

**Aus der Herzchirurgischen Klinik und Poliklinik der
Ludwig-Maximilians-Universität München
Direktor: Prof. Dr. med. C. Hagl**

**Mittel- und langfristige Ergebnisse der chirurgischen
Myokardrevaskularisation ohne Herz-Lungen-Maschine bei koronarer
Eingefäßerkrankung:
minimal-invasive Bypasschirurgie via limitierter anterolateraler
Thorakotomie (MIDCAB)
versus
minimal-invasive Bypasschirurgie via mediane Sternotomie (OPCAB)**

**Dissertation
zum Erwerb des Doktorgrades der Medizin
an der Medizinischen Fakultät der
Ludwig-Maximilians-Universität zu München**

**vorgelegt von
Che Lim**

aus Jakarta, Indonesien

2012

**Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München**

Berichterstatter:	Prof. Dr. med. C. Vicol
Mitberichterstatter:	Prof. Dr. B. Kemkes Prof. Dr. C. Kupatt
Mitbetreuung durch den promovierten Mitarbeiter:	PD Dr. med. R. Bombien
Dekan:	Prof. Dr. Dr. h.c. M. Reiser, FACR FRCR
Tag der mündlichen Prüfung:	01. März 2012

*For
my wonderful Mother*

Inhaltverzeichnis

	Seite
1. Einleitung	6
2. Fragestellung und Arbeitshypothese	14
3. Patienten und Methoden	15
3.1. Datensatzerhebung	15
3.2. Patienten	15
3.2.1. Indikation	15
3.2.2. Auswahlverfahren	16
3.2.3. Ausschlusskriterien	16
3.2.4. Studienprotokoll	17
3.2.4.1. Präoperative Information	17
3.2.4.2. Intra- und postoperative Informationen	17
3.2.5. Statistische Analyse	18
3.3. Methoden	18
3.3.1. Operationsmethode in MIDCAB-Technik	18
3.3.1.1. Anästhesieverfahren	18
3.3.1.2. Operationsverfahren	19
3.3.2. Operationsmethode in OPCAB-Technik	23
3.3.2.1. Anästhesieverfahren	23
3.3.2.2. Operationsverfahren	24
3.4. Intra- und postoperatives Management	31
3.5. Follow-up	31
4. Ergebnisse	32
4.1. Präoperative Daten	32

4.2. Intra- und postoperative Daten	34
4.3. Mittelfristige Verlaufbeobachtung (Follow Up)	38
4.4. Langfristige Verlaufbeobachtung (Follow Up)	39
5. Diskussion	41
6. Zusammenfassung	55
7. Literaturverzeichnis	58
8. Anhang	72
8.1. Glossar	72
8.2. Tabellensverzeichnis	74
8.3. Abbildungsverzeichnis	75
9. Danksagung	76

1. Einleitung

Die Herz-Kreislauf Erkrankungen in der heutigen Zeit

In Industrienationen gelten die Herz-Kreislauf Erkrankungen in der heutigen Zeit als die häufigste Todesursache (Bethesda, Europa in Zahlen Wikipedia). Darunter ist die Koronare Herzerkrankung (KHK) die Manifestationen, welche bereits seit Jahren die Todesstatistik anführt. Allein in Deutschland wurden im Jahr 2008 insgesamt mehr als 15% Prozent aller registrierten Todesfälle durch chronische KHK und Herzinfarkt verursacht (Statistisches Bundesamt). Die Inzidenz der KHK beträgt etwa 0,6% über alle Altersklassen hinweg mit Zunahme in den höheren Altersklassen.

Vielfalt an alternativen Verfahren

Die aortokoronare Bypass-Operation als chirurgisches Therapieverfahren der KHK gehört mit 96129 Eingriffen jährlich zu den in Deutschland am häufigsten durchgeführten Operationen (Gummert et al. 2010). Über die letzten Jahrzehnte wurde die Operationstechnik standardisiert und weiterentwickelt. Weltweit wird größtenteils dasselbe Operationsverfahren mit nur geringen Variationen eingesetzt (Mack, Duhaylongsod 2002).

Historischer Rückblick der aortokoronaren Bypasschirurgie

Im Jahr 1960 wurde die erste erfolgreiche koronare Bypassoperation durch Robert H. Goetz, einem deutschen Chirurgen im Bronx Municipal Hospital Center, USA durchgeführt (Konstantinov, Goetz 2000). Das war der erste herzchirurgische Einsatz einer nichtgenähten, sogenannten „Non-suture“ Gefäßanastomosierung von

LIMA (linke Arteria mammaria interna) zu RIVA (Ramus interventrikularis anterior) am schlagenden Herzen angelehnt an Payrs Ringtechnik. Payr beschrieb im Jahr 1900 die Anastomosierungstechnik zweier Blutgefäße mittels eines extraluminalen Magnesiumringes, wobei das proximale Ende des Gefäßes durch den Ring gezogen und über die Ringkanten evertiert wird. Das distale Gefäßende wird dilatiert, über den Ring gestülpt und mittels Ligatur fixiert. Kolesov vom Pavlov Institut in Leningrad führte im Jahr 1964 die erste erfolgreiche koronare Bypassoperation mittels konventioneller Anastomosentechnik („Suture“-Technik) am schlagenden Herzen durch. Diese Technik war angelehnt an die im Jahre 1902 von dem französischen Chirurgen, Alexis Carrel etablierten Nahttechnik. Favaloro und Effler unternahmen erfolgreich im Jahr 1967 an der Cleveland Klinik die erste aortokoronare Venenbypassoperation.

Geschichte der minimal-invasiven Bypasschirurgie

Bereits zu Anfang der Fünfziger Jahre versuchten verschiedene Chirurgen wie Murray 1954 (Murray et al. 1954) und Absolon 1956 (Absolon et al. 1956) Operationen am schlagenden Herzen vorzunehmen.

Im Jahr 1967 berichtete Kolessov vom Pavlov Institut über sechs Patienten, die über eine linksanteriore Thorakotomie am schlagenden Herzen eine einfache koronare Bypassoperation mit der LIMA auf den RIVA bekamen (Kolesov et al. 1967). Diese neue Technik wurde zunächst wenig beachtet. Erst im 1988 gewann diese von Kolessov „minimal-invasiven“ über eine linksanteriore Thorakotomie ausgeführten Operationen weltweit Interesse.

Erneut bekannt wurde diese Technik durch Benetti im Jahre 1994. Über den selben chirurgischen Zugang legte er zunächst die LIMA videoassistent

frei um sie dann am schlagenden Herzen als Bypass mit dem RIVA zu anastomosieren (Benetti et al. 1995).

Die Routine der Anwendung der Herz-Lungen-Maschine

Die HLM wurde von Gibbon im Jahre 1953 entwickelt und das erste Mal erfolgreich am Menschen eingesetzt. Ihren Weg in den klinischen Alltag fand sie erst im Jahre 1955 (Miller, Gibbon 1953; Hahn, Sieburg). Die HLM war Ende der siebziger Jahre zur Routine geworden. Ein entlastetes und stillstehendes Herz ermöglichte eine gute Qualität der Bypassanastomose und führten dazu, dass die Operationsmethode am schlagenden Herzen an Bedeutung verlor. Seit mehr als drei Jahrzehnten sind die koronare Bypassoperation und ihre breite Anwendung eng mit dem Einsatz der HLM verbunden. Die rasante Entwicklung in der Technologie des extrakorporalen Kreislaufsystems sind dabei eng verknüpft mit der Erfolgsgeschichte der konventionellen aortokoronaren Bypassoperation und einer Senkung der perioperativen Mortalität auf heute unter 3% (Rastan AJ et al. 2006).

Die Überlegung von HLM abzukommen und nach Alternativen zu suchen

Trotz der verbesserten HLM-Komponenten und der verfeinerten chirurgischen Techniken bleibt die Bypassoperation mit HLM mit einer Vielzahl potentieller Risiken an nahezu allen Organsystemen (Störungen der Nieren (Ascione et al. 1999) - und Lungenfunktion (Asimakopoulos et al. 1999) behaftet und trägt durch die Verwendung der HLM, der transversalen Abklemmung der Aorta, die dadurch möglich hervorgerufenen Kalkembolien und Dissektionen (Hartmann 1996) und des kardioplegisch induzierten Herzstillstands potentiell zur perioperativen Morbidität und Mortalität bei. Der Kontakt des Blutes mit einer künstlichen Oberfläche kann eine systemische Entzündungsreaktion, Gerinnungsaktivierung und

Komplementsystemkaskaden auslösen. Vasoaktive Substanzen werden freigesetzt, und zugleich können diese vermehrte Kapillarpermeabilität hervorrufen und zu Ödemen führen (Hazelrigg et al. 1999). Die diskreten neurologischen Inzidenzen wie Schlaganfall, fokale neurologische Ausfälle, verzögertes Erwachen nach der Operation oder Verwirrtheit beträgt dabei in den ersten fünf bis zehn Tagen nach einer herzchirurgischen Operation, unter Zuhilfenahme der extrakorporalen Zirkulation, etwa fünfzig Prozent (Larsen 1999, Strenge 1990).

Die oben genannten Aspekte und die Überlegung, die Patienten vor den möglichen Nachteilen des extrakorporalen Kreislaufs zu schützen, haben in den letzten Jahren zu einem verstärkten Interesse an neuere, weniger invasive Operationsverfahren geführt. Diese Bemühungen hatten zum Ziel, auf die Verwendung der HLM während der Operation zu verzichten, d.h. Operationen am schlagenden Herzen auszuführen. Der Verzicht auf die HLM und der daraus folgenden Reduzierung derer Komplikationen, hat bei der Operation am schlagenden Herzen theoretische Vorteile gegenüber der konventionellen Technik mit HLM.

Die Definition der „minimal-invasiven“-Techniken

Erst gegen Ende der neunziger Jahre hat sich im Bereich der minimal-invasiven Bypasschirurgie eine einheitliche Nomenklatur etabliert (Tab.1). Jeder Bypasseingriff, der mit der geringeren Invasivität vom Standardvorgehen nach Favaloro, argentinischer Herzchirurg, Begründer der konventionellen aortokoronaren Bypassoperation (Favaloro et al. 1969) abweicht, wird als minimal-invasiv bezeichnet.

Somit kann jede herzchirurgische Methode als minimal-invasiv bezeichnet werden, die auf den kardioplegischen Herzstillstand oder auf die extrakorporale Zirkulation

verzichtet. Dasselbe gilt für jede Form des kleinen operativen Zugangsweges, der die mediane Sternotomie vermeidet, beispielsweise mittels anterolateraler Thorakotomie (Mack et al. 1999, Mohr et al. 2002).

OPCAB	off-pump coronary artery bypass= Bypassoperation am schlagenden Herzen ohne HLM bei medianer Sternotomie
MIDCAB	minimally invasive direct coronary artery bypass= Bypassoperation am schlagenden Herzen ohne HLM bei anterolateraler Thorakotomie, meist nur LIMA-RIVA Bypass
TECAB	totally endoscopic coronary artery bypass= Bypassoperation unter Verwendung eines Telemanipulators oder endoskopischer Instrumente bei Minithorakotomie
PACAB	port-access coronary artery bypass= Bypassoperation mit über Leistenkanülierung angeschlossener extrakorporaler Zirkulation

Tabelle 1. Nomenklatur verschiedener Verfahren der minimal-invasiven Koronarchirurgie (modifiziert nach Mohr 2002)

Die Etablierung der Off-pump-Techniken

Mitte der neunziger Jahre etablierte sich die Off-Pump Koronarrevaskularisation, die heutzutage in den USA bereits jede fünfte aorto-koronare Bypassoperation ohne Herz-Lungen-Maschine durchgeführt werden. (Mack et al. 2004, Magee et al. 2003, Racz et al. 2004, Shroyer et al. 2009), In einzelnen Zentren sogar bis zu 40% erreicht.

In Deutschland machen Off-pump-Prozeduren derzeit 13,1% aller isolierten koronarchirurgischen Eingriffe aus, mit einem Zuwachs über die letzten Jahre (Gummert et al. 2010).

Das „off-pump“-Verfahren über unterschiedliche chirurgische Zugängen

Innerhalb der Off-Pump-Verfahren wird zwischen dem MIDCAB-Verfahren über eine links anterolaterale Minithorakotomie („minimally invasive direct coronary artery bypass“) zur Revaskularisation des Ramus interventricularis anterior und dem OPCAB-Verfahren über eine konventionelle mediane Sternotomie („off-pump coronary artery bypass“) meist zur Mehrgefäßrevaskularisation unterschieden.

Die erste MIDCAB-Operation

Der erste Bericht über eine einfache koronare Bypassoperation mit der LIMA auf den RIVA über eine anterolaterale Thorakotomie (MIDCAB) wurde von Calafiore im Jahr 1998 veröffentlicht. Damals wurde an 271 Patienten nach einem MIDCAB-Verfahren ein mittelfristiges Follow-up durchgeführt. Dies zeigte eine Bypassoffenheitsrate von 93,7%.

Das MIDCAB-Verfahren stellt eine anerkannte chirurgische Option bei Patienten mit isolierter Erkrankung des RIVA und seiner Äste dar. Alternativ kann diese Prozedur auch robotergestützt als totalendoskopischer Eingriff (TECAB) vorgenommen werden.

Die Möglichkeit mit MIDCAB-Verfahren

Wenn das operative Risiko einer konventionellen Bypassoperation zu hoch oder zusätzliche stenosierte Gefäße technisch nicht anschlussfähig erscheinen, stellt das MIDCAB-Verfahren eine chirurgische Alternative dar. Hier kann die MIDCAB-Operation dann unter Umständen im Sinne eines Hybridkonzepts zeitnah mit einer Koronarintervention an der rechten Koronararterie oder der Arteria circumflexa kombiniert werden.

Erwähnenswerter Vorteil beim MIDCAB-Verfahren

Der Verzicht auf die mediane Sternotomie gilt als ein Vorteil bei diesem Verfahren. Dadurch soll ein geringeres operatives Trauma angestrebt werden (Subramanian et al. 1998, Connolly et al. 2000, Mack MJ 1998). Ausserdem zeigt das MIDCAB-Verfahren bei multimorbiden Patienten eine geringere Mortalität und Morbidität.

Die erste OPCAB-Operation

Erste nicht kontrollierte Studien berichteten zunächst über gute Ergebnisse des OPCAB-Verfahrens in vereinzelt Zentren. Bezeichnenderweise wurden die ersten größeren OPCAB-Serien dabei nicht in medizinisch hochentwickelten Ländern vorgenommen, sondern stammten aus Südamerika (Benetti et al. 1985, Buffolo et al. 1985). Buffolo in Sao Paulo ebenso wie Benetti in Buenos Aires waren die Pioniere in der Neuzeit der minimal-invasiven Chirurgie in den neunziger Jahren (Hazelrigg et al. 1999). Dies zeigte schon damals, welche Möglichkeiten durch die OPCAB-Chirurgie insbesondere für Länder mit begrenzten technischen und finanziellen Ressourcen eröffnet wurden.

Die Problematik und die Lösung der minimal-invasiven Bypasschirurgie

In der Anfangsphase der minimal-invasiven Bypasschirurgie war man jedoch mit dem Problem konfrontiert, dass die Bewegungen des Herzens die Anfertigung einer perfekten Anastomose erschwerte. Ausserdem muss abhängig von der Lokalisation der zu machenden Anastomose das Herz während der Operation luxiert werden, welches beim Vorgehen ohne HLM vom Patienten hämodynamisch toleriert werden muss.

Entscheidend zur hämodynamischen Stabilität trägt hierbei beispielsweise das perioperative Anästhesiemanagement durch einen differenzierten Einsatz von

Inotropika, Vasodilanzien, Volumengabe und passagerem Vorhofpacing. Das letztere wird nur bei OPCAB-Verfahren eingesetzt. In den nachfolgenden Jahren sind Stabilisierungstechniken und mechanische Hilfsmittel entstanden, um bei der Durchführung von Koronaranastomosen präziser vorgehen zu können. Zu nennen sind zunächst die tiefen Perikardzugnähte und variable Retraktionsbänder, welche durch die Luxation des Herzens aus dem Perikardbeutel einer möglichst guten Exposition des Koronargefäßes dienen. Von besonderer Bedeutung ist eine sichere regionale Stabilisierung des Anastomosengebiets, beispielsweise durch den Octopus® Tissue Stabilizer und Starfish® Heart Positioner von Medtronic, Inc, USA. Die koronare Bypassoperation unter der Verzicht auf die HLM ist eine etablierte Methode in der chirurgischen myokardialen Revaskularisation geworden (Arom et al. 1999). Sie erreicht eine Popularität als eine Alternative zur konventionellen „on-pump“ Technik beziehungsweise aortokoronare Bypassoperation mit dem Einsatz der HLM.

2. Fragestellung und Arbeitshypothese

Zielsetzung

Diese retrospektive Studie vergleicht mittelfristige und langfristige Ergebnisse der chirurgischen Myokardrevaskularisation bei der koronaren Eingefäßerkrankung ohne HLM zwischen MIDCAB- und OPCAB-Verfahren.

Fragestellung

1. Wie zeichnet sich das Gesamt-Outcome bei MIDCAB- und OPCAB-Verfahren aus?
2. Was sind die Vorteile und Nachteile beider Methoden?

3. Patienten und Methoden

3.1. Datensatzerhebung

In der vorliegenden Studie wurden Daten aus der herzchirurgischen Datenbank „Kardiosoft“ gewonnen. Es handelt sich bei der Datenerhebung um eine nicht randomisierte Studie unter Verwendung retrospektiver und prospektiver Daten. Hierzu wurden eine Auswertung der Krankenblätter sowie ein Follow-up der Patienten vorgenommen. Grundvoraussetzung für den Einschluß war die Zustimmung des Patienten sowohl zur Teilnahme an der Studie als auch zur Verwendung der erhobenen Daten für wissenschaftliche Zwecke. Einziges Ausschlusskriterium war die Ablehnung durch den Patienten.

3.2. Patienten

Es wurden insgesamt 99 Patienten mit koronarer Eingefäßerkrankung des RIVA untersucht, die zwischen Dezember 1996 bis Dezember 1998 an der Herzchirurgischen Klinik und Poliklinik der Ludwig-Maximilians der Universität München ohne Zuhilfenahme der HLM operiert wurden. Von diesen 99 Patienten wurden 54 Patienten mittels MIDCAB-Technik operiert. 44 Patienten wurden in OPCAB-Technik bypassoperiert.

3.2.1. Indikation

Indikationen für die einfache chirurgische Myokardrevaskularisation sind RIVA-Stenosen ($\geq 80\%$) sowie multiple Komorbiditäten des Patienten.

3.2.2. Auswahlverfahren

Die Entscheidung ein MIDCAB-Verfahren anzuwenden bedarf einer exakten Bestimmung des RIVA-Verlaufs, der Topographie des Brustkorbs und der linksventrikulären Pumpfunktion. Das OPCAB-Verfahren wurde gegenüber dem MIDCAB-Verfahren bevorzugt, wenn in der CT-Angiographie der Abstand zwischen RIVA und LIMA mehr als 7 cm betrug.

Adipöse oder Hochrisiko-Patienten führten ebenso zu einer Entscheidung für das OPCAB Verfahren. Als Hochrisiko-Patienten galten Patienten mit Niereninsuffizienz, chronisch obstruktiver Lungenerkrankung, periphere arterieller Verschlusskrankheit, eingeschränkter linksventrikulärer Pumpfunktion, Zustand nach früheren Interventionen (PTCA oder Stentanlage) oder Zustand nach Myokardinfarkt. Bei der Notwendigkeit, einen großen R. diagonalis zu revaskularisieren, wurde ebenfalls das OPCAB-Verfahren dem MIDCAB-Verfahren vorgezogen. Ein intramyokardial gelegener oder diffus kalzifizierter RIVA und der schwere pulmonale Hypertonus mit großem rechten Ventrikel waren relative Kontraindikationen für beide Verfahren.

3.2.3. Ausschlusskriterien

Ausschlusskriterien für die beiden Techniken galten hochgradig eingeschränkte linksventrikuläre Pumpfunktion, nicht bypassfähiger RIVA sowie zusätzliche operationsbedürftige Klappeneingriffen oder andere Kombinationseingriffe.

3.2.4. Studienprotokoll

3.2.4.1. Präoperative Daten

Der primäre Endpunkt der Studie ist die 30 Tagesmortalität. Wichtige präoperativ erhobene Studienparameter waren demographische Daten, Zustand nach Apoplex und die kardiale Anamnese. Zu letzterem gehörten die Auswurfraction, abgelaufene Myokardinfarkte oder NYHA – (New York Heart Association) Klassifikation, die Einstufung der Angina Pectoris Symptomatik nach CCS- (Canadian-Cardiovascular Society) Klassifikation und kardiovaskuläre Risikofaktoren. Präoperativ bereits durchgeführte interventionelle Rekanalisationsversuche wie Perkutane transluminale Koronarangioplastie (PTCA) und Stentanlage wurden ebenfalls erfasst.

3.2.4.2. Intra- und postoperative Daten

Intraoperative Befunde wie koronare Mehrfachgefäßerkrankung (Betroffenheit von Ramus circumflexus und der rechten Koronararterie), die linksventrikuläre Ejektionsfraktion, Herzhypertrophie, Operationszeit, Konversion von MIDCAB zu OPCAB oder in konventionelle Bypasschirurgie mit Zuhilfenahme von HLM (Coronary Artery Bypass Grafting; CABG) wurden erhoben. Das Vorhandensein von Zeichen der postoperativen myokardialen Ischämie und perioperativen Komplikationen, wie Reoperationen und Wundrevisionen wurden bei der Auswertung dieser Studie ebenfalls berücksichtigt. Alle Patienten, bei denen die Operation drei Jahre oder länger zurück lag, wurden in die mittelfristige Verlaufsbeobachtung aufgenommen. Die Umfrage wurde an alle Patienten verschickt.

Die langfristige Verlaufsbeobachtung wurde telefonisch nach dreizehn Jahren erhoben.

3.2.5. Statistische Analyse

Kontinuierliche Daten wurden nach dem ungepaarten Student T-Test für zwei Gruppen und dem Varianzanalyse-Test für multiple Gruppen analysiert. Für kategoriale Daten fand der Chi-Quadrat Test oder der Fisher's exact Test Anwendung. Die Werte wurden als Mittelwert mit Standardabweichung dokumentiert. Irrtumswahrscheinlichkeiten von $p < 0,05$ wurden als signifikant angesehen. Die statistische Analyse wurde mit Hilfe des SPSS Programmpakets 10.0 für Windows durchgeführt (SPSS Inc., Chicago, IL).

3.3. Methoden

3.3.1. Operationsmethode in MIDCAB-Technik

3.3.1.1. Anästhesieverfahren

Das anästhesiologische Management entspricht weitgehend dem der OPCAB-Operation und konventioneller Bypasschirurgie vor Beginn der extrakorporalen Zirkulation.

Für die Operationen in MIDCAB-Technik wird ein Doppellumentubus gelegt, um eine Ein-Lungen-Ventilation bzw. in diesem Fall die rechtsseitige Lungenventilation einzeln zu ermöglichen. Die Patienten sind auf beheizten Matratzen gelagert. Hierdurch gibt es die Möglichkeit, den Patienten aktiv aufzuwärmen. Zusätzlich zum Standardmonitoring wird eine transösophageale

Echokardiografie zur frühen Detektion von linksventrikulären Wandbewegungsstörungen eingesetzt. Die Umsetzung der Methode der „ischämischen Präkonditionierung“ zur Steigerung der Ischämietoleranz des Myokards war bei diesem Verfahren ebenso möglich und wurde in mehreren Zentren weltweit routinemäßig praktiziert. Während der fünfminütigen Präkonditionierungsphase wurde der RIVA durch das Anziehen eines Tourniquets okkludiert. Das EKG und die TEE für das Monitoring der Zeichen von myokardialer Ischämie registrierten diesen Zustand. Anschließend wird dem Fluß im Bereich des RIVA freigegeben durch das Aufmachen des Tourniquets und nach der fünfminütigen Reperfusion wurde die Herzkranzarterie wieder okkludiert zur Durchführung der Anastomose. Durch einen Swan-Ganz Katheter konnte die kontinuierliche Messung oder die Abschätzung von Änderungen des Herzzeitvolumens gewährleistet werden. Die Medikamente zur Einleitung und Aufrechterhaltung der Narkose waren dieselben wie die in der OPCAB-Gruppe. Als Alternative empfiehlt sich der Einsatz kurz wirkender Substanzen wie Remifentanyl (Ultiva® 0,25-0,5 µg/kg KG/min) in Kombination mit Propofol (Propofol® 3-10 mg/kgKG/h) oder Inhalationsanästhetika in hypnotischen Konzentrationen.

3.3.1.2. Operationsverfahren

Das MIDCAB-Verfahren wurde über die linke anterolaterale Thorakotomie im 4. oder 5. Intercostalraum (ICR) durchgeführt. Der 5-8 cm lange Schnitt zwischen mittlerer Klavikularlinie und mittlerer Axillarlinie erfolgt bei Frauen links in der Submamärfalte und bei Männern etwas tiefer.

Für die MIDCAB-Operationen wurden die Patienten in 30 Grad, rechts lateral

positioniert. Der chirurgische Zugangsweg wurde durch einen Sperrer oder ein Multiretraktorsystem (IMA-Retraktor; Cardio Thoracic Systems, Cupertino, CA) offen gehalten.



Abbildung 1. Die linke anterolaterale Thorakotomie im 4. oder 5. Intercostalraum (ICR) (2) bei MIDCAB-Verfahren. (1) Mamille (a) kranial (b) kaudal (c) medial

Sehr selten sind heutzutage zur Präparation der LIMA Rippendurchtrennungen oder Resektionen notwendig.

Die LIMA wurde unter direkter Sicht unter Verwendung eines Retraktors präpariert (Thora Lift; US Surgical, Norwalk CT, USA) / IMA-Retraktor (CardioThoracic System, Cupertino, CA) oder Genzyme Stabilisator (Genzyme Surgical Products, Fall, River, MA, USA) und mit Hilfe eines Elektrokauters freigelegt. Große Abgänge wurden mit Haemoclips versorgt.

Die freipräparierte LIMA mit Pedikel wurde nochmals inspiziert. Bei Eignung wurde die LIMA distal abgesetzt. Zum Vorbeugen von LIMA-Spasmen wurde

die abgesetzte LIMA mit heparinierter Papaverin-Lösung vorbereitet. Papaverin ist ein Alkaloid, das eine direkt relaxierende Wirkung auf die glatte Muskulatur ausübt. Diese Wirkung beruht vor allem auf der Hemmung der Phosphodiesterase (Gilles et al. 1990).

Das distale Ende der LIMA wird anschließend geklippt. Heparin wurde primär zum Zeitpunkt der distalen Absetzung der LIMA in einer Dosierung von 100 IU/kg Körpergewicht verabreicht, um eine ACT (activated clotting time) von mehr als 250 Sekunden bei allen Patienten zu erreichen.

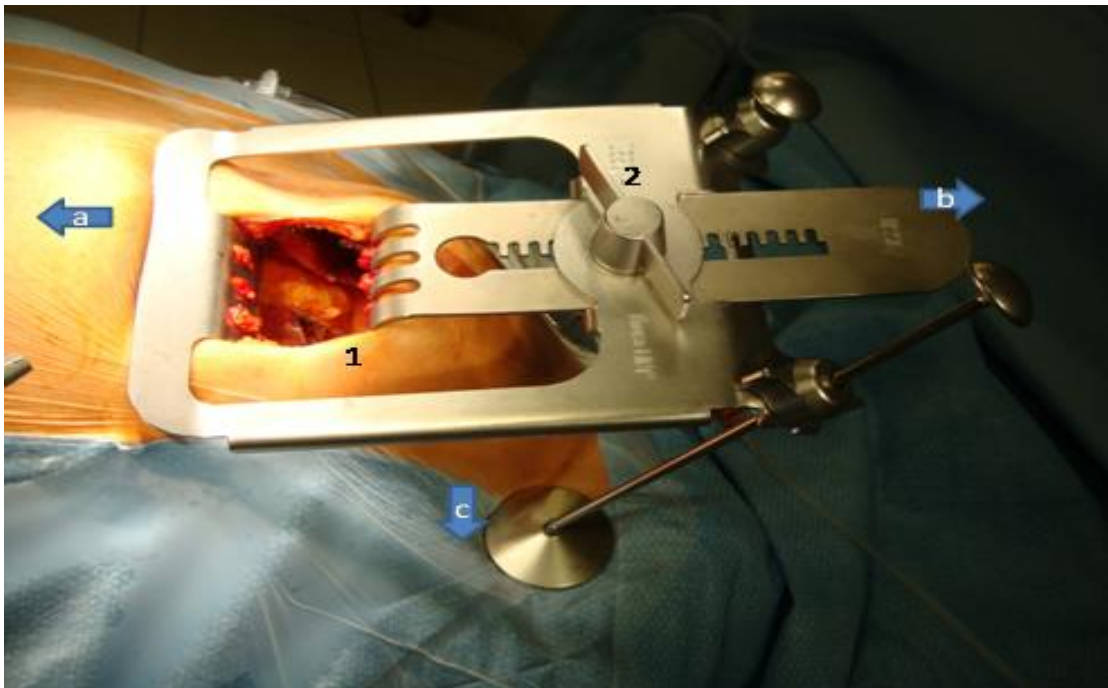


Abbildung 2. Darstellung des zu anastomosierenden Myokardbezirkes mit einem Multiretraktorsystem (IMA-Retractor; Cardio Thoracic Systems, Cupertino, CA) (im Situs) (1) Die linke anterolaterale Thorakotomie im 5. ICR bei MIDCAB-Verfahren (2) Multiretraktorsystem (IMA-Retractor; Cardio Thoracic Systems, Cupertino, CA) (a) kaudal (b) kranial (c) lateral

Der Sperrer (Access Platform; CardioThoracicSystem) wurde eingesetzt (Subramanian et al. 2007). Das Perikard wurde längs ein Zentimeter anterior des Nervus phrenicus, parallel zur Mittellinie eröffnet. Das Perikard wurde

mittels Traktionsnähten hochgezogen, um den RIVA besser darstellen zu können. Der linke Ventrikel wurde daraufhin inspiziert. Der RIVA wurde aufgesucht und lokalisiert.

Eine geeignete Anastomosierungsstelle wurde identifiziert und mit einem Stabilisator beispielsweise Octopus I Stabilisators (Medtronic, Minneapolis, MN, USA) weitestgehend immobilisiert

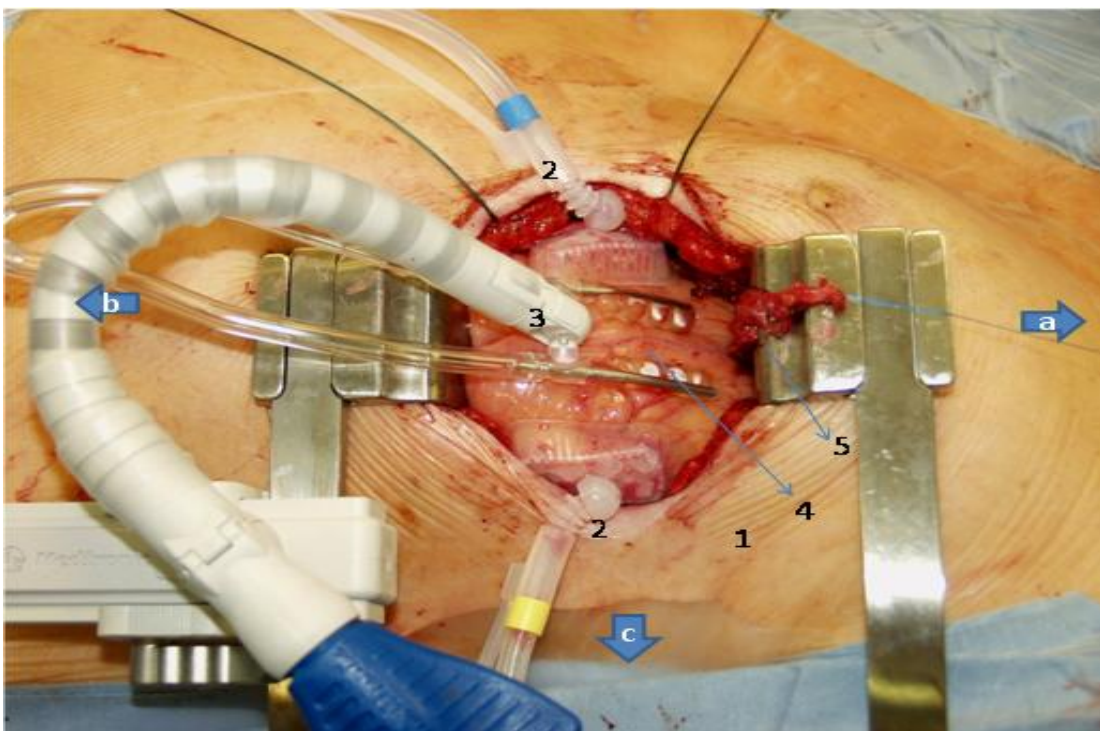


Abbildung 3. OCTOPUS®-Stabilisatorsystem im Operationssitus bei MIDCAB-Verfahren. (1) Die linke anterolaterale Thorakotomie im 5. ICR bei MIDCAB-Verfahren (2) Tentacles Heart Positioner (Sumitomo Bakelite Co. Ltd, Tokyo, Japan) (3) OCTOPUS®-Stabilisatorsystem (Medtronic Inc.Minneapolis,USA) (4) RIVA (5) LIMA (a) kranial (b) kaudal (c) lateral

Das umliegende Gewebe wurde präpariert. Vor der Inzision der Anastomosierungsstelle im Bereich des RIVA wurde das Gefäß proximal und distal angeschlungen und mittels eines pledgetsverstärkten Gore-Fadens (ePTFE nicht resorbierbares Monofilament Faden CV-5) mit einem Tourniquet

versehen, okkludiert. Dadurch war es während der Anfertigung der Anastomose möglich, den Anastomosenbereich weitgehend blutfrei zu halten.

Bei der MIDCAB-Technik werden wie bei der OPCAB-Technik je nach Bedarf ein Kohlendioxid insufflierter Blower und/oder ein intravasaler Okkluder beziehungsweise ein intrakoronarer Shunt verwendet.

Danach wird eine Stichinzision in die Vorderwand des RIVA gemacht. Diese Inzision wird mit einer Potts-Schere auf eine Länge von 6-7mm erweitert. Im Anschluss wird eine End-zu-Seit-Anastomose zwischen LIMA und RIVA hergestellt. Diese wurde mittels 7-0 oder 8-0 Polypropylene fortlaufende Naht durchgeführt. Nach Vollendung der Anastomose und Freigabe des Blutstromes wird die Anastomose auf Dichtheit geprüft.

Vor dem Thoraxverschluß wurde den Patienten Protamin verabreicht, um die Wirkung des Heparins zum Teil zu antagonisieren.

Zum Schluss wurden eine epikardiale Schrittmacherelektrode sowie die Drainagen eingebracht. Ein interkostaler Katheter zur Verabreichung von Bupivacain wurde gegebenenfalls zur inzisionalen Schmerzkontrolle gelegt. Es folgte eine sorgfältige Blutstillung vor einer Subkutan- und einer Hautnaht.

3.3.2 Operationsmethode in OPCAB - Technik

3.3.2.1. Anästhesieverfahren

Das anästhesiologische Management entspricht weitgehend dem der MIDCAB-Operation und der konventionellen Bypasschirurgie vor Beginn der extrakorporalen Zirkulation. Die OPCAB-Patienten wurden mittels Single-

Lumen Tubus intubiert. Die Patienten wurden während der Operation in Rückenlage und ebenfalls auf eine Wärmematte gelagert.

Die Tatsache, dass die Operation sich am schlagenden warmen Herzen stattfindet, bedeutet, dass die Ischämietoleranz geringer ist als bei einem kardioplegierten und kalten Herzen.

Aus diesem Grunde müssen besondere Maßnahmen getroffen werden, um das Myokard während der Phase der durch die Gefäßokklusion erzeugten regionalen Ischämie zu schützen.

Wir verwenden daher zur Steigerung der Ischämietoleranz des Myokards die Methode der „Ischämischen Präkonditionierung“ (5 Minuten Koronargefäßokklusion gefolgt von 5 Minuten Reperfusion) wie im MIDCAB-Verfahren. Die Präkonditionierung wird nicht routinemäßig durchgeführt, sondern wird nur in den Fällen notwendig, bei denen nach der Testokklusion klinische Anzeichen einer Beeinträchtigung der kardialen Funktion eingetreten sind.

Zu diesen Zeichen gehören z.B. signifikante ST-Streckenveränderungen im EKG (insbesondere ST-Streckenveränderungen $>2\text{mm}$), Herzrhythmusstörungen, regionale Wandbewegungsstörungen im TEE oder eine Verschlechterung der hämodynamischen Situation (z.B. schwerer Abfall des arteriellen Blutdrucks bzw. der gemischtvenösen Sauerstoffsättigung).

3.3.2.2. Operationsverfahren

Das OPCAB Verfahren wurde via kompletter medianer Sternotomie durchgeführt.

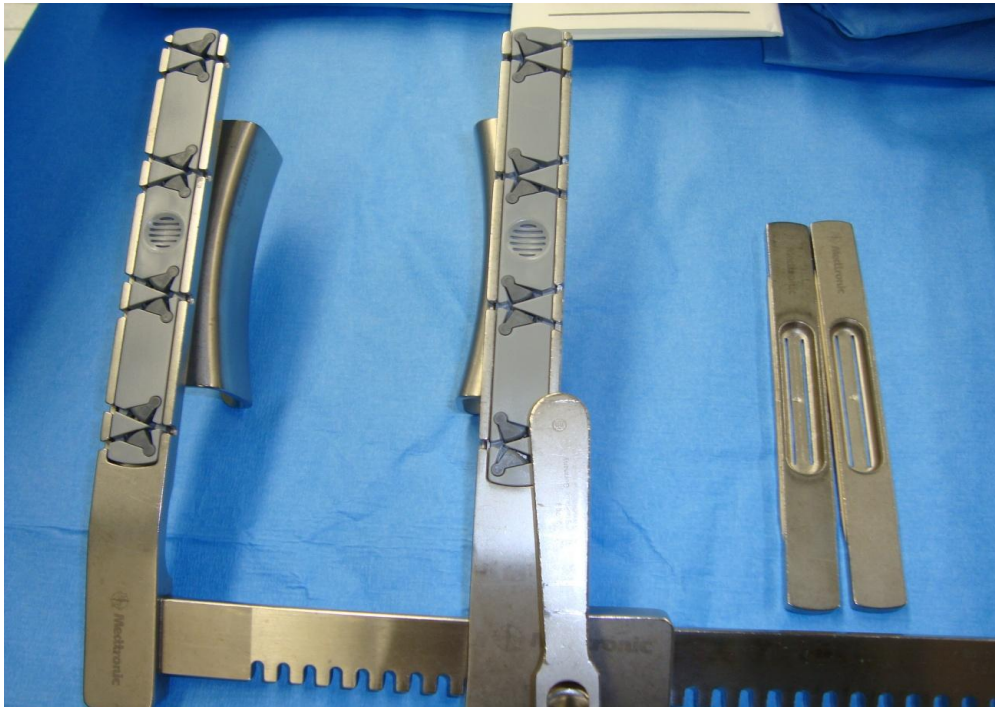


Abbildung 4. Medtronic-Thoraxsperrer (Medtronic Inc. Minneapolis, USA)

Der chirurgische Zugangsweg wurde durch einen Sperrer (Medtronic Inc., Minneapolis, USA) oder ein Multiretraktorsystem offen gehalten.

Es erfolgte das Präparieren des Grafts. Die linke Arteria mammaria interna (LIMA) wurde mit Begleitpedikel von der Thoraxwand gelöst. Gleichzeitig wurde, soweit notwendig, die Entnahme eines Venengrafts (V. Saphena magna) aus dem Ober- beziehungsweise Unterschenkel des Patienten vorgenommen. Nach dem Absetzen der distalen LIMA wurde diese zur Vermeidung eines Gefäßspasmus in eine verdünnte Papaverin-Lösung eingelegt. Die LIMA wurde in situ belassen. Den Patienten wurde hierbei zur Vermeidung einer Thrombenbildung 100 IE Heparin/kg KG intravenös verabreicht.

Nach Resektion des Thymusrestes wurde das Perikard geöffnet. Danach wurden die perikardialen Traktionsnähte positioniert, die Herzspitze angehoben, somit wurde der RIVA besser dargestellt. Der stenosierte RIVA wurde aufgesucht und auf ihre Revaskularisierbarkeit untersucht. Das zu behandelnde Gefäß wurde mittels des Octopus I Stabilisators (Medtronic, Minneapolis, MN, USA) weitestgehend immobilisiert, um während der Anfertigung der Anastomosen eine regionale Stabilisierung des Herzens zu gewährleisten.

Der OCTOPUS®-Stabilisator

Der OCTOPUS®-Stabilisator besteht aus zwei Saugstabilisatoren, deren vorderen Abschnitt mit Saugnäpfen ausgestattet ist, und deren hinteren Abschnitt aus einem biegbaren Metallstab besteht. An den mit den Saugnäpfen ausgestatteten Teilen kann über ein Vakuum System, welches über Schläuche mit dem Saugstabilisator verbunden ist, ein Sog von - 400 mmHg aufgebaut werden. Der biegbare Teil erlaubt zudem durch seine Formbarkeit eine optimale Modifizierung und Justierung der Saugstabilisatoren an die Oberfläche des Herzens. Die mit einem Haltearm verbundenen Saugstabilisatoren werden am Thoraxsperrer befestigt. Der Haltearm besteht aus einem starren Abschnitt und aus einem aus einzelnen Gelenken bestehenden Teil, über den man die Justierung des Systems noch zusätzlich optimieren kann. Die Saugstabilisatoren werden zum Herzen geführt, nachdem die Haltearme am Thoraxsperrer angebracht sind. Danach konnte der Saugnäpfe tragende Abschnitt parallel zu beiden Seiten der zu revaskularisierende Koronararterie auf das Epikard gelegt.

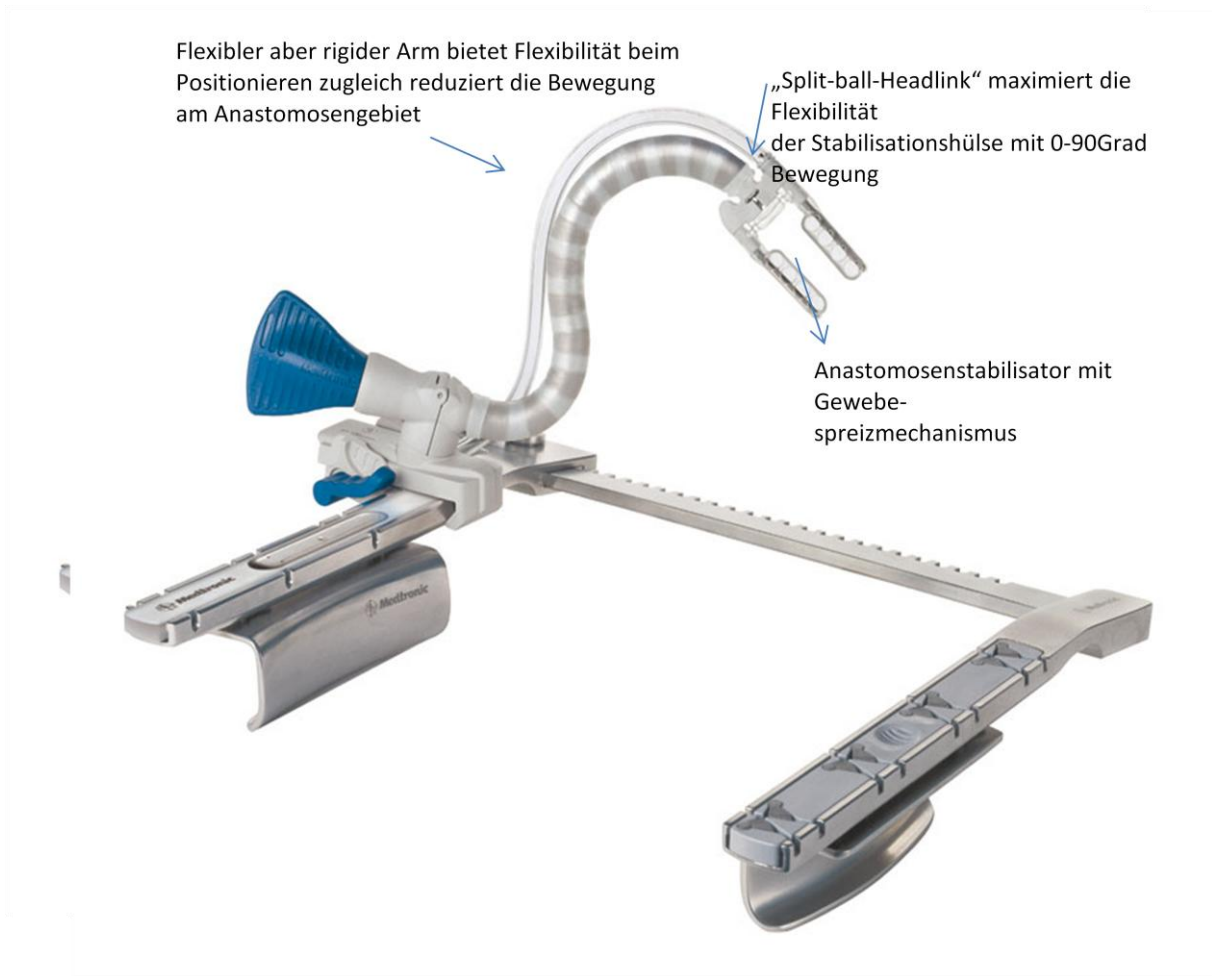


Abbildung 5 OCTOPUS®-Stabilisatorsystem (Medtronic Inc.Minneapolis,USA)

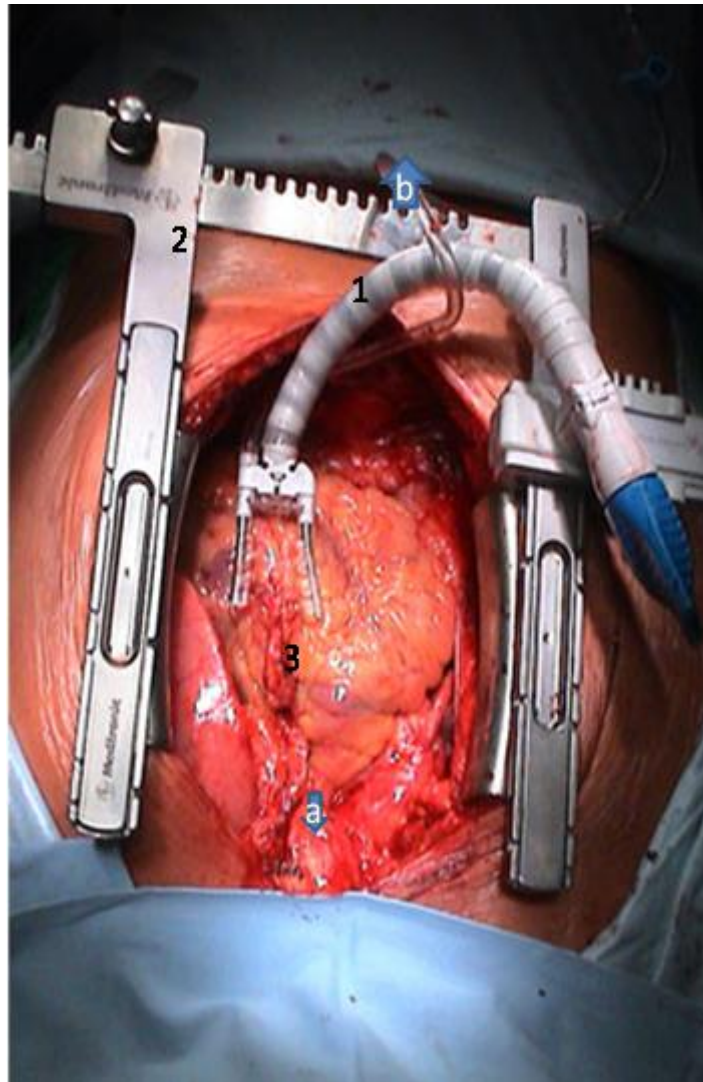


Abbildung 6. OCTOPUS®-Stabilisatorsystem im Operationssitus bei OPCAB-Verfahren (1) OCTOPUS®-Stabilisatorsystem (Medtronic Inc. Minneapolis, USA) und (2) Medtronic-Thoraxsperrer (3) LIMA-RIVA Anastomose (a) kranial (b) kaudal

Das Koronarsystem wird im Gegensatz zur konventionellen Bypasschirurgie während der Operation durchblutet. Somit behindert der Blutfluß aus dem nativen Koronargefäß und/oder aus Kollateralen- und Seitenästen die Sicht bei der Anastomosennaht erheblich. Aus diesem Grunde wird das Gefäß proximal und eventuell distal des Anastomosenbereiches durch pledgetsverstärkten Gore-Fadens (ePTFE nicht resorbierbares Monofilament Faden CV-5) umstochen und durch Anziehen der Fäden mittels

Tourniquets die Koronararterie während der Anfertigung der Anastomose kurzfristig okkludiert.

Der „Blower“

Falls es trotzdem noch zu einem Zufluß von Blut aus kleinen Seitenästen kommt, kann dieser durch ein spezielles Gebläse (AccuMist™ Blower/Mister, Medtronic GmbH, Düsseldorf) minimiert werden.

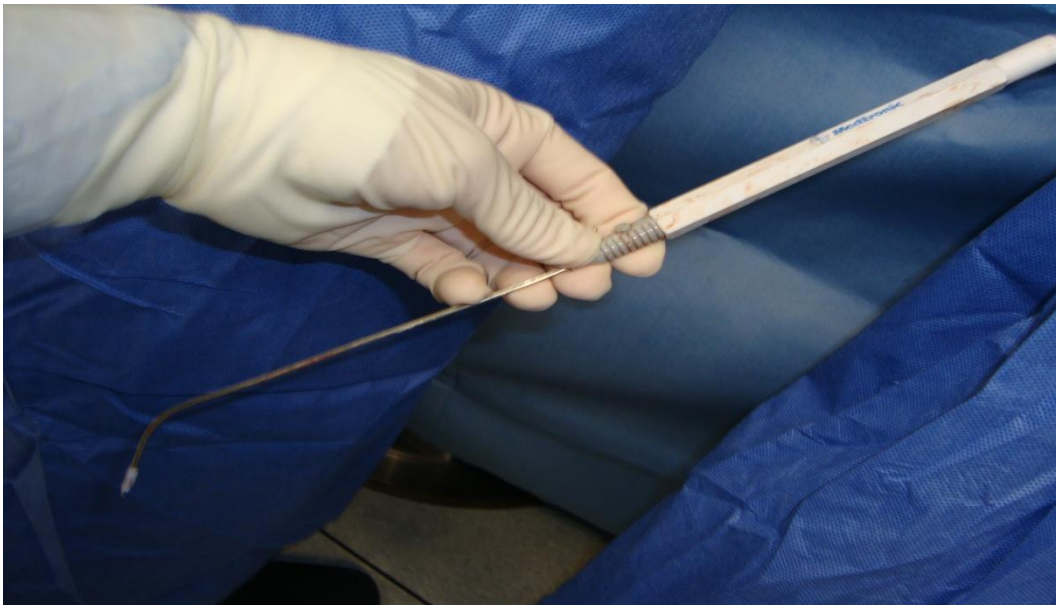


Abbildung 7. AccuMist™ Blower/Mister

Der intrakoronare Shunt

Als Alternative zur Präkonditionierung kann man einen intrakoronaren Shunt (Medtronics ClearView® Intracoronary Shunt) einlegen. Ein Intrakoronarer Shunt ist ein Röhrchen mit entsprechender Dicke des Koronargefäßes, über das bei aufgeschnittenem Koronargefäß noch Blut nach distal fließen kann.



Abbildung 8. ClearView® Intracoronary Shunt

Das Gefäß wird offen gehalten, dabei besteht ein geringeres Ischämierisiko, da das Koronargefäß weiter perfundiert wird.

Die Koronararterien werden dann im Anastomosenbereich inzidiert und das distale Ende der LIMA mit dem RIVA anastomosiert beziehungsweise in fortlaufender Nahttechnik mit 7/0 Prolene oder 8/0 Prolene (Ethicon®)-Faden. Nach der Freigabe des Blutstromes in den Bypass wird die Wirkung des Heparins mit Protamin antagonisiert. Die Herzlungenmaschine ist bei der Durchführung der OPCAB-Technik in Bereitschaft im Operationssaal. Nach Überprüfung des Bypassflusses, der Blutstillung und der Einlage von Drainagen erfolgt der schichtweise Thoraxverschluß.

3.4. Intra- und Postoperatives Management

Eine intraoperative Bypassflussmessung mit der Ultraschall-Transit-Zeit-Methode (Medi-Stim AS, Oslo, Norwegen) wurde durchgeführt, um die Qualität der Anastomose zu überprüfen. Mit dieser neuen Methode kann der Summenfluß im gesamten Gefäßquerschnitt direkt ermittelt werden. Postoperativ wurde das EKG regelmäßig kontrolliert. Blutproben zur Bestimmung der Creatine Kinase (CK) und der CK-MB wurden alle 6 Stunden über bis zu 72 Stunden hinweg entnommen und die höchste Enzymkonzentration innerhalb dieser 72 Stunden protokolliert. Alle Patienten mit postoperativen signifikanten Zeichen der myokardialen Ischämie (>2 mV ST-Segmenthebung oder neue Q-Zacke und/oder >50 IU/L steigende CK-MB-Werte) unterliefen einer sofortigen Kontrollangiographie und gegebenenfalls einer Reintervention.

3.5. Follow-up

Alle Patienten wurden nach fünf Jahren postoperativ zur Verlaufsbeobachtung kontaktiert. Der Kontakt bestand aus einem telefonischen Interview und einem schriftlichen Fragebogen mittels SF-36 Formulare. Faktoren wie Beschwerdefreiheit, Anzeichen für Herzinfarkt, eine stattgehabte Reintervention und die allgemeine Überlebenszeit und Lebensqualität der Patienten wurden anhand dieses Formulare analysiert und evaluiert. Zur langfristigen Verlaufsbeobachtung wurde die Überlebenszeit aller Patienten überprüft anhand einer telefonischen Abfrage.

4. Ergebnisse

4.1. Präoperative Daten

Das gesamte Patientenkollektiv besteht aus 54 MIDCAB Patienten und 44 OPCAB Patienten. Das durchschnittliche Alter war bei dieser Studie 61 ± 11 Jahre. In der MIDCAB-Gruppe betrug das durchschnittliche Alter 59 ± 10 Jahre und in der OPCAB-Gruppe 64 ± 1 Jahre ($p=0.06$). Dabei waren die Patienten der OPCAB-Gruppe im Durchschnitt vier Jahre älter als die der MIDCAB-Gruppe.

Von den untersuchten Patienten waren 32 weiblich, davon 19 (35,2%) in der MIDCAB-Gruppe sowie 13 (29,5%) in der OPCAB-Gruppe. Die grundlegenden Charakteristika und die perioperativen Daten von 98 Patienten werden in Tabelle 2 aufgelistet.

Wie der Tabelle 2 zu entnehmen ist, bestand kein signifikanter Unterschied ($p>0,05$) bezüglich des Alters, der kardiologischen Anamnese, der Begleiterkrankungen und der Multimorbiditäten zwischen den beiden Gruppen.

Tabelle 2. Präoperative Charaktermerkmalen der MIDCAB- und OPCAB-Gruppen

	MIDCAB (n=54)	OPCAB (n=44)	p
Demographische und Allgemeine Information			
Alter	59 ± 10	64 ± 11	0,06
Geschlecht			
-Weiblich, n (%)	19 (35,2%)	13 (29,5%)	
-Männlich, n (%)	35 (64,8%)	32 (72,7%)	
Kardiale Anamnese			
Ejektionsfraktion (%)	68 ± 10	63,3 ± 13	0,04
Anzahl erkrankte Gefäße (Stenose>50%)	1 ± 0	1 ± 0	
Dringlichkeit	0,1 ± 0,5	0,2 ± 0,6	0,42
Kardiovaskuläre Risikofaktoren			
Hypertonus, n (%)	28 (63,6%)	31 (70,5%)	0,4
Hyperlipidämie, n (%)	36 (83,7%)	36 (81,8%)	1,0
Positive Familienanamnese, n (%)	16 (37,2%)	18 (40,9%)	0,66
Nikotin, n (%)	17 (39,6%)	17 (38,6%)	0,49
Adipositas, n (%)	24 (55,8%)	27 (61,4%)	0,51
Z.n. Myokardinfarkt, n (%)	14 (31,8%)	19 (43,2%)	0,24
Z.n. PTCA, n (%)	12 (27,3%)	11 (25%)	0,54
Z.n. Stent, n (%)	10 (22,7%)	4 (9,1%)	
Hybrid-Fall (PTCA/Stent+ACB), n (%)	1 (4,3%)	1 (2,3%)	
Z.n. Apoplex, n (%)	2 (4,5%)	1 (2,3%)	0,57
Begleiterkrankung			
Diabetes mellitus, n (%)	6 (14%)	11 (25%)	0,18
Niereninsuffizienz, n (%)	10 (18,5%)	3 (6,8%)	0,08
COPD, n (%)	5 (11,3%)	7 (15,9)	0,96
PAVK, n (%)	3 (6,8%)	5 (11,4%)	0,97

PTCA – Perkutane transluminale Koronarangiographie, COPD – Chronisch obstruktive Lungenerkrankung, PAVK – Periphere arterielle Verschlusskrankheit

4.2. Intra- und postoperative Daten

Im Durchschnitt wurden $1,0 \pm 0,1$ Bypässe in der MIDCAB-Gruppe und $1,4 \pm 0,5$ Bypässe in der OPCAB-Gruppe pro Patient angelegt. In einem Fall (1,9%) in der MIDCAB-Gruppe musste ein prominenter Diagonalast zusätzlich zum RIVA revaskularisiert werden. In der OPCAB Gruppe haben siebzehn (38,6 %) der Patienten einen zusätzlichen Venengraft zum Diagonalast bekommen. Keine Patienten sind intraoperativ bei beiden Gruppen verstorben.

Das OPCAB-Verfahren war bezüglich der Operationszeit, der Anastomosenzzeit und der koronaren Okklusionszeit signifikant kürzer ($p < 0,05$) als die vom MIDCAB-Verfahren.

Die OPCAB-Gruppe hat die signifikante Tendenz intraoperativ mehr Blut zu verlieren als die MIDCAB-Gruppe ($p = 0,04$). Auf der Intensivstation wurde sogar signifikanter Unterschied ($p = 0,004$) an Blutverlust bei der OPCAB-Gruppe beobachtet. Dementsprechend wurden mehr Blutprodukte bei OPCAB-Patienten transfundiert. Eine Reexploration aufgrund der Nachblutung war bei beiden Gruppen jeweils ein Mal notwendig. Hierzu wurde kein signifikanter Unterschied festgestellt.

Die Konversionsrate vom geplanten Verfahren in die konventionelle Bypasschirurgie mit Herz-Lungen-Maschine war bei zwei (3,7%) MIDCAB-Patienten und bei keinem der OPCAB-Patienten zu beobachten. Drei (5%) MIDCAB-Patienten wurden vollständig sternotomiert und anhand der OPCAB-Technik operiert.

Der korrespondierende postoperative CK-Maximal- und Troponinmaximalwert waren in der MIDCAB-Gruppe höher als in der OPCAB-Gruppe, wobei der Unterschied

desbezüglich nicht signifikant war ($p > 0,05$).

Perioperativer Myokardinfarkt wurde bei 18,2% MIDCAB-Patienten aber nur bei 4,5% OPCAB-Patienten beobachtet. Höhere Inzidenz an stenosierten Anastomosen (12,9% vs. 4,5%, $p= 0,06$), Okklusionen der Anastomosen (7,4% vs. 0%, $p= 0,04$) und letztendlich die Konsequenz, eine sofortige Intervention und Reoperation zu gebrauchen waren bei der MIDCAB-Gruppe deutlich als Tendenz zu sehen.

Bei dieser Untersuchung waren die Patienten bei beiden Gruppen annähernd gleich lang beatmet auf der Intensivstation. Wobei durch die höhere Schwankungsbreite anhand der höheren Standarddeviation wurden bei paar MIDCAB-Patienten längere Beatmungsdauer festgestellt ($11 \pm 12,2$ Stunden in der MIDCAB-Gruppe vs. $9,7 \pm 6,6$ Stunden in der OPCAB-Gruppe). Der Unterschied war allerdings nicht signifikant ($p = 0,47$).

Der Aufenthalt auf der Intensivstation war zweimal länger bei MIDCAB Gruppe mit 57 ± 129 Stunden vs. 32 ± 14 Stunden in der OPCAB Gruppe, wobei diese Differenzen nicht signifikant ($p=0,37$) waren.

Zwei von 54 MIDCAB-Patienten hatten Wundheilungsstörung, wobei nur ein Patient von 44 OPCAB-Patienten diese Komplikation hatte.

Desweiteren wurden es keine signifikanten Unterschiede im Rahmen eines postoperativen Vorhofflimmerns, einer Nierenfunktionsstörung oder neurologischer Ausfälle bei dieser Studie registriert.

Tabelle 3. Intraoperative Daten in MIDCAB- und OPCAB-Gruppe

	MIDCAB (n=54)	OPCAB (n=44)	p
Anzahl der Bypass	1,0 ± 0,1	1,4 ± 0,5	0,1
- Single Graft, n (%)	53 (98,1%)	28 (63,6%)	
- Multi Graft, n (%)	1 (1,9%)	17 (38,6%)	
Verwendete Bypassgraft			
- Arterielle Graft, n (%)	54 (100%)	44 (100%)	
- Venöse Graft, n (%)	1 (1,9%)	17 (38,6%)	
Bypass zu R. Diagonalis, n (%)	1 (1,9%)	17 (38,6%)	
Operationszeit (Min)	193,8 ± 43	172,3 ± 51,5	0,02
- Range (Median)	120-350 (182,5)	80-300 (175)	
Anastomosenzzeit (Min)	23,3 ± 6,0	19,5 ± 6,9	0,01
- Range (Median)	15-39 (22)	9-37 (19)	
Koronare Okklusioinszeit (Min)	23 ± 6	19 ± 7	0,009
ST-Segment-Elevation während Ischämie, n (%)	11 (25%)	7 (15,9%)	0,16
Intraoperativer Blutverlust (ml)	675 ± 350	1097 ± 376	0,04
Transfusionsbedarf, n (%)	13 (24,1%)	22 (50%)	
Anzahl der Bluttransfusion			
- EK´s (ml)	169 ± 337,4	2300 ± 476,5	0,01
Range (Median)	0-1600 (800)	0-2300 (300)	
- FFP´s (ml)	35,85 ± 130	1200 ± 66,7	0,04
Range (Median)	0-550 (275)	0-1200 (0)	
Konversion zu HLM, n (%)	2 (3,7%)	0	0,36
Konversion zu OPCAB, n (%)	3 (5%)	0	
Low-Output Syndrom bei OP-Ende	3 (6,4%)	1 (2,3%)	

*EK – Erythrozytenkonzentrate, FFP – Fresh Frozen Plasma, HLM –
Herzlungenmaschine, OP - Operation*

Tabelle 4. Postoperative Daten in MIDCAB- und OPCAB- Gruppe

	MIDCAB (n=54)	OPCAB (n=44)	p
Perioperative Mortalität, n (%)	0	0	
CKmax (U/L)	383 ± 358	274 ± 357	0,14
Trop.max (ng/ml)	10 ± 24	3 ± 4	0,18
Post-OP Myokardinfarkt, n (%)	8 (18,2%)	2 (4,5%)	0,04
Post-OP Angiographie, n (%)	24 (54,5%)	11 (25%)	0,001
Stenosierte Anastomosen, n (%)	7 (12,9%)	2 (4,5%)	0,06
Okklusion der Anastomosen, n(%)	4 (7,4%)	0	0,04
Konsequenz-PTCA, n (%)	6 (13,6%)	2 (4,5%)	0,02
Konsequenz-Stent, n (%)	2 (4,5%)	2 (4,5%)	0,08
Konsequenz-Re-OP, n (%)	3 (6,8%)	2 (4,5%)	0,02
Reexploration wg. Nachblutung, n (%)	1 (2,3%)	1 (2,3%)	0,98
Max. Drainagenmenge (ml)	957,8 ± 612,5	1364 ± 565,7	0,004
Beatmungsdauer (h)	11,3 ± 12,2	9,7 ± 6,6	0,47
- Range (Median)	0-79 (8,5)	0-31(8)	
Intensivmed. Aufenthalt (h)	57 ± 129	32 ± 14	0,37
- Range (Median)	17-87 (24)	9-70 (25,5)	
Gesamt Post-OP Aufenthalt (d)	10,5 ± 4,4	9,4 ± 4,9	0,24
- Range (Median)	4-25 (10)	1-23 (9)	
Wundheilungsstörung mit Revision, n (%)	2 (4,5%)	1 (2,3%)	0,57
Post-OP Vorhofflimmern, n (%)	5 (11,4%)	4 (9%)	0,75
Nierenfunktionsstörung, n (%)	0 (0%)	0 (0%)	
Neurologische Ausfälle, n (%)	0 (0%)	0 (0%)	

*CK – Creatininkinase, Trop – Troponin, OP – Operation, PTCA – Perkutane transluminale Koronarangiographie, Konsequenz-PTCA/-Stent/-Re-OP-
Nachfolgende-PTCA/-Stent/-Re-OP, wg. - wegen*

4.3. Mittelfristige Verlaufsbeobachtung (Follow-Up)

Tabelle 5. Mittelfristige Verlaufsbeobachtung nach fünf Jahren

	MIDCAB	OPCAB	p
Patienten (n)	54	44	
Mittelfristige Mortalität (n)	0	2 (5%)	NS
Rezidivierende Angina (n)	23 (43%)	12 (27%)	NS
Neu auftretender Infarkt (n)	4 (7%)	0	NS
Reintervention am RIVA (n)	6 (11%)	1 (2%)	NS
Reoperationen (n)	0	0	NS

Alle Patienten wurden in die mittelfristige Verlaufsbeobachtung von fünf Jahren aufgenommen. Die Umfrage wurde an 54 MIDCAB-Patienten und 44 OPCAB-Patienten verschickt. Von allen Patienten konnten Daten erhoben werden.

23 (43%) der MIDCAB- und 12 (27,3%) OPCAB-Patienten registrierten ein erneutes Auftreten von Angina pectoris. Bezüglich dieser Beschwerden bestand kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den beiden Gruppen. Ein neu aufgetretener Myokardinfarkt wurde bei vier (7%) Patienten nach MIDCAB Verfahren und bei keinem der OPCAB-Patienten beobachtet. Katheterinterventionen wurden bei 6 (11%) MIDCAB-Patienten und 1 (2,3%) OPCAB-Patient benötigt. Kein Patient der beiden Gruppen wurde in dieser Follow-up Periode reoperiert . Zwei OPCAB

Patienten sind während der Follow-up Periode verstorben. Ein Patient starb wegen Lungenkrebs sechs Monate nach der Operation und der andere wegen Nierenfunktionsstörung fünf Jahre nach der Operation.

4.4. Langfristige Verlaufsbeobachtung (Follow-Up)

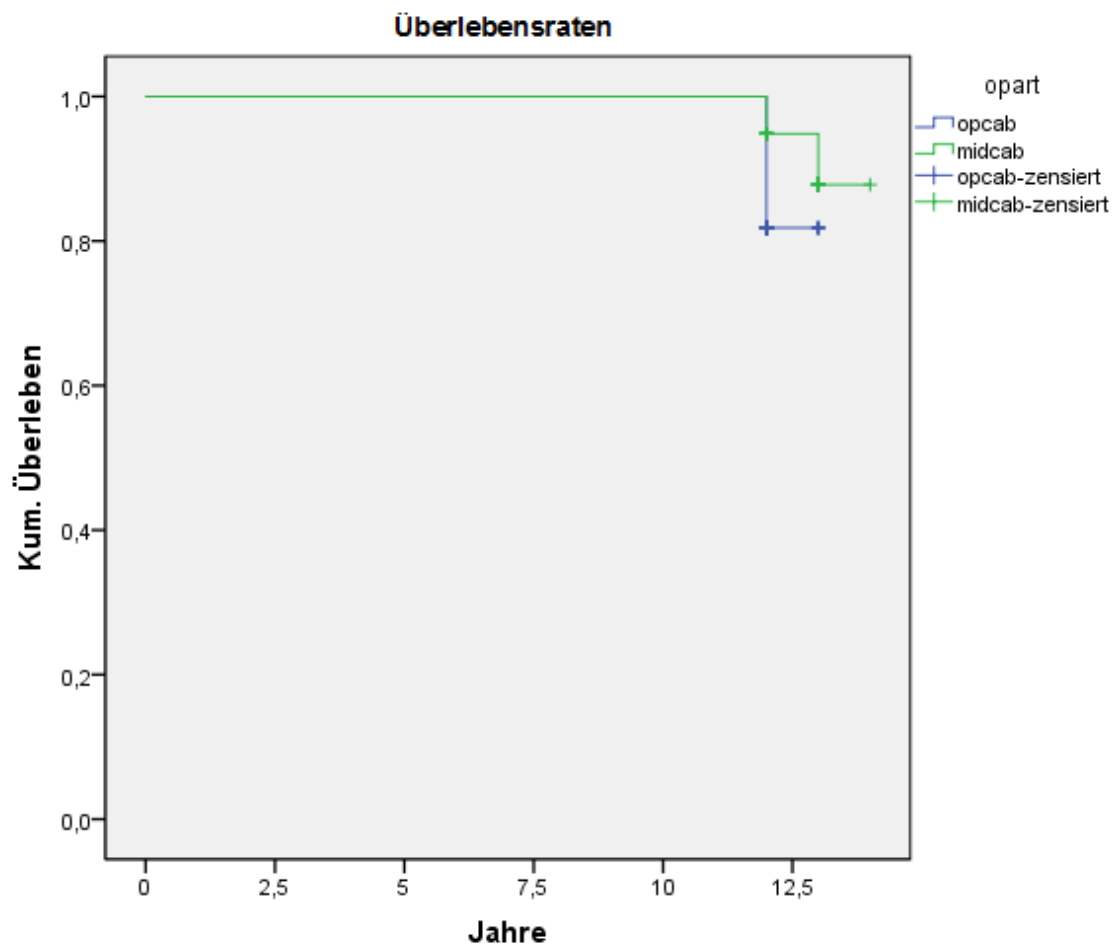


Abbildung 9. Kaplan-Meier Kurve für die Überlebenszeit nach dreizehn Jahren der MIDCAB- (Grün) und OPCAB- (Blau) Gruppe. Es wird die Wahrscheinlichkeit gezeigt, dass ein Patient eine Zeit (in Jahren) überlebt.

Alle Patienten wurden in die langfristige Verlaufsbeobachtung von dreizehn Jahren aufgenommen. Die Datenerhebung erfolgte hierbei telefonisch. 46(85,2%) der MIDCAB-Patienten und 38(86,7%) der OPCAB-Patienten konnten telefonisch

erreicht werden. Fünf (9,3%) MIDCAB-Patienten verstarben in der langfristigen Verlaufsbeobachtungszeit. Dabei wurden folgende Todesursachen registriert:

1. Kardiale Dekompensation (1 Patient)
2. Sepsis nach Sturz mit anschließender prolongierten intensivmedizinischen Aufenthalt (1 Patient)
3. Multiorganversagen (1 Patient)
4. Alter (2 Patienten)

In der OPCAB-Gruppe starben zusätzlich sechs (13,6%) Patienten seit der letzten Follow-up Periode an folgenden Todesursachen:

1. Herzversagen (2 Patienten)
2. Unklare Todesursachen bei fortgeschrittenem Alter (2 Patient)
3. Multiorganversagen (1 Patient)
4. Unbekannte Todesursache (1 Patient)

Die Gleichheit der Überlebensverteilung für die verschiedenen Stufen von den beiden OP-Verfahren wurde anhand Log-Rang Test verglichen. Mit diesem Test lässt sich zeigen, dass sich das Mortalitätsrisiko zwischen den beiden Verfahren nicht signifikant ($p= 0,07$) unterscheidet.

5. Diskussion

Vergleichsstudien zwischen MIDCAB und OPCAB-Verfahren sind bis zum heutigen Zeitpunkt selten. Diegeler et al (1999), Detter et al (2001, 2002), Vicol et al (2003), Weigang et al (2004) und Korpuzoglu et al (2009) publizierten ihre Erfahrungen mit diesen beiden minimal invasiven Techniken, welche jede in den letzten Jahrzehnten eine gewisse Aufmerksamkeit erregten. Vor allem der Verzicht auf die Verwendung der HLM schien ein Meilenstein in der Entwicklung der operativen Myokardrevaskularisierung zu sein.

5.1. Diskussion der Frühergebnisse

5.1.1. Die koronare Okklusions-, Anastomosen- und Operationszeit

Um die vor allem die Frühergebnisse erklären zu können, ist ein wesentlicher Aspekt zu nennen. Je kleiner der chirurgische Zugangsweg und damit weniger Trauma für den Patienten, desto höher ist der korrespondierende technische Schwierigkeitsgrad. Dieser beeinflusst die Operationszeit und die Sicherheit dieser Operationstechnik im Sinne einer limitierten Identifizierung oder inkompletten Exposition des Zielgefäßes. Die Ergebnisse dieser Untersuchung zeigten signifikante kürzere koronare Okklusions-, Anastomosen- und Operationszeit beim OPCAB-Verfahren im Vergleich zum MIDCAB-Verfahren. Die mediane Sternotomie beim OPCAB-Verfahren bietet eine bessere Exposition des Zielgefäßes und die Identifizierung einer optimalen Anastomosenstelle. Im Vergleich zur MIDCAB-Technik war die Lokalisierung des RIVA und die Präparation der LIMA deutlich zeitaufwendiger aufgrund des

begrenzten Zugangsweges (Detter et al, 2001).

Technische Hilfsmittel, wie ein endoskopisches LIMA-Entnahmengerät oder ein lokales Stabilisierungssystem, haben die Operationszeit verbessert. Dennoch sind das Operationsergebnis und die kürzere Operationszeit bei beiden Verfahren mit der Anwendung der technischen Hilfsmittel und mit einer gewissen Lernkurve vergessellschaftet. Der Anstieg der Lernkurve wächst sicherlich mit der zunehmenden Erfahrung und der praktischen Routine (Boodhwani 2005).

5.1.2. Der Blutverlust, die Transfusionsrate und die Reexploration

Es wurde bereits in verschiedenen Studien mehrfach zitiert, dass Operationen am schlagenden Herzen weniger Blutverluste zur Folge haben und entsprechend weniger Bluttransfusionen benötigen (Aybek 2003, Cartier 2000, Ishida 2002, Lee 2000, Mack M 2002, Mehrwal 2002). Hierbei waren als Operationen am schlagenden Herzen die OPCAB-Operationen gemeint, die in der Literatur meist mit den Bypassoperationen unter Einsatz der HLM verglichen wurden.

Raja und Dreyfus (2006) evaluierten 19 randomisierte klinische Studien über den Vergleich zwischen dem OPCAB- und dem konventionellen Bypassverfahren hinsichtlich der postoperativen Blutverluste und des Transfusionsbedarfs. Die oben besagten Aussagen wurden durchweg bestätigt.

Im Vergleich zum MIDCAB-Verfahren wurden in unserer Untersuchung beim OPCAB-Verfahren hingegen tendentiell sowohl intraoperativ als auch auf der Intensivstation mehr Blutverluste und Transfusionsbedarf beobachtet. Dies wird mit der aktuellen Literatur bestätigt (Detter 2001, 2002; Diegeler 1998). Zu

Bypassverfahren am schlagenden Herzen gibt es bezüglich der oben erwähnten Komplikationen leider wenige Daten.

Wir stellten die Hypothese auf, dass es durch die mediane Sternotomie, die im Vergleich zur anterolateralen Thorakotomie eine deutlich größere Wundfläche darstellt, zu einer vermehrten Blutungstendenz aus dem Gewebe und Sternum selbst führte.

5.1.3. Die Konversionsrate

Der richtige Zeitpunkt für eine Konversion kann für die Patienten lebensrettend sein. Ein laufendes hämodynamisches Monitoring durch kontinuierliche zentrale Venendruck (ZVD)- und Blutdruckmessung, Herzzeitvolumen (HZV)-, pulmonalarteriellen Druck (PAP)-, pulmonalkapillären Verschlussdruck (PCWP)- und gemischtvenöse Sauerstoffsättigung (SVO₂)-Messung wie im Abschnitt Anästhesieverfahren bereits beschrieben ist, ist unverzichtbar. Im Falle einer hämodynamischen Instabilität ist die Entscheidung zur Konversion essentiell, um schwerwiegende Komplikationen zu vermeiden.

Reeves et al (Reeves BC 2006) unterscheidet eine sogenannte notfallmäßige Konversion („emergency conversion“) von einer nicht notfallmäßigen Konversion („nonemergency conversion“). Zu einer notfallmäßigen Konversion gehören eine hämodynamische Instabilität, nicht stillbare Blutungen, Arrhythmie, myokardiale Ischämie und kardialer Arrest, während ein kleinkalibriges Zielgefäß, ein intramyokardial verlaufendes Gefäß und ein intraoperativ aufgrund einer schwierigen Anatomie nicht aufzufindendes Zielgefäß zu einer „nonemergency“-Konversion gehören.

Keiner der OPCAB-Patienten wurde in dieser Studie in konventionelle Operationstechnik konvertiert. Fünf (9,3%) MIDCAB-Patienten mussten aufgrund der hämodynamischen Instabilität und des intramyokardial verlaufenden Gefäßes sternotomiert und in die konventionelle Operations- (2 Patienten) und OPCAB-Technik (3 Patienten) konvertiert werden.

Diegeler et al umfasste seine Erfahrungen mit 618 MIDCAB-Patienten, die seit dem Jahr 1996 operiert wurden, dass die MIDCAB-Prozedur eine niedrige Konversionsrate (3,4%) zeigte (Diegeler 2000).

Detter et al (2001) wiederum zeigte etwas höhere Konversionsrate vom MIDCAB-Verfahren im Vergleich zum OPCAB-Verfahren (3,9% vs 0,008%). Die Patienten in seiner Studie wurden in dem Zeitraum vom 1997 bis 2000 operiert.

Boodhwani et al (2005) beobachtete eine Tendenz zu einer niedrigen Konversionsrate beim MIDCAB-Verfahren nach einer Learning Curve. Von 52 MIDCAB-Patienten, die im Jahr 1998 bis 2002 operiert wurden, wurde nämlich eine niedrigere Konversionsrate bei der zweiten Hälfte der operierten Patienten gesehen im Vergleich zur Anfangszeit seiner Studie (0,05% vs. 21,9%).

Gänzlich ohne Konversion operierte Karpuzoglu et al (2009) in MIDCAB-Technik, die im Zeitraum vom 2003 bis 2006 operiert wurden.

Die oben dargestellten Erfahrungen legen dar, dass je aktueller die Studie über das MIDCAB-Verfahren oder der Vergleich zwischen dem MIDCAB- und OPCAB-Verfahren war und je später der Operationszeitraum datiert war, desto geringer war

die Konversionsrate beim MIDCAB-Verfahren.

Die zunehmenden praktischen Fertigkeiten der Operateure und deren kontinuierliche Auseinandersetzung mit dem Konzept der MIDCAB-Operation spielen eine wesentliche Rolle (Ziemer, Haverich 2010)

Die Anwendung einer thorakoskopischen Unterstützung während der MIDCAB-Prozedur stellt eine große Erleichterung dar, um die technische Präzision zu erhöhen und sogar Komplikationen wie die Konversion zu vermeiden (Kappert 2001, Bonatti 2004).

Die Konversion in die andere Bypassoperationstechnik ist sicherlich ein Hinweis der Raffinesse einer chirurgischen Technik (Vicol 2003). Dennoch ist ein konversionsfreies Vorkommnis bei der MIDCAB-Technik realisierbar.

5.1.4. Perioperativer Myokardinfarkt (Stenosierte, okkludierte Anastomosen) und die darauffolgende Konsequenz der PTCA/Stent-Anlage

Die Operationstechnik der MIDCAB-Operation unterscheidet sich grundsätzlich nicht von der Technik der OPCAB-Operation. Beide Techniken verzichten auf die durch Kardioplegie induzierte globale kalte Ischämie und den Einsatz der HLM. In beiden Techniken werden die betroffenen Koronararterien zur Anastomosierung segmental mit speziellen Tourniquets okkludiert. Dadurch wird nur bestimmte regionale Myokardareale während der Anastomosennaht nicht durchblutet.

Der einzige Unterschied liegt nun an dem chirurgischen Zugangsweg. Der limitierte Zugangsweg, die anterolaterale Minithorakotomie beim MIDCAB-Verfahren kann eine Beeinträchtigung der Qualität der Anastomosen hervorrufen. Eine erhöhte

Stenosierungsrate der Anastomosen sowie ein perioperativer Myokardinfarkt mit entsprechend konsekutiver Kontrollangiographie und PTCA- / Stentanlage wie auch sogar eine operative Revision können als Komplikation auftreten (Calafiore 1997, 1998).

In unserer Studie wurden der perioperative Myokardinfarkt und die höhere Inzidenz an stenosierten und okkludierten Anastomosen beim MIDCAB-Verfahren als signifikant im Vergleich zum OPCAB-Verfahren betrachtet. Letztendlich war die Notwendigkeit einer sofortigen Intervention in der MIDCAB-Gruppe deutlich zu sehen.

Verschiedene Faktoren, wie der erhöhte Schwierigkeitsgrad der MIDCAB-Technik durch ihre räumlich und technisch diffizilen Aspekte und die Notwendigkeit einer großen handwerklichen Geschicklichkeit der Chirurgen, könnten dafür entscheidend sein.

Dennoch zeigte die MIDCAB-Prozedur in früheren Erfahrungen gute Resultate und gute Überlebensraten mit einer niedrigen Reinterventionsrate (Diegeler 2002) sowie gute mittelfristige Offenheitsraten der Anastomosen im Vergleich zur konventionellen Bypassoperation (Diegeler 1998). Damit ist das MIDCAB-Verfahren eine effektive und sichere Alternative bei der Therapie einer isolierten hochgradigen RIVA-Stenose.

Im Übrigen stellt sich die Frage, ob bei einer isolierten hochgradigen Eingefäß-KHK des RIVA, die PTCA und die Stentanlage der MIDCAB-Operation vorzuziehen sind.

Obwohl die PTCA und die Stentanlage im eigentlichen Sinn die minimal invasiveren

Therapiemöglichkeiten darstellen und ein gutes kurzfristiges Ergebnis, jedoch höhere Restenosenraten vorweisen, ist die MIDCAB-Chirurgie als die längerfristig bessere Therapiemöglichkeit bei der isolierten hochgradigen RIVA-Stenose zu werten. Es zeigte sich, dass der Bedarf an Reinterventionen am Zielgefäß geringer (Jaffery 2007) und die Anzahl der symptomfreien Patienten nach sechsmonatigem Follow-up überlegen ist (Diegeler 2002).

5.1.5. Die Beatmungsdauer auf der Intensivstation

In dieser Studie waren die MIDCAB-Patienten insgesamt länger beatmet auf der Intensivstation und dadurch länger intensivpflichtig. Dieses führte folglich zu einem verlängerten intensivmedizinischen sowie postoperativen Gesamtaufenthalt.

Fraud et al. (2002) beschrieb die frühzeitige postoperative Extubation („Fast-Track“ Konzept) und die frühe Entlassung von der Intensivstation nach dem MIDCAB-Verfahren. In ihrer retrospektiven Analyse von 217 MIDCAB-Patienten konnte das „Fast-Track“-Konzept bei 182 (83,9%) Patienten erfolgreich durchgeführt werden.

Ein wichtiger Faktor für dieses Konzept war die Modifikation des kompletten anesthesiologischen Managements mit Umsetzen der Gabe von hochdosierten langwirksamen Opioiden auf kurzwirksame Opioide plus intravenöser Anästhesie mit Propofol. Außerdem plädierte sie für die Normothermie der Körpertemperatur (>35°C).

Durch die frühe Extubation wurden die Patienten dementsprechend früher auf die Normalstation verlegt. Dieses stellte ein wichtiger ökonomischer Aspekt dar. Dieses

Konzept wäre somit kosteneffektiver und die Rekonvaleszenzzeit der Patienten kürzer (Fraund et al. 2002).

Die kürzere Beatmungs- und Gesamtaufenthaltsdauer bei MIDCAB-Patienten im Vergleich zu OPCAB-Patienten wurden ebenso in der Arbeit von Karpuzoglu et al. (2009) gezeigt.

Warum es in unserer Untersuchung eine längere Beatmungsdauer bei MIDCAB-Patienten festzustellen war, könnte an folgenden Gründen liegen:

1. Ein einheitliches perioperatives Schmerzprotokoll liegt nicht vor.
2. Insuffiziente postoperative Analgetikagabe, die im Verlauf eine höher dosierte Opioidgabe erfordert mit konsekutiver respiratorischer Einschränkung.
3. Postoperative regionale pulmonale Beeinträchtigung infolge der Einlungenventilation während der MIDCAB-Operation.

Eine Korrelation bezüglich Raucherstatus oder COPD als Nebenerkrankung in der MIDCAB-Gruppe konnte nicht festgestellt werden. Patienten mit chronischer obstruktiver Lungenerkrankung (COPD) stellen ein signifikant erhöhtes Risiko für die respiratorisch assoziierten Komplikationen dar. Die Komplikationen, wie eine verlängerte Entwöhnungszeit, eine ventilatorassoziierte Pneumonie, ein erhöhtes Reintubationsrisiko, das Barotrauma und ein prolongierter intensivmedizinischer Aufenthalt (Herold 2008), beeinflussen die 30-Tage Mortalität signifikant (Kerendi 2011).

Darüber hinaus ist die chronische obstruktive Lungenerkrankung (COPD) mit einer schlechteren Langzeitüberlebensrate assoziiert.

Schließlich ist das postoperative Schmerzsyndrom ein ausschlaggebender Faktor, der eine frühe Extubation limitiert. Ein aggressiveres Schmerzprotokoll würde eine schnellere Extubation erlauben (Diegeler 1999).

5.1.6. Wundheilungsstörung

Durch die limitierte MIDCAB-Inzision sollen das chirurgische Trauma reduziert und das kosmetische Ergebnis verbessert werden. Trotzdem ist die Wundkomplikation durch die anterolaterale Thorakotomie erwähnenswert (Ng 2000, Detter 2001).

Während signifikant höhere Wundheilungsstörrungsraten beim MIDCAB-Verfahren im Vergleich zu OPCAB-Verfahren protokolliert wurden (Pagni 1998, Ng 2000, Detter 2001), wurde in unserer Studie kein signifikanter Unterschied diesbezüglich festgestellt.

Ein höheres Wundinfektionsrisiko, assoziiert mit der submammlären Inzision bei der MIDCAB-Technik, besonders bei adipösen Patienten, ist dennoch vorstellbar (Pagni 1998). Der Zug auf die Haut und das subkutane Gewebe während der Präparation der LIMA unter direkter Sicht via Minithorakotomie, kann ein prädisponierender Faktor für eine Wundheilungsstörung sein. Durch den IMA-Retraktor können eine Fraktur oder eine Abriss von Rippenknorpel entstehen. Das Trauma des Pectoralermuskels und die mangelhafte Blutversorgung der Interkostalmuskulatur können die Inzidenz der Wundkomplikationen bei dieser Technik erhöhen (Ng 2000).

Eine Studie von Niimani aus dem Jahre 2005 zeigte, dass die MIDCAB-Operation mit

der limitierten anterolateralen Thorakotomie mehr wundassoziierte Komplikationen mitsamt postoperativen Schmerzereignissen im Vergleich zu Ministernotomie hatte. Er erachtete Maßnahmen, wie die Anwendung der endoskopischen LIMA Entnahmenteknik, die das postoperative Schmerzsyndrom minimieren kann (Bucerius 2002), für eine Zeit- und Kostenverschwendung.

Zu guter Letzt stellt sich die Frage, ob die Wundkomplikationsrate der MIDCAB-Technik ihr bisher gezeigtes gutes Resultat tatsächlich überwiegt beziehungsweise welche Maßnahmen solche Komplikationen vermeiden könnten.

5.1.7. Die neurologischen Ausfälle

Die neurologischen Ausfälle zählen zu einer ernst zu nehmenden und aufwendigen Komplikation nach einer myokardialen Bypassoperation (McKenzie 2005). Durch die Einführung in eine Bypassoperationstechnik am schlagenden Herzen sollte das neurologische Outcome bezüglich der Reduktion der zerebralen Embolien beziehungsweise der prolongierten zerebralen Minderperfusion verbessert werden (Ricci 2001, Hernandez 2001).

Sowohl in der MIDCAB- als auch in der OPCAB-Gruppe in unserer Untersuchung wurde keine zerebrovaskuläre Inzidenz registriert. Die aktuelle Studie vom Karpuzoglu (2009), der jeweils 27 MIDCAB- und 27 OPCAB-Patienten verglich, zeigte das gleiche Ergebnis. Hierdurch wurde der günstige Effekt beider minimalinvasiven Operationsverfahren, in dem die Manipulation der Aorta ascendens und die Verwendung der HLM umgangen werden, bestätigt.

Marui et al (2010) bekräftigte in seiner aktuellen Studie die Meinung, dass das

OPCAB-Verfahren die Inzidenz der postoperativen Schlaganfallsrate reduziert - sowohl in der perioperativen Zeit als auch in der Follow-up Zeit.

5.1.8. Nierenfunktionsstörung

Die präoperativ bekannte chronische Niereninsuffizienz ist mit einem schlechten Krankenhausoutcome nach einer Bypassoperation assoziiert. Bei Patienten mit der bekannten milden und mittelschweren Niereninsuffizienz ist das OPCAB-Verfahren mit einem besseren Krankenhausoutcome als das der konventionellen Bypassoperation verbunden. Die schwere oder chronische Niereninsuffizienz im Gegensatz dazu ist nicht mit dem besseren Outcome assoziiert (Marui 2010).

Es gab in unserer Studie keine Progredienz einer Nierenfunktionsstörung sowohl in der MIDCAB- als auch in der OPCAB-Gruppe. Raja et al (2008) fasste aktuelle Studien zusammen, die die Auswirkung der OPCAB-Operation auf die Nierenfunktion untersuchten. Die OPCAB-Technik scheint die Nierenfunktion zu schützen, indem sie den non-pulsatilen Blutfluss, die Organminderperfusion und die Hypothermie beim Einsatz der extrakorporalen Zirkulation, umgeht (Raja 2008). Dies gilt auch für die MIDCAB-Operation.

5.1.9. Das Vorhofflimmern

Das „off-pump“-Bypassverfahren reduziert die Inzidenz des postoperativ neu aufgetretenen Vorhofflimmerns im Vergleich zum konventionellen Bypassverfahren mit dem Einsatz der Herz-Lungen-Maschine (Ascione 2000, Cheng 2005, Reston 2003, Raja 2004, Athanasiou 2004).

Bisher ist die genaue Pathogenese des postoperativ neu aufgetretenen Vorhofflimmerns bei den bypassoperierten Patienten nicht bekannt (Raja 2008). Die Ätiologie dafür kann multifaktoriell sein. Allerdings stellt sich die extrakorporale Zirkulation mit der Verwendung der Kardioplegie-Lösung als der Hauptprädiktor für das Auftreten vom Vorhofflimmern bei diesen Patienten dar (Ascione 2000). Als ätiologische Faktoren wurden die regionale Ischämie, bedingt durch die Vorhofsinzision und die inadäquate Gabe von der Kardioplegie-Lösung (Adams 2000) sowie die akute oder chronische myokardiale Hypoperfusion, wie auch die Hypomagnesiämie nach der Herz-Lungen-Maschinenzeit als auch eine Entzündungsreaktion (Mayr 2001) diskutiert (Raja 2008).

Zusammenfassend war das neu aufgetretene postoperative Vorhofflimmern in dieser Studie bei MIDCAB- als auch bei OPCAB-Verfahren nicht signifikant.

5.2. Diskussion der mittelfristigen Ergebnisse

In dieser Untersuchung konnten wir zeigen, dass das mittelfristige Gesamt-Outcome beim OPCAB-Verfahren dem des MIDCAB-Verfahrens überlegen ist. Die OPCAB-Patienten hatten insgesamt weniger kardiale Komplikationen und weniger Bedarf an Reinterventionen während der kurz- und mittelfristigen Follow-Up-Periode von fünf Jahren.

Das OPCAB-Verfahren stellte eine Alternative zum MIDCAB-Verfahren dar und wies gute mittelfristige Ergebnisse auf. Besonders Patienten, die eine eingeschränkte Ventrikelfunktion und in der Vorgeschichte einen abgelaufene

Myokardinfarkt aufwiesen, zeigten eindeutig weniger Komplikationen. Aktuelle und frühere Studien berichteten ebenso über exzellente mittelfristige Ergebnisse sowie über guten angiographischen Ergebnissen der OPCAB-Patienten (Eifert 2010, Agostini 2009, Imamaki 2009, Fukui 2009, Suzuki 2008, Caputo 2008, Massoudy 2006, Lycops 2005, Toumpoulis 2004, Beauford 2005, Cheng 2005, Puskas 2004, Ishida 2004, Vicol 2003, Deuse 2003, Farsak 2002, Amano 2001, Immer 2003, Lund 2001).

5.3. Diskussion der langfristigen Ergebnisse

Im Rahmen des Follow-Ups nach dreizehn Jahren konnte festgestellt werden, dass sowohl die MIDCAB- als auch die OPCAB-Patienten lange Überlebensrate aufwiesen. Insgesamt verstarben zwar mehr OPCAB-Patienten in diesem Zeitraum als MIDCAB-Patienten, wobei jeweils nur zwei OPCAB-Patienten und ein MIDCAB-Patient aufgrund einer kardialen Ursache, verstarben.

Die OPCAB-Gruppe zeigte summa summarum exzellente kurz- und mittelfristige Ergebnisse, wobei langfristige Ergebnisse vom präoperativen Patientenstatus abhängen (El-Hamamsy 2006, Attaran 2010, Hu 2010, Puskas 2008, Cartier 2008, Brown 2008, Rastan 2007, Hannan 2007, Williams 2005, Vural 2005).

Im Gegensatz dazu waren die MIDCAB-Patienten trotz des schlechteren kurz- und mittelfristigen Outcomes, gekennzeichnet durch bessere langfristige Überlebensraten als die OPCAB-Patienten (Wang 2009, Pompilio 2007, Holzhey 2007).

Hierbei sei noch zu erwähnen, dass mehr ältere Patienten mit vielen

Begleiterkrankungen in die OPCAB-Gruppe eingeschlossen wurden als in die MIDCAB-Gruppe.

Die Einschränkung dieser Studie liegt darin, dass die Patientenpopulation retrospektiv gepaart und nicht randomisiert wurde und zudem ein selektiertes Patientenkollektiv vorliegt. Kleine Anzahlen von Patienten können schwerlich als statistisch repräsentativ betrachtet werden. Eine angiographische Kontrolle nach dem mittel- und langfristigen Verlauf könnte gegebenenfalls eine genaue Information bezüglich der Stenosenrate der Grafts nachweisen.

5.4. Schlußfolgerung

Zusammenfassend erscheint das MIDCAB-Verfahren technisch durch die limitierte anterolaterale Thorakotomie herausfordernder als das OPCAB-Verfahren und weist trotz der schlechteren kurz- und mittelfristigen Ergebnisse bessere langfristige Überlebensraten auf, gegebenenfalls aufgrund eines vorselektierten Patientengutes.

Auf der anderen Seite zeigte das OPCAB-Verfahren bessere mittelfristige Ergebnisse mit einer niedrigen Rate an kardialen Ereignissen.

6. Zusammenfassung

Das Ziel dieser retrospektiven Studie ist der Vergleich der mittel- und langfristigen Ergebnisse der minimal invasiven Bypasschirurgie via limitierter anterolateraler Thorakotomie (MIDCAB) und der minimal invasiven Bypasschirurgie via medianer Sternotomie (OPCAB) bei koronarer Eingefäßerkrankung. Diese Prozeduren wurden am schlagenden Herzen ohne Einsatz der Herz-Lungen-Maschine durchgeführt. Hierbei wurde jeweils das Gesamt-Outcome im mittel- und langfristigen Nachbeobachtungszeitraum und die jeweiligen Vor- und Nachteile beider Verfahren analysiert.

In der vorliegenden Studie wurden 54 MIDCAB (Minimally Invasive Direct Coronary Artery Bypass) und 44 OPCAB (Off Pump Coronary Artery Bypass) Patienten, die zwischen Dezember 1996 und Dezember 1998 an der Herzchirurgischen Klinik und Poliklinik der Ludwig-Maximilians der Universität München operiert wurden, eingeschlossen. Die Daten wurden aus der herzchirurgischen Datenbank erworben.

Die mittelfristige Verlaufsbeobachtung (Follow-Up) wurde nach fünf Jahren durchgeführt. Die Verlaufsbeobachtungsdaten wie eine rezidivierende kardiale Beschwerdesymptomatik, ein neu auftretender Infarkt und ein Bedarf an Reinterventionen wurden anhand Umfragen und Telefonaten erhoben und miteinander verglichen.

In der langfristigen Nachbeobachtungszeit von dreizehn Jahren wurde die Überlebenszeit aller Patienten telefonisch erhoben und analysiert.

In dieser Studie konnte gezeigt werden, dass das OPCAB-Verfahren bezüglich der

Operationszeit, der Anastomosenzeit und der koronaren Okklusionszeit signifikant kürzer ($p < 0,05$) war als die vom MIDCAB-Verfahren. Ein perioperativer Myokardinfarkt wurde bei 18,2% MIDCAB-Patienten aber nur bei 4,7% OPCAB-Patienten beobachtet. Eine höhere Inzidenz an stenosierten Anastomosen (12% vs. 4,4%, $p = 0,06$), sowie Okklusionen der Anastomosen (7,4% vs. 0%, $p = 0,04$) mit konsekutiver sofortiger Intervention zeichnete sich bei der MIDCAB-Gruppe deutlich ab.

Die Konversionsrate vom geplanten Verfahren in die konventionelle Bypasschirurgie mit Einsatz der Herz-Lungen-Maschine war bei zwei (3,7%) MIDCAB-Patienten und bei keinem der OPCAB-Patienten zu beobachten. Drei (5,6%) MIDCAB-Patienten wurden sternotomiert und mittels OPCAB-Technik operiert.

Die OPCAB-Gruppe zeigte einen signifikant höheren Blutverlust als die MIDCAB-Gruppe ($p = 0,04$). Dementsprechend wurden mehr Blutprodukte bei OPCAB-Patienten transfundiert. Eine Reexploration aufgrund der Nachblutung war bei keiner der beiden Gruppen notwendig.

Die MIDCAB-Patienten waren insgesamt in unserer Studie länger beatmet und dadurch länger intensivpflichtig. Dieses führte folglich zu einem verlängerten postoperativen Gesamtaufenthalt.

Zwei (3,7%) MIDCAB-Patienten hatten Wundheilungsstörung, wobei nur ein (2,3%) OPCAB-Patient diese Komplikation aufwies. Desweiteren wurden keine signifikanten Unterschiede bezüglich des Auftretens von neurologischen Ausfällen, Nierenfunktionsstörung und postoperativen Vorhofflimmerns.

Nach dem durchschnittlichen Follow up von fünf Jahren zeigte das OPCAB-Verfahren ein besseres Outcome als das MIDCAB-Verfahren. Die rezidivierende Anginasymptomatik (5% vs 43%), der neu auftretende Myokardinfarkt (0% vs. 7%) und der Bedarf an Reinterventionen (2% vs. 11%) wurden seltener bei der OPCAB-Gruppe beobachtet.

Nichtdestotrotz wurde bei der MIDCAB-Gruppe nach der Nachbeobachtungszeit von dreizehn Jahren bessere Überlebensrate festgestellt. Fünf (9,3%) MIDCAB- und acht (18,2%) OPCAB-Patienten verstarben nach dieser Zeit.

Insgesamt erscheint das MIDCAB-Verfahren technisch durch die limitierte anterolaterale Thorakotomie herausfordernder als das OPCAB-Verfahren und weist trotz der schlechteren kurz- und mittelfristigen Ergebnissen, bessere langfristige Überlebensrate auf, gegebenenfalls aufgrund eines vorselektierten Patientengutes.

Auf der anderen Seite zeigte das OPCAB-Verfahren bessere mittelfristige Ergebnisse mit der niedrigen Tendenz an kardialen Events.

7. Literaturverzeichnis

Absolon KB, Aust JB, Varco RL, Lillehei CW. Surgical treatment of occlusive coronary artery disease by endarterectomy or anastomotic replacement. *Surg Gynecol Obstet.* 1956 Aug;103(2):180-5

Acuff TE, Landreneau RJ, Griffith BP, Mack MJ. Minimally invasive coronary artery bypass grafting. *Ann Thorac Surg.* 1996 Jan;61(1):135-7

Adams DC, Heyer EJ, Simon AE, Delphin E, Rose EA, Oz MC, et al. Incidence of atrial fibrillation after mild or moderate hypothermic cardiopulmonary bypass. *Crit Care Med* 2000;28:309-11

Agostini M, Fino C, Torchio P, Di Gregorio V, Feola M, Bertora M, Lugli E, Grossi C. High OPCAB surgical volume improves midterm event-free survival. *Heart Surg Forum.* 2009 Oct;12(5):E250-5

Amano A, Hirose H, Takahashi A, Nagano N. Off-pump coronary artery bypass. Mid-term results. *Jpn J Thorac Cardiovasc Surg.* 2001 Jan;49(1):67-78

Ancalmo N, Busby JR. Minimally invasive coronary artery bypass surgery: really minimal? *Ann Thorac Surg.* 1997 Oct;64(4):928-9

Arom KV, Emery RW, Flavin TF, Petersen RJ. Cost-effectiveness of minimally invasive coronary artery bypass surgery. *Ann Thorac Surg.* 1999 Oct;68(4):1562-6

Ascione R, Lloyd CT, Underwood MJ, Gomes WJ, Angelini GD. On-pump versus off-pump coronary revascularization: evaluation of renal function. *Ann Thorac Surg.* 1999 Aug;68(2):493-8

Ascione R, Caputo M, Calori G, Lloyd CT, Underwood MJ, Angelini GD. Predictors of atrial fibrillation after conventional and beating heart coronary surgery: a prospective, randomized study. *Circulation* 2000;102:1530-5

Asimakopoulos G, Smith PL, Ratnatunga CP, Taylor KM. Lung injury and acute respiratory distress syndrome after cardiopulmonary bypass. *Ann Thorac Surg.* 1999 Sep;68(3):1107-15

Athanasίου T, Aziz O, Mangoush O, Weerasinghe A, Al-Ruzzeh S, Purkayastha S, et al. Do off-pump techniques reduce the incidence of postoperative atrial fibrillation in elderly patients undergoing coronary artery bypass grafting? *Ann Thorac Surg* 2004;77:1567-74

Attaran S, Shaw M, Bond L, Pullan MD, Fabri BM. Does off-pump coronary artery revascularization improve the long-term survival in patients with ventricular dysfunction? *Interact Cardiovasc Thorac Surg*. 2010 Oct;11(4):442-6. Epub 2010 Jul

Aybek T, Kessler P, Dogan S, Neidhart G, Khan MF, Wimmer-Greinecker G, Moritz A. Awake coronary artery bypass grafting: utopia or reality?. *Ann Thorac Surg*. 2003 Apr;75(4):1165-70

Benetti FJ. Direct coronary surgery with saphenous vein bypass without either cardiopulmonary bypass or cardiac arrest. *J Cardiovasc Surg (Torino)*. 1985 May-Jun;26(3):217-22

Bonchek LI. Off-pump coronary bypass: Is it for everyone? *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2002 Sep;124(3):431-4

Buffolo E, Andrade JC, Succi JE, Leão LE, Cueva C, Branco JN, Carvalho AC, Galluci C. Direct myocardial revascularization without extracorporeal circulation: technique and initial results. *Tex Heart Inst J*. 1985 Mar;12(1):33-41

Buffolo E, Andrade JC, Succi J, Leão LE, Gallucci C. Direct myocardial revascularization without cardiopulmonary bypass. *Thorac Cardiovasc Surg*. 1985 Feb;33(1):26-9

Beauford RB, Saunders CR, Lunceford TA, Niemeier LA, Shah S, Karanam R, Prendergast T, Burns P, Sardari F, Goldstein DJ. Multivessel off-pump revascularization in patients with significant left main coronary artery stenosis: early and midterm outcome analysis. *J Card Surg*. 2005 Mar-Apr;20(2):112-8

Benetti FJ, Ballester C, Sani G, Doonstra P, Grandjean J. Video assisted coronary bypass surgery. *J Card Surg*. 1995 Nov;10(6):620-5

Bergmann P, Huber B, Martin D, Keeling I, Oberwalder P, Mächler B, Rigler B. Neue Anastomosendevices in der Herzchirurgie *J Kardiologie* 2004; 11: 153–7

Bonatti J, Schachner T, Bernecker O, Chevtchik O, Bonaros N, Ott H, Friedrich G, Weidinger F, Laufer G. Robotic totally endoscopic coronary artery bypass: program development and learning curve issues. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2004 Feb;127(2):504-10.

Bonchek LI. Off-pump coronary bypass: Is it for everyone? *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2002 Sep;124(3):431-4.

Boodhwani M, Ruel M, Mesana TG, Rubens FD. Minimally invasive direct coronary artery bypass for the treatment of isolated disease of the left anterior descending coronary artery. *Can J Surg.* 2005 Aug;48(4):307-10

Brown JR, Hernandez F Jr, Klemperer JD, Clough RA, DiPierro FV, Hofmaster PA, Ross CS, O'Connor GT. Long-term survival and cardiac troponin T elevation in on- and off-pump coronary artery bypass surgery. *Heart Surg Forum.* 2008;11(3):E163-8

Bucerius J, Metz S, Walther T, Falk V, Doll N, Noack F, Holzhey D, Diegeler A, Mohr FW. Endoscopic internal thoracic artery dissection leads to significant reduction of pain after minimally invasive direct coronary artery bypass graft surgery. *Ann Thorac Surg.* 2002 Apr;73(4):1180-4

Calafiore AM, Vitolla G, Mazzei V, Teodori G, Di Giammarco G, Iovino T, Iaco A. The LAST operation: techniques and results before and after the stabilization era. *Ann Thorac Surg.* 1998 Sep;66(3):998-1001

Calafiore AM, Giammarco GD, Teodori G, Bosco G, D'Annunzio E, Barsotti A, Maddestra N, Paloscia L, Vitolla G, Sciarra A, Fino C, Contini M. Left anterior descending coronary artery grafting via left anterior small thoracotomy without cardiopulmonary bypass. *Ann Thorac Surg.* 1996 Jun;61(6):1658-63

Calafiore AM, Angelini GD, Bergsland J, Salerno TA. Minimally invasive coronary artery bypass grafting. *Ann Thorac Surg.* 1996 Nov;62(5):1545-8

Calafiore AM, Teodori G, Di Giammarco G, Vitolla G, Contini M. Minimally invasive coronary artery surgery: the last operation. *Semin Thorac Cardiovasc Surg.* 1997 Oct;9(4):305-11

Caputo M, Anis RR, Rogers CA, Ahmad N, Rizvi SI, Baumbach A, Karsch KR, Angelini GD, Oberhoff M. Coronary collateral circulation: effect on early and midterm outcomes after off-pump coronary artery bypass surgery. *Ann Thorac Surg*. 2008 Jan;85(1):71-9

Cartier R, Brann S, Dagenais F, Martineau R, Couturier A. Systematic off-pump coronary artery revascularization in multivessel disease. Experience of three hundred cases. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2000; 119:221-9

Cartier R, Bouchot O, El-Hamamsy I. Influence of sex and age on long-term survival in systematic off-pump coronary artery bypass surgery. *Eur J Cardiothorac Surg*. 2008 Oct;34(4):826-32. Epub 2008 Aug 29

Cheng DC, Bainbridge D, Martin JE, Novick RJ; Evidence-Based Perioperative Clinical Outcomes Research Group. Does off-pump coronary artery bypass reduce mortality, morbidity, and resource utilization when compared with conventional coronary artery bypass? A meta-analysis of randomized trials. *Anesthesiology* 2005;102:188-203

Cheng DC. Routine immediate extubation in the operating room after OPCAB surgery: benefits for patients, practitioners, or providers? *J Cardiothorac Vasc Anesth*. 2005 Jun;19(3):279-81

Cisowski M, Drzewiecki J, Drzewiecka-Gerber A, Jaklik A, Kruczak W, Szczeklik M, Bochenek A. Primary stenting versus MIDCAB: preliminary report-comparison of two methods of revascularization in single left anterior descending coronary artery stenosis. *Ann Thorac Surg*. 2002 Oct;74(4):S1334-9

Cooley DA. Con: beating-heart surgery for coronary revascularization: is it the most important development since the introduction of the heart-lung machine? *Ann Thorac Surg*. 2000 Nov;70(5):1779-81

Connolly MW. Current results of off-pump coronary artery bypass surgery. *Semin Thorac Cardiovasc Surg*. 2003 Jan;15(1):45-51. Review

D'Arrigo G, Scolaro A, Lomeo A. Off-pump myocardial revascularization. The single-suture technique: how to avoid any complication. *Heart Surg Forum*. 2002;6(1):E10-1

Detter C, Reichenspurner H, Boehm DH, Thalhammer M, Schütz A, Reichart B. Single vessel revascularization with beating heart techniques -- minithoracotomy or sternotomy? *Eur J Cardiothorac Surg.* 2001 Apr;19(4):464-70

Detter C, Reichenspurner H, Boehm DH, Thalhammer M, Raptis P, Schütz A, Reichart B. Minimally invasive direct coronary artery bypass grafting (MIDCAB) and off-pump coronary artery bypass grafting (OPCAB): two techniques for beating heart surgery. *Heart Surg Forum.* 2002;5(2):157-62

Deuse T, Detter C, Samuel V, Boehm DH, Reichenspurner H, Reichart B. Early and midterm results after coronary artery bypass grafting with and without cardiopulmonary bypass: which patient population benefits the most? *Heart Surg Forum.* 2003;6(2):77-83

Diegeler A, Falk V, Matin M, Battellini R, Walther T, Autschbach R, Mohr FW. Minimally invasive coronary artery bypass grafting without cardiopulmonary bypass: early experience and follow-up. *Ann Thorac Surg.* 1998 Sep;66(3):1022-5

Diegeler A. Left internal mammary artery grafting to left anterior descending coronary artery by minimally invasive direct coronary artery bypass approach. *Curr Cardiol Rep.* 1999 Nov;1(4):323-30. Review

Diegeler A, Spyrtanis N, Matin M, Falk V, Hambrecht R, Autschbach R, Mohr FW, Schuler G. The revival of surgical treatment for isolated proximal high grade LAD lesions by minimally invasive coronary artery bypass grafting. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2000 May;17(5):501-4

Diegeler A, Thiele H, Falk V, Hambrecht R, Spyrtanis N, Sick P, Diederich KW, Mohr FW, Schuler G. Comparison of stenting with minimally invasive bypass surgery for stenosis of the left anterior descending coronary artery. *N Engl J Med.* 2002 Aug 22;347(8):561-6

Drenth DJ, Veeger NJ, Boonstra PW. Minimally invasive bypass surgery. *N Engl J Med.* 2002 Dec 26;347(26):2165-8

Drenth DJ, Winter JB, Veeger NJ, Monnick SH, van Boven AJ, Grandjean JG, Mariani MA, Boonstra PW. Minimally invasive coronary artery bypass grafting versus percutaneous transluminal coronary angioplasty with stenting in isolated high-grade

stenosis of the proximal left anterior descending coronary artery: six months' angiographic and clinical follow-up of a prospective randomized study. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2002 Jul;124(1):130-5

Eifert S, Kilian E, Beiras-Fernandez A, Juchem G, Reichart B, Lamm P. Early and mid term mortality after coronary artery bypass grafting in women depends on the surgical protocol: retrospective analysis of 3441 on- and off-pump coronary artery bypass grafting procedures. *J Cardiothorac Surg.* 2010 Oct 25;5:90

El-Hamamsy I, Cartier R, Demers P, Bouchard D, Pellerin M. Long-term results after systematic off-pump coronary artery bypass graft surgery in 1000 consecutive patients. *Circulation.* 2006 Jul 4;114(1 Suppl):I486-91.

Falk V, Walther T, Gummert JF, Mohr FW. Arterial revascularisation of coronary vessels. *Herz.* 2002 Aug;27(5):426-34

Farsak B, Günaydin S, Kandemir O, Tokmakoglu H, Aydin H, Yorgancioglu C, Süzer K, Zorlutuna Y. Midterm angiographic results of off-pump coronary artery bypass grafting. *Heart Surg Forum.* 2002;5(4):358-63

Favaloro RG, Effler DB, Groves LK, Sheldon WC, Riahi M. Direct myocardial revascularization with saphenous vein autograft. Clinical experience in 100 cases. *Dis Chest.* 1969 Oct;56(4):279-83

Forth W, Henschler D, Rummel W. Allgemeine und spezielle Pharmakologie und Toxikologie. Bibliograph. Institut, Mannheim 1987, Papaverin p. 114

Fonger JD, Subramanian VA, Connolly MW. Limited-access surgical coronary artery revascularization. *Semin Thorac Cardiovasc Surg.* 2002 Jan;14(1):58-69

Fraund S, Behnke H, Boening A, Cremer J. Immediate postoperative extubation after minimally invasive direct coronary artery surgery (MIDCAB). *Interact Cardiovasc Thorac Surg.* 2002 Sep;1(1):41-5

Fukui T, Shimokawa T, Manabe S, Takanashi S. Early and mid-term outcome of off-pump coronary artery bypass grafting in patients with acute myocardial infarction. *Kyobu Geka.* 2009 Jan;62(1):36-40

Gersbach P, Imsand C, von Segesser LK, Delabays A, Vogt P, Stumpe F. Beating heart coronary artery surgery: is sternotomy a suitable alternative to minimal invasive technique? *Eur J Cardiothorac Surg*. 2001 Oct;20(4):760-4

Gillies, H. C., et al., *A Textbook of Clinical Pharmacology*. 2nd ed., Edward Arnold, London 1990, pp. 462

Goetz RE, Rohman M, Haller JD, Dee R, Rosenak SS. Internal mammary-coronary artery anastomosis. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1961;41:378

Gummert J, Funkat A, Beckmann A, Schiller W, Hekmat K, Ernst M, Beyersdorf F. Cardiac Surgery in Germany during 2009. A Report on Behalf of the German Society for Thoracic and Cardiovascular Surgery *Thorac cardiovasc Surg* 2010; 58: 379-386

Hahn A, Sieburg F, *Medizin-Technik, Verfahren-Systeme-Informationsverarbeitung, Rüdinger Kramme* 3. Auflage, Springer-Verlag Herz-Lungen-Maschinen (HLM); 463-482

Hannan EL, Wu C, Smith CR, Higgins RS, Carlson RE, Culliford AT, Gold JP, Jones RH. Off-pump versus on-pump coronary artery bypass graft surgery: differences in short-term outcomes and in long-term mortality and need for subsequent revascularization. *Circulation*. 2007 Sep 4;116(10):1145-52. Epub 2007 Aug 20

Hartmann GS, Yao GS, Bruefach M. Severity of aortic atheromatous disease diagnosed by transesophageal echocardiography predicts stroke and other outcomes associated with coronary artery surgery: A prospective study. *Anesth analg* 1996;83:701-8

Hazelrigg SR, Boley TM, Grasch A, Shawgo T. Surgical strategy for lung volume reduction surgery. *Eur J Cardiothorac Surg*. 1999 Sep;16 Suppl 1:S57-60

Hernandez F, Cohn WE, Baribeau YR, Tryzelaar JF, Charlesworth DC, Clough RA, Klemperer JD, Morton JR, Westbrook BM, Olmstead EM, O'Connor GT; Northern New England Cardiovascular Disease Study Group, In-hospital outcomes of off-pump versus on-pump coronary artery bypass procedures: a multicenter experience. *Ann Thorac Surg*. 2001 Nov;72(5):1528-33; discussion 1533-4

Herold G und Mitarbeiter (2008) Innere Medizin. Eine vorlesungsorientierte Darstellung. Auflage 2008 Herold-Verlag, Köln

Hu S, Zheng Z, Yuan X, Wang W, Song Y, Sun H, Xu J. Increasing long-term major vascular events and resource consumption in patients receiving off-pump coronary artery bypass: a single-center prospective observational study. *Circulation*. 2010 Apr 27;121(16):1800-8. Epub 2010 Apr 12

Holzhey DM, Jacobs S, Mochalski M, Walther T, Thiele H, Mohr FW, Falk V. Seven-year follow-up after minimally invasive direct coronary artery bypass: experience with more than 1300 patients. *Ann Thorac Surg*. 2007 Jan;83(1):108-14

Imamaki M, Matsuura K, Sakurai M, Shimura H, Ishida A, Miyazaki M. Evaluation of early and midterm results of offpump coronary artery bypass in patients with left main disease. *J Card Surg*. 2009 Mar-Apr;24(2):162-6

Immer FF, Berdat PA, Immer-Bansi AS, Eckstein FS, Müller S, Saner H, Carrel TP. Benefit to quality of life after off-pump versus on-pump coronary bypass surgery. *Ann Thorac Surg*. 2003 Jul;76(1):27-31

Ishida M, Kobayashi J, Tagusari O, Bando K, Niwaya K, Nakajima H, Kitamura S. Perioperative advantages of off-pump coronary artery bypass grafting. *Circ J*. 2002 Sep;66(9):795-9

Ishida M, Kobayashi J, Tagusari O, Bando K, Niwaya K, Nakajima H, Fukushima S, Kitamura S. Comparison of off-pump and on-pump coronary artery bypass grafting in midterm results. *Jpn J Thorac Cardiovasc Surg*. 2004 May;52(5):240-6

Jaffery Z, Kowalski M, Weaver WD, Khanal S. A meta-analysis of randomized control trials comparing minimally invasive direct coronary bypass grafting versus percutaneous coronary intervention for stenosis of the proximal left anterior descending artery. *Eur J Cardiothorac Surg*. 2007 Apr;31(4):691-7. Epub 2007 Feb 14. Review.

Kappert U, Schneider J, Cichon R, Gulieltos V, Tugtekin SM, Nicolai J, Matschke K, Schueler S. Development of robotic enhanced endoscopic surgery for the treatment of coronary artery disease. *Circulation*. 2001 Sep 18;104(12 Suppl 1):I102-7

Kolesov VI. Initial experience in the treatment of stenocardia by the formation of coronary-systemic vascular anastomoses *Kardiologija*. 1967 Apr;7(4):20-5

Kolesov VI, Kolesov EV. Twenty years' results with internal thoracic artery-coronary artery anastomosis. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1991;101:360-1

Konstantinov IE. The first coronary artery bypass operation and forgotten pioneers. *Ann Thorac Surg* 1997;64: 1522-3

Konstantinov IE. Robert H. Goetz: the surgeon who performed the first successful clinical coronary artery bypassoperation. *Ann Thorac Surg* 2000;69:1966-72

Karpuzoglu OE, Ozay B, Sener T, Aydin NB, Ketenci B, Aksu T, Gercekoglu H, Demirtas M. Comparison of minimally invasive direct coronary artery bypass and off-pump coronary artery bypass in single-vessel disease. *Heart Surg Forum*. 2009 Jan;12(1):E39-43

Kerendi F, Halkos ME, Puskas JD, Lattouf OM, Kilgo P, Guyton RA, Thourani VH. Impact of off-pump coronary artery bypass graft surgery on postoperative pulmonary complications in patients with chronic lung disease. *Ann Thorac Surg*. 2011 Jan;91(1):8-15

Larsen, Anästhesie, Kapitel 45: Extrakorporale Zirkulation. Verlag Urban und Schwarzenberg, München 1999: s. 1156-1164

Lee JD, Dang CR, Taoka S, Bowles BJ, Johnson EW, Coronary artery bypass grafting performed with or without a bypass pump: early results. *Hawaii Med J*. 2000 Feb;59(2):54-6

Lund O, Christensen J, Holme S, Fruergaard K, Olesen A, Kassis E, Abildgaard U. On-pump versus off-pump coronary artery bypass: independent risk factors and off-pump graft patency. *Eur J Cardiothorac Surg*. 2001 Nov;20(5):901-7

Lycops A, Wever C, Vandekerckhof J, Mees U, Hendrikx M. Midterm follow-up after off-pump versus on-pump coronary artery bypass grafting. Results from a case-matched study. *Acta Cardiol*. 2005 Jun;60(3):311-7.

Mack MJ, Acuff T, Osborne J. Minimally invasive direct coronary artery bypass: technical considerations and instrumentation. *J Card Surg.* 1998 Jul;13(4):290-6

Mack MJ. Is there a future for minimally invasive cardiac surgery? *Eur J Cardiothorac Surg.* 1999 Nov;16 Suppl 2:S119-25

Mack M, Bachand D, Acuff T, Edgerton J, Prince S, Dewey T, Magee M, Improved outcomes in coronary artery bypass grafting with beating-heart techniques. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2002 Sep;124(3):598-607

Mack MJ, Pfister A, Bachand D, Emery R, Magee MJ, Connolly M, Subramanian V. Comparison of coronary bypass surgery with and without cardiopulmonary bypass in patients with multivessel disease. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2004 Jan;127(1):167-73

Marui A, Kimura T, Tanaka S, Miwa S, Yamazaki K, Minakata K, Nakata T, Ikeda T, Furukawa Y, Kita T, Sakata R; The CREDO-Kyoto Investigators. Does Off-pump Coronary Artery Bypass Grafting (CABG) avoid postoperative Stroke comparable to Percutaneous Coronary Intervention (PCI)? *Circulation.* 2010;122:A15329

Marui A, Minakata K, Tanaka S, Miwa S, Yamazaki K, Nakata T, Ikeda T, Furukawa Y, Kita T, Kimura T, Sakata R; The CREDO-Kyoto Investigators. Off-pump Coronary Artery Bypass Grafting (OPCAB) improves in-hospital Outcomes in Patients with mild to moderate but not severe Chronic Kidney Disease (CKD)-Insights from the CREDO-Kyoto Registry- *Circulation.* 2010: 122: A14859

Massoudy P, Thielmann M, Kienbaum P, Kuehl H, Aleksic I, Erbel R, Jakob H. Off pump coronary artery bypass grafting - midterm results. *Eur J Med Res.* 2006 Jan 31;11(1):38-42

Mayr A, Knotzer H, Pajk W, Luckner G, Ritsch N, Dunser M, et al. Risk factors associated with new onset tachyarrhythmias after cardiac surgery-a retrospective analysis. *Acta Anaesthesiol Scand* 2001;45:543-9

Meharwal ZS, Mishra YK, Kohli V, Bapna R, Singh S, Trehan N. Off-pump multivessel coronary artery surgery in high-risk patients. *Ann Thorac Surg.* 2002 Oct;74(4):S1353-7

Mehta NJ, Khan IA. Cardiology's 10 greatest discoveries of the 20th century. *Tex Heart Inst J* 2002;29:164-71

Miller BJ, Gibbon JH jr, Greco VF, Smith BA, Cohn CH, Allbritten FF Jr. The production and repair of interatrial septal defects under direct vision with the assistance of an extracorporeal pump-oxygenator circuit. *J Thorac Surg.* 1953 Dec;26(6):598-616; discussion 631-2

Miller BJ, Gibbon JH jr, Greco VF, Cohn CH, Allbritten FF Jr. The use of a vent for the left ventricle as a means of avoiding air embolism to the systemic circulation during open cardiectomy with the maintenance of the cardiorespiratory function of animals by a pump oxygenator. *Surg Forum.* 1953 Oct;4:29-33

Mohr FW. 2002. Minimal-invasive Herzchirurgie - Pro. *Dtsch Med Wochenschr* 127: 698

Murray G, Porcheron R, Hilario J, Roschlau W. Anastomosis of systemic artery to the coronary. *Can Med Assoc J.* 1954 Dec;71(6):594-7

Ng PC, Chua AN, Swanson MS, Koutlas TC, Chitwood WR Jr, Elbeery JR. Anterior thoracotomy wound complications in minimally invasive direct coronary artery bypass *Ann Thorac Surg.* 2000 May;69(5):1338-40

Niinami H, Amano A. Graft selection in elderly patients undergoing isolated coronary artery revascularization. *Kyobu Geka.* 2005 Jul;58(8 Suppl):647-51

Pagni S, Salloum EJ, Tobin GR, VanHimbergen DJ, Spence PA. Serious wound infections after minimally invasive coronary bypass procedures. *Ann Thorac Surg.* 1998 Jul;66(1):92-4

Persson L. O., Karlsson J., Bengtsson C., Steen B., Sullivan M.. The Swedish SF-36 Health Survey II. Evaluation of clinical validity: results from population studies of elderly and women in Gothenborg. *J. Clin. Epidemiol.* 1998; 51(11): 1095-1103

Pompilio G, Alamanni F, Tartara PM, Antona C, Porqueddu M, Veglia F, Biglioli P. Determinants of late outcome after minimally invasive direct coronary artery bypass. *J Cardiovasc Surg (Torino).* 2007 Apr;48(2):207-14

Puskas JD, Williams WH, Mahoney EM, Huber PR, Block PC, Duke PG, Staples JR, Glas KE, Marshall JJ, Leimbach ME, McCall SA, Petersen RJ, Bailey DE, Weintraub WS, Guyton RA. Off-pump vs conventional coronary artery bypass grafting: early and 1-year graft patency, cost, and quality-of-life outcomes: a randomized trial. *JAMA*. 2004 Apr 21;291(15):1841-9

Puskas JD, Kilgo PD, Lattouf OM, Thourani VH, Cooper WA, Vassiliades TA, Chen EP, Vega JD, Guyton RA. Off-pump coronary bypass provides reduced mortality and morbidity and equivalent 10-year survival. *Ann Thorac Surg*. 2008 Oct;86(4):1139-46

Raja SG, Dreyfus GD. Will off-pump coronary artery surgery replace conventional coronary artery surgery? *J R Soc Med* 2004;97:275-8

Raja SG, Dreyfus GD. Impact of off-pump coronary artery bypass surgery on post-operative pulmonary dysfunction: current best available evidence. *Ann Card Anaesth*. 2006 Jan;9(1):17-24

Raja SG, Dreyfus GD. Current Status of Off-pump Coronary Artery Bypass Surgery. *Asian Cardiovasc Thorac Ann* 2008;16:164-78

Ramzan I, Proconvulsant effect of papaverine on theophylline-induced seizures in rats. *Clin. Exp. Pharmacol. Physiol*. 16 (1989) 425 - 427

Rastan AJ, Bittner HB, Gummert JF, Walther T, Schewick CV, Girdauskas E, Mohr FW. On-pump beating heart versus off-pump coronary artery bypass surgery-evidence of pump-induced myocardial injury. *Eur J Cardiothorac Surg*. 2005 Jun;27(6):1057-64

Rastan AJ, Walther T, Falk V, Gummert JF, Eckenstein JI, Mohr FW. Off-pump coronary artery bypass grafting. State of the art 2006 and results in comparison with conventional coronary artery bypass strategies. *Herz*. 2006 Aug;31(5):384-95

Rastan AJ, Walther T, Falk V, Lehmann S, Kempfert J, Mohr FW. Coronary artery bypass grafting on the beating heart in high-risk patients. *Herz*. 2007 Sep;32(6):483-90

Reeves BC, Ascione R, Caputo M, Angelini GD. Morbidity and mortality following acute conversion from off-pump to on-pump coronary surgery. *Eur J Cardiothorac Surg*. 2006 Jun;29(6):941-7. Epub 2006 May 3.

Reston JT, Tregear SJ, Turkelson CM. Meta-analysis of short-term and mid-term outcomes following off-pump coronary artery bypass grafting. *Ann Thorac Surg* 2003;76:1510-5

Ricci M, Karamanoukian HL, Dancona G, Bergsland J, Salerno TA. On-pump and off-pump coronary artery bypass grafting in the elderly: predictors of adverse outcome. *J Card Surg*. 2001 Nov-Dec;16(6):458-66

Saxon W. Robert Goetz, 90, innovator in coronary bypass surgery (obituary). *The New York Times* 2000 Dec 20.

Shennib H, Mack MJ, Lee AG. A survey on minimally invasive coronary artery bypass grafting. *Ann Thorac Surg*. 1997 Jul;64(1):110-4; discussion 114-5

Shroyer AL, Grover FL, Hattler B, Collins JF, McDonald GO, Kozora E, Lucke JC, Baltz JH, Novitzky D, for the Veterans Affairs Randomized On/Off Bypass (ROOBY) Study Group. On-Pump versus Off-Pump Coronary-Artery Bypass Surgery. *The N Engl J Med* 2009 Nov;361:1827-37

Streng H, Lindner V, Paulsen G, Regensburger D, Tiemann S. Early neurological abnormalities following coronary artery bypass surgery. A prospective study. *Eur Arch Psychiatry Neurol Sci*. 1990;239(4):277-81

Subramanian VA, Loulmet DF, Patel NC. Minimally invasive coronary artery bypass grafting. *Semin Thorac Cardiovasc Surg*. 2007 Winter;19(4):281-8

Suzuki T, Asai T, Matsubayashi K, Kambara A, Ikegami H, Kinoshita T, Nishimura O. Early and midterm outcome after off-pump coronary artery bypass grafting in patients with poor left ventricular function compared with patients with normal function. *Gen Thorac Cardiovasc Surg*. 2008 Jul;56(7):324-9. Epub 2008 Jul 8

Toumpoulis IK, Anagnostopoulos CE, DeRose JJ, Swistel DG. Early and midterm outcome after off-pump coronary artery bypass grafting in patients with left ventricular dysfunction. *Heart Surg Forum*. 2004;7(6):E539-45; discussion E539-45.

Statistisches Bundesamt Deutschland

Vassiliades TA Jr, Rogers EW, Nielsen JL, Lonquist JL. Minimally invasive direct coronary artery bypass grafting: intermediate-term results. *Ann Thorac Surg.* 2000 Sep;70(3):1063-5

Vicol C, Nollert G, Mair H, Samuel V, Lim C, Tiftikidis M, Eifert S, Reichart B. Midterm results of beating heart surgery in 1-vessel disease: minimally invasive direct coronary artery bypass versus off-pump coronary artery bypass with full sternotomy. *Heart Surg Forum.* 2003;6(5):341-4

Vural KM, Iscan ZH, Kunt A, Sener E, Tasdemir O. Off-pump coronary artery bypass grafting: long term angiographic results. *Card Surg.* 2005 Mar-Apr;20(2):153-9

Wang DJ, Shao J, Wu Z, Chen BJ, Cao B, Li QG, Zhou Q. The clinical effect and long-term follow-up of minimally invasive direct coronary artery bypass grafting via left anterior small thoracotomy. *Zhonghua Wai Ke Za Zhi.* 2009 Apr 15;47(8):574-6

Watanabe Y, Koyama N. Minimally invasive direct coronary artery bypass (MIDCAB). *Ann Thorac Cardiovasc Surg.* 2000 Dec;6(6):356-60

Weigang E, Rojl J, Dencker A, Schoellhorn J, van de Loo A, Beyersdorf F. Results after MIDCAB and OPCAB surgeries: problems and consequences of incomplete angiographic follow-up in the mid-term course. *Interact Cardiovasc Thorac Surg.* 2004 Jun;3(2):302-8

Williams ML, Muhlbaier LH, Schroder JN, Hata JA, Peterson ED, Smith PK, Landolfo KP, Messier RH, Davis RD, Milano CA. Risk-adjusted short- and long-term outcomes for on-pump versus off-pump coronary artery bypass surgery. *Circulation.* 2005 Aug 30;112(9 Suppl):I366-70

Zheng-Zhe Feng, Jian Shi, Xue-Wei Zhao, Zhi-Fei Xu. Meta-Analysis of On-Pump and Off-Pump Coronary Arterial Revascularization. *Ann Thorac Surg* 2009; 87:757-765

Ziemer G, Haverich A, *Herzchirurgie* 3. Auflage, Springer Verlag, Kapitel 20. Koronare Herzkrankheit, p. 570, p. 581-583

8. Anhang

8.1. Glossar

ACT	= Activated coagulation Time
CABG	= Coronary Artery Bypass Grafting
CCS	= Canadian Cardiovascular Society
CK	= Creatine Kinase
COPD	= Chronic Obstructive Pulmonary Disease
EF	= Ejektionsfraktion
EK	= Erythrozytenkonzentrate
EKG	= Elektrokardiogramm
HLM	= Herz-Lungen-Maschine
HZV	= Herzzeitvolumen
LAD	= Left Anterior Descendens
LIMA	= Left Internal Mammaria Artery
LVEF	= Links Ventrikuläre Ejektion Fraktion
MIDCAB	= Minimally invasive direct coronary artery Bypass
OP	= Operation
OPCAB	= Off Pump Coronary Bypass Grafting
PAVK	= Periphere arterielle Verschlusskrankheit
PAP	= pulmonalarteriellen Druckes
PCWP	= pulmonalkapilären Verschlussdruckes
PTCA	= Percutaneous Transluminal Coronary Angioplasty
QOL	= Quality of Life (Lebensqualität)

RCX = Ramus Circumflexus
SvO2 = gemischtvenösen Sauerstoffsättigung
Z.n. = Zustand nach
ZVD = Zentraler Venen Druck

8.2. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 . Nomenklatur verschiedener Verfahren der minimal-invasiven Koronarchirurgie (modifiziert nach Mohr 2002)

Tabelle 2. Präoperative Charaktermerkmalen der MIDCAB- und OPCAB-Gruppen

Tabelle 3. Intraoperative Daten in MIDCAB- und OPCAB-Gruppe

Tabelle 4. Postoperative Daten in MIDCAB- und OPCAB-Gruppe

Tabelle 5. Mittelfristige Verlaufsbeobachtung nach fünf Jahren

8.3. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1. Die linke anterolaterale Thorakotomie im 4. oder 5. Intercostalraum (ICR)

Abbildung 2. Immobilisation des zu anastomosierenden Myokardbezirkes mit einem Multiretraktorsystem (IMA-Retraktor; Cardio Thoracic Systems, Cupertino, CA)

Abbildung 3. OCTOPUS®-Stabilisatorsystem im Operationssitus bei MIDCAB-Verfahren

Abbildung 4. Medtronic-Thoraxsperrer (Medtronic Inc. Minneapolis, USA)

Abbildung 5. OCTOPUS®-Stabilisatorsystem

Abbildung 6. OCTOPUS®-Stabilisatorsystem im Operationssitus bei OPCAB-Verfahren

Abbildung 7. AccuMist™ Blower/Mister

Abbildung 8. ClearView® Intracoronary Shunt

Abbildung 9. Kaplan-Meier Kurve für die Überlebenszeit nach dreizehn Jahren der MIDCAB- (Grün) und OPCAB- (Blau) Gruppe.

9. Danksagung

Mein besonderer Dank gilt Herrn Prof. Dr. med. C. Vicol für die Überlassung des Themas, die vorbehaltlose Unterstützung bei dieser Arbeit und die Inspiration, weswegen ich eine brillante Herzchirurgin sein möchte.

Ich möchte Herrn Prof. Dr. med. B. Reichart bei dieser Gelegenheit ebenso danken, dass ich meine Doktorarbeit in der Herzchirurgischen Klinik Großhadern durchführen durfte.

Im gleichen Maße möchte ich mich herzlich bei meinem Betreuer Herrn PD Dr. med. R. Bombien für die hervorragende wissenschaftliche Anleitung und fachliche Betreuung, menschliche Unterstützung, konstruktive Kritik, Strenge, wertvolle Zeit und Kraft bedanken, ohne die das Gelingen dieser Arbeit unmöglich gewesen wäre.

Ich möchte zunächst meiner Mutter danken für den bedingungslosen Glauben an mich, dass ich alles auf dieser Welt schaffen kann. Ebenso danke ich meinem verstorbenen Vater, meinem Bruder Chung und meiner Schwester Khim für Ihre Liebe und uneingeschränkte Unterstützung.

Meinen guten Freunden Annie, Lisa, Anja, Julia, Anette, Sina, Birgitte Noviasari und vielen anderen in Indonesien, Deutschland, Japan, Singapur, Brasilien, Schweden, Norwegen, USA möchte ich zuletzt vom Herzen danken, für Alles, was sie für mich sind.

Ehrenwörtliche Versicherung:

Ich versichere hiermit ehrenwörtlich, dass meine Dissertation mit dem Titel „Mittelfristige und langfristige Ergebnisse der chirurgischen Myokardrevaskularisierung bei der koronaren Eingefäßerkrankung ohne Herzlungenmaschine: Minimal invasive Bypasschirurgie via limitierter anterolateraler Thorakotomie (MIDCAB) versus Minimal invasive Bypasschirurgie via mediane Sternotomie (OPCAB)“ von mir selbstständig, ohne unerlaubte Beihilfe angefertigt ist. Wörtliche oder inhaltlich übernommenen Stellen sind als solche gekennzeichnet.

München, den 07.08.2011

Che Lim