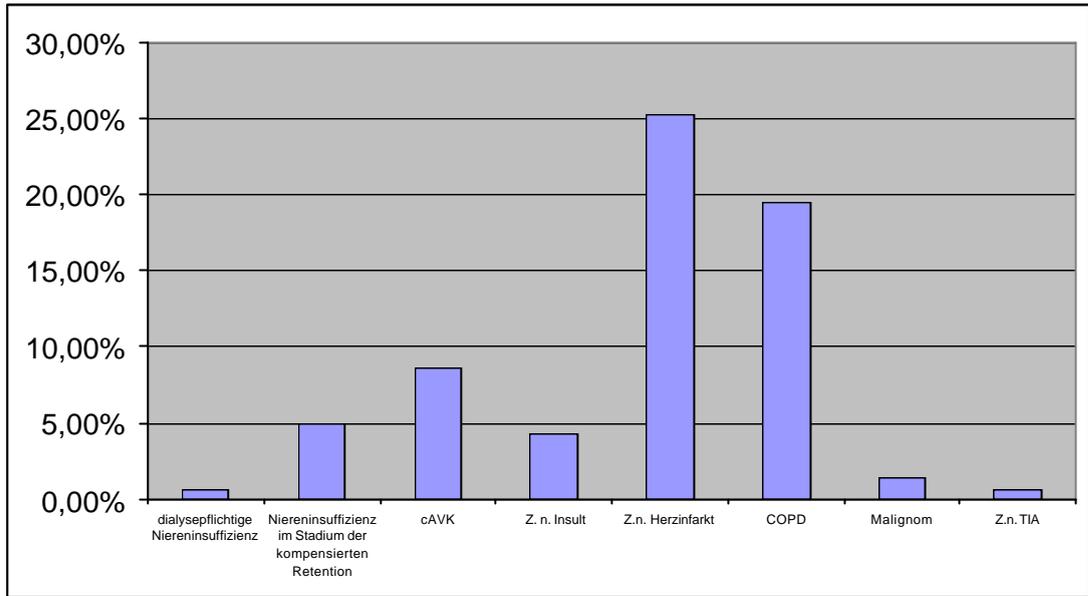


Abb.13: Nebenerkrankungen der komplett arteriell versorgten Patienten in Prozent

2.2.5. Klinischer Schweregrad, NYHA Klassifikation

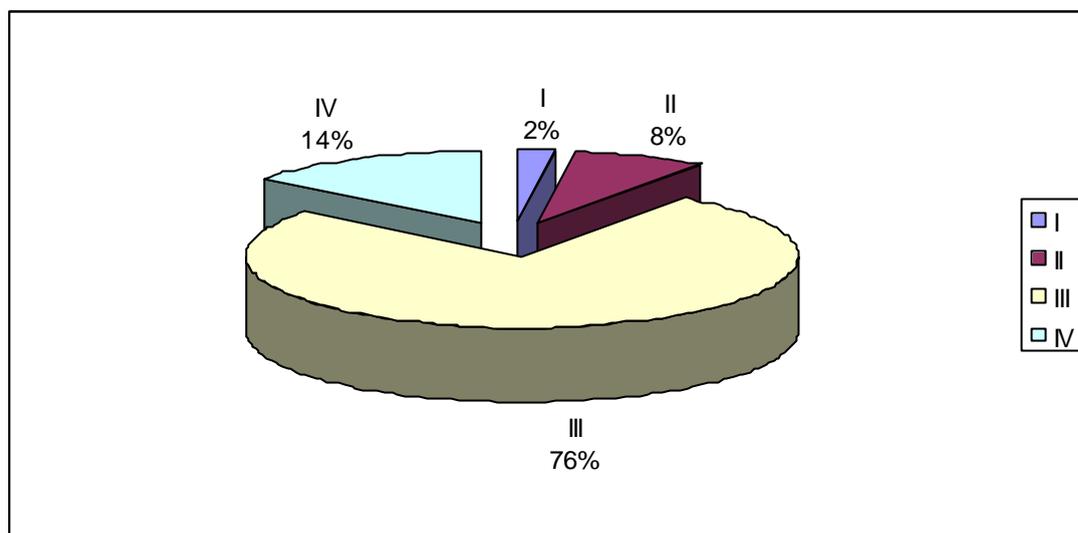


Abb.14: Klinischer Schweregrad der komplett arteriell operierten Patienten nach der NYHA-Klassifikation

Die Einschätzung des präoperativen Allgemeinzustandes der Patienten erfolgte gemäss der Klassifizierung der New York Heart Association. Das Diagramm stellt die Patientenverteilung entsprechend ihrer Klinik am Aufnahmetag dar. 77% der Patienten befanden sich im NYHA-Stadium III. 14% der Patienten im Stadium IV, womit eine instabile Angina pectoris im Sinne von Ruhebeschwerden gemeint ist. Diese Patienten werden dringlich operiert. Der Notfall oder der dringliche Eingriff ist keine Kontraindikation für die komplett arterielle Bypassversorgung.

2.2.6. Auswurfleistung des Herzens (EF)

Zur Beurteilung der globalen Ruhefunktion der linksventrikulären Kammer wird die Auswurf fraktion herangezogen. Je nach Verminderung der linksventrikulären Funktion spricht man von einer mehr oder weniger eingeschränkten EF.

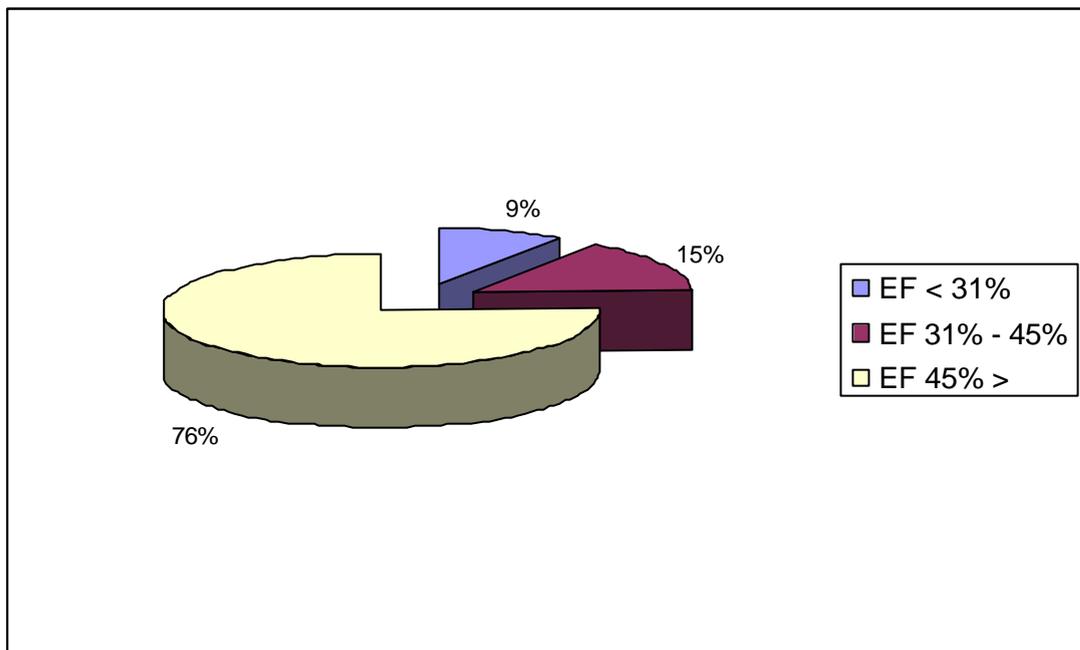


Abb.15: Ventrikelfunktion der komplett arteriell versorgten Patienten

Der Hauptanteil der Patienten, der sich einer komplett arteriellen Bypassoperation in der Zeit von 2000 bis 2002 unterzog, stellt sich mit einer guten linksventrikulären Funktion vor. Nur 9% der Patienten weisen eine schlechte bzw. stark eingeschränkte Ventrikelfunktion auf.

2.2.7. Indikationsstellung

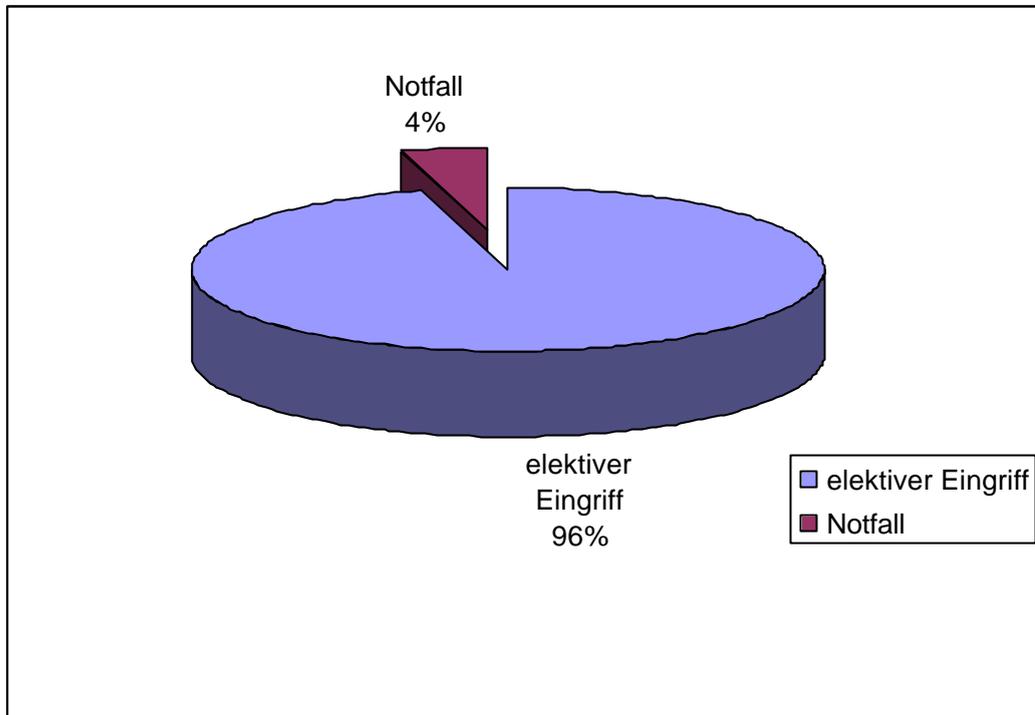


Abb. 16: Indikationsstellung zur komplett arteriellen Bypassoperation

Das Durchführen einer komplett arteriellen Bypassoperation im Notfall ist mit 4% im Untersuchungszeitraum von 2000 bis 2002 selten.

2.3. Operationsmethoden

2.3.1. Allgemeines

Für den Eingriff wird der Patient in Vollnarkose versetzt. Er wird mit Kathetermaterial versorgt, das der exakten Überwachung der Herzkreislauf- und Lungenfunktion während und nach der Operation dient. Die Wahl des Anästhesieverfahrens muss auf das Patientengut zugeschnitten sein. Die Anforderungen sind klar definiert:

Keine Beeinträchtigung des myokardialen Sauerstoffgleichgewichts durch Blutdruckanstieg, Blutdruckabfall oder Tachykardien beim Koronarkranken. Aufrechterhaltung einer ausreichenden Myokardkontraktilität und Sympathikusaktivität bei globaler Herzinsuffizienz oder funktionell bedeutsamen Herzklappenerkrankungen.

So ist einerseits bei Patienten mit koronarer Herzkrankheit häufig eine kontrollierte Dämpfung der Myokardkontraktilität und des sympathoadrenergen Tonus erforderlich, um eine Zunahme des myokardialen Sauerstoffbedarfs durch unerwünschte kardiovaskuläre Reflexreaktionen auf anästhesiologische Stimuli (Intubation) und operative Stimuli (z.B. Sternotomie) zu verhindern. Andererseits dürfen bei Patienten mit globaler Herzinsuffizienz der kompensatorisch erhöhte Sympathikotonus und die Myokardkontraktilität nicht beeinträchtigt werden, damit kein Abfall des Herzzeitvolumens und nachfolgend eine Mangeldurchblutung der Organe eintritt. Beide gegensätzlichen Anforderungen können naturgemäss weder durch Inhalationsanästhetika noch durch intravenöse Anästhetika oder Opioide gleichzeitig erfüllt werden, so dass beim Herzkranken gewöhnlich ein differenzierter Einsatz verschiedener Substanzen erforderlich ist. Additiv kommen Sedativa, Vasodilatoren, β -Blocker oder positiv inotrop wirkende Medikamente hinzu [27].

Über eine mediane Sternotomie verschafft sich der Chirurg einen direkten Zugang zum Herzen. Nach Eröffnen des Herzbeutels zeigt sich das schlagende Herz. Die Koronaranatomie wird sichtbar, anhand des Pumpverhaltens und gemessen an der Muskelmasse kann der Operateur die Güte der Ventrikelfunktion beurteilen. Das Palpieren der Aorta und der Koronarien erlaubt es, den Grad der Verkalkung festzustellen, was die weitere Abfolge des Eingriffes durchaus beeinflussen kann. Das Manipulieren an einer stark verkalkten Aorta durch Einlegen der arteriellen Kanüle der Herzlungenmaschine und/oder durch das Anbringen der Aortenklemme kann Kalkpartikel in den Kreislauf verschleppen und zu embolischen Ereignissen führen.

Der Anschluss der Herzlungenmaschine erfolgt über eine arterielle und venöse Kanüle. Die arterielle Linie wird in der Regel in die Aorta ascendens eingebracht. Die venöse Kanüle wird über den rechten Vorhof in die untere Hohlvene eingebracht. Eine zusätzliche Kanüle, die Kardioplegielösung führt, wird ebenso aortal platziert. So gelangt Kardioplegie über die Koronarostien in die Herzkranzgefäße und bringt das Herz zum Stillstand. Die Koronarien werden an der Stelle der geplanten Anastomose freigelegt und inzidiert. Das Bypassgefäss wird auf die eröffnete Koronararterie genäht, womit die sog. periphere Anastomose angelegt ist. Nach Beendigung der peripheren Anastomosen wird das proximale Ende des Grafts an die Aorta anastomosiert. Zur Anlage dieser zentralen Anastomose kann das Herz bereits wieder schlagen. Die Aorta muss dann tangential ausgeklemmt werden. Aortale Kalkplaques oder auch Mangel an Bypassmaterial kann die Anzahl der zentralen Anastomosen limitieren. Dann kann man sich auf die Anlage *eines* zentralen Gefässanschlusses beschränken oder anastomosiert die übrigen Grafts in einer sog. T-graft Technik an ein Bypassgefäss [Abb.1]. Durch sog. composite, also zusammengesetzte Grafts, kann man einerseits mit wenig Bypassmaterial eine maximale Koronarversorgung erreichen. Auf der anderen Seite wird das Ausmass der aortalen Manipulation begrenzt. Nach Anlage aller Anastomosen erfolgt der Abgang von der Herzlungen-

maschine. Die Kanülierungsstellen werden mit Hilfe der zuvor angebrachten Tabaksbeutelnähte verschlossen. Nach sorgfältiger Blutstillung wird der Thorax wieder verschlossen.

2.3.2. Die Konventionelle Bypassoperation

Mit der konventionellen Bypassoperation ist die Koronarrevaskularisierung mittels eines *A. thoracica interna* (ITA) – Bypasses auf die LAD und die Verwendung venöser Grafts auf die übrigen Koronararterien gemeint.

Die venösen Bypässe können als sog. single – Venen eingesetzt werden. Das bedeutet, dass eine periphere und eine zentrale Anastomose angelegt wird. Sequentielle Bypässe versorgen gleichzeitig mehrere Koronargefäße und haben nur eine zentrale Anastomose.

Gewinnung von Bypassmaterial

Die Präparation der *A. thoracica interna* erfolgt mit Hilfe eines speziellen Thoraxspreizers, der es erlaubt, den linken bzw. rechten Hemithorax bequem zu inspizieren. Die *A. thoracica interna* entspringt aus der *A. subclavia*. Die Arterie wird von zwei Venen begleitet. Zwei Querfinger medial des Brustbeins zieht sie nach caudal, wobei sie die Interkostalarterien abgibt. Distal teilt sich die ITA in ihre Endäste auf, die *A. epigastria superior* und *A. musculophrenica*.

In unserer Klinik ist es üblich die *A. thoracica interna* als sog. Pedikel zu präparieren. Damit ist das Konvolut bestehend aus Arterie und ihrer Begleitvenen gemeint. Es gibt Chirurgen, die eine Skelettierung der *A. thoracica interna* bevorzugen, womit das Freilegen des Gefäßes von den Venen gemeint ist. Durch diese Art der „Entfesselung“ kann an Bypasslänge gewonnen werden. Ob es durch diese Operationstechnik weniger post-

operative Wundheilungsstörungen gibt wird diskutiert. Je näher man an der Arterie präpariert, desto höher ist die Verletzungsgefahr des Grafts.

Die Präparation erfolgt mit Hilfe eines Thermocauters oder alternativ mit einem Ultraschallmesser. Das Pedikelprinzip setzt somit die Gefahr eines thermischen Schadens herab.

Das Präparieren der A. thoracica interna birgt für den Patienten einige Risiken:

Die Freilegung nach cranial sollte die erste Rippe nicht überschreiten. Hier wird die *Verletzungsgefahr* für den N. *phrenicus* gross. Wird der Nerv in Mitleidenschaft gezogen, ist ein postoperativer Zwerchfellhochstand die Folge. Ungünstig ist dies bei pulmonal vorerkrankten Patienten.

Das Entfernen der Brustwandarterie zur Bypassgewinnung hat eine Minderperfusion des Sternums zur Folge. Bei Patienten mit Diabetes mellitus sollte eine beidseitige Gewinnung der A. thoracica interna verzichtet werden. Wundheilungsstörungen am Brustbein können durchaus in eine *Mediastinitis* mit septischem Verlauf münden, die trotz aller Bemühungen auch heute noch eine Letalität von 20% aufzeigen. [24]

Zweiter Graftbaustein in der konventionellen Bypasschirurgie ist die V. saphena magna. Die grösste Hautvene des medialen Bereichs von Unter- und Oberschenkel liegt locker im subkutanem Fettgewebe und kann relativ einfach gewonnen werden. Die Venenpräparation erfolgt durch absetzen der V. saphena magna von allen venösen Zuflüssen. Diese Venenseitenäste werden durch Clips oder Ligaturen verschlossen. Genau wie bei der Darstellung der A. thoracica interna gilt auch hier, das Gefäss so wenig wie möglich zu manipulieren. Die Seitenäste werden mittels Metallclip oder Ligatur abgesetzt. Man muss darauf achten, dass die Vene dabei nicht eingeschnürt wird. Dieses kann früh zu Stenosen im Graft führen. Der Vene schliesst sich im Unterschenkelbereich der N. saphenus an. Als Hautnerv versorgt er einen medialen Hautstreifen am Unterschenkel bis zum Fuss. Erschwert wird die Venenpräparation bei varikös veränderter Vene. Extreme

Varikosis oder eine Venenthrombose stellen die Kontraindikation zur Venenentnahme dar.

Patienten mit pAVK und Diabetes mellitus sowie Adipositas sind prädisponiert für Wundinfektionen im Operationsgebiet.

2.3.3. Die komplett arterielle Bypassoperation

Die komplett arterielle Bypassversorgung ist definiert als Koronarrevaskularisation unter ausschliesslicher Verwendung arterieller Grafts.

In der hier aufgeführten Untersuchungsgruppe werden Patienten, die ausschliesslich die A. thoracica interna als arteriellen Einfachbypass erhalten haben ausgeschlossen.

Neben der A. thoracica interna sinistra (LITA) und dextra (RITA) wird in unserer Klinik die linke und/ oder rechte A. radialis als arterieller Graft gewonnen. Aufgrund des erhöhten Risikos eines Zweihöhleneingriffs verzichten wir auf arterielle Grafts aus dem Abdomen. Patienten, die jünger als 60 Jahre alt sind, werden in unserer Klinik routinemässig komplett arteriell versorgt. Abhängig von der Anzahl der notwendigen Anzahl an Bypässen kommen die o.g. Grafts zum Einsatz. Eine relative Kontraindikation für den Einsatz beider Brustwandarterien stellt der Diabetes mellitus dar, ebenso eine extreme Adipositas in Kombination mit einer COPD. Bei Stenose der A. subclavia verbietet sich die Bypassversorgung mit der ipsilateralen ITA.

Die Gewinnung der A. *radialis* verlangt eine sorgfältige präoperative Diagnostik, um eine postoperative Ischämie der operierten Hand zu verhindern. Eine einfache, nicht invasive Untersuchungsmethode ist der sog. Allen-Test, mit dem sichergestellt werden kann, ob die Perfusion der Hand nach Entnahme der A. *radialis* durch die A. *ulnaris* ausreichend gewährleistet ist [26]. Aussagekräftiger ist eine Doppleruntersuchung der Gefässe. Bei diagnostizierter Ulnarishypoplasie ist die Entnahme der A. *radialis* kontraindiziert.

Die Entnahme der A. radialis geschieht synchron zur Präparation der A. thoracica interna.

Abdominelle arterielle Grafts sind in der Untersuchungsgruppe in keinem Fall zum Einsatz gekommen. Standardgrafts sind die eingangs beschriebenen Brustwandarterien und die Aa. radiales.

Die Entnahme der A. gastroepiploica dextra und A. epigastrica inferior verlangt einen Zweihöhleneingriff. Dieser kann die Genesung des häufig multimorbiden Patienten verlängern, weswegen in unserer Klinik auf ihre Entnahme verzichtet wird. Die in der Literatur angegebenen guten Ergebnisse mit den o.g. Bypassgefäße unterstützen diesen Standard.

2.3.4. Operationsmodus

Koronarchirurgische Eingriffe werden in der Regel unter Zuhilfenahme der Herzlungenmaschine durchgeführt. In Deutschland werden durchschnittlich nur 5% der Eingriffe unter Verzicht der Herzlungenmaschine durchgeführt. Die Vorteile und die Indikationsstellung sind an früherer Stelle bereits besprochen worden.

Für den Untersuchungszeitraum von 2000 bis 2002 wurden in unserer Klinik 19% aller Koronarpatienten ohne Herzlungenmaschine operiert. Verglichen mit dem Bundesdurchschnitt von 5% spiegelt diese Zahl ein weiteren Trend in unserer Abteilung wieder.

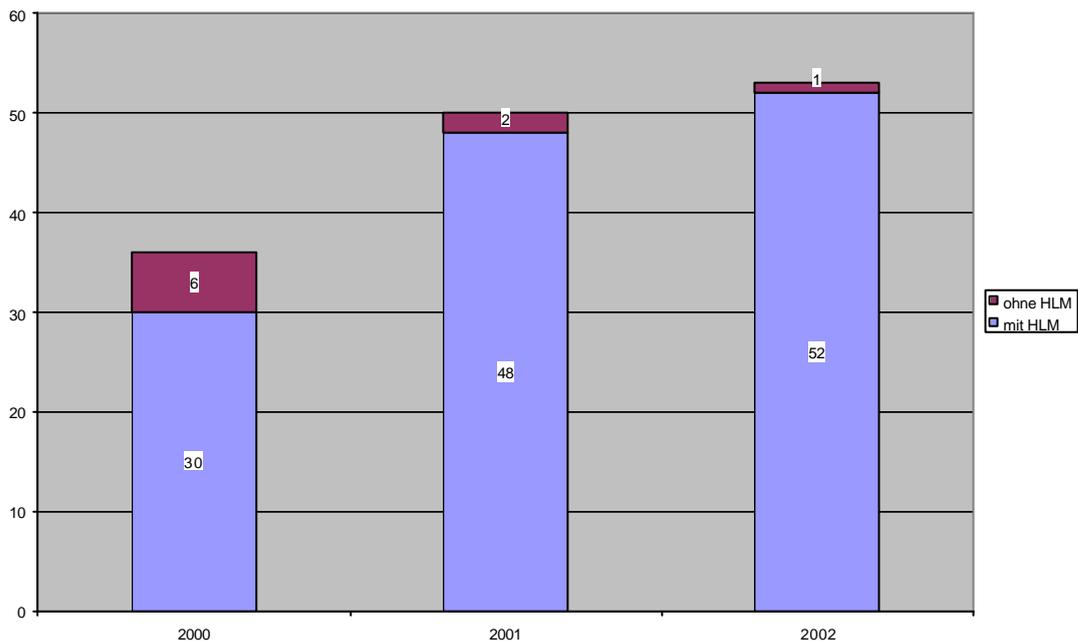


Abb.17: Komplette arterielle Bypassversorgung mit und ohne HLM

Der Anteil der komplett arteriellen Bypassoperationen in unserer Klinik, der unter Verzicht der extrakorporalen Zirkulation durchgeführt wurde, beträgt 6,5%.

Der therapeutische Ansatz zielt einerseits auf eine Verbesserung der Langzeitprognose durch komplett arterielle Bypasschirurgie und andererseits soll der Verzicht der Herzlungenmaschine akut und kurzfristig den Eingriff für den Patienten risikoärmer gestalten.

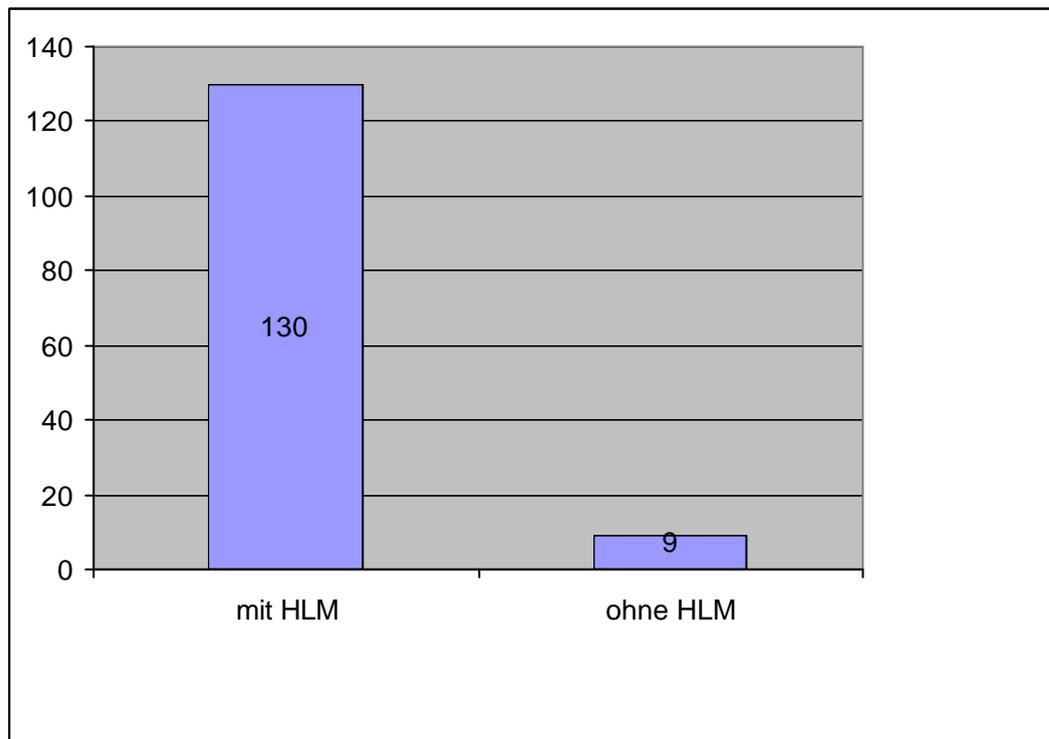


Abb.18: Komplett arterielle Revaskularisation mit / ohne HLM

3. Ergebnisse

3.1. Mortalität

In der Untersuchungsgruppe von 139 Patienten, die sich in der Zeit von Januar 2000 bis Dezember 2002 einer komplett arteriellen Bypassoperation unterzogen haben ergibt sich eine erfreulich niedrige Mortalität von <1%. Dem gegenübergestellt wird die Krankenhaussterblichkeit in der Gesamtgruppe von 2,3% (n= 42).

Die Mortalität von <1% ergibt sich aus dem Tod eines Patienten innerhalb seines Krankenhausaufenthaltes. Der männliche Patient war zum Zeitpunkt der Operation 69 Jahre alt. Der Altersgipfel der Patienten, die sich einer komplett arteriellen Bypassoperation unterzogen haben, liegt mit 42% in der Gruppe der 51 bis 60 jährigen Patienten. Im Gegensatz dazu sind nur 18% der Patienten 61 bis 70 Jahre alt. Der Patient stellte sich aufgrund einer schweren Koronaren 2-Gefässerkrankung zur elektiven Herzbybypassoperation vor. Sein Risikoprofil wie eine stark eingeschränkte LV-Funktion, eine stattgehabte kardiale Globaldekomensation bei abgelaufenem Myokardinfarkt, eine COPD sowie eine Niereninsuffizienz im Stadium der kompensierten Retention liessen bereits präoperativ eine erhöhte Mortalität befürchten. Der operative Eingriff unter Zuhilfenahme der HLM, in dem der Patient einen LITA-Bypass auf die LAD und einen RITA-Bypass auf den R. marginalis erhielt, wies keine operationsspezifischen Komplikation auf. Signifikant war allerdings eine überdurchschnittlich lange Operationsdauer von 221 Minuten. Komplett arterielle Bypassoperationen dauern im Durchschnitt 195 Minuten, der konventionelle Koronareingriff ist mit durchschnittlichen 175 Minuten bemessen.

Die durch die Operationsdauer verbundene Kreislaufsuppression, bedingt durch Anästhesie und extrakorporale Zirkulation, kann vor allem bei vorgeschädigten Organsystemen, wie es bei unserem Patienten der Fall war, im Zuge der Minderperfusion zu therapierellevanten Organschäden

führen. Unser Patient entwickelte rasch ein akutes dialysepflichtiges Nierenversagen, sowie eine respiratorische Insuffizienz bei exazerbierter COPD. Langzeitbeatmung und ein konsekutives Multiorganversagen waren die Folge. Ein derartiges Komplikationsmuster erweist sich bei einer global eingeschränkten LV-Funktion häufig als therapierefraktär. In der Literatur wird eine Mortalität von 25-35% als die Folge eines akuten Nierenversagens angegeben [20]. Unser Patient verstarb am 10. postoperativen Tag in Folge eines Multiorganversagens.

Die mit der Gesamtgruppe verglichen niedrigere Mortalität kann unter anderem dadurch erklärt werden, dass der prozentuale Anteil älterer Patienten, die sich einer komplett arteriellen Gefäßversorgung unterziehen mit nur 18% für die 61 bis 70-jährigen im Vergleich zu 38% in der Gesamtgruppe, gering ist. Damit verschiebt sich der Patientenschwerpunkt auf den jungen Koronarpatienten, der aufgrund seines Lebensalters ein geringeres Risikoprofil aufzeigt. Die hier angeführte Altersverteilung ist im Abschnitt 2.2.1. abgebildet.

3.2. Morbidität

In der Gruppe der komplett arteriell revaskularisierten Patienten wurden 79% der Patienten (n = 111) ohne postoperative Komplikationen aus der Klinik entlassen.

Folgende Komplikationen sollen betrachtet werden.

- Wundheilungsstörungen des Brustbeins
- Bypassverschluss
- Wundheilungsstörungen des Armes nach Arteriektomie,
- Parästhesien der oberen Extremität
- postoperative Phrenicusparese

8 (n=12) der komplett arteriell versorgten Patienten entwickeln im Laufe der stationären Behandlung eine *sternale Wundheilungsstörungen*. Diese Komplikation ist zahlenmässig die häufigste Komplikation, die in der Untersuchungsgruppe auftritt. Die Zahl entspricht dem in der Literatur angegebenen Risiko sternaler Wundinfektionen nach kardiochirurgischer Sternotomie [20]. Eine dadurch entstehende Mediastinitis mit hoher Letalität ist eine gefürchtete Komplikation. Erfreulicherweise ist es bei keinem Patienten zu einer Mediastinitis gekommen. In der Literatur wird oftmals ein Zusammenhang zwischen einer Infektionen des Brustbeins und dem Gebrauch der bilateralen ITA zitiert. Bei 6 von jenen 12 Patienten mit sternalen Wundheilungsstörungen wurde sowohl die LITA als auch die RITA gewonnen, bei 6 Patienten beschränkte sich der Eingriff nur auf die Präparation der LITA. Damit zeigt sich der Hinweis bestätigt, dass die bilaterale Entnahme der A. thoracica interna prädisponierend für eine sternale Wundheilungsstörung sein kann. Das Auftreten sternaler Wundinfektionen ist vor allem bei Patienten mit Diabetes mellitus und beidseitiger ITA-Entnahme zu befürchten. Hier herrscht in der Literatur Übereinstimmung. Bei unseren Patienten, die aufgrund einer sternalen Wundinfektion behandelt wurden, liegt nur bei 2 Patienten die Diagnose

Diabetes mellitus vor und jene 2 Patienten sind nicht mit der bilateralen ITA bypassversorgt worden. 7 von 12 Patienten tragen die Diagnose COPD, ein Patient weist keinerlei Risikofaktoren auf. Es zeigt sich demnach eine Häufung zwischen dem Vorliegen einer COPD und der Sternuminfektion bei Verwendung der RITA und LITA als Bypassgefäss.

Möglicherweise wirkt sich ein ständiger Hustenreiz bei produktivem Auswurf negativ auf die Wundheilung aus. 2 von 12 Patienten konnten erfolgreich konservativ therapiert werden. Der Rest unterzog sich einem chirurgischen Eingriff, bei nur einem Patienten war eine plastische Deckung notwendig. Hierbei handelte es sich um einen 71-jährigen Patienten, der neben einer ausgeprägten COPD eine generalisierte pAVK aufwies. Der linke Unterschenkel war bereits amputiert, es stand ein gefässchirurgischer Eingriff der linken unteren Extremität an. Diese Konstellation führte zur Indikation der beidseitigen ITA-Präparation, zur Verschonung des Venenmaterials für den noch anstehenden Gefässeingriff. Der Patient war aufgrund seiner Amputation auf den Rollstuhl bzw. auf Gehilfen angewiesen. Die Mobilisation des Patienten war damit erschwert. Durch die Fehlbelastung des operierten Sternums in Kombination mit seiner COPD, war jene Komplikation nicht überraschend.

Abschliessend kann gesagt werden, dass die Inzidenz sternaler Wundinfektionen insbesondere nach Gewinnung der bilateralen ITA nicht höher sind als in der Literatur angegeben. 58% der Patienten mit der o.g. Komplikation haben eine COPD. Jene scheint die Wundheilung im Negativen zu beeinflussen. Der beidseitige Gebrauch der ITA erhöht die Inzidenz von Wundheilungsstörungen nicht, soweit die Diagnose Diabetes mellitus leer ist. In der Literatur kommt allerdings auch zum Ausdruck, dass selbst bei Patienten mit Diabetes mellitus und weiteren Risikofaktoren auch beim bilateralem Gebrauch der ITA eine Wundheilungsstörung vermeidbar ist, wenn höchste Priorität auf aseptische Technik, sorgfältige Blutstillung und präzisiertem Thoraxverschluss gelegt wird. Ebenso ist die Dauer des Eingriff hier von entscheidender Bedeutung [40].

In unserer Untersuchungsgruppe weisen 50% der Patienten mit Wundheilungsstörung eine überdurchschnittlich lange OP-Dauer auf.

Der stationäre Aufenthalt des Koronarpatienten beträgt in der Regel zwischen 5 und 7 Tage, wenn keine chirurgischen Komplikationen bestehen, die eine längere chirurgischen Nachsorge notwendig machen.

Patienten mit sternalen Wundinfektionen fallen durch eine deutlich längere Krankenhausliegedauer auf. Jener Patient der aufgrund seines ausgeprägten Risikoprofil eine plastische Deckung benötigte, hatte die längste Liegezeit. Der Krankenhausaufenthalt lag mit 61 Tagen weit über der Norm. Im Durchschnitt verweilten Patienten mit sternalen Wundheilungsstörungen 26 Tage in unserer Abteilung.

Der *postoperative Bypassverschluss* hat in der Gruppe der komplett arteriell versorgten Patienten eine Häufigkeit von 2%. Es handelt sich um 3 Patienten bei denen in Folge einer elektiv durchgeführten Koronarangiographie ein Bypassverschluss festgestellt wurde. Alle 3 Patienten zeigten im postoperativen Verlauf keinen laborchemischen oder elektrokardiographischen Ischämienachweis. Die Indikation zum Linksherzkatheter war eine von dieser Untersuchung unabhängige Studie. Bei allen 3 Patienten wurde ein komplett arterieller 4-fach Bypass angelegt. Bei einem Patienten zeigte die Koronarangiographie einen funktionell verschlossenen Radialisbypass auf den RIVP. Bereits intraoperativ wurde das rechte Koronarsystem stark verkalkt beschrieben, in der Anamnese der Patientin fand sich ein abgelaufener Hinterwandinfarkt. Da erneute Ischämienachweise negativ ausfielen, konnte man auf andere invasive Massnahmen verzichten. Bei einem weiteren Patienten wurde ebenfalls der Bypassverschluss des Radialisgrafts auf den RIVP durch eine Angiographie diagnostiziert. Auch hier fehlte der Ischämienachweis. Bei diesem Patienten zeigte sich die rechte Herzkranzarterie intraoperativ verkalkt und es lag eine positive Infarkt-anamnese im Bereich der Hinterwand vor. Bei diesem 37-jährigen Patienten wurde eine PTCA mit Stenting der RCA durchgeführt. Bei einem dritten Patienten, bei dem durch eine Koronarangiographie ein Bypassverschluss der A. radialis auf den R. diagonalis diagnostiziert wurde, kam es auch zu einer PTCA und Stentintervention.

Keiner der 139 komplett arteriell versorgten Patienten ist im postoperativen Verlauf durch eine klinische oder labor- bzw. EKG-diagnostische Ischämie aufgefallen. Ebenso wenig fielen die o.g. 3 Patienten vor der Koronarangiographie durch eine signifikante Klinik oder Diagnostik auf. Komplett arteriell angelegte Bypässe zeigen demnach in unserer Abteilung ein klinisch gutes Ergebnis auf.

Bei 2 Patienten (1%) der 139, kam es postoperativ zu *Komplikationen am Unterarm* nach Entnahme der A. radialis. Ein Patient klagte über Parästhesien in der Hand. Motorische Ausfälle waren nicht beschrieben, es bestand kein Funktionsverlust. Bei einem zweiten Patienten war eine chirurgische Revision des Armes notwendig, da das Wundgebiet anhaltend serös sezernierte und eine Nahtdehiszenz bestand, die eine Wundheilung per primum komplizierte. Der intraoperative Situs zeigte keine klassischen Infektzeichen, es erfolgte der operative Direktverschluss der Wunde mit einer im Anschluss unauffälligen Wundheilung.

Gefürchtete Komplikationen nach Radialisentnahme sind der Funktionsverlust der Hand durch Läsion des N. radialis bis hin zur Ischämie bei unzureichender Gefäßversorgung durch die Ulnararterie. Letzteres kann eine langwierige plastischchirurgische Therapie erforderlich machen. Erfreulicherweise können wir bisher über derartige Komplikationen nicht berichten.

Ebenso selten in unserer Untersuchungsgruppe war die postoperative *Phrenicusparese* nach Präparation der Brustwandarterie. Nur ein Patient, >1%, zeigte nach beidseitiger ITA-Präparation einen rechtsseitigen Zwerchfellhochstand als Folge einer einseitigen Phrenicusparese. Es bestand keine respiratorische Insuffizienz, allerdings imponierte der Patient bei langjährigem Nikotinabusus durch rezidivierende Atelektasen bei einem hyperreagiblen Bronchialsystem, die bronchoskopisch eröffnet werden mussten. Dies machte eine intensive nichtinvasive Atemtherapie im Sinne von intermittierendem CPAP-Training notwendig.

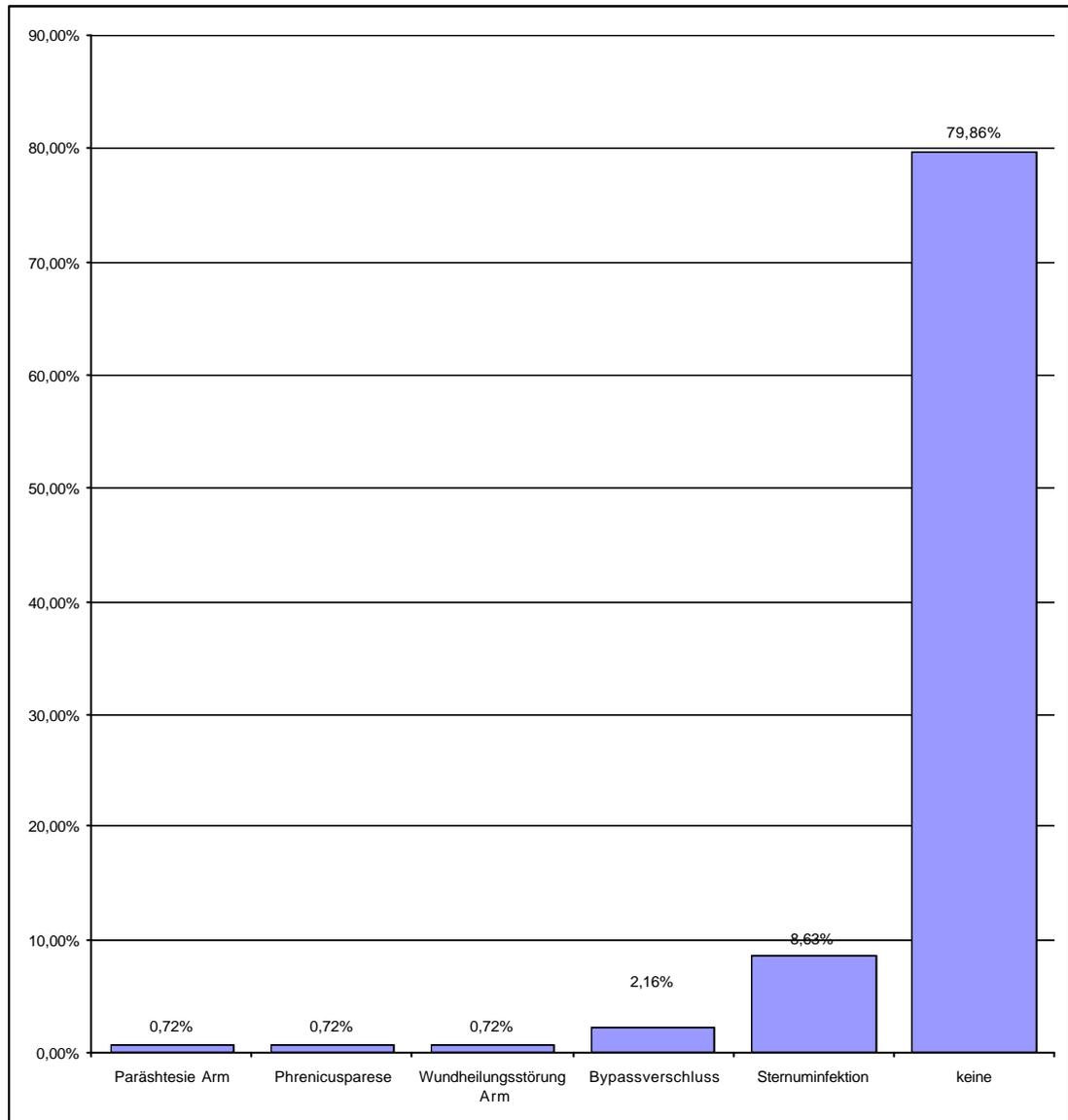


Abb.19 : Postoperative Komplikationen nach komplett arterieller Bypassoperation

3.3 Operationsdauer

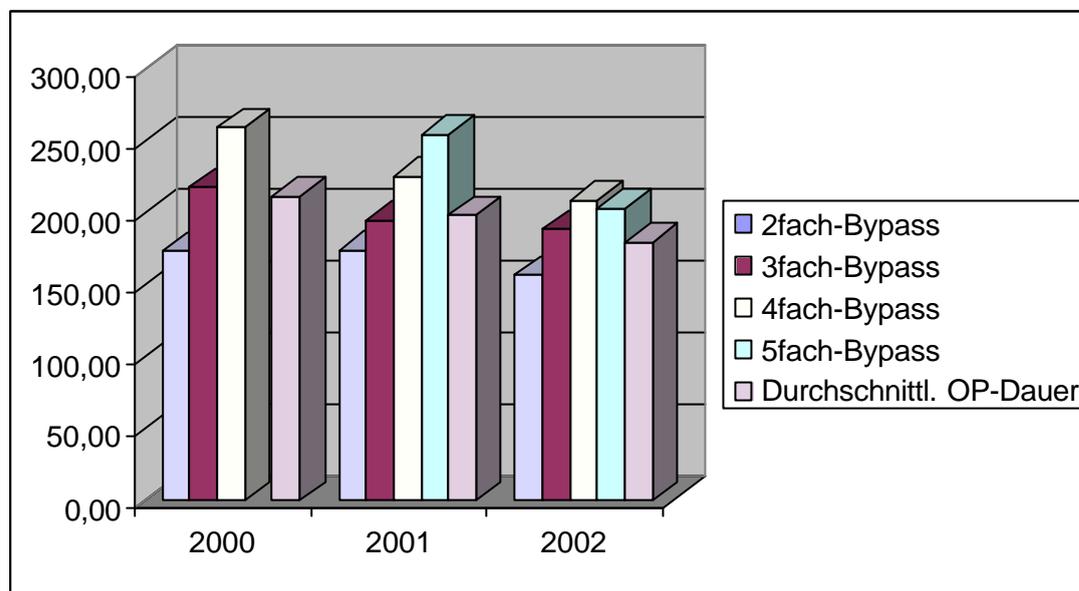


Abb.20: Operationsdauer und Anzahl der Anastomosen der komplett arteriell versorgten Patienten

In der obigen Abbildung wird deutlich, dass alleine durch die Verwendung arterieller Grafts eine Koronare 3- Gefässerkrankung revaskularisiert werden kann. Die Anlage eines 5-fach Bypasses ausschliesslich durch den Einsatz der LITA, RITA und der Radialarterien ist möglich. Die arteriellen Graftressourcen, die derzeit standardmässig in Gebrauch sind, sind ausreichend für die chirurgische Therapie der Koronaren 3- Gefässerkrankung. Der Trend zur arteriellen Bypasschirurgie zeigt in der deutschen Herzchirurgie Mitte der 90er Jahre einen ersten Anfang. Auch in unserer Abteilung wird dieser Trend sichtbar, was die vorherigen Abbildungen in Abschnitt 2 dieser Arbeit darstellen konnten.

Die Abbildung stellt auch dar, dass im Jahre 2000 kein Patient mit einem 5-fach Bypass versorgt wurde. Im Jahre 2001 taucht der 5-fach Bypass

erstmalig auf. Die arteriellen Graftressourcen reichen also für die Anlage eines 5-fach Bypasses aus. Von unseren 139 Patienten wurden nur 3 Patienten mit 5 arteriellen Bypässen versorgt. 2 im Jahre 2001 und nur ein Patient im Jahre 2002.

Zuletzt ist zu bemerken, dass die durchschnittliche Operationsdauer mit den Jahren immer kürzer wird. Dieses zeigt eine erfolgreiche Lernkurve in unserer Klinik.

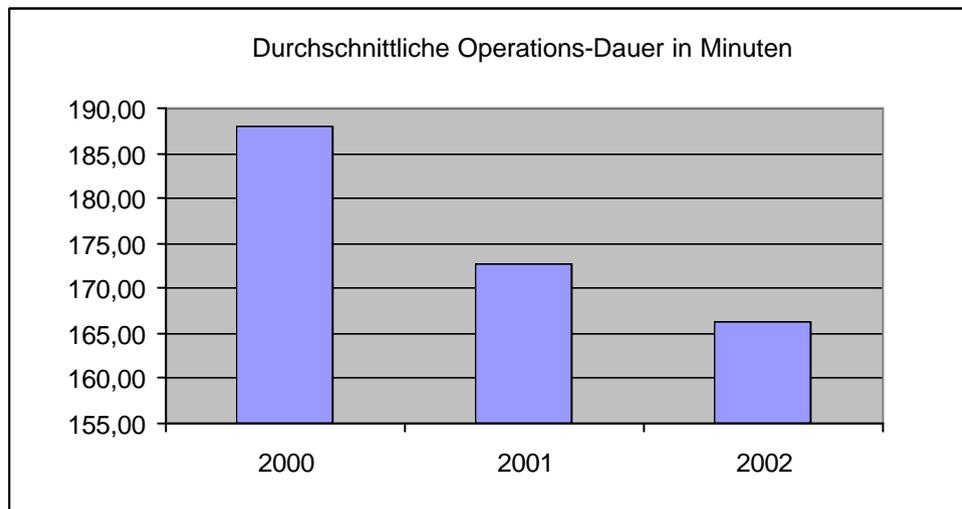


Abb.21 : Durchschnittliche Operationsdauer *aller* Koronarpatienten

Auch in der Gruppe *aller* Koronarpatienten des Untersuchungszeitraumes der Arbeit wird eine Abnahme der durchschnittlichen Operationsdauer für einen Koronareingriff sichtbar. Verglichen mit der Gruppe der komplett arteriell versorgten Patienten sind die Operationszeiten in der Gesamtgruppe kürzer. In der Lernkurve der komplett arteriellen Gruppe gleichen sie sich aber an. Die etwas längeren Operationszeiten bei komplett arteriellen Bypässeingriffen sind vor allem durch die aufwendigere Graftpräparation zu

erklären. Während der konventionelle Koronareingriff ein simultanes Präparieren der V. saphena und der A. thoracica interna zulässt, verlangt die Gewinnung der bilateralen ITA ein Präparieren in Folge.

Tabelle 3

Gegenüberstellung der durchschnittlichen Operationsdauer im Jahresvergleich

Jahr	Durchschnittliche Operationsdauer komplett arterielle vs. alle Koronareingriffe	
2000	212 min	187 min
2001	199 min	172 min
2002	180 min	166 min
Mittelwert	195 min	175 min

3.4 Bypassmaterialien / Grafts

In unserer Klinik werden für eine komplett arterielle Koronarrevaskularisation ausschliesslich die linke und oder rechte A. thoracica interna sowie die linke und oder rechte A. radialis verwendet. Auf die Gewinnung der A. gastroepiploica und A. epigastrica inferior wird verzichtet. Zwar sind die Langzeitergebnisse hinsichtlich der Graftoffenheit nach zehn Jahren mit denen A. thoracica interna zu vergleichen, ihre Präparation verlangt jedoch einen Zweihöhleneingriff. Die Erweiterung des operativen Traumas führt letztendlich nur zu einer verlängerten Rekonvaleszenz. Eine grössere Morbität und Mortalität ist zu befürchten [7;30].

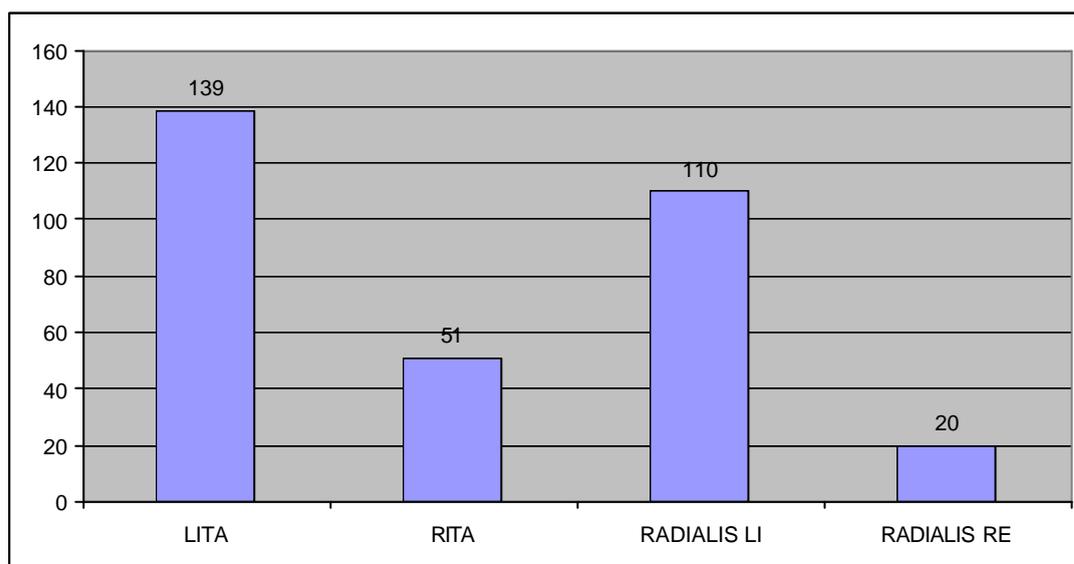


Abb.22: Arterielle Grafts

In der obigen Abbildung sind die arteriellen Grafts aufgeführt, die in unserer Abteilung zum Einsatz kommen. Alle Patienten, die in der Zeit von 2000 bis 2002 komplett arteriell revaskularisiert wurden, haben die linke A. thoracica interna als Arteriengraft erhalten. Im Abschnitt 3.7 wird zum Ausdruck kommen, dass die LITA bei 96,4% der Patienten auf die LAD anastomosiert

wurde. In der Literatur wird übereinstimmend darauf hingewiesen, dass der LITA-LAD Bypass die Lebenserwartung verlängert, das Auftreten von Angina pectoris bis hin zum Myokardinfarkt reduziert [17].

Die RITA wurde bei 51 Patienten als arterieller Graft benutzt. Der Gebrauch der bilateralen A. thoracica interna kommt nur bei 36.69 % der Patienten in Frage. Bei Patienten mit Diabetes mellitus ist die Inzidenz für sternale Wundinfektionen erhöht (3-6%). Da man auf die A. radialis als Graftalternative ausweichen kann und durch entsprechende Operationstechniken, wie sequentielle oder T graft Anastomosen ebenso viele Koronargefäße anastomosieren kann, ist der Einsatz der RITA nicht obligat. Als Bypassgefäss hat es ebenso gute Qualitäten wie die LITA. Die A. radialis dominiert zahlenmässig neben der LITA. Die linke Radialarterie kommt bei 111 Patienten (79.85%) zum Einsatz, die rechte A. radialis bei 20 Patienten. Die Wahl für die linke bzw. rechte Radialarterie hängt letztendlich vom Ergebnis des Allen-Testes ab. In 5-12% verbietet der Test die Arterienentnahme [5]. Eine erhöhte Inzidenz von Wundheilungsstörungen bei Patienten mit Diabetes mellitus sind im Zusammenhang mit der Entnahme der A. radialis in der Literatur nicht beschrieben.

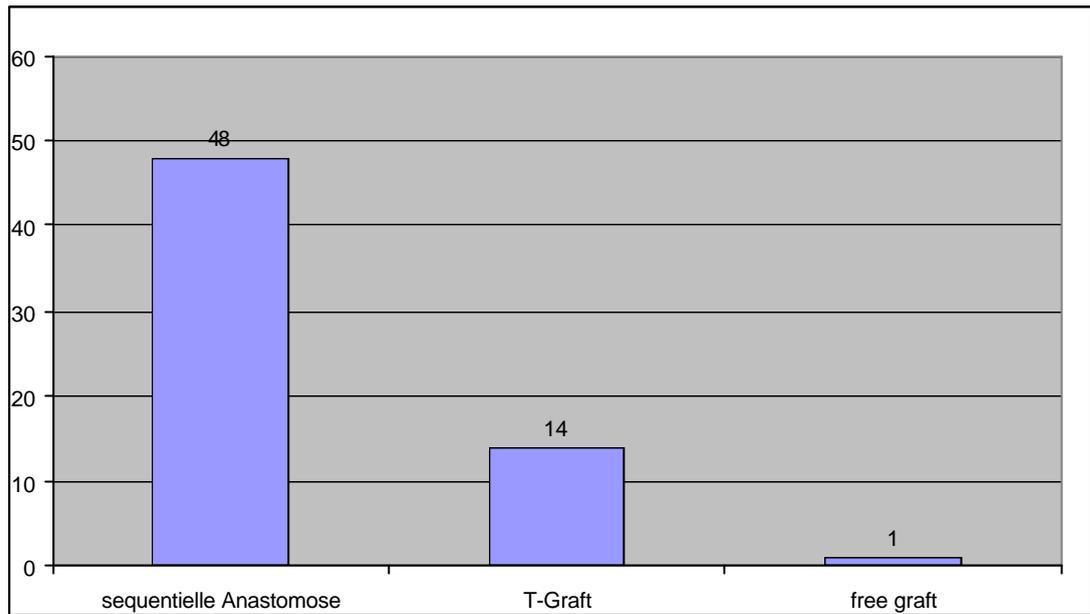


Abb. 23 : Anastomosentechnik arterieller Grafts

Dass durch sequentielle oder T-graft Anastomosen alle Koronararterien erreicht werden können, wurde bereits erwähnt. Obige Abbildung zeigt, dass dieses Procedere auch in unserer Abteilung üblich ist. Bei einem Drittel der Patienten (n=48) wurde durch die sequentielle Anastomosentechnik mit einem Graft mehr als ein Koronargefäß erreicht. Das macht auf der einen Seite ein Einsparen von Graftrecourcen möglich, andererseits wird auf eine zentrale Anastomose verzichtet. Das Ausbleiben der Aortenklammung, die für die Naht der Anastomose notwendig ist, reduziert die Gefahr für ein neurologisches Ereignis.

3.5. Zielgefässe

In der folgenden Tabelle sind die Koronargefässe aufgeführt, die schwerpunktmässig durch arterielle Grafts versorgt wurden.

In der konventionellen Koronarchirurgie ist die Versorgung der LAD durch die A. thoracica interna ein in der Literatur vielzitatierter Goldstandard. Die Versorgung des linken Koronarsystems durch den Arterienbypass und eine venöse Revaskularisierung des übrigen Systems hat sich durchgesetzt.

Das arterielle Grafts in angiographischen Nachuntersuchungen eine längere Offenheitsrate zeigen ist in zahlreichen Studien dargestellt worden. Damit werden Arterien in der Bypasschirurgie vor allem in jüngster Zeit geschätzt.

Der Erfolg der arteriellen Bypasschirurgie hängt nicht allein von der chirurgischen Technik ab, sondern auch durch die überlegte Wahl des Zielgefässes.

In unserer Untersuchungsgruppe von 139 Patienten, die sich einer komplett arteriellen Koronarchirurgie unterzogen haben, erhielten 96,4 % (n = 134) einen *LITA-Bypass* auf die LAD. Weitere Zielgefässe der LITA sind der R. diagonalis und der R. intermedius, also ausschliesslich das linke Koronarsystem.

30,2% der Patienten erhielten einen *RITA-Bypass* auf den R. marginalis. Weitere Zielgefässe der rechten A. thoracica interna sind der R. intermedius (7,2%), die LAD (2,2%) und der R. diagonalis (0,7%). Die RITA als arterielles Bypassgefäss wird in unserer Klinik exklusiv für die Versorgung des linken und posterolateralen Gefässsystems benutzt. Das rechte Koronarsystem wird ausschliesslich durch die A. radialis revaskularisiert. Die Versorgung des linken Koronarsystems durch die Radialarterie ist zahlenmässig zwar selten, aber durchaus denkbar.

Tabelle 4

Zielgefäße der arteriellen Grafts

Ziel- Gefäß	Grafts		
	LITA	RITA	RA
LAD	96,0%	2,2%	0,7%
DG	16,0%	0,7%	5,0%
IM	2,8%	7,2%	10,0%
CX	-	-	8,6%
MG	-	30,0%	48,0%
RCA	-	-	14,0%
RIVP	-	-	36,0%

4. Diskussion

Die komplett arterielle Revaskularisierung ist ein aktuelles Thema in der Koronarchirurgie.

Es herrscht Übereinstimmung, dass Arteriengrafts, wie die A. thoracica interna und die A. radialis verglichen mit venösen grafts eine deutlich längere Offenheitsrate aufzeigen. Damit liegt nahe, vor allem den jungen Koronarpatienten komplett arteriell zu versorgen. Auch in unserer Klinik hat sich dieser Standard durchgesetzt. Junge Herzpatienten - damit sind in der Regel Patienten gemeint, die jünger als 60 Jahre alt sind - werden für eine komplett arterielle Revaskularisierung geplant. Es gibt nur wenige Punkte, die eine arterielle Revaskularisierung hinsichtlich der Bypassgewinnung verbieten. In 5 - 12% der Fälle macht eine Hypoplasie der A. ulnaris und/oder A. radialis die Gefässentnahme unmöglich, eine Stenose der A. subclavia sinistra verbietet die Gewinnung der LITA, da ihr Fluss zur Koronarversorgung nicht ausreichen würde. Hier wäre die Verwendung der LITA als free graft eine Alternative [5].

Die Altersverteilung in Kapitel 2 dieser Arbeit macht deutlich, dass 42% der Patienten, die arteriell revaskularisiert worden sind, zwischen 51 und 60 Jahre alt waren. Insgesamt sind 70% der arteriell versorgten Patienten jünger als 60 Jahre alt. Die Intention, den jungen Koronarpatienten mit jenen Bypassmaterialien zu versorgen, wird damit deutlich. Schliesslich zeigt sich in der Gesamtgruppe der Koronarpatienten der Altersgipfel erst jenseits des 60. Lebensjahres.

Die Absicht, junge Patienten arteriell zu versorgen, bedeutet allerdings nicht, dass ältere Patienten grundsätzlich konventionell koronarrevaskularisiert werden sollen. Im Gegenteil, die Indikation zu diesem Eingriff kann verschiedene Gründe haben. 30% der komplett arteriell versorgten Patienten in unserer Klinik waren älter als 61 Jahre. Der älteste Patient war 80 Jahre alt. Venenstripping bei Varikosis, eine extreme Adipositas der unteren Extremität mit einem erhöhten Risiko von Wundheilungsstörungen nach

Saphenektomie bei Diabetes mellitus und/oder pAVK waren die hauptsächlichsten Gründe, auf eine Saphenektomie und damit auf einen konventionellen Koronareingriff zu verzichten. Dass es sich auszahlt, bereits bei der Operationsplanung das Risiko postoperativer Wundheilungsstörungen zu minimieren, zeigen die beinahe dreimal so langen Krankenhausverweilzeiten bei Wundinfektionen in Kapitel 3 dieser Arbeit deutlich auf.

Reddy et al. weist in einer Studie darauf hin, dass nach Entnahme der A. radialis bei Patienten mit Diabetes mellitus im Gegensatz zur Saphenektomie nicht mit einem erhöhten Auftreten von Wundinfektionen zu rechnen ist [39].

Diese Untersuchung findet auch in unserem Patientenkollektiv Bestätigung. Wundheilungsstörungen nach Entnahme der A. radialis sind extrem selten.

Damit soll zum Ausdruck gebracht werden, dass nicht nur das Fehlen venöser Grafts, sondern auch das Risikoprofil des Patienten hinsichtlich der Morbidität in die Indikation zur arteriellen Revaskularisierung einfließen muss.

Zielgruppe für eine komplett arterielle Revaskularisierung ist damit zum einen auf Grund der guten Langzeitprognose der junge Koronarpatient und zum anderen kann auch der ältere Koronarpatient davon profitieren.

Jüngste Studien zeigen, dass die komplett arterielle Revaskularisierung des älteren Patienten (>70 Jahre) dem konventionellen Bypasseingriff deutlich überlegen ist. Muneretto et al. hat in einer prospektiven randomisierten Studie ausschliesslich Patienten jenseits der 70 Jahre untersucht. In dieser Untersuchung wurden konventionell revaskularisierte Patienten mit komplett arteriell revaskularisierten Patienten verglichen. Beide Gruppen zeigten ein identisches Risikoprofil auf, der postoperative Verlauf und das Komplikationsaufkommen war in beiden Gruppen gleich, das Wiederauftreten von Angina pectoris nach 14 Monaten war in der konventionellen Gruppe mit 12% viermal so häufig wie in der komplett arteriellen Gruppe. Angiographische Nachuntersuchungen bestätigten den klinischen Befund [36]. Es bleibt zu klären, ob die Venenbeschaffenheit des älteren Patienten grundsätzlich ein Risikofaktor darstellt. Zweifelsohne wird die Gefässbeschaffenheit im Alter nicht besser.

Letzteres wirft die Frage auf, ob die komplett arterielle Revaskularisierung den konventionellen Bypasseingriff ablösen soll.

Viel zitiert und allgemein akzeptiert ist der Goldstandard, die Versorgung der LAD durch die LITA. Exzellente Offenheitsraten nach 10 Jahren bestätigen dieses in zahlreichen Veröffentlichungen und auch in unserer Klinik gehört der LITA-LAD Bypass zum Standard. Es ist bewiesen, dass der Arterienbypass auf die LAD mehr als jede andere Koronarintervention, einen äusserst günstigen Effekt auf die Langzeitprognose (Myokardinfarkt, Beschwerdefreiheit) hat [41]. Die Versorgung anderer Koronargefässe durch Venenmaterial ist aber nach wie vor ein übliches Procedere. Offenheitsraten von 95% für Arteriengrafts und 50 bis 75% für das venöse Bypassmaterial sind Anreiz genug, die arterielle Revaskularisierung zum Trend zu machen. Auch in unserer Klinik wird dieser Trend deutlich. Mit Beginn des neuen Jahrtausends scheint die komplett arterielle Revaskularisierung in unserer Abteilung ihre Geburtsstunde erlebt zu haben. Verglichen mit dem Jahr 1999, wo nur 13 Patienten eine komplett arterielle Bypassversorgung erhielten, waren es in 2000 bereits 36 mit weiter steigenden Zahlen in den darauffolgenden Jahren. Kapitel 2 dieser Arbeit stellt diesen positiven Trend graphisch dar. Für den Untersuchungszeitraum betrachtet haben wir 8% aller Koronarpatienten arteriell revaskularisiert. Wie positiv die Entwicklung hinsichtlich dieser speziellen Art der Bypassversorgung ist, zeigt das aktuelle Ergebnis für das Jahr 2003, in dem wir bereits 21% der Koronarpatienten ausschliesslich mit arteriellen Grafts versorgt haben.

Die Zahlen unserer Klinik zeigen, dass die arterielle Revaskularisierung zunehmend an Bedeutung gewinnt.

76% der untersuchten Patienten stellte sich mit einer 3-Gefässerkrankung in unserer Klinik vor. Die Abbildung in Kapitel 3 macht deutlich, dass die Anlage eines 4- und 5-fach Bypasses exklusiv mit arteriellem Graftmaterial möglich ist. Das räumt den Zweifel aus, ob die arteriellen Graftressourcen zahlenmässig ausreichen, um den Patienten komplett zu revaskularisieren.

Zwar ist die Anzahl der üblichen Arteriengrafts mit der LITA, RITA und den Radialarterien begrenzt, durch Composite-grafts und oder sequentiellen Anastomosen, ist aber selbst ein 5-fach Bypass ohne weiteres möglich.

Sequentielle Anastomosen (n= 48) und T-grafts (n=10) kommen zum Einsatz. Diese Technik erlaubt es zum einen mit wenig Graftmaterial viele Anastomosen anzulegen und damit viele Koronargefäße zu erreichen, zum anderen spart sie zentrale Anastomosen. Die Manipulation an der Aorta kann durch Verschleppung von Kalk und Plaquematerial zu schweren neurologischen Zwischenfällen führen. Erfreulicherweise kam es bei nur einem Patienten im perioperativen Geschehen zu einem Insult.

In Kapitel 3 kommt ebenfalls eine erfreuliche Lernkurve in Bezug auf die Operationsdauer zum Ausdruck. Im Durchschnitt benötigt man für den komplett arteriellen Eingriff nur 20 Minuten mehr Zeit als für die konventionelle Operation. Notfallmässige Koronareingriffe verlangen oftmals ein rasches Revaskularisieren. Hier kann die Operationszeit, insbesondere die Zeit an der extrakorporalen Zirkulation, einen nicht unerheblichen Einfluss auf das Überleben haben. Auf ein aufwendiges Präparieren arterieller Grafts für eine komplett arterielle Revaskularisierung wurde eher verzichtet. Die positive Entwicklung hinsichtlich unserer Operationszeiten kann eine komplett arterielle Gefässversorgung durchaus befürworten. Wir haben zwar nur 4% der Patienten im Notfall komplett arteriell revaskularisiert, eine Kontraindikation stellt der Notfall generell aber nicht dar.

In der Literatur und auch in der Praxis besteht Übereinkunft, dass arterielle Gefässbypässe den venösen Grafts überlegen sind. Eine modifizierte Operationstechnik der jüngsten Zeit und auch ein medikamentöses Regime zur Vermeidung von Vasospasmen, die bei Venengrafts aufgrund ihres Wandaufbaus nicht zu befürchten sind, haben letztendlich zur Renaissance der Arterie als Bypass geführt.

All das bedeutet aber nicht, dass Arteriengrafts niemals okkludieren.

Eine fehlerhafte Operationstechnik und ein schlechter Fluss auf das Koronargefäss verursacht durch kleine Gefässlumina oder distale Stenosen bedingen einen zügigen Bypassverschluss, sowohl bei venösen als auch bei arteriellen Grafts. Anders als der Venengraft zeichnen sich Arterien durch einen vermehrten Konkurrenzfluss aus. Daher ist das *Zielgefäss ein* aktuelles Thema in Diskussionsrunden.

Die Arbeitsgruppe um Gansera et al. weist eindrücklich darauf hin, dass eine Bypassversorgung des rechten Koronarsystems durch die RITA zu vermeiden ist. In angiographischen Nachuntersuchungen schneidet der RITA-RCA Bypass mit einer Okklusionsrate von 14% schlecht ab. Die Ergebnisse sind mit der venösen Versorgung der RCA zu vergleichen. Der bereits erwähnte Goldstandard LITA-LAD, aber auch RITA-LAD wird in dieser Studie erneut mit Offenheitsraten von 93% nach 3 Jahren bestätigt [18].

In unserem Patientenkollektiv wird deutlich, dass die Versorgung der RCA durch die RITA bei keinem Patienten durchgeführt wurde. Der bereits erwähnte LITA-LAD Standard wird in der Darstellung in Kapitel 3 sichtbar. Deutlich wird auch, dass LITA und RITA bevorzugt für die Versorgung des linken Koronarsystems verwendet wird, während die Radialarterie das rechte System anzielt. Die Anastomosierung des linken Systems ist zahlenmässig untergeordnet, verbietet sich aber nicht.

Unsere Auflistung der Zielgefässe deckt sich mit den Empfehlungen der Studie Ganseras.

Zum einem ist es unbedingt erforderlich, ein sinnvolles Zielgefäss bei der arteriellen Revaskularisierung festzulegen, zum anderen ist die Beschaffenheit von Graft und Koronargefäss in die Überlegung miteinzubeziehen. Eine grosslumige Radialarterie kann ohne weiteres auf die Aorta anastomosiert werden, eine sehr zarte ITA sollte eher nicht für sequentielle Anastomosen zum Einsatz kommen. Auch die Anastomose auf stark stenosierte Koronarien kann bei zarten Bypassgefässen Probleme machen, wenn es zum Konkurrenzfluss kommt. In unserer Untersuchungsgruppe hat sich dieses Problem bestätigt. Zwar wurden die 139 komplett arteriell

versorgten Patienten nicht kollektiv nachangiographiert, doch bei 3 Patienten wurde im Zuge einer elektiven Koronarangiographie der Bypassverschluss auf ein im Vorfeld stark verkalktes Koronargefäß beobachtet. Intraoperativ wurde der Koronarsitus bei positiver Infarktanamnese des Areals als auffällig verkalkt beschrieben. Funktionell blieben alle 3 Patienten beschwerdefrei. Zu einer Infarzierung ist es nicht gekommen. Bleibt zu diskutieren, ob man bei entsprechender Morphologie in Anlehnung an die Studie von Gansera et al. in solchen Fällen auf die komplett arterielle Graftversorgung verzichten sollte, um Graftressourcen zu sparen.

Auch im Hinblick auf einen möglichen koronaren Zweiteingriff, den vor allem junge Patienten im Laufe ihres Lebens zu erwarten haben, ist es sinnvoll überlegt mit den Koronarreserven zu haushalten. Die eingangs zitierte Untersuchung von Muneretto et al. zeigt auf, dass vor allem der ältere Patient aufgrund der Venenqualität eher von einer arteriellen Revascularisierung profitiert [36]. In jungen Jahren bereits sämtliche Arteriengrafts aufzubreuchen, kann im Alter von Nachteil sein, denn auch der alte Patient profitiert von einer komplett arteriellen Revaskularisierung. Eine Reoperation am offenen Herzen ist ohnehin aufwendiger als der koronare Ersteingriff. Die Darstellung des Koronarsitus ist aufgrund von Gewebeverwachsungen mühsam. Besonders wenn Bypassgefäße die Mittellinie kreuzen, was bei RITA-Bypässen auf die Vorderwand des Herzens der Fall ist, bedeutet das für den Operateur ein aufwendiges Präparieren. Wenn derartige Bypässe zum Zeitpunkt einer Reoperation noch funktionstüchtig sind und bei solchen Manövern verletzt werden, kann das für den Patienten erhebliche Folgen haben.

5. Zusammenfassung

Die komplett arterielle Bypassversorgung ist ein positiver Trend in der heutigen Koronarchirurgie, der sich auch in unserer Klinik niederschlägt.

Zahlreiche Studien geben Grund zur Annahme, dass Arteriengrafts den venösen Bypässen überlegen sind, weshalb sich arterielle Grafts einer zunehmenden Beliebtheit erfreuen.

Den jungen Patienten als exklusive Zielgruppe für die arterielle Bypassoperation zu betrachten und den älteren Patienten nur bei nicht vorhandenen Venenmaterial einer arteriellen Revaskularisierung zuzuführen sollte diskutiert werden. Die Zielgruppe für diesen Eingriff sollte exakt definiert sein und es sollte in die Zukunft des Patienten blickend geplant werden.

Die Lernkurve hinsichtlich der Operationszeiten erlauben den im Vergleich zur konventionellen ACVB-Operation etwas aufwendigeren Eingriff durchaus auch in Notfallsituationen. Die Graftressourcen und die möglichen Anastomosentechniken erlauben bei 3-Gefässerkrankung sogar die Anlage eines 5-fach Bypasses. Kontraindikationen für die arterielle Graftentnahme sind selten. Mit einer erhöhten Morbidität auch bei Risikopatienten ist nicht zu rechnen.

Das Zielgefäß für den arteriellen Graft ist von entscheidender Bedeutung für die Langzeitprognose. Der Goldstandard - der LITA-LAD Bypass- steht ausser Diskussion und ist allgemein angenommen. Die RITA ist für eine LAD Anastomose aber ebenso geeignet, während RITA Anastomosen auf das rechte System vermieden werden sollten.

Zusammenfassend kann man sagen, dass ein breites Patientengut mit wenigen Einschränkungen für diesen Eingriff in Frage kommt und auch in Betracht gezogen werden sollte.

In einer zusammenfassenden Arbeit von Lytle et al. wird zitiert, dass der LITA-LAD Bypass unschlagbar ist [30]. Wenn eine Arterie gut ist, warum dann nicht auch zwei oder drei. Andere Vertreter der komplett arteriellen Revaskularisierung beschreiben die arteriellen Grafts sogar als die besseren

Koronarien. In der Literatur herrscht Konsens über den Benefit der arteriellen Bypassversorgung. In unserer Klinik hat die komplett arterielle Revascularisierung mit dem neuen Millennium stark an Stellenwert gewonnen. Folgt man den Literaturempfehlungen so ist es zu erwarten, dass die komplett arterielle Bypassversorgung den konventionellen Koronareingriff ablösen könnte.

6. Literaturverzeichnis

- [1] Acar, C., Jebara, V.A., Portoghese, M. (1992). Revival of the radial artery for coronary artery bypass grafting. *Ann Thorac Surg*. **54**, 652-659
- [2] Antonucci, D., Valenti, R., Santoro, G.M. (1998). Restenosis after coronary stenting in current clinical practice. *Am Heart J*. **135**, 510-518
- [3] Ascione, R., Reeves, B.C., Chamberlain, M.H., Ghosh, A.K., Lim, K.H. and Angelini, G.D. (2002). Predictors of stroke in the modern era of coronary artery bypass grafting: a case control study. *Ann Thorac Surg*. **74** (2), 474-480
- [4] Assmann, G., Cullen, P., Schulte, H. (2002). Simple scoring scheme for calculating the risk of the acute coronary events based on the 10-year follow-up of the prospective cardiovascular Munster (PROCAM) study. *Circulation* **105**, 310-315
- [5] Barner, H.B. (2002). Why total arterial revascularisation? *Int J Angiol*. **11**, 129
- [6] Blauth, C.I., Cosgrove, D.M., Webb, B.W., Ratliff, N.B., Boylan, M., Piedmonte, M.R. (1992) Atheroembolism from the ascending aorta. An emerging problem in cardiac surgery. *J Thorac Cardiovasc Surg*. **103**(6), 1104-1111
- [7] Buche, M. (1992). Use of the inferior epigastric artery for coronary bypass. *Thorac Cardiovasc Surg*. **103**, 665
- [8] Buxton, B.F., Chan, A.T., Dixit, A.S. (1998). Ulnar artery as coronary bypass graft. *Ann Thorac Surg*. **65**, 1020-1024
- [9] Cable, D.G., Mullany, C.J., Schaff, H.V. (1999) The Allen test. *Ann Thorac Surg*. **67**, 876-877
- [10] Carpentier, A., Guernonprez, J.L. (1973). The aorto-coronary radial artery bypass. A technique avoiding pathological changes in graft. *Ann Thorac Surg*. **16**, 111-121
- [11] Carrel, A. (1910). On the experimental surgery of the thoracic aorta and heart. *Ann Surg*. **52**, 83
- [12] Chertow, G.M., Lazarus, J.M., Christiansen, C.L., Cook, E.F., Hammermeister, K.E. (1997). Preoperative renal risk stratification. *Circulation* **95** (4), 878-884

- [13] Classen, M., Diehl, V., Kochsiek, K. (1991). Innere Medizin. Urban & Schwarzenberg Verlag München
- [14] Dietz, R. (2003). Leitlinie zur Diagnose und Behandlung der chronisch koronaren Herzerkrankung der Deutschen Gesellschaft für Prävention und Rehabilitation von Herz-Kreislaufkrankungen (DGPR) und der Deutschen Gesellschaft für Thorax-, Herz- und Gefäßchirurgie. *Z Kardiol.* **92**, 501-521
- [15] Eberli, FR., Meier, B. (1998). Restenosis after angioplasty: an Achilles' heel well covered – up. *Europ Heart J.* **19**, 976-977
- [16] Fisk, R.L., Brooks, C.H., Callaghan, J.C. et al (1976). Experience with the radial artery graft for coronary artery bypass. *Ann Thorac Surg.* **21**, 513-518
- [17] Fitzgibbon, G.M., Kafka, H.B. (1996). Coronary bypass graft fate and patient outcome: angiographic follow-up—a follow up of 5,065 grafts related to survival and reoperation in 1,388 patient during 25 years. *J Am Coll Cardiol.* **28**, 616
- [18] Gansera, B. (2003). Internal Thoracic Artery vs Vein Graft Postoperative Angiographic Findings in Symptomatic Patients after 1000 days. *Thorac Cardiovasc Surg.* **51** (5), 239-243
- [19] Grondin, C.M., Campeau, L., Lesperance, J. (1984). Comparison of late changes in internal mammary artery and saphenous vein grafts in the consecutive series of patients 10 years after operation. *Circulation.* **70**, 208-212
- [20] Harlan, J.B., Starr, A., Harwin, F.M. (1995). Manual of cardiac Surgery. Springer Verlag New York
- [21] Heikki, V., Riekkinen, P., Karkola, K.O. (2003). The radial artery is larger than the ulnar. *Ann Thorac Surg.* **75**, 882-884
- [22] Herold, G. und Mitarbeiter (1998). Innere Medizin
- [23] Hombach, V. (2000). Interventionelle Kardiologie, Angiologie und Kardiovaskularchirurgie. Schattauer Verlag Stuttgart
- [24] Isselbacher, K.J., Braunwald, E., Wilson, J.D. (1994) Harrison's Principles of internal medicine. Mc Graw-Hill, Inc.
- [25] Jegaden, O., Eker, A. (1995). Risk and Result of Bypass Grafting Using Bilateral Internal Mammary and Right gastroepiploic arteries. *Ann Thorac Surg.* **59**, 955-960

- [26] Kolesov ,V.I. (1967). Mammary artery coronary artery anastomosis as method of treatment for angina pectoris. J Thorac Cardiovasc Surg. **54**, 535-544
- [27] Larsen, R. (1999). Anästhesie und Intensivmedizin Herz-, Thorax- und Gefässchirurgie. Springer Verlag Berlin
- [28] Laczkovics, A., Falsafi, M.A., Love, CS. (2002). A stent - mounted autologous pericardial coronary artery bypass graft. Ramus medical Technologies, Santa Barbara, California, USA Vascular biology of the Rapidgraft Arterial Vessel Substitute Anatomic & immunohistopathologic evidence of graft healing of an autologous pericardial conduit. Heart Surg Forum. **6**,6
- [29] Lindsay, C.H.J., Chan, C.L.H. (1995). Potential use of the intercostal artery as in situ graft:A cadaveric Study. Ann Thorac Surg. **59**,190-194
- [30] Lytle, B.W., Cosgrove, D.M. (1989).Coronary artery bypass with the right gastroepiploic artery. Thorac Cardiovasc Surg. **97**,826
- [31] Magovern, JA., Hunter, TJ. et al (2001). Clinical results with the left axillary to left anterior descending coronary artery bypass. Ann Thorac Surg. **71**, 561-564
- [32] Mannebach, H. (1988). Hundert Jahre Herzgeschichte Entwicklung der Kardiologie 1887– 987. Springer Verlag Berlin
- [33] Marx, R., Jax, T.W., Kelm, M. (2001). Vineberg graft : flow reserve of bilateral implantation after 27 years. Ann Thorac Surg.**71**,341-343
- [34] Mohr, R., Moshkovitch, Y., Shapira, I., Amir, G., Hod, H. and Gurevitch, J. (1999).Coronary artery bypass without cardiopulmonary bypass for patient with acute myocardial infarction.J Thorac Cardiovasc Surg. **188**(1), 50-56
- [35] Mueller, D.K., Blakeman, B.P., Pickleman, J. (1993). Free splenicartery used in aortocoronary bypass. Ann Thorac Surg. **55**, 162-163
- [36] Muneretto, C. (2003). Surgery for Coronary Artery Disease Total Arterial Myocardial Revascularization with composite Grafts improves results of coronary surgery in elderly: A prospective randomized comparison with conventional coronary artery bypass surgery.Circulation **108**, 29
- [37] Mutschler E. (1991). Arzneimittelwirkung. Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft mbH Stuttgart

- [38] Ng, C.S., Wan, S., Yim, A.P. and Arifi, A.A. (2002). Pulmonary dysfunction after cardiac surgery. *Chest* **121** (4), 1269-1277
- [39] Reddy, V.S. (2002). Morbidity after procurement of radial arteries in diabetic patients and elderly undergoing coronary revascularisation. *Ann Thorac Surg* **73**,803
- [40] Roger, J., Baskett, F.(1999). Is mediastinitis a preventable complication? A 10-year review. *Ann Thorac Surg*.**67**, 462-465
- [41] Schmid, C., Held, H.H. (2003). Arterial Revascularization - Advantages and Pitfalls. *Thorac Cardiovasc Surg*. **51**: 235-238
- [42] Schmid, C.(2002). Leitfaden- Erwachsenenherzchirurgie Steinkopff Verlag Darmstadt
- [43] Silber, S. (1999). Intrakoronare Brachytherapie nach PTCA: Aktueller klinischer Stand. *Dtsch.med.Wschr.* **124**, 1491-1495
- [44] Son, J.A., Smedts, F., Vincent, J.G. (1990). Comparative anatomic studies of various arterial conduits for myocardial revascularisation. *J Thorac Surg*. **99**, 703-707
- [45] Tatsumi, T.O., Tanaka, Y., Kondoh, K. (1996). Descending branch of lateral femoral circumflex artery as a free graft for myocardial revascularization: A case report. *J Thorac Cardiovasc Surg*. **112**, 546-547
- [46] Vlassov, G .P., Deyneka, C.S., Travine, N.O., Timerbaev, V.H. and Ermolov, A.S. (2001). Acute myocardial infarction: OPCAB is an alternative approach for treatment. *Heart Surg Forum*. **4** (2), 147-150
- [47] Westaby, S. (1997). Landmarks in cardiac surgery Oxford. UK:Isis Medical Media Ltd.

7. Verzeichnis der Abbildungen

- Abb. 1 Darstellung arterieller Bypässe
- Abb. 2 Komplett arterielle Bypassoperationen 2000 bis 2002 mit Geschlechterverhältnis
- Abb. 3 Altersverteilung *aller* Koronarpatienten 2000 -2002
- Abb. 4 Altersverteilung der *komplett arteriell* Bypass versorgten Patienten für den Zeitraum 2000 bis 2002
- Abb. 5 Gegenüberstellung der Altersverteilung der konventionell und komplett arteriell revaskularisiertem Patientenruppe von 2000 bis 2002
- Abb. 6 BMI der komplett arteriell revaskularisierten Patienten von 2000 bis 2002
- Abb. 7 Koronarstatus der komplett arteriell versorgten Patienten von 2000 bis 2002
- Abb. 8 Kardiovaskuläres Risikoprofil der komplett arteriell versorgten Patienten
- Abb. 9 Kardiovaskuläres Risikoprofil der komplett arteriell versorgten in Prozent
- Abb. 10 Vaskuläres Risikoprofil der komplett arteriell versorgten Patienten
- Abb. 11 Vaskuläres Risikoprofil der komplett arteriell revaskularisierten Patienten in Prozent
- Abb. 12 Nebenerkrankungen der komplett arteriell versorgten Patienten

- Abb. 13 Nebenerkrankungen der komplett arteriell versorgten Patienten in Prozent
- Abb. 14 Klinischer Schweregrad der komplett arteriell operierten Patienten nach der NYHA-Klassifikation
- Abb. 15 Ventrikelfunktion der komplett arteriell versorgten Patienten
- Abb. 16 Indikationsstellung zur komplett arteriellen Bypassoperation
- Abb. 17 Komplett arterielle Bypassversorgung mit und ohne HLM
- Abb. 18 Komplett arterielle Revaskularisation mit / ohne HLM
- Abb. 19 Postoperative Komplikationen nach komplett arterieller Bypassoperation
- Abb. 20 Operationsdauer und Anzahl der Anastomosen der komplett arteriell versorgten Patienten
- Abb. 21 Durchschnittliche Operationsdauer *aller* Koronarpatienten
- Abb. 22 Arterielle Grafts
- Abb. 23 Anastomosentechnik arterieller Grafts

8. Verzeichnis der Tabellen

Tabelle 1 Koronarstenosegraduierung modifiziert nach AHA/ACC

Tabelle 2 Einteilung des Schweregrades der Angina nach CCS
(Canadian Cardiovascular Society)

Tabelle 3 Gegenüberstellung der durchschnittlichen
Operationsdauer im Jahresvergleich

Tabelle 4 Zielgefäße der arteriellen Grafts

9. Lebenslauf

Name	Hoffmann
Vorname	Jutta Marianne
Geburtsdatum	10.06.1970
Geburtsort	Recklinghausen
Staatsangehörigkeit	deutsch
Konfession	evangelisch
Familienstand	ledig
Wohnort	Lohweg 24 45665 Recklinghausen Tel.: 02361 - 491719
Ausbildung	
1976 - 1980	Besuch der Grundschule an der Esseler Strasse, Recklinghausen
1980 - 1989	Besuch des Städtischen Gymnasiums in Oer-Erkenschwick
Mai 1989	Erlangung der Allgemeinen Hochschulreife
Oktober 1989	Aufnahme des Studiums für Humanmedizin an der Universität Essen
März 1995	Ärztliche Vorprüfung
September 1996	Erster Abschnitt der Ärztlichen Prüfung
September 1998	Zweiter Abschnitt der Ärztlichen Prüfung

Oktober 1998 bis Oktober 1999	Praktisches Jahr am Universitätsklinikum Essen in den Abteilungen für Innere Medizin, Chirurgie und Anästhesie
November 1999	Dritter Abschnitt der Ärztlichen Prüfung
Januar 2000 bis August 2000	Ärztin im Praktikum in der Abteilung für Thorax- Herz- und Gefäßchirurgie der Städtischen Kliniken in Dortmund Prof. Dr. med. M. Polonius
September 2000 bis Juni 2001	Ärztin im Praktikum in der Klinik für Herz- und Thoraxchirurgie, Berufsgenossenschaftliche Kliniken Bergmannsheil Bochum, Universitätsklinik Direktor Prof. Dr. med. A. Laczkovics
seit Juli 2001	Assistenzärztin in der Klinik für Herz- und Thoraxchirurgie, Berufsgenossenschaftliche Kliniken Bergmannsheil Bochum, Universitätsklinik Direktor Prof. Dr. med. A. Laczkovics